

# 一种轻量级的车牌字符识别算法

马李昕 李凤坤

(大连东软信息学院 辽宁 大连 116023)

**摘要** 字符识别是车牌识别的一个关键环节。在对车牌字符集进行深入分析的基础上,提出了形状特征向量等概念,从理论上分析并证明了形状特征向量用于车牌字符识别的可行性。文中提出了一种基于形状特征向量的车牌字符识别算法,并进行了仿真实验。实验结果表明,形状特征向量能够用作车牌字符识别,基于形状特征向量的车牌识别算法具有 97.31% 的正确率;此外,该算法没有复杂的训练过程,不需要大量数据来记录训练结果,实现简单,是一种轻量级的车牌字符识别算法。

**关键词** 车牌识别,字符识别,形状特征向量

**中图分类号** TP391.43 **文献标识码** A

## Light-weight Recognition Algorithm of Vehicle License Plate Characters

MA Li-xin LI Feng-kun

(Dalian Neusoft University of Information, Dalian, Liaoning 116023, China)

**Abstract** Character recognition is the key step of vehicle license plate recognition (VLPR). Some concepts, such as shape feature vector (SFV), were proposed after examining the character set used by vehicle license plate and the feasibility of using SFV to recognize vehicle license plate characters was proven theoretically. Then, a character recognition algorithm of vehicle license plate was proposed and evaluated by simulation. The result of the simulation shows that SFV can be used as license plate character recognition, and the license plate recognition algorithm based on SFV has an accuracy rate of 97.31%. Besides, this algorithm has no complex training process and does not require large amounts of data to record the training results. It is simple to implement and is a lightweight license plate character recognition algorithm.

**Keywords** Vehicle license plate recognition, Character recognition, Shape feature vector

## 1 引言

车牌识别技术 (Vehicle License Plate Recognition, VLPR) 是指从车牌的图像图形数据中自动提取车辆牌照信息 (包括汉字、大写英文字母、阿拉伯数字和车牌颜色等), 并且进行信息识别。车牌识别是许多智能交通系统 (Intelligent Transportation System, ITS) 中的重要组成部分之一, 被广泛应用于许多领域, 如交通违章检测、智能停车场等。

车牌识别系统主要包括车牌区域检测、车牌字符分割和车牌字符识别 3 个重要部分<sup>[1-3]</sup>。其中, 车牌字符识别是将图形状态的字符转化为具有字符含义或者可计算状态的字符的关键步骤。目前, 主要的字符识别可以分为 3 类<sup>[4]</sup>: 基于模板匹配、基于统计分类器和基于特征点匹配的方法。模板匹配的方法在图形尺寸发生变化时, 较难应对。文献[5]通过分析相似字符易误识别的特点, 结合分组分类的思想来提高识别率。基于统计分类器的方法, 采用隐马尔科夫随机模型、SVM、神经网络等工具, 相似字符的识别率不高, 易受噪声影响。文献[6]在 SVM 方案的基础上, 通过引入结构特征和灰度特征来提高相似字符的识别率。为了降低噪声的影响, 文献[8]提出了基于栈降噪的自编码神经网络识别方案。文献

[9]提出了多分类的 SVM 方案, 通过细化分类进一步提高识别率。图形图像往往具有较多的像素, 给统计分类器的输入也往往是高维的, 导致基于统计分类器的方案整体比较复杂, 在嵌入式设备上使用比较困难。对此, 本文提出一种轻量级的字符识别算法, 该算法使用形状特征向量来反映车牌字符在形状上的差别, 使用字符的形状特征来区分不同的字符。整体方案简洁、实现简单, 不采用模式识别的方法, 因而也不需要大量样本进行训练。

## 2 车牌字符识别算法

### 2.1 定义

为了便于准确表达字符识别算法, 下面先引入几个相关的概念。

**定义 1** (字符倾斜角, Slope Angle, SA) 在一幅车牌的二值位图中, 图片中的车牌字符相对于图片左右两条竖直边的角度。如图 1 所示, 角  $\alpha$  即为字符倾斜角。

**定义 2** (字符框, Character Frame, CF) 在一幅车牌的二值位图中, 恰好包围某一字符的平行四边形, 并且满足下面的条件:

本文受辽宁省博士启动基金(20170520398), 辽宁省教育厅科学技术一般项目(L2015041)资助。

马李昕(1980—), 男, 硕士, 副教授, 主要研究方向为网络安全、图像识别, E-mail: malixin@neusoft.edu.cn; 李凤坤(1983—), 女, 硕士, 讲师, 主要研究方向为智能算法、图形图像, E-mail: lifengkun@neusoft.edu.cn。

- (1)上下两条边与图片上下两条边界平行;
- (2)左右两条边的倾斜角为字符倾斜角。

图1中紧紧包围字符的边框即为该字符的字符边框。



图1 字符倾斜角与字框示例

**定义3(字框分区, Character Frame Subarea)** 字框的两条对边中点连接线将字框分成的4个小区域,分别称为A,B,C和D区,如图2所示。A和B称为左区,A和D称为上区,C和D称为右区,B和C称为下区。

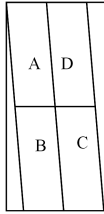


图2 字符分区示例

**定义4(形状占比, Shape Ratio)** 在一幅车牌的二值位图中,以字框包含的全部像素点或某一字框分区为总体,字符所占像素数占总体的比例,称为形状占比。

在正文中,以整个字框为总体的占比,称为总体形状占比,简称为总体占比。以某一分区为总体的占比,称为分区占比,例如,A区占比,左区占比,上区占比等,如表1所列。

表1 不同类别的形状占比的名称及符号示例

字框分区	形状占比	形状占比符号
字框	总体占比	$SR_t$
A区	A区占比	$SR_A$
A/B区	左区占比	$SR_{AB}$
A/D区	上区占比	$SR_{AD}$

表2 LPCS字符集的形状特征向量

字符	$SR_t$	$SR_A$	$SR_B$	$SR_C$	$SR_D$	$SR_{AD}$	$SR_{BC}$	$SR_{AB}$	$SR_{CD}$
0				$\pi(\frac{0.5w}{l} + \frac{0.5w}{h} - \frac{w^2}{hl})$					
1				1					
8				$\pi(\frac{hw-2w^2}{hl})$					
C	$\frac{3\pi(hl-(h-w)(l-w))}{4hl}$	$\frac{\pi(hl-(h-w)(l-w))}{hl}$		$\frac{\pi(hl-(h-w)(l-w))}{2hl}$		$\frac{3\pi(hl-(h-w)(l-w))}{4hl}$		$SR_A$	$SR_C$

2.3 形状特征向量的稳定性

**定理2** 设s为LPCS上的一个字符,i是s拍摄的正面像,则有式  $SFV(s) = SFV(i)$  成立。

分析:由相机的成像原理可知,相机是利用物在2倍焦距之外凸透镜会在1倍焦距与2倍焦距之间呈一个倒立的、缩小的实像的成像规律工作的。该实像会在感光材料上产生物理的(数码相机)或化学的(胶片相机)反应,从而得到平面的相片,即字符s的不同像可以由字符s通过等比例大小变化来近似模拟。

证明:我们知道不规则平面图形的面积可以通过将其分割为规则的图形来求解。

**定义5(形状特征向量, Shape Feature Vector, SFV)** 由各种形状占比组成的描述形状特征的向量,如式(1)所示。

$$SFV(c) = [SR_t(c), SR_A(c), SR_B(c), SR_C(c), SR_D(c), SR_{AD}(c), SR_{BC}(c), SR_{AB}(c), SR_{CD}(c)] \quad (1)$$

2.2 基于形状特征向量的车牌字符识别的可行性分析

形状特征向量是否可以作为车牌字符的识别数学模型,取决于两个方面:1)车牌字符的形状特征向量是否互不相同;2)每个车牌字符的形状特征向量是否保持不变。

2.2.1 形状特征向量的可区分性

本小节来考查车牌上字符的形状特征向量是否有区分性,也就是是否可以通过形状特征向量来唯一地识别某一字符。

中国国内车牌字符包括31个汉字、10个数字和24个大写英文字母(其中,I和O与数字1和0容易混淆,在实际车牌发放中不再使用),于是有下面的字符集及样式定义。

**定义6(车牌字符集及样式, License Plate Characters and Style, LPCS)** 中华人民共和国公共安全行业标准 GA36-2014规定的字符集及样式,式(2)所示。

$$LPCS = \{ \text{格式化字符 } c | c \in \text{GA36-2014 规定的字符集及样式} \} \quad (2)$$

仔细观察不难发现,车牌中的字符是有限且规整的,这就为获取字符的形状特征提供了基础。另外,车牌中的字符从形状上来说都是不同的,只要设计的形状特征向量合理,就一定能够通过特征向量区分车牌字符。下面来证明这些字符的形状特征向量是可区分的。在证明过程中,采用实际测量和近似计算的方式来确定每个车牌字符的几何组成与占比。

**定理1** 式(1)定义的形状特征向量SFV在LPCS上是可区分的,即:

$$\forall c_1 \forall c_2 ((c_1 \in LPCS) \wedge (c_2 \in LPCS)) \rightarrow SFV(c_1) \neq SFV(c_2) \quad (3)$$

证明:设车牌字符高度为h,宽度为l,笔画宽度为w,通过测量和估算的方法会求得全部LPCS字符的形状特征向量,通过对比分析得出式(3)成立。部分字符的形状特征向量如表2所列。

$\therefore S = \sum a_x \cdot w_x \cdot h_x$ , 其中,  $a_x$  为系数,如是三角形,则为1/3;如是矩形,则为1;如是圆,则为 $\pi$ 。

$$\therefore \text{字框总体面积 } S_t(s) = \sum_i a_i w_i h_i$$

同理:各分区面积  $S_A, S_B, S_C$  和  $S_D$  具有同样的形式。

字符s所占像素总面积  $S_t'(s) = \sum_i a_i'(s) w_i'(s) h_i'(s)$  及字符c在各分区中的像素面积  $S_A'(s), S_B'(s), S_C'(s)$  和  $S_D'(s)$  具有同样的形式。

$$\begin{aligned} \therefore SR_t(s) &= S_t'(s) / S_t(s) \\ &= \sum_i a_i(s) w_i(s) h_i(s) / \sum_i a_i'(s) w_i'(s) h_i'(s) \end{aligned}$$

$SR_A(s), SR_B(s), SR_C(s)$  与  $SR_D(s)$  的表达式类似。

$$\begin{aligned} \therefore SR_{AD}(s) &= (S_A'(s) + S_D'(s)) / (S_A(s) + S_D(s)) \\ &= \frac{(\sum_A a_A'(s) w_A'(s) h_A'(s) + \sum_D a_D'(s) w_D'(s) h_D'(s))}{(\sum_A a_A(s) \cdot w_A(s) \cdot h_A(s) + \sum_D a_D(s) \cdot w_D(s) \cdot h_D(s))} \end{aligned}$$

$SR_{BC}(s), SR_{AB}(s)$  和  $SR_{CD}(s)$  也有同样的表达式。

$\therefore$  可以得表达式  $\mathbf{SFV}(s)$ 。

同理可得  $\mathbf{SFV}(i)$ 。其中,  $\mathbf{SFV}(i) = [SR_I(i), SR_A(i),$

$SR_B(i), SR_C(i), SR_D(i), SR_{AD}(i), SR_{BC}(i), SR_{AB}(i), SR_{CD}(i)]$ 。

即:

$$\begin{aligned} SR_I(i) &= S_I'(i) / S_I(i) \\ &= \sum_t a(i)_t w(i)_t h(i)_t / \sum_t a_t'(i) w_t'(i) h_t'(i) \end{aligned}$$

$SR_A(i), SR_B(i), SR_C(i), SR_D(i), SR_{AD}(i), SR_{BC}(i),$

$SR_{AB}(i)$  与  $SR_{CD}(i)$  有相应的表达式。

$\therefore s$  与其像  $i$  是等比例大小变化

$\therefore w(i)_t = \alpha w(s)_t$

$h(i)_t = \alpha h(s)_t$

$w_t'(i) = \alpha w_t'(s)$

$h_t'(i) = \alpha h_t'(s)$

又因为图形没有变化

$\therefore$  面积系数没有变化, 即  $a(i)_t = a(s)_t$

$\therefore SR_I(i) = S_I'(i) / S_I(i)$

$$\begin{aligned} &= \sum_t a(i)_t w(i)_t h(i)_t / \sum_t a_t'(i) w_t'(i) h_t'(i) \\ &= \sum_t a(s)_t \alpha w(s)_t \alpha h(s)_t / \sum_t a_t'(s) \alpha w_t'(s) \alpha h_t'(s) \\ &= \alpha^2 \sum_t a(s)_t w(s)_t h(s)_t / \alpha^2 \sum_t a_t'(s) w_t'(s) h_t'(s) \\ &= \sum_t a(s)_t w(s)_t h(s)_t / \sum_t a_t'(s) w_t'(s) h_t'(s) \\ &= SR_I(s) \end{aligned}$$

同理:

$SR_A(i) = SR_A(s), SR_B(i) = SR_B(s)$

$SR_C(i) = SR_C(s), SR_D(i) = SR_D(s)$

$SR_{AD}(i) = SR_{AD}(s), SR_{BC}(i) = SR_{BC}(s)$

$SR_{AB}(i) = SR_{AB}(s), SR_{CD}(i) = SR_{CD}(s)$

$\therefore \mathbf{SFV}(s) = \mathbf{SFV}(i)$

由定理 1 可知, 通过形状特征向量我们可以来区分 LPCS 字符集中的字符, 即车牌字符。由定理 2 可知, LPCS 字符的各种正面像都具有相同的形状特征向量。

综合两个定理可以得出, 形状特征向量可以被用于 LPCS 字符的识别。

### 3 字符识别算法

定理 1 与定理 2 从理论上证明了形状特征向量用于车牌字符识别的可行性。这一节介绍基于形状特征向量构造的车牌字符识别算法, 该算法包括以下 4 步。

(1) 针对 LPCS 字符集采集全部车牌字符示例。根据式 (1) 计算每个字符的形状特征向量, 记为  $\mathbf{SFV}(s)$ , 形成全部车牌字符的形状特征向量库  $SFV_{LPCS}$ 。

(2) 获取待识别字符, 同样计算其形状特征向量, 记为  $\mathbf{SFV}'(x)$ 。

(3) 计算  $\mathbf{SFV}'(x)$  与  $SFV_{LPCS}$  库中每个字符的欧氏距离 (Euclidean metric)  $d_{xs}$ 。

(4) 将  $d_{xs}$  由小到大排序, 与  $\mathbf{SFV}'(x)$  距离最小的即为识别的结果。

### 4 实验验证

使用 Matlab 作为仿真实验工具, 对采集的 652 个 LPCS 字符样本进行实验分析。样本涵盖了整个 LPCS 字符集的字符。首先计算形状特征向量库。部分字符的数据如表 3 所列。

表 3 字符集中部分形状特征向量的计算值

字符	$SR_I$	$SR_A$	$SR_B$	$SR_C$	$SR_D$	$SR_{AD}$	$SR_{BC}$	$SR_{AB}$	$SR_{CD}$
0	0.48	0.5	0.5	0.49	0.48	0.49	0.5	0.5	0.48
1	0.98	0.99	1	1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99
8	0.55	0.59	0.55	0.57	0.53	0.56	0.56	0.57	0.55
C	0.43	0.53	0.52	0.38	0.29	0.41	0.45	0.52	0.33

通过观察可以发现, 表 3 中的实测值符合表 2 理论值体现出的规律。

本文方法与其他类方法的识别正确率对比如表 4 所列。从正确率上来看, 本文方法与改进后的其他类方法差别并不大, 所有方法的识别正确率都比较高。但是, 本文方法在计算与存储复杂度上比其他类方法优秀。具体的对比过程如表 5 所列。表 5 中, Size 为 LPCS 字符集大小,  $\mu$  为每个字符的平均特征向量数, 一般情况下取 1; 表中的“高维”是指图片归一化后的图片像素数, 一般在 300 以上, 如文献[5]是 320 维, 文献[8]是 784 维, 文献[9]是 448 维。从表 5 中可以看出, 由于形状特征向量仅为 9 维, 因此计算与存储复杂度都很低。

表 4 不同类别方法的识别正确率对比

识别方法	识别率/%
改进的基于模板的方法 <sup>[5]</sup>	91.46
SVM <sup>[8]</sup>	95.12
本文的方法	97.31

表 5 不同类别方法的计算与存储复杂度分析

识别方法	计算单元	计算次数	存储单元	存储数量	是否需要训练
模板类方法	高维欧氏距离	$Size \times \mu$	高维特征向量	$Size \times \mu$	否
SVM	高维多项式	1	高维多项式系数	至少 $Size \times \mu$	是
神经网络类方法	高维多项式	1	高维多项式系数	至少 $Size \times \mu$	是
本文的方法	9 维欧氏距离	$Size \times \mu$	9 维特征向量	$Size \times \mu$	否

**结束语** 本文提出了形状特征向量的概念, 并基于该概念设计了一种轻量级的车牌字符识别方法。基于形状特征向量的识别方法具有如下优点: 1) 不需要对车牌图像进行归一化处理, 能够很好地使用在归一化过程中过滤的字符信息; 2) 形状特征向量计算简单, 图片二值化后, 实际上是对 1 的个数做统计。算法实现过程存在的主要问题是, 车牌字符有倾斜角度时, 字框求解不准确。下一步需要对字框求解过程做优化, 进一步提高字符识别正确率。

### 参考文献

- [1] LETS, TRAN V N, Hamamoto K. A robust and flexible license plate detection method[C]// Proceedings of International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC). Hanoi: IEEE Press, 2014: 326-331.