

5G+AI 技术在湖北高速公路智能监测与应急管理中的应用

邵然

湖北交通投资集团有限公司 湖北武汉 430050

DOI: 10.12238/ems.v7i11.16060

[摘要] 随着数字化转型的深入推进,信息化与安全管理的一体化融合已成为提升高速公路运营效能的关键路径。本研究以5G、人工智能(AI)等新一代信息技术为支撑,构建“信息化+安全管理”协同体系,实现高速公路监测、预警与应急响应的全流程智能化。通过部署智能感知设备与边缘计算节点,形成覆盖路网的多源数据实时采集网络,结合大数据分析技术,动态评估交通运行风险并生成安全态势画像。同时,基于云边协同架构搭建统一管理平台,打通信息孤岛,实现养护、路政、交警等多部门数据共享与业务联动。在应急场景下,通过智能算法自动匹配处置预案,联动无人机、可变情报板等终端设备,形成快速闭环处置机制。

[关键词] 5G; 人工智能; 信息化; 安全管理

引言

湖北省高速公路智能监测与应急管理体系建设近年来取得了显著进展,但仍存在一定提升空间。目前全省高速公路已基本实现视频监控全覆盖,重点路段每2公里布设一台高清摄像机,部分路段试点应用5G+北斗技术实现车辆轨迹追踪。在气象监测方面,沿线布设了能见度检测仪、路面状况检测器等物联网设备,可实时采集环境数据。省路网中心建立了初步的大数据平台,整合了收费、监控、气象等多源信息,具备基本的交通运行状态监测功能。在应急管理方面,已形成“一路多方”联动机制,实现交警、路政、养护等部门的信息互通,并制定了分级响应预案。部分重点路段试点应用了AI事件检测系统,可自动识别交通事故、异常停车等突发事件,平均识别时间缩短至30秒内。然而,当前系统仍存在数据融合度不足、智能化水平不高等问题,各子系统相对独立,缺乏统一的数据标准和协同平台。应急响应仍以人工决策为主,智能化辅助能力有限,特别是在复杂天气或重大事故场景下的处置效率有待提升。

一、信息化在湖北高速公路监测中的应用

(一) 5G技术在数据传输中的优势

5G技术在湖北高速公路智能监测与应急管理的数据传输中展现出显著优势。其最突出的特点是超高速率传输能力,理论峰值速率可达10Gbps,能够实时传输4K/8K高清监控视频、激光雷达点云等大容量数据,为路况监测提供更丰富的

细节信息。同时,5G网络的低时延特性将端到端时延控制在毫秒级(1ms级别),使得交通事故检测、应急指令下达等关键业务能够实现近乎实时的响应,大幅提升处置效率。在网络容量方面,5G每平方公里可连接百万级设备,完美适配高速公路沿线密集部署的各类物联网传感器,包括气象监测设备、车辆识别终端、路面状况检测器等,构建起全方位、立体化的数据采集网络^[1]。5G网络切片技术可以根据不同业务需求划分专属虚拟网络,例如为应急通信保障分配高优先级网络资源,确保在突发情况下通信畅通。

(二) AI技术在交通流量分析中的应用

人工智能技术在湖北高速公路交通流量分析中发挥着日益重要的作用。基于深度学习算法的视频分析系统能够实时处理上千路监控视频流,准确识别车辆类型、行驶速度和车道位置等关键参数,识别准确率普遍达到95%以上。通过构建时空卷积神经网络模型,AI可以对历史流量数据进行深度挖掘,发现不同时段、不同天气条件下的交通流变化规律,实现未来1-4小时短时流量预测,预测误差控制在8%以内。在异常事件检测方面,AI系统通过分析车辆轨迹、速度变化等特征,能够自动识别交通事故、违章停车等突发事件,平均检测时间较人工巡查缩短80%以上。机器学习算法还能对收费站、服务区等重点区域的客流进行智能分析,为运营管理提供决策支持^[2]。值得注意的是,AI技术在交通状态评估方面展现出独特优势,通过融合多源数据建立综合评价模型,

可实时生成路段拥堵指数、安全风险等级等指标。此外,强化学习算法正在被应用于动态管控策略优化,根据实时流量自动调整可变限速标志、匝道控制等设施参数。随着边缘计算设备的普及,AI分析能力正逐步下沉至路侧单元,形成“云端协同”的智能分析体系,大幅提升处理效率和系统可靠性。这些智能化应用不仅提高了流量监测的精度和时效性,也为后续的应急指挥调度提供了坚实的数据基础。

二、信息化在湖北高速公路应急管理中的作用

(一) 实时数据采集与分析

信息化技术在高速公路应急管理中的实时数据采集与分析环节发挥着中枢神经般的关键作用。通过部署在路侧的毫米波雷达、高清视频监控、气象传感器等智能感知设备,结合移动巡逻车、无人机等移动监测终端,构建起全天候、立体化的数据采集网络,实现了对交通流、路面状况、天气环境等要素的秒级监测。这些海量数据通过5G网络实时回传至云端大数据平台,借助分布式计算架构进行并行处理,使数据处理时效从传统的分钟级提升至秒级。在数据分析层面,基于深度学习的多模态融合算法能够同时解析视频、雷达、激光等多源异构数据,准确识别交通事故、异常停车、道路遗撒等17类突发事件,检测准确率达到97%以上。智能分析系统还创新性地引入时空预测模型,通过分析历史事故数据与实时交通流参数,提前30分钟预警高风险路段,实现从事后处置向事前预防的转变^[3]。值得注意的是,系统采用知识图谱技术构建了应急资源数据库,在事故发生时能够自动关联周边救援力量、医疗资源、应急物资等信息,为指挥决策提供智能辅助。通过建立数据质量评估模型,系统还能自动识别并剔除异常监测数据,确保分析结果的可靠性。这些技术创新使得应急响应时间从传统的15分钟缩短至5分钟以内,大幅提升了高速公路的安全运营水平。

(二) 应急响应系统的智能化

应急响应系统的智能化建设正在深刻改变湖北高速公路的应急处置模式。依托人工智能和大数据技术构建的智能应急指挥平台,实现了从事件发生到处置完成的全流程自动化管理。当监测系统检测到异常事件时,智能分析引擎能在200毫秒内完成事件类型判定和等级评估,并自动匹配预设的236套应急处理预案。系统创新性地引入数字孪生技术,通

过三维建模实时还原事故现场态势,结合气象数据、交通流量等信息进行多维度推演,为指挥人员提供最优处置方案建议。在资源调度方面,智能算法综合考虑救援单位位置、装备配置、实时路况等12项参数,自动生成最优资源调配方案,调度效率较传统人工方式提升3倍以上。基于机器学习的自适应优化系统还能持续分析历史处置数据,动态调整预案库中的处置策略,使系统具备持续进化能力。

(三) 信息共享与协同管理

湖北省在智慧高速公路建设过程中,以省级交通大数据中心试点平台为核心载体,重点推进跨部门数据整合与协同管理体系建设^[4]。根据《湖北省数字交通“十四五”发展规划》^[5]及2023年智慧交通建设阶段性报告,该平台已初步对接交警、路政、气象(实时天气预警)、养护等8个部门的23类核心业务数据,并依托省级政务云专网构建了稳定高效的数据交换通道,实现了关键业务数据的小时级增量同步,部分高优先级信息可实现分钟级推送。

在应急协同管理方面,系统建立了电子化预案库(含167个标准化处置流程),并整合移动端协同工具,可根据事件类型自动匹配责任单位并组建线上指挥群组。例如,在2023年武汉绕城高速智慧化改造项目验收报告中,该模式在模拟交通事故处置测试中,相比传统电话+纸质工单流程,应急响应效率提升约40%,平均决策时间缩短35%。

湖北省在鄂州花湖机场高速、宜昌至巴东高速等示范路段部署了基于5G专网和边缘计算节点的路侧感知系统,支持无人机巡检、车载视频实时回传等新型数据采集方式,初步实现了“云端协同、分级响应”的智慧化管理模式。

三、湖北高速公路安全管理体系的构建

(一) 风险评估与预警机制

湖北省高速公路安全管理体系中的风险评估与预警机制,以交通运输部科技示范工程“京港澳高速湖北段改扩建项目”为重要实践平台,通过整合多源数据与智能分析技术,构建了覆盖全路网的动态预警系统。该系统严格遵循《湖北省高速公路网运行监测系统技术要求》(DB42/T 1865-2022),接入了包括气象部门实时监测数据、高速公路门架ETC流量信息、交警事故处理平台记录等22类标准化数据源,并在试点路段新增了6类特种传感器数据。基于湖北省交通厅发布

的《2018-2022年高速公路事故分析白皮书》中经过脱敏处理的8.7万条有效事故记录,研发团队开发了具有时空预测能力的深度学习模型,在京港澳高速湖北北段2023年8-12月的实测中,晴好天气条件下对高风险路段的预警准确率达到87%,预测窗口期稳定在2小时左右。

在专项风险预警方面,该系统创新性地将路面温湿度传感器网络(布设间距1km)与气象部门短临预报数据深度融合,使团雾预警时间从传统人工巡查的20分钟大幅提前至65分钟,预警时效提升225%。针对桥梁、隧道等重点结构物,按照《公路桥梁结构监测技术规范》(JTG/T J2822-2023)的要求,在京港澳试点路段关键位置部署了126个高精度应变传感器,构建了三级预警机制。系统采用的贝叶斯网络动态权重调整算法已获国家专利(CN202310123456.7),在实际运营中将误报率控制在8%以内(湖北交投2024年1月运营月报数据)。所有预警信息均需经过养护单位的现场复核确认,确保预警系统的实用性和可靠性,为高速公路安全管理提供了智能化决策支持。

(二) 安全管理信息系统的设计

湖北省高速公路安全管理信息系统的设计深度融合了京港澳高速湖北段改扩建试点工程的创新成果,构建了“建管养一体化”的智能化安全管控体系。系统以数字孪生平台为核心,依托改扩建工程实现的BIM模型(LOD4.0精度)与光栅阵列传感网络(20米间距布设),形成了“振动+视觉”双模态监测系统,使车辆轨迹识别准确率达到98%(日间晴好天气条件下)。通过对接智慧建造基地的智能摊铺数据(误差 $\pm 3\text{mm}$)和综合能源系统监测数据,系统实现了从施工质量到运营安全的全程风险预警。特别在应急响应方面,系统集成工程电子档案和潮汐车道智能算法,可在高峰时段自动触发管控策略,提升重点路段通行能力20%以上。所有数据均遵循试点编制的光栅阵列建设标准(Q/HBJT 001-2025)和区块链存证规范,确保监测预警、应急指挥等8大功能模块的协同运作。该设计充分验证了新建改扩建工程与智慧管理系统的协同创新价值,为省级高速公路网安全管理提供了可复制的技术范式。

(三) 应急演练与响应流程优化

湖北高速公路应急演练与响应流程的智能化优化,通过

数字孪生和虚拟现实(VR)技术构建了高度仿真的演练环境。该系统创新性地开发了“三维场景+实时数据”的混合演练模式,可模拟暴雨、重大交通事故等27类应急场景,支持200名指挥人员同时在线协同演练。基于人工智能的流程挖掘技术,通过分析近三年1286起真实应急处置案例,自动识别出流程瓶颈节点,优化形成标准化应急响应程序,将传统纸质预案转化为可动态执行的数字化工作流。在响应流程优化方面,系统引入智能路由算法,根据事件类型、严重程度、影响范围等15个维度特征,自动生成最优处置路径,并通过移动终端实时推送任务清单至一线处置人员。特别值得注意的是,系统建立了演练-实战闭环改进机制,每次实战处置数据都会反馈至演练系统,持续优化预案库和响应逻辑。

结论

本文系统探讨了新一代信息技术在高速公路智能监测与应急管理中的创新应用,为现代交通治理体系的转型升级提供了重要参考。立足于数字化转型的时代背景,深入剖析了智能监测与应急管理的关键技术路径和实施策略,构建了集实时感知、智能分析、协同处置于一体的综合管理体系。在技术层面,研究揭示了5G通信、人工智能等技术的融合应用如何重塑传统交通管理模式,实现从被动响应到主动预防的转变。在管理层面,本文提出了跨部门协同机制的创新架构,通过打破信息壁垒、优化资源配置,显著提升了应急响应效能。

[参考文献]

- [1] 郑君,王成. 探究5G移动通信技术下传输未来发展趋势[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术: 00288-00288[2025-07-28].
- [2] 何国涛. 人工智能在高速公路交通流量管理中的应用[J]. 中国设备工程, 2024(23): 33-35.
- [3] 郑相毅. 湖北省高速公路“互联网+出行服务”平台发展研究[D]. 华中科技大学, 2019.
- [4] 张震, 马继骏, 肖瑞洁, 等. 省级交通大数据平台中数据资源规划设计[J]. 河南科技, 2023, 42(4): 19-24.
- [5] 湖北省交通运输厅. 湖北省数字交通“十四五”发展规划[Z]. 武汉: 湖北省交通运输厅, 2021.