

基于边缘颜色对的车牌定位新方法

李文举^{1),2)} 梁德群²⁾ 张 旗²⁾ 樊 鑫³⁾

¹⁾(辽宁师范大学计算机与信息技术学院 大连 116029)

²⁾(大连海事大学信息工程学院 大连 116026)

³⁾(西安交通大学图像处理与识别研究所 西安 710049)

摘 要 车牌定位是车牌自动识别系统中的一个关键问题. 该文提出了一种新的基于边缘颜色对的车牌定位方法. 首先进行彩色边缘检测, 然后以每一边缘点为中心, 垂直于边缘方向取一线形窗口, 在窗口内检测边缘点两侧像素的颜色是否分别匹配车牌的底色与字符颜色, 若是, 则保留为候选车牌边缘点; 然后进行形态滤波, 剥离不符合车牌结构特征的区域, 最后对候选车牌区域进行纹理特征的分析以确定真实车牌区域. 该方法抓住了车牌背景与字符具有固定颜色搭配的重要特点, 综合利用了车牌的结构特征和纹理特征, 提高了车牌定位的可靠性. 对各种条件下拍摄的 163 幅含有车牌的图像应用该算法, 定位准确率达到 98.2%.

关键词 边缘颜色对; 车牌定位; 结构特征; 纹理特征

中图法分类号 TP391

A Novel Approach for Vehicle License Plate Location Based on Edge-Color Pair

LI Wen-Ju^{1),2)} LIANG De-Qun²⁾ ZHANG Qi²⁾ FAN Xin³⁾

¹⁾(College of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian 116029)

²⁾(College of Information Engineering, Dalian Maritime University, Dalian 116026)

³⁾(Institute of Image Processing and Recognition, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049)

Abstract Locating the vehicle license plate plays an important role in the vehicle license plate automatic recognition system. A novel locating approach based on the edge-color pair is presented in this paper. Firstly, the edges are detected in a color car image; secondly, a line-shape window is made for every edge pixel, and its direction is perpendicular to the direction of the edge and its center is located on the edge pixel, and then the color pattern of the pixels on both sides of the edge point in the window is investigated and the centric edge point of the window is reserved when the color pattern matches the combination of the background color and text color of the plates. Whereafter, a morphological filter is applied to the candidate binary image for removing the regions without the structure feature of the license plate. Finally, the license plate is extracted correctly from the candidate regions by analyzing the texture feature of the plate. The proposed method focuses on matching background color and character color in a license plate and combines its structure feature and texture feature. The experiments on 163 car images that were taken under various conditions show the extraction rate of 98.2%. Integrating color edge detection, edge-color pair, mathematical morphology and neural network into our method, the approach offers robustness when dealing with noisy car images, car images in variant lighting conditions and car images with skew number plate.

Keywords edge-color pair; vehicle license plate location; structure feature; texture feature

收稿日期:2002-12-09;修改稿收到日期:2003-02-03. 李文举,男,1964年生,博士研究生,副教授,主要研究方向为图像处理、模式识别和智能控制. E-mail:liwenju-888@sohu.com. 梁德群,男,1940年生,教授,博士生导师,主要研究兴趣为低级视觉、并行结构和图像检测. 张 旗,女,1960年生,博士研究生,副教授,主要研究方向为图像处理、工业检测和智能控制. 樊 鑫,男,1977年生,博士研究生,主要研究方向为人脸图像处理与识别.

1 引言

智能交通系统是一个热点研究领域,受到日益广泛的关注,而车牌识别是其重要组成部分. 车牌识别系统(LPR)主要包括车牌定位、字符分割和字符识别三部分,其中车牌定位是要解决的关键问题之一,关系到整个系统的成败.

目前,主要通过两条技术路线进行车牌定位的研究. 早期由于受计算机运算速度和内存大小的影响,考虑到实时性,车牌定位主要是基于灰度图像处理技术,现在仍有很多学者在沿此路线进行研究^[1~3],其缺点是当车牌图像的对比度较小或光照不均匀以及有类似车牌纹理特征的干扰时,误识率增加且无法提供车牌的颜色信息. 颜色是车牌的重要特征,不同种类车辆的车牌具有不同的颜色模式,因此,交通监控、不停车收费等应用领域已对 LPR 系统提出了车牌的颜色要求. 近年来随着计算机技术的飞速发展,很多学者已开始应用彩色图像处理技术进行车牌定位,采取的主要方法是:(1)应用神经网络对图像进行颜色分割,然后计算车牌底色的水平和垂直投影值,最后根据车牌的宽高比来定位车牌^[4,5]; (2)采用彩色边缘检测与区域生长相结合的方法来定位车牌^[6]; (3)利用颜色空间距离和相似度进行车牌底色的颜色分割,再采用投影法根据车牌的宽高比确定候选车牌区域,最后对候选车牌区域的灰度图像进行纹理分割提取车牌^[7]. 这些研究改善了车牌的定位效果,但当车牌底色与其周围颜色近似、车牌底色褪色或图像中存在与车牌相似的几何和纹理特征的伪车牌时,有效定位率下降. 要想提高车牌定位的可靠性,应充分利用车牌提供的信息,突出车牌区域抑制非车牌区域. 已有的车牌定位方法虽考虑了车牌底色的颜色信息,却没有考虑车牌颜色特征的一个重要特点,即车牌背景与字符具有固定的颜色搭配,也就是说车牌字符边缘两侧像素的颜色具有固定的搭配,而如果抓住了这一重要信息,不仅能剥离不符合车牌底色的非车牌区域,而且能够将车牌底色褪色或虽具有和车牌相似的几何及纹理特征但不符合颜色特征的伪车牌剔除. 因此,本文提出了边缘颜色对的概念并据此构造了一种新的车牌定位方法. 该方法充分利用车牌的颜色特征、结构特征和纹理特征,在车牌定位的第一步——求取图像边缘时就大大减少非车牌区域的边缘点,从而突出车牌区域,提高车牌定位的准确率.

2 边缘颜色对

我国车牌具有一些显著特征. 其中最主要的是颜

色特征、结构特征和纹理特征. 颜色特征的重要特点是车牌背景与字符具有固定的颜色搭配,即白底黑字或红字(白牌)、蓝底白字(蓝牌)、黑底白字(黑牌)和黄底黑字(黄牌). 我们约定用 $Color(x)$ 表示像素 x 的颜色,当 $Color(x)=1,2,3,4,5,6$ 时所对应像素 x 的颜色分别为蓝色、白色、黑色、红色、黄色和其它色. 这里以白背景黑字符“1”为例说明边缘颜色对的概念,图 1 为其彩色边缘图像示意图. 在左边的垂直边缘 $e1$ 上任取一边缘点 A ,则 $e1$ 可代表 A 的边缘方向,过 A 点做一垂直于其边缘方向的 $1\times(2m+1)$ 线形窗口(图中以虚线表示). 在窗口内 A 点左侧的像素应具有白颜色,我们取一点 B_1 ,则 $Color(B_1)=2$;在窗口内 A 点右侧的像素应具有黑颜色,我们取一点 B_2 ,则 $Color(B_2)=3$. 这样,在字符“1”的边缘 $e1$ 上,边缘点 A 左右两侧的像素具有固定的颜色配对(白色,黑色),以 $COCP$ 来表示,即 $COCP=(2,3)$,我们称之为边缘点 A 的边缘颜色对. 同理,右边的垂直边缘 $e2$ 上的边缘点左右两侧的像素具有固定的颜色配对(黑色,白色),即 $COCP=(3,2)$,我们只关心边缘点两侧垂直于边缘方向的像素的颜色组合,因此, $COCP=(2,3)$ 等价于 $COCP=(3,2)$.

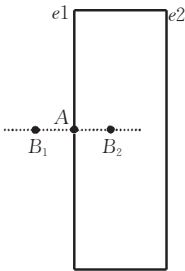


图 1 边缘点 A 的边缘颜色对示意图

定义 1. 设颜色集合 $C=\{c_i|i=1,2,\cdots,n\}$, 对图像的任一边缘点 A ,以 A 为中心垂直于 A 的边缘方向取一 $1\times(2m+1)$ 线形窗口,则窗口内 A 点两侧像素的颜色构成一个二元对, $COCP=\{(c_i,c_j)|i,j=1,2,\cdots,n,且 i\neq j\}$,称二元对 $COCP$ 为边缘点 A 的边缘颜色对.

我国车牌上的字符所具有的边缘颜色对如表 1 所示,可见其边缘颜色对集合为 $VCOCP=\{(1,2),(2,3),(2,4),(5,3)\}$.

表 1 中国车牌字符的边缘颜色对				
车牌	白牌	蓝牌	黑牌	黄牌
COCP	(2,3),(2,4)	(1,2)	(2,3)	(5,3)

3 车牌定位算法

3.1 具有边缘颜色对约束的彩色边缘检测

3.1.1 基于方向区域距离测度的彩色边缘检测

设彩色像素 $C(i,j)=(R(i,j),G(i,j),B(i,j))$, 其中, $R(i,j),G(i,j),B(i,j)$ 分别是像素 $C(i,j)$ 在 RGB 彩色空间中的红、绿和蓝颜色分量. 以 $C(i,j)$ 为中心取 $(2s+1)(2s+1)$ 的窗口, 其中, s 为大于等于 1 的整数. 在窗口内过 $C(i,j)$ 做一与垂直方向所成夹角为 $\beta(0\leq\beta\leq\pi)$ 的线段 L 并将窗口划分为 W_1 和 W_2 两部分, 如图 2 所示. 设 W_1 和 W_2 内各包含 N 个像素, 则 W_1 和 W_2 内像素的平均色彩函数值分别为

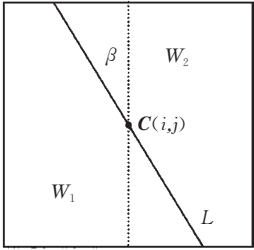


图 2 区域划分

$$\begin{aligned} C_{s\beta W_1} &= \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N C_{s\beta W_{1k}} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (R_{s\beta W_{1k}}, G_{s\beta W_{1k}}, B_{s\beta W_{1k}}) \\ &= \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N R_{s\beta W_{1k}}, \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N G_{s\beta W_{1k}}, \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N B_{s\beta W_{1k}} \right) \\ &= (R_{s\beta W_1}, G_{s\beta W_1}, B_{s\beta W_1}) \end{aligned} \tag{1}$$

同理,

$$C_{s\beta W_2} = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N C_{s\beta W_{2l}} = (R_{s\beta W_2}, G_{s\beta W_2}, B_{s\beta W_2}) \tag{2}$$

这里, $C_{s\beta W_{1k}}$ 和 $C_{s\beta W_{2l}}$ 分别是 W_1 和 W_2 内的第 k 个和第 l 个向量像素; $R_{s\beta W_i}, G_{s\beta W_i}, B_{s\beta W_i}$ 分别是 $W_i(i=1,2)$ 内 N 个向量像素 R, G, B 颜色分量的平均值.

定义 W_1 和 W_2 间的平均色彩距离为

$$\begin{aligned} D_{s\beta} &= \\ &\sqrt{(R_{s\beta W_1}-R_{s\beta W_2})^2+(G_{s\beta W_1}-G_{s\beta W_2})^2+(B_{s\beta W_1}-B_{s\beta W_2})^2} \end{aligned} \tag{3}$$

当 β 在 0 和 π 之间变化时, $D_{s\beta}$ 必具有一个最大值, 定义方向区域距离测度为

$$D_s = \max_{\beta} D_{s\beta}, \quad 0 \leq \beta \leq \pi \tag{4}$$

其中, $D_{s\beta}$ 表示 $C(i,j)$ 点垂直于 β 方向色彩函数值的突变程度, $D_{s\beta}$ 值越大, $C(i,j)$ 点是具有方向 β 边缘点的可能性就越大. 同时, $D_{s\beta}$ 也是一个平滑滤波器, 对 W_1 和 W_2 内的噪声具有一定的抑制作用, s 就是滤波尺度.

由于边缘的方向性, 如果 $C(i,j)$ 在边缘区内, 则逆时针旋转线段 L 使 β 在 $0\sim\pi$ 之间变化时, 必有一个 β 角代表边缘的方向, 使得 $D_{s\beta}$ 为最大值 D_s . 且 D_s 值较大, D_s 越大, 边缘的强度越大; 如果 $C(i,j)$ 在平滑区内, 则 W_1 和 W_2 是同一颜色区域的两个部

分, 因此, D_s 值很小; 如果 $C(i,j)$ 是噪声点, 不管 β 值多大, 由于噪声无方向性, 则 D_s 值也很小. W_1 和 W_2 内的噪声通过平均其内部的所有向量像素来抑制. 因此, 可将 D_s 作为 $C(i,j)$ 是否为边缘点的度量, 如果能选择一个合适的阈值 T , 则当某一像素的 $D_s > T$ 时, 该像素被认为是一个边缘点.

通过实验我们发现, D_s 的分布近似为高斯分布. 设 D_s 的均值为 μ , 标准方差为 σ , 则按下式近似计算 T :

$$T = \mu + 3\sigma \tag{5}$$

能取得令人满意的效果. 同时, 为保证算法的实时性, 而且用横、竖、撇、捺四个比划就能基本描述车牌中的汉字、字母和数字, 因此选择 $S=1$ 即 3×3 窗口, β 角增幅为 45° . 对图 3 所示的原始车辆图像, 采用以上算法得到的原始彩色边缘图像如图 4 所示.

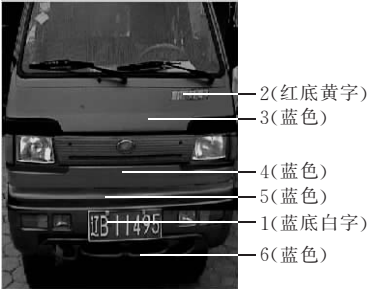


图 3 原始车辆图像

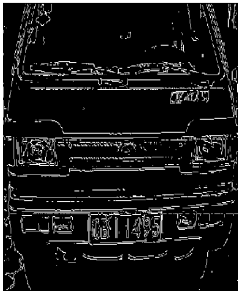


图 4 原始彩色边缘

3.1.2 神经网络判色并根据边缘颜色对确定车牌边缘图像

对车牌边缘图像中的每一边缘点求取边缘颜色对 $COCP$, 如果 $COCP \in VCOCP$, 则保留此边缘点, 否则将此灰度置 0. 算法实现时, 先在线形窗口内边缘点的一侧搜寻具有底色或字符颜色的像素, 若找不到, 说明它不是车牌边缘点, 在边缘图像中去掉它; 若找得到, 则在另一侧搜寻具有和此颜色配对的另一颜色的像素. 若找不到, 说明它也不是车牌边缘点, 同样在边缘图像中去掉此边缘; 若找得到, 说明它可能是车牌边缘点, 在边缘图像中保留它. 线形窗口内边缘点两侧像素的颜色通过在 HSI 彩色空间内应用 BP 神经网络来识别. 图 5 给出了应用边缘颜色对后得到的车牌边缘图像.

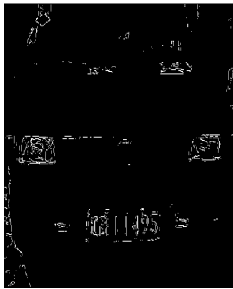


图 5 由边缘颜色对确定的边缘

3.2 利用车牌结构特征确定车牌区域

车牌具有明显的结构特征和纹理特征,车辆前部的车牌宽高比为 3.14(考虑到拍摄及倾斜等原因,宽高比可取 1.3~3.5),一般由 7~9 个字符组成,字符水平排列,字符区域水平方向颜色变化频率大.应用边缘颜色对之后,非车牌区域的边缘大都不具有车牌的结构特征,利用形态学中的闭运算得到连通域图像如图 6 所示,剔除不符合宽高比要求的连通域,此时若只有一个连通域,则可确认为车牌区域,否则再根据连通域的填充度确定真实车牌.

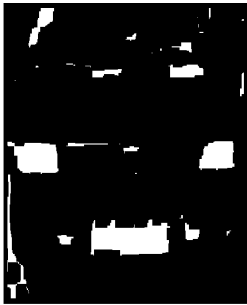


图 6 边缘的连通域

连通域的填充度如下定义:设连通域面积为 S_1 ,连通域中像素的水平坐标的最小值和最大值分别为 X_{\min} 和 X_{\max} ,垂直坐标的最小值和最大值分别为 Y_{\min} 和 Y_{\max} ,它们所围成的面积为 $S=(X_{\max}-X_{\min})\times(Y_{\max}-Y_{\min})$,则定义 $F=S_1/S$ 为连通域的填充度.

车牌区域 F 值较大,非车牌区域 F 值较小,选取合适的阈值,将 F 值小于阈值的非车牌区域剔除,此时若只有一个连通域,则可确认为车牌区域,否则再根据纹理特征确定真实车牌,所得结果如图 7 所示.



图 7 符合结构特征的连通域

3.3 根据车牌纹理特征确定车牌区域

字符区域水平方向颜色变化频率较大,设其变化范围为 $[n_1, n_2]$,求取候选车牌的彩色边缘如图 8 所示并对其进行水平扫描,统计每行的边缘点个数 N ,如果有连续 M 行以上 $N \in [n_1, n_2]$,则可判定此候选车牌为真实车牌.提取的车牌如图 9 所示.

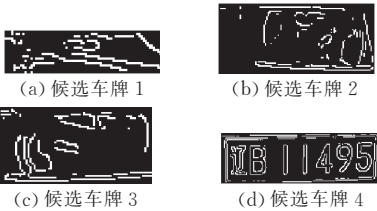


图 8 候选车牌边缘图像



图 9 提取车牌的边缘

4 实验结果及分析

我们对在不同背景不同光照条件下拍摄的 163 幅含有各种颜色车牌的图像应用本算法,有效定位率达到 98.2%.图 4~图 9 是对图 3 所示含有蓝色车身蓝色倾斜车牌的 640×480 的车辆图像执行本算法所得的结果.在原始图像中,标注 1 是蓝底白字的车牌,标注 2 是红底黄字的 7 个汉字区域,二者具有相似的结构和纹理特征;标注 3,4,5,6 所指都为蓝色区域,在车牌四周,除了车灯外都为蓝色.由图 5 可见,边缘点数大大减少,经统计当采用边缘颜色对后,边缘点数减少了 79%,而且虽具有和车牌相似的结构和纹理特征但不满足边缘颜色对颜色要求的标注 2 区域的边缘点被剔除了,这就使得后续的处理简单且快速.虽然神经网络判色较费时,但由于只对线形窗口内边缘点两侧的像素进行判色,所用时间大为减少,当采用 1×7 线形窗口时,耗时约为整幅图像判色所需时间的 40%.在具有 PIV 1.8G CPU, 256M 内存的计算机上运行由 MATLAB 编写的本算法程序,用时 12.360s,实际应用时采用 C 语言编程能够满足实时性要求.文献[6]中的方法虽也采用彩色边缘检测,但标注 2 所指区域的边缘仍会存在,给后续处理带来困难;而文献[4,5,7]的方法根据车牌底色的水平和垂直投影值也难以提取车牌.另外,现有的彩色车牌定位方法对褪色较严重的车牌会有部分底色误分割进而造成定位失败,而本算法并不要求整个底色均匀,只要在字符边缘处满足边缘颜色对的颜色要求即可.和灰度边缘检测结果相比较,采用边缘颜色对后检测到的边缘点数分别是 canny 边缘检

测、log 边缘检测、prewitt 边缘检测的 17%，21%，36%，可见边缘点数大大减少。采用灰度边缘检测方法时，标注 2 所指区域的边缘仍存在，车牌四周也有很多边缘点，这都增加了后续处理的难度。

5 结 论

本文提出了一种新的基于边缘颜色对的彩色车牌定位方法。其特点是将基于边缘颜色对的彩色边缘检测与车牌的结构和纹理特征相结合。采用边缘颜色对后使边缘点数大大减少并且删除了具有与车牌相似的结构和纹理特征的非车牌区域边缘点。它不仅能提供车牌的颜色信息而且能在车牌底色与车牌周围颜色相近及底色褪色或图像中存在与车牌相似的结构和纹理特征的非车牌区域时，有效地提取车牌，提高了车牌定位的可靠性。实验表明本算法具有很好的定位效果。

参 考 文 献

1 Hegt H. A. ,Haye R. J. ,Khan N. A. . A high performance license plate recognition system. In: Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, San Die-

go,1998,5: 4357~4362

2 Tyan J. K. ,Neubauer C. ,Goganovic L. . A character segmentation algorithm for recognition of vehicle license plate. In: Proceedings of Part of the SPIE Conference on Mobile Robots XIV, Boston,1999,3838; 12~21

3 Yu M. ,Kim Y. D. . An approach to Korean license plate recognition based on vertical edge matching. In: Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Nashville,2000, 4:2975~2980

4 Lee E. R. ,Kim P. K. ,Kim H. J. . Automatic recognition of a car license plate using color image processing. In: Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing, Austin, Texas,1994,2:301~305

5 Zhao Xue-Chun, Qi Fei-Hu. Automatic recognition of vehicle license based on color segmentation. Journal of Shanghai Jiaotong University,1998,32(10):4~9(in Chinese)
(赵雪春,戚飞虎. 基于彩色分割的车牌自动识别技术. 上海交通大学学报,1998,32(10):4~9)

6 Zhang Yin, Pan Yun-He. A new approach for vehicle license plate locating from color image. Journal of Image and Graphics, 2001,6(4):374~377(in Chinese)
(张 引,潘云鹤. 彩色汽车图象牌照定位新方法. 中国图象图形学报,2001,6(4):374~377)

7 Guo Jie, Shi Peng-Fei. Color and texture analysis based vehicle license plate location. Journal of Image and Graphics, 2002,7(5):472~476(in Chinese)
(郭 捷,施鹏飞. 基于彩色和纹理分析的车牌定位方法. 中国图象图形学报,2002,7(5):472~476)



LI Wen-Ju, born in 1964, Ph. D. candidate, associate professor. His research interests include image processing, pattern recognition and intelligent control.

LIANG De-Qun, born in 1940, professor, Ph. D. supervisor. His research interests include low-level vision, parallel structure and image testing.

ZHANG Qi, born in 1960, Ph. D. candidate, associate professor. Her research interests include image processing, industry testing and intelligent control.

FAN Xin, born in 1977, Ph. D. candidate. His research interest include face image processing and recognition.

Background

The vehicle license plate automatic recognition system is an important part in intelligent transportation system . It is a special computer vision system that can capture a vehicle image in a traffic scene by a camera and automatically identify the license plate in the image. Automatic recognition of the plate is the key in a number of applications such as road traffic monitoring, identification of stolen vehicles, parking lots access control, automated toll-pay systems and so on. Our task is to develop a high performance license plate automatic recognition system. It is a challenge because there are some

problems such as outdoor environment under greatly illumination changes, degraded plate with dirt, scratch, shadow, skew, noise etc. In this plate recognition system, there are three main steps: plate localization, character segmentation and character recognition. This paper tackles the first problem. In addition, we propose a novel character segmentation algorithm for degraded license plate and be improving performance of the system under different environment conditions.