

中图分类号: TP391.41

论文编号: 2017311049

U D C: \_\_\_\_\_

密 级: 公 开

# 硕 士 学 位 论 文

## 车牌定位与字符识别的方法研究

作者姓名: 卢博超

学科名称: 控制工程

研究方向: 检测技术及智能装置

学习单位: 华北理工大学

学制: 2.5 年

提交日期: 2016 年 12 月 5 日

申请学位类别: 工程硕士

导师 姓名: 唐瑞尹 教授

单位: 华北理工大学 电气工程学院

赵春祥 研究员

单位: 唐山亿立科技开发有限公司

论文评阅人: 边冰 教授

单位: 华北理工大学 电气工程学院

刘福龙 正高级工程师

单位: 河北钢铁集团钢铁技术研究总院

论文答辩日期: 2017 年 3 月 4 号

答辩委员会主席: 刘福龙 正高级工程师

关 键 词: 车牌定位; 离散特征; 字符分割; 识别技术

唐山 华北理工大学

2017 年 3 月

# **The Research and Method of License Plate Localization and Character Recognition**

Dissertation Submitted to  
**North China University of Science and Technology**  
in partial fulfillment of the requirement  
for the degree of  
**Master of Engineering**

by  
**Lu Bochao**  
**(Control Engineering)**

**Supervisor:** **Professor Tang Ruiyin**  
**Zhao Chunxiang**

**March, 2017**

## 独 创 性 说 明

本人郑重声明：所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。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的研究成果，也不包含为获得华北理工大学以外其他教育机构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任何贡献均已在论文中做了明确的说明并表示了谢意。

论文作者签名：卡博超

日期：2017 年 3 月 9 日

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解华北理工大学有关保留、使用学位论文的规定，即：已获学位的研究生必须按学校规定提交学位论文，学校有权保留、送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以将学位论文的全部或部分内容采用影印、缩印或编入有关数据库进行公开、检索和交流。

作者和导师同意论文公开及网上交流的时间：

☒ 自授予学位之日起

☐ 自     年     月     日起

作者签名：卡博超

导师签名：李瑞平

签字日期：2017 年 3 月 9 日

签字日期：2017 年 3 月 9 日

## 摘 要

车牌识别系统（License Plate Recognition System, LPRS）在许多应用程序中扮演一个重要的角色，如停车场系统、道路监控、高速公路收费系统、电子警察系统。在我国，车牌种类较多，并有数字、字母和汉字，与别的国家的车牌相比较为复杂。课题中提出了基于人工神经网络（ANN）的车牌自动识别系统。车牌识别系统包括三个主要组件：车牌定位、字符分割和字符识别。

1) 在车牌定位过程中，主要考虑了车牌的色彩特点以及它的纹理特征。先根据车牌字符和底色的固定色彩对组合定位车牌的位置，再考虑牌照的纹理特征找出上下边缘，剪裁出号牌区域。这种方法不依赖于车牌的形状的，所以对于发生变形或弯曲的车牌依然有效。

2) 在对牌照进行字符切分时，首先对剪裁图像进行预处理，然后使用大津法对车牌图像二值化。进行二值化后，根据图像中黑白跳变次数去除边框和铆钉，再根据字符宽度设置阈值，来进行分割字符。

3) 在车牌识别研究中使用的是人工神经网络。训练网络需要大量样本数据。采用 13 特征提取法对待识别字符进行特征提取，采集样本数据。然后将样本数据载入神经网络进行训练。在识别字符时将数字、字母和汉字分开识别，其识别率最高可达 95%，时间在 1s 以内。

图 28 幅；表 4 个；参 59 篇。

**关键词：**车牌定位；离散特征；字符分割；识别技术

**分类号：**TP391.41

## Abstract

License plate recognition system plays an important role in many applications, such as parking system, road monitoring, highway toll collection system, electronic police system. In our country, there are many kinds of license plate, and it has numbers, letters and Chinese characters. In this paper, an automatic license plate recognition system based on artificial neural network is proposed. The license plate recognition system consists of three main components: license plate location, character segmentation and character recognition.

(1) In the license plate positioning process, it considers mainly color characteristics of the plate and texture features. Firstly, locate the license plate accord to the color couple which the background of license plate and characters, and then consider the texture features of license plate to identify the upper and lower edge, cut out the license plate area. This method does not depend on the shape of the license plate, so the deformation or bending of the plate is still valid.

(2) The character segmentation of the license, the first to cut image pre-processing, and then use the Otsu method of license plate image binarization. After the work, according to the image of the black and white jump times to remove the border and rivet, and then set the threshold value according to the character width to carry out the segmentation character.

(3) The artificial neural network is used in the research of license plate recognition. Training network requires a large number of sample data. 13 feature extraction method is used to extract the feature of the recognition character, to collect the sample data. Then the sample data is loaded into the neural network for training. In the recognition of characters, numbers, letters and Chinese characters are separated, the highest recognition rate is 95%, the time is less than 1s.

Figure 28; Table 4; Reference 59

**Keywords:**License plate location; discrete character; character segmentation; recognition technology

**Chinese books catalog:**TP391.41

# 目次

引    言.....	1
第 1 章 绪论.....	2
1.1 课题背景及意义.....	2
1.2 车牌识别系统的结构组成.....	4
1.3 国内外现状.....	6
1.4 论文的主要研究内容及各章节安排.....	6
第 2 章 车牌定位.....	8
2.1 车牌的特征.....	8
2.2 车牌定位的方法.....	9
2.2.1 灰度图像的车牌定位方法.....	9
2.2.2 彩色图像的车牌定位方法.....	10
2.3 车牌定位算法.....	13
2.3.1 彩色图像模型介绍.....	13
2.3.2 颜色离散特性.....	16
2.3.3 色差量化.....	17
2.4 基于离散特征的车牌定位方法.....	18
第 3 章 车牌字符分割.....	23
3.1 字符分割综述.....	23
3.2 本文的分割方法.....	24
3.2.1 图像灰度化.....	24
3.2.2 图像二值化.....	25
3.2.3 去除边框和铆钉.....	28
3.2.4 分割字符.....	29
第 4 章 字符识别.....	31
4.1 车牌字符特点分析.....	31
4.2 识别方法.....	33
4.3 人工神经网络.....	34
4.3.1 生物神经元模型.....	34

4.3.2 人工神经元模型.....	35
4.3.3 人工神经网络的体系结构.....	36
4.3.4 人工神经网络的优点及应用.....	38
4.4 基于 BP 神经网络的车牌识别.....	39
4.4.1 BP 神经网络.....	39
4.4.2 改进的 BP 神经网络结构和设计.....	42
4.4.3 MATLAB 软件介绍.....	46
4.5 实验结果及分析.....	46
结 论.....	49
参考文献.....	50
致 谢.....	54
导师简介.....	55
作者简介.....	56
学位论文数据集.....	57

## 引 言

在现代时代，交通已经成为是影响社会经济的发展和生活水平的增长的重要行业之一。俗话说“要致富，先修路”，现在我国已基本实现小康生活，这句俗语表现的是道路交通对我们生活的重要性。交通部门已经是世界上大多数国家关键基础设施部门。交通运输被认为是国家和国际层面基础设施的最重要的一个部门。

交通基础设施对国民经济具有重要意义，是实现国家安全与功能必不可少的，在提供基本服务和确保贸易流动方面发挥重要作用。当交通行业有安全风险的影响时就会影响运输的功能。

汽车的数量越来越多。交通个方面压力越来越大，根据最近的一项调查，去年一年行驶在路上的车辆高十亿量。这给交警增加了更多的挑战如红灯违规停车，站错车道和收费站等问题。除了增加交通警察就是需要有需要自动化装置。

为解决这个问题，交通警察安装大量的监测设备如红绿灯相机、停车场相机或收费站相机等。它需要人力来检查这些图片，记下车辆的登记号码并将其转发给合适的部门对违规车辆采取相应惩罚。

识别车辆车牌是研究的主要课题。汽车车牌号码是车辆注册登记的一个独特的信息；它代表了法律许可它参与城市公共交通。因此，车牌号码是最主要的和被广泛接受的人类可读的和强制性的汽车标识符。

自动车辆车牌检测和识别的一个主要目标是减少人力、成本、时间以及为了使过程快速有高可用性。系统在没有任何人类干预下需要识别和读取由监控设备拍摄的车辆照片，并把识别的车牌号码转换成文本格式。

论文的目标：实现能够自动识别车牌的系统以及提供一种机制来保存输出的文本为进一步的行动。



## 第 1 章 绪论

### 1.1 课题背景及意义

中国经济社会持续增长，人们购买车辆的硬性需求越来越大，汽车保有量不断地快速增长，截至 2015 年底，全国机动车共有 2 亿 7900 万辆，汽车保有量已超过 1 亿 7200 万辆，遍布全国各地，是世界第二，仅次于美国。其中私家车保有量达到 1 亿 2400 万，有驾驶本的人高达 2 亿 8 千多万人。仅 2015 年一年内注册和登记的车辆数目就高达 2385 万辆，这一年汽车保有量净增为 1781 万辆，创下有史以来首次至高记录。

目前，车辆保有量在近百万辆以上的城市在中国有大概 40 多座，北京、成都、深圳、上海、重庆、天津、苏州、郑州、杭州、广州、西安这 11 座城市的车辆保有量更是高达 200 万辆以上。新能源汽车保有量达 58.32 万辆，同上一年的 2014 年相比数目增长了 169.48%。在这当中，纯电动汽车保有量达到 33.2 万辆，占新能源汽车总数 56.93%，与上一年的 2014 年相比增长了 317.06%。

根据最近的一项调查，汽车保有量的持续增长，加大了交通压力，给交通警察带来新挑战，如红灯违规行为，停车问题，错误的车道行驶行为和收费站违规行为等，导致了道路交通拥堵，交通情况越来越差。除了增加交通警力外，还有一个需要实现自动化的过程。要解决这个问题，交警安装了大量的监控装置，如交通灯摄像头、停车场摄像头或收费亭摄像头。它需要人力来检查这些图像，记录下车辆的登记号码，转发给相应的部门后进行处罚。车牌号码识别已经为我国交通管理的主要课题。车辆登记许可证号码是一个特定的国家的所有车辆的一个独特的身份，它代表了一个合法的许可参加公共交通。因此，许可证号码是车辆主要的，最被广泛接受的，人类可读的和强制性的标识符。因此，车辆和交通的结合，利用各种高新科技，进一步使交通问题得到改善，所以智能交通系统（Intelligent Transportation System, ITS）可以提供很好的管理模式。

智能道路交通管理系统是指利用先进的高新技术如模式识别、图像处理等对道路交通实行的一系列高科技的有效管理。智能交通系统可以应用到每一种运输方式（公路、铁路）和服务旅客或货物运输。计算机、电子、卫星和传感器等在智能交通系统都发挥着重要作用。智能交通的创新是用集成现有技术来创新服务。智能交通系统，如交通管理软件、安全摄像头、动态路径诱导等协助交通管理以及对交通基础设施的保护。ITS 旨在让现在交通变得更安全，更畅快，可以实时监控和管

理等。其中汽车牌照识别技术现已作为 ITS 中的核心问题，它的主要目标之一是减少人力成本、时间和使过程快速。可以从含有它的监控设备中读取图像从而识别和读取车辆的注册许可证号。转换成文本格式的图像之前，它可以被系统的其他部分使用，而不需要任何人的干预。

车辆牌照识别系统作为现代智能交通管理的必要元素，它可以应用于各种车辆控制。比较传统的车辆管理，它可以提高管理效率和效果，并节约人力和物质资源，实现车辆管理的标准化，保证交通和公共秩序等。LPR 可以应用在其他程序如单位的访问控制、边境控制、偷来的汽车、执法、营销工具、旅游机场停车场等。这种技术被用于各种安全和交通管理系统，如访问控制系统。如今，车牌定位方法被广泛使用。

现有的车辆识别主要依赖以下几类技术：

### 1) IC 卡识别技术

IC 卡是一种高科技产物，它主要运用了集微电子技术、通讯手段和计算机软件等。在汽车识别技术中应用 IC 卡，首先要在车辆上装上含有该车基本信息的 IC 卡，就是小型的信号接收和发射装置，每次有车辆经过已设装置的路口，车上的小型装置会和设置在此计算机系统相互感应，使再此的计算机感应出过往车辆的信息，从而对车辆进行监督与管理。然而，就算 IC 卡相互感应的精度高，技术成熟可靠，能 24 小时不间断工作，但是整个设备价钱不菲，硬件设备非常地复杂，并且还开发国家一致准则。此外，不能检查车、卡是否一致，这是 IC 卡技术存在的一个重要缺点。

### 2) 条形码识别技术

条码技术现在被广泛应用到图书馆图书管理系统、超市商品管理系统等，主要是因为条码在物体上携带方便且精度高，成本低。但当条码应用到车牌识别时困难较多，其一，全国需要有统一的标准实行困难，其二，条码管理系统会异常庞大，不是一个图书馆或超市可以比比拟的。其三，条码识别技术对扫描仪有高度的要求这对于在室外环境的车牌识别并不现实。所以条码识别的适用范围不及交通车辆管理。

### 3) 以计算机视觉为基础的识别技术

这种不需要给汽车加附加装置的识别技术主要是根据模式识别、人工智能及机器视觉等技术，结合计算机的高速运算，从拍摄的图像中实时的将车牌信息提取出来，从而实现更高层次的智能管理。它利用车牌号码独一特性，而不用人工为车辆装载条形码或着 IC 卡无线电装置。

相对于上述两种条码识别和 IC 卡识别，基于计算机视觉的车牌识别技术与它们有几点好处。首先，在目前情况下，车牌识别技术是直接由摄像机采集车辆图像进行处理不需要对车辆做任何额外的工作；而且，车牌识别技术基于摄像机对车牌采集，视频可以保留，在任何需要的时候可重新检索或进行回放；最后基于计算机视觉的车牌识别技术不仅容易操作，而且易升级也可以很好的维护系统。

牌照号码是汽车的“身份证”，车辆字符识别系统就是要能自动地在含有牌照的图像中得到清晰的牌照信息，并自动进行一系列图像处理最后识别出车牌字符并输出，这样可以不为车辆另加装置自动识别车辆信息，车牌识别技术因为它的易实现且安转简单所以可以广泛应用于交通自动化管理，在一些重要交通枢纽中都有使用：

#### 1) 公路布控管理系统

系统以图像处理技术为基础，辅助一些高科技手段从而实现对汽车的车牌识别，即可以检测是否超速，又监视、跟踪被偷车辆。检测道路交通，促进人力分布以及其他交通警察的分布。

#### 2) 高速路口收费管理系统

在高速公路出入口的设置识别点对车辆信息进行识别，并存入相应系统记录车辆信息及时间地点，从而实现不停车也可以收费；也可以从系统中随时调用存档材料，从而知道还未缴纳的通行费的车辆。

#### 3) 停车场收费管理系统

在停车场出入口设置检测，当车辆驶入车载信息系统识别，记录时间和信息管理，当车辆外出，车辆信息识别系统再次识别，并获取驶入信息，从而计算出成本，自动停车收费管理系统大大提高了工作效率节省人力资源。

#### 4) 封闭式小区及重要安保部门的保安全管理

对于一些需要加强安全管理的地方，使用车牌识别技术，可以先把可允许的车辆信息输入系统，当有车辆进入时，如果是被允许车辆，则自动放行，如果不是，则不允许进入。保证了部门的安全。

随着车牌自动识别技术的发展、成熟，必会给交通管理带来更大的方便，也会降低汽车被偷案件的发生，对社会更好、更稳定的发展带来好处。

## 1.2 车牌识别系统的结构组成

一个理想的车牌识别系统是从一幅数字图像中处理图像定位和读取车牌的字符并输出为文本字符串。车牌识别系统针对模式识别，机器视觉等手段，把拍摄

到的图像且其中含有车辆的开始操作，可以及时快速提取出车牌中的字符，有广泛的应用范围。基本的自动识别系统含有两大部分：1) 图像采集系统由一个摄像头和一个硬件机制来触发相机当汽车在识别范围时；2) 经过一系列图像处理识别图像中的车牌号码。图像的处理，基于应用程序的要求，可以实时或离线的发生。车牌识别软件的开发又可分为三个部分：1) 从图像中提取车牌；2) 车牌上的字符分割；3) 字符识别。每个阶段的简要说明如下。

车牌识别是先进进行车辆图像拍摄，拍摄了图像后将图像输入计算机，再由计算机处理图像，对图像进行一系列的操作，就可以把图像中含有的车牌信息识别出来并存入数据库管理系统。图像采集需要有照明灯，摄像机，车辆检测传感器，图像采集部分，负责采集汽车图像，一般采集图像，容易受到环境影响，比如天气情况等。在计算机对图像进行一系列操作时，使用了现代技术，如模式识别或人工智能技术等，主要希望将图像中的车牌号码正确，快速的识别出来，这部分是整个系统的中心内容。对采集的画面进行图像增强的操作可以提高图像的清晰度等、然后对图像进行剪裁，把车牌区域精准定位剪裁出来，后续只对这部分进行操作。把车牌图像中的字符进行分割，对每个字符在进行一一识别，这样把车辆的信息提取出来，再把得到的信息存入计算机制定管理系统，计算机根据其作用做相应处理。下图图 1 简单的描述了对车牌进行识别的流程。

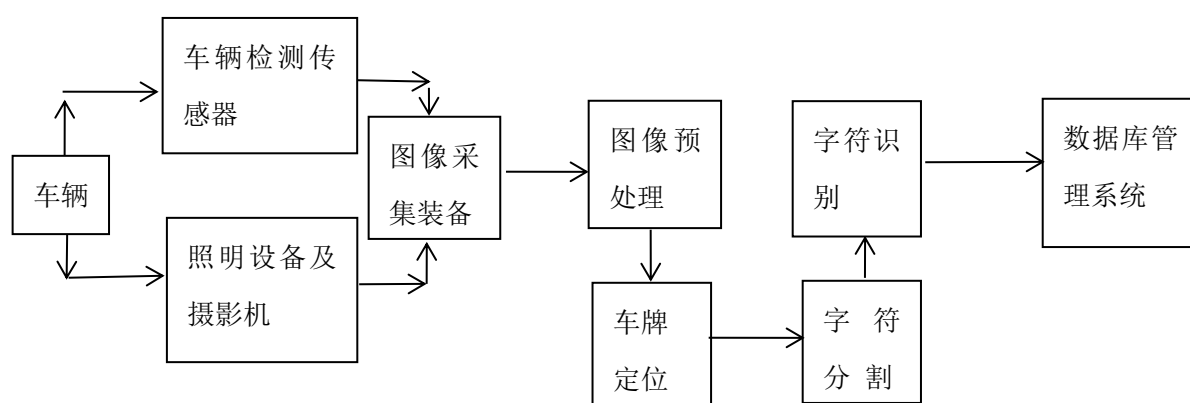


图 1 车牌识别系统

Fig.1 vehicle license plate recognition system

### 1.3 国内外现状

国外研究车牌识别系统起步早，大概在 20 世纪 90 年代初已陆续有学者研究这一课题，到现在，关于智能交通和自动识别已经有很多较成熟的算法<sup>[1-4]</sup>。研究人员们利用了各种图像计算的方法，如灰度图像处理，模板匹配，还有基于车牌纹理特征的，总之，关于车牌的特征都是研究的很熟悉了在充分利用这样特征。

到现在，在一些发达国家中车牌识别技术已经广泛参与到实际生活中，他们的车牌识别技术效果较好，最主要是因为车牌字符简单并且种类单一，定位识别简单。很多科技公司已经相继研究出车牌识别的技术。See/Car Chinese 系统也能对中国内地的汽车实行牌照字符分析，只是存在着较多不足，未可很好得认知号牌里的汉字，另外德国、英国等大部分其他国家都已研究好了基于自己地区的自动识别系统。

我国研究此技术起步晚，而且车牌有多种样子，各种车型它们的尺寸和色彩也不尽相同，而且字符数不一致，这些都给自动识别带来了挑战。我国从开始发展以来已有不少学者开始对国外的车牌识别技术的发展趋势和技术进行了学习和介绍，这对我国车牌自动识别的发展带来了促进作用。

黄志斌等主要是依靠串行分类器进行字符识别，并且对分类器做了很详尽介绍<sup>[5]</sup>。廖金周等提出了基于连续字符的字符分割方法。浙江大学的张引想到将区域增长算法和边缘检测共同运算的方法，并指出了新的彩色边缘算子 ColorPrewitt 算子，此方法简单，并容易剥离背景<sup>[6]</sup>。文献<sup>[7]</sup>提出利用小波提取图像中纹理清晰的边缘子图像然后运用数学形态学计算图像从而进实现定位和切分的算法。是湘全等人研究了以遗传算法为基并综合了区域特征向量构造的适应度函数定位车牌的方法进行车牌识别<sup>[8]</sup>。

### 1.4 论文的主要研究内容及各章节安排

论文的自动识别技术是建立所获取的画面上进行简单而有效的计算处理，从而实现定位区域、字符切分、字符识别三部分。结合课题要求，现论文分 4 章，下面介绍下每章节的内容：

第 1 章绪论，是在前人的基础上，了解现在课题的发展情况，并明确本文的主要目的。

第 2 章车牌定位，分析我国车牌的颜色及纹理特征以更好地认识车牌，并认真研究、分析前人的已有研究方法，吸取其精华，并提出新的车牌定位方法。

第 3 章车牌字符分割，根据车牌特点分析前人的研究方法，考虑到系统速率和精准度要求，研究了针对二值化的号牌分割算法。

第 4 章车牌字符识别，运用了人工神经网络来实现号牌字符的识别。对数字和汉字分开进行识别。加快了识别的速度。

最后对论文做的研究做了概括，提出更深入的展望和前景。

## 第 2 章 车牌定位

### 2.1 车牌的特征

开发一个我国的号牌识别系统有很多的挑战。在许多国家，车牌在字体、语法和字符数方面都有明确的标准。在中国，车牌是根据特有国情制定了独具特色的车牌。在这里依照《中华人民共和国机动车号牌》（GA36-2007）<sup>[9]</sup>对我国的号牌特点做详细的介绍。并从 4 方面分析牌照的特点，分别是色彩信息、形状大小，字符构成以及间隔符。

色彩信息：中国号牌中的字符和车牌背景使用了两种颜色组合对比较显著的搭配，为的是在复杂背景能清楚地识别出车牌位置，牌照一般会有白色或黑字的边框使车牌区域更突出。大型汽车、普通摩托车、低速车辆以及教练用车黄-白搭配（即黄底白字），小型车辆为蓝白搭配（蓝底白字），使领馆汽车摩托车、港澳出入境汽车所用的黑-白搭配牌照，这些车牌中的“使”以及“领”为红色，港澳出入境车牌中的“港”和“澳”两字为白色。警用汽车摩托车为白-黑搭配，里面的“警”字为红色。

形状尺寸：由于车辆的使用属性不同，它们的牌照大小也会有些不同。甚至有些车辆它的前面和后面车牌大小也不尽相同。对于小型汽车、警车、教练车、港澳出入境机动车、使领馆车辆的前面和后面的号牌以及大型汽车的前牌照，这些的大小为 44cm×14cm。一些普通摩托车它们的前号牌大小为 22cm×9.5cm，而它们的后面号牌以及警用摩托车、临时行驶车的前面和后面号牌的尺寸为 22cm×14cm，大型汽车后号牌的尺寸为 44cm×22cm，临时入境摩托车号牌为 8.8cm×6cm，低速车号牌为 30cm×16.5cm，等等。

字符构成：内地的车牌有两种类别，单行以及双行，牌照所使用的字符是由汉字、大写字母和数字组合，共 7 个字符。这首位是省、自治区、直辖市、行政区的汉字简称，这下一位是发牌机关代号，选 24 个大写字母之一（字母 I 和 O 的大写字母不算）。后面是数字或除了字母 I 和 O 的大写字母，对于特殊车辆最后一个字符是“使”、“领”、“学”、“警”等。

间隔符：间隔符是白色或黑色的圆点或矩形块。车牌属性的不同，间隔符位置也有些差异。单行牌照中间隔符在第二和第三中间，而使领馆牌照的却在第四和第五中间。

通过上述对车牌各种特点的介绍，我们对此已有了全面的认识，这样我们可以根据车牌的这些特征设计算法以期望得到效率高的识别系统。但有时，受环境影响，拍摄的图片会有些问题，比如阳光太足直射车牌发生反射时，拍摄的图像会发白甚至严重的话就根本看不清楚，还有当雾霾天气时能见度较低，摄像机甚至拍不出较远车辆，这些情况都导致了识别过程的困难。所以，提高图像质量也是很有必要的。

## 2.2 车牌定位的方法

在进行系统操作时，第一阶段就是找到车辆车牌在图像中的位置。这个区域一般有两种颜色，底色和字符颜色，颜色跳变在这个区域比较密集<sup>[10]</sup>。车牌定位是自动识别技术后两步的基础，作用极大，牌照定位的精准性会左右整个系统的精度。它主要是根据车牌的特点从拍摄的图像发现车牌的位置，并从图像中正确地分割车牌，为后面的字符分割做铺垫。精准定位出车牌是后续识别牌照字符工作的基础，若车牌都定位不出来，又怎么正确分割和识别，所以车牌定位是这个系统的重中之重。很多研究员都不停的寻找车牌定位的好办法，并想出了新法子<sup>[11]</sup>。不过因为汽车所在的背景比较多样，有许多不同类型的，其牌照也有不同的风格，颜色多样，以及通过不同光照条件的，不断的天气变化，到现在还没有完美的，正是由于定位过程的复杂性，使用单一技术进行定位时，效果不明显。因此，很多学者都是综合了一种以上的算法进行实际定位算法研究。针对处于不同境遇的车辆，需要采取方法不同的定位方法。

考虑到汽车的牌照的特点，主要包括颜色，形状，长宽比，纹理对称和空间频率，车牌识别有许多算法，如边缘检测、颜色信息、神经网络、小波变换各种数学形态学方法<sup>[12]</sup>等等。这些目标区域算法通常可以分为两类：基于灰度图像算法和彩色图像算法。第一类的一些方法处理复杂的图像。第二类技术充分利用牌照的色彩情况。

### 2.2.1 灰度图像的车牌定位方法

灰度化后的图像数据量少，运算时间断。先把采集到的画面灰度化，然后对灰度图像运用图像处理技术提取车牌。基于灰度图像是依据牌照的一些纹理特征，根据这个特点对定位算法分类，可分为边缘跳变算法、边缘密度算法、边缘相关性算法、灰度梯度算法和连通性算法五大类。

1) 边缘跳变。所谓边缘跳变就是指车牌中字符和底色不同颜色引起的显著的



颜色跳变。根据文献<sup>[13]</sup>中，就是利用了行扫描统计这种跳变的数目，完成牌照区域的剪裁。刘庆祥<sup>[14]</sup>等将这种跳变特征升级为模板形式，把设计好的模板对图像扫描进而把目标区域与模板匹配，从而实现车牌定位。

2) 边缘密度。车牌因为它颜色的特征本身是个具有丰富边缘的类矩形区域。边缘密度可通过固定矩形或外接矩形或分块合并来计算。文献<sup>[15]</sup>根据车牌性质先制造与车牌大小相近的矩形模板，然后用这个模板在图像中移动扫描，并计算矩形末端的边缘密度，将图像中符合条件的矩形作为车牌候选区。文献<sup>[16]</sup>将扫描矩形模板升级为边缘外接矩形，这样更容易跟随车牌区域的大小变化。但是这样扫描速度较慢。为了提高运行速度，文献<sup>[17]</sup>将图像进行处理，使其被分成若干个子块，并一一计算字块的边缘密度，如果满足条件便认定是车牌候选区域，然后，对此区域进行合并、再分割等处理，从而完成车牌定位。

3) 边缘相关性。牌照里的字符宽度是定数，英文字母和数字的边缘都是相对陈的。文献<sup>[18-19]</sup>提出了一种提取车牌特征的互相关矢量图的车牌定位算法。该算法首先水平差异得到正、负两图像的差异，并进行阈值；再采用粒子图像测速互相关算法分析定位车牌。

4) 灰度梯度。灰度梯度特征是图像边缘跳变特征，采用二值化后，前者转换为后者。然而，图像噪声对二值化过程有影响，因此部分学者会采用灰度梯度特征对车牌定位。文献<sup>[20]</sup>提出了一种模糊边缘检测的算法。模糊边缘检测首先要让灰度梯度直方图确定一个中转点，从而提高对灰度边缘。一般定位区域的灰度梯度增强效果都明显，会具有噪声抑制功能。

5) 连通性。车牌的多元化横向排列规则的字符，甚至考虑有车牌倾斜的情况下也可以被视为几个连接地区与普通数组结构，因此，连接已成为常用的利用纹理特征的定位车牌位置的方法。C.S.F.A nagnostopoulo 等<sup>[21]</sup>将车牌图像归一化，都为黑字白景，然后从预先设定的窗扫描来实现定位。考虑单一阈值可能会导致字符中断，甚至丢失的车牌区域的一部分，文献<sup>[22]</sup>和<sup>[23]</sup>文档使用多个阈值连通区域提取，再把基于相似的候选区域的合并，使定位牌照区域更精准；然后根据字符结构剪裁。

### 2.2.2 彩色图像的车牌定位方法

车牌的彩色信息丰富，所以有很多学者从色彩信息着手实现实现车牌的定位<sup>[24]</sup>。它可以在具有复杂背景的条件下定位车牌，但是由于彩色图像数据量大会使定位所需时间变长。

当前基于彩色图像的定位方法有：1) 颜色分割定位车牌图像，2) 彩色边缘检测定位车牌图像，3) 基于颜色对定位车牌图像。

1) 基于颜色分割<sup>[25]</sup>定位车牌主要有两种，一种是利用颜色空间转换进行颜色分割，一种是利用神经网络进行分割。

#### (1) 基于颜色空间转换的颜色分割

模拟人类的视觉系统，人眼所能看到的色彩都可看作是红色（R），绿色（G）和蓝色（B）三种主要颜色的不同基数的组合。大部分图像采用 RGB 模型，但是 RGB 空间中两点间的欧式距离与颜色距离不成线性比例，当只利用 RGB 模型时很难对彩色图像进行处理。因此学者在利用彩色图像进行车牌定位时把 RGB 彩色图像转换到别的彩色空间中。

HSI 色彩模型是仿照人的视觉系统来描述，用色调（Hue）、色饱和度（Saturation）和亮度（Intensity）来表示颜色。任仙怡等<sup>[26]</sup>在对车牌进行定位时，将 RGB 模型转化到 HSI 模型，根据模型中的色调  $H(220 \pm 20^\circ)$  对图像进行粗分割，将蓝色区域提取出来，引入结构元将图像进行区域融合，分割出车牌图像。文献<sup>[27]</sup>是基于 HIS 色彩模型，并根据 3 个颜色通道独特色彩特征，把图像转换成 HIS 模型时，生成一个与原图像大小一致的二值化状态特征矩阵，然后根据车牌的颜色特点，对二值状态特征矩阵一步一步调整，然后还需要用数学形态学方法对矩阵进行开闭操作以填充矩阵空洞和滤除噪声，最后根据先验知识除去伪牌照区。

HSV 颜色模型与画家色彩匹配的方法相似，是由三部分组成：色度（Hue），饱和度（S）和亮度（V）。因为这个模型的线性可伸缩性、可感知的颜色差异和相应的颜色分量的对应的样本值正比与欧氏距离，并适用于彩色图像的相似性比较。郭婕等<sup>[28]</sup>依据转换后的 HSV 颜色模型的图像。对符合车牌颜色特征的区域再根据其他特征判断是否真的是车牌区域。

文献<sup>[29]</sup>在 HSV 颜色模型下对图像进行颜色过滤。在 HSV 彩色模型下，可以根据不同分量的值对不同颜色区分。比如可以依据 V 值提取黑色区域。依据 V、S 可以提取白色等颜色，提取出不同颜色区域后，再依据形态学算子去除图像噪声，最后依据纹理特征准确地定位出车牌。此方法可以同时定位不同底色的车牌，实用性很强。

#### (2) 应用神经网络进行颜色分割来实现车牌定位

赵雪春等提出了将色彩分割和多级混合集成分类器结合的车牌自动识别方法。利用彩色分割定位车牌的方法大致就是上述总结的几类，在 HSI，HSV 模型下进行颜色分割时可以忽略光照不均带来的影响，而且充分利用了色调，饱和度等颜色

信息虽然有些也需要结合车牌纹理特征，但颜色分割的方法更直观。

### 2) 利用彩色边缘定位车牌图像

彩色边缘检测是边缘检测和车牌颜色特征的结合。张引提出的彩色图像边缘检测算子 ColorPrewitt 就是对 Prewitt 边缘检测算子的改进。而且把这种算子与区域生长共同运算，得到二值边缘图像，再从中找寻车牌位置。郭大波<sup>[30]</sup>在他的基础上扩展出 Color-Sobel 算子和 Color-Kirsch 算子，这些算子都可以直接用于彩色图像边缘提取。文献<sup>[31-32]</sup>仅仅是利用了彩色边缘检测算子，然而没能充分使用车牌所固有的色彩特点，以致图像中存在大量干扰信息，增加了定位的难度。沈勇武<sup>[33]</sup>等人将特征和色彩同时进行检测的定位算法。

基于彩色边缘检测的方法实时性好，定位车牌的效果好所以有越来越多的学者研究彩色边缘检测的新方法。如刘万军等<sup>[34]</sup>将车牌颜色特征应用到边缘检测算法，再借助细胞神经网络（Cell neural network，CNN）模型研究出与目标区域颜色特征相符的边缘检测算法。他提出的这种利用神经网络的车牌定位方法可以大大缩小车牌初步定位的范围。然后运用针对车牌特征的边缘滤波算法，根据车牌结构和纹理特征对候选区域进行判别验证。

### 3) 利用颜色对定位车牌图像

根据对车牌的调查显示，车牌底色与字符颜色有以下几种固定搭配，蓝底白字、黄底黑字、黑底白字的两色组合还有黑底白字中“使”、“领”为红色，白底黑字中“警”为红色的三色组合。根据这种车牌中的固定搭配，有学者提出了针对边缘颜色对检测车牌图像的方法。

文献<sup>[35]</sup>根据车牌的固定颜色搭配构造几个边缘颜色对，对图像进行边缘检测，分别以每个边缘点为中心，取一个垂直于中心点方向的线检查两侧点的颜色是否是构造的组合中一种，如果满足，就先设其为候选区域的一点；再依据形态学算法和车牌固有纹理特征进行确认是否为真实车牌区域。仅仅是通过颜色匹配确定车牌的候选区域，对于一些颜色退化的车牌可能会忽略。白利波等<sup>[36]</sup>不仅仅用到颜色搭配，对颜色对进行了区域检测和边缘检测。在 HSI 颜色模型中构造一个三级灰度图，分别表示车牌底牌颜色、字符颜色和其它颜色，然后利用三级灰度图计算颜色对区域的钟形隶属度函数。

文献<sup>[37]</sup>是根据车牌的固定色彩搭配构造颜色搭配掩模矩阵，并利用此掩模矩阵对已进行了边缘检测的图像进行条件约束，得到约束二值边缘图像；并用形态学去噪后定位车牌，然后跟据车牌的纹理特征在候选车牌中提取出真正的车牌。

## 2.3 车牌定位算法

上一节是就现有的一些定位方法就个人观点做了分类，接下来是介绍课题所使用的定位方法。课题依据车牌区域固定的色彩搭配信息，研究出新的车牌定位算法。该算法能适用不同的场合以及形变的车牌，具有较好的通用性。

论文通过对车辆区域的分析，研究车牌识别的算法，实现了牌照区域的精确定位和牌照中字符的提取。首先，裁剪目标区域时提出了使用彩色的离散特性来实现车牌边缘识别的方法。同时依据牌照的纹理性质进行上下扫描实现车牌定位。实验结果表明，该方法可以更有效地识别车牌，并建立一个很好的技术基础，为先进的车牌识别方法奠定基础。

### 2.3.1 彩色图像模型介绍

颜色一般是用色彩模型来描述，根据不同的研究问题有不同的色彩模型。比较熟悉的有 RGB 彩色模型，所有颜色都可以由三基色红、绿、蓝组合而出，这和 RGB 模型是相似的。除了常用的还有一些别的彩色模型，如 CMYK 模型这是日常看到的报纸图书印刷品种所用色彩模型它的基色是青色、品红、黄色和黑色。还有 YUV 模型、HSI 模型等。根据课题所做的研究在这里只介绍常用 RGB 模型和 HSI 模型。

#### 1) RGB 彩色模型

RGB 颜色模型是一种加色模型，在这种模式中，红色、绿色和蓝色被以某种形式相加就可以混合成一种任意颜色。模型的名字来自三基色，红色、绿色和蓝色的首字母。RGB 颜色模型的主要目的是在电子系统中的图像表示如电视、电脑。在电子时代之前，它也被用于传统摄影。基于人类对颜色的认知，RGB 颜色模型已经有一个坚实的理论。如图 2 是基于笛卡尔坐标系统形成的 RGB 模型。正方体的六个顶点依次为红色、黄色、绿色、青色、蓝色和品红。

#### 2) HSI 彩色模型

和 RGB 模型不同，它不是由颜色以底色，而是从人的视觉感觉出发，根据对亮度的敏感程度来描述颜色。用色调 (Hue)、色饱和度 (Saturation) 和亮度 (Intensity) 来描述色彩。HSI 色彩空间可以用一个圆锥空间模型来描述如图 3。用这种描述 HIS 色彩空间的圆锥模型相当复杂，但确能把色调、亮度和色饱和度的变化情形表现得很清楚。通常把色调和饱和度通称为色度，用来表示颜色的类别与深浅程度。在计算机图形分析时常用这种算法，可以减少工作量。HSI 色彩空间和

RGB 色彩空间只是同一物理量的不同表示法，因而它们之间存在着转换关系。

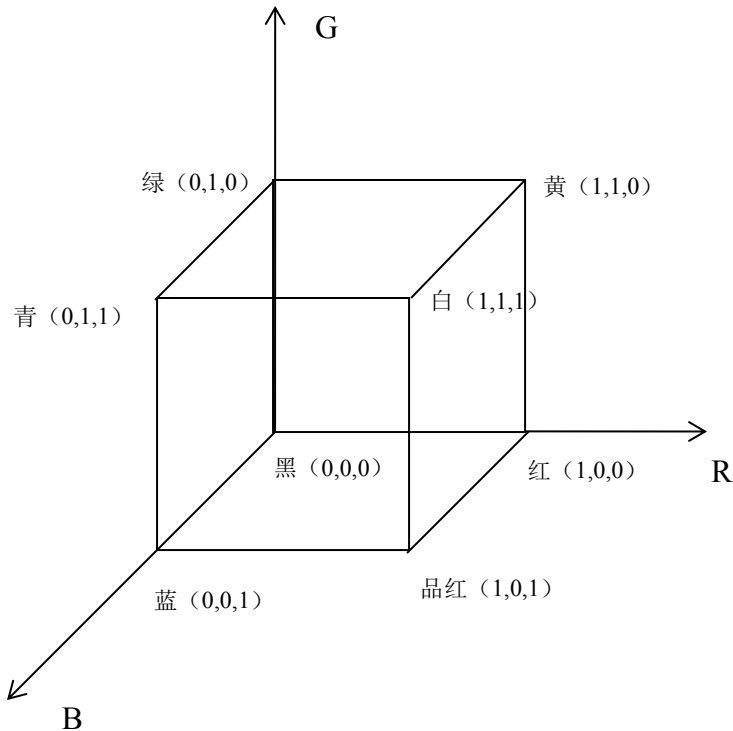


图 2 RGB 彩色立方体示意图

Fig.2 RGB color cube

## 2) HSI 彩色模型

和 RGB 模型不同，它不是由颜色以底色，而是从人的视觉感觉出发，根据对亮度的敏感程度来描述颜色。用色调 (Hue)、色饱和度 (Saturation) 和亮度 (Intensity) 来描述色彩。HSI 色彩空间可以用一个圆锥空间模型来描述如图 3。用这种描述 HIS 色彩空间的圆锥模型相当复杂，但确能把色调、亮度和色饱和度的变化情形表现得很清楚。通常把色调和饱和度通称为色度，用来表示颜色的类别与深浅程度。在计算机图形分析时常用这种算法，可以减少工作量。HSI 色彩空间和 RGB 色彩空间只是同一物理量的不同表示法，因而它们之间存在着转换关系。

## 3) RGB 与 HSI 颜色模型的转化

HSI 色彩空间和 RGB 色彩空间只是同一物理量的不同表示法，因而它们之间存在着转换关系。

(1) 从 RGB 转化到 HSI，如公式 (1) (2) (3) (4)：

$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases} \quad (1)$$

$$\theta = \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{\left[ (R-G)^2 + (R-G)(R-B) \right]^{1/2}} \right\} \quad (2)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \quad (3)$$

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (4)$$

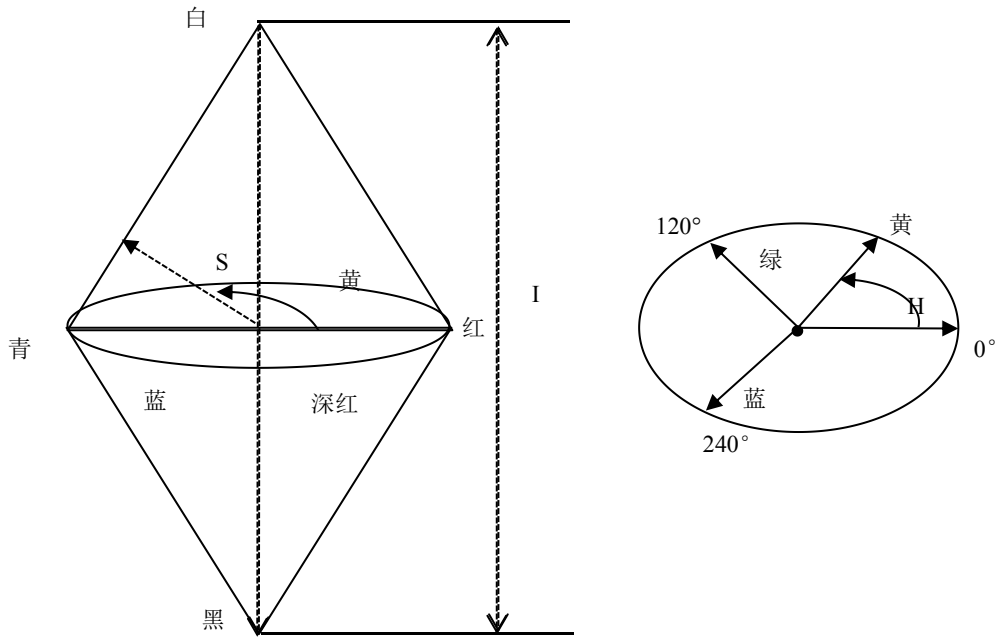


图 3 HSI 模型示意图

Fig.3 A model for the HSI

## (2) 从 HSI 转化到 RGB

这个不能用一个统一的公式可以表示，要分区域。

a. 当  $0^\circ \leq H < 120^\circ$  时（RG 区），转化公式（5）如下：

$$\begin{aligned}
 B &= I(I - S) \\
 R &= I(1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)}) \\
 G &= 1 - (R + B)
 \end{aligned} \tag{5}$$

b. 当  $120^\circ \leq H < 240^\circ$  时（GB 区），转化公式(6)如下：

$$\begin{aligned}
 B &= I(I - S) \\
 R &= I(1 + \frac{S \cos(H - 120^\circ)}{\cos(180^\circ - H)}) \\
 G &= 1 - (R + B)
 \end{aligned} \tag{6}$$

c. 当  $240^\circ \leq H < 360^\circ$  时（BR 区），转化公式(7)如下：

$$\begin{aligned}
 B &= I(I - S) \\
 R &= I(1 + \frac{S \cos(H - 240^\circ)}{\cos(300^\circ - H)}) \\
 G &= 1 - (R + B)
 \end{aligned} \tag{7}$$

### 2.3.2 颜色离散特性

颜色离散特征可以描述如下：目标和局部背景具有相对均衡的颜色，这两种颜色显然不同于彼此，并且局部背景与图像中的全局背景不同。车牌中的字符和底色被定义为目标（Targets）和局部背景（The local background），在应用到车牌定位中时，目标和局部背景如图 4 所示。汽车的车身，道路和任何其他对象，除了车牌，被认为是全局背景。彩色离散特征说明目标和局部背景的光谱反射特性在可见光范围内有明显不同。电磁光谱包括了红外线，可见光等，而根据人眼的特点只能感受是波长在 400~760nm 之间的光波谱，但还有一些人能够感知到波长大约在 380~780nm 之间的电磁波。正是因为波长的不同人眼才感知到不同的颜色。紫色（455~350nm），蓝、靛（492~455nm），绿色（577~492nm），黄色（597~577nm），橙色（622~597nm），红色（770~622nm）。相对应的，可见光的频率在  $3.9 \times 10^{14} \sim 8.6 \times 10^{14} \text{Hz}$  之间。

图 5 显示了一个蓝白车牌的光谱反射特性。其中蓝色背景的光谱反射特性接近蓝光的波长，并根据波长的减小或增大而降低。同时，在红光波段它几乎达到零。白色字符的光谱反射特性在可见光范围内是一个更高的水平而且变化不大，总之，

两反射特性在蓝色波段有很小的差异，但在绿色和红色波段有较大的差异。



图4 目标和局部背景

Fig.4 Targets and The local background

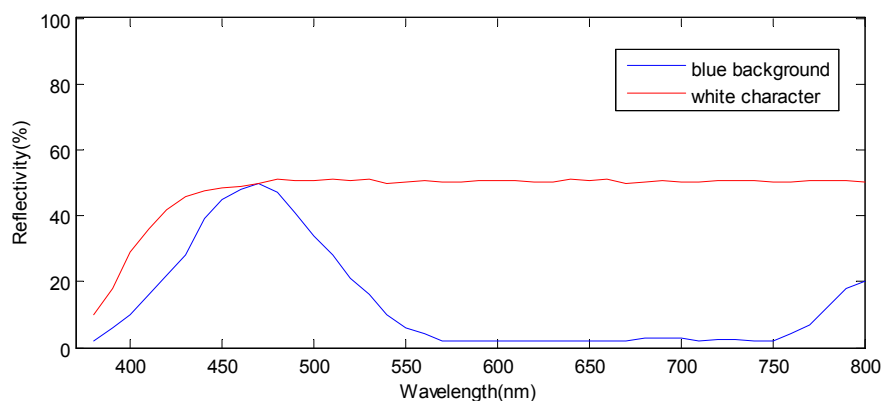


图5 蓝白车牌的光谱反射特性图

Fig.5 Spectral reflection characteristic of license plate of blue and white figure

### 2.3.3 色差量化

根据三色成像的原理，图像中的每个像素的颜色特征是由四个关键因素决定，主要包括光谱反射特性，成像器件的光谱响应函数，传感器和光电转换系数的信道增益（无光传输衰减方面）。在这些因素中，传感器和光电转换系数的信道增益是一个特定的传感器常数。

根据公式（8），可以定义目标和局部背景的光谱反射特性的量化特征函数  $f_T(\lambda_1, \lambda_2)$  和  $f_L(\lambda_1, \lambda_2)$ 。这些函数可以有效的描述像素的颜色特征。



$$\begin{cases} f_T(\lambda_1, \lambda_2) = A \int_{(\lambda_1, \lambda_2)} R_T(\lambda) T_I(\lambda) d\lambda \\ f_L(\lambda_1, \lambda_2) = A \int_{(\lambda_1, \lambda_2)} R_L(\lambda) T_I(\lambda) d\lambda \end{cases} \quad (8)$$

这里  $R_T(\lambda)$  和  $R_L(\lambda)$  分别代表目标和局部背景的光谱反射率， $A$  是信道增益和光电转换系数的乘积； $T_I(\lambda)$  是成像器件在三色波段的光谱响应函数； $I=(R, G, B)$  是三原色， $(\lambda_1, \lambda_2)$  是这些三原色的光谱范围。

此外，量化特征差异函数  $D_I(\lambda_1, \lambda_2)$  定义 (9) 如下：

$$\begin{aligned} D_I(\lambda_1, \lambda_2) &= |f_T(\lambda_1, \lambda_2) - f_L(\lambda_1, \lambda_2)| \\ &= A \int_{(\lambda_1, \lambda_2)} |R_T(\lambda) - R_L(\lambda)| T_I(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (9)$$

式 9 中的  $I$  与式 8 中一样。用  $D_R(\lambda_1, \lambda_2)$ ,  $D_G(\lambda_1, \lambda_2)$ ,  $D_B(\lambda_1, \lambda_2)$  分别代表三色波段里目标和局部背景的颜色特征差异。根据光学图像中每个像素的颜色特征可以用 CCD 相机量化成  $R, G, B$  三个分量，在这里用  $(R_{TL}, G_{TL}, B_{TL})$  车牌的彩色边缘， $R_{TL} = |R_T - R_L|$ ,  $G_{TL} = |G_T - G_L|$ ,  $B_{TL} = |B_T - B_L|$ 。 $(R_T, G_T, B_T)$  和  $(R_L, G_L, B_L)$  分别是指目标和局部背景像素点的颜色的 RGB 分量。

## 2.4 基于离散特征的车牌定位方法

前面已将现有的车牌定位方法分类，分为灰度化处理的和彩色信息处理这两种。论文的牌照剪裁算法采用的是彩色图像的车牌定位方法，依据的是牌照本身的色彩信息，依照它自身颜色搭配设计定位算法，一种新的车牌定位算法。该算法的具体流程如图 6 所示：

根据第二章牌照特征介绍，了解到我国牌照信息，依据牌照底色和字符颜色特点。可以将车牌总结为 5 种颜色组合，(1) 白-蓝 (2) 黄-黑 (3) 白-红 (4) 白-黑 (5) 黑-红。在一个车牌上可能同时出现一个或一个以上的组合。

依据彩色信息的车牌定位方法从一定程度上避免了由于车牌尺寸大小带来的影响，也可以识别出一定程度的变形车牌的车牌字符。根据车牌颜色搭配的彩色边缘 RGB 分量  $(R_{TL}, G_{TL}, B_{TL})$ 。以蓝白车牌为例，颜色组合是白-蓝时  $(R_T, G_T, B_T)$  和  $(R_L, G_L, B_L)$  分别是  $(255, 255, 255)$  和  $(0, 0, 255)$  然后， $(R_{TL}, G_{TL}, B_{TL}) = (255, 255, 0)$ 。因此，一个相近为黄色的边缘像素颜色是白色 - 蓝色。因此，可以通过边缘像素的特征分辨出这些颜色组合，再根据 2.3.1 中 HSI 模型中的公式得到表 1。表 1 是 5 种组合的颜色特征，并对 5 种组合进行颜色特征总结如公式

(10) (11) (12) (13) 。

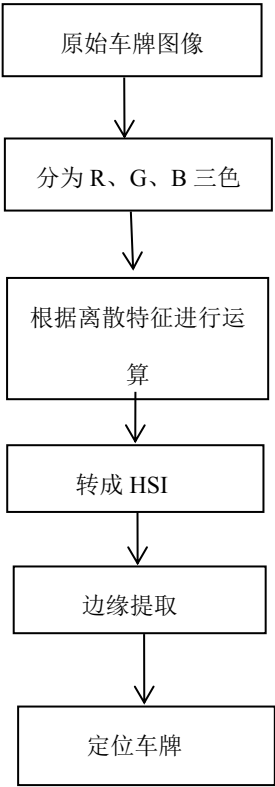


图 6 定位流程图

Fig.6 Positioning flow chart

组 1、组 2:

$$\left\{ \begin{array}{l} (R_{TL} - B_{TL})/R_{TL}, (G_{TL} - B_{TL})/G_{TL} \geq 0.5 \\ \pi/6 \leq H \leq \pi/2 \end{array} \right. \tag{10}$$

表 1 颜色组合分类

Table1 color combination classification

组数	组合	( R <sub>TL</sub> , G <sub>TL</sub> , B <sub>TL</sub> )	Hue	Saturation
1	白-蓝	(255,255,0)	$\pi/3$	0
2	黄-黑	(255,255,0)	$\pi/3$	0
3	白-黑	(255,255,255)	-	1
4	红-白	(0,255,255)	$\pi$	0
5	红-黑	(255,0,0)	0	0

组 3:

$$\begin{cases} (R_{TL}, G_{TL}, B_{TL}) \geq 60 \\ 0 \leq S \leq 0.2 \end{cases} \quad (11)$$

组 4:

$$\begin{cases} (G_{TL} - R_{TL})/G_{TL}, (B_{TL} - R_{TL})/B_{TL} \geq 0.5 \\ 5\pi/6 \leq H \leq 7\pi/6 \end{cases} \quad (12)$$

组 5:

$$\begin{cases} (R_{TL} - G_{TL})/R_{TL}, (R_{TL} - B_{TL})/R_{TL} \geq 0.5 \\ 0 \leq H \leq \pi/6, \text{ or } 11/\pi \leq H \leq 2\pi \end{cases} \quad (13)$$

由于牌照上字符较密集，且字符和底色颜色差异大，就造成在车牌的每列上颜色跳变次数多，根据这个特性，对图像进行垂直边缘提取，提取车牌图像。其中边缘检测算子很多，主要有 Roberts，Sobel，Prewitt，LoG，Canny 这几种都能对图像进行边缘检测，而针对课题重点在进行车牌定位时，过多无用的边缘也会给定位带来困扰，所以提出的边缘提取方法是只针对车牌的固定特征对车牌边缘进行提取的。论文的边缘检测方法是提取从像素  $(i, j)$  和  $(i, j+3)$  满足上述 5 种组合中的一种的像素。如图 7 和图 8 是由普通检测算子 Roberts 和 Canny 边缘检测的结果，图 9 是由课题的边缘检测方法检测的结果。

图 9 得到了边缘检测图像，其为二值图像，从图中看出，车牌区域的黑白变化次数是较多的，并且分布均匀，所以，论文就利用了牌照的这个特性来进行牌照的精准剪切。第一步就是对边缘图做上下剪裁，即将车牌所在的行分割出来。具体步骤如下：

- 1) 对图像进行从上到下的逐行扫描；
- 2) 根据图像里黑白变化数目较多的那行为标准行，开始逐行向上、向下扫描；当检测到某行的黑白变化数目小于某阈值时，则停止扫描。其所在的上下行，即为车牌的上下边界。

具体运行结果如图 10 所示。

第二步是进行左右定位。经过上下定位之后，就已经把车牌位置在图像中进行了缩小，接下来要通过左右定位，把车牌位置精准找出来。剪切车牌左右的法子步骤与上下剪切大致一样。

- 1) 将上下定位后的边缘检测图，开始进行一系列一列的扫描，从左端开始；
- 2) 以还是根据某列的黑白跳变次数最高为标准列，一系列一列向左右进行扫描；
- 3) 当检测到某列的黑白变化数目低于设定阈值，则不在进行。其所在的左右

列，即为车牌的左右边界。对图像上下剪裁效果如图 10，接着开始左右剪裁操作后，其效果见图 11。

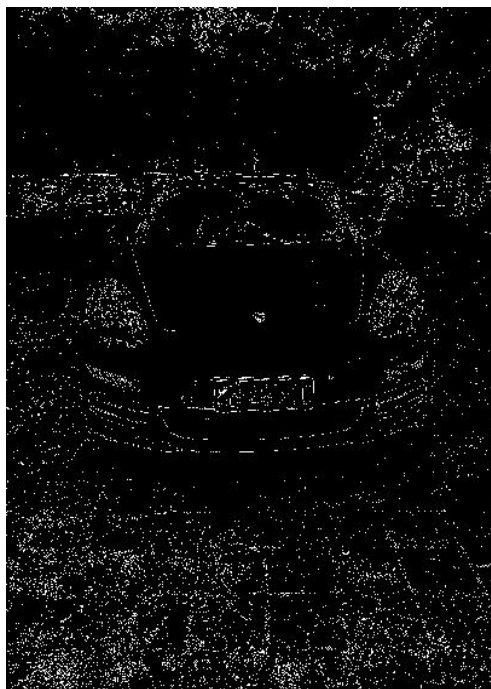


图 7 Sobel 边缘检测

Fig.7 Sobel edge detection

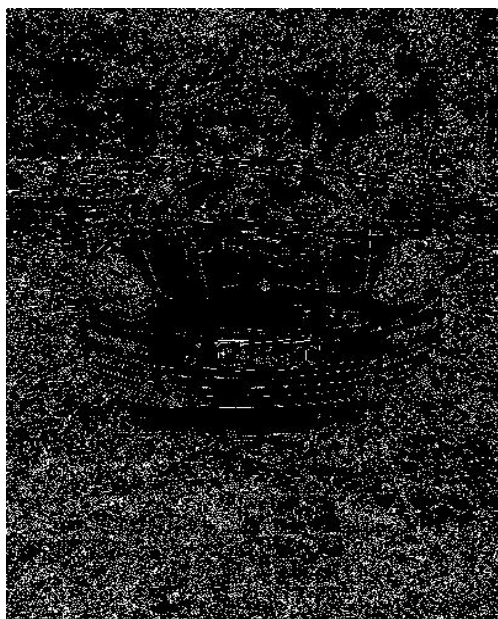


图 8 Canny 边缘检测

Fig.8 Canny edge detection

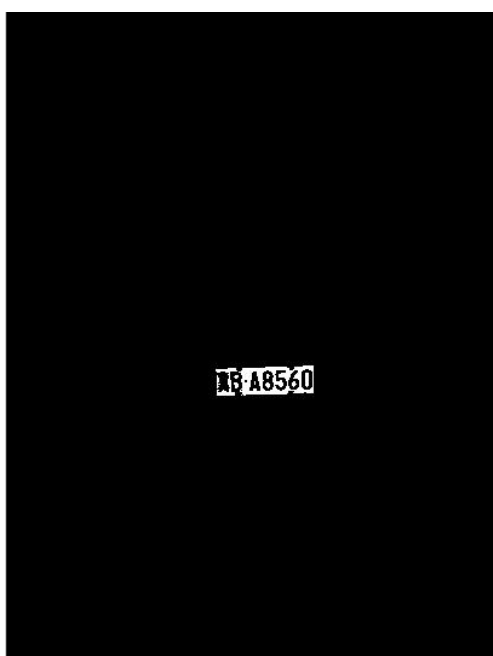


图9 本文的检测方法

Fig.9 This detection method



图10 上下定位的车牌

Fig.10 Positioning plate up and down



图11 左右定位的车牌

Fig.11 Location of license plate

## 第3章 车牌字符分割

### 3.1 字符分割综述

牌照自动识别系统由车牌定位，字符分割和字符识别三步骤。其中，字符分割旨在准确定位单个字符的边界并将字符提取出来。从输入图像成功提取牌照的位置后，将提取的图像中的字符串并切分成单个字符。任何车牌识别系统的成功在很大程度上取决于字符的准确分割，分割字符不准确了，即使有一个强大的字符识别模块也不能识别出来。

图像分割在图像处理里是较复杂的算法，在这里由于车牌图像的拍摄受很多外界环境的影响，因此，字符分割的准确性主要受以下几点的影响。

- 1) 国内车牌悬挂位置不一，且有些车牌边框制作不规范；
- 2) 由于车辆长期在外界环境，其车牌多有脱色、污损等现象，以及光照不均等原因引起的车牌图像质量不佳；
- 3) 由于车牌种类有不同，其间隔符也有不同，需要特殊处理。

第二章已经就车牌定位方法进行了分析，本章是对已经剪裁好的图像再运算，为的是增强图像效果，以方便分割字符。

车牌字符识别是将已剪裁好的图像中的字符一个一个分割开来，字符的分割将左右最后一步即识别的效果。很多学者都对字符分割研究，在这方面现在有很多算法，本章讲述常用的字符分割方法；然后在对已有的研究基础上，详细介绍了论文中的车牌字符分割算法；而且对算法的性能和结果做了总结。

在研究分割方法前，先要对现有的分割方法作了解，有以下几种：

- 1) 基于模板的车牌字符分割方法<sup>[38-39]</sup>；

这种算法是先设计两个模板，一个与字符间大小一致的一个为同字符大小一致的。然后利用两个模板在已剪裁的图像中滑动，在滑动时，由计算机统计两个模板内的像素值，并求两者的比值，当计算机在某时刻得到的是极小值，说明此时模板滑动的位置即是要切割的位置。我国车牌种类多，字符不同它的宽度不易计算，无法得到统一的准确大小范围。

- 2) 依据车牌垂直投影的车牌字符分割方法<sup>[40-43]</sup>。

该算法首先获得目标位置的垂直积分投影曲线，再看图中字符投影的波峰波谷结构对车牌字符进行分割。使用此法一般效果都很好，只是有时图像质量差时，

字符粘连则分割不好。

### 3) 根据连通域标记研究的车牌字符分割方法<sup>[44]</sup>。

主要采用了二值化处理以及区域标记方法，去除目标区域的干扰项，得到单个字符的实际位置，进行切分。

### 4) 基于色彩信息的车牌字符分割方法<sup>[45]</sup>。

基于颜色信息，就是充分利用了牌照区域颜色搭配的特点，根据字符在牌照区域有间隔的特点，即颜色不连续的特点进行分析，已达到切分字符的效果。使用此方法前就要先对车牌的颜色信息进行充分了解，而且彩色图像的处理计算量大。

因为字符分割算法的实用性，很多学者都研究这个课题，以上只是简单地对字符分割方法简单介绍，针对不同情况下的字符分割有着其自己合适的算法。设计出论文所用的字符分割方法。

## 3.2 本文的分割方法

在完成了车辆牌照准确定位，本章主要是对剪裁后的图像中的字符切分算法进行研究，依次研究了二值化、去除边框铆钉和字符切分三个算法。车牌字符切分的过程如图 12 所示。

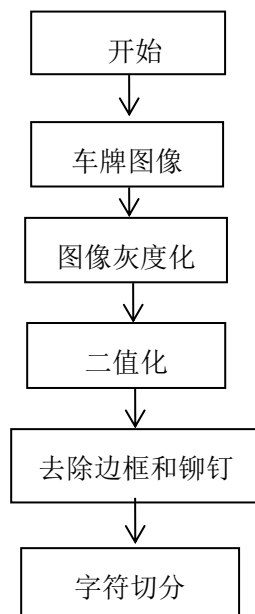


图 12 字符切分流程图

Fig.12 The flow chart of character segmentation

### 3.2.1 图像灰度化

通过第二章进行的车牌定位后得到了新的剪裁的图像。由第二章中对 RGB 彩色模型的介绍，了解 RGB 图像进行处理时要同时处理三通道的数值，每个分量都是为 8 比特的分量图像构成，彩色像素就有 24 比特深度，因此，一幅 RGB 图像颜色总数有  $(2^8)^3 = 16777216$ ，数值如此之大就说明计算时所需的时间也多，所以接下来的图像处理为了节省时间，把原图灰度化，对灰度图像做相应的处理。图像灰度化经常被机器视觉、图像处理等领域使用，正常灰度级为 256。用  $g$  表示图像的灰度值， $R$ ， $G$ ， $B$  分别代表原彩色图像中的分量，由 RGB 彩色模型导出灰度化的公式有：

1) 最大值法：

$$g = \max(R, G, B) \quad (14)$$

2) 平均值法：

$$g = \frac{R + G + B}{3} \quad (15)$$

3) 公式法：

这里要介绍一种颜色模型即 YUV 模型。它与 RGB 模型三基色相关不同，它的亮度信号  $Y$  和色度信号  $U$ ， $V$  是分离的，当我们想降低数据量使用单通道时就是只使用  $Y$  分量，将图像由 RGB 转换成 YUV，只用  $Y$  分量表示，这样单通道数据小运算速度快，RGB 的彩色图像和 YUV 的彩色图像有如下关系：

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.144 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (16)$$

这里只要  $Y$  亮度信号，则导出 RGB 彩色图像变到灰度图像的式子为：

$$Y = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.144 \times B \quad (17)$$

在正常情况下，在第二章我们了解绿色是人眼最为敏感的颜色，然后是红色和蓝色。所以使用公式 3 的到的灰度图像会比使用上两种方法更合理。在这里本文即采用第三种方法，进行图像灰度化。其运行结果如图 13 所示。

### 3.2.2 图像二值化

二值化过程其实就是将图像从原来的 256 级变成只有为 0 或 255 两级，这样图像就是黑白图，要有效地突出目标和背景。二值化图像表征了图像中的主要信息，与灰度图像比较，信息量减少，运行速度更快。在这里为了更有效的突出车牌字符，提出了一种自适应的二值方法。通过结合全局与局部的方法，它对噪音和不



均匀照明都有很好的适应作用。



图 13 车牌图像灰度化

Fig.13 License plate image grayscale

经过二值化处理后的图像，像素值只有 0 和 255，不再涉及其他像素级值，这就是它比灰度图像信息量少，处理过程简单的原因。进行二值化实际就是选取一个合适阈值，根据这个阈值将图像分为两部分，其中图像中灰度大于或等于阈值的像素被认为是特定物体，其灰度值为 255，其余则灰度值为 0，表示为背景或者其他区域。如果图像它的内部存在同一灰度等级的背景下，选取一个合适阈值便可以对图像进行切分了。

Trie 与 A.K.Jain<sup>[47]</sup>研究已有的文本图像二值化算法，总结出一些典型的二值化方法，包括 Bernsen 算法、Chow 与 Kanekos 算法、Bikbil 算法、Trier 与 Taxt 算法等局部自适应算法和算法 *Otsu*、Kapur 算法、Kittler Illingworth 算法、Abutaleb 算法等全局阈值算法。其中 *Otsu* 算法适应性和效率比较好。

*Otsu* 算法<sup>[48]</sup>，又是类间方差法，是由大津研究的，被叫做大津阈值分割法，是在判断最小二乘法原理演化而来。二值化就是为了使图像只有两种灰度值，一种是所要找的目标，其他的是没用的部分，实际就是寻找一个合适的灰度值可以最大程度的是目标在一个区域。分出目标后，对目标和剩余部分求区域的平均灰度，当两部分的类间方差越大时，就指目标和背景的差异越大，使类间方差大的即是所要选取的阈值。阈值是用来分出一个对象以及一个灰度值不同的背景。这种方式决定一个像素点落在前景或背景。所以，二值化的目标是寻找阈值，前景和背景差的总和为最小的时候的阈值是背景和前景的可优化和动态自适应的阈值。大津阈值是一种择优阈值的算法，阈值来减少黑白像素的内部类方差。多大津法是一个加强的原始多级阈值方法<sup>[49]</sup>。首先进行方法的基本想法是找到减少权重类内方差的阈值。大津方法没有任何使用的空间连贯性，也没有任何其他对象结构的概念。

*Otsu* 算法就是从画面的灰度直方图开始计算，并依赖类间距离极大准则来找寻使目标区域明显的最合适阈值。其基本过程如下：

设要处理图像可分为  $L$  个灰度级，计算图像的像素数，用  $N$  表示：

$$N = \sum_{i=0}^{L-1} n_i \quad (\text{设灰度值 } i \text{ 的像素数 } n_i)$$

各灰度值出现的概率为  $p_i = n_i / N$ ，显然  $p_i \geq 0$  且  $\sum_{i=0}^{L-1} p_i = 1$ 。假如以灰度值  $t$  为所选阈值，把灰度级为  $1-t$  的像素区域设为  $A$ （背景类），则灰度级为  $(t+1) \sim (L-1)$  的像素区域为  $B$ （目标类）。 $A$ 、 $B$  出现的概率分别为公式（18）（19）：

$$p_A = \sum_{i=0}^t p_i \quad (18)$$

$$p_B = \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i = 1 - p_A \quad (19)$$

$A$  和  $B$  两类的灰度均值如公式（20），（21）：

$$\omega_A = \sum_{i=0}^t i p_i / p_A \quad (20)$$

$$\omega_B = \sum_{i=t+1}^{L-1} i p_i / p_B \quad (21)$$

图像总的灰度均值如公式（22）：

$$\omega_0 = p_A(\omega_A - \omega_0)^2 + p_B(\omega_B - \omega_0)^2 \quad (22)$$

由此可以得到  $A$ 、 $B$  两区域的类间方差为公式（23）：

$$\sigma^2 = p_A(\omega_A - \omega_0)^2 + p_B(\omega_B - \omega_0)^2 \quad (23)$$

显然， $p_A$ 、 $p_B$ 、 $\omega_A$ 、 $\omega_B$ 、 $\omega_0$ 、 $\sigma^2$  都关于灰度值  $t$ 。

为了使  $t$  得选取更合理，可以最大程度的区分目标和背景，*Otsu* 把区域的  $\sigma^2$  都看成其判别准则，则可以让  $\sigma^2$  值取到最大的  $t'$ ，就是我们要找到的最佳阈值如公式（24）：

$$t' = \text{Arg Max}_{0 \leq t \leq L-1} [p_A(\omega_A - \omega_0)^2 + p_B(\omega_B - \omega_0)^2] \quad (24)$$

在这里， $\sigma^2$  就代表了目标和其他区域两部分的差别，当  $\sigma^2$  越大，则图像中前景和背景的差别越大，将一些目标错判为背景或是将一些背景错判为目标都会导致他们之间的差别变小<sup>[50]</sup>。所以使  $\sigma^2$  最大就表示错分几率最小，这即 *Otsu* 准则。在这里运用 *Otsu* 算法对车牌图像进行二值化处理，有利于后面的操作。如图 14 是运用 *Otsu* 对定位图像做二值化处理的结果。



图 14 车牌图像二值化

Fig.14 License plate image binarization

### 3.2.3 去除边框和铆钉

把定位区域进行二值化处理后，牌照字符和边框是有显著的差异，当从左至右（每列）从上到下（每行）扫描图像，会看到边框附近的黑白变化数目远少于字符附近的黑白变化，根据这一特性，去除车牌边框算法顺序是：

1) 对进行二值处理后的图像进行从上到下一行一行的扫描，扫描范围为图像的  $1/4$ ，根据边框和字符跳变次数的不同，选取一个阈值，用来区分边框和字符，如果有黑白变化数目大于所设一阈值而小于所设置的另一阈值时那么就把这行以上的区域剪切。

2) 对处理后的二值图像进行从下至上逐行扫描，还是根据边框和字符的跳变次数不同扫描范围仍为图像的  $1/4$ ，如果有黑白跳变数目大于所设阈值而小于所设阈值时那么就把这行以下的区域剪切。

同样，根据这一方法对车牌左右边框完成剪切。

在汽车上为了固定车牌，车牌上都有铆钉，这也给字符分割带来困难，所以在这里研究出去除铆钉的方法。铆钉一般安装在牌照的四角。铆钉和车牌字符最大的不同是铆钉是单独一点在车牌，是个孤立点，在图像质量好的时候不会和字符粘连，且其上下左右也没有像素点，所以含有铆钉的这一行像素点肯定比字符所在行少得多。所以，在这里就用这个特点来去除铆钉。

设定一个阈值，然后扫描的方式，在最上面朝下一行一行的扫描，直到  $1/4$  处，当某行中有的白色像素的数量超过了所设置的阈值,然后不再扫描，就把这行以上（包含此行）的领域都变为黑色背景即可以删除两个铆钉。通过使用相同的方法，去除下面两个铆钉。

经过上述操作可以将车牌的边框和四个铆钉剪裁掉，其处理效果如图 15 所示：



图 15 去除边框和铆钉

Fig.15 Rremove frames and rivets

### 3.2.4 分割字符

把车牌边框和铆钉去除后，就要分割字符了。运用了把水平投影进行相应改进的字符切分法。

1) 第一步就是要统计车牌中白色像素点。将处理好的图像进行从左到右的逐列扫描，然后统计每列中的白色像素点并记录到  $1*n$  的矩阵中（ $n$  的大小与车牌图像的宽度相同）。

2) 第二步开始分割字符，都知道我国车牌的首字符是中国的汉字。汉字比数字、字母不好分割，汉字的显著特点，不连通如浙、陕。这就给分割带来困难，本文是把剪切好的图像从左到右一列一列扫描，当某列的白色像素点数量达到设定的阈值数，就是字符的起始位置也就是分割的初始位置，接着扫描，不连通问题的不足直到找到小于所设的固定阈值的列时完成。在这里，为了避免水平投影法分割字符的不足，将此列列与分割起始列做差，其差值与车牌图像的  $1/9$  比较，若大于则结束列即找对，若小于的话则说明不是一整个汉字还需继续扫描，直至大于或等于车牌图像宽度的  $1/9$ 。

3) 分割出汉字后，车牌中所剩的字符便是数字或英文字母，基本都是联通的。所以分割方法也就比汉字分割简单些了。依旧从左到右一列一列的扫描，当找着某行大于所设某值时（论文设定为 2，因为一般车牌的间隔符实在第 2 个和第 3 个的中间位置），则是找到字符起始列，接着扫描，直到找到某行的数量小于所设阈值但又大于车牌宽度的六分之一，则找到了这个字符的终止列，利用相同的算法，依次找到每个字符的开始和停止列分割处字符。

此方法解决了有些不连通汉字的分割问题。分割结果如下图 16 所示：



图 16 字符切分

Fig.16 Character segmentation

## 第4章 字符识别

当把车牌上的字符都切分好后，就到了系统的字符识别阶段。关于字符识别现已应用的较广泛<sup>[50-52]</sup>。字符识别的第一步是识别功能独特的每个字符。一旦确定了这些特性，识别算法基于这些独特的特性实现识别分割字符。

在经过了车牌定位以及字符分割后，已经可以在一幅复杂图像中将车牌字符分别提取出来了，接下来就要进行车牌字符识别系统中的重要一步就是字符识别，即将我们提取出来的字符由计算机识别出来。接下来本文就字符识别展开研究。

近年来，人力工作在交通管制的必要性正在增加，因为车辆在交通的数量正在增加。为了处理这个问题，以计算机为基本的自动控制技术还在持续开发中。这些技术之一的汽车牌照自动识别技术是应用于交通管理重要的技术。提出了基于人工神经网络的字符识别技术。先就我国牌照的难点简单叙述，接着就对现有的车牌号识别算法进行简单介绍。这里使用的 BP 神经网络用来进行字符识别，考虑到整个系统的精度及速度，在这里运用了多网络并行的方式，即分别建立汉字识别网络和字母识别网络以及数字字母网络。

### 4.1 车牌字符特点分析

在研究字符识别之前，先就我国车牌中字符进行了解，根据我国的文化，我国的字符有区于他国的一个显著特点，便是汉字。汉字是我国特有的文化，这也给我们字符识别带来困难，汉字有着不连通、笔画繁多复杂等特点。据统计中国机动车的许可标准，中国车牌有三种需识别的类型，汉字、英文字符和数字。包括 37 个汉字，24 个除了 I 和 O 的大写字母和十个数字。如下图 17 和图 18。

有以下几种特点：车牌由 7 位组成，分别是汉字、英文字母还有数字。首位为各个省、自治区、直辖以及行政区的汉子简称，后面几位便是数字或英文字母（除了 I 和 O 的 24 个大写的英文字母）以及几个特殊汉字如“使”、“领”、“学”、“警”等。有这些对车牌的介绍，我们知道我国牌照的种类很多，而且牌照里字符多样，根据车辆性质不同，颜色和间隔符位置也不同。汽车长期处在外界环境中，受风吹日晒拍摄时也影响很大。所以，对汽车字符识别真的是很有挑战的工作。

A B C D E F G  
H I J K L M N  
O P Q R S T U  
V W X Y Z 1 2  
3 4 5 6 7 8 9 0

图 17 数字及字母字符

Fig.17 Numbers and letters

京 津 冀 晋 蒙 辽 吉 黑 沪  
苏 浙 皖 闽 赣 鲁 豫 鄂 湘  
粤 桂 琼 渝 川 贵 云 藏 陕  
甘 青 宁 新 港 澳 使 领 学  
警

图 18 汉字字符

Fig.18 Chinese characters

## 4.2 识别方法

虽然字符识别困难很多，但仍有很多学者不断研究这个课题，从无到有，在从差到好，经历了二十几年的不断发展，字符识别有对印刷体、手写体的识别，识别方法也有很多种，这里就一些经典的、有价值的算法做简单介绍。

### 1) 模板匹配法

模板匹配法是较为简单理解的算法。模板匹配主要是建立模板，将车牌中所有可能出现的字符都设计相应的标准字符模板，再将需要认知的图片与所设计的所有模板进行一一匹配，比较匹配率，匹配率最高那个的即被认为是识别结果。设计模板数比较多，每个都要数百次的修改，数据量大。设计模板主要依照字符的一些显著标志，如图形匹配、笔画匹配、几何匹配等<sup>[50]</sup>。

模板匹配的流程：

第一步设计所有牌照上会出现的字符模板。第二步把切分好的图像做二值化处理，并对其归一化操作，第三步将处理好的图像与所设计的模板一一进行匹配，并得到与每个模板的匹配率，则匹配率较高的被认为是识别结果。

模板匹配法虽然过程并不困难，但对于一些图像质量不好、车牌较倾斜时、和字符出现粘连等情况时，效果并不是很好。这就影响了在实际中识别过程中字符识别的效率，摄像机拍摄车辆时，会受光照、天气等影响，拍摄的图像质量不高时就会影响后续的字符识别，如拍摄的图像倾斜、牌照中笔画粘连，或是反光影响的模糊等，这些都会给模板匹配带来影响。设计的模板一般只能满足拍摄的高质量图像，所以模板匹配法在一定程度上有很大的局限性。

### 2) 人工神经网络

人工神经网络（Artificial Neural Networks，ANN）是模仿人脑的结构，从而进行简化、模拟，反映了人脑的基本特征。它是涉及神经科学、思维科学、人工智能、计算机科学等多个领域的交叉学科。它在人脸识别、机器视觉等领域应用广泛。神经网络具有迅速找到人们在复杂分布中也无法理解的规律，学习能力强，具有联想存储功能，高速运算能力<sup>[53]</sup>。本文也是用了这种方法，在下一节会做详细介绍。

### 3) 支持向量机

支持向量机（Support Vector Machine，SVM）是建立在结构风险最小原理和统计学习理论上的，与学习算法有关的监督学习模型。它主要应用于模式识别领域和机器学习研究领域，而且有很好的效果。它不仅可以解决小样本问题而且对现



实中的非线性问题也可以很好地处理以及高维模式识别等问题。支持向量机关键在于选取核函数，选取不同核函数的就会有不同的SVM 算法<sup>[54]</sup>。

### 4.3 人工神经网络

人工神经网络（ANN）是许多单一的处理单元相互连接而成的网络，是模仿人脑的结构，从而进行简化、模拟，反映了人脑的基本特征。本课题研究字符识别就用了人工神经网络的方法，这是一种模式识别技术，它能够根据图像本身的几何空间和特征，分析数据和学习，提高他们的结构，用于改善图像分类的精度，直到达到满意的效果，它可以积累在训练过程中的经验<sup>[56]</sup>。

#### 4.3.1 生物神经元模型

神经元是基本的信息处理单位。生物神经元是细胞体、树突、轴突、突触组成。其结构示意图如图 19。在神经回路，神经元彼此相互连接，能够调节适用于他们自己的活动的反馈回路。相互连接的神经元的激活确定一个可辨认的线性路径。神经元作为生物的一个模型表示网络通过概念性组件可以执行计算任务的电路。

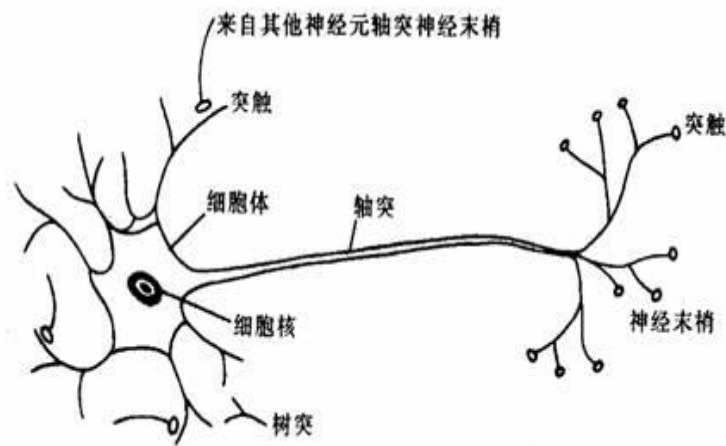


图 19 生物神经元

Fig.19 Biological neuron

神经元胞体，有两个分支，一个是树突其次是轴突。胞体是细胞的支柱。神经元有许多树突，这看起来像一个树结构，神经元就是通过树突的帮助接收外部的信号,树突相当于信号的输入端，用于接受神经冲动。轴突长且薄，是细胞体延伸到外部的长长的分支，神经元通过它传递信号的电活动，就像信号的输出电缆。轴突

又延伸了很多小分支其触角为神经末梢是信号输出部位负责传出神经信号。神经元和神经元之间就是依靠轴突末端和树突末端相连接口又被叫做突触。

#### 4.3.2 人工神经元模型

人工神经网络（ANN）是许多单个处理单元相互组合成的，为的是仿造人脑的运行特征。人工神经网络系统主要由输入值、机器学习和模式识别组成。图 20 是一个人工神经元，看出其所具备的三个元素：

（1） $w_{ij}$  为突触或连接称为权值，用来表示神经元相互的强度，神经元的权值可选在正数与负数之内。

（2）输入信号累加值。

（3）激励函数  $f(\bullet)$  限制神经元的输出。激励函数会控制输出在一个可调范围内，避免变为无穷值，一般情况下，输出的大小在  $[0, 1]$  或  $[-1, 1]$  区间内。

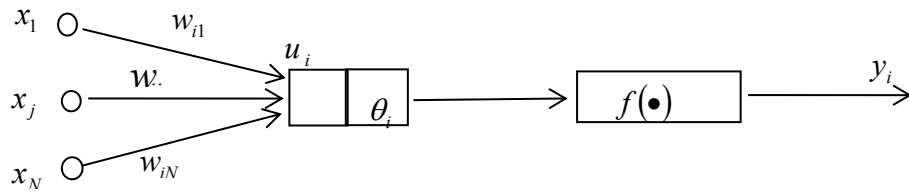


图 20 人工神经元模型

Fig.20 Artificial neuron model

其中， $x_j (j=1,2,\dots,N)$  为神经元  $i$  的输入信号； $w_{ij}$  为突触强度和连接权； $u_i$  是输出，它是全部输入数据运算后得到的如公式（25），它也是神经元  $i$  的净输入； $\theta_i$  为神经元的阈值或称为偏差，用  $b_i$  表示； $v_i$  为神经元的部分感应区，是由偏差整理之后得到的值如公式（26）。

$$u_i = \sum_j w_{ij} x_j \quad (25)$$

$$v_i = u_i + b_i \quad (26)$$

$f(\bullet)$  激励函数， $y_i$  是神经元  $i$  的输出如公式（27）。

$$y_i = f\left(\sum_j w_{ij} x_j + b_j\right) \quad (27)$$

激励函数  $f(\bullet)$  根据情况差异取的函数也不相同，这里介绍三种：

(1) 阈值函数 (Threshold Function)

$$f(v) = \begin{cases} 1, & \text{若 } v \geq 0 \\ 0, & \text{若 } v < 0 \end{cases} \quad (28)$$

为阶跃函数，用  $u(t)$  表示，如果激励函数使用的是它，则图 18 就是人工神经模型中经常使用的 MP (Mcculloch-Pitts) 模型。这时神经元的输出是 1 或 0 表示该神经元的兴奋或抑制。

分段线性函数 (Piecewise-Linear Function)

$$f(v) = \begin{cases} 1, & v \geq 0 \\ v, & -1 < v < 0 \\ -1, & v \leq -1 \end{cases} \quad (29)$$

它在  $[-1, +1]$  这个区间时其放大系数一样，这种情况被认为是非线性放大系数的近似，然后介绍的是分段线性函数的两种特殊状态：

A. 如果在过程中，时刻保持线性区域而不让它达到饱和状态，就会产生线性组合器。

B. 假设在线性区域里它的系数可以不被限制，变得无穷大，则函数分段函数可以归为阈值函数。

Sigmoid 函数 (Sigmoid Function)

Sigmoid 函数也称 S 型函数。到目前为止，它是比较常用的激励函数。

S 型函数的定义如下：

$$f(v) = \frac{1}{1 + \exp(-av)} \quad (30)$$

$a$  为 Sigmoid 函数的斜率数值，当  $a$  取值不同时，就能得到不同斜率的 Sigmoid 函数。

#### 4.3.3 人工神经网络的体系结构

根据上面学习的神经元模型，人工神经网络就是许多单个神经元组合而成。其中神经元的连接形式以及样本训练的学习算法都是制约神经网络的重要因素，一个基本的人工神经网络就是一组相互关联的节点。人工神经网络根据其神经元的特征，学习方式不同等也分为多种如前向网络，反馈网络；有导师学习网络和无导师学习网络。在这里我们简单介绍前馈网络和反馈网络。

## 1) 前馈神经网络

前馈神经网络是一种节点不相互形成关联的。前馈网络不包含他们反馈信号，它的信息仅有一种传递方式。它是直接的网络，如图 21 所示的神经网络，为一个三层前馈神经网络。它具有分层的结构。最下面是输入层，用于连接输入变量，接着是隐含层，它上面是输出层用于连接输出变量。这些过程元素被称为节点，这些节点连接到网络。这些和节点连接相关的参数被称为连接权。其信息从输入层依次经过隐层，输出层然后数据出来这样的就是前馈神经网络。前馈神经网络现在主要有感知器、多层感知器网络和 BP 网络等。前馈神经网络主要可以被使用与模式识别、分类以及多模态研究等。由于信息传输顺序，前馈网络也被称为自底向上或自顶向下网络。

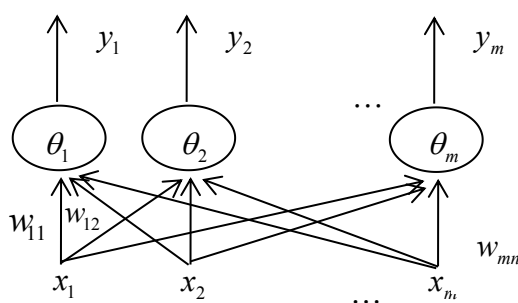


图 21 三层前馈神经网络

Fig.21 Three layer feed forward neural network

## 2) 反馈神经网络

反馈网络的状态是不断变化的，直到一个平衡点。反馈网络使用多阶段动态优化算法。它们一般只处于平衡状态，当有了输入变化，它们会再次运行再次找到新的平衡状态。反馈体系结构也表示为互动或复发。所以反馈网络是动态网络，它需要运行一段时间后方能稳定。该网络可以使用于联想记忆。反馈神经网络也被称为 Hopfield 网络，它有两种形式离散和连续。这是受输出数据的状态决定的，输出是离散，则网络为离散的反馈神经网络，反之是连续的反馈神经网络。图 22 显示了一个离散 Hopfield 网络结构图神经网络两个阶段组成：第一阶段是前进阶段，是信号从输入层传输到输出层；第二阶段是反馈阶段：反向传播神经网络的信号是观察到的实际值之间的误差（差异）和请求的标称值在输出层发回，以便调整重量和变化值。

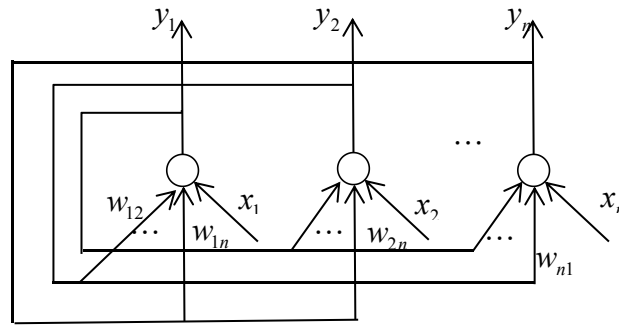


图 22 离散 Hopfield 网络结构

Fig.22 Discrete Hopfield network structure

#### 4.3.4 人工神经网络的优点及应用

自组织能力：人工神经网络完全有能力创建一个学习系统冠以在学习期间接收的数据。

自适应学习能力：有能力学习如何处理在训练或经验中给的数据。

实时操作：人工神经网络的实质上是并行数据处理。这能力对同时做多个任务很有帮助。它可以解决多个问题约束。通过冗余容错信息对网络中的故障有相应的降解性能。即使当主要网络损坏时，它还能保留部分网络学习能力。噪声对神经网络也没有影响。神经网络学习本身不需要重新编程。它可以用于训练和识别数字写的。训练和测试后，准确性率可以达到 99%，精度很好。

人工神经网络主要应用：

在现实应用中，大部分信息来源是不完整的，而且其中可以含有虚假数据，且大部分数据都是非线性映射，有时甚至无章可循。这给以往的数据处理模式增加了难度，而神经网络能较好的理清这些杂乱的数据，且可以做出合适的解决方法。一开始人工神经网络主要被用于语音识别和视觉模式识别。大部分开发文本-语音的解决模式也开始使用人工神经网络。还有对于大量的笔迹分析程序也可以使用人工神经网络。关于自动化和机器人技术人工神经网络在这些方面已经有很大的成功。还有许多行业利用人工神经网络技术操控工作机器以及调整设施温度和诊断设置故障等。人工神经网络的使用可以让更少的人做更多的事情<sup>[57-59]</sup>。人工神经网络在飞机工业方面的应用，主要覆盖高空飞机自动驾驶仪性能、飞行路径模拟、自动驾驶仪改进、飞机控制系统、飞机部件故障检测等。人工神经网络在动画方面可以创建很多特殊效果。它还可以通过检测模式进行有效的市场预测。关于银行业:通过阅

读和检查文件，可以对信贷应用程序进化探索和产品优化。在交通应用方面，它可以设计卡车刹车诊断系统、车辆调度和路由系统等。

## 4.4 基于 BP 神经网络的车牌识别

论文字符识别运行的是前馈网络中的 BP 神经网络，本章将先简单讲述 BP 网络然后就 BP 神经网络的字符识别做认真讲解。BP 神经网络实际就是将样本数据的输入和输出生成一个非线性的优化算法。这是一个学习算法通过梯度算法求解问题的过程。

### 4.4.1 BP 神经网络

目前人工神经网络已经被使用于各种各样的实际算法中，利用其函数的选取可以进行数据拟合或分类和模式识别等。最常见的一种体系结构是由多层感知器训练用误差反向传播算法的 BP 网络。

人工神经网络的实质上是并行数据处理。人工神经网络的一个主要问题是缺乏明确的确定在网络初始值和参数的方法，尤其是对于复杂性神经网络。神经网络中的网络拓扑结构对计算目标数据计算能力和训练数据能力有重大作用。如果网络有太少的自由参数，训练可能达不到所需的误差阈值。另一方面，如果网络有太多的自由参数，那么大数据集是必要的。为了解决这个问题，要首先获得一个粗略的估计学习空间的复杂性和所需的自由参数数量。一旦训练开始，拓扑结构中微小变动多会对网络性能造成干扰。而且神经网络要经过大数据的训练的要求。

BP 神经网络由输入层，输出层，以及一个或多个隐含层组成，每层之间全是全连接，其是单向运输信号的，但有误差反馈的多层神经网络。对其信号传输过程简单介绍：

1) 工作信号正向传播。数据先从输入层直接传播到隐含层，由激励函数计算后的输出信号在到输出层，输出层再输出这就是正向传播。

2) 误差信号反向传播。实际得到的数据和期望数据想比较，所得到的差即为误差。然后误差值从输出层向回传播，并且每层的权值由给出的误差值在进行调整。由不停改正的权值使真正输出数据与期望数据一致。理论已经证明：具有偏差和一个或一个以上的 S 型隐含层以及线性输出层的网络就可以模拟任何一个有理函数了。

接下来用只有一个隐含层的 BP 网络来说明运算过程(见图 23)，

输入层  $r$  个结点:  $x_1, x_2 \dots x_r$ , 隐含层  $s1$  个结点:  $y_1, y_2 \dots y_{s1}$ , 激励函数为  $f1$ , 输出层  $s2$  个结点:  $z_1, z_2 \dots z_{s2}$ , 对应的激励函数为  $f_2$ , 输出为  $A$ , 目标矢量为  $T$ 。

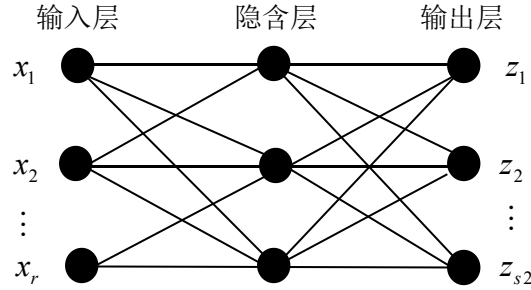


图 23 BP 神经网络结构图

Fig.23 BP neural network structure

#### (1) 信息的正向传递

隐含层中第  $i$  个节点的输出为公式 (31) :

$$a1_i = f1\left(\sum_{j=1}^r w1_{ij} p_j + b1_i\right), i = 1, 2, \dots, s1 \quad (31)$$

输出层第  $k$  个神经元的输出为公式 (32) :

$$a2_k = f2\left(\sum_{i=1}^{s1} w2_{ki} a1_i + b2_k\right), k = 1, 2, \dots, s2 \quad (32)$$

定义误差函数为公式 (33) :

$$E(W, B) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{s2} (t_k - a2_k)^2 \quad (33)$$

#### (2) 利用梯度下降的方法求其权值的变化及误差的反向传播

输出层的权值变化

对从第  $i$  个输入到第  $k$  个输出的权值如公式 (34) :

$$\Delta w2_{ki} = -\eta \frac{\partial E}{\partial w2_{ki}} = -\eta \frac{\partial E}{\partial a2_k} \cdot \frac{\partial a2_k}{\partial w2_{ki}} = \eta (t_k - a2_k) \cdot f2' \cdot a1_i = \eta \cdot \delta_{ki} \cdot a1_i \quad (34)$$

其中:  $\delta_{ki} = (t_k - a2_k) \cdot f2' = e_k \cdot f2'$

$$e_k = t_k - a2_k$$

同理可得到从第  $i$  个输入到第  $k$  个输出的阈值如公式 (35) :

$$\Delta b_{2_{ki}} = -\eta \frac{\partial E}{\partial b_{2_{ki}}} = -\eta \frac{\partial E}{\partial a_{2_k}} \cdot \frac{\partial a_{2_k}}{\partial b_{2_{ki}}} = \eta (t_k - a_{2_k}) \cdot f'_{2_i} = \eta \cdot \delta_{ki} \quad (35)$$

隐含层的权值变化

对从第  $i$  个输入到第  $k$  个输出的权值有

$$\Delta w_{1_{ij}} = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{1_{ij}}} = -\eta \frac{\partial E}{\partial a_{2_k}} \cdot \frac{\partial a_{2_k}}{\partial a_{1_i}} \cdot \frac{\partial a_{1_i}}{\partial w_{1_{ij}}} = \eta \sum_{k=1}^{s_2} (t_k - a_{2_k}) \cdot f'_{2_k} \cdot w_{2_{ki}} \cdot f'_{1_i} \cdot p_j = \eta \cdot \delta_{ij} \cdot p_j$$

$$\text{其中: } \delta_{ij} = e_k \cdot f'_{1_i} \quad e_i = \sum_{k=1}^{s_2} \delta_{ki} w_{2_{ki}} \quad \delta_{ki} = e_k \cdot f'_{2_k} \quad e_k = t_k - a_{2_k}$$

同理可得从第  $j$  个输入到第  $i$  个输出的阈值:  $\Delta b_{1_{ij}} = \eta \cdot \delta_{ij}$

以上式子中  $\eta$  是步长调整的因子。即修正权值的学习速率,  $0 < \eta < 1$ 。

改进的 BP 网络学习算法

BP 网络虽已经被大幅使用, 但它自身仍有一些限制与不足。它的缺点如下:

收敛速度慢、局部极值问题、难以确定隐层和隐节点, BP 神经网络能够一直接近任一非线性的映射关系。但是需要解决的问题总是不同, 其所需要的层数和节点数还是需要根据经验多次试验确定。所以, 想解决这种问题, 使它即可以加速训练过程, 又可以使网络不陷入局部极小值还能调整其他能力, 学者们研究出相应的升级方法。

#### a. 引入动量项

在这里, 引入动量项就好比低通滤波器, 是为了是网络在考虑误差在梯度的左右, 以及在误差曲面上变化趋势的影响以更好的修正权值。引入动量项本质上为了影响权值变化。

这是依据 BP 网络, 在网络中权值的变化时给权值附加一个正比上次权值的一个值再, 依据 BP 网络来创造合适的权值。引入动量项的权值调节公式 (36)

(37) 是:

$$\Delta w_{ij}(k+1) = (1 - mc) \eta \delta_i p_j + mc \Delta w_{ij}(k) \quad (36)$$

$$\Delta b_i(k+1) = (1 - mc) \eta \delta_i + mc \Delta b_i(k) \quad (37)$$

其中  $k$  为训练次数,  $mc$  为动量因子。

当  $mc = 0$  的时候, 权值是跟随梯度下降法发生变化的; 当  $mc = 1$  的时候, 新的权值变化则被认为是最终的权值的变化, 则不再考虑由于梯度法引起的变化。

根据动量项原理的介绍, 如果修改后的权值使误差变大, 则不采纳该结果并和动量效应来阻止它, 不至是网络发生更大的误差面; 当新的错误率的旧价值超过预定的最大误差变化率, 也不得不取消重量变化的计算。动量项也不是随意加入神经



网络中，它有其本身的约束条件不能胡乱的使用，在神经网络中对采用动量法的判断条件如公式（38）为：

$$mc = \begin{cases} 0 & SSE(k) > SSE(k-1) \times 1.04 \\ 0.95 & SSE(k) < SSE(k-1) \\ mc & \text{其他} \end{cases} \quad (38)$$

#### b.自适应学习速率

针对具体的情况寻找合适的学习率 并不简单，不仅是因为这个数值不易选择，而且一般情况下，即使在进行训练时选择了合适的学习速率 学习速率，但不能保证这个学习速率 就能是后期学习的合适的学习速率。所以，在进行网络训练时一般采用的是自适应学习速率 自调整学习速率，以下原则是自适应的：修订后的检查值能否减少误差函数，假如能，则是挑选的学习速率偏小要使其变大，假如不能，则说明挑选的大了，要适当减小。这种方法就确定了样本训练时能够采用的较大的可接受的学习率。如果大的学习率仍然可以保证网络稳定性研究，并且误差持续减少，然后扩大学习率。一旦学习率调整过大，不能持续减少错误，就应该适当降低学习率，使学习过程不变。

其调整公式为：

$$\eta(k+1) = \begin{cases} 1.15\eta(k) & SSE(k+1) < SSE(k) \\ 0.7\eta(k) & SSE(K+1) > 1.14 \times SSE(K) \\ \eta(k) & \text{其他} \end{cases} \quad (39)$$

本文就是使用了引入动量法以及自适应学习速率 两种算法以增强人工神经网络的实用性。

#### 4.4.2 改进的 BP 神经网络结构和设计

多层感知器（MLP）ANN 模型用于分析分类。这里使用的是三层 BP 神经网络。这些都是输入层（包括用来处理的原始数据），隐含层（帮助网络计算复杂的关联）输出层（包括由此产生的决定）。输入层里神经元都与隐含层相对的节点有对应权重。隐含层的结果是每个节点权重处理的总和。网络的输出是经输出层在经过权重计算后得到的。如果错误计算输出值与期望值之间不仅仅是错误的比率，然后训练(改变权重,通过使用新的权重计算新的输出)过程的开始。可以完成这个培训过程获得所需的所有输入的错误率的组合。培训的神经网络选择前馈反向传播算法。测量的培训网络的性能，均方误差（MSE）函数。MSE 的值用于确定网络输

出是否符合期望的输出。通常的训练将 MSE 降到某个阈值时终止。零意味着接近 MSE 价值计算输出值越来越接近期望的输出值<sup>[54]</sup>。

在训练神经网络时，应该先特性提取字符图像。特征提取提供了我们获得图像的最基础的信息。这些信息可以作为一个特征向量。一个特征向量包括了字符的最基本标志以便比较。根据对样本数据提取的特征向量对网络进行训练。在这里就数字识别的神经网络做详细介绍。

在这项研究中，获得字符分别保存为一个图像文件。数字和字母分类通过使用两个独立的神经增加识别阶段的成功率。提取特征向量算法不少，有粗网络提取法以及骨架特征提取法和 13 点特征提取法。

#### 1) 粗网格提取法

粗网格特征是对图像灰色特性分格统计。首先，粗网格特征提取方法是要对字符归一化。第二，把网格分为  $n \times n$  部分和计算单网格的像素的数量。每个网格的反映了一个特定的字符。当训练时，用网格相结合的统计特征来识别字符。

#### 2) 13 特征提取法，论文即采用此方法来进行特征提取。其过程如下：

第一步，均匀切分图像为 8 份，得到 8 份黑色像素点数量，从而可以获得得 8 个数值，如图 24。

第二步，把图像水平平均分成 4 份，将中间两份的黑色像素点个数保留，重新把图像竖直平均分成 4 份计算中间两份的黑色像素值，如图 25，和第一步的 8 个数值，以及图像所有像素点数量，组成了 13 个数值。对采集的数字样本进行数据采集如表 2 是部分样本数据。

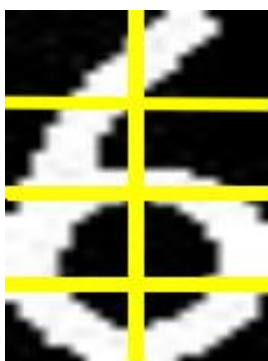


图 24 8 等分的图像

Fig.24 Eight equal parts of the image

依据牌照的性质，它的首字符为汉字，接着是英文字母，后面的是数字或字母。因此制定三个依次是汉字、字母以及数字和字母混合网络，图像切分后的首

位字符进行汉字网络识别，然后下位进行字母网络识别，剩下的送入数字字母混合网络。三个分类器都充分利用了每一位的特点，做到了简单，快速，且互相不影响。接下来介绍识别数字的BP神经网络的结构及一些参数。



图 25 水平以及竖直的四等分图像

Fig.25 Horizontal and vertical four equal parts of the image

### （1）网络的层数

虽然增加网络的层数能让网络降低误差，但会让神经网络比以前复杂，还会导致样本训练时间变长，所以选择一个合适的网络层数很重要，既要降低误差又要减少时间，隐含层节点地数目也可以减低误差影响并且其效果比改变层数有效。这里是用一个隐含层的三层 BP神经网络来完成字符的识别。

### （2）隐含层节点的数目

增加网络层数和隐含层节点数目都对训练精度有利，但理论上对于隐含层数目没有准确的数量规定。如果选择利用的节点数量不够了，网络就不能有效地进行训练学习，其迭代数目也会增多，训练精度不会太高，假如节点个数又过多，又会是时间增加。所以，网络隐含层节点数目有其一些原则是：先考虑实际问题然后再多1到2个节点能使误差的下降地较快。经过一些训练后，确定本文隐含层节点使用数目为 35 个。

### （3）参数的选取

网络的权值和阈值是可以随机选取的，所选的激活函数依次为双曲正切 S 型函数  $\tan \text{sig.m}$  和线性函数  $\text{pureli.m}$ 。而且引入了动量项和自适应学习速率调整法，其参数分别为：误差目标  $\text{goal} = 5 \times 10^{-3}$ ；学习速率为  $\eta = 0.1$ ，它的递增乘因子为  $\eta_{\text{inc}} = 1.15$ ；它的递减乘因子为  $\eta_{\text{dec}} = 0.8$ 。

引入动量项本质上为了影响权值变化。在没有附加动量的作用下，网络可能陷入浅的局部极小值。该方法是在反向传播法的基础上在每一个权值的变化上加上一项正比于前次权值变化量的值，并根据反向传播法来产生新的权值变化。在初始

学习率和误差阈值不变的条件下，动量因子分别为 0.85，0.9，0.95 时，网络性能的变化如表 3 所示。通过实验得到的数据分析，适当的选择动量因子可以加快网络训练的速度，同时也有助于提高网络的识别率。本文所选的动量因子为 0.95。

字母和汉字的神经网络设计过程与数字神经网络一样，先是进行样本数据的采集，设计网络参数然后进行网络训练，当达到预期水平时，运用于识别过程。

表 2 样本数据

Table2 Sample datas

数字	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	32	32	32	32	32	32	32	32	64	64	64	64	255
2	255	255	255	101	255	255	255	255	255	255	255	255	255
3	255	131	152	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
4	128	128	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
5	255	255	255	255	255	255	125	255	255	255	255	255	255
5	32	32	32	32	32	32	32	32	64	64	64	64	239
5	36	36	8	8	32	32	0	4	68	8	44	32	156
3	32	32	32	30	32	32	32	24	64	64	64	64	246
6	108	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
7	25	255	0	0	255	255	255	255	255	255	255	255	255
9	255	255	255	255	255	255	157	255	255	255	255	255	255
9	255	255	255	255	255	255	94	255	255	255	255	255	255
6	157	255	255	255	255	255	255	255	104	255	255	255	255
8	32	32	32	27	32	32	32	4	64	64	64	64	223
7	32	32	8	8	32	32	14	8	64	22	40	66	166
9	32	32	29	11	32	32	24	2	64	53	61	56	194
7	36	36	36	22	32	32	32	13	68	68	72	64	239
5	36	36	8	8	32	32	0	4	68	8	44	32	156
8	32	24	16	8	27	6	2	12	30	18	40	8	127

表 3 网络性能变化数据

Table3 Data network performance change

动量因子	迭代次数	时间 (s)	识别率
无	290	152	83%
0.85	282	124	89%
0.9	255	87	89%
0.95	196	45	90%

#### 4.4.3 MATLAB 软件介绍

MATLAB 版本 7.14.0.739(R2012a)是用于实现、文档和进一步处理。这个项目的发展，已经在 MATLAB 中实现各种算法和函数。此外，其他三个工具箱设计发挥了领导作用。工具箱的列表如下：

神经网络工具箱；图像处理工具箱；图像采集工具

MATLAB 名称代表矩阵实验处理。MATLAB 是一种高性能的语言技术计算。它集成了计算、可视化和在一个易于使用的编程环境中，问题和解决方案在熟悉的数学符号表示。MATLAB 是一种第四代编程语言包含先进的数据结构，内置的编辑和调试工具和支持面向对象编程。MATLAB 是一个互动的系统，基本数据元素是数组不需要尺寸。这有助于许多技术计算问题,特别是那些要求矩阵和向量公式。MATLAB 是更有效的比其他传统的编程语言。

MATLAB 平台完全适合这个项目的发展。选择 MATLAB 的主要原因如下：数学和计算建模、模拟和原型算法开发数据分析，探索和可视化和工程图形应用程序开发包括圆形用户界面，除了 MATLAB 提供的标准函数有许多额外的工具箱，过程和函数可用高度需要在这个项目。工具箱的完整列表下面：控制系统工具箱 系统辨识工具箱 神经网络工具箱 优化工具箱 鲁棒控制、信号处理、样条工具箱，仿真软件 MATLAB 比其他传统的计算机语言更好解决技术问题。它有强大的内置程序，使一个非常广泛的计算。在 MATLAB 很容易使用的图形命令的可视化结果立即。

#### 4.5 实验结果及分析

利用 MATLAB 对采集的图像进行了一系列的处理，把牌照从整幅图像剪裁出

来，依次进行了三通道分离，把一幅图像分成 R, G, B 分量的图像，有根据车牌的特点进行操作，定位出车牌。在利用 MATLAB 中的图像处理工具箱中的二值化，剪裁法等把图片按字符分割出来。再利用 MATLAB 中的神经网络工具箱，依据上一节设计的网络的层数、各个参数，设计分别对汉字，数字，和数字字母识别的三个网络。用 90 个数字模板，216 个字母模板和 18 个汉字模板对 BP 神经网络进行了学习训练，用 60 组车牌对神经网络的识别进行了验证。本文列出了一些待识别的图像，如图 26 所示。图 27 和 28 是实验用图及其识别结果而对 60 组车牌的识别率如表 4 所示。



图 26 待识别图像示例

Fig.26 To identify the sample images





图 27 实验用图

Fig.27 Experiment figures



图 28 识别结果

Fig.28 Recognition results

表 4 字符识别率

Table4 Character recognition rate

BP 神经网络	识别总数	正确识别个数	错误识别个数	识别正确率 (%)
汉字网络	60	55	5	91.6
字母网络	60	56	4	93.3
数字网络	300	284	16	94.6

通过分析实验数据，本文的研究识别率还不是很高，还需要以后更多的研究为了达到更高的识别率。

## 结 论

在这次研究中，对牌照自动识别技术实现了一些探索，但由于客观条件和时间的限制还存在很多不足，还需进一步深入研究，在这里分 3 部分进行详述。

首先在车牌定位过程中，论文从车牌颜色信息着手，设计出针对变形车牌的定位方法。彩色图像包含的信息多且能分辨多种不同种类的车牌，但是由于是同时运行三个通道的数据，其运行速度会受牵连，为了克服这一缺点，需要在算法中对三通道都计算的这一方法进行改进，研究一种更直接的方法，解决速度问题还能提高准备性。

其次在车牌字符分割过程中，论文先对定位的字符进行二值化，为的是可以减少计算量，节约时间，然后将车牌里的边框和铆钉剪裁掉，能够方便后期的切分和识别，根据字符宽度设置阈值，来分割字符。

最后在车牌识别中，因为使用的是人工神经网络，所以先要训练网络，就需要样本数据。为了提高系统的识别速率，对样本数据采取特征提取。在这里采用的是 13 特征提取法。它对数字、字母识别效果较好，对汉字不太理想。因此需要考虑一种更加适用于汉字的特征提取方法。得到出更有用的信息，从而提高训练精度。在进行字符识别的过程中，只运用神经网络方法，也可能是使精度不高的原因，在进一步的深入时可以考虑与其他算法相结合的方法，如小波变换、遗传算法等。

虽然科技在不断进步，道路交通问题可以得到很好的解决，但公路交通占世界上 75% 的二氧化碳排放量，以及交通运输占世界 20% 的能源消费。秉着可持续发展的观念，应该绿色交通和智能交通齐头并进。



## 参考文献

- [1] KO, KIM, YONG-MO. Improvements in real-time feature-based license plate character recognition. *Key Engineering Materials*, 2005(1):355-360.
- [2] TAKAHASHI, YASUKO, TANAKA. License plate recognition using gray image template matching with noise reduction filters and character alignment. *Systems and Computers in Japan*, 2007(3):49-61.
- [3] OBEID, HASAN R. ZANTOUR. License Processing: Recognizing Characters in License Plates. 2007 IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications, 2007: 712-716.
- [4] R BREMANANTH, VSL NATHAN, V SEETHARAMAN. A new methodology for license plate recognition. *IETE Journal of Research*, 2005(51):279-286.
- [5] 黄志斌, 陈锻生. 基于串行分类器的字符识别[J]. *计算机应用研究*, 2002(12):43-47.
- [6] 张引, 潘石鹤. 彩色汽车图像牌照定位新方法[J]. *中国图像图形学报*, 2001, 6(4):374-377.
- [7] 杨霞, 何术. 基于神经网络的车牌识别系统设计[J]. *科技信息*, 2013(18):265-266.
- [8] 是湘全, 何苑凌, 蔡孟波. 遗传算法在车牌定位中的应用[J]. *公路交通科技*, 2000, 17(5):34-36.
- [9] 中华人民共和国公安部. 中华人民共和国机动车号牌. GA36-2007 行业标准.
- [10] 金茂菁. 我国智能交通系统技术发展现状及展望[J]. *交通信息与安全*, 2012, 30(5):1-5.
- [11] BELL, MICHAEL G H. Presence of urban ITS architectures in europe results of a recent survey[J]. *Ingegneria Ferroviaria*, 2012, (5):447-467.
- [12] 黄艳国, 赵书玲, 许伦辉. 基于纹理特征和颜色匹配的车牌定位方法[J]. *微电子学与计算机*, 2011, 28(9):123-126.
- [13] 穆丽娟, 籍焱. 基于新模板的算法在车牌字符分割中的应用[J]. *计算机工程与应用*, 2012, 48(19):191-196.
- [14] 刘庆祥, 蒋天发. 车牌图像定位方法的研究与应用[J]. *计算机工程与应用*, 2007, 43(24):233-234.
- [15] 苑玮琦, 张亮. 基于分块思想的汽车牌照定位算法研究[J]. *自动化学报*, 2007, 33(7):768-770.
- [16] 杜晓刚, 王建中, 白艳萍, 等. 一种快速有效的混合倾斜车牌校正方法[J]. *数学的实践与认识*, 2012, 42(19):87-95.

- [17] UHMED C M, AYBARS U, TURHAN. Automatic number plate information extraction and recognition for intelligent transportation system[J]. The Imaging Science Journal, 2007, 55(2):102-113.
- [18] BAI Hongliang, LIU Changping. A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology[J]. IEEE. 2004:220-222.
- [19] 李志敏, 张慧, 古利超. 应用两级分类实现车牌字符识别[J]. 电子技术应用, 2011, 37(4):122-125.
- [20] 黄灿. 基于局部特征的车辆识别[D]. 上海: 上海交通大学, 2010.
- [21] KARUNGARN, FUKUMI U M, AKAMATSU N. Detection and recognition of vehicle license plates using template matching[C]. International Conference on Information and Computing Science, 2009:1975-1985.
- [22] LORENS D, MARZAL A, PALAZO V, Car license plates extraction and recognition based on connected components analysis and HMM decoding[J]. Pattern Recognition and Image Analysis, 2005, 35(22):571-578.
- [23] FARHAD FARAHD, AMIR HOEEIN REZAIE, MAJID ZIARATBAN. A morphological-based license plate location[C]. Image Processing, 2007 .ICIP 2007 .IEEE International Conference, 2007.
- [24] HUANG H B, ZHUANG G Fang. Vehicle license plate location based on Harris corner detection [C]//ProceedingIJCNN, 2008:352-355.
- [25] MASATAKA KAGESAWA, SHINICHI UENO. Vehicle recognition system in infrared images using IMAP parallel vision board[J]. Electronics and Communications in Japan, 2003, 86(5):91-100.
- [26] 任仙怡, 周晓, 张桂林, 等. 彩色汽车牌照定位方法[J]. 红外与激光工程, 2002, 31(3):204-207.
- [27] 吴进军. 基于彩色二值化的车牌定位方法[J]. 公路交通科技, 2006, 23(4):135-138.
- [28] 郭捷, 施鹏飞. 基于颜色和纹理分析的车牌定位方法[J]. 中国图像图形学报, 2002, 7(5):472-476.
- [29] 张吉斌. 基于图像处理及支持向量机的车牌识别技术研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2013.
- [30] 郭大波. 彩色汽车图像车牌定位技术分析[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2005 28(1):40-43.
- [31] 沈勇武, 章专. 基于特征颜色边缘检测的车牌定位方法[J]. 仪器仪表学报, 2008,

- 29(12):2673-2677.
- [32] 刘万军, 姜庆玲, 张闯. 基于 CNN 彩色图像边缘检测的车牌定位方法[J]. 自动化学报, 2009, 35(12):1503-1512.
- [33] 李文举, 梁德群, 张旗等. 基于边缘颜色对的车牌定位新方法[J]. 计算机学报, 2004, 27(2):204-208.
- [34] 白利波, 郝晓莉, 李杰. 基于模糊集的车牌提取方法[J]. 北京交通大学学报, 2006, 32(2):48-52.
- [35] 王义兴, 黄凤岗, 韩金玉等. 基于颜色搭配与纹理特征的车牌定位方法[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(2):304-308.
- [36] 陈曦. 基于 SIFT 的视觉单词在人脸识别中的研究[J]. 科学技术与工程, 2013, 13(20):5988-5992.
- [37] JIN Quan, QUAN Shuhai, Shi Ying. A fast license plate segmentation and recognition method based on the modified template matching. Proceedings of the 2009 2nd International Congress on Image and Signal Processing, CISP'09, 2009.
- [38] 康建新. 基于图像的车牌识别系统的设计和实现[D]. 吉林: 吉林大学, 2014.
- [39] LI Hui, ZHANG Huanhuan. Improved projection algorithm for license plate characters segmentation. 2009 2nd International Conference on Intelligent Computing Technology and Automation, ICICTA 2009, v4:534-537.
- [40] SHAN Baoming. License plate character segmentation and recognition based on RBF neural network. 2nd International Workshop on Education Technology and Computer Science, ETCS 2010, v2:86-89.
- [41] FENG Yang, ZHENG Ma, MEI Xie. A novel approach for license plate character segmentation. 2006 1st IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, 2006.
- [42] GRANA C. BORGHESEANI D, CUCCHIARA R. Optimized block-based connected components labeling with decision trees[C]. IEEE Trans Image Process, 2010, 19(6):1596-1609.
- [43] DENG Hongyao , SONG Xiuli License Plate Characters Segmentation using projection and template matching. Proceedings-2009 International Conference on Information Technology and Computer Science, ITCS 2009, v1:534-537.
- [44] 马宁, 李斌. 基于神经网络集成的车牌字符识别[J]. 安徽广播电视大学学报, 2012, 2:116-120.
- [45] 刘冰冰. 基于 PCA 车牌汉字识别算法的研究与实现[D]. 长春: 长春理工大学, 2011.

- [46] 王云飞. 基于 SIFT 和归一化互信息的 SAR 图像配准算法研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2014.
- [47] 王永明, 王贵锦. 图像局部不变性特征与描述[M]. 国防工业出版社, 2010.
- [48] 朱佳文, 屈新原, 高小伟. 基于 CSIFT 算法的 UAV 影像配准技术研究[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2013, 34(4):69-74.
- [49] 戴天虹, 吴以. 基于 OTSU 算法与数学形态学的木材缺陷图像分割[J]. 森林工程, 2014, 30(2):52-55.
- [50] 王明化. 一种基于模糊聚类的车牌图像分割方法[J]. 黑龙江工程学院学报, 2013, 27(1):41-44.
- [51] 王洪亚. 基于 HSV 的夜间车牌识别算法[J]. 智能计算机与应用, 2013(2):86-88.
- [52] 谭杰, 王殊轶, 王慧芳. 基于 Halcon 的图像拼接算法研究[J]. 微电子学与计算机, 2011, 28(12):184-187.
- [53] 万燕, 刘伟. 基于低质量图片的两级车牌字符识别算法[J]. 计算机应用与软件, 2012, 29(11):281-284.
- [54] VILLEGAS O V, BALDRAMA D G. License plate recognition using a novel fuzzy multilayer neural network[J]. International Journal of Computers, 2009, (3):42-44.
- [55] 查志强. 复杂背景下的快速车牌识别技术研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2013.
- [56] LI Xiaoping, LV Xiaoxing, WANG Shuaizong. Research on the recognition algorithm of license plate character based on the multi-resolution template matching[C].2010 4th International Conference on New Trends in Information Science and Service Science (NISS), 2010:341-344.
- [57] 王伟良, 梁中岩, 张三元. 笔划宽度变换直方图在车牌识别中的应用[J]. 科学技术与工程, 2015(29):77-82.
- [58] 杨超, 杨振, 胡维平. 车牌识别系统中反色判断及二值化算法[J]. 计算机工程与设计, 2016, 37(2):534-539.
- [59] 张洁, 方厚加. 基于图像处理技术的车牌识别研究[J]. 智能计算机于应用, 2016, 6(1):75-79.

## 致 谢

在两年多的研究生学习期间，作者得到了导师唐瑞尹教授的悉心指导和教诲，以及生活上无微不至的关怀，使作者在研究生学习生活中受益匪浅。在本系统的研究过程中，唐瑞尹教授对作者的学习进行了认真地指导，在课题遇到困难的时候总是帮助作者走出困难，使作者在车牌识别方法的探索上少走了很多弯路，并对相关的理论知识有了更进一步地认识。在作者面临人生道路的一些选择的时候，教授总是给予无私的支持和巨大的鼓励，使作者有明确前进的方向，并向着其理想奋勇前进。唐瑞尹教授严谨的治学态度、渊博的知识、高尚的人格对作者以后的学习和工作产生了深远的影响。

在做研究生课题期间，还要感谢赵春祥研究员，他丰富的实践与指导能力，同样感染了作者的学习态度，并激励作者不断上进，感谢赵老师的悉心教导。

另外，还要感谢同一实验室的同学，同学们也都为作者提供了很多有益的建议和莫大的帮助，对他们一并致以衷心地感谢。感谢传授过作者知识和给予过作者帮助的老师，感谢在学习和生活上给予过作者无私帮助的同学。

最后，还要感谢答辩组的各位专家和教授。从论文的开题到现在的答辩，正是你们提出了宝贵的修改意见，为作者指点迷津、开拓研究思路，同时，衷心地感谢你们在百忙之中评阅论文和参加答辩。

## 导师简介

唐瑞尹（1976-）：女，汉族，河北唐山人；教授，博士；华北理工大学硕士生导师。

2003.9-2006.12 毕业于河北理工学院检测技术与仪器仪表专业，获得工学硕士学位；2012.9 在天津大学攻读博士学位。

1999 年 6 月至今，在华北理工大学电气工程学院任教；

近年来发表论文 10 多篇，其中 SCI 期刊检索 1 篇，EI 期刊检索 4 篇；《基于激光传感器的二维小尺寸精密测量系统研究》获河北省科技进步三等奖；《数据挖掘技术在烧结配矿系统中的应用》获河北省冶金科学技术三等奖；2014 年度获河北省三三三人才第三层次。

联系方式：

赵春祥（1962-）：男，研究员；唐山亿立科技发展有限公司经理。

1990 年毕业于东北大学研究生院，获控制理论及应用专业硕士学位。

曾先后主持完成国家“九五”科技攻关课题一项、原煤炭部科技攻关课题和基金课题多项，主持设计与实施全国各选煤厂自动化项目共百项，曾获国家煤炭科技进步奖两项，发表学术论文二十余篇。

## 作者简介

卢博超（1991-）：女，汉族，河北省保定市人，华北理工大学硕士研究生。

### 在学期间发表论文和著作：

[1] 唐瑞尹, 卢博超, 李博文. 彩色图像车牌定位方法的研究现状及展望[J]. 工业控制计算机, 2016, 29(9):113-114.

[2] 唐瑞尹, 卢博超, 李博文. 基于 MATLAB 的车牌识别方法[J]. 工业控制计算机, 2016, (12):37-38.

### 科研成果和奖励：

获得华北理工大学研究生三等学业奖学金，2016.10

### 联系方式：

## 学位论文数据集

车牌定位；离散特征；字符分割；识别技术		图像识别技术	TP391.41
520.6040	2017311049	公开	
华北理工大学		硕士	
车牌定位与字符识别的方法研究		中文	
资源形式： [ 文本（√） ]    [ 图像（√） ]    [ 视频（ ） ]    [ 音频（ ） ]    [ 其他（ ） ]			
推荐形式    application/msword; application/pdf			
卢博超		华北理工大学	10081
控制工程	检测技术及智能装置		2.5 年
2016.12.5			
唐瑞尹	教授	华北理工大学	
河北省唐山市新华西道 46 号	063009		
刘福龙	边冰	杨友良	2017.3.4
华北理工大学		唐山	
工程硕士	2017		
57	A4		
注：共 37 项，其中标明（可选）项可不填，必填数据 24 项。			