

面向工地质量安全巡检的 AI 专业知识大模型研发与应用

汪浩* 汪慧君

重庆理工大学, 中亿丰数字科技集团股份有限公司

DOI: 10.12238/ems.v7i5.13260

[摘要] 随着建筑行业数字化转型的加速, 人工智能大模型在工地质量安全巡检中的应用成为提升安全管理效率的关键技术。本文提出一种面向工地质量安全巡检的 AI 专业知识大模型, 深度融合计算机视觉、多模态数据分析及物联网 (IoT) 技术, 构建覆盖隐患识别、风险预警与管理决策优化的全流程解决方案, 探讨其研发路径、关键技术及实际应用场景, 旨在推动建筑行业从“被动应对”向“主动预防”转型。

[关键词] 工地安全巡检; AI 大模型; 多模态数据融合; 风险预测

1 引言

建筑工地安全是工程管理的核心问题之一, 传统依赖人工巡检的模式存在效率低、漏检率高、实时性差等缺陷。近年来, 以 AI 大模型为核心的技术体系, 通过融合视觉目标检测、自然语言处理 (NLP) 及大数据分析, 为工地安全管理提供了新的解决方案。例如, 苏州市大批智能建造示范项目中部署的 AI 智能监控系统, 实时检测未佩戴安全帽、反光背心等违规行为, 并自动发出报警, 实现了工程隐患的智能识别与闭环处置, 显示出 AI 大模型在工地安全巡检中的技术优势与应用潜力。

2 AI 专业知识大模型关键技术

AI 专业知识大模型具有巨大参数量, 通常包含数十亿甚至数万亿个参数, 基于神经网络结构对输入数据进行多层抽象和处理, 已在多个领域取得突破。其研发需整合工地安全涉及的复杂环境数据, 包括图像、视频、传感器数据及文本报告等。关键技术如下。

2.1 多模态数据融合与知识库构建

工地安全涉及复杂的环境数据, 包括图像、视频、传感器数据及文本报告等。AI 大模型的研发需整合多源异构数据, 通过高精度摄像头捕捉施工现场视觉数据, 结合 YOLO、Faster R-CNN 等目标检测算法识别安全隐患; 利用 IoT 设备, 如温湿度传感器、振动传感器等实时采集环境参数, 构建动态风险数据库; 整合工程规范、历史事故案例及安全标准等形成结构化专业知识库, 支持模型推理与决策优化。

2.2 大模型训练与优化

基于建筑领域专业知识的大模型采用垂直领域预训练策略, 在通用大模型 (如 DeepSeek、GPT、Qwen) 基础上, 通过工地巡检场景的标注数据 (如隐患图像、安全报告) 进行微调, 提升模型对专业术语和场景的理解能力; 实施多任务学习, 联合训练目标检测、文本生成与风险预测任务, 例如同时识别违规行为并生成整改建议; 同时运用动态增量学习, 结合实时数据流更新模型参数, 适应工地环境的动态变化。

2.3 边缘计算与实时反馈

采用边缘计算架构, 在巡检设备端部署轻量化模型进行实时分析, 并通过 5G 网络将关键数据上传至云端大模型, 完成复杂场景的深度分析与全局决策, 降低延迟并保障隐私, 契合工地安全监控的实时性诉求^[1]。

3. AI 专业知识大模型在工地质量安全巡检中的研发

3.1 图像识别技术在工地质量安全巡检中的应用

图像识别技术是 AI 专业知识大模型在工地质量安全巡检中的重要应用之一。通过利用深度学习算法和大规模数据集训练得到的图像识别模型, 可以实现对工地现场图像中人、机、料、法、环等要素的自动识别和分析, 及时发现和记录施工现场的异常情况, 如识别工人是否佩戴安全帽、是否穿戴反光衣、是否存在违规操作、是否存在扬尘污染等行为, 及时对工地安全隐患进行纠正^[2]。

3.2 自然语言处理技术在工地质量安全巡检中的应用

通过利用自然语言处理算法和大规模数据集训练得到的模型, 可以实现对工地现场文本数据的自动解析和分析。利用自然语言处理技术, 可以实现对工地现场文本数据中关键信息的自动提取和分析。例如, 可以从施工日志、安全检查报告等文本数据中提取出关键信息, 如施工进度、安全问题等。通过对文本信息的提取和分析, 可以及时发现和记录施工过程中的重要信息, 为后续的分析 and 决策提供依据。

3.3 预测分析技术在工地质量安全巡检中的应用

利用机器学习算法与大规模数据集训练的预测模型, 能有效预测并分析工地质量安全问题。通过预测分析技术, 工地安全风险可自动评估, 基于历史数据与当前施工状况, 预判潜在安全问题, 并提供风险等级及预警, 有助于及时发现并采取预防措施。在施工进度预测方面, 预测分析技术能根据当前进度与计划, 自动预测未来施工进度, 并发出进度预警, 有助于迅速识别并解决进度延误, 确保施工计划顺畅执行^[3]。

4. 系统架构与应用场景

4.1 系统设计

基于 AI 专业知识大模型的工程安全管理系统可分为以下模块:

数据采集层: 集成摄像头、无人机、传感器等设备, 实时采集工地多模态数据。

分析处理层: 利用大模型进行隐患识别、风险分级及预测, 生成可视化报告。

决策支持层: 通过数字孪生技术构建 3D 动态模型, 模拟风险演化路径并提供应急预案。

4.2 典型应用场景

4.2.1 安全隐患实时监测

在安全监控领域, AI 模型通过计算机视觉、物联网传感与边缘计算技术的深度融合, 构建起覆盖“人-机-环-管”全要素的智能安全防线。依托覆盖工地的智能感知网络, 系统可实时解析人员行为轨迹、设备运行参数及环境动态数据, 精准识别高空违规作业、机械超载运转、危险区域入侵等风险, 并通过风险分级引擎实现毫秒级预警推送, 提升风险识别响应速度。同时, 基于数字孪生技术打造的“一图感知”驾驶舱, 可动态聚合设备健康度、隐患分布热力图、应急资源调度等关键指标, 实现“数据穿透式监管、风险穿透式追踪、责任穿透式落实”的业务闭环管理, 推动工地安全管理从传统被动处置向智能预控模式转型, 提升重大隐患发现率, 形成全天候、全流程、全要素的数字化安全屏障^[4]。

4.2.2 工地环境质量监测

AI 专业知识大模型通过多模态感知网络与智能分析引擎, 构建起全天候动态监测体系。系统集成 PM2.5、噪声、温湿度、VOC 等智能传感器, 实时采集扬尘浓度、噪音分贝、有毒气体等十几个种类环境参数, 结合无人机航拍的热成像数据, 利用时空图卷积网络 (ST-GCN) 实现污染源精准定位。大模型通过解析多模态时序数据, 可提前预测扬尘超标趋势, 自动触发喷淋降尘系统并生成电子整改单。同时, 基于数字孪生技术构建三维环境质量沙盘, 动态标注超标区域、污染扩散路径及治理设备状态, 实现“监测-预警-处置-验证”的闭环管理。

4.2.3 风险预测与决策支持

利用 AI 专业知识大模型深度关联工地内的物联网设备, 完成对异常的设施设备时空数据的及时显示和准确接收。在此基础上, 大模型利用先进的 AI 算法对海量复杂的历史数据与实时信息进行深度挖掘与分析, 精准预测潜在的设备故障风险, 推演预测工地未来的发展趋势, 为重大项目的规划与实施、重要政策的制定与调整、预防性维护提供数据支撑和决策参考^[5]。

5. 挑战与未来趋势

5.1 当前挑战

数据隐私与安全: 利用 AI 专业知识大模型进行巡检时, 需解决模型训练中的隐私保护问题, 确保企业和个人信息的安全性和保密性。

模型可解释性: 复杂的大模型决策过程需透明化, 以符合工程安全监管要求。

多模态融合瓶颈: 异构数据对齐与高效融合仍需算法优化。

数据获取与标注: AI 专业知识大模型的训练需要大量的标注数据。在工地质量安全巡检领域, 高质量标注数据的获取和标注工作往往比较困难。

模型泛化能力: AI 专业知识大模型在工地质量安全巡检中的应用需要具备良好的泛化能力。由于工地现场环境的复杂性和多样性, 模型的泛化能力往往受到一定的限制。

5.2 未来趋势

5.2.1 数字孪生与主动预防

通过构建工地数字孪生体, 将真实工地的复杂环境、设

施设备及人员活动精准映射至虚拟空间, 利用 AI 专业知识大模型对海量数据进行深度挖掘与分析, 实现对工地运行状态的全面监控与风险模拟。这一创新不仅能够进行精准预警, 还能指导采取主动干预措施, 引领工地管理迈向更加智能化、精细化的新阶段。

5.2.2 AI 与机器人协同

随着技术的不断进步, 将发展出具备高度自主决策能力的巡检机器人集群, 这些机器人不仅能够精准执行预设任务, 还能借助 AI 专业知识大模型的强大分析能力, 在复杂多变的工地环境中做出灵活应对^[6]。它们将覆盖更广泛的作业范围, 实现全天候、全方位的巡检监控, 有效弥补人工巡检的不足, 为构建智慧工地、保障施工安全提供强有力的技术支持。

5.2.3 加强数据获取与标注工作

为了提高 AI 专业知识大模型在工地质量安全巡检中的性能和应用效果, 需要加强数据获取与标注工作。一方面, 可以通过与施工单位、监理单位等合作, 获取更多的标注数据; 另一方面, 可以利用自动化标注工具和技术, 提高标注效率和准确性。同时, 还可以探索利用无监督学习等方法, 从大量未标注数据中提取有用的信息, 为模型的训练和优化提供支持。

6. 结论

AI 专业知识大模型通过深度融合多模态数据与领域知识, 可以显著提升工地安全巡检的智能化水平。未来需进一步突破技术瓶颈, 推动产学研用协同创新, 以实现建筑行业从“被动应对”向“主动预防”的转型。

[参考文献]

[1] 本刊编辑部, 《基于边缘感知的建筑工地安全防护智能检测技术研究》课题组, 张杰, 等. 边缘计算与 AI 技术融合应用驱动建筑施工安全数字化转型[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025, (02): 5.

[2] 范婷. 智慧工地视觉智能技术深化应用探讨[J]. 油气储运, 2024, 43 (09): 1073-1079.

[3] 张远航, 马智亮. 基于生成式 AI 和 BIM 的施工进度计划自动生成方法[C]//中国图学学会建筑信息模型 (BIM) 专业委员会. 第九届全国 BIM 学术会议论文集. 清华大学土木工程系, 2023: 470-474. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.048066.

[4] 姜伟波, 马军. CIM+AI 大模型在新区数字孪生城市一体化应用与趋势探讨[J]. 建设科技, 2024, (17): 87-90. DOI: 10.16116/j.cnki.jskj.2024.17.022.

[5] 马军, 姜伟波. 无人机 AI 巡检技术在房屋体检中的应用[J]. 建设科技, 2024, (18): 20-22. DOI: 10.16116/j.cnki.jskj.2024.18.005.

[6] 王焱, 杨博文, 唐双江. 无人机巡检中的边缘 AI 识别应用研究[J]. 通信与信息技术, 2024, (06): 113-116+128.

作者简介: 汪浩 (2003—), 男, 安徽安庆人。本科, 研究方向为人工智能深度学习与计算机科学与技术。

*通信作者: 汪慧君 (1998—), 女, 安徽安庆人。本科, 主要从事智能建造、AI 方面的研究。