

大学校园人工智能车牌识别系统

秦升平¹ 朱美英²

QIN Shengping ZHU Meiyang

摘要

随着高等教育普及与校园规模扩大,大学校园内车辆数量激增,传统人工车辆管理方式效率低下,难以满足校园车辆规范化管理需求。而人工智能技术的快速发展为解决该难题提供了有效路径,文章根据大学人工智能的课程教学情况,结合大学校园的视频监控等基础设施,设计了大学校园的人工智能车牌识别系统,为实现大学校园的车辆智能化管理提供技术保障;介绍了该系统包含的图像抓拍和图像预处理、车牌定位、车牌识别等子系统,给出了编程实现的主要函数定义。通过理论与实践结合的教学模式开展教学活动,将人工智能和神经网络理论应用到该系统中,不仅提升了学生知识掌握程度与实践能力,也为校园车辆智能化管理提供了技术保障。

关键词

车牌识别; 车牌定位; 字符识别; 人工智能; CNN 神经网络

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2025.10.025

0 引言

大学校园内汽车保有量持续增长,不仅停车场频繁处于满员状态,餐厅、超市、办公楼、体育场等人员密集区域周边也时常车满为患。这一现象导致校园交通拥堵问题凸显,进而引发学习、生活、工作等多方面的安全隐患与管理难题,此类问题已不容忽视。目前,师生、员工对校园车辆智能化管理的需求愈发迫切,而人工智能车牌识别系统的出现,为有效解决这一问题提供了崭新途径。作为智能交通领域确定车辆身份的最重要手段,车牌识别技术为实现车辆停放以及交通的智能管理发挥了很大作用^[1]。同时,随着人工智能技术相关课程越来越成为大学必修课程,在大学校园实施人工智能车牌识别系统具有非常重要的实践意义。本文基于大学人工智能课程教学实践,结合车牌识别系统原理,对大学校园的人工智能车牌识别系统进行综合设计。

1 基于人工智能的车牌识别系统简介

目前,大学校园内视频监控已经实现全面覆盖。大学校园的车牌识别系统可以利用大学校园视频监控的摄像头抓拍到的车辆静态图像进行车牌号码识别。该系统包括摄像头抓拍汽车静态图像(以下称图像抓拍)、图像预处理、车牌子域定位(以下称车牌定位)、车牌识别等子系统,如图1所示。

基于人工智能的车牌识别系统具体的工作流程为:(1)校园监控系统中的摄像头通过触发抓拍得到当前的彩色汽车静态图像;(2)然后,对彩色汽车静态图像进行预处理,得到标准的256级汽车灰度图像;(3)采用人工智能技术对标准汽车灰度图像进行车牌定位,得到车牌子域图像;(4)利用已经训练好的模型参数,通过神经网络技术对车牌图像进行车牌识别,输出车牌字符文本。

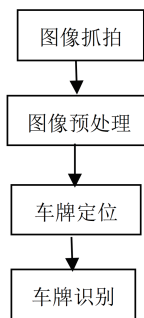


图1 车牌识别系统流程图

2 图像抓拍和图像预处理

通常,大学校园内有两种图像抓拍的触发方式:一是通过地感线圈(或者红外、雷达设备)触发;二是通过人工智能视频分析技术进行触发。

前者通过在道路下方埋设感应线圈,当车辆经过时,会改变地感线圈的电磁场,从而触发抓拍系统进行拍照;后者依赖于监控系统中的摄像头,通过人工智能视频分析技术检测到车辆经过特定区域时,触发抓拍机制。考虑到大学的计算资源丰富,算力有较大冗余;同时,采用视频分析检测可以避免损坏路面、不必附加外部检测设备、不需矫正触发位置、节省开支,故采用后者。当然,如果有专项资金支持,或校园有旧设施旧道路改扩建等机会,也可以埋设地感线圈进行抓拍图像,来解放算力。

1. 山东财经大学 山东济南 250014

2. 东明县教育事业发展中心 山东菏泽 274500

图像预处理主要是将彩色汽车图像转化为256级(0~255)灰度图像,具体转换方法包括对RGB的平均值法、最大值法、加权灰度法。采用加权灰度法,具体用公式表示为:

$$L = \frac{0.3R + 0.6G + 0.1B}{3} \quad (1)$$

式中: R 、 G 、 B 分别是所在像素点红色、绿色、蓝色的色度,对应加权系数,加权平均后即可得到对应像素点的亮度 L ,加权系数大小与眼睛对每个颜色的敏感度相关。

考虑到光学背景(包括天气、背景、光照等)、拍照过程、杂波干扰等因素,在图像预处理过程中也要对汽车图像进行滤波。为使后面得到更为清晰、易于识别的图像,还要在图像预处理过程中对汽车图像进行图像锐化。

另外,在预处理阶段,图像增强可以提升图像质量和辨识度。常用的图像增强技术包括空域增强技术与频域增强技术。空域增强技术是直接对图像中像素的亮度值进行计算处理,这时图像中的明暗对比度也会随之变化,具体方法包括灰度变换增强、直方图增强、空域滤波等。频域增强技术是对进行傅里叶变换后的频域图像进行计算处理,处理结束后再进行逆傅里叶变换将图像从频域转换到空域,具体方法包括低通滤波、高通滤波、同态滤波等方法。具体采用的图像增强方法与抓拍图像的背景相关。

3 车牌定位

大学校园的自然环境,汽车图像背景不太复杂,在车牌识别系统建设初期,可以通过边缘检测和模板匹配等技术在自然背景中较为准确地进行车牌定位^[2]。车牌定位子系统的流程图如图2所示。

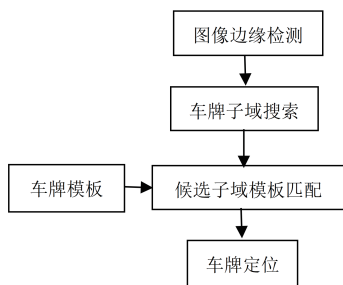


图2 车牌定位子系统流程图

考虑到车牌定位对后续识别工作起着决定性的作用,车牌定位必须准确,即车牌定位是否准确是决定车牌识别能否成功的关键。首先对预处理后的标准汽车灰度图像进行边缘检测;然后进行大范围的搜索,根据灰度级剧烈变化等相关特征来搜索车牌子域,找到符合汽车车牌特征的若干子域作为候选子域;最后对这些候选子域做进行模板匹配,选定一个最优子域作为车牌从标准汽车图像中进行提取定位,这样就可以实现准确定位,且避免车牌定位到类似于“城建检察”“新闻采访”等假车牌。

从理论上讲,车牌定位也可以直接通过人工智能技术来实现,但这需要较多的图像样本数据来训练系统内部的神经网络权值。而这些图像样本数据需要很多的资源且长时间地积累。更进一步,为准确地识别车牌,每一个地点的图像样本数据需要在本地汽车到来时进行样本采集,需要车牌识

别地点有更多的通行车辆,对于教学区来说,就需要更长的周期来采集图像样本数据。换言之,大学校园车牌识别系统可以在采集了大量的图像样本数据后,通过对系统进行人工智能技术改造升级来实现基于该技术的车牌定位。

4 车牌识别

车牌识别子系统包括车牌字符分割、神经网络训练以及字符识别等部分,如图3所示。车牌字符分割就是在定位后的车牌上找到所有字符的边界并将其分割开来,使这些字符都变成单独的个体,然后对分割好的字符进行字符识别。

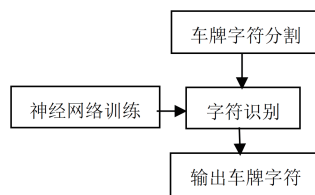


图3 车牌识别子系统流程图

字符识别方法主要有模板匹配法、神经网络算法以及两者的结合。模板匹配法就是将分割后的字符二值化并将其与所有的字符模板匹配找出最优匹配结果。神经网络(即神经元网络)算法是利用分割后的大量字符样本数据来训练神经网络权值来进行字符识别。目前采用较多的是卷积神经网络(convolutional neural networks, CNN)算法,即将车牌字符进行特征提取来训练神经网络权值然后进行识别^[3]。卷积神经网络包括输入层(input layer, IL)、卷积层(convolutional layer, CL)、激活函数(activation functions, AF)、池化层(pooling layer, PL)、全连接层(fully connected layer, FCL)和输出层(output layer, OL)。

输入层就是接收待识别的车牌字符数据。随后为多个卷积层和池化层,两者为交替排列方式。激活函数通常紧跟在卷积层之后,用于引入非线性因素,使卷积神经网络能够学习更复杂的人工智能推理能力。

卷积层是从输入数据中提取特征。具体对输入数据上应用一组可学习的卷积平移窗口进行滑动窗口运算,以提取局部特征,生成特征映射。通过设置多个卷积平移窗口,可提取多维度的局部特征。卷积就是一种运算,它将两个函数合并成一个新函数,以表示一个函数如何作用另一个函数。对于两个连续函数 $f(t)$ 和 $g(t)$,卷积函数 $F(t)$ 为:

$$F(t) = (f \cdot g)(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau) g(t - \tau) d\tau \quad (2)$$

式中: t 是积分变量; τ 是积分的平移变量。这个定积分的结果即函数 $g(t)$ 在时间轴上翻转并平移后与函数 $f(t)$ 的重叠区域的加权和。

该卷积函数的离散形式 $F(n)$ 为:

$$F(n) = (f \cdot g)(n) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} f(m) g(n - m) \quad (3)$$

式中： n 和 m 为离散变量，即分别是函数 f 和 g 的离散变量； f 为输入函数； g 为卷积平移窗口函数；输出 F 为特征映射。

在卷积过程中的步长是指在卷积操作中，卷积平移窗口在输入数据上每次滑动的距离，这个参数决定了卷积层在输出特征映射上的覆盖范围。

卷积神经网络的输入通常是图像，经常会遇到图像边缘被截断的情况，而实际的自然图像通常具有更多的边缘信息，为了保留这些边缘信息，卷积神经网络需要使用边界填充技术，保证输入图像维度与卷积后输出维度的前后一致并保存边缘信息。

设输入图像第 i 行第 j 列的元素为 $f_{i,j}$ ，卷积窗口中第 x 行第 y 列的权重为 $g_{x,y}$ ， w_b 表示卷积窗口的偏置项。输出特征映射中第 i 行第 j 列的每个元素用 $s_{i,j}$ 表示，使用 k 表示激活函数。在默认情况下，步长设置为 1 且不进行边界填充。公式为：

$$s_{i,j} = k \left(\sum_{x=0}^2 \sum_{y=0}^2 g_{x,y} f_{i+x,j+y} + w_b \right) \quad (4)$$

将偏置项设为 0，激活函数 k 为 ReLU (rectified linear unit) 函数式子为：

$$\text{ReLU}(x) = \max(0, x) \quad (5)$$

分段函数形式为：

$$\text{ReLU}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ x, & x \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

由公式可以看出，对于任何非负输入函数 ReLU 会返回 x 的值，对于任何负输入 x ，会返回 0。激活函数 ReLU 用于引入非线性，增强模型对复杂关系的拟合能力。可得：

$$\begin{aligned} s_{0,0} &= \text{ReLU}(1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 0 \cdot 1 + 0 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 0 \cdot 1 + 1 \cdot 0) \\ &= \text{ReLU}(1) \\ &= 1 \end{aligned} \quad (7)$$

同理，也可得到输出特征映射的其他值。

以上描述的是卷积操作的简化过程，但所输入的公式实际表示的是互相关函数，在元素相乘之前，对卷积窗口进行翻转后再进行对应的元素相乘并求和。其公式为：

$$s_{i,j} = k \left(\sum_{x=0}^2 \sum_{y=0}^2 g_{x,y} f_{i-x,j-y} + w_b \right) \quad (8)$$

池化层的主要作用是减小输出特征映射的高与宽的同时保留重要信息，池化层通过在特征映射上滑动一个窗口，并对窗口内的像素执行某种操作来减小特征映射的大小。常见的池化函数包括最大池化 (max pooling, ML) 函数、平均池化 (average pooling, AL) 函数和自适应池化 (adaptive pooling, AP) 函数，池化层通常采用平均池化，对卷积层输出进行降维。池化层输出的特征向量展平后输入全连接层，通过神经元间的全连接操作综合全局特征。

全连接层，也称为密集层或扁平层，主要在 CNN 的末端。全连接层在网络结构中起着将前一层的所有激活值连接到每一个神经元的作用。

输出层的作用是将前面提取的高维特征向量进行整合，输出结果。

卷积神经网络是一种特殊类型的前馈神经网络 (feedforward neural networks, FNN)，其特点是稀疏连接 (sparse connectivity, SC) 和权值共享 (weight sharing, WS)，适合处理图像识别、目标检测等图像相关任务。传统神经网络中的全连接层是神经网络中的一种基本组件，将前一层的所有神经元输出连接到本层的每个神经元。当前一层的层数增加时，所需的训练参数数量将急剧增长，可能导致训练过程变得困难，并可能导致模型过拟合。而 CNN 基本结构通过稀疏连接的方式工作，使每个特征映射上的节点仅与输入层中特定区域的节点相连，在很大程度上减少参数数量。权值共享指的是在网络的不同位置，例如图像的不同区域，相同的过滤器会使用相同的参数。这意味着网络中的每个过滤器在所有它所作用的像素上都有相同的权重和偏置。由于权值共享，网络中的每个过滤器只需要学习一组参数。这意味着网络的训练速度更快，且需要存储的参数也更少从而提升计算效率。权值共享使得网络能够识别图像中的边缘等特征，而不仅是图像中的特定位置。这使得网络对图像的平移具有不变性，即无论特征出现在图像的哪个位置，网络都能识别它。最后由于每个过滤器在整个图像上共享相同的参数，这有助于减少过拟合的风险，因为网络学习到的特征更加泛化^[4]。

另外，随着大数据处理技术和算力的提升，将来可以用整个车牌直接进行特征提取并识别车牌。

5 程序实现中的主要函数

系统建设初期，除图像抓拍子系统以外，大学校园的人工智能车牌识别系统，规划了图像预处理、车牌定位、车牌识别三个子系统函数和一个 CNN 神经网络训练子系统函数。

5.1 图像预处理函数

图像预处理函数的功能主要包括：(1) 将标准汽车图像转化成灰度图像；(2) 对灰度图像进行锐化、滤波、增强等图像预处理工作。

图像预处理函数将返回待边缘检测的 256 级标准汽车灰度图像。该函数定义为：

ImagePreProcessing (void * lpMem, double w_r, double w_g, double w_b, double w_IS)

其中，输入参数 void*lpMem 为抓拍的汽车彩色图像所在的内存指针；色度权值 double w_r, double w_g, double w_b 是用来将彩色图像的每个像素的 3 个色度值进行加权平均后，来获取每点像素亮度值的，色度权值的取值范围是 0.0~0.99，

同时, 3 个权值的和等于 1, 其初值分别是 0.3、0.6、0.1; 锐化权值 `double w_IS` 是用来调整加强图像轮廓清晰程度度的, 取值范围是 0.0~0.99。其初值是 0.0。

5.2 车牌定位函数

车牌定位函数的功能主要包括: (1) 对图像预处理后的汽车图像进行边缘检测; (2) 搜索车牌子域图像。

若车牌定位成功, 将返回汽车车牌子域图像。图像定位函数定义为:

`Sub_ImageOfLicensePlateExtracting (void*lpMem, int nHeight, int nWidth, int pos_error)`

其中, 输入参数 `void*lpMem` 为 256 级标准汽车灰度图像所在的内存指针; `nHeight`、`nWidth` 是指车牌的高、宽, `pos_error` 是指车牌定位的最大误差, 其取值范围分别是 10~20、30~60、2~5; 初值分别是 10、30、2。

5.3 车牌识别函数

车牌识别函数的功能主要包括: (1) 对提取到车牌子域图像进行字符分割; (2) 归一化; (3) 对字符特征进行提取; (4) 对字符进行识别。

该函数将返回一组车牌字符文本。车牌识别函数定义为:

`CharacterIncisingRecognizing (void*lpMem, char*lpplate, int chrct_height, int chrct_width, int Unknow_ChrcNum, int ChrctSize, int Lvl0Num, int Lvl1Num, int Lvl2Num, double Threshold)`

其中, 输入参数 `void * lpMem` 为汽车车牌子域图像所在的内存指针; `char * lpplate` 为车牌字符所存放的指针; `chrct_height`、`chrct_width` 是指标准字符的高和宽, 其取值范围分别是 6~12、3~6, 初值分别为 6 和 3; `Unknow_ChrcNum` 是指待识别的字符数, 初值为 7; `ChrctSize` 是指标准字符点阵的大小, 其取值范围是 18~72, 初值为 18, `Lvl0Num`、`Lvl1Num`、`Lvl2Num` 是指神经网络各层的节点数, 其取值范围分别是 60~150、8~50、10~80, 初值分别为 60、16、10。Threshold 是指神经网络输出值的阈值, 其取值范围是 0.1~0.9, 初值为 0.1。

5.4 神经网络训练函数

神经网络训练函数主要用来训练用于字符识别的神经网络的权值。神经网络训练函数定义:

`NeuroTraining(int Sample_ChrcNum, int ChrctSize, int Lvl0Num, int Lvl1Num, int Lvl2Num, double Pace, double RsltError)`

其中, 输入参数包括 `int Sample_ChrcNum` 指用于训练神经网络的样本数, 其取值范围是 0~1,000,000, 初值为 280,000; `int ChrctSize`、`Lvl0Num`、`Lvl1Num`、`Lvl2Num` 的取值和车牌识别函数的相同; `Pace` 是指权值参数调整的幅度,

其取值范围是 0.1~0.9, 初值为 0.5; `RsltError` 是指输出容错阈值, 其取值范围是 0.1~0.9, 初值为 0.1。另外, 该函数需要的训练样本数据文件、权值文件应放在指定的所在硬盘路径。

程序运行的过程是, 先对前期抓拍采集得到的汽车图像进行处理, 包括图像预处理、车牌定位、车牌字符分割, 得到尽量多的字符样本数据, 再利用这些字符样本对神经网络权值进行训练; 在此基础上才可以进行正常的人工智能车牌识别, 包括图像抓拍, 然后依次进行图像预处理、车牌定位、车牌识别的处理, 再输出抓拍汽车的车牌字符文本。

6 结论与展望

随着各大高校陆续将人工智能课程纳入教学重点, 人工智能的教学实践也越来越受重视。本文提出了基于人工智能技术的大学校园车牌识别系统并给出了程序的主要函数定义, 实现该系统的技术都具有先进性和可扩展性, 并且教学理论和校园应用实际相结合。不仅可以识别出校园内行驶的车辆号码进行车辆智能化管理, 还可以用作大学实验或实训系统。

实际上, 车牌识别系统的识别率不仅与识别角度、亮度、环境、车辆行驶速度等方面相关, 甚至与车牌质量 (如油漆剥落污损反光) 相关。若要实现该系统商业化的目标, 则需要配备高强度闪光灯照明进行全天候抓拍汽车图像、优选各种图像处理算法、优化神经网络算法等。

参考文献:

- [1] 李雪梅, 霍聪颖, 车爱静. 基于车牌识别的停车场自动收费系统设计 [J]. 自动化应用, 2025, 66(3): 211-213.
- [2] 王思满, 陈修魁, 朱凯, 等. 大学校园汽车车牌的号码识别简易系统设计 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2021(11): 108-111.
- [3] 陈明洋, 代红, 王思彤, 等. 卷积神经网络在车牌识别中的应用实现 [J]. 无线互联科技, 2024, 21(22): 62-64.
- [4] KRIZHEVSKY A, SUTSKEVER I, HINTON G E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks[J]. Advances in neural information processing systems, 2012, 25(2): 1097-1105.

【作者简介】

秦升平 (1972—), 男, 山东潍坊人, 博士, 副教授, 研究方向: 人工智能与信息处理。

朱美英 (1981—), 女, 山东东明人, 本科, 研究方向: 电子信息。

(收稿日期: 2025-06-11 修回日期: 2025-10-15)