

基于AI的工程风险动态预警与管理机制构建

庄永文

江苏省京杭工程咨询有限公司, 中国·江苏 南京 211200

摘要: 随着工程项目规模和复杂程度不断提高, 传统的风险管理方式已经不能适应现代工程建设的需求了。人工智能技术飞速发展给工程风险管理带来新的机会。本文主要探究 AI 技术在工程风险动态预警及管理方面的应用, 剖析目前工程风险管理中预警滞后、数据整合难、应对机制僵化等问题。在此基础上提出创建多维数据采集和智能分析平台、创建 AI 驱动的风险预警模型和响应机制、创建动态风险管理与决策支持系统等策略, 以智能化的方式达到工程风险的实时监测、准确预警、科学管理的目的, 为提高工程项目安全管理水平提供理论依据和实践途径。

关键词: 人工智能; 工程风险; 动态预警; 管理机制; 智能决策

Construction of Dynamic Early Warning and Management Mechanism for Engineering Risks Based on AI

Zhuang Yongwen

Jiangsu Jinghang Engineering Consulting Co., Ltd., China Jiangsu Nanjing 211200

Abstract: With the continuous increase in the scale and complexity of engineering projects, traditional risk management methods can no longer meet the needs of modern engineering construction. The rapid development of artificial intelligence technology has brought new opportunities to engineering risk management. This paper mainly explores the application of AI technology in the dynamic early warning and management of engineering risks, and analyzes the current problems in engineering risk management such as lagging early warning, difficulty in data integration, and rigid response mechanisms. On this basis, strategies such as creating a multi-dimensional data collection and intelligent analysis platform, establishing an AI-driven risk early warning model and response mechanism, and creating a dynamic risk management and decision support system are proposed. The aim is to achieve real-time monitoring, accurate early warning, and scientific management of engineering risks through intelligent means, providing theoretical basis and practical approaches for improving the safety management level of engineering projects.

Keywords: Artificial intelligence; Engineering risks; Dynamic early warning; Management mechanism; Intelligent decision-making

0 引言

工程建设领域存在着很多不确定的因素, 风险管理一直都是项目成功的重要环节。传统的风险管理依靠人工经验判断、定期检查, 存在明显的时间滞后性以及主观性。近几年来, 人工智能技术在图像识别、数据分析、模式预测等各方面取得了重大突破, 给工程风险管理模式创新提供技术支持。使用机器学习、深度学习、计算机视觉等人工智能技术来实现工程风险识别、监测、预警的过程, 把工程风险从被动的应对转变为主动的预防。本文主要研究 AI 技术同工程风险管理的深度融合, 系统探究基于 AI 的动态预警与管理机制的构建途径, 探寻智能化风险管理理论架构和实施策略, 从而给工程领域风险管理工作赋予新的思路和方法。

1 AI 技术在工程风险管理中的应用意义

1.1 提升风险识别的准确性与时效性

AI 技术可以突破人工识别的局限, 提高工程风险识别的精度和速度。传统的风险识别依靠人工巡检、定期评估, 受检查人员的专业水平、工作状态、检查频次等影响容易出现漏检、误检。利用深度学习的图像识别技术可以实现施工现场 24 小时的连续监控, 自动识别出存在的安全隐患和违规行为。机器学习算法通过对历史数据以及实时信息进行分析, 可以发现人工无法察觉的风险征兆和异常模式, 从而达到风险的早期预警。AI 系统不受疲劳、情绪的影响, 具有持续稳定的识别能力, 大大减少由于人为因素造成的识别误差。AI 技术能够在极短的时间里同时处理大量的、多维度的数据, 在事前完成风险扫描与评估, 使风

险识别从事后发现变为事前预防,从而赢得采取防控措施的时间^[1]。

1.2 实现工程风险的智能化动态监控

AI技术使工程风险监控从静态抽检向动态全程跟踪转变成为可能。传统的监控方式采用的是定点定时检查的方式,形成了离散的监控节点,不能捕捉到风险演变的过程。物联网和AI智能监控系统可以对施工环境、设备状态、人员行为等要素进行连续的采集以及实时的分析。传感器网络和AI算法结合可以实现温度、湿度、应力、位移等关键参数的不间断监测,发现数据异常和变化趋势。计算机视觉技术可以对施工现场进行视频流分析,自动识别不安全行为和违规操作,达到全方位、无死角的安全监督。智能监控系统会根据风险等级自动调节监控的频率和重点,对高风险区域、关键工序加强监控,以达到合理分配监控资源、精准实施风险防控的目的^[2]。

1.3 优化风险管理决策的科学性与效率

人工智能为工程风险管理决策提供科学的依据及高效的支持。传统的决策大多依靠管理者的经验判断,缺少系统的数据支持,决策质量受个人能力以及认知水平的影响较大。AI系统可以整合历史数据、实时信息、外部知识,用数据挖掘、预测分析技术,给管理者提供全面、客观的决策参考。机器学习模型可以模拟不同的风险应对方案的效果,对各种措施的成本收益进行评价,辅助管理者选择最佳的决策路径。智能决策支持系统可以根据风险变化而对管理策略作出动态调整,从而达到对风险应对的自适应优化。AI技术大大缩短了信息处理和方案生成的时间,使决策过程更加迅速高效,在应急情况下可以迅速给出科学的处置建议,有效地减少决策延误造成的损失^[3]。

2 当前工程风险管理面临的主要问题

2.1 传统风险预警方式滞后性明显

目前工程风险管理所用的定期检查、人工巡检方式存在严重的时间滞后,不能满足动态风险防控的要求。检查频率受到人力资源、管理成本的限制,一般只能做到每日或者每周巡检,检查间隔内发生的风险变化不能被及时发现。人工判断要经过观察、记录、汇报、分析等过程,从风险发生到预警信息传递需要数小时或者数天时间。由于滞后性,很多风险被发现的时候已经演化成较为严重的程度了,错过了最佳处置时机。传统的预警方式没有对风险演变趋势进行预测的能力,只能被动地应对已经出现的风险,不能做到预防在先。在施工环境快速变化的情况下,滞后的预警机制使风险防控一直处在被动的状态,增大了

事故发生的概率。另外,传统的方法依靠的是人工的经验和主观判断,不同的个人对于同一个风险所持有的认知是不一样的,预警的标准没有统一性以及客观性,从而导致预警的准确性和可靠性受到影响^[4]。

2.2 多源异构数据整合与分析困难

工程项目的实施过程需要涉及到设计方、施工单位、监理等各方参与者,由此产生的大量数据格式各异、分散不均,传统的方式并不能把它们很好地进行整合、挖掘。各个系统之间以及平台间都存在数据孤岛的问题,技术文件、检查记录、监测数据等各方面信息分散存储,缺少统一的数据标准和共享机制。数据来源多样,有结构化数字信息、非结构化的文本、图片、视频等,传统的数据处理工具不能把这些异构数据进行统一管理,也不能做综合分析。人工整理分析海量数据耗时费力、易出错,不能很好地挖掘出数据中蕴藏的风险信息和规律。数据更新不及时,历史数据和实时信息相脱离,不能做动态关联分析以及趋势预测。各参与方之间存在着信息传递的时间差和信息的损失,造成风险信息的不完整、不准确。数据质量良莠不齐,有很多冗余的、错误的以及缺失的数据,造成风险分析的可靠性下降。缺少有效的数据整合平台以及智能分析工具,使大量的数据资源不能变成有价值的风险管理决策依据^[5]。

2.3 风险应对措施缺乏动态调整机制

目前工程风险控制大多采取预先制定的静态方案,缺少根据实际情况灵活改变的能力,不能适应复杂多变的施工环境。风险应对计划一般项目开始就编制,以经验、常规做法为基础,设定固定的应对措施和流程,在实施过程中很少根据风险变化做实质性调整。实际风险状况和预期出现差异的时候,管理者会机械地按照既定的方案行事,造成应对措施同实际需求相脱离。缺少对所采取措施效果的持续评价和反馈,不能及时发现措施的不足之处并加以改进。不同的风险之间会存在一定的联系和传递效应,单一风险的应对可能会造成其它风险的发生,但是传统的管理方式不能发现并应对这样的连锁反应。应急响应机制不健全,突发风险事件发生的时候,决策和行动迟缓,协调不畅,造成应对效果不好。风险管理资源配置比较固定,不能根据风险等级、紧急程度做出动态调整,造成资源浪费或者不足。缺少系统的风险应对知识库以及智能决策支持,大多数是管理者依靠自己的经验来做决策的,其应对方案的科学性、针对性也都需要提高。

3 基于 AI 的工程风险动态预警与管理策略

为了更清晰地展示基于 AI 的工程风险动态预警与管理机制的整体框架，图 1 描绘了系统的核心架构及各模块间的逻辑关系。

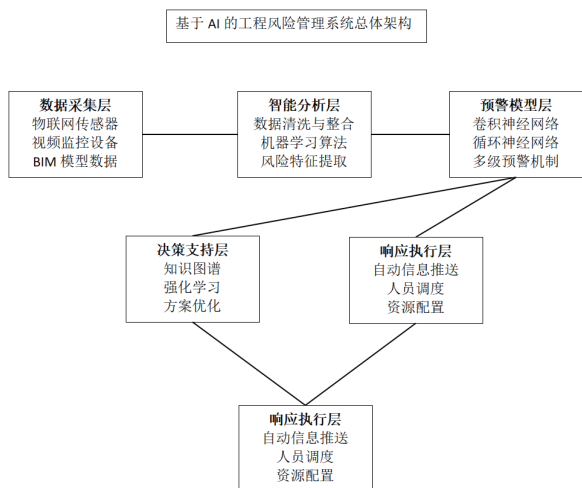


图1 AI 工程风险管理系统总体架构图

3.1 构建多维数据采集与智能分析平台

建立覆盖工程全过程的智能化数据采集体系，是实现 AI 风险管理的前提。使用物联网传感器网络实时检测施工现场环境参数、设备状态、结构变形等各种重要的数据，保证采集数据的连续性、全面性。根据调研结果可知，使用智能传感器的工程项目数据采集频率可以达到每秒多次，比传统的人工记录提高了上百倍。在重要的部分安装高清摄像机设备以及智能识别终端，用计算机视觉技术实现对人员行为、机械设备操作、材料堆放等要素的自动识别与记录，数据覆盖率可以达到施工区域的百分之九十以上。整合 BIM 模型、设计图纸、施工方案等数字化资料，建立统一的数据标准和接口协议，打通不同系统之间的数据壁垒。平台采用分布式存储和云计算架构，可以存储大量的数据，具有并行处理能力，数据处理速度比传统方式快几十倍。用自然语言处理技术把文本报告、会议记录等非结构化信息转换成可分析的结构化数据，信息提取准确率可达 85% 以上。建立数据清洗与质量控制机制，采用异常值检测、数据验证算法自动发现并修正错误数据，保证数据质量。平台可以对多维数据进行关联分析，找到不同的数据源之间存在着什么样的联系，给风险识别提供更加全面的信息基础。数据分析模块用机器学习算法来挖掘历史数据里风险发生规律及特征，从而创建起风险特征库。

3.2 建立 AI 驱动的风险预警模型与响应机制

创建以深度学习为基础的智能预警模型，属于实现动态风险管控的重要步骤。用卷积神经网络对施工现场的图

像和视频进行实时分析，自动识别安全隐患和违规行为，能识别出人员不戴防护用具、违规操作设备、危险区域入侵等几十种常见风险，识别准确率超过 90%。用神经网络创建时间序列预测模型，分析监测数据的发展趋势，预估未来时段会出现什么，预测时间窗口可达数小时至数天，预测准确率大于 75%。根据不同的风险类型建立专门的预警模型，综合考虑风险发生概率、潜在损失、影响范围等因素，设置多级预警阈值，达到对风险进行分级预警、差异化管理的目的。用集成学习法融合多种算法的预测结果，提高预警结果的稳定性和可靠性。利用持续学习机制模型随着新的数据可以不断地优化参数以及算法，使得预警能力会随着数据增多而不断提升，在经过六个月后的预警准确率平均提升 15%。建立智能化的风险响应机制，当预警系统检测到风险时，会自动启动相应的处置流程，包括信息推送、人员调度、措施启动等。根据风险等级及类型来匹配预设的应对方案，并推送到相关责任人手中，信息传递时间缩短到分钟级别。为了更清晰地展示多维数据采集与智能分析的完整流程，图 2 呈现了从数据源到风险分析的全过程。

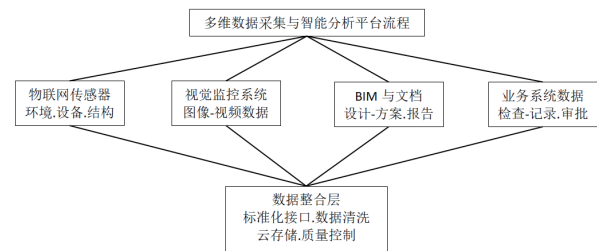


图2 多维数据采集与智能分析平台流程图

3.3 开发动态风险管理与决策支持系统

创建集成的智能决策支持系统属于加强风险管理科学性的关键方法。整合风险识别、预警、评估、应对等全部的功能模块，以达到风险管理一体化运作的目的。采用知识图谱技术创建工程风险知识库，收集行业标准、专家经验、历史案例等各方面的知识资源，给决策提供丰富的知识支持，知识条目数量可达数千条甚至数万条，覆盖常见风险类型的 90% 以上。使用强化学习算法，系统可以模拟不同的决策方案实施的效果，对各个方案的成本、时间、安全等各方面进行评价，从而帮助管理者选择出最优的方案。决策模型考虑各种风险之间的联系与影响，用系统动力学方法分析风险传递路径和连锁反应，防止单个风险应对措施引发新的风险问题。系统可以做多目标优化决策，对安全、进度、成本等各方面进行权衡，给出综合最好的管理方案。情景模拟功能可以让管理者去检验不同的

假设条件下风险的发展情况，为应急预案的制定提供科学依据，模拟的场景可以达到几十种。系统具有动态资源调配的功能，根据实际的风险情况以及项目的要求，智能地调配人员、设备、材料等各种资源，提高配置的效率，比原来的配置效率高出 20% 以上。建立风险管理绩效评价体系，用数据分析来评价风险管理措施的实施效果，风险发生率、损失金额、处置时效等指标，为管理改进提供量化的依据。系统可以支持多用户共同使用同一个平台查看风险信息、接收到风险预警提示、采取应对措施等，可以提高团队的协同工作效率。表 1 对比了传统方法与 AI 方法在数据采集、风险识别、风险预警和决策支持四个维度的关键指标差异。

表1 传统方法与AI方法关键指标对比

管理维度	评估指标	传统方法	AI方法	提升幅度
数据采集	采集频率	每日/每周	每秒多次	提高100+倍
	数据覆盖率	约60%	90%以上	+30个百分点
	数据处理速度	基准值	快几十倍	数十倍提升
风险识别	识别准确率	60-70%	90%以上	+20-30个百分点
	可识别风险类型	10-20种	几十种	2-3倍增长
	信息提取准确率	不适用	85%以上	—

4 结语

人工智能技术给工程风险管理带来革命性改变，用智能化手段完成风险的实时监测、精准预警和科学决策，较好地克服了传统管理方式的缺点。建立以 AI 为基础的工程风险动态预警和管理机制，要从数据采集、模型建立、系

统开发等多方面入手，形成技术先进、功能齐全、运行高效的智能管理体系。之后需要对工程领域内的 AI 技术应用问题做更进一步的研究工作，探究更精确的预警算法和更智能的决策模型，进而促使工程风险管理工作向智能化、精细化的方向不断迈进，并为其提供强有力的保证。

参考文献：

[1] 宫培松, 沈欣云, 韩博雯等. 深基坑工程人员区域入侵行为预警数字孪生系统[J]. 中国安全科学学报, 2025,35(8):33-39.

[2] 闫建忠. S 集团工程项目运营监测体系建设[J]. 财务与会计, 2025,(20):40-44.

[3] 徐剑坤, 王恩元, 吴祝武等. 高校实验室安全风险监控融合预警与数字化决策系统[J]. 实验室研究与探索, 2024,43(6):245-249.

[4] 吴静云, 郭鹏宇, 黄峥等. 基于反熵权法的钠离子电池过充热失控多阶段预警方法研究[J]. 储能科学与技术, 2025,14(11):4360-4369.

[5] 董晞中, 牟军敏, 何林甫等. 数据驱动的黄河流域船舶航路挖掘及风险预警方法研究[J]. 船海工程, 2025,54(4):173-180.

作者简介：庄永文（1981-），男，汉族，江苏省南京市，本科，工程师，研究方向：主要从事工程管理与施工技术的研究工作。