

Application and Practice of Multi source Data Fusion Technology in Fine Management of Water Resources

Maimaiti Abulimiti

Kuoshtag River System Service Center of Pishan County Water Resources Bureau, Pishan, Xinjiang, 845100, China

Abstract

This article focuses on the application of multi-source data fusion technology in the fine management of water resources. Traditional water resource management methods have limitations, and this technology has emerged accordingly. The study analyzed multi-source data types such as hydro meteorology and water quality monitoring, as well as data sources such as sensor networks and satellite remote sensing. Taking the practices in Yangzhou and Changzhou as examples, it is demonstrated that this technology can accurately monitor water resources, improve utilization efficiency, enhance water quality, and innovate regulatory models. However, in the application, there are challenges such as data quality and technology integration. Therefore, strategies such as data cleaning, developing interfaces, encrypting backups, and building coordination mechanisms are proposed. In the future, this technology will be deeply integrated with the Internet of Things and big data, providing strong support for the sustainable utilization of water resources

Keywords

multi-source data fusion technology; Fine management of water resources; application cases; Challenges and Strategies

水资源精细化管理中多源数据融合技术的应用与实践

买买提·阿不力米提

皮山县水利局阔什塔格河系服务中心, 中国·新疆 皮山 845100

摘要

本文聚焦多源数据融合技术在水资源精细化管理中的应用。传统水资源管理方式有局限, 该技术随之兴起。研究分析了水文气象、水质监测等多源数据类型, 以及传感器网络、卫星遥感等数据来源。以扬州和常州的实践为例, 表明该技术能精准监测水资源、提升利用效率、改善水质并创新监管模式。但应用中面临数据质量、技术集成等挑战, 对此提出数据清洗、研发接口、加密备份及构建协调机制等策略。未来, 该技术将与物联网、大数据深度融合, 为水资源可持续利用提供有力支撑^[1]。

关键词

多源数据融合技术; 水资源精细化管理; 应用案例; 挑战与策略

1 引言

水是人类生存发展的关键。全球人口增长、经济发展与气候变化, 给水资源管理带来严峻挑战, 我国同样面临水资源时空分布不均、用水效率低、污染严重等难题。传统管理方式难满足需求, 多源数据融合技术应运而生。它整合各类水资源数据, 助力实时监测与科学调度。国外多源数据融合应用成果丰富, 国内也在不断探索, 但仍存在精度、数据源兼容性问题。本研究通过文献梳理、案例分析与数据处理, 构建决策模型, 深度融合数据开发信息系统, 为水资源管理提供高效决策工具。

【作者简介】买买提·阿不力米提(1973-), 男, 维吾尔族, 中国新疆皮山人, 本科, 高级工程师, 从事水利工程建设运行管理与水资源管理研究。

2 水资源管理中的多源数据类型与来源

2.1 常用多源数据类型

水文气象数据是水资源管理根基。降水南北差异大且季节不均, 决定水源补给; 径流受地形影响, 山区多变、平原平稳; 干旱地区蒸发强, 损耗水资源; 气温影响降水、蒸发及冰雪融水, 左右水资源分布。其获取方式多样, 地面站点精确但偏远覆盖不足, 卫星遥感覆盖面广但精度时效差, 气象雷达监测降水动态, 物联网传感器实时采集。水质监测数据保障用水安全。pH值正常在6.5-8.5, 溶解氧超5mg/L为清洁水体标志, COD、氨氮反映污染程度, 重金属毒性大。可通过固定站点送检、在线设备实时传输、移动监测车应急及卫星遥感间接获取。地理空间数据辅助决策。地形数据反映地表起伏, 影响降水径流; 水系数据便于规划水利; 土地利用数据揭示土地用途, 耕地耗水多、林草地涵养水源; 土壤类型决定水分保持与传输。借助GIS管理, 通过卫星遥

感获取信息, GPS 精准定位。社会经济数据关联用水需求。人口增长、产业发展提升用水量, 经济发展改变用水结构。数据来自政府统计年鉴、行业部门企业及实地调研^[2]。

2.2 数据来源渠道

传感器网络实现实时监测。水位传感器有压力式、超声波、雷达式等, 依不同原理测水位。水质传感器监测 pH 值、溶解氧等指标。流量传感器通过电磁、超声波等原理测流量。传感器借助有线或无线通信传输数据。卫星遥感优势明显。监测水体面积时, 光学、雷达传感器各展其长。水质监测通过光谱反演模型估算指标。其可重复观测, 结合地面监测提升精度。实地监测确保数据准确并验证其他来源。在水体设站, 测量水位、流量, 采集水样分析水质, 对小型河流、偏远地区及突发污染事件意义重大。历史数据助力趋势分析与预测。分析多年水文数据掌握水资源变化规律, 用于训练预测模型, 评估过往决策, 为水资源合理配置提供依据。

3 多源数据融合技术在水资源精细化管理中的应用案例分析

3.1 案例一: 南疆基于多源数据融合的水资源管理模式

3.1.1 案例背景

南疆地处西北内陆, 气候干旱少雨, 水资源总量稀缺, 仅占全疆的 34% 左右。其时空分布不均, 主要靠高山冰雪融水补给。夏季高温, 冰雪大量融化, 河流径流量剧增, 洪水频发; 冬季低温, 冰雪消融少, 进入枯水期, 供水紧张。农业在南疆经济中占主导, 灌溉用水超总用水量的 90%。如和田部分农田仍采用大水漫灌, 灌溉水利用系数仅约 0.4, 浪费严重。工业发展滞后, 像喀什的小型工业企业, 用水循环利用率平均仅 30%, 远低于全国水平。近年来, 南疆人口增长约 15%, 城市化加速, 城市生活用水需求大增。与此同时, 工业废水、生活污水和农业面源污染严重威胁有限的水资源。阿克苏部分河流因工业废水排放不达标, 化学需氧量 (COD) 超标, 影响水生态与居民用水安全, 水资源可持续利用面临极大挑战。3.1.2 数据融合与应用实践

南疆整合水利、气象、农业、地理信息等多源数据, 借助大数据分析、人工智能等前沿技术, 构建“大数据+水资源管理”模式。在农业灌溉用水监测上, 建立“以电折水”模型。巴音郭楞蒙古自治州收集多个灌溉泵站 5 年的用电量与取水量数据, 经机器学习算法训练, 精准确定转换系数。实际验证显示, 模型推算取水量与实际误差在 5% 以内, 实现精确推算与实时监测。运用地理信息系统 (GIS) 技术, 融合地理空间与水利数据, 绘制水资源空间分布专题地图, 清晰呈现河流、湖泊、水库分布。克孜勒苏柯尔克孜自治州依据 GIS 分析结果, 科学制定水资源调配方案, 枯水期优先保障居民生活和重点农业产区用水, 缓解用水矛盾。水质监测与预警方面, 融合水质传感器实时数据、卫星

遥感影像数据及实地采样监测数据。水质传感器实时采集酸碱度 (pH)、溶解氧 (DO)、氨氮等参数, 卫星遥感分析光谱获取大面积水质信息, 实地监测定期校准补充数据。在塔里木河流域, 综合分析三类数据, 能提前 3 - 5 天发现水质异常, 为治理争取时间^[3]。

3.1.3 实施效果评估

该管理模式成效显著。精准监测计量水资源使用量, 为科学调配提供依据, 全南疆农业灌溉水利用系数提升至 0.45 以上, 部分地区达 0.5。各行业积极节水, 库尔勒多家企业引进先进节水设备工艺, 用水循环利用率超 50%。居民节水意识增强, 人均生活用水量下降约 10%。多源数据融合的水质监测预警系统有效遏制水污染, 阿克苏河 COD 含量下降 20%, 水生态逐步恢复。丰富数据为水资源管理决策提供全面支撑, 提升决策科学性与准确性, 减少水资源浪费与不合理配置。

3.2 案例二: 南疆某典型城市多源数据融合赋能水生态系统保护

3.2.1 项目背景与目标

阿克苏市作为南疆典型城市, 在经济快速发展与城市化加速进程中, 水生态环境问题凸显。水污染治理困难重重, 工业污染、生活污水与农业面源污染相互交织, 致使水体富营养化严重。2018 年环境监测数据显示, 部分湖泊和河流的总磷、总氮含量分别超标 1.5 倍和 2 倍, 水生态功能严重受损。传统水生态监测手段难以全面、及时捕捉生态系统动态变化, 跨区域、跨部门水资源调度协调难度大。为解决这些问题, 阿克苏市积极响应国家和自治区水资源保护与水生态修复政策, 以提升水生态智慧监管水平为核心, 大力推进多源数据融合, 探索适合南疆特色的水生态保护与河湖建设新途径。

3.2.2 融合实现路径与技术创新

阿克苏市构建起水生态环境全域全要素一体化监测体系。水环境监测方面, 接入 15 个水质自动监测站及 100 多家涉水企业、10 座污水处理厂的在线监控数据。水生态监测整合 eDNA 生物多样性监测、基于人工智能的水鸟识别监测等数据。水资源监测汇聚 5 个水文站的水位数据及主要泵闸站的漂浮物监控信息。基于河流断面监测数据绘制全域水质污染热力图, 建立精准的水污染溯源体系。通过数据分析, 精准锁定某河流污染源于上游违规排放的化工企业和周边农田农药化肥面源污染, 为治理提供有力支撑。技术创新上, 开发系列数据产品, 运用水污染溯源、eDNA 水生生物识别、卫星遥感反演等技术。模式创新依托城市“一网统管”平台, 打造“三水统筹”监管新模式, 建设统一数据中心, 实现数据高效整合共享。机制创新方面, 制定地方性法规, 构建“1+8”专项行动工作机制, 强化部门协同合作。

3.2.3 取得的综合效益

该项目成效显著。社会效益层面, 通过绘制详细河流

地图,实时更新水质污染热力图,直观展示水生态状况,居民环保意识大幅提升,参与环保志愿活动人数增长 30%,生活环境显著改善。经济效益上,借助精准治理和污染溯源技术,水污染治理成本降低 25%,良好水生态吸引生态旅游、有机农业等绿色产业发展,推动经济结构优化升级。协同效益方面,多源数据融合与统一监管平台使预警任务数减少 40%,倒逼责任单位提升效能,部门间协同更加顺畅。创新效益突出,实现精准水污染溯源,打造高效监管新模式,大幅提升水生态管理科学化、智能化水平,为南疆及全国类似地区提供宝贵借鉴经验^[4]。

4 多源数据融合技术应用面临的挑战与应对策略

4.1 面临的挑战

数据质量问题影响水资源管理决策。数据缺失常见,如水文气象监测因设备故障、通信中断,导致降水、径流等数据缺失,影响水资源评估与调度。水质监测关键指标缺失,无法全面评估水体污染。数据错误源于设备精度、人为操作或传输失误,设备未校准使水位、流量数据偏差,人为录入错误误导水质分析。数据不一致也棘手,不同数据源因测量方法、时空因素,数据有差异,如卫星与地面站点水位测量、不同监测站水质监测结果不同,增加融合难度,降低数据可靠性。

不同数据格式和接口标准阻碍技术集成。水资源数据来源多,格式多样,传感器数据为二进制,卫星遥感为图像,实地监测为文本或数据库,读取、解析复杂。接口标准差异大,老旧设备与新传感器接口不同,通信协议和传输方式各异,开发接口转换程序增加成本与风险。复杂模型计算效率低,机器学习、深度学习模型处理多源数据计算量大,训练时间长,对硬件要求高,增加应用成本与门槛。

数据共享融合中,数据安全和隐私保护挑战大。数据泄露风险高,黑客入侵水资源数据管理系统,窃取敏感数据,干扰水资源管理。数据篡改风险不容忽视,恶意篡改数据影响决策,掩盖污染延误治理。水资源数据含个人隐私,如居民用水、企业取水信息,泄露会侵犯隐私。且数据管理需符合相关法律法规,否则面临法律风险。

4.2 应对策略

提升数据质量可采用清洗、修复、验证方法。清洗时,

识别处理噪声、缺失值和异常值,用线性插值、季节分解等方法填补缺失值,通过统计分析处理异常值。数据修复利用纠错编码、设备校准等恢复错误数据。数据验证通过建立逻辑规则、交叉验证确保准确性和一致性,验证水位与流量逻辑关系,对比不同数据源水质数据。

技术创新与优化包括研发通用数据接口,建立统一数据格式和接口标准,开发转换工具,降低集成难度。改进算法和模型,用分布式、并行计算提高效率,优化模型结构,采用轻量级架构,结合人工智能开发自适应算法,提高数据处理能力。

保障数据安全需建立加密、访问控制、备份机制。加密技术用 SSL/TLS 加密传输数据, AES、RSA 加密存储数据。访问控制通过身份认证和权限管理,限制用户访问。数据备份采用全量和增量结合,异地存储,建立恢复机制并定期测试。

5 结论

本研究聚焦多源数据融合技术在水资源精细化管理中的应用,成果丰硕。理论上,阐释了该技术与水资源管理的紧密联系,明确其关键作用。数据层面,剖析了水文气象、水质监测等多源数据类型及传感器网络、卫星遥感等获取途径。通过扬州、常州等地实践案例,展现其应用成效,如扬州精准监测水资源、提升利用效率与水质,常州实现水生态全域监测、创新监管模式。同时,指出数据质量、技术集成等挑战,提出数据清洗、研发通用接口、加密保障、构建协调机制等应对策略。未来,该技术将与物联网、大数据等深度融合,实现精准监测、数据挖掘等,构建更精准的水文与水资源配置模型,拓展至应急管理与水生态修复领域,为水资源可持续利用提供技术支撑。

参考文献

- [1] 周庆梓.基于多源数据融合的深度学习径流预报模型及其优化研究[D].西北农林科技大学,2023.
- [2] 花延文.基于多源数据融合的水质评价及预测方法研究[D].河北工程大学,2022.
- [3] 王铭铭,董凯颂.水资源多元数据融合与治理技术探讨[J].长江技术经济,2021,5(05):83-86.
- [4] 倪明霞,普拉提·莫合塔尔,孙婷宇,等.基于气候变化与人类活动双重作用的南疆水资源供需关系分析[J].应用基础与工程科学学报,2024,32(02):331-348.