

浅析人工智能在水利工程管理中的应用策略

赵同强

昆山市水事综合管理中心 江苏 昆山 215300

摘要: 随着人工智能技术快速发展,其在水利工程管理领域的应用成为提升行业智能化水平的关键。本文系统分析人工智能核心技术,阐述其在水利工程规划设计、建设施工、运行调度、运维管理及生态保护中的应用现状,针对数据、技术、人才等现存问题,提出涵盖多阶段的应用策略。通过多源数据融合分析、智能算法优化决策、跨领域技术协同应用,实现水利工程全生命周期智能化管理,为推动水利工程管理现代化、提升综合效益提供理论与实践参考。

关键词: 人工智能; 水利工程管理; 应用策略

引言: 水利工程作为保障国家水安全、促进经济社会发展的重要基础设施,其管理水平关乎民生福祉与生态安全。人工智能凭借强大的数据处理与智能决策能力,为水利工程管理变革带来新契机。本文立足水利工程管理全流程,深入探讨人工智能应用策略,旨在突破传统管理瓶颈,推动水利工程管理向智能化、精细化方向转型,实现行业高质量发展。

1 人工智能的概念及核心技术

人工智能(Artificial Intelligence,简称AI)是一门旨在模拟、延伸和扩展人类智能的综合性学科,通过计算机系统实现感知、学习、推理、决策等智能行为。其概念最早于1956年达特茅斯会议上提出,经过数十年发展,已形成涵盖理论、方法、技术和应用的庞大体系,在医疗、交通、金融等众多领域展现出巨大价值。核心技术如下:(1)机器学习。它赋予计算机从数据中自动学习规律的能力,无需预先编程。常见算法包括决策树、支持向量机、神经网络等。以水利工程管理为例,可通过历史水文数据训练机器学习模型,预测水位变化、流量波动,为防洪调度提供依据。(2)计算机视觉技术。让计算机具备“看”和理解图像、视频内容的能力。在水利工程中,利用无人机搭载摄像头采集大坝图像,通过计算机视觉算法检测坝体裂缝、渗漏等隐患;对施工现场的视频进行分析,识别人员违规操作、设备异常运行情况,保障工程安全。(3)自然语言处理。致力于实现人机间自然语言的有效交互与理解,涉及文本分类、机器翻译、问答系统等。在水利信息管理中,可通过自然语言处理技术对海量文档、报告进行自动分类归档;开发智能问答系统,快速解答工作人员关于工程规范、管理流程等方面的问题,提升工作效率。(4)智能机器人技术。融合多种人工智能技术,赋予机器人自

主感知、决策和行动能力^[1]。在水利工程中,水下机器人可潜入水底检测管道、堤坝情况;巡检机器人在工程区域自动巡逻,实时反馈设备状态。

2 水利工程管理的内容

水利工程管理贯穿项目从规划设计到运行维护的全生命周期,其核心目标是保障工程安全、高效运行,充分发挥防洪、灌溉、供水、发电等综合效益。其管理内容如下:(1)在规划设计阶段,管理内容围绕项目可行性研究与方案优化展开。需对工程建设区域的水文、地质、生态环境等进行全面勘察与分析,结合区域经济社会发展需求,制定科学合理的工程建设目标与方案。(2)建设施工阶段的管理重点在于进度、质量与安全把控。进度管理需制定详细的施工计划,运用甘特图、网络计划技术等工具,对施工进度进行动态跟踪与调整,保障工程按时完工。质量控制涵盖原材料检验、施工工艺监督及工程验收等环节,通过严格的质量检测标准与流程,确保工程符合设计要求,安全管理则需建立健全安全管理制度,加强施工现场安全隐患排查与人员安全教育培训,预防安全事故发生。(3)运行调度阶段是水利工程管理的关键环节。要对水利工程施工设施进行定期检查、维护与更新,确保大坝、水闸、泵站等设施正常运行,及时修复出现的病害与隐患;依据实时水文、气象数据及用水需求,运用科学的调度模型与方法,对水资源进行优化配置。(4)还需做好工程运行数据的收集、整理与分析,为工程管理决策提供数据支持^[2]。

3 人工智能在水利工程管理中的应用现状

人工智能正深度融入水利工程管理的多个环节。在水文监测与预报领域,人工智能技术通过分析海量历史水文数据,构建高精度预测模型,实现对水位、流量、降水等水文要素的精准预测,为防汛抗旱决策提供可靠

依据。在工程安全管理方面,计算机视觉、传感器网络与人工智能算法相结合,能够实时监测大坝、水闸等水利设施的结构安全状况,及时发现裂缝、渗漏等安全隐患,并进行智能预警。在水资源调度管理中,人工智能通过建立复杂的优化模型,综合考虑水资源供需、生态环境等多方面因素,实现水资源的科学调配与高效利用。在水利工程的规划设计阶段,人工智能辅助设计人员进行方案比选和优化,提高设计效率与质量。自然语言处理技术也应用于水利信息管理,实现对水利行业文献、报告等文本数据的自动分类、检索与分析,助力知识管理与共享。当前人工智能在水利工程管理中的应用仍存在问题。部分水利工程管理单位对人工智能技术的认识和应用能力不足,缺乏专业人才;数据共享机制不完善,数据质量参差不齐,制约了人工智能算法的训练与应用效果;技术应用的深度和广度有待拓展,部分场景的智能化水平仍较低,难以满足水利工程管理日益增长的需求^[3]。

4 人工智能在水利工程管理中的应用策略

4.1 在水利工程规划设计中的应用策略

在水利工程规划设计阶段,人工智能技术的应用贯穿以下数据处理、方案设计与风险管控全流程。(1)数据处理。面对复杂的水文环境,基于机器学习的水文预测模型构建需遵循“数据-特征-模型”的逻辑链条。整合气象卫星数据、流域监测站点数据、历史洪水档案等多源异构数据,通过数据清洗、标准化处理剔除异常值,构建高质量数据集;其次,利用主成分分析、特征工程算法提取关键水文特征,如降雨强度时空分布、河道糙率变化趋势;最后,采用长短期记忆网络(LSTM)、门控循环单元(GRU)等时序预测模型,结合地理空间信息,实现对未来3-5年水文情势的概率性预测,为水库库容设计、堤坝高程确定提供量化依据。(2)方案设计环节。将遗传算法与拓扑优化技术相结合,通过模拟生物进化过程中的选择、交叉、变异操作,在满足防洪标准、抗震规范等约束条件下,对渠道断面形状、枢纽建筑物布局等进行多目标优化。同时引入强化学习框架,以工程全生命周期成本、环境影响指数为奖励函数,使算法在不断试错中自动生成兼顾经济性与生态性的设计方案。(3)风险评估层面。基于卷积神经网络(CNN)与GIS空间分析技术,构建灾害风险预测模型。该模型通过对历史滑坡、泥石流影像的特征提取,结合地形坡度、岩性分布等静态数据,以及实时降雨量、地下水位等动态数据,实现对工程建设区域地质灾害的三维可视化风险评估,输出风险等级区划图与应对预案库。

4.2 在水利工程建设施工管理中的应用策略

在水利工程建设施工管理中的应用策略主要体现在以下:(1)施工进度管理。构建“感知-分析-决策”的智能闭环,在感知层,通过物联网传感器网络实时采集混凝土浇筑进度、设备运行状态等数据,利用边缘计算技术进行初步处理;分析层采用混合时间序列模型,将季节性变化规律与施工组织设计相结合,对进度偏差进行动态归因分析;决策层基于知识图谱技术,关联历史进度滞后案例与应对措施,自动生成资源调配方案,如机械台班补充计划、施工班组人员调整建议。(2)质量控制体系的智能化升级依赖多模态数据融合技术。在图像识别基础上,融合超声波探伤、红外热成像等检测数据,构建施工质量综合评价模型。采用迁移学习策略,将在工业质检领域训练的预训练模型,针对水利工程特殊场景进行参数微调,实现对混凝土蜂窝麻面、钢筋锈蚀等缺陷的毫米级检测。同时建立质量追溯区块链系统,将原材料检验报告、施工过程影像等数据上链存证,确保质量问题可溯源、责任可界定。(3)安全管理方面。基于行为识别与风险预测的双重机制保障施工安全。采用时空行为检测网络(STDN)对监控视频进行实时分析,不仅识别人员违规行为,还能通过群体运动轨迹预测潜在冲突风险。结合数字孪生技术,将施工现场1:1映射至虚拟空间,通过模拟不同施工工况下的安全隐患,生成动态风险热力图,提前规划安全防护设施布置,实现从被动响应到主动预防的转变。

4.3 在水利工程运行调度中的应用策略

运行调度阶段的核心在于多目标协同优化。(1)智能调度模型需突破传统确定性算法局限,采用分布式强化学习架构,将水库、灌区、城市供水系统等视为独立智能体,通过通信网络交互实时状态信息。模型以防洪安全阈值、灌溉保证率、发电效益等为优化目标,结合蒙特卡洛树搜索算法,在动态变化的水文条件下,生成多时间尺度(日-周-月)的调度策略集。同时建立自适应学习机制,根据实际调度效果对模型参数进行在线调整,提升长期决策的稳健性。(2)水资源优化配置需解决数据异构性与目标冲突问题。构建基于对抗生成网络(GAN)的水资源分配模型,通过生成器与判别器的博弈学习,模拟不同用水部门的需求变化规律。引入多目标粒子群优化算法(MOPSO),将水资源分配问题转化为多维空间的帕累托前沿搜索,输出涵盖生活保障、农业节水灌溉、生态基流维持的多方案解集。结合区块链技术建立水资源交易智能合约,实现区域间水资源的市场化调配与动态平衡。(3)防洪抗旱决策支持系

统采用联邦学习架构整合多源数据。在不泄露各部门敏感数据的前提下,联合气象部门的数值天气预报、水文部门的实时监测数据、应急管理部的灾情统计信息,构建跨领域预测模型。系统运用图神经网络(GNN)对流域水系拓扑结构进行建模,模拟洪水演进路径与淹没范围,通过强化学习算法生成动态调度策略。针对干旱灾害,建立基于贝叶斯网络的旱情评估模型,结合农作物需水规律与地下水动态变化,制定精准的抗旱用水计划。

4.4 在水利工程运维管理中的应用策略

水利工程运维管理需构建智能化、全周期的管理体系。(1)借助数字孪生技术,将水利工程设施在虚拟空间中进行1:1精准复刻,整合传感器实时监测数据、历史运维记录等多源信息,形成工程设施的数字化镜像。通过深度学习算法对数字孪生体的运行状态进行分析,预测设备故障发生概率与时间节点,实现预防性维护,降低突发故障风险,提升设施运行可靠性。(2)利用自然语言处理技术对海量的运维文档、操作手册等进行结构化处理,构建水利工程运维知识图谱。该知识图谱能够快速关联设备故障现象、原因及解决方案,辅助运维人员高效定位和解决问题。引入智能巡检机器人系统,搭载高清摄像头、红外热像仪、气体检测仪等设备,结合计算机视觉与路径规划算法,实现对水利设施的自主巡检与数据采集,提高巡检效率与数据准确性,减少人工巡检的劳动强度与安全隐患。(3)在运维成本管理方面,运用机器学习算法对历史运维成本数据进行分析,建立成本预测模型,结合设施运行状态与维护计划,合理规划运维资金投入,优化资源配置。

4.5 在水利工程生态保护中的应用策略

水利工程建设与运行对生态环境的影响不容忽视,人工智能可助力生态保护与修复决策。(1)构建基于卫星遥感与无人机监测的生态环境感知网络,利用计算机视觉与深度学习算法对影像数据进行分析,实现对水域面积变化、植被覆盖度、湿地退化等生态指标的动态监

测。通过对长期监测数据的趋势分析,及时发现生态环境变化的异常情况,为生态保护措施的制定提供数据支持。(2)在生态修复决策支持方面,运用人工智能构建生态修复模型。该模型以生态系统健康评估指标为目标,结合流域水文、地质、生物等多方面数据,通过智能优化算法模拟不同生态修复措施的实施效果,如河道生态疏浚、鱼类栖息地修复等方案,为生态修复工程的规划与实施提供科学的决策依据。(3)利用人工智能技术对水利工程运行过程中的生态流量进行精准调控,结合鱼类洄游规律、水生生物繁殖周期等生态需求,优化水库放水调度方案,保障河流生态系统的稳定与健康^[4]。建立生态保护预警系统,当监测到水质恶化、生物多样性下降等生态风险时,系统自动发出预警并推荐相应的应对策略,实现水利工程与生态保护的协调发展。

结束语

本文系统研究人工智能在水利工程管理中的应用,明确核心技术支撑与多阶段应用策略,为行业智能化升级提供可行路径。研究发现,人工智能在水利工程管理各环节已展现显著优势,但在数据共享机制、技术深度融合、专业人才储备等方面仍需完善。未来研究应聚焦人工智能与水利工程管理的深度融合,探索前沿技术创新应用,强化跨学科人才培养,构建更高效、智能的水利工程管理体系。

参考文献

- [1]丁万峰.人工智能在水利工程管理中的应用[J].新农业,2022(24):97.
- [2]张哲.探究人工智能在水利工程管理中的应用[J].科技传播,2020,12(8):130-131.
- [3]许源,曹丽娟.人工智能在水利工程管理中的应用[J].海河水利,2020(6):49-50.
- [4]高小清,郑文献.人工智能在水利工程管理中的应用浅述[J].智能建筑与智慧城市,2021(7):167-168.