

智能收费系统在高速公路运营管理中的应用前景探析

王 强

内蒙古交通集团呼和浩特分公司 内蒙古 呼和浩特 010070

摘 要:当前高速公路运营管理对高效、低成本、优服务的需求日益迫切,传统收费模式存在通行效率低、人工成本高、监管难度大等问题,智能收费系统依托技术优势成为转型关键。但该系统当前应用中面临兼容性不足、特殊天气识别精度下降、用户隐私保护不完善等局限。本文通过分析系统核心技术与功能特性,从运营效率、成本优化、服务体验、安全监管四方面探析应用前景,并提出技术融合、数据整合、权益保障的优化路径,为系统推广落地提供支持,助力高速公路运营管理向智能化转型。

关键词:智能收费系统;高速公路运营管理;车路协同;数据互通;服务体验

引言:高速公路作为交通网络的重要组成,其运营管理效率与公众出行体验、物流运输成本密切相关。传统收费模式存在通行效率低、人工成本高、监管难度大等问题,难以适配现代交通对高效、便捷、安全的需求。智能收费系统依托车路协同、人工智能等技术,具备无人化、多场景适配等优势,已在ETC全覆盖、移动支付等场景初步落地。深入探索该系统的应用前景与优化路径,对突破当前运营管理瓶颈、推动高速公路行业升级具有重要意义,能为后续实践提供清晰思路与支撑。

1 智能收费系统的核心技术与功能特性

1.1 核心支撑技术

车路协同技术在智能收费系统中承担车辆与路侧设备、云端平台的信息交互功能,通过实时传输车辆位置、速度、车型等数据,让系统提前获取车辆通行意图,为无感收费奠定数据交互基础,避免因信息延迟导致的扣费失误。该技术还可与人工智能识别技术协同,当识别出现短暂偏差时,通过车路交互数据快速修正,提升识别可靠性^[1]。人工智能识别技术聚焦车牌、车型精准识别,可快速处理复杂环境下的识别需求,如雨天、夜间光线不足场景,通过算法优化降低识别误差,确保车辆身份与收费标准匹配准确,减少人工核验环节。大数据分析技术对系统采集的海量通行数据进行处理,挖掘不同时段、路段的车流规律与交易特征,为车道资源调配、收费策略优化提供数据支撑,同时助力异常交易模式识别。移动支付技术整合多种支付渠道,实现账户余额、绑定银行卡、第三方支付平台等多方式自动扣费,支持离线场景下的延迟结算,满足不同用户的支付习惯,提升收费结算的灵活性与覆盖范围,即使在网络信号较弱的偏远路段也能保障收费流程顺畅。

1.2 核心功能特性

无人化收费是智能收费系统的核心优势,通过技术协同实现车辆无需停车、无需人工干预即可完成收费流程,大幅缩短单辆车通行时间,缓解收费站拥堵问题,对比传统人工收费模式,减少人力成本投入与人为操作误差。多场景适配功能可根据收费站实际需求灵活调整运行模式,在车流高峰时段将部分混合车道切换为ETC专用车道,提升通行效率;在车流低谷时段保留少量车道运行,降低设备能耗,同时支持主线收费、匝道收费、临时检查站等不同场景的收费需求,适配高速公路复杂运营环境,如节假日返程高峰的临时车流疏导场景。交易数据实时同步功能确保每笔收费交易信息即时上传至云端数据库,实现收费终端、管理平台、用户账户数据一致,避免数据延迟导致的对账差异;异常情况自动预警功能可监测逃费行为、设备故障、支付失败等问题,及时触发警报并推送至管理人员,便于快速处置,保障收费流程顺畅,对比传统模式提升问题响应速度与处理效率,减少因故障导致的车道长时间闲置。

2 智能收费系统在高速公路运营管理中的当前应用现状

2.1 现有应用场景

ETC全覆盖是当前最广泛的应用场景,全国高速公路收费站基本实现ETC车道布设,车辆通过车载设备与路侧天线交互完成身份识别与费用扣除,无需停车即可快速通行,有效减少收费站排队长度,提升高峰时段车辆通行效率,部分繁忙路段还通过ETC车道与普通车道的动态调配,进一步优化车流疏导效果^[2]。移动支付辅助收费场景主要应用于人工混合车道,车主可通过扫码、无感支付等方式完成费用缴纳,替代传统现金支付,缩短单辆车缴费操作时间,同时降低收费人员现金管理压力,减少假币识别、零钱找补等环节的出错概率。收费站智能

管控场景中,系统通过视频监控与数据分析,实时监测车道车流密度与设备运行状态,当某一车道出现拥堵或设备故障时,自动提示管理人员调整车道功能或进行维修,部分收费站还借助系统实现收费数据自动对账与报表生成,减少人工统计工作量,提升运营管理效率,为后续车流预测与资源调配提供数据支持。

2.2 现存应用局限

系统兼容性不足问题较为突出,不同省份或不同运营商的智能收费系统采用不同的数据标准与技术架构,跨区域通行时易出现数据同步延迟或对账差异,增加跨省结算复杂度,导致部分跨省通行车辆出现扣费延迟或重复扣费情况,影响用户体验与整体运营效率。特殊天气下识别精度下降的情况常见,暴雨、大雾、大雪等天气会干扰车牌识别与车路通信信号,导致部分车辆识别失败,需人工干预处理,不仅延长车辆通行时间,还增加管理人员工作负担,甚至可能引发收费站入口或出口的短暂拥堵。用户隐私保护机制不完善体现在系统采集的车辆位置、通行记录等数据缺乏统一的安全管理标准,部分平台存在数据存储不加密、访问权限管控不严等问题,存在用户信息泄露风险,不利于用户对智能收费系统的信任与接受,制约系统进一步推广应用,尤其对注重隐私保护的用户群体吸引力不足。

3 智能收费系统在高速公路运营管理中的核心应用前景方向

3.1 运营效率提升方向

系统在优化通行效率上的前景可通过深度技术融合实现,依托车路协同技术构建“车-路-云”实时交互网络,车辆进入高速公路路段后,路侧设备自动识别车辆信息并同步至云端收费系统,车辆无需减速即可完成费用计算与扣除,彻底消除传统收费站的物理停留环节,大幅提升通行速度。动态调整车道功能可结合实时车流数据实现智能化切换,当某一方向车流激增时,系统自动将部分ETC车道临时转换为混合车道,或开启应急车道作为临时收费车道,快速疏导车流;节假日等特殊时段还可提前预制车道调整方案,减少临时操作耗时^[3]。同时借助大数据分析过往车流规律,预判不同时段、不同路段的车流高峰,优化收费站点布局,如在车流密集区域增设临时收费点,或调整现有站点的车道数量,从整体路网层面提升通行效率,减少区域性拥堵。

3.2 运营成本优化方向

系统在降低运营成本上的前景体现在多环节成本控制,无人化收费模式可逐步替代传统人工收费岗位,减少人员招聘、培训与薪酬支出,同时避免人工操作带来

的误差成本;智能设备运维系统通过内置传感器实时监测收费设备运行状态,采集设备电压、温度、通信信号等数据,当设备出现异常前兆时,系统自动发出预警并推送维修方案,实现故障提前预判与快速修复,减少设备停机时间与维修成本,还可根据设备使用频率优化维护周期,避免过度保养浪费。通过建立跨区域数据共享平台,不同路段、不同运营商可共用一套核心收费系统与数据库,避免重复开发硬件设备与软件程序,节约基础设施投入;同时共享车流与收费数据,减少数据采集与存储的重复成本,从硬件、软件、人力多维度降低运营成本。

3.3 服务体验升级方向

系统在提升用户体验上的前景可通过服务整合与定制化实现,开发统一的高速公路收费服务平台,用户通过平台可完成缴费查询、历史通行记录导出、电子发票自动开具与下载等操作,无需在多个渠道切换,实现“一站式”服务;平台还可关联地图导航功能,为用户提供实时路况查询与最优路径规划,避开拥堵路段,同时支持与车辆导航系统直接联动,自动同步收费信息。针对特殊车辆群体,为新能源汽车定制专属收费优惠查询与抵扣功能,用户可在平台直接查看充电站点位置与收费折扣;为货运车辆提供载货重量与收费标准的实时匹配服务,结合车辆载重数据计算精准费用,同时开通货车车辆专属通道预约功能,减少货车排队等待时间,满足不同用户群体的个性化需求,提升整体使用体验。

3.4 安全与监管强化方向

系统在安全与监管上的前景可通过智能识别与数据联动实现,人工智能识别技术可对过往车辆的车牌、车型、行驶轨迹进行实时分析,当发现套牌车辆、无牌车辆或多次出现缴费异常的车辆时,系统自动标记并推送至监管平台,同时联动路侧监控设备跟踪车辆位置,助力管理人员快速拦截,提升收费监管精度。利用收费数据与车流数据的联动分析,系统可实时监测路段车流密度,当某一区域车流突然停滞或车速骤降时,自动判定为潜在事故风险或拥堵点,及时推送预警信息至管理人员与过往车辆,提醒调整行驶路线,还可同步共享至交通管理部门,辅助开展应急疏导^[4]。通过分析车辆通行频次与缴费记录,识别逃费行为的典型模式,如频繁变换车道、短途通行却长期不缴费等,提前防范逃费风险,为路网安全管控与收费合规性提供数据支撑。

4 智能收费系统应用前景实现的优化路径

4.1 技术融合与升级

推动多技术深度融合需从硬件协同与算法优化双管

齐下,加强车路协同技术与5G技术的结合,在高速公路沿线关键路段如隧道出入口、互通立交处布设高密度5G基站,保障车辆与路侧设备、云端平台间数据传输的低延迟与高稳定性,避免因信号中断导致的收费失败或重复扣费。同时引入边缘计算技术,将车辆身份识别、费用初步核算等数据处理任务下沉至路侧设备,减少云端数据传输压力,提升车辆信息识别与费用结算的实时性,即使在车流高峰时段也能保持高效运行。优化人工智能算法需针对复杂环境开展专项训练,收集暴雨、大雾、夜间强光、隧道内弱光等场景下的车辆图像数据,通过算法迭代提升车牌、车型识别精度,降低极端天气对收费流程的干扰;此外,融合毫米波雷达技术与计算机视觉技术,实现距离、速度、外观特征多维度车辆信息采集,进一步提升识别可靠性,突破传统单一技术的应用瓶颈,确保各类场景下收费流程顺畅。

4.2 数据互通与整合

构建跨区域、跨部门数据共享机制需先统一数据标准,由行业主管部门牵头联合技术专家制定高速公路收费数据的编码规则、格式要求与交互协议,明确车辆信息、通行记录、费用明细等核心数据的统一表述方式,确保不同省份、不同运营单位的系统数据可直接对接,避免因标准不一导致的数据转换成本与误差。建立全国统一的收费数据共享平台,设置分级管理权限,整合各路段通行记录、费用结算信息,实现跨省车辆收费数据实时同步,减少跨省结算延迟,同时为运营单位提供路网整体车流分析数据。推动收费数据与交通管理、应急救援等部门的数据联动,将收费系统采集的实时车流数据共享至交通管理部门,为交通信号灯调控、临时交通管制提供依据;同时接收应急救援部门的事故预警信息,在收费系统界面及配套导航应用中推送至过往车辆,引导车辆提前规划绕行路线,拓展数据应用场景,实现“收费-交通-救援”多领域协同,提升路网整体运行效率。

4.3 用户权益保障

完善用户权益保护体系需从数据安全与服务优化两方面推进,建立收费数据全流程加密机制,对车辆通行

记录、支付信息、车主身份关联数据等敏感数据进行传输加密与存储加密,采用动态密钥技术定期更新加密方式,设置严格的访问权限管控,仅授权人员可在特定工作场景下调取数据,且操作过程全程留痕,防范用户隐私泄露。制定清晰的收费争议处理流程,在统一服务平台开设专属争议反馈入口,用户提交争议诉求时可上传相关凭证,系统自动关联对应通行与收费数据,交由专业人员在规定时限内核查处理,并通过短信、平台消息等方式及时向用户反馈结果;同时建立争议处理监督机制,由第三方机构定期抽查处理案例,确保处理过程公平透明^[5]。此外,定期向用户推送月度或季度收费明细与数据安全报告,明细中注明每笔费用对应的通行路段、时间及收费标准,报告中说明数据存储方式与防护措施,让用户清晰了解费用构成与数据使用情况,增强用户对智能收费系统的信任度,为系统推广应用奠定基础。

结束语

智能收费系统在高速公路运营管理中的应用前景十分广阔,从提升运营效率、优化成本,到升级服务体验、强化安全监管,都展现出强大潜力。然而,要实现这些前景,需通过技术融合升级、数据互通整合、保障用户权益等优化路径。未来,随着技术不断进步和完善,智能收费系统将为高速公路运营管理带来更多创新与变革,推动交通行业高质量发展。

参考文献

- [1] 申佳峰,南锐,王忠汉,等.车型识别技术在高速公路收费稽核系统中的应用[J].中国交通信息化,2024,300(9):79-81,90.
- [2] 梁正军.智能机柜在高速公路ETC门架系统中的应用[J].交通世界,2025(4):288-290.
- [3] 刘毅,朱迪.智慧监控在高速公路运营及维护中的应用[J].建筑·建材·装饰,2023(10):172-174.
- [4] 李梅.智慧收费站中人工智能技术的应用研究[J].电脑采购,2025(25):67-69.
- [5] 孙振兴.智能机器人在南京绕越高速公路收费车道中的应用[J].中国交通信息化,2023,290(12):90-92.