

中图法分类号: TP391.41 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2010)11-1623-06

检索信息: 郑成勇. 一种 RGB 颜色空间中的车牌定位新方法[J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(11): 1623-1628

一种 RGB 颜色空间中的车牌定位新方法

郑成勇

(五邑大学数学与计算科学学院, 广东江门 529020)

摘要: 车牌定位是车牌自动识别系统的关键。为了快速准确地进行车牌定位,提出了一种新的 RGB 颜色空间的车牌定位方法,该方法包括颜色特征提取、特征图像的二值化、形态学连通去噪、车牌候选区域检验 4 个步骤,同时针对传统颜色特征提取对光照变化敏感的问题,提出了一种不包含亮度信息的颜色特征提取方法;对于车牌候选区域的检验摒弃了常用的易受图像尺寸及图像分辨率影响的区域面积、宽高比、矩形度等几何特征,而是采用车牌字符数及字符排列的规则度作为判定的依据,并由此设计了一种车牌字符规则度的计算方法,用来检验车牌候选区域。通过对包含不同尺寸、不同光照条件的 605 幅图像进行车牌定位的实验表明,成功率超过 96%,可见该颜色特征提取方法对光照变化不敏感,该车牌检验方法可适用于各种不同尺寸图像的车牌定位。

关键词: 车牌定位; RGB 颜色空间; 车牌字符规则度; 数学形态学

A novel license plate location method on RGB color space

ZHENG Chengyong

(School of Mathematics and Computational Science, Wuyi University, Jiangmen, Guangdong 529020)

Abstract: License plate(LP) location is key to vehicle license plate auto recognition system. In this paper, we propose a novel LP location method on RGB color space, which includes four steps: color feature extraction, feature image's binaryzation, area filling and de-noising with morphology processing, plate candidate regions verification. Traditional color feature extraction is sensitive to illumination based on which, we propose a new color feature extraction method that doesn't include the intensity component. For plate candidate regions verification, we discards some geometry features such as the area, length/width ratio, rectangle degree etc, those of which are widely used but sensitive to image size, and we utilize the special characteristic of LP on character number and character arrangement uniformity to verify the candidate regions. 605 images with various size and illumination condition were tested, success rate of LP location was over 96%, which shows the color feature extraction method is robust to illumination change, and the plate verification is suitable for various image size.

Keywords: license plate location; RGB color space; character uniformity of license palte; morphology

0 引言

随着道路交通的快速发展,自动车牌识别(LPR)技术的开发和应用受到了世界各国的广泛关注。车牌定位是车牌识别的前提和关键,国内外学

者对此已进行了大量的研究,主要算法有:基于车牌颜色属性的车牌定位方法^[1-3]、基于车牌纹理结构特征的车牌定位方法^[4-9]、综合纹理结构特征及颜色属性的车牌定位方法^[10-11],以及基于神经网络^[12]、Adaboost^[13]等分类器算法的车牌定位方法。

由于基于颜色的车牌定位方法大多对光照变化

收稿日期:2009-03-09;改回日期:2009-08-27

第一作者简介:郑成勇(1978—),男,讲师,2004年于华中科技大学数学系获计算数学专业硕士学位。主要研究方向为数字图像处理、模式识别。发表论文十余篇。E-mail: zcy_179@163.com。

敏感,因此当车身或周边环境颜色和车牌颜色相似时,该方法难以奏效。基于车牌纹理特征的车牌定位大多通过提取字符的垂直边缘,利用扫描行的灰度跳变次数,或经形态学连通处理后矩形区域的宽高比、密度等特征来进行车牌区检验。此方法在图像对比度高、边缘清晰时,是比较通用的方法,但当图像对比度低、背景复杂时,则容易提取出虚假目标,尤其容易受汽车标志及车身文字的干扰。综合纹理、颜色等多种信息的车牌定位方法在一定程度上可以克服以上两种方法的缺陷,但如何行之有效地融合多种信息,仍有待进一步研究。基于分类器的车牌定位方法,由于预先需要大量的训练样本,因此样本数据的构建及特征选择的好坏是该方法成功的关键。

本文在前人工作的基础上,提出了一种新的在 RGB 颜色空间中直接提取车牌颜色特征的方法,该方法在保持 RGB 颜色处理的便捷的同时拥有对光照变化的鲁棒性;在此基础上又设计了一种自适应的特征图像二值化及基于字符数及字符规则度的车牌检验新方法。

车牌定位中一个非常关键的步骤就是车牌候选区域的筛选问题。由于基于颜色或纹理对图像进行了特征提取后,往往会形成若干个候选区域,因此需要进一步检验。用于车牌区域检验的特征一般有:宽高比、面积、密度、矩形度、灰度跳变次数等,其中车牌的宽高比特征使用最多^[1,4-6,8-11],其次为面积特征^[4-6,11]。然而,宽高比、面积等特征易随图像尺寸或图像的分辨率改变而改变,很难给出一个通用的准确而有效的范围。如果过窄,则会造成漏检,而过宽了,又会引入虚假目标。许多文献中给出的范围往往只适用于某些特定的环境,如文献[6]和文献[7]给出的车牌区宽高比的范围分别为 2~5 和 3~15,实际的数值有可能同时超出二者给出的范围。

本文认为,在车牌区固有的特征中,字符数是固定的,字符宽度及各字符间的间距是一致的。我国的车牌一般都是 7 个字符,每个字符的宽度为 45 mm,字符间距也有一定的规定。字符个数及各字符宽度的一致性不会随图像尺寸的改变而改变,这正是本文用于车牌检验的依据。本文设计了一种字符个数及字符宽度一致性的车牌字符规则度的计算方法,并将其应用于车牌检验,取得了良好的效果。

本文算法的大致流程如图 1 所示。

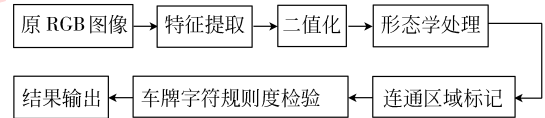


图 1 车牌定位流程图

Fig. 1 Flow chart of license plate detection

1 RGB 颜色空间中的车牌颜色特征提取

1.1 颜色特征提取

设 RGB 彩色图像中的红、绿、蓝 3 个颜色分量分别为 r, g, b 。当某像素呈现为蓝色时,其蓝色分量必大于其他两个分量。记 $d_1(x, y) = b(x, y) - r(x, y)$, $d_2(x, y) = b(x, y) - g(x, y)$, 则蓝色特征定义为

$$F_b(x, y) = \begin{cases} d_1(x, y) + d_2(x, y) & d_1(x, y) > 0, \\ & d_2(x, y) > 0 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

式(1)即为文献[1]给出的蓝色特征提取公式。该特征可以看做是蓝色分量与其他两个颜色分量差的加权和,只不过系数均为 1 而已。因而,更一般的蓝色特征可以定义为

$$F_b(x, y) = \begin{cases} k_1 d_1(x, y) + k_2 d_2(x, y) & d_1(x, y) > 0, \\ & d_2(x, y) > 0 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

式中, $k_1, k_2 \in [0, 1]$ 。特别地,当 $k_1 = 0.14713$, $k_2 = 0.28886$ 时,得到的就是 YUV (<http://en.wikipedia.org/wiki/YUV>) 颜色空间中表示彩度的 U 分量;当 $k_1 = 0.16874$, $k_2 = 0.33126$ 时,得到的就是 YCrCb 颜色空间中表示彩度的分量 Cb-128^[4]。由于 U 分量或 Cb 分量均不包含亮度信息,因而图像 F 对光照变化不敏感。本文取 $k_1 = 0.16874 \times 2 = 0.33748$, $k_2 = 0.33126 \times 2 = 0.66252$, 使得 $k_1 + k_2 = 1$ 。

黄色可以看做是蓝色的反色,因而黄色的特征可定义为

$$F_y(x, y) = \begin{cases} -k_1 d_1(x, y) - k_2 d_2(x, y) & d_1(x, y) < 0, \\ & d_2(x, y) < 0 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

1.2 特征图像的二值化

为了进一步将车牌从复杂的背景中分离出来,还需要对特征图像进行二值化处理。设特征图像为 F ,二值化后的图像为 \tilde{F} ,则希望当点 (x_0, y_0) 为车牌区域点时, $\tilde{F}(x, y) = 1$, 否则 $\tilde{F}(x_0, y_0) = 0$ 。

为找出对图像 F 进行二值化处理所需的阈值,只考虑目标和背景均非零的情况(零点可以直接划归为背景)。设 m_1 为背景特征值, m_2 为目标特征值, p 为目标点所占比重,则特征图像的均值为

$$m = (1 - p)m_1 + pm_2 \quad (4)$$

$$m_1 \leq m \leq m_2, 0 \leq p \leq 1$$

从而

$$m_2 = \left[\frac{m_1}{m} + \left(1 - \frac{m_1}{m} \right) / p \right] m \quad (5)$$

实验表明,目标点的特征值 m_2 一般都会数倍于背景点的特征值 m_1 , p 绝大多数时候都小于 0.7。在假设 $m_2 \geq 1.5m_1, p \leq 0.7$ 条件下,由式(4)可得 $\frac{m_1}{m} > 0.7$,因而

$$m_2 = \left[\frac{m_1}{m} + \left(1 - \frac{m_1}{m} \right) / p \right] m > \left(0.7 + \frac{0.3}{p} \right) m \quad (6)$$

由此得到的特征图像的二值化算法如下:

设 N 为特征图像 F 中非零元的个数, m 为图像

F 的非零均值,则 $N = \sum_{F(x,y)>0} 1, m = \frac{\sum F(x,y)}{N}$, 定义

$p = \frac{\sum_{F(x,y) \geq m} 1}{N}$, 则二值化图像 \tilde{F} 的值为

$$\tilde{F}(x, y) = \begin{cases} 1 & F(x, y) > m(0.7 + 0.3/p) \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

1.3 二值图像形态学处理及连通标记

设 $S_{m \times n}$ 为大小为 $m \times n$ 的全一结构算子, \ominus 和 \oplus 分别表示数学形态学中的腐蚀和膨胀运算,以结构算子 $S_{m \times n}$ 对二值图像 \tilde{F} 进行开运算和闭运算分别定义为^[5]

$$\text{开运算} \quad \tilde{F} \circ S_{m \times n} = (\tilde{F} \oplus S_{m \times n}) \ominus S_{m \times n}$$

$$\text{闭运算} \quad \tilde{F} \cdot S_{m \times n} = (\tilde{F} \ominus S_{m \times n}) \oplus S_{m \times n}$$

利用水平结构算子 $S_{2 \times 25}$ 对二值图像 \tilde{F} 进行形态学闭运算,以融合图像中的孔洞,设为 $\tilde{F}_1 = \tilde{F} \cdot S_{2 \times 25}$; 先后利用水平结构算子 $S_{2 \times 10}$ 和垂直结构算子 $S_{10 \times 2}$, 对 \tilde{F}_1 进行形态学开运算,以去除车牌区域中

的孤立背景噪声, 设为 $\tilde{F}_2 = \tilde{F}_1 \circ S_{10 \times 2}, \tilde{F}_3 = \tilde{F}_2 \circ S_{2 \times 20}$ 。

对二值图像 \tilde{F}_3 中的各连通部分进行 8-连通标记处理,并将标记结果保存为 L , 设共有 N_1 个独立的连通体, 则

$$L(x, y) = \begin{cases} i & \text{点}(x, y) \text{属于第} i \text{个连连通}, 1 \leq i \leq N_1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

2 基于字符规则度的车牌检验

实际处理的图像其尺寸变化范围都比较大,不同图像中车牌区域的高度和宽度以及宽高比变化范围实际上都很难估计,以它们进行车牌检验只有在特定的条件下才有用。如文献[6]和文献[7]给出的车牌图像宽高比的范围估计分别为 2 ~ 5 和 3 ~ 15。对不同尺寸图像中精确提取地车牌图像进行的统计表明,图像中的车牌宽高比范围大致在 3.5 ~ 7.5 之间。但实验中发现,这个范围仍然无法使用,因为这只适合精确提取出的车牌,实际上最先总是粗定位的。

面积检验可以剔除一些过小或过大的区域,但具体的阈值在不同条件下也是难以统一的。矩形度用于判断一个区域类似于矩形的程度,在车牌区连通处理得比较好的时候,确实能发挥一定的作用,但许多伪目标,如黄色的车灯也呈现很好的矩形度。

为克服宽度、高度、面积及宽高比、矩形度检验的缺陷,本文提出了一种新的候选车牌区检验方法。

图像中车牌的宽度、高度、面积及宽高比会随图像尺寸、拍摄距离变化而变化,也会因图像拉伸而改变,且不具有仿射不变性。在车牌固有的特征中,本文认为最具稳定性的特征包括字符个数、各字符宽度及字符与字符之间距离的一致性。我国的标准车牌有统一的大小,即宽度为 45 cm,高度为 15 cm,车牌上单个字符宽 45 mm(字符“1”的空间包括左右空出来的空间),字符的笔画宽度为 10 mm,第 2 字符与第 3 字符之间的间隙为 34 mm,其他字符间隙为 12 mm^[6]。字符总数为 7 及单个字符宽度约占车牌宽度的 10%,这一规则性不会随图像尺寸的改变而改变,这正是本文用于车牌检验的依据。

设待检验的候选区域为 $R: x_1 \leq x \leq x_2, y_1 \leq y \leq y_2$, 原始灰度图像为 I, R 所在灰度子图像 $P = \{I(x, y), (x, y) \in R\}$, 其高度 $h = x_2 - x_1 + 1$, 宽度 $w = y_2 -$

$y_1 + 1$; 记单个字符宽度为 w_0 , 若候选区域 R 为车牌区, 则 $w_0 \approx w/10$ 。车牌检验算法如下:

1) 对子图像 P 进行对比度增强, 得

$$P_1(x, y) = \begin{cases} 0 & P(x, y) < m \\ \frac{P(x, y) - m}{255 - m} & \text{其他} \end{cases}$$

式中 m 为图像 P 的均值;

2) 使用大津法 (OTSU) 对增强后的图像 P_1 进行二值化, 二值化图像记为 \bar{P}_1 ;

3) 根据垂直投影求出各字符的宽度及所在位置, 并计算字符个数及字符宽度的一致性。

理想情况下可以由 \bar{P}_1 的垂直投影所形成的峰谷确定出字符个数及各字符的宽度; 实际上因为边框或其他背景的干扰, 由 \bar{P}_1 的垂直投影往往很难准确估计所需的字符特征。为此, 本文按一定比例, 比例值从 100% 至 40%, 从图像 \bar{P} 中取中间若干行, 通过多次投影来获得最佳的字符特征估计, 步骤如下:

1) 分别令 $\tau = 0, 0.1, 0.2, 0.3$, 从中间取所有行的 100(1 - 2 τ)% 计算垂直投影

$$V_\tau(y) = \sum_{x=1+\tau h}^{(1-\tau)h} \bar{P}_1(x, y) \quad 1 \leq y \leq w$$

2) 根据垂直投影求出各字符的宽度及起止位置;

3) 根据车牌单个字符宽度约占总车牌宽度的

10% 这一特征, 剔除那些字符宽度小于 $w_0/4.5$ 的虚假字符;

4) 设修正后字符总数为 n_0 , 而其中字符宽度小于 $w_0/3.5$ 或大于 $1.5w_0$ 的字符总数为 n , 则车牌字符的规则度定义为

$$u_\tau = \begin{cases} 0 & n < 3 \\ 1 - k_1 \frac{|7 - n_0|}{\max(7, n_0)} - k_2 \frac{n}{n_0} & \text{其他} \end{cases} \quad (8)$$

式中 $0 \leq k_1, k_2 \leq 1$, 且 $k_1 + k_2 = 1$, 本文取 $k_1 = 0.6$, $k_2 = 0.4$;

5) 令 $u = \max u_\tau$, u 即为候选车牌区的车牌字符规则度, 返回 u 。

3 实验结果及分析

为测试算法的有效性, 选取 220×100 、 640×480 、 800×600 、 1280×960 、 2024×768 、 1632×1224 等 10 多种不同尺寸的图像, 共计 605 幅进行了定位测试, 实验结果表明, 定位准确率为 96.03%。测试图像大部分来自小区出入口、高速公路出入口拍摄的图像, 部分来自公开的车牌照识别系统测试用图像数据, 部分来自作者手机拍摄所得。部分测试结果如图 2、图 3 所示。

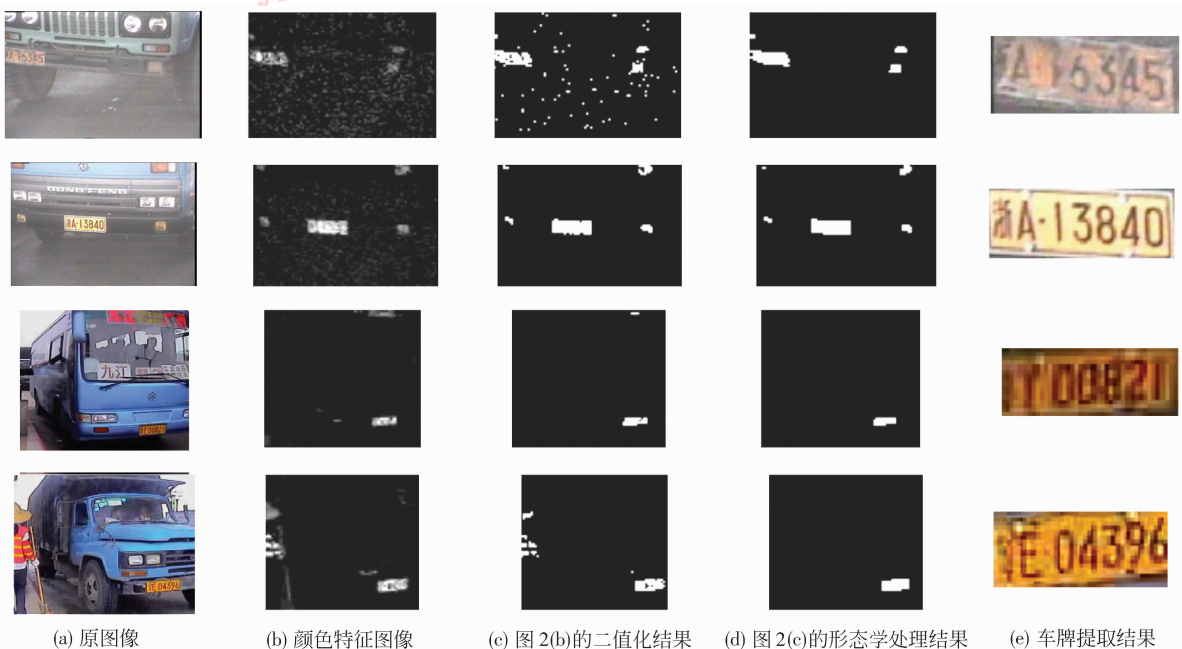


图 2 部分黄色车牌的提取测试结果

Fig. 2 Part of yellow license plate location test results

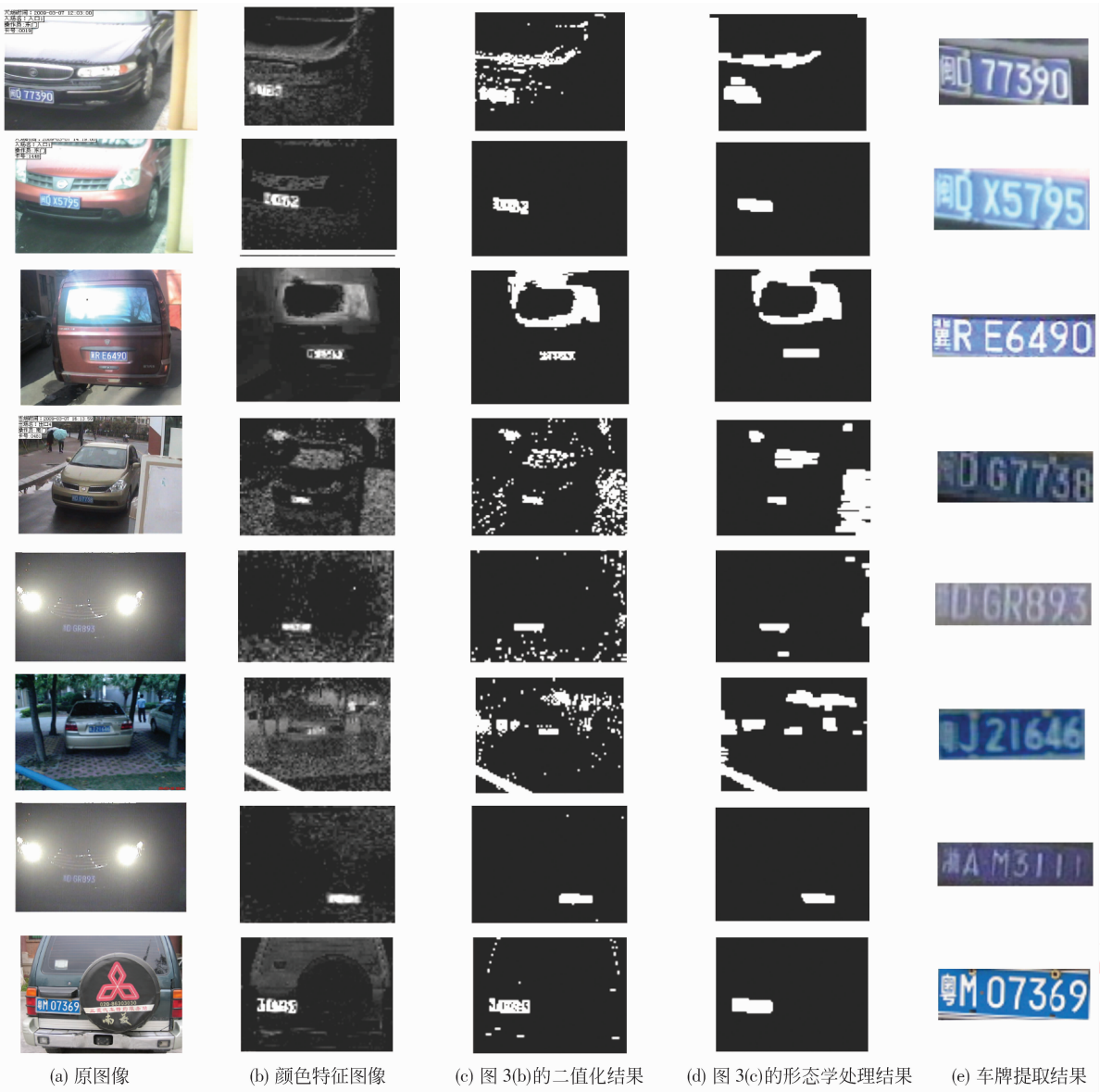


图 3 多种条件下的蓝色车牌测试实验

Fig. 3 Some blue license plate location tests under various conditions

图 2 为部分黄色车牌的实验结果。

图 3 为多种条件下针对蓝色车牌的测试结果,其中第 1—3 行、第 4 行、第 5 行分别为为强阳光下、阴雨天气、傍晚时分等光照条件下拍摄的图像的车牌定位效果;第 6、7 行为晚上高速公路有泛光灯补光时拍摄的图像的车牌定位效果;第 8 行为车身复杂图像的车牌定位效果。

从图 2、图 3 第 2 列给出的特征图像可见,本文的颜色特征提取算法对不同的光照均表现出较高的稳健性,由第 3 列的二值图像可见,本文二值化算法的自适应性效果较好。图 3 的第 1、2、4、7 行中的原

图像均包含文字,但由于其是依据颜色特征来首先获取候选车牌区域,因而车身上的文字或图像中人为添加的文字并不会对定位产生干扰,这是仅依据纹理来进行车牌定位的算法所不具备的。图 3 的第 6、7 行因泛光灯补光不足,尽管图像中的车牌颜色失真严重,但因背景颜色以亮白和灰黑为主,故仍可实现车牌的精确定位。图 2 中汽车的黄色车灯会形成虚假目标,如仅依据宽高比、矩形度等特征,难以将其剔除,而利用本文提出的基于字符数和字符规则度的车牌检验方法,则可轻易将其剔除。

实验中也发现,采用本文算法定位车牌失败的

主要有以下 3 种情况:1) 车身颜色跟车牌颜色相近,使得车牌与车身粘连在一起;2) 车牌褪色或污损严重,颜色提取失败;3) 图像对比度低,字符提取失败,无法通过检验。第 1 种情况可以引入文献[2]提出的伴生与互补颜色特征加以消除,也可通过融合垂直纹理信息来消除;第 2 种情况只能通过纹理分析解决;第 3 种情况则是各种车牌定位方法皆必须面对的问题。

4 结 论

本文讨论并提出了一种在 RGB 颜色空间中提取车牌颜色特征的新方法,并设计了一种自适应的特征图像二值化方法;在此基础上首先利用数学形态学连通去噪来获得候选车牌区域;然后对每个候选区域,设计了一种不受图像尺寸影响的基于字符数及字符规则度的车牌检验新方法;最后对包含不同尺寸、不同光照条件的 605 幅图像进行了车牌定位实验,成功率超过 96%,这表明所提出的颜色特征提取方法对光照变化不敏感,车牌检验方法可适用于各种不同尺寸图像的车牌定位。

当车身颜色跟车牌颜色相近或车牌褪色严重时,基于颜色的车牌定位往往失效,本文算法也不例外。要进一步提高车牌定位准确率,在车牌候选区域提取过程中仍需结合其他如纹理或颜色对信息,这是下一步要做的工作。

参考文献 (References)

- [1] Chen Bin, You Zhisheng. The method of vehicle license plate color abstraction and search [J]. Computer Applications, 2001, 21(4):74-75. [陈斌,游志胜. 车牌号码颜色提取搜索方法 [J]. 计算机应用, 2001, 21(4):74-75.]
- [2] Wang Mei, Wang Guohong. New method of vehicle license plate location using concomitant and complementary color feature [J]. Computer Engineering and Application, 2007, 43(1):206-208, 211. [王枚, 王国宏. 利用伴生与互补颜色特征的车牌定位新方法 [J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(1):206-208, 211.]
- [3] Wang Xiali, Zhou Mingquan, Geng Guohua. An approach of vehicle plate extract based on HSV color space [J]. Computer Engineering, 2004, 30(17):133-135. [王夏黎, 周明全, 耿国华. 一种基于 HSV 颜色空间的车辆牌照提取方法 [J]. 计算机工程, 2004, 30(17):133-135.]
- [4] Hsieh Junwei, Hao Shih Yu, Chen Yungsheng. Morphology-based license plate detection from complex scenes [C] // Proceedings of the 16th International Conference on Pattern Recognition. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society Press, 2002:176-179.
- [5] Hamid Mahini, Shohreh Kasaei, Faezeh Dorri, et al. An efficient features-based license plate localization method [C] // Proceedings of the 18th International Conference on Pattern Recognition. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society Press, 2006:841-844.
- [6] Guo Tianshu. A car plate location method based on itself's structural features [J]. Computer & Information Technology, 2008, 10:51-57. [郭天舒. 基于车牌自身结构特征的车牌定位算法 [J]. 计算机与信息技术, 2008, 10:51-57.]
- [7] Zhu Junmei, Chen Shaoping. Vehicle license plate location and segmentation in LPR system [J]. Computer Engineering and Application, 2008, 44(14):198-201. [朱俊梅, 陈少平. LPR 系统车牌定位提取方法的研究 [J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(14):198-201.]
- [8] Rami Al-Hmouz, Subhash Challa. License plate localization based on a probabilistic model [J]. Machine Vision and Applications, 2010, 21(3):1-12.
- [9] Wu Zhouzhou, Li Shuguan. Real-time license plate detection based on hierarchical distances between neighboring edge points [J]. Journal of Image and Graphics, 2007, 12(2):315-321. [吴舟舟, 李树广. 基于分级边缘间距的实时车牌检测 [J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(2):315-321.]
- [10] Guo Jie, Shi Pengfei. Color and texture analysis based vehicle license plate location [J]. Journal of Image and Graphics, 2002, 7(5):472-476. [郭捷, 施鹏飞. 基于颜色和纹理分析的车牌定位方法 [J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(5):472-476.]
- [11] Wang Yixing, Huang Fenggang, Han Jinyu, et al. License plate location based on color matches and texture feature [J]. Journal of Image and Graphics, 2009, 14(2):303-308. [王义兴, 黄凤岗, 韩金玉, 等. 基于颜色搭配与纹理特征的车牌定位方法 [J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(2):303-308.]
- [12] Zhao Tao, Yang Xiaoli, Wang Xuben, et al. An improved BP neural network method applied to vehicle license plate location [J]. Computer Simulation, 2007, 24(2):240-243. [赵涛, 杨晓莉, 王绪本, 等. 一种用于车牌定位的改进 BP 神经网络方法 [J]. 计算机仿真, 2007, 24(2):240-243.]
- [13] Pan Shizhu, Shu Weiqun, Wang Lingqun. Vehicle license rapid location based on adaboost [J]. Computer Engineering, 2006, 32(12):187-188, 214. [潘石柱, 舒伟群, 王令群. 基于 Adaboost 的汽车牌照快速定位 [J]. 计算机工程, 2006, 32(12):187-188, 214.]
- [14] Meng Fengbo, Zhang Xinrong, Li Xuwei. Skin color segmentation algorithm based on color constancy [J]. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(7):82-84. [蒙丰博, 张新荣, 李雪威. 一种新的基于颜色恒常性的肤色分割算法 [J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(7):82-84.]