# 镜头畸变(lens distortion)

## 定义

透镜由于制造精度以及组装工艺的偏差会引入畸变，导致原始图像的失真。镜头的畸变分为径向畸变和切向畸变两类。

摄像机成像过程中产生的非线性畸变主要来源于如下几个方面：

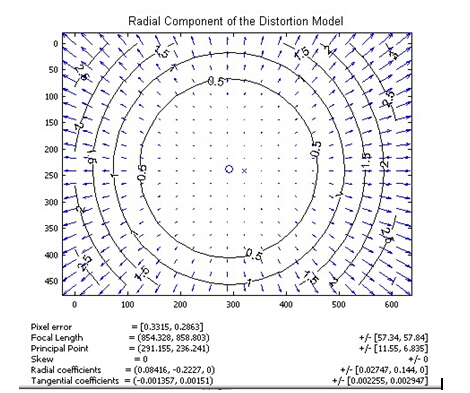
1. CCD的制造误差，使得像素点间距不完全相同
2. 镜头中的镜面曲面误差
3. 镜头中各镜片间的轴向间距

其中镜头镜片组合间距误差产生的形变最严重。上述各因素产生的非线性形变综合效果可以用以下的数学模型来表示：

分别为图像像素点在图像坐标系两个方向上的形变量。模型中的形变可以分为三部分，径向畸变、离心畸变、薄棱角畸变。一般在应用中只取第一部分的畸变，文献指出使用非线性优化算法做摄像机标定时不应引入过多的非线性参数（如模型中的第二项和第三项），否则易引起解的不稳定。

## 径向畸变

径向畸变产生原因是光线在远离透镜中心的地方比靠近中心的地方更加弯曲。



成像仪光轴中心的畸变为0，沿着镜头半径方向往边缘移动，畸变越来越严重。

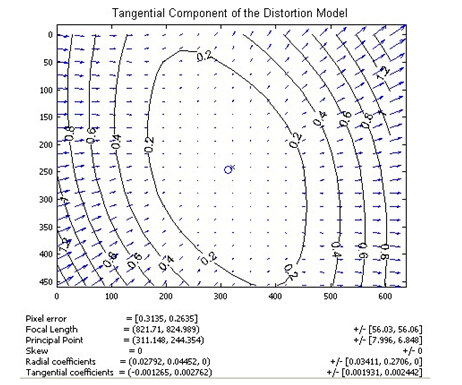
畸变的数学模型可以用主点（principle point）周围的泰勒级数展开式的前几项进行描述，通常使用前两项，即k1和k2，对于畸变很大的镜头，如鱼眼镜头，可以增加使用第三项k3来进行描述，成像仪上某点根据其在径向方向上的分布位置，调节公式为：

其中为点在原图上的像素坐标，为经过矫正后的像素坐标，。

图像径向畸变是成像过程中最主要的畸变,同时也是对成像效果影响最大的畸变。

## 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。



畸变模型可以用两个额外的参数p1和p2来描述：

## 图像校正

径向畸变和切向畸变模型中一共有5个畸变参数，在Opencv中他们被排列成一个5\*1的矩阵，依次包含k1、k2、p1、p2、k3，经常被定义为Mat矩阵的形式。

这5个参数就是相机标定中需要确定的相机的5个畸变系数，求得这5个参数后，就可以校正由于镜头畸变引起的图像的变形失真。