

人工智能技术在水利学科的应用与教学实践

尹家波^{1,2}, 田 晶³, 杨 光⁴

¹武汉大学水利水电学院, 湖北 武汉

²武汉大学水资源工程与调度全国重点实验室, 湖北 武汉

³长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉

⁴河海大学水文水资源学院, 江苏 南京

收稿日期: 2024年8月21日; 录用日期: 2024年9月20日; 发布日期: 2024年9月29日

摘 要

近年来, 人工智能技术迅猛发展, 为水利学科提供了新的工具和方法, 特别是在水利大数据分析、模型预测和优化决策方面。与此同时, 人工智能技术也对水利学科的高等教育提出了新的要求, 推动了教学内容和方法革新。本文探讨了人工智能技术在水利学科教学中的应用方式, 研究如何通过教育实践培养适应新时期需求的水利专业人才, 并展望了人工智能技术在水利学科中的未来发展方向及主要挑战。

关键词

人工智能, 水利工程, 教学, 创新, 人才培养

Application and Teaching Practice of Artificial Intelligence in Hydraulic Engineering

Jiabo Yin^{1,2}, Jing Tian³, Guang Yang⁴

¹School of Water Resources and Hydropower Engineering, Wuhan University, Wuhan Hubei

²State Key Laboratory of Water Resources Engineering and Management, Wuhan University, Wuhan Hubei

³Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan Hubei

⁴College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing Jiangsu

Received: Aug. 21st, 2024; accepted: Sep. 20th, 2024; published: Sep. 29th, 2024

Abstract

In recent years, the rapid development of artificial intelligence (AI) technology has provided new tools and methods for hydraulic engineering, particularly in data analysis, model prediction, and

decision optimization. Simultaneously, the application of AI has posed new requirements for education in hydraulic engineering, driving innovations in teaching content and methods. This article explores the integration of AI technology in the teaching of hydraulic engineering, examining how educational practices can be adapted to cultivate professionals who meet the modern demands of the field. It also looks ahead to the future development directions and challenges of AI technology in hydraulic engineering.

Keywords

Artificial Intelligence, Hydraulic Engineering, Teaching, Innovation, Talent Cultivation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水利学科涵盖了水资源管理、水利水电工程、水旱灾害治理和水环境保护等多个领域。随着全球气候变化和快速城镇化等人类活动的加剧，水资源的保护和合理利用变得尤为重要。人工智能(AI)技术的迅猛发展为水利学科提供了新的工具和方法，特别是在水利大数据分析、模型预测和优化决策方面。与此同时，AI技术的应用也对水利学科的教育提出了新的要求，推动了教学内容和方法的革新。

本文从人工智能技术的基本概念入手，深入探讨其在水利学科中的具体应用，包括水文数据分析、洪水预警、智能水利基础设施等方面。随后，本文将分析AI技术在水利学科教学中的整合方式，探讨如何通过教育实践培养适应现代水利需求的专业人才。最后，文章将展望人工智能技术在水利学科中的未来发展方向和面临的挑战。

2. 人工智能技术的基本概念

2.1. 人工智能的定义与发展

人工智能是计算机科学的一个分支，旨在模拟和增强人类智能，其核心目标是开发能够执行感知、学习、推理和决策任务的智能系统。人工智能的发展经历了几个重要阶段：从20世纪50年代的早期探索，到80年代的知识工程，再到今天的机器学习和深度学习的崛起。当前，人工智能主要依赖于大数据、算法进步和计算能力的提升。

2.2. 机器学习与深度学习

机器学习是人工智能的一个子领域，强调通过数据学习自动构建预测模型。它包括监督学习、无监督学习和强化学习等多种方法。监督学习利用已标记的数据进行训练，以预测未知数据的结果；无监督学习则用于寻找数据中的潜在结构，如聚类分析。深度学习是机器学习的一个特殊分支，使用多层神经网络来处理复杂的数据特征。深度学习在图像识别、自然语言处理和时间序列分析等领域表现卓越。

2.3. 人工智能技术的应用领域

人工智能技术已广泛应用于医疗、金融、交通、农业等多个领域。在水利学科，AI技术主要用于水利大数据分析、洪水预警、水资源管理和智能基础设施建设等领域，其优势在于能够处理复杂的、多维度的数据，提供更精确的预测和优化方案[1]-[4]。

3. 人工智能技术在水利学科的应用

3.1. 水利大数据分析 with 预测

水利大数据尤其是水文数据分析是理解和预测水循环的重要基础。传统的水文模型，如降水-径流模型，通常依赖于物理定律和经验公式。然而，水文现象的复杂性和数据的多样性使得这些模型难以实现精确预测。人工智能技术，特别是机器学习和深度学习，为水文数据分析提供了强大的工具。水文数据通常具有显著的时间依赖性。时间序列分析技术，如长短期记忆网络(LSTM)，能够捕捉时间序列中的模式和趋势。例如，LSTM 可以用于预测河川流量变化、地下水位变化以及降雨量的季节性变化。这些预测对于水资源规划和洪水管理至关重要。数据同化技术将观测数据与模型预测相结合，提供更精确的水文状态估计，这对于实时监测和预警系统尤为重要。例如，通过融合传感器数据和气象预测，可以实时监测河流水位和降水量，提供准确的洪水预警。

3.2. 洪水预警与风险管理

洪水是全球范围内造成重大经济损失和人员伤亡的自然灾害之一。准确的洪水预警是减少损失的重要手段。传统的洪水预警系统依赖于水文模型和历史数据，但在应对快速变化的环境条件时可能表现不足。人工智能技术通过处理多源数据(如气象数据、地形数据、实时监测数据)，提高了预警的准确性和实时性。洪水风险评估包括洪水发生的概率和潜在的影响。人工智能技术，如贝叶斯网络和决策树模型，可以用于分析不同风险因素的相互关系，提供洪水风险的综合评估。这些人工智能模型能够结合历史数据和实时数据，动态调整风险评估结果，为决策者提供科学依据[5]-[8]。实时洪水预警系统依赖于高频数据采集和快速数据处理。人工智能技术，如卷积神经网络(CNN)，能够处理卫星图像和雷达数据，实时监测洪水的扩展情况。基于这些数据，系统可以迅速预测洪水的路径和影响区域，为疏散和救援工作提供关键信息。

3.3. 水资源优化与管理

水资源管理包括水资源的分配、使用和保护。随着全球气候变化和人口增长，水资源的可持续管理变得越来越重要。人工智能技术在水资源管理中发挥了重要作用，特别是在优化决策和资源分配方面。供水系统的优化涉及水源选择、输送路径设计和供水计划制定。人工智能技术，如遗传算法和粒子群优化，可以用于解决复杂的供水网络优化问题。这些算法能够处理多目标优化问题，如供水成本最小化和供水安全最大化，为城市和农业用水提供高效的解决方案。水资源调度是指在不同时间和地点分配水资源，以满足多种用途(如农业灌溉、城市供水和生态保护)的需求。人工智能技术可以用于预测工农业需水，优化水库调度策略。例如，机器学习模型可以分析历史用水数据和气候预测，预测未来的用水需求，帮助制定合理的调度计划。

3.4. 智能水利基础设施

智能水利基础设施是现代水利工程的发展方向，包括智能水文站、智能排水系统和智慧水库管理系统。这些系统依赖于传感器网络、物联网(IoT)和人工智能技术，能够实时监控和管理水资源。智能监测系统通过传感器网络实时收集水文数据，如水位、流量、降雨量等。人工智能算法可以分析这些数据，检测异常情况，如洪水风险或设备故障，自动调节水闸、泵站等设施的运行状态。例如，在暴雨来临时，智能排水系统可以自动调整排水阀门，减少城市内涝风险。智慧水库管理系统利用 AI 技术优化水库的蓄水和放水策略，以最大化水资源利用效率和安全性。这些系统可以结合气象预报、用水需求预测和水库

的实时状态，提供动态的水库操作建议。例如，在预期旱季到来之前，系统可以建议增加水库的蓄水量，而在洪水预警时，系统则可以增大下泄流量，提前腾空库容。

4. 人工智能技术在水利学科教学中的实践

4.1. 理论与实践相结合的教学模式

在水利学科的教学过程中，人工智能技术的引入需要理论与实践的有机结合。学生不仅需要掌握 AI 技术的基本理论和算法，还应结合实践项目应用这些技术解决实际问题。例如，课程设计可以包括水文数据分析、洪水预警系统开发、水资源管理优化等主题的项目，让学生在真实数据和场景中实践 AI 技术的应用。这种教学模式有助于学生理解技术的实际应用场景，培养其解决复杂工程问题的能力。

4.1.1. 实验教学

实验教学是培养学生实践能力的关键环节。在人工智能和水利学科的结合中，可以设置专门的实验课程，让学生通过编程和模型构建，掌握数据处理、模型训练和结果分析等技能。例如，可以设置实验让学生使用 Python 和 R 等编程语言，开发和测试水文模型，或使用机器学习算法进行数据分类和预测。

4.1.2. 项目导向的学习

项目导向的学习强调通过实际项目来学习和应用知识。在水利学科中，可以设置跨学科的团队项目，让学生从不同背景出发，共同解决一个复杂的水利问题，如城市排水系统优化或流域水资源分配。这样的项目不仅增强了学生的实践能力，还培养了他们的团队合作和沟通能力。

4.2. 跨学科协作与综合能力培养

人工智能技术的应用不仅限于计算机科学，还涉及统计学、环境科学、工程学等多个学科。因此，水利学科的教学应强调跨学科协作，培养学生的综合分析和创新能力。学生需要学习如何将不同学科的知识融会贯通，用于解决实际的水资源管理和水利工程问题。

4.2.1. 跨学科课程设置

为培养学生的跨学科能力，可以设置包含计算机科学、统计学、环境科学等内容的课程。例如，开设“水文与环境数据分析”课程，讲授如何使用统计学和机器学习技术分析环境数据，或设置“智能水利与遥感科学”课程，讲授物联网和 AI 模型和卫星遥感技术在水利工程中的应用。

4.2.2. 跨学科合作项目

推动不同学科的学生和教师合作，开展跨学科研究项目。例如，联合水利工程系、计算机系和环境科学系，共同研究智能洪水预警系统。这种合作有助于学生和教师从不同角度理解和解决问题，促进知识的交叉融合和创新。

4.3. 教学内容的更新与课程设置

随着人工智能技术的快速发展，水利学科的课程设置也需要不断更新，以涵盖最新的技术和应用。例如，开设专门的课程讲授机器学习、深度学习在水利学科中的应用，或是在现有课程中加入 AI 相关的内容。此外，可以通过邀请行业专家和学者进行专题讲座、工作坊等，帮助学生了解前沿研究和实际应用案例。这种持续更新的课程设置不仅使学生掌握最新技术，还激发他们的学习兴趣和探索精神。

4.3.1. 新课程开发

根据人工智能技术的发展趋势和水利行业的需求，开发新的课程和教学模块。例如，开设“水资源

管理中的 AI 技术”课程，介绍机器学习算法在水资源调度、供水系统优化中的应用，或设置“洪水风险管理 with AI”课程，讲授基于 AI 的洪水预测和风险评估技术。

4.3.2. 课程内容更新

现有课程内容需要定期更新，以反映最新的技术进展和行业需求。例如，在“水文模型与应用”课程中加入最新的深度学习模型，或在“环境数据分析”课程中增加大数据处理和云计算的内容。这些更新有助于学生了解和掌握最新的技术工具和方法。

4.4. 实验室建设与资源共享

为了支持 AI 技术在水利学科教学中的应用，实验室的建设和资源共享是必要的。高校可以建立专门的水利 AI 实验室，配备先进的计算设备、数据存储和分析软件，提供水文数据和模型开发的环境。同时，可以推动不同院系、不同高校之间的资源共享，建立开放的数据平台和合作研究项目。例如，开放获取的大规模水文数据集和预处理工具可以为学生的学习和研究提供丰富的资源，促进不同机构之间的合作与交流。

4.4.1. 实验室设备与设施

实验室建设需要先进的计算设备，如高性能计算机、服务器和存储设备，用于大数据处理和模型训练。此外，还需配备专业的数据分析软件和编程环境，如 MATLAB、Python 和 R 等，以支持学生的实验和研究。

4.4.2. 数据资源与平台

数据是人工智能研究的基础。高校可以建立水文数据中心，收集和整理来自各类传感器、遥感卫星和公共数据库的数据。这些数据资源应向学生和研究人员开放，促进数据共享和知识交流。同时，可以建立在线平台，提供数据访问、分析工具和教学资源，支持远程学习和研究合作。

4.5. 技术伦理与社会责任

在教授人工智能技术的同时，技术伦理和社会责任也应成为教学的重要组成部分。AI 技术的应用，特别是在涉及公共资源和环境的领域，可能会引发一系列的伦理和社会问题。因此，教学中应强调如何在技术应用中平衡效率、伦理和社会公平。通过案例分析和伦理讨论，引导学生思考技术对社会的潜在影响，以及如何在工程实践中践行社会责任。这不仅有助于培养学生的技术能力，还能增强他们的社会意识和责任感。

4.5.1. 伦理课程与讨论

设置专门的技术伦理课程，讲授 AI 技术在水利工程中的潜在伦理问题，如数据隐私、算法公平性和环境影响。通过案例分析，让学生理解技术决策中的伦理考量，培养他们的批判性思维和道德判断能力。

4.5.2. 社会责任教育

在课程中融入社会责任的内容，鼓励学生关注 AI 技术在公共领域的应用，如灾害预警、环境保护和资源管理。可以通过社区服务、实地考察和公益项目，让学生参与到实际的社会问题中去，增强他们的社会责任感。

5. 未来展望与挑战

随着人工智能技术的不断进步，其在水利学科中的应用前景广阔。未来的发展方向可能包括更精确的预测模型，利用更先进的深度学习技术和更大规模的数据集，开发更精确的水文气象预测模型，帮助

应对极端天气事件和气候变化的影响。未来要进一步推广智能水利设施的建设,如智能管网、智能水库管理系统和智能防洪系统,通过 AI 技术实现自动化监控和管理,提高系统的效率和安全性。未来需要开发基于 AI 的决策支持系统,整合多源数据(如气象、地理、经济数据),为水资源管理和水利工程提供科学决策支持。未来要结合区块链、物联网和云计算等新兴技术,提升水利系统的数据管理和安全性,促进数据共享和协作。尽管人工智能技术在水利学科中展现出巨大的潜力,但其广泛应用仍面临一些挑战。高质量的数据是 AI 模型的基础,但在实际应用中,数据的完整性和准确性往往难以保证。此外,不同区域和领域的数据获取和标准化也是一个挑战。许多深度学习模型的决策过程不透明,这在水利管理等公共领域可能引发信任问题。因此,如何提高模型的可解释性和透明性,是 AI 应用中的一个重要课题。AI 技术在数据分析和决策过程中涉及个人和公共隐私保护,以及公平性等伦理问题。在水资源管理中,这些问题尤为突出,需谨慎处理。随着 AI 技术的发展,水利工程师和管理人员需要不断更新知识,掌握新技术。这要求教育机构在课程设置和教学方法上进行相应调整,以适应技术发展的需要。

6. 结论

人工智能技术在水利学科的应用为解决复杂的水资源管理和工程问题提供了新的工具和方法。通过在教学实践中引入 AI 技术,可以培养学生的跨学科能力和创新思维,为未来的水利工程和管理工作储备人才。然而,这一过程中也面临数据质量、模型透明性、技术伦理等挑战。只有通过持续的研究和教育改革,才能充分发挥人工智能技术在水利学科中的潜力,推动领域的创新和发展。

基金项目

武汉大学研究生“课程思政”示范课程建设项目(智慧水文学)、武汉大学研究生研究学分课程建设项目、武汉大学“教育教学改革”建设引导专项(本科教育质量建设综合改革子项目)、武汉大学学位与研究生教育教学改革研究项目、武汉大学研究生导师育人方式创新项目等资助。

参考文献

- [1] 尹家波, 郭生练, 王俊, 等. 全球极端降水的热力学驱动机理及生态水文效应[J]. 中国科学: 地球科学, 2023, 53(1): 1-19.
- [2] 尹家波, 郭生练, 杨妍, 等. 基于陆地水储量异常预估中国干旱及其社会经济暴露度[J]. 中国科学: 地球科学, 2022, 52(10): 2061-2076.
- [3] 杨远航, 尹家波, 郭生练, 等. 中国陆域干旱演变预估及其生态水文效应[J]. 科学通报, 2023, 68(7): 817-829.
- [4] Yin, J. and Slater, L. (2023) Understanding Heatwave-Drought Compound Hazards and Impacts on Socio-Ecosystems. *The Innovation Geoscience*, 1, Article ID: 100042. <https://doi.org/10.59717/j.xinn-geo.2023.100042>
- [5] 尹家波, 郭生练, 顾磊, 等. 中国极端降水对气候变化的热力学响应机理及洪水效应[J]. 科学通报, 2021, 66(33): 4315-4325.
- [6] 尹家波, 郭生练, 吴旭树, 等. 两变量设计洪水估计的不确定性及其对水库防洪安全的影响[J]. 水利学报, 2018, 49(6): 715-724.
- [7] Yin, J., Slater, L.J., Liu, P., Liu, D. and Cheng, J. (2024) Socio-Economic Inequality Exacerbated by Climate Change. *The Innovation Geoscience*, 2, 100078. <https://doi.org/10.59717/j.xinn-geo.2024.100078>
- [8] Huang, X., Yin, J., Slater, L.J., Kang, S., He, S. and Liu, P. (2024) Global Projection of Flood Risk with a Bivariate Framework under 1.5-3.0°C Warming Levels. *Earth's Future*, 12, e2023EF004312. <https://doi.org/10.1029/2023ef004312>