浅析人工智能在水利工程管理中的应用策略

茹会朝

石家庄市滹沱河生态工程运维服务中心 河北 石家庄 050000

摘要: 在科技浪潮的推动下,人工智能技术正以前所未有的速度重塑各行业格局。水利工程管理作为保障水资源合理调配、防洪减灾、水生态保护等核心工作的关键领域,引入人工智能技术迫在眉睫。本文深入剖析人工智能在水利工程管理中的应用现状,详细阐述其面临的技术、人才、数据等多方面挑战,并针对性地提出涵盖技术细节与数据支撑的应用策略,旨在推动人工智能与水利工程管理的深度融合,提升管理的智能化与精细化水平,为水利事业的可持续发展提供有力支撑。

关键词: 人工智能;水利工程管理;应用策略;智能化;数据融合

1 引言

水利工程作为国家基础设施的重要组成部分,对经济社会的稳定发展和人民生命财产安全起着至关重要的保障作用。传统的水利工程管理方式在面对日益复杂的水资源环境、多样化的管理需求以及海量的数据处理时,逐渐暴露出效率低下、信息处理能力不足、决策科学性欠缺等问题。人工智能技术凭借其强大的数据处理、模式识别、智能决策等能力,为水利工程管理带来了新的变革契机。深入研究人工智能在水利工程管理中的应用策略,对于提升水利工程的综合效益、推动水利行业的现代化发展具有重要的理论和实践意义。

2 人工智能在水利工程管理中的应用现状

2.1 水文监测与预报

实时精准监测: 目前,在水文监测领域,人工智能技术结合先进的传感器网络实现了对水位、流量、降雨量等关键水文要素的实时、精准监测。例如,在一些大型水库和河流断面,部署了高精度的水位传感器,其测量精度可达毫米级,能够实时将水位数据传输至监测中心。同时,利用雷达流量计等设备,结合人工智能算法对水流速度、水面宽度等参数进行实时分析,从而准确计算出流量。这些传感器网络通过无线通信技术,如4G、5G或LoRa等,将数据实时上传至云端服务器,确保了数据的及时性和准确性。

高精度水文预报: 通过机器学习算法对大量的历史水文数据进行分析和学习,能够建立更准确的水文模型。以深度学习中的长短期记忆网络(LSTM)为例,它能够处理具有时间序列特性的水文数据,捕捉数据中的长期依赖关系。此外,结合气象卫星云图、雷达回波等数据,利用卷积神经网络(CNN)等图像识别技术,能够更准确地预测降雨的时空分布^[1]。例如,通过对气象卫星云

图的实时分析,CNN模型可以识别出云团的形态、移动方向和强度变化,从而提前6-12小时预测出可能发生强降雨的区域和降雨量,为防洪调度提供了宝贵的时间。

2.2 水库调度与管理

智能优化调度: 人工智能技术可以辅助水库调度决策,通过优化算法对水库的入库流量、出库流量、蓄水量等进行实时优化调度。以遗传算法为例,它是一种模拟自然选择和遗传机制的优化算法。在水库调度中,将水库的防洪、发电、灌溉、供水等多目标转化为适应度函数,通过不断迭代搜索最优解。

安全实时监测: 利用智能监控系统对水库大坝的安全状况进行实时监测。通过在大坝表面和内部布置大量的传感器,如应变计、位移计、渗压计等,实时采集大坝的变形、应力、渗流等数据。利用机器学习算法对这些数据进行分析,能够及时发现大坝的裂缝、渗漏等安全隐患。例如,通过对大坝位移数据的实时监测和分析,利用支持向量机(SVM)算法建立位移预测模型,当预测位移超过设定的安全阈值时,系统会及时发出预警。

2.3 水资源配置与优化

多目标优化配置: 在水资源配置方面,人工智能技术可以根据不同区域、不同行业的水资源需求,结合水资源的时空分布特点,建立水资源优化配置模型。以多目标粒子群优化算法(MOPSO)为例,它能够同时考虑多个目标函数,如经济效益、社会效益和环境效益。

农业灌溉优化: 利用遗传算法对农业灌溉用水进行优化调度。根据土壤湿度、作物需水量等因素,精确控制灌溉水量和灌溉时间。例如,在某蔬菜种植基地,通过安装土壤湿度传感器和气象站,实时采集土壤湿度、气温、光照等数据,并利用遗传算法制定灌溉计划。与传统的灌溉方式相比,该基地的灌溉用水量减少了30%-

40%，同时蔬菜的产量和质量也得到了显著提高。

2.4 水利工程运维管理

设备故障预测：人工智能技术在水利工程的运维管理中发挥着重要作用。通过对设备的运行数据进行实时监测和分析，利用故障诊断算法可以提前预测设备的故障。以基于神经网络的故障诊断模型为例，它能够对水泵、闸门等设备的振动、温度、压力等参数进行分析。

智能巡检应用：利用无人机、机器人等智能设备对水利工程进行巡检，能够提高巡检的效率和质量。无人机搭载高清摄像头和红外热成像仪，能够对水利工程的大坝、渠道、堤防等进行快速巡检。同时，机器人可以在水下对水闸、涵洞等设施进行巡检，通过声呐、摄像头等设备获取设施的内部情况，及时发现设施的损坏和缺陷。

3 人工智能在水利工程管理应用中面临的挑战

3.1 数据质量问题

水利工程涉及的数据种类繁多，包括水文数据、气象数据、工程监测数据等，这些数据的质量参差不齐，存在数据缺失、错误、不一致等问题。此外，不同部门和系统之间的数据共享和整合困难，导致数据孤岛现象严重，影响了人工智能模型的有效训练和应用。

3.2 技术人才短缺

人工智能技术的应用需要既懂水利工程专业知识又掌握人工智能技术的复合型人才。然而，目前水利工程领域的人才主要集中在传统的工程技术和管理方面，对人工智能技术的了解和掌握相对较少。同时，人工智能领域的人才对水利工程的具体业务需求也不够熟悉，导致人工智能技术在水利工程中的应用推广受到一定限制。

3.3 模型可解释性问题

一些复杂的人工智能模型，如深度学习模型，虽然具有强大的预测和决策能力，但其内部运行机制复杂，模型的可解释性较差^[2]。在水利工程管理中，决策过程需要具有较高的透明度和可解释性，以便管理人员理解和信任模型的决策结果。因此，模型可解释性问题成为人工智能在水利工程管理应用中的一个重要挑战。

3.4 安全与隐私问题

水利工程涉及大量的敏感信息，如水资源分布、水库调度方案等。人工智能系统的应用增加了数据泄露和网络攻击的风险，一旦这些信息被泄露或篡改，可能会对水利工程的安全运行和国家安全造成严重影响。因此，保障人工智能系统的安全和隐私是水利工程管理应用中必须重视的问题。

4 人工智能在水利工程管理中的应用策略

4.1 加强数据治理与共享

建立数据标准体系：制定统一的水利工程数据标准和规范，明确数据的格式、采集方法、存储方式等。例如，规定水位数据的采集精度为 $\pm 1\text{cm}$ ，存储格式为特定的数据库表结构。同时，建立数据质量评估机制，对数据的质量进行定期检查和评估。可以制定数据质量评估指标体系，包括数据的完整性、准确性、一致性等指标，通过数据清洗、校验等技术手段，及时发现和解决数据质量问题。

为促进水利数据的高效流通与深度融合，需构建跨部门协同的数据流通机制，突破传统系统间的数据孤岛困境。建议搭建一体化水利工程数据中枢平台，综合运用API接口、ETL数据抽取转换加载等先进技术，实现多源异构数据的无缝对接。具体而言，可采用RESTful API、消息队列等通信架构，将水利监测、气象预报、生态环境等领域的数据资源进行标准化整合。通过这种方式，能够有效汇聚分散在各职能部门的业务数据，为水利领域人工智能算法训练与应用提供坚实的数据基础。

构建全方位数据安全防护体系需从制度与技术双维度着手。一方面，建立健全数据安全管理制度，明确各环节安全规范；另一方面，综合运用多种技术手段：借助RBAC模型实现用户权限的分级管控，采用对称与非对称加密算法筑牢数据传输及存储安全防线，同时建立定期备份机制与应急恢复预案，确保数据全生命周期安全可控，降低数据泄露、损毁风险^[3]。

4.2 培养复合型人才队伍

加强高校专业建设：鼓励高校开设水利工程与人工智能交叉学科专业，培养既懂水利工程又掌握人工智能技术的复合型人才。在课程设置上，增加水利工程与人工智能相关的课程，如水利工程数据分析、人工智能算法在水利工程中的应用、水利工程智能决策系统等。同时，加强实践教学环节，建立实习基地，让学生在实际项目中锻炼和提升自己的能力。

开展在职培训与继续教育：针对水利工程领域现有的人员，开展人工智能技术的在职培训和继续教育。通过举办培训班、研讨会、在线课程等形式，提高管理人员和技术人员的人工智能技术水平和应用能力。

引进高端人才：积极引进人工智能领域的高端人才，充实水利工程领域的人才队伍。通过提供良好的工作环境和发展空间，吸引优秀人才投身水利工程管理中的人工智能应用研究和实践。

4.3 提高模型可解释性

选择可解释性强的模型：在水利工程管理中，优先选择具有较高可解释性的人工智能模型，如决策树、逻

辑回归等。决策树模型通过树形结构对数据进行分类和预测，其决策过程清晰易懂，能够直观地展示出每个特征对决策结果的影响。逻辑回归模型通过计算特征的权重系数，可以明确地知道哪些特征对目标变量的影响较大。例如，在水库调度决策中，利用决策树模型可以根据水位、入库流量等特征快速做出调度决策，并且管理人员能够理解决策的依据。

模型解释方法研究：对于一些复杂的人工智能模型，开展模型解释方法的研究。例如，利用特征重要性分析、局部可解释模型无关解释（LIME）等技术，对模型的决策过程进行解释。特征重要性分析可以通过计算每个特征在模型中的贡献度，确定哪些特征对模型的预测结果影响最大。LIME技术则可以在局部范围内对模型的决策进行解释，通过生成可解释的简单模型来近似复杂模型的行为。在实际应用中，通过对深度学习模型进行LIME解释，管理人员能够更好地理解模型的决策过程，提高了对模型决策结果的信任度。

建立人机协同决策机制：在水利工程管理中，建立人机协同决策机制，将人工智能模型的决策结果与专家的经验判断相结合。通过专家的审核和修正，提高决策的科学性和可靠性，同时增强管理人员对模型决策结果的信任^[4]。例如，在水资源优化配置决策中，人工智能模型给出初步的配置方案后，专家可以根据实际情况对方案进行调整和优化，确保决策方案既符合技术要求，又符合实际业务需求。

4.4 强化安全与隐私保护

聚焦水利工程数字化转型中的安全需求，亟需强化人工智能安全技术创新实践。建议设立专项研发基金，针对水利业务场景特点，研发适配的安全防护技术体系。例如，部署智能入侵检测系统，通过机器学习算法实时分析网络流量，精准识别并阻断异常访问行为；运用同态加密、量子加密等前沿技术，构建端到端的数据加密链路，保障数据在传输与存储过程中的机密性；搭建动态访问控制平台，结合多因素认证与权限最小化原则，实现用户权限的动态分配与精细管理，全方位提升水利工程数据安全防护能力。

建立隐私保护制度：制定水利工程数据隐私保护制

度，明确数据收集、使用、共享等环节的隐私保护要求。采用匿名化、脱敏等技术手段，对涉及个人隐私和敏感信息的数据进行处理，保护数据主体的隐私权益。例如，在处理用户用水数据时，对用户的姓名、身份证号等敏感信息进行匿名化处理，只保留用水量等必要信息用于分析和决策。同时，加强对数据使用人员的培训和管理，提高他们的隐私保护意识。

开展安全评估与认证：对人工智能系统进行定期的安全评估和认证，确保系统的安全性和可靠性。建立第三方安全评估机构，对水利工程中应用的人工智能系统进行独立评估，为系统的安全应用提供保障。安全评估可以包括系统的漏洞扫描、渗透测试、代码审计等环节，通过评估发现系统中存在的安全隐患并及时进行修复。

结语

人工智能技术在水利工程管理中的应用具有广阔的前景和巨大的潜力。通过加强数据治理与共享、培养复合型人才培养队伍、提高模型可解释性、强化安全与隐私保护等应用策略，能够有效解决人工智能在水利工程管理应用中面临的挑战，推动人工智能技术在水利工程规划、设计、建设、运行和维护等各个环节的广泛应用。未来，随着人工智能技术的不断发展和创新，水利工程管理的智能化水平将不断提高，为实现水资源的可持续利用和水利工程的安全高效运行提供有力保障。同时，需要进一步加强人工智能技术在水利工程管理中的应用研究和实践探索，不断完善应用策略和方法，以适应不断变化的水资源环境和管理需求。

参考文献

- [1]赵溪,王前.浅析人工智能在水利工程管理中的应用策略[C]//河海大学,江苏省水利学会,浙江省水利学会,上海市水利学会.2024(第十二届)中国水利信息化技术论坛论文集.山东黄河信息中心;,2024:656-660.
- [2]武鹏程.人工智能技术在水利工程管理中的应用[J].网络安全和信息化,2024,(02):59-61.
- [3]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,(07):167-168.
- [4]龚红金.浅谈人工智能在水利工程管理中的应用与研究[J].内蒙古水利,2021,(07):48-49.