

文章编号: 1005-5630(2011)01-0015-04

一种数码相机几何畸变的检测方法^{*}

段欣涛^{1,2}, 汪岳峰¹, 周 斌^{1,3}

(1. 军械工程学院 光学与电子工程系, 河北 石家庄 050003;

2. 中国人民解放军 73653 部队, 福建 泉州 362341;

3. 中国人民解放军 71192 部队, 山东 文登 264400)

摘要: 针对数码相机普遍存在的几何畸变现象, 提出了一种基于数字图像处理的畸变检测方法。在阐述数码相机畸变产生原因和检测原理的基础上, 将待测数码相机拍摄目标靶板后的图片输入计算机, 利用 MatLab 工具对图片进行数字图像处理, 由像素间距获取实际像大小, 由几何光学演算获得理想像大小, 从而计算出相对畸变量。实验表明, 该方法过程简单, 易于实现, 数字化检测程度高, 为数码相机性能参数的数字化检测校正提供了实验依据。

关键词: 数码相机; 几何畸变; 检测; 数字图像处理

中图分类号: TB 852.1 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1005-5630.2011.01.004

A detection method for geometric distortion of digital still camera

DUAN Xintao^{1,2}, WANG Yuefeng¹, ZHOU Bin^{1,3}

(1. Department of Optical and Electronic Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;

2. Unit 73653, People's Liberation Army, Quanzhou 362341, China;

3. Unit 71192, People's Liberation Army, Wendeng 264400, China)

Abstract: According to the geometric distortion of digital still camera, a detection method for geometric distortion based on digital image process is put forward. The cause of distortion for digital still camera and the principle of detection are expatiated. The target pictures captured by digital still camera are sent to computer and processed digitally by MatLab. The actual image's figure is captured by pixel spacing, the ideal image's figure is captured by geometric optics, and therefore the relative distortion is calculated. The experimental results show that this method can be useful for the digital examine and correction of digital still camera's parameters for its simple process, easy realization and digital detection.

Key words: digital still camera; geometric distortion; detection; digital image process

引 言

随着 CCD 及 CMOS 数字成像技术的迅速发展, 数码相机已广泛应用于航拍、摄影测量等专业领域^[1]。但是, 由于通用数码相机没有准确测定内方位元素, 透镜组存在较大的构像畸变, 使得拍摄的图片存在图像扭曲、数据错误等诸多困扰, 特别是在使用了超广角耦合物镜的数码相机中, 几何畸变尤为严重^[2,3], 影响了数码相机在专业领域的应用, 因此对数码相机畸变量的检测校正显得尤为重要。传统上检

^{*} 收稿日期: 2010-08-11

作者简介: 段欣涛(1979-), 男, 河南三门峡人, 硕士研究生, 主要从事光学检测方面的研究。

测几何畸变的方法是将数码相机固定在三脚架上,测试 $0.86y$ (y 为对角线长度) 及 $0.5y$ 视场的相对畸变^[4]。这种测试方法仅能给出两个相对畸变值,无法将整个对角线视场内的畸变量进行测量,且容易造成误判。文中将采用等距分划对角线靶板,结合单轴转台对整个对角线视场内的畸变量进行测试。该文与曾刊出的“数码相机整机成像均匀度的自动检测方法^[5]”一文同属于数码相机检测范畴。

1 数码相机畸变形成原因^[6,7]

数码相机的畸变误差主要由光学镜头的畸变、机械误差以及视频信号的模数转换产生,即常说的光学畸变误差、机械误差和电学误差。光学畸变误差是摄影机物镜系统设计、制作和装配误差所引起的像点偏离其正确成像位置的点位误差。光学畸变差包括径向畸变差(radial distortion)和离心畸变差(decentering distortion)两类。径向畸变差使构像点沿径向方向偏离其准确位置;而离心畸变差是由于镜头光学中心和几何中心不一致引起的误差,它使构像点沿径向方向和垂直于径向方向都偏离其正确位置。机械误差是指在光学镜头摄取的影像转化到数字化阵列像这一步产生的误差。这项误差由两个因素引起:一是扫描阵列不平行于光学影像,致使数字化影像相对于光学影像有旋转;二是每个阵列元素尺寸不同产生了不均匀变形。电学误差主要包括行同步误差、场同步误差与采样误差。行同步误差是指视频信号转化时影像每行开头处的同步信号产生的错动现象,场同步误差是指影像奇数行与偶数行之间的错位。采样误差是指由于时钟频率不稳引起的采样间隔误差。光学畸变误差、机械误差、电学误差这三种误差因素,表现在数码相机所拍摄的图片上便是畸变量。

2 数码相机畸变测量原理及装置

2.1 检测原理

定义相对畸变量 D_r 用实际像高 R_i 与理想像高 R'_i 之差同理想像高之比表示^[8]:

$$D_r = \frac{R_i - R'_i}{R'_i} \times 100\% \quad (1)$$

若 $D_r > 0$, 为正畸变或枕形畸变;若 $D_r < 0$, 为负畸变或桶形畸变,如图 1 所示。

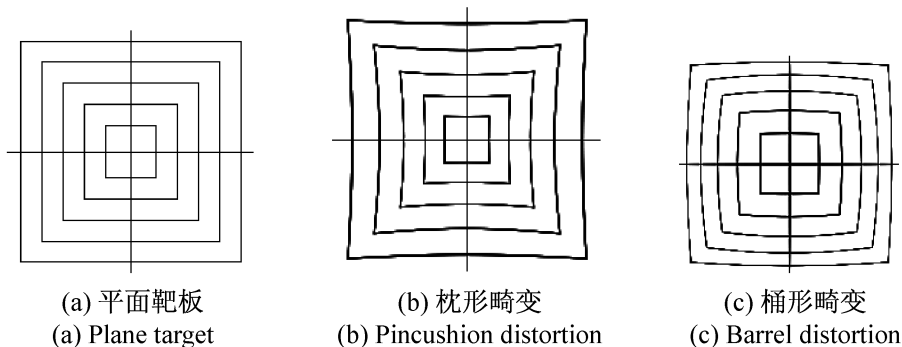


图 1 图像几何畸变效果示意图
Fig. 1 Sketch map of geometric distortion

数码相机成像光路如图 2 所示,在数码相机成像过程中, y 为物高, y' 为理想像高; H 、 H' 分别为物镜系统的前、后主点, $f' = f$ 为系统的焦距。

由几何光学知识可知,理想像高 $R'_i = y' = \frac{f}{l-f}y$,

由于实际拍摄时物距大于 10 倍焦距,因此物距用靶板到镜头的距离近似代替物距时,引入的误差可忽略不

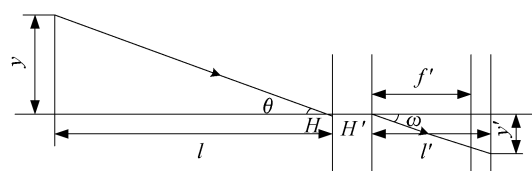


图 2 数码相机成像光路
Fig. 2 Light path of DSC's imaging

计,测出物距 l 和物高 y ,可计算出理想像高 y' 。实际像高可利用 CCD 或 CMOS 标定的像素间距进行测试得出,设标定后的 CCD 有效像素间距为 $\xi^{[9]}$,实际像高占用的像素个数为 $n = \sqrt{n_H^2 + n_V^2}$ (n_H 、 n_V 分别为水平和垂直像素数),则实际像高为 $R_i = n\xi$ 。于是式(1)变为:

$$D_r = \frac{n\xi(l-f) - fy}{fy} \times 100\% \quad (2)$$

因此在系统焦距 f 已知情况下,通过精确测量出物高 y 和物距 l 值,以及利用 MatLab 工具获取实际像所占用的像素个数 n_H 、 n_V ,由式(2)通过计算即可得到相对畸变量。

2.2 检测装置

数码相机畸变检测装置如图 3 所示,在光具座上固定靶板和数码相机。调整待测数码相机位置,对靶板进行拍照,并将图像输入计算机,进行后续图像处理,显示相对畸变量。

测试装置采用的靶板为等距分划对角线靶板,如图 4 所示。在玻璃基板的一条对角线上等距刻有分划线,并依次标明刻线编号,该靶板有 16:9、4:3、3:2、2:1 等不同长宽比例的型号,以适应被测数码相机不同画幅的需要。测试畸变时要求等距离分划刻线的所有线段恰充满被测相机的整个视场,以达到测量全视场畸变的目的。

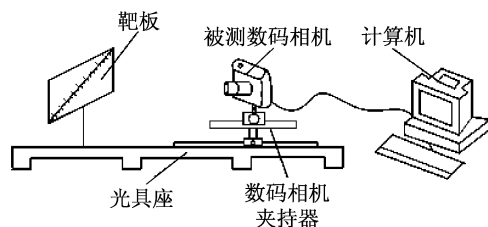


图 3 检测装置示意图

Fig. 3 Structure sketch of the system

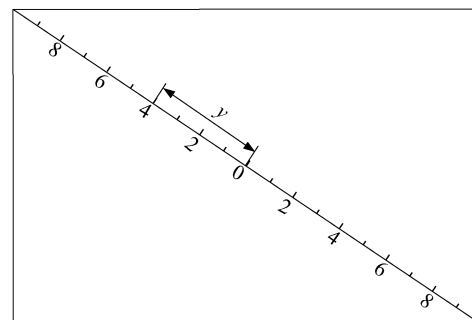


图 4 等距分划对角线靶板

Fig. 4 Diagonal target for equidistant graduation

3 数码相机畸变测量实验

由于数码相机在拍照时各参量的设置值不同,会给测量数码相机几何畸变带来误差,因此,首先需要数码相机检测环境进行标定化设置。实验主要步骤如下:

(1)数码相机的设置:关闭闪光灯;日光灯白平衡;保持测试环境照度基本均匀。

(2)按照待测数码相机画幅比例选取相应比例的等距分划对角线靶板并固定在光具座上,调整靶板和相机位置,使标板中心与拍摄镜头轴线一致,并保持板面与镜头光轴垂直。调节标板和镜头之间的距离使标板刻度恰充满相机整个视场。

(3)测光调焦拍摄。用数码相机对等距分划对角线靶板的刻线进行测光并拍摄。

(4)在光具座上量取物距 l 。

(5)对拍摄的相应图像输入计算机进行图像处理,获得实际像高所占的像素数 n_H 、 n_V 。打开所拍摄图像,查看图像的属性对话框,在高级摘要里读取拍摄时镜头的焦距值 f 。

(6)将所得数据代入式(2)得出各测试点的相对畸

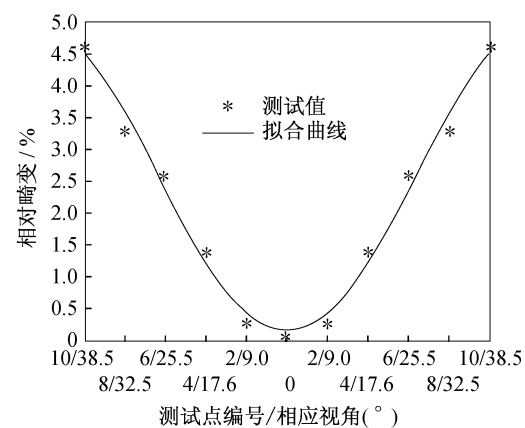


图 5 相对畸变量测试曲线

Fig. 5 Test curve for relative distortion

变量,并在 MatLab 中绘图显示检测结果。

由于数码相机的广角端视场比远摄端视场大,其畸变也比远摄端大,因此文中检测相机广角端的畸变。利用上述方法,对数码相机 Canon EOS 30D($f:17\sim 85\text{mm } 1:4\sim 1:5.6$ EF-S $\phi 67\text{mm}$)手动调焦在广角端进行测试,该相机成像器件尺寸为 $22.5\times 15.0\text{mm}^2$ (长宽比为 3:2),广角端对角线视场为 77° 。对于该相机选取长宽比为 3:2 的等距对角线靶板,按照上述实验步骤及式(2)可计算出各分划点的相对畸变量,利用相似三角形关系计算出靶板上各点对应的对角线视场,测试结果如图 5 所示。从图中可以看出,在视场中央的畸变几乎为 0,靠近视场边缘时,畸变相对增大。总体上相对畸变量均在 5%以下,满足行业标准《JB/T 10362—2010 数码照相机》中关于相对畸变小于 5%的要求。

4 结 论

文中叙述的畸变检测方法根据几何光学原理,结合 CCD 成像技术,推导了便于检测相对畸变量的检测公式;采用等距分划对角线靶板,同时采用数字图像处理技术,实现了数码相机几何畸变量的数字化检测。这种方法仅需要在测试前对 CCD 的有效像素间距进行标定,无需考虑仪器像差等因素,测试过程简单,便于实现,为畸变图像校正的软件实现提供了便利。由于受到系统中靶板大小和均匀照明环境的限制,因此该畸变测试方法适合约 120° 对角线视场内畸变的测试。

参考文献:

- [1] 张建霞,李安福,刘宗杰. 航空数码相机及其应用分析[J]. 测绘科学,2009,34(5):87—88.
- [2] 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,2009,18(9):5508—5514.
- [3] 陈新玺,李 浩,张曼祺. 普通数码相机构像畸变差两种检校模型比较[J]. 北京测绘,2005(4):50—54.
- [4] 杭州照相机机械研究所. JB/T 10362—2010 数码照相机[S]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [5] 段欣涛,汪岳峰,张 强,等. 数码相机整机成像均匀度的自动检测方法[J]. 光学仪器,2010,32(5):15—18.
- [6] 卫 征,方俊永,张 兵. 非量测相机镜头光学畸变的改正[J]. 光学技术,2007,33(6):885—888.
- [7] 吴柏雄. 基于矩形角点几何变换的畸变图像校正[J]. 计算机与数字工程,2009,241(11):152—154.
- [8] 张以谟. 应用光学[M]. 3 版. 北京:电子工业出版社,2008.
- [9] 刘 丽. CCD 性能参数标定技术研究[D]. 石家庄:军械工程学院,2006.