

基于大数据技术的高速公路养护施工安全管理

● 廖喆玮



[摘要] 为探索大数据技术在高速公路养护施工安全管理中的应用,本文从数据采集、存储处理、分析可视化等环节详细阐述了大数据技术的应用路径,分析了其在提高管理效率、增强预警能力、提升决策水平等方面的突出优势,并针对数据质量、隐私安全、人才培养、部门协同等关键挑战提出了切实可行的应对策略,以期为主管部门和参建单位提供有益参考,促进公路养护施工安全管理的智慧化、精细化发展。

[关键词] 大数据技术;高速公路;养护施工;安全管理

随着高速公路建设规模不断扩大,养护施工作业量持续攀升,安全风险频发,亟需创新安全管理理念和手段。大数据技术以其海量数据处理和复杂关联分析能力,为精准识别安全隐患、有效管控施工风险提供了新思路和新方法。本文立足施工安全管理的现实需求,聚焦前沿技术发展,系统探讨大数据技术的应用价值、实践路径和关键挑战,对于提升高速公路养护施工本质安全水平、促进行业高质量发展具有重要意义。

Q 大数据技术在高速公路养护施工安全管理中的应用

(一) 数据采集

在高速公路养护施工安全管理中,数据采集是确保数据质量和完整性的关键环节。通过利用先进的物联网技术和传感器设备,可以实现对施工现场的全方位监控和数据采集。首先,可以在施工区域布置各种传感器,如视频监控摄像头、温湿度传感器、噪声传感器等,实时监测施工环境和作业情况。同时,工人可佩戴智能可穿戴设备,如智能手环或头盔,收集人员位置、生理数据等信息。其次,施工机械和车辆也可安装 GPS 定位系统、行车记录仪等,跟踪设备运行状态和行驶轨迹。此外,无人机和卫星遥感技术可用于大范围的环境监测,获取高分辨率的影像数据。最后,通过物联网网关和 5G 通信技术,将采集到的海量异构数据实时传输至云端数据中心,为后续的数据存储、处理和分析奠定基础。数据采集环节的自动化和智能化,可以极大地提高数据的准确性和覆盖范围,为施工安全管理提供可靠的数据支撑。

(二) 数据存储和处理

在高速公路养护施工安全管理中,海量异构数据的高效

存储和处理是保证数据价值挖掘的前提。大数据技术为此提供了强大的解决方案。首先,可采用分布式存储系统如 Hadoop 分布式文件系统(HDFS)、对象存储等,实现数据的可靠存储和高效访问。这些系统具有高容错性、可扩展性和并行处理能力,能够存储和管理 PB 级别的结构化、半结构化和非结构化数据。其次,针对不同数据类型,可选择合适的数据处理框架。例如,可使用 Apache Spark 进行批量和流式数据处理,利用 Apache Kafka 构建高吞吐量、低延迟的实时数据管道,使用 Apache HBase 等 NoSQL 数据库管理海量键值对数据。此外,数据湖架构可将各类数据统一存储,并通过 Apache Impala、Presto 等计算引擎,支持交互式分析和即时查询。数据处理工具则可实现数据质量管理、元数据管理和数据安全等功能。例如,在某高速公路养护项目中,数据湖架构被用于整合来自不同数据源的历史数据和实时数据,通过 Presto 进行交互式查询,帮助管理人员快速获取所需信息,提升决策效率。数据管理工具则可实现数据质量管理、元数据管理和数据安全等功能。此外,通过使用 Apache Atlas 进行元数据管理,确保了数据的可追溯性和一致性,提升了数据管理的整体水平。通过大数据技术的应用,可高效整合和处理来自施工现场的多源异构数据,为后续的数据分析和价值发现奠定坚实基础,提高数据资产的利用率和附加值。

(三) 数据分析和可视化

大数据分析和可视化技术的应用,是将采集到的海量养护施工安全管理数据转化为有价值的决策信息的关键。通过数据挖掘、机器学习等技术,可深入分析施工安全管理中的关键风险因素,揭示事故发生的内在规律,并基于历史数据和实时监测数据,开发智能预警模型,对未来一段时间内

的安全风险级别进行预测和情景推演。例如,通过对施工现场环境参数(如温度、湿度、风速等)与安全事故发生情况的关联分析,确定极端天气条件下的施工风险等级,并制定针对性的防范措施。同时,可视化分析工具的应用,如Tableau、PowerBI等,可将复杂的安全管理数据转化为直观、易于理解的可视化图表和报告,让管理者能够全面直观地掌握施工安全现状,并借助大屏幕等硬件设施,实现跨部门、跨层级的实时数据共享和协同决策。此外,虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等沉浸式可视化技术的引入,还可用于施工安全教育培训,通过逼真的场景模拟,增强作业人员的安全意识和应急处置能力。

Q 大数据技术在高速公路养护施工安全管理中的优势

(一)提高管理效率

大数据技术在高速公路养护施工安全管理中的应用,显著提升了管理效率。传统的安全管理模式主要依赖人工巡查和抽样检查,存在管理力量薄弱、随机性大等问题,很难全面及时发现安全隐患。而大数据技术的引入,则可通过物联网设备实现对施工现场的全天候、全方位监测,海量的多源异构数据实时汇聚到管理平台,并通过机器学习算法进行智能分析,自动识别异常情况,快速锁定风险点,使得安全隐患能够得到及时发现和处置。以计算机视觉技术为例,通过对视频监控画面的智能分析,可自动识别施工现场的违章作业、未正确佩戴安全帽等高风险行为,并第一时间预警,极大地提高了隐患排查效率。同时,移动互联网、可穿戴设备等技术的应用,使得第一线施工管理人员可以随时随地接收安全预警信息,并通过移动端APP等进行现场核查和处置,大幅提升了管理的灵活性和响应速度。此外,区块链等新兴技术的引入,通过对关键管理数据的链上存证,确保了数据的真实性和不可篡改性,从而提升了管理工作的规范性和有效性。

(二)增强预警能力

大数据分析技术的应用,显著增强了高速公路养护施工安全管理的预警能力。通过对历史施工数据、天气环境数据、设备运行数据等的深入挖掘和关联分析,可构建多维度的安全风险评估模型,提前预判潜在的安全风险,实现由被动应对向主动防控的转变。例如,通过对历史事故数据的分析,发现某类型桥梁结构在温度骤降情况下易发生安全事故,就可在天气预报系统预测到未来几天将出现寒潮天气时,自动生成预警信息,并推送给相关管理人员,提示其加强巡查检查、采取防护措施,从而有效规避安全风险。再如,利用机器学习算法对设备运行参数进行建模分析,当发现某设备的振动频率、温度等关键指标出现异常时,判断其可能存在故障风险,并提前安排检修,避免设备带病运转酿

成事故。此外,大数据技术还可应用于施工人员的行为管理与风险预警。通过对员工年龄、工种、违章记录等信息的综合分析,识别出高风险人员,进而有针对性地开展教育培训和行为干预,消除事故隐患。同时,基于人员位置、环境状况等实时数据,当发现某作业人员长时间处于高温、有毒环境时,系统即可自动预警,提示现场管理人员采取必要的防护措施,最大限度保障一线员工的生命安全。

(三)提升决策水平

大数据驱动的智慧决策支持,是提升高速公路养护施工安全管理水平的重要方向。海量的施工现场数据汇聚到管理平台后,通过可视化分析技术进行充分挖掘,管理者能够直观、全面地洞察施工现场的安全态势,并据此作出科学决策。例如,通过对不同时间、不同路段的安全事故发生情况进行统计分析,绘制事故多发点热力图,管理者可快速判断出重点防控区域,并有针对性地加大管理力度、优化资源配置,最大限度发挥安全管理的效能。再如,系统还可进行施工安全管理的绩效分析和多维度考核,通过对比不同参建单位、不同施工队伍的安全风险识别率、事故发生率、隐患整改率等关键指标,找出安全管理的薄弱环节,并依此奖优罚劣,持续改进安全管控水平。同时,大数据分析还可为安全生产政策制定提供有力支撑。通过综合评估不同安全管理措施的成本收益,进行情景模拟和政策评估,选择最优的管控策略,并动态调整完善,不断提升安全管理的针对性和有效性。

Q 大数据技术在高速公路养护施工安全管理中应用面临的挑战及对策

(一)数据质量和准确性

大数据技术在高速公路养护施工安全管理中的应用面临诸多挑战,其中数据质量和准确性尤为关键。由于数据来源多样、格式不一,加之恶劣的施工环境可能导致数据采集设备故障、传输中断等问题,原始数据常常存在不完整、不准确、不一致等质量问题。如果这些数据未经充分清洗和修正就直接进入分析环节,势必会影响模型训练效果和预警结果的可靠性。

对此,需要建立健全数据质量管理体系,从数据源头抓起,优化传感器部署方案,提高数据采集的稳定性和精确性;同时,引入数据清洗和融合技术,通过数据去重、数据补全、一致性校验等处理,提升数据质量。此外,还应定期开展数据质量审核,对预警模型和分析结果进行验证,不断改进数据管理流程,持续提升数据可信度。在数据应用层面,宜采用多源数据交叉验证机制,综合判断安全风险,以提高预警可靠性。

(二)数据安全和隐私保护

高速公路养护施工过程中产生的海量数据中,不可避免地包含施工人员、管理人员等主体的隐私信息,如何在合法合规利用数据的同时,切实保障相关方的数据安全和隐私权益,是大数据时代安全管理工作面临的又一重大挑战。

对此,首先要严格遵循《中华人民共和国网络安全法》《中华人民共和国数据安全法》及行业主管部门制定的数据安全规范,在数据采集、传输、存储、应用等各环节中落实安全防护措施。采集数据时,需向数据主体告知数据用途并获得其授权同意;传输和存储阶段,要采用加密、脱敏等技术,防止敏感数据被非法截获和窃取;数据使用时,要遵循最小够用原则,避免数据滥用,并严防数据泄露。可引入先进的数据安全解决方案,如同态加密、安全多方计算、联邦学习等,在保护数据隐私的前提下开展数据分析。同时,还应建立健全数据全生命周期安全管理机制,明确各岗位的数据安全职责,强化内部人员的保密意识和行为管理,并建立数据安全应急预案,确保在网络攻击、数据泄露等突发事件中能快速响应、有效处置。此外,还要积极开展数据伦理研究,在促进数据开放共享、激发数据价值的同时,切实加强用户隐私保护。

(三) 人员培训和能力建设

大数据技术的快速发展和广泛应用,对高速公路养护施工安全管理人员的知识结构和专业能力提出了更高要求。当前,不少一线管理人员存在数字化素养不足、业务流程不熟悉、数据分析能力薄弱等问题,亟需加强培训和能力建设,方能充分发挥新技术新手段的效能。

对此,要充分利用线上线下相结合的方式,分层分类开展全员培训。通过专题讲座、案例研讨等,帮助管理者树立大数据思维,准确把握数字化转型的方向和路径;针对业务骨干,要强化数据分析、风险建模等实操训练,提升其综合运用新技术的能力;对于一线作业人员,要聚焦数据采集、APP使用等基本技能,确保其掌握日常操作要领。同时,要整合各方培训资源,加强与高校、科研院所的合作,共建产学研一体化人才培养基地,促进理论与实践的紧密结合。培训方式上,要积极利用虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等沉浸式学习手段,让员工在逼真的场景中模拟作业,强化实操能力。

(四) 部门协作和数据共享

大数据环境下,打破“数据孤岛”,实现跨部门的数据共享和业务协同,是提升高速公路施工安全管理效能的关键

一环。然而,囿于体制机制障碍,不同业务系统间数据壁垒森严,各部门信息系统互联互通不足,严重制约了数据价值的释放。

对此,要从制度设计入手,建立健全大数据协同管理体系,明确各部门在数据采集、共享、应用等方面的职责边界和协作机制,形成分工明晰、协同有力的工作格局。制度层面,要研究制定数据共享管理办法,从制度层面明确共享的数据类型、共享方式、数据标准等,为数据有序流动提供基本遵循。技术层面,要加快构建统一的数据共享交换平台,制定数据接口规范,采用API、Web Service等技术实现不同业务系统间的数据对接和实时调用,打通数据壁垒。与此同时,以共性需求为牵引,加强数据资源的深度整合,建立涵盖机构、人员、设备、环境等多维数据的“一张图”管理模式,实现各类管理数据的融合应用,提升风险研判和协同指挥能力。

Q 结束语

综上所述,大数据技术在高速公路养护施工安全管理领域具有广阔的应用前景。从数据感知到智能分析,从辅助决策到优化管理,大数据技术正深刻重塑传统安全管理流程,显著提升管理效能。然而,数据质量把控、隐私安全保障、复合型人才培养等方面仍面临诸多挑战,需要相关部门、企业、高校等多方协同发力,加快构建数据驱动的智慧管理新生态。未来,随着5G、物联网、区块链等新技术的进一步发展和融合应用,智慧路网、智慧工地建设将进一步向纵深推进,催生跨地域、跨部门、跨层级的大数据协同管理新模式,不断开创公路安全生产管理的崭新局面。

参考文献

- [1]朱边灵.“互联网+”智慧高速公路运营及养护管理技术的研究与实践[J].工程技术研究,2023,5(21):115-117.
- [2]孙文凯.大数据技术实现养护数字化监管[J].中国公路,2016(09):138-139.
- [3]王海龙.大数据背景下的高速公路养护管理探究[J].世界家苑,2021(02):70.

作者简介:

廖喆玮(1995—),男,汉族,江西吉安人,本科,助理工程师,江西省交通投资集团有限责任公司抚州管理中心,研究方向:高速公路养护管理。