

安全工程风险智能评估体系构建

丁博严

北京首都国际机场股份有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i7.8190

[摘要] 本文聚焦安全工程风险智能评估体系构建,深入分析当前安全工程风险评估现状及存在问题。结合人工智能、大数据、物联网等前沿技术,从风险识别、风险分析、风险评价等环节入手,探讨安全工程风险智能评估体系的构建原则、框架及关键技术。通过建立科学合理的指标体系,运用机器学习算法实现风险的智能评估与预警,旨在提高安全工程风险评估的准确性、实时性与智能化水平,为安全工程管理提供有力的决策支持,有效降低安全事故发生概率,保障人员生命财产安全与工程顺利推进。

[关键词] 安全工程; 风险评估; 智能评估体系; 人工智能; 大数据

Construction of Intelligent Risk Assessment System for Safety Engineering

Ding Boyan

Beijing Capital International Airport Service Co., Ltd

[Abstract] This article focuses on the construction of an intelligent risk assessment system for safety engineering, delving into the current status and existing issues in this field. By integrating cutting-edge technologies such as artificial intelligence, big data, and the Internet of Things, it explores the principles, framework, and key technologies for building an intelligent risk assessment system for safety engineering, starting from risk identification, analysis, and evaluation. The aim is to enhance the accuracy, real-time performance, and intelligence of safety engineering risk assessments by establishing a scientific and reasonable indicator system and using machine learning algorithms for intelligent risk assessment and early warning. This will provide robust decision support for safety engineering management, effectively reduce the likelihood of safety incidents, and ensure the safety of personnel and property as well as the smooth progress of projects.

[Key words] Safety engineering; risk assessment; intelligent evaluation system; artificial intelligence; big data

引言

随着社会经济的快速发展,各类工程建设项目日益增多,安全工程面临的危险也愈发复杂多样。传统的安全工程风险评估方法主要依赖人工经验和简单的数学模型,存在主观性强、评估效率低、难以适应复杂多变的危险环境等问题。在数字化、智能化技术快速发展的背景下,将人工智能、大数据、物联网等先进技术应用于安全工程风险评估,构建智能评估体系,成为提升安全工程风险管理水平的必然趋势。智能评估体系能够

实时采集、分析海量危险数据,快速准确地识别潜在危险,实现危险的动态评估与预警,为安全工程管理提供更加科学、高效的决策依据。本文旨在深入研究安全工程风险智能评估体系的构建方法,为安全工程领域的风险管理提供新的思路和技术支持。

一、安全工程风险评估现状分析

(一) 传统风险评估方法及局限性

传统的安全工程风险评估方法主要包括安全检查表法、故

障树分析法、事件树分析法、风险矩阵法等。安全检查表法是依据相关标准、规范，将系统可能存在的风险因素以表格形式列出，通过对照检查进行风险评估，该方法简单易懂，但依赖检查人员的经验，缺乏系统性和全面性。故障树分析法通过对系统故障原因进行自上而下的逻辑推理，找出导致事故发生的各种因素及其相互关系，然而构建故障树过程复杂，对分析人员专业要求较高，且难以处理动态变化的风险因素。事件树分析法从初始事件出发，按照事件发展的逻辑顺序，分析后续可能发生的事件及结果，它适用于对单一事件的分析，但对于复杂系统中多个事件相互作用的情况评估能力有限。风险矩阵法通过将风险发生的可能性和后果严重性划分为不同等级，构建风险矩阵进行风险等级判定，这种方法主观性较强，风险等级划分标准难以统一。总体而言，传统风险评估方法难以应对当前安全工程中大量复杂、动态的风险信息，无法满足实时性、精准性的评估需求。

（二）安全工程风险特点

安全工程风险具有复杂性、动态性、隐蔽性和不确定性等特点。复杂性体现在风险因素众多，涉及人员、设备、环境、管理等多个方面，且各因素之间相互关联、相互影响。例如，在建筑施工安全工程中，人员操作失误可能引发设备故障，进而导致环境破坏，形成连锁反应。动态性表现为风险因素会随着工程进度、外部环境变化而不断演变，如在化工生产安全工程中，随着生产工艺的推进、原材料的变化，新的风险可能不断出现。隐蔽性指部分风险因素不易被察觉，如设备内部的微小裂纹、电气线路的绝缘老化等，这些潜在风险一旦爆发，可能造成严重后果。不确定性则是由于对风险发生的概率和后果难以准确预测，使得安全工程风险管理难度加大。

二、安全工程风险智能评估体系构建原则

（一）科学性原则

智能评估体系的构建应基于科学的理论和方法，确保评估指标体系的合理性、评估模型的准确性和评估方法的可靠性。在选取风险评估指标时，要依据安全工程领域的相关标准、规范以及专业理论知识，全面、系统地涵盖各类风险因素。评估模型的建立需运用数学、统计学、人工智能等科学方法，通过对大量历史数据的分析和验证，保证模型能够准确反映风险的本质和规律。例如，在建立火灾风险评估模型时，要综合考虑建筑结构、消防设施、人员疏散等因素，运用合适的算法进行建模，确保模型能够科学地评估火灾风险。

（二）实时性原则

为及时发现和应对安全工程中的风险，智能评估体系应具备实时数据采集和分析能力。借助物联网技术，实现对工程现场各类风险数据的实时、自动采集，如设备运行状态数据、环境参数数据、人员操作行为数据等。同时，运用大数据处理技

术和实时分析算法，对采集到的数据进行快速处理和分析，及时发现潜在风险并发出预警。例如，在矿山安全工程中，通过实时监测瓦斯浓度、矿压等数据，一旦数据超过阈值，系统立即发出警报，以便采取相应措施避免事故发生。

（三）动态性原则

鉴于安全工程风险的动态变化特性，智能评估体系要能够适应风险因素的变化，及时更新评估结果。随着工程的推进和外部环境的改变，不断调整和优化评估指标体系和评估模型。例如，在道路施工安全工程中，随着施工阶段的不同，面临的危险也会有所差异，评估体系应根据施工进度动态调整评估重点和权重，确保评估结果的有效性。

（四）实用性原则

智能评估体系应具有较强的实用性，易于操作和理解，能够为安全工程管理人员提供直观、有效的决策支持。评估结果应以简洁明了的形式呈现，如风险等级图、预警信息列表等，方便管理人员快速掌握风险状况。同时，体系的构建要充分考虑实际应用场景和需求，确保各项功能能够切实解决安全工程风险管理中的实际问题。例如，开发简单易用的操作界面，使非专业人员也能方便地使用评估系统进行风险查询和分析。

三、安全工程风险智能评估体系框架设计

（一）数据采集层

数据采集层是智能评估体系的基础，主要负责收集与安全工程风险相关的各类数据。通过部署在工程现场的传感器、摄像头、RFID 标签等物联网设备，实现对人员、设备、环境等多方面数据的实时采集。例如，利用温湿度传感器采集环境温度、湿度数据，利用振动传感器监测设备运行状态，利用视频摄像头采集人员操作行为数据等。同时，还可从企业信息系统、政府监管平台等获取相关数据，如安全管理制度文件、事故历史数据、法规标准信息等，为风险评估提供全面的数据支持。

（二）数据处理层

数据处理层对采集到的数据进行清洗、转换、集成等预处理操作，去除噪声数据和重复数据，统一数据格式和标准，提高数据质量。运用大数据存储技术，如分布式文件系统(HDFS)、NoSQL 数据库等，对海量数据进行高效存储和管理。采用数据挖掘、机器学习等技术对处理后的数据进行分析，提取有价值的信息，如风险因素之间的关联关系、风险发展趋势等，为风险评估提供数据基础。

（三）风险评估层

风险评估层是智能评估体系的核心，基于数据处理层提供的信息，运用建立的风险评估指标体系和评估模型，对安全工程风险进行识别、分析和评价。在风险识别阶段，利用人工智能算法，如深度学习中的卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)等，对数据进行模式识别，自动识别潜在的风险因

素。风险分析环节，通过贝叶斯网络、灰色关联分析等方法，分析风险因素之间的因果关系和影响程度。风险评价则采用模糊综合评价法、层次分析法（AHP）等，结合机器学习算法，对风险进行量化评估，确定风险等级。

（四）风险预警与决策支持层

根据风险评估结果，风险预警与决策支持层及时发出预警信息。当风险等级达到或超过设定阈值时，通过短信、邮件、声光报警等多种方式向相关人员发出警报，并提供风险详细信息和应对建议。同时，利用可视化技术，如地理信息系统（GIS）、数字孪生等，将风险状况以直观的形式展示出来，帮助管理人员快速了解风险分布和发展态势。此外，该层还能根据历史风险数据和评估结果，运用预测模型，对未来风险趋势进行预测，为安全工程管理提供科学的决策支持，如制定风险防控措施、优化资源配置等。

四、安全工程风险智能评估体系关键技术

（一）物联网技术

物联网技术实现了物理世界与数字世界的互联互通，为安全工程风险数据的实时采集提供了技术支撑。通过在工程现场部署大量传感器和智能设备，构建物联网感知网络，能够实时、准确地获取人员、设备、环境等多维度数据。例如，在化工园区安全工程中，通过在储罐、管道等关键设备上安装压力传感器、温度传感器、泄漏检测传感器等，实时监测设备运行参数和环境状况，一旦发现异常数据，及时上传至智能评估系统进行处理。

（二）大数据技术

安全工程风险评估过程中会产生海量的数据，大数据技术能够对这些数据进行高效存储、管理和分析。利用大数据存储技术，可实现对结构化、半结构化和非结构化数据的统一存储。通过大数据分析技术，如数据挖掘、机器学习算法等，能够从海量数据中提取有价值的信息，发现数据背后隐藏的风险规律和趋势。例如，通过对大量建筑施工安全事故数据的分析，找出导致事故发生的关键因素和风险模式，为风险评估和防控提供参考。

（三）人工智能技术

人工智能技术在安全工程风险智能评估体系中发挥着核心作用。机器学习算法，如神经网络、支持向量机（SVM）、随机森林等，可用于风险评估模型的构建和训练。通过对大量历史风险数据的学习，模型能够自动识别风险特征，准确评估风险等级。深度学习算法，如 CNN、RNN 及其变体长短时记忆网络（LSTM）等，在图像识别、时间序列数据分析等方面具有强大优势，可用于人员行为识别、设备故障诊断等风险识别场景。例如，利用 CNN 对监控视频中的人员违规操作行为进行识别，及时发现安全隐患。

（四）云计算技术

云计算技术为安全工程风险智能评估体系提供了强大的计算和存储资源支持。通过云计算平台，可实现计算资源的弹性扩展，满足不同规模安全工程风险评估对计算能力的需求。同时，云计算平台提供的分布式存储服务，确保了数据的安全性和可靠性。此外，基于云计算的服务模式，使得智能评估系统能够以较低成本快速部署和应用，方便企业和管理部门使用。

五、案例分析

以某大型建筑施工作业项目为例，应用构建的安全工程风险智能评估体系进行风险评估。在数据采集层，在施工现场部署了温湿度传感器、风速传感器、塔吊运行状态传感器、人员定位传感器等设备，实时采集环境数据、设备数据和人员数据。数据处理层对采集到的数据进行清洗和分析，提取关键风险信息。风险评估层运用建立的评估模型，结合机器学习算法，对施工过程中的高空作业风险、起重设备风险、电气作业风险等进行评估，确定各风险等级。风险预警与决策支持层根据评估结果，对高风险作业区域发出预警，并向管理人员提供风险防控建议，如加强安全防护措施、增加安全巡查频次等。通过实际应用，该智能评估体系有效提高了项目的风险管理水平，降低了安全事故发生的可能性。

六、结论

构建安全工程风险智能评估体系是提升安全工程风险管理水平的重要手段。本文通过分析安全工程风险评估现状，提出了智能评估体系的构建原则、框架和关键技术，并通过案例分析验证了体系的有效性。该体系融合物联网、大数据、人工智能、云计算等先进技术，实现了风险数据的实时采集、智能分析和动态评估，能够为安全工程管理提供科学、准确的决策支持。然而，安全工程风险智能评估体系的研究仍处于不断发展和完善阶段，未来还需进一步优化评估模型和算法，提高体系的适应性和可靠性，加强数据隐私保护和网络安全防护，推动安全工程风险智能评估技术的广泛应用，为保障人员生命财产安全和工程顺利进行提供更有力的支持。

[参考文献]

- [1]吴宗之.安全系统工程 [M].北京:化学工业出版社,2019.
- [2]刘铁民.安全生产风险管理 [M].北京:中国劳动社会保障出版社,2020.
- [3]李德毅,等.人工智能导论 [M].北京:中国科学技术出版社,2021.
- [4]朱明,等.大数据挖掘 [M].北京:清华大学出版社,2020.