

人工智能赋能水利工程智能决策研究

雷 浩

河南省水利勘测设计研究有限公司, 河南 郑州 450016

[摘要]当前信息技术更新迭代速度持续加快,人工智能技术逐步渗透到各行各业。该技术多用于水文精细化预报、水资源调配优化、工程洪涝灾害风险研判等工作,可自动处理海量监测数据,优化资源调配方案,提早识别干旱、洪涝风险。目前实际应用仍有诸多阻碍,如一线监测数据残缺、数据安全保障薄弱,智能算法模型难以追溯推理逻辑。可通过规范全链条数据整理管控、研发可溯源人工智能算法、搭建水利一体化数字综合平台,有效破解上述各类问题。研究表明,人工智能能有效提升水利决策的可靠度与处理速度,为工程施工、日常运维提供技术保障,推动水利行业数字化升级。

[关键词]人工智能;水利工程;智能决策;数据安全;隐私保护

DOI: 10.33142/hst.v9i7.20242

中图分类号: TV6

文献标识码: A

Research on Artificial Intelligence Empowering Intelligent Decision making in Water Conservancy Engineering

LEI Hao

He'nan Water & Power Engineering Consulting Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450016, China

Abstract: The current pace of information technology updates and iterations continues to accelerate, and artificial intelligence technology is gradually penetrating into various industries. This technology is commonly used for hydrological precision forecasting, water resource allocation optimization, and engineering flood risk assessment. It can automatically process massive monitoring data, optimize resource allocation plans, and identify drought and flood risks in advance. At present, there are still many obstacles to the practical promotion and application, such as incomplete frontline monitoring data, weak data security guarantees, and difficulty in tracing the reasoning logic of intelligent algorithm models. By standardizing the organization and control of data throughout the entire chain, developing traceable artificial intelligence algorithms, and building an integrated digital platform for water conservancy, the above-mentioned problems can be effectively solved. Research has shown that artificial intelligence can effectively improve the reliability and processing speed of water conservancy decisions, provide technical support for engineering construction and daily operation and maintenance, and promote the digital upgrading of the water conservancy industry.

Keywords: artificial intelligence; water conservancy engineering; intelligent decision-making; data security; privacy protection

引言

水利工程是支撑国家发展的关键基础工程,负责防汛防灾、统筹调配各地用水、修复河道流域生态,工程建设和日常管护效果直接关系群众生命财产安全,也影响地方经济长久稳定发展^[1]。如今水利管理业务日趋复杂,依托经验研判、传统表格统计的传统管理模式短板日益凸显,易引发水资源分配失衡、调度运行效能偏低等问题。人工智能具备海量数据批量处理、关键信息挖掘提取、多方案优化推演等能力,为水利管理转型升级提供全新路径。人工智能全面应用水文预测、水库联合调度、水旱风险排查各环节,实现各类水文监测数据的充分运用与价值挖掘,

减少人为判断带来的主观误差,弥补传统计算方式的不足,大幅提高水利管理决策的科学程度、响应速度和准确程度,满足当下智慧水利精细化、高效率管理的发展要求^[2]。

1 人工智能在水利工程智能决策中的应用场景

1.1 水文预测

1.1.1 基于人工智能的水文数据挖掘

凭借人工智能先进数据挖掘算法,可从海量水文数据中挖掘有效信息与核心规律。其中,聚类分析可精准区分各类水文条件的特征差异,关联规则挖掘能够有效剖析不同水文要素间的内在关联,应用于洪水预警、干旱监测等方面,分析的准确性和效率都得到进一步的提升。另外,

人工智能可实现文本、图像等非结构化数据的智能化处理。依托自然语言处理技术,可从气象通报、防汛简报、舆情信息、公开资讯等文本资料中萃取水文关键信息,完善水文信息数据集,有效拓宽水文数据获取渠道、丰富数据来源维度,增加应用场景,给水利工程的智能决策提供了更全面的数据支持^[3]。

1.1.2 人工智能驱动的水文预测模型

人工智能有效提高水文预报的精度与可靠程度,打破传统水文手段在海量数据处理上的局限。LSTM 循环神经网络具备突出的非线性拟合能力,可以充分挖掘水文时序数据内在长期关联,适配水文序列,多用于径流预测、洪水预警,预报表现优于传统模型。样本数量不足时,支持向量机(SVM)表现稳定,更适合短期水文预报。随机森林、梯度提升树这类集成学习融合多个基础模型的优势,减少单一模型带来的预测偏差,增强模型稳定性与预测精度,能够为流域水情研判、防汛调度提供可靠智能技术保障^[4]。现阶段,依托人工智能搭建的多模型集成框架,能够融合卫星遥感、水文监测站等各类来源的监测数据,结合不同算法的优势,同时能根据气候变化、极端天气情况实时调整、优化预测方案,为水利智能化决策、水旱灾害防控和应急处置筑牢了技术根基^[5]。

1.2 水资源调度

1.2.1 智能调度算法

依托智能算法可实现水资源精细化、智能化调度,系统可结合气象条件、来水情势、城乡居民及工矿企业用水负荷的动态变化进行实时调控,自动推演并输出最优水资源调配方案。如遗传算法、蚁群算法这类智能算法,借鉴自然界生物进化、群体协作的规律,能快速处理多种限制条件、多重目标的调度计算,给水库、农田灌区的供水管控提供好用的智能技术支撑。蚁群算法依托信息素形成的正反馈机制不断迭代寻找最优方案,常被应用于大型灌区水资源调度场景。算法收敛速度可观,能够合理优化灌区输水路线以及各区域水量分配计划,降低输水过程中的水量流失,提升灌溉产出效益与水资源利用效率。

遗传算法依托编码、选择、交叉、变异整套运算流程,在庞大复杂的可行解范围内搜索全局最优解。该算法可以兼顾供水、发电、生态补水等多个调度目标,有效处理水利调度当中高维度、非线性的复杂难题。

1.2.2 多目标决策支持

水资源调度需统筹供水稳定、防洪安全、生态维系多重目标。基于帕累托最优理论的多目标进化算法,可产出多组高质量非劣调度方案,建成一体化智能调度平台。平

台能够清晰展示不同调度方案对各目标产生的作用效果,方便管理人员实时调整、持续完善调度策略。依托模拟试错迭代机制,强化学习持续优化水资源调度方案,自适应水文条件变化、动态调整调度策略,适配复杂水文场景,提高调度动态应对水平。

1.3 风险评估

1.3.1 风险识别与评估模型

水利工程日常运维与稳定运行,高度依赖全周期风险评估体系的保障与支撑。决策树、随机森林等机器学习算法可调取大坝、河道的历史险情监测数据,自动挖掘各类与工程风险相关的多维特征,在明确故障诱因与风险机理的同时,实现对新型险情的超前预判。该智能评估模型兼顾运算精度与运行效率,能够为水利工程安全管控、运维决策实施提供完备、可靠的技术支撑。深度学习算法可适配各类水利工程监测场景:卷积神经网络精化解析航拍遥感影像,识别坝体裂缝、形变等隐蔽结构病害。融合多源监测数据、发挥各算法优势搭建综合风险评估模型,能够完成水利工程风险实时动态监测,提前发出预警提示。循环神经网络针对长期连续时序监测数据深度分析,依据数据动态变化推演风险演化趋势,精准预测风险变化趋势。

1.3.2 风险预警与应对

人工智能技术可依托工程实时监测数据开展智能化分析研判,能够提升风险预警响应速度与识别精准度。面对极端暴雨、突发地质滑坡等随机性强、预判难度大的复杂工况,人工智能技术可融合蒙特卡洛模拟、区间分析法等量化手段,测算各类影响变量的波动范围与变化规律,全面支撑水利工程从实时监测、风险研判、预警推送到应急处置的全流程闭环风险管控。该系统依托物联网前端采集设备,不间断获取水利工程现场的水位、流速、结构形变、地质状态等实时运行数据,通过异常特征识别、时序大数据分析等人工智能核心算法,快速筛查、甄别工程运行中的潜在安全隐患。在风险应急处置阶段,基于强化学习构建的智能系统可推演多套处置方案,自动比选推荐最优应对策略;借助自然语言处理技术挖掘网络舆情、新闻报道等外部信息,补充易被忽视的风险线索,持续优化各类应急预案,减少应急处置整体响应时长,降低灾害损失。

2 人工智能赋能水利工程智能决策面临的挑战

2.1 数据质量与安全问题

水利工程相关的数据类型繁杂,在收集、存库、加工全流程中易出现数据缺漏、数值出错、多源数据不一致等质量缺陷,影响人工智能分析决策模型的使用效果。另外,

水文监测记录、调度计划、工程设备参数涉敏感数据,安全风险很高。当前各部门尚未建立统一的数据共享规范与管理机制,进一步增大泄密概率。一旦核心数据泄露,不仅干扰后续智能调度判断,还可能带来财产损失,甚至引发公共安全事故。

2.2 模型可解释性难题

当前人工智能技术赋能水利工程智能决策场景,主流应用模型以深度神经网络、支持向量机等机器学习算法为主,整体运算逻辑繁琐、呈现明显的非线性映射特征,行业内普遍存在突出的模型“黑箱”问题。深度学习凭借多层网络结构,能够依托海量水利监测、运行数据挖掘隐藏的深层业务规律,但模型可解释性薄弱是制约其工程实际应用的突出瓶颈。这一问题不仅提高了水利行业决策者理解、落地应用智能模型的门槛,也限制了人工智能模型在水利工程实际落地应用的安全性与可靠性。以水资源调度核心业务为例,由于模型机理、数据推导依据不充分,导致大部分智能调度方案难以直接落地投入实操。这一现状不仅无法充分释放人工智能的技术优势与应用价值,还间接降低了水利工程整体的决策质量与运行管控效率。

2.3 技术与业务融合障碍

不同专业主体开展跨领域协作时普遍存在认知隔阂,算法研发团队与水利工程从业者二者知识框架往往相互独立、缺乏有效互通。与此同时,现行水利调度方式大多依靠工作人员长期积累的经验开展估算分析,很难满足高精度、实时动态调控的发展要求。人工智能技术在水利场景落地,需要重新梳理业务运行机制、调整岗位职责与管理权限;水利行业长期形成的传统组织运行模式,对流程革新造成明显阻碍。

3 应对挑战的策略

3.1 数据治理策略

人工智能赋能水利工程智能决策过程中,数据质量直接影响模型性能与决策有效性。同步校验数据格式、数值区间与内在逻辑,构建涵盖完整度、精准度、统一性、时效性的量化评价标准,并建立规范的数据清洗核验流程,落实缺失数据补齐、异常数值修正、重复信息清除等各项处理工作。此外,为了全方位保障水利行业数据使用安全,搭建多层次安全防护架构,数据传输运用 SSL、TLS 协议抵御窃取与篡改风险,敏感数据在存储环节实施加密处理,借助 RBAC、ABAC 权限模型推行分级访问管理。

3.2 模型可解释性提升方法

深度学习模型凭借预测能力,在各类智能应用场景中得到了极为广泛的落地使用。但存在“黑箱问题”,即模

型内部的运算逻辑、决策依据不透明,整体运行流程难以追溯、无从核查等。这些问题限制深度学习模型进一步落地应用,而可解释人工智能(XAI)能够很好地弥补这一短板,有效破解深度学习模型的黑箱难题,让 AI 模型的决策过程有据可依。在各类可解释算法中,LIME 算法的适配性优势十分突出,可以兼容主流深度学习模型。该算法的核心逻辑简单易懂,主要是对模型的局部输入数据进行微调、扰动对比测试,通过简单的变量对比,把深度学习复杂、晦涩的底层运算逻辑,转化便于理解的解释结果,整体操作灵活便捷,通用适配能力极强。

除此之外,搭配交互式可视化界面,工作人员可灵活调整参数、实时观测结果变动,优化人机交互体验,保障水利工程 AI 决策全程透明,切实提升工作效率。可视化技术也是提升 AI 模型可解释性不可或缺的辅助手段,借助热力图、特征重要性图谱等直观的图形化展示形式,能够将模型的数据输入、中间推演过程、最终预测。

3.3 技术与业务融合促进措施

通过组建融合技术开发、水利业务、数据分析人才的复合型攻坚队伍,定期组织跨专业交流研讨与技能实训等,充分发挥人工智能运算高效、自主学习、智能分析的优势,全面梳理、优化传统水利业务工作流程。围绕水文预报、水资源调度、实时水情监测等重点业务,开发贴合实际工作场景的自动化计算工具,升级业务关键环节,拓展数据联动分析、方案智能推演、预警自动推送能力,简化人工运算流程,提升水旱灾害处置能力与水资源统筹调度效率。贯通现场数据采集、整理分析、模型演算、智能方案输出到落地实施的完整业务链条,持续推进人工智能更好融入水利各项日常工作,依靠技术手段降低人工重复工作量,提升业务处置效率,助力水利业务数字化转型。

4 结论

人工智能是智慧水利领域的核心技术,在水文预测、水资源分配、水利安全风险分析上应用广泛,且取得了很大的效果。大数据技术对海量水文监测数据进行归集梳理,挖掘水位、降雨等要素演变规律;机器学习、神经网络模型,能够有效提升水文预报精度与应急响应效率,支撑暴雨洪水等极端水情快速处置。AI 视频监测系统可对水库、堤防开展 24 小时不间断隐患巡检,及时预判工程险情,大幅提升水利工程安防能力。借助遗传算法、蚁群优化算法等智能算法,可统筹兼顾城乡生活供水、防洪调蓄、河道生态补水等多重水资源利用目标,科学生成最优水资源分配方案,有效减少水资源浪费与损耗。目前智慧水利技术虽应用前景广阔,但规模化落地仍存在诸多现实难题。

基层部分监测站点常出现数据缺失、监测精度不达标的问题,影响数据分析效果;涉密水文数据传输存储存在泄露风险;深度学习模型可解释性差、推演逻辑不透明,难以贴合水利行业严谨的应用标准。对此,可搭建标准化数据清洗核验体系,依托分级加密授权保障数据安全;引入可解释 AI 技术并配套可视化平台,清晰展示模型运行机理;培育水利与信息技术复合型人才,助力智能技术在智慧水利领域常态化、深度化落地应用。

[参考文献]

- [1]李锋.智能化技术的水利工程运行管理[J].智慧中国,2026(6):132-133.
- [2]郑丹,景云.人工智能在水利网络安全态势感知中的精

准应用实践[J].信息与电脑,2026,38(12):147-149.

[3]金凤.人工智能支撑治水分钟级决策[N].科技日报,2026-06-22(007).

[4]毛盾,邱紫妍.AI 赋能水农联动:人工智能在水利工程监管与农业用水协同管理中的创新应用[J].农村实用技术,2026(5):52-53.

[5]葛冠男,王许秀,卢成伟.人工智能技术在提升水利工程施工质量与决策水平中的应用研究[J].水上安全,2025(21):65-67.

作者简介:雷浩(1988—),男,汉族,河南信阳人,大数据中级职称,本科,河南城建学院地理信息系统专业毕业,现从事水利信息化研究,智慧水利系统研发工作。