

## 新的桶形畸变的点阵样板校正方法

吴开兴, 段马丽\*

(河北工程大学 信息与电气工程学院, 河北 邯郸 056038)

(\*通信作者电子邮箱 ml19871202@163.com)

**摘要:**为了校正广角镜头的桶形畸变,提出一种新的桶形畸变数字校正方法。它使用点阵样板校正的方法,根据畸变图和理想图中圆点的位置关系,得出畸变图像素在X轴和Y轴方向上的偏移量曲面,采用三次B插值函数对曲面插值;由曲面插值获取像素点的偏移量,对各像素进行坐标转换得到校正图像;然后对图像进行了双线性插值的灰度重建。仿真结果表明,该方法使图像的坐标位置和灰度都得到很好的校正。

**关键词:**广角镜头;畸变校正;曲面插值;图像处理;桶形失真

**中图分类号:** TP391.41 **文献标志码:** A

### New method of correcting barrel distortion on lattice model

WU Kai-xing, DUAN Ma-li\*

(School of Information and Electrical Engineering, Hebei University of Engineering, Handan Hebei 056038, China)

**Abstract:** In order to correct the barrel distortion of wide-angle lens, a new method for distortion correction for barrel distortion was proposed. Adopting the lattice model calibration method, according to the location relation of dots between distortion image and ideal figure, the offset surfaces in X-and Y-axis direction about distorted pixels were got. Then, the cubic B-spline interpolation function was adopted to interpolate the surface. Thus, the offsets of each pixel were obtained in the distorted image. Furthermore, the pixels shift was rectified to achieve an undistorted image by coordinate conversion. And then the bilinear interpolation was used to reconstruct the gray level of pixels. The simulation results show that the proposed method can make a good correction of the coordinate position and gray value.

**Key words:** wide-angle lens; distortion correction; surface interpolation; image processing; barrel distortion

## 0 引言

目前,在图像处理系统中,具有宽视场的广角镜头有着广泛的用途,如电子内窥镜系统、车载监控系统、跟踪制导和违章驾驶拍摄等<sup>[1]</sup>。但是广角镜头在获得宽视场和特殊拍摄效果的同时,也带来了桶形畸变,这一点限制了在测量领域的应用<sup>[2]</sup>。桶形畸变虽然不影响成像清晰度,但却影响成像的位置精度,这会给图像分析和图像测量带来误差,甚至是误判。为了不让桶形畸变直接影响对图像的分析 and 理解,寻找一种快速有效的桶形畸变校正方法是非常有必要的。

桶形畸变又称桶形失真,它是由镜头引起的成像画面呈桶形膨胀状的失真现象。当图像边缘处有直线的时候,桶形失真最容易被察觉,与桶形失真相对的是枕形失真<sup>[3]</sup>,如图1所示。

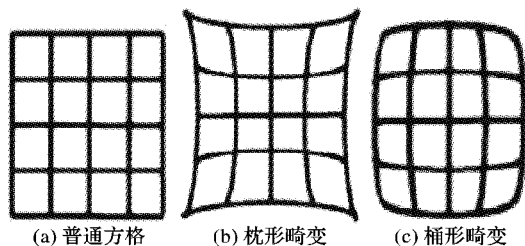


图1 畸变模型图

为了提高图像校正的精度,国内外不少专家提出了利用数字图像技术处理畸变图像的方法。Smith等<sup>[4]</sup>利用六角形

点阵图案,沿径向拟合出畸变图像与原图像间的函数关系,从而准确地测量医用内窥镜图像的上溃疡的面积。Hughes等<sup>[5]</sup>采用多项式模型法,先用模板对广角镜头进行标定,用多项式拟合畸变规律,根据拟合的多项式恢复畸变图像。朱日宏等<sup>[6]</sup>利用与光轴对称的镜像畸变数学模型求出镜头的校正系数,对畸变图进行校正。郭永刚等<sup>[7]</sup>提出了基于控制点自动提取的图像畸变校正算法。牛建军等<sup>[8]</sup>和凌伟等<sup>[9]</sup>提出了根据像差理论校正畸变图像的方法。范勇等<sup>[10]</sup>提出一种光学成像规律和镜头畸变模型相结合的畸变校正方法。张景国等<sup>[11]</sup>提出用二元二次多项式修正畸变图形。

以上的校正方法从建模方向考虑基本上可以分为两类:一类是先假设出畸变图与理想图的畸变模型,然后采用插值、拟合等方法去求解所设模型的参数;另一类是根据像差理论建立模型,根据理想图的数据去求解参数。这两种方法通过建模来校正畸变图,但是模型只是一种近似,所以导致校正精度不是很高,并且不同焦距的广角镜头所使用的模型也不同,从而使得在适应性方面有些局限性。

基于以上原因,本文提出一种新的基于点阵样板的数字校正算法。它把点阵样板校正的方法和畸变曲面插值结合起来,通过点阵样板图像畸变偏移量,进行坐标变换便可以得到校正图像。该方法省去了建模过程,精度只取决于点阵模板,具有更高的校正精度。同时不需要光学测量仪器和光学系统结构参数,只是根据图像的畸变特征进行校正,因而校正过程简单、方便、易于实现且成本较低。

收稿日期:2012-01-02;修回日期:2012-11-30。

**作者简介:** 吴开兴(1962-),男,陕西澄城人,教授,主要研究方向:计算机网络、多媒体; 段马丽(1987-),女,河北邯郸人,硕士研究生,主要研究方向:多媒体。

## 1 畸变校正方法及实现

### 1.1 点阵样板

本文使用的点阵样板如图2所示,圆点按正方形均匀排列。样板图案的具体参数如下:圆为白色,底面为黑色,一共9行、9列。其中圆心间距均为2 cm,圆直径为1 cm。

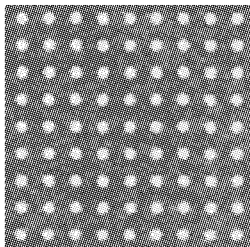


图2 点阵样板

### 1.2 特征点提取

圆点是点阵样板图案的基本元素,因此点阵样板图案特征点坐标的提取也就是圆心坐标的提取,故需要找出每个圆点中心所在的位置。但由于图像发生了桶形畸变,圆点的形状不再是规则的。所以采用圆点的重心来近似代替圆点的中心。设 $(x_c^i, y_c^i)$ 是第 $i$ 个圆点的中心坐标, $N_i$ 为该圆点所包含的像素数, $(x_k^i, y_k^i)$ 是该圆点内第 $K$ 个像素点。则有:

$$x_c^i = \frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} x_k^i \quad (1)$$

$$y_c^i = \frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} y_k^i \quad (2)$$

### 1.3 构造畸变曲面

桶形畸变主要表现在图像中的像素点发生位移,使图像发生扭曲。故图像的桶形畸变可以看成理想图像的偏移。在直角坐标系中,这种偏移可分解成 $x$ 和 $y$ 方向上。则有:

$$x - \Delta x = \bar{x} \quad (3)$$

$$y - \Delta y = \bar{y} \quad (4)$$

其中: $(\bar{x}, \bar{y})$ 是畸变像素点, $(x, y)$ 是畸变点对应的理想像素点, $\Delta x$ 与 $\Delta y$ 分别为像素点在 $x$ 和 $y$ 方向的偏移量。据此,如果能构造出畸变图像相对于理想图像在 $x$ 和 $y$ 方向上的偏移量曲面,则可以对畸变的图像进行校正。由于桶形畸变是非线性的,在图像的中心形变比较小,离图像的中心越远形变越大<sup>[7]</sup>。所以,本文认为样板中心的点是没有发生畸变的点,让其作为理想图像中对应点的坐标,从而可以确定各个原点之间的距离。而样板中的原点是规律地排列的,很容易计算出理想样板图像中各原点的位置。这样便可以得到畸变点阵样板图像上每个原点中心在 $x$ 和 $y$ 方向上的偏移量。为了使此偏移量变为比较直观的偏移量曲面,采用三次B样条函数进行曲面插值。图3为三次B样条函数插值后的畸变曲面。

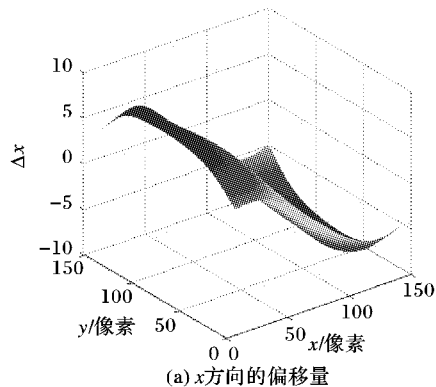
知道了像素偏移量和畸变图像的像素点,通过式(3)和(4)便可以得到校正的像素点,从而完成坐标的转换。

### 1.4 灰度重建

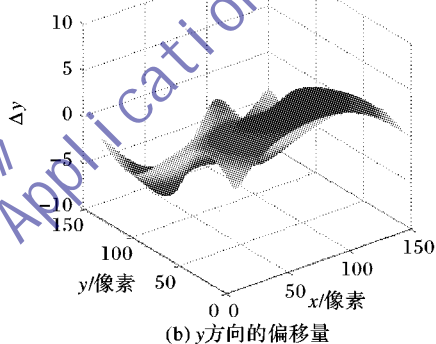
在对图像进行像素坐标变换后,使畸变图像上的坐标像素值落在校正后的坐标上。但是由于桶形畸变使图像的拍摄像高小于理想像高,坐标转换后的图像中有的地方没有像素值,故需要通过插值的方法确定这些地方像素点的灰度值。插值的方法有近邻取样法、双线性内插法、三次卷积法等。综合考虑这三种方法的优缺点,本文采用双线性内插法。设要插值点的坐标为 $(x, y)$ ,4个最邻近的像素坐标为 $(i, j)$ , $(i,$

$j+1)$ , $(i+1, j)$ , $(i+1, j+1)$ ,如果 $x = i + u, y = j + v$ ,则目标的灰度可以表示为:

$$f(i+u, j+v) = (1+u)(1-v)f(i, j) + (1-u)v f(i, j+1) + u(1-v)f(i+1, j) + uv f(i+1, j+1)$$



(a) x方向的偏移量

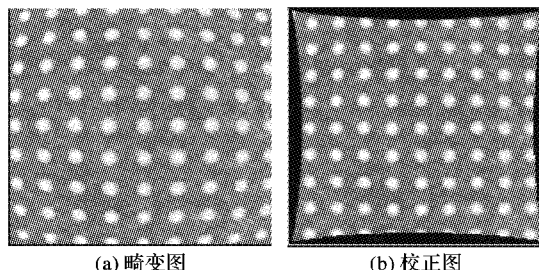


(b) y方向的偏移量

图3 三次B样条插值后的畸变曲面

## 2 仿真实验

广角镜头捕获的畸变图像及利用上述方法校正后的图像如图4所示。图(a)为广角镜头拍摄的图像存在明显的桶形畸变。图(b)为采用上述方法校正后的图像。但是校正后的图像尺寸变大,这是因为畸变图像中像素移动后留下的空白位置造成的。



(a) 畸变图 (b) 校正图  
图4 捕获图像及校正后的图像

为了验证上述理论分析的正确性与可行性,以点阵样板理想图案为标准,分析畸变图像和校正后的样板图像。使用Matlab对畸变图像和校正图像的特征点“点心”分别进行提取实验。选取特殊点,如表1所示。

定义图像的畸变率为 $D = \frac{\eta - H}{H} \times 100\%$ ,其中 $\eta$ 为实际成像高度, $H$ 为理想成像高度<sup>[12]</sup>。从表1中可以看出,样板图像存在严重的畸变,畸变率最大值为8%,采用提出的方法校正后畸变率明显降低。可见该方法可以很好地校正桶形畸变的坐标位置。

表1 畸变与校正点的坐标

序号	畸变点坐标	校正后点坐标	序号	畸变点坐标	校正后点坐标
1	(10,8)	(16,11)	6	(29,7)	(33,10)
2	(9,42)	(16,45)	7	(24,42)	(33,42)
3	(5,81)	(16,85)	8	(82,9)	(81,10)
4	(6,119)	(15,117)	9	(83,60)	(81,61)
5	(10,153)	(16,154)	10	(46,9)	(49,11)

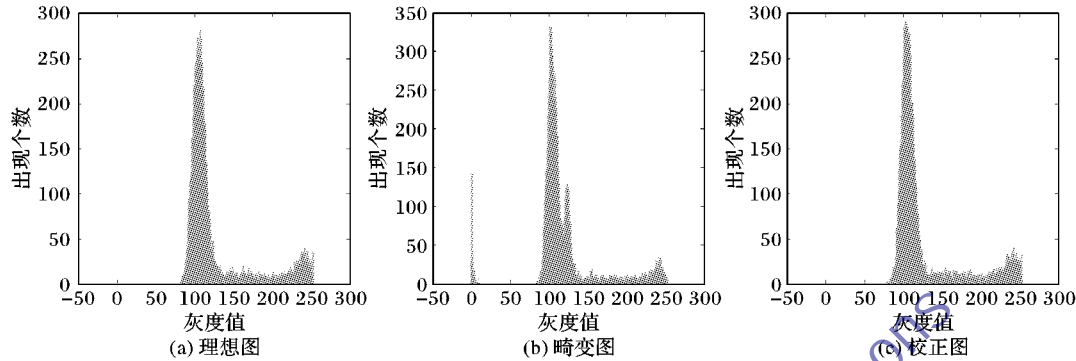


图5 图灰度直方图

从表2中可以看出,无论是灰度直方图的灰度平均值,还是标准差的平均值,校正结果都非常明显。

表2 灰度畸变校正结果

参数	理想值	校正前值	校正前误差/%	校正后值	校正后误差/%
灰度平均值	128.02	119.51	6.6	126.83	0.93
标准差平均值	15.2	18.5	-21.7	14.7	3.20

### 3 结语

本文提出了一种新的桶形畸变校正方法,该方法校正过程简单,方便且容易实现。实验结果表明,校正后的畸变率能够从8%降低到0.9%,并且灰度校正非常明显,从而充分证明了畸变校正方法的正确性和可行性。本文对畸变的图像进行校正处理,这对于扩大广角摄像头的使用范围具有重要意义。由于广角镜头有着其特有的优势,应用前景广阔,因此对广角镜头图片处理的研究是有必要和很有价值的。

#### 参考文献:

- [1] 杨必武,郭晓松. 摄像机镜头非线性畸变校正方法综述[J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(3): 269-274.
- [2] KANNALA J, BRANDT S S. A generic camera model and calibration method for conventional, wide-angle, and fish-eye lenses[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2009, 28(8): 1335-1340.

数字图像处理方法将畸变图像变换成原始图像,变换过程分为几何变换和灰度校正。为了定量地说明灰度校正效果,用 Matlab 画出畸变图像和校正后的图像的灰度直方图。在图像的左侧边缘处,取大小为  $76 \times 96$  pixel 的一个矩形区域,用来做其灰度直方图,如图5所示,并用来计算相对误差,如表2所示。

- [3] 何平,殷睿. 基于弧面映射的图像桶形几何失真的校正方法[J]. 上海电气技术, 2009, 2(2): 25-27.
- [4] SMITH W, VAKIN N, MAISLIN S. Correction of distortion in endoscope images[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 1992, 11(1): 117-122.
- [5] HUGHES C, GLAVIN M, JONES E, et al. Wide-angle camera technology for automotive applications: A review[J]. Intelligent Transportation Systems, 2009, 3(1): 19-31.
- [6] 朱日宏,李建欣. 光学成像系统中非线性畸变的数字校正方法[J]. 南京理工大学学报, 2004, 28(4): 414-416.
- [7] 郭永刚,葛庆平,冯平,等. 一种基于控制点自动提取的图像畸变校正算法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(2): 214-216.
- [8] 牛建军,刘上乾,姚荣辉. 高准精度光电成像测量系统图像畸变校正算法[J]. 光子学报, 2006, 35(9): 1317-1320.
- [9] 凌伟,王志乾,高峰瑞. 光电测量系统畸变的实时数字校正[J]. 光学精密工程, 2007, 15(2): 277-282.
- [10] 范勇,张佳成,陈念年,等. 图像几何畸变校正方法[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(29): 194-197.
- [11] 张景国,蒋大刚,李晓峰. 广角镜头桶形畸变的二元二次多项式修正法[J]. 光学技术, 2010, 36(4): 500-504.
- [12] 林明汉,胡贤龙,黄星,等. 大视场 CMOS 相机图像的畸变校正[J]. 科学技术与工程, 2009, 9(18): 5508-5511.

(上接第1112页)

- [12] KONG H-S, NIE Y, VETRO A, et al. Coding artifacts reduction using edge map guided adaptive and fuzzy filtering [C]// ICME'04: Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo. Piscataway: IEEE, 2004, 2: 1135-1138.
- [13] 周家玉,殷瑞祥. 一种自适应去除振铃滤波新算法[J]. 现代电子技术, 2010, 58(3): 58-60.
- [14] 刘微,朱明,李向荣,等. 运动模糊图像恢复过程中的几个关键问题[J]. 电子器件, 2005, 28(3): 600-603.
- [15] 赵剡,李东兴. 抑制复原图像振铃波纹的频域循环边界算法[J]. 北京航空航天大学学报, 2006, 32(11): 1290-1294.
- [16] 王菲. 运动模糊图像的恢复及恢复质量评价[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2010.

- [17] SRIVASTAVA R, PARTHASARTHY H, GUPTA J P R, et al. Image restoration from motion blurred image using PDEs formalism [C]// IACC 2009: IEEE International Advance Computing Conference. Piscataway: IEEE, 2009: 61-64.
- [18] YOU Y-L, KAVEHM M. Ringing reduction in image restoration by orientation-selective regularization [J]. IEEE Signal Processing Letters, 1996, 3(2): 29-31.
- [19] BIN L K, WEIMIAO Y, LIANGL S. Ringing reduction of image restoration [C]// The 6th International Conference on Signal Processing. Piscataway: IEEE, 2002, 2: 1757-1761.
- [20] 李宇成,阴亮,王木树,等. 基于图像的运动车辆速度测量[J]. 北方工业大学学报, 2008, 20(1): 32-36.