

基于数学形态学和 Hough 变换的车牌定位算法*

李莹, 李守荣, 孙震

(华北电力大学 电气与电子工程学院, 北京 102206)

摘要: 针对复杂环境下的车牌定位率较低的问题, 提出了一种基于数学形态学和 Hough 变换检测车牌区域的方法。首先, 对车牌图像进行图像预处理, 然后, 利用数学形态学的高帽变换突出车牌字符区域, 并对图像进行边缘检测和连通区域分析; 最后, 结合 Hough 变换和车牌的先验知识实现车牌的精确定位。实验结果表明, 针对不同复杂背景下采集到的车辆图像, 该算法具有很强的鲁棒性, 准确率达 97.3%, 能够满足现代智能交通系统对车牌定位准确性和实时性的要求。

关键词: 车牌定位; 数学形态学; 边缘检测; Hough 变换

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)19-0038-03

License plate location algorithm based on mathematical morphology and Hough transform

Li Ying, Li Shourong, Sun Zhen

(School of Electrical and Electronic Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: To solve the problem of low locating rate with complex environment, a precise license plate locating algorithm is proposed based on mathematical morphology and Hough transforms. Firstly, color plate image is preprocessed. Secondly, Top-hat transformation is used to highlight the license plates regions, and edge detection and connected component analysis are implemented on the image. Finally, Hough transform and the prior knowledge of license plate are applied to locate the plate precisely. The experimental results show that the algorithm has high robustness when image is in complicated background, and the accuracy is 97.3%, which meet the requirements of intelligent transportation systems about accuracy and real-time positioning of license plate location.

Key words: license plate location; mathematical morphology; edge detection; Hough transform

车牌识别系统(LPR)在现代交通检测和管理部门中发挥着举足轻重的作用。车牌识别系统主要包括车牌定位、字符分割和字符识别三部分^[1]。由于车牌定位的准确与否将会直接影响到车牌识别的结果, 因此, 车牌定位是 LPR 的一项关键技术。常见的车牌定位技术主要有: 边缘检测法^[2]、投影法^[3]、神经网络法^[4]、数学形态学方法^[5]、基于彩色图像的定位算法^[6]。边缘检测法对车牌图像边框的连续性要求较高; 神经网络方法计算量大, 且要求车牌尺寸基本不变, 否则必须对神经网络进行重新训练; 基于形态学的方法受噪声影响比较大; 基于彩色图像的定位算法适应性差, 对于偏色以及背景颜色干扰等情况无法做出有效处理。

由于存在许多外在的干扰, 背景信息往往比车牌信息更加复杂, 给目标搜索带来巨大的困难, 单一的定位方法已经无法保证其有效性。为此, 本文提出了一种综合的定位算法, 对预处理的图像进行形态学的高帽变换后, 利用边缘检测得到连通区域进行粗定位, 然后结合 Hough 变换和车牌的先验知识进行车牌的精定位, 该算法充分利用了车牌的字符信息, 能够快速而准确地提取出车牌区域。

1 车牌的固有特征

车牌识别是一种特定对象的识别, 是一种在先验知识指导下的识别。我国现在使用的车牌主要执行中华人民共和国机动车号牌标准^[7], 其具有以下特征:

(1) 形状特征: 汽车车牌区域的每个字符宽度为 45 mm,

* 基金项目: 国家科技合作计划项目(2007DFA71250)

字符高度为 90 mm, 间隔符宽 10 mm, 字符间隔为 12 mm, 整个车牌区域的宽高比为 44/14。这部分特征在车牌的定位分割方面具有重要的意义。

(2) 纹理特征: 车牌有一个连续或因磨损而不连续的边框; 标准车牌(军车、警车、教练车、外交车除外)模块包含 7 个字符, 它们基本呈水平排列; 在矩形的车牌区域内部有着较丰富的边缘信息, 呈现出规则的纹理特征。

(3) 灰度跳变特征: 车牌的边缘颜色、车牌底色以及车牌文本颜色各不相同, 表现在图像中就是灰度级互不相同, 这样, 在车牌边缘就形成了灰度突变边界。在车牌区域内部, 由于字符和车牌底的内部灰度较均匀, 因此, 穿过车牌的水平直线呈现出波峰波谷的特点。

2 图像预处理

车牌图像的采集大都是通过摄像机、数码相机等设备拍摄获取的彩色图像, 因此首先要对图像进行灰度化处理。

牌照图像在拍摄时受各种条件的限制和干扰, 图像的灰度值往往与实际景物不完全匹配, 直方图均衡化^[8]处理能增加图像灰度值的动态范围, 从而达到增强图像整体对比度的效果。

经过灰度增强后的图像还存在各种噪声, 中值滤波是一种非线性滤波, 它很适合于椒盐噪声(即通常拍摄的图片带有的噪声类型)。

图 1 显示了本文设计中图像预处理部分的实验效果图, 车牌区域的特征被明显增强。大量实验表明, 本文采用的图像预处理方法能获得较好的效果, 满足实验的要求。



(a) 灰度化图像 (b) 滤波后的图像
图 1 图像预处理

3 车牌定位算法

3.1 车牌区域粗定位

3.1.1 形态学处理

按照牌照底色和字符的颜色对比, 可以将车牌分为深色底浅色字的车牌和浅色底深色字的车牌两大类, 数学形态学的高帽变换和低帽变换就是分别针对这两类车牌设计的。在本文研究的系统中, 全部选用的是蓝底白字的车牌, 即深色底浅色字车牌。

高帽变换是基于膨胀和腐蚀操作的一种形态学的应用, 对图像进行形态学高帽变换(Top-hat), 用 Top 表示, 定义为

$$Top = A - (A \circ B) \quad (1)$$

高帽变换是原始图像与其开运算之差, 开运算用来去除比结构元更小的亮点, 同时保持灰度级和较大亮区特性的相对不变。因此, 只要选择合适的结构元素, 高帽变换就能将亮目标从背景中有效分离出来^[9]。如图 2(a) 所示, 经过高帽变换后, 对于深色底浅色字的车牌, 其车牌字符的区域特征会得到增强, 车牌文本部分变得更加清晰突出, 便于让后续的检测处理过程更加简单和省时。

3.1.2 边缘检测

车牌区域的字符与背景有十分明显的边缘而且边缘的个数也很多。Sobel 算子对噪声有抑制作用, 它对灰度渐变和噪声较多的图像值处理效果较好, 对边缘定位比较准确且速度快^[10]。采用 Sobel 边缘检测算子进行边缘检测的效果如图 2(b) 所示, 各个字符都形成了相对独立的区域, 当然也有一些非字符形成的干扰区域。对边缘检测后的图像采用全局阈值 OSTU 算法进行二值化处理, 并采用行程码方法标记连通区域, 可以得到一系列特定的连通域, 同时也可以得到包围各个连通区域的最小外接矩形(bounding-box)和各连通区域的面积。为了方便观察及后续分析, 将标记的连通区域表现在原始图像上, 如图 2(c) 所示。

由图 2 看出, 高帽变换使得蓝底白字车牌的字符更加明显, 经过了边缘检测, 各个字符形成独立的连通区域。



(a) 高帽变换图 (b) 边缘检测图 (c) 标记出所有的连通区域
图 2 车牌区域粗定位

3.1.3 连通区域分析

由于采集到的车牌图像车牌字符的像素个数是在一定范围内的, 因此设定最小外接矩形框的面积为 S , 当 $S \leq 500$ 像素或 $S \geq 2000$ 像素时, 就认为该连通区域不是车牌字符区域, 并将之去除。留下的连通区域包含了牌照的文本区域以及少量的非车牌文本区域, 这将有利于在后续的操作中减小搜索范围, 提高定位的准确率。

3.2 精定位

3.2.1 Hough 变换

根据车牌先验知识, 车牌字符一般排成一行, 且大小相仿。利用 Hough 变换检测直线的原理^[11]来找出在同一方向上的 bounding-box, 主要的设计思想是将每个连通成分的中心点通过 Hough 变换转换到参数空间, 通过寻找参数空间的最大值来确定字符组的中心线。

本文的 Hough 变换算法如下:

(1) 在 r, θ 适当的最大值和最小值之间建立一个离散参数空间;

《微型机与应用》2011 年第 30 卷第 19 期

(2)建立一个累加器 $A(r, \theta)$, 并将累加器各元素置 0;

(3)对每个连通成分的中心点 (x', y') 进行扫描, 然后将每个 θ 的离散值取值 θ' 计算 $r' = x' \cos \theta' + y' \sin \theta'$, 并在相应累加器元素 $A(r', \theta')$ 上加 1;

(4)在累加器 $A(r, \theta)$ 中搜索峰值 $A(r_h, \theta_h)$, 则 r_h, θ_h 就是图像中在一行上字符组的中心线的参数。

由于进行 Hough 变换时, 只是对初步滤除后得到的连通区域的中心点感兴趣, 因此需要先将连通成分的中心点提取出来, 再进行 Hough 变换。通过 Hough 变换找到峰值后, 就能够找到车牌文本区域在一行上字符组的中心线, 那么所有中心点在这条直线上或者在这条直线附近的连通域, 就可以认为它们在一条直线上, 并且把它们连通起来形成一个大的连通域。

图 3 所示为经过形态学等一系列处理的蓝底白字车牌, 利用了 Hough 变换后在图上找出同一方向并且大小相仿的 bounding-box, 显示在原始图像上的效果。



图 3 Hough 变换后筛选的连通域

3.2.2 车牌区域定位

利用 Hough 变换筛选后的连通区域仍然含有小部分非车牌区域, 因此需要根据车辆牌照区域更加突出的特征来去除伪文本区域。首先计算当前每个连通域的外接矩形框的宽高比, 以确定车牌字符区域的位置。设第 i 个连通域的宽高比为:

$$\text{ratio}(i) = \frac{\text{Width}(i)}{\text{Height}(i)} \quad (2)$$

其中, $\text{Width}(i)$ 、 $\text{Height}(i)$ 分别为第 i 个连通区域外界矩形框的宽度和高度。

根据车牌的先验知识, 国内车牌每个字符的宽高比为 0.5, 在本文中采用的车牌字符区域的判定式为:

$$0.4 \leq \text{ratio}(i) \leq 0.65 \quad (3)$$

满足式(3)的连通区域保留下来, 就可以检测到车牌的字符区域, 如图 4(a)所示。

为了定位出整个车牌, 需要将检测到的车牌文本所有的字符区域连通起来形成一个大的连通域, 并适当向外扩展。定位出的车牌区域如图 4(b)所示。为了避免在上个步骤中出现牌照内的某个字符未被检测到或者仍然留有伪文本区域未去除的情况, 从而影响最后的定位结果, 因此还需要利用整个车牌的宽高比来检测出最后的牌照区域。选用牌照宽高比为 44:14 作为判定标准, 以此来定位出最后的车牌区域, 最后精确提取出的车牌区域如图 4(c)所示。

4 实验结果及分析

该算法所需的开发工具为 Matlab7.0, 实验所采用的车牌图像是在实际环境中随机拍摄的, 对汽车的背景没有特殊限制。图 5 所示的是对 4 幅不同场景下的汽车牌

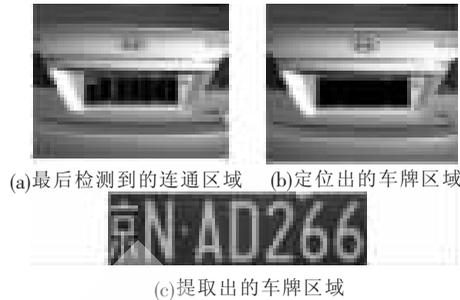


图 4 车牌区域的精定位

照进行定位的结果, 图 5(a)的车牌有些倾斜和变形; 图 5(b)是在车窗存在反光的情况下拍摄的; 图 5(c)的车窗存在部分反光的情况, 并且背景比较复杂, 车身存在很多污迹; 图 5(d)是在光线较暗的情况下拍摄的, 并且车窗上存在其他物体的投影; 图 5(e)为这四种场景的定位结果, 虽然这四幅图像的车牌背景比较复杂, 但仍能准确定位出车牌的位置。实验测试结果表明, 这种方法对于光照不均、噪声较强、环境背景复杂的图像均能成功定位, 并提取出车牌区域, 而且算法比较简单, 定位速度快, 具有很强的鲁棒性。



图 5 不同场景下的车牌定位



图 5(e) 四种场景的车牌定位结果

图 5 不同场景下的车牌定位

另外, 利用本文提出的方法对随机采集到的 400 幅不同场景下的车牌图像分别进行检测, 图像大小为 600×450 , 实验结果如表 1 所示。可以看到, 该方法对于大多数的图像都得到了比较好的效果, 定位准确率达 97.3%, 算法平均用时 1.64 s, 满足了车牌定位系统对实时性的要求。

表 1 实验测试结果

参数	简单背景	复杂背景
检测的车牌数/幅	200	200
精确定位车牌/幅	196	192
定位失败/幅	6	12
定位准确率/%	98.2	96.4
定位平均时间/ms	150	178
适应性	好	较好

本文提出了一种基于数学形态学和 Hough 变换的车牌综合定位算法。其利用了国内车牌字符的特征,经过高帽变换突出感兴趣区域,然后利用边缘信息通过 Hough 变换检测车牌字符的中心线,能够提高定位结果的准确性。实验结果表明,对于自然场景下的车牌定位,该算法具有较强的适用性。但复杂背景下的车牌定位比简单背景下的定位准确率低,主要原因是复杂背景的信息复杂,干扰较多,使得利用 Hough 变换检测字符组的中心线时出现误差,特别是对于倾斜严重的车牌,本算法的定位率较低,这是下一步的研究方向。

参考文献

- [1] BARROSO J, RAFAEL A, DAGLESS E L, et al. Number plate reading using computer vision[C]. Proceedings of IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 1997: 761-766.
- [2] 闫青. 常用车牌定位算法浅析[J]. 微型机与应用, 2010(2): 1-3.
- [3] 周开军, 陈三宝, 徐江陵. 复杂背景下的车牌定位和字符分割研究[J]. 计算机工程, 2007, 33(4): 198-200.
- [4] ABDULLAH S N H S, KHALID M, YUSOF R, et al. License plate recognition using multi-cluster and multi-layer Neural Networks [J]. Information and Communication Technologies, 2006(1): 1818-1823.
- [5] MEGALINGAM R K, KRISHNA P, SOMARAJAN P, et al. Extraction of license plate region in Automatic License Plate Recognition [C]. The 2010 2nd International Conference on Mechanical and Electrical Technology, 2010, 496-501.
- [6] KAUSHIK DEB, KANG -HYUN JO. HSI color based vehicle license plate detection [C]. International Conference on Control Automation and Systems, 2008, 687-691.
- [7] 片兆宇, 孟祥萍, 张红. 多阶段车牌定位算法[J]. 计算机科学, 2009, 36(8): 296-299.
- [8] GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital image processing (3rd Edition)[M]. London: Prentice Hall Press, 2007.
- [9] 郭航宇, 景晓军, 尚勇. 基于小波变换和数学形态法车牌定位方法研究[J]. 计算机技术与发展, 2010(5): 13-16.
- [10] 柴晓荣, 刘锦高. 基于纹理分析的精确车牌定位算法[J]. 计算机系统应用, 2010, 19(2): 160-163.
- [11] KAMAT V, GANESAN S. An efficient implementation of the Hough transform for detecting vehicle license plate using DSP'S[C]. Proceedings of the Real Time Technology and Applications, 1995, 58-59.

(收稿日期: 2011-07-20)

作者简介:

李莹, 女, 1988 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像处理、模式识别。

李守荣, 女, 1973 年生, 博士, 讲师, 研究方向: 图像处理、智能控制。

孙震, 男, 1988 年生, 硕士研究生, 研究方向: 智能信息处理、图像处理。