

高速公路养护与 AI 技术融合应用探究

肖灿

云南云岭高原养护工程有限公司，云南省昆明市，650051；

摘要：高速公路作为综合交通运输体系中的重要组成部分，定期开展养护工作，并保证养护质量达标，可保障公路通行安全、延长公路使用寿命。传统高速公路养护模式以人工操作为主，病害检测效率低，养护决策受主观因素影响大，都难以满足现代高速公路精细化养护需求。将 AI 技术应用到高速公路养护中，能为各项养护业务的高效、精细、智能开展提供技术支撑。本文主要分析了 AI 技术在高速公路养护各环节的融合应用，并提出了二者深度融合发展对策，可促进高速公路养护提质增效。

关键词：高速公路；公路养护；AI 技术；融合应用

DOI：10.69979/3029-2727.26.05.002

高速公路长期使用过程中，存在老化严重、病害频发问题，再加上交通流量持续增长，以及受到极端天气的影响，需开展更为专业的养护工作。人工智能技术的发展与应用，创新了高速公路养护模式，将该工作与 AI 有机融合，可实现自动检测、智能分析、科学决策，为高速公路行业进一步发展提供了新路径与新方向。深入探究高速公路养护与 AI 技术融合应用模式，可解决传统高速公路养护工作难题，有效提升高速公路养护管理水平。

1 高速公路养护现状与挑战

高速公路养护具有系统化特点，涵盖多方面内容，现阶段，高速公路养护管理体系逐渐完善，并引入了多种先进工具和技术设备，养护质效得到明显提升。但实际工作中对人工的依赖度较高，且对于高速公路中隐蔽区域的一些隐患问题无法及时发现并处理，导致养护工作不到位。同时，高速公路事业快速发展，复杂结构工程数量增多，对养护技术和设备提出了更高要求，传统检测技术手段难以快速、准确判断病害情况和损伤程度，无法进行精准养护^[1]。同时，高速公路养护周期较长，往往需要在交通正常运行的情况下开展养护工作，增加了安全风险。另外，高速公路养护工作开展期间缺乏科学完善的数据支撑，大多为现场维护数据，缺少环境、路况等信息，导致养护管理决策不精准。

2 高速公路各环节养护与 AI 技术的融合应用

2.1 路面病害自动化检测

路面养护是高速公路养护中的重要内容，主要进行路面病害检测，传统人工检测方式效率低下，且漏检率

较高，而与 AI 技术融合应用，可实现自动化检测，通过硬件设施采集路面信息，再利用 AI 技术识别病害，有效提升检测效率与精度。一般会在高速公路沿线安装监测设备，或者利用无人机、巡检车等搭载摄像、扫描设备，对路面情况进行多角度、全方位采集，即使是较为偏远的路段或是比较复杂的地形，也能快速完成路面信息采集工作，一定程度上提高了病害检测效率。而利用 AI 技术识别病害，主要利用深度学习模型进行病害样本训练，使其具有图像预处理、特征提取等能力，可对采集到的路面图像数据进行自动分析和处理，并能准确识别各类病害，确定病害的位置、面积和等级，进行准确标注，切实提高了路面病害的自动化检测与识别效率。另外，AI 模型也能整合历史数据和路面当前情况，对后续病害的发生、发展进行预测，提前进行病害预警，便于有关部门及时开展路面养护管理工作。

2.2 桥隧结构智能化监测

桥梁和隧道也是高速公路中的重要组成，二者结构是否安全直接影响路网整体运行安全，而且桥梁和隧道结构病害具有隐蔽性特点，若没有及时发现则会出现快速发展的情况。传统养护方式主要为定期检测，难以对桥隧结构异常进行动态监控。将 AI 技术与结构健康监测系统相结合，能对桥梁与隧道结构进行智能监测，形成较为完善的病害评估体系，便于实时掌握桥梁和隧道情况，智能化监控结构数据的变化。在桥梁结构智能监测中，可在桥梁重点部位布置传感器，实时采集主梁、桥墩、支座的应力变化、位移情况等，再利用 AI 技术实时分析相关数据，将分析结果与桥梁健康状态数据进行对比，可及时识别异常数据，分析病害程度和发展速

度,评估对桥梁工程整体安全的影响,为后续维护、加固等工作有序开展提供指导。在隧道结构智能监测中,主要利用移动设备搭载的高清摄像头采集隧道内部结构图像信息,再利用 AI 计算机视觉技术识别内部情况,可精确定隧道渗漏、裂缝、表面缺损等位置,还可利用环境传感器采集隧道内部的环境数据,基于 AI 模型综合评估隧道内部环境状态,并能根据隧道通行情况智能调控内部的通风、照明系统,有利于隧道安全、高效运行。

2.3 交通运行与养护作业协同

由于高速公路养护周期长,往往需要在正常交通状态下进行,但养护工作开展过程中需要圈出作业空间,容易造成交通拥堵,还易引发交通事故,影响高速公路养护作业顺利开展。将 AI 技术应用到该环节,能够对整个路段的交通情况进行实时监测和动态预测,根据感知到的相关数据为养护作业科学计划调整提供可靠依据,平衡好养护作业与交通通行^[2]。可以在高速公路沿线布设卡口摄像头、微波检测器等,实时采集养护路段车辆通行情况,利用 AI 算法建立流量预测模型,实现对未来一段时间内的交通情况进行准确预测,分析高峰、低谷时段,选择养护作业开展的最优路段,尽量避开交通高峰时段。实际开展养护作业时, AI 系统也能实时监测该区域周围的交通情况,能及时发现通行异常情况,并及时将相关信息上报给管控部门,通过针对性的交通诱导,使车辆有序通行,促进养护作业与交通通行协同。

2.4 养护决策与规划智能化

在了解高速公路实际情况后,需制定切实可行、科学合理的养护方案,要充分考虑经济性与科学性。通过与 AI 技术的深度融合,建立高速公路养护决策系统,可整合采集到的多方面数据,构建养护决策模型,通过对多源数据的智能化分析,可生成智能化决策方案,使养护决策内容更加精准。该系统需要采集多种数据,如道路等级、路面类型、病害类型、病害程度发展趋势、交通状况、养护资源、环境条件等。利用大数据分析、挖掘技术,以及深度学习技术,构建高速公路健康状况评价模型,全面、准确分析路面、桥隧等结构的健康状况,分析病害严重程度,以此为依据划分养护优先级,有序开展养护作业。为实现养护资源的高效利用,也可利用 AI 学习算法优化调整养护方案,科学配置各类资源,合理安排养护时间,保证养护方案的经济性与可行性。另外,也能整合历史数据优化决策模型,使高速公

路养护决策更加精准、有效,切实提升养护管理水平。

2.5 养护作业过程智能管控

高速公路养护作业开展过程中,也要加强全过程管控,确保养护决策得到有效执行,提高养护工程质量,保证作业安全。AI 技术的应用能对养护作业过程进行智能管控,实时采集现场信息,通过数据分析智能调整养护方案,实现科学调度与可视化、智能化管理。养护工作人员可搭载北斗定位装置,或智能穿戴设备,养护作业中所用机械设备则可安装 GPS 定位和传感器设备,实际养护过程中能实时采集人员、设备的位置、工作状态等,实时了解作业进度,而且相关数据能直接呈现在电子地图上,若出现超出安全作业区域、违规操作等情况, AI 养护管理系统能及时预警。该系统还能分析养护作业信息,预测可能发生的故障风险,提前进行预防维护,降低养护设备故障概率。养护质量管控方面,主要利用高清摄像头或者无人机监控养护作业全过程,再利用 AI 计算机视觉技术实时分析养护作业的关键工序,能及时发现操作不规范行为和摊铺、压实等质量不达标的问题,并及时预警,实现对养护工作质量的有效管控。

2.6 养护效果评估与应用

高速公路养护作业结束后需要评估养护效果,并将养护结果、经验等应用到后续养护工作中,便于进一步优化方案内容,使养护体系更加科学、完善。利用 AI 技术评估养护效果,可采用量化、动态化评估相结合的方式,保证评估结果的准确性,有利于优化养护体系。AI 系统能实时采集高速公路养护路段的后期运行数据,了解路面性能指标和病害修复情况等,也能获取车流量、通行能力等交通运行数据,再结合高速公路养护成本数据,构建评估模型,从多维度对公路养护效果进行量化评估^[3]。同时,分析养护方案对养护效果的影响,挖掘影响规律,将其作为养护方案优化的参考数据。另外, AI 系统利用养护效果评估结果更新高速公路养护决策模型,使模型与实际需要相符,有利于养护工作持续优化与改进,提升养护实效。

3 高速公路养护与 AI 技术深度融合的发展对策

3.1 加强技术创新

高速公路养护与 AI 技术深度融合,需创新技术手段,根据工程养护需求引入适配技术,确保为相关养护作业高效开展提供有力支撑。一方面,对 AI 核心算法

进行持续优化,收集公路养护实际场景中的真实病害信息和检测数据,构建与之适配的训练数据集,作为深度学习模型的训练依据,提升模型的应用能力,实现对各类病害的快速识别,保证养护决策的准确性。也可利用迁移学习、小样本学习技术丰富病害样本信息,提高AI算法的适用性。另一方面,加强硬件设备的标准化建设,统一各类设备和系统的接口标准和数据格式,方便各类设备间数据的互联互通,为高速公路养护作业的协同开展奠定基础。因高速公路建设区域的环境条件较为复杂,也需提升设备的适应性,确保在各类工况条件下都能实现养护作业的稳定开展。

3.2 加强数据治理

精准、完善的数据支撑是高速公路养护工作科学化、精准化开展的基础,也是发挥AI技术效能的关键。为实现公路养护与AI技术的深度融合,则应构建一体化的数据管理体系,实现多方面数据的共享整合,充分发挥各部门数据的价值作用,便于养护作业高效开展。通常要将高速公路基础信息、病害检测信息、交通运行数据、养护作业数据、环境条件信息等加以整合,实现集中管理和高效共享。但需要明确共享范围和管理责任,确保各类数据得到充分利用。为提升数据质量,还应统一数据标准,规范数据采集、整合流程,确保为高速公路养护工作提供可靠数据。也要注重数据审核,细致检查数据质量,及时剔除无效信息,保证数据准确、完整^[4]。另外,也要加强对数据的保护,引入数据安全技术,通过数据加密、访问控制等技术手段保障数据传输和使用安全,为基于AI技术的高速公路养护提供数据保障。

3.3 注重人才培养

高速公路养护与AI技术融合需要既懂得公路养护专业知识、又能熟练运用AI技术工具的复合型人才,因此,应注重人才培养,基于高速公路养护要求,打造复合型专业队伍。一方面,应建立完善的人才培养体系,定期开展养护专业知识和信息技术培训活动,巩固工作人员的专业知识,还要提升人才AI技术的应用能力,科学制定培训计划,选择工作人员较为感兴趣的方式,并通过线上与线下相结合的方式,提高培训工作开展的有效性。还可为工作人员提供外出学习交流的机会,相互分享技术应用经验,从多角度入手,全面提升工作人员的智能化操作能力。另一方面,养护单位可与地方高校、科研院所和人工智能技术企业加强合作,共同培养

专业人才,提高人才素质能力,确保满足高速公路养护行业发展对工作人员的要求。

3.4 优化管理模式

基于融合目标和要求,还应优化管理模式,制定完善的管理制度,明确行业标准和规范,确保AI技术应用到高速公路养护工作中时有章可循,实现各类AI技术的标准化应用,为该技术融入到养护全过程提供科学指导,有利于该技术的推广应用。同时,应改进优化传统养护管理模式,转变传统管理思维,融入现代化管理理念,建立智能化管理模式,通过数据驱动提高养护决策质量和水平,促进高速公路养护作业精准、高效开展。还应健全智能化养护管理制度,根据高速公路养护工作需求,确定智能化检测、分析、决策、作业等环节的工作流程和标准,实现责任的合理划分,建立完善的操作规范,为高速公路智能化养护管理工作有序开展提供指导与保障,切实发挥AI技术在养护工程全流程中的作用。

4 结语

高速公路养护与AI技术融合应用,为养护工作的数字化、智能化转型提供了技术支撑。大数据、物联网、计算机视觉等技术的应用,解决了传统公路养护模式中的难题,可自动检测、智能分析、科学决策,并优化资源配置,实现对高速公路病害问题的智能管控,很大程度上推动了高速公路养护行业的创新发展。为促进二者深度融合,还应加强技术创新,通过AI技术赋能,构建一体化养护体系,还要积极引入先进的AI技术,使高速公路养护工作向着更高水平发展。

参考文献

- [1]代永涛,罗如意,贺崇文,高长松,江海文,赵岐,胡泽,王超君.高速公路AI智慧稽核系统多源数据融合技术应用探究[J].中国交通信息化,2024(11):71-75.
- [2]卜令平.基于人工智能的高速公路养护施工安全设施及布控措施研究[J].新潮电子,2026(4):28-30.
- [3]石磊.基于多模态数据融合技术的高速公路结构物混凝土质量管控应用探究[J].中国公路,2025(4):105-107.
- [4]邢万勇,张云霞,张昱晟,林成创.智慧高速公路人工智能应用持续演进体系探索与实践[J].广东公路交通,2025,51(6):62-68.