

# 一种新的汽车牌照字符切分算法

汪 涛, 卢朝阳

(西安电子科技大学 综合业务网理论与关键技术国家重点实验室 陕西 西安 710071)

**摘要:** 充分利用车牌字符的局部与整体特征, 提出了字符串的车牌相似度概念, 并在此基础上提出了一种新的车牌字符切分算法. 该算法将搜索连通区域切分与投影切分结合起来, 通过聚类分析, 遍历各种切分的可能情况, 最终按照车牌相似度最大的字符串完成字符切分. 实验结果表明, 该算法有很好的可行性和有效性.

**关键词:** 车牌识别; 字符切分; 投影; 聚类分析

中图分类号: TP391.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-240X(2005)06-0931-04

## A new algorithm for the character segmentation of the license plate

WANG Tao, LU Zhao-yang

(State Key Lab. of Integrated Service Networks, Xidian Univ., Xi'an 710071, China)

**Abstract:** The local and global characteristic of characters of the license plate is fully used and the concept of the similarity between a character string and the license plate is introduced, on the basis of which a new algorithm for the character segmentation of the license plate is proposed. Using connected-component searching and projection, this algorithm enumerates all the possible segmentations. And then it analyses the segmented characters using clustering. Finally, it selects a character string that has the maximal similarity to the license plate to segment the character. Experimental results show that the algorithm has good feasibility and effectiveness.

**Key Words:** license plate recognition; character segmentation; projection; cluster

汽车牌照识别是智能交通系统(ITS)的关键技术之一,在高速公路收费、电子警察和治安卡口等系统中有重要的应用价值.作为图像识别的典型问题,汽车牌照识别的研究有很长的历史,但因为实际路况的高度复杂性(如车速、光线、污染及变形等),目前的性能还不能令人满意.

汽车牌照识别系统主要由车牌定位、字符切分以及字符识别组成.车牌定位的作用是在整幅图像中找到车牌区域.字符切分是利用车牌字符的局部与整体信息,将车牌定位得到的车牌图像中的字符提取出来.字符识别是模式识别理论的典型应用,目前字符识别技术已经相对成熟,在正常图像质量条件下,正确识别率很高.对车牌识别来说,如果车牌定位和字符切分的性能理想,整个系统的正确识别率就不会低.然而车牌定位很难精确地得到车牌的上下左右边界,而把精确定位问题留到字符切分部分解决.所以,笔者认为整个车牌识别系统的性能瓶颈在车牌精确定位和字符切分部分,尤其是字符切分,能否在车牌图像中准确地切分出字符是车牌识别系统成功的关键.

字符切分最有效也最常用的方法是投影切分<sup>[2]</sup>.前者因为可能存在的“过切分”,即把一个字符切分成多个部分,例如可能将字符“L”和“J”下面的横向笔画切断,使得得到的区域个数不少于字符个数.后者因为字符间的粘连、字符与边框的粘连,使得到的连通区域个数不多于字符个数.这里利用车牌字符的局部和整体特征,提出了字符串的车牌相似度概念,并针对这两种切分思路的特点,在估计出字符高度的基础上,遍历各种可能

存在的切分,计算字符串的车牌相似度.最终找到车牌相似度最大的那种情况,完成字符切分.

## 1 车牌字符的特征

把单个字符的占用空间称为 Region. 字符“1”的 Region 包括左右空出来的空间,其他字符的 Region 与其最小外接矩形所占的空间相同.把 Region 之间的间隔称为 Gap.把第一个非汉字字符与第二个非字符之间的 Gap 称为 KeyGap.根据公安部制定的 92 式车牌与 02 式车牌标准,Region,Gap 与 KeyGap 宽度之比为 45 : 12 : 35.考虑到车牌字符的实际大小、一定范围内的水平倾斜、二值化误差,以及摄像机的视角在一定范围内变化,并经过统计得到车牌字符的特征如下所示.

单个字符特征:字符“1”的高宽比大于 3.0,而其他字符的高宽比属于[1.5, 3.0],并认为高宽比小于 1.5 的字符一定存在粘连.

字符串的整体特征:各个 Region 的大小相等,除了 KeyGap,Gap 的大小相等,KeyGap 的宽度是 Gap 的 3 倍,Region 与 Gap 处于同一高度上,KeyGap 右侧的 Region 是均匀排列的.

## 2 字符串的车牌相似度

记实际车牌图像中 KeyGap 左侧第一个 Region 的左边界到右侧第 5 个 Region 的右边界的距离为  $L$ ,即字符串的左边界到右边界的距离为  $L$ .这 6 个 Region 的左右边界横坐标可构成一个维数为 12 的常向量  $S'$ .考虑了误差后,根据车牌字符的特征,假设 Region 的宽度为  $kL$  ( $k$  为比例系数),那么由字符串的整体特征可知 Gap 的宽度为  $(L - 6kL)/7$ ,KeyGap 的宽度为  $3(L - 6kL)/7$ .这 6 个 Region 的左右边界点的横坐标也可构成一个维数为 12 的“车牌模板向量” $T = (t_0, t_1, \dots, t_{11})$ .为了简化表达与计算,将  $T$  乘以  $7/L$ ,得到  $t_0 = 0$ ,  $t_1 = 7k$ ,  $t_{2i} = (2 + i) - (12 - i)k$ ,  $t_{2i+1} = (2 + i) - (5 - i)k$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ .同样将  $S'$  乘以  $7/L$ ,得到常向量  $S = (s_0, s_1, \dots, s_{11})$ .两向量的欧氏距离为

$$V' = \sum_{i=0}^{11} (t_i - s_i)^2 = a k^2 + b k + c,$$

其中

$$a = 49 + \sum_{i=1}^5 ((12 - i)^2 + (5 - i)^2),$$

$$b = -14 s_1 + 2 \sum_{i=1}^5 ((12 - i)(s_{2i} - 2 - i) + (5 - i)(s_{2i+1} - 2 - i)),$$

$$c = s_1^2 + \sum_{i=1}^5 ((s_{2i} - 2 - i)^2 + (s_{2i+1} - 2 - i)^2).$$

当  $k = -b/(2a)$  时,  $V'$  最小为  $V'_{\min} = c - b^2/(2a)$ .令  $V = 1/V'_{\min}$ .由  $V$  的构造过程可看到,实际车牌中的 Region 串对应常向量  $S$ ,在常向量  $S$  的附近找到一个最佳车牌模板向量  $T$ ,使得它俩之间的距离最小;然后令该距离的倒数就是该 Region 串的车牌相似度,即相应的字符串的车牌相似度.在理想的情况下,  $V = +\infty$ .如果各个 Region 的宽度差异较大或者各个 Gap 的宽度差异较大,则  $V$  较小.如果 Region 的排列与理想车牌字符的排列差异越大,则  $V$  越小.所以  $V$  可很好地描述该 Region 串相应的字符串与理想车牌之间的相似程度,即它与车牌字符特征的吻合程度.下文将  $V$  称作字符串的车牌相似度.

## 3 车牌字符切分

车牌字符切分分倾斜校正、水平切分和垂直切分.如图 1 所示,实线框内是整个系统的详细工作流程,3 个虚线框内分别是 3 个环节的工作流程.

### 3.1 倾斜校正

实际采集的车牌图像中通常无法避免会有一定角度的倾斜,这对车牌上下边框的去除带来了很大的影

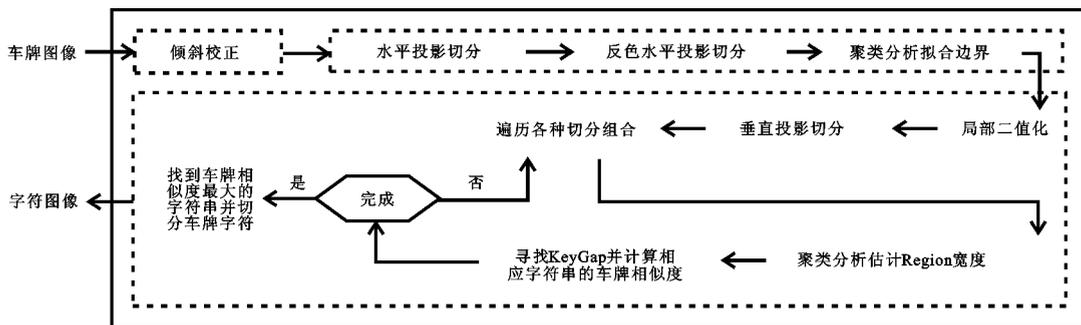


图 1 车牌字符切分流程图

响,所以必须对车牌进行倾斜角度估计和校正,以便准确得到车牌边界.考虑到车牌边框有锐利的水平边缘信息,首先对车牌图像做 Sobel 算子<sup>[3]</sup>的水平边缘检测,然后采用最大类间类内距离比方法<sup>[4]</sup>将边缘图像二值化.再对二值的边缘图像做直线 Hough 变换<sup>[3]</sup>,找到累计数组中最大值所对应的直线,认为它的角度是车牌的倾斜角度.最后,对车牌图像做相应角度的切错变换<sup>[5]</sup>,即可校正倾斜的车牌.实验证明,这种方法有很好的效果,如图 2(a) (b)所示.



图 2 车牌的倾斜校正与水平投影切分

### 3.2 水平切分

#### 3.2.1 水平投影切除边框

首先将彩色图像灰度化,然后采用最大类间类内距离比方法将图像二值化,结果如图 3(c)所示.多数图像的边框与字符有着一定距离,那么对二值图像进行水平投影,找到相应的波谷即可切除上下边框,如图 2 (d) (e)所示.但是对于边框与字符相连的车牌图像,这种方法无效,如图 3(a) (b)所示.



图 3 水平投影与反色水平投影的结果

#### 3.2.2 反色水平投影再次切除边框

将图像反色,白色的边框与字符变成黑色,而字符间的间隙变成白色.再做水平投影切除边框,即可粗略的将边框切掉.由图 3(c) (d)可看到,反色水平投影切分可去掉大部分边框,但依然有残留的小部分边框.因为切除了粘连在字符上的大部分面积不可忽略的边框,所以虽然切除的不精确,但这一步对保证字符识别的正确率有很大贡献.

#### 3.2.3 聚类分析拟合字符边界

搜索连通区域,对高宽比不小于 1.5 的连通区域的高度做最大最小聚类法<sup>[6]</sup>聚类.找出具有最多样本的类,并对它们的最小包围矩形的上下界做直线的最小二乘拟合.然后去掉拟合直线以外的部分图像,以及高度较小的连通区域.如图 3(d)所示,由于字符“2”、“7”、“5”是符合单个字符特征的字符,所以在做边界拟合的时候,利用它们的高度和位置信息,切除了残留的边框,结果如图 4(d)所示.这一步还可去掉车牌上的铆钉.最后对各个连通区域的高度求平均值,认为这个值就是车牌字符的高度估计值.

### 3.3 垂直切分

#### 3.3.1 局部二值化

由图 4(c)看到,图像中有粘连发生.在这一步,利用字符的高度比不小于 1.5 这一约束条件,对高度比小



图 4 车牌图像经过拟合边界后的结果

于 1.5 的字符所在区域调整阈值重新二值化. 再考察垂直投影切分得到的字符是否符合该条件, 符合者停止调整, 不符合者继续调整二值化阈值. 直到垂直投影得到的所有字符的高度比都不小于 1.5, 或者调整的次数达到预先设定的上限.

3.3.2 垂直投影切分

首先对车牌进行垂直投影切分, 然后考察切分得到的各个区域. 把高度大于字符高度估计值一半的字符标注为 BLOCK. 把高度不大于字符高度估计值一半的字符标注为 MAYBE, MAYBE 可能是被过切分下来的残缺字符, 也可能是残留的边框, 如图 5(a) (b)所示. 把切分得到的间隙标记为 GAP.



图 5 垂直切分后的结果(由于汉字不需要识别, 所以把汉字切除了)

3.3.3 遍历切分

遍历所有可能的切分情况, 寻找 KeyGap 并计算相应字符串的车牌相似度, 最终找到车牌相似度最大的字符串, 完成字符切分.

第 1 步 让所有 MAYBE 在 {BLOCK, GAP} 中取值, 遍历各种取值组合. 做相邻同类型合并, 把相邻的 BLOCK 合并在一起认为是一个 BLOCK, 按同样的方法合并相邻的 GAP. 考察由合并得到的 BLOCK 是否符合单个字符的特征. 如果不符合, 则不经过接下来的步骤, 而是继续考察下一种取值组合.

第 2 步 估计 BLOCK 的 Region 宽度. 用  $X$  表示高宽比属于 [1.5, 3.0] 的 BLOCK, 用  $I$  表示高宽比大于 3.0 的 BLOCK, 用  $O$  表示“空”. 用  $G1$  表示 BLOCK 左边的 GAP 的宽度, 用  $G2$  表示 BLOCK 右边的 GAP 的宽度. 对于  $X$ , 它的实际宽度就是它的 Region 宽度. 对于  $I$ , 它的 Region 宽度如表 1 所示. 类型栏括号中的  $I$  为要考察的 BLOCK, 根据实际情况在类型栏中找到相应的类型, 并估计  $I$  的 Region 宽度. 然后对所有 BLOCK 的 Region 宽度进行最大最小聚类法聚类. 这样就得到了这种情况下的 BLOCK 的平均 Region 宽度 AvgWidth.

表 1  $I$  的 Region 宽度估计表

类 型	宽 度	类 型	宽 度
$X(I)X$	$G1 + G2$	$O(I)X$	$G2 \times 2$
$X(I)I$	$G1 + G2/2$	$O(I)I$	$G2 \times 2$
$X(I)X$	$G1/2 + G2$	$X(I)O$	$G1 \times 2$
$X(I)I$	$G1/2 + G2/2$	$X(I)O$	$G1$

第 3 步 寻找 KeyGap 并计算相应字符串的车牌相似度, 找出车牌相似度最大的字符串并完成字符切分. 因为 KeyGap 的左侧一定是英文字符, 属于  $X$  型, 而 KeyGap 的右侧第一个字符可能是  $I$  或  $X$ , 所以 KeyGap 的取值有两种情况. KeyGap 的约束条件如表 2 所示. 不过在这一步可能会得到多个 KeyGap, 对每一个 KeyGap 都要计算相应字符串的车牌相似度. 如果 KeyGap 右侧的第一个字符或者最后一个字符是  $I$ , 则  $I$  的 Region 宽度按照表 1 的第 5, 6, 7, 8 种类型重新估计.

表 2 KeyGap 的约束条件

类 型	判 断
$X(\text{KeyGap})X$	KeyGap 的宽度大于 $\text{AvgWidth} \times 0.45$ , 并且与车牌右边界的距离大于 $\text{AvgWidth} \times 4.5$
$X(\text{KeyGap})I$	KeyGap 的宽度大于 $\text{AvgWidth} \times 0.95$ , 并且与车牌右边界的距离大于 $\text{AvgWidth} \times 4.0$

