

张恪菁, 陈金鹏. 一种新型车牌识别系统的设计及应用验证[J]. 智能计算机与应用, 2025, 15(6): 134–139. DOI: 10. 20169/ j. issn. 2095–2163. 250620

一种新型车牌识别系统的设计及应用验证

张恪菁, 陈金鹏

(浙江理工大学 经济与管理学院, 杭州 310018)

摘要: 经历了信息化、数字化时代, 中国企业伴随着产业外部环境和内部挑战的不断变化迈入数智化时代。自十四五规划以来, 国内坚持“纯电驱动”发展战略, 坚持“电动化、智能化、网联化、共享化”的发展方向。针对新能源车数量剧增、充电桩压力过大, 现有充电场因油车长时间占位、电桩维护困难、无人化运营困难导致利用率不高, 难以提高新能源车主充电体验的问题, 提出了通过车牌识别进行充电场准入与充电行为的记录, 辅助后台对个体行为进行画像, 进而设计具体的黑/白名单, 帮助充电场实现数据驱动无人化运营, 能实现充电桩使用率的大幅提高, 杜绝油车占位现象出现, 为新能源车主提供高效且舒心的充电环境。同时, 具有降低充电场的运营成本和维护成本, 增加运营收益等突出优势, 可为未来新能源车的市场普及和充电场智能无人化运营提供思路和技术支持。

关键词: 新能源车; 车牌识别; 充电桩; 智能运营

中图分类号: N945.2

文献标志码: A

文章编号: 2095–2163(2025)06–0134–06

Design and application verification of a new license plate recognition system

ZHANG Kejing, CHEN Jinpeng

(School of Economics and Management, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In the age of information and digitalization, with the constant changes of the external environment and internal challenges of the industry, Chinese enterprises have entered the era of digital intelligence. Since the 14th Five-Year Plan, China has adhered to the development strategy of "pure electric drive". It adheres to the development direction of "electrification, intellectualization, networking and sharing". In view of the sharp increase in the number of new energy vehicles and the excessive pressure on charging piles, the utilization rate of the existing charging field is not high due to the long time occupancy of the oil truck, the difficult maintenance of the electric pile and the difficult unmanned operation. It is difficult to improve the charging experience of new energy vehicle owners, and it is proposed to record the charging field access and charging behavior through license plate recognition. The backstage is assisted to portray individual behavior, and then a specific black/white list is designed, which could help the charging field to realize data-driven unmanned operation, and greatly improve the utilization rate of charging piles. After that, the phenomenon of oil vehicle occupancy is eliminated, and efficient and comfortable charging environment is provided for new energy vehicle owners. At the same time, the fruit has the outstanding advantages of reducing the operation cost and maintenance cost of the charging field and increasing the operation income. It can provide ideas and technical support for the market popularization of new energy vehicles and intelligent unmanned operation of charging field in the future.

Key words: new energy vehicle; license plate recognition; charging pile; intelligent operation

0 引言

伴随着新能源汽车保有量高速增长, 电车充电需求也随即攀升。许多国家开始大力扶持新能源汽车及相关配套设施的发展, 投入正常使用的充电桩数量已达到了数万个^[1]。

除了增加充电桩建设数量外, 如何提高现有充电桩的使用率一直是新能源车主关心的焦点问题。近年来, 国内也有很多专家学者针对电动汽车充电基础设施展开了研究, 并取得了一定成果。其中比较有代表性的研究有: 孟莹等学者^[2] (2016) 对充电场服务系统进行研究, 设计了充电桩管理及控制系

作者简介: 张恪菁 (1997—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 物流系统优化。Email: 1172581931@qq.com; 陈金鹏 (1997—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 物流信息系统开发。

收稿日期: 2023–09–16

哈尔滨工业大学主办 ◆ 专题设计与应用

统。程闯等学者^[3] (2023) 提出了一种新型基于轻量卷积神经网络的车辆车牌定位识别方法, 采用基于改进的 YOLOv3 算法对车牌进行定位和基于免分割的轻量卷积神经网络 LPRNet 进行车牌字符的识别。杨润玲等学者^[4] (2023) 提出基于颜色定位、边缘检测和支撑向量机相结合的方法实现车牌区域的准确定位。由近年来的研究发现, 占用电动汽车泊位的燃油汽车和充电完成后超时仍未驶离的新能源汽车对充电车位的久占问题是最常见的。由于各地对于“油车占位”的治理政策不同以及当前大部分充电场充电设备无法对恶意占位行为进行控制, 尚不能解决“充电难”问题。

综上所述, 当前国内学术界在车位管控研究方面已经取得了一定的突破及成果, 但是现有的充电桩利用率以及多采用 YOLOv3 算法进行的车牌识别技术却仍存在很大优化空间。对于充电场运营商及用户来说, 当前新能源汽车充电环境主要存在以下问题^[5-7] :

(1) 根据国内现有新能源汽车基础设施的调查研究数据显示: 国内新能源汽车充电桩缺口仍然很大, 里程焦虑可能是很多新能源车主的首要关注点, 新能源车辆动力无法及时得到补充, 找到充电桩却发现位置被油车占用。城市排队充电、电桩未能物尽其用是造成新能源车主体体验感下降的主要问题。

(2) 近年来虽然一些充电场运营商也投入巨大的人力物力财力研发完善充电服务系统, 但系统实践应用效果不佳, 主要体现在稳定性差、人机交互性差、充电服务受限较多、车牌识别出错率高等问题。

针对以上问题, 本文以用户需求为导向, 研发设计了配套充电桩运行管理系统的车牌识别系统配件。该配件以提升车主充电服务水平为目标, 在实用化、智能化、充电桩利用效率最大化方面进行了研究, 可以辅助充电场地锁进行不同类型能源车辆的识别、充电场内新能源车入场离场的无人化监管并帮助管理系统实现良好的数据交互, 为后期运营商对黑白名单车辆的管控和整体充电场的运营效益评估提供参考。

1 车牌识别系统设计

1.1 车牌识别系统组成

车牌识别系统主要包括负责探测车辆状态的雷达探测模块、负责监控车位与车辆的摄像模块, 配合地锁的整体控制主板模块、整体制动的电机与供电模块、确保制动精度的红外模块, 以及为适应外部环

境的供电模块。考虑车底盘的高度, 拟选用最低探测大小为 20 cm 的雷达作为雷达探测模块的硬件。考虑到地锁的可能使用环境, 拟设计摄像模块包含 2 部分硬件, 其一为用于监控的摄像头, 其二为确保具体环境拍摄的环境补光灯; 制动模块包含电机与电源两部分, 为实现有线通信连接电源选用 PoE 转换接口与电源线, 考虑经济因素, 电机选择步进电机; 在考虑整体密封防水需求以及散热需求之后, 选用金属外壳作为各个部件的密封材料, 而语音模块与红外模块, 则是根据经济因素选择了简单的扬声器与红外感应器作为硬件。其整体逻辑流程如图 1 所示。

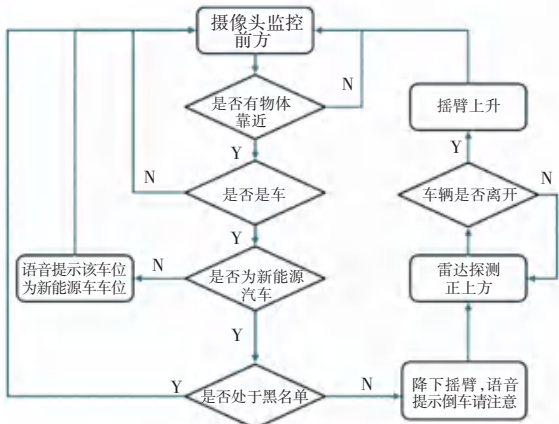


图 1 车牌识别传感器逻辑流程图

Fig. 1 Logic flow chart of license plate recognition sensor

1.2 工作流程

通过主控模块, 驱动各部分工作的同时, 搭载车牌识别系统辅以摄像头进行事实监控: 抓取车牌信息, 通过车牌识别系统进行车牌的识别, 对属于新能源车范畴的车辆予以通行或执行退出指令, 非新能源车则无法进出充电车位, 以实现及时、精准、有效地区分目标车辆。配备雷达与红外感应模块, 感知车辆进场并判断车位是否处于被使用状态, 智能车位锁通过控制动力系统实现车位锁开关状态的切换, 防止出现新能源车“充完不走”的现象。与此同时, 车牌识别传感器产生与采集的数据将通过地锁传输至云端服务器, 在运营平台处理分析对应数据之后每日反馈一份更新的黑/白车牌名单至区域服务器, 再由区域服务器下发到对应的本地服务器, 借以禁止存在多次恶意占位行为的新能源车使用充电车位, 进而提高充电桩使用效率。该黑白名单不仅对于当前充电场运营者提供数据支持和判断, 也可进行不同充电场之间的名单共享, 保证充电场大环境下的“诚信”、“有序”。载有车牌识别传感器的地

锁各部件如图 2 所示。

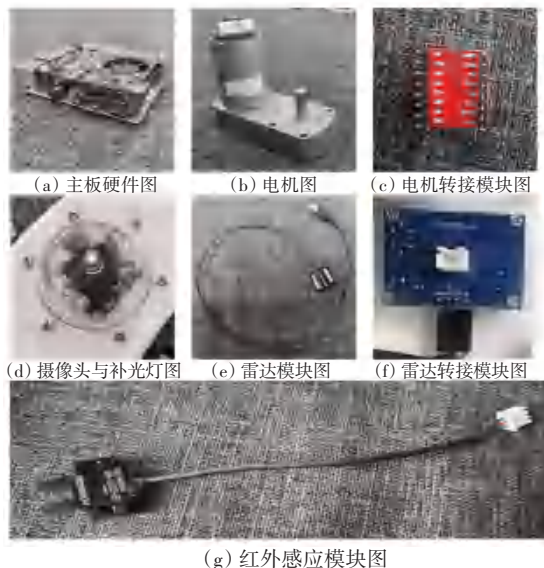


图 2 地锁部件图

Fig. 2 Components of ground lock

1.3 关键技术

1.3.1 轮廓定位

车牌的图像识别技术通过对车辆轮廓检测,对图像中的像素点进行提取归类,得出像素轮廓的层级关系。在形态学处理后得到的二值图像基础上(见图 3),给图像中所有连通区域添加最小外接正方向矩形,因为根据车牌的正方向矩形特征,这是最符合的判断方式(见图 4)。



图 3 车辆轮廓检测图

Fig. 3 Vehicle outline detection map

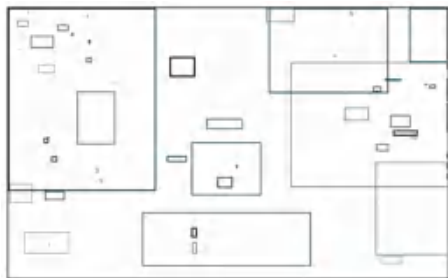


图 4 矩形检测图

Fig. 4 Rectangular detection map

1.3.2 RGB 颜色空间

RGB 颜色空间,俗称三基色模式。该模式用一个单位长度的立方体来表示颜色,通常将黑色置于三维直角坐标系的原点,红绿蓝分别置于 3 根坐标轴上,将黑蓝绿青红紫黄白 8 种常见颜色分别置于立方体的 8 个顶点,而整个立方体则放置于第 1 卦限内^[8]。

根据普通汽车车牌蓝底白字、新能源汽车车牌绿底黑字的颜色特征,建立 RGB 向量模型,确定 RGB 阈值,对粗略定位的车牌像素点进行遍历,读取各点的 R,G,B 值。由于纯色中蓝色初值为(255,0,0),白色为(255,255,255),绿色为(0,255,0),黑色为(0,0,0)。结合考虑蓝牌绿牌的实际情况,将蓝牌的范围定在(255,0,0)与(255,123,0)之间,黄牌的范围在(12,43,43)与(35,255,255)之间,而绿牌的范围在(0,255,0)与(0,255,123)之间。对遍历的像素值统计 3 个分量的值,根据设置的阈值判断是否为新能源汽车牌。

1.3.3 OpenCV

OpenCV 是一个基于 Apache2.0 许可(开源)发行的跨平台计算机视觉和机器学习软件库,是现如今在视觉处理算法中最丰富的视觉函数库之一。其中,getRotationMatrix2D 与 warpAffine 为常用的图片旋转处理方法^[9]。同时,OpenCV 也常会使用将图像从一种颜色空间转换为另一种颜色空间的函数 cvtColor 与将灰度图像转换为二值图像的函数 threshold。

OpenCV 中的 getRotationMatrix2D 函数可以获取旋转变换矩阵。输入中心点坐标 (X,Y),旋转角度 θ 、即有色区域最高点和中心点构成的线与过中心点的横线构成的夹角角度,缩放比例。本文不考虑缩放。所以比例为 1,给出变换矩阵 M 为:

$$M = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & (1 - \cos\theta) \times X + \sin\theta \times Y \\ \sin\theta & \cos\theta & (1 - \cos\theta) \times Y - \sin\theta \times X \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

OpenCV 中的 warpAffine 是进行仿射变换、即二维坐标间的线性变换的函数,常用于图像翻转(Flip)、旋转(Rotations)、平移(Translations)、缩放(Scale operations)等,其中旋转是通过对应的旋转角度与中心得出旋转矩阵,再利用旋转矩阵进行仿射变换得以实现。旋转矩阵 R 的公式如下:

$$R = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & (1 - \cos\theta) \times X + \sin\theta \times Y \\ \sin\theta & \cos\theta & (1 - \cos\theta) \times Y - \sin\theta \times X \end{pmatrix} \quad (2)$$

实现平移则需要建立直角坐标系,根据既定需

求得出平移矩阵, 分别指定 x 轴方向和 y 轴方向上的平移量 L_x 和 L_y , 平移量 (L_x, L_y) 由原图像中心点与变化后图像中心点位置决定。平移矩阵 T 的公式如下所示:

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & L_x \\ 0 & 1 & L_y \end{pmatrix} \tag{3}$$

本文采用的是倾斜校正技术, 就是在获取到图片后利用 OpenCV 中的 `getRotationMatrix2D()` 函数, 获取旋转变换矩阵。由于在线性代数中, 线性变换能用矩阵表示, 所以, 结合中心点坐标与旋转角度得出变换矩阵 M 。在此之后, 再利用 `warpAffine()` 函数, 对每个点进行矩阵 M 所表示的变换, 并将转换结果进行平移, 以确保整个变换过程中, 不出现位置偏移。

而字符切割则是利用 OpenCV 来实现垂直投影法。其过程为, 利用 `cvtColor()` 函数将图片转换成灰度图片, 再利用 `threshold()` 函数将图像二值化, 字体为黑, 背景为白。循环各列, 假设该列共有 T 个黑像素点, 则将从第 1 行到第 T 行为一个设定为黑的

整体、即为第一个字符, 将其切割, 后续循环直至再无为黑的像素点。

1.3.4 YOLOv5 算法

YOLOv5 是在 YOLOv4 的基础上提升了速度与精度的一种单阶段目标检测算法。主要依赖于 torch 进行构建, 利用锚框 (anchor box) 以解决不同尺寸检测识别的问题, 可以构建 Softmax 逻辑回归模型。该模型是 Logistic 回归模型在多分类问题上的推广。在多分类问题中, 类标签 y 可以取 2 个以上的值。同时, 也有专门用于做特征可视化的函数 `feature_visualization`。

为达到测试结果的精准程度, 本文采用 YOLOv5 中典型的 one-stage 目标检测算法, 利用 anchor box 解决不同尺寸检测识别的问题, 通过 `feature_visualization()` 函数实现对车牌/切割图片的特征提取^[10-13], 并利用 torch 构建 Softmax 回归模型, 利用 utils 调用第三方数据库进行模型的训练, 以此实现对各个图片的识别。研发设计的 YOLOv5 网络框架如图 5 所示。

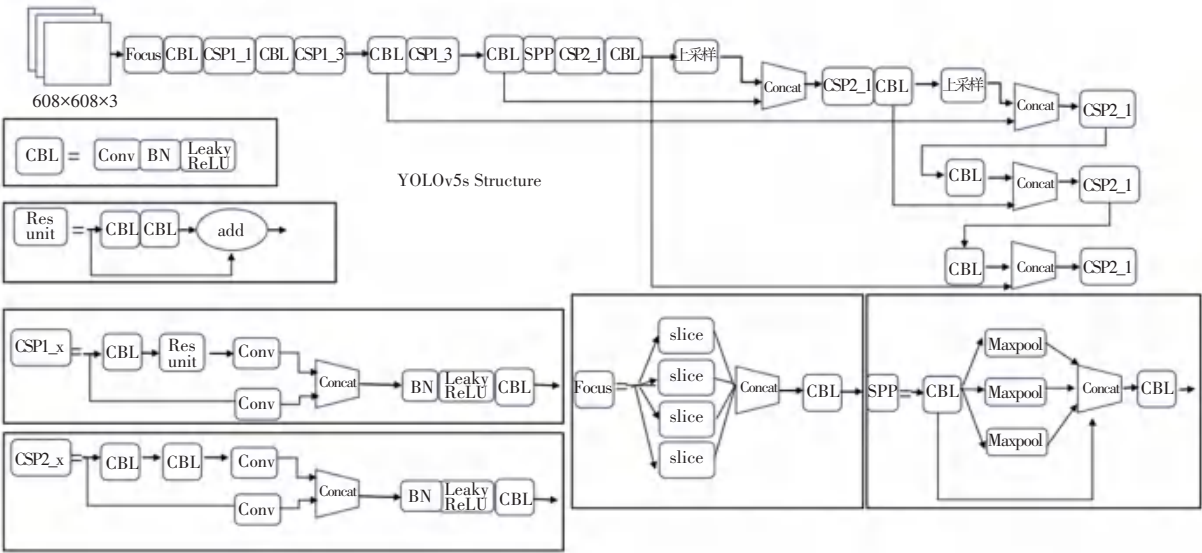


图 5 YOLOv5 网络框架
Fig. 5 YOLOv5 network framework

2 试验验证

2.1 功能测试

由于主板等控制元件需要考虑防水问题, 所以在地锁内部附有防水盒, 将主板、红外模块和电机的控制部分置入其中, 缝隙处涂上防水胶, 使用花洒喷水, 防水盒内未有水渗入。在此之后, 将盒子淹没入水中再拿出, 也未有水渗入其中。在密封的防水盒内, 启动主板, 持续工作一周, 并实时反馈主板温度,

检测反馈的数据显示: 温度保持在 53.1℃~73.2℃ 之间, 处于主板工作的工作温度范围内, 车牌识别流程也就有了散热和防水的基础保障。

2.2 车牌识别测试

论文在车辆的车牌识别场景中, 采用了 RGB 颜色空间、OpenCV 以及 YOLOv5 算法, 用视频实时触发方式进行检测抓拍, 能够自动侦测、准确识别及验证行驶或停泊中车辆的整车车牌号码。同时, 考虑到场景差异导致获取图片的状态不同, 论文尝试了

不同光线环境、反光导致图片曝光过度等情景下的摄像头获取图片的情况。将当前抓拍图像与上一张图片进行对比,发现像素有较大变动则进入识别流程。论文设计的车牌识别算法采用了模糊图像处理技术,通过程序上的设计能够很好处理图像的倾斜、

污染以及模糊等问题,进而截取完整的车牌信息,利用车牌识别算法得到图像中的车牌内容、颜色等信息。最后,得出 3 组最优的拍摄参数值以确保获取图片清晰,在实现车牌识别的同时,解决了图片的清晰程度、倾斜角度对整体识别的影响(见图 6)。

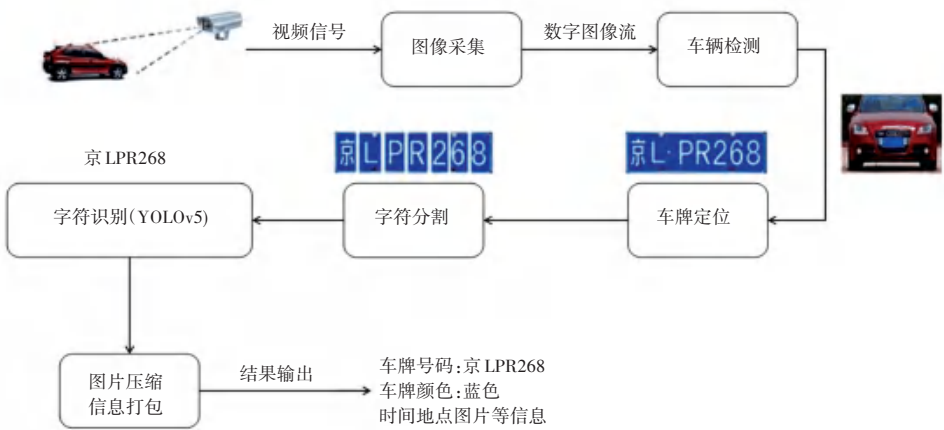


图 6 识别工作流程

Fig. 6 Workflow of identification

综上所述,本文研发的车牌识别算法如下:

输入 现场拍摄的含车牌图片

输出 车牌信息与车牌颜色

过程:

(1) 车牌扫描和轮廓定位。

(2) 建立 RGB 向量模型,确定 RGB 阈值,判断车辆类型(是不是新能源汽车)。

(3) 通过 OpenCV 实现车牌的倾斜矫正以及对字符的切割。

(4) 利用 YOLOv5 进行车牌字符识别。

2.3 硬件调整

经过在杭州市下沙高教园区半个月的实地测试,论文对硬件设备进行了修改,具体见表 1。

表 1 硬件设施的改进

Table 1 Improvement of hardware facilities

修改部分	修改情况	原因
控制模块	增加反浪涌模块	电机产生的电流对冲会对主板造成损害
供电模块	从电池供电变成布电源线供电	电池提供的电量有限,需要时常更换,而更换时容易影响密封部分的密封性
雷达模块	检测距地盘距离从 25 cm 改成 17 cm	根据反馈的数据,车辆地盘距离雷达最高的距离也不超过 16.3 cm,方便进行车牌识别
电机模块	将抬起摆臂转速从 40 改成 55	上升时由于摆臂自身重力影响实际上升速度会减慢,提升车牌识别后的车辆入场速度
摄像头	增加黑色海绵在摄像头周围	解决摄像头保护层导致的反光问题,提升车牌识别速度

3 结束语

针对新能源充电场充电桩利用率低、非充电车辆恶意占位导致充电用户无电可充的难题,本文提出了通过 OpenCV、YOLOv5 技术实现车牌识别的算法,进而实现智能地锁模块的智能化与自动化的新方法,研制了配有车牌识别传感器的地锁样机并实地验证了该地锁的可行性、可营运性。相比于传统地锁,具有可无人化运营、营运高效率、充电车位高利用率等突出优势,特别适用于新能源车辆需求日

益突出的当下。纵观国际新能源发展趋势和国家后续对于新能源减排降本强推进的发展需求,结合本文的研究过程和试验结果,获得如下结论:

(1) 传统地锁依赖人力、物力,充电场工作人员能力有限,用电高峰期存在处理慢、时间长、无法兼顾、各种车辆乱停乱放等问题,难以满足新能源车主的充电需求。通过本文的研究表明,搭配有改进车牌识别系统的地锁可在极短时间内实现对进入充电场车辆的快速识别与准入判断,具有独特的新颖性及较好的设备可行性与实用性。

(2)在试验系统中,通过采用 RGB 颜色空间、OpenCV 以及 YOLOv5 算法,取代传统使用的 YOLOv3 算法,更快、更准确地于可能出现的强曝光、低能见度场景对车牌进行识别以及自动化控制,以满足新能源车车主方便、快捷、智能的充电需求,减少充电场运营的难度和运营成本,具有较好的智能地锁配件应用潜力,实现数智驱动下充电车位的运营管理。

(3) 通过调整地锁整体构型、离地距离、摇臂速度等设计参数,搭配有车牌识别传感器的智能地锁可适应现实生活中新能源车车牌的快速精准识别,减小高温天气、泥污遮挡车牌等对充电场运营的影响。

参考文献

[1] WU Ke, LIN Kai, MAO Xingkui. Design of power module using digital control for DC charging pile [J]. Electrical & Energy Management Technology, 2016(22):38-44.

[2] 孟莹,曹以龙,曾俊冬. 电动汽车充电站智能管理系统的设计与实现[J]. 仪表技术,2016(5):22-24.

[3] 程闯,梅磊,谭昕. 基于轻量卷积神经网络的车牌定位识别方法 [J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2023 ,47 (3):

414-420.

[4] 杨润玲,卫旭东,樊庆扬. 汽车牌照定位与识别系统设计 [J]. 电视技术,2023,47(1):36-42.

[5] 刘潇潇,田建伟,王齐,等. 电动汽车充电桩运行管理系统设计与开发 [J]. 湖南电力,2012,32(3):14-16.

[6] ZHANG Lin, REN Hongqiu, SU Xin. Design of electric vehicle AC charging pile based on embedded Linux [J]. Electric Drive Automation, 2013 ,35 (1):33-35.

[7] ZHAI Feng, LIU Ying, FU Yilun, et al. Design of a secure electric vehicle charging pile control device [J]. Applied Mechanics & Materials, 2013, 336-338:69-75.

[8] 漆世钱. 基于轮廓识别和 BGR 颜色空间的车牌定位 [J]. 计算机技术与发展, 2020, 30(12): 176-180.

[9] ZHANG Hongfei, ZHU Li, DAI Tao, et al. Smart object recommendation based on topic learning and joint features in the social internet of things [J]. Digital Communications and Networks, 2023,9(1):22-32 .

[10]SIVKOV S, NOVIKOV L, ROMANOVA G, et al. The algorithm development for operation of a computer vision system via the OpenCV library [J]. Procedia Computer Science, 2020, 169: 662-667.

[11]刘紫燕,袁磊,朱明成,等. 融合 SPP 和改进 FPN 的 YOLOv3 交通标志检测 [J]. 计算机工程与应用, 2021,57(7):164-170.

[12]贺智龙. 基于 YOLOv3 的车牌识别研究 [D]. 济南: 齐鲁工业大学,2021.

[13]杨人豪,任斌. 基于颜色特征和边缘检测的车牌识别算法 [J]. 工业控制计算机,2021,34(4):100-103.