

人工智能在水利工程管理中的应用

刘 鹏 陈雪兵

中国南水北调集团中线有限公司渠首分公司 河南 南阳 473000

摘要：水利工程是国家发展的基石，对防洪、灌溉、供水等保障工作举足轻重。本文聚焦人工智能在水利工程管理中的应用。阐述其在水文监测与预测、水资源优化配置、设施安全监测维护、防洪减灾及决策支持等多方面的应用，凭借提高数据处理效率、提升模型精度等优势，为水利工程管理赋能。同时指出应用中面临模型泛化能力不足、技术与工程融合困难及数据质量与安全等问题，并针对性地提出提升模型泛化能力、促进技术工程融合、保障数据质量与安全等对策，为推动人工智能在水利工程管理领域的深入应用提供参考。

关键词：人工智能；水利工程；管理应用

引言

水利工程作为国家基础设施的重要组成部分，对经济社会发展和生态环境保护起着关键作用。传统水利工程管理模式在面对日益复杂的水资源环境和工程运行需求时，逐渐暴露出效率低下、决策科学性不足等问题。随着科技的飞速发展，人工智能技术凭借强大的数据处理和分析能力、智能决策等优势，为水利工程管理的现代化转型带来了新契机。将人工智能引入水利工程管理，有望突破传统管理瓶颈，提升管理水平，实现水利工程的高效、安全运行，对保障水资源可持续利用具有重要意义。

1 人工智能在水利工程管理中的应用优势

1.1 提高数据处理效率

水利工程日常运作会产生海量数据，如水位、流量、水质数据等。传统处理方式需耗费大量人力与时间，且易因人工疏忽导致数据偏差。人工智能凭借强大的计算能力和高效算法，能在短时间内对这些数据进行清洗、分类与分析。例如，利用机器学习算法可快速识别异常数据，筛选出有价值信息，将原本需数天完成的数据处理工作缩短至数小时，为后续决策提供及时、准确的数据支撑，极大提升水利工程管理的数据处理效率。

1.2 提升模型精度

在水利工程中，构建精准模型对预测水文变化、评估工程风险至关重要。人工智能可通过深度学习等技术，对大量历史数据和实时监测数据进行深度挖掘。它能自动学习数据中的复杂规律和潜在关系，不断优化模型参数。相比传统基于经验公式构建的模型，人工智能模型能更好地拟合实际情况，显著提升精度。如在洪水预测模型中，人工智能可综合考虑多种因素，使预测结果与实际洪水演进过程更为贴近，为防洪减灾工作提供

更可靠依据。

1.3 实现智能决策

水利工程管理决策需综合考量众多因素，决策过程复杂。人工智能引入后，能基于实时数据和历史经验，通过智能决策系统模拟不同决策场景，评估各方案的优劣。它能快速权衡水资源调配、工程设施运行状态、防洪需求等多方面因素，为管理人员提供最优决策建议。例如在干旱时期，智能决策系统可根据水库蓄水量、农业与工业用水需求等，精准制定供水方案，实现水资源合理分配，改变以往依赖人工经验决策的局限性，推动水利工程管理决策智能化、科学化。

1.4 增强工程设施的监测与维护能力

水利工程设施分布广泛，传统人工巡检难以全面覆盖且效率低。人工智能通过计算机视觉技术，可对大坝、渠道等设施进行远程实时监测，快速识别设施表面的裂缝、破损等异常状况。结合传感器数据，利用数据分析算法还能预测设备潜在故障，提前安排维护计划。如对水泵、闸门等关键设备，人工智能可实时监测其运行参数，一旦发现参数异常，立即发出预警，以便及时维修，避免设备突发故障影响工程运行，全方位增强水利工程设施的监测与维护能力^[1]。

2 人工智能在水利工程管理中的应用

2.1 水文监测与预测

2.1.1 实时数据采集与分析

在水文监测环节，人工智能驱动下的实时数据采集与分析系统成为关键支撑。各类传感器星罗棋布于江河湖库，水位传感器精准捕捉水位涨落，流速传感器实时监测水流速度，水质传感器持续反馈水体质量数据。依托物联网技术，这些传感器将采集到的数据飞速传输至数据处理中心。人工智能算法迅速介入，对海量数据进

行清洗,剔除异常值与干扰信息,保障数据可靠性。随后,算法对水位变化趋势、流量波动规律及水质动态进行实时分析,一旦水质异常或水位逼近警戒值,系统即刻预警。这种高效运作模式,让水利工作者能实时掌控水文态势,为后续决策提供坚实数据基础。

2.1.2 水文预测模型的构建与应用

人工智能赋能的水文预测模型极大提升了预测精度与可靠性。构建模型时,运用机器学习与深度学习算法,深度挖掘海量历史水文数据、气象信息及地形地貌特征间的复杂关联。模型通过不断自我学习与训练,优化内部参数,以适配不同地区、不同气候条件下的水文特性。应用时,实时水文数据一经输入,模型便能迅速运算,输出未来一段时间内的水位变化、流量峰值及洪水发生概率等精准预测结果。在防洪减灾中,提前数小时甚至数天预测洪水来临时间与洪峰规模,为防洪指挥部门制定科学调度方案争取宝贵时间,有力保障人民生命财产安全。

2.2 水资源优化配置

2.2.1 多目标决策分析

水资源优化配置中的多目标决策分析,综合权衡多方面关键因素。既要保障城乡居民日常用水,维持生活正常运转,又要兼顾工业、农业生产用水需求,推动经济稳健发展。同时,重视生态用水,维持河流、湖泊生态平衡,避免生态退化。借助人工智能,系统收集各用水部门用水数据、水资源时空分布信息等。通过构建复杂模型,模拟不同水资源分配策略,权衡各目标实现程度,分析各目标间的相互制约关系。

2.2.2 基于人工智能的优化算法

基于人工智能的优化算法为水资源优化配置带来革新。此类算法模拟自然现象或智能群体行为,如遗传算法模拟生物进化,粒子群优化算法模拟鸟群觅食。在水资源配置问题上,以用水需求、水源可供给量、输水网络限制等为约束条件,将供水成本最小化、水资源利用效率最大化、生态影响最小化等设为目标,构建数学模型。人工智能优化算法在复杂解空间中快速搜索,突破传统算法局限,高效求解满足多约束条件的最优水资源分配方案,提升配置的科学性与精准度,助力水利工程实现水资源精细化、高效化调配。

2.3 水利工程施工安全监测与维护

2.3.1 基于计算机视觉的设施检测

在水利工程施工检测中,基于计算机视觉的技术手段成效显著。通过在大坝、渠道、水闸等关键设施处安装高清摄像头,持续采集设施外观影像。运用先进的图

像识别算法,系统能够自动分析图像,精准检测设施表面是否存在裂缝、剥落、侵蚀等异常状况。这种检测方式突破了人工巡检的局限,能在恶劣天气或复杂环境下稳定作业,实现设施安全状况的高效、高频次监测,及时发现早期隐患,为水利工程施工安全运行筑牢防线。

2.3.2 设备故障预测与诊断

水利工程施工设备的稳定运行至关重要,设备故障预测与诊断技术借助人工智能得以革新。在水泵、电机、启闭机等关键设备上安装传感器,实时收集振动、温度、电流等运行参数。利用机器学习算法对大量历史数据进行深度分析,构建设备健康状态模型。当设备运行参数偏离正常范围时,模型能提前预测可能出现的故障类型与时间节点。相较于传统故障后维修模式,该技术实现了预防性维护,有效降低设备突发故障风险,减少维修成本,保障水利工程施工持续稳定运转。

2.4 防洪减灾与应急管理

2.4.1 洪水风险评估与预警

在防洪减灾工作里,洪水风险评估与预警极为关键。人工智能技术整合气象卫星数据、水文监测站数据以及地形地貌信息等多源数据,借助大数据分析机器学习算法,对洪水发生概率、淹没范围、淹没深度等进行精准评估。例如,通过分析历史洪水数据与实时降雨情况,预测不同区域遭遇洪水的风险等级。一旦风险达到预警阈值,系统能迅速向可能受影响区域的居民、相关部门发送预警信息,提醒提前做好防范准备,为人员疏散、物资调配争取宝贵时间,有效降低洪水灾害造成的损失。

2.4.2 应急决策支持系统

应急决策支持系统依托人工智能,为防洪减灾提供科学决策助力。系统收集实时雨情、水情、工情以及人员分布、物资储备等信息,利用智能分析模型模拟不同洪水场景下的应对策略。比如,依据洪水演进趋势,快速规划最优的防洪调度方案,包括水库泄洪时机与流量控制、分洪区启用决策等。同时,整合救援资源信息,为救援力量部署提供建议,实现应急资源的高效调配,辅助决策者在复杂紧急的洪水灾害中做出快速、精准且科学合理的决策^[2]。

2.5 智能决策模型的建立

智能决策模型的建立是水利工程施工管理决策支持的核心。它融合水利工程学、运筹学以及人工智能算法,整合多源数据,如水文信息、工程施工状态、水资源需求等。运用机器学习技术,通过对海量历史数据的深度挖掘,学习不同条件下决策与结果间的关联。例如,以

水库调度决策为例,模型依据历史水位、来水量、用水需求等数据,构建水库蓄泄决策模型。在面临新的决策情境时,模型能够快速输出基于历史经验与实时数据的决策建议,为水利工程管理者提供科学、高效的决策参考,提升决策的准确性与可靠性。

2.6 大数据分析 with 决策优化

大数据分析在水利工程管理决策优化中发挥关键作用。它对水利工程全生命周期产生的海量数据进行系统分析,包括实时监测数据、运行维护记录、工程建设资料等。通过挖掘数据间的潜在关系,揭示工程运行规律与问题。比如,分析不同季节用水模式与水质变化的关联,为水资源调配与水质管理决策提供依据。在决策过程中,利用大数据分析对多种决策方案进行模拟评估,对比各方案的优劣,从多维度优化决策,使水利工程管理决策更加贴合实际需求,提高工程整体效益与可持续性。

3 人工智能在水利工程管理应用中存在的问题与对策

3.1 存在的问题

3.1.1 模型泛化能力不足

在水利工程管理中,基于人工智能构建的模型常面临泛化能力欠佳问题。众多模型训练依赖特定区域、特定时段的历史数据,当应用于新环境或不同工况时,难以有效迁移学习成果。比如,某区域针对特定气候条件训练的水文预测模型,在气候突变或应用到其他水文地质条件不同区域时,模型预测精度大幅下降,无法准确捕捉新情境下的水文变化规律,限制了人工智能技术在水利工程管理中的广泛推广与高效应用。

3.1.2 技术与工程融合困难

人工智能技术与水利工程实际业务融合存在诸多阻碍。一方面,水利工程领域专业人员对人工智能技术理解有限,难以将先进技术充分融入传统工程管理流程;另一方面,技术研发人员缺乏水利工程专业知识,开发的产品难以契合水利工程复杂多样的业务需求。

3.1.3 数据质量与安全问题

水利工程管理涉及海量数据,数据质量与安全问题突出。数据质量方面,部分传感器受环境干扰,采集数据存在误差、缺失或不完整,影响模型训练与分析结果准确性。从安全角度看,数据传输与存储面临风险,网络攻击可能导致数据泄露、篡改,威胁水利工程运行安全与国家水资源信息安全^[3]。

3.2 相关对策

3.2.1 提升模型泛化能力的策略

为提升模型泛化能力,可收集多区域、多工况的丰

富数据用于训练,增加数据多样性。采用迁移学习技术,将已训练模型的部分知识迁移到新环境模型中,加速新模型学习进程。运用数据增强手段,如对水文数据进行随机变换,扩充训练数据量,使模型学习到更具普适性的特征。定期更新模型,纳入新数据与新算法,提升模型对动态环境的适应能力,确保在不同场景下都能保持较高预测精度。

3.2.2 促进技术与工程融合的措施

推动技术与工程融合,要加强水利工程专业人员与人工智能技术研发人员的交流合作。组织跨领域培训,提升水利人员的技术素养,帮助技术人员深入了解水利工程业务。建立联合项目团队,从需求调研、系统设计到开发应用全程协作。开发通用、可定制的水利人工智能平台,降低技术应用门槛,使技术更好地适配水利工程复杂多变的管理需求,切实解决工程实际问题。

3.2.3 保障数据质量与安全的方法

保障数据质量,需定期校准传感器,建立数据校验机制,及时发现并修正错误数据。运用数据清洗算法,去除噪声与异常值,填补缺失数据。在数据安全方面,采用加密技术对传输与存储的数据加密,防止数据泄露。部署防火墙、入侵检测系统,抵御网络攻击。制定严格的数据访问权限制度,限制人员对敏感数据的访问,确保水利工程数据安全可靠,为人工智能应用筑牢根基^[4]。

结束语

综上所述,人工智能已在水利工程管理领域展现出巨大潜力。从精准的水文监测与预测,到高效的水资源优化配置,再到全方位的设施安全维护与智能决策支持,人工智能显著提升了水利工程管理的效率与科学性。尽管目前应用中仍存在模型泛化、技术融合及数据安全等问题,但通过针对性策略的实施,这些阻碍将逐步被攻克。

参考文献

- [1]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.
- [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(8):130-131.
- [3]王新斌,杨道坡.水利工程施工管理中存在的问题及优化措施[J].工程技术研究,2021,6(17):215-216.
- [4]高小平.水利工程施工管理中存在问题及解决措施分析[J].农业灾害研究,2021,11(01):186-187.