

停车场智能管理系统中车牌识别技术的可靠性提升研究

彭天宝

(深圳市汇恒通科技有限公司)

【摘要】文章围绕停车场智能管理系统中的车牌识别展开研究,梳理其在车辆出入与收费环节的应用现状,指出复杂环境、车牌差异及系统条件会导致识别不稳定,为此提出可靠性提升路径,包括应对环境干扰的算法与硬件优化、面向车牌多样性的精度改进以及系统架构与部署优化。通过实验设计与对比分析,对方法的有效性进行了验证,结果显示所提方案能在多样化停车场场景中提升识别稳定性与应用价值。

【关键词】停车场智能管理系统;车牌识别;可靠性;算法优化

中图分类号:U491.7

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.105

Research on Reliability Enhancement of License Plate Recognition Technology in Intelligent Parking Management Systems

PENG Tian-bao

(Shenzhen Huihengtong Technology Co., Ltd.)

【Abstract】This paper focuses on license plate recognition in intelligent parking management systems. It reviews its application status in vehicle access and fee collection, and points out that complex environments, license plate diversity, and system conditions can cause recognition instability. To address this, reliability enhancement approaches are proposed, including algorithm and hardware optimization against environmental interference, accuracy improvement for license plate diversity, and optimization of system architecture and deployment. Through experimental design and comparative analysis, the effectiveness of the methods is verified, and the results show that the proposed approach improves recognition stability and application value in diverse parking scenarios.

【Keywords】intelligent parking management system; license plate recognition; reliability; algorithm optimization

1 引言

随着智慧交通的发展,停车场智能管理系统在提升通行效率和优化管理方式方面作用显著。车牌识别作为核心技术,其可靠性直接影响车辆通行顺畅与收费精度。但在复杂光照、恶劣天气、车牌差异及硬件限制下,识别精度常受影响,给系统稳定运行和用户体验带来挑战。提升车牌识别的可靠性,不仅能减少人工干预和差错,还能促进管理自动化与智能化,对推动智慧停车、提高资源利用率及完善城市交通体系具有重要意义。

2 车牌识别技术现状

在智能停车管理系统中,车牌识别已成为实现自动出入控制和无感支付的核心技术。早期系统依靠传统图像处理方法完成车牌定位与字符分割,但在复杂场景下稳定性有限。随着深度学习模型的应用,端到端识别方式逐渐普及,显著提高了处理效率

与准确率,使停车场管理逐步实现从人工校验到智能化控制的转变^[1]。目前,大多数停车场已将车牌识别与收费系统、车位引导及数据平台相结合,既提升了车辆通行效率,也推动了运营模式的智能化升级。总体来看,该技术已具备较成熟的应用基础,并在智能交通体系中展现出重要价值。

3 车牌识别可靠性影响因素分析

3.1 环境条件对识别稳定性的影响

停车场多分布于城市综合体、住宅区及交通枢纽等区域,具有车流量大、空间封闭、照明条件复杂、环境动态变化频繁等特征,对识别系统的鲁棒性提出了更高标准。光照是核心干扰因素,强光易引发镜头反光,夜间则因照度不足产生图像噪点与虚影;雨雪天气易造成镜头模糊、车牌被泥水遮挡,同时玻璃罩易出现反光或起雾现象,而雾霾天气会大幅降低图像整体对比度与清晰度,上述因素均会干扰车

牌边缘的精准识别。地下停车场还常存在高湿度、通风不畅等问题,照明频闪现象则易引发图像曝光不均。逆光、侧光、夜间低照度及车头灯直射形成的眩光等情形,会严重改变车牌在图像中的呈现效果,对算法的自适应调节能力构成考验。此外,摄像头安装角度、焦距参数设置不合理,或车辆通行速度过快,均会造成图像畸变与运动拖影。多重不利因素交织,致使停车场场景下的识别稳定性普遍偏低,因此识别系统需具备光照补偿、自动对焦及自清洁等功能,以此提升成像的稳定可靠度。

3.2 车牌特征差异与复杂性挑战

车牌多样性是影响识别精度的重要因素。新能源车牌在颜色、尺寸及字符布局上与传统车牌差异显著,易引发特征提取混淆;部分地区启用异形车牌或地方特色字体,对模型的泛化及迁移能力提出更高标准。车牌磨损、污渍、贴膜或防护罩反光等情况,均会造成字符信息缺失与车牌结构破坏;车辆间距过近易引发车牌遮挡重叠,进一步提升识别难度。不同摄像设备的成像算法、压缩格式及白平衡参数存在差异,会影响系统跨场景识别的一致性;老旧车牌反光涂层失效或锈蚀严重,会降低字符与底色的对比度;车速过快引发运动模糊、跟车过近造成车牌遮挡、车辆未按车道行驶导致拍摄角度异常等情形,均会干扰识别流程。由此可见,车牌识别需依托多样化样本与动态特征学习机制,强化模型的泛化能力与复杂场景适配性。

3.3 系统与管理环节的制约因素

系统与管理环节的短板,同样会制约车牌识别的可靠性。硬件是系统的“眼睛”和“大脑”,其性能决定系统运行上限。部分停车场配备的摄像设备存在分辨率偏低或帧率不足的问题,易导致图像模糊,无法清晰捕捉车牌字符细节(尤其车辆处于移动状态时),输入图像质量难以支撑高精度识别需求;后台算力不足时,高峰时段易出现识别延迟与数据丢帧,影响识别结果与车辆通行的同步性。若缺乏完善的数据冗余与备份机制,网络波动或硬件故障易造成识别记录丢失,进而引发计费偏差与运营纠纷。多数停车场仍需依赖人工复核识别异常结果,虽可提升识别准确率,但会增加人工运维负担与通行响应时长;部分系统缺乏自动告警与日志监测功能,无法实时定位故障源头;管理层面流程标准化程度不

足,致使系统维护效率偏低,让车牌识别在复杂场景下的稳定运行与可持续运维面临挑战。

4 车牌识别可靠性提升的技术路径

4.1 针对环境干扰的算法与硬件优化

停车场出入口常存在逆光、夜间照度不足及雨雪天气等不利条件,单一识别算法难以保持稳定性能。为此,图像预处理阶段需引入自适应光照校正与去雾算法,显著增强低对比度图像清晰度,避免车牌边缘信息缺失;识别模型方面,利用带注意力机制的卷积神经网络,使特征提取聚焦于字符区域而非背景干扰,提升光斑、雨滴覆盖下的识别精度^[2]。针对车灯反光、车辆排气形成的局部雾气干扰,需结合时间序列滤波与图像增强算法进行动态补偿。硬件部署上,配合红外补光与防水高清摄像头,在夜间或恶劣天气下保证图像稳定性;部分停车场已在出入口设置边缘计算网关,使图像在本地完成初步去噪与质量检测后再上传云端深度识别,这种分布式架构在高峰期有效降低延迟并保持识别实时性。

4.2 面向车牌多样性的识别精度提升

车牌多样性(如蓝牌、黄牌、新能源绿牌、白牌、黑牌及个性化车牌等)对识别系统的泛化能力提出严峻挑战,提升识别精度需从算法优化与系统设计层面综合施策,核心是让系统实现“见多识广”与“精准判断”。随着新能源车占比持续上升,车牌样式差异已成为影响识别准确率的关键因素:通过构建涵盖传统蓝牌、黄牌及新能源绿牌的多样化训练样本库,系统可在模型训练阶段充分学习不同颜色、尺寸及字体的特征差异;针对局部遮挡或污损的车牌,可引入生成对抗网络重建缺失字符,结合序列建模方法提升识别结果的完整性。

同时,在字符识别阶段嵌入基于国家车牌编码规则的语言模型校验,对不符合编码规律的结果自动修正,减少因图像噪声或局部信息缺失造成的误判^[3];引入颜色与语义信息,通过颜色空间分析,在字符识别前率先完成车牌区域的颜色识别与分类(如判断为蓝底白字或绿底黑字),此举可快速缩小候选字符集,有效排除不合理结果,兼顾识别速度与准确率。此外,依托规则引擎开展后处理,将识别结果与预设车牌规则库(如新能源车牌第2位为字母“D”或“F”、普通车牌首位通常为汉字等)进行比对校验,借

助语义逻辑自动修正明显错误的识别结果,形成双重校验保障。

建立反馈闭环机制,系统可增设人工校正通道,当识别失败或结果存疑时,由管理员手动录入正确号码。这些校正后的数据可作为宝贵的增量样本,用于模型的迭代训练,使其持续进化,逐步适配新出现的特殊车牌场景。在停车场连续作业场景下,通过上述多层次、系统化的技术整合,车牌识别系统可实现从“机械匹配”到“智能理解”的升级,进而在应对日益多样的车牌类型时,保持高且稳定的识别精度。该多样性适配机制能有效应对车牌反光、污渍及光照变化等复杂工况,显著提升高频出入场景下的识别稳定性,规避人工干预带来的时效损失。

4.3 缓解系统制约的架构与部署优化

多数中小型停车场受成本制约,监控设备性能与后台服务器算力均存在短板,易出现识别延迟与数据丢失问题。为缓解该问题,可采用“边缘计算+云端协同”的双层架构,由出入口边缘设备负责实时检测与数据缓存,云端平台承担高精度比对与历史数据管理工作,实现快速响应与精细化核验的有机结合^[4]。

数据库层面,可引入分布式存储与冗余备份机制,确保网络波动或设备故障时,识别数据仍能保持完整与可追溯性。管理环节,可结合智能监控系统增设异常标记与自动纠错模块,对识别失败或存在争议的车牌自动生成预警提示,减少人工干预并缩短问题处理时长。部分智慧停车平台还引入自学习机制,可根据历史数据自动优化识别阈值与模型参数。

5 实验设计与结果分析

5.1 实验数据与方案设计

实验数据来自某城市商业综合体地下停车场和地面停车场两类场景,涵盖白天、夜间、雨雪天气等多种环境条件,共采集车牌图像约2.5万张,其中新能源车牌占比约25%。数据经人工标注后划分为训练集和测试集。实验方案设定三种对比对象:传统基线识别模型、未优化的深度学习模型及本文提出的优化系统。优化系统整合了光照校正与去雾算法、注意力机制卷积网络、多样化训练样本扩充以及边缘计算架构应用,旨在全面检验算法、数据与系统

优化对识别可靠性的提升作用^[5]。

5.2 改进技术的对比实验结果

在测试集上,优化系统在多种场景下的识别准确率均高于基线模型与未优化模型。具体表现为:白天正常光照下三者差异较小;夜间低照度条件下,优化系统准确率达93.6%,较基线模型提高近12个百分点;雨雪天气下准确率提升更为显著,由原本的74.8%提升至89.1%;新能源车牌识别准确率由80.5%提升至92.3%。处理效率方面,边缘计算的引入使平均识别延迟降低35%,在高峰期车流量密集的出入口仍能保持稳定运行。具体数据见表1。

表1 不同场景下车牌识别性能对比

场景条件	基线模型 准确率/%	深度学习模型 准确率/%	优化系统 准确率/%	平均延 迟/ms
白天光照	95.2	96.4	96.8	110
夜间低照	81.7	86.2	93.6	95
雨雪天气	74.8	82.5	89.1	102
新能源车牌	80.5	87.4	92.3	98

5.3 结果分析与可靠性提升评估

实验结果表明,环境干扰下的光照校正与红外补光措施显著增强了图像清晰度,使夜间与雨雪天气下的识别性能大幅改善;针对车牌多样性引入的训练样本扩充与语言模型校验,有效解决了新能源车牌与部分污损车牌的识别难题,误判率较传统方法下降了近一半;系统架构的边缘与云端协同设计,不仅降低了识别延迟,还确保了高峰期车流密集情况下的稳定性。整体来看,所提出的优化路径在停车场场景中实现了识别准确率与实时性的同步提升,增强了车牌识别在智能管理系统中的可靠性。

6 结语

停车场智能管理系统中车牌识别的可靠性直接影响车辆通行与收费效率,其中环境干扰、车牌差异和系统制约是造成识别波动的重要因素,停车场车牌识别的稳定性是一项系统性工程,依赖于高性能硬件、适应复杂环境的算法、规范的安装调试及持续的运营维护,任何一个环节的短板都可能导致整体识别效果不稳定。因此,构建稳定的车牌识别系统需从技术选型、工程实施到日常管理进行全面考量与优化,而多维度的优化措施能够有效提升准确率与稳定性。