

大连理工大学

硕士学位论文

车牌识别系统的研究

姓名：吴斌

申请学位级别：硕士

专业：计算机技术

指导教师：张永举;靳芳

20071201

摘 要

伴随着我国经济的快速发展,国内的汽车数量迅速增加。虽然我国政府在基础设施建设上加快了步伐,高级公路、停车场越来越多,但配套的道路、车辆管理系统却显得相对滞后,仍旧停留在以人工管理为主的水平上。科学、高效的利用好现有交通基础资源成为进一步挖掘我国城市交通能力的有效途径。汽车牌照自动识别系统是目前交通部门十分重要的科研项目之一,在交通部门的违章检测(电子警察)、高速公路自动收费和智能停车场管理等方面有着广阔的应用前景。从实际场景中切割出来的车牌图像,伴随着很多随机性干扰,所以处理时要尽量降低噪声的影响。车牌识别的难点在于倾斜校正和模糊识别。

车牌识别系统,具体包括车牌图像的预处理、车牌字符的分割和车牌字符的识别三大块内容。车牌的预处理包括去噪、增强、二值化、背景色的统一和倾斜校正等过程。预处理的难点在于倾斜校正,本系统采用改进的 Hough 算法能准确地校正车牌图像的倾斜度。同时,针对车牌图像的预处理对灰度图像可以达到较好的处理效果,而且在一定程度上解决了由于外界光照而造成的车牌图像对比度低的问题。车牌字符分割的难点在于噪声和字符粘连、断裂等对分割的影响,本系统采用对车牌区域垂直投影,同时利用回扫和车牌图像本身的特点,引进的先验知识不受字符的粘连和断裂的影响,有很好的分割效果。

车牌字符识别的难点在于受摄像机的性能、车牌的整洁度、光照等因素的影响使车牌字符出现较严重的模糊、缺损或污染,因此要求算法有较强的容错性和鲁棒性。

用数码相机拍摄到 100 多幅汽车图片作为实验样本数据,用纯软件的方法实现了车牌字符的自动识别,达到了 98%的字符分割正确率和 95%的字符识别率。

关键词: 车牌识别系统; 图像预处理; 字符分割

The Study of License Plate Recognition System

Abstract

With the rapid envelopment of our country economy, number of cars, buses, trucks, and other vehicles increases a great deal. More and more funds are put into the construction of roads, highways, parks of our government, which are essential to keep the booming market. Roads become boarder and parking are having mores space of drivers. The Vehicle License Plate automatic Recognition System is one of the important research subjects in the traffic department. It has expansive apply for ground in electron policeman, freeway automatism charge and intellective park management. The images come from natural scene exist many stochastic interference of external environment.

The primary direction of my research is the study of vehicle license plate recognition system, including the pretreatment of license plate image, license plate character segment and character recognition. Of license plate image is composed of reduce influence, image buildup, image binarization, background hue unity, skew emendation and so on. The difficulty in the pretreatment is skew emendation. Meantime, I present to use improved Hough algorithm so that rectify a skew detection of license plate image. The paper presents a pretreatment method able to solve the problem that the image contrast degree is too lower to our eyes because of unconstrained illumination conditions. The difficulties in license plate image segment is the effects of any disturbance of yawp, character blur, character conglutination and character rupture etc The paper presents some methods that adopt prior knowledge of the license plate, perpendicular projection and so on. It makes full use of the feature of the image and back scans. The priori information of license plate does well with the character conglutination and character rupture and presents a nice pre-segment.

Typical difficulties in license plate image character recognition is the character blur, character destruction, character image stained because the effects of vision's performance, license plate's neatness, illumination etc. So arithmetic must have good adaptability.

Testing 100 representative vehicle license plates, I can achieve the accuracy of 98% in segmentation and 95% in recognition.

Key Words: Vehicle License Recognition System; Image Pretreatment; Character Segment

独创性说明

作者郑重声明：本硕士学位论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得大连理工大学或者其他单位的学位或证书所使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的贡献均已在论文中做了明确的说明并表示了谢意。

作者签名：吴斌 日期：2007.11.20

大连理工大学学位论文版权使用授权书

本学位论文作者及指导教师完全了解“大连理工大学硕士、博士学位论文版权使用规定”，同意大连理工大学保留并向国家有关部门或机构送交学位论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权大连理工大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，也可采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编学位论文。

作者签名： 吴斌

导师签名： 张永举

2007年12月16日

1 绪论

今天,道路运输已经成为超越铁路的最重要的地面运输方式,在国民经济和社会发展中起着举足轻重的作用。但随着汽车的普及、交通需求的急剧增长,道路运输所带来的交通拥堵、交通事故和环境污染等负面效应也日益突出,成为经济和社会发展中的全球性共同问题^[1]。车牌识别技术作为公路交通管理自动化的重要手段,其任务是分析、处理汽车图像,自动识别汽车牌号。

1.1 课题的研究背景

近几年,我国道路交通迅猛发展,随之也带来了对交通管理自动化的迫切需求。车牌自动识别的研究与开发一直是现代化交通发展中倍受关注的问题,也是制约交通系统智能化、现代化的重要因素。智能交通系统已成为当前交通管理发展的主要方向,而车牌识别技术作为智能交通系统的核心,起着举足轻重的作用^[2]。

车牌识别系统具有广泛的应用范围,主要应用于:

(1) 交通监控。利用车牌识别系统的摄像设备,可以直接监视相应路段的交通状况,获得车辆密度、队长、排队规模等交通信息,防范和观察交通事故。它还可以同雷达测速器或其他的检测器配合使用,以检测违犯限速值的车辆。当发现车辆超速时,摄像机获取该车的图像,并得到该车的牌照号码,然后给该车超速的警告信号。

(2) 交通流控制指标参数的测量。为达到交通流控制的目标,一些交通流指标的测速相当重要。该系统能够测量和统计很多交通流指标参数,如总的服务流率,总行程时间,总的流入量流出量,车型及车流组成,日车流量,小时/分钟车流量,车流高峰时间段,平均车速,车辆密度等。这也为交通诱导系统提供必要的交通流信息。

(3) 高速公路上的事故自动测报。这是由于该系统能够监视道路情况和测量交通流量指标,能及时发现超速、堵车、排队、事故等交通异常现象。

(4) 对养路费交纳、安全检查、运营管理实行不停车检查。根据识别出的车牌号码从数据库中调出该车档案材料,可发现未及时交纳养路费的车辆。另外,该系统还可发现无车牌的车辆。若同车型检测器联用,可迅速发现所挂车牌与车型不符的车辆。

(5) 车辆定位。由于能自动识别车牌号码,因而极易发现被盗车辆,以及定位出车辆在道路上的行驶位置。这为防范、发现和追踪涉及车辆的犯罪,保护重要车辆(如运钞车)的安全有重大作用,从而对城市治安及交通安全有重要的保障作用。

车牌识别系统可安装于公路收费站、停车场、十字路口等交通关卡处。随着车牌识别系统的应用,可以解决通缉车辆的排查问题;可以解决车流高峰期因出入口车流瓶颈

造成的路桥卡口、停车场交通堵塞问题；可以解决因工作人员作弊造成的路桥卡口、高速公路、停车场应收款流失的问题；还可以以最简单的方式完成交通部门的车辆信息联网，解决数据统计自动化，模糊查询的问题^[3]。

1.2 国内外研究现状

由于我国的汽车数量迅速增加，在上世纪 90 年代初，国外就已经开始了对汽车牌照自动识别的研究，其主要途径就是对车牌的图像进行分析，自动提前车牌信息，确定汽车牌号。在各种应用中，有使用模糊数学理论，也有用神经网络的算法，来识别车牌中的字符。但由于外界环境光线变化、光路中有灰尘、季节环境变化及车牌本身比较模糊等条件的影响，给车牌的识别带来较大的困难。国外的相关研究有：

- (1) j Barroso 提出的基于扫描行高频分析的方法；
- (2) Lancaster I.T 提出的类字符分析方法^[4-7]等。

为了解决图像恶化的问题，目前国内外采用主动红外照明摄像或使用特殊的传感器来提高图像的质量，继而提高识别率，但系统的投资成本过大，不适合普遍的推广。

车牌识别系统中的两个关键子系统是车牌定位系统和车牌字符识别系统。

对于车牌定位^[8]系统的研究，国内外学者已经作了大量的工作，但实际效果并不是很理想，比如车牌图像的倾斜、车牌表面的污秽和磨损、光线的干扰等都是影响定位准确度的潜在因素。为此，近年来不少学者针对车牌本身的特点，车辆拍摄的不良现象及背景的复杂状况，先后提出了许多有针对性的定位方法，使车牌定位在技术和方法上都有了很大的改善。然而现代化交通系统不断提高的快节奏，将对车牌定位的准确率和实时性提出更高的要求。因而，进一步加深车牌定位的研究是非常必要的。

车牌字符识别^[9]是在车牌准确定位的基础上，对车牌上的汉字、字母、数字进行有效确认的过程，其中汉字识别是一个难点。许多国外的 LPR 系统也往往是因为汉字识别而无法打入中国市场，因而，探寻好的方法解决字符的识别也是至关重要的。目前有很多方法，但其效果与实际的要求相差得很远，难以适应现代化交通系统高速度、快节奏的要求。因而，对字符识别的进一步研究也同样具有紧迫性和必要性。

我国的实际情况有所不同，国外的实际拍摄条件比较理想，车牌比较规范统一，而我国车牌规范不够，不同汽车类型有不同的规格、大小和颜色，所以车牌的颜色多，且位数不统一，对处理造成了一定的困难。在待处理的车牌图像中，就有小功率汽车使用的蓝底白字牌照，大功率汽车所用的黄底黑字牌照，军车和警车的白底黑字，红字牌照，还有国外驻华机构的黑底白字牌照等，所以，也造成了处理的难度。

国内做得较好的产品主要是中科院自动化研究所汉王公司的“汉王眼”，此外国内的亚洲视觉科技有限公司、深圳市吉通电子有限公司、中智交通电子系统有限公司等都有自己的产品，另外，西安交通大学的图像处理与识别研究室、上海交通大学的计算机科学与工程系、清华大学、浙江大学等都做过类似的研究。通常，处理时为了提高系统的识别率，都采用了一些硬件的探测器和其他的辅助设备如红外照明等，其中“汉王眼”就是采用主动红外照明和光学滤波器来减弱可见光的不可控制影响，减少恶劣气候和汽车大小灯光的影响，另外，还要求在高速公路管理窗口到“汉王眼”识别点埋设两条线路管道，一条管道铺设 220 伏 50 赫兹 1 安培的交流供电线路；另一条管道铺设触发信号线路和汉王眼与管理计算机的通讯线路，投资巨大，不适合于大面积的推广。

从目前一些产品的性能指标可以看出，车牌识别系统的识别率和识别速度有待提高。现代交通的飞速发展以及车牌识别系统应用范围的日益拓宽，给车牌识别系统提出了更高的要求。因此，研究高速、准确的定位与识别算法是当前的主要任务，而图像处理技术的发展与摄像设备、计算机性能的提高都会促进车牌识别技术的发展，提高车牌识别系统的性能。

1.3 车牌识别的关键技术

车牌识别主要分为两大关键技术：一是车牌的定位；二是车牌字符的识别。

(1) 车牌定位研究。车牌定位的研究国外起步比较早，90 年代以来，我国也开始对车牌定位进行深入的研究，并取得了一定的成效。比较好的定位算法有：基于车牌文字变化特点的自动扫描识别算法；基于特征的车辆牌照定位算法；基于变换函数提取车牌的算法；基于视觉的车辆牌照检测；基于字符串的车辆牌照分割方法。这些算法都是基于车牌的特征来研究车牌的定位与识别，因而具有一定的针对性和局限性。对一些复杂图像，应用某些数学工具，不仅可以加快处理速度，而且可以改善和优化处理结果。已有的区域定位算法，比较完善的，如基于局部阈值二值化与自适应形态滤波算法。另外，一些学者们从一些数学工具着手，利用数学形态学、小波分析、遗传算法等方法对一些传统定位方法进行改进，提出了基于属性开运算的汽车牌照区域定位算法，通过对灰度图像采用属性开运算，削去满足特定属性的峰部，确定出目标以及少量非目标区域，然后计算出图像的倾斜角及目标区域所在范围；提出了基于小波与形态学的车牌图像分割方法等^[10-14]。上述车牌定位方法具有一定的实用性和参考价值，然而也都有不完善的方面，有待进一步完善。

(2) 车牌字符识别研究。车牌字符识别实际上就是对车牌上的汉字、字母、数字进行准确确认的过程。车牌字符识别依附于车牌上的印刷体文字的识别，能否正确识别，

不仅是文字识别技术的问题，还要考虑其载体——车牌区域的影响。车牌字符识别技术是文字识别技术与车牌图像自身因素协调兼顾的综合性技术。

由于摄像机的性能、车牌的整洁度、光照条件、拍摄时的倾斜角度及车辆运动等因素的影响使牌照中的字符可能出现比较严重的模糊、歪斜、缺损或污迹干扰，这些都给字符识别带来了难度。文献[15]给出了基于神经网络的车牌字符识别方法；文献[16]提出了一种基于模板匹配的车牌识别方法。综合上述方法，文献[17]提出了基于模板匹配和神经网络的车牌字符识别方法，该方法集成了模板匹配识别车牌字符和神经网络识别车牌字符的各自优势，提高了车牌字符的识别效率。

车牌字符识别的研究在技术上虽然取得了很大的突破，然而离实用化的要求还相差很远，许多新方法仅停留在理论和文章上，或者限制在比较狭窄的约束范围内，并不能以产品的形式大范围的投入使用。因而，车牌字符识别的研究仍然有很长的路要走。

1.4 论文的主要工作

本文实验的图像是用数码相机在道路上拍摄到的汽车彩色图像(包括静态的和行驶中的汽车图像)，图像质量比较差，在各种光照条件和自然条件下的汽车图像都有，因此，也对本系统的实现增加了难度。在整个车牌识别系统中，实现高识别率，主要有三个部分起着关键的作用：在全车身图像中车牌部分的定位、定位后车牌字符的分割、对单个字符的识别。本文是在车牌部分定位实现的基础上，进行对车牌中的字符分割和字符识别，因此本系统由三大部分组成，即车牌图像的前期处理、车牌图像中的字符分割、单个字符的识别。系统工作的流程，如图 1.1 所示。

本文的结构是按照系统的流程结构来安排的。

第 1 章绪论。介绍车牌识别系统，特别是关键技术的研究现状。

第 2 章车牌图像的定位与预处理。包括车牌图像的二值化、背景色的统一、车牌的倾斜校正和车牌中各种干扰的去除(包括去除上下边框和铆钉的干扰)。

第 3 章车牌字符的分割。介绍了字符分割的算法，在罗列并分析已有的一些分割算法后，提出了一种新的分割算法，在对图像扫描的基础上，综合考虑字符本身的宽度信息，从右边开始进行逐一分割的方法，同时，利用回扫和车牌图像本身的特点，引进的先验知识不受字符的粘连和断裂的影响，具有很好的自适应性，能准确地分割车牌字符。

第 3 章车牌字符的识别。进入单个字符识别阶段，首先对字符进行特征的提取，本系统选择了图像匹配的识别技术作为识别的方法，以车牌字符作为识别对象，研究了在干扰情况下的车牌识别问题，得到了较好的处理结果。

第 4 章车牌自动识别系统的研制。介绍了系统的设计原则、系统的结构和功能及系统的软硬件环境。

第 5 章车牌自动识别系统实例与分析。列举一些具体的实验结果。

结论对车牌自动识别系统的实现做了一个总结，归纳了本系统的优点与不足以及系统有待完善之处。

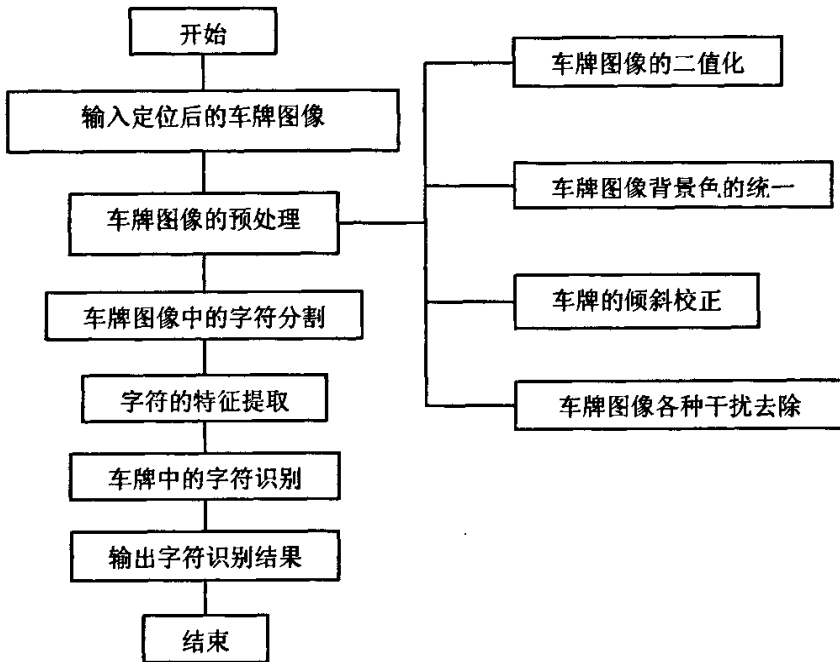


图 1.1 系统工作的流程图

Fig. 1.1 The flow chart of system works

2 图像的定位与预处理

2.1 图像的定位

2.1.1 数字图像处理的基本内容

(1) 图像输入

图像处理的第一步,是获取处理对象的可见模拟图像,并将其转换为计算机能接受的数字图像,再输入计算机。

(2) 图像的存储和检索

为了保存、处理或者传递图像信息,需要将原图像或经过处理的图像信息在计算机中按某种规律存储.必要时可以方便他找到它们,即进行图像的检索。这种对图像群体的保管工作是图像处理不可缺少的内容。

(3) 图像增强

图像增强是一种将输入图像变换成便于获取所需信息的状态的各种处理的总称,也可理解为一种改善图像品质的处理内容。例如噪声(即各种干扰信号)减弱、对比度改善。变形修正、模糊消除等都属于图像增强的内容。由于种种原因,图像的品质常常是不理想的,因此图像增强成为图像处理中的重要环节。

(4) 图像特征提取

通过图像信息去测量、识别或理解其中的对象物,依赖于一些能表征对象物的图像特征,如线、边缘、区域、形状、颜色、纹理等等。通过各种处理方法,将包含图像信息中的必要的特征显露出来,并加以量化的处理称之为图像的特征提取。

(5) 图像识别与理解

图像识别可以简单地理解为利用提取的图像特征对事物进行分类处理,所谓图像理解是利用图像信息实现模拟人的视觉系统理解客观事物。图像识别实际可看作是一种简单的、仅仅涉及分类的图像理解,而图像理解则是包含更高层次的、达到某些智能化程度的处理。

(6) 图像输出

用计算机再现输入、输出的以及中间处理结果的图像内容即称为图像输出,是人们考察处理结果获取处理结果所必需的。

图像处理内容除上述6个基本方法以外,还有图像复原、图像编码、图像重构、图像传送等^[18,19]。

2.1.2 数字图像处理的特点

(1) 再现性

只要输入图像和处理方法不变,数字图像的处理结果是不会变的,能很好地再现。即重复性好。不存在人们视觉处理的随意性,也不存在模糊图像(如照片)处理中图像质量的不一致。

(2) 定量性

数字图像处理很容易得到定量的结果,这是其他处理方式无法比拟的优点。

(3) 适应性

数字图像处理既适用于可见光图像,又适用于其他波谱图像既可处理静态图像又可处理动态图像。处理对象可小到显微图像,大到航空乃至卫星照片,涉及各行各业。

(4) 灵活性

对同一幅图像,只要处理程序稍作改变,就可得到不同的处理结果。线性运算、非线性运算以及一切数学公式或逻辑式表达的运算都可以用来处理数字图像。

(5) 精度高

数字图像处理的精度随着图像像素数和量化数的增加而提高。目前,图像数字化的精度已达到相当高的程度。

(6) 处理速度较慢

一般来说,与人的视觉处理速度相比,数字图像处理的速度还比较慢,而且随着处理精度的提高,处理所需的时间更长。这一点已成为数字图像处理实用化的关键问题。但是,图像处理软件技术和计算机硬件以及图像专用硬件的发展,将使处理速度不断提高。

(7) 存储容量大

数字图像处理需要计算机配有足够的内外存储空间,而且处理精度越高,所需存储空间越大,这也是一个不可忽视的问题,不过,随着新型存储器的不断推出,存储容量可望得到迅速提高。或者说,处理的精度得以进一步提高。

2.1.3 各种定位方法的比较

目前定位的方法主要分为两大阵营,即基于灰度图像和基于彩色图像的牌照定位方法两类。下面将对这两大类方法及其优缺点分别介绍。

(1) 基于灰度图像的车牌定位方法^[20-22]

由于灰度图像的处理速度比较快,目前大多数车牌识别系统中都是基于灰度图像进行定位处理的。比如,一些系统在分析了人识别牌照过程的基础上提出了智能性的多层次分割算法来定位车牌,多层次是指每次分割时尽量减少分析范围。由于车牌一般挂

在缓冲器上方或附近,通过对原始图像进行水平投影后发现,在缓冲器上下,图像的灰度特性在投影值中反映为变化的边沿,因此可通过确定投影图两个谷点大致确定车牌的位置,然后在从原始图像中分割出的条形区域中,据牌照区域变化的笔划特征等先验知识,采用纵向边界抽取模板并经阈值化,检测牌照的左、右、上、下边界,从而完成车牌的定位与分割。但该算法对车尾牌照图像的定位将失效。一些学者在基于牌照区域边缘平直且边缘灰度变化情况为屋脊状、牌照位置在原始图像中位置比较集中的前提下,利用牌照边框为一灰度值高出背景灰度的平行四边形,提出了一种基于原始图像水平样本线和垂直样本线上奇变点搜索的边缘检测算法,在确定好水平和垂直边缘后,通过排列组合形成四边形并根据车牌的特点得到唯一的四边形,即寻找的车牌。在边缘检测的基础上通过霍夫变换得到组成车牌区域的四条边缘直线段的参数从而实现对该区域的定位。这些方法只用在文字区域集中在某个范围且水平时比较准确,适用范围较狭窄。也有学者在 BESMAN 局部阈值化算法基础上提出一种快速局部域值二值化方法,同时利用改进的自适应形态滤波算法来进行牌照定位,在充分利用车牌先验知识的基础上首先通过 SOBEL 算子进行边缘检测,然后利用区域生长经过潜在牌照判决提取真实牌照等过程完成牌照的定位与分割。将传统的域值法和模糊规则相结合引入智能性,利用图像的纹理特征在原始图像中确定目标区域—车牌。这种算法也只有文字区域水平且周围干扰少时定位比较准确。还有的学者采用 Hough 变换以检测直线来提取车牌边界区域,然后根据边界区域进行生态腐蚀法来生成连通区域图像,再进行轮廓跟踪,通过标记候选牌照区域,得到 n 个候选牌照区域,最后对候选牌照进行分析与分解,进而提取牌照区域。但是 Hough 变换法对车牌区域变形或图像被污损很敏感,因此这种情况下失效的可能性很大。

(2) 基于彩色图像的车牌定位方法^[23]

由于人类视觉对彩色信息比较敏感,而车牌是由具有固定几种颜色字符和背景组成,因此许多学者提出了利用车牌的颜色信息来搜索牌照。比如,一些系统采用 BP 神经网络对彩色图像进行彩色分割,把每个像素通过网络学习归类为期望的颜色,然后利用水平和垂直直方图的方法确定牌照的位置,但是当车牌区域颜色域附近颜色非常相似且牌照倾斜的情况下彩色定位分割错误将会增加。也有一些系统采用彩色边缘检测算子 Color Prewitt 计算二值边缘图像,然后采用形态学方法来生成连通区域图像,在进行轮廓跟踪,通过标记候选牌照区域,得到 n 个候选牌照区域;最后对候选牌照进行分析与分解,进而提取牌照区域,但是当图像中相似颜色区块较多时,定位速度会急剧下降。也有的系统首先利用颜色信息、对输入图像进行彩色粗分割,得到了颜色为车牌照的一些

区域。然后将分割结果中的伪目标区域(即除了车牌照区域外的其他区域)分为两类:一类是与汽车牌照颜色相近的背景,一类是可能和牌照颜色相近的汽车外壳,分别进行处理,最终利用投影法得到准确的车牌位置。虽然这种方法的定位率比较准确,但是其识别速度却很慢。

2.1.4 本文定位方法的确定

通过分析上述各种方法可见,基于灰度图像的车牌检测与提取和基于彩色图像的车牌检测与提取两种方法各有各的特点。

首先,从图像的使用角度来讲,灰度图要更易于使用,因为灰度图所用的调色板的 RGB 值都是一样的,即只有亮度信息,没有颜色信息,而彩色图的 RGB 却是不一样;另外,灰度图像的图像数据就是调色板的索引值,也就是实际的 RGB 值,而彩色图的 RGB 分量各自不同,另外,彩色图像经过图像处理可能产生不属于该彩色范围内的新颜色,因此使用起来较灰度图不方便。

其次,从图像的处理速度来讲,由于灰度图像只有 256 级,所以每个像素只需要一个字节 8bits 就可以表示出来,而 24 位真彩色有 224 种颜色,每个像素需要使用 3 个字节来表示,进行彩色图像处理时,分别对 RGB 三个分量进行处理,这使得其处理速度较灰度图处理速度慢许多。

第三,从利用图像信息中含有的信息量来讲,基于彩色图像的车牌检测与提取方法则更多的利用了图像中的信息,同时也因此付出了处理时间长的代价。前面所述的各种基于灰度的定位方法都有其独自的适用环境,对于不同的识别环境需要制定不同的定位方法。由于灰度图则对图像颜色繁杂和色调明暗这些因素不是很敏感,并且基于灰度图的图像处理速度要比基于彩色图的处理速度快的多,所以确定定位方法为基于灰度图的定位方式。

因此,针对本系统的成像特点,结合牌照固有的特征(比如,尺寸特征,牌照底色与字符沿水平方向形成的垂直明暗间隔的纹理变化特征),拟定提出如下定位方案。

首先,将图像变为灰度图;然后,通过增强对比度,滤波等预处理以后;再以车牌区域中字符边界的灰度分布的纹理特征为基础,确定灰度梯度变化较大的点(纹理离散点);最后,根据车牌的几何特征判别离散点的特征,确定可能的牌照区域,从而确定牌照的位置。针对颜色多变这一特点,决定采用灰度化方法将图像变为灰度图,然后只对灰度信息进行处理,因此可以降低色彩多变的影响;针对背景复杂这一特点,提出基于纹理处理的方法,因为牌照纹理具有规则性,不会因为背景复杂或图像模糊而消失,而背景一般不具规则性,因此利用纹理可以降低不规则复杂背景的影响;针对成像时的

图像明暗不定这一特点, 提出阈值自适应的方法来自动跟踪图像的明暗度。另外, 为了满足系统实时性的要求, 提出变步长动态搜索的方法进行图像数据遍历, 以加快定位处理的速度。

2.2 图像的灰度化

汽车图像样本, 目前大都是通过摄像机、数码相机等设备拍摄获取的, 因而预处理前的图像都是彩色图像。真彩色图像又称 RGB 图像, 它是利用 R、G、B 分量表示一个像素的颜色, R、G、B 分别代表红、绿、蓝 3 种不同的颜色, 通过三基色可以合成出任意颜色。而每个分量有 255 种值可取, 这样一个像素点可以有 1600 多万 ($255*255*255$) 的颜色的变化范围。而灰度图像是 R、G、B 三个分量相同的一种特殊的彩色图像, 每一个像素点的变化范围为 255 种, 所以在数字图像处理种一般先将各种格式的图像转变成灰度图像以使后续的图像的计算量变得少一些。灰度图像的描述与彩色图像一样仍然反映了整幅图像的整体和局部的色度和亮度等级的分布和特征。所以, 对一个尺寸为 $m*n$ 的彩色图像来说, 存储为一个 $m*n*3$ 的多维数组。如果需要知道图像 A 中 (x, y) 处的像素 RGB 值, 则可以使用这样的代码 $A(x, y, 1:3)$ 。

彩色图像包含着大量的颜色信息, 不但在存储上开销很大, 而且在处理上也会降低系统的执行速度。由于图像的每个象素都具有三个不同的颜色分量, 存在许多与识别无关的信息, 不便于进一步的识别工作, 因此, 在对图像进行识别等处理中, 经常将彩色图像转变为灰度图像, 以加快处理速度。

数字图像分为彩色图像和灰度图像。在 RGB 模型中, 如果 $R=G=B$, 则颜色表示一种灰度颜色, 其中 $R=G=B$ 的值叫做灰度值。由彩色转换为灰度的过程叫做灰度化处理。灰度图像就是只有强度信息, 而没有颜色信息的图像, 存储灰度图像只需要一个数据矩阵, 矩阵的每个元素表示对应位置的像素的灰度值。彩色图像的像素色为 RGB(R, G, B), 灰度图像的像素色为 RGB(r, r, r), R、G、B 可由彩色图像的颜色分解获得。而 R、G、B 的取值范围是 0-255, 所以灰度的级别只有 256 级。灰度化的处理方法主要有如下三种:

(1) 最大值法: 使 R、G、B 的值等于三值中最大的一个, 即

$$R=G=B = \max(R,G, B) \quad (2.1)$$

(2) 平均值法: 使 R, G, B 的值等于三值和的平均值, 即

$$R=G=B = (R+G+B)/3 \quad (2.2)$$

(3) 加权平均值法：根据重要性或其它指标给R、G、B赋予不同的权值，并使R、G、B等于它们的值的加权和平均，即

$$R=G=B = (W_r R + W_g G + W_b B)/3 \quad (2.3)$$

其中 W_r 、 W_g 、 W_b 分别为R、G、B的权值。由于人眼对绿色的敏感度最高，对红色的敏感度次之，对蓝色的敏感度最低，当 $W_r=0.30$ ， $W_g=0.59$ ， $W_b=0.11$ 时，能得到最合理的灰度图像。

2.3 图像增强

图像增强是数字图像处理过程中经常采用的一种方法。为了改善视觉效果或者便于人和机器对图像的理解和分析，根据图像的特点或存在的问题采取的改善方法或者加强特征的措施称为图像增强。

获取和传输图像的过程往往会发生图像失真，所得到图像和原始图像有某种程度的差别。这种差异如果太大，就会影响人和机器对图像的理解。在许多情况下，人们不清楚引起图像降质的具体物理过程及其数学模型，但却能根据经验估计出使图像降质的一些可能原因，针对这些原因采取简便有效的方法，改善图像质量。例如，图像信号变弱会使人们无法看清图像的细节，而采用增强对比度的方法可使图像清晰一些；图像的噪声干扰也容易使图像质量变差，运用平滑技术可以消减噪声；还有一些物理器件或系统工作原理可等效为一积分过程，信号经过这样的器件或系统后要变模糊，这时可使用微分运算突出边界或其他变化的部分，使图像增强。

由于所拍摄的车辆图像的质量受天气、光照、观察点等的影响，车牌图像往往会产生对比度不足的弊端，使图像细节分辨不清，影响识别率。因此，需要将牌照图像进行图像灰度扩展，以便改善图像的观察质量，提高字符识别率。可采用对比度增强和直方图均化等技术。

2.3.1 对比度增强

对比度增强是按一定的规则修改输入图像每一个像素的灰度，从而改变图像灰度的动态范围，也可以使其压缩，或者是对灰度进行分段处理，根据图像特点和要求在某段区间中进行压缩而在另外区间中进行扩展。

如果原图像 $f(x, y)$ 的灰度范围是 $[m, M]$ ，则希望调整后的图像 $g(x, y)$ 的灰度范围是 $[n, N]$ ，那么公式(2.4)的变换可以实现这一要求。

$$g(x,y) = ((N-n)/(M-m)) (f(x,y)-m) + n \quad (2.4)$$

实际中由于曝光不足或成像系统非线性的影响，通常照片或电子系统生成的图像对比度不良，利用对比度增强变换可以有效地改善图像的质量。

2.3.2 直方图均化

采用基于点运算的图像增强方法，即对图像的灰度级进行变化，使图像对比度得到调整，从而达到图像增强的目的。将车牌图像进行灰度扩展，经试验对比，采用直方图均化的效果较好。

本系统采用直方图均化法。直方图均衡是把一已知灰度概率分布的图像，经过变换最终演变成具有均匀灰度概率分布的图像。自然图像的灰度直方图通常在低值灰度区间上频率较大，使得图像中较暗区域中的细节常常看不清楚，为了使图像清晰，可将图像的灰度范围拉开，并且让灰度频率较小的灰度级变大，即让灰度直方图在较大的动态范围内趋于一致。

用图像 $f(x, y)$ 的直方图代替灰度的分布密度函数 $P_i(f)$ ，则直方图均化后的图像 g 为：

$$g = T(f) \int P_i f(u) du \quad (2.5)$$

对于数字图像，可以对上述公式做离散近似。设原图像的象素总数为 N ，灰度级的个数为 L ，第 K 个灰度级出现的频率为 nk 。若原图像 $f(x, y)$ 在象素点 (x, y) 处的灰度为 rk ，则直方图均化后的图像在象素点 (x, y) 处的灰度为

$$S_k = T(rk) \sum_{j=1}^k \frac{N_j}{N} \quad (2.6)$$

经直方图均化后，图像的细节更加清楚了，在直方图调整之前，低灰度的比例很大，经过直方图调整，各灰度等级的比例更加平衡。

2.3.3 图像的滤波

图像滤波是图像增强的一种手段，图像经直方图均化后，虽然图像的质量得到了增强，但图像本身还存在许多噪音，引起噪音的原因有：在摄像时由于光学系统失真，相对运动，大气湍流等都会使图像模糊。再如传输过程中，噪声污染图像，或者使机器从中提取的信息减少甚至造成错误。因此，必须对降质图像进行改善。改善的办法有两类：一类是不考虑图像降质的原因，只将图像中感兴趣的特征有选择的突出，而衰减其不需要的特征，故改善后的图像不一定要逼近原图像。这类改善方法称为图像增强技术。另一类改善图像方法是针对图像降质原因，设法去补偿降质因素，从而使改善的图像尽可能地逼近原图像，这类图像改善方法统称为图像复原技术。

图像处理的目的是为了将感兴趣的目标突出，因而要采用图像增强技术来提高图像的质量。图像增强技术有两类方法：空间域法和频率域法。

空间域法主要是在空间域内对图像灰度值直接运算处理。其增强技术可用式(2.7)和图 2.1 来描述其原理过程。

$$g(x, y) = f(x, y) h(x, y) \tag{2.7}$$

式中 $f(x, y)$ ， $g(x, y)$ 分别为增强处理前后的图像。 $h(x, y)$ 为空间运算函数。

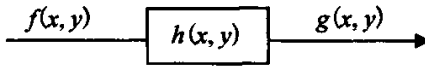


图 2.1 空间域增强模型
Fig. 2.1 Space field enhanced model

频率域法是在图像的某种变换域内，对图像的变换值进行运算。这是一种间接处理方法。可以用式 2.8 和图 2.2 描述图像频率域增强技术的原理过程。

$$\begin{aligned} G(u, v) &= H(u, v)F(u, v) \\ g(x, y) &= F^{-1}\{G(x, y)\} \end{aligned} \tag{2.8}$$

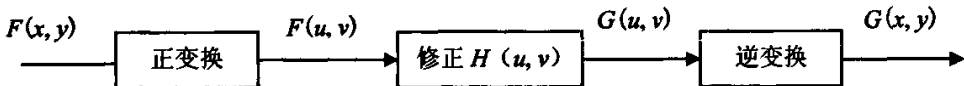


图 2.2 频率域增强模型
Fig. 2.2 Frequency field enhanced model

图 2.2 中的 $F(u, v)$ ， $G(u, v)$ 分别为处理前后图像 $f(x, y)$ ， $g(x, y)$ 傅立叶变换。 $H(u, v)$ 式对应于修正方法的滤波函数。

对车牌图像进行处理，通常采用空间域法对车牌图像滤波，目的是去除图像中的噪声，通常使用下面 3 中方法：线形滤波，中值滤波和自适应滤波。

(1) 线形滤波

线形滤波可以去除图像中某些类型的噪声，如采用邻域平均法的均值滤波器就非常适用于去除通过扫描得到的图像中的颗粒噪声。

邻域平均法对给定的图像 $f(i, j)$ 中的每个像点 (m, n) ，取其邻域 S 。设 S 含有 M 个象素，取其平均值作为处理后所得图像像点 (m, n) 处的灰度。用一象素邻域内各象素灰度平均值来代替该象素原来的灰度，即使用邻域平均技术。

邻域 S 的形状和大小根据图像特点确定。一般取的形状是正方形、矩形及十字型等， S 的形状和大小可以在全图处理过程中保持不变，也可以根据图像的局部统计特性而变化，点 (m, n) 一般位于 S 的中心。如 S 为 3×3 邻域，点 (m, n) 位于 S 中心，则

$$\bar{f}(m, n) = \frac{1}{9} \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 f(m+i, n+j) \quad (2.9)$$

假设噪声 n 是加性噪声，在空间各点互不相关，且期望为 0，方差 σ^2 ， g 是未受污染的图像，含有噪声的图像 f 经过邻域平均后为

$$\bar{f}(m, n) = \frac{1}{M} \sum f(i, j) = \frac{1}{M} \sum g(i, j) + \frac{1}{M} \sum n(i, j) \quad (2.10)$$

由公式(2.10)可知，经邻域平均后，噪声的均值不变，方差 $\sigma^2 = \frac{1}{M} \sigma^2$ ，即噪声方差变小，说明噪声强度减弱了，即抑制了噪声。同时，由公式(2.8)还可以看出，邻域平均法也平滑了图像信号，特别是可能使图像目标区域是边界变得模糊。可以证明，对图像进行邻域平均处理相当域于图像信号通过一低通滤波器。

(2) 中值滤波

中值滤波是一种非线性信号处理方法，它被用来抑制图像中的噪声。对于给定的 n 个数值 $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ，将它们按大小有序排列，当 n 为奇数时，位于中间位置的那个数值称为这 n 个数值中值；当 n 偶数时，位于中间位置的两个数值的平均值称为这 n 个数值的的中值，记做 $\text{med}(a_1, a_2, \dots, a_n)$ 。中值滤波就是这样的一个变换，图像中滤波后某象素的输出等于该象素领域中各象素灰度的中值。

中值滤波器可以推广到二维，即对二维图像操作。二维中值滤波的窗口形状和尺寸对滤波效果影响较大，不同的图像内容和不同的应用要求，往往采用不同的窗口形状和尺寸。采用的窗口形状有线状、方形、圆形十字形等，窗口的尺寸一般先用 3，再取 5，逐点增大，直到其滤波效果满意为止。

(3) 自适应滤波

利用 Matable 提供的图像处理工具箱中的 `wiener2` 函数，可对有恒定能量加性噪声的图像进行低通滤波，根据每个象素局部领域的估计进行象素式自适应维纳滤波，可使

得图像在整体上较为平滑。Wiener2 函数根据图像的局部方差来调整滤波器的输出，当局部方差大时，滤波器的平滑效果较小，滤波器平滑效果强。Wiener2 函数提供的自适应滤波通常比线性滤波器具有更好的选择性，可更好的保存图像边缘和高频细节信息。

Wiener2 函数通常对于含有白色噪声的图像滤波效果更好，比如含有高斯白噪声的图像。

Wiener2 函数采用的算法是首先估计出象素的局部矩阵和方差：

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{n_1, n_2 \in \eta} a(n_1, n_2) \quad (2.11)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{MN} \sum_{n_1, n_2 \in \eta} (a(n_1, n_2) - \mu)^2 \quad (2.12)$$

η 是图像中每个象素的 领域，然后对每一个象素利用滤波器估计出其灰度值：

$$b(n_1, n_2) = \mu + \frac{\sigma^2 - v^2}{\sigma^2} (a(n_1, n_2) - \mu) \quad (2.13)$$

其中， v^2 是图像中噪声的方差。

经过大量的实验比较，发现对车牌图像采用二维自适应除噪滤波效果明显。本系统采用自适应滤波，即维纳滤波，将维纳滤波后的灰度图像进行二值化可以得到较好结果。

2.4 图像的二值化

二值图像^[24,25]是指整幅图像画面内仅黑、白二值的图像。在数字图像处理中，二值图像占有非常重要的地位。这是因为，一方面，有些需要处理的如文字图像、指纹图像、工程图纸等图像本身是二值的；另一方面，在某些情况下即使图像本身是有灰度的，我们也设法使它变成二值图像再进行处理（即灰度图像的二值化）。这是考虑到在实用的图像处理系统中，要求处理的速度离、成本低、信息重大的浓淡图像处理的花销太大。此外，二值化后的图像能够用几何学中的概念进行分析和特征描述，比灰度图像优势大的多。

在实际的车牌处理系统中，进行图像二值变换的关键是要确定合适的阈值，使得字符与背景能够分割开来，而且二值变换的结果图像必须要具备良好的保形性，不丢掉有用的形状信息，不会产生额外的空缺等等。同时，车牌识别系统要求处理的速度高、成本低、信息量大，采用二值图像进行处理，能大大地提高处理效率。

二值化的关键是要找到合适的阈值 t 来区分对象和背景。设原灰度图像为 $f(x, y)$ ，二值化后的图像为 $g(x, y)$ ，二值化的过程表示如下：

$$\begin{aligned} g(u, v) &= 1, f(x, y) \geq t \\ g(x, y) &= 0, f(x, y) < t \end{aligned} \quad (2.14)$$

门限 t 的选择是关键，它可以表示为一个三元函数，即：

$$T=[f(x,y), (x,y), N(x,y)] \quad (2.15)$$

其中 (x, y) 是图像中像素位置， $f(x, y)$ 代表图像中 (x, y) 处的灰度值， $N(x, y)$ 为 (x, y) 周围邻域的灰度特征。

二值化的阈值选取有很多方法，主要分为 3 类：全局阈值法、局部阈值法和动态阈值法。全局阈值二值化方法是根据图像的直方图或灰度的空间分布确定一个阈值，并根据此阈值实现灰度图像到二值化图像的转化。典型的局部阈值方法包括 Ostu 方法^[20]、最大熵方法^[21]等。全局阈值方法的优点在于算法简单对于目标和背景明显分离、直方图分布呈双峰的图像效果良好，但对输入图像量化噪声或不均匀光照等情况抵抗能力差，应用受到极大限制。局部阈值法则是由像素灰度值和像素周围点局部灰度特性来确定像素的阈值的，Bernsen^[22]算法是典型的局部阈值方法，非均匀光照条件等情况虽然影响整体图像的灰度分布却不影响局部的图像性质。此时邻域的规定及邻域计算模板的选取都是决定算法效果的关键因素。局部阈值法也存在缺点和问题，如实现速度慢、不能保证字符笔划连通性、以及容易出现伪影现象等。动态过值法的阈值选择不仅取决于该像素灰度值以及它周围像素的灰度值，而且还和该像素的坐标位置有关。由于充分考虑了每个像素邻域的特征，能更好的突出背景和目标的边界，使相距很近的两条线不会产生粘连现象。

2.4.1 二值化方法介绍

(1) 双峰法

首先，根据输入的数字图像按某一灰度级内的像素频数做出该图像的直方图。大量统计表明，对于某一类图像(如目标和背景有较强的对比)直方图中出现两个峰值，其中一个处于背景灰度区中，另一个处于目标灰度区。在这样的前提下，我们在两峰的中间谷取阈值。

(2) 微分直方图法

此算法思想是利用灰度变化率即微分直方图来确定阈值。如果图像中的目标和背景的边界处于灰度值急剧变化的部分，不直接利用其灰度值，而是利用其微分值作为阈值。微分值是灰度的变化率，可以有多种定义，比如某一像素和其周围邻域各像素的灰度差

的最大值，或是各个差的绝对平均值，由此求出微分直方图。微分直方图中的峰值就是所求的阈值。此方法适用于图像的目标与背景的边界位于灰度值急剧发生变化的情况，它的微分直方图会有一个峰值。但对于边界附近灰度变化复杂的图像，不宜使用此方法。

(3) 最大方差法

在图像的灰度直方图中，将图像的灰度值集合用阈值分为两组，通过基于两组的最佳分离来确定门限，即根据两组的组间方差和组内方差之比为最大来确定门限。设图像中灰度取值为 L_1, L_2, \dots, L_n ，门限为 t ，把图像的灰度值根据门限分为两组，即灰度小于门限的像素为组 1，其他的像素为组 2。组 1 像素数为 $W_1(t)$ ，平均灰度值为 $M_1(t)$ ，方差为 $\sigma_1(t)$ ；组 2 像素数为 $W_2(t)$ ，平均灰度值为 $M_2(t)$ ，方差为 $\sigma_2(t)$ ，图像中所有像素的平均灰度值为 $M_r(t)$ ，两组的组内方差由公式(2.16)计算：

$$\sigma^2(t) = W_1(t)\sigma_1^2(t) + W_2(t)\sigma_2^2(t) \tag{2.16}$$

两组间的方差为：

$$\begin{aligned} \sigma^2(t) &= W_1(t)(M_1(t) - M_r(t))^2 + W_2(t)(M_2(t) - M_r(t))^2 \\ &= W_1(t)W_2(t)(M_1(t) - M_r(t))^2 \end{aligned} \tag{2.17}$$

使组间方差与组内方差之比。 $\sigma_b^2(t) / \sigma_w^2(t)$ 达到最大的 t 即为门限。此方法对即使直方图不存在峰值时也可以用，但是不能反映图像的几何结构。

(4) 基于灰度的数学期望的方法

通常，图像的阈值被设置在灰度直方图的既明显又深的谷的位置。事实上许多根据人眼主观判断可划分为目标区和背景区的图像，其灰度直方图并不具备上述特点，可能的情况是灰度直方图的谷并不十分明显，或者存在多个谷，在这种情况下要得到正确的图像阈值是十分困难的。而实际上存在这样的可能性：虽然属于某一灰度级的像素数占总像素数的比例较小，但其对二值化的效果却有较大影响。因此需要对图像灰度分布情况从整体上进行分析研究，从而确定阈值。在数字图像中每一个像素的值均属于一个有限集，该集合即为可能的灰度等级。像素的取值情况不同，也就形成了不同的图像。设图像中灰度可取值为 L_1, L_2, \dots, L_m ， $P(L_i)$ 代表图像中灰度 L_i 出现的次数频率，令 $h(L_n)$ 代表图像中灰度 L_n 出现的次数，所以二值化门限可以由公式(2.18)计算：

$$\alpha = \sum_{i=1}^n LiP(Li) = \sum_{i=1}^n Li = \frac{h(Li)}{\sum_{m=1}^n h(Lm)} \sum_{i=1}^n Lih(Li) / \sum_{m=1}^n h(Lm) \tag{2.18}$$

该方法是一种基于全局的阈值分割法，它的适用性较广，对于具有不同灰度的图像均可应用，摆脱了传统的基于直方图的阈值分割法对图像模型的假定，而且，它的计算过程极为简单。

(5) 可变阈值法

在一般的光学干涉照片上，随着干涉条纹级数的增加，条纹亮度明显降低。因此，如果整幅图像选用一个阈值 t ，则会造成把本应该亮度值取 1 的区域变成值为 0 的区域，从而造成被处理对象的失真。而且，由于照明的不均匀性，往往会造成图像不同部分的亮度差异。因此，对图像二值化时，可能需要选取多个阈值，即让阈值的选取适应图像不同区域的变化而有所不同。这时可考虑对图像的不同区域做“区域直方图”，然后再采用全局阈值的方法。

(6) 基于纹理的二值化方法

此法适用于票据、文本、以及车牌图像。以车牌图像为例，由于图像中牌照四周的景物，光照条件和牌照的整洁程度的影响使得牌照图像的灰度直方图呈现出多种复杂情况，例如没有明显波峰，或两个以上波峰，或两个对等波峰等，使我们无法据此确定牌照字符的灰度范围。此外即使获得较为理想的直方图，也会由于牌照字符像素的灰度分布与背景像素的灰度分布混淆在一起而使阈值的选取缺乏足够依据。为了解决上述问题，有人提出了基于纹理的二值化方法，该方法分成两个步骤：首先对图像作纹理分析，在纹理分析过程中，将图像中的一个代表区域(通常取图像中部)作为纹理区域，同时将灰度变化平缓的宽度为 1 个像素的明线段和暗线段作为纹理基元，在纹理区域获得与基元相关的信息。通过纹理分析得到字符灰度级别的相对高低后，采用模式识别中的最大最小准则来获取二值化阈值。纹理是一种灰度的空间分布模式，它是一种空间性质，涉及到像素点的连接性。

2.4.2 本文提出的二值化方法

基于实时性的要求，力求寻找一种快速而且效果较好的方法，能够更有针对性的解决在不同条件下牌照图像的二值化问题。求解阈值的方法很多，如上面介绍的微分直方图法、最大方差法、基于灰度的数学期望的方法、可变阈值法等。迭代法是一种常用的求解最佳阈值的方法，它首先计算图像灰度直方图，选择图像灰度范围的中值作为初始阈值 T ，(设共有 L 级灰度)，然后按公式(2.19)进行迭代：

$$T_{i+1} = K \left[\frac{\sum_{l=0}^{T_i} h_l^l}{\sum_{l=0}^{T_i} h_l} + \frac{\sum_{l=T_i+1}^{L-1} h_l^l}{\sum_{l=T_i+1}^{L-1} h_l} \right] \quad (2.19)$$

其中, h_l 是灰度为 l 值的像素个数。迭代一直进行到 $T_{i+1} = T_i$ 。结束, 取结束时的 T_i 为最终分割阈值 T 。通常取 K 为 0.5 , 但由于车牌图像的特殊性(拍摄时的光照不稳定等), 为了使得分割结果比较好, 需要动态调整 K 的值, K 的初始值可取 0.6 , 以后的选择基于如下先验知识, 即: 车牌图像中背景像素点总数与字符像素点总数之比应基本固定(约为 2.0)

$$S = \frac{\sum_{l=0}^n h_l^l}{\sum_{l=j+1}^{L-2} h_l} \quad (2.20)$$

S 代表背景像素点总数与字符像素点总数之比, 虽然随着车牌中字符的复杂程度不同, S 若有变化(变化范围约为 $1.8-2.5$), 但 S 值基本能反映阈值的选择是否正确。因此每次迭代时, 根据 S 调整迭代系数 K 如下: 当 $s > 2.5$ 时减少 K , 当 $s < 1.8$ 时增加 K , 其它情况 K 不变。该方法通过自动调节迭代系数, 具有较强的自适应能力。

本系统在大 t 实验的基础上, 采用全局动态阈值法对图像进行二值化处理, 将牌照字符和背景区分开, 像素点仅用 1 或 0 表示。采用全局动态阈值法的二值化图像, 能够改善图像的质量, 使图像更加清晰。它适应于不同条件下拍摄得到的车牌图像, 更为精确的提取了字符信息, 为下面的字符分割扫清了更多障碍。

2.5 车牌图像背景色的统一

我国车牌的颜色多, 不同汽车类型有不同的颜色, 对处理造成了一定的困难。在处理的车牌图像中有小功率汽车使用的蓝底白字牌照, 大功率汽车所用的黄底黑字牌照, 军车和替车的白底黑字, 白底红字牌照, 还有国外驻华机构的黑底白字牌照等。这四种车牌经过二值化处理后, 会呈现出白底黑字和黑底白字两种情况。因此, 必须进行车牌图像背景色的统一, 将所有的车牌二值化图像统一为黑底白字的情况。

由于车牌图像中通常情况下都是背景点多, 目标点(字符)的点数少。根据这一特点可通过统计图像中黑白像素的个数来进行图像的确。假定某牌照图像中字符像素点所占比例为 r , 背景像素点所占比例为 r_2 , 则必有 $0 < r_1 < r_2 < 1$ 。因此, 可以首先统计某车牌的二值图像中白色像素点所占比例 r , 如果 $r < 50\%$ 则说明该车牌的二值图像为黑底白字, 不需要变换; 如果 $r > 50\%$ 则说明该车牌的二值图像为白底黑字, 那么就对该图像进行反转, 即将原来的白色像素点 1 变成黑色 0 , 原来的黑色像素点 0 变成白色 1 , 这样处理后所有牌照都统一成为了黑底白字二值图像。

2.6 图像的倾斜校正

由于拍摄时镜头与牌照的角度、车辆的运动及路面的状况等因素的影响,例如车牌在捕捉的图像中的位置不固定,捕捉图像时车头或者镜头发生摆动以及车牌本身就挂歪了或路况较差,都可能使牌照中的字符出现一定的倾斜,这对字符的分割和识别带来很大的影响和难度。因此,对倾斜的车牌图像进行校正显得尤为重要。

Hough 变换可用来检测图像中的直线,其主要优点是受曲线中间隙和噪声的影响较小。利用 Hough 变换法提取直线是一种变换域提取直线的方法,它把直线上点的坐标变换到过点的直线的系数域,巧妙地利用了共线与直线相交的关系,使直线的提取问题转化为计数问题。

平面 $O-xy$ 上的直线方程为: $y=ux+v$, 其中 u 和 v 分别为直线的斜率和直线的截距。对于给定的一条直线,对应一个数对 (u, v) , 反之,如果给定一个数对 (u, v) 则对应一条直线 $y=ux+v$, 即平面 $O-xy$ 上的直线 $y=ux+v$ 和 $O-uv$ 与平面的一个数对 (u, v) 构成一一对应。这个关系称为 Hough 变换。同理, $O-uv$ 平面上的一条直线 $v=-xu+ty$ 和 $O-xy$ 上的点 (x, y) 也是一一对应的。因此,如果 $O-xy$ 平面上有一条直线 $y=ux+v$, 那么它上面的每一个点都对应于 $O-uv$ 平面上的一条直线, 这些直线相交于一点 (u, v) 。利用这个重要性质可以检测共线点。

注意到直线的斜率可能会接近无穷大,为了使变换域有意义,需要采用直线方程的法线式表示: $x\cos\theta+y\sin\theta=\rho$, 其中 ρ 为直线到坐标系原点的距离, θ 为直线法线与 x 轴的夹角。于是,坐标平面 $O-xy$ 中的一条直线和坐标平面 $O-\rho\theta$ 中的一点一一对应, $O-xy$ 坐标平面中的一点和 $O-\rho\theta$ 中的一条曲线一一对应,而且容易知道 $O-xy$ 中的共线点所对应的 $O-\rho\theta$ 中的曲线交于一点。

$O-xy$ 中直线上的各点对应着 $O-\rho\theta$ 的一点。如果对过这一点的曲线进行计数,结果会是比较大的数值。因此我们可以根据精度, $O-\rho\theta$ 平面划分为等间隔的小直网格,这个直网格对应一个记数阵列。对于 $O-xy$ 平面上的每一个点,按上面介绍理在 $O-\rho\theta$ 平面上画出它对应的曲线,凡是这条曲线所经过的小格,对应的记数阵列元素加 1。于是记数阵元的数值等于共线的点数。当我们检测直线时,对应于大记数的小格,通过它的那些曲线所对应的 $O-xy$ 平面的各点接近于共线,而通过小记数的小格的曲线的对应点则认为是孤立点,不构成直线,应该去除。利用这个方法检测直线称为 Hough 变换直线检测方法。

拍摄到的车牌图像通常都有一定的倾斜度,为了后面的识别,需要进行倾斜度校正,否则将无法进行单个字符的正确分割,字符识别的误差率就会上升。但是若以某个固定的经验值对所有牌照统一进行旋转处理,又会使原本正常的牌照倾斜,导致新的错误。因此有必要针对特定的牌照图像,来提取其倾斜角度,再加以相应的旋转处理。如何从牌照中自动提取其倾斜度,是预处理过程中的一个难点。

传统的 Hough 变换对整幅图像的每个像素进行计算,以求出图像中可能存在的直线。这样计算量大,不能满足实时要求,而且里中间点干扰大,对于中间点亮且边缘缺摄的图像,存在误差,不能对车牌图像进行准确校正。采用传统的 Hough 算法提取直线,受中间点和图像边缘干扰不能准确地提取边缘直线来校正车牌,对图像质量要求高。

改进的方法是只对车牌上下边界可能存在的部分点集进行计算,从而大大减少了计算量,提高了算法的精度。在提取车牌倾斜度时,我利用改进的 Hough 变换法,首先对所有列进行扫描,提取出所有第一次从 0-1 的可能边界点,进而提取出边缘直线,就可以算出牌照的倾斜度,然后进行校正。

算法步骤为:

- (1) 设车牌二值图的行号为 i , 列号为 j
- (2) 在图像第 i 列从上往下扫描,找到第一个值为,“1”的点 (X_{ij}, Y_{ij})
- (3) 若该行的上一行该列的值为“0”,即点 $(X_{(i-1)j}, Y_{(i-1)j})$ 的值为,“0”,
- (4) $j=j+1$, 重复步骤(2),直到 j 等于车牌图像宽度 w
- (5) $i=i+1$, 重复步骤(2)

这样对宽度为 w 的车牌图像只有 w 个点。设定一组直线方程: $Y=px+q$, 其中 p 为斜率, q 为截距。对这 w 个点应用 Hough 变换。根据参数空间累加数组的值, 求出该点集中共线点最多的子点集, 该子集所代表的直线的斜率 p_1 作为上边界的斜率。同理可求出下边界的斜率 p_2 。若 p_1, p_2 相差很小, 则求其平均值 p , 否则, 在参数空间另外选择子点集, 以使 p_1, p_2 尽量一致, 并求其平均值 p 。根据求得的车牌的斜率 p , 即可计算出倾斜度 a , 对车牌图像进行准确校正。

利用改进的 Hough 变换法, 提高了算法的效率和倾斜校正的准确率。实验证明校正的准确率达到了 98%。

2.7 牌照上下边框和铆钉的去除

在实际处理中, 面对的要识别的牌照字符背景非常复杂, 存在较大的干扰、噪声。当车牌的二值图像统一为黑底白字后, 会有汽车保险杠与牌照四条边框的残缺图像以及

牌照上两个铆钉干扰的一个区域。借助一些先验知识,采取一些图像处理的方法可以从上述复杂背景中去除干扰。

2.7.1 车牌上下边框的去除

将车牌图像进行二值化后,图像仅黑、白二值。白色像素点(灰度值 255)取 1,黑色像素点(灰度值 0)取 0。

由于车牌上下边框的干扰对车牌的分割非常不利,因此,必须去除车牌的上下边框。车牌图像中字符上下边沿处像素灰度值是我们首先想到的依据。如果横向扫描牌照图像,理想情况下字符区域的亮暗跳变频繁,而背景区域没有跳变。对于黑底白字且没有其他干扰的牌照图像而言,字符的左右间隔处的竖直投影值应该为零。但实际处理中,由于前面车牌的定位不可能做到恰好卡在牌照的边框上,即使卡在边框上,在牌照的上下边缘处会有许多其它的干扰。在这些干扰中,有的是牌照上本身有与字符的灰度值相同的矩形框,有的则是牌照上的铆钉,有的则是牌照本身的污秽,还有的则是由于汽车行驶速度较快,造成的字符变形和模糊。无论是那种干扰都对分割不利,因为它使原来应该作为分割依据的零值投影点的数值不为零。

为了不受上下边框的干扰,我们采用的行扫描方法是由车牌高度的上面 1/3 处往上扫描,车牌高度的下面 1/3 处往下扫描。为了更加准确的区分,将字符区域在整个牌照中大致的位置(即高度比例信息)作为先验知识,限定由扫描得到的判别点。字符与背景的分割处有明显的从白到黑的跳变,当搜索到字符与背景的分界行时,将这个分界行所界定的字符区域之外部分全部切除。

对于下边框干扰的去除,除了加上牌照本身的长宽约束之外,方法大致一样。



图 2.3 去除边框的图像

Fig. 2.3 Image of wiping off frame

2.7.2 车牌铆钉的去除

车牌图像中铆钉的去除是重要的。没有去除边框线和铆钉的车牌图像,经常出现铆钉和字符及边框线粘连的现象,给后续车牌字符的分割造成很大的困难。在车牌边框线

的内侧，通常有四个铆钉，他们不同程度地与第二个字符或第六个字符粘连，如果不去除铆钉，将给第二和第六字符的识别造成困难。

对于标准车牌，字符间间距为 12mm，第二、三个字符间间距为 34mm，其中，中间小圆点 10mm 宽，小圆点与第二、三个字符间间距分别为 12mm。根据这些先验知识，对车牌图像逐行进行扫描，当扫描到车牌图像某一行中，黑色像素点的宽度大于某一阈值时，则认为该行的噪声，铆钉的干扰，切除这一行以上或以下的所有行。以除去车牌的上边框和铆钉干扰为例，其算法思想为：设要处理的图片尺寸为 $m \times n$ ，其中 m 为行， n 为列， j 为搜索行中连续出现的黑像素点的长度，取经验值 $n/5$ 作为 j 的门限值，取经验值 $m/10$ 作为在列方向投影的门限值，从 $i=m/3$ 行开始往上逐行扫描，若该行在列方向上的投影 $< m/10$ 或者该行中的 $j > n/5$ ，就认为找到了字符的上边界为 $i+1$ 行处，将从 i 开始的所有行全部切除。若没有找到符合条件的行，则认为无上边框干扰。

具体的算法为：

- (1) 对车牌图像从它的三分之一高度处往上扫描。
- (2) 逐行水平扫描，统计每行在列方向的值和连续的黑色像素点数。
- (3) 当某行连续黑像素点数大于门限值时，停止扫描，进入 4，否则返回循环。
- (4) 记录该行的行数，如果也满足一定的高度比例即跳出循环，否则返回循环。
- (5) 切除该行以上的部分。

对于下边框和铆钉的去除，除了加上牌照本身的长宽约束之外，方法大致一样。



去除铆钉前的图像



去除铆钉后的图像

图 2.4 去除铆钉的图像

Fig. 2.4 Image of wiping off rivet

从图 2.3 和图 2.4 中可以看出，去除了上下边框和铆钉后的车牌图像，有利于我们后续对车牌图像的分割和识别。

2.8 汽车牌照的定位

2.8.1 车牌区域特征

我国现在使用的车牌具有以下固有特征：

(1) 字符特征：标准车牌(军车、警车、教练车、外交车除外)上的七个字符，它们基本呈水平排列，在矩形内存在较丰富的边缘。

(2) 形状特征：车牌的边缘是线段围成的有规则的矩形。考虑到摄像机的拍照位置固定，采集的分辨率保持不变，而且实际车牌的大小是标准的，宽高比例固定，并且悬挂位置大都在车辆的下部。拍摄后车牌的宽高比例在一定范围内变化。

(3) 灰度变化特征：车牌的底色、边缘颜色及车牌外的颜色都是不同的，表现在图像中就是灰度级互不相同，这样在车牌边缘形成了灰度突变边界。实际上车牌的边缘在灰度上是一种屋顶状边缘。在车牌区域内部，字符和车牌底的灰度均匀的呈现波峰波谷。车牌灰度图及其一维灰度变化曲线如图 2.5 所示。可见左边的第一个峰值即是车牌的边缘。

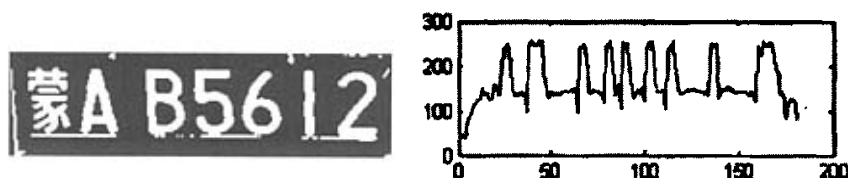


图 2.5 车牌灰度图及其一维灰度变化曲线

Fig. 2.5 LP gray image and one dimension gray variety curve

(4) 颜色特征：现有的车牌有四种类型，包括小功率汽车的蓝底白字车牌，大功率汽车的黄底黑字车牌(这两种车牌占了很大比例)，军警用的白底黑字车牌以及国外驻华使馆用的黑底白字车牌。蓝底白字和黑底白字车牌二值化后结果是黑底白字，而黄底黑字和白底黑字车牌二值化后是白底黑字。

在整个车牌图像中，牌照区域纹理特征明显，边缘比较丰富等，我们采用纹理分析的方法对其进行边缘检测，提取有效的纹理特征进行粗定位，然后对其进行形态学处理，利用牌照的先验知识进行精确定位。

2.8.2 车牌区域纹理分析

分析可知，牌照区域字符特征明显，特别是区域的灰度变化具有一定的规律性，描述区域变化特性的特征量很多，本文从边缘检测着手进行车牌区域特征提取。

车辆牌照一般由七个字符组成，每个字符的灰度基本相同。从直觉上来说，汽车图像中的字符区域在灰度图上具有如下两个特征^[26,27]：

(1) 文字与车牌底色在灰度上存在跳变；

(2) 文字区域表现出特定的空间凝聚性, 同一文本具有相同的高度、方位等空间属性。

第一个特征可以作为字符区域的一种特殊的结构进行提取, 又可依据第二个特征进行聚类分析。

从穿过车牌的水平扫描线可以看出车牌区域的灰度呈周期性的高低起伏变化, 且变化次数与车牌字符的边缘相关; 同时相对于其他灰度亦呈周期性高低起伏变化的非车牌区域来说, 车牌区域的灰度变化相对集中。容易想到的是利用纹理的边缘信息提取车牌特征, 考虑到系统的实时性, 采用了简单统计的方法提取车牌区域纹理边缘的特征, 在此我们设计了两个特征函数来提取字符区域特征。

2.8.3 牌照区域定位

根据车牌区域的水平方向灰度特性, 我们对预处理后的图像进行垂直边缘检测并二值化, 车牌扫描行会形成一个有规律的 0, 1 跳变区, 并且跳变区成簇分布, 由此我们按公式(2.21)定义两个特征函数 λ 和 σ 。 , λ 为水平跳变次数门限, σ 为聚类特征函数。

$$\lambda = \sum_{i=1}^{w-1} |edge(i) - edge(i+1)| \quad (2.21)$$

$$\sigma = E[i_1 - E(i_1)]^2$$

其中 $edge(i)$, i 为垂直边缘检测并二值化后的图像, 其值非 0 即 1, w 为图像的宽度, 对于我国现行的标准车牌而言, 牌照区域共有七个标准字符, 字符之间存在间隔, 牌照字符边缘检测后会产生 0—1 跳变, 特征量 λ 的取值范围可按下述方法得到。

(1) 下限的设定: 可以考虑极端的情况, 车牌号码五个数字都为“11111”, 则其边缘变化频率为 10, 汉字和字母某一行都为单笔划时, 变化的频率最小且为 4, 因而变化频率的最小值应为 14, 考虑到牌照两侧干扰的存在, 可设 15;

(2) 上限的设定: 可考虑极端情形, 车牌号的五个数字两次经过某一行(如“88888”中的上下半部分)时, 其边缘变化的频率最大且为 20, 当字母为“M”或“W”时, 字母四次经过某一行, 其边缘变化的频率最大且为 8, 当汉字为“藏”字时, 扫描线经过该字时变化频率最大为 12, 同时考虑干扰的情况可设此特征量为 50。在式(2.21)中 $edge(i)$ 中的非零像素的坐标, 实际上我们采用了边缘像素坐标的方差作为了聚类特征函数。当车牌区域与某些非车牌区域同时满足跳变的门限时, 这两种模式的区别在于车牌区域的边缘点成簇分布, 而非车牌区域的边缘点分布较离散, 由此我们可以通过 σ 来进行筛选, 通过条形区域的 σ 与设定值比较, 剔除较大者保留较小者即可去除大部分的干扰。需要

说明的是,在此,对于 σ 该特征函数对其设一阈值,当 λ 和 σ 同时满足要求时,就认为找到了车牌区域。

2.9 方法探讨

目前在图像分析中对颜色作用的讨论还没有定论,存在着两种截然不同的态度,有的学者认为颜色本身属于图像的一个非常重要的属性,所以在识别中想方设法的利用颜色信息,于是发展了很多的色彩表示方法(色彩模式),例如 RGB 模式、HSV 模式、CMY 模式、HSI 模式、YUN 模式等。颜色模型是三维颜色空间中的一个可见光子集,它包括某个颜色域的所有颜色。

RGB(red, green, blue)(红、绿、蓝)是最常见的彩色模型,它是一种正方体的空间结构模型。红、绿、蓝是相互正交的坐标轴,每个坐标轴都量化为 0-255,0 对应最暗,255 对应最亮。彩色立方体中任一点都表示一种颜色,RGB 图像又称真彩色图像,它是利用 R, G, B 3 个分量表示一个像素的颜色,通过三基色可以合成出任意颜色。以下是常见颜色的 RGB 数值,黑色=(0, 0, 0),白色=(255, 255, 255),灰色=(128, 128, 128),红色=(255, 0, 0),绿色=(0, 255, 0),蓝色=(0, 0, 255),青色=(0, 255, 255),品红=(255, 0, 255),黄色=(255, 255, 0)。

RGB 彩色系统是通过颜色进行加运算来完成颜色综合的彩色系统,其原点是黑色,通过在黑色中加入不同分量的红色、绿色、蓝色来得到某种彩色。大多数图像格式都采用 RGB 模型来表示像素的颜色,Windows 内部和位图也采用 RGB 颜色模型。

目前在图像识别中应用较多的是 HSV 模式,因为 HSV 空间能较好地反映人对色彩的感知和鉴别能力,在 HSV 空间定义的欧式距离能有效地反映人眼的视觉特性,适合于基于色彩的图像的相似性比较。

HSV(hue, saturation, value)(色度、饱和度、亮度)模型通常用于选择颜色,它是面向用户的一种复合主观感觉的色彩模型,比 RGB 模型更接近人们对颜色的感知。HSV 模型中 H 表示颜色的种类,由绕 V 轴的旋转角决定,每一种颜色和它的补色之间相差 180。S 为饱和度, V 为亮度。当色度由 0 变成 3。HSV 的颜色由红变为黄、绿、青、蓝、洋红,然后变回红色。当饱和度由 0 变到 1,颜色由不饱和变为饱和。当亮度由 0 变到 1,颜色越来越亮。实际得到的彩色图像通常是采用 RGB 模式表示的,通过公式 $HSV = \text{rgb2hsv}(RGB)$ 可以完成 RGB 数据到 HSV 数据的转换。

CMY(cyan, magenta, yellow)(青、品红、黄)彩色系统是与 RGB 对应的减色系统。它的直角坐标颜色空间与 RGB 模型所对应的子空间几乎完全相同。但其原点是白色,通

过指定在白色中减去不同分量的红色、绿色、蓝色来得到某种彩色。它主要用于油墨设备，如彩色喷墨打印机，绘图仪等。

YUV 模型是另一种常见的颜色模型，主要用于多媒体计算机技术中，比如 JPEG 的图像格式。其基本特征是将亮度和色度信号分离，Y 代表亮度，U 和 V 是两个彩色分量，表示色差。由于人眼对亮度的变化比对彩色的更敏感，因此 YUV 模型中 Y 分量所占的带宽大于彩色分量的带宽。主要的 YUV 格式有 4:1:1，4:2:2。

HSI(hue, saturation, intensity)(色度，饱和度，亮度)是适合人类视觉特性的颜色模型。其中 H(色度)表示不同的颜色，如红，黄，兰；而 S(饱和度)表示颜色的深浅，如深蓝，浅蓝；I(亮度)表示颜色的明暗程度。

但有些研究者认为如果颜色在目标识别中不是起决定作用，那么处理效果并不会比灰度图像好，而且由于目前灰度图像已经有了很好的理论基础和处理技术方法，所以现在有很多的研究工作依然在灰度图像上进行。

直接对彩色图像的分析在理论上应该是一个很值得去研究的新方向，这对数字图像处理技术从灰度图向彩色图的迈进有很大的帮助。对于车牌识别，从实用系统的角度考虑，车牌本身是彩色物体，其底色和字符的颜色是有限的几种，而且摄像设备和计算机性能的提高使彩色图像的实时处理变得容易。因此，充分利用车牌的彩色信息，并结合计算机彩色视觉技术，则可以更有效地实现车牌字符的分割和识别。如车牌颜色可以帮助识别车辆的类型，比如：白牌通常是军队或警车，通常属于“绿灯车辆”，黄牌通常是大型车辆，如货车、公交车等，蓝牌是普通车辆的牌照，也是最多的车牌类型。

在实验中，直接对拍摄到的车牌彩色图像进行处理，效果也较好。省掉了将彩色车牌图像变为灰度图，再进行车牌背景色统一等处理过程，提高了车牌图像处理的速度和效率。

3 车牌字符的分割

3.1 图像的分割

图像分割的用途非常广泛，几乎涉及有关图像处理的所有领域，应用于各种类型的图像。例如，在医学应用中，脑部核磁共振图像分割成灰质、白质、脑脊髓等脑组织和其他非脑组织区域等；在交通图像分析中，把车辆目标从背景中分割出来并进行车牌字符的识别；在面向对象的图像压缩和基于内容的图像数据库查询中，将图像分割成不同的对象区域作为基元进行处理等。分割的准确性直接影响后续工作的完成，因此具有十分重要的意义。

按照通用的分割定义，分割出的区域需同时满足均匀性和连通性的条件。其中均匀性是指该区域中的所有像素点都满足基于灰度、纹理、颜色等特征的某种相似性准则，而连通性是指在该区域内任意两点存在相互连通的路径。

设 F 表示一幅图像中所有像素的集合， $P(i)$ 是某个均匀性的假设，分割就是把 F 划分成若干子集 (S_1, S_2, \dots, S_n) ，其中各子集构成一个空间连通区域，且满足以下条件，

$$\bigcup_{i=1}^n S_i = F \text{ 且 } S_i \cap S_j = \emptyset, \quad i \neq j \quad (3.1)$$

满足 $P(S_i) = \text{true}$,

$$P(S_i \cap S_j) = \text{false}, \quad \text{若 } S_i \text{ 与 } S_j \text{ 在空间相邻} \quad (3.2)$$

完全符合上述定义的分割计算十分复杂，目前大部分研究都是针对某一类型图像或者某一具体应用的分割。

通常情况下，利用目标区域和背景区域在灰度方面的差异，可以实现对图像的分割，即基于灰度的图像分割。

3.2 车牌分割的简介

车牌字符分割^[28]是车牌自动识别系统中的重要步骤，这一模块的正确性受到很多因素的影响，最大问题是倾斜校正、二值化不彻底使投影图像中字符间的波谷不够分明；其次，车牌污损、反光、光照不均等原因使车牌图像变差，存在大量噪声；再次，车牌边框和铆钉也会造成分割不正确；还有车牌的前两个字符和后面五个字符之间的间隔符（小圆点）对字符识别有影响；车牌旋转对水平分割有较大影响。本文前述的倾斜校正及二值化工作的顺利完成为车牌字符分割创造了有利条件，出于 LPR 系统实时性要求的

考虑,本文采用字符比例先验知识与投影相结合的车牌字符分割方法,并取得了良好的实验结果。

车牌字符分割中常用的特征有:字符宽度、字符间距、字符中心间距、字符高度比、字符占有面积比等。车牌字符分割主要利用垂直投影方法,但二值化效果等原因常常导致字符粘连和分裂等现象,因此在分割时,需要对粘连的字符进行切分,对断裂的字符进行合并处理。

我国现有的牌照有四种类型:

- (1) 小功率汽车所用的蓝底白字牌照;
- (2) 大功率汽车所用的黄底黑字牌照;
- (3) 军用或警用的白底黑字、红字牌照;
- (4) 国外驻华机构用的黑底白字牌照。

这四种牌照的外轮廓长度均为 450mm,总的宽度为 150mm,共有字符 7 个(不包括第二、三字符之间的小圆点)。标准的民用车辆牌照(军车、警车、教练车、领事馆车除外)上均有七个字符,首位为省名缩写(汉字),次位为英文字母,再次位为英文字母或阿拉伯数字,末四位字符均为数字。字符总长度为 409mm,其中单个字符统一宽度为 45mm,高 90mm,第二、三个字符间间距为 34mm(中间小圆点 10mm 宽,小圆点与第二、三个字符间间距分别为 12mm),其余字符间间距为 12mm。牌照字符为规则的印刷体字,其字符串的长度比、字符间隙、字符的宽高比及笔画宽高都是按照严格的标准制造的,在牌照图像数字化、提取和校正的过程中会代入一些干扰,但字符串参数之间的相互关系都不会发生很大的变化。充分利用这些先验知识有助于单个字符边框的精确切分,使得单一字符区域的估测更加准确。

为了准确地识别牌照上的汉字、英文字母及数字,必须把单个字符从牌照中提取分离出来.在实际处理中,我们要识别的牌照字符情况非常复杂,通常存在较大的干扰、噪声,这是由于各种设备可能产生的噪声所引起的,使得牌照图像中可能产生字符之间粘连或字符断裂的现象,使图像中字符的笔画可能变粗、字符的轮廓模糊不清以及字符之间出现粘连。同时,经牌照定位而分割出的牌照区域亦非完全精确到牌照上的字符区域,所面对的是在牌照四个边框附近误差几个像素,还将有汽车保险杠与牌照四条边框的残留图像。

3.3 字符分割算法

3.3.1 基于先验知识的车牌字符分割

经过了上面一系列的预处理之后,得到的是一条上下边缘紧贴字符的水平二值图像,其中,车牌的背景像素为黑色,用0表示;车牌的字符像素为白色,用1表示。为了最终识别字符,须将字符图像逐个从校正图像中分割出来。通常的分割方法是以一条垂直直线从左至右扫描车牌图像,根据该垂直线在某位置是否遇到白像素决定这一位置是否有字符。然而在车牌图像中存在着许多随机干扰,在二值化过程中被转化成除字符以外的大小、位置不定的白色区域,这些干扰给分割带来了许多困难。分割不仅要将被干扰的字符NJ隔检测出来,还要避免将字符本身的纵向间隔当作字符间隔(这种情况经常在汉字中出现,如“蒙”、“粤”等)。

为了准确获得每个字符的始末位置,我采用的字符分割方法是垂直投影法,即沿垂直方向,计算每一列属于车牌字符的象素数目。对车牌图像从右到左进行扫描,假定用 J 代表车牌图像的列, s 代表车牌图像第 i 列上所有白色象素的个数。在理想情况下,(除汉字之外)每个字符的投影都是连续的,各字符的投影之间都有一定的间隙,并且在第二个字符和第三个字符之间有一最大间隙。由于在预处理时,已将车牌图像统一为黑底白字的二值图像,因此,在理想情况下,字符之间的间隙应全为黑色像素,即 $s=0$ 。但在实际处理中,由于车牌图像存在许多噪音和干扰,字符之间的间隙的投影不会为零,但是字符块在垂直方向的投影会在字符的间隙处取得局部最小值,因此字符的正确分割位置应该在上述局部最小值附近。根据实际处理车牌的经验可知,当某一列上的白色像素点总和小于某一阈值时,则认为检测到了字符的边界。假定 w 为字符的边界,车牌图像的宽度为 $nWidth$,高度为 $nHeight$,根据标准车牌的尺寸,可计算单一字符宽度 $CharW=nWidth*45/409$,字符间距 $Space=nWidth*12/409$,第二字符和第三字符间距 $Point=nWidth*10/4090$ 。

具体的分割算法为:

(1) 对车牌图像从右到左逐列扫描,若某一列上的白色像素点的总和小于某一间值(条件1)时,则认为是字符的边界。

(2) 判断,若为奇数,则找一个字符的开始位置。若不满足条件1,则 $j=j+1$,回扫;若满足条件1,则记下列数 $j=j-Space+1$,将 $j \rightarrow k(j)$, $j++$ 。

(3) w 若为偶数,则找到一个字符的结束位置。若不满足条件1,则 $j=j-1$ 继续往下扫;若满足条件1,则记下列数 $j=j-CharW$,将 $j \rightarrow k(j)$, $j++$;

(4) 直到 j 的值为零,并且 w 的值为偶数,则循环结束。

特殊情况:如果 $j=11$ 时,即已找到从右数第5个字符,需要找右数第6个字符的开始点,则要考虑车牌上第2与第3字符间的距离,即 $j=j-Space-Point$,转(2)。

经过上述步骤，则车牌图像中的 7 个字符的左右边界全部找到，考虑光照不均匀和二值化的因素，实际的二值化牌照图像中，字符宽度和间距与上述计算值有 1-2 个像素点的浮动。为了解决这一问题，我采用了回扫式字切割方法得到更准确的字符位置。由于此时车牌图像右数第 2 个字符的结束列应较为准确，以此为基础，从左往右扫。如果 w 为偶数，则 $j=j+\text{CharW}$ ，从左到右继续扫。若不满足条件 1，则 $j=j+1$ ；若满足条件 1，则记下此时的 $k(j)$ 值，冲掉原数据得到更准确的位置。如果，为奇数，则 $j=j+\text{Space}-1$ ，从左到右继续扫。若不满足条件 1，则 $j=j-1$ ；若满足条件 1，则记下此时的 $k(j)$ 值，冲掉原数据得到更准确的位置。

3.3.2 修正左边框

利用回扫式字切割方法对车牌图像进行扫描，若最左边字符(即车牌的第一个字符)宽度大于右数第二个字符的实际宽度时，说明有左边框干扰，则修正该字符的结束位置等于该字符的起始位置减去右数第二个字符的实际宽度。

3.3.3 有字符断裂的车牌图像

由于光线和其它不可预计的污染因素，对整幅牌照进行全局动态阈值的二值化以后，会出现有的字符断裂缺损的情况。如果在某一行应该有字符像素的地方经过二值化后被误作为背景，那末该列的投影值为零，用基于理想情况的分割算法必然会导致错误的分割。利用回扫式字切割方法并结合牌照字符的宽度、间距的固定比例关系等先验知识，能较好地解决汽车牌照在复杂背景条件下字符断裂的切分问题。如图 3.1 所示。



图 3.1 断裂车牌的分割

Fig. 3.1 Rupture LP segmentation

3.3.4 字符粘连的车牌图像

字符粘连是在理想情况下遇到的最多的类别。当分割的字符数目少于 7 个或者某处所取的字符宽度大于 2 倍字符的实际宽度时，则认为是字符粘连。那末利用回扫式字符切割方法并结合车牌的一些先验知识，从所取的字符宽度的 1/2 处切分字符，能较好的解决车牌字符的粘连问题。如图 3.2 所示。



字符粘连的车牌图像 预处理后字符粘连的车牌图像 / 分割后的图像

图 3.2 字符粘连车牌的分割

Fig. 3.2 Character conglutination LP segmentation

实验表明，我所采用的字符切分方法分割成功率达到 98%以上。由于噪声干扰、光照不均匀等因素，以及二值化等过程的影响，待分割的车牌字符有时会字迹模糊残缺、相邻字符粘连，易产生错分现象。使用本文所介绍的方法，借助牌照字符固定宽度、间距的固定比例关系等先验知识，简单、快速地解决了这些问题，字符的分割效果很好

4 车牌字符的识别

4.1 车牌字符识别方法简介

光学字符识别(Optical Character Recognition)属于模式识别和人工智能的范畴,同时涉及到图像处理、形式语言、自动机、统计决策理论、模糊数学、组合数学、信息论等学科,它的概念诞生于1929年,由德国的科学家 Tausheck 首先提出,但这个梦想直到计算机诞生后才成为现实。根据资料记载,第一个 OCR 软件是1957年开发的 ERA(Electric Reading Automation)。在此以后,世界范围内广泛的进行着 OCR 技术的研究和开发工作,目前依旧是国际上比较流行的研究课题,而且随着研究的深入,已经成为比较实用化的技术。

汽车牌照中的文字识别是本课题研究的问题,与一般应用扫描仪作为输入设备的光学字符识别(OCR)系统相比,既有相同点,也有不同点。相同点在于两者都是过光学字符图像进行识别的;不同点在于扫描仪扫描的图像本身空间分辨率很高,而且是主动光源,背景噪声很小,二值化后有很好的质量,若采用基于模板匹配的识别方法能取得很好的效果,而车牌图像中的字符是复杂背景下的低分辨率的字符图像,本身的空间分辨率较低,而且多为自然光,噪声很大,车牌图像二值化后的质量难以保证,使得采集的车牌字符往往有粘连现象,导致车牌字符难以识别。但是车牌中的字符样本数目不多,如共有10个数字,25个英文字母(没有字母I),50个汉字字符,相对于OCR汉字系统需要识别几千个字符要少得多。由于本课题的主要特点是:识别的字符图像分辨率低、噪声大、识别的样本少,所以很多人将车牌中的字符识别又称为高级光学字符识别(Advanced OCR)。车牌图像是在复杂环境中采集的,有些样本图像质量较差,对字符识别影响很大,可以总结车牌字符识别主要有以下几个难点:

(1) 字符结构有畸变,字符图像中可能出现笔画融合、倾斜、断裂、变形、部分缺失和字符切分引入的误差,以及车牌区域存在固定铆钉,在采集图像中常常和车牌字符粘连在一起;

(2) 汉字点阵不足,OCR识别的汉字一般是 64×64 像素点数,在一些特殊的情况下,也可以识别 32×32 点阵的字符。而车牌汉字点阵一般是 10×20 左右,常用的OCR方法很难准确识别;

(3) 字符特征难以提取,例如,汉字内部笔划严重粘连,几乎形成一团,采用外形识别,很容易产生伪特征;

(4) 字符图像中可能含有随机的黑色区域干扰;

(5) 有些车牌字符在形状上存在很强的相似性,如“0”和“O”、“8”和“B”等;

(6) 车牌识别系统是实时性系统,要求其具备非常快的识别速度。

针对模式特征的不同选择及其判别决策方法的不同,可将模式识别方法大致分为3大类。这3类识别方法均可实现字符识别,但它们特点不同,必须根据条件进行选择。

(1) 统计模式法

对已知类别的模式样本进行各种特征的提取和分析,选取对分类有利的特征,并对其统计均值等按已知类别分别进行学习,按贝叶斯最小误差准则,根据以上统计特征设计出一个分类误差最小的决策超平面,识别过程就是对未知模式进行相同的特征提取和分类,通过决策平面方程决定该特征相应的模式所属的类别。此方法比较成熟,能考虑干扰、噪声等的影响,识别模式基元能力强。但对结构复杂的模式抽取特征困难;不能反映模式的结构特征,难以描述模式的性质,难以从整体角度考虑识别问题,统计特征法是一种用于字符识别传统的方法,它的抗干扰能力不足,对存在较大噪声的字符的识别比较困难。

(2) 结构模式法

字符图像包含丰富的结构信息,设法提取含有这样信息的结构特征及其组成规律,并作为识别的依据,这就是结构模式识别。它的研究出发点是字符的组成结构,它是早期汉字识别研究的主要方法。字符是由笔划构成的,也可以认为是由更小的结构基元构成的。由这些结构基元及其相互关系完全可以精确地描述字符,就像一篇文章由单字、词、短语和句子按语法规则组成一样,所以这种方法也叫句法模式识别,它利用上述结构信息及句法分析的方法进行识别,类似一个逻辑推理器,其优点主要是:对变化字体的适应性强,区分相似字的能力强;但是,在实际应用中,面临的主要问题是抗干扰能力差,因为在实际得到的文本图像中存在着各种干扰,如倾斜、扭曲、断裂、粘连、纸张上的污点以及对对比度差等,这些因素直接影响到结构基元的提取,假如结构基元不能准确地得到,后面的推理过程就成了无源之水。此外结构模式识别的描述比较复杂,因而匹配过程的复杂度因而也较高。所以在印刷体汉字识别领域中,纯结构模式识别方法已经逐渐衰落,句法识别的方法正日益受到挑战。

(3) 神经网络方法^[29]

就是使用人工神经网络方法实现模式识别。人工神经网络的特点和优越性主要表现在以下三个方面:

① 具有自学习功能。

只要先把许多不同的图像样板和对应识别的结果输入人工神经网络,网络就会通过自学习功能,慢慢学会识别类似的图像。自学习功能对于预测有特别重要的意义。预期未来的人工神经网络计算机将为人类提供经济预测、市场预测、效益预测,具有广阔的应用前景:

- ② 具有联想存储功能;
- ③ 具有高速寻找优化解的能力。

寻找一个复杂问题的优化解,往往需要很大的计算量,而利用针对某个问题而设计的反馈型人工神经网络所具有的计算机的高速运算能力,可以很快找到优化解。

人工神经网络是未来微电子技术应用的新领域。神经网络分为两种基本类型:前馈式的神经网络和反馈式的神经网络。其中前馈式的网络是静态网络,因为无反馈,所以不必考虑稳定性问题,而主要考虑收敛速度问题,大部分前馈型神经网络是学习网络而不具有动力学行为;反馈式的网络其输出端有反馈到其输入端的分量,通过网络神经元状态的变迁而最终稳定于某一状态,从而得到联想存储或神经计算的结果。神经网络识别字符,输入的是二值图中的0或1(0表示字符笔划,1代表背景)。神经网络算法对单个字符识别处理时通常采用传统的BP算法,即采用基于梯度下降的学习规则,误差函数是LSE(最小方差)函数。虽然神经网络存在上述三个好处,并且在OCR汉字识别方面取得了一些成果,但是对于车牌字符的识别仍然存在很多缺陷:

- (1) 车牌字符像素点阵小,笔划常常出现断裂,通过学习规则,误差系数相差很小,很容易出现误识。
- (2) 神经网络在学习时,每次迭代的梯度值都受样本中噪声干扰,影响较大,整个系统收敛速度较慢,有时会出现振荡现象,不适合实时识别系统。
- (3) 神经网络需要大量学习的样本,在实际运行的系统中,由于是自动识别,很难采集到合适的学习样本,所以本文没有采用神经网络识别系统。

4.2 图像匹配方法

图像匹配一般包括四个步骤:

- (1) 从待配准的每幅图像中提取共有的控制结构,这种控制结构是物体的点、边缘或边界等;
- (2) 对每幅图像中的控制结构进行匹配;
- (3) 选择几何变换模型并提取匹配特征和变换参数;
- (4) 对图像实行变换和灰度插值,并对变换的效果进行评估。

根据图像配准的四个步骤（即特征的选取，特征的匹配，几何变换模型的选取，以及坐标变换和灰度插值），可以将常用的匹配方法分类为以下几种：

(1) 相关函数法。利用互相关函数的相似性指标将参考图像中的一个区域与输入图像中同样大小的区域进行比较，当互相关函数取最大值时，两个子图像为最佳匹配。其最明显的缺点是互相关方法的计算量很大，因此仅适合于检测两幅图像之间的小平移。

(2) 二值边缘相关法。它是相关函数法的改进，采用与相关函数法类似的相关系数来确定图像之间的变换参数，只是这里使用的是二值化图像。这种图像匹配方法适用于灰度特性变化不大的图像间的配准。

(3) Champers 匹配法。这种方法也是对相关函数法的改进，主要应用于不同传感器图像配准中。它首先要求准确提取图像的边缘，然后计算边缘距离图，如果出现虚假边缘，则边缘距离图的计算将不正确，而边缘距离图是这种方法的关键特征。

(4) 空间域方法。这种图像匹配方法将闭区域的中心作为控制点，并且用聚类方法确定匹配控制点对。对于汉字中间的笔划很难分割不出来，粘连很大。

(5) 过零检测(拉普拉斯—高斯)方法。将区域边界和其他强边缘作为特征，用链码相关和形状(周长、从区域中心到区域边界的最小和最大距离、一阶矩和二阶矩)相似性规则来匹配闭区域，而对开区域，则检测角点，并进行匹配，然后对于匹配得到的控制点对做一致性检查，消除错误匹配。适合字符边缘比较突出，并且字符笔划比较清晰的情况，但是车牌字符由于本身的分辨率只有 10×20 左右，很难单纯采用边缘或形状进行有效的识别。

(6) 基于小波变换的图像匹配方法。对两幅图像用小波分解得到特征点，在不同尺度上进行特征点匹配和迭代，估计多项式变换的参数。比如使用 Gabor 小波分解图像，将分解得到的子图像中具有局部能量最大值的点作为特征点，然后采用分层匹配的方法得到特征点对。也可以使用小波变换的极大值和极小值作为特征点，接着用聚类方法得到仿真变换模型进行参数初始值，再用得到的初始参数对图像做变换，用最小距离方法对特征点进行进一步的匹配，最后使用得到的真实匹配点对求取 LMS(Least Mean Square) 估计模型变换参数。这种基于小波变换的图像匹配方法运算量较大，由于在 LPR 系统中，车牌字符像素点阵很小，只有 10×20 左右，所以，采用小波变换没有实用意义。

综上所述，常用的图像匹配方法各有各的使用范围，由于车牌字符结构、形状不准确，局部特征很难准确反映字符的固有特征，因此必须利用整体特征进行图像匹配。

4.3 车牌字符二级分类识别方案

由于车牌图像字符点阵很小，局部特征不明显，因此，本文采用二级分类多模式的识别方案，首先将抗干扰能力强的上、左边矩作为第一级的字符分类方法，把字符粗分成少数几类，然后在各类中使用失配加权比例惩罚模型进行第二级图像匹配，准确识别车牌字符。这样的识别方案可以提高字符识别准确率，特别是对于车牌字符中的相识字符，如：“0”和“Q”，如果直接采用图像匹配方法的话，很容易产生误判，采用上、左边矩进行粗分类，明显区分出“0”、“Q”的差别，因为“Q”的上边矩远远大于“0”的上边矩。根据国家规定可知中国车牌是由七个字符组成，第一个是汉字，第二个是英文字母，第三个是英文字母和数字的混合，第四到第七个字符是数字。如果将汉字、英文字母、数字混淆在一起识别的话，将降低车牌字符的识别率。因此，本章在二级分类器中利用车牌各位置字符类型不同的先验知识，结合汽车牌照实时化要求的实际情况，采用汉字、英文字母、数字分开的多模式的识别方案，实验结果证明了该方法是一种快速、鲁棒性强和识别率高的车牌字符识别方法。采用多模式识别方案使得识别正确率达到 95.5%。由于研究时间所限，本论文只对车牌区域的字母及数字识别模块进行论述，汉字识别模块由其他研究人员负责。

4.4 图像的上边矩和左边矩的计算

在识别过程中，待识别的字符类别越少则识别速度越快、正确率越高，因此采用粗分类减少待识别字符种类是必要的。字符是由笔划组成的，字符的笔划对于上边和右边来说是固定的，也就是说字符相对于上、左边矩的比例是固定的。采用这个矩不变特征可以将字符分成几个类别。例如字符“A”和“B”，前者的上、左边矩一定小于后者的上、左边矩。根据字符的上、左边矩大小不变性，可以对待识别字符粗分类。对于高、宽是 H 和 W 的图像来说， p 阶上边矩 M_U 和左边矩 M_L 定义如式 4.1 所示。

$$M_U = \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W i^p f(i, j) \quad (4.1)$$

$$M_L = \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W j^p f(i, j)$$

其中， $f(i, j)$ 是图像二值化后的像素点值， $p=0, 1, 2, 3, \dots$ 代表运算阶数。本文中为了提高识别速度，只是计算图像和模板的一阶上、左边矩，也就是 $p=1$ ，实验证明一阶边矩的选取是适当的。下面是上边矩 M_U 和左边矩 M_L 粗分类算法：

- (1) 计算模板图像的上、边矩 M_U 、 M_L 和样本图像 i 的上、左边矩； M_U^i 、 M_L^i ；

(2) 计算模板与样本上、左边矩的差值 $\Delta T_U=|M_U-M_U^j|$ ， $\Delta T_L=|M_L-M_L^j|$ 。按照统计所得的上、左边矩差值范围，判断实际字符 i 是否属于字符集合 A ，集合 A 是粗分类后的结果字符集。

(3) 将满足归类后的模版字符作为后面失配加权惩罚模型识别的输入。

4.5 基于失配加权比例惩罚模型图像匹配技术

本文采用失配加权比例惩罚模型的图像匹配识别技术是由于车牌字符具有以下特点：

(1) 车牌字符是一种标准字符，没有多种字体的变化，完全可以采用标准模板匹配的方法识别；

(2) 车牌字符是一种小字符集的认识。只有 50 个省、自治区的名称简写汉字和 25 个英文字母和 10 个数字；

(3) 车牌字符本身所占有的像素点很少，计算量很小；

(4) 由于实现了图像归一化操作，在车牌字符和标准字符模板匹配时，常常出现错位，导致失配情况发生，因此采用了失配加权比例惩罚模型；

(5) 图像匹配方法主要采用字符整体特性，是一个全局特征，在字符残缺、断裂的情况下，影响较小。

因为简单模板匹配方法可以解决笔画断裂情况，所以在车牌识别中它较为常用。在简单模板匹配算法中常用相关度量函数作为识别的判断标准，根据实际字符和模板图像之间的标准方差的不同，并利用两者之间的匹配方差最小原则，判定车牌图像字符所属类别。这种方法对于标准的、规范的字符识别效果很好，但是 LPR 系统是在复杂环境下采集车牌图像的，车牌图像字符常常是笔画断裂，而且有各种变形、缺损，和理想模板字符不完全一致，导致识别正确率大为降低，

为了改进简单模板匹配的缺点，解决实际应用中的车牌图像字符变形、缺损等情况带来的问题，本文引进了失配比例加权惩罚模型进行车牌字符识别，给出了失配比例加权惩罚公式，设计了加权模板，如图 5.1 是加权后的“C”类字符模板。但是加权模板不能减小车牌字符图像和模板字符的笔划粗细不一致以及两者匹配时发生错位带来的动态匹配误差，如图 5.2 是字符匹配错位情况，为了减小这种失配误差，必须引入惩罚机制，即如果模板有字符笔画信息，而实际车牌图像字符本身没有笔画信息，这说明两者之间发生了严重的匹配失误，采用到最近匹配点的距离作为惩罚权值来处理出现的失误。

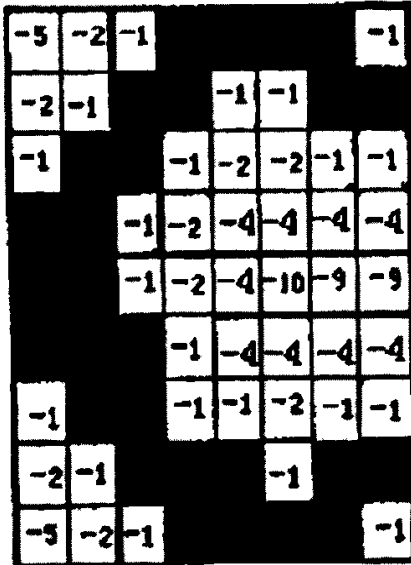


图 5.1 C 字符加权模板

Fig. 5.1 C character plus weight template

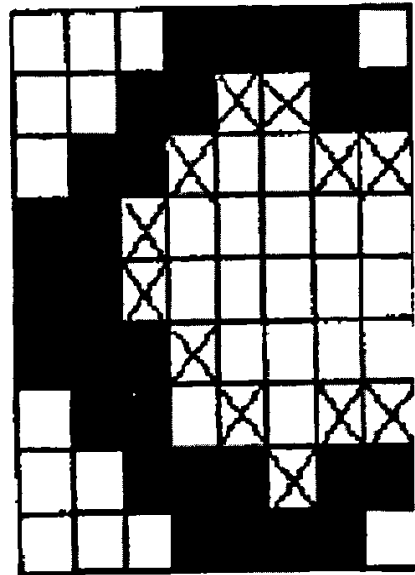


图 5.2 字符匹配错位图

Fig. 5.2 Character matching disturb image

失配比例加权公式如下：设 $0 < i < H$, $0 < j < W$, $0 < x < H$, $0 < y < W$, 其中 H 和 W 是图像的高度和宽度, $f(i, j)$ 是图像在 (i, j) 像素点的灰度值, $f^T(x, y)$ 是模板图像在 (x, y) 像素点的灰度值, 于是有失配比例加权惩罚模型的相关度量函数 $C(k)$ 定义如式 (4.2) 所示。

$$C(k) = \min_A \left\{ \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W [f(i, j) - f^T(i, j)] \right\} \quad (4.2)$$

匹配加权惩罚匹配算法如下：

- (1) 将初始模板图像进行缩放, 得到和实际字符高度和宽度一致的新模板图像;
- (2) 扫描新模板, 根据模板像素点灰度值, 计算失配加权模板的加权系数, 以定义失配加权模板。

(3) 将实际图像与模板进行匹配, 当模板和字符失配时, 找到离该像素点最近的准确匹配的像素点, 然后将它们之间的距离作惩罚权值, 计算出最大相关函数值给定输入图像 I 和识别字符类型集 $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, 那么字符识别问题可以描述为找到相关度量函数 $C(i)$ 的最大的可信度 $P(S_i | I)$ 。最大可信度 $P(S_i | I)$ 是通过加权矩阵计算输入图像字符对于最佳匹配字符而得到的概率值。计算公式如式 (5.3) 所示。

$$P(S_i | I) = C(i) / \max_A [C(i)] \quad A = (i, 0 < i < n) \quad (4.3)$$

具体算法实现过程如下:

(1) 在粗分类结果集合 A 中, 使用失配加权惩罚模型, 计算 k 类字符的相关度量函数值 $C(k)$ 。

(2) 从 $C(k)$ 中找到最大的值, 使用其计算每类字符的加权匹配概率 $P(S_i|D)$, 其中使得 $P(S_i|D)$ 最大的字符类 S_i 就是目标类别。

5 车牌识别系统的研制

5.1 系统的设计原则

系统设计必须遵循以下原则:

(1) 要遵循国内的牌照标准

目前国内汽车牌照有六种类型:

第一类, 大型民用汽车所用的是黄底黑字牌照;

第二类, 小型民用汽车用的是蓝底白字;

第三类, 军队或武警专用汽车是白底红字、黑字牌照

第四类, 使、领馆外籍汽车是黑底白字牌照

第五类, 试车和临时牌照是白底红字, 且数字前分别标有“试”和“临时”字标志

第六类, 汽车补用牌照是白底黑字。

对于车前牌照的尺寸均为 44 cm 长, 14 cm 宽, 共有 7 个或 8 个字符。民用汽车牌照上有省、直辖市、自治区的名称和发证照及监督机关的代号, 编号是英文大写字母, 接着是一个点“.”, 后面的汽车编号, 一般为 5 位数字, 即从 00001--99999。编号超过 10 万时, 就由 A, B, C 等英文字母代替, 第三个字符可能是英文字母, 也可能是阿拉伯数字, 第四至第七个字符均为阿拉伯数字。

(2) 面向现场环境

本系统主要用于高速公路的交通路口和停车场, 因而必须考虑到路口的环境, 现场环境对软件设计产生两方面影响:

正面影响:

① 在摄像头拍摄时, 汽车相对于摄像头的距离是固定的, 只要焦距一定, 汽车图像大小就是不变的, 车牌图像的大小、位置也都是不变的。

② 高速路口处很少有复杂的背景, 如树木, 多纹理、多色彩的建筑等。因而减少了图像处理的复杂性。

负面影响:

① 行使的车辆是用摄像头获取图像, 得到的图像往往存在着 0-15° 的倾斜, 因而要考虑定位和识别的校正。

② 由于阴天或光线不足还会产生图像较暗的情况; 由于车牌长期的使用还会造成字符磨损、污染等情况, 因而要考虑识别字符的容忍度。

(3) 黑箱原则

整个系统对外只有一个入口和一个出口，完成汽车图像的输入和车牌字符串输出的功能。至于图像数据读取、车牌定位、车牌校正、车牌字符切割、字符识别等方法的实现都是系统内部自动完成的。

(4) 模块化结构

本系统采用了七个模块，即灰度化处理、图像预处理模块、二值化模块、车牌校正模块、车牌字符分割模块、特征提取和车牌字符识别模块。每个模块具有一定的独立性，可以分别编写，最后集成。

(5) 运行环境

可以是 PC 机上的 Windows98/ME/2000/XP/NT。

该系统设计的功能是通过采用图像预处理、特征提取以及神经网络识别等手段对车牌这一对象进行处理和识别，以此来寻找和发现图像处理和字符识别方面新的方法和思想，从而能够完善和提高车牌识别系统的性能，同时能够把这些新的方法和思想应用到其它领域中去。该系统采用纯软件的设计，有较高的研究和应用价值。

5.2 系统的结构和功能

车牌识别系统的结构，如图 5.1 所示。

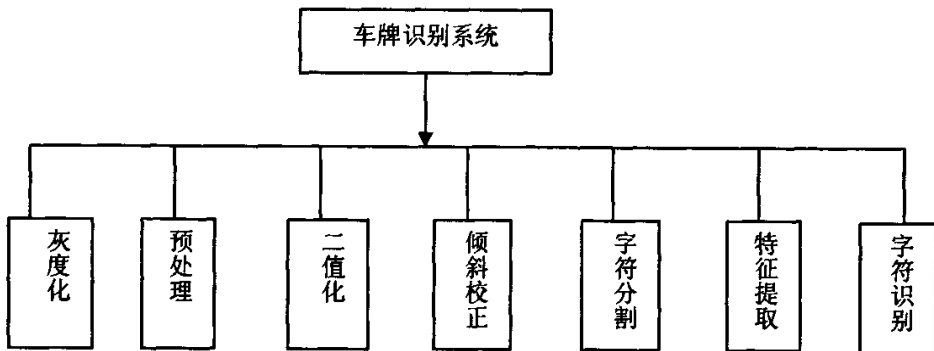


图 5.1 车牌识别系统
Fig. 5.1 LPR system

从图 5.1 可以看出，本文的车牌识别系统主要由七个部分组成，即：灰度化、预处理、二值化、倾斜校正、字符分割、特征提取和字符识别。从总体看，这其中的每一部分是车牌识别过程的一个步骤，但从局部而言，它们其中任何一部分都可以作为一类方法来研究。

(1) 灰度化是将彩色图像转化为灰度图像。由于彩色图像的信息量很大,有必要将它转化为灰度图,这样有利于后期的特征提取和识别。在实验中,对于所摄取的每一幅汽车图像进行格式转换。

(2) 预处理是对原始图像进行各种区域处理。预处理的目的是为了去除各种干扰,突出图像中字符的特征信息。

(3) 二值化是将灰度图像转换为只有黑和白两种色彩的图像,白色像素点(灰度值 255)取 1,黑色像素点(灰度值 0)取 0。由于在后期提取字符图像的特征时,需要进行大量的计算,因此为了减少计算量和便于特征的提取,需要进一步将灰度图转化为二值图像。

(4) 倾斜校正针对拍摄角度不正等因素所引起的车牌图像倾斜进行校正。通过求出车牌的倾斜角度,然后对车牌进行旋转,进而对车牌进行校正。

(5) 字符分割是把车辆的牌照切割成单一字符,这样有利于对每一个字符进行特征的提取和识别。

(6) 提取特征是从图像中提取各种能够区分不同字符种类的数学特征,这样有利于后期的字符识别。

(7) 字符识别对车牌字符进行识别通常采用图像匹配法。

5.3 车牌识别系统的组成

(1) 系统的硬件环境

本实验系统的硬件环境以 PC 机系统为核心,采用数码相机拍摄汽车图像,并将拍摄到的汽车图像按图像文件格式保存在 PC 机的硬盘中。

(2) 系统的软件环境

软件在由 VC 开发的 Matlab 系统平台上设计完成。本系统支持的运行环境可以是 PC 机上的 Windows98/ME/2000/NT。

5.4 车牌自动识别系统实例与分析

测试数据选取实际摄取的 100 多幅图片,各类字符共有 700 个进行处理,分割的正确率达到 95%,图 5.2 至图 5.5 列举几个具体样例的实验结果,由于拍摄条件不同,从下图中可以看到图像存在噪声的影响,或经过各种变换以后使得待识别的同一种字符之间存在差异,但是识别结果是正确的,这表明系统具有较好的容错性和鲁棒性。



车牌定位后的灰度图像



车牌定位后的灰度图像



二值化以后的图像



二值化以后的图像



车牌倾斜校正后的图像



车牌倾斜校正后的图像



去除上下边框及铆钉等干扰后的图像



去除上下边框及铆钉等干扰后的图像



分割结果



分割结果

图 5.2 车牌识别实例 1

Fig. 5.2 LPR example 1

图 5.3 车牌识别实例 2

Fig. 5.3 LPR example 2

车牌识别结果分别是：蒙 AB5612 和蒙 OD0407。



车牌定位后的灰度图像



车牌定位后的灰度图像



二值化以后的图像



二值化以后的图像



车牌倾斜校正后的图像



车牌倾斜校正后的图像



去除上下边框及铆钉等干扰后的图像



去除上下边框及铆钉等干扰后的图像



分割结果

图 5.4 车牌识别实例 3
Fig. 5.4 LPR example 3



分割结果

图 5.5 车牌识别实例 4
Fig. 5.5 LPR example 4

车牌识别结果分别是：蒙 AY1148 和蒙 K23885。

实验结果显示使用本系统识别车牌图像实现了较高的识别率，此方法对于被测样本的随机噪声、笔画缺损、有限变形具备很强的抗干扰性，可实现准确识别。

根据实际的应用环境，摄像头的位置是固定的，这样既可以避免出现拍摄抖动现象，又可使拍摄角度和车牌图像的尺寸保持在一定的范围内，因此本系统应能够满足工程上的实际需要。

结 论

车辆牌照识别系统作为智能交通识别系统的核心,在现代交通管理中起着举足轻重的作用,它的实现可以加快高速公路、城市道路和停车场管理现代化的进程,在交通部门的违章检测(电子警察)、高速公路自动收费、智能停车场管理等方面有着广泛的应用前景。因此,车牌识别系统的研究很有实用价值。

在开发系统的过程中,对传统的图像技术进行了研究,包括图像变换、图像增强、图像分析和图像分析等。车牌识别算法主要运用了图像处理技术和神经网络。车辆牌照识别系统具体包括车牌图像的预处理、车牌字符的分割和车牌字符的识别三大块内容。由于系统面对的是从实际场景中切割出来的车牌图像,伴随着很多随机性干扰,所以处理时要尽量降低噪声的影响。车牌的预处理包括去噪、增强、二值化、车牌背景色的统一和车牌倾斜校正等过程。本文采用改进的 Hough 算法能准确地校正车牌图像的倾斜度,为后续的车牌字符分割和识别做好了准备。本文针对车牌图像的预处理过程对灰度图像可以达到较好的处理效果,而且在一定程度上解决了由于外界光照而造成的车牌图像对比度低的问题。

车牌图像的单字符分割即把车牌的整体区域分割成单字符的区域,以便后续进行识别,车牌字符分割的难点在于噪声、字符粘连和字符断裂对分割的影响。本文主要采用了引入先验知识,对车牌区域垂直投影等方法,从右边开始进行逐一分割的方法,同时利用回扫和图像本身的特点,引进的先验知识不受字符的粘连和断裂的影响,有很好的分割效果。

车牌的字符识别是整个车牌识别过程中重要的一环,识别方法的好坏直接影响到整个车牌最后的识别结果,关键在于特征的提取,难点主要是由于受到摄像机的性能、车牌的整洁程度、光照条件等因素的影响使得车牌字符出现较严重的模糊、缺损或污染,本文选择了图像匹配的方式作为识别的方法,以车牌字符作为识别对象,进一步研究在干扰情况下的车牌识别问题,得到了较好的处理结果。

本文主要研究了汽车牌照的识别系统,论述了汽车牌照识别的主要技术,通过对车牌图像进行详细分析,考虑到车辆牌照的特点,使用图像匹配方法进行字符识别,通过对大量待处理对象的反复研究比较,在每一个处理模块中都给出了实用而有针对性的算法。实验结果表明,采用本系统对汽车车牌自动识别系统所设计的算法,车牌字符的分割率达到 98%,字符的识别率达到 95%。

参 考 文 献

- [1] 富煌清. 汽车牌照的检测方法研究. 模式识别与人工智能, 2000, 3(13):42-44.
- [2] 戚飞虎, 叶萝芸. 机动车辆自动识别收费系统工程. 交通与计算机, 1997, 16(5):38-41.
- [3] 富煜清, 沈巍, 黄心哗. 汽车牌照的提取方法研究. 模式识别与人工智能, 2000, 43(3):345-348.
- [4] Obeid H R, Zantout R N. License processing: Recognizing characters in license plates. 5th IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications, Hangzhou, 2006: 712-716.
- [5] Alegria F, Girao P S. Vehicle plate recognition for wireless traffic control and law enforcement system. IEEE International Conference on Industrial Technology, Amman, JORDAN, 2007:2073-2077.
- [6] Abdullah S, Khalid M, Yusof R et al. Comparison of feature extractors in license plate recognition. 1st Asis International Conference on Modelling and Simulation, Bombay, INDIA, 2006:502-505.
- [7] John O B, Rueda P. Stochastic learning-based weak estimation of multinomial random variables and its applications to pattern recognition in non-stationary environments. Pattern Recognition, 2006, 39(3):328-341.
- [8] 牛欣, 沈兰荪. 基于特征的车辆牌照定位算法. 交通与计算机, 2000, 1(18):31-33.
- [9] 凌彤辉, 黄山, 王新增. 车牌字符分割算法的研究. 中国测试技术, 2005, 31(1):41-43.
- [10] Jia W J, Zhang H F, He X J. Region-based license plate detection. 3rd International Conference on Information Technology and Applications. Sydney, AUSTRALIA, 2005:1324-1333.
- [11] 晏建华, 赵正校. 基于属性开运算的汽车牌照区域定位算法. 研究与设计, 1999, 15(11):18-20.
- [12] 王平, 李捷. 多层次汽车车牌定位分割算法. 安徽大学学报, 1999, 18(2):57-62.
- [13] 韩水强, 李世祥. 汽车牌照子图像的定位方法. 微型电脑应用, 1999, 15(3):573-576.
- [14] 王星, 赵正初. 一种基于样本线搜索和霍夫变换的区域定位算法. 红外线与激光工程, 1999, 28(4):16-20.
- [15] 黄德双. 神经网络模式识别系统理论. 北京:电子工业出版社, 1996.
- [16] 张永葱, 刘昌平. 技术综合集成在模式识别中应用. 计算机学报, 1995, 18(9):678-685.
- [17] 魏武, 黄心汉. 基于模板匹配和神经网络的车牌字符识别方法. 模式识别与人工智能, 2001, 14(1):123-126.
- [18] 章毓晋. 图像分割. 北京:科学出版社, 2001.
- [19] 章毓晋. 图像处理和分析. 北京:清华大学出版社, 1999.
- [20] 刘智勇, 刘迎建. 车牌识别中的图像提取及分割. 中文信息学报, 2000, 14(4):29-34.
- [21] 郁梅, 郁伯康, 郑义. 基于视觉的车辆牌照检测. 计算机应用研究, 1998, 16(5):65-67.

- [22] 戴青云, 余英林. 一种基于小波与形态学的车牌图像分割方法. 中国图像图形学报, 2000, 5(5):411-415.
- [23] 赵雪春, 戚飞虎. 基于彩色分创的车牌自动识别技术. 上海文通大学学报, 1998, 32(10):4-9.
- [24] 王强, 马利庄. 图像二值化时图像特征的保留. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12(10):746-750.
- [25] 方敏, 徐俊艳, 王建平. 一种新的文本图像二值化方法. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2001, 24(2):166-169.
- [26] 叶晨洲. 车辆牌照字符识别系统. 计算机系统应用, 1999, 9(6):10-13.
- [27] 郭勇, 吴乐南. 行使车辆的牌照识别系统. 电子工程师, 2000, 8(11):37-41.
- [28] 左奇, 史忠科. 一种基于数学形态学的实时车牌图像分割方法. 中国图像图形学报, 2003, 8(3):281-285.
- [29] Bajaj R, Chaudhury S. Signature verification using multiple neural classifiers. Pattern Recognition, 1997, 30(1):1-7.

致 谢

本文是在导师张永举副教授的悉心指导和亲切关怀下完成的，从论文的选题、研究、撰写，直到审稿、定稿，都受到了张老师细心地指导。研究生三年学习期间，导师在思想、学习、工作上无不给予了我极大的支持和帮助。在此，我要衷心的感谢导师，并致以崇高的敬意！

同时，也要向各位同事表示衷心感谢！在项目 and 论文完成过程中对我的支持和协助，使得我顺利地完成了系统的研发工作。

感谢我的父母、妻子在工作和学习上多年来对我的激励与无微不至的关怀。

感谢大连理工大学软件工程学院的各位老师，研究生的学习生活让我增长了知识，开阔了视野，受益匪浅，母校之恩毕生难忘！