

# 车辆牌照字符识别系统

叶晨洲 廖全周 梅帆 (上海同济大学计算机系人工智能研究室, 200092)

**摘要:**车辆牌照自动识别系统的实现是推进交通管理计算机化的关键技术之一。牌照字符识别系统作为其中一个必不可少的组成部分需对分割出来的牌照进行字符识别。由于车辆牌照的特殊性给字符识别带来的困难。为了识别这一特殊环境中的字符,本文介绍的牌照字符识别系统作了一些尝试。

**关键词:**车辆牌照 字符识别

## 1. 引言

车辆牌照是车辆的“身份证”号码,在交通系统中有着不可替代的作用。通过它可以检索车辆的各项重要信息,记录车辆的违章或用于收费等用途。若能用计算机实时地识别车牌就可以在无需为车辆加装其他特殊装置的情况下实现对车辆的自动监测,从而给交通系统的自动管理提供了极大的方便。因此车辆牌照自动识别系统的实现是推进交通管理计算机化的关键技术之一。关于车辆牌照自动识别的研究工作八十年代就已展开。国内已有一些大学进行了尝试,但是尚未见该类系统投入实用的报道。

通常车辆牌照自动识别系统分成前后两大部分。前半部将牌照从复杂背景中检测并分割出来,后半部分对分割出来的牌照进行字符识别。本文介绍的就是牌照自动识别系统的后半部分——字符识别子系统。



图 1

输入字符识别子系统处理的是一包含牌照的灰度图象(见图1)。牌照位于图象中间,其四周通常有一定宽度的背景(这一剩余背景的多少由牌照分割系统的精度决定)。牌照在图象中占有的高度从20像素到50像素不等。牌照中水平排列着7个字符,字符集中包含五十个左右的汉字,二十六个大写英文字母及十个阿拉伯数字。我们目前设定首字符为汉字,第二第三字符为英文字母或阿拉伯数字,其余字符为数字。因为牌照的本色分为白底黑字、蓝底白字、黄底黑字等不同规格,所以在灰度图象中表现为深底浅字或浅底深字(这里“深”“浅”表示灰度级别的高或底)。由于摄像机的性能(目前以相

机模拟)、车牌的整洁程度、光照条件、拍摄时镜头与牌照的角度及车辆的运动等因素的影响使牌照中的字符可能出现较严重的模糊、歪斜、缺损及污迹干扰。这些给识别带来了难度。

为了完成识别,字符识别子系统可分成①图象二值化,②牌照校正,③字符分割,④字符识别四个部分,以下将一一介绍。

## 2. 图象二值化

二值化的目的是将牌照图象中的字符用黑色表示,其余部分用白色表示以方便后续处理。

由于切割下来的牌照图象中牌照字符的灰度是未知的,所以二值化的第一步是确定字符灰度级别的范围。

根据字符的形态特征,其笔划宽度小于笔划及字符间距。因此,可在原图象中选定一个牌照最频繁出现的矩形区域,在该区域中从左往右沿一组水平线取样,从取样的统计结果求得字符灰度。

取样的过程实际上是对位于水平线上的像素点的灰度级别求一阶导数,标出导数为正、负的点。将这些点按导数的一正一负配对,这些点对将水平线分成一组小线段。称左端点导数为正且右端点导数为负的线段为“明线段”其长度为 $d_{010}$ ,求得采样区域中所有“明线段”的平均长度为 $avgd_{010}$ 。称左端点导数为负且右端点导数为正的线段为“暗线段”其长度为 $d_{101}$ ,求得采样区域中所有“暗线段”的平均长度为 $avgd_{101}$ 。明暗线段端点间不存在任何点其导数可以与该线段上的其他点的导数正负配对。如果 $avgd_{010} < avgd_{101}$ 则设字符为高灰度级别,如果的 $avgd_{101} < avgd_{010}$ 则设字符为低灰度级别,若 $avgd_{010} = avgd_{101}$ 则调整采样区域的大小或位置重复上述过程。

实验证明该方法能够准确地判断字符的灰度类型即字符相对于底色是“亮”还是“暗”,效果优于灰度直方图方法。

若字符为高灰度级别则将原图象中灰度大于 $a$ 的象

素用黑色表示,其余象素用白色表示。若字符为低灰度级别则将原图象中灰度小于  $a$  的象素用黑色表示,其余象素用白色表示。这样完成了二值化工作,效果见于图 2。



图 2

### 3. 牌照校正

由于车牌上下边沿与摄像机成像平面的上下边沿不能保证平行且车牌平面法线与摄像机成像平面法线不能保证在同一直线上,造成了原图象中牌照的旋转与透视变形。目前对透视变形尚未有有效办法进行处理,因此校正部分就是要将牌照的旋转校正,使得处理后牌照图象虽不“竖直”但却能保证“横平”。

校正的第一步是检测字符的顶端和底端。由于牌照在水平方向有 7 个字符,所以根据它们的上下端点划定字符的上下边沿能较准确的获得牌照的旋转角度。进行该检测的方法有霍夫(Houff)变换及区域生长算法。这里采用的是类似后者的办法。

因为对字母和数字而言,在不出现断笔画的情况下它们是连通的,所以可用图形学中的种子填充(flooding)算法。具体做法是在图象中部画一水平线,将所有该水平线上的黑象素点(多为字符象素)标出,并在每丛紧邻的点中保留一点作为种子,在黑色区域中一定宽度范围内作 8 方向上的种子填充。在对每一颗种子填充的过程中记录被填充区域中的最高或最低点并将它们分别放入最高或最低点的集合。所有这些最高或最低点中包含了字符的顶端和底端点也包含了一些干扰点(例如牌照中与字符粘连的固定铆钉,以及牌照上下边沿中的点)。因此需分别对最高或最低点集合作筛选。在实验中采用对每点做三点共线的检查的方法删除那些找不到 2 个共线“伙伴”的点(共线的检查留有可调节的宽容度以对抗图象的扭曲)。然后用最小二乘法分别根据最高和最低点集进行直线拟合,取得字符的上下边沿并保证了较精确的结果(参见图 3)。根据上下边沿即可取得牌照旋转的角度,依此角度旋转二值图象并略去上下边沿以外的无关部分,以此可实现牌照的“横平”。



图 3

### 4. 字符分割

校正完成后得到的是一条上下边沿紧贴字符的水平二值图象。为了最终识别字符,需将字符图象逐个从校正图象中分割出来。通常的分割办法是以一条垂直线从左至右扫描一行字符,根据该垂直线在某位置是否遇到黑象素决定这一位置是否有字符。然而在牌照图象中存在着较多随机干扰,它们来源于牌照本身,在二值化过程中被转化成除字符以外的大小、位置不定的黑色区域。这些干扰使通常方法失效,给字符分割带来较多的困难。分割时不仅要将被干扰的字符间隔探测出来,还要避免将字符本身含有的竖向空隔当作字符间隔(这种空隙在汉字中经常出现)。

为获得每一字符的始末位置,我们取得对应该图象竖直方向投影直方图的数组  $histogram[i]$ (直方图参见图 4 上部),其中  $i$  代表图象的列,  $histogram[i]$  代表图象第  $i$  列上所有黑象素的个数,根据该投影图的期望  $E$  与方差  $D$  决定一阈值  $\theta = E - D$ 。当  $histogram[i] < \theta$  且  $histogram[i+1] > 0$  时认为  $i$  是潜在的字符起始位置。当  $histogram[i] < \theta$  且  $histogram[i-1] > 0$  时认为  $i$  是潜在的字符结束位置。随后依据字符特征检查起始位置后的邻域及结束位置前的邻域判断这些潜在在始末位置的可靠性(因为正常字符的竖直方向投影直方图的峰与谷宽度都不大且不会带有大量空缺同时由于字符笔划具有较稳定的宽度所以其直方图的波谷应不小于该宽度)。将可靠性低的点略去后对潜在在始末位置进行匹配。随后根据字符宽度和相对位置验证匹配结果(字符宽度由校正图象的高度推测得出)。这一匹配过程在结果不理想时将根据匹配结果调整参数重复多次。最后对匹配到的字符数目不正确的牌照图象根据牌照预设的各项尺寸标准预测缺失字符的位置或删除被误认为字符的始末位置。这一过程也需多次调整参数以对抗牌照的各种微小变形。取得字符的始末位置后即可将字符图象逐一切割下来(见图 4)。此时为更好地配合识别还需对每个字符参照其他字符决定包围该字符的最小矩形的左顶点,宽度和高度,并对有大块缺失的字符预测这些参数(见图 5)。



图 4



图 5

图 6 列举了字符间穿线后的分割结果表明了以上方法能有效地对字符间隔内带有干扰以及字符笔划缺失的牌照进行字符分割。



图 6

其中 a 为原图, b 为分割结果, c 为调整后的分割结果

### 5. 字符识别

字符识别过程不仅要达到整个系统的实时要求同时须适应以下三种情况即:

- (1) 字符存在倾斜角度( $0^\circ \sim 10^\circ$ )。
- (2) 字符图象中含有随机的黑色区域干扰。
- (3) 字符笔划的融合、断裂和部分缺失。

目前常用的字符识别方法可归结为四类: ①模板匹配。它实现简单, 当字符较规整时对字符图象的缺损、污迹干扰适应力强且识别率相当高(对数字识别率)90%, 但对字符的旋转、缩放、变形容忍度低。②根据字符图象的统计特征匹配。该方法通过计算字符图象的全部或部分的期望与方差实现字符识别, 虽对字符的旋转、缩放、变形具有一定容忍度但总体识别率较低。③基于字符图象的变换进行匹配。通过将字符与标准模板分别进行 Fourier 或 Houff 变换后进行对比, 虽对字符的旋转、缩

放、变形具有较高容忍度, 但对字符的短小细节分辨率不够(例如“O”“Q”难以区分)。④对字符结构进行分析的识别方法。它对字符的旋转、缩放、变形具有最好的容忍度, 但实现困难, 许多实现方法尚在探索之中。

字符图象校正后, 我们较准确地取得了包围该字符的最小矩形的左顶点, 宽度和高度。可通过这些参数将字符图象规一化成统一大小, 为模板匹配提供了有利条件。此外由于字符集小(不足百个)且天然地分成汉字、字母及数字三个子集, 所以匹配开销较小。综合这些特点我们将简单模板匹配法作为识别的主要方法。由于字符图象校正后已保证了“横平”所以在模板匹配同时以改进的穿线法对抗较大倾斜的数字与字母。

简单模板匹配过程中选取的模板与字符图象的统一尺寸为高 30 象素宽 20 象素。模板为标准牌照字符的二值图象, 未作细化处理。字符图象在匹配前规一化成上述统一尺寸。由于字符集小所以不经过粗分类直接进行模板与字符图象的逐点匹配。由于模板与字符图象均为二值图象, 匹配时取得两者间的海明(hamming)距离即:

$$d_i = \sum_{y=0}^{30} \sum_{x=0}^{20} T_i(x, y) \oplus I(x, y)$$

其中  $T_i(x, y)$  为第  $i$  号模板图象,  $I(x, y)$  为字符图象, 且  $T(x, y) \in \{0, 1\}$ ,  $I(x, y) \in \{0, 1\}$ , 1 表示白色背景象素, 0 表示黑色字符象素。首字符与汉字子集匹配, 第二、三字符与数字、字母子集匹配, 其余字符仅与数字子集匹配。取  $d_i$  最小时  $T_i(x, y)$  对应的字符为匹配结果。

穿线法(Crossing)仍属于字符识别方法中的模板匹配一类, 但因为涉及了字符拓扑结构方面的信息, 所以对字符的旋转、缩放、变形有相对于简单模板匹配较大的容忍度, 但对污损的适应力不如简单模板匹配法。其基本思想是用一组或几组与水平成  $0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$  或  $60^\circ$  的平行线贯穿字符, 提取字符与平行线的交点信息作为识别依据。然而校正后的字符图象中存在污损, 笔划粗细不一且笔划间时常出现融合使字符穿线的结果与标准值有不少出入, 因此需对常规穿线法改进。

改进的穿线法引入了弹性模板的思想。具体方法是对规一化后的字符图象水平等间隔穿 10 条线。第  $i$  条线的穿线值计作  $Crossing[i]$  它等于穿线所在行及其上、下各一行象素中黑象素段落数的众值。例如穿线所在行有 2 段黑象素, 而其上、下行象素中黑象素的段落数均为 1, 则穿线数为 1。穿线同时还按照取众值的方法记录了

第*i*次穿线从左至右通过字符笔划时的起始位置和通过的宽度并将它们相对于模板宽度量化为4级分别保存入图7所示数据结构的pos[i,j]及width[i,j]项,其中*i*表示第*i*次穿线其值小于等于10,j表示该行穿线过程中第*j*次穿过黑像素段其值小于5。依此规则图7中第2行可解释为对某字符图象第2次穿线数为1且在距字符左端1/4字符宽度的黑像素段。事实上,经过以上处理的字符图象或模板图象成为由长度与位置规则的小矩形块砌成的“马赛克”形字符。改进的穿线法进行匹配时认为处理后的字符图象中的每一行可以将行作为一个整体在原位置上下振动,而当该行处于某确定位置时,行中的小矩形块可分别在原位置左右振动。通过振动实现字符图象与模板行与行间的匹配。匹配代价*d<sub>i</sub>*由下式决定:

$$d_i = \sum_{k=0}^{10} F(T_{ik}, I) + \sum_{k=0}^{10} F(I_k, T_i)$$

其中F(T<sub>ik</sub>, I)表示第*i*个模板T<sub>i</sub>的第*k*行T<sub>ik</sub>在字符图象I各行中实现匹配的最小代价,F(I<sub>k</sub>, T<sub>i</sub>)表示字符图象I的第*k*行I<sub>k</sub>在第*i*个模板T<sub>i</sub>各行中实现匹配的最小代价。F的确定可根据行与行间的匹配程度决定并以人类经验调整,我们认为引起行失配的因素按严重程度从高到低可分为:穿线值行号、起始位置、笔划宽度。最终取*d<sub>i</sub>*最小时T<sub>i</sub>对应的字符为匹配结果。

Pos i, l	Width i, l	.....	pos i, j	Width i, j	.....	Crossing i
2	1					1
Pos i, l	Width i, l	.....	Pos i, j	Width i, j	.....	Crossing i

图7

实验中简单模板匹配的总识别率>90%,改进的穿线法对数字和字符的识别率>90%。前者对正立字符(尤其对污损字符)的识别效果高于后者,例如图8中被涂改的“9”前者识别正确,后者误识为数字0。而后者对倾斜字符的识别效果高于前者,例如图9中倾斜的“A”后者识别正确,前者误识为数字4。将两者对各模板的匹配距离和代价同时考虑取最小值则对数字和字符的识别

率>96%。



>96%。

图8



图9

### 6. 实验结果

我们准备的测试集中共70张牌照图片,系用普通相机在不同天气情况下对不同车辆拍摄的黑白图象,部分图片来片于牌照切割系统。全部程序采用VC++设计。实验结果表明对常见牌照的识别率>80%,(图10显示了一些成功识别的车牌)。同时我们发现本方法对复杂汉字及少量形似数字、字母如“0”与“Q”识别率不理想。对大范围倾斜的字符无识别能力。实验中采用了166MHz主频16M内存微机,程序运行时没有察觉到的迟滞。



图10

### 参考文献

- [1] 《计算机图象处理》荆仁杰等 浙江大学出版社
- [2] 《计算机模式识别技术》李介谷等 上海交通大学出版社
- [3] 《行驶车辆牌照自动识别系统》郑南宁等 西安交通大学学报
- [4] 《A computer vision approach to digit recognition on pulp bales》Jukka Heikkonen 等 Pattern recognition letter (来稿时间:1998年11月)