Design and Implementation of Parking Lot Charge Management System Based on Deep Learning Technology*

ZHANG Lili[1*], *ZHANG Zhenkun*[1], *LIU Mingzhao*[2], *SHA Yi*[1]
(1. *National Computer Experimental Teaching Demonstration Center, College of Computer Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang Liaoning* 110819, *China*; 2. *School of Physics, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning* 116024, *China*)

Abstract: The parking lot charge management system which can solve the charging management problem of vehicles entering and leaving the parking lot is written in Python. Through the front-end interface, the parking lot managers not only can observe the vehicle type, car brand, license plate number and other information of each car entering the parking lot in real time, but also can call all the vehicle information that has been stopped inside the parking lot stored in the back-end database in real time, observing the billing situation of stopped vehicles in the parking lot. The use of tens of thousands of license plate images acquired from network resources is to train the neural network of license plate recognition. Through testing, both the license plate recognition effect and the management mode have achieved good results, providing a new management system for the application scene which is similar to the parking lot.

Key words: license plate recognition; deep learning; Python; neural network; database
EEACC: **6135E**; **7210A** **doi**: **10.3969/j.issn.1005-9490.2021.01.044**

基于深度学习技术的停车场收费管理系统设计与实现*

张立立[1*],张振坤[1],刘明钊[2],沙　毅[1]
(1.东北大学计算机科学与工程学院,国家级计算机实验教学示范中心,辽宁 沈阳 110819;
2.大连理工大学物理学院,辽宁 大连 116024)

摘　要:停车场收费管理系统使用 Python 语言编写实现,能够解决进出停车场的车辆的收费管理问题。停车场管理人员通过前端界面不仅可以实时观测进入停车场的每一辆车的车型、车品牌、车牌号等信息,还可实时调用储存在后端数据库的停车场内部已停的所有车辆信息,观测停车场内已停车辆的计费情况。利用从网络资源获取的数万张车牌图片,对车牌识别的神经网络进行训练。通过测试,其车牌识别效果与管理模式均取得了良好的效果,为类似于停车场的应用情景提供了一种新的管理系统。

关键词:车牌识别;深度学习;Python;神经网络;数据库
中图分类号:**TP391.4**　　**文献标识码**:**A**　　**文章编号**:**1005-9490(2021)01-0231-05**

智能交通系统[1]利用先进的信息处理技术、导航定位技术、无线电通信技术、自动控制技术、图像分析技术及计算机网络和处理技术等加强道路、车辆、驾驶员和管理人员的联系,实现道路交通管理的“自动化”和车辆行驶的“智能化”,增强运输安全,减少交通拥塞,增加车辆机动性和路面运输效率,减少环境污染,节约能源,有助于提高经济活力[2]。其中,车牌识别技术是智能交通系统的重要组成部分,已经广泛应用于交通流量检测、小区车辆管理、街道违停监控、高速公路收费等各方面,它改变了传统的交通管理体系,大大降低了人力成本,提高了工作效率,更科学高效地完善了交通管理系统,还具有潜在的技术应用前景。

21 世纪以来,随着经济的快速发展和国家综合实力的增强,我国车牌识别技术趋于成熟,主要包括直接法和间接法两种方法。其中,采用无线电频率鉴别车牌的方法属于间接法,而车牌识别的直接法则是基于图像处理的车牌自动识别[3]。自 20 世纪

项目来源:国家自然科学基金项目(61671141);国家自然科学基金项目(61501038)
收稿日期:2020-06-14　　**修改日期**:2020-08-03

80 年代以来,许多学者使用图像处理的方法对车牌识别进行了研究[4],但由于国内的牌照拍摄差异,使得车牌自动识别系统不够完善,识别结果不够理想。牛进才等人[5-6]提出将采集到的车牌照进行灰度化、二值化等一系列处理,采用边缘检测算法等对车牌进行定位。张哲[7]等人提出将图像处理与图像识别技术融入车辆流量检测中,大大提高了检测的效率和管理的质量。

总体来说,由于我国不同汽车类型有不同的规格、大小和颜色,且车牌号位数不统一,所以在进行车牌识别时,增加了一定的难度。同时,依照目前的研究现状来看,车牌识别系统的识别率和识别速度亦有待提高。基于此,我们结合当前火热的深度学习技术[8]提出了一种整合了车牌号、车型和车品牌的自动识别技术。

本文将对此识别技术在停车场收费场景下的应用展开论述。

1　系统设计内容及结果

1.1　车牌识别系统设计

1.1.1　车牌定位

车牌定位是指对获取的图像首先进行一系列预处理,进而可以在图像中定位到车牌的位置,其主要目的是在一幅图片中发现仅包含车牌的图块,以此提高整体识别的准确率与识别速度。

(1)定位原理

在我们的车牌定位过程中,我们采用了两种方法进行相互结合:基于边缘检测的车牌定位方法[9]和基于颜色特征的车牌定位方法[10]。其中,图像边缘是指图像的灰度值发生剧烈变化的区域,由于字符在车牌图像中具有较大的边缘特征,所以基于边缘检测的车牌定位是根据图像中字符的特征和其他边缘信息来实现的;基于颜色特征的定位方法是指车牌颜色、车牌背景等特征,先提取出包含车牌区域的图像块,再进行灰度化、二值化等一系列处理之后,根据车牌区域投影图和非车牌区域投影图的不同,采用行列扫描投影法进行精准定位,提取出最终的车牌图像区域。

(2)定位过程

车牌的整个定位过程流程图如图 1 所示。首先,对输入的车牌图像进行高斯滤波、归一化等预处理[11],之后对输入图像进行灰度化及二值化处理,再对得到的颜色检测图像与边缘检测图像进行互相筛选,至此得到消除大部分噪声的车辆图像。根据我国车牌的特征,车牌大小为 440 mm×140 mm,其长宽比约为 3∶1,由此筛选出车牌图块位置后,即可输出轮廓比最接近 3∶1 的图块。此图块即为定位后的车牌。

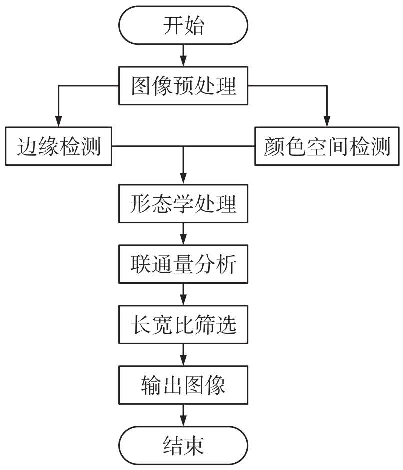


图 1　车牌定位流程图

1.1.2　字符分割

对于截取出的车牌图像,我们利用垂直投影法[12]将其中的车牌号分割为 7 个独立字符,然后再进行字符识别。

(1)算法原理

该算法是依据车牌字符间的像素为零而找到各个字符的左右位置进行分割。

我们对车牌灰度图像进行灰度垂直投影,通过车牌区域的垂直投影可以清晰地看出 7 个字符各自的区域。根据投影图的特征,首先遍历每一列的像素并进行统计,定义第 0 列为开始位,之后从左到右依次将每一列的白色像素数与一个阈值进行大小比较。若白色像素数大于阈值,则继续判断下一列,直到白色像素数低于某一阈值,此时定义该列为结束位。依次循环,从而分割出每个字符。

(2)分割过程

字符分割的过程是从车牌字符的垂直投影图上的横向从左到右依次检测每一个坐标的投影数值。当检测到第一个不为零的投影数值时,将此投影数值所属的像素点看作第一个投影区域的左边边界。然后继续向右检测,当检测到的投影数值出现第一个零值时,将此投影数值所属的像素点看作第一个投影区域的右边边界。至此得到了第一个区域的左右边界,即分割出了第一个字符,其他区域字符分割重复以上循环过程即可。

1.1.3　字符识别

因为我们所进行检测的车牌的编号是由中文汉字与数字组合而成,所以我们通过改进 LeNet-5 模型实现对车牌的汉字(省份)与数字的分别训练。

其中我们收集了一共 40 000 张(大小为 33×33)的数据集,将训练集与验证集大致分为 8:2 的比例,在基于 Python 3.6.6 的 tensor flow 环境下进行训练。

省份训练中,我们把准确率设为 0.9,训练结果如图 2 所示。

```
第300次训练迭代:准确率 89.52381%    损失值为:3.502635e-05    测试损失值:1.153697
第305次训练迭代:准确率 89.55182%    损失值为:0.0003467182    测试损失值:1.164928
第310次训练迭代:准确率 89.83193%    损失值为:0.00013605173    测试损失值:1.1590005
第315次训练迭代:准确率 89.92997%    损失值为:0.000644001    测试损失值:1.1760446
第320次训练迭代:准确率 90.11204%    损失值为:0.00013588998    测试损失值:1.1878469
完成训练
训练耗费时间:1859秒
保存路径为: F:\car_train\province\model.ckpt

Process finished with exit code 0
```

图 2　省份训练结果图

数字训练中,我们把准确率设为 0.88,训练结果如图 3 所示。

```
第245次训练迭代:准确率 88.94953%    损失值为:0.022890924207674967    测试损失值:0.6021115
第250次训练迭代:准确率 88.74488%    损失值为:0.022062482792907574    测试损失值:0.6128664
第255次训练迭代:准确率 88.88131%    损失值为:0.021602288183371232    测试损失值:0.611678
第260次训练迭代:准确率 89.00409%    损失值为:0.02006833937212612    测试损失值:0.61478794
第265次训练迭代:准确率 88.78581%    损失值为:0.01976403594239374    测试损失值:0.63590765
第270次训练迭代:准确率 89.00409%    损失值为:0.02025547487303261    测试损失值:0.6345034
```

图 3　数字训练结果图

之后我们把训练出的权重应用于编写好的 LeNet-5 神经网络中,输出是概率最大的前三类。识别结果如图 4 所示。

```
概率:[粤 100.00%]    [藏 0.00%]    [皖 0.00%]
省份简称是:粤
进入调用

概率:[G 95.40%]    [6 2.16%]    [8 0.61%]
概率:[S 99.19%]    [5 0.67%]    [9 0.13%]
概率:[B 96.33%]    [5 1.60%]    [K 0.21%]
概率:[2 99.90%]    [8 0.00%]    [9 0.00%]
概率:[5 97.74%]    [6 0.03%]    [8 0.00%]
概率:[0 96.49%]    [8 0.68%]    [L 0.03%]
车牌编号是:GSB250
车牌号为:粤G·SB250
```

图 4　车牌识别结果图

1.2　前端窗口设计

停车场车辆收费系统呈现给停车场管理人员的是前端页面。通过前端窗口,停车场管理人员能够实时监测进入停车场的每一辆车的图片、车牌识别的结果以及后端数据库实时更新的内容,如图 5 所示,主要包括每一辆车的车型、车品牌、车牌号以及进入停车场的时间。总体来说,前端窗口的设计能够帮助停车场的管理人员足不出户地实时掌控停车场内部情况。

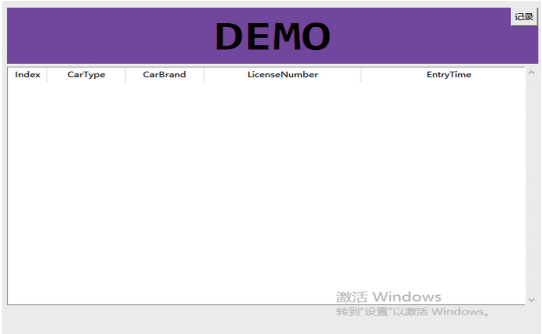


图 5　前端窗口界面展示

本系统的前端页面基于 Python3.6.6 平台,通过调用 Tkinter 模块进行图形用户界面 GUI 的编写。其中,Tkinter 模块(Tk 接口)是 Python 的标准 Tk GUI 工具包的接口,Python 通过使用 Tkinter 就可以快速创建 GUI 应用程序。

1.2.1　前端开发

前端的开发过程,主要指窗口基本框架及其内容的实现,包括展示识别的图片、识别的结果以及后端的数据库内容。对于想要展示的车牌图片和识别结果,我们通过调用 show_roi 和 from picture 两个函数,将车牌识别算法部分返回得到的结果展示在前端界面中,并对其进行位置调整。数据库内容由 creat_page 和 creat_table 两个函数构成,先将该部分的框架、面板等基本内容写出,在此基础之上完成后续表格的创建(其中表格的标题行内容分别为"序号、车型、车品牌、车牌号、进入停车场时间"),并读取数据库内部所有数据,即停在停车场内部的所有车辆信息,将其展示在表格中。

同时,我们也为用户提供了手动增加数据库内容的功能,即通过表格右上方的"记录"按钮,管理人员可以手动输入新的车辆信息,以此确保不会遗漏任何一辆进入停车场的车辆的信息。

1.2.2　实验结果

由图 5 和图 6 可知,该停车场系统的前端界面包括了车牌识别的结果以及数据库内容,图 6 是最

图 6　前端界面效果图

终呈现出的效果图,即管理人员可通过该窗口实时观测到停车场的状况,由此可见,此前端界面能够满足用户需求。

1.3　后端数据库设计

鉴于我们整个系统采用 Python 语言编写,而基于 Python 3.6.6 平台的 SQLite 是一款轻型的、遵循 ACID 的关系型数据库管理系统,能够支持 Windows 等主流的操作系统,同时也能够跟很多程序语言相结合,且处理速度较快。因此,对于停车场车辆收费系统的后端数据库设计,我们在 SQLite 上构建了数据库管理系统,并通过编写插入数据、删除数据的函数,实现实时记录停车场车辆的进出情况。

在我们的停车场收费系统中,数据库系统包括序号、车型、车品牌、车牌号、进入停车场时间这五项内容。对于进入停车场的每一辆车,相当于向数据库中增加一个新对象,并将其信息输入到数据库中,此时即认为此车辆已经停放在了停车场内部;对于离开停车场的车辆,系统自动删除数据库中相关信息,并显示其应付的金额。

此模块的代码编写,主要包括生成数据库、插入信息、删除信息等函数。在完成创建数据库后,对于由车牌识别算法返回得到的车牌号数据,首先确认此数据是否已经存在于数据库中。如果数据库中没有此车牌号,即认为是第一次识别到该车,该车是要进入停车场内部,并利用插入函数将车辆信息输入到数据库中。如果发现此数据已经存在于数据库中,即认为是第二次识别到该车,该车是要离开停车场,系统则自动从数据库中删除该车辆相关信息,并获取当前时间(即离开停车场的时间),利用存入的进入时间,得到并显示该车辆应支付的费用金额。

2　系统拓展与创新

在完成车牌号识别系统的基础之上,我们对已构建的停车场收费系统进行了进一步的拓展与创新。为了进一步完善丰富整个系统,扩展收费系统的应用范围,我们增加了车类型以及车品牌识别系统的设计。最后此两项识别信息将会与车牌号、进入停车场时间一起存入数据库,并展示在前端界面当中。

2.1　车型识别系统设计

目前,车型识别是大多数交通管理系统的重要组成部分,相对成熟的车型识别方法有超声波检测、激光红外线检测等方法,但都有较大的弊端之处,比如维护成本过高等。目前深度学习算法已经在图像分类识别等方面取得了较好的效果,而其中一种重要的结构就是卷积神经网络[13],该网络具有在深度学习中自动学习、提取图像特征的特点,得到了较大发展。因此我们利用卷积神经网络,对进入停车场的车辆进行简单的车型分类识别,分为轿车、货车、大客车三大类。网络架构如图 7 所示。其中用到的卷积神经网络包括三个卷积层和一个全连接层。

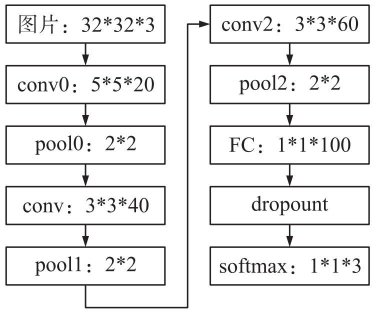


图 7　车型识别卷积神经网络架构图

我们首先将训练集中的图像都转换成 32×32 大小的 RGB 图像;再经过三次卷积加池化,输出大小为 2×2×60 的张量;然后展开成 1×1×240 的向量,通过全连接层转换为 1×1×100 的特征向量;最后通过 dropout 层抑制过拟合并通过 softmax 层输出。

测试过程中的部分程序及结果如图 8 所示,可以发现,车型识别的准确率保持在一个较高的水准,结果是比较理想的。

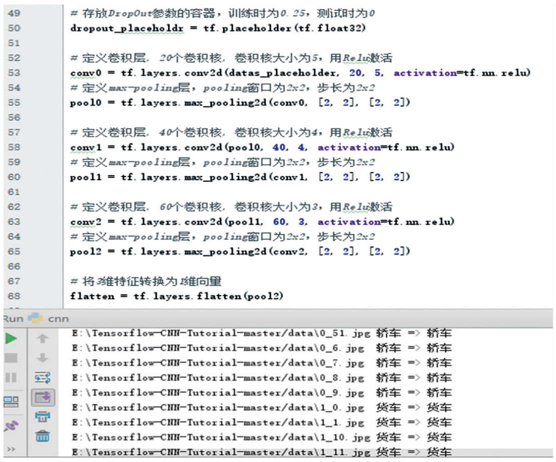


图 8　车型识别算法的部分程序与运行结果展示

2.2　车品牌识别设计

对于车品牌的识别,由于品牌型号过于复杂,我们受限于训练资源无法自主训练,因此我们采用了百度智能云 API。该 API 可以精准识别车的品牌和型号,识别准确率较高而且十分快速。其中,百度智能云是百度提供的公有云平台,提供智能大数据、智能多媒体、智能物联网服务。

图 9 是我们利用该 API 进行车品牌识别的算法代码部分,其中在获得百度密钥等参数信息后,打开所要识别的图片,调用该 API 即可输出得到图片中

车辆的品牌信息。可以从图 10 的测试实验结果中得知，利用百度智能云 API 进行车品牌识别的效果较为理想。

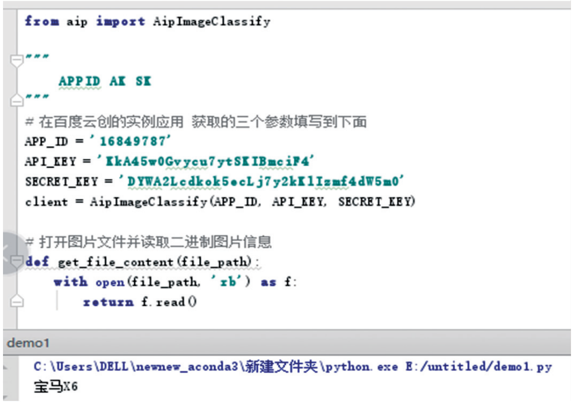


图 9　车品牌识别算法的部分程序与运行结果展示

图 10　车品牌识别系统测试结果展示

3　总结与展望

在本文中，我们利用 Python 语言实现了一个基于车牌识别技术的停车场管理系统。通过观察测试的结果，该系统能够较好地实现对于进出停车场的车辆的管理。

车牌识别技术对于维护交通安全和城市治安，防止交通堵塞，方便停车场收费管理等方面有着现实意义。本文提出的停车场收费管理系统结合当前火热的深度学习技术，在车牌号识别技术的基础上进一步做了车型识别技术和车品牌识别技术的扩充延展，使整个收费管理系统更加趋于完善和便捷可控。

车牌识别的发展还需要做更深层次的研究和完善。随着城市智能化的发展，此项技术将会对我国未来交通全自动化管理甚至经济发展领域带来不可估量的促进作用。

参考文献：

[1] Zhu Fenghua，Li Zhenjiang，Chen Songhang，et al. Parallel Transportation Management and Control System and Its Applications in Building Smart Cities[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems，2016，17(6)：1576-1585.

[2] 陈志昂，纪志坚. 基于 MATLAB 的车牌识别系统设计[J]. 工业控制计算机，2018，6(9)：50-51.

[3] 汪超洋，彭定敏，黄继文. 一种车载公交专用道抓拍系统的设计[J]. 计算机与数字工程，2018，5(9)：1876-1880.

[4] 刘自强，刘逸文. 电子车牌发展现状及应用[J]. 电子技术与软件工程，2018，11(7)：236-237.

[5] Wang Naiguo，Zhu Xiangwei，Zhang Jian. License Plate Segmentation and Recognition of Chinese Vehicle Based on BPNN[C]// 2016 12th International Conference on Computational Intelligence and Security，Wuxi，China，2016：16-19.

[6] 牛进才，余建立，李孟君. 车辆牌照识别算法的研究与实现[J]. 电子测量技术，2018(6)：45-49.

[7] 张哲，李挺. 图像识别在智能交通领域中的应用[J]. 无线互联科技，2018，9(16)：139-140.

[8] Li Daming，Deng Lianbing，Cai Zhiming，et al. Intelligent Transportation System in Macao Based on Deep Self-Coding Learning[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics，2018，14(7)：3253-3260.

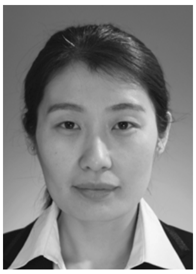
[9] 陈佳，刘立. 基于数学形态学的车牌定位方法[J]. 科技与创新.2014(12)：113-115.

[10] 赵雪春，戚飞虎. 基于彩色分割的车牌自动识别技术[J]. 上海交通大学学报，1998(10)：4-9.

[11] 刘效静，成瑜. 汽车牌照自动识别技术研究[J]. 南京航空航天大学学报，1998(5)：573-576.

[12] 马晨. 基于 MATLAB 车牌字符分割的算法研究[J]. 电子制作，2017(6)：29-30.

[13] 周飞燕，金林鹏，董军. 卷积神经网络研究综述[J]. 计算机学报，2017(6)：1229-1251.



张立立(1984—)，女，辽宁阜新人，高级实验师，国家级示范中心副主任，主要研究方向为无线传感器网络、实验技术管理等；

沙　毅(1959—)，男，博士，副教授，主要研究方向为移动网络、自动控制、车载自组网等。