

复杂背景图像中的车牌定位算法

刘 濛, 吴成东, 樊玉泉, 王 力

(东北大学信息科学与工程学院, 沈阳 110004)

摘要: 针对复杂背景中的车牌定位问题提出了一种新的算法, 将定位过程分解为确定候选车牌区域和剔除伪区域两个部分。首先在图像的二值垂直边缘图中, 利用车牌区域的边缘信息及车牌的纹理特征进行车牌候选区域的确定, 在降低算法复杂度的同时提高了定位精确性。然后, 利用滑动的条带窗口对候选区域二值化图像进行连通块提取, 结合车牌句法特征对该区域进行评判筛选, 有效地解决了复杂背景及模糊图像中车牌定位精度不高的问题。此外, 定位过程中的评判结果为后续的字符分割提供了重要的先验信息。实验证明该方法定位速度快, 定位正确率高, 对于背景纹理复杂及模糊图像的车牌定位具有很强的抗干扰性能。

关键词: 车牌定位; 伪区域; 连通块; 车牌句法; 复杂背景

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8961(2010)09-1357-06

License plate position algorithm in complicated scenes

LIU Meng, WU Chengdong, FAN Yuquan, WANG Li

(College of Information Science & Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004)

Abstract: A new algorithm for license plate position in complex backgrounds is proposed in this paper. The algorithm is decomposed into two parts, identification of candidate region and elimination of pseudo-region. The edge information and the texture features of license plate region are used to identify the candidate plates. The complexity of the algorithm is reduced and the accuracy of positioning is also improved. Then a sliding strip window is used to select connectivity blocks in the binary image of the candidate plate. And plate syntactic features are combined to evaluate the candidate plate. The low precision of license plate position in complex background and fuzzy image is solved effectively. Moreover, the results of the positioning provide important prior information for following character segmentation. Experimental results prove that the position method has good real-time performance and high positioning accuracy. In particular, it has strong robust performance for complex backgrounds and fuzzy images.

Keywords: license plate position; pseudo-region; connectivity block; plate syntax; complex background

0 引言

在车牌识别系统中, 车牌定位是进行字符分割和识别的先决条件和关键步骤, 其精度关系到整个系统的性能^[1]。目前, 车牌定位技术主要有两大类: 基于车牌结构特征的定位算法和基于车牌颜色特征的定位算法。例如, Barroso 等人提出用穿过车

牌区域水平直线的灰度呈现连续波峰、波谷、波峰分布这一特征来进行车牌定位的方法, 由于仅依靠波峰波谷特性得到的信息不够完整, 所以该方法容易将其他具有该特性的伪区域与真实车牌区相混淆^[2]。穆长江等人根据车牌图像字符区域的纵向纹理特征丰富的特点提出了基于纹理特征的车牌定位方法, 但却没有考虑到车牌字符在 2 维平面上所体现出来的分布句法特性, 易导致误检发生^[3]。基

基金项目: 国家自然科学基金项目(60874103)。

收稿日期: 2008-12-24; **改回日期:** 2009-05-04

第一作者简介: 刘 濛(1979—), 男, 东北大学信息学院博士研究生。主要研究方向为智能图像处理。E-mail: Liumeng1003@gmail.com。

于结构特征的方法在车牌图像背景复杂,如雨雪大雾等天气,或由于摄像头品质不佳而产生纹理干扰时,定位效果明显下降。张引等人提出了基于彩色边缘检测算子 ColorPrewitt 和彩色边缘检测与区域生长相结合的车牌定位算法 ColorLP^[4]。此方法较前两种方法定位准确,但对光照条件敏感,容易和颜色相似的背景区域混淆。对此,研究者们提出了一些结合车牌的结构和形状特征的新算法^[5]。目前,针对这些背景复杂、车牌区域模糊的图像的车牌定位尚未有一种有效的解决方案。为此,本文提出一种复杂背景图像中的车牌检测算法,该方法首先使用 Sobel 算子将预处理后的车牌图像进行边缘检测;然后,使用候选区域提取算法,根据车牌结构特征的先验知识将边缘检测图像中的水平跳变点连接成线,提取出车牌的候选区域;最后,利用伪区域剔除算法,使用一个窗口从上而下地滑动,同时,进行车牌的句法评判来剔除候选区域中的伪区域。实验结果证明了该方法的有效性,尤其在处理背景复杂的车牌定位图像时具有很高的鲁棒性和自适应性。

1 候选区域选取

选取候选区域的目的是对原始输入图像进行快速处理,将可能是车牌的图像区域提取出来,进行下一步的判定,从而减少系统的运算时间以及非目标区域的干扰。由于拍摄到的车牌图像不可避免地受到天气、光照、传输等的影响,因此,在候选区域提取之前对原始图像进行预处理是很重要的一步。首先,将输入的原图像(图 1(a))转变为灰度图像。然后,采用小波变换降噪^[6]对车牌图像进行降噪处理,降噪处理结果如图 1(b)所示。从小波降噪效果图中可以看出,图像经过预处理后,车牌图像中的噪声点纹理干扰明显减少,同时图像的细节部分又得到了较为完整的保留。

对于车牌区域而言,垂直边缘是其最稳定的结构特征,较之颜色等特征受恶劣天气等复杂环境因素的影响较小。因此,本文在小波去噪的基础上,使用 Sobel 垂直边缘检测算子提取图像的垂直边缘,再将行扫描技术与阈值法结合,实现对候选区域的选取。

定义跳变点位置数组为 $A(i)$,已找到的跳变点数目为 N ,则候选区域提取算法具体步骤如下:

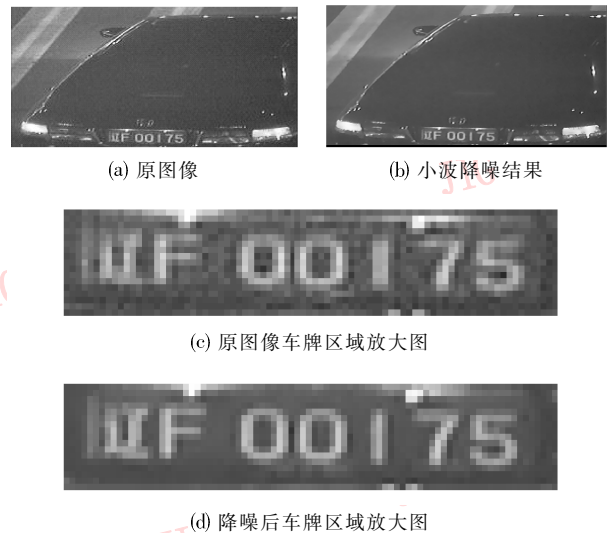


图 1 降噪处理效果图

Fig. 1 De-noise result of the image

- 1) 如果图像中有未被处理的行,设置当前搜索点为本行的第 1 个像素点。否则,转向 6)。
- 2) 从当前搜索点开始寻找下一个跳变点。如果找到跳变点,转向 3),否则,向下移一行转步骤 1)。
- 3) 如果 $N=0$,那么将该跳变点位置赋予 $A(0)$, $N++$,转向 2)。否则,判断与前一个跳变点 $A(N-1)$ 的距离是否小于 T_{\max} ,如果小于则将该跳变点赋予 $A(N)$, $N++$,返回 2)。否则,转到 4)。
- 4) 判断如果 N 大于最小跳变数 C_{\min} ,则在连线图像中,将跳变点 $A(0)$ 和 $A(N-1)$ 用直线连接起来,同时设置 $N=0$,将数组 $A(i)$ 清零,向下移一行,转向 1)。
- 5) 如果所有行全部处理完,转向 6),否则转步骤 1)。
- 6) 对连线图像进行列扫描,将两条连接线之间小于 3 个像素的非连线区域进行连线填充。
- 7) 将宽高及其比值符合一定先验条件的连通域提取出来,并将该连通区域向四周扩散若干个像素的区域作为一个候选车牌区域。

其中, T_{\max} 为最大跳变间距, C_{\min} 为最少跳变数。本文所讨论的车牌检测有一定的场景模式,因此车牌的宽、高以及字符间最大跳变间距和最少跳变数都可以通过先验数据进行统计。行扫描技术可以检测到车牌区域字符造成的灰度跳变现象,而从点到线,以及从线到区域的融合连通过程,有利形成相对完整和准确的检测区域。

通过候选区域提取算法,形成的连线图像如图2(b)所示,其中A,B,C 3个矩形框表示通过初选的候选车牌区域,其在原车牌图像中的对应位置如图3所示。从图3可以看出,A区域与B区域均为伪区域,C区域为真实车牌,其中B区为车尾灯,A区为车身喷号,很容易与真实牌照相混,需要利用车牌字符句法结构特征剔除这些伪区域。

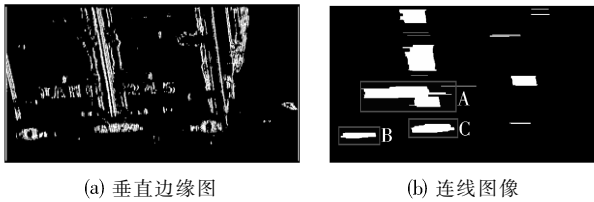


图2 候选区域提取过程

Fig.2 The process of candidate region extraction

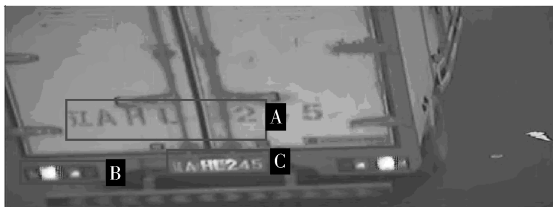


图3 车牌候选区域

Fig.3 The candidate plate region

2 伪区域剔除

如果将提取出的候选车牌区域直接输入后续的分割和识别过程中处理,虽然可以通过字符识别最终将一些伪区域剔除,但是这样无疑增加了系统运行的负担。因此,伪区域的消除是非常必要的。

将上述候选车牌图像从源图像中分别截取出来,使用 POSHE 算法对其进行直方图均衡化以抑制强光,消除因牌照反光等带来的影响,然后使用 Otsu 算法进行二值化^[7]。A,B,C 3个候选区域的二值化效果如图4所示。

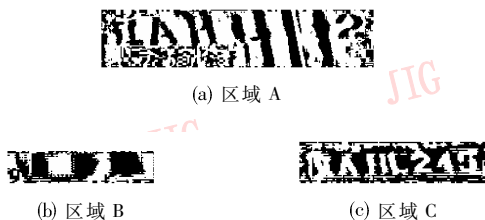


图4 候选区域的二值化图像

Fig.4 Binary images of the candidate area

车牌标准模板由7个字符组成(武警牌照除外);除第2,3字符的间距外,其余各字符间距相等;第2,3字符的间距为其余各字符间距的2.8倍;本系统中,字符的宽度和高度相等。

在此,将上述二值图像从上至下以 m 行的条带,每隔 n 行进行扫描,如图5所示,在该条带内计算出所有的连通块,然后,依次选取其中的7个连通块进行评判,如果选出的连通块满足车牌句法,则该条带区域为车牌区域即该区域含有车牌,如果任意一个条带都不满足车牌句法,那么该区域即为伪区



图5 条带扫描图

Fig.5 The image of scan strip

域。对于选取的连通块是否满足车牌句法特征由一个评判函数进行评判,如果评判结果大于评判函数的阈值 T ,那么认为满足车牌句法特征,反之,将该区域剔除。其中 m, n 由车牌在输入图像中大小决定。本系统中 $m = 15, n = 5$ 。评判函数设计为

$$J = e^{-\left| \frac{S_2 + 12 - x}{x} \right|} + \left(0.5 - 0.5 \sin \left(\frac{\pi(y - 6)}{12} \right) \right)$$

式中, S_2 表示第2,3个字符的间距与其余字符间距

的误差和;对于 x ,有 $x = \frac{|C_7 - C_1| \times 110}{340}$,其中,

$|C_7 - C_1|$ 表示第1个到第7个字符中心的距离;

y 表示理想车牌模板与实际车牌中各个字符中心距离的方差。

$e^{-\left| \frac{S_2 + 12 - x}{x} \right|}$ 表征车牌中第2,3个字符的间距最大,其余字符间距均相等这一特性;

$0.5 - 0.5 \sin \left(\frac{\pi(y - 6)}{12} \right)$ 表征理想模板与实际车牌各个字符中心点的匹配程度;

通过上述算法,可以有效剔除候选区域中的伪区域,准确地定位出车牌区域。伪区域剔除算法流程图如图6所示。

伪区域剔除完成后,将检测到的车牌区域从原始输入彩色图像中截取出来以便进行下一步的处理。

这里从原始彩色图像进行车牌区域的截取主要是考虑到在原始图像进行小波变换去噪时可能存在的细节丢失,同时系统进行改进时可能会用到车牌区域的颜色信息。图7为输入图像经全部处理过程的车牌定位区域放大1.5倍的结果。

伪区域剔除完成后,将检测到的车牌区域从原始输入彩色图像中截取出来以便进行下一步的处理。

这里从原始彩色图像进行车牌区域的截取主要是考虑到在原始图像进行小波变换去噪时可能存在的细节丢失,同时系统进行改进时可能会用到车牌区域的颜色信息。图7为输入图像经全部处理过程的车牌定位区域放大1.5倍的结果。

这里从原始彩色图像进行车牌区域的截取主要是考虑到在原始图像进行小波变换去噪时可能存在的细节丢失,同时系统进行改进时可能会用到车牌区域的颜色信息。图7为输入图像经全部处理过程的车牌定位区域放大1.5倍的结果。

这里从原始彩色图像进行车牌区域的截取主要是考虑到在原始图像进行小波变换去噪时可能存在的细节丢失,同时系统进行改进时可能会用到车牌区域的颜色信息。图7为输入图像经全部处理过程的车牌定位区域放大1.5倍的结果。

这里从原始彩色图像进行车牌区域的截取主要是考虑到在原始图像进行小波变换去噪时可能存在的细节丢失,同时系统进行改进时可能会用到车牌区域的颜色信息。图7为输入图像经全部处理过程的车牌定位区域放大1.5倍的结果。

这里从原始彩色图像进行车牌区域的截取主要是考虑到在原始图像进行小波变换去噪时可能存在的细节丢失,同时系统进行改进时可能会用到车牌区域的颜色信息。图7为输入图像经全部处理过程的车牌定位区域放大1.5倍的结果。

这里从原始彩色图像进行车牌区域的截取主要是考虑到在原始图像进行小波变换去噪时可能存在的细节丢失,同时系统进行改进时可能会用到车牌区域的颜色信息。图7为输入图像经全部处理过程的车牌定位区域放大1.5倍的结果。

这里从原始彩色图像进行车牌区域的截取主要是考虑到在原始图像进行小波变换去噪时可能存在的细节丢失,同时系统进行改进时可能会用到车牌区域的颜色信息。图7为输入图像经全部处理过程的车牌定位区域放大1.5倍的结果。

这里从原始彩色图像进行车牌区域的截取主要是考虑到在原始图像进行小波变换去噪时可能存在的细节丢失,同时系统进行改进时可能会用到车牌区域的颜色信息。图7为输入图像经全部处理过程的车牌定位区域放大1.5倍的结果。

这里从原始彩色图像进行车牌区域的截取主要是考虑到在原始图像进行小波变换去噪时可能存在的细节丢失,同时系统进行改进时可能会用到车牌区域的颜色信息。图7为输入图像经全部处理过程的车牌定位区域放大1.5倍的结果。

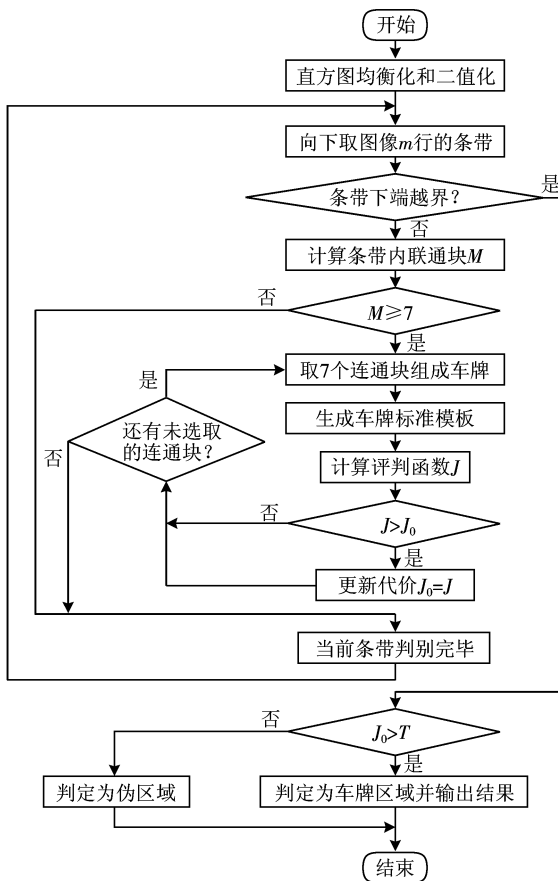


图 6 伪区域剔除算法流程图

Fig. 6 The chart of the pseudo-region elimination algorithm

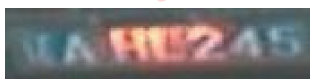


图 7 输入图像的定位结果

Fig. 7 The positioning result of import image

3 实验结果及分析

为了验证算法的有效性,分别对 100 张市内公路抓取的普通车牌图像和 200 张交通路口抓取的复杂车牌图像进行了车牌定位,输入图像大小为 768×288 ,其中复杂车牌图像中分别包含了 100 张夜间低照度图像和 100 张黎明大雾环境图像。算法在 1.75 GHz CPU, 512 MB 内存平台下实现,采用 VC++ 6.0 编程。实验结果如表 1 所示,其中定位的正确定义为,当定位区域满足下述条件时,即为一次正确定位:一幅图像中的所有定位区域均必须包含整个真实车牌字符,且区域的上下界分别与车牌字

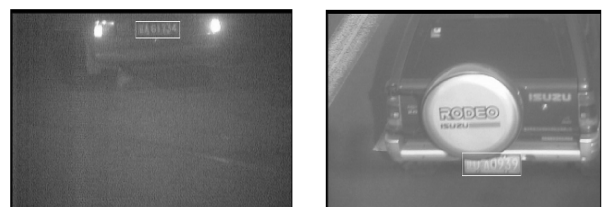
表 1 文本算法定位结果

Tab. 1 The positioning results of our algorithm

车牌拍摄环境	实验图像/张	正确率/%	平均时间/ms
普通	100	99	56
夜间低照度	100	96	79
黎明大雾	100	97	65

符的上下沿距离小于等于字符高度的一半,区域的左右界分别与整个车牌字符的左右沿距离小于等于一个字符宽度。

从表 1 可以看出,对于背景简单的车牌图像,本文算法可以达到 99% 的定位正确率,对于复杂背景下拍摄的车牌图像也可以达到平均 96.5% 的正确率,保持了很高的定位正确率和算法稳定性。通过实验可知,一些模糊的车牌,如图 8 所示,在新方法下均能得到正确的定位(如图白框)。对于类似图 8(a)的图像,由于夜间照明条件的限制,车牌区域模糊不清,其颜色已无法做到正确判定,所以基于颜色的定位方法^[4]均会失效;而对于类似图 8(b)的图像,由于其中包含了很多纹理特征与车牌相似的区域,如备用胎上的字符等,因此一般基于纹理的方法^[3]会将这些伪区域和车牌相混淆。提出的定位方法,其实质是将车牌纹理特征和车牌字符句法特征有机结合,车牌字符的纵向纹理是其最稳定的特征,可以保证在不同复杂环境中对车牌的检出,而根据字符句法特征可以将多检的伪区域有效剔除,实现系统的抗干扰能力,因此使得算法可以获得单一技术无法达到的良好性能。此外,在定位过程中利用句法特征已经基本确定了车牌中各个字符的位置,如果将这一条件作为字符分割的先验知识,将对字符分割起到很大的启示作用。同时本文算法在运行效率方面也有很大的优势。处理图像为 1024×768 的三通道彩色图像,每张平均处理时间为 67 ms。通过对本文算法定位错误的模糊车牌进行进一步分析,发现是由于字符区域模糊难辨,人眼亦



(a) 夜间低照度图像 (b) 纹理干扰图像

图 8 模糊车牌图像

Fig. 8 The fuzzy license plate image

无法正确识别,垂直边缘检测中未能将车牌区域的纹理很好地体现造成的。

为了进一步验证算法,对监控录像中的车牌进行连续定位检测。图 9(a)和图 9(b)中没有候选区域。图 9(c)和图 9(d)只包含一个候选区域,其评判值为 90(当代价值大于 50 才被认为是车牌)。图 9(e)和图 9(f)中只包含一个候选区域,其评判

值为 86。图 9(g)和图 9(h)中有两个候选区域,其中车牌区域评判值为 98,顶灯区域评判值为 33。图 9(i)和图 9(j)中只包含一个候选区域(顶灯区),其评判值为 25。图 10(a)中的两个区域为候选区域,评判值分别为 28 和 21,因此两个区域被剔除。实验表明,该算法能准确地进行车牌字符分割,能够适应动态变化。



图 9 监控录像车牌定位实验结果

Fig. 9 License plate position results in the monitoring video image

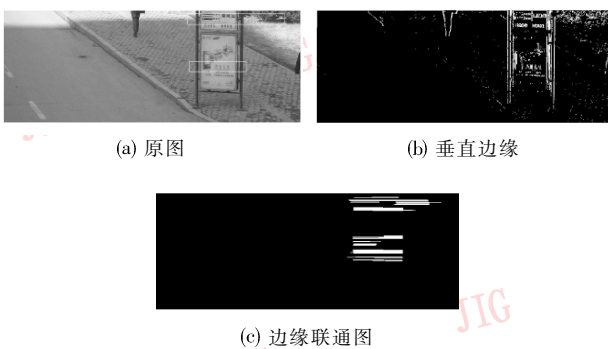


图 10 提示牌干扰实验结果

Fig. 10 Interference experiment results

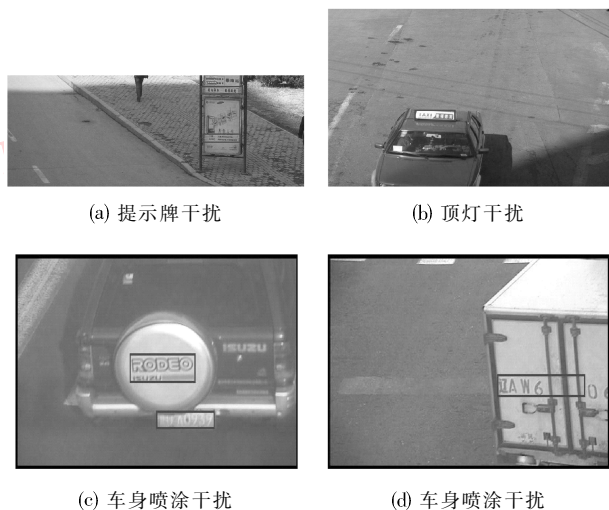
表 2 为基于 AdaBoost 和 Haar-like 特征的车牌定位算法的实验结果。其实验主机与实验图片与

表 1 相同,平均识别率为 84.6%,平均执行时间为 83 ms。AdaBoost 算法正确率较低的主要原因是没有有效地剔除伪区域。如图 11 所示,出租车顶灯、车厢喷涂字符等被误识,尤其在夜间低照度情况下 AdaBoost 算法的表现较差,但在光线良好、车牌清晰时,其定位效果还是令人满意的。从实验结果可以看出,AdaBoost 算法容易受噪音的影响。

表 2 基于 AdaBoost 算法的定位结果

Tab. 2 The positioning results of AdaBoost algorithm

车牌拍摄环境	实验图像/张	正确率/%	平均时间/ms
普通	100	91	83
夜间低照度	100	80	85
黎明大雾	100	83	81



(a) 提示牌干扰

(b) 顶灯干扰

(c) 车身喷涂干扰

(d) 车身喷涂干扰

图 11 基于 AdaBoost 算法的错误定位结果

Fig. 11 The mistake results of the AdaBoost algorithm

4 结 论

针对车牌定位技术难题, 本文将车牌纹理特征与车牌字符句法特征有机结合, 提出一种新的车牌定位算法, 有效解决了复杂背景图像中的车牌定位难的问题, 为下一步的车牌字符分割及识别奠定了基础。当在车牌图像中, 车牌严重倾斜时, 在滑动窗口中可能并不满足评判函数要求。如何在解决上述问题的基础上进一步提高定位精确度, 将是下一步研究的内容。

参考文献 (References)

[1] Qin Zhong, Shi Shengli, Xu Jianmin, et al. Method of license plate location based on corner feature[C]//Proceeding of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation. Piscataway, NJ, USA: IEEE, Press, 2006: 8645-8649.

[2] Barroso J, Rafel A. Number plate reading using computer vision [C]//Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics. Piscataway, NJ, USA: IEEE, Press, 1997: 761-766.

[3] Mu Changjiang, Yuan Weiqi. Location method of vehicle license plate images based on texture feature[J]. Control Engineering of China, 2004, 11(6): 574-576. [穆长江, 苑玮琦. 基于纹理特征的车牌定位方法[J]. 控制工程, 2004, 11(6): 574-576.]

[4] Zhang Yin, Pan Yunhe. A new approach for vehicle license plate locating from color image[J]. Journal of Image and Graphics, 2001, 6(4): 374-377. [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, 6(4): 374-377.]

[5] Feng Yang, Zheng Ma. Vehicle license plate location based on histogramming and mathematical morphology[C]//Proceedings of the 4th IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies. New York, NY, USA: IEEE Computer Society, 2005: 89-94.

[6] Donoho D L. De-noising by soft-thresholding [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1995, 41(3): 613-627.

[7] Kim J Y, Kim L S, Hwang S H. An advanced contrast enhancement using partially overlapped sub-block histogram equalization[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(4): 475-484.