

数字孪生水利建设中的人工智能大模型应用探索

韩 璘¹ 马 杰²

1. 长江水利委员会陆水试验枢纽管理局 湖北武汉 430014

2. 长江水利委员会河湖保护与建设运行安全中心 湖北武汉 430014

摘 要：人工智能大模型为数字孪生水利建设带来新的发展动能，推动水利行业向智能化、精细化方向迈进。本文通过剖析数字孪生水利建设面临的挑战，探讨人工智能大模型在该领域应用的必要性与可行性，并从技术、业务和管理多视角探索其落地应用，提出共建共享模式，旨在为人工智能大模型在数字孪生水利建设中的应用提供参考，助力提升水安全管理水平与水利事业高质量发展。

关键词：数字孪生水利；人工智能大模型；技术应用；共建共享

引言

在科技飞速发展的当下，云计算、大数据、人工智能等先进技术正深刻改变水利行业的发展轨迹，推动其朝着数字化、网络化、智能化方向转型。借助人工智能大模型，能够在专业技术与业务应用层面实现创新突破，提升水安全管理能力、增强水灾害防御水平，推动数字孪生水利向场景数字化、模拟智能化、决策精准化方向发展，全方位服务水利事业各环节，助力水利高质量发展。

一、数字孪生水利建设现状及问题

1. 建设现状

目前，由数字孪生流域、数字孪生水网、数字孪生工程共同构成的数字孪生水利框架体系已初步搭建完成，在算据获取、算法优化、算力提升方面取得一定突破，并且在洪水灾害防御、水资源管理调配等决策支持领域开始发挥作用。部分重点大型数字孪生工程已达到较高建设水平，在数据采集、模型构建与业务应用等方面积累了一定经验。

2. 存在问题

(1) 数据层面

数据质量参差不齐，存在数据缺失、错误、格式不统一等问题，导致数据可用性受限；数据收集范围较窄，对一些关键数据的采集不够全面，难以满足复杂业务分析需求；数据更新不及时，无法实时反映水利工程和流域的动态变化。

(2) 算法层面

传统算法在处理复杂水利问题时存在精度不足、效率低下等问题，难以实现对水利系统的精准模拟和预测；

算法的通用性和可扩展性较差，针对不同的水利业务场景和数据特点，难以快速调整和优化算法。

(3) 算力层面

部分地区和项目的算力基础设施薄弱，无法满足大规模数据处理和复杂模型运算的需求；算力资源的分配和调度不够合理，存在算力闲置与短缺并存的现象，影响了整体计算效率。

二、人工智能大模型发展及行业应用情况

1. 发展历程与技术突破

近年来，人工智能大模型发展迅猛，国际科技巨头不断突破技术瓶颈。从GPT系列到Google的Gemini等，模型的语言理解、生成能力以及对复杂任务的处理能力不断提升。国内也涌现出如百度文心一言、华为盘古大模型等优秀成果，在自然语言处理、图像识别等基础能力上取得显著进步，为在各行业的深入应用奠定坚实基础。

2. 行业应用案例

在气象领域，盘古气象大模型通过对海量气象数据的学习和分析，能够更准确地预测天气变化，提前发布气象灾害预警，为防灾减灾提供有力支持。在电力行业，光明电力及大瓦特大模型应用于电网智能调度，根据电网实时运行数据和历史经验，优化电力分配方案，降低电网损耗；同时用于智能巡查和智能运维，通过对设备运行状态数据的实时监测和分析，提前发现设备故障隐患，实现预防性维护。在医疗行业，医疗大模型辅助医生进行疾病诊断，通过分析患者的病历、检查报告等数据，提供诊断建议和治疗方案参考，提高诊断准确性和效率。在金融领域，金融大模型应用于智能客服，快速准确地回答客户问题，提升客户服务体验；用于风控分

析,评估贷款风险,防范金融诈骗;为投资决策提供支持,通过对市场数据和行业趋势的分析,辅助投资者做出合理决策。

三、人工智能大模型在数字孪生水利建设应用的必要性与可行性

1. 必要性

(1) 解决现有问题的需求

针对数字孪生水利建设中存在的算据、算法、算力以及业务应用等方面的问题,人工智能大模型凭借其强大的数据处理和分析能力、先进的算法架构以及高效的计算效率,能够有效提升数据质量,优化算法模型,增强算力支持,提高预报、预警、预演的准确性和可靠性,为解决这些问题提供新的思路和方法。

(2) 提升水利业务智能化水平的需求

随着水利业务的日益复杂和对管理精细化要求的不断提高,传统的水利管理模式已难以满足需求。人工智能大模型能够实现对水利数据的深度挖掘和智能分析,为水利工程的规划、设计、建设、运行管理等提供智能化决策支持,显著提升水利业务的智能化水平,更好地适应现代水利发展的需要。

2. 可行性

(1) 数字孪生水利建设已有基础

经过多年的发展,数字孪生水利已建立起较为成熟的数据底板和模型平台建设体系。先行完成的数字孪生水利建设任务积累了丰富的数据和知识库资源,为人工智能大模型的训练和应用提供了坚实的数据基础。数据底板涵盖多维度、多时空尺度的数据,能够为大模型提供全面的信息输入;模型平台集成的水利专业模型,可与大模型进行有效融合,共同为业务应用服务。

(2) 技术架构支撑

国内在大模型研发应用方面取得显著进展,预训练语言模型时代广泛采用的“预训练+微调”范式已趋于成熟,为大模型的开发和应用提供了有效的技术路径。硬件层面,国产GPU、服务器等不断发展,夯实了人工智能的“算力底座”,能够为大模型的运行提供强大的计算能力支持;软件层面,开源大模型如DeepSeek、Qwen等为开发者提供了更多选择,降低了大模型开发的门槛,促进了技术的创新和应用。

(3) 初步应用实践基础

水利部组织研发的“上善”水利大模型为行业大模型建设指明了方向,各科研院所、企事业单位也积极探索行业大模型的落地应用场景,如长江水利委员会水文

局的九派OpenHI,中国水利水电科学研究院的水科专业大模型SkyLIM等。这些初步研究成果为人工智能大模型在数字孪生水利中的广泛应用提供了宝贵的经验和借鉴,证明了其在水利行业应用的可行性和有效性。

四、人工智能大模型在数字孪生水利业务场景中的应用探索

1. 技术视角

(1) 动态数字场景构建

利用人工智能大模型对多源异构数据进行融合处理,包括地理信息数据、水文监测数据、工程建设数据等。通过自然语言处理技术理解数据背后的语义信息,结合计算机视觉技术对图像和视频数据进行分析,构建更加全面、准确、动态的数字场景。例如,在构建数字孪生流域场景时,大模型可以根据实时的卫星遥感影像、地面监测数据以及历史水文数据,快速生成高精度的地形地貌模型,并实时更新流域内的水资源分布、水利工程运行状态等信息,为水利业务的开展提供逼真的数字环境。

(2) 复杂系统智能模拟

将水利专业模型与人工智能大模型相结合,实现对水利复杂系统的智能模拟。大模型可以学习水利系统中的各种规律和经验,对传统水利专业模型的参数进行优化和调整,提高模型的模拟精度和效率。在洪水演进模拟中,大模型可以根据实时的雨情、水情数据以及流域地形地貌信息,快速准确地预测洪水的演进路径和淹没范围,为防洪决策提供科学依据。

(3) 人机协同精准决策

建立人机协同的决策模式,人工智能大模型通过对大量水利数据的分析和学习,为决策者提供多维度的决策建议和风险评估。决策者可以根据自身经验和专业知识,对大模型提供的建议进行评估和调整,实现人机优势互补。在水利工程的应急调度决策中,大模型可以快速分析当前的工程险情、水情变化以及可能产生的影响,生成多种应急调度方案,并对每个方案的风险和效果进行评估。决策者可以参考大模型的建议,结合实际情况,做出更加精准、科学的决策。

2. 业务视角

(1) 防洪“四预”应用

精准预报:大模型整合气象、水文、地形等多源数据,运用深度学习算法建立洪水预报模型,提高洪水发生时间、洪峰流量等关键要素的预报精度。例如,通过对历史气象数据、降雨径流关系以及流域下垫面条件的

学习,大模型能够更准确地预测不同降雨条件下的洪水过程,为防洪减灾争取更多的预警时间。及时预警:基于大模型构建的风险评估模型,结合实时监测数据,对洪水风险进行实时评估和分级预警。当监测数据达到预警阈值时,大模型能够迅速通过多种渠道发布预警信息,通知相关部门和人员采取防范措施。同时,大模型还可以根据不同区域的人口分布、经济状况等因素,对预警信息进行针对性的推送,提高预警的有效性。科学预演:利用大模型强大的计算能力和模拟能力,对不同洪水场景下的水利工程运行和洪水演进过程进行模拟预演。通过预演,可以提前评估洪水可能造成的影响,优化防洪调度方案,检验防洪工程的有效性。

(2) 网络安全防护场景

人工智能大模型在数字孪生水利的网络安全防护中发挥重要作用。通过对网络流量数据、系统日志数据等的学习和分析,大模型能够实时监测网络安全状态,及时发现网络攻击行为和安全漏洞。当检测到异常流量或攻击行为时,大模型可以自动触发报警机制,并采取相应的防护措施,如阻断攻击源、修复安全漏洞等。

3. 管理视角

(1) 共建共享模式

建立“共建共享、统分结合、合作推广”的人工智能大模型建设应用模式。由水利部牵头,组织流域管理机构、省级水行政主管部门、科研院校、企业等各方力量共同参与大模型的建设。各方按照统一的标准和规范,提供数据、算法、算力等资源,共同训练和优化大模型。在共享方面,制定数据共享、模型共享和成果共享的机制和规范,确保各方能够在合法合规的前提下充分利用大模型的成果。

(2) 人才培养与团队建设

加强水利行业内既懂水利专业知识又掌握人工智能技术的复合型人才培养。通过高校专业课程设置、在职人员培训、产学研合作等多种方式,培养一批能够熟练运用人工智能大模型解决水利实际问题的专业人才。组建跨学科的团队,包括水利专家、数据科学家、人工智能工程师等,共同开展数字孪生水利建设和大模型应用的研究与实践,促进不同学科之间的交流与合作,提高团队的创新能力和解决复杂问题的能力。

(3) 标准规范制定

制定人工智能大模型在数字孪生水利应用中的相关标准规范,包括数据采集、处理、存储标准,模型开发、评估、优化标准,以及应用接口、安全防护标准等。标

准规范的制定有助于保证大模型建设和应用的质量,促进不同地区、不同项目之间的互联互通和协同工作,避免出现各自为政、重复建设的问题。

五、案例分析

黄委完成了国产大语言模型DeepSeek的本地化部署,并将其与黄河保护治理业务深度融合。在黄河防汛方面,借助DeepSeek的检索增强生成(RAG)技术和自然语言处理(NLP)算法,结合黄河水利已建知识图谱,实现了对黄河防汛形势、预报预警以及相关专业数据库中信息的快速检索与分析,并生成图文结合的方案报告。同时,探索建立了对DeepSeek友好的水利模型快速注册及耦合计算框架,实现自然语言驱动下对黄河防汛指令的语义解析、逻辑推演及水文预报—水库调度—水动力演进模型协同运算,生成涵盖洪水预报、风险预警和调度影响评估的动态决策报告,大大提升了“四预”机制的响应效能。通过这一应用,黄河防汛决策的科学性和及时性得到显著提高,有效提升了黄河流域的防洪减灾能力。

结束语

人工智能大模型在数字孪生水利建设中具有广阔的应用前景,通过在技术、业务和管理等多方面的深入应用探索,能够有效解决数字孪生水利建设中存在的问题,提升水利业务的智能化水平和管理效率。目前,虽然已经取得了一些初步的应用成果,但仍面临数据质量提升、算法优化、人才短缺等挑战。未来,需要进一步加强数据治理,提高数据质量和可用性;持续优化算法模型,提升大模型的性能和适应性;加大复合型人才培养力度,为人工智能大模型在数字孪生水利建设中的广泛应用提供人才支持。同时,随着技术的不断发展和创新,人工智能大模型有望在数字孪生水利建设中发挥更大的作用,推动水利行业实现高质量发展,为保障国家水安全 and 经济社会可持续发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]水利部.“十四五”数字孪生流域建设总体方案[A].2022.
- [2]蔡阳.数字孪生水利建设中应把握的重点和难点[J].水利信息化,2023(3):1-7.
- [3]钱峰,成建国,夏润亮,等.水利大模型的建设思路、构建框架与应用场景初探[J].中国水利,2024(9):9-19.