

基于小波变换和数学形态法的车牌定位方法研究

郭航宇¹, 景晓军¹, 尚勇²

(1. 北京邮电大学, 北京 100876;

2. 北京大学, 北京 100876)

摘 要:随着智能交通技术的发展, 车牌识别系统已成为其中的一个重要环节, 一般来说, 车牌识别系统分为车牌定位、字符分割和字符识别三个部分。车牌定位作为字符切分和字符识别的前提, 在车牌识别中起着关键的作用。在前人研究的基础上提出了一种基于小波变换域和数学形态法相结合的定位方法。首先利用小波变换后垂直细节图像的水平投影进行定位, 然后再对候选区域进行垂直投影, 结合车牌自身的特点去除伪车牌区域, 最后结合数学形态学知识实现车牌的精确定位。实验证明, 该方法在背景较为复杂或存在干扰的情况下具有很好的效果。

关键词:车牌定位; 小波变换; 水平投影; 垂直投影; 形态学

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)05-0013-04

License Plate Location Method Based on Wavelet Transform and Mathematical Morphology

GUO Hang-yu¹, JING Xiao-jun¹, SHANG Yong²

(1. Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;

2. Beijing University, Beijing 100876, China)

Abstract: With the development of Intelligent Transportation System(ITS), License Plate Recognition(LPR) is a key point of it. The license plate recognition consists of 3 parts: license plate location, character segmentation and character recognition. As plate location is the basement of characters cut and recognition, it plays an important role in the License Plate Recognition(LPR). A method for license plate location is proposed based on the wavelet and mathematical morphology. Firstly, the candidate regions is detected by the horizontal projection of LH image, then vertical projection is used to discard pseudo-regions. Finally, the plate is located by the mathematical morphology. The experiment result shows the proposed method is effective in the case of sophisticated background.

Key words: plate location; wavelet transform; horizontal projection; vertical projection; mathematical morphology

0 引言

随着经济的快速增长和人民生活水平的不断提高, 汽车已经开始走入普通人的家庭, 数量也在不断地增加。但是在今天, 汽车在带给人们高效便捷的同时, 也带来了一系列的交通隐患, 如交通拥堵、交通事故等, 交通问题的严重性已经迫在眉睫。如何有效合理地实施交通管理, 已成为各国政府关注的焦点。为解决这一问题, 人们将计算机网络、通信技术等高科技手段运用到交通管理中, 提出了智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)的概念。简单的说, 智能交通系统就是利用先进的电子技术、通信技术、计算

机和控制技术对传统的交通运输系统进行改进, 从而提高交通运输的效能。

智能交通系统最早是在 1990 年由美国智能交通学会 CITS America 提出的, 至今已有十几年的历史了, 目前在一些发达国家的城市和高速公路已得到了应用。智能交通系统主要应用在电子自动收费、货物运输、公路安全和交通信息服务等方面, 能够有效地增强道路安全, 减少交通堵塞, 提高运输效率, 减少环境污染。随着信息科技技术的不断发展, 智能交通系统也将成为 21 世纪交通运输系统的发展趋势。

车牌识别系统(License Plate Recognition, LPR)是交通智能化的一个重要环节, 在智能交通系统中具有重要的作用, 它通过对采集到的图像进行处理和分析, 提取出车辆的车牌信息。如果计算机通过某种程序能够实时地识别出车牌信息, 那么就可以实现对车辆的

收稿日期: 2009-09-15; 修回日期: 2009-12-18

作者简介: 郭航宇(1983-), 女, 河北保定人, 硕士研究生, 研究方向为图像处理和信息安全; 景晓军, 教授, 博士生导师, 研究方向为图像处理、网络信息安全、信息融合等。

自动监控和管理,既节约了成本,又提高了车辆管理和监控的效率。车牌识别系统可以运用在违章车辆管理、出入控制和高速公路收费等诸多领域,随着汽车的普及,必将体现出其巨大的经济价值和意义。

目前,我国智能交通系统的发展尚属于起步阶段,各方面的设施和技术还不是很完善,虽然国外针对车牌识别的技术研究已有很多,但因为各国车牌的特点和规定不同,而且车牌的拍摄效果、倾斜偏差、天气原因等客观因素对车牌识别也存在一定影响,研究和开发出一套适应我国车牌特点的车牌识别技术具有十分重要的现实意义。

车牌识别系统^[1]主要包括三个步骤:车牌定位、字符切分和字符识别。车牌定位将车牌从复杂的图像背景中分离出来;字符分割的主要任务是从车牌区域中进一步分割出字符,另外还包括倾斜矫正等一些预处理工作;最后的字符识别就是将切分的字符识别出来,得到最后的牌照信息。其中车牌定位是字符切分和字符识别的基础和保障,它直接决定了车牌识别的正确与否,是整个车牌识别系统中的关键环节。

近些年来,针对车牌定位研究人们已经提出了许多方法,其方法大致可以分为:逐行扫描投影定位法^[2,3],数学形态学定位法^[4],基于小波变换定位法^[5],基于颜色信息和纹理特征的定位方法^[6,7]等。在此基础之上,为了更加准确地定位车牌,研究者又提出了一些改进方法。其中具有代表性的有,文献[3]在投影定位之前引入了运动图像的模糊鉴别与恢复处理,对由于运动造成模糊的图像提供了较为有效的定位方法;文献[2]提出了小波变换与行扫描相结合的定位方法,将小波变换作为行扫描定位的预处理过程,对于含噪声的车牌图像具有较好的效果;文献[4]在小波变换的基础上提出了一种改进的颜色和纹理特征相结合的定位方法,将图像的 RGB 颜色分量转换到人眼视觉更加灵敏的 HSV 颜色空间进行定位,较好地利用了图像本身的颜色特性,在一定程度上提高了定位的准确率;文献[4]中提出了首先利用扩展的 haar 小波变换提取图像的垂直细节信息并通过水平投影进行粗定位,然后腐蚀算法进行精确定位的方法,该方法有效地提取了车牌区域的细节信息,但如果车牌的自然环境不理想,有可能会获得伪车牌图像。

尽管关于车牌定位的改进方法很多,但基本上只是在某种特定条件下有所改进,事实上由于车牌本身受光照不均、背景干扰、车牌磨损等客观因素的影响,所拍摄到的车牌图像并不是理想的,而是存在一定干扰或噪声。文中针对背景较为复杂的车牌图像,在文献[4]提出的粗定位基础上,进一步采用垂直投影的方

法去除可能的伪车牌区域,最后再结合数学形态法实现车牌的精确定位。实验证明,文中采用的方法在背景存在噪声或干扰的情况下具有良好的检测效果。

1 基于小波变换的车牌粗定位

1.1 图像预处理

虽然车牌的颜色信息是车牌的一个重要特征,但由于在实际环境中一些因素的影响,颜色信息可能会受到破坏,所以为提高定位和识别的准确性、鲁棒性,文中对在定位之前对图像进行了灰度均衡化处理^[8]。

文中所采用的图像均为 jpeg 形式的 RGB 三彩色图像,设 (i, j) 为图像的任一像素点,那么它的三个颜色分量分别为 $R(i, j)$, $G(i, j)$ 和 $B(i, j)$,灰度均衡化的变换如公式(1)所示。

$$\text{Gray} = W_R * R + W_G * G + W_B * B \quad (1)$$

其中 Gray 代表均衡化以后的像素值, R 、 G 、 B 分别代表原图像的三个颜色分量信息。

根据人眼对绿色最敏感,蓝色最不敏感的特点,文中取 $W_R = 0.299$ 、 $W_G = 0.589$ 、 $W_B = 0.144$,灰度均衡化后结果如图 1 所示。

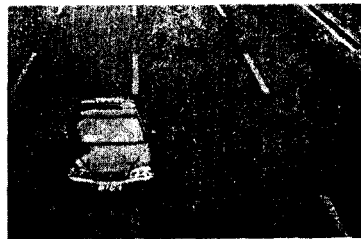


图 1 灰度化后的车牌图像

经灰度均衡化后图像的像素值就被限制在 0 - 255 的范围之内,对后续的定位提供了方便有利的条件。

1.1.1 小波变换

小波分析是当前应用数学和工程学科中一个迅速发展的新领域,经过近 10 年的探索研究,重要的数学形式化体系已经建立。与 Fourier 变换相比,小波变换时空间和频率的局部变换,因而能有效地从信号中提取信息。通过伸缩和平移等运算功能可对函数或信号进行多尺度的细化分析。

事实上小波分析的应用领域十分广泛,它包括:信号分析,图像处理,量子力学、理论物理、军事电子对抗的智能化,计算机分类与识别,音乐与语言的人工合成等,在信号分析方面的滤波、去噪、压缩和传递等,在图像处理方面的图像压缩、分类识别等。

小波变换用于信号与图像压缩时小波分析应用的一个重要方面,它的特点是压缩比高,压缩速度快,压

缩后能保持信号与图像的特征不变,并且在传递中可以抗干扰。基于小波分析的压缩方法很多,比较常用的有:小波包最佳基方法,小波域纹理模型方法,小波变换零树压缩,小波变换向量压缩等。

在文中,小波变换的主要作用是将信号在不同尺度和不同分辨率下进行分解,进而分离出信号的高频信息和低频信息。一幅二维图像经过一次小波变换后分离出四个子带,分别是原始图像的近似图像(LL),水平方向的高频细节图像(LH),垂直方向的高频细节图像(HL)和对角线上的细节图像(HH)。

车牌区域具有丰富的纹理和细节信息,再加上我国车牌字符具有丰富的笔画特征,车牌在垂直方向上的纹理细节就会更加明显。因此,垂直细节图像(HL)会包含车牌区域的大部分信息。根据这一信息,文中选取垂直细节高频图像(HL)作为定位的基础。

1.1.2 水平投影和高斯滤波

经小波变换^[9]后,HL图像包含了车牌区域的大部分纹理信息,因为纹理丰富区域的像素值相对于其他区域较高,所以车牌区域在水平投影图中会呈现为一些凸起。借鉴文献[4]中的定位方法,文中对垂直细节图像进行水平投影,并在此基础上进行高斯滤波^[4],高斯滤波的作用是消除毛刺,使投影效果更加清晰。结果如图2所示。

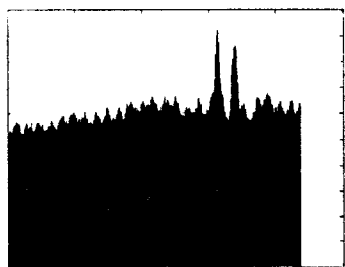


图2 滤波后投影图

1.2 垂直投影行定位

得到水平投影后,通过判断峰值所在的位置提取可能存在车牌的区域,提取峰值所得到的候选区域如图3所示。



图3 水平投影后的候选区域

可以看到,由于车体本身也存在一些纹理较为丰富的区域,在提取车牌区域的同时这些区域也会被提取出来,也就是所谓的伪车牌区域。所以说,单纯的水平投影可能会造成较大概率的误检。

为了去除这些伪车牌区域,文中在上述方法的基础上进一步采取了垂直投影定位的方法。因为我国的

牌照由汉字、字母和数字组成^[1],共有七个字符,并且字符和背景之间有一定的差异,垂直投影后,车牌区域呈现出明显的峰谷相间的情形,并且按照字符笔画的书写规律和经验值,峰值的个数基本限定在7到20之间。而其他区域虽然具有丰富的纹理,但却不具备这一特征。根据这一差异,首先对水平投影所得到的所有区域按照水平投影的方法进行垂直方向上的投影,如图4所示,然后分别判断每个区域中垂直投影中峰值的个数,将不满足要求的区域去除,从而准确地提取出车牌所在的区域。

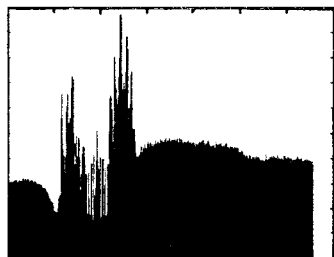


图4 伪车牌区域的垂直投影

2 基于数学形态学的车牌精确定位

2.1 图像的数学形态学处理

图像的形态学处理可以看成是一个非线性滤波器,它能够去除噪声,去除干扰、分割图像并且提取其中的特征元素。结构元素是数学形态学中最基本的概念,它的形状决定了所提取信号的形状信息。

形态学基本运算有:腐蚀、膨胀。图像A用结构元素B进行膨胀,记为 $A \oplus B$,表达式为:

$$X = A \oplus B = \{X: (-B + X) \cap A \neq \emptyset\} \quad (2)$$

可以理解为结构元素B平移X后得到的图像与A的交集不为空的X的集合,所以膨胀算法可以将图像周围的背景点合并到物体中,将分割的图像进行连通,对填补物体的空洞具有很好的作用。类似的,图像A用结构元素B进行腐蚀,记为 $A \ominus B$ 。

$$X = A \ominus B = \{X: B + X \subset A\} \quad (3)$$

类似的,腐蚀运算可以理解为B平移X后仍在A中的X的集合,换句话说就是B完全包括在A中的B的原点位置的集合,它能够消除物体的边界点,并且将两个连通的物体分离。

在腐蚀和膨胀运算的基础上又定义了开和闭两种运算。开运算定义为使用同一个结构元素对图像先进行腐蚀再进行膨胀运算,其表达式如下:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (4)$$

闭运算则是先膨胀再腐蚀,定义为:

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (5)$$

开运算可以消除较小的物体,去除边界点分离出

物体;闭运算能够很好地填补图像的空洞,平滑物体的边缘。

2.2 基于形态学的精确定位

完成车牌的行定位后,接下来需要从车牌的行区域中精确地提取车牌,虽然原车牌图像的背景比较复杂,但在行定位的同时,一些背景干扰也已经被滤掉了,所以在定位出的车牌行区域中,干扰相对较少,车牌的特征就更加明显。数学形态学作为一种分析几何形状和结构的数学方法,能够有效地去除干扰和噪声,提取特征元素,而其中的闭运算结合了膨胀和腐蚀的特点能够填补物体的空洞并且平滑边缘。

文中就是利用闭运算的这一特点实现对车牌的精确定位。首先,利用 Sobel 算子^[10]对图像进行边缘增强,因为车牌区域具有丰富的纹理和边缘信息,边缘增强后,车牌区域的大部分边缘被提取出来。然后,利用闭运算对车牌区域进行连通填补空洞,最后在闭运算的结果上,利用车牌宽高比为 5:1 的特点提取出最终的车牌,如图 5 所示。



图5 定位出的车牌图像

3 实验结果与分析

文中实验所采用的车牌图像是在实际环境中随机拍摄的,对汽车的大小、运动和背景没有特殊限制。图 6 是对 2 幅不同场景下的汽车牌照进行定位,左图是在汽车疾速行驶时拍摄效果比较模糊的条件下的定位情况;右图是在汽车有些倾斜,并且背景比较混乱,而且车窗存在反光的情况下拍摄的,定位后,虽然车牌有些模糊,但仍能准确地定位出车牌的位置。另外,利用文中所提出的方法对随机拍摄的 500 幅不同场景下的车牌图像分别进行检测,检测率达到了 98%。

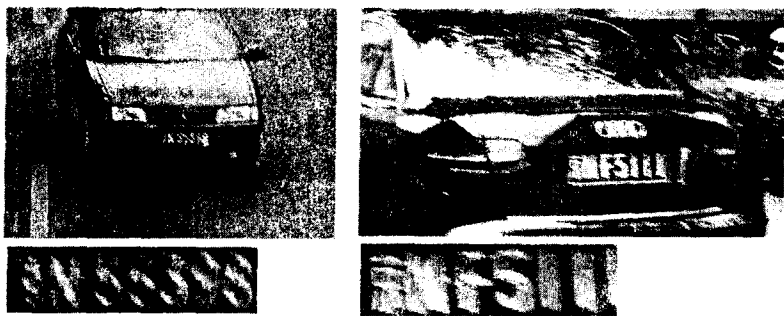


图6 不同场景下的车牌定位

4 结束语

文中所采用的是一种基于小波变换与形态学相结

合的车牌定位方法,首先利用小波变换的多尺度性及水平投影和垂直投影相结合的方法进行行定位,然后结合形态学中的闭运算以及车牌自身比例等先验知识实现对车牌的精确定位。

文中在常用的水平投影进行行定位之后引入了垂直投影去除伪车牌区域的方法,通过车牌区域峰谷相间的规律及个数对行定位后的区域进一步判断,最终获取车牌所在的区域。实验证明,与此方法相比,该方法对于背景较为复杂或是存在干扰的汽车图像具有良好的定位效果。

参考文献:

- [1] LIU YING. Design of license plate recognition system based on the adaptive algorithm[C]//IEEE International Conference on Automation and Logistics, 2008. ICAL2008. Qingdao: [s. n.], 2008: 2818-2821.
- [2] 侯培国,赵静,刘明.基于小波变换和行扫描的车牌定位方法[J].系统仿真学报,2006(S2):811-813.
- [3] 杨大力.运动模糊车牌图像恢复、定位与校正的研究[D].上海:上海交通大学,2008.
- [4] HUNG KUO-MING, CHUANG HSIANG-LIN, HSIEH CHING-TANG. License plate detection based on expanded haar wavelet transforms[C]//Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2007. FSKD, 2007. Haikou: [s. n.], 2007: 415-419.
- [5] 张海燕,王丽,张建军.一种基于小波的快速车牌定位算法研究[J].工业控制计算机,2006,19(1):63-64.
- [6] LI JIA. A color and texture feature based approach to license plate location[C]//IEEE International Conference on Computational Intelligence and Security. Harbin: [s. n.], 2007: 376-380.
- [7] 杨俊,戚飞虎.一种基于形状和纹理特征的车牌定位方法[J].计算机工程,2006,32(2):200-202.
- [8] HSIEH CHING-TANG, JUAN YU-SHAN, HUNG KUO-MING. Multiple license plate detection for complex background[C]//19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2005. AINA, 2005. Taipei: [s. n.], 2005: 389-392.
- [9] YANG FENG, YANG FAN. Detecting license plate based on Top-hat transform and wavelets transform[C]//International Conference on Audio, Language and Image Processing, 2008. ICALIP, 2008. Shanghai: [s. n.], 2008: 998-1003.
- [10] 马永力,夏秋华.基于数学形态学的车牌精定位算法的研究[J].微计算机信息,2008(1-1):227-228.