

融合多源卫星遥感的流域智能遥感监测应用研究

张依蕾, 王丹, 陈昱霖, 张重阳

北京国测星绘信息技术有限公司, 北京 100043

DOI:10.61369/WCEST.2026010004

摘 要 : 立足流域水土保持监测业务中多源数据协同难、处理效率低、信息提取不精准等现状, 本研究围绕多源卫星遥感数据融合与智能分析的核心需求, 构建了一套流域智能遥感监测系统。系统实现了从多源卫星数据协同获取、标准化入库、集群化处理到智能信息提取与服务发布的全链条功能。通过建设统一数据资源池、集成自动化算法与算力平台, 并搭建灵活的服务与应用模块, 有效提升了遥感数据处理的自动化程度与变化识别的精度。应用表明, 该系统能为流域范围内的动态监测、监管决策与成效评估提供高效的时空信息支撑, 有力推动了流域遥感监测业务的智能化与精准化发展。

关 键 词 : 多源卫星遥感; 流域监测; 水土流失防治

Research on Intelligent Remote Sensing Monitoring Applications in Watersheds Integrating Multi-source Satellite Remote Sensing

Zhang Yilei, Wang Dan, Chen Yulin, Zhang Chongyang

Beijing SatImage Information Technology Co.,Ltd. Beijing 100043

Abstract : Based on the current situation of difficult multi-source data collaboration, low processing efficiency, and inaccurate information extraction in the business of watershed soil and water conservation monitoring, this study focuses on the core demand of multi-source satellite remote sensing data fusion and intelligent analysis, and builds a set of intelligent remote sensing monitoring system for watersheds. The system realizes the full chain functions from the collaborative acquisition of multi-source satellite data, standardized warehousing, cluster processing to intelligent information extraction and service release. By building a unified data resource pool, integrating automated algorithms and computing power platforms, and establishing flexible service and application modules, the automation degree of remote sensing data processing and the accuracy of change identification have been effectively improved. Applications show that the system can provide efficient spatio-temporal information support for dynamic monitoring, regulatory decision-making and effectiveness evaluation within the watershed, and effectively promote the intelligent and precise development of watershed remote sensing monitoring business.

Keywords : multi-source satellite remote sensing; watershed monitoring; soil and water loss prevention and control

引言

党的十八大以来, 我国首次将生态文明建设纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局, 为生态文明建设赋予了全局性、战略性的地位^[1]。步入新发展阶段, 党的二十大再次作出重要部署, 明确要求扎实推进美丽中国建设, 坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理。这一系列重要举措, 对新时代生态文明建设划定新目标、提出更高标准。

水土保持是生态文明建设的必然要求, 也是江河保护治理的根本措施^[2]。2023年1月, 中共中央办公厅、国务院办公厅联合印发《关于加强新时代水土保持工作的意见》, 为新时代水土保持高质量发展提供了行动指南。各地正多措并举, 精准发力, 积极探索水土保持高质量发展的新路径、新方法。信息化、数字化已成为推进水土保持现代化的关键支撑^[3]。相关流域机构亟需深化遥感、大数据、云计算等技术与水土保持的融合应用, 强化监管监测信息共享, 全面提升管理的数字化、网络化、智能化水^[4]。

立足流域水土保持业务及信息化现状, 构建流域智能遥感监测系统, 贯通卫星影像获取、处理、服务、应用全流程, 打破数据流转壁垒。以数字化、智能化手段实现水土保持信息智能感知、管理服务高效协同, 促进流域水土保持高质量发展和生态文明建设^[5]。

一、建设目标与建设思路

（一）建设目标

基于“智慧水利”与“数字孪生”框架，整合现有信息资源，建设流域智能遥感监测系统，实现流域范围内卫星遥感影像自动获取、流程化处理、服务发布及变化信息快速提取的一体化运行^[6]。打通技术链与业务链，形成数据驱动的防治闭环，实现流域水土保持遥感监管全覆盖，提升监管效能，推动黄河流域生态保护和高质量发展实现新突破^[7]。

（二）总体思路

围绕“统筹推进、创新引领”目标，综合利用卫星遥感、云计算、大数据分析等技术，构建卫星遥感影像主动获取、自动处理的综合服务模式，贯通原始影像到业务应用的智能化链路，突破传统数据处理环节割裂、流转不畅的瓶颈，推动技术链与业务链深度融合^[8]。

首先，通过整合多分辨率、多载荷卫星资源，建立协同获取机制，结合业务需求优化影像获取策略，夯实数据基础；其次，依托安全高效的数据存储管理体系，构建标准化数据资源池，以统一规范、完善元数据管理、强化安全防护，实现海量卫星影像数据集中管控与高效存取；然后，基于集群化算力平台和自动化智能算法，批量完成原始影像正射校正、镶嵌裁切等处理，形成影像成果；再通过搭建查询统计与符合 OGC 标准的 WMS/WMTS 免切服务发布模块，实现数据资源的便捷检索、精准统计与快速共享；在此基础上，通过样本训练与模型迭代，构建地表覆盖要素识别和影像校验的深度学习模型，生成多期影像变化图斑；最终将校验对比结果与具体业务场景深度融合，转化为支撑决策制定、过程监管和成效评估的应用信息，形成从数据获取到业务赋能的闭环，全面提升业务的智能化与精准化水平^[9]。（图1）。

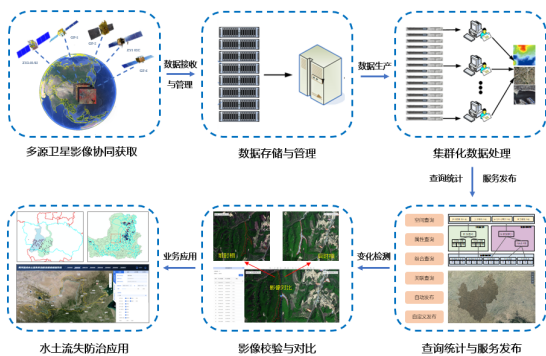


图1 总体思路图

二、系统建设

系统采用 B/S 架构，通过“分层设计、模块化构建”思想，对功能模块进行逻辑划分，自下而上形成“两纵五横”的总体架构，并以标准规范和安全保障贯穿项目建设全周期（图2）。

（1）基础设施层采用超融合存储环境，采用超融合存储架构，统一部署服务器、存储、网络带宽及安全防护等资源，支撑

数据共享交换、生产及应用服务，为系统提供高性能、高存储、稳定的硬件和运行环境。

（2）数据资源层以“规范管理、精准供给”为目标，建立统一数据标准与接口规范，对分散数据进行集中整合、清洗与管理，实现数据的统一汇聚、存储、融合与分析，为系统全流程提供稳定、高效的数据支撑。

（3）服务层作为连接数据资源与业务应用的核心枢纽，构建起覆盖多场景需求的业服务体系和可复用业务组件，支撑多场景应用的灵活调用与高效运行。

（4）业务应用层遵循“灵活适配、高效协同”原则，通过前置服务器与云端协同架构，结合数据架构和业务流程，实现模块间的数据与功能集成，为流域水土流失防治提供一体化业务支撑。

（5）用户层作为系统的“服务窗口”，提供数据与服务的“一站式”访问。通过统一身份认证和分级权限控制，保证各类用户安全合规地使用系统服务，全面提升流域水土流失防治工作的协同效率。

（6）标准规范体系涵盖数据、接口、集成、运维等技术与管理规范；安全保障体系围绕数据、存储、主机、网络及终端，构建全方位安全防护机制，为系统稳定运行提供保障。



图2 系统总体架构图

三、建设成果

流域智能遥感监测系统由卫星遥感数据接收与卫星遥感数据处理子系统组成。

卫星遥感数据接收子系统支持国产公益卫星数据的自动获取与第三方数据按需订购，包含卫星轨道预报、数据采集成购、数据推送下载、数据入库管理、快速查询检索和系统管理六个模块。系统通过轨道预报辅助预测影像获取情况，把握数据统筹的前瞻性；依托采集成购，实现高分、资源系列卫星数据的实时订购与下载；再通过入库管理模块完成数据清洗、归档、检索和统

计,形成完整的自动化接收流程。

数据处理子系统包含预处理、区域网联合平差、数据生产、服务发布、任务调度管控、成果管理与影像校验与对比等模块。系统支持影像切片与服务发布,实现生产流程的实时化、自动化和规范化,有效降低人工成本、提升处理效率。同时,通过构建自动化影像校验与对比工作流,可基于多期影像生成变化图斑,贯通从数据接收到业务应用的全流程。

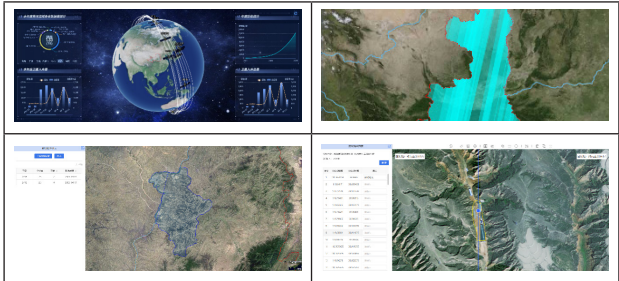


图3 流域智能遥感监测系统

四、总结

本研究聚焦于流域尺度的水土保持与动态监测业务,针对传统模式下数据来源单一、处理效率低、信息提取精度不足及服务链条断裂等核心问题,设计并构建流域智能遥感监测系统。该系统秉承“数据驱动、智能赋能、业务闭环”的核心理念,其价值主要体现在以下三个层面:

在数据资源层面,系统实现了从“分散孤立”向“协同统一”的转变,构建了精准感知的数据基础。通过引入多源卫星协

同获取机制,有效整合了国内外多分辨率、多载荷的卫星资源,建立了标准化且可扩展的遥感数据资源池。该资源池实现了海量数据的集中存储与统一管理,并通过需求驱动的智能调度策略,为全域调查、重点区域监控及突发事件响应等应用场景提供“全时空、高适配”的数据输入^[10]。

在技术能力层面,系统实现了从人工依赖向智能驱动的变革,重塑了高效精准的数据处理范式。构建了集群化算力与自动化算法深度融合的智能计算平台,利用并行计算能力显著提高数据处理效率与处理结果的一致性、客观性。同时,该系统将原始遥感数据高效转化为可用于分析的“信息资产”,有效提升了数据价值提取效率。

在业务应用层面,系统实现了从“数据孤岛”向“服务闭环”的贯通,构建了一体化的业务支撑体系。通过“通用+专用”的服务组件库,将处理后的遥感信息产品以标准化方式发布至各类业务系统,使用户无需关注底层技术细节即可直接获取时空信息,用于流域水土流失监测、治理工程监管及生态成效评估等多个业务场景。

流域智能遥感监测系统的建设与应用,是推进流域治理现代化的重要实践。依托多源数据协同、智能计算和全链条服务融合,该系统有效释放了遥感数据的应用价值,显著提升了业务智能化与决策科学化水平。不仅为流域水土保持和生态环境保护提供了坚实技术支撑,也为自然资源管理及防灾减灾等领域的智慧化建设提供了可借鉴范式,对区域可持续发展和国家生态文明建设具有重要意义。

参考文献

- [1]孙阁,栾维敬,谢峰,等.林草兴则生态兴生态兴则文明兴——党的十八大以来林草系统生态文明建设综述[J].生态文明世界,2022,(04):8-23+7.
- [2]邵国明.深入贯彻习近平生态文明思想推进黄土高原水土保持绿色发展[J].中国水土保持,2025,(08):5-10.
- [3]南帝,杨宇,杨植林,等.智慧水利水土保持分系统构建及应用[J].水上安全,2024,(06):7-9.
- [4]水利部,《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》,水智慧〔2021〕189号
- [5]张红丽,赵永军,林丽萍,等.我国智慧水土保持数字化场景组成及其设计探讨[J].水利信息化,2023,(03):36-39+51.DOI:10.19364/j.1674-9405.2023.03.007.
- [6]王松岳,陈凤琴,朱照远.数字孪生技术在智慧水利建设中的应用[J].山东水利,2023,(09):13-14.DOI:10.16114/j.cnki.sdsl.2023.09.005.
- [7]肖悦.黄河流域生态保护和高质量发展的显著成效、现实挑战及推进路径[J].统计理论与实践,2025,(09):53-60.DOI:10.13999/j.cnki.tjllysj.2025.09.006.
- [8]何国金,刘慧婵,杨瑞清,等.遥感数据智能:进展与思考[J].地球信息科学学报,2025,27(02):273-284.
- [9]王隽雄,李阳,王宇菲.推进智慧水利建设急需解决的遥感数据处理问题研究[J].中国水土保持,2021,(11):65-68.DOI:10.14123/j.cnki.swcc.2021.0280.
- [10]宋文龙,吕娟,刘昌军,等.遥感技术在数字孪生流域建设中的应用[J].中国防汛抗旱,2022,32(06):15-20.DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2022222.