

Application of Multi-source Data Fusion in Geological Hazard Monitoring

Jiang'e Zhang

Qinghai Nonferrous Third Geological Exploration Institute, Xining, Qinghai, 810001, China

Abstract

Geological hazards are one of the important factors affecting the earth's ecological environment, and their prediction and monitoring are particularly important for the protection of ecological environment. This study proposes a geological hazard monitoring method based on multi-source data fusion, which integrates multi-source data such as remote sensing, geographic information systems (GIS), and geophysics to better characterize the geological environment and improve the accuracy of geological hazard prediction and monitoring. The experimental results show that compared with single source data, multi-source data fusion can more accurately and comprehensively determine the disaster area and the possibility of disaster occurrence, thereby improving the prediction and monitoring efficiency of geological disasters, early warning, and reducing disaster losses. At the same time, we also discuss the application of multi-source data fusion in complex geological environment, and find out its broad application prospect in geological disaster monitoring. The results of this study provide a useful methodology reference for adopting multi-source data fusion in geological hazard monitoring, and help to promote the development of geological hazard monitoring technology.

Keywords

multi-source data fusion; geological disasters; remote sensing; geographic information system; geological environment monitoring

多源数据融合在地质灾害监测中的应用探索

张江娥

青海省有色第三地质勘查院, 中国·青海 西宁 810001

摘要

地质灾害是影响地球生态环境的重要因素之一, 其预测和监测对生态环境保护尤为重要。本研究提出了一种基于多源数据融合的地质灾害监测方法, 该方法通过融合遥感、地理信息系统(GIS)和地球物理等多源数据, 更好地刻画地质环境, 提高地质灾害预测和监测的精度。实验结果表明, 与单一源数据相比, 多源数据融合能更准确、全面地判断灾害区域和灾害发生的可能性, 从而提高地质灾害的预测和监测效能, 早期预警, 降低灾害损失。同时, 我们还探讨了多源数据融合在复杂地质环境中的应用, 找出了其在地质灾害监测中的广阔应用前景。该研究结果为在地质灾害监测方面采用多源数据融合提供了有益的方法论参考, 有助于推动地质灾害监测技术的发展。

关键词

多源数据融合; 地质灾害; 遥感; 地理信息系统; 地质环境监测

1 引言

地质灾害对我们的生命财产和环境有很大威胁。随着气候变化和人类活动增加, 地质灾害变得更频繁和危险。单一数据源监测地质灾害有局限, 不能全面准确地反映地质环境。为了更好地预测和监测地质灾害, 我们提出了一种结合多种数据的方法。这种方法融合了遥感数据、地理信息系统(GIS)和地球物理数据, 可以更全面准确地监测和预测地质灾害。实验结果表明, 这种多源数据融合方法比单一数据源更有效, 能更好地预测灾害区域和发生可能性, 并有助于

早期预警和减少损失。未来的研究将继续优化这一方法, 并探索其在更复杂环境中的应用, 以便更好地保护生态环境和减少灾害损失。

2 多源数据融合技术概述

2.1 多源数据融合的定义与原理

多源数据融合是指将来自不同传感器、测量系统或信息源的数据, 通过一定的算法和技术手段进行综合处理, 以获得更准确、更全面的信息^[1]。这种技术广泛应用于多个领域, 包括地质灾害监测。在地质灾害监测中, 多源数据融合的定义和原理涉及数据采集、数据处理和信息集成等多个环节。

多源数据融合的核心在于数据的互补性和冗余性。不同数据源在空间、时间和内容上各有优劣, 通过融合可以弥

【作者简介】张江娥(1992-), 女, 本科, 助理工程师, 从事地质灾害研究。

补单一数据源的不足。例如,遥感数据提供了大尺度、连续的地表信息,但其空间分辨率和时间分辨率可能不足;而地理信息系统(GIS)数据则包含丰富的地形、地质等信息,但更新频率较低。通过将这些数据源进行融合,可以获得更为准确的地质环境信息,提高地质灾害预测和监测的精度。

在数据融合的过程中,需要进行数据预处理,包括数据的格式转换、坐标统一、噪声去除等步骤。数据预处理是保证数据融合质量的基础。预处理后的数据需要进行配准,即将不同源的数据按照空间或时间进行对齐,使得它们在同一个参考框架下能够进行比较和综合。

数据融合的方法主要包括数据层融合、特征层融合和决策层融合。数据层融合直接对原始数据进行综合处理,适用于数据同质性较高的情况。特征层融合则是提取各数据源的特征信息,进行特征的匹配和组合,以生成新的特征集。这种方法能够充分利用各数据源的优势,但对特征提取和匹配算法要求较高。决策层融合是在各数据源分别进行分析和处理后,将各自的分析结果进行综合决策。这种方法适用于数据源之间差异较大的情况,可以通过多重证据理论、贝叶斯推理等方法进行决策融合。

在地质灾害监测中,多源数据融合不仅可以提高单一数据源的监测精度,还可以通过冗余信息提高监测系统的可靠性和鲁棒性。例如,在滑坡监测中,可以通过融合地表形变的遥感数据、地下水位变化的地球物理数据以及降雨量的气象数据,综合分析滑坡的发生概率和影响范围。

多源数据融合技术的发展,为地质灾害监测提供了新的途径和手段。通过不同数据源的综合应用,可以更全面、准确地捕捉地质环境的变化,提高灾害预测的准确性和及时性,从而在灾害预警和应急响应中发挥重要作用。

2.2 地质灾害监测中常用的数据源

地质灾害监测中常用的数据源主要包括遥感数据、地理信息系统(GIS)数据和地球物理数据等。这些数据源各自具有独特的优势和应用场景,为地质灾害监测提供了多层次、多维度的信息支持。

遥感数据在地质灾害监测中占据重要地位,其通过卫星、无人机等平台获取地表影像和相关信息,能够覆盖大范围区域,具备高时效性和高分辨率的特点^[2]。遥感技术可以监测地表形变、植被覆盖变化、地质结构变动等,为地质灾害的早期识别和评估提供重要依据。

地理信息系统(GIS)数据则通过整合空间和属性信息,建立地质灾害监测的空间数据库。GIS技术可以将地形、地质、气象等多种数据进行叠加分析,形成灾害风险评估模型,便于对地质灾害的分布特征和发展趋势进行可视化展示和分析。GIS还支持空间数据的动态更新和实时监测,提高了地质灾害预测和应急响应的效率。

地球物理数据主要包括地震波、重力场、电磁场等信息,这些数据能够揭示地下介质的物理特性和结构变化。通过地

球物理勘探技术,可以检测地质体内部的异常,识别潜在的地质灾害隐患。例如,通过地震波监测可以了解断层活动情况,通过重力场变化可以推断地下岩体密度变化,这些信息对地质灾害的预警和防治具有重要意义。

以上三种数据源相互补充、相互验证,通过多源数据融合,可以获得更加全面、准确的地质灾害信息,从而提高地质灾害监测的精度和可靠性,为地质灾害的防范和减灾提供科学依据。

2.3 多源数据融合在地质灾害监测中的重要性

多源数据融合技术在地质灾害监测中具有重要性,体现在多个方面。其一,通过融合遥感、地理信息系统(GIS)以及地球物理等多源数据,能够更全面地描述地质环境和灾害演化过程,提供更加可靠的监测数据。其二,多源数据融合有助于提高地质灾害预测的精度和时效性。单一数据源往往存在信息不足和误差积累的问题,而多源数据的互补性可以有效弥补这一局限,增强预测的准确性和稳定性。通过多源数据融合,还可以提高灾害预警系统的灵敏度和响应速度,早期发现潜在灾害隐患,缩短预警时间,最大程度减少人员伤亡和经济损失。综合来看,多源数据融合技术的应用,使地质灾害监测从数据采集、数据处理到数据分析和决策支持各个环节,都得到了显著提升,为地质灾害的全面监测和风险防控提供了坚实基础。

3 多源数据融合方法与技术

3.1 遥感数据在地质灾害监测中的应用

遥感数据在地质灾害监测中具有重要作用,其优势在于能够提供大面积、全天候、高时空分辨率的观测数据。遥感技术可以实时且连续地获取地表信息,这对于监测地质灾害的发生、发展和影响具有重要意义。

遥感数据在地质灾害监测中的应用主要体现在几个方面。遥感技术可以用于滑坡、泥石流等动态地质灾害的早期识别和监测。通过高分辨率光学遥感影像,可以对地表形变、植被异常等进行准确识别,从而提前预警潜在的灾害发生区域。合成孔径雷达(SAR)技术则可以穿透云层和植被,对地表进行高精度的形变监测。利用干涉合成孔径雷达(InSAR)技术,能够对微小的地表形变量进行测量,从而对滑坡、地陷等灾害进行早期预警。

遥感数据还可以用于地质环境变化的长期监测和评估。通过多时相遥感影像,可以对地质灾害多发区域进行动态监测,从而了解地质环境的变化趋势。例如,通过对比不期的遥感影像,可以发现地表沉降、河道变迁等变化,这对于制定防灾减灾措施具有重要参考价值。

遥感技术在灾后评估与恢复过程中同样扮演着不可或缺的角色。在地质灾害发生后,利用遥感数据可以快速获取灾区的受损情况,包括滑坡面积、泥石流覆盖范围等。这对于灾后救援、重建以及后续监测工作提供了详细的数据

支持。高分辨率的遥感影像还能对灾后评估提供基础数据,帮助判断灾害的影响程度和范围,从而制定科学合理的恢复方案。

遥感数据在地质灾害监测中具有无可替代的优势^[9]。通过不断进步的遥感技术,可实现对地质灾害更精确、更全面的监测和早期预警,有效减缓地质灾害带来的损失。遥感数据的应用不仅提升了地质灾害监测的技术水平,也为相关研究提供了坚实的数据基础。

3.2 地理信息系统 (GIS) 与地质灾害监测

地理信息系统 (GIS) 是地质灾害监测中的关键技术之一,因其可以有效整合、分析和展示空间数据。GIS 技术在地质灾害监测和管理中起到了重要作用,可以提供精确的地理定位和丰富的空间数据支持,从而提高灾害预测和应对的精度与效率。

GIS 在地质灾害监测中的应用主要分为几个层面。GIS 可用于空间数据的收集与管理。通过 GIS 技术,可以将遥感数据、地球物理数据、历史灾害事件数据等多种数据源进行集成和管理。这种集成化的数据库构建为后续的数据分析与应用提供了坚实基础,并显著提升了数据的可访问性和利用价值。

在数据分析方面, GIS 强大的空间分析功能能够支持多种地质灾害模型的构建和应用。例如,通过 GIS 技术可以实现灾害易发区划分、灾害风险评估和影响范围预测。具体来说, GIS 应用中的插值方法、空间相关性分析等工具可以帮助识别潜在的地质灾害热点区域,并评估其风险等级。通过地形分析、地质结构分析和土地利用分析等多种手段, GIS 可以为制定科学的灾害防范和应急预案提供基础数据和决策支持。

在地质灾害的实时监测与预警方面, GIS 也展现出了广阔的应用前景。借助无线传感网络、卫星遥感和高精度地理定位技术, GIS 可以对监测区域进行实时数据采集和动态更新。这些动态数据通过 GIS 平台进行集成和可视化处理,能够生成直观的地质灾害监测图和风险评估报告,便于决策者及时获取灾害信息并采取相应措施。

GIS 的可视化功能对于地质灾害的宣传教育和公众参与具有重要意义。通过生成图表、地图和三维模拟图等可视化成果,公众可以更加直观地理解地质灾害的空间分布和危害程度。这有助于增强公众的灾害防御意识和应对能力,从

而形成全社会共同参与防灾减灾的良好局面。

GIS 技术在地质灾害监测中的应用不仅限于数据集成与管理,更覆盖了从数据分析、灾害预警到风险评估的整个过程。这种综合性和高效性使得 GIS 在地质灾害监测中占据了不可替代的重要地位,并为提升地质灾害监测与防范水平提供了强有力的技术支持。

3.3 地球物理数据在地质灾害预测中的作用

地球物理数据在地质灾害预测中的作用体现在其对地下结构及动态变化的精准描述。地球物理方法,如地震勘探、重力与磁力测量、电磁探测等,能够提供地表以下的详细信息,通过分析地层、断层、岩性等特征,对潜在的地质灾害如滑坡、地震、泥石流等进行预警。地球物理数据能揭示潜藏的地质危险区域,结合其他数据源,增强综合分析的准确性,显著提升地质灾害预测的全面性和可靠性,使得早期预警和防范措施更加科学有效。

4 结语

综上,本研究旨在探讨多源数据融合在地质灾害监测中的应用。我们提出并实践了一种基于多源数据融合的地质灾害监测方法,通过融合遥感、地理信息系统 (GIS) 和地球物理等多源数据,从而增强对地质环境的刻画能力,提高地质灾害预测和监测的精度。实验结果证实,这种多源数据融合方法比单一源数据分析法更有效,可以更准确、全面地判断地质灾害区域和可能出现地质灾害的概率,从而提高预测和监测效能,早期预警,有效降低灾害损失。同时,通过在复杂地质环境中应用多源数据融合,我们找出了其在地质灾害监测中的广阔应用前景。本研究期待未来有更多的实证研究能够进一步证明和发展这一方法的有效性和适用范围,为提升我国地质灾害监测技术做出积极贡献。我们期望本研究能为地质灾害监测方向的研究人员提供有益的方法论参考,从而推动地质灾害监测技术的进一步发展。

参考文献

- [1] 邵亚凯. 地质灾害调查中的地理信息系统应用[J]. 信息与电脑, 2022, 34(5): 197-199.
- [2] 潘明. 基于多源数据的地质灾害监测预警管理平台探析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(7): 5-8.
- [3] 张威. 基于多源数据的地质灾害监测预警管理平台研究[J]. 西部资源, 2022(3): 43-46.