

水利勘查数据处理与分析的新方法及应用

贾真

哈密托实水利水电勘测设计有限责任公司乌鲁木齐分公司, 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市, 830000;

摘要: 水利勘查数据高效处理和精准分析是智慧水利建设的重要支撑, 本文主要从数据处理与分析的技术创新角度出发, 对智能化预处理、多源数据融合、空间关联分析等新方法的技术原理和操作逻辑进行阐述, 结合水资源勘查、水利工程建设、水环境治理等场景, 探究新的方法在实际应用中的实施途径和价值转化。通过研究得知, 采用人工智能、数字孪生、联邦学习等技术的新型处理分析体系, 可以较好地提高水利勘查的智能化程度和决策的科学性, 给水利的高质量发展提供技术支持。

关键词: 水利勘查; 数据处理; 数据分析; 新方法; 智慧水利; 实践应用

DOI: 10.69979/3060-8767.26.03.032

引言

水利勘查是水资源开发利用、水利工程建设、水安全保障的前置性工作, 数据质量和分析深度直接关系到水利治理的科学性和有效性。伴随着数字技术与水利行业的深度整合, 传统的数据处理和分析方式已经不能适应复杂的水利勘查场景, 从而产生了一系列的技术创新和方法革新。本文从水利勘查数据多源异构、动态变化等特点出发, 从数据处理的智能化转型、数据分析的深度挖掘、实践应用的场景适配三个方面入手, 系统梳理水利勘查数据处理与分析的新方法体系, 用具体的应用场景来解析技术落地的途径, 为水利勘查领域技术升级和效能提升提供借鉴。

1 水利勘查数据处理的新方法

1.1 智能化预处理方法

依靠机器学习和深度学习算法创建的智能化预处理体系, 对水利勘查数据实施自动化质量把控和管理, 大大加快了数据处理的速度并提高了数据处理的精确度。该系统依靠创建自适应异常值识别模型, 融合时序特征分析和物理规律双重校验机制, 可以对水文、地质、地形等多源异构勘查数据实施高效的降噪、缺失值填补以及误差修正。在时序数据分析中, 系统用 LSTM 和 VAE 对非平稳水文序列进行建模, 可以很好地识别周期性以及突发性异常, 在空间数据处理上, 采用 GIS 和 CNN 相结合的方式, 实现地形地貌数据的语义分割和噪声过滤。同时使用自然语言处理技术, 用 BERT 等预训练模型实现对报告、日志等文本类勘查资料的智能解析, 提取地层描述、水位记录、岩性分类等关键信息,

彻底打破传统人工预处理方式效率低、一致性差、可复现性差的局限。该方法依靠不断优化出来的训练样本库及在线学习机制, 可以适应不同的区域、不同的勘查阶段, 在最大程度上保持原始数据真实的特征的同时, 也能使预处理策略得到动态调整与优化, 从而为后面的数据分析、建模、决策提供可靠的数据基础。

1.2 多源数据融合处理方法

以联邦学习和边缘计算架构为依托, 提出多源数据融合处理的方法, 很好地解决了水利勘查中跨地域、跨平台、多类型数据集成与协同处理的问题^[1]。使用分布式计算框架, 不需要集中原始数据, 依靠参数交换和模型聚合实现多源数据联合建模, 既可以保证数据隐私和安全, 又可以实现遥感影像、地面传感器监测、无人机航测和水下声学探测等多种来源的数据实时接入与整合。系统支持多模态数据的对齐和插值, 用时空注册技术把卫星遥感数据和地面监测站数据对齐, 用图神经网络 (GNN) 对异构数据关系进行建模。主要技术为, 利用加权相关系数、拓扑一致性约束的分簇匹配算法, 把异构数据标准化映射和关联整合; 使用区块链技术存证数据血缘关系、追溯融合过程, 保证融合过程的透明、可信。

1.3 模板化智能处理方法

针对水利勘查中经常出现的专项数据处理需求, 通过把领域知识封装成标准化的处理流程和可配置算法模块, 实现了高频、重复性处理任务的批量自动化执行。依靠办公软件 (Excel、WPS 等) 的二次开发接口和算法嵌入能力, 创建起包含数据导入、格式清洗、冗余剔除、规则校验、信息补全、成果导出的全功能处理模板。

系统内置水利行业标准规范(《水文监测数据整编规范》SL460-2009),可以自动识别数据单位、格式、取值区间,对单位混淆、数据重复、记录遗漏等常见错误进行自动修正和提示。用户只需要简单的导入原始数据,系统就会自动识别数据类型、匹配处理规则、输出符合水利勘查规范的标准数据表和报告文档。此方法特别适用于泥沙颗粒级配分析、水文时间序列整理、监测数据格式化等典型场景,在大幅度降低人工操作复杂度、专业技术门槛的同时,还保证了数据处理过程的规范性、结果的可重复性。系统具有模板自定义功能,用户可以按照勘查任务的需要自行设置处理逻辑、输出格式,为基层勘查单位提供一个高效、轻量、易实施的技术方案。

2 水利勘查数据分析的新方法

2.1 空间关联分析方法

利用GIS和BIM技术建立水利勘查数据的高精度三维空间分析模型,实现空间关联分析^[2]。该方法把地形地貌、地质构造、水利设施等多源异构数据进行一体化可视化建模,从而达到对勘查要素空间关系深度量化以及隐藏规律系统挖掘的目的。在技术实现上,采用空间拓扑关系算法和地理加权回归模型相结合的方式,准确找到水利工程区域的风险隐患点、水资源分布情况、生态敏感区,并且根据实时监测数据进行动态更新修正,形成静态分析与动态预警相结合的智能分析方式。该模型不仅可以进行空间属性查询、多维模拟,还可以进行缓冲区分析、叠加分析以及网络分析,大大提高水利工程区域的空间认知和决策能力,为工程选址、结构布局优化、风险防控提供更加可靠的空间决策支持。并且该方法利用机器学习算法对历史勘查数据进行训练,提高模型对于复杂地理环境的自适应性,使空间分析的过程不再只依靠几何、拓扑关系,还加入了智能预测、模式识别的功能。

2.2 动态模拟分析方法

依靠数字孪生技术展开动态模拟分析,依靠高精度传感和物联网设备创建物理流域的全部要素虚拟映射体,达成水利勘查数据的多维度时序变化模拟和多情景动态推演。该方法把水动力学、热力学、泥沙运动学等多学科数值算法融合起来,把降水、水位、流量、水质等多源时序监测数据融合进来,创建起包含洪峰演进模拟、水资源优化调配、水环境变迁预测等在内的高置信度动态模型^[3]。可以在不同的气候以及工程工况条件下实现对极端洪水过程、干旱情景的响应预测、调度方案

效果的对比评价。依靠“实时监测-模拟推演-决策反馈”的闭环优化机制,明显延长勘查预测周期,提升水利系统治理的前瞻性、主动性、应变能力,给防汛抗旱指挥、水资源合理配置、应急管理提供科学依据和操作支持。系统有可视化交互界面,用户通过调节参数可以即时看到不同的管理策略下的水情响应,进而虚拟地完成方案的选择和效果的验证。

2.3 跨域协同分析方法

针对跨区域、跨部门水利勘查的协同分析需求,跨域协同分析方法利用云计算和分布式计算框架创建多节点、可扩展的数据协同处理平台,实现多区域、多系统之间勘查数据的集成管理和资源共享。该方法利用知识图谱技术结构化整合水利、环境、气象、地质等跨领域专业知识,建立联合预测模型来融合各个区域数据特征,在严格保证数据主权和隐私安全的基础上,有效打破“数据烟囱”和“系统孤岛”。核心算法包含分簇聚类处理、边界一致性优化、联邦学习机制,大大提高了跨域数据体系的兼容性、建模效率、分析结果的可靠性,最终支撑洪涝灾害链风险识别、水资源供需平衡研判等跨区域重大问题的协同治理,给跨流域调水、河湖联控等实际工程提供全域化、一体化的技术支撑。另外平台还提供标准化的数据接口和协议,支持多终端、多角色的协同操作,使不同机构、区域的用户可以使用同一个系统上传数据、创建模型、进行结果分析,真正实现了跨域水利信息的互联互通和智能协同。

3 水利勘查新方法的实践应用

3.1 水资源勘查中的应用

在水资源勘查场景当中,新的方法体系采用人工智能以及机器学习算法,创建起一套高效的数据清洗、融合和挖掘流程,大幅度地改善了大量水文、气象以及地质环境数据的处理品质和速度。该系统可以自动识别异常数据、修正异常数据、填补缺失值,也可以对多源异构数据进行标准化的集成,大大提高数据的准确性、一致性、可用性。利用时空序列建模、空间关联分析技术,系统可以对水资源分布的动态特征从时间、空间两个角度进行识别,发现其随季节、气候、人类活动的变化响应机制。利用多尺度动态模拟技术,新的方法可以对区域的水资源总量、可利用量及其随时间的变化趋势作出预测,从而给极端干旱或洪涝提供科学的依据。整合遥感卫星影像、无人机高分辨率遥感与地面传感器监测数据,形成天、空、地、地下一体化的立体监测网络,实

现了大气降水、地表径流、土壤湿度、地表水储量、地下水动态的全要素、全流程协同感知和智能融合分析^[4]。该体系全方位支撑水资源调查评价、供需平衡模拟、开发利用策略制订、水资源调度管理,明显改善了水资源管理的系统化、精细化、可持续性水平。

3.2 水利工程勘查中的应用

水利工程勘查的新方法体系依靠多源数据融合处理技术,实现地质构造、岩土层属性、地形地貌、水文地质、生态环境等各类勘查数据的一体化集成、可视化管理以及智能分析。空间关联分析技术可以体现工程地质条件和水文地质特征的耦合情况,找出可能存在的不良地质体及其影响范围,动态模拟技术可以预估工程运作期间各种工况(汛期调度,极端荷载,长期渗流等)下结构的反应和环境的影响,给工程选址,结构设计,施工安排以及安全控制赋予全过程,多层次的决策支撑。借助创建 BIM+GIS 一体化系统平台,形成了地形、地质、建筑物、设施设备等各方面的高精度数字孪生体,对施工进展、结构变形、渗流场变化、周边环境演化进行实时映射,实现物理工程和数字模型的动态交互、智能反馈。依靠深度学习以及智能诊断模型,系统可以及时发现滑坡体、渗漏通道、地基沉降、结构裂缝等地质风险和工程安全隐患,动态调整施工工艺、物料调配、施工进度,既提升了工程的安全性、可靠性、耐久性,又大大提高了工程的建设效率、资源利用效率,为重大水利工程从勘察、设计、施工到运维的全生命周期数字化管理提供核心技术支撑。

3.3 水环境勘查中的应用

水环境勘查的新方法体系重视跨介质、多过程的协同分析能力,用机器学习和智能处理方法来创建起包含污染源识别、水质时空变化监测、生态系统健康评价的一体化集成分析框架^[5]。利用无人机、无人船、水下机器人、智能传感网络等多基协同观测装备,可以实现对水温、pH、溶解氧、氮磷含量、重金属浓度、有机污染物指标、水体光学特性、底泥污染状况等多方面水环境数据的高频、多维获取。数据在去噪、标准化、归一化预处理之后,被导入到基于机理模型和数据驱动双耦

合的动态模拟系统中,准确推演污染物在复杂的水动力和生化条件下迁移扩散的路径、形态转化的过程以及对水生生态系统的潜在影响范围,通过空间关联分析来识别出敏感水体、重点保护区和生态脆弱区,从而达到水环境风险的早期识别和分级预警。该系统为水污染精准溯源、水质预警预报、治理效果动态评价、水生态修复方案的优化制定提供全面的定量化科学依据,有力地推动了水环境治理模式从末端治理到全过程控制、从事后响应到事前预测、从被动处理到主动调控的根本性转变。

4 结束语

水利勘查数据处理与分析的新方法,是数字技术与水利行业深度融合的必然结果,它的主要价值就是依靠技术创新来冲破传统模式的束缚,达成勘查数据的高效处理、深入挖掘和价值转化。本文所指的智能化预处理、多源数据融合、空间关联分析等方法,在水资源管理、水利工程建设、水环境治理等领域已经取得了明显的应用效果,给智慧水利的建设奠定了良好的技术基础。随着人工智能、大数据、物联网等技术不断发展,水利勘查数据处理与分析朝着跨学科融合、全流程智能化、全域化协同方向演进,要加强技术创新和实践应用的衔接,优化方法体系场景适应性和操作便捷性,使新的方法在水利高质量发展中发挥更大作用,为水安全保障、水资源可持续利用提供更好的技术支持。

参考文献

- [1]高玉生,王国岗,赵文超,陈亚鹏,衣雪峰.水利工程勘测全过程数字孪生技术研究[J].中国水利,2025,(19):3-13.
- [2]张西宁.农田水利工程中的水流监测与数据分析技术研究[J].南方农机,2025,56(17):76-78+119.
- [3]雷天朝,朱煜.基于物联网技术的水利工程智能监测系统研究[J].中国宽带,2025,21(10):157-159.
- [4]周鹏程.基于大数据分析的水利工程质量管理优化研究[J].现代工程科技,2025,4(15):181-184.
- [5]曾彬,刘晓伟.大数据技术在水利工程建设中的应用[J].张江科技评论,2025,(07):111-113.