

基于颜色搭配与纹理特征的车牌定位方法

王义兴 黄凤岗 韩金玉 尚治国

(哈尔滨工程大学计算机科学与技术学院, 哈尔滨 150001)

摘要 牌照定位是牌照识别系统中的关键技术。目前在多数牌照定位方法中考虑到了牌照的颜色和纹理特征,但对不同环境的适应性不强。为解决这方面的问题,首先从机动车牌照具有固定颜色搭配的特点出发构造颜色搭配掩模矩阵,并利用此掩模矩阵对原边缘检测图像进行条件约束,得到约束二值边缘图像;然后应用具有去噪能力的形态学结构元,形成牌照粗定位候选区域;最后依据牌照的纹理特征从候选区域中提取出真正的牌照。采用了BP神经网络获得强适应性的HSI空间牌照颜色识别方法,并且只在边缘点邻域内实现颜色空间转换运算,能极大地缩减定位周期。经实验表明,该方法能在复杂的环境和不同光照条件下快速地实现不同牌照的精确定位。

关键词 牌照定位 颜色搭配 纹理分析 牌照识别

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)02-0303-06

License Plate Location Based on Color Matches and Texture Feature

WANG Yi-xing, HUANG Feng-gang, HAN Jin-yu, SHANG Zhi-guo

(College of Computer Science, Harbin Engineering University, Harbin 150001)

Abstract License plate location is the key technology of license plate recognition. At present license plate color and texture feature were considered in the most license plate location methods, however, these methods had weak adaptability in different environment. In order to solve the problem, firstly, since the fixed color matches of the vehicle license plate, a color matched template matrix was constructed, which was used to restrict the initial edge detected image, so a restricted binary edge image could be obtained. Then, some morphologic operators which have the ability of eliminating noise were applied to form initial localization candidate regions. Finally, according to the texture feature of the license plate, the real license plate area was chosen from candidate regions. BP neural network was adopted to attain the strongly adaptive method which was used to recognize different colors in HSI space. And for shortening the period of location, only the color space in the neighborhood of edge pixels were conversed. The experiment showed that the accurate location of the license plate could be achieved in the complicated environment and different illumination, making use of this method.

Keywords license plate location, color match, texture analysis, license plate recognition

1 引言

车辆牌照识别技术(LPR)是计算机视觉与模式识别技术在现代智能交通系统(ITS)中的一项重要研究课题。车牌照识别系统是一个以机动车辆为特定目标对象的专用计算机视觉系统,该系统从数

字摄像设备中获取图像信息并从中自动地提取车辆牌照,自动分割字符,进而对字符进行识别^[1]。随着现代化发展的要求,牌照识别系统在公路监测布控、高速公路收费系统、城市交通管理系统、小区车辆管理等方面的应用越来越广泛,其应用价值也不断得到提升。

根据国内外对此领域的研究,车辆牌照识别系

收稿日期:2007-04-24;改回日期:2007-07-19

第一作者简介:王义兴(1981~),男,2008年于哈尔滨工程大学获计算机应用技术专业硕士学位。主要研究方向为图像处理与模式识别。E-mail: wangyx_0423@126.com

统主要由 3 个关键技术组成:

(1) 牌照定位:从已知车辆图像检测牌照所在的区域;

(2) 字符分割:对牌照区域图像分割成为分离的单个字符图像;

(3) 字符识别:将分割出的字符进行识别。

由此可设计该系统的基本框架图如图 1 所示。而其中牌照定位是 LPR 系统中的一个至关重要的环节,是影响整个系统性能的关键技术。本文将重点讨论这一部分。

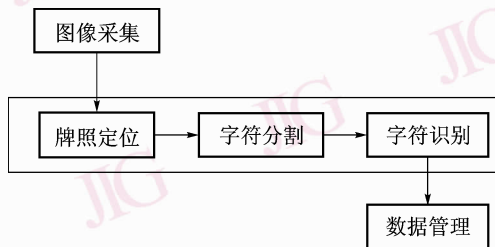


图 1 牌照识别系统基本框架

Fig. 1 The base frame of the license plate recognition system

当前牌照定位的方法大致分为两大类:一是基于黑白图像的车牌照定位方法,另一类是基于彩色图像的车牌照定位方法^[2]。已经有诸多的学者对前者进行了比较深入的研究,而且这方面的技术也相当成熟了,而后者随着目前计算机处理速度的不断提高,也越来越受到研究者的重视。近年来提出了许多基于彩色的车牌定位算法,其中比较典型的算法有基于边缘方法^[3-4]、基于彩色分割^[5]、基于小波变换和基于遗传算法的方法^[6-7]以及基于神经网络的方法^[8]。由于我国牌照具有牌照底色和牌照字符颜色固定搭配的这一特点,本文以此提出了一种基于 HSI 空间的颜色搭配和纹理特征的牌照定位方法。首先利用强适应性颜色搭配检测矩阵对车辆的边缘图像进行条件约束,实现牌照的粗定位的过程,然后对粗定位候选区域的纹理特征进行分析,达到牌照精确定位的目的。

2 彩色牌照图像定位

该系统从数字摄像集设备中获得的车辆图像信息,经分析可知,感兴趣的牌照区域有着区别于背景(非牌照区域)的一些显著的特征:首先,我国车辆牌照具有多种颜色,仅底色就有蓝、黄、黑、白等多种

颜色,字符颜色也有黑、红、白等多种颜色,然而经深入观察可以发现不同种牌照的牌照底色和牌照字符颜色有着固定的搭配(例如,蓝色牌照底色对应白色字体,黄色牌照底色对应黑色字体)。其次,按照国家标准我国牌照具有固定的大小和宽高比,字符间的间距也有明确的规定。所以从这些显著的特征出发给出了牌照定位的基本方案:

(1) 从图像采集设备获得彩色图像 I ;

(2) 获得图像 I 的灰度变换图像 I_G 和原彩色图像副本 I_C ,并得到 I_G 的边缘图像 I_E ;

(3) 利用颜色搭配矩阵对边缘图像 I_E 进行条件约束,得到只有少量边缘的图像 I'_E ;

(4) 选择不同的形态学结构元,对图像 I'_E 进行分散区域连通处理,得到标记的各个牌照候选区域;

(5) 对各个候选区域进行纹理分析,以确定真实的牌照区域并提取彩色的牌照。

2.1 牌照粗定位

经数字摄像设备采集到的图像都是大小为 400×300 的 RGB 彩色图像,为了体现在复杂环境下的处理效果,现选择车辆车体颜色与牌照颜色相近和具有复杂背景的车辆图像作为处理的对象,如图 2 所示,这是一张典型的彩色车辆图像。

图 2 彩色车辆图像

Fig. 2 The image of a color vehicle

现将牌照的粗定位过程描述如下:

(1) 灰度化

为了提高系统的实时处理的性能,所以先对原彩色图像 I 依据下面公式实现灰度变换得到灰度变换图像 I_G 。

$$G = B \times 0.072 + G \times 0.715 + R \times 0.213 \quad (1)$$

(2) 边缘检测

由于我们感兴趣的是牌照区域的边缘,所以应

采用合适的边缘检测算子突出显现牌照区域尤其是字符周边的边缘,这样对于下一步的处理能提供更好的条件。经分析,字符主要是由 45° 、 135° 和水平以及垂直方向的边缘组成,也就是说应采用具有全方位边缘检测能力的边缘检测算子。高斯拉普拉斯算子(LOG)把高斯平滑滤波器和拉普拉斯锐化滤波器结合起来,这样可以先平滑掉图像噪声再进行边缘检测,会在一定程度上减轻噪声点,更重要的是LOG算子的无方向性能更好地检测字符边缘。鉴于此本算法采用LOG算子,并给出其数字化掩模为(如图3所示):

0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0

图3 LOG数字化掩模

Fig. 3 The digital template of LOG

经LOG边缘检测后获得初步边缘图像 I_E (如图4所示):



图4 初步边缘图像 I_E

Fig. 4 The initial edge image

(3) 颜色搭配约束

从图像 I_E 中可以很清楚地看出,由于边缘像素点很多,若从图中提取牌照区域还是相当困难的,所以依据牌照的底色和字符颜色固定搭配的特点,可以构造一个颜色搭配掩模矩阵对边缘图像约束,以减少非牌照区域的边缘像素。值得提及的一点是在进行颜色搭配中首先要考虑的是对颜色的识别。

在实际环境中,光线的明暗变化直接导致了牌

照颜色的变化。由于RGB颜色空间的欧氏距离与人的感知程度不成正比,因此采用RGB来识别颜色容易产生误差,所以更多的学者采用更符合人眼感觉的HSI颜色空间识别颜色^[9-10],且在自然光下色度分量 H 和饱和度分量 S 更具稳定性。然而从数字摄像设备或取得图像是RGB格式的,所以有必要将图像从RGB空间转换到HSI空间,其转换公式为

$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases} \quad (2)$$

$$\theta = \arccos \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-G)(G-B)]^{1/2}}$$

$$S = 1 - \frac{1}{(R+G+B)}[\min(R, G, B)] \quad (3)$$

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (4)$$

然而这个复杂的转换过程会影响整个系统的性能,本算法考虑到系统的实时性,只是在边缘点像素和颜色搭配矩阵中的部分像素进行颜色空间转换,这样是对整幅图像进行转换的原运算量的20%^[11](经初步边缘检测后的图像像素大约是原图像像素点的20%)。

虽然车牌的背景和字符具有固定的颜色搭配,但由于受到光照条件的变化和褪色的影响,使得颜色并不是完全恒定不变的。鉴于神经网络较强的噪声抑制性能和良好的容错性适于做模式分类,因此采用神经网络进行颜色识别。神经网络由3层BP网络和1层竞争网络组成,输入层有24个输入节点,分别对应像素8邻域的 H 、 S 、 I 值,这样选取像素颜色的特征向量,一方面是因为从视觉上8邻域的颜色影响人们对像素颜色的感觉,起到颜色局部平滑作用,另一方面当此像素是噪声点时还可以抑制噪声。隐含层具有60个节点,输出层有6个节点分别对应白、黑、红、蓝、黄和其他色共6种颜色,隐含层和输出层的激活转移函数都选择Sigmoid函数($f_{\text{Sigmoid}}(x) = 1/(1 + e^{-x})$)。最后,由竞争网络选择输出层6个输出中的最大值所对应的颜色作为最后的像素颜色。从不同光照条件下拍摄的车辆图像上获取颜色的样本数据训练神经网络,最后将训练好的神经网络用于颜色识别。

参照初步边缘检测图像 I_E 和原彩色图像副本 I_C ,可以构造一个 3×3 或 5×5 颜色搭配约束检测矩阵 M (如图5所示)。

< Be, W >, < Y, Bk >, < W, Bk >, < Bk, W >	< Be, W >, < Y, Bk >, < W, Bk >, < Bk, W >	< Be, W >, < Y, Bk >, < W, Bk >, < Bk, W >
< Be, W >, < Y, Bk >, < W, Bk >, < Bk, W >	Be, Y, W, Bk	< Be, W >, < Y, Bk >, < W, Bk >, < Bk, W >
< Be, W >, < Y, Bk >, < W, Bk >, < Bk, W >	< Be, W >, < Y, Bk >, < W, Bk >, < Bk, W >	< Be, W >, < Y, Bk >, < W, Bk >, < Bk, W >

(Be 表示蓝色, W 表示白色, Y 表示黄色, Bk 表示黑色)

图 5 颜色搭配约束检测矩阵

Fig. 5 Color matches restricted matrix

图 5 中的中心点所表示的为字符颜色(蓝、白、黄或黑)的一个随机序列。其邻域表示与中心颜色相搭配的二元组随机序列。

将矩阵的中心点设置为车牌底色或字符颜色中的一个随机序列,其邻域的各个像素则设置为与中心颜色相搭配的二元组随机序列(对于军用或警用牌照可设计三元组随机序列)。整个检测过程可以按如下的方式进行:逐行扫描初步边缘检测图像 I_E ,直至扫描到边缘点像素,则依此像素点为检测矩阵的中心点,考察原彩色图像副本 I_C 中对应此像素点的颜色是否能够在检测矩阵中检索到;若中心点像素的颜色属于车辆底色或字体颜色中的一种时,则检测其对应于检测矩阵邻域内的彩色像素点的颜色是否满足于中心点搭配的条件,若是则保留中心点作为边缘点,若不是则将此点丢弃处理。由此可以得到经约束后得边缘图像 I'_E (如图 6 所示):



图 6 约束边缘图像

Fig. 6 Restricted edge image

从图中可以看出已经大致找到了牌照所在的区域。

2.2 牌照精定位

为了获得牌照的候选区域,需要对边缘图像 I'_E

进行形态学处理,使各个分散的边缘像素形成不同的连通域作为提取牌照的候选区域。我们感兴趣的候选区域为牌照的文字区域,即将牌照上的文字区域变成一个连通的矩形区域,在此过程的实施中可以考虑到牌照字符具有一定的宽度、高度和字符间距等先验知识。由此可以采取如下操作:(1)选择合适的形态学结构元对边缘图像 I'_E 进行闭运算,借此可以连接字符间的断裂部分,使不同字符形成不同的连通域;(2)由于图像中存在部分噪声,若对其进行膨胀运算会增大噪声的影响,所以在对图像进行膨胀运算前可以对图像进行垂直腐蚀运算,这样不仅可以减少图像中的噪声影响也可以使牌照区域的边框尤其是水平边框像素相对减少;(3)为了使不同的字符能够连接形成一个连通的矩形区域,可以沿水平方向膨胀足够的像素使各个字符得到连通。通过这一过程的处理,牌照区域就显而易见了(如图 7 所示)。

经过上述的处理过程后,若只存在一个候选连通域则可确定此区域为我们感兴趣的牌照区域,当然在有多多个候选连通域存在时,需要依据牌照的纹理特征来确定真实的牌照区域。充分考虑彩色牌照的颜色信息,对多个候选区域进行扫描获得底色像素和字符颜色像素的统计数目,利用候选连通域的牌照底色像素数与字符颜色像素数的比例来判断(经分析此比例在 1~2.5 之间),将符合此条件的候选区域列为新的候选牌照区域;若此时仍存在不止一个连通区域,则需考虑我国的车辆牌照符合宽高比 3:1 的标准,可对各个候选连通域的宽高比进行计算(由于可能出现牌照的倾斜情况,所以可以设定宽高比的范围为 2.5~4),筛选出牌照区域;同时也可以考虑将候选连通域的总面积作为纹理特征的一个约束条件之一。经纹理分析后可从候选连通区域中获取真正的牌照区域,并将其提取(如图 8 所示):

3 实验及结果分析

实验采用 Panasonic 的 WV-CW860A 全天候监控摄像机和大恒 DH-CG300 彩色图像采集卡作为数字图像的采集设备,在不同的背景和不同的光照强度下采集 1 200 幅大小为 400 × 300 的各种颜色牌照的车辆图像。采用 Visual C++ 6.0 开发工具获得此算法的软件实验平台,并在具有 PIV 2.0 G CPU,



图7 初步牌照候选区域

Fig. 7 Initial localization candidate regions



图8 提取真正牌照区域图像

Fig. 8 Color car image

512 MB 内存的计算机上实验得到数据(如表 1 所示)。

从图表中可以看出:文中所提到的算法能有效地提取彩色牌照区域,平均定位准确率达到 93.08%,平均消耗时间为 0.116 s。

依据实验数据,可对此进行简要的对比分析如下:

(1)不同光照条件下,白天(包括晴朗和阴雨)光照下的平均定位准确率为 94.83%,与之对应的傍晚(包括晴朗和阴雨)光照下的平均定位准确率为 91.33%;

(2)不同天气状况条件下,晴朗(包括白天和傍晚)天气下的平均定位准确率为 95.17%,而阴雨(包括白天和傍晚)天气下的平均定位准确率为 91%;

(3)不同的图像采集夹角或距离条件下,0°情况下的平均定位准确率为 94.25%,20°(水平)情况下的平均定位准确率为 92.75%,30°(垂直)情况下的平均定位准确率为 92.25%。

从而得知,不同条件下对牌照的定位效果是有影响的。很明显,在白天晴朗且合适的图像采集夹角情况下,该算法能达到最好的定位效果,而其他的组合条件下的定位准确率略低。但是,由于采用的是基于颜色搭配的牌照粗定位方法,对牌照区域的倾斜角度及牌照大小的要求不是很苛刻,也就是说能极好地适应不同距离与角度对定位过程的影响,使得在不同的图像采集夹角条件下的定位准确率相

表1 牌照定位综合实验数据

Tab. 1 The experiment data of license plate location

采集环境	摄像机与车辆间的距离(m)	摄像机与车辆间的夹角(水平或垂直)	实验图片数	定位成功的图片数	平均耗时(s)	准确率(%)
白天(晴朗)	5 或 10	0°	100	98	0.095	98
	5 或 10	20°(水平)	100	97	0.110	97
	5 或 10	30°(垂直)	100	97	0.102	97
傍晚(晴朗)	5 或 10	0°	100	94	0.100	94
	5 或 10	20°(水平)	100	92	0.120	92
	5 或 10	30°(垂直)	100	93	0.115	93
白天阴(或雨)	5 或 10	0°	100	94	0.113	94
	5 或 10	20°(水平)	100	92	0.130	92
	5 或 10	30°(垂直)	100	91	0.124	91
傍晚阴(或雨)	5 或 10	0°	100	91	0.120	91
	5 或 10	20°(水平)	100	90	0.124	90
	5 或 10	30°(垂直)	100	88	0.135	88

差不是很明显。另外,由于采用了 BP 神经网络对颜色识别的方法,这样就能很好地识别牌照及字符的颜色,有效地解决了不同时段光照及天气状况对定位的影响,使得在非最佳光照或天气环境下的定位准确率与最佳定位效果也比较接近。

4 结 论

从彩色车辆的牌照底色和字符颜色固定搭配的特点出发,构造了颜色搭配掩模矩阵。借此可以有效地缩减边缘检测的无效边缘点,初步定位牌照候选区域。为提高颜色搭配的约束性能,文中采用了适于颜色识别的 HSI 颜色空间,并利用 BP 神经网络获得适应性更强的颜色识别方法。由于从 RGB 颜色空间到 HSI 空间的转换会影响识别速度,所以文中提出了只在有效边缘点邻域内实现颜色空间转换的方法,这样极大地缩减了运算量。文中采用具有去噪能力的形态学结构元构建适于分析的牌照候选连通域,还充分利用了牌照底色与字符色像素比、宽高比等纹理特征以达到对牌照区域的精确定位的目的。经实验表明,文中提出的方法能有效快速地实现彩色牌照的精确定位,并具有适应复杂环境、对采集设备与车辆间的距离及角度的要求不是很严格的优点。另外,此方法不仅对新式牌照的定位有较强的适应性,还可以通过对颜色搭配掩模矩阵的修改能达到适应军用、警用牌照的目的。不过,由于牌照容易受到污染、老化、光线反射等因素的影响,如何才能获得准确的颜色定义是进行颜色约束的一个关键点,并且形态学结构元的选择也是影响本算法中识别适应性的一个因素。

参考文献 (References)

- Du Jian-bo, Ren Hong-e. Discussion of license plate automatic recognition technology [J]. *Information Technology*, 2005, **29**(5): 52-54. [杜建波,任洪娥. 车牌自动识别技术探讨[J]. 信息技术, 2005, **29**(5): 52-54.]
- Yuan Bao-min, Yu Wan-bo, Wei Xiao-peng. A survey of license plate location technology [J]. *Journal of Dalian University*, 2002, **23**(2): 6-12. [袁宝民,于万波,魏小鹏. 汽车牌照定位研究综述[J]. 大连大学学报, 2002, **23**(2): 6-12.]
- Yang Yao-quan, Bai Jie, Tian Rui-li, et al. A vehicle license plate recognition system based on fixed color collocation [A]. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics* [C], Guangzhou, China, 2005: 18-21.
- Zhang Yin, Pan Yun-he. 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.]
- Zhao Chun-xue, Qi Fei-hu. Automatic recognition of vehicle license based on color segmentation [J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 1988, **32**(10): 4-9. [赵春雪,戚飞虎. 基于彩色分割的车牌自动识别技术[J]. 上海交通大学学报, 1988, **32**(10): 4-9.]
- Dai Qing-yun, Yu Ying-lin. A kind of segmentation method of vehicle license plate images based on wavelet and mathematical morphology [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2000, **5**(5): 411-415. [戴青云,余英林. 一种基于小波与形态学的车辆图像分割方法[J]. 中国图象图形学报, 2000, **5**(5): 411-415.]
- Shi Xiang-quan, He Yuan-ling, Cai Meng-bo. Application of genetic algorithm in license plate location [J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2000, **17**(2): 33-36. [是湘全,何苑凌,蔡孟波. 遗传算法在车牌定位中的应用[J]. 公路交通科技, 2000, **17**(2): 33-36.]
- Li Gang, Zeng Rui-li, Lin Ling. Research on vehicle license plate location based on neural networks [A]. In: *Proceedings of the First International Conference on Innovative Computing, Information and Control* [C], Washington DC, USA, 2006: 174-177.
- Yusuf A Syed, Sarfraz M. Color edge enhancement based fuzzy segmentation of license plates [A]. In: *Proceedings of the Ninth International Conference on Information Visualization* [C], London, UK, 2005: 1550-6037.
- Fu Yi-ping, Li Zhi-neng, Yuan Ding. Improving license plate recognition system by color algorithms based on HIS space [J]. *Computer Engineering and Design*, 2004, **25**(5): 703-707. [傅一平,李志能,袁丁. 基于 HSI 空间的颜色算法提牌照识别的性能[J]. 计算机工程与设计, 2004, **25**(5): 703-707.]
- Hegt J A, DelaHaye R J, Khan N A. A high performance license plate recognition system [A]. In: *Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* [C], San Diego, CA, USA, 1998: 4357-4362.