

基于数学形态学的车牌定位算法

李刚¹, 曾锐利^{1,2}, 林凌¹, 王蒙军¹

(1 天津大学精密仪器与光电子工程学院 天津 300072; 2 军事交通学院 天津 300161)

摘要: 车牌定位是汽车牌照识别系统的重要环节,直接影响车牌识别的准确率。利用 Sobel 算子对汽车图像进行边缘检测,并运用数学形态学的膨胀、区域填充以及腐蚀对二值图像进行处理,可以得到几个车牌候选区,然后利用面积、长宽比以及垂直投影特征值进行综合的分析方式,能准确定位车牌区域。实验结果表明,车牌定位准确率在 95 % 以上,定位时间为 0.15 s,并适用于不同环境。

关键词: 车牌定位; 图像识别; Sobel 边缘检测; 数学形态学

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

Car license plate location algorithm based on mathematical morphology

Li Gang¹, Zeng Ruili^{1,2}, Lin Ling¹, Wang Mengjun¹

(1 School of Precision Instrument and Opto-Electronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2 Military Traffic Institute, Tianjin 300161, China)

Abstract: Car license plate locating is the key process in car license plate recognition system. The efficiency of the locating will affect directly the veracity of recognition. In this paper, Sobel operator is used to detect the edge of the car image, the methods of dilation, fill and erosion in mathematical morphology are adopted to process the binary image, and several candidate license plate areas are obtained. The criterions including the characteristics of areas, ratio of height to width and vertical projection are used in comprehensive analysis, and the license plate area can be located accurately. Experimental results demonstrate that using this method the license plate location accurate ratio is greater than 95 %, and the license plate region locating time is about 0.15 s. This method can be applied in various environmental conditions.

Key words: car license plate location; image recognition; Sobel edge detection; mathematical morphology

1 引言

随着现代交通逐步向智能交通的方向发展,汽车牌照识别系统(car license plates recognition)也逐渐被应用于电子收费、出入控制、车流监控等场合^[1],特别是在高速公路收费以及智能交通监控系统中,车辆牌照自动识别更是一个重要的环节。车辆牌照自动识别一般由车牌定位、字符分割以及字符识别几个部分组成,其中,车牌定位是车牌识别中的重要环节,其功能是从汽车图像中提取牌照区域(牌照的坐标),以供下一步识别牌照字符

用,因此车牌定位的准确性将对车牌识别精度有重要影响。而在实际工作环境中,车型不同,车牌位置各不相同;拍摄的图像受天气、照明以及运动等因素影响很大;对赃、旧车牌所采集的图像信息比较模糊。这些不利因素会对车牌定位准确率造成影响,而合理有效的车牌定位算法可以克服这些环境和外界因素的影响。常用的车牌定位算法有基于黑白图像的车牌定位算法^[2,4]和基于彩色图像的车牌定位算法^[5-7]。基于黑白图像的车牌定位算法的一般原理是将彩色图像转换为灰度图像,经过滤波处理后进行二值化处理,并利用数学形态学对二值化图像进行处理^[3],再根据车牌特征进行搜索^[4],最后定

位车牌区域。由于我国车牌颜色多样,直接对灰度图像处理,很难选择合适的阈值来对图像进行二值化处理,而在文献^[34]中提出以梯度算子来提取车牌的边缘,然后取出几个矩形候选区,再根据车牌的特征确定车牌区域。对于这类方法,由于环境因素(天气、照明)以及车牌新旧程度的影响,很难提取完整的矩形边框,对后续的车牌定位影响较大。另外,对候选区的搜索时,按单一法则(如文献^[4]的特征值法)进行搜索,当车牌倾斜角稍大,就会出现误定位。而基于彩色图像的车牌定位算法经常会用到神经网络算法^[56]或彩色边缘检测算子 ColorPrewitt^[7]进行车牌定位,由于彩色图像包含的信息比较丰富,利用彩色图像进行车牌定位抗噪能力较强,但这类算法也相对比较复杂。

针对各种车牌定位算法的优缺点,本文提出一种改进的基于黑白图像的车牌定位算法。首先对拍摄的汽车的灰度图像,利用 Sobel 算子进行边缘检测,针对边缘二值图像,利用形态学的膨胀算法,可以得到一些封闭的区域,对封闭区域进行区域填充以及腐蚀处理,可以得到几个完整的车牌候选区域,对于候选区采用一套考虑多种因素(面积、长宽比以及垂直投影特征值)的法则来剔除假车牌候选区,达到正确车牌定位的目的。

2 车牌候选区的确定

2.1 边缘检测

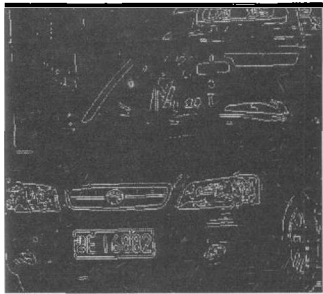
我国车牌的底牌与字符的颜色主要有蓝底白字、黄底黑字、黑底白字和白底黑字(或红字)4种,虽然颜色不统一,但有个共同的特点是底色与字符和边框的颜色反差较大,这一特点有利于边缘检测,因此可以利用边缘检测算子对灰度图像进行预处理。常用的边缘检测算子有 robert 算子、Sobel 算子、prewitt 算子以及 krishch 算子,而 Sobel 算子对垂直边缘和水平边缘响应最大,对灰度渐变和噪声较多的图像处理较好^[8],考虑实际处理情况,这里用 Sobel 算子完成边缘检测的工作。如图 1(a)所示的 2 个卷积核形成 Sobel 边缘算子,将图 1(b)中的每个点与这 2 个核做卷积,将卷积结果的最大值作为该点的输出,将输出结果进行二值化处理即可得图 1(c)。

$$\begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



(a)

(b)



(c)

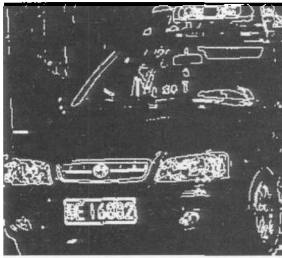
图 1 Sobel 算子边缘检测

Fig. 1 Edge detecting using Sobel operator

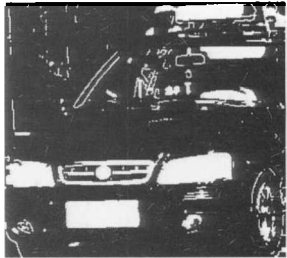
2.2 数学形态学处理

由 Sobel 算子进行边缘检测后,图像灰度值梯度较大的地方边缘提取较好,根据灰度值的差异,图像被分成几个明显的区域。但是由于光照条件和一些其它环境因素的影响,这几个区域并没有形成封闭的区域,如果在此基础上按照文献^[34]的方法用形态学的方法生成候选车牌区域,很容易出现几个区域粘连的现象,给进一步提取车牌区域带来困难。这里先采用形态学的膨胀对边缘图像进行处理,膨胀(dilation)的定义如式(1),将二值图像 A 用结构元素 B 进行膨胀,即先对 B 做关于原点的对称集,再将其对称集平移 z,当 A 与 B 的对称集的交集不为空集时, B 的原点就是膨胀集合的像素。如图 2(a)所示,膨胀运算可以填平图像中的小孔和弥合小裂缝。

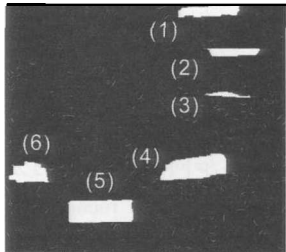
$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \Phi\} \tag{1}$$



(a)



(b)



(c)

图 2 形态学处理结果

Fig. 2 Processing results of morphology

经过膨胀处理后,形成了几个封闭的候选区域,利用区域填充算法对各自封闭区域内的背景进行填充,如图 2(b)所示,经过区域填充运算后,几个车牌候选区表现得很明显。

由于经过区域填充运算后的图像还存在一些噪点和毛刺,可以利用形态学的腐蚀对图像进行降噪处理。腐蚀(erosion)的定义如式(2),将二值图像 A 用结构元素 B 进行腐蚀,其结果是所有满足 B 平移 z 后, B 仍全部包含在 A 中的 z 的集合,直观上是 B 经过平移后全部包含在 A 中的 B 的原点组成的集合^[9-10]。如图 2(c) 所示,经过腐蚀运算,去掉了图像中的孤立的点和毛刺,只剩下几个明显的车牌候选区。

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\} \quad (2)$$

3 车牌候选区的筛选

经过上述初选过程,得到一组车牌候选区域,其中包括车牌、车灯、商标以及一些标志等。对各自候选区域分别按矩形区域进行提取以供进一步的分析。在众多车牌候选区中,通过某单一的评价指标,很难准确地确定车牌区域,这里采用多种因素综合考虑的方法来确定车牌区域。根据我国车牌的几个特征(长宽比相对固定,在二值图像上字符呈明暗交替变化),分别采用面积、长宽比以及垂直投影特征值进行加权综合来确定车牌区域。在实际处理时,如式(3)所示,给每个特征值乘以一个影响权值,进行加权得出总的置信度值。

$$f(S, P, H) = \sum \lambda_i C_i \quad (3)$$

式中: λ_i 表示各自不同的权值; C_i 表示几种特征置信度,包括面积 S 、长宽比 P 以及垂直投影特征值 H 。

面积(S)是指各矩形区域内非 0 像素的数目,在二值图上面积越大,为车牌的可能性越大,因此面积越大,赋予的特征置信度 C_i 就越大^[3]。

长宽比(P)是车牌的一个明显特征,虽然车牌反映在图像中的大小不同,由于我国车牌长宽比相对固定,一般在 0.3 ~ 0.34 之间,因此在图像中车牌区域的长宽比也相对固定,所以越接近真实车牌长宽比的区域的置信度 C_i 就越大。

垂直投影特征值(H)是根据在二值图像上车牌字符呈明暗交替变化来确定的。特征值的计算方法如式(4)所示^[4],其中特征值越大就越接近真实车牌,因此赋予的置信度 C_i 就越大。

$$H = \frac{1\,000(L_u + L_d)}{b_w} \quad (4)$$

式中: L_u 为垂直投影直方图中所有从波谷到波峰的路径总长度; L_d 为直方图中所有从波峰到波谷的路径总长度; b_w 为图像的宽度,可消除图像宽度不同对特征值的影响; 1 000 为规范化因子。图 3 为车牌候选区的垂直投影直方图,在实际处理时,设定了一个阈值,用于区分波峰和波谷,过滤掉一些过低的波峰。

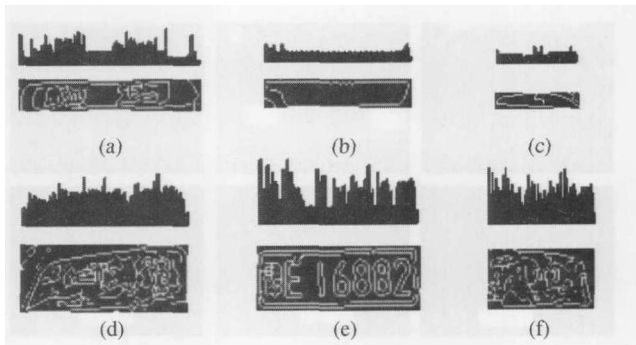


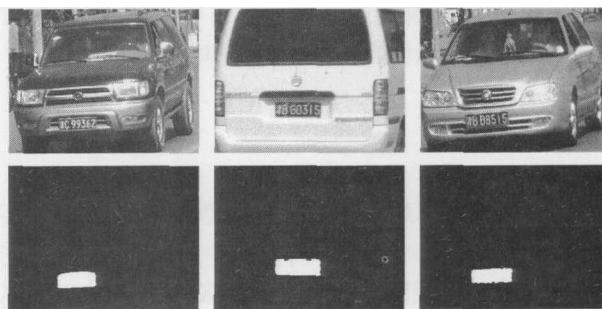
图3 车牌候选区的垂直投影直方图

Fig. 3 The vertical projection histogram of candidate license plate areas

上述方法中综合了面积、长宽比以及垂直投影特征值 3 个因素进行综合分析来定位车牌区域,可以消除仅用某一参数进行评价所带来的误差。例如在实际定位过程中,车灯区域的面积与真实车牌区域面积比较相似,用面积这一特征无法准确定位车牌区域,而从长宽比和垂直投影特征值来看,车灯区域差异较大,因此可以剔除车灯区域;而出租车标牌区域也有字符,其垂直投影特征值与真实车牌区域相似,而长宽比相差较大,可以剔除出租车标牌区域。另外对于车牌区域倾斜较大的图像,其垂直投影特征值表现也不明显,这种情况下,依靠面积和长宽比这两个参数也能准确地定位出真实车牌区域。

4 实验分析

在各种天候采集运动车辆视频,并截取相关帧进行分析,图像大小为 320×240 像素,进行了 668 组实验,汽车颜色各不相同(黑色、红色、白色、蓝色以及银灰色等),车牌颜色各不相同(蓝底白字、黄底黑字、白底黑字以及黑底白字等),车型不同(小轿车、吉普车、面包车以及货车等),光照情况不同(分别为阴天和晴天光照条件较好的情况)。其中在白天采集了 400 组图像(其中阴天 155 组,晴天 245 组,均为行驶中拍摄的图像),在夜晚采集了 268 组图像(行驶中拍摄 182 组,静止中拍摄 86 组),在 CPU 主频为 2.93 GHz 的计算机上进行实验处理,部分实验结果如图 4 所示。表 1 的实验统计数据为不同情况的定位准确率和定位时间。



(a) 白天定位实验结果

(a) Locating experimental results in daytime



(b) 夜晚定位实验结果

(b) Locating experimental results in nighttime

图4 车牌定位实验结果

Fig. 4 Experimental results of car license plate locating

表1 实验数据

Table 1 Experimental data

天候	总图像数	成功定位	准确率(%)	平均定位时间/ms
白天	晴	245	227	92.65
	阴	155	150	96.77
夜晚	动	182	172	95.60
	静	86	86	100
总计	668	637	95.35	52

实验发现,该方法在夜间的定位准确率要比在白天高,在夜间的定位时间比白天短,阴天比晴天定位准确率高。分析原因为:由于在夜间的路灯的光线比白天的阳光弱,而车牌是由特殊的材料制成,在路灯的照射下明暗对比非常明显,这非常有利于轮廓提取,而其它的一些标志区域,由于光线很弱,而不会成为车牌候选区,这样定位准确率就高,也缩短了定位时间;在晴天采集的汽车图像,由于光线较强以及环境的影响,在车牌区域容易产生阴影,造成车牌区域图像变化较大,导致定位出错,而在阴天,光线相对柔和,采集的图像中车牌区域的明暗变化均匀,便于边缘提取,容易提取车牌区域,定位准确率高;在夜间的静止状态定位效果比运动采集图像的定位准确率高。对于不同车型,以及一些在图像中位置与大小各不相同的车牌,车牌定位的准确率在95%以上,定位时间在0.15 s左右,比传统方法的定位时间(0.4 s)快。

5 结 论

车牌定位是车牌自动识别的关键环节,直接关系到车牌自动识别的准确率。在车牌定位中采用 Sobel 算子进行边缘检测,并利用数学形态学的膨胀、区域填充以及腐蚀等算法进行处理,可以消除因车牌颜色不同以及环境因素给车牌定位造成的不利影响,得到较好的车牌候选

区图像;针对车牌候选区图像,采用面积、长宽比以及垂直投影特征值三个因素综合分析的方式,可以准确地定位出真实车牌区,完成车牌定位。车牌定位工作完成后,即可后续的字符分割与字符识别工作。而对于二值边缘图像提供的信息很少,不利于识别。可根据字符的坐标在原始灰度图中直接进行二值化处理,避开边缘检测这一环节,从而得到包含信息量更大的字符二值图像,有效地提高识别精度。

参考文献

- [1] Song H SH, Wang G Q. The high performance car license plate recognition system and its core techniques[C]. Proceedings of IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, 2005:42-45.
- [2] FENG Y, ZHENG M. Vehicle license plate location based on histogramming and mathematical morphology[C]. Proceedings of IEEE Fourth IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies, 2005:89-94.
- [3] 李迎春,孙华燕,唐黎明. 汽车牌照自动定位方法[J]. 指挥技术学院学报,2001,12(6):53-56.
LI Y CH, SUN H Y, TANG L M. An approach for vehicle license plate locating[J]. Journal of Institute of Command and Technology, 2001,12(6):53-56.
- [4] 李小平,任江兴,杨德刚. 车牌识别系统中若干问题的探讨[J]. 北京理工大学学报,2001,21:116-119.
LI X P, REN J X, YANG D G. Study on automobile license plate identification systems[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2001,21(1):116-119.
- [5] LI G, ZENG R L, Lin L. Research on vehicle license plate location based on neural networks[C]. Proceedings of IEEE First International Conference on Innovative Computing, Information and Control, 2006:174-177.
- [6] CHANG S L, CHEN L S, CHUNG Y C, et al. Automatic license plate recognition[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2004,5(1):42-53.
- [7] 张引,潘云鹤. 彩色汽车图像牌照定位新方法[J]. 中国图象图形学报,2001,6A(4):374-377.
ZHANG Y, PAN Y H. A new approach for vehicle license plate locating from color image[J]. Journal of Image and Graphics, 2001,6A(4):374-377.
- [8] ZHENG D N, ZHAO Y N, WANG J X. An efficient method of license plate location[J]. Pattern Recognition Letters, 2005,26(15):2431-2438.
- [9] NOMURA S, YAMANAKA K, KATAI O, et al. A novel adaptive morphological approach for degraded character image segmentation[J]. Pattern Recognition, 2005,38(11):1961-1975.
- [10] HSIEH J W, YU S H, CHEN Y S. Morphology-based li-

cense plate detection from complex scenes[C]. Proceedings of IEEE International Conference on Pattern Recognition, 2002,3:176-179.

作者简介



李刚,男,1959年11月出生,1982年于合肥工业大学获得学士学位,分别于1987和1998年在天津大学获得硕士、博士学位,现为天津大学精密仪器与光电子工程学院教授、博士生导师,主要研究方向为信号检测与处理、测试计量技术及仪器、计算机视觉。

地址:天津市南开区卫津路92号,300072

电话:022-27406535;E-mail:ligang59@tju.edu.cn

Li Gang, male, born in Nov. 1959. He received BSc from Hefei University of Technology in 1982, and MSc and PhD both from Tianjin University in 1987 and 1998, respectively. Now he is a professor and supervisor of PhD candidates in School of Precision Instrument and Opto-Electronics Engineering, Tianjin University. His main research fields and specialties are signal analysis, computer information technology, measurement technology and instrument, machine vision.

Address: School of Precision Instrument and Opto-Electronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China

Tel: +86-22-27406535; E-mail:ligang59@tju.edu.cn



曾锐利,男,1976年11月出生,现为天津大学精密仪器与光电子工程学院博士研究生,主要研究方向为数字图像处理、分析,计算机视觉,模式识别。

地址:天津市南开区卫津路92号,300072

电话:022-27890369; E-mail:zruli@163.com

Zeng Ruili, male, born in Nov. 1976. Now he is a PhD candidate in School of Precision Instrument and Opto-Electronics Engineering, Tianjin University. His main research fields and specialties are digital image processing, analysis, machine vision, and pattern recognition.

Address: School of Precision Instrument and Opto-Electronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China

Tel: +86-22-27890369; E-mail:zruli@163.com