

枣庄市 AI 赋能雨水情数智化的提升与实践

王 琰

(枣庄市水文中心, 山东 枣庄 277800)

【摘要】为推动雨水情信息处理由传统人工模式向智能化转型, 枣庄市应用人工智能技术研发了“智水管家”雨水情信息数智化平台。该平台构建“感知层-传输层-智能层-应用层”四层技术架构, 形成“数据采集-智能处理-服务输出”全链路技术体系, 在数据流转、智能值守、信息服务等方面实现突破。实践表明, 平台使报汛时效提升至秒级, 故障处置效率提高 60% 以上, 数据准确率稳定在 95% 以上, 显著提升了雨水情信息处理的智能化水平与服务效能, 为市级雨水情信息数智化提供了可复制的技术范式。

【关键词】 枣庄市; 人工智能; 雨水情监测; 水文信息化

【中图分类号】 TV213.4

【文献标志码】 A

【文章编号】 1009-6159(2026)-06-0035-03

Practice and Improvement of AI-Enabled Digital Intelligence for Rainfall and Regime Data in Zaozhuang

WANG Long

(Hydrology Center of Zaozhuang Municipality, Zaozhuang, Shandong 277800, China)

Abstract: To advance the transformation of rainfall and regime information processing from the traditional manual mode to intelligent operation, artificial intelligence technologies are adopted to develop the "Smart Water Manager" digital intelligence platform for rainfall and regime information in Zaozhuang Municipality. The platform adopts a four-tier technical architecture consisting of perception, transmission, intelligence and application layers, forming a full-chain technical system covering data collection, intelligent processing and service delivery. Breakthroughs have been achieved in data circulation, intelligent on-duty monitoring and information services. Practical results show that the platform realizes second-level flood reporting timeliness, boosts the efficiency of fault disposal by over 60%, and maintains a data accuracy rate above 95%. It greatly improves the intelligent and service efficiency of rainfall and regime information processing, and provides a replicable technical paradigm for the digital intelligence construction of municipal rainfall and regime information systems.

Key words: Zaozhuang Municipality; Artificial intelligence; Rainfall and regime monitoring; Hydrological informatization

随着信息技术的飞速发展, 雨水情信息化已成为提升水文测报能力、保障区域水安全的关键支撑。然而, 传统水文测报工作模式在很大程度上仍依赖人工操作, 在数据采集与传输的及时性、数据处理的精准性、信息服务的针对性以及系统运维的主动性等方面面临严峻挑战, 亟须向智能化、自动化方向转型。当前, 以人工智能为代表的新一代信息技术为破解这些难题提供了新的路径。枣庄市立足基层水文工作实际需求, 通

过 AI 技术与水文核心业务流程的深度融合, 自主研发了“智水管家”雨水情信息数智化平台, 有效提升了雨水情信息处理的智能化水平与服务效能, 成效显著。

1 平台技术架构

“智水管家”平台遵循“实用为先、问题导向、

收稿日期: 2026-02-01

作者简介: 王琰(1982—), 男, 工程师

技术适配”的设计原则^[1],构建“感知层-传输层-智能层-应用层”四层技术架构,实现了雨水情信息从采集到服务的全流程智能化处理。

1.1 感知层

感知层采用“物联网终端+边缘计算”模式,广泛接入多源监测设备。目前已完成对枣庄市域内水文、水利、气象等多部门监测站点的整合接入,覆盖全市 115 处水文遥测雨量站、66 处水位站、19 处墒情站,以及 300 余处市级水利管辖站点、111 处小水库站点和 58 处气象监测点。感知层负责实时采集雨情、水情、墒情、气象等异构数据,具备初步的本地预处理能力,通过边缘计算减少原始数据传输量,提升数据有效性。

1.2 传输层

传输层为解决传统短信(GSM)模式传输延迟时间长、稳定性差、无法实时反馈的缺陷,创新性地采用 WebSocket 长连接技术构建通信网络。该技术能够与现有测报平台接口有效适配,建立测站与市级节点间低时延、高可靠的专用数据通道,实现数据“解析完成即推送”的秒级传输,为实时业务应用奠定了网络基础。

1.3 智能层

智能层作为平台的核心智能枢纽,以 Python 为主要开发语言,集成三大 AI 引擎,负责数据的深度处理与价值挖掘。

1)多源数据融合引擎。采用联邦学习框架,在不共享原始数据的前提下,实现对水文、水利、气象等不同来源、不同格式数据的标准化与安全融合,解决了数据异构性问题,充分保障了数据隐私与安全。

2)时序预测与预警引擎^[2]。基于机器学习算法(如 LSTM、Prophet 等),对降雨、水位等时序数据进行实时分析与趋势预测,并结合预设规则(如 30 min 降雨超 50 mm 触发暴雨预警),实现智能研判与精准告警。

3)自然语言处理引擎。支持语音识别、语义理解与文本生成,使工作人员通过自然语言与系统进行交互(如语音查询、模糊检索),大幅度降低了专业数据的使用门槛。

1.4 应用层

应用层基于微服务架构,构建了面向业务实战的功能模块。主要包括站网监控模块(实时展

示全市站点状态、时段数据统计)、预警处置模块(接收、分发、跟踪预警信息)、运维管理模块(监控系统软硬件工作状态)以及智能交互模块(提供对话式信息服务)。应用层实现了雨水情信息自动生成、信息分级推送、设备状态监控、智能问答等多样化服务,精准适配从日常监测到应急响应的各类业务场景。

2 平台核心功能

2.1 数据智能处理

针对多源数据异构问题,平台构建了基于 JSON-LD 的标准化数据中台。通过 Schema 映射技术将不同来源的数据统一为标准化 JSON-LD 格式,为后续分析与应用提供了一致的数据基础。在数据质量控制方面,引入了孤立森林等无监督异常检测算法,自动学习正常数据的分布特征,对超出 3 倍标准差或明显偏离历史规律的异常值进行快速识别与自动标记,并结合邻近站点同期数据进行插值修正,有效替代了传统低效且易出错的人工核对方式。经测试,平台可在 0.1 s 内完成单条报文的解析、标准化与初步质控。

2.2 设备智能监控

平台集成了秒级轮询监测机制与智能日志分析系统,实现了对遥测终端、通信网络、服务器、数据库等软硬件资源的全维度、全天候状态监控。基于 SNMP 等标准协议,系统能实时采集设备上线率、信号强度、数据流量等指标。一旦监测到异常(如设备离线、通信中断、数据异常突变),通过 AI 算法快速定位故障点,并自动通过集成的工作流引擎将告警信息及初步处置建议分类推送至相关运维人员,实现了从“异常感知”到“告警生成”再到“处置触发”的自动化闭环,显著提升了运维响应速度与精准度。

2.3 个性化信息服务

在信息产出与分发环节,平台依托 AI 智能生成算法,能够基于实时汇聚的多源数据,自动定时生成标准化的《雨情简报》《水情分析报告》《设备运行日报》等。系统可根据预设规则或用户画像,通过分级推送系统将不同类型、不同详略程度的信息精准送达市、县水文中心与防汛指挥部等不同层级用户,避免了信息过载。此外,基于自然语言处理技术构建的智能交互界面,支持

用户以语音或文字进行“一问一答”式的模糊查询(如“查询上周台儿庄站降雨量”),系统能自动解析用户意图,调用相应数据并生成易于理解的反馈结果,极大提升了信息获取的便捷性。

3 应用成效

3.1 数据流转效率实现历史性突破

平台通过“AI 智能解码+WebSocket 长连接通信”的技术组合,革新了传统报汛模式。测报人员通过测报平台发报后,“智水管家”可在 1 s 内完成报文的智能解析与标准化,并即刻推送至市级节点,1 min 内即可通过水文交换系统或分布式消息队列同步至省级节点。相较于传统短信模式存在的延迟、丢失、无反馈等问题,新报汛模式时效性达到 100%。目前,全市约 80%的水情电报已采用此模式,不仅节省了通信资费,水情电报实现“发报即达”,还有效优化了人力资源配置。

3.2 智能值守保障数据质量与连续性

平台 24 h 智能值守能力实现了对数据质量的精准管控。系统每日定时计算全市遥测站点的上线率,并对采集的雨量、水位、墒情数据进行连续性监测与深度分析。测试期间,平台成功识别并拦截了 37 条异常雨量数据、13 条异常水位数据,并对 8 个频繁离线的站点进行了重点优化,使整体遥测设备在线率与数据准确率均稳定在 95%以上。同时,系统能自动生成详细的单站上线、离线报告及运维建议,构建了“采集-分析-预警-处置-评估”的数据质量管控闭环,为水文预报预警提供了更可靠的数据基底^[3]。

3.3 运维管理效能显著提升

传统依赖人工巡检、逐项排查的运维模式效率低且易遗漏隐患。“智水管家”平台采用 Python 连接池技术,确保高并发环境下数据传输的稳定可靠;多线程处理算法使系统响应速度较传统单线程模式提升约 3 倍。故障处置环节,平台通过 AI 算法对日志和监控指标进行关联分析,能够快速定位故障根源并推送解决方案,使平均故障处置时间缩短 60%以上,运维人力投入大幅减少,工作模式从“被动应对”转向“主动预警、精准处置”。

3.4 信息服务与决策支撑能力增强

平台通过融合多源数据并进行 AI 智能校

验,为信息服务提供了高质量的数据支撑。自动生成的雨情、水情简报内容翔实、格式规范,并能根据防汛指挥等部门的需求进行个性化定制与精准推送。在决策支撑方面,基于 AI 实时分析模型,能够快速研判降雨强度时空变化、河道水位涨幅趋势、区域洪水风险等级等关键指标,并自动生成可视化图表和趋势分析报告,为防汛抗旱指挥调度提供及时、科学的决策依据。

4 测试验证与优化方向

平台在枣庄市县级水文中心开展了为期 6 个月测试,验证了数据智能处理、设备监控、信息服务等核心功能的稳定性、有效性与实用性。测试结果表明,平台各环节运行平稳,在报汛时效性、数据准确性、运维效率等关键性能指标上均达到或超过了预设目标,满足了基层水文工作的实际需求,展现出较强的落地应用价值。

基于当前应用实践与技术发展趋势,平台的后续迭代升级将重点关注以下方向:

1)深化场景适配能力。通过持续接收业务数据对 AI 模型进行迭代训练,优化数据解析、异常检测、预警研判等算法的精准度与鲁棒性,提升平台在复杂水文气象条件下的适应性与稳定性。

2)拓展技术应用领域。将 AI 技术应用从雨水情监测向更广泛的水利业务领域延伸,如水生态环境实时监测与评价、基于供需预测的水资源优化配置、水利工程安全智能监控与预警等。

3)推动系统融合与数据共享。积极推动“智水管家”平台与现有的山洪灾害监测预警、水资源管理系统、水利工程管理系统等进行深度融合,打破数据壁垒,实现跨系统、跨业务的数据共享与智能化协同运作,构建更加完善的水利智能感知与预报调度体系。

参考文献

- [1] 张建刚,穆禹含,张欣,等.雨水情监测预报“三道防线”建设技术和装备应用研究[J].水利信息化,2025(2):50-55,63.
- [2] 柴华,侯爱中,成建国,等.人工智能水文预报模型技术研究进展[J].水文,2026,46(1):1-11.
- [3] 孙亮,王瑞国,袁瑞,等.人工智能技术在智慧水利中的应用与展望[J].中国水利,2024(3):44-51.

(责任编辑 崔春梅)