

基于大数据分析的工程项目安全风险预测与控制

张青旭

中国水利水电第八工程局有限公司, 湖南长沙, 410000;

摘要: 现阶段社会生产生活高度集中, 工程项目建设范围持续增大, 工程建设难度日益增高, 在获得可观的工程效益的同时, 不可避免地面临一些安全风险问题, 对整体工程项目建设质量造成严重影响, 亟待采取有效措施加以优化和解决。为了更好地把控工程项目安全风险, 本文引入大数据分析技术, 首先概述基于大数据分析的工程项目安全风险预测与控制重要性, 再提出具体方法对策, 经过研究表明, 大数据分析技术能够明显提高工程项目安全风险预测与控制有效性、准确性, 实现最大范围内的安全风险控制, 在保障工程项目建设质量的前提下, 有效减少和控制工程项目安全建设成本。

关键词: 大数据分析; 工程项目; 安全风险; 预测与控制

DOI: 10.64216/3080-1508.25.07.045

引言

工程项目是国家经济发展的关键环节, 但施工中存在着诸如坍塌、火灾、触电等各种安全隐患, 严重威胁着人民生命和财产安全, 严重制约工程项目进程与品质。近几年来, 我国工程项目数目越来越多, 规模也越来越大, 工程项目发生的安全事件所引起的各种损失非常惨重, 由此引发的安全问题也越来越受到人们重视。对工程项目安全风险预测与控制进行研究分析和应用, 已是目前工程项目安全管理建设中急需解决的重大问题。本文从大数据分析角度出发, 就为工程项目安全风险预测与控制提供切实可行的技术参考。

1 基于大数据分析的工程项目安全风险预测与控制重要性

1.1 合理配置安全管理资源

基于大数据分析的工程项目安全风险预测与控制, 通过对工程项目中的大量数据进行系统处理和深入挖掘, 实现对项目整个周期过程中的高风险区域、关键节点和风险时间段的准确识别。这以数据建模和算法计算为基础, 进行风险因素定量分析和预测, 将风险辨识由传统经验导向转变为基于数据导向, 提高风险定位精度和前瞻性。确定高风险目标, 可以科学地分配安全投入。在人员配置方面, 根据不同危险程度调节人数和专业结构, 保证高风险区域管理力度和紧急反应能力相匹配; 在物资调配方面, 根据各危险链特征要求, 合理调配防护设施和监控设备, 防止因共用而造成资源浪费。通过建立有目标的投入机制, 达到优化资源配置的目的。最后, 精确分配资源是提高经营效益的关键。一方面, 通过重点关注高风险对象, 降低对低危区的过分介入, 优

化管理过程; 另外建立以数据反馈为基础的动态调节机制, 实现对风险变化的实时响应, 并对投入策略进行相应修改, 实现闭环管理, 提高安全管理体系系统柔性和自适应能力, 达到控制风险和提高治理效率的目的^[1]。

1.2 减少工程项目安全事件发生概率

基于大数据分析的工程项目安全风险预测与控制, 通过对历史数据、实时监测数据和环境参量集成分析, 实现对潜在风险的预测预警, 为风险预防和控制提供理论基础。实现预测风险, 能够在初始阶段获得清晰的风险信号, 依托其采取的防范对策, 不是孤立的应急处置方法, 而是以大数据为支撑, 以风险源隔离、作业流程优化、保护标准提升为主线构成的系统性计划, 从根源上阻断风险演进途径。该积极预防和控制方式对事故诱因的抑制效果, 通过阻断危险传递链实现。通过削弱主要诱发因素的作用强度, 有效地降低突发事件概率, 减小其造成的各种损失。在此基础上, 有效的风险控制, 可以保证工程项目顺利进行, 防止意外事件造成的工期拖延和费用超支, 保持项目持续和稳定, 达到施工全流程安全性和效益性协调优化。

1.3 促进安全管理模式转变

基于大数据分析的工程项目安全风险预测与控制, 正在从根本上改变传统的管理方式, 从原有的事后处置和经验判断, 转变到事前预测和数据驱动的管理架构。在传统模式过程中, 工程项目安全管理主要依靠事后的被动反应, 基于个人经历和以往的案例总结, 缺少系统地掌握风险演变规律。随着大数据分析应用, 安全管理核心思想也逐渐转变为通过实时收集、深度挖掘和模型分析等手段预先辨识和定量评价风险隐患。该转型关键

意义是通过建立涵盖工程全寿命周期的风险数据系统,将零散的安全信息转换为量化的、可预测的决策基础,突破以往信息孤岛和依靠经验的限制。基于大数据的精细化管理可以对危险因子进行动态跟踪和多维度分析,将企业安全控制由粗放型全局预防提升到以特定风险部位为主的精确介入,使得安全管理对策制订更加具有针对性和预见性,达到对建设工程安全风险的高效预警和管控。

2 基于大数据分析的工程项目安全风险预测与控制对策

2.1 多源数据集成

建设综合大数据平台需要多维度的数据收集系统,包括多个参与方和多个环节。现场感知层主要利用三种装备获取信息,一是在施工场地布置物联网传感器,实时获取装备工作状态、环境参数;二是利用智能监控摄像头,对人员的工作轨迹、高危区域侵入者和作业合规性进行及时判断;三是结构安全检测装备,通过应力传感器和位移监测仪等装备,实时测量建筑构件荷载和形变系数等重要参数。此外,在该系统中,还需要将两种类型关键历史数据进行融合。在员工管理方面,将建筑工人培训档案和行为记录进行融合^[2]。在安全管理方面,对事故发生的时间、地点、伤亡情况、直接致因、责任认定和预防等方面进行系统分析。通过对装备运行工况和失效概率、人员行为与违规风险、环境参数与安全事故的关联分析,为构建风险预测模型提供训练样本。

2.2 数据清洗和规范化

数据采集时,受数据来源多样性、采集设备精度和数据传递等影响,采集到的数据往往存在冗余、误差和不一致等问题。如果不经过任何处理就将其应用到研究分析中,将严重影响结论的可信度,引起决策偏离。所以,在保证检测结果正确的前提下,进行前处理是非常关键的一步。其中,数据清洗是重要的预处理环节,采用算法筛选和人工审查方法进行系统性处理。该方法能迅速识别出重复记录和数值跳变等反常现象,比如对由传感器持续采集的温度和压力等时间序列资料,设置合适的门限探测超过正常变化幅度的数值跳变。人工审查主要是对算法标记的异常数据进行二次检查,根据业务情景分析数据异常缘由,如果是装备失效或者传送失误,则删除,如果是偶然因素引起的误差,应根据以往走势或同类样本加以校正,以保证数据准确性。数据规范化是解决数据异构性的重要途径,通过规范格式和度量单位,使多源信息在横向上具有可比性。在测量基准

层面,对分散收集的各种物理量转换成通用单位,这样就可以防止因测量单位不同而产生的错误^[3]。对于时间和进度等结构化数据,建立统一的记录规格,将各工程进度表述转换为标准化指标,为多情景信息融合提供依据。

2.3 风险辨识

通过对多源异质数据的深层挖掘和关联研究,可以对各类安全隐患进行系统辨识和预警。在装备安全监控层次,建立装备运行参数的动态分析模型,预测关键指标的时序数据。比如如果建筑装备关键部位温度检测数据出现不断上升的趋势,并且三次采样周期都超过预定临界值,那么就有可能出现严重的机械损耗或者是散热系统出现故障,导致设备在短时间内出现功能故障,需要进行预防维修。在人员行为管理层次,对空间定位和操作行为进行多维度数据融合分析,实现对高风险区域的精确识别。针对特定作业场所人员多次违规操作行为,利用时空相关算法可以判定这一地区已经产生安全风险集聚效应,需要加强现场监督和专门训练。对于历史数据发掘,采用事故致因因子关联规则算法,对同类项目历史事故案例进行结构化分解具有重要的理论和现实意义。通过提取环境因素、设备状态和人员资质等公共特性参数,构建风险因子映射模型,实现对现有项目中可能存在的危险点的迅速匹配。总之,这样的风险辨识制度,将分散的数据转换成可定量的预警指数,从而达到由被动反应到积极预防的目的。

2.4 风险评价

原有的风险评价主要依赖于个人经验和职业判断,导致评价精度和客观程度都受到限制,很难适应复杂情景下的精细化风险管理要求。与此相比,以大数据为基础的风险评价方法具有系统的优越性,其引入随机森林和梯度提升等高级建模方法,建立多维数据输入系统,包含项目运行过程中的历史运行记录、环境参数、人员资质、设备运行状态等,并利用特性工程对异构数据进行规范化处置,得到可量化评价因子^[4]。最重要的是,系统具有自适应功能,通过物联网传感器、业务系统接口等多种途径对数据进行实时收集和更新,通过算法建模,在运行过程中自动启动再评价过程,使得风险程度随着运行条件改变而进行相应修正,达到由静态预判向动态监测转变,为风险干预决策制定和实施提供更加及时有效的参考。

2.5 建立预警模型

建立预警模型,其关键是要精确设置多层次的风险

等级临界值。首先,基于历史事故数据回归分析,提取同类项目风险演变临界特征值;对照国家标准和产业规范中的相关规定,保证符合最低合规要求;根据工程具体情况,如工程地质条件和施工工艺等进行动态调整。通过定量建模,明确低风险、中风险和高风险关键区域,使得阈值系统能够同时满足风险辨识敏感性和可实施性,达到预警信号精确激发和时效控制。在发现预报风险达到相应临界点时,及时启动多渠道联动的预警机制,一是通过加密短信平台,将个性化预警消息发给项目管理人员、安全负责人等,信息包括风险等级、受影响地区GPS定位、初步应对建议,利用回执功能验证消息送达情况,保证重要决策人员及时获取消息并及时响应。二是启动现场电子屏幕动态广播。利用国际通行的红色、黄色和蓝色标志识别危险程度,同实时显示危险位置立体地图和紧急处理过程的分解图表,保证现场工作人员能够根据可视化信息迅速判定风险情况。三是在项目管理软件上面发布交互式预警通知,提供风险发展态势预测曲线和联动处理责任矩阵,使接收人通过电子签字明确已阅情况,对处理进度进行及时反馈,达到闭环管控。

2.6 优化和验证模型

为了提高预警精度和可信度,需要建立系统的优化结构体系。首先,利用多层次交互验证方法,对历史数据进行科学分割,建立训练集、验证集、测试集,保证各数据集在分布特性上的一致性。开展网格搜索、随机搜索,优化模型关键参数,组成最优参数组合。接下来引入独立样本测试,以最近三个月的真实工程数据为新测试集,计算平均绝对误差、平均绝对百分比误差等。误差超过预先设定临界值时,启动错误追溯程序,通过箱线图检查数据异常值比率,利用缺失值填补方法检查数据全面完整程度;利用混淆矩阵分析模型,判别各类型样本表现偏差,以判定是否出现结构性失衡;对于线性模型,验证残差正态性,对于非线性模型,验证核函数选取是否合理^[5]。针对出现的问题做出改善,在数据层次,利用SMOTE算法解决类别不均衡的问题,利用成分分析方法减少特征冗余。在模型结构层次,通过注意力机制提高关键特征占比,通过集成学习方式提高复杂场景捕获能力,经过改善后还需要再次验证几次,直到达到应用标准后再投入使用。

2.7 应急响应和风险管控

在接到报警信号后,要在最短的时间内启动应急计划,以保证响应有效运行。要根据各种风险,采取针对

性对策,建立系统的预防和控制制度。在防火安全中,预先设计消防通道,保证通道宽度和坡度满足规范要求,并且整个过程中不能有任何阻碍。根据工程大小和危险性程度,配置足够的灭火器材,对器材使用情况进行定期检查,做好相应登记。每个季度不少于一次的疏散演习,确定疏散路线、集合地点和各个位置的疏导责任,保证每个人都能熟练掌握紧急疏散程序。在发生设备故障风险的时候,成立由机械、电气专业组成的应急救援队伍,配置专门的应急救援工具;依据装备运行参数和损耗规则,制定重点零件备用表,进行最小库存控制,以保证在出现问题的情况下快速替换备件,减少停工周期。与此同时,加强现场安保工作,将每日一次的安全巡查频率提高到一周三次,对临时用电、高空作业、深基坑支护等重要部位进行全面检查;对违规操作行为进行零容忍处理,一经发现,立即予以惩处,同时追究管理负责人的监督职责;实施问题发现、改正、再检查、销号的闭环管理制度,确定整治时间和责任,保证隐患能够得到有效解决。

3 结语

总之,基于大数据分析的工程项目安全风险预测与控制具有先进的技术优越性,在现在及未来的工程项目安全风险预测与控制中都具有非常广阔的发展前景,大数据分析技术正处于不断升级发展中,要持续关注其在工程项目安全风险预测与控制中的最新应用成果,引入最新设备和技术,完善相关技术应用保障,最大化发挥大数据分析技术优势,切实保障相关风险预测和控制工作长效稳定开展。

参考文献

- [1]王强,李芳,张伟.基于机器学习的建筑工程施工安全风险预测模型研究[J].中国安全生产科学技术,2022,18(6):123-130.
- [2]陈雨,刘杰,周明.公路工程全周期安全风险的大数据分析与控制[J].安全与环境工程,2023,30(4):87-94.
- [3]赵阳,吴敏,郭磊.地铁施工安全风险的多源数据融合与智能控制[J].土木工程与管理学报,2021,38(3):56-62.
- [4]任继龙.基于大数据分析的工业安全事故预测与风险控制策略研究[J].智能城市应用,2025,8(5):106-108.
- [5]李清奇.建筑工程项目风险成本的分析预测与控制措施[J].中外建筑,2009(8):140-141.