

1.首先进行平移和缩放，会将图像中心作为坐标原点

$$x = \frac{i - x_{min} - C_x}{f_x}$$
$$y = \frac{j - y_{min} - C_y}{f_y}$$

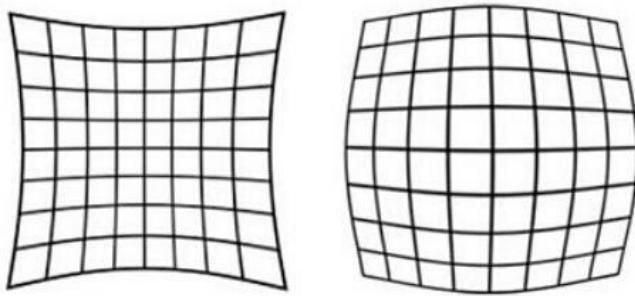
(其中 f_x, f_y 是摄像头焦距, (C_x, C_y) 是原图的图像中心。 x_{min} 是 x 方向平移距离, y_{min} 是 y 方向平移距离, 因为目标图像比原图尺寸大, 所以需要向右下角平移一段距离才能把变换后的图像显示全。 i, j 是循环变量, 即遍历目标图像的坐标)

2.求半径, 即每一颗像素距离图像中心的距离

$$r^2 = x^2 + y^2$$
$$r^4 = r^2$$

3.径向(鱼眼)畸变

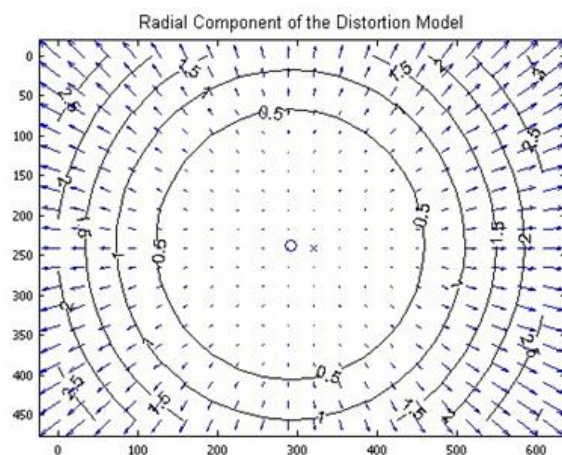
径向畸变就是沿着透镜半径方向分布的畸变, 产生原因是光线在靠近远离中心的地方比靠近中心的地方更加弯曲, 径向畸变主要包括桶形畸变和枕形畸变两种。



图像中心的畸变为 0, 沿着镜头半径方向向边缘移动, 畸变越来越严重。畸变的数学模型可以用主点周围的泰勒级数展开式的前几项进行描述。

$$x' = x(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6)$$
$$y' = y(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6)$$

(k_3 所对应的非线性较为剧烈, 容易产生极大的扭曲, 输入参数一般只有 k_1, k_2 两个系数)



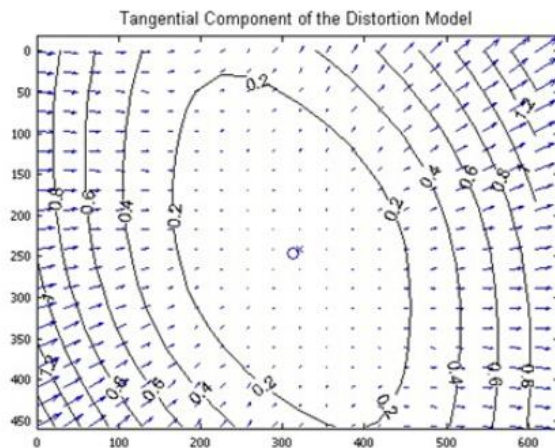
4.切向畸变

切向畸变是由于透镜本身与相机传感器平面（成像平面）或图像平面不平行而产生的，这种情况多是由于透镜被粘贴到镜头模组上的安装偏差导致。

$$x'' = x' + [2p_1xy + p_2(r^2 + 2x^2)]$$

$$y'' = y' + [p_1(r^2 + 2y^2) + 2p_2xy]$$

（由于镜头和摄像头不完全平行造成，输入参数为 p_1, p_2 ）



5.内参(缩放平移)矩阵（在以上两个矫正的基础上变换）

$$\begin{bmatrix} x''' \\ y''' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & Cx \\ 0 & f_y & Cy \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x'' \\ y'' \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x \cdot x'' + Cx \cdot z \\ f_y \cdot y'' + Cy \cdot z \\ z \end{bmatrix}$$

（其中 f_x, f_y 是摄像头焦距， (Cx, Cy) 是原图的图像中心， $z=1$ ）

根据 Matlab 标定得到的结果 $k_1, k_2, p_1, p_2, f_x, f_y, Cx, Cy$ ，即可计算出变换后的图像对应坐标

6.根据坐标对应关系改变像素

循环变量是为了遍历的新的图像，对于新的图像每一颗像素，先判断如果 (x''', y''') 在原来的图像内，则

$$dst_image[i][j] = src_image[x'''][y''']$$

否则

$$dst_image[i][j] = 0 \text{ （没有对应像素的位置可以涂黑）}$$