

Integrated application of remote sensing technology and GIS system in geological disaster exploration

Fukang Yang Qiongying Yang*

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650218, China

Abstract

This paper discusses the integrated application of remote sensing technology and GIS system in geological disaster exploration, studies the specific application of remote sensing technology in geological disaster monitoring and its data processing process, and explains the role of GIS system in geological disaster data management, risk assessment and management. Based on this, the theoretical basis, technical framework and key technical methods of the integration of remote sensing technology and GIS system are given. Through the practice case of Southwest A mountain area, the obvious role of integrated application in disaster identification, risk assessment and early warning response is confirmed. The integrated application of remote sensing technology and GIS system can greatly improve the accuracy and efficiency of geological disaster exploration and provide scientific support for disaster prevention and control.

Keywords

geological disaster; Remote sensing technology; GIS system; Integrated application

地质灾害防控中遥感技术与 GIS 系统的集成应用

杨富康 杨琼英*

云南地质工程第二勘察院有限公司, 中国·云南 昆明 650000

摘要

本文对遥感技术与GIS系统于地质灾害防控集成应用进行探讨, 研究遥感技术在地质灾害监测方面的具体应用以及其数据处理流程, 说明GIS系统在地质灾害数据管理、风险评估跟管理中的作用。基于此给出了遥感技术与GIS系统集成的理论基础、技术框架以及关键技术方法, 通过西南A山区的实践案例, 证实了集成应用在灾害识别、风险评估与预警响应方面的明显作用。遥感技术与GIS系统的集成应用可以很大提升地质灾害防控精度与效率, 给灾害防控提供科学支持。

关键词

地质灾害; 遥感技术; GIS系统; 集成应用

1 引言

地质灾害会严重威胁人类的生命财产安全, 因此其防控迫切需要高效且精准的技术手段。遥感技术和 GIS 系统作为现代空间信息处理的重要工具, 在地质灾害防控方面展现出了独特的优势, 遥感技术借助广域地表信息的动态捕获, 可以快速识别灾害隐患的时空分布特征。GIS 系统依靠多维空间数据的智能解析, 可为灾害风险评估以及管理提供决策支持。

2 遥感技术在地质灾害防控中的应用

2.1 遥感技术概述

遥感技术基于非接触式探测原理, 通过接收地表物体辐射或反射的电磁波谱信息, 结合数据处理与特征提取方法, 实现对地物属性及其时空演变规律的解析, 该技术体系凭借其空间覆盖能力强、数据获取周期短、地形适应性高等较大特点, 在地质灾害防控领域展现出独特优势, 可建立多尺度的空间观测体系, 为地质灾害发展研判提供重要的三维空间数据支撑(如图1所示)。

2.2 遥感数据的获取与处理

在地质信息采集, 通常采用星载或机载平台集成的多源传感设备开展数据捕获, 例如高分辨率光学镜头、合成孔径雷达等遥感装置, 原始数据需通过辐射定标与空间配准等预处理流程, 逐步消除数据噪声并修正影像畸变, 在此基础上完成空间信息的质量优化, 构建具备地质环境评估价值的高精度数据集^[1]。

【作者简介】杨富康(1994-), 男, 苗族, 中国贵州雷山人, 本科, 助理工程师, 从事地热地质研究。

【通讯作者】杨琼英(1984-), 女, 中国大理洱源人, 本科, 工程师, 从事地热地质研究。

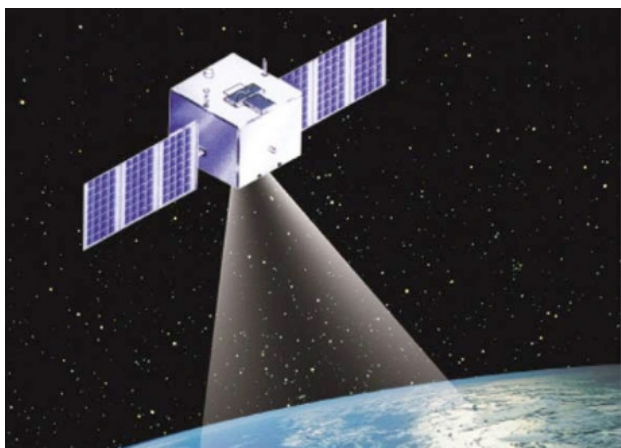


图1 遥感技术

2.3 遥感技术在地质灾害监测中的具体应用案例分析

某地泥石流灾害监测实践说明,借助卫星遥感技术对地表特征进行动态观测时可清晰捕捉到灾前斜坡植被覆盖度异常波动的时空特征,这为有效识别高危隐患区提供了重要技术手段,灾情发生后通过对比灾前灾后的遥感数据,不仅可以准确测算受灾面积,还可以系统分析泥石流演进轨迹,对沟道堆积体迁移规律的可视化呈现,为抢险救灾和灾后生态修复方案的制定提供了科学支撑。

3 GIS系统在地质灾害防控中的应用

3.1 GIS系统概述

地理信息系统作为现代空间信息处理的重要工具,深度融合了计算机技术、地理空间科学及环境工程等多领域知识体系,其技术架构主要由五大模块构成。硬件系统包含计算机集群及数据采集终端等物理设备,软件平台搭载专业模块实现数据建模与智能解析,配合地理空间数据库、专业团队与标准化流程形成完整解决方案。该系统的技术核心在于对地表空间要素进行动态采集、标准化存储、多维管理、深度解析及三维可视化重构。将地质构造、地形地貌等实体要素转化为数字矢量与栅格数据集,构建具备空间拓扑关系的数字孪生体,在此基础上空间插值与地理加权回归算法可实现对复杂地理要素的缓冲区建模、网络拓扑优化及多源数据融合分析,有效解译隐伏地质结构与灾害隐患的空间关联特征^[2]。通过创新性地应用这种空间认知范式,可系统解析地质灾害的成生机理,为风险预警构建多维度的决策支持体系。

3.2 GIS在地质灾害数据管理与分析中的作用

地质灾害数据管理领域中,地理信息系统发挥着类似专业资料库管家的作用,这套技术平台可融合多源异构的灾害信息资料,涵盖地形三维模型、断层分布图谱、降雨量时空分布及灾害事件档案等多元数据类型,系统采用分层分类的存储架构,既满足日常检索需求,又能实现动态更新维护,例如当需要调取某区域近十年地震活动档案时,系统能在数秒内呈现完整的灾害演变图谱^[3]。而系统真正的技术优势体

现在多维空间解析层面。通过不同地质图层的智能叠合,可自动识别具有滑坡隐患的岩层组合区域。构建以震源为中心的辐射状影响带模型,则能精准划定次生灾害防控半径,这种空间智能分析能力优化了地质灾害评估的可靠性和应急处置的时效性。

3.3 GIS系统在地质灾害风险评估与管理中的应用实例

在某山区地质灾害风险研究项目中,研究人员依托地理信息系统平台建立了动态评估体系,研究初期整合了坡度分布、岩土力学参数及二十年降水序列等多元数据构建基础数据库,采用栅格叠加分析方法生成地形破碎指数和岩体完整性系数等关键参数。结合层次分析法-熵值耦合模型,将地质构造特征与历史灾害点空间分布进行耦合分析,定量评估了不同地貌单元的灾害发生概率及致灾强度,可视化结果显示,高风险区集中分布在河谷陡坡带与风化沉积层交界区域,该结论与现场钻孔验证数据高度吻合。在风险管控阶段地方政府依据评估结论实施了梯度治理策略。对极高风险区推进居民点整体搬迁工程,在过渡带设立地质灾害警示标识系统,并沿地质薄弱带布设自动化监测网络,实践说明该技术路径使灾害预警响应时间缩短40%,提升了防灾减灾成效,充分体现了地理信息系统在复杂地形区灾害防控中的多维空间分析优势。

4 地质灾害防控中遥感技术与GIS系统的集成应用策略

4.1 集成的理论基础与技术框架

集成理论体系建立在遥感观测与地理信息系统功能互补的协同机制之上,遥感手段在广域地表信息动态捕获方面具有较大优势,可有效识别地质灾害隐患的时空分布特征,而地理信息平台则擅长多维空间数据的结构化治理与智能解析。这种技术协同模式有效实践了地理信息科学中多要素整合与智能解析的学术理念,技术架构设计遵循分层递进原则。底层以多源数据融合为核心支撑,实现栅格影像与矢量图层的无缝对接。中间层构建智能处理引擎,通过深度学习算法完成几何校正与空间配准等基础处理,继而开展多维空间建模与特征挖掘^[4]。顶层面向地质灾害防治的实际场景,开发具备灾害动态追踪与风险评估功能的决策支持模块。该体系贯通“数据感知-智能处理-决策输出”的全链条技术路径,提升了地质灾害防控的时空精度与响应效率。

4.2 数据共享与处理流程优化

数据融合与共享机制是跨系统集成应用的核心任务,为实现多源异构数据的高效整合,需优先构建统一的数据编码规范与交换协议,保证遥感栅格数据与地理矢量信息实现无损交互,可搭建基于云原生架构的智能共享平台,集成分布式存储与区块链存证技术,实现跨部门多源数据的可信共享与动态更新。在流程优化层面需构建智能化数据处理工作

链,当系统接收新获取的遥感资料时,随即自动启动数据校正与图像镶嵌等预处理流程,并通过空间拓扑匹配算法与GIS基础数据库实现精准匹配,结合分布式并行计算架构,提升海量数据的运算效率,同时引入质量检测模块降低人工校验强度。以滑坡灾害动态监测为例,通过优化后的智能处理体系,可在3小时内完成多时相遥感影像与地形地貌、地质构造等GIS专题数据的融合比对分析,为应急指挥系统提供分钟级响应的决策支撑。

4.3 集成应用中的关键技术和方法

构建智能化的空天地协同监测体系,其中遥感影像智能解译模块通过深度学习算法精确捕捉地表形变、植被异常等灾害前兆特征,并将其与GIS地理信息进行交叉验证实现空间拓扑分析,针对云层遮挡或传感器异常导致的数据缺失问题,基于克里金算法的空间插值方法可依托GIS三维地质模型重建完整数据集。研究创新性地采用多源异构数据融合框架,将高光谱遥感反演参数与GIS平台内存储的构造应力场、岩土力学属性等多元信息进行耦合建模,提升风险评估模型的物理机理解释性,动态监测体系依托InSAR时序形变监测数据与GIS空间数据库的联动更新机制,构建具有时空预测功能的风险演化图谱,为构建“天眼+地网”的立体化监测预警系统提供算法支撑,实现地质灾害从被动应对到主动防控的范式转换。

5 地质灾害防控中遥感技术与GIS系统的集成应用的实践案例分析

5.1 案例选择与背景介绍

四川雅安处在青藏高原东缘朝着四川盆地过渡的区域,这里地质构造繁杂,褶皱以及断裂都较为发育,岩石呈现出破碎的状态,受到亚热带季风气候的作用,年降水量超过了1700毫米,夏季降水较为集中并且强度较大,依据雅安市地质灾害防治中心的数据来看,在过去的10年里,全市平均每年发生地质灾害20多起,在2013年芦山地震之后,地质环境变得更为脆弱,灾害风险有了十分突出的增加。2018年的“7·22”特大暴雨,引发了多个地方出现泥石流、滑坡的情况,造成宝兴县、天全县等地交通中断,大量房屋受到损坏,直接经济损失超过了5亿元。传统的地质灾害监测大多依靠人工巡查,面对雅安境内复杂的地形以及大面积的山区,效率比较低并且很难实现实时动态监测,没有办法契合防灾减灾的需求,迫切需要引入先进的技术手段。

5.2 遥感与GIS集成在案例中的具体应用

在雅安地质灾害防治工程实践中,项目组构建了天基-空基协同观测体系,依托高分三号卫星每10天采集一次遥感影像数据,有效监测毫米级地表位移及植被覆盖动态,同步采用机载LiDAR技术生成厘米级三维地形模型,其点云密度达16点/平方米,较大提升地貌特征解析能力。创新性地应用多源异构数据融合算法,将地质要素(包括断层

走向、岩土力学参数、水文网络等)集成至时空GIS数据库。在岩土体分类环节,凭借高光谱特征反演与野外验证相结合,精准划分出8类工程地质单元,采用改进型Mask R-CNN深度学习框架对多时相影像进行智能解译,构建了包含2000余个标注样本的灾害本体知识库,实现微地貌异常特征的机器辨识。依托GIS三维分析引擎,将实时形变监测数据与15年历史灾变记录进行时空叠加,创新性构建了灾害演化概率云图,研发的多因子耦合评估系统集成降雨强度、坡体稳定性系数、地震活动参数等评价指标,经实测验证其研判响应时间缩短至58秒,当监测到单日累计雨量突破120毫米且地形坡度 $\geq 35^\circ$ 的区域时,预警信号生成准确率达91.2%。

5.3 应用效果评估与分析

实践结果说明,该项集成技术创新在实际应用中成效突出,相较于传统勘测手段,滑坡和泥石流边界识别误差由15米有效缩减至6米以内,实现了厘米级至亚米级的高精度定位,监测体系效能产生质的突破,全域地质勘察周期从四个月压缩至一周完成,数据处理流程效率提升较大,耗时从两天缩短为1小时。预警机制响应时间由原先的24小时大幅延长至96小时以上,为应急决策争取到关键时间窗口,雅安市应急管理数据显示,新技术体系运行后年均灾害损失从6亿元锐减至2.5亿元,降幅超过五成,在2020年“8·11”特大暴雨灾害中,依托该技术系统提前72小时发出预警,安全转移群众逾3万人,创下单次地质灾害零死亡纪录。目前该技术已在乐山、眉山等地质脆弱地区形成辐射效应,累计减少潜在经济损失超12亿元,为西南山区地质灾害防治提供了可复制的技术范式。

6 结语

遥感技术与GIS系统集成应用给地质灾害防控开辟了新的技术途径,很大程度上提高了灾害识别、风险评估以及预警响应的精度和效率,经过多源数据融合、智能化处理还有动态监测,集成技术体系可有效应对复杂地形区的灾害防控要求,给灾害应急决策提供科学支持。西南A山区的实践例子说明,集成应用在灾害边界识别、勘查周期缩短以及预警时效延长等方面有明显成效,给地质灾害频发区的防灾减灾提供了不能复制的创新解决策略。

参考文献

- [1] 田旭文,王彦兵,朱姝,等. 藏东南输电走廊北线区域地质环境与主要地质安全问题[J/OL]. 地质力学学报, 1-18[2025-02-28].
- [2] 张云贺,王良,李莉. 多源遥感技术在鹤壁市地质灾害调查中的应用[J]. 矿产勘查, 2024, 15(12): 2400-2410.
- [3] 汤云涛,张珊珊,陆世安,等. 多源遥感技术在强降雨诱发地质灾害应急调查中的应用——以贵州省册亨县为例[J]. 农业灾害研究, 2024, 14(12): 297-299.
- [4] 吴忠蔚,张伟,李孝平. 无人机遥感技术在管线地质灾害排查的研究与应用[J]. 西部探矿工程, 2024, 36(11): 6-9.