

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2013.05.019

基于固定颜色搭配搜索和形态学的车牌定位

周 律, 汪 亮, 周昱明, 朱金龙, 邓 胜

(上海理工大学 机械工程学院, 上海 200093)

摘要: 汽车牌照定位是牌照识别系统中的关键技术之一。为了快速准确地对汽车牌照进行定位, 提出了一种基于固定颜色搭配搜索的车牌定位新方法。该方法包括图像自适应预处理、固定颜色搭配搜索、形态学处理和车牌候选区域判断, 以及最后的车牌底色识别等5个步骤。与传统车牌定位方法相比, 该方法不仅能够有效减少伪车牌区域的检验和能够判断出车牌的底色, 而且可以有效地解决背景环境复杂及车牌底色和车身颜色相一致的车牌定位问题。试验结果表明, 该方法具有算法简单、实时性强和定位精确高等优点。

关键词: 交通工程; 车牌定位; 自适应预处理; 颜色搭配搜索; 形态学处理; 纹理特征

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2013) 05-0118-08

License Plate Location Based on Fixed Color Assortment Search and Morphology

ZHOU Lü, WANG Liang, ZHOU Yu-ming, ZHU Jin-long, DENG Sheng

(School of Mechanical Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: License plate location is one of key technologies for vehicle license plate auto recognition system. In order to quickly and accurately locate the vehicle license plate, we proposed a new license plate location algorithm based on fixed color assortment search, which includes five steps: adaptive image pretreatment, fixed color assortment search, morphology processing, plate candidate regions judgment, and recognition of color of plate background. Compared with traditional license plate location method, the method not only can effectively reduce the inspection of pseudo license plate region and accurately examine the background color of license plate, but also can effectively solve the license plate location problem in complicated background environment when the colors of license plate background and plate body is same. The test result shows that this is a fast, real-time and accurate license plate location method.

Key words: traffic engineering; vehicle license plate locating; self-adaptive preprocessing; color assortment search; morphology processing; textural feature

0 引言

汽车牌照识别 (License Plate Recognition, LPR) 是智能停车场管理系统和智能交通系统的重要组成部分。LPR 系统被广泛应用于智能楼宇的停车场车辆管理、道路违规管理、公路侦查等重要领域。车牌自动识别系统主要由图像预处理、车牌定位、车牌字符分割和车牌字符识别4部分组成, 其中车牌定位的准确与否直接决定了后续字符分割和字符识

别的质量与成败, 所以说车牌定位是车牌识别系统中最重要的一部分。为了能更好地找出车牌在图像中的位置, 国内外学者提出了许多方法, 目前车牌定位的算法主要有: (1) 基于纹理特征的车牌定位方法^[1]。该算法计算量简单、定位较精确, 但容易受到车牌自身质量的影响, 容易造成车牌质量差的车牌漏检。(2) 基于数学形态学的车牌定位方法^[2]。该算法具有不受噪音和图像状况等影响, 定位较准确等优点, 但是对图像的背景环境有一定的

收稿日期: 2012-12-18

作者简介: 周律 (1976-), 男, 辽宁兴城人, 博士. (zhoulv.sh@gmail.com)

要求。(3) 基于边缘检测的车牌定位方法^[9]。该算法不受图像倾斜等情况影响,定位分割比较准确、速度快,一般用于车牌的粗定位。(4) 基于颜色空间特征的车牌定位方法^[10]。该算法根据车牌字符的颜色和车牌底色的不同特征进行车牌区域定位,定位准确度较高,但缺点是当车身的颜色与车牌底色或车牌字符颜色相近时,定位成功率不高。(5) 基于分类器的车牌定位方法^[11]。由于该算法预先需要大量的训练样本,因此样本数据的构建及特征选取的好坏是该方法成功的关键。

本文在前人研究的基础上,提出了一种基于汽车牌照区域固定颜色搭配搜索的车牌定位新方法。它充分利用了 HSI 颜色空间对蓝、黄、黑、白、红 5 种颜色在数值上的定义,对车牌图像进行固定颜色搭配特征搜索;在此基础上用形态学处理闭、开运算来分别融合图像中的孔洞和去除车牌区域中的孤立背景噪声;接着利用车牌的纹理和结构特征对车牌区域进行检验;最后统计车牌区域里蓝、黄、黑、白颜色总量的比例来判断出车牌的底色。

1 颜色空间转换

在 RGB 颜色空间里,3 个颜色分量值之间的相关性很高,这样就导致一个问题,相同的颜色在不同的光照条件下与人类视觉的观察结果略有差异,而 HSI 颜色空间是从人的视觉系统出发,用色调 (Hue)、色饱和度 (Saturation 或 Chroma) 和亮度 (Intensity 或 Brightness) 来描述色彩的。RGB 向 HSI 模型的转换是由一个基于笛卡尔直角坐标系的单位立方体向基于圆柱极坐标的双锥体的转换,基本要求是将 RGB 颜色空间中的亮度因素分离,将色度分解为色调和饱和度,并用角向量表示色调。RGB 颜色空间和 HSI 颜色空间如图 1 所示。

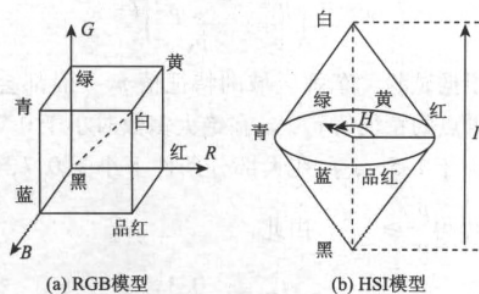


图1 RGB模型与HSI模型示意图

Fig. 1 Schematic diagram of RGB model and HSI model

HSI 颜色空间和 RGB 颜色空间只是同一物理量的不同表示法,因而它们之间可以通过式 (1) 进行

转换。

$$r = \frac{R}{255}, g = \frac{G}{255}, b = \frac{B}{255},$$

$$H = \begin{cases} \left[\arccos \frac{(r-g) + (r-b)}{2\sqrt{(r-g)^2 + (r-b)(g-b)}} \right] \frac{180}{\pi}, & b \leq g, \\ 2\pi - \left[\arccos \frac{(r-g) + (r-b)}{2\sqrt{(r-g)^2 + (r-b)(g-b)}} \right] \frac{180}{\pi}, & b > g, \end{cases}$$

$$S = 1 - \frac{3\min(r, g, b)}{r + g + b},$$

$$I = \frac{r + g + b}{3}. \quad (1)$$

根据我国汽车牌照颜色的搭配特点,我国总共有 4 种底色的车牌,分别为:小型车的蓝底白字车牌、大型车的黄底黑字车牌、军用或警用车的白底黑 (红) 字车牌、外籍或领事馆的黑底白 (红) 字车牌。通过先验知识和计算,得出了蓝色、白色、黄色、黑色和红色在 HSI 颜色空间各分量的取值范围,如表 1 所示。

表1 蓝色、黄色、白色、黑色、红色在 HIS 空间中三分量的取值范围

Tab. 1 Value ranges of blue, yellow, white, black and red corresponding to three components in HIS color space

颜色	H	S	I
蓝	[61, 301]	[0.25, 1]	[0.25, 1]
黄	[20, 60]	[0.25, 1]	[0.25, 1]
白	—	[0.25, 1]	[0.7, 1]
黑	—	—	[0, 0.25]
红	[240, 360] [0, 20]	[0.25, 1]	[0.25, 1]

2 车牌定位算法的流程

由于汽车牌照区域中的车牌底色和车牌字符的颜色具有固定的 4 种颜色搭配,本文正是利用这种颜色搭配特征来搜索车牌区域。该算法首先对 CCD 摄像机传来的 24 位真位图像进行图像预处理,然后将预处理后的二值化图像和 24 位真彩原始图像相结合,分别进行蓝底白字、黄底黑字、黑底白 (红) 字、白底红 (黑) 字的颜色搭配特征搜索;接下来进行形态学闭、开运算处理;最后根据车牌的纹理和结构特征进行连通区域检验处理,根据统计车牌区域里蓝、黄、黑、白 4 种颜色的比例判断出车牌的底色颜色。算法流程如图 2 所示。

3 汽车牌照候选区域生成

3.1 预处理

本文提出的颜色搭配特征搜索算法是以二值化图像和 24 位真彩原始图像相结合的方式搜索,因此

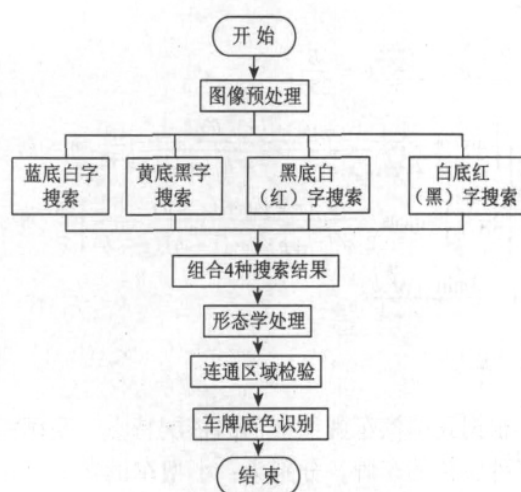


图2 算法流程图

Fig. 2 Flowchart of algorithm

首先要对采集到的24位真彩车牌图像进行预处理, 主要包含图像灰度化、灰度图像自适应灰度增强、车牌边缘检测和自适应二值化处理。

(1) 灰度化

我国车牌的底色和字符颜色具有明显的差异, 灰度化后在图像中表现为灰度级互不相同, 纹理和结构特征明显。本文采用加权平均法对RGB真彩图像进行灰度化, 其计算公式如式(2)所示。

$$\text{gray}(x, y) = 0.11 \times R(x, y) + 0.59 \times G(x, y) + 0.3 \times B(x, y) \quad (2)$$

图3(a)是1幅汽车原始图像, 对其进行灰度化后的处理效果如图3(b)所示。

(2) 自适应灰度增强

由于采集到的车牌图像常容易受到光照、背景、气候等影响, 造成灰度图像质量下降和车牌区域字符与背景之间的对比度小, 因此在进行边缘检测之前需要对灰度图像进行灰度拉升增强处理, 以突出车牌中的字符与车牌背景之间灰度级的差别。根据式(3)对灰度图进行拉升处理^[4]。

$$h(x, y) = \begin{cases} 0, & 0 \leq \text{gray}(x, y) \leq m, \\ \frac{255}{n-m} [\text{gray}(x, y) - m], & m < \text{gray}(x, y) < n, \\ 255, & \text{gray}(x, y) \geq n. \end{cases} \quad (3)$$

式(3)中 m 和 n 值的计算步骤如下:

①根据灰度图像 $\text{gray}(x, y)$, 求出 $\text{gray}(x, y)$ 的累积直方图, 同时令

$$m = \{i \mid \min_{0 \leq i \leq 255} [f(i) \geq 0.05t(255)]\},$$

$$n = \{i \mid \min_{0 \leq i \leq 255} [f(i) \geq 0.95t(255)]\};$$

②令 $p = (n - m) / 255$, 若 $p \geq 0.8$, 设 $p_1 = p_2 = 0.2$; 若 $p \geq 0.5$ 且 < 0.8 , 设 $p_1 = p_2 = 0.15$; 若 $p < 0.5$, 设 $p_1 = p_2 = 0$ 。根据 $m = m + (n - m)p_1$, $n = n - (n - m)p_2$ 得到新的 m 和 n 值, 若 m 和 n 的前后值没有变化则结束, 否则继续执行步骤②。

(3) 边缘检测

车牌的纹理特征主要体现在字符边缘处, 车牌区域既有丰富的水平边缘信息又有丰富的垂直边缘信息, 同时CCD摄像机拍摄时的角度影响可能会造成所获得的车牌并不是标准矩形, 会有一定程度的倾斜。本文采用Roberts算子进行边缘特征提取^[5]。其运算公式如式(4)所示。图3(d)为图3(c)进行边缘检测后的图像。

$$\text{gray}(x, y) = \{ [\sqrt{h(x, y)} - \sqrt{h(x+1, y)}]^2 + [\sqrt{h(x, y)} - \sqrt{h(x, y+1)}]^2 \}^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

(4) 自适应二值化

为了进一步更加清晰地体现出车牌字符的边缘信息, 去除非边缘信息, 还需对上述边缘检测的图像进行二值化处理。假设图像为 $G(x, y)$, 二值化后的图像为 $F(x, y)$, 则车牌字符边缘和图像中的其他边缘点为 $F(x, y) = 1$ (灰度值为255), 车牌字体中间部分和其他的非边缘部分为 $F(x, y) = 0$ (灰度值为0)。本文采用一种自适应的方法获取二值化的阈值 thresh ^[6]。

假设 p_1 为背景特征值, p_2 为车牌区域特征值, p_3 为车牌区域在整幅图像中占的比例, 则车牌区域的均值 p 为:

$$p = (1 - p_3)p_1 + p_3p_2, p_1 \leq p \leq p_2, 0 \leq p_3 \leq 1, \text{从而可以算出车牌区域特征值 } p_2:$$

$$p_2 = \left(\frac{p_1}{p} + \frac{1 - \frac{p_1}{p}}{p_3} \right) p \quad (6)$$

根据试验, 车牌区域的特征值 p_2 一般都会数倍于背景点的特征值 p_1 , p_3 在绝大多数时小于0.7。假设 p_2 大于 $1.5p_1$, p_3 在大部分条件下小于0.7, 由式

(5) 可得 $\frac{p_1}{p_3} \geq 0.7$, 由此,

$$p_2 \geq \left(0.7 + \frac{0.3}{p_3} \right) p \quad (7)$$

因此边缘检测图像的二值化算法如下: 设 N 为特征图像 $G(x, y)$ 中非零元的个数, p 为边缘图像的非零均值, 则 $N = \sum G(x, y) = 1$,

$$p = \frac{\sum_{G(x,y) > 0} G(x,y)}{N}, \text{ 定义 } p_3 = \frac{\sum_{G(x,y) \geq p} G(x,y)}{N}, \quad F(x,y) = \begin{cases} 255, & G(x,y) > p(0.7 + 0.3/P), \\ 0, & \text{其他。} \end{cases} \quad (8)$$

则二值化图像的值公式为:



图3 图像预处理结果

Fig. 3 Image preprocessing result

3.2 去噪

图像二值化后,为了消除一些孤立的点,对二值化图像进行滤波。滤波的方法为:当某点的灰度值为255时,以该点为中心的 3×3 矩阵中,如果该点周围的8个方向(上、下、左、右、左上、左下、右上、右下)再没有其他灰度值为255的点,则删除该点。

3.3 固定颜色搭配搜索

在进行车牌定位时,如果单纯搜索24位真彩图像的话,计算量大,实时性不好;如果单纯处理二值化的图像,则抛弃了大量的颜色特征信息。为了提高算法的抗干扰性和实时性,本文提出了一种将二值化图像和原始24位真彩图像相结合进行颜色搭配搜索的算法。由于我国车牌的底色和车牌字符的颜色搭配为固定的4种:蓝底白字、黄底黑字、黑底白字(红)字、白底黑(红)字,因此依次进行这4种颜色搭配搜索,结果保存在同一幅中间图像

上。以蓝底白字牌照为例阐述搜索流程,其他的底色和字符颜色搜索原理相同。

如果在二值图像中有这样的2个像素点(A和B)满足灰度值均为255,且同时满足下列条件,则标记A点和B点之间的区域为车牌位置待选区域。

条件1:在24位真彩图像中,A点及其左侧的连续n个像素点中有1个像素点在HSI颜色空间表现为蓝色点,A点右侧连续n个像素点中有1个像素点在HSI颜色空间表现为白色点。

条件2:在24位真彩图像中以B点及其左侧的连续n个像素点中有1个像素点在HSI颜色空间表现为白色点,B点右侧连续n个像素点中有1个像素点在HSI颜色空间表现为蓝色点。

条件3:A点和B点的纵坐标相同,且A点和B点的横向距离应在m个像素点的范围内。这里n和m的取值根据图像中车牌部分像素的数量决定。一般情况下可取 $n=4$, $m=30$ 。具体的搜索流程如图4所示。

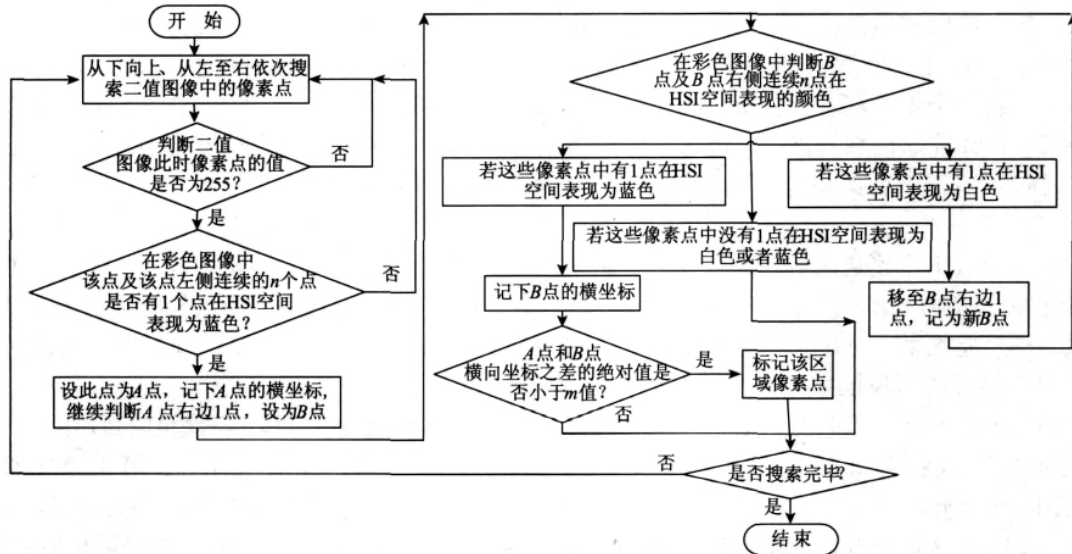


图4 蓝色底牌白色字符搭配搜索流程图

Fig. 4 Flowchart of searching license plate which has assortment of white characters and blue background

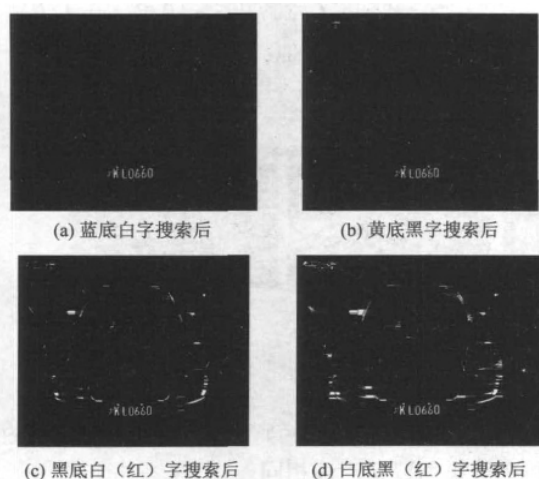


图5 4种固定颜色搭配搜索结果

Fig. 5 Result of searching 4 kinds of fixed color assortment

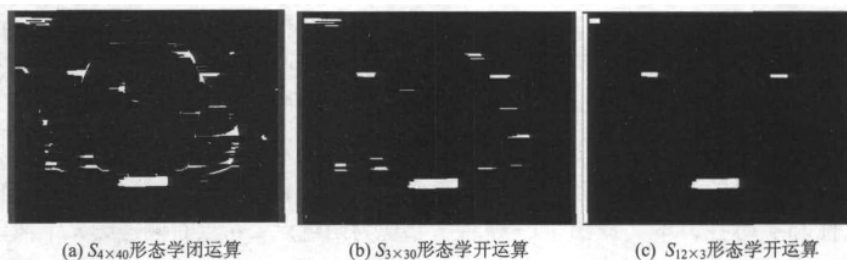


图6 形态学处理结果

Fig. 6 Result of morphology processing

3.5 连通区域检验

经过上述形态学处理后所得到的连通区域通常不止1个,对所拍摄到的车牌图像分析可知,车牌区域一般出现在整幅图像的中下部,由此可以剔除出现在图像左1/6、右1/6和上1/4范围内的候选区域。对剩下的若干个连通域进行分析,能够得到一些区域特征,例如连通区域宽高比、边缘二值图像行跳变扫描^[1-13]等。本文确定车牌特征的规则如下:

(1) 如果只有1个连通区域,则直接认为此区域为车牌区域,同时输出该区域;若有2个以上的连通区域,则检验如下:对每个连通区域所对应的边缘检测二值化后的图像区域进行“行跳变扫描”检测,若连续出现多行“行跳变扫描”的灰度跳变值在一定范围内(在14和36之间),则记下该区域,否则删除该连通区域。

(2) 上述连通区域检验后,若只剩1个连通区,则直接输出;否则继续检验如下:对机动车车牌而言,宽高比为定值3.14,利用这个长宽比特征信息

3.4 形态学处理

设 $S_{m \times n}$ 为大小 $m \times n$ 的全一结构算子, $\oplus$ 和 $\ominus$ 分别表示数学形态学中的膨胀和腐蚀运算,以结构算子 $S_{m \times n}$ 对二值化图像 A 进行开运算和闭运算,分别定义为:

闭运算: $A \circ S_{m \times n} = (A \oplus S_{m \times n}) \ominus S_{m \times n}$,

开运算: $A \cdot S_{m \times n} = (A \ominus S_{m \times n}) \oplus S_{m \times n}$ 。

现场CCD摄像机设备安装位置以及CCD摄像机与汽车之间的距离基本是固定的,因此可根据最佳试验结果确定开、闭运算的结构元素 $S_{m \times n}$ 的大小。利用水平结构元素 $S_{4 \times 40}$ 对固定颜色搭配搜索后二值化图像进行形态学闭运算,用来融合固定颜色搭配搜索后二值化图像的孔洞;接着分别对水平结构元素 $S_{3 \times 40}$ 和垂直结构元素 $S_{12 \times 3}$ 进行形态学开运算^[9-10],去除车牌区域孤立的背景噪音。最后对形态学处理后的图像进行8-连通标记处理。

对车牌区域进行再次检验。通常,CCD摄像机无法将被拍摄车辆保持在水平状态,有些车牌还存在人为的遮挡或道路垃圾的污损,车牌的形状将会发生一些轻微的畸变,特别是经过上述形态学处理后的车牌宽度也有较明显的减小。综上所述,车牌的长宽比应该设定在一个动态范围内,本文将长宽之比设定为2.2~4.5,即剔除宽高比大于4.5或小于2.2的连通区域。

(3) 上述检验后,若只剩下1个连通区域,直接输出该连通区域;若还剩下2个以上的连通区域,则取剩下连通区域中宽高比的值与3.14之差的绝对值最小的那个连通区域。图7为连通区域检验流程图。

3.6 车牌底色颜色和字符颜色的判别

标准车牌的字符顺序为:第1个字符为汉字(省名缩写),第2个字符是大写英文字母,第3、第4个字符可能是英文字母也可能是阿拉伯数字,第5至第7个字符均为阿拉伯数字。在进行传统的字符识别时,根据字符的排列顺序依次送入汉字分类器

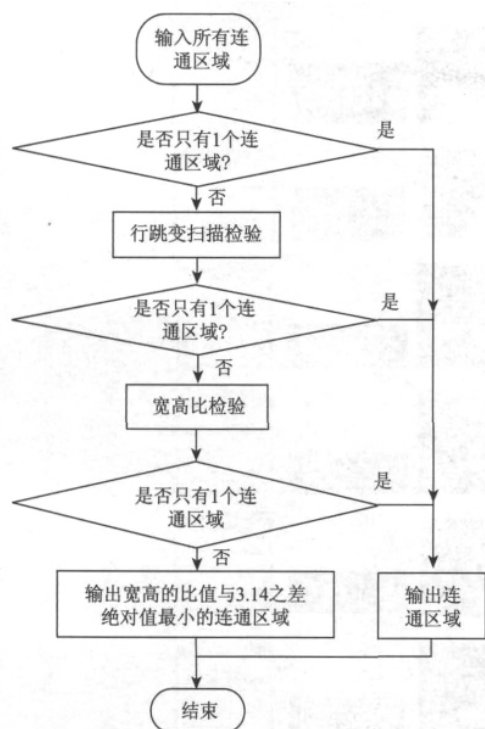


图7 连通区域检验流程图

Fig.7 Flowchart of connected area test

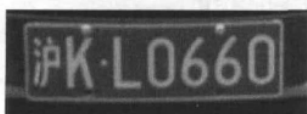


图8 车牌提取结果

Fig.8 Result of license plate extraction

(第1个字符)、字母分类器(第2个字符)、字母和数字分类器(第3至第4个字符)、数字分类器(第5至第7个字符)。但有些车牌的字符类型顺序和上面的字符类型顺序不同,如图9中的领事馆车牌、武警车牌等。因此,为了能够识别出大陆地区所有的牌照号码,本文提出的算法是针对每种底色的车牌设计出1种字符识别分类器。



图9 特殊类型字符顺序的车牌

Fig.9 Special type characters order of license plate

因为车牌区域是具有颜色信息的,且大陆地区所有牌照的底色只有蓝、黄、黑、白4种,因此,从连通区域检验之后所获取车牌区域中统计车牌区域蓝、黄、白、黑4种颜色在整幅图像中所占的比例即可识别出车牌的底色,即蓝、黄、白、黑4种颜色中哪种颜色所占的比例值最大,则该色即为车

牌的底色^[4-13]。此外车牌底色的识别结果可用于进一步精确定位车牌。

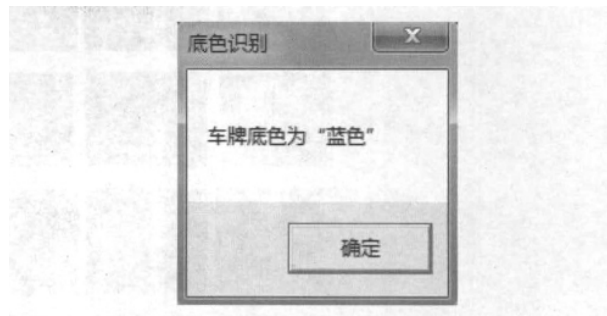


图10 车牌底色识别结果

Fig.10 Result of license plate color recognition

4 试验结果与分析

为了测试算法的有效性,选取车牌底色、环境和背景各不相同、且像素大小不同的823张含有车牌牌照的图像进行定位试验。试验结果表明,定位准确率为94%。试验图像大部分来自小区内和大学校园里拍摄的汽车牌照图像,小部分来自网上下载。部分试验结果如图11所示。

图11是各种不同环境条件下及各种不同车牌底色的测试结果。其中样本1、2、3分别为夜间、阴天和背景环境复杂的条件下拍摄的车牌图像定位效果;样本4、5分别为车牌字符颜色与车身颜色一致和车牌底色颜色与车牌车身颜色一致的条件下拍摄的车牌图像定位效果;样本6、7分别为车牌底色为蓝色和车牌底色为白色的车牌图像定位效果。由试验结果可以看出,本文的算法是有效的,具有良好的自适应能力,既可以识别出各种不同底色的车牌,也可以解决背景环境复杂和车身颜色与车牌底色颜色(或车牌字符颜色)一致的车牌定位问题。同时本文提出的固定颜色搭配搜索的车牌定位方法可有效减少伪车牌区域的检验,且可以通过统计车牌区域里蓝、黄、白、黑4种颜色的比例来识别出车牌的底色。

从试验样本2中发现,本文采用的算法定位车牌失败的主要情况为阴暗天气条件下拍摄的黑底白(红)字车牌牌照图像的定位,原因主要在于车牌图像灰度化之后,红色字符图像灰度值较低,在灰度拉升阶段把红色字符图像区域作为背景处理掉了。解决此类问题有2种办法:一是当判定车牌底色为黑色时,可在最终车牌输出区域的左边再延伸1个字符的宽度区域作为最终的输出区域;二是在现场安装辅助灯光增强设备,当光照不强或夜晚时,

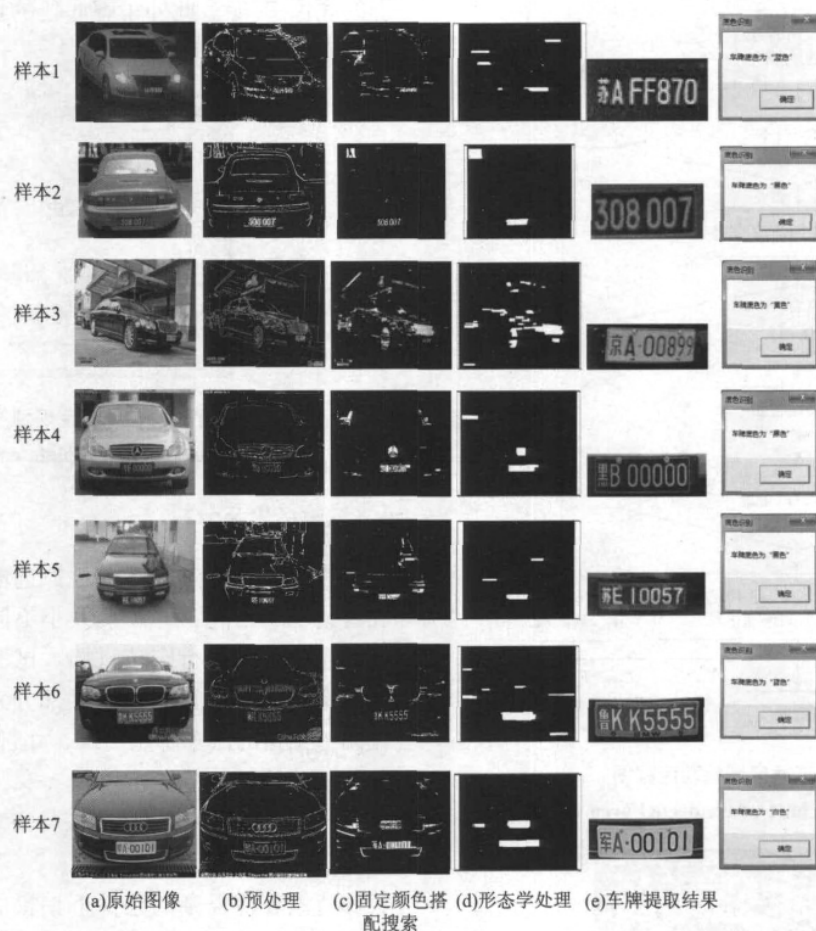


图 11 不同条件下样本的试验结果

Fig. 11 Experiment result of examples under different conditions

LED 增强灯自动开启。

本文提出的算法利用 Visual C++ 开发工具编程实现。试验用计算机的操作系统为 Windows 7, CPU 为 4 核 2.53 GHz, 2.0 GB 内存。试验中 20 张大小为 640×480 像素车牌图像的平均定位时间为 1.42 s, 其中 4 种固定颜色搭配搜索所用的平均时间为 0.069 s。

5 结论

本文提出了一种基于固定颜色搭配搜索的车牌定位方法, 利用车牌固定的几种颜色搭配特征来搜索车牌区域, 并且以二值化图像和彩色图像相结合的方式进行搜索, 有效地解决了背景复杂和车牌底色与汽车车身颜色相似情况中车牌定位精度不高的问题, 同时该算法能够有效地识别出车牌底色。本文提出的车牌定位算法在小区的智能停车场管理系统和智能交通系统中具有非常高的实用价值。

参考文献:

References:

- [1] 黄艳国, 赵书玲, 许伦辉. 基于纹理特征和颜色匹配的车牌定位方法 [J]. 微电子学与计算机, 2011, 28 (9): 123 - 126.
HUANG Yan-guo, ZHAO Shu-ling, XU Lun-hui. Vehicle License Plate Location Technique Based on Texture Feature and Color Matching [J]. Microelectronics & Computer, 2011, 28 (9): 123 - 126.
- [2] HSIEH J W, HAO S Y, CHEN Yung-sheng. Morphology Based License Plate Detection from Complex Scenes [C] // Proceedings of the 16th International Conference on Pattern Recognition. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2002: 176 - 179.
- [3] BAI Hong-liang, LIU Chang-ping. A Hybrid License Plate Extraction Method Based on Edge Statistics and Morphology [C] // Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition. Cambridge, UK: 2004: 831 - 834.
- [4] 程增会, 戴祥, 唐大鹏. 一种基于 HSI 和 YUV 颜色模

- 型的车牌定位方法 [J]. 计算机应用与软件, 2011, 28 (12): 132-135.
- CHENG Zeng-hui, DAI Xiang, TANG Da-peng. A Car License Plate Location Method Based on HSI and YUV Color Model [J]. Computer Applications and Software, 2011, 28 (12): 132-135.
- [6] 陈建坤, 范春年. 一种基于神经网络的车牌定位方法 [J]. 辽宁工程技术大学学报, 2005, 24 (1): 97-100.
- CHEN Jian-kun, FAN Chun-nian. Neural Network Based Vehicle License Plate Location [J]. Journal of Liaoning Technical University, 2005, 24 (1): 97-100.
- [6] 刘军, 向军, 刘银生. 一种基于纹理分析和投影法车牌定位方法 [J]. 公路工程, 2011, 36 (4): 29-32.
- LIU Jun, XIANG Jun, LIU Yin-sheng. License Plate Location Based on Texture Analysis and Projection Approach [J]. Highway Engineering, 2011, 36 (4): 29-32.
- [7] 求是科技. Visual C++数字图像处理典型算法及实现 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- Qiushi Science and Technology Co. Visual C++ Digital Image Processing Typical Algorithms and Realization [M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2006.
- [8] 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): 1978-1984.
- ZHENG Cheng-yong. A Novel License Plate Location Method on RGB Color Space [J]. Journal of Image and Graphics, 2010, 15 (11): 1978-1984.
- [8] 曹兵兵. 基于区域性显著特征的车辆识别关键技术算法研究 [D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2011.
- CAO Bing-bing. Research on Key Technologies of Vehicle Recognition Algorithm Based on Regional Salient Feature [D]. Qinghuangdao: Yanshan University, 2011.
- [10] 白洪亮, 姜正良, 邹明福, 等. 复杂背景下基于形态学的车牌识别系统 [J]. 公路交通科技, 2004, 21 (10): 117-120.
- BAI Hong-liang, LOU Zheng-liang, ZOU Ming-fu, et al. Morphology-based License-plate Recognition System from Complex Scenes [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2004, 21 (10): 117-120.
- [11] 朱春满, 房斌, 尚赵伟. 复杂背景下的多车牌定位技术研究 [J]. 公路交通科技, 2010, 27 (7): 147-153.
- ZHU Chunman, FANG Bin, SHANG Zhao-wei. Multiple Vehicle License Plate Location Techniques in Complex Background [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2010, 27 (7): 147-153.
- [12] 甘玲, 孙博. 基于分块投影和形态学处理的多车牌定位方法 [J]. 计算机应用研究, 2012, 29 (7): 2730-2732.
- GAN Ling, SUN Bo. Multiple License Plate Location Based on Separation Projective and Morphology Operation [J]. Application Research of Computers, 2012, 29 (7): 2730-2732.
- [13] 张于青, 鲍劲松, 金烨. 一种基于多重特征的车牌定位算法 [J]. 计算机工程与应用, 2006, 42 (32): 220-222.
- ZHANG Yu-qing, BAO Jin-song, JIN Ye. Approach of License Plate Extraction Based on Multi-characteristics [J]. Computer Engineering and Applications, 2006, 42 (32): 220-222.
- [14] 杨冬梅. 车牌定位和倾斜校正算法的研究与实现 [D]. 重庆: 重庆邮电大学, 2012.
- YANG Dong-mei. Research and Realization of Vehicle Plate Location and Slant Correction [D]. Chongqing: Chongqing University of Posts and Telecommunications, 2012.
- [15] 种衍文, 谢丹力, 郑翠花. 一种针对复杂背景的复合车牌定位算法 [J]. 计算机应用研究, 2008, 25 (6): 1741-1743.
- ZHONG Yan-wen, XIE Dan-li, ZHENG Cui-hua. Compound License Plate Location Arithmetic Aiming at Complicated Background [J]. Application Research of Computer, 2008, 25 (6): 1741-1743.