

**基于 Matlab 的停车场车辆出入管理
系统智能化设计**
**Intelligent Parking Lot Vehicle Access
Management System Design
Based on Matlab**

领 域： 软件工程

作者姓名： 张强

指导教师： 张钢 教授

企业导师： 滕玉波 高级工程师

天津大学软件学院
二零一五年十一月

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，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 天津大学 或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 签字日期： 年 月 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解 天津大学 有关保留、使用学位论文的规定。特授权 天津大学 可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

（保密的学位论文在解密后适用本授权说明）

学位论文作者签名： 导师签名：

签字日期： 年 月 日 签字日期： 年 月 日

摘要

近年来，随着经济社会的持续快速发展和国民生活水平的稳步提升，汽车已逐渐进入普通百姓的生活，我国的汽车拥有量不断增加，许多城市出现了停车难和交通道路堵塞的现象。为了应对停车紧张的局面，很多地方停车场建设规模增大，许多大中型的停车场不断涌现。而传统停车场主要通过人工管理，随着停车场面积增大，车位数量增多，不仅需要增加停车场管理人员，而且客户停车、取车时很难快速找到停车位置，无法保证停车场的效率，管理难度与日俱增，同时，有些空缺车位不容易找到，导致车位没有有效利用，造成了资源浪费。所以，如何提高停车场的车位利用率及停车效率已经成为新型停车场建设所必须解决的问题。

本方案主要采用对停车场管理系统进行智能化方案设计并利用先进的图像采集系统对停车场来往车辆进行车牌识别，再利用信息记录系统对车辆的车牌信息、停车时刻、停车时长和停车位置进行管理登记，采用超声波车位检测系统对停车场的车位进行检测，增设定位终端系统对车位的车牌信息进行提取。根据信息记录系统的信息、超声波定位系统的检测信息和定位终端的提取信息确定停车场的车位空缺情况及车位所停车辆的车牌等信息。在停车场出入口处设置 LED 电子显示屏显示停车情况，对来往的车辆进行停车车位引导及取车的反向引导。本研究所采用的停车场管理系统不仅有效缩短了停、取车客户的时间，也能够大幅提高停车场的利用率，节省大量的人力、物力以及财力。

本研究中涉及以下关键技术，着重谈论了目前传统停车场的运行模式及它的实现形式；其次，通过对停车场的进出口进行考察，搭建一套图像采集平台；第三，通过了解和学习 Matlab 软件，利用 Matlab 的图像处理模块对车牌的图像进行处理及识别，将 Matlab 软件图像处理技术应用于停车场的管理系统中的车牌提取技术上，并对图像处理的步骤进行详细描述。最后，利用 Matlab 软件开发一套停车场智能化管理系统控制来往车辆和实现停取车引导，设计出一套基于 Matlab 控制的停车场实时控制管理系统。

关键词：停车场，图像处理，Matlab 软件，车牌识别，车位引导

ABSTRACT

In recent years, along with social and economic development, the number of cars is increasing dramatically. Many medium-sized cities have parking difficulties, such as the lacking of parking lot, road congestion and other traffic problems. In order to improve the parking situation, a lot of cities try to increase the space of the parking lot, and many medium and large parking lots are emerging. For medium and large parking lots, a conventional parking system cannot meet the demand. The traditional parking lots mostly rely on manual management: when the cars increase, the number of parking spaces increase, which results in increasing difficulty of management. Not only the parking management staffs needs to be increased, but also to solve the problem when customers find it is difficult to quickly locate a parking position. It is hard to find your car, and the efficiency of the parking lot cannot be guaranteed. Moreover, there is some vacancy which will cause some parking spaces not being used efficiently. Therefore, it has become the most important issue to improve the utilization of parking lot when it comes to the building of a parking lot.

To solve these problems, the paper employs an intelligent design of parking management systems and image acquisition system for vehicular traffic to identify, and using information recording system to manage vehicle license information, parking time, parking duration and parking position, and using an ultrasonic parking detection system to detect parking spaces, additional parking spaces, and a positioning terminal system to extract the license plate information. Based on the extracted information, the parking spaces and parking vacancies and other information can be determined. At the entrance of the parking lot, there is LED electronic display to reflect the parking situation, and giving parking guidance for the cars both coming in and getting out. The management systems reduce the time of parking for customers, but also improve efficiency of parking, and saving a lot of human resources and financial resources.

The paper gives a general description of the current status of vehicle parking lot management, and solves some of the key technological design problems of the intelligent car park management system. The paper focuses on the current traditional car park management system operating mode and realization; In addition, it can inspect imports and exports through the parking lot monitoring system, to build a platform for image acquisition; Moreover, by learning Matlab software, mainly by

Matlab software image processing module to realizing the image processing technology for parking management system, and image processing will be described in detail. Finally, to use Matlab software to develop a parking intelligent management system to control vehicular traffic and parking guidance, and design a set of Matlab-based real-time control of parking control management system.

Key words: Parking,image processing, Matlab software, license plate recognition, parking guidance

目 录

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
目 录.....	IV
第 1 章 概论.....	1
1.1 课题背景.....	1
1.2 国内外现状分析.....	1
1.3 论文主要内容设计.....	2
第 2 章 系统设计及硬件结构.....	4
2.1 系统设计.....	4
2.2 硬件结构.....	4
第 3 章 车牌识别系统.....	7
3.1 车牌区域定位及其分割.....	7
3.1.1 车牌定位.....	7
3.1.2 车牌区域分割.....	11
3.2 车牌区域预处理.....	14
3.2.1 车牌图像滤波去噪.....	15
3.2.2 车牌图像灰度化.....	17
3.3 车牌校正.....	20
3.4 车牌字符分割.....	22
3.5 车牌字符识别.....	28
第 4 章 信息记录系统与车位引导系统.....	32
4.1 信息记录系统.....	32
4.2 车位引导系统.....	33
4.2.1 停车时车位引导.....	33
4.2.2 取车时车位引导.....	34
第 5 章 结果分析与展望.....	36
5.1 试验结果分析.....	36
5.2 展望.....	36
参考文献.....	38
发表论文和参加科研情况说明.....	41

附录.....	42
致谢.....	43

第 1 章 概论

1.1 课题背景

随着我国国民经济的发展以及国家科技水平的提高,我国的人民的生活水平得到不断的改善,人民对汽车也是越来越依赖,对汽车的需求量也越来越大。截至 2014 年年底,我国的机动车的保有量已经达到了 2.64 亿,也就说差不多平均每五个人就有一辆机动车。在这些机动车中有 1.54 亿辆的汽车,仅在 2014 年新增加的汽车就达到了 1707 万辆,达到史上年增加量最高水平。对处于快速发展中国家的中国,国内各大型与中型城市的汽车总量仍在不停的递增,其发展趋势越来越大。个人车辆拥有率也不断地提高,体现了新社会下人民的物质生活水平不断提高,方便了人民的出行,同时也给交通管理带来了挑战。汽车数量逐年不断增加,且私家车的停放时间较之客车停放时间过长,使得堵塞、停车难问题变得越来越严重。针对现状,停车难问题的原因主要有:停车车位缺乏、随意停放和停车车位利用率低等。由于城市面积的紧缺,使得城市的土地越来越昂贵,这样增设停车位的成本也就不断地增加,所以如何提高停车位的利用率也成为了一个急需解决的问题。

提高停车场的利用率主要依靠先进的停车场监控技术来对停车场的车位进行一个实时的监控,让每一个车位的利用率最大化。事实上,随着车辆数目的增加,停车场数量随之增加,停车场所需的人力、物力、财力也随之增加,这也是停车场智能化的另外一个原因。停车场智能化是社会发展的—种趋势,它能够有效的改善城市的停车难问题,同时具有广阔的应用前景。目前智能设备已慢慢普及,如智能手机、智能手表、智能冰箱、智能导航等设备,有些大城市停车场也逐渐智能化,但是智能停车场的技术还不够完善,应用还不够普遍。传统的停车场很难满足目前城市车辆的需求,许多大中型城市逐步建立更大的停车场来满足市场的需求,随着停车场规模的变大,停车场也变得复杂化,以前传统的停车场设备已无法再满足停车场的管理。为了适应现代化停车场的要求,提高停车场的应用效率,停车场智能化已成为一种发展的必然趋势。

1.2 国内外现状分析

—个城市的交通发展影响着城市的发展节奏,影响着城市的经济发展。在城市交通中,停车场扮演着至关重要的位置。停车场是城市交通必不可少的一部分,停车场的工作效率及智能化程度影响着城市交通。所以现在如何有效的提高停车

场的工作效率以及停车场的车位利用率已成为当今所面临的关键问题。智能化的停车场系统在 21 世纪初在国内逐渐兴起，发展速度迅猛，经过十几年的发展，智能化的停车系统已逐渐成熟。

智能化主要体现在设备的先进性以及判断处理的智能化程度，本研究采用先进的科学技术、高效的图像处理技术以及先进的模式识别系统对车辆进行识别。通过智能化的停车场管理系统可以大大的改善停车场的工作效率，同时减少了停车场所需的人力、物力以及财力。

从早期的初步开发到现在多样化人性化的检测设备。目前的大中型停车场的管理系统侧重于计算管理功能上，侧重于不同时段不同时长停车收费情况，很多停车场的管理系统仍旧采取的是 IC 卡、磁卡、条码卡等，这种形式只是对卡的记录形式进行修改，没有将卡与车辆的车牌信息关联，从而导致管理机制比较薄弱。

在智能化停车系统的研究方面，国内的一些学者进行了较为深刻的研究。宁秋平^[1]通过对停车场的管理系统的实践研究，设计出了非接触式卡的应用，并对其进行了改善，此外还研究了多项停车场的管理功能，比如对车辆出入的管理、对车辆收费的管理等等，最终实现了功能的智能化控制；李传军等人^[2]利用机器视觉技术进行研究，分析了智能停车场中的相关应用；马锋^[3]对停车场进行相关的智能化设计和停车场的诱导系统进行了研究和分析；邓应伟^[4]对停车场的智能化管理系统进行研究和设计，取得较好的效果；陈执政^[5]也对停车场的系统进行了探索和研究；陈建发^[6]对停车场的管理系统进行了设计及研究；孟海军^[7]对智能化停车场提出解决方案并进行了设计。

国外也出现汽车迅速增长导致停车难等现象，国外也采取相应的措施。在发达国家如美国采取大力建设智能化的停车场来解决这些问题，他们在停车场增设大量智能化设备，增设自动扣费系统、自动识别系统、停车引导系统、车型识别系统、自动开关道闸等控制系统，使停车场管理系统更加智能化、自动化。Larisis, Nikos^[8]等人对停车场管理系统进行研究；Hilal Al-Kharusi, Ibrahim Al-Bahadly^[9]等人对停车场的检测系统进行研究，提出了一种基于图像处理技术的智能化检测系统的开发和研究；Marcello Marinho Berenger Vianna^[10]等人对巴西城市的交通系统与停车场管理进行研究；Dušan Teodorović, Panta Lučić^[11]等人对停车预约系统和停车收益系统进行了分析和研究。国外部分研究成果已经进入应用领域，但还有还多处在研究阶段，离实际应用还存在一定的距离^[12-13]。

1.3 论文主要内容设计

本论文共有五部分，内容安排如下：

第一部分对国内停车难等现象进行分析，分析停车难这些现象，阐述了目前对这问题的解决方案，同时对国内外停车场现状进行论述，在此基础上对以往传统的和现今经过改善的停车场管理系统进行了研究分析，最后提出了相应的停车场管理方案及针对停车难问题的解决办法。

第二部分对系统设计与硬件结构进行阐述与分析，对系统的设计进行详细分析，同时选择硬件搭建图像采集系统及停车场的车位检测系统。

第三部分主要分析研究了车牌的识别系统，通过大量的图像处理手段提取并识别车牌，多种处理方式包括车牌预处理、区域分割和车牌字符分割和字符模式识别等。

第四部分是车位的引导系统，通过对车辆的记录系统、车位检测系统、车位终端系统和车位查询系统来实现对车辆停车时的停车引导及客户取车时的车位反向引导。

第五部分是总结，总结本课题的研究内容及对试验结果进行分析，同时提出展望。

第 2 章 系统设计与硬件结构

2.1 系统设计

智能化系统的设计是利用 Matlab 软件对停车场的管理系统进行相关的设计，在停车场的出入口处，搭建检测管理平台，通过引入数字图像处理技术与计算机的数据融合处理技术对采集的车牌进行处理及研究，通过模式识别系统、信号反馈系统、智能监控系统等先进的科学技术对车牌的号码进行提取、识别和车位的引导，最终达到智能化管理停车场的目的。本研究通过利用汽车的车牌号对来往车辆进行管理，每一辆合法的车辆都配备有汽车号码牌——车牌。每个车牌号都具有唯一性，通过利用车牌号码的唯一性对车辆进行管理，其充分的利用了汽车自身的特点，而不需要通过登记卡、号码条等额外的标记对车辆进行标定。停车场车辆出入管理系统主要包括车辆图像的获取、车牌区域分割、车牌号码提取、车辆信息登记和车位引导等部分。

本系统主要针对中型停车场设计，停车场车位数量在 500 个左右，一般设置在大型娱乐场所、酒店、居民区附近。对停车场进行智能化的优化设计内容主要包括以下几个方面：

（1）配置图像采集系统：图像采集装置主要有摄像头，传感器、升降杆构成，当有车辆驶入停车场时，通过传感器感应到车辆，给相机一个信号，相机开始采集图像，同时升降杆升起，待车辆驶入放下升降杆；

（2）车牌识别系统：通过图像采集系统采集车牌图像，采用合适的算法，提取车牌号码；

（3）车位分析导引系统：在停车场内装设摄像头，可实时获取停车场车位空缺情况；对车辆进入车位，出入时间登记；根据摄像头获取的信息及登记信息实时更新停车场的车位信息，当车辆驶入停车场时，及时给出有效的车位信息，引导车辆快速安全的驶入停车位。

2.2 硬件结构

本研究设计的停车场车辆出入管理系统的硬件结构主要包括相机、自动道闸、显示控制台、显示屏、车位探测器等装置。

首先，是图像采集系统的相机选择，采集图像的清晰度直接影响着后续的车牌提取，假若连肉眼都无法识别的车牌图像，那么机器图像处理也就难以提取车牌号了。为了尽可能的获取清晰的车牌图像，本研究采用 CCD(Charged Coupled

Device)工业相机来采集图像。CCD 工业相机于 1969 年在贝尔实验室研制成功,后来在日美等国公司开始量产,随着社会科学技术水平的高速发展,相机的像素也随之提高了很多,最开始相机的像素仅为 10 万像素,而现今相机的像素可以达到 500 万及以上,总的来说,现今的像素水平已经能够较好的满足当前的基本需求^[14-19]。

CCD 相机是目前机器视觉的主流设备,它的主要特点有以下几点:

(1) 扫描功能强大且自动化程度高,能够随时获得所需的图像,获得的图像较为清晰,相机具有多重合并像素模式。

(2) 体积小、可靠性高和灵敏度高,与传统的相机相比,CCD 相机所占体积较小,且具有较高的可靠性和灵敏度;

(3) 针对外界的干扰,其抗性较强,不论是对外界的光干扰,还是外界的震动、磁场等,都具有较好的抵抗能力,其环境适应性较强。

(4) 使用寿命长,CCD 相机采用的是半导体等器件,具有很长的使用寿命;

(5) 具有稳定的 PELTIER 制冷系统。

自动道闸,也叫挡车器,最开始都是引自国外,最初用于道路上限制机动车行驶的通道出入口管理设备。自动道闸目前已经广泛应用在小区,公司等场所的门口,一般用来管理该场所的车辆出入。

显示控制台采用计算机,实现多功能、智能化的操控,显示屏选择 LED(light emitting diode, LED)的显示屏,LED 的显示屏是由一个个小的 LED 模块面板组成。LED 是指发光二极管,它是通过控制半导体发光二极管的显示方式,主要由一些金属元素镓(Ga)、铟(In)与非金属砷(As)、磷(P)、氮(N)、铟(In)等之间的化合物组成的二极管,当电子遇到空穴的时候就会产生可见光,通常就是利用这一原理来进行制造发光二极管的。此类二极管一般用在电路中的指示灯或者数字显示器上面。

车位探测器采用超声波探测技术对车位进行探测,来检测车位位置是否停有汽车。超声波探测技术是一种常见的探测技术,它主要通过利用超声波的特性而研制的一种传感器,然后通过该传感器对目标物体进行检测,目前已经广泛应用于无损检测及距离探测方面^[20-25]。超声波的频率要高于人耳所能听到的频率范围,也就是一般要高于 20KHZ,它的产生主要是因为换能晶片在受到电压的刺激后产生振动,因此它的特点主要是频率高且波长短,此外,其具有较好的方向性。另外超声波对液体、固体的穿透能力很强,即使在阳光不透明的固体中,它也能穿透几十米的深度。超声波在碰到杂质或者分界面时会产生反射,从而形成发射回波,碰到运动的物体能够产生多普勒效应。利用超声波的这一特性,超声波被广泛的应用在工业、医学、国防等领域,用来检测工件的缺陷,人体的损伤,

外来飞行物的探测等。本研究利用车位未停车时产生的反射回波与停有汽车时产生的反射回波不一样这一特点来探测车位是否停有车辆，图 2-1 为停车场管理系统示意图。

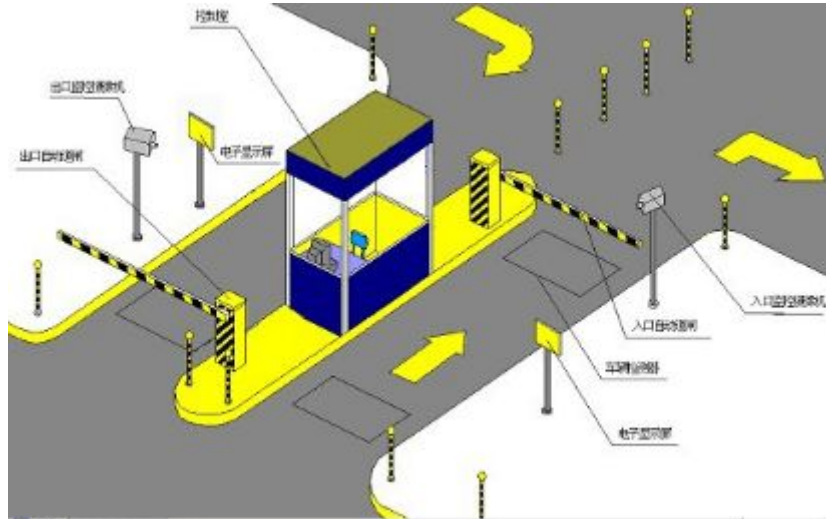


图 2-1 停车场管理系统示意图

第3章 车牌识别系统

在一个智能化的停车场管理系统中，车牌识别系统是及其重要的一个环节。停车场管理系统中，为了提高出入口的通行效率，利用车牌识别系统对车牌号码进行识别登记可以大大的提高检测识别速度。本研究的车牌识别系统主要分为三部分进行操作，第一部分是对车牌区域的定位及车牌区域的分割；第二部分是车牌图像的预处理；第三部分也就是最后一部分是车牌字符的分割以及车牌字符的识别。

3.1 车牌区域定位及其分割

车牌区域有效分割对车牌识别系统来说是十分重要的。要分割车牌区域，首先是自动定位，定位的准确性关乎着分割的准确度。车牌的定位是一项分类工作，为了清楚的定位车牌，我们需要知道车牌的特征，寻找车牌区域与背景区域不同的特征信息。

在中国，车牌一般是悬挂在车辆的前面或者后面的板材，车牌上面主要包含车牌信息，车牌信息主要包含了车辆的登记信息，登记所在地信息以及其它特殊的信息，一个车辆的车牌号就相当于车辆的身份证号。通过查询车牌的相关资料就可以知道该车所在省份和地区以及登记人等信息。在我国，不同的车辆拥有不同特征的车牌与车牌号，车牌主要分为以下几种：黄底黑字黑框线的（如中型以上载客、载货汽车和专业作业车）、蓝底白字白框线的（如中小型载客、载货汽车）、黑底白字（如领馆汽车、港澳地区出入汽车）、白底黑字（如警车）等等。当前在我国执行的车牌命名方式大多采用的是 1992 规定的命名方式，该车牌号的命名方式从 1994 年 7 月开始执行，该命名的规律为每个车牌的前面两位字符代表着车牌落户的城市，第一个字符为汉字，是车辆所在省份或直辖市的简称（如北京简称京，天津简称津，上海简称沪，河北简称冀等等），第二个为大写英文字母，代表该车户口的地市一级代码（基本规律为省会城市为 A，第二大城市命名为 B，其次为 C 等等），后 5 位一般由车主本人自己选定，根据车主的喜好将数字跟字母自由搭配，一般情况下字母总数不得超过 2 位。

3.1.1 车牌定位

查阅相关文献，目前我国对车牌的定位方法主要有纹理定位、边缘定位、颜色定位等三种常见的车牌定位方法。

基于纹理特征的定位是一种常见的区域定位方法。在图像中,针对不同的纹理信息可利用纹理特征进行定位,如在车牌图像中,字符的颜色与车牌的底色差别明显,边界轮廓显著,故可通过车牌灰度图像中灰度跳变等纹理特性来对车牌进行定位。基于纹理特征通过扫描水平或垂直方向,对目标区域进行缩小,找出待选区域。穆长江^[26]通过对车牌的纹理特征进行研究,提出一种基于纹理特征的车牌定位方法,方法中首先采用小波分析对图像进行处理,提取车牌的纹理特征,接着利用迭代法对车牌的图像进行分割处理;杨海廷^[27]对车牌的纹理特征进行研究,根据车牌的纹理特征,提出一种基于纹理特征的车牌识别系统,系统中主要根据车牌区域的竖立方向的纹理信息比其他区域的纹理信息更丰富的特点,计算图像的梯度图像,接着计算出图像的跳变点图,然后根据统计的跳变点图的数值及其相互间的距离来判断车牌所在大致区域,最后再根据车牌的宽度与高度比自上而下的剔除伪车牌,寻找出真正的车牌区域。

基于图像的边缘特征信息车牌定位方法是一种常见的区域定位方法。同样我们可以采用图像的边缘特征信息来对车牌的区域进行定位。边缘反映的是图像局部特征跳跃性变化,利用图像的一阶导数或二阶导数的特征信息来确定图像的边缘信息。图像边缘检测常用的方法是利用边缘算子对图像进行边缘提取,常见的边缘提取算子有 Sobel 算子、Canny 算子、Laplacian 算子、Prewitt 算子、Roberts 算子等算子。不同边缘选用不同的算子检测,根据检测目的选择合适的检测算子进行边缘检测。刘国峰^[28]对车牌的边缘特征进行研究,提出了一种基于边缘检测与霍夫变换相结合的车牌定位方法,方法中采用 Canny 算子对车牌的图像进行边缘信息的提取,然后采用霍夫变换算法对车牌的区域进行地毯式搜索,寻找出车牌的区域并进行标记,试验结果表明,霍夫变换能够很好的锁定车牌区域,实现对车牌区域的定位。董然等^[29]对车牌的边缘特征进行相关的研究,提出了一种边缘检测与形态学图像处理相结合的车牌定位方法,方法中通过边缘检测以及一些相关形态学图像处理对车牌图像进行相关的图像处理,初步锁定车牌的区域范围,接着利用车牌字符水平方向的跳变次数来确定车牌的上下边界,最终实现车牌的准确定位,试验表明该方法具有可行性。

基于颜色特征信息车牌定位方法也是一种常用的车牌定位方法,该方法充分的利用车牌图像的颜色特征信息对车牌的区域进行提取。在我国车牌的区域的颜色一般会与车身的颜色存在较大的反差,基于颜色特征信息车牌的定位方法主要就是利用车牌区域的这一主要特征对车牌区域进行锁定,然后再进行相关的处理提取所需的车牌区域。根据车牌区域底色与其他不同,我们可以利用对车牌颜色的先验知识设定阈值对彩色图像进行分割。由于我国的车牌的背景颜色是相对比较稳定的,常见的背景底色颜色主要有蓝、黑、黄、白这4中,通过建立不同

的颜色通道阈值对车牌区域进行分割，选出有效的车牌区域。王卫^[30]等对车牌的颜色特征进行了相关的探索及研究，提出了一种基于颜色特征的车牌定位方法，方法中关键在于利用车牌区域的颜色与车身颜色相差甚大的特征，抓住颜色差异特征计算车牌图像的色彩距离谱图，再根据谱图的信息对车牌图像进行处理，最后结合图像的纹理特征对车牌区域进行进一步的精确定位，方法减少了工作的复杂度，同时也有效地提高了车牌区域的定位精准率。

车牌定位过程是车牌识别重要的环节，具有相当重要的地位。在车牌定位中面临很多很多问题，如环境因素或人为因素造成车牌有污迹、不同省份不同时期车牌颜色不同、天气光照等，车牌区域与实际区域会产生不同程度上的变色。彩色图像提供更详细更完整的信息，有利于后续的处理，随着硬软件的发展，针对颜色特征的车牌定位研究越来越多，也在不断完善中。目前，基于颜色特征的车牌定位方法还未能在满足计算量降低的情况下解决不同条件下的车牌定位。

一般的基于颜色处理的定位方法通常容易忽略 R、G、B 三通道之间的内在联系，大多只是利用某一通道的信息或者三通道的范围来定义颜色的属性。对于存在外界干扰的情况下，这种方法存在极大的不稳定性，从而降低其准确性。

本文研究的停车场的车牌识别，一般情况下是在自然光照条件下或者日光灯的照耀下，提出一种颜色与特征相结合的车牌分割方法对采集的图像进行相关的车牌区域分割。在我国，车牌有三个主要特征：

(1) 内容特征，车牌内容为车牌号，车牌号由 7 个字符构成，第一个为汉字是所在省市的简称，第二字为字母代表该车户口的地市一级代码（基本规律为省会城市为 A，第二大城市为 B，其次为 C 等等），紧接着之后的还有 5 个字符，这 5 个字符主要是字母跟数字之间的组合，车牌一共有 7 个字符，这 7 个字符之间是相互独立的，相互之间没有连续，且车牌号与车牌背景颜色差别都十分的明显，在车牌灰度图像中，车牌号码区域所在的每行灰度像素至少存在 14 次跳变现象。

(2) 几何特征，在我国，所有的车牌都是矩形结构，经过对大量的车牌进行测量研究，发现我国的车牌的宽高的比值在一定的范围之内，这个比值一般是在 3:1 到 5:1 之间；另外车牌内的字符的宽高比值也在一定的范围之间，这个比值的取值范围为 1:4 至 1:2。

(3) 颜色特征，我国车牌号的背景颜色主要有白、蓝、黄、黑 4 种类型，在这些背景颜色中尤其以蓝色背景居多，出现的机会最大，但是车牌中字符的颜色主要只有黑色跟白色两种，而且字符与车牌区域的背景组合也比较固定，主要有蓝底白字、黄底黑字、白底黑字、黑底白字这四种组合方式。本研究主要通过将 RGB 彩色图像转化为 HSV 图像，在 HSV 图像中进行初步定位，然后再结合

车牌的内容特征跟几何特征对图像进行综合处理，最终确定车牌的区域。

HSV(Hue, Saturation, Value)模型是 A. R. Smith 在 1978 年根据颜色的直观特性提出的一种颜色空间模型，与 RGB 相对应，也是一种彩色空间模型，又称六角锥体模型(Hexcone Model)。其中 H 代表色调、S 代表饱和度、V 代表亮度。HSV 模型跟 RGB 模型相比，HSV 模型从饱和度、色调、亮度等角度出发，更容易体现图像的差距，更容易做图像的分割处理。HSV 模型对应于一个圆柱坐标系中的一个圆锥模型，圆锥的顶面对应于亮度为 1 的区域。它代表 RGB 颜色空间的 $R=1, G=1, B=1$ 这三个面，所代表的颜色也最亮。若令色调 H 绕亮度 V 轴的旋转一周所给定。在 HSV 颜色模型中，红色相对应于角度 0 度，绿色相对应于角度 120 度，蓝色相对于 240 度，每一类颜色跟它的补色相差 180 度。另外，饱和度的取值范围是 0 到 1 之间，HSV 模型中的 V 轴相对应于 RGB 模型的主对角线。

在圆锥顶面的圆周上的颜色， $V=1, S=1$ ，这种颜色是纯色，如图 3-1 所示。

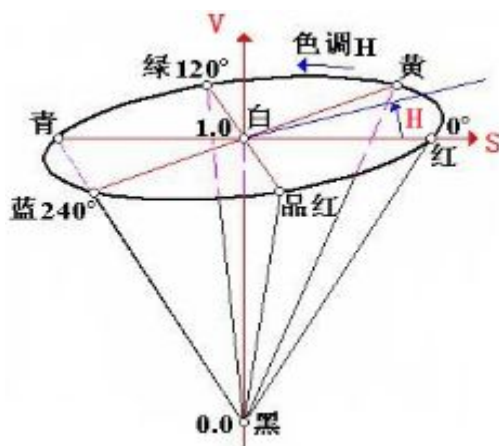


图 3-1 HSV 模型

从 HSV 模型中我们可以得出以下几点结论，1) H 代表色调信息，表示所处的颜色位置信息。另外该参数可以用角度来表示，其中，红、绿、蓝颜色分别相隔 120 度。他们与互补色都相差 180 度；2) S 代表饱和度，这个参数是一个比例数值，它的取值范围是从 0 到 1，它所代表的是所选颜色的纯度信息和该颜色的最大的纯度之间的比值。例如，当 $S=0$ 时，它表示只有灰度。3) V 代表的是色彩的亮度，它的取值范围也是在 0 到 1 之间。注意不要跟光的强度混淆了，它的亮度跟光照强度没有直接的关系。它取决于物体的反射率。最后，我们对 RGB 图像与 HSV 图像之间的转化进行一定的了解，他们之间的转化关系如下：

令 RGB 图像的 R、G、B 三个分量的最大值为 max,最小值为 min,即

$$\max = \max(R, G, B), \min = \min(R, G, B); \quad (3-1)$$

若 $R = \max$, 则 $H = (G - B) / (\max - \min)$;

若 $G = \max$, $H = 2 + (B - R) / (\max - \min)$;

若 $B = \max$, $H = 4 + (G - R) / (\max - \min)$;

$H = H * 60$, 若 $H < 0$, $H = H + 360$, $V = \max(R, G, B)$, $S = (\max - \min) / \max$;

HSV 模型属于一种比较直观模型。首先, 我们对单一的纯色进行了解, 也就是说, 令 HSV 模型的色调角 H 为某一固定值, 同时让 V 与 S 相等且等于 1, 接着我们对该模型加入其它元素, 假如我们向该模型加入黑色和白色来调制我们所需要的颜色。我们可以发现, 当我们增加黑色时, 可以减小 V 的数值而 S 的值却保持不变, 同样的, 当我们增加白色时, 也可以减小 S 的数值而保持 V 的数值不变。假如我们需要得到深蓝色的颜色, 我们取 V 等于 0.4, S 为 1, H 为 240 度, 假如需要得到淡蓝色, 我们只需要改变 S 的数值即可, 将 S 改到 0.5 就可以了, 而不需要改变 V 的数值和 H 的数值。

若对 RGB 的 3 个通道分别赋值为 0、255, 可以得到 8 种组合, 分别是黑、蓝、绿、黄、青、红、紫、白等 8 种基准颜色, 这 8 种颜色中包括车牌的底色与字符的颜色, 将车牌固定的 4 种底色 (黑、蓝、黄、白) 于 HSV 值关联起来, 如表 3-1 所示。

表 3-1 RGB 与 HSV 对应表

颜色	蓝色	黄色	白色	黑色
RGB	0,0,255	255,255, 0	255,255,255	0,0,0
HSV	240,1,1	60,1,1	0,0,1	0,0,0

3.1.2 车牌区域分割

在进行分割之前, 我们首先需要利用模型转化函数将 RGB 彩色图像转化到 HSV 模型, 然后对 HSV 模型的 H 通道进行多阈值分割。多阈值分割是一种常见图像分割方法, 它不同于单阈值分割, 它比单阈值分割具有更广泛的应用空间。简单的颜色差别明显的图像分割, 利用单阈值分割就可以解决, 但是当图像变得复杂且颜色差别不是特别明显的时候, 我们就需要用到多阈值分割。多阈值分割只要是阈值的选择, 选择阈值的点决定着图像分割的好坏。常见到阈值获取方法有最小误差法、直方图变换法、小波法、模拟退火法、最大类间方差法等。本研究采用最大类间方差法对所测试的图像进行分割。最大类间方差计算步骤如下所示:

设定图像中存在 m 个带区分的类，那么有 $m-1$ 个阈值 $k_1, k_2, \dots, k_n, \dots, k_{m-1}$ 将图像分为 m 个类。这些类分别表示为：

$$C_0 = \{0, 1, \dots, k_1\}, \dots, C_n = \{k_n + 1, k_n + 2, \dots, k_{n+1}\}, \dots, C_m = \{k_m + 1, k_m + 2, \dots, L-1\};$$

将类间方差定义为：

$$\sigma_{BC} = w_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + w_2(\mu_2 - \mu_T)^2 \dots + w_n(\mu_n - \mu_T)^2 + \dots + w_{m-1}(\mu_{m-1} - \mu_T)^2; \quad (3-2)$$

其中，

$$w_0 = \sum_{i=0}^{k_1} P_i, w_1 = \sum_{i=2}^{k_2} P_i, \dots, w_n = \sum_{i=k_n+1}^{k_{n+1}} P_i, \dots, w_m = \sum_{i=k_{m+1}+1}^{L-1} P_i,$$

$$N = \sum_{i=0}^{L-1} N_i;$$

$$\mu_0 = \frac{\sum_{i=0}^{k_1} P_i}{w_0}, \mu_2 = \frac{\sum_{i=2}^{k_2} P_i}{w_2}, \dots, \mu_n = \frac{\sum_{i=k_n+1}^{k_{n+1}} P_i}{w_n}, \dots, \mu_{m-1} = \frac{\sum_{i=k_{m+1}+1}^{L-1} P_i}{w_{m-1}}$$

$$N = \sum_{i=0}^{L-1} N_i,$$

$$\mu_T = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} i P_i}{N}$$

最大类间方差法存在两个最有预知个数的确定，一般使用一个分离因素 SF 来作为该图像终止分割的判断条件，我们可以通过对该分离因素的控制来处理最优阈值个数的确定

$$SF \text{ 定义为 } SF = \frac{\sigma_{BC}}{v_T}$$

式中： $v_T = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_T)^2 P_i$ 即图像的总方差。

最大类间方差法的具体实现步骤如下所示：

(1) 首先初始化运算条件。令 $q=0$ ，及 $SF=0$ ，同时计算出 v_T 的数值。这里面的 q 代表测试图像所拥有的分类，分离因素 SF 是最大类间方差算法的循环结束条件；

(2) 对分离因素 SF 进行判断。假如分离因素 SF 的数值能够满足终止条件，那么我们就可以终止此算法；假如 SF 的数值不能够满足终止条件，那么我们就在已存在的类中间找到拥有最大类内方差的类，然后再重新计算最大类间方差和 SF 的数值直到满足运算的终止条件的为止；

(3) 最后通过所得到的一组最优阈值对测试图像进行分割处理。我们可以从这一组最优的阈值中选出所需要的阈值，利用这些阈值对测试图像进行分割。

(4) 获取车牌候选区域，通过上述 Otsu 最大类间方差法得到多个阈值，然

后对 HSV 图像进行分割，得到多个车牌的候选区域；

(5) 修正候选区域，由于噪声、车牌号等干扰信息存在，会使车牌的候选区域不是单连通区域，为了去除候选区域的小洞信息，对区域进行填充、膨胀、腐蚀等形态学处理，剔除小面积等区域，留下少数几个候选区域；

(6) 特征筛选，根据车牌的特征信息对剩下的几个候选区域进行判断筛选，筛选时，提取车牌候选区域的几个特征量（区域面积，区域周长，区域的长、区域的宽这 4 个特征量）；令区域面积为 A，区域周长为 B，区域的长为 C、区域的宽为 D，根据上述车牌区域特征，我们可以得知，车牌区域同时满足以下 2 个条件：

$$3 \leq C/D \leq 5 ; \quad (3-3)$$

$$64/3 \leq B/A \leq 144/3 ; \quad (3-4)$$

(7) 根据公式(3-3)与公式(3-4)条件对候选区域进行筛选，对符合条件的区域留下，对不符合条件的区域舍去，通过给定车牌区域坐标对车牌进行分离处理，将车牌区域从车牌图像中分离出来。采用最大类间方差法对车牌分割的效果比较好，如下图 3-2 所示。



图 3-2 车牌定位

3.2 车牌区域预处理

通过图像采集系统采集的图像是彩色图像，在采集图像过程中，由于采集时相机离车牌距离不一样，还存在外界干扰，得到的图像会存在干扰信息。要想得到较理想的图像需要对车牌区域进行预处理。通过有效的车牌区域图像预处理，不仅可以去除干扰信息，提高图像的质量，增强车牌字符的边缘，还可以压缩图像存储空间，提高后续处理速度。

3.2.1 车牌图像滤波去噪

数字图像包含大量的信息，但是获取的原始图像一般会带有某种噪声，有些噪声会对图像质量产生重大的影响。为了消除噪声，可以采取一些常用的平滑滤波处理，但是平滑滤波容易造成图像模糊。所以好的图像滤波去噪不仅需要去除干扰信息还需要尽量保留图像原有的特征。常见的图像滤波去噪方法有中值滤波、均值滤波、小波域滤波去噪、维纳滤波等。

中值滤波是一种常见的非线性平滑去噪滤波方法，它的原理主要是将数字图像的某个序列或者信号的某个序列的所有像素的中值来代替原来的图像的像素值或者信号的数值，它的目的是使周围的图像像素值或者信号的数值与实际的真实值更加接近，可以有效的去除孤立信号或者孤立点。换言之，中值滤波就是用一个移动窗口沿着图像移动，移动过程中将窗口所有像素值的中值代替窗口中心点的像素值，依次用移动窗口的中值代替窗口的中心值。在一个二维空间中，数字图像中常见的移动窗口为 3×3 ， 5×5 等大小的区域（也可以根据不同要求采用不同的形状或大小区域，例如，环形的，圆形的，方形的，十字架形的等等）。其中，窗口的中值一般定义为：将窗口内的所有图像像素值或者信号数值进行从大到小排序，然后选择中间的数值作为该窗口的中值。二维中值滤波输出为 $f(x,y) = \text{med}\{g(x-k,y-l), (k,l \in A)\}$ ，其中， $g(x,y)$ ， $f(x,y)$ 分别为原始图像和处理后图像。 A 为二维窗口模板，通常为特定的形状或者区域。中值滤波对去除椒盐噪声很有效，一般应用于椒盐噪声去除、保护图像边缘信息上，是一种常见的图像预处理滤波方法^[31-35]。

均值滤波^[36-37]也是一种常见的线性滤波方法，它与中值滤波有些相似但又不同，它的原理是对一个目标图像像素或者信号数值进行替代，替代值为该目标元素的周围领域的平均值。一般选用的邻域为 3×3 的区域，这样用目标的中心邻域的 8 个点的平均值来代替原来目标的像素值。均值滤波是采用邻域的均值来代替原有的图像像素值。倘若令原有图像为 $g(x,y)$ ，均值滤波处理后的设置为 $f(x,y)$ ，则有 $f(x,y) = 1/A \sum g(x,y)$ ，其中， A 为滤波邻域的数值， x, y 是 (x,y) 目标点邻域点的坐标集合。均值滤波处理图像的效果主要由邻域点的图像像素值来决定，这种滤波方法操作比较简单，一般情况下可以起到平滑的效果，但是在均值滤波的同时会造成图像模糊、削弱图像细节调整等现象，不利于图像的细节特征提取。

小波域滤波去噪是一种小波分析方法，小波具有良好的时频特性。小波具有低熵性、多分辨率、去相关性、选基灵活性等鲜明特征，小波理论应用广泛。小波去噪是目前常见的滤波和去噪手段，它一般由三个部分构成，首先是对目标图像进行小波变换，接着是对变换后的矩阵进行一个小波系数的整理，剔除噪声信

息,最后对剔除后的小波进行小波逆变换处理就可以得到去除噪声的图像或者消除噪声的波形。小波去噪过程中最重要的是对小波系数进行处理,选取不同的小波系数可以达到有效去噪的目的。在对小波系数进行取舍时,一般按照一定的准则将小波系数进行分类,将干扰信号从信号中分离出来。一般情况下,我们根据小波系数的绝对值作为小波分类的准则,采取阈值法进行相关的图像去噪处理。小波域滤波去噪能够有效的去除噪声,且灵活性较强,广泛应用于图像预处理去噪^[38-43]。

维纳滤波是一种自适应滤波方法,它可以对信号起到一定过滤的效果。维纳滤波主要采用的是一种最小均方差准则的最优估计器计算方法,该方法的关键在于求得输出的信号值与期望的输出的信号的数值的均方差值为最小值,所以,维纳滤波一般常用于平稳噪声中的信号提取领域中。假若设线性滤波器的冲击响应为 $x(t)$,此时其输入 $y(t)$,则有 $h(t)=x(t)+w(t)$ 。维纳滤波是一种基于最小均方误差的去噪方法,在信号处理方面应用广泛,也常用于图像处理^[44-46]。

本研究通过均值滤波、中值滤波、小波域滤波去噪、维纳滤波等去噪方法分别对车牌区域进行去噪处理,得到去噪的效果图 3-3 所示,从图中对比可以发现,这四种去噪的效果均可以,其中中值滤波的效果相对较好,且中值滤波方法简便故本研究采用中值滤波对车牌区域图像进行处理。





(e) 维纳滤波

图 3-3 车牌区域去噪处理

3.2.2 车牌图像灰度化

彩色图像蕴含的信息量较大,我们在处理车牌图像的时候只需要知道车牌字符的轮廓信息,因此我们需要简化彩色图像,对彩色图像进行灰度化处理。为了既保证所需的特征量不丢失,同时又能减少图像的计算量,常常选择彩色图像的某一通道,或者综合三通道信息进行灰度化处理。

在车牌图像的采集过程中,我们采集到的图像为 RGB 彩色图像,有红色(R)、绿色(G)、蓝色(B)三个颜色通道共同组成。在数字图像中,彩色图像包含众多的图像信息,同时决定了彩色图像的储存所需空间较大,且计算工作量也较大。而灰度图像是一个二维图像,所包含的信息量较少,但是其储存所需空间较少,因此计算量也就较少。在对彩色图像进行灰度化的处理的过程中,我们需要尽量保证不要丢失我们所需要的图像特征信息,尽可能多的剔除无用的图像信息。在车牌图像中,重要的是得到图像中的车牌区域信息以及车牌号码信息。因此,在灰度化的过程中尽量保留车牌区域信息及车牌号码信息。常见的图像灰度化方法主要有以下 4 种:

(1) 分量法

分量法指的是提取原来彩色图像的某一分量通道的信息来作为灰度图像的像素值。一般情况下采集的图像为彩色图像,我们又称之为 RGB 彩色图像,RGB 彩色图像它主要由 R、G、B 三个颜色分量共同构成,其中, R 代表红色分量, G 代表绿色分量, B 代表蓝色分量。分量法也是就在 RGB 彩色图像上选取任意颜色通道的分量(R 分量, G 分量或者 B 分量)。 $g(i, j) = R(i, j)$; $g(i, j) = G(i, j)$; $g(i, j) = B(i, j)$ 。其中, $g_k(i, j), (k = 1, 2, 3, \dots)$ 转换后的灰度图像在 (x, j) 处的灰度值。如图 3-1 的彩色图像转为 3-4 三种灰度图。



图 3-4 分量法灰度化

(2) 最大值法

所谓的最大值法是指首先获取彩色图像每个点的三个通道的亮度值，然后选择亮度值的最大值来作为该点灰度图像的像素值。用函数表达式如下： $R=G=B=\max(R, G, B)$ 。Matlab 部分代码如下：

```
A=imread('车牌图像 1.jpg');
r=double(A(:,:,1));
g=double(A(:,:,2));
b=double(A(:,:,3));
[m,n]=size(r);
bw2=zeros(m,n);
for i=1:m
    for j=1:n
        bw2(i,j)=max(max(r(i,j),g(i,j)),b(i,j));
    end
end
figure,
imshow(mat2gray(bw2));
title('最大值法')
```

以车牌图像 1 为例，效果如图 3-5 所示，其中 3-5a 为原始图像，3-5b 为最大值法的灰度化图像。



(a) 原始图像

(b) 最大值法

图 3-5 最大值法灰度化

(3) 平均值法

平均值法就是指对彩色图像的三个通道取平均值，将所取的平均值作为灰度图像的亮度值。按照计算公式(3-5)进行计算：

$$f(i,j) = (R(i,j) + G(i,j) + B(i,j)) / 3 \quad ; \quad (3-5)$$

Matlab 部分程序代码如下：

```
A=imread('车牌图像 1.jpg');
```

```
r=double(A(:,:,1));
```

```
g=double(A(:,:,2));
```

```
b=double(A(:,:,3));
```

```
[m,n]=size(r);
```

```
bw1=zeros(m,n);
```

```
bw1=(r+g+b)./3;
```

```
figure,
```

```
imshow(mat2gray(bw1));
```

```
title('平均值法')
```

平均值法处理效果如图 3-6 所示



(a)原始图像

(b) 平均值法

图 3-6 平均值法灰度化

(4) 加权法

加权法主要是以图像颜色的重要性、色差的代表性或者其他指标进行一个权

重处理，然后所取的权重进行组合处理，得到的灰度图像就称为加权法处理的灰度图像。我们通常采用的彩色图灰度化计算公式如(3-6)所示，它主要是根据人们肉眼对彩色的敏感性进行去权重的。

$$f(i,j) = 0.30R(i,j) + 0.59G(i,j) + 0.11B(i,j) ; \quad (3-6)$$

针对车牌图像特征，选择不同加权组合来提取车牌感兴趣的区域，效果较好的有 R 与 B 之间的组合，如按公式(3-7)组合，得到的效果较好。

$$f(i,j) = 2R(i,j) - B(i,j) ; \quad (3-7)$$

标准化灰度化与 2R-B 灰度化效果图如 3-7 所示，其中 3-7a 为原始图像，3-7b 为标准灰度化，3-7c 为 2R-B 灰度化。



(a) 原始图像



(b) 标准灰度化



(c) 2R-B 灰度化

图 3-7 加权法灰度化

从图 3-4、图 3-5、图 3-6、图 3-7 中灰度化图像的结果中可以发现，R 分量与 2R-B 灰度化的效果较好，其中 2R-B 灰度化得到的字符特征最明显，故本试验采用 2R-B 灰度化的方法对车牌区域图像进行灰度化处理。

3.3 车牌校正

经过车牌分割之后得到二值化的车牌区域，将二值化的图像与采集的彩色图

像进行相乘处理，得到彩色的车牌号。由于在图像采集过程中相机与车牌无法保证平行，从而导致采集的车牌会存在倾斜，这会对后续的车牌字符分割和字符识别带来困难。为了减少车牌字符分割和字符识别后续处理的麻烦，对分割的车牌进行车牌校正处理，确保车牌字符呈竖直方向。

首先通过车牌区域定位分割出车牌区域，如图 3-8a 所示，再采用 2R-B 加权法灰度化得到字符轮廓明显的灰度图像 3-8b 所示，接着对灰度化的图像进行边缘检测，根据车牌上下边界应保持水平方向，对边缘化的图像进行倾斜角检测，最后根据倾斜角将灰度化进行校正处理，具体步骤如下：

(1) 对车牌区域图像进行灰度化。根据 3-7c 所示的灰度化处理方法进行灰度化，如图 3-8b 所示；

(2) 边缘检测。利用边缘检测函数对上一步得到的灰度图像进行边缘检测，得到的结果如图 3-8c 所示；

(3) 倾斜角计算，采用 `radon` 函数对边缘图像进行处理，将边缘图像从 1 到 180 度射线方向做投影，计算 `radon` 角度变换所得矩阵 `R`，寻找 `R` 最大 `J` 值，倾斜角 $\theta = 90 - J$ ；

(4) 利用 `imrotate` 函数对灰度图像旋转变换，设置旋转角度为 θ ，得到后的图像即为校正后的图像，如图 3-8d 所示。

Matlab 部分代码如下：

```
rgb=chepai_img;%chepai_img 为车牌分割的彩色图像
figure,imshow(rgb);title('车牌彩色图像');
R=rgb(:,:,1);
G=rgb(:,:,2);
B=rgb(:,:,3);
I_gray=2*R-B;figure,imshow(I_gray);title('车牌灰度图像')
I_bw=edge(I_gray);%figure,imshow(I_bw);
theta = 1:180;
[R,yp] = radon(I_bw,theta);
[I_bw,J] = find(R>=max(max(R)));%利用 J 记录倾斜角
jiaodu=90-J;
I_jz=imrotate(I_gray,jiaodu,'bilinear','crop');figure,imshow(I_jz);title('倾斜校正');%取值为负值向右旋转
```



图 3-8 车牌校正

3.4 车牌字符分割

目前,我国的车牌号共有 7 个字符与 1 个点符,点符是一个分割符,起到分离作用,车牌识别主要是识别 7 个字符。识别过程中主要是字符的分割,常见的应用在车牌字符分割的方法中主要有水平投影法和聚类法。国内很多学者对车牌的字符分割进行研究,张云刚、张长水^[47]提出一种利用 Hough 变换拟直线水平分割方法和基于先验知识约束的垂直分割方法对车牌字符进行分割,该方法先进行图像尺寸归一化、车牌种类判别、目标增强等一系列的预处理,接着利用 Hough 变换的水平分割方法,以便得到水平分割线,再利用垂直投影信息结合先验知识约束的垂直分割方法对车牌进行分割,该研究表明, hough 变换拟直线水平分割方法适应性较强,能够较好的检测车牌的字符;吴成东等^[48]对车牌字符的分割也进行了研究,提出一种差分投影法结合分割字符的车牌字符分割方法对车牌的字符进行分割,研究表明,通过利用水平投影图形进行校正处理结合水平分割能够降低算法的复杂程度同时也可以提高分割的精确度;陈黎等^[49]采用聚类分析对车牌的字符分割进行处理,采用同一个字符的像素集合是一个连通域的原则以及车牌的先验特征知识对车牌进行分割处理,研究表明,聚类分析法能够很好的解决复杂背景下的车牌字符分割问题;李金等^[50]提出一种基于改进的 K-means 的车牌,该方法先通过均值跳变法对车牌区域进行精确定位,然后利用改进后的 K—means 算法对车牌字符进行聚类分析,最后根据 K—means 算法得到的聚类中心对车牌字符进行分割,研究结果表明, K—means 算法可以很好的实现对车牌字符的分割。

车牌字符分割是关键的一步，字符分割的好坏直接影响字符的模式识别。

由于在采集过程中存在光照不均、车牌污点等外界因素的影响，给车牌字符的分割增加了难度。针对本研究的车牌的复杂性，本文通过基于垂直投影法的垂直切分方法对车牌的字符进行分割，具体的步骤如下：

第一步，对车牌区域所在的区域进行预处理。

通过倾斜检校正处理后，校正后的得到的图像更贴近与实际的图像，此时的车牌区域的角点坐标也发生了改变，所以需要对车牌的区域进行更精确的定位。进一步的定位主要分以下几步进行：

(1) 对车牌的图像进行二值化处理，本文采用 Matlab 自带的局部自适应的二值化的函数对校正后的灰度图像进行二值化处理，处理得到的二值化图像如图 3-9 所示。



图 3-9 二值化图像

(2) 利用数学形态学对二值化图像进行处理；

数学形态学是常用的图像处理方法，数学形态学主要包括图像腐蚀、图像膨胀、开运算、闭运算、去小面积、骨架抽取、形态学梯度和击中击不中变换等处理方法。针对不同的图像采用不同的数学形态学处理方法。主要处理步骤有：利用 Matlab 中的 `hbreak` 函数进行处理用来移除图像中的 H 联通的像素，得到的结果如图 3-10a 所示；接着采用 `spur` 函数进行进一步的处理，`spur` 函数可以用来去除图像的一些小分支，处理得到的结果如图 3-10b 所示；最后再采取 `bwareaopen` 函数进行进一步的图像处理，`bwareaopen` 函数主要是用来去除小面积区域，通过 `bwareaopen` 去除小面积处理，可以有效的去除噪声点及无关边缘的干扰，最终得到的结果如图 3-10c 所示，可以发现此时的二值化图像已经去除了大部分的噪声和干扰边缘。



(a) 移除 H 联通



(b) 对图像进行闭运算



(c) 去除小面积处理

图 3-10 形态学处理

(3) 对形态学处理的二值化的图像进行 Y 轴方向的投影处理；
对图像进行 Y 方向投影处理，找到车牌区域对应的 Y 轴坐标，利用 Y 轴的坐标进一步定位车牌区域，如图 3-11 所示；



图 3-11 Y 轴投影处理

(4) 字符区域面积校正处理；
对字符区域面积校正处理，有些字符在提取过程中过度腐蚀或者过度膨胀，

经过对大量车牌处理，发现所有字符面积之和占整个车牌面积的 22%到 35%之间。所以我们可以采用统计字符面积的方法对字符进行膨胀或者腐蚀处理，也就是说当字符所占面积比小于 0.22 时则需要对字符进行相关的膨胀处理，当面积比大于 0.35 的时候则需要对字符进行腐蚀处理，尽量确保字符所占的面积比在 0.22 到 0.35 之间。



图 3-12 字符面积校正处理

第三步，垂直分割。

利用数字分割函数对字符面积校正后的图像进行分割，先计算分割阈值，消除小面积区域的影响，对面积校正后的图像进行分割，得到的图像如图 3-13 所示；



图 3-13 字符分割处理结果

数字分割函数部分代码如下：

```
[y,x]=size(BW_fenge);%BW_fenge 为二值化的车牌图像
%=====通过 SS 函数来确定分割阈值=====
SS=x*y
if      SS<=20000
    yuzhi=4;
elseif SS>20000&&SS<=30000
    yuzhi=4;
elseif SS>30000&&SS<=50000
    yuzhi=4;
elseif SS>50000&&SS<=80000
```



```

        yuzhi=4;
    else
        yuzhi=4;
    end
    ganrao=SS/100;
    %=====
    %定义数组 histogram，用来存储及统计垂直方向的黑点的数目
    histogram=sum(~BW_fenge);
    %=====文字分割=====
    k=1;
    for h=1:x-1
        if
            ((histogram(1,h)<=yuzhi)&&(histogram(1,h+1)>yuzhi))||((h==1)&&histogram(1,h)>
            yuzhi)
                fenge(1,k)=h;
                k=k+1;
            elseif
            ((histogram(1,h)>yuzhi)&&(histogram(1,h+1)<=yuzhi))||((h==x-1)&&histogram(1,h)
            >yuzhi)
                fenge(1,k)=h+1;
                k=k+1;
            end
        end
    end
    k=k-1;%此处应该去除多产生的的一个 K 值
    if k<10
        msgbox('提取出错','警告');
        wavplay(wavread('提取车牌出现错误.wav'),22000);
        pause;
    end
    %=====
    i=1;%清除之前的汉字干扰
    while
        (sum(histogram(1,fenge(1,i):fenge(1,i+1)))<ganrao)||((fenge(1,i+1)-fenge(1,i))<(feng
        e(1,i+3)-fenge(1,i+2))/2)

```

```

        for j=i+2:k
            fenge(1,j-2)=fenge(1,j);
        end
    end
    [m n]=size(fenge);
    if n<14
        msgbox('提取出错','警告');
        wavplay(wavread('提示提取车牌出错.wav'),22000);
        pause;
    end
    fenge=fenge(1,1:14);

```

第三步，提取车牌的分割图像并进行显示。

Matlab 部分程序代码如下：

```

Chepai_erzhi=bwmorph(Chepai_erzhi,'hbreak',inf);%figure,imshow(bw);
Chepai_erzhi=bwmorph(Chepai_erzhi,'spur',inf);%figure,imshow(bw);title('擦除
之前的图像');
Chepai_erzhi=bwmorph(Chepai_erzhi,'open',5);%figure,imshow(Chepai_erzhi);t
itle('进行闭合运算');
Chepai_erzhi = bwareaopen(Chepai_erzhi, threshold);
figure,imshow(Chepai_erzhi);title('擦除之后的车牌图像');
%=====
Chepai_erzhi=~Chepai_erzhi;figure,%imshow(Chepai_erzhi);title('擦除反色之
后'的图像);
%=====对擦除后的图像进行进一步的剪切处理=====
Chepai_erzhi=touying(Chepai_erzhi);
figure,imshow(Chepai_erzhi);title('Y 方向投影处理的结果');
d=Chepai_erzhi;
se=eye(2); %利用 eye 函数产生一个单位矩阵
[m,n]=size(d);%； 利用 size 函数提取 d 矩阵的大小信息，并将行数和列数进
行保存
if bwarea(d)/m/n>=0.35 %计算字符的面积占总面积的比值，并对比值进行判
断 d=imerode(d,se);%倘若比值大于 0.35，则需要对图像进行腐蚀处理
elseif bwarea(d)/m/n<=0.22%假如面积的比值小于 0.22 的时候，则需要对图

```

像进行膨胀处理

```
d=imdilate(d,se);
end
imwrite(d,'膨胀或者腐蚀处理之后的车牌图像.jpg');
figure,imshow(d);title('车牌字符校正之后的图像');
fenge=shuzifenge(Chepai_erzhi,jiaodu)
%shuizifenge 为车牌的分割函数，jiaodu 为步骤二所求的倾斜角度
```

3.5 车牌字符识别

经过上面的图像处理，可以得到车牌区域的二值化图像，为了对车牌的字符进行检测，需要对车牌区域的图像进行进一步的车牌字符识别，以便实现对车牌的检测。在车牌字符识别领域中，国内很多学者进行了相关的研究。彭健敏^[51]对车牌定位以及字符识别技术进行了相关的探索和研究，提出主成分与 BP 神经网络相结合的一种检测方法，试验表明，该方法能够有效提高车牌字符的识别率；何音建^[52]对车型车牌识别系统的实现与应用进行了相关的分析和研究，利用字符分割将车牌的字符逐个分割出来，接着对分割出来的车牌字符进行识别处理；刘余霞、吕虹、胡涛^[53]等人将 AdaBoost 算法应用于车牌字符的识别中，利用 AdaBoost 算法融合多分类器的特点来提升车牌的识别能力；牛海军^[54]对车牌检测与识别进行了相关的探索及研究，利用一种通过形状上下文模块相匹配的方法对车牌的字符进行检测识别。模块识别主要是利用字符与模版之间的相似程度，通过相似程度对图像进行分类或识别。

本研究力求得到与模板中字符最相似的字符，所以采用相减的模块识别方法，然后当相似度是最大值时，就输出最后的结果。一般情况下，车辆的车牌是具有固规律的。在我国，车牌的第一个字符是汉字，该汉字通常代表的是该车牌落户所在省份或者直辖市的简称，后面的字符都是大多数是由数字和字母组成，车牌的字符数共有 7 个。车牌字符识别的难度在于汉字、字母、数字的模块大小不一样，本文采取分别匹配的方法进行识别，首先对第一个字符进行识别，由于我国的省份是一定的，因此汉字所代表的字符是一定的，如北（北京军区）、沈（沈阳军区）、兰（兰州军区）、济（济南军区）等汉字；第二个字符为大写英文字母，共有 26 个；后面 5 个字符主要由大写字母及 0 到 9 十个数字组成；根据这些先验知识分别建立汉字模板、大写字母模版、数字模版。根据车牌号的使用情况，本研究共创建 42 个汉字模板、26 个字母模版、10 个数字模版作为模版识别的模版。识别步骤如下：

第一，取出汽车牌照上的字符模版，第二，将所要识别的字符取出，并将其

与所取出来的字符模版进行比对，比对的过程就是用待识别的字符减去模版上的字符，当这两者的字符比对后数值为0时，就说明这两者的字符是匹配的，并且当输出的0越多，匹配效果也就越好，第三，对匹配率最高的字符进行保存。第四，依照同样的原理，依次比对匹配下去，均寻找匹配度最好的那个字符,找出所有的字符，最终识别的字符为车牌号码。识别的流程图如下图 3-14 所示：

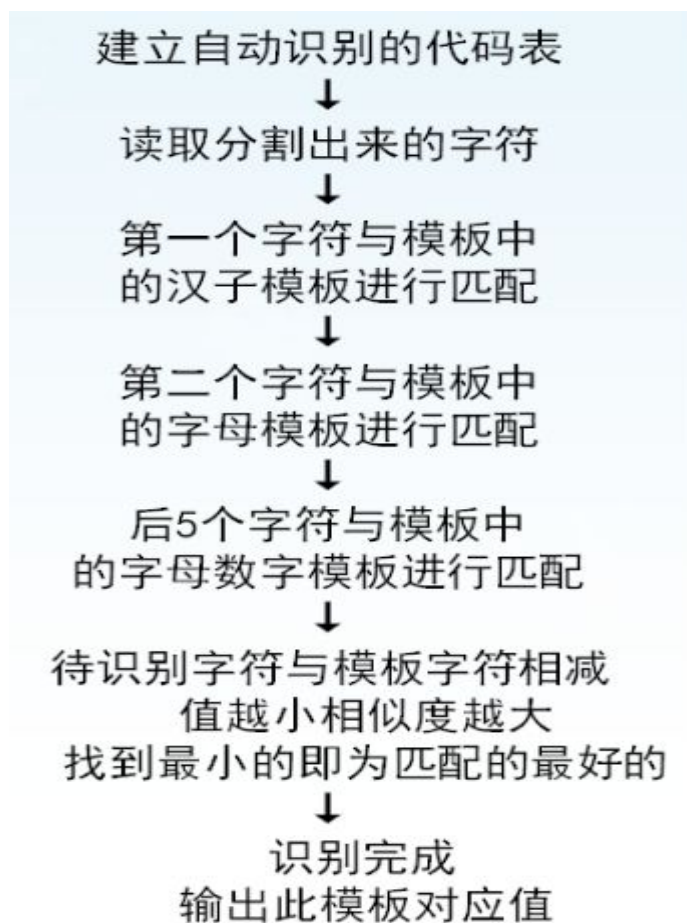


图 3-14 字符识别流程图

本研究利用模块匹配方法大量的车牌进行检测识别研究，部分车牌识别效果如下图 3-15 所示：



图 3-15 车牌识别效果

从图 3-15 中可以发现，车牌字符基本上已经能够识别，本研究针对不同的省份的车牌号进行测试，主要以天津的车牌号为主。从图 3-15 的右图中可以发

现,有些车牌的字符汉字在分割的时候效果不是很好,如第四幅车牌号为“津 H N D 500”的车牌图像,在该图像中,第一个汉字“津”分割不完整,只分割出右边的“聿”以及“氵”的部分区域,这主要是由于“氵”偏旁面积较小,在分割的时候被去掉了一部分,但是在字符识别的过程中,进行汉字匹配的时候没有受到很大的影响,仍然能够很好的对车牌进行识别。

第4章 信息记录系统与车位引导系统

4.1 信息记录系统

停车场管理系统的另外一个重要的系统是信息记录系统,通过对来往的车辆进行登记记录,来对停车场的车辆进行管理。主要对来往车辆的车牌号、登记人、停车位置、进出车时刻、停车时长和所需费用进行登记记录,记录形式如表 4-1 所示。

表 4-1 信息记录系统

车牌号	登记人	停车位置	进车时间/年/月/日/时/分	出车时间/年/月/日/时/分	停车时长/h	所需费用/元
津 J06678	李明	A 区 P2L4	2015/06/02 /12: 00	2015/06/02 /15: 30	3.5	10.5
津 AAE960						
冀 ACC286						
津 JLP006						
陕 A888U8						
.						
.						
.						

对于信息记录系统所发挥的功能来说,基本都包括以下几个方面:

(1) 记录来往车辆停车时刻及其时长,对停车场的收费提供一个可靠的依据,收费的标准会随着时间段的改变而做出一定的变化,收费系统收费的依据不仅仅包括停车的时间,还包括当时停车所处的时间段;

(2) 记录来往车辆的停车位置,为后续车辆的车位引导提供参考,通过对来往车辆的停车位置进行记录,可以初步得知车位的空缺情况,为后续车辆的引

导提供分析；

（3）记录来往车辆的位置，为反向寻车提供简便明了的停车位置，以便车主快速找到车辆所停位置；

（4）对车牌号以及车牌号的所有人进行相应的记载，这样就可以根据相关的记录来判断出入的车场是否都合法，也就是说，车牌号可以从侧面反映出车辆所有者的相关信息，如身份证信息等等，有利于车辆的合法性查询，为停车场提供安全的保障。

4.2 车位引导系统

对于没有车位引导系统的传统停车场，客户在停车场寻找车位时会浪费一段时间，有些停车场会有专门的工作人员对车辆进行引导，但是这需要消耗大量的人力，且效率比较低。为了适应快节奏生活，节省车辆的停车时间，提高停车场的停车效率，本研究采取车位引导系统对车位进行引导。需要快速准确的寻找车位，仅仅只有车位的记录信息还是远远不够的，还需要增设一套车位探测系统。增设的车位探测系统可以实时的收集车位的空缺信息。通过在停车场的车位附近设置车位传感器来对车位是否停车进行检测，然后再将检测的信息反馈到车位引导中去，对车位引导系统的信息进行更新。在停车场出入口设置显示屏，将停车场的位置及空缺情况直接及时反映在显示屏上引导车辆。车位引导系统主要包括停车时车位引导及取车时的车位引导。

4.2.1 停车时车位引导

在停车场的入口设有 LED 电子显示屏，显示屏的上部分区域为入口引导显示区域，下部分为车位显示区域。入口引导显示区域主要用来显示停车场内的各区域车位剩余车位情况，以便客人对停车场的空闲状态有个大致了解，如图 4-1 所示。车位显示区域主要是对车位的情况进行显示，分别用不同的颜色代表车位的不同状态，红色是停车显示灯，代表车位已停车；绿色是空位显示灯，代表车位暂时空缺；黄色是警告显示灯，代表车位处有车驶入或驶出。车辆主人通过 LED 入口引导显示屏选择车位，或者由系统选择一个行驶路程最近的车位。



图 4-1 LED 入口引导显示屏

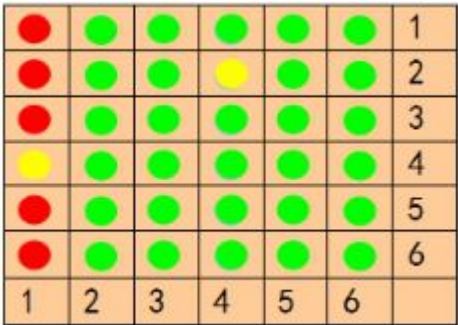


图 4-2 车位显示

停车场内每个车位的上方均装设超声波车位探测器及指示灯，指示灯跟 LED 电子显示屏的显示一致，红灯表示车位有车，绿灯表示车位空缺，黄灯表示车位在出车或者有车驶入车位，在场内任意位置，都可很方便的查看停车场的车位使用情况，想停车时只要寻找绿灯即可，绿灯位置的底下定会有空缺车位。这样可以很方便的寻找车位，节省车辆在停车场内来回寻找车位的时间，同时也可以避免停车场内堵车拥挤现象，快速的寻找车位进行停车，从而确保提升停车场的效率。

将车位的电路系统与 LED 电子显示屏相连接，该系统能够在脱离电脑控制的情况下也可独立完成车位显示工作，从而可以有效的避免了电脑故障带来的系统不稳定现象；同时该系统也可以受电脑控制，在与电脑连接的情况下，通过计算机可以直观清晰的看到停车场电子地图，可以看到停车场车位的空缺情况，利用数据库等技术可以统计管理每个车位的停车情况，停车时刻、停车时长、停车车牌号等信息，对这些数据分析可以得出车位的使用情况及客人停车情况。

4. 2. 2 取车时车位引导

车位引导系统还增设反向引导系统，停车场较大时，内部结构相似，车辆外形相差不大，假若不是很明确记得车辆所停车位时，寻找车辆往往变得很麻烦。为了节省客人寻车时间，提高停车场的寻车效率，本研究增设反向引导系统进行辅助寻车。虽然在信息登记系统中对车辆的停车位置有过详细登记，但是有时候客人停车时的车位并非按照登记的车位停车的，从而无法保证停车位置与登记的信息一致，为了确保停车位置的准确性，在反向引导系统中增加定位终端与查询终端。定位终端主要由相机构成在停车场内安装若干个相机，确保相机能采集到停车场内的每辆汽车的车牌信息，我们采取每隔半小时采集一次停车场的信息，同时对采集系统的登记信息进行校正，确保停车位置与登记的信息尽量保持一致。查询系统记录登记位置与真正的停车位置，客人通过车牌号码来查询停车

的位置并将停车的具体位置显示在电脑显示屏上，以便客人快速找到停车位置，为客人取车提供便利的条件。

第 5 章 结果分析与展望

5.1 试验结果分析

本研究利用车牌识别系统对汽车的车牌进行试验分析，一共测试了 100 幅车牌图像，正确识别 97 幅，错误识别 3 幅，部分识别结果如表 5-1 所示。错误识别的图像中有一幅拍摄于雨天的情况下，车牌出存在泥水的干扰，有一幅错误识别的车牌号较旧，轮廓不是很清晰，还有一幅车牌在采集图像时，采集得到 D 与 0 很相似，所以在匹配过程中误将 D 识别为 0。每一幅图像的处理时间为 5S 左右，能够满足停车场车牌识别的要求。车牌识别所用的计算机配置为 Windows 64 位操作系统，2G 运行内存，CPU 为 i3-4170。所采用的试验配置较低，处理的速度较慢，假如对试验的配置进行升级，能够有效的改善处理速度。同时有效的提高停车场的工作效率。

表 5-1 车牌识别试验结果

车牌号	识别车牌	识别结果	车牌号	识别车牌	识别结果
津 J06678	津 J06678	正确	冀 B990DB	冀 B9900B	错误
津 AAE960	津 AAE960	正确	京 AF2830	京 AF2830	正确
津 ACC286	津 ACC286	正确	冀 F5A809	冀 F5A809	正确
津 JLP006	津 JLP006	正确	津 J51696	津 J51696	正确
陕 A888U8	陕 A888U8	正确	冀 RDD367	冀 RDD367	正确
浙 B447T2	浙 B447T2	正确	京 Lx2008	京 Lx2008	正确
鲁 BED888	鲁 BED888	正确	豫 B94111	豫 B94111	正确
浙 J51988	浙 J51988	正确	津 A21787	津 A21787	正确
浙 JV8001	浙 JV8001	正确	皖 P01802	皖 P01802	正确
苏 E4A1111	苏 E4A1111	正确	浙 B01610	浙 B01610	正确
浙 AGX588	浙 AGX588	正确	晋 A21787	晋 A21787	正确

5.2 展望

随着我国经济实力的提升，国民经济的发展，我国汽车持续保有量持续上升，许多城市汽车数量飞快的增加，停车场的需求量越来越多，同时需求的标准越来越

越高，很多地方已经出现停车难的现象。针对这一现象，目前一般采取扩建停车场规模的方法。传统的停车场大多是依靠人工管理系统进行停车场管理的，随着停车场规模的扩大，需要增设大量的人力、物力、财力。再者，人工管理停车场时，对停车场的车位空缺信息了解有限，很难迅速判断车位空缺引导客户停车。随着科技的发展，互联网技术、图像识别技术、无损检测技术、人工智能系统等先进的技术不断发展，应用也越来越广泛。停车场管理系统也朝着智能化、自动化、高效化等方向发展。本文旨在对停车场车辆出入管理系统进行分析和研究。

本文提出一种基于 Matlab 的停车场车辆出入管理的智能化设计方案，并对其详细阐述及研究，同时通过该系统对车辆进行检测试验。本研究的停车场管理系统通过引入图像处理技术、信息记录系统、超声波车位检测系统、车位引导系统、反向引导系统等智能化的操作系统对传统的管理系统进行相应的改善，可以有效地提高停车场的效率。通过有效的智能化管理系统，可以在提高停车场工作效率的同时也能节省大量的人力、物力、财力等。通过车位记录系统及车位引导系统之间的相互结合应用，可以有效地提高闲置车位的利用率，充分地利用停车场的车位资源，大大的提升了停车场的利用率。

本研究通过车牌图像信息采集平台，车牌图像信息处理模块，车辆信息记录模块、车位引导四大部分进行结合。采用图像处理软件以及数据分析软件对车牌车位等信息进行处理实现智能化检测和引导，提高停车场的工作效率，节省大量的人力资源，使得管理更加简单操作，是一套具有广阔应用前景的方案。

由于本人水平有限，本文对车牌识别系统、信息记录系统、车位引导系统等做了初步的研究，系统在运行的过程中还存在许多有待改善的地方，本研究的系统中的硬件及软件部件都有待进一步开发及完善。

参考文献

- [1] 宁秋平, 非接触 IC 卡停车场管理系统设计: [硕士学位论文], 大连; 大连理工大学, 2005
- [2] 李传军, 计算机视觉技术在智能停车场中的应用研究: [硕士学位论文], 北京; 北京理工大学, 2003
- [3] 马锋, 智能停车场及其停车诱导系统的研究: [硕士学位论文], 哈尔滨; 哈尔滨工业大学, 2003
- [4] 邓应伟, 停车场智能管理系统: [硕士学位论文], 长沙; 湖南大学, 2006
- [5] 陈执政, 停车场系统的研究: [硕士学位论文], 大连; 大连海事大学, 2013
- [6] 陈建发, 停车场管理系统的设计与实现: [硕士学位论文], 厦门; 厦门大学, 2007
- [7] 孟海军, 智能停车场解决方案设计与实现: [硕士学位论文], 大连; 大连海事大学, 2013
- [8] Larisis, Nikos, Perlepes, Leonidas, Stamoulis, George, Kikiras, Panayiotis, Intelligent Parking Management System Based on Wireless Sensor Network Technology. *Sensors & Transducers*, 2013, 18 (1):100-112
- [9] Hilal Al-Kharusi, Ibrahim Al-Bahadly, Intelligent Parking Management System Based on Image Processing, *World Journal of Engineering and Technology*, 2014, 02 (02):55-67
- [10] Marcello Marinho Berenger Vianna, Licínio da Silva Portugal, Ronaldo Balassiano, Intelligent transportation systems and parking management: implementation potential in a Brazilian city, *Cities*, 2003, 21 (2):137-148
- [11] Dušan Teodorović, Panta Lučić, Intelligent parking systems. *European Journal of Operational Research*, 2005, 175 (3):1666-1681
- [12] Oentaryo, R.J, Pasquier, M. Self-trained automated parking system. *Control, Automation, Robotics and Vision Conference*, 2004, ICARCV 2004 8th, Volume 2, 6-9 Dec, 2004, Page(s):1005 - 1010 Vol, 2
- [13] Kang-Zhi Liu; Minh Quan Dao; Takuya Inoue. Theory and experiments on automatic parking systems. *Control, Automation, Robotics and Vision Conference*, 2004, ICARCV 2004, 8th, Volume 2, 6-9 Dec, 2004 Page(s):861 - 866 Vol, 2
- [14] 李国强, 贾宏, CCD 组件的热分析和热试验, 航天返回与遥感, 2003(03)
- [15] 张新建, 空间小型 CCD 相机的结构设计及动力学分析: [硕士学位论文], 苏州; 苏州大学, 2008
- [16] 沈亮, 空间小型 CCD 相机的热分析研究: [硕士学位论文], 苏州; 苏州大学, 2008

- [17] Faruqi A R, Design principles and applications of a cooled CCD camera for electron microscopy. *Advances in experimental medicine and biology*, 1999,453
- [18] Downing K H, Hendrickson F M, Performance of a 2k CCD camera designed for electron crystallography at 400 kV. *Ultramicroscopy*, 1999,75(4)
- [19] Jost B,Sergienko A, Abouraddy A et al, Spatial correlations of spontaneously down-converted photon pairs detected with a single-photon-sensitive CCD camera,*Optics express*,1998, 3(2)
- [20] 王升贵, 刘尹霞, 超声波传感器在无损探伤中的应用, 科技信息(科学教研), 2007(13)
- [21] 胡瑞, 周锡青, 基于超声波传感器的测距报警系统设计, 科技信息, 2009(07)
- [22] 何健民, 张秀红, 浅谈超声波传感器非接触式距离检测系统, 黑龙江科技信息, 2010(12)
- [23] 段现星, 超声波传感器在倒车雷达上的发展, 家电维修技术, 2009(12)
- [24] 吴江, 超声波传感器及应用, 科技经济市场, 2007(02)
- [25] 赵广涛, 程荫杭, 基于超声波传感器的测距系统设计, 微计算机信息, 2006(01)
- [26] 穆长江, 苑玮琦, 基于纹理特征的车牌定位方法, 控制工程, 2004, 11(6):574—576
- [27] 杨海廷, 基于纹理特征的车牌识别系统的研究与实现: [硕士学位论文], 成都: 电子科技大学, 2005
- [28] 刘国峰, 基于边缘检测和 Hough 变换的车牌定位系统的研究与实现: [硕士学位论文], 北京: 中国地质大学, 2007
- [29] 董然, 师卫, 基于边缘检测和形态学处理的车牌定位, 机械工程与自动化, 2010(6): 45-47
- [30] 王卫, 陈继荣, 徐璟业, 基于颜色特征的车牌快速定位, 计算机工程与应用, 2006(1): 226-229
- [31] 秦然, 优化自适应中值滤波器滤除图像椒盐噪声方法研究, 农业网络信息, 2009(02)
- [32] 张旭明, 徐滨士, 董世运, 用于图像处理的自适应中值滤波, 计算机辅助设计与图形学学报, 2005(02)
- [33] 朱志恩, 中值滤波技术在图像处理中的应用研究: [硕士学位论文], 沈阳: 东北大学, 2008
- [34] 王立, 基于中值滤波和小波变换的改进型图像去噪研究: [硕士学位论文], 北京: 北京邮电大学, 2009
- [35] 杨辉, 基于中值滤波和小波变换的图像去噪研究: [硕士学位论文], 长沙: 湖南师范大学, 2008
- [36] 方莉, 张萍, 经典图像去噪算法研究综述, 工业控制计算机, 2010(11)

- [37] 何石, 潘晓璐, 李一民, 一种均值滤波的优化算法, 信息技术, 2012(03)
- [38] 崔华, 宋国乡, 基于小波阈值去噪方法的一种改进方案, 现代电子技术, 2005(01)
- [39] 彭玉华, 一种改进的小波变换阈值去噪方法, 通信学报, 2004(08)
- [40] 侯波, 迟耀斌, 朱重光, 一种基于小波变换消除图像噪声方法, 中国体视学与图像分析, 2002(02)
- [41] 艾泽潭, 石庚辰, 小波变换在图像去噪中的应用, 科技导报, 2010(01)
- [42] 陈婷, 郭金翠, 黄文丽, 图像去噪的小波阈值法研究, 软件导刊, 2010(02)
- [43] 张智, 韩国玺, 基于小波变换的图像阈值去噪分析, 舰船电子对抗, 2010(01)
- [44] 江陶, 基于 FPGA 小波域维纳滤波去噪算法的研究: [硕士学位论文], 哈尔滨; 哈尔滨工业大学, 2007
- [45] 颜军, 改进的维纳滤波在地震资料处理中的应用: [硕士学位论文], 吉林; 吉林大学, 2007
- [46] 崔晓杰, 维纳滤波的应用研究: [硕士学位论文], 长安; 长安大学, 2006
- [47] 张云刚, 张长水, 利用 Hough 变换和先验知识的车牌字符分割算法, 计算机学报, 2004, 27(1): 130-135
- [48] 吴成东, 樊玉泉, 张云洲, 刘濛, 基于差分投影与优割字符的车牌字符分割, 东北大学学报(自然科学版), 2008, 29(7):920-923
- [49] 陈黎, 黄心汉, 王敏, 李炜, 基于聚类分析的车牌字符分割方法计算机工程与应用, 2002, 6:221-256
- [50] 李金, 宫宁生, 张蕾, 基于改进的 K—means 的车牌字符分割. 电视技术, 2015, 39(1)
- [51] 彭健敏, 车牌识别中的车牌定位与字符识别技术研究及实现: [硕士学位论文], 长沙; 湖南大学, 2006
- [52] 何音建, 车型车牌识别系统的实现与应用研究: [硕士论文], 重庆; 重庆大学, 2006
- [53] 刘余霞, 吕虹, 胡涛, 孙小虎, 基于特征加权模板快速提升的 AdaBoost 车牌字符识别算法, 安徽工程大学学报, 2012, 27(4):45-48
- [54] 牛海军, 车牌检测与识别的研究与实现: [硕士论文], 复旦; 复旦大学, 2012

发表论文和参加科研情况说明

附录

致谢

时间飞逝，转眼间研究生的学习生涯就要划上句号，在老师的指导和同学的帮忙下，研究生毕业论文也得以高质量地完成。三年的学习生活，使我受益良多，这些离不开研究生班同学、朋友的支持及老师悉心教导，正是因为他们，我的学业才取得了长足进步。在此论文完成之际，谨向我最尊敬的指导老师张钢老师致以最纯真的谢意和最崇高的敬意。张钢老师实事求是、刻苦钻研的学术作风一直以来都是我的学习楷模，在整个研究生阶段，他给予了我许多宝贵的建议和指导，使我顺利的完成了研究生学业和毕业论文的写作。向您表示我最真诚的谢意！

感谢所有给我授过课的老师，他们用丰富的理论知识为我的论文写作打下坚实的理论基础。向他们表示我最真诚的感谢！

感谢与我一起学习的同窗师兄姐妹，是他们用欢歌笑语陪伴我度过研究生生涯；和他们在工作学习中相互学习，相互帮助，在课题项目的科研中，使我认识到了团队合作的重要性。向他们表示我最真诚的感谢！

感谢我的领导和同事，感谢他们在我读研期间的理解和信任，是他们在背后默默的支持着我，帮我分担工作。向他们表示我最真诚的感谢！

感谢我的家人，谢谢他们对我的支持、关心和爱护，谢谢他们！

最后，再一次向所有帮助我、关心我、支持我的人表达我最衷心的感谢！谢谢你们！