

复杂背景下的车牌定位和字符分割研究

周开军, 陈三宝, 徐江陵

(武汉理工大学自动化学院, 武汉 430063)

摘要: 提出了一种综合边缘检测、投影特征的车牌定位方法和基于垂直投影及模板匹配的字符分割方法, 提取车牌灰度图像边缘, 实验结果显示该算法检测边缘的速度快, 车牌区域轮廓清晰, 采用投影法确定车牌区域, 用 HOUGH 变换检测倾斜角度进而对倾斜的车牌进行矫正, 通过字符分割算法对车牌字符进行切割, 有效地解决了复杂环境的干扰、车牌尺寸变化等问题。对不同背景下的光照车牌进行了大量实验, 结果表明该算法能准确地进行车牌定位以及字符分割, 具有较好的鲁棒性。

关键词: 车牌定位; 字符分割; 边缘检测; 车牌校正

Research of Vehicle License Plate Location and Character Segmentation Under Complex Scenes

ZHOU Kaijun, CHEN Sanbao, XU Jiangling

(School of Automation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063)

【Abstract】 An edge detection-projection feature based algorithm to locate the LP and a vertical projection-template matching algorithm to segment the characters are proposed. The edges are detected in a gray-level vehicle image, the result of experiment shows that the speed of detecting license plate is high and the obtained contour is very legible. The LP region is located by projection method, the tilt angle of LP is corrected by Hough transform. The character is segmented by LP segmentation algorithm, and some problems are solved effectively under complex scenes. To demonstrate the effectiveness of the proposed algorithm, it conducts extensive experiments over a large number of real-world vehicle license plates. It reports that the proposed algorithms have high accuracy and robustness.

【Key words】 LP location; Character segmentation; Edge detection; LP orientation correction

车牌照自动识别技术是智能交通系统(ITS)中的重要研究课题, 在停车场和高速公路收费管理中有着广泛的应用。

完整的车牌识别系统分为 3 部分: 车牌定位, 字符分割和字符识别。其中车牌定位和字符分割是核心技术, 直接影响系统的识别率和速度。由于所获得的图像是从实际复杂环境中拍摄得到的动态图像, 其中阴影、光照等因素的干扰为车牌的提取增加了难度, 因此, 找到一种具有鲁棒性的车牌定位和字符分割技术是整个车牌识别系统中的成败关键^[1], 这是本研究的重点。

目前车牌定位常用方法有:

- (1)边缘检测^[2];
- (2)水平灰度变化特征;
- (3)神经网络;
- (4)彩色分割^[3]等。

4 种方法的特点如下:

- (1)方法 1 在复杂背景边缘较多的情况下难以适应;
- (2)方法 2 难以区分广告、车灯等干扰信息;
- (3)方法 3 计算量大;
- (4)方法 4 由于背景颜色往往比较多, 定位时间太长。

为了满足系统实时性的要求, 提出综合边缘检测和投影特征的定位方法。字符分割的常用方法有基于投影法的车牌字符分割, 横向采样线等方法^[4]。投影分析与穿线法不稳定, 提出基于垂直投影和模板匹配的字符分割方法能适应复杂环境下字符分割的要求。

1 车牌定位

1.1 图像预处理

在对车牌进行定位前, 需要对图像进行预处理, 增大图像的对对比度, 我国的车牌主要有蓝底白字、黄底黑字、黑底白字等多种颜色, 受天气、光照的影响较大, 用颜色作为主要的定位手段可靠性不强, 因此要对其进行灰度转换, 灰度转换采用式(1)。

$$Gray(i, j) = 0.11R(i, j) + 0.59G(i, j) + 0.3B(i, j) \quad (1)$$

其中 Gray(i,j)为转换后的灰度图像在(i,j)处的灰度值, R,G,B 分别为彩色图像的颜色分量。

原始的灰度图像往往由于光线原因偏暗或偏亮, 导致车牌和背景的对比较低, 这时需要对其进行灰度拉伸, 灰度拉伸采用灰度均衡化的算法, 设第 i 个灰度级 r_i 出现的频数用 n_i 表示, 那么该灰度级像素对应的概率值为 $P(r_i)$ 为

$$P(r_i) = n_i / n \quad (2)$$

n 是图像内像素总数, 变换后的图像灰度级概率密度为

$$S_i = \sum_{r=0}^{k-1} P(r_i) = \sum_{r=0}^{k-1} n_i / n \quad (3)$$

灰度均衡化后的像素值为 $L(i) = s(i) * 255$, 其中下标 i 为原图像的像素值。下面给出灰度均衡化后的图像及直方图,

作者简介: 周开军(1979 -), 男, 硕士生, 主研方向: 智能控制理论及应用, 模式识别; 陈三宝, 教授; 徐江陵, 硕士生

收稿日期: 2006-03-17 **E-mail:** alpha218@sohu.com

由图 1 可以看出, 图像灰度级得到展宽, 车牌对比度增强。

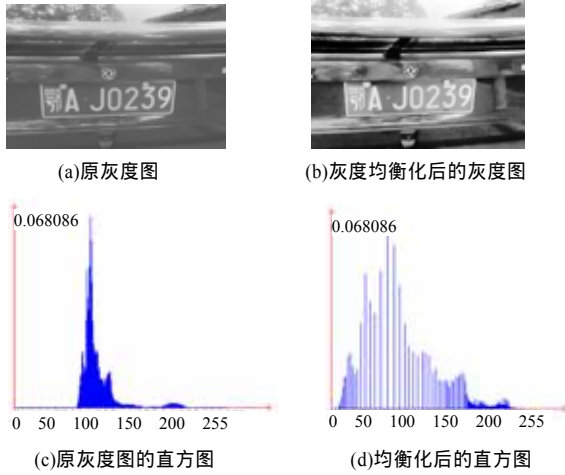


图 1 灰度均衡化

1.2 一种改进的 Roberts 边缘检测算子

通过分析车牌的特征发现, 车牌区对比强烈以及车牌背景横向纹理较多, 而车牌区垂直纹理较多, 出于突出垂直方向的边缘的需要, 根据 Roberts 边缘检测原理提出一种改进的水平边缘检测算子为

$$G(i, j) = \sqrt{[f(i, j) - f(i-d, j)]^2 + [f(i+d, j) - f(i, j)]^2} \quad (4)$$

式中 $f(i, j)$ 为车牌图像矩阵, d 为检测步长, 取车牌笔画宽度, G 为检测后的边缘矩阵, 表示像素 (i, j) 和它距离为 d 的水平两个像素的灰度差异, 因此能有效地检测出垂直方向的边缘, 充分突出了车牌区对比强烈以及车牌背景横向纹理较多, 而车牌区垂直纹理较多的特点。另外, G 也是一个梯度算子, 既可以使车牌轮廓清晰, 又保持了车牌内部灰度不变。计算中, 应将各像素值变换到 $[0, 255]$ 之间, 即设 G_{max} 为 G 算子作用后 $G(i, j)$ 中的最大值, 各像素值乘上 $255/G_{max}$ 因子即可, 边缘检测结果如图 2(b)所示, 可以看出很多背景边缘有效地被去除掉, 突出了车牌边缘的作用。

1.3 图像的二值化

二值化方法很多, 有全局阈值法, 局部阈值法。全局阈值根据图像的直方图或灰度的空间分布确定一阈值, 并根据此阈值实现灰度图像到二值图像的转化, 全局阈值法对输入图像的量化噪声或不均匀光照等情况抵抗能力差, 应用受到极大的限制。局部比较法通过定义考察点的领域, 并由领域计算模板来实现考察点灰度与领域的比较, 较全局方法有更广泛的应用。但是局部比较法也存在缺点和问题, 如实现速度慢、不能保证车牌字符笔画连通性。



图 2 边缘提取及二值化

Kittler等人提出了一种基于简单的图像统计的阈值选取方法^[5], 其计算公式为

$$t = \frac{\sum \sum e(i, j) \cdot f(i, j)}{\sum \sum e(i, j)} \quad (5)$$

该方法具有运算较为简单、能自动产生阈值、受噪声影响较小的特点, 同时可避免分析复杂的图像灰度级直方图, 也不涉及对某种准则函数的优化问题。在此基础上本文采用改进的算法。

$$e(i, j) = |f(i+1, j+1) - f(i-1, j-1)| + |f(i-1, j+1) - f(i+1, j-1)| \quad (6)$$

将图像分成 $m \times n$ 块, t 为局部阈值, 灰度大于 t 的像素赋为 255, 反之赋为 0。如图 2(c)所示, 得到的二值图像质量满足位算法的要求。

1.4 车牌定位

车牌区域定位采用频率投影法, 即通过分析其水平和垂直积分投影的平均值, 获取车牌区域的频率变化特征, 来达到精确定位车牌上下和左右边的目的。首先根据图像二值化的结果可以求出图像的水平投影, 然后求出一定高度范围内水平投影的平均值 m_Avg , 如果 m_Avg 大于某一阈值, 则判断为车牌上下边沿区域, 否则继续向上搜索, 图 3(b)所示, 车牌区域水平积分投影的平均值明显高于背景区域水平积分投影平均值, 根据水平方向投影平均值即可确定车牌区域的上下边界, 在获取的上下边界范围的基础上计算它的垂直积分投影, 确定左右边界, 定位结果如图 3(c), 图 3(d)所示。

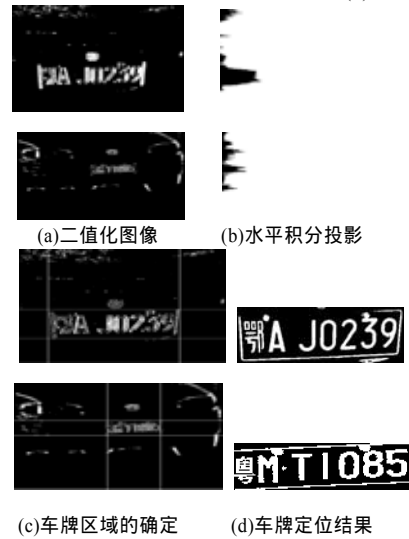


图 3 车牌定位过程

根据图 4(d)的倾斜矫正后的结果分析车牌区域的横向积分投影, 可以发现车牌字符的上边和车牌的上边框之间, 字符下边和车牌下边框之间的投影值很小, 但一旦接近字符的上边或下边时, 投影值就会出现一个较大的跳变, 根据这个频率特征能达到精确定出上下边的目的。同理, 分析纵向积分投影可以精确定出左右边界。图 5(a)为精确定位的结果, 可以看出精确定位的结果准确。

1.5 倾斜矫正

车牌矫正是车牌定位和字符分割间的一个重要处理过程。经过车牌定位后所获取的车牌图像不可避免地存在某种程度的倾斜。这种倾斜不仅会给下一步字符分割带来困难, 最终也将对车牌识别的正确率造成直接地影响^[6]。

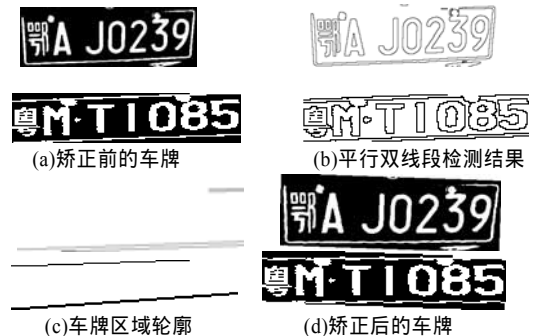


图 4 倾斜矫正结果

如图 4(a)所示,首先提取车牌区域的轮廓,然后利用 Hough 变换提取接近水平、重合度较高的平行双线段,图 4(b)给出平行线段的检测结果,计算得到的平行双线段水平方向夹角 θ ,然后对双线圈之间的区域进行错切变换,将车牌候选区域倾斜矫正,由图 4(d)可以看出,车牌被成功矫正。

2 基于垂直投影及模板匹配的字符分割

在实际处理中,人们面对的要识别的牌照字符背景非常复杂,存在较大的干扰、噪声,这是由于光照不均匀及摄像机等设备噪声引起的,特别是处理歪斜牌照,这给字符分割带来一定困难,字符分割的好坏直接影响着识别可信度。文中的字符分割算法是根据车牌的字符宽度、字符间距和排列规则的特点提出的,能有效地解决字符分割不准确、车牌歪斜的问题,算法分为字符粗分割和精确分割两部分。

2.1 字符粗分割

对车牌进行二值化处理,根据先验知识,标准的车辆牌照(军车、警车、教练车、领事馆车除外)上有 7 个字符,首位为省名缩写(汉字),次位为英文字母,再次位为英文字母或阿拉伯数字。字符区域总长度为 m_Width ,则估算单一字符平均宽度为 $m_Width/7.5$,考虑到第 2 和第 3 字符间距要比其它字符间距大,先从牌照图像左边界开始连续分割两个字符,然后从牌照图像右边界开始连续分割 5 个字符,对于光照不均匀和二值化的因素,实际的二值化牌照图像中,字符宽度和间距与理论估算值有 1~2 像素点的浮动,图 5(b)给出了字符粗分割的结果。图 5(a)为经过倾斜矫正后用投影法精确定位的牌照。

2.2 字符精确分割

根据粗分割的结果以及牌照字符的规律,引入了图 5(c)所示的分割模板,模板分为 7 块,每块的起始位置是 a_i ,结束位置是 b_i ,采用图 5(d)所示的车牌图像的垂直投影和分割模板匹配,这样可以精确地分割车牌字符。垂直投影和分割模板匹配的匹配程度可由字符间隔模板匹配度 M_T 来确定。

$$M_T(b, a) = \sum_{i=0}^6 \sum_{j=b_i}^{a_{i+1}} p(j) \quad (7)$$

式中 $p(j)$ 是车牌图像的垂直投影, a, b 分别为如图 5(e)所示的字符左右边界, M_T 越小,说明字符间隔模板匹配程度越高。

由于粗分割得到的字符间隔的左右边界是重合的,因此要先确定每个字符左右边界搜索范围,让 b 和 a 分别开始从 $[-\Delta/4, 0]$ 和 $[0, \Delta/4]$ 的位置向中间搜索,这里的 Δ 为一个字符宽度,然后在此范围内搜索最小 M_T ,确定 b_i 和 a_{i+1} 作为最终的字符间隔位置。图 5(e)给出了字符精确分割的结果,分割效果比较明显,字符被成功地分割开。

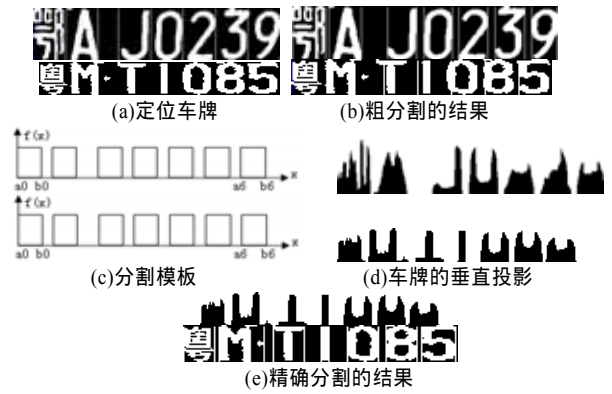


图 5 字符分割结果

3 结论

提出了一种新的边缘提取算法,采用水平和垂直投影进行车牌区域的定位,通过边缘提取算法能有效检测出车牌图像边缘,有效地解决了复杂环境下的车牌图像边缘繁杂而提取困难的问题,通过基于垂直投影和模板匹配的字符分割方法有效地解决了字符分割时的复杂背景干扰、车牌尺寸变化、字迹模糊以及粘连的情况。所有算法在 AMD Athlon-1200 CPU, 256MB SDRAM 设备环境下用 VC++6.0 实现,对 150 幅背景复杂的车辆图像进行了测试,车牌类型包括不同省市的汽车牌照,定位成功率为 98.3%,字符分割成功率为 97.5%,定位时间稳定在 150ms-200ms 之间,实验结果表明该算法具有较好的鲁棒性和准确性。

参考文献

- 1 Tyan J K, Neubauer C, Goganovic L. A Character Segmentation Algorithm for Recognition of Vehicle License Plate[C]//Proceedings of Part of the SPIE Conference on Mobile Robots XIV. 1999: 12-21.
- 2 Kamat V, Ganesan S. An Efficient Implementation of the Hough Transform for Detecting Vehicle License Plates Using DSP[S]//Proceedings of IEEE Real Time Technology and Applications Symposium. 1995: 58-59.
- 3 李文举, 梁德群, 张旗, 等. 基于边缘颜色对的车牌定位新方法[J]. 计算机学报, 2004, 27(2): 204-208.
- 4 Song Jiatao. Analysis and Extraction of Structure Features Alphabetic and Digital Characters on Vehicle License Plate[J]. Journal of Image and Graphics, 2002, 7(9): 945-949.
- 5 Kittler J, Illingworth J, Foglein J. Threshold Selection on a Simple Image Static[J]. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1985, 30(9): 125-147.
- 6 芮挺, 沈春林, 张金林. 车牌识别中倾斜牌照的快速矫正算法[J]. 计算机工程, 2004, 30(13): 122-124.

(上接第 197 页)

致,导航线和背景之间能检测出边缘,并不要求导航线和背景之间具有明显的灰度差异,对光照条件也没有严格要求,因此非常便于在工程实际中应用。针对真实图像的实验结果也表明,本文提出的算法能够从复杂背景中快速鲁棒地检测出导航线的方向。

参考文献

- 1 DeSouza G N, Kak A C. Vision for Mobile Robot Navigation: A Survey[J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(2): 237-267.

- 2 郭君斌, 郭晓松, 杨必武, 等. 复杂背景下直线目标的一种动态检测方法[J]. 计算机工程, 2005, 31(11): 168-170.
- 3 Ishikawa S, Kuwamoto H, Ozawa S. Visual Navigation of an Autonomous Vehicle Using White Line Recognition[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1988, 10(5): 743-749.
- 4 邱力为, 宋子善, 沈为群. 直线参数检测的快速哈夫变换[J]. 北京航空航天大学学报, 2003, (8): 741-744.
- 5 曾接贤, 张桂梅, 储珺, 等. 霍夫变换与最小二乘法相结合的直线拟合[J]. 南昌航空工业学院学报(自然科学版), 2003, 17(4): 9-13.