

文章编号:1007-2780(2012)04-0552-05

基于改进 Hough 变换和透视变换的透视图像矫正

代 勤^{1,2}, 王延杰^{1*}, 韩广良¹

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033, E-mail: deakain@163.com;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘 要: 由于成像系统和目标的距离和方位的原因, 会导致形成的图像发生透视而不再是正视图, 这对于图像的特征提取、识别等后续处理非常不利。对于发生了透视畸变的图像, 透视变换解决了一般仿射变换不能改变图像内部点相对位置的缺陷。文章根据透视变换的原理提出了基于改进的霍夫变换和透视变换的透视图像矫正技术, 该算法根据摄像机的成像机理进行透视图像矫正, Matlab 仿真实验结果表明, 该算法可行性高, 简单易行, 稳定性好, 可广泛推广至目标识别等领域。

关 键 词: 图像处理; 图像矫正; 霍夫变换; 透视变换

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20122704.0552

Perspective Image Rectification Based on Improved Hough Transformation and Perspective Transformation

DAI Qin^{1,2}, WANG Yan-jie^{1*}, HAN Guang-liang¹

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,

Changchun 130033, China, E-mail: deakain@163.com;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: When the images collected from camera have perspective distortion, it can affect the following work such as feature extraction and object recognition due to the influence of perspective projection. When rectifying these distorted images, perspective transformation can change the relative position of inner points, while affine transformation cannot. This article will improve the Hough transformation to find the lines that hold the four points which perspective transformation needs, and then use the perspective transformation to rectify the distortion based on the imaging principle of cameras. Emulation experiment results from Matlab reveal that the algorithm can effectively rectify the distorted images and achieve our expectation. This algorithm is easy, feasible and robust, and can be applied to many fields including object recognition.

Key words: image process; image rectification; Hough transformation; perspective transformation

1 引 言

目前对因透视投影而发生畸变的图像(透视

图像)进行矫正的方法主要有角度检测法、控制点变换法和射影几何方法三类,一般都要用到直线检测和旋转角度检测等技术,比较复杂,并且适用

收稿日期: 2011-12-11; 修订日期: 2012-03-15

基金基目: 国家自然科学基金(No. 61172111)

作者简介: 代勤(1989—), 女, 安徽阜阳人, 硕士研究生, 主要研究方向为图像复原。

* 通讯联系人, E-mail: wangyj@ciomp.ac.cn

范围有限。利用 Radon 变换^[1]或者 Hough 变换^[2]检测出图像的倾斜角度并进行矫正,忽略了透视畸变、默认畸变图像与原图像满足仿射变换^[3-4]。这种假设本身具有不合理性,当摄像机与物体较近时,直接检测倾斜角度的算法将不再有效,这类算法具有局限性。

本文根据透视变换的原理改进 Hough 变换^[5-6],提出一种基于霍夫变换和透视变换相结合的矫正算法,首先用改进霍夫变换提取出图像中的 4 条直线,然后计算出它们的 4 个交点,最后利用透视变换的原理将透视图像矫正为标准的正视图。实验结果表明,本文算法矫正效果显著。

2 理论基础

2.1 透视投影

当人们站在玻璃窗内用一只眼睛观看窗外的建筑物时,无数条视线与玻璃窗相交,把各交点连接起来的图形即为透视图,如图 1 所示。

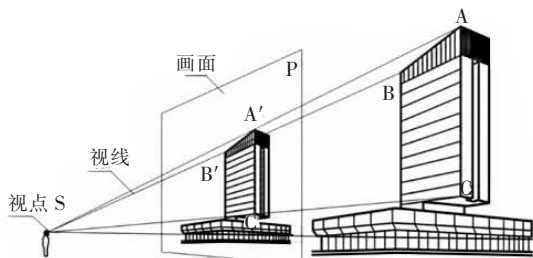


图 1 透视投影

Fig. 1 Perspective projection

透视投影相当于以人的眼睛为投影中心的中心投影,符合人们的视觉形象,具有立体感和真实感。

2.2 三点、双点、单点透视投影

随着观察角度的变化,可看到物体的一个或多个侧面,在透视处理上,按照空间直角坐标系的划分,相应地分为单点透视投影、双点透视投影和三点透视投影^[7]。

结合实际应用,本文只讨论单点透视投影,将算法应用在将一个平面上的图形投影成另一个平面上的畸变图像时的矫正。

2.3 二维图像的透视变换

在成像过程中,我们认为观察点和像面是固定的,通过对物体进行旋转和平移,形成在像面上的正视图;也可以认为物面是固定的,通过移动观

察点和像面,得到物体在像面上的正视图。这样,问题转化成一个物面上的像到另一个物面上的像的变换,从而推导出透视畸变图像的矫正方式,即一个平面上的点变换到另外一个平面上的点,二维图像的透视变换如图 2 所示。

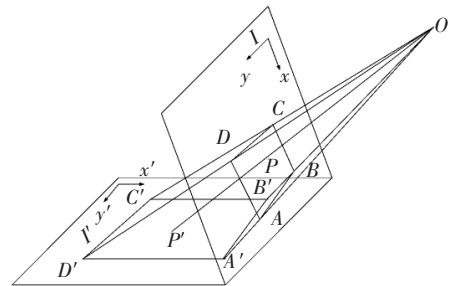


图 2 二维图像的透视变换

Fig. 2 Perspective transformation of 2D image

二维图像的透视变换实际上是一个平面上的点 $P(c, y)$ 以中心点 O 为基准,投影成另一个平面上的点 $P'(x, y)$,它可以看作是三维物体向二维图像透视投影的特殊形式。

一个二维图像经过透视变换成为另外一个平面图像,这个过程表示为^[8-9]:

$$u = \frac{ax + by + c}{nx + ly + 1}, \quad v = \frac{dx + ey + f}{mx + ly + 1} \quad (1)$$

其中 (x, y) 是畸变图像的像素坐标, (u, v) 是正视图的像素坐标, a, b, c, d, e, f, m, l 是透视变换参数。

2.4 正视图尺寸的确定

对于同一物体,我们在观察时由于角度和位置的不同,所形成的透视畸变图是不相同的;同样,由于位置的不同而形成的正视图也是不同的,针对某一种透视图,我们将它矫正为正视图时,也会有不同的结果。所以,正视图的尺寸往往可以根据我们的需要而设定。

这是由于透视变换是一个平面到另一个平面的变换关系,不同的正视图尺寸确定了一组平行于物面的平行平面,矫正时也会得到不同的透视变换参数,这使得用透视变换矫正图像具有一定的灵活性。

正是由于这点,如果我们需要把图像矫正到实际的尺寸(此时无法输出正视图图像到显示器),只要把 (u, v) 改成相应点的实际坐标即可,矫正得到的图像就是现实中的实际尺寸,大大提高了算法的适用性。

3 改进 Hough 变换

直线是图像的基本特征之一,一般物体平面图像的轮廓可近似为直线和弧的组合,因此,对物体轮廓的检测与识别可以转化为对这些基元的检测与提取。另外在运动图像分析和估计领域也可以采用直线对应法实现刚体旋转量和位移量的测量,所以对图像直线的检测算法进行研究具有重要的意义。

Hough 变换^[10-11]是一种利用图像的全局特征将特定形状的边缘连接起来,形成连续平滑边缘的一种方法。它通过将源图像上的点影射到用于累加的参数空间,实现对已知解析式曲线的识别。由于它利用了图像的全局特征,所以受噪声和边界间断的影响较小,比较鲁棒。

图像上任意直线区域都可以一一对应参数空间中的一个点,而图像上的任意像素都同时存在于很多直线区域之上。可以将图像上的直线区域想象为容器,把特定像素想象成放在容器中的棋子,只不过在这里,每个棋子都可以同时存在于多个容器中,那么 Hough 变换可以理解为依次检查图像上的每个棋子(特定像素),对于每个棋子,找到所有包含它的容器(平面上的直线区域),并为每个容器的计数器加 1,这样就可以统计出每个容器所包含的棋子的数量,当图像上的某个直线区域包含的特定像素足够多时,就可以认为这个直线区域表示的直线存在。

本文利用 Hough 变换提取直线时,当图像中存在很多条直线时,直接利用霍夫变换提取出的直线往往不是我们想要的。因此,我们对算法进行改进,在提取直线时(如果直线的宽度大于 1,

我们取直线的最外围),记录下每条直线的端点;提取完成后对 Hough 变换的结果计算直线的交点,保证得到的交点就是直线的端点,避免了图像中存在很多条直线时,计算的结果是直线延长线或者直线内部的点和其他直线会干扰我们提取交点的情况发生,检测出目标点。

4 矫正算法

4.1 具体实现

在应用算法时,首先保证图像中有 4 条相交的直线,用改进的 Hough 变换找到 4 个目标点,将这 4 个点的坐标和相应的实际坐标共 4 对坐标数据作为解透视参数矩阵的已知量,解出透视参数向量,得到由该透视图变换到所期望正视图的透视参数。我们把式(1)写成:

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 & 0 & 0 & -ux & -uy \\ 0 & 0 & 0 & x & y & 1 & -vx & -vy \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ m \\ l \end{bmatrix} \tag{2}$$

变换式中共有 8 个独立参数,采用图像点对的方式进行二维平面图像的透视变换计算。

我们把畸变图像中的各个像素点坐标记为 $(x_1, y_1)(x_2, y_2)(x_3, y_3)(x_4, y_4)$;相应的正视图中的点坐标记为 $(u_1, v_1)(u_2, v_2)(u_3, v_3)(u_4, v_4)$;于是:

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ u_3 \\ v_3 \\ u_4 \\ v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -u_1x_1 & -u_1y_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -v_1x_1 & -v_1y_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -u_2x_2 & -u_2y_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -v_2x_2 & -v_2y_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -u_3x_3 & -u_3y_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -v_3x_3 & -v_3y_3 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -u_4x_4 & -u_4y_4 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -v_4x_4 & -v_4y_4 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ m \\ l \end{bmatrix} \tag{3}$$

记为:

$$UV = A \times M \tag{4}$$

则:

$$M = A^{-1} \times UV \tag{5}$$

从而求得透视参数。

最后用解出的透视参数对原透视图像进行透视变换,得到矫正图。

4.2 算法总结

我们将算法总结如下:

步骤 1:用改进霍夫变换提取出图像中的 4 条直线;

步骤 2:计算 4 个交点的坐标;

步骤 3:解出关于透视参数的方程组,得到透视参数向量;

步骤 4:将透视参数应用于图像中的所有点,进行图像矫正,得到标准的正视图。

5 实验结果分析与讨论

针对不同的应用,采用本文提出的算法对以下两种畸变图像进行矫正。

实验 1:图 3 为具有透视畸变的 Lena 照片的

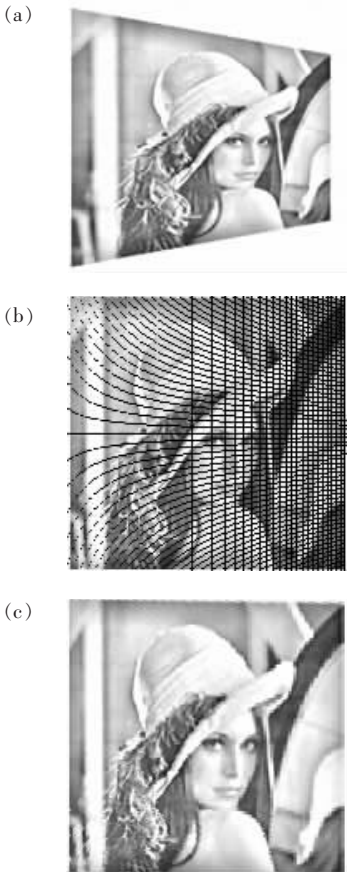


图 3 透视 Lena 图的矫正。(a)原始透视 Lena 图;(b)直接计算得到的矫正图;(c)修正之后的矫正图。

Fig. 3 Rectification of perspective Lena image. (a)Original perspective Lena image; (b)Directly obtained rectified image; (c) Amended rectified image.

矫正,畸变图像本身是长方形,我们用 Hough 变换检测出的 4 条直线是图像的轮廓,计算出的 4 个交点为图像外围的 4 个角,应用本算法得到矫正后的正视 Lena 图。

在矫正过程中,我们发现,由畸变图像得到的正视图中像素点的坐标一般不是连续的,导致矫正图像看起来也不是连续的,用插值法来解决这个问题也有一定的困难(需要统计哪些点是由计算得到的,运算量大,并且实施起来也比较复杂),为了解决这个问题,在计算正视图的坐标时,我们算出一个点后,将它的右、下和右下角 3 个像素点的灰度值都置成与该点相同的值,使图像看起来是连续的,这种修正也应用于我们对其他图片所做矫正的过程。

实验 2:图 4 为具有透视畸变的正方形图片,正方形位于图片内部,正方形内部是一个椭圆,对于图中的情况,如果白色正方形外围的黑色框完整的话,我们用本文的改进 Hough 变换会检测出两个正方形,但是由于外围的黑色部分不完整,检测出的相交直线是正方形的轮廓,求出 4 个交点,利用这 4 个交点进行畸变矫正。

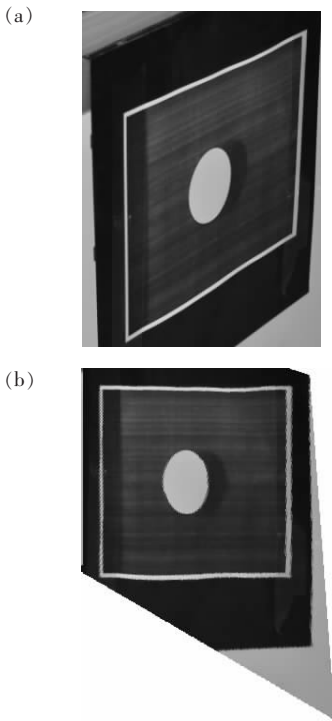


图 4 透视正方形的矫正。(a)原正方形的透视图;(b)本文算法得到的矫正图。

Fig. 4 Rectification of perspective image of square. (a)Original perspective image of square; (b) Rectified image using our algorithm.

实验结果表明,本文算法能有效地对透视畸变图像进行矫正,得到标准的正视图。

6 结 论

对于透视畸变图像的矫正,好的目标点检测算法对于矫正过程至关重要。本文提出了一种基于改进 Hough 变换和透视变换相结合的矫正方法,解决了因拍摄角度不同,使平面物体产生透视畸变的问题。

此算法适用性很广,笔者用相机拍摄了书本、正方形、建筑物的多个透视角度下的各 10

张照片,应用本算法对这 30 幅图片进行矫正,矫正的成功率高达 98%。少数失败情况是由于目标轮廓不清晰导致检测直线、计算交点时出现了偏差。

如果畸变图中只有我们需要的一个四边形,对 Hough 变换检测出的直线直接处理是没有问题的,但是如果图像中直线比较多时,利用基本的 Hough 变换就无法判定哪些是畸变矫正所需要的直线了。由于本文对 Hough 变换进行了改进,保证 Hough 变换检测出的直线是目标直线,大幅提高了矫正的成功率。

参 考 文 献:

- [1] 贾晓丹,李文举,王海姣. 一种新的基于 Radon 变换的车牌倾斜矫正方法 [J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(3): 245-248.
- [2] 周冠玮,平西建,程娟. 基于改进 Hough 变换的文本图像倾斜矫正方法 [J]. 计算机应用, 2007, 27(7): 1813-1816.
- [3] 章毓晋. 图像工程(上册)图像处理 [M]. 第 2 版. 北京:清华大学出版社, 2006: 63-65.
- [4] 左丹丹,刘鑫,朱双东. 仿射变换在交通标志检测中的应用 [J]. 宁波大学学报(理工版), 2011, 24(2): 42-45.
- [5] 董月芳,张云峰,刘扬,等. 基于相位编组的 Hough 变换提取海天线算法 [J]. 液晶与显示, 2010, 25(6): 901-908.
- [6] 陈洪波,王强,徐晓蓉,等. 基于改进 Hough 变换的符号线段特征提取 [J]. 光学 精密工程, 2003, 11(6): 632-636.
- [7] 何援军. 透视和透视投影变换 [J]. 计算机辅助设计和图形学学报, 2005, 17(4): 734-739.
- [8] Guan Ling. *Front Matter Multimedia Image and Video Processing* [M]. Boca Raton; CRC Press LLC, 2001.
- [9] Tekalp A M. *Digital Video Processing* [M]. 第 2 版. 北京:清华大学出版社, 1998, 165-166.
- [10] 易玲. 基于分级的快速霍夫变换直线检测 [J]. 微计算机信息, 2007, 11(1): 206-208.
- [11] 孙丰荣,刘积仁. 快速霍夫变换算法 [J]. 计算机学报, 2001, 24(10): 1104-1109.