

红外观察仪图像畸变的校正

王欣刚, 宋建中, 顾海军

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022)

摘要: 通过对红外观察仪成像失真原因的分析, 建立了一个非线性畸变校正的数学模型, 该模型适用存在径向非线性失真的成像系统, 并基于该模型对红外观察仪输出的图像进行了畸变校正, 给出了实验结果, 经过校正后的图像检测点的最大定位误差在 1 个像素以内。方案还具有可扩充性和可移植性。

关键词: 图像畸变; 非线性校正; 红外观察仪

中图分类号: TN 216 文献标识码: A

1 引言

近年来, 随着微电子技术的迅猛发展, 各个与之相关的领域得到了长足的进步。数字信号处理技术也日新月异, 为工程中实现实时有效(快速高质量)的图像处理提供了现实的可能性。在电子战和信息战日趋激烈的今天, 国防和军工对图像处理向我们提出了两方面要求: (1) 更快的速度; (2) 更高的质量; 而实际的各种成像系统中都不同程度的存在畸变, 当这种畸变影响用户对图像质量的要求时, 便成为不可忽略的因素。红外观察仪是在近红外波段用于观察与测量的一种高清晰度仪器, 常用于各种红外成像侦察设备中。但是在实际应用中, 我们发现该仪器由于径向的非线性失真而引起的枕形畸变, 严重影响了整个设备的精度要求。因而针对这种畸变的原因、现象, 校正机理, 校正算法进行了探讨, 并给出了一个工程应用实例。

2 图像的畸变

2.1 畸变产生的原因

所使用的红外观察仪可以看成是一个广义的光电成像系统, 景物成像到它的光电阴极上, 光电阴极各点根据照射的光强按比例产生光电子, 这些光电子在高压电场的作用下轰击荧光屏产生一个绿色的荧光图像输出。由于光电子在高压电场中运动受到的作用力随着径向距离而变化, 因此表

现在成像特性上延径向产生非线性失真, 这就导致了图像的几何畸变。

2.2 畸变的现象及数学表达

假设对于任一像元 P , 不失真成像在 $P_0(x_0, y_0)$ 点, 失真后成像在 $P_1(x_1, y_1)$ 点, 对应到轴心距离分别 r_0, r_1 , 如图 1 所示。

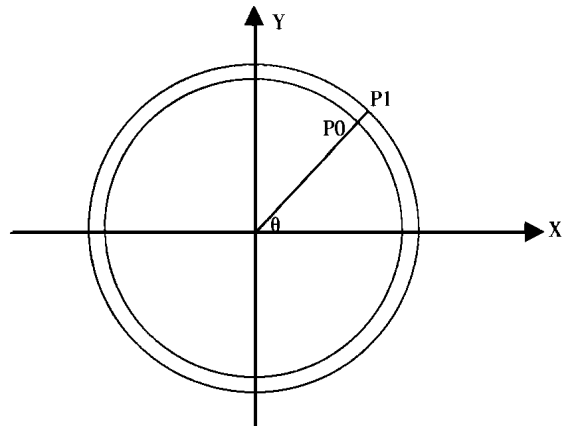


Fig 1 Radial nonlinear distortion

则成像系统应满足如下关系:

$$r_1 = F(r_0) \quad (1)$$

当 $F(r_0) = k \times r_0$ 时无几何畸变, 只有大小变化, 对应图 2 中曲线 2, 图形如图 3 中 (a);

当 $F(r_0) > k \times r_0$ 时产生几何畸变,

(1) 当 $F(r_0) > k \times r_0$ 时, 产生枕形失真, 对应图 2 中曲线 1, 图形如图 3 中 (b);

(2) 当 $F(r_0) < k \times r_0$ 时, 产生桶形失真, 对应图 2 中曲线 3, 图形如图 3 中 (c)。

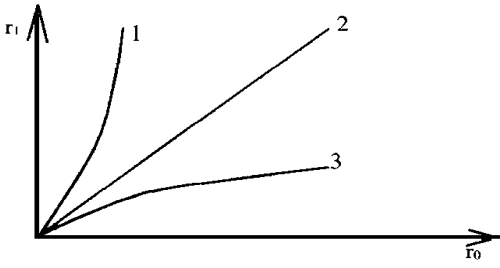
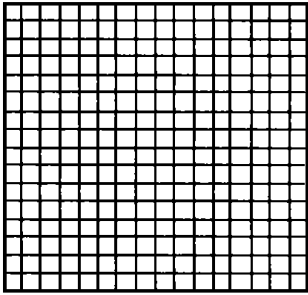
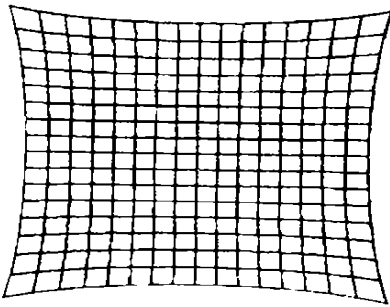


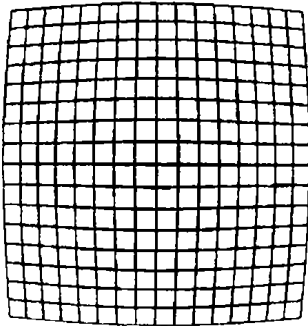
Fig 2 Coordinate system



(a)



(b)



(c)

Fig 3 Effect of distortion

3 图像畸变的校正

3.1 畸变校正的原理

由图像产生畸变的原因可知,对与任一像元 P ,假设不失真成像在 $P_0(x_0, y_0)$ 点,失真后成像

在 $P_1(x_1, y_1)$ 点(为枕形失真情况,若为桶形失真,则相应将 P_0, P_1 交换),到光轴距离分别为 r_0 和 r_1 ,光轴在像面投影为原点 $O(0, 0)$,则失真前后满足以下两个关系:

$$p_{0Ox} = p_{1Ox} \quad (1)$$

$$r_1 = F(r_0) \quad (2)$$

其中 p_{0Ox} 为 OP_0 与 Ox 的角度, p_{1Ox} 为 OP_1 与 Ox 的角度,失真前后角度不变,将 $F(r_0)$ 展开为幂级数如下:

$$F(r_0) = \sum_{i=0}^{\infty} a_i r_0^i = a_0 + a_1 r_0 + a_2 r_0^2 + a_3 r_0^3 \quad (3)$$

实际上,在满足一定精度要求的情况下, r_0 高次项可以忽略。

由公式(2)可得:

$$r_0 = F^{-1}(r_1) \quad (4)$$

畸变校正实际上是已知 r_1 求 r_0 的过程,利用公式(4)可以完成对成像系统图像的畸变校正。

3.2 畸变校正的实现

我们用 Visual C++ 6.0 编制算法实现了畸变校正,并得到了令人满意的效果。算法流程图见图 4。

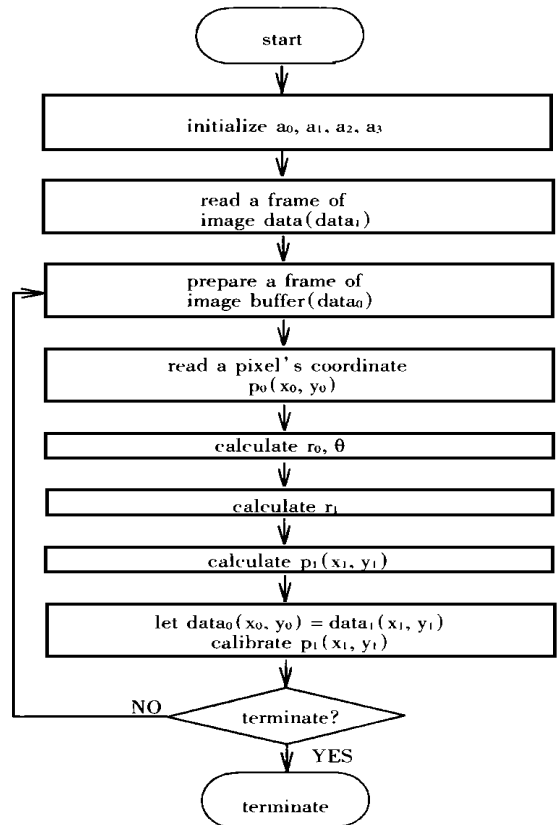


Fig 4 Flow chart of the calibration procedure

其具体实现步骤如下:

(1) 预先设置控制点, 通过实验求解幂级数的系数 a_0, a_1, a_2, a_3 ;

(2) 准备两个数组 data0 和 data1, data1 用于存放一帧准备校正的图像, data0 用于存放校正后的数据;

(3) 读取一图像坐标值 $p_0(x_0, y_0)$;

(4) 计算得到 r_0 和 θ

(5) 利用公式(2), 求得 r_1 ;

(6) 由 r_1 和 θ 利用公式 $x_1 = r_1 \cos(\theta), y_1 = r_1 \sin(\theta)$ 求得 $P_1(x_1, y_1)$;

(7) 令 $data0(x_0, y_0) = data1(x_1, y_1)$, 实质是令 $P_0(x_0, y_0)$ 取 $P_1(x_1, y_1)$ 点的灰度值, 从而将点 $P_1(x_1, y_1)$ 校正;

(8) 重复(3)到(7)直至完成一帧图像的校正。

其中 $O(0, 0)$ 点可以根据控制点的对称性分布特性, 通过实验取得, 并且一旦取得该值, 对于该系统 $O(0, 0)$ 为一固定点。

4 校正的结果

4.1 检测实验装置

该实验装置主要由以下几部分组成: (1) 检测靶板; (2) 光学系统; (3) 红外观察仪; (4) CCD 相机; (5) 图像采集卡; (6) 计算机。工作过程如图 5 所示。检测靶板位于光学系统正前方 50m 处, 靶板通过光学系统, 经过红外观察仪到 CCD 相机, CCD 相机再将视频信号传递到图像采集卡, 最后由图像采集卡将采集的图像数据送到计算机中, 由计算机进行处理。

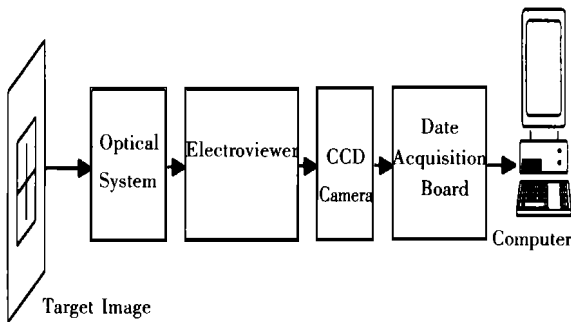
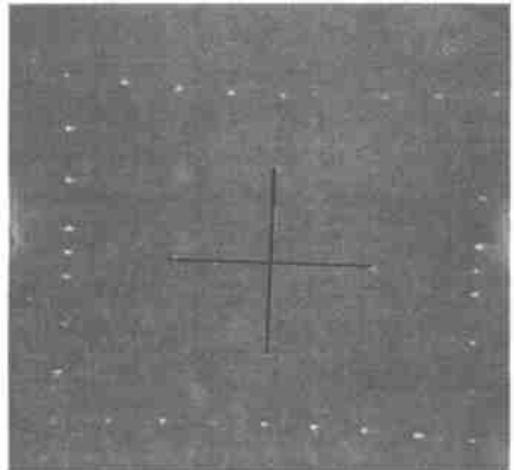


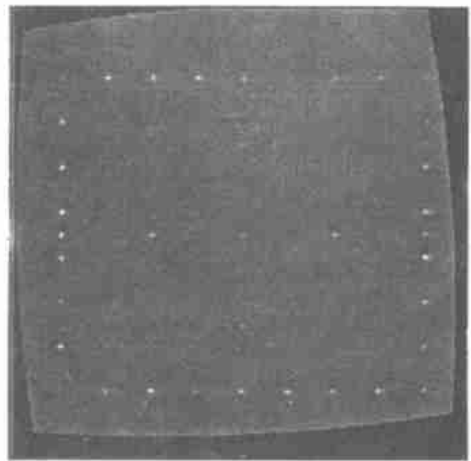
Fig 5 Calibration setup

4.2 实验结果

校正前的检测点的定位误差在 10 个像素以上, 经过校正后的图像检测点的最大定位误差在 ± 1 个像素以内。满足了系统对精度的要求。实验效果如图 6 所示, 其中(a)为校正前, (b)为校正后。



(a)



(b)

Fig 6 Effect of nonlinear calibration

5 结 论

通过本文的探讨可见, 该数学模型对于红外观察仪的枕形失真的畸变校正是有效果的。同时, 该数学模型也适用于其它成像系统由于径向成像特性非线性引起的几何失真。图 7 是对桶形失真的校正效果图, 其中(a)为校正前, (b)为校正后。

Abstract

Abstract

In this paper, the digital image processing and mode recognize technol
 in a great detail, and in this base we discuss the elementary prin
 the target tracing system which base on the video image. Mostly,
 how to improve the capability for image tracing system to resist
 turb. The last purpose of our research is to bring forward the prin
 d which can made the image tracing system have a good anti-dist
 , and to provide the academic and experimental base for hardware
 of all, the basic principle of the image tracing system is introduce
 etic is proposed. The arithmetic includes automatic target select
 oned on border tracing, target movement forecast, and automatic s
 ndow. Meanwhile, in the arithmetic the function of anti-disturb is
 rinciple and method of anti-disturb is introduced mainly. The pri
 correctness of target tracing by the method of template examine
 ly. The experiment system of computer anti-disturb tracing is real
 it system, various cases can be simulated, and the effect of the pri
 d of the anti-disturb tracing can be validated. The software runs

In this paper, the digital image processing and mode recognize technol
 in a great detail, and in this base we discuss the elementary prin
 the target tracing system which base on the video image. Mostly,
 how to improve the capability for image tracing system to resist
 turb. The last purpose of our research is to bring forward the prin
 d which can made the image tracing system have a good anti-dist
 , and to provide the academic and experimental base for hardware
 of all, the basic principle of the image tracing system is introduce
 etic is proposed. The arithmetic includes automatic target select
 oned on border tracing, target movement forecast, and automatic s
 ndow. Meanwhile, in the arithmetic the function of anti-disturb is
 rinciple and method of anti-disturb is introduced mainly. The pri
 correctness of target tracing by the method of template examine
 ly. The experiment system of computer anti-disturb tracing is real
 it system, various cases can be simulated, and the effect of the pri
 d of the anti-disturb tracing can be validated. The software runs

(a)

(b)

Fig 7 Effect of nonlinear calibration for tubby distortion

参考文献:

[1] Shah S, Aggarwal J K. A sample calibration procedure for fish-eye (high-distortion) lens camera [A] Proc IEEE Int Conf on Robotics and Automation [C], 1994, 3422- 3427.
 [2] Weng Juyang, Cohen Paul, Herniou Marc. Camera calibration with distortion models and accuracy evaluation [J] IEEE transaction on pattern analysis and machine intelligence, 1992, 14(10): 965- 980

Image distortion calibration of IR electroviewer

WANG Xin-gang, SONG Jian-zhong, GU Hai-jun

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
 Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China)

Abstract: The reasons of an image distortion from infrared electroviewer are analyzed and a calibration model is set up for the nonlinear distortion. The model can be used in any imaging system which has a nonlinear radial distortion. The experimental result of calibrating the image distortion for the IR electroviewer is shown in this paper, the maximum position error is less than 1 pixel. The model can be expanded and grafted.

Key words: image distortion; nonlinear calibration; IR electroviewer

作者简介: 王欣刚(1972-),男,吉林磐石人,博士研究生,1995年7月毕业于天津大学电子工程系,现在主要研究方向为微弱信号检测、图像处理、模式识别与计算机软硬件开发。