

Halcon 标定步骤

1. 设置相机内部参数的初始值 (不同类型的相机镜头请选择对应参数)

StartCamPar := [0.016, 0, 0.0000074, 0.0000074, 326, 247, 652, 494]

依次是[焦距, 畸变, 像素尺寸宽, 像素尺寸高, 中心点坐标宽, 中心点坐标高, 图片尺寸]

CameraType	CameraParam
'area_scan_division'	[Focus, Kappa, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]
'area_scan_telecentric_division'	[0, Kappa, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]
'area_scan_tilt_division'	[Focus, Kappa, Tilt, Rot, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]
'area_scan_telecentric_tilt_division'	[0, Kappa, Tilt, Rot, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]
'area_scan_polynomial'	[Focus, K1, K2, K3, P1, P2, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]
'area_scan_telecentric_polynomial'	[0, K1, K2, K3, P1, P2, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]
'area_scan_tilt_polynomial'	[Focus, K1, K2, K3, P1, P2, Tilt, Rot, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]
'area_scan_telecentric_tilt_polynomial'	[0, K1, K2, K3, P1, P2, Tilt, Rot, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]
'line_scan'	[Focus, Kappa, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight, Vx, Vy, Vz]

内参: 确定摄像机从三维空间到二维图像的投影关系。

针孔摄像机模型为 6 个参数 ($f, \kappa, S_x, S_y, C_x, C_y$); 远心摄像机模型为 5 个参数 (f, S_x, S_y, C_x, C_y)。

线阵摄像机为 9 个参数 ($f, \kappa, S_x, S_y, C_x, C_y, width, height$)。

其中, f 为焦距;

κ 表示径向畸变量级, 如果 κ 为负值, 畸变为桶型畸变, 如果为正值, 那畸变为枕型畸变。

S_x, S_y 是缩放比例因子。对针孔摄像机来讲, 表示图像传感器上水平和垂直方向上相邻像素之间的距离, 初始值与真实值越接近计算速度越快, 像元为正方形的相机请设置 $S_x: S_y=1:1$;

对于远心摄像机模型, 表示像素在世界坐标系中的尺寸。

C_x, C_y 是图像的主点。对针孔摄像机来讲, 这个点是投影中心在成像平面上的垂直投影, 同时也是径向

畸变的中心。

对于远心摄像机模型, 只表示畸变的中心。

V_x, V_y, V_z : 线阵摄像机必须与被拍摄物体之间有相对移动才能拍摄到一幅有用的图像。这是运动向量。

s_x 和 s_y 是相邻像元的水平和垂直距离

```
set_calib_data_cam_param (CalibDataID, 0, 'area_scan_division', StartCamPar)
```

1.1 相机型号

(1) 面阵

(2) 线阵

1.2 参数设置 (这里只讲面阵相机)

(1) Division 畸变模型

CameraParam: [Focus, Kappa, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]

(2) Polynomial 畸变模型

CameraParam: [Focus, K1, K2, K3, P1, P2, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]

注：当镜头为远心镜头时，Focus=0;

1.3 畸变类型的选择

Division 畸变模型只适用于精度要求不是很高，标定图片数量较少的情况；Polynomial 畸变模型对镜像

畸变和切向畸变都校正，精度较高，花费时间长。

1.4 标定时个参数值的确定技巧

Focus f: 镜头的标称焦距, e.g., 0.016 m.; 对于远心镜头为 0.

κ : 一般去 0.0

Or:

K1, K2, K3, P1, P2: 可全部初始化为 0

Sx: 由 CCD CMOS 确定建议取值如下:

Full image (640*480) Subsampling (320*240)

1/3"-Chip 0.0000055 m 0.0000110 m

1/2"-Chip 0.0000086 m 0.0000172 m

2/3"-Chip 0.0000110 m 0.0000220 m

Sy: 由 CCD CMOS 确定建议取值如下:

for example:

Full image (640*480) Subsampling (320*240)

1/3"-Chip 0.0000055 m 0.0000110 m

1/2"-Chip 0.0000086 m 0.0000172 m

2/3"-Chip 0.0000110 m 0.0000220 m

Cx and Cy: 光心坐标初始值, 建议取值如下:

for example:

Full image (640*480) Subsampling (320*240)

Cx 320.0 160.0

Cy 240.0 120.0

ImageWidth, ImageHeight: 有实际图片大小来初始化该值

for example:

Full image (640*480) Subsampling (320*240)

ImageWidth 640 320

ImageHeight 480 240

2. 标定板初始化

```
CaltabName := 'caltab_30mm.descr' // 标定板描述文件
```

```
set_calib_data_calib_object (CalibDataID, 0, CaltabName)
```

3. 创建数据模型

```
create_calib_data ('calibration_object', 1, 1, CalibDataID)
```

4. 获取标定图片

标定板为正方形，尺寸大小为要照射区域宽度的 1/3，相机拍摄不同位姿下图片 8-15 张，拍摄图片时标定板尽量覆盖整个视场（标定板要根据工作距离、视场大小定制）；拍摄图片上的圆直径不得小于 10 个像素

5. 加载所有图像，寻找标定板区域，确定圆心，将结果加载到组元中

```
find_caltab (Image, Caltab, CaltabName, SizeGauss, MarkThresh, MinDiamMarks)
find_marks_and_pose (Image, Caltab, CaltabName, StartCamPar, StartThresh,
    DeltaThresh, MinThresh, Alpha, MinContLength, MaxDiamMarks, RCoord, CCoord,
    StartPose)
set_calib_data_observ_points (CalibDataID, 0, 0, 1, RCoord, CCoord, 'all', StartPose)
```

下面将 Halcon 中提取目标点的大致原理说一下：

首先 find_caltab 算子对图像高斯滤波（核大小为 SizeGauss），接着阈值分割（与之大小为 MarkThresh）将标定板的区域找出来， find_marks_and_pose 算子对区域中的圆进行分割，找到圆的个数，周长，坐标位置等应该和标定板描述文件中的一致，否则会自动调整 StartThresh，使得 StartThresh 按照 DeltaThresh 步长减小到 MinThresh，知道找到准确的圆心。

6. 有了所有图像中的圆心就可以标定了

```
calibrate_cameras (CalibDataID, Errors)
```

返回平均投影误差 Errors

7. 摄像机外参：决定摄像机坐标与世界坐标系之间相对位置关系。

其中 P_w 为世界坐标， P_c 是摄像机坐标，他们之间关系为

$$P_c = R P_w + T$$

式中， $T = (T_x, T_y, T_z)$ 是平移向量， $R = R(\alpha, \beta, \gamma)$ 是旋转矩阵，分别是绕摄像机坐标系 z 轴旋转角度为 γ ，绕 y 轴旋转角度为 β ，绕 x 轴旋转角度为 α 。6 个参数组成 $(\alpha, \beta, \gamma, T_x, T_y, T_z)$ 为摄像机外参。

```
set_calib_data_cam_param (CalibDataID, 0, 'area_scan_telecentric_division', CamParam)
set_calib_data_calib_object (CalibDataID, 0, CaltabName)
find_calib_object (Image, CalibDataID, 0, 0, 1, [], [])
get_calib_data_observ_contours (Caltab, CalibDataID, 'caltab', 0, 0, 1)
get_calib_data_observ_points (CalibDataID, 0, 0, 1, RCoord, CCoord, Index,
    PoseForCalibrationPlate)
set_origin_pose (PoseForCalibrationPlate, 0, 0, 0, PoseCalib)
```