

车辆牌照自动识别的前期技术研究

The Research of Early Technique for Automatic Vehicle License Plate Recognition

崔江 王友仁

(南京航空航天大学自动化学院 南京210016)

Abstract The automatic license plate (LP) recognition is a very important technology in Intelligent Transportation Systems (ITS). This paper studies and proposes new methods of the early technique of LP recognition, including LP location, LP image contrast estimation, binarization, and characters segmentation. Experiment results show that the algorithm proposed by this paper possesses the advantages of concise form, real-time standard and high process rate, achieving practical target.

Keywords Intelligent transportation systems, LP location, LP contrast estimation, Projection normalization, Characters segmentation

1. 前言

车牌自动识别(LPR)技术是计算机视觉、图像处理技术与模式识别技术的融合,是智能交通系统(Intelligent Transportation Systems,简称ITS)中一项非常重要的技术。现有的车牌识别系统的识别率还不可能达到100%,因此研究的空间很大。大体说来,车牌识别前期的处理技术至关重要,这些前期技术包括:车牌的定位,车牌图像的二值化及字符分割。

本文在车牌图像共有的属性基础之上,提出了一种基于直方图峰点检测的车牌区域定位方法,并对初步定位后的车牌进一步使用了微定位技术;同时改进了车牌对比度判断的方法并提出了一种新的字符分割方法—直方图规则变换法,下面将详细介绍有关的内容。

2. 基于直方图峰点检测的车牌定位方法

该方法共包括三个部分:(1)车牌的横向定位;(2)车牌的纵向定位;(3)车牌的微定位。

2.1 车牌的横向定位

大体上,车辆图像中车牌所在的图像区域具有以下灰度共性:(1)车牌字符灰度及其背景灰度均匀。如果车牌有污损,则认为字符的平均灰度及背景的平均灰度均匀。(2)字符之间相隔近似等距离且在一定灰度范围内,单个字符本身可看作一个个体(我们称之为blob),在一个blob内部,各个像素灰度值基本相同,且像素之间互相连接。(3)字符与背景之间灰度变化呈现一种纹理特征。

首先对车辆灰度图像在横向上进行一阶差分运算,并累积其差分直方图。对此直方图采用离散指数平滑法进行平滑^[1],然后对平滑后的直方图进行分

析,其算法分析步骤如下:

(1)统计并记录直方图所有的峰点位置及相应的峰点高度。

(2)设定一个峰点高度阈值 P_{th} ,对低于 P_{th} 的峰点不予考虑。通过分析近几百幅车辆图像的差分直方图发现,直方图中车牌所在位置的单峰平滑,具有一定宽度和对称性。利用这种特点进行分析可以排除一部分峰点。

(3)考虑到许多情况下车牌位于图像下方,峰点分析时采用从下向上进行的原则。一般情况下,车辆图像的直方图经过指数平滑和步骤(1)、(2),剩余峰点较少,故处理速度很快。

2.2 车牌纵向定位

我们对横向分割出来的车牌子图像应用一个纵向的边界抽取模板作运算^[2],然后再作纵向累加直方图并平滑,这样得到直方图的许多峰,最后对这些峰的宽度进行从大到小的排序,分别记为 $P_1, P_2, \dots, P_k$ (k 为峰的个数)。如果 $P_1 > 2P_2$,则认为 P_1 所在位置就是车牌区域,不再进行窗口滑动计算;如果 $P_1 < P_2$,但 $P_1 \geq 2P_3$,则窗口在 P_1 及 P_2 位置处计算。依此类推,如果 $P_1 < 2P_2, P_1 < 2P_3, P_1 \geq 2P_4$,则窗口在 P_1, P_2, P_3 位置处做运算。取窗口运算的参数值(灰度变化频率及变化间距)分析,两者乘积最大的相应位置定为车牌所处位置。

2.3 车牌微定位法

所谓微定位法,就是对基本定位后的车牌图像进行局部分析,以进一步确定字符范围,缩减车牌的左、右和上、下边界,这有利于后续的牌照字符处理。在具体分析时,我们认为单个的字符作为一个个体(blob)存在,字符与字符之间有一定距离,且每个字符的大致高度及宽度变化大致相等,按照这种思想,利用个体分析(blob analysis),就可以确定车牌字

符的精确位置了。具体实现如下:

(1) 由于车牌近似为一个矩形,上下边缘近似为一条直线,通过简单的灰度变化分析就可以再次定位车牌图像的上下边界,这种情况下适合于倾斜度较小的车牌;对于倾斜程度较大的牌照来说,在其横向定位之前就应该利用相关的技术进行车牌的矫正(例如 Hough 变换技术)。

(2) 确定左边界:从左向右搜索第一个个体(blob),如果该个体高度、宽度分别超过事先设定的阈值 Height 及 Width,则认为该个体为第一字符,停止搜索;利用同样的方法就可以确定右边界。确定 Height 及 Width 的一种方法就是统计车牌子图像内所有的 blob,然后分别计算它们的高度及宽度值,并对相应的 blob 高度及宽度数据排序,选择排序后的高度及宽度数据中间值作为设定的阈值 Height 及 Width。

3. 车牌对比度分析

所谓的对比度就是指车牌图像中的车牌背景底色灰度与字符灰度的对比程度。为了字符分割的方便,首先应该统一背景/字符的灰度对比度,这主要是考虑了国内汽车车牌的多样性。本文在现有的方法^[3]基础之上改进了车牌图像的字符/背景灰度对比度判断方法,其步骤如下:

(1) 首先利用全局阈值法 Otsu 法或者其他动态阈值分割方法^[3]对车牌图像直接进行二值化,形成二值化图像 f_{bw} 。该步骤对于后处理至关重要,因此要尽量采用高效、快速的图像二值化方法。

(2) 经过二值化后的图像含有粒状噪声,有的字符内部或边缘出现了粒状的孔和缺陷。为了软件处理方便,并且为字符分割做准备,对二值化后的图像运用数学形态学中的闭合运算。经过几次闭合运算后得到的二值化图像为 f_{bw1} ,其中所含线状和粒状噪声干扰可以基本去除。

(3) 按照参考文献^[3]提出的关于字符纹理特性的思想获取字符/背景的对比度。

(4) 利用步骤(3)获取的对比度对二值化图像 f_{bw1} 进行处理,如果 f_{bw1} 的字符/背景对比度为高则使 f_{bw1} 反色,否则 f_{bw1} 不变。经过最后对比度判断的二值化图像为 f_{bw2} ,至下一流程即字符分割部分进行处理。

上述算法原理简单、判断准确,它克服了直接在灰度图像中判断对比度时如何适当设置灰度变化范围的问题,同时又对车牌图像进行了二值化,简化了处理步骤。

4. 车牌字符的分割

在现有的字符分割算法中,传统的做法是‘峰-

谷’检测法^[4],这种方法在车牌图像无噪声、字符不出现粘连的情况时比较适合,如果条件改变,那么提取的字符就会出现缺损等现象。本文提出了一种基于纵向投影图规则变换分割车牌字符的方法,利用该方法可以较好地实现一般字符分割的要求,且对较轻的字符粘连不敏感。

(1) 分割前预处理。为了更好地实现分割算法,本文在进行字符分割之前首先对经过二值化的车牌图像进行了倾斜度校正及进一步的定位,以改善分割效果,突出字符部分,最大程度地消除上、下边界的影响。

(2) 计算二值化车牌图像 f_{bw2} 字符像素数的纵向累加投影图 $P1$ 。因为 f_{bw2} 中字符像素值大小为‘0’,故计算累加投影图的公式很简单,在此不再赘述。

(3) ‘峰-峰’合并。从左向右搜索投影图中所有的峰点的位置和相应高度,左、右谷点的位置和相应的高度,记录并保存相关数据。假设投影图在横向距离上共有 T 个点,定义 $K(1 < K < T)$ 点位置为峰点时,有 $P1(K) > P1(K+1)$ 及 $P1(K) \geq P1(K-1)$;定义 $K(1 < K < T)$ 点位置为左谷点时,有 $P1(K) \leq P1(K+1)$ 及 $P1(K) < P1(K-1)$;定义 $K(1 < K < T)$ 点位置为右谷点时,有 $P1(K) < P1(K+1)$ 及 $P1(K) \leq P1(K-1)$ 。按照下列模糊条件判断是否满足进行‘峰-峰’合并。

(1) 相邻两个峰点位置距离很近,并且高度相差不大;

(2) 相邻两个峰点位置距离不大,但是高度相差很大;

(3) 相邻两个峰点之间有两个左、右谷点,且谷点高度较大;

(4) 相邻两个峰点之间无右谷点;

(5) 左、右谷点的位置到左、右相邻两个峰点位置之间的距离基本相等,且两个峰点的高度基本相等。

如果上述条件满足任何一个,就进行‘峰-峰’合并,合并时两个峰点之间所有点(包括两个峰点)的高度设置为两个峰点中高度最大的一个,这样形成的投影图为 $P2$ 。

(4) 投影图规则变换。为了方便软件处理及克服字符分割时出现的字符缺损现象,本文提出了一种投影图规则变换法,首先对投影图进行规则变换然后再进行字符的分割。

所谓的投影图规则变换,基本思想与步骤(3)中的‘峰-峰’合并类似。首先在 $P2$ 中从左向右寻找第一个右谷点,然后再继续前进寻找第一个左谷点;找到两个谷点之后,把谷点之间所有点(包括两个谷点)的高度设置为峰点的高度。经过该步骤处理后,

投影图 P2变换为类似于矩形集合的投影图 P3,通过投影图规则变换可以很容易地实现字符分割。

(5)字符分割.由投影图 P3可以看出,采用横向采样线的方法可以得到字符的基本宽度及字符个数,所谓的横向采样线就是假想中的一条线水平穿过字符区域。

分割的基本思路是,先求出投影图 P3中所有矩形高度中的最大值,记为 Peakmax,然后对此最大值进行均分,记为 Peakmax/num,其中 num 是程控的,然后分别在水平方向上采样,采样高度为: (Peakmax/num)·J(J=1,2,⋯,num);求取每个采样高度时的矩形开始坐标和宽度,分别用数组 Position_{nj}及 Width_{nj}储存,其中 n=1,2,⋯,S(S为固定采样高度时采样矩形的总个数),对所采样的所有宽

度数组 Width_{nj}进行元素排序,取中间值作为字符分割的标准宽度,记为 Medwidth。以 Medwidth 为真实值,对所有的采样高度,就其中的采样宽度元素求 $MSE_J = \sum_{n=1}^S |Medwidth - width_{nj}|$ (J=1,2,⋯, num; n=1,2,⋯,S),并求出 $MSE_k = \min(MSE_J)$ (其中 k=1,2,⋯,num),那么最终分割字符时的采样高度就定为 Sample=(Peakmax/num)·k,最后按照采样高度 Sample 对二值化车牌图像进行字符分割。

5. 实例及分析

按照上述算法流程对一幅实际车牌图像进行处理的流程如下列图 a~图 j 所示。

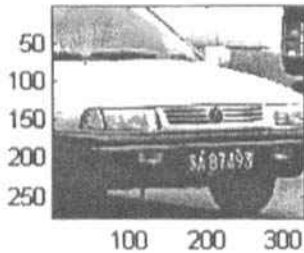


图 a 原始车辆照片



图 b 横向定位



图 c 纵向定位



图 d 微定位



图 e 图像二值化

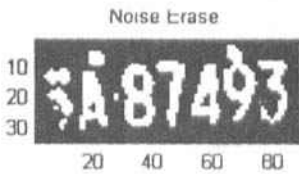


图 f 形态学运算去噪声

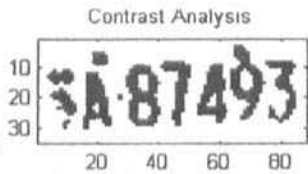


图 g 对比度判断

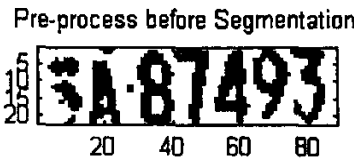


图 h 分割前预处理

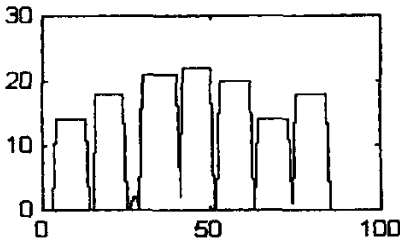


图 i 投影图规划化

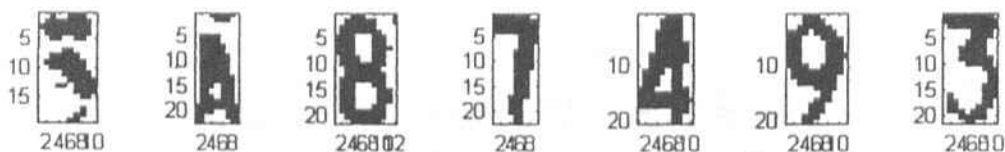


图 j 分割结果

在进行上述算法验证时,对在各种天气状况下(包括早、中、晚)采集到的车辆图像进行了定位、对比度判断和二值化、字符分割处理,处理的结果见表1。

表1

	正确 定位	正确判断 字符/背景 对比度(幅)	正确 分割 数(幅)	处理正 确率 (%)
290幅(晴天)	286	283	279	96.2
140幅(阴天)	129	124	118	84.2
124幅(雨天)	110	100	92	74.2

由上表可以看出,在晴天拍摄的照片具有较高的处理准确率,但是随着天气状况恶化,车牌处理的准确率大大下降。原因是随着天气条件的变化及照相机分辨率的限制,图像的质量下降很快,定位和二值化时遇到的困难很大,因此导致分割率下降;还有

的车牌本身由于遭受严重的灰尘等污染,二值化效果很差,直接导致对比度判断失误;很难对具有双层字符的车牌进行定位和后处理。解决的方法有以下几种:1. 提高相机的分辨率和改善光照条件。2. 继续寻找合适的二值化方法。3. 改进定位方法,以达到可以处理双层字符车牌的目的。3. 结合车牌的先验知识指导分割。进一步的研究还在继续之中。

参考文献

- 1 任彬,汪炳权,罗斌.基于直方图指数平滑的阈值和峰点自动检测方法.中国图象图形学报,1997,2(4)
- 2 王年,王邦元,赵海峰,等.基于神经网络的汽车牌照自动识别.安徽大学学报,2000,24(1):45~50
- 3 叶晨洲,廖金周.一种基于纹理的牌照图像二值化方法.微型电脑应用,1999,(6):28~29
- 4 Lu Y. Machine Printed character segmentation. Pattern Recognition, Elsevier Science Ltd, UK, 28(1):67~80

(上接第48页)

触发 Sound 结点,提示学员完成第二步操作。用到的关键的 Javascript 语句是:

```
DEF sound-active Script{
  eventIn SFTime clicked
  eventOut SFTime start-time
  url "javascript:
    function clicked(time){
      start-time=time+10 }" }
```

(3) 次数统计

另一个重要的衡量学员学习结果的质量是学习的次数。在虚拟多媒体教室中,对于错误的操作步骤进行计数。计数值达到一定的值也会触发相应的事件。比如,重头开始再来一次操作。

经实践表明,通过以上三个方面的设计,虚拟多媒体教室的教学表现形式得到改善。学员的学习主动性得到了增强。在第二阶段,增加教师和学生两种不同的角色。对于这两种角色,我们希望通过分析他们的四种不同的智能特征,来设计相应的智能代理和用户替身。在场景智能信息处理的基础上,增加合适的智能信息代理,实现完整的虚拟环境智能系统,从而进一步改善教学表现形式,提高虚拟网络教学质量。

结论 虚拟现实技术的不断发展丰富了远程教

学和训练课程的表现形式。虚拟网络教学作为远程教育的一个重要部分,为学生提供一个真实的、廉价的教学环境和虚拟交互的手段。它在形象地展示教学资料的同时充分调动了学生的学习积极性。智能化的虚拟网络教学是远程教育的一个新领域。它对设计者提出了更高的要求。在分析智能特征的基础上综合利用各种技术,运用两种不同的方法,将智能化合理地添加到虚拟网络教学环境中。智能化的虚拟网络教学对于丰富网络教学表现形式,提高网络教学质量必然起到推动作用,而且能运用于更广阔的网络教学领域。

参考文献

- 1 王永庆. 人工智能原理与方法. 西安:西安交通大学出版社,1998. 5
- 2 [美] Andrea L. et al. 著. VRML 资源手册. 宗志方,季晖,谭江天译. 北京:电子工业出版社,1998. 1
- 3 Aylett R, Luck M. Applying Artificial Intelligence to Virtual Reality: Intelligent Virtual Environments[J] Electronics and Computer Science 3~32
- 4 Johnson W, Rickel R, Munro A. (to appear, 1998a). Integrating pedagogical agents into virtual environments. Presence, 7(6)
- 5 Kalawsky R S. Exploiting Virtual Reality Techniques in Education and Training: Technological Issues[R] AGOCG