

# 基于水平梯度和形态学分析的车牌实时定位方法

于深洋, 黄剑华, 刘家锋, 唐降龙, 赵薇, 刘松波

(哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院, 哈尔滨 150001)

**摘要:** 车牌图像定位是车牌识别系统的关键, 该文提出了一种在高速公路复杂背景下的车牌定位与车牌字符分割方法。该方法利用水平相关特征、车牌区域的梯度形态特征和车牌配色特征进行车牌定位, 并利用车牌的结构特征采用多尺度模板匹配方法切分车牌字符。实验表明该方法在复杂背景下具有较好的定位切分效果和较强的鲁棒性。

**关键词:** 车牌检测和定位; 水平梯度; HSV 色彩分割; 多尺度模板字符分割

## Approach of License Plate Locating Based on Horizontal Grads and Morphology Analysis

YU Shen-yang, HUANG Jian-hua, LIU Jia-feng, TANG Xiang-long, ZHAO Wei, LIU Song-bo

(School of Computer Science and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

**【Abstract】** Vehicle license plate locating is of vital importance in license plate recognition system. This paper proposes a new license plate detection and character segmentation method. The horizontal correlating feature of characters, grads shape and color feather of license plate are taken into consideration to the location of license plates. Multiple scale template matching is applied for license plate characters segmentation using structural information of license plates. Experiments show that the proposed method is reliable and robust in complex environment in actual application.

**【Key words】** license plate detecting and locating; horizontal grads; HSV color segmentation; multiple scale template character segmentation

车辆牌照区域检测与定位是车牌照检测系统的重要处理部分。它首先检测图像中的车牌区域, 并给出该区域的位置信息, 然后传送给字符识别单元进行处理。车牌检测特征主要包括: 纹理特征<sup>[1]</sup>, 颜色特征<sup>[2]</sup>和其它如车牌的边框信息、灰度信息、字符信息和频域信息等方面的特征<sup>[3]</sup>。

本文综合纹理和颜色特征, 提出了一套完整的车牌定位方法。该方法基于水平梯度图像下形态学分析进行车牌图像定位, 其实验背景为高速公路上的车流视频。实验表明此方法对车牌的大小、背景、光线和车牌倾斜等因素限制较少, 车牌定位时间短, 较好地满足了车牌实时检测系统的要求。

### 1 彩色图像二值化

本方法的处理流程如图 1 所示。

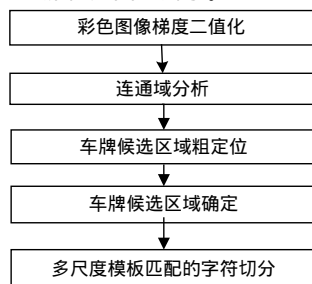


图 1 车牌定位方法流程

原车流彩色图像需要进行二值化处理, 从而可以进行形态学等分析, 二值化处理过程如下:

#### (1) 彩色图像水平梯度化

采用ColorPrewitt算子<sup>[5]</sup>对图像进行 3×3 窗口扫描, 将彩色图像每个像素点的R、G、B值分别相减取绝对值, 再将 3

行差的绝对值取和(记为GradSum), 则模板中心点处的水平梯度值  $pGradImage = \text{Min}(GradSum, 255)$ , 图像上下、左右边界的梯度值取为零。设梯度模板为A, 图像矩阵为I, 梯度图像为GI, 变换关系如式 1 所示。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad I \xrightarrow{A} GI \quad (1)$$

梯度变换前后如图 2(a)和图 2 (b)所示。

#### (2) 梯度图像二值化

采用全局动态二值化方法对上面得到的梯度图像进行二值化处理。

#### (3) 二值梯度图像平滑

二值梯度图像平滑的方法采用邻域相关的方法, 这种方法简单高效, 较好地删除了没有信息的噪声孤立点。具体方法为: 对于二值梯度图像中每个梯度为 255 的像素点, 求其四周 8 个点的梯度和, 若含有 2 个或 2 个以上梯度为 255 的像素点, 则保留该点的梯度值, 否则将该点梯度值置为零。平滑后的二值梯度图像如图 2(c)所示。

### 2 二值梯度图像连通区域分析

从图 2(c)可以看出二值梯度图像存在多个孤立的连通区域, 如果直接进行连通域分析, 会得到很多杂乱无章的小连通域, 无法有效地定位车牌。因此, 首先进行膨胀处理以减

**作者简介:** 于深洋(1980 - ), 男, 硕士研究生, 主研方向: 模式识别; 黄剑华, 副教授、硕士; 刘家锋, 副教授、博士; 唐降龙, 教授、博士、博士生导师; 赵薇, 博士、讲师; 刘松波, 硕士、讲师

**收稿日期:** 2006-10-08 **E-mail:** jhhuang@hit.edu.cn

少车牌区域的连通域个数。

### 2.1 二值梯度图像的一次膨胀

通过膨胀处理就可以有效地将分离的字符重新粘连起来,从而将车牌区域分成少数几个邻接的连通区域。但是如果进行多次膨胀处理容易产生车牌区域与邻近干扰区域(如保险杠等)的粘连现象,无法进行有效的车牌定位,也对切分造成很大的麻烦。

膨胀方法为:若原二值梯度图像中某像素点的梯度值为 255,则将其两侧像素点的梯度值都置为 255,膨胀后的图像如图 2(d)所示。

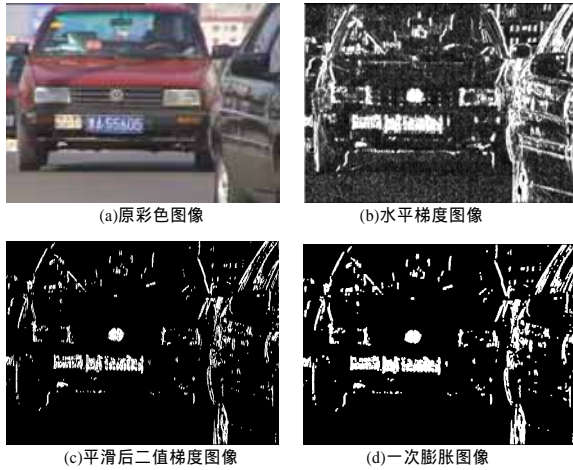


图 2 车流图像预处理过程

### 2.2 连通区域的确定和筛选

在一次膨胀之后,梯度图像中出现了很多过矮和过高的连通区域(如图 2(d)所示),它们并不是定位车牌的信息区域,采用限制高度的方法来删掉这些无信息区域,从而减少后续过程需要处理的数据量。阈值范围的选取是根据视频中的车牌大小范围相应变化的,这里选取保留高度范围在 5~60 的连通区域集合。筛选后的图像如图 3(a)所示。

## 3 车牌候选区域的粗定位

经上述处理得到多个连通区域,由于车牌定位算法比较复杂,为了提高车牌定位的速度,需要进一步对连通区域筛选,确定候选区域集,以便通过后续手段来筛选得到最终的车牌定位结果。首先通过先深遍历整个图像的所有连通区域来找到每个相关区域集,然后判断,若某个相关区域集的外接矩形满足适当的纵横比、面积和梯度密度,则将其视作候选区域。

### 3.1 连通域的右相关邻接区域确定

每个连通域的右相关邻接区域需要与此区域存在着一定的位置和高度的相关性,只需要限定好二者的空间关系,若两个连通域满足这个关系,就可以将它们看成是都在同一个相关区域。两区域的相关关系限定如式(2)所示。

$$\begin{cases} -\Delta y \leq \text{Right.Mid } Y - \text{Left.Mid } Y \leq \Delta y \\ \text{Right.Min } X - \text{Left.Max } X \leq \Delta x \\ -\frac{\Delta h}{2} \leq \text{Right.Height} - \text{Left.Height} \leq 2\Delta h \end{cases} \quad (2)$$

其中, (MinX, MinY, MaxX, MaxY)代表区域外接矩形坐标; MidY 表示右中值纵坐标。

$$\text{Mid } Y = \frac{\text{Min } Y + \text{Max } Y}{2} \quad (3)$$

这里,两区域之间 Y 轴中心距离、X 轴边缘距离和高度相似度的阈值范围相关于左区域所在相关区域集的平均高度,算

法描述如下:

(1)若已不存在下一编号的连通区域,则返回 0,否则令  $i = \text{AreaID}$ ;

(2)找到其下一编号的区域元素  $\text{Area}[++i]$ 和输入标号的区域  $\text{Area}[\text{AreaID}]$ 进行下述比较。若两区域水平方向距离不满足的相关性,则返回 0;

(3)若两区域的垂直方向中值不满足的相关性,则转到(2);

(4)若两区域不满足中心在垂直方向上的相关性,则转入(2);

(5)返回此区域编号  $i$ 。

### 3.2 相关区域集合确定

在确定了相邻的两个连通区域之间水平关系后,对图像中的连通区域进行水平区域聚类,确定候选区域集合,具体算法如下:

(1)读入高度适合的连通区域数组,并将其按照区域左侧水平坐标由小到大排序;

(2)按顺序取得一个连通区域;

(3)若该区域已经标记左或右邻近区域的标号,则转回(2);

(4)将该区域作为一个新相关区域集的头区域,初始化此相关区域集的平均高度为此区域的高度;

(5)利用 3.1 节算法来计算此区域的右相关邻接区域;

(6)若此区域存在右相关邻接区域  $\text{RightArea}$ ,则标记二者关系,同时计算出相关区域集的新平均高度,转回(5)求  $\text{RightArea}$  的右相关邻接区域;

(7)此相关区域集寻找完毕,计算出相关区域集的外接矩形。

### 3.3 车牌候选区域确定

针对上边得到的多个相关区域集的外接矩形,剔除横纵比、面积、梯度密度超出阈值范围的外接矩形以及大部分包含在其他的矩形中的小矩形,剩下的每个外接矩形就将作为一个候选区域。

**定义 1** 相关区域集所含梯度值为 255 的像素点总数与其外接矩形面积的比值称为此矩形的梯度密度。

选取较为宽松的阈值范围,目的是不出现车牌区域的误删现象,实验证明针对目前的样本空间,此步操作并未出现误删现象。经过筛选图中保留了 2 个矩形作为候选区域,如图 3(a)所示。

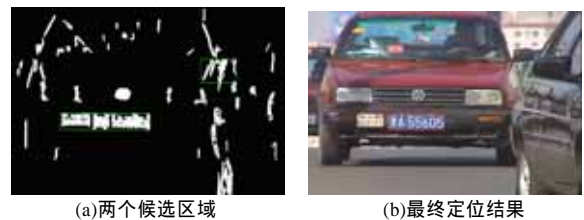


图 3 车牌定位结果

## 4 车牌区域的精确定位

在目前的车牌区域当中,有时会遇到车牌的左右位置存在着一定范围的干扰区域,如出租车的小车牌、过低的车灯等,这些现象一定程度的影响了字符切分的准确性。接下来将通过判断车牌种类去除干扰区域。

### 4.1 HSV 色彩模型简介

HSV 模型对应于画家的配色模型,能较好地反映人对颜

色的感知和鉴别能力,它描述了颜色的3个基本特征:Hue(色度), Saturation(饱和度)和 value(亮度),这3个分量与人眼能感知的颜色特性一一对应,尤其适合用来表达不同色彩间的差异。采用 HSV 色彩模型对候选区域进行色彩分割,能得到较精确的车牌定位位置。

HSV 色彩空间和 RGB 色彩空间只是同一物理量的不同表示法,因而它们之间存在着转换关系,从 RGB 空间转化至 HSV 空间的公式如下(运算前需将 RGB 空间每一色彩分量归一化至[0, 1]之间,这可以通过对每一分量除以 255 得到)。令

$$Dif = \text{MAX}(R, G, B) - \text{MIN}(R, G, B)$$

$$H = \begin{cases} \frac{(G - B) * \pi / 3}{Dif} & R = \text{MAX}(R, G, B) \\ \frac{(B - R) * \pi / 3}{Dif} & G = \text{MAX}(R, G, B) \\ \frac{(R - B) * \pi / 3}{Dif} & B = \text{MAX}(R, G, B) \\ \text{undefined} & R = G = B \end{cases} \quad (4)$$

$$S = \begin{cases} \frac{Dif}{\text{MAX}(R, G, B)} & \text{MAX}(R, G, B) \neq 0 \\ 0 & \text{MAX}(R, G, B) = 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$V = \text{MAX}(R, G, B) \quad (6)$$

#### 4.2 精确定位与车牌种类判断

由于我国车牌包含4种不同的配色方案,分别为蓝底白字(以下简称为蓝牌)、黄底黑字(黄牌)、白底黑字(白牌)和黑底白字(黑牌),因此首先要标注4种色彩的位置,经过大量的实验并参考文献[6]得出4种颜色的分布范围,如表1所示。

表1 HSV3 分量范围(-表示该值不予考虑)

	蓝	黄	白	黑
H	[180-250]	[25-60]	-	-
S	[0.2-1]	[0.2-1]	[0-0.1]	-
V	-	-	[200-360]	[0-100]

候选区域确定之后,利用上述定义判断车牌种类,去除干扰区域,获得车牌区域的精确位置,算法描述如下:

(1)对候选区域中每一个点进行处理,根据表1提供的分量范围进行判断,按照蓝、黄、白、黑的优先顺序标注该点的色彩编号(1,2,3,4),若都不是就标注为0;

(2)设候选区域高度为H,若其宽度W<H\*6.则将不再进行分割,只判断车牌种类;否则按照H\*6宽度的滑动窗口扫描候选区域。

蓝牌的概率=(蓝点数+白点数)/区域面积

黄牌的概率=(黄点数+黑点数)/区域面积

黑/白牌概率=(白点数+黑点数)/区域面积

(3)找到概率值最大的窗口区域,若概率偏小则判为非车牌区域,将其从候选区域集中删除,否则该区域即为车牌的精确定位位置,而概率类型即说明其车牌种类;若判为黑/白车牌,由于车牌背景色点数远大于字符点数,因此黑点数多就为黑牌,否则为白牌。

通过颜色判定可将例如图4(a)所示伪车牌区域删掉,同时将图4(b)所示候选区域精确定位到如图4(c)所示大小。



图4 粗定位和精确定位结果

## 5 候选区域字符切分

### 5.1 目前常用的切分算法

目前在车牌的字符切分研究领域,常用的方法有垂直投影法和连通域分割法。但是投影法对于噪声点的干扰或字体的断裂容易产生过度切分,将一个整体的字符切分成两部分;而连通域法则受到二值图像质量的限制,对于粘连字符不易切分。为了解决这些问题,采用多尺度模板匹配的字符切分方法,这种方法充分考虑到了车牌自身存在的格式属性。

### 5.2 多尺度模板匹配的字符切分方法

以模板匹配为手段的目标检测与识别在图像处理和计算机视觉中是一种经典方法。对于存在结构标准的刚体模型,由先验知识得到模版格式,根据高维多尺度变换模版匹配的思想进行定位切分。所谓的多尺度变换就是通过改变描述物体的每个变化因素来确定该因素的最优评价价值。

车牌区域的格式是存在特定规则的,以民用车牌为例,车牌原始模板的结构组成如图5所示,将其记为M,它不包含位置、大小、角度等视觉存在信息属性。对M做一系列线性变换 $\bar{\theta}$ ,得到包含视觉存在信息属性的存在模版 $M' = \bar{\theta}M$ 。为了确定变换 $\bar{\theta}$ 的最优值,需要定义一个衡量匹配优劣的判优函数。车牌区域字符切分实际上就是一个寻优过程,目的是寻找使判优函数取得最佳值的 $\bar{\theta}^*$ 所对应的存在信息属性组合。

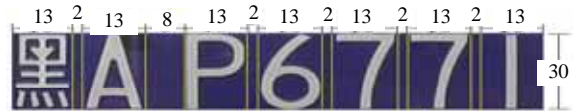


图5 车牌模板表示

定义2 模板M'作用于车牌图像中窗口区域I, I区域中字符区域的白点总数与该区域中所有白点总数的比值称为模板M'作用于I的覆盖率,记为 $c(M', I)$ ;

定义3 设I区域中七个字符块的白点数为 $N_1, N_2, \dots, N_7$ ,令 $N_{\max} = \text{MAX}\{N_1, N_2, \dots, N_7\}$ ,  $N_{\min} = \text{MIN}\{N_1, N_2, \dots, N_7\}$ ,  $N_{\text{mid}} = (N_1 + N_2 + \dots + N_7) / 7$ ,则此模板M'作用于I的差异率定义为

$$\sigma(M', I) = (N_{\max} - N_{\min}) / N_{\text{mid}} \quad (7)$$

存在模版 $M' = \bar{\theta}M$ ,认为 $\bar{\theta}$ 只包含有位置和比例 $\{x, y, \eta\}$ 的3参数变化量,于是定义M'作用于I区域的判优函数为

$$F(\bar{\theta}) = \begin{cases} c(\bar{\theta}M, I) & \sigma(\bar{\theta}M, I) \leq \Delta\sigma \\ 0 & \sigma(\bar{\theta}M, I) > \Delta\sigma \end{cases} \quad (8)$$

当差异率满足取值范围时, $F(\bar{\theta})$ 即覆盖率 $c(M', I)$ 。这时取得最优模板匹配信息的方法为

$$\bar{\theta}^* = \arg \max_{\bar{\theta} \in R^3} \{F(\bar{\theta})\} \cdot \sigma(\bar{\theta}M, I) \leq \Delta\sigma \quad (9)$$

多尺度模板匹配字符切分算法描述如下:

(1)对候选区域进行全局二值化,将字符纹理变换为白色,背景变换为黑色;

(2)车牌模板总长度从1/2个W开始,W为候选区域高度,模板首行从候选区域的上边缘开始比对;

(3)按照此模板尺度对整个候选区域子图像进行滑动匹配,保留覆盖率最高的模板匹配信息,包括模板的覆盖率和差异率;

(4)逐渐扩大模板总长度,若其长度小于W,则转到(3)。此方法的切分结果如图6(a)所示。

### 5.3 候选区域筛选

根据 5.2 节方法得到了每个候选区域的最佳模板匹配信息，但是这些区域中并不一定每一个都是真正的车牌区域。有的候选区域覆盖率偏低或差异率偏大，它们也将被认为是伪车牌区域。利用最佳切分模板信息将更加有效的提高去伪率，使车牌定位结果更加准确。

### 5.4 字符图像去噪

实验中发现字符切分的结果当中存在着若干的噪声区域，如车牌边框，这些噪声区域严重影响着字符识别阶段的识别正确率，本文采用下述方法来有效地解决这个问题：对于后面 6 个字符图像的每一个切分结果，求其图像中的所有连通区域，将外接矩形面积最大的连通域视为其字符纹理。由于部分字符的纹理可能会与上下边框相粘连，因此取得后面 6 个字符的上下边界值，去掉最高和最低两个值，再取得剩余 4 个上下边界值的平均数，将其作为所有字符的统一上下边界。字符图像的去噪结果如图 6(b)所示。



图 6 切分结果

## 6 实验结果及结论

通过对 3 次拍摄不同光照的视频图像进行实验，共获得 502 个过往车辆图像，通过连通区域水平相关性分析得到 2 688 个候选区域，识别车牌 496 个，伪车牌区域 2 182 个，通过后续判断去除 2 092 个，去伪率达到 95.7%。进一步对 496 个车牌进行精确定位与切分统计结果如表 2 所示。

表 2 中看到 469 个车牌被精确定位，总定位切分准确率达到了 93.4%。对宽度 720 像素，高度 576 像素的视频图像进行车牌定位，在硬件环境 CPU 为奔腾 1.6GHz，内存 256MB 的情况下，处理一幅图像平均需要时间 0.082s。实验表明此方法有较好的鲁棒性，定位准确率达到了工程应用的要求，并具有良好的实时性，可以应用于实际系统。

表 2 定位切分正确率

车牌种类	车辆数	定位切分正确数	定位切分正确率/%
蓝牌	392	367	93.6
黄牌	87	85	97.7
黑牌	8	8	100
白牌	9	9	100
总数	496	469	94.5

### 参考文献

- 1 邹晓涛, 陈学焯. 汽车牌照自动识别系统的设计与研制[J]. 红外与激光工程, 2002, 31(5): 415-418.
- 2 任仙怡, 周 晓, 张桂林, 等. 彩色汽车牌照定位方法[J]. 红外与激光工程, 2002, 31(3): 204-207.
- 3 Cui Y T, Huang Q. Character Extraction of License Plates from Video[C]//Proc. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Santa Barbara, California, USA. 1997: 502.
- 4 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.
- 5 张 引, 潘云鹤. 彩色汽车图像牌照定位新方法[J]. 中国图像图形学报, 2001, 6(4): 374-377.
- 6 杨家辉, 王建英. 基于色彩分割与体态纹理分析的车牌定位系统[J]. 计算机与现代化, 2004, (11): 22-26.

(上接第 203 页)

经过运行计算，结果如表 2 所示。

表 2 特征值优化问题拓扑数量变化表

群体种类	G=0	G=10	G=25	G=50	G=75	G=100	G=200	G=300	G=400	G=500
单群体	1000	375	342	313	275	317	184	149	158	143
单群体+FCA	1000	375	342	313	275	317	184	149	158	143
多群体	1000	356	349	361	339	373	235	206	212	197
多群体+FCA	1000	343	337	354	376	406	429	183	306	313

从表 2 可知，拓扑适应值共享-拥挤协同式参数算法(FCA)显著地提高了种群的拓扑多样性，有效地防止了局部收敛的发生。总的来说，由于多群体具有拓扑多样性天性，其最终搜索结果往往要优于单群体。使用 FCA 方法，由于维护拓扑多样性，在开始进化后的一小段时间内，其收敛速度往往要略低于标准 GP 搜索方法，但却有效地避免了局部收敛，从而获得了理想的优化结果。

## 5 结束语

本文提出了一种基于 GP 的拓扑适应值共享-拥挤协同式参数算法，针对动态系统进化设计过程中拓扑搜索和参数搜索的相互依赖但在争夺计算资源和存储空间方面又是相互排斥的复杂关系，实验结果表明该算法能够有效保证拓扑和参数的平衡搜索，并且克服了进化过程中的局部收敛的问题，

获得了理想的设计结果。

### 参考文献

- 1 Hu Jianjun, Seo Kisung, Li Shaobo, et al. Structure Fitness Sharing (SFS) for Evolutionary Design by Genetic Programming[C]//Proc. of the Genetic and Evolutionary Computation Conference on Table of Contents. 2002: 780-787.
- 2 Ryan C. Pygmies and Civil Servants[C]//Kinnear K E. Advances in Genetic Programming. [S.l.]: MIT Press, 1994: 243-263.
- 3 李少波, 胡建军, 谢庆生, 等. 基于遗传编程(GP)与键合图的机电系统自动设计[J]. 系统仿真学报, 2002, 10(11): 1513-1516.
- 4 李少波, 陈 茜, 胡建军. 基于分等级搜索的可持续进化算法研究[J]. 中国机械工程, 2006, 17(11): 1162-1167.
- 5 Hu Jianjun. Sustainable Evolutionary Algorithms and Scalable Evolutionary Synthesis of Dynamic Systems[D]. East Lansing: Michigan State University, 2004.
- 6 Belew R K, Vose M D. Foundations of Genetic Algorithms[M]. San Francisco, Calif: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1997.
- 7 李敏强, 寇纪淦, 林 丹, 等. 遗传算法的基本理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- 8 Hu J, Goodman E, Seo K, et al. The Hierarchical Fair Competition (HFC) Framework for Sustainable Evolutionary Algorithms[J]. Evolutionary Computation, 2005, 13(1): 52-67.