

## 汽车牌照实时几何畸变校正方法

叶 青<sup>1</sup>, 张春华<sup>2</sup>

- (1. 北方工业大学 信息工程学院, 北京 100041;
2. 河北大学 电信学院, 河北 保定 071000)

**摘 要:** 经过摄像机摄入的图像会发生几何畸变, 给车牌的准确识别带来了困难。针对此问题提出了一套实时几何畸变校正方法。首先对提取出的汽车牌照信息进行预处理; 然后提出了一种基于 Hough 变换和图像分析法提取控制点的实时标定方法; 最后通过空间坐标变换和灰度插值完成图像的校正。实验证明, 该方法符合汽车牌照图像的特点, 具有较好的处理效果。

**关键词:** 几何畸变校正; 汽车牌照; 标定; Hough 变换; 图像分析法

**中图分类号:** TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2004)02-0181-04

## Real-time geometrical distortion rectification method for vehicle license

YE Qing, ZHANG Chur-hua

(College of Information Engineering, North China University of Technology, Beijing 100041, China)

(College of Electronics & Information Engineering, Hebei University, Baoding 071000, China)

**Abstract :** The license image has geometric distortion because of several factors, such as camera location, camera distortion etc. It is difficult to recognize the license. To solve this problem, a series of image rectification procedure which utilize geometric rectification theory in vehicle license recognition system are pointed out. Firstly vehicle license was located and the edge detection and binary conversion were executed. Then real-time calibration was proceeded in which we used the calibration scheme to look for control point coordinate based on the Hough transform and image analysis method. Finally image correction was realized in geometrical transform and bilinear gray interpolation method. The experimental result affirms that this method is effective to the image of vehicle license.

**Key words :** Geometrical distortion rectification; Vehicle license; Calibration; Hough transform; Image analysis method

## 0 引言

汽车牌照识别系统是计算机视觉与模式识别技术在智能交通领域应用的重要研究课题之一。汽车在通过识别现场时由于汽车牌照与摄像机三维空间相对位置关系<sup>[1]</sup>等多方面的原因,经过摄像机摄入的图像会发生几何畸变,给车牌的识别带来难度。因此,需要将发生几何畸变的图像进行复原,即需要通过几何变换来校正失真图像中的各像素位置以重新得到像素间原来的空间关系。

## 1 图像几何畸变校正和标定

当在不同的摄入条件下得到图像时,一个物体的图像常会发生几何畸变,出现歪斜变形现象,这类现象称为几何畸变。几何畸变校正主要包括空间坐标变换和灰度插值校正两个步骤。当已知各个畸变参数时,即可进行畸变校正。

在汽车牌照识别系统中的摄像机标定需要确定从二维图像坐标到二维物方坐标的转换<sup>[2]</sup>。计算机显示器上只需要汽车牌照图像的平面信息,设系统中物方坐标为 $(x, y)$ ,像方坐标为 $(u, v)$ ,基本成像公式为:

$$\begin{cases} u = \frac{A_1 x + A_2 y + A_4}{A_9 x + A_{10} y + 1} \\ v = \frac{A_5 x + A_6 y + A_8}{A_9 x + A_{10} y + 1} \end{cases} \quad (1)$$

公式(1)为图像平面和物方平面之间的二维—二维关系式,要将拍摄到的几何畸变汽车牌照图像恢复出实际牌照图像信息,需将公式(1)变换成:

$$\begin{cases} x = \frac{L_1 u + L_2 v + L_3}{L_7 u + L_8 v + 1} \\ y = \frac{L_4 u + L_5 v + L_6}{L_7 u + L_8 v + 1} \end{cases} \quad (2)$$

由于汽车牌照识别系统的标定是实时标定<sup>[3]</sup>,需要对摄入的每幅图像进行标定,因此需要分别对每幅图像选取 4 个已知点 $(x_i, y_i)$ ,并测量出其相应的

图像坐标 $(u_i, v_i)$ , $i = 1, 2, 3, 4$ 。代入公式(2),可得到含 8 个线性方程的方程组,解此方程组即可求得 8 个  $L$  参数。因此,校正的主要任务是找 4 对控制点坐标,即系统标定。

## 2 汽车牌照畸变图像分析

为了对发生几何畸变的汽车牌照图像进行校正,首先需要选取物方和像方的 4 对对应的控制点来实现系统的标定。由于物方坐标系的汽车牌照图像为一矩形二维图像,因此选用汽车牌照矩形边框的 4 个角点作为物方控制点,该矩形边框的长宽为已知,并可任意设定其中一点的坐标,其他三点坐标与此点坐标能够围成一个标准的车牌即可。

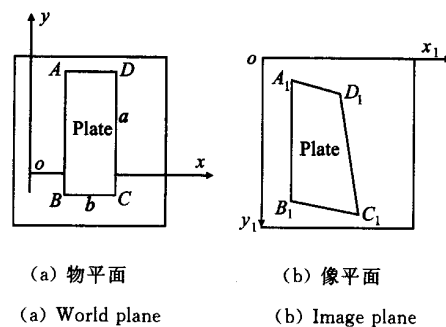


图 1 典型几何畸变示意图

Fig. 1 Sketch map of typical geometrical distortion

汽车牌照畸变的典型示意图如图 1 所示,汽车牌照图像在物坐标系中其牌照边框组成一个矩形  $ABCD$ ,通过摄像机摄入后发生几何畸变,可能变形为一个四边形  $A_1 B_1 C_1 D_1$ 。已知汽车牌照在物方坐标系中矩形  $ABCD$  的边框长为  $a$ ,宽为  $b$ ,则其在物方要取的 4 个控制点  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  的坐标可分别设为  $(i, j)$ ,  $(i, j \mp a)$ ,  $(i \pm b, j \mp a)$ ,  $(i \pm b, j)$ ,其中  $(i, j)$  为在物方坐标系中任意选取的一个坐标点。汽车牌照像方图像的 4 个控制点  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $C_1$ 、 $D_1$  与物方图像的 4 个控制点  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  一一对应。有了这 4 对控制点坐标就可以利用公式(2)求得未知的 8 个参数,然后利用此 8 个参数恢复出物平面牌照图像。因此在汽车牌照标定部分的主要任务就是找出像方 4 个控制点  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $C_1$ 、 $D_1$  的坐标。

### 3 基于 Hough 变换和图像分析法提取控制点的系统标定法

在图像的几何畸变校正中,如何找出物方图像控制点在 CCD 图像像面中的对应像方控制点坐标是整个校正过程的重要环节。实验中采用了基于 Hough 变换和图像分析法提取控制点的系统标定法,系统标定框图如图 2 所示。

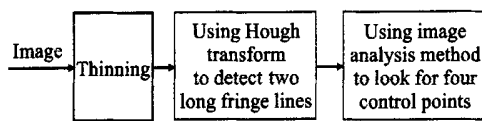


图 2 基于 Hough 变换和图像分析法提取控制点的系统标定框图  
Fig. 2 Coordinate map based on the Hough transform and image analysis method

基于 Hough 变换和图像分析法提取控制点的方法检测出牌照的 4 个边界点  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $C_1$ 、 $D_1$ ,即实验中要找的 4 个控制点的像方坐标。大量实验表明,由于汽车牌照图像的两条边框线并非一个像素宽度,直接对二值化后的汽车牌照图像进行 Hough 变换很难从实验结果中准确地提取这两条边框线,因此实验中采用在 Hough 变换前先对二值图像进行细化的方法来解决这一问题。

#### 3.1 细化

线细化就是不断去除曲线上不影响连通性的轮廓像素,从而获得单位宽度的中心骨架的过程。在这个过程中保留曲线的多重像素,直到目标曲线所有点都是多重像素点为止。实验中采用了 Hilditch 经典细化算法处理二值化后的牌照图像,成功地实现了二值图像的细化,使汽车牌照图像的两条长边框线更加易于提取和识别。

#### 3.2 运用 Hough 变换提取牌照两长边框直线

基于 Hough 变换的线检测算法<sup>[4]</sup>具有良好的抗干扰性,可以把汽车牌照两长边框直线  $A_1B_1$  和  $C_1D_1$  准确地检测出来,得到这两条直线的  $(\rho, \theta)$  参数值。Hough 变换所需要的执行时间比较长,而汽车牌照识别系统需要快速处理动态图像,因此需要将 Hough 变换进行提速<sup>[5~7]</sup>。由于 Hough 变换对标定

图像二值化后的所有有效点(主要是直线上的点)都进行变换,这些有效点的个数决定了采用 Hough 变换线检测方法测量系统标定的速度,因此,通过减少有效点的个数可缩短系统自动标定的时间。实验中对其进行了改进,通过将  $\theta$  角的选取范围变小和调整坐标原点的坐标的方法成倍地减小了 Hough 变换的运算量,从而减少了整个处理过程的执行时间,提高了处理速度。

#### 3.3 图像分析法找控制点

由于字符和噪声的干扰,利用 Hough 变换检测出汽车牌照两条短边框直线  $A_1D_1$  和  $B_1C_1$  的准确率较低。实验中采用图像分析法在检测出的牌照两长边框直线之间的区域内寻找牌照的左右两条短边框直线。具体采用的方法是在已检测到的两直线之间的中心位置  $(i, j)$  附近取两个点,坐标分别设为  $(i, j - s)$ 、 $(i, j + s)$  ( $s < b/2$ ,  $b$  为牌照字符宽度),然后根据这两个点的坐标依次进行向左和向右的行扫描,在向左和向右的行扫描中,首先定义一个较小的二维数组,它的行数小于 10,列数略大于字符的长。扫描中当此二维数组内的灰度差小于一个给定的阈值时,则认为该点为牌照边框上的点。用这种方法可以找到牌照两条短边框直线上的两个点,然后运用直线两点公式可以求得直线的方程,最后与原来 Hough 变换提取出来的直线求交点就可得到牌照的 4 个像方控制点  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $C_1$ 、 $D_1$  的坐标。此方法可以精确地找到汽车牌照图像的 4 个控制点的坐标。

### 4 汽车牌照畸变图像的几何校正和灰度校正

汽车牌照识别系统的标定是实时标定,即需要对摄入的每幅图像进行标定。对一幅图像进行标定,首先将已知的物方 4 个控制点  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  的坐标  $(x_i, y_i)$  和上一步求得的 4 个像方控制点  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $C_1$ 、 $D_1$  的坐标  $(u_i, v_i)$  (其中  $i = 1, 2, 3, 4$ ) 代入像点投影到物方平面直角坐标系中的坐标关系式(2),可得到含 8 个线性方程的方程组,解此方程组即可求得 8 个  $L$  参数。然后将像平面上的各像素点坐标代入公式(2)就可求得其在物平面的坐标,即进行空间坐标变换,使图像平面上的像素点与物平面上的像素点对应起来进行重新排列以恢复空间关系<sup>[6]</sup>。空间变换后的点不可能总是落在实际图像的像素点上,所以需要根

据实际图像上该点附近各像素点的灰度值来估计该点的灰度值,实验中采用双线性插值灰度校正法恢复出物方牌照图像,至此牌照图像的真实图(物方平面上)就求得了。通过以上的方案完成了汽车牌照图像几何畸变的校正。车牌中的字符和数字也同时得到了校正,将校正后的图像送入识别系统可以将其准确地识别出来,该方法使系统性能得到了优化,增强了识别结果的准确率。

## 5 系统标定的实验结果

图 3(a)、(b)为畸变的牌照图片。图 4~图 6 以图 3 为例反映了基于 Hough 变换的控制点提取法的系统标定方法的全过程。图 4 是图像细化后的结果。图 5 是运用 Hough 变换找到汽车牌照的两条长的边框线后再用图像分析法找牌照中的 4 个控制点坐标的结果,图中显示出了找到的边框线,从图中可以看出边框线与牌照图片的边框线基本上是重合的。对

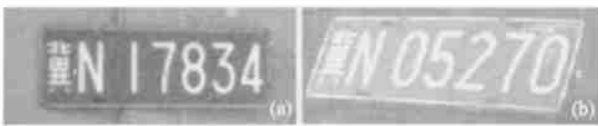


图 3 畸变图片

Fig. 3 Distorted image



图 4 图像细化

Fig. 4 Thinning image

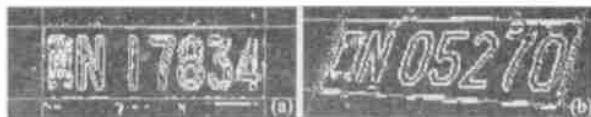


图 5 基于 Hough 变换和图像分析法的控制点提取

Fig. 5 Control points extraction based on the Hough transform and image analysis method



图 6 校正后的图像

Fig. 6 Rectified image

预处理后的牌照图像进行基于 Hough 变换和图像分析法提取控制点的系统标定,可求得其标定系数。图 6 是校正后的车牌图像。

## 6 结论

探讨了图像几何畸变校正技术及其在汽车牌照自动识别系统中的应用。实验中运用了近景摄影测量解析原理对发生几何畸变的汽车牌照图像进行校正,并根据汽车牌照图像这一具体问题,提出了基于 Hough 变换和图像分析法提取控制点的系统标定方法来求取 4 个控制点的坐标,成功地实现了汽车牌照图像的校正。该方法不同于以往的一些标定方法,它处理的是运动的汽车图片,因此采用的是实时标定。该技术在汽车牌照识别系统中的应用提高了识别系统的识别率,对汽车牌照识别技术的进一步完善起了推动作用。图像几何畸变校正技术把许多在被动测量中难以解决的问题变得十分简单,易得到精确、稳定的结果,因此这类方法很有前途。此类技术在钢轨磨耗自动检测系统、遥感勘测等多种领域都具有广泛的应用前景。

## 参考文献:

- [1] Guillou E, Meneveaux D, Maisel E, et al. Using vanishing points for camera calibration and coarse 3D reconstruction from a single image[J]. *The Visual Computer*, 2000, 16(7): 396-410.
- [2] Alberto Borghese N, Cerveri P. Calibration a video camera pair with a rigid bar[J]. *Pattern Recognition*, 2000, 33(1): 81-95.
- [3] Seong-Woo Park, Yong Duek Seo, Ki-sang Hong. Real-time camera calibration for virtual studio[J]. *Real-time Imaging*, 2000, 6(6): 433-448.
- [4] Ching Y T. Detecting line segments in an image-a new implementation for Hough transform[J]. *Pattern Recognition Letters*, 2000, 22(3): 421-429.
- [5] 孙丰荣,刘积仁. 快速霍夫变换算法[J]. *计算机学报*, 2001, 24(10): 1102-1109.
- [6] 廖士中,高培焕,苏艺,等. 一种光学镜头摄像机图像几何畸变的修正方法[J]. *中国图像图形学报*, 2000, 5(7): 593-596.
- [7] 王昱,赵正校,杨硕. 基于样本线搜索和霍夫变换的区域定位算法[J]. *红外与激光工程*, 1999, 28(4): 16-20.