

复杂车辆图像中的车牌定位与字符分割方法*

陈寅鹏, 丁晓青

(清华大学 电子工程系, 北京 100084)

摘要: 车牌定位和字符分割是车牌照自动识别系统中的关键步骤。提出了一个综合多种特征的车牌定位算法和一个基于模板匹配的字符分割算法, 有效地解决了背景复杂的彩色图像中车牌定位和字符分割的问题。综合这些算法并结合字符识别核心, 实现了一个完整的车牌照自动识别系统。该系统对不同背景、光照条件下采集到的车辆图像进行了大量实验, 实验结果证明算法准确率高、鲁棒性好。

关键词: 车牌定位; 字符分割; 模板匹配

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2004)01-0029-05

License-plate location and character segmentation in complex vehicle images*

CHEN Yin-peng, DING Xiao-qing

(Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: License-plate location and character segmentation are two key components of the automatic vehicle license recognition system. An edge-texture-color based algorithm to locate the plate region and a template matching based algorithm to segment characters are proposed. Using these algorithms and a character recognition kernel, an automatic vehicle license recognition system was finished. The performance of the system was investigated on many real car images with complex background captured under various illumination conditions. The experimental results show that the proposed algorithms have high accuracy and robustness.

Keywords: License-plate location; Character segmentation; Template matching

0 引言

车牌照自动识别技术是智能交通系统(ITS)中的重要研究课题, 在停车场和高速公路收费管理中有

着广泛的应用。完整的车牌识别系统分为 3 部分: 车牌定位、字符分割和字符识别。其中车牌定位和字符分割是核心技术, 直接影响系统的识别率和速度。目前车牌定位主要采用以下 3 种方法: (1) 基于边缘检测的方法^[1]; (2) 基于水平灰度变化特征的方法^[2,3];

收稿日期: 2003-03-13; 修订日期: 2003-06-27

* 基金项目: “八六三”项目(2001AA114081)

作者简介: 陈寅鹏(1978-), 男, 山东昌邑县人, 硕士生, 研究方向为图像处理与模式识别。

(3) 基于车牌颜色特征的方法^[4,5]。方法(1)定位准确,但是漏检率高、速度慢、虚景较多。方法(2)速度快,漏检率低,但是定位不够准确,很难区分与背景文字、车灯等同样灰度变化明显的区域。方法(3)定位较准确,漏检率较低,但是对车牌大小的适应性差,受车牌磨损、倾斜的影响大,容易和颜色相似的区域混淆。

使用单一特征定位车牌存在明显的局限性,需要将各种方法综合优化。因此,提出一个综合边缘、灰度变化和颜色特征的车牌定位算法,既提高了定位的准确性,也保证了定位的鲁棒性和实时性。在准确定位的基础上,还提出一个基于模板匹配的字符分割算法,有效地解决了车牌磨损、光照不均等条件下字符分割难的问题。把引入识别可信度作为车牌的判别准则,解决了车牌定位中去除虚景难的问题。实验结果证明了该方法的准确性和鲁棒性,车牌定位准确率达到99%,字符分割准确率达到98.7%。

1 综合多种特征的车牌定位算法

为了快速准确地复杂背景下定位车牌区域,充分利用了各种车牌定位方法的优点,有效地将车牌边缘、灰度变化和颜色特征结合在一起。首先采用定位速度快、漏检率低的基于水平灰度变化特征的方法^[3]对输入图像进行二值化,将车牌与背景分离,再通过连通域分析提取若干车牌候选区域,然后利用边缘和颜色特征定位准确的特点,对候选区域进行边缘检测和颜色分析,精确定位车牌边界,最后分析每个候选区域的形状和颜色分布特征,在保留车牌区域的基础上尽可能地剔除伪车牌区。

1.1 基于灰度方差的二值化滤除背景

由于车牌区域水平方向的灰度变化大,灰度方差值明显高于背景。因此采用基于水平灰度方差的全局二值化来去除背景,如公式(1)所示:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{如果 } v(x, y) > Th \\ 0, & \text{如果 } v(x, y) \leq Th \end{cases} \quad (1)$$

式中 $g(x, y)$ 表示二值化图中 (x, y) 的值; $v(x, y)$ 表示原图中以 (x, y) 为中心的 $1 \times N$ 窗口的灰度方差值; Th 表示全局二值化的阈值。图1是一个基于灰度方差的二值化的例子,可以看出车牌和背景成功地

分离开了。



图1 基于灰度方差的二值化

Fig. 1 Grey-value variance based binarization

1.2 连通域分析提取候选区域

通过在二值图像上搜索连通域,并根据连通域的形状特征和近邻连接强度筛选、合并连通域来提取所有可能包含车牌的候选区域。

先使用四方向搜索的递归算法获取二值图像上的所有连通域。再根据形状特征对连通域进行筛选,将宽度、高度、宽高比、连通域和外接矩形面积比不符合车牌或文字特征的连通域剔除。对于符合条件的连通域,将宽度较大、宽高比较高的判断为“车牌连通域”,表示可能包含车牌或车牌的大部分;将宽度较小,宽高比较低的判断为“字符连通域”,表示可能是车牌的一个或两个字符,如图2(a)所示。

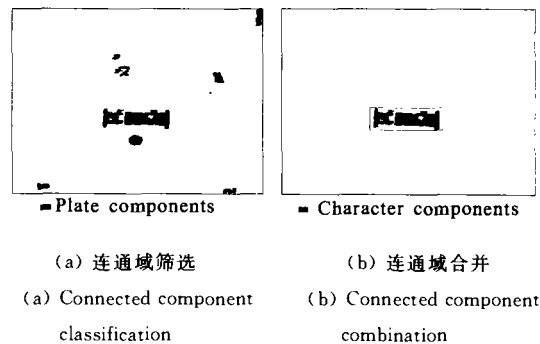


图2 连通域分析

Fig. 2 Connected component analysis

然后对于每个“车牌连通域”查找水平方向的近邻连通域(包括车牌连通域和字符连通域),并计算近邻连接强度 I :

$$I = \frac{overlap_V}{\min(h_1, h_2)} - \frac{dis_H}{\sqrt{w_1 w_2}} \quad (2)$$

式中 $overlap_V$ 表示两个连通域的竖直重合高度; dis_H 表示水平距离; h_1, h_2, w_1, w_2 分别表示两个连通域的高度和宽度。 I 越大,说明两个连通域越倾向于同一块区域。

如果存在 I 较大的近邻连通域,将其与此车牌连通域合并,并将合并结果作为一个车牌候选区(见图 2(b));如果不存在,则直接将此车牌连通域作为一个车牌候选区。

1.3 边缘检测提取上下边界

针对我国车牌边框线的两种形式(蓝/黑底白字车牌的白色窄条边框线和黄/白底黑字车牌的背景与周围区域的灰度突变),采用边缘图和骨骼图相结合的方法进行边缘检测。先计算候选区域的 sobel 算子边缘图和拓扑骨骼图,然后分别在边缘图和骨骼图上利用改进的 Hough 变化提取接近水平、重合度较高的平行双线段。最后根据双线匹配度 M 选取最优的平行双线段,精确定位上下边界。

$$M = \frac{\text{overlap}_H + [\max(r_1, r_2) - \min(l_1, l_2)]}{(\text{dis}_V + C)} \quad (3)$$

式中 overlap_H 表示平行双线段的水平重合宽度; dis_V 表示双线的竖直距离; l_1, l_2, r_1, r_2 表示水平双线段左右端点的 x 值; C 是常数。 M 越大,匹配程度越好。图 3(c)、(d)为一个边缘检测的例子。

1.4 倾斜矫正

利用第 1.3 节中得到的平行双线段计算水平方向夹角 θ ,然后对双线之间的区域进行错切变换,将车牌候选区域倾斜矫正,如图 3(a)所示。倾斜的车牌区域被成功地矫正了,如图 3(b)和(e)所示。

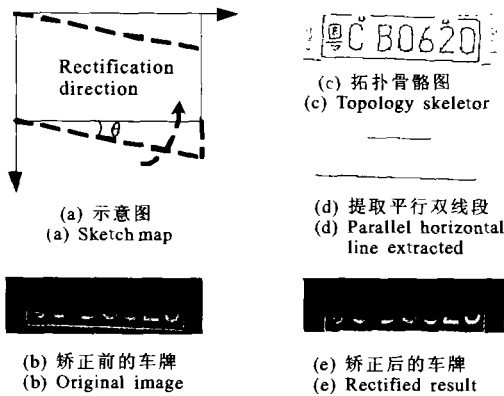


图 3 边缘检测与倾斜矫正

Fig. 3 Edge detection and slanting rectification

1.5 颜色分类定位左右边界

先使用比特截断方法^[6]对倾斜矫正后的候选区域进行颜色量化。将每个颜色分量的高 2 bit 保留,低 6 bit 置 0,把 24 bit 颜色转换成 6 bit 量化颜色。

再将量化颜色从 RGB 模型转换为 HSI 模型。

然后,根据量化颜色对候选区域分类。我国的车牌按照字符颜色和底色的不同搭配分为 4 类,如图 4 所示:(a)蓝底白字、(b)黄底黑字、(c)黑底白字和(d)白底黑字。将平均饱和度 S 较高,平均色度 H 接近蓝色(240 度)的判断为蓝底白字;将平均饱和度较高,平均色度接近黄色(60 度)的判断为黄底黑字。对于平均饱和度较低的候选区,计算“白点”竖直积分投影的平移曲线 $f_V(x)$:

$$f_V(x) = p_V(x) - \lambda \cdot \bar{m} \quad (4)$$

式中 $p_V(x)$ 是平滑后的“白点”竖直积分投影; \bar{m} 是 $p_V(x)$ 的均值; λ 是常系数。将 $f_V(x)$ 上“正区间”(大于零的区间)数目较多的判断为黑底白字,见图 4(c);正区间数目较少的判断为白底黑字,见图 4(d)。

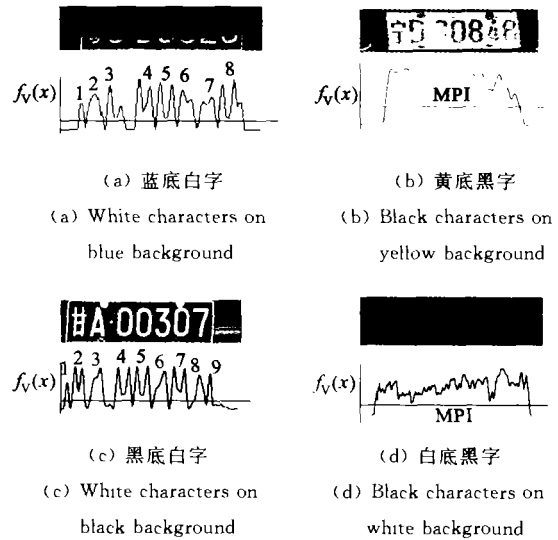


图 4 颜色分类与定位左右边界

Fig. 4 Color classification and left-right boundary location

最后对已知颜色类别的候选区精确定位左右边界。对于黄底黑字和白底黑字的候选区,先计算“背景像素”(即“黄点”和“白点”)竖直积分投影平移曲线 $f_V(x)$,再在 $f_V(x)$ 上提取最宽正区间(Max Positive Interval, MPI),其下、上界分别对应车牌的左右边界,如图 4(b)和(d)所示。对于蓝底白字和黑底白字的候选区,先计算“字符像素”(即“白点”)竖直积分投影平移曲线 $f_V(x)$,再在 $f_V(x)$ 上提取连续、等宽、排列规则的一组正区间,第一个正区间的下界和最后一个正区间的上界分别对应车牌的左右边界,见图 4(a)、(c)。

1.6 去除伪区域

鉴于以往的定位方法,在剔除伪区域时没有利用字符分割和识别的反馈信息,容易丢失车牌,采用了车牌定位、字符分割和字符识别层层“去伪”的方法,结合字符分割和识别中获取的高层次信息去除了所有的伪车牌。在定位阶段,对精确定位后的候选区域按照下列规则剔除伪区域。

- (1) 大小规则,去除宽度、高度太大或太小的区域。
- (2) 形状规则,去除宽高比不满足条件的区域。
- (3) 边缘规则,去除检测不到近水平直线的区域。
- (4) 颜色规则,去除不属于车牌颜色类别的区域。
- (5) 色交换规则,计算水平扫描线上背景和字符的色交换次数,去除色交换次数较少的区域。

对于满足以上规则的候选区域,使用后面提出的算法进行字符分割和识别,并根据识别可信度进行判决,提取出真正的车牌区域。

2 基于模板匹配的字符分割算法

文中的基于模板匹配的字符分割算法充分利用了车牌字符等宽、排列规则的特点,有效地解决了以往车牌字符分割算法中切分不准确、受车牌磨损、变形等因素影响大的问题。该算法分为预处理,去除铆钉,谷值分析和模板匹配4部分。

2.1 预处理

先将精确定位后的车牌候选区转换为灰度图,并将白底黑字和黄底黑字候选区灰度取反,使得所有候选区域字符点灰度高,背景点灰度低。然后使用局部二值化算法将灰度图转换为二值图。

2.2 去除铆钉

为了去除上下边框线和内侧粘连的铆钉对字符分割的影响,按与公式(4)同理的方法计算二值图水平积分投影的平移曲线 $f_H(x)$,再提取 $f_H(x)$ 的最正区间MPI,将其下、上界作为字符的上下边界。如图5所示,铆钉和上下边框线被成功地去除了。

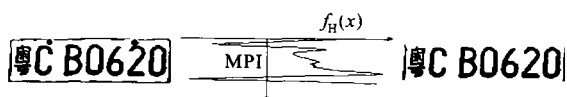


图5 去除铆钉和上下边框线

Fig. 5 Removing rivets and top-bottom boundary

2.3 竖直投影谷值分析

谷值分析的目的是按照一定的规则分析竖直积分投影图上的波谷位置,得到车牌字符的粗略宽度和首字符起始位置。

首先在去除铆钉后的二值图上计算竖直积分投影的平滑曲线 $p(x)$,再搜索 $p(x)$ 的局部最小(波谷)值,得到一个波谷位置序列 v_0, v_1, \dots, v_n 。然后将相邻两个波谷 v_i 和 v_{i-1} 分别作为左右边界提取出一组矩形区 r_i ,并根据下列规则对矩形序列 r_i 进行删除、分裂、合并和调整大小。

- (1) 若相邻波谷 v_i 和 v_{i-1} 间的波峰较小,将 r_i 删除。
- (2) 若 $p(v_i)$ 明显小于 $p(v_{i-1})$ 和 $p(v_{i+1})$,将 r_{i-1} 和 r_i 合并。
- (3) 若相邻矩形 r_{i-1} 和 r_i 的宽度较小,且合并后宽度接近矩形序列的中值宽度,将 r_{i-1} 和 r_i 合并。
- (4) 若矩形 r_i 的宽度接近两倍中值宽度,且前后相邻矩形的宽度接近中值宽度,将 r_i 等分成两块。
- (5) 若相邻矩形 r_{i-1} 和 r_i 的宽度相差较大,且合并后宽度接近两倍中值宽度,调整 r_{i-1} 的右边界和 r_i 的左边界,使得两个矩形等宽。

最后对调整后的矩形序列计算最大概率宽度,作为车牌字符的粗略宽度 w_c 。

$$w_c = w \mid \max[P(w)], w \in [\min[w(r_i)], \max[w(r_i)]] \quad (5)$$

式中 $P(w)$ 表示 $w(r_i)$ 落在区间 $[0.8w, 1.2w]$ 的个数; $w(r_i)$ 表示矩形 r_i 的宽度。再将矩形序列中第一个满足 $0.8w_c < w(r_i) < 2.2w_c$ 的 r_i 的左边界作为首字符的粗略起始位置 a_{i1} 。

2.4 模板匹配

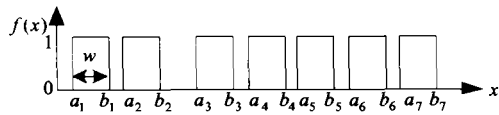
根据车牌的字符排列规则,引入图6(a)所示的模板,并使用该模板与竖直积分投影曲线匹配,计算最佳匹配位置,从而得到字符分割的准确结果。模板与竖直积分曲线的匹配程度由匹配偏移量 M_T 决定:

$$M_T(w, a_1) = \sum_{i=1}^n \sum_{n=a_i}^{a_{i+1}} p(n) \quad (6)$$

式中 $p(n)$ 是竖直积分投影曲线; w, a_1, b_i 如图6(a)所示。 M_T 越小,匹配程度越高。

先根据谷值分析得到的粗略字符宽度和起始位

置,设定匹配范围 $w \in [w_c - w_c/4, w_c + w_c/4]$, $a_1 \in [a_{1c} - w_c/2, a_{1c} + w_c/2]$,然后在此范围内搜索最小匹配偏移量对应的 w 和 a_1 ,作为最终的字符宽度和首字符起始位置,再按照字符宽度和间隔的比例关系得到所有分割点 a_i, b_i 。图 6(b)显示了几个字符分割的例子。



(a) 字符分割模板

(a) Character segmentation template



(b) 字符分割结果

(b) Character segmentation results

图 6 基于模板匹配的字符分割

Fig. 6 Template matching based character segmentation

3 识别可信度验证

通过引入字符分割结果的识别可信度有效地解决了车牌定位中去除伪车牌难的问题,准确地从候选区中提取出真正的车牌。利用 OCR 识别核心对所有候选区域的字符分割结果进行识别,并根据单个字符的识别可信度计算整个候选区的识别可信度 C 。

$$C = k_1 c(1) + k_2 \sum_{i=2}^3 c(i) + k_3 \sum_{i=4}^7 c(i) \quad (7)$$

式中 $c(i)$ 是第 i 个字符的识别可信度; k_i 是预先设定的常数。

最后将最大识别可信度 C_{\max} 与大量试验获得的阈值比较,如果 C_{\max} 大于阈值,对应的候选区就是车牌区,其识别结果字符串就是最终的车牌识别结果,否则拒识,这说明图像中不包含完整的车牌照。

4 实验结果

综合提出的车牌定位和字符分割算法,并结合 OCR 字符识别核心,实现了一个完整的车牌自动识

别系统。此系统在 853 幅背景复杂的车辆图像上进行了测试,图像的大小范围从 $768 \times 576 \sim 320 \times 240$, 车牌的尺寸范围从 $340 \times 90 \sim 60 \times 16$, 车牌的类型包括不同省市,各种颜色类别的汽车牌照。实验结果如表 1 所示。

表 1 车牌识别系统实验结果

Table 1 Experimental results of the system

	Number of accurate samples	Accurate rate/%
License-plate location	846	99.18
Character segmentation	842	98.71
Recognition (all characters)	785	92.03
Recognition (last 6 characters)	802	94.02
Recognition (last 4 characters)	840	98.47

5 结论

提出了一个综合多种车牌特征的定位算法和一个基于模板匹配的字符分割算法,较好地解决了车牌定位和字符分割中存在的如复杂背景的干扰、车牌尺寸的变化、车牌磨损造成字符粘连等难题。综合这些算法并结合字符识别核心实现了一个完整的车牌自动识别系统。实验结果证明算法的准确率高、鲁棒性好。

参考文献:

- [1] Kamat V, Ganesan S. An efficient implementation of the Hough transform for detecting vehicle license plates using DSPs [A]. IEEE Proceedings of Real-Time Technology and Applications Symposium [C]. CA: Computer Society Press, 1995. 58-59.
- [2] Paolo Comelli, Paolo Ferragina, Mario Notturmo Granieri, et al. Optical recognition of motor vehicle license plates [J]. IEEE Trans Vehicular Technology, 1995, 44(4): 790-799.
- [3] Yu Zhong, Kalle Karu. Locating text in complex color images [J]. Pattern Recognition, 1995, 28(10): 1523-1535.
- [4] Sang Kyoan Kim, Dae Wook Kim, Hang Joon Kim. A recognition of vehicle license plate using a genetic algorithm based segmentation [A]. IEEE International Conference on Image Processing [C]. 1996, 2: 661-664.
- [5] Lee E R, Kim P K, Kim H J. Automatic recognition of a car license plate using color image processing [A]. IEEE International Conference on Image Processing [C]. 1994, 12: 301-305.
- [6] Li C, Ding X, Wu Y. Automatic text location in natural scene images [A]. IEEE Sixth International Conference on Document Analysis and Recognition [C]. 2001. 1069-1073.