

面向应急场景的快速智能制图技术研究

谢宝权 任飞 陈涛 李博 吕煜杰
中国人民解放军 32016 部队
DOI:10.32629/gmsm.v9i3.2473

[摘 要] 面向地震、泥石流等自然灾害下的应急场景,快速智能制图技术的合理应用非常关键。基于此,本文将自然灾害作为依托,对面向应急场景的快速智能制图技术进行研究。根据快速智能制图技术体系,提出数据采集、数据处理、智能分析和地图输出等关键技术应用要点,并通过模拟的方式验证了该技术的应用效果。希望通过本次研究,可以为应急场景下的快速智能制图提供参考,以此来提高应急响应水平。

[关键词] 自然灾害; 应急场景; 快速智能制图技术; 智能分析; 地图输出

中图分类号: U284.26+2 文献标识码: A

Research on Rapid Intelligent Mapping Technology for Emergency Scenarios

Baoquan Xie Fei Ren Tao Chen Bo Li Yujie Lv

Chinese People's Liberation Army 32016 Unit

[Abstract] The reasonable application of rapid and intelligent mapping technology is crucial for emergency scenarios in natural disasters such as earthquakes and mudslides. Based on this, this article takes natural disasters as a basis to study rapid intelligent mapping technology for emergency scenarios. Based on the rapid intelligent mapping technology system, key technical application points such as data collection, data processing, intelligent analysis, and map output are proposed, and the application effect of this technology is verified through simulation. I hope that this research can provide reference for rapid intelligent mapping in emergency scenarios, in order to improve the level of emergency response.

[Key words] natural disasters; Emergency scenarios; Fast and intelligent mapping technology; Intelligent analysis; Map output

前言

快速智能制图技术是将地理信息、遥感监测和人工智能等领域的关键技术融合在一起,形成的新型智能制图手段。该技术能够快速采集灾害相关的地理信息,并进行自动处理和智能分析等操作,从而以高效可视化的形式输出相应地图。实际应用中,该技术可以将传统制图技术的流程繁琐和耗时较长等局限性彻底破除。能够在自然灾害发生后及时生成灾害分布、风险预警以及救援路线的核心地图,为灾情评估、应急指挥和救援部署等工作提供精准的地理空间支持。

1 应急场景下的快速智能制图技术体系

基于地震和泥石流等自然灾害突发性强、破坏范围广和应急需求紧迫等基本特点,在应急场景下,快速智能制图技术体系主要将快速响应、精准映射和智能适配作为核心目标,集成了数据采集、数据处理、智能分析和地图输出这四个核心模块,从而使应急场景下快速智能制图全流程支持技术形成一个完整闭环。整体技术体系组成和基本情况如表1所示。

表1-应急场景下的快速智能制图技术体系组成和基本情况

序号	模块	核心技术	基本功能
1	数据采集	卫星遥感、无人机航摄、地面 传感监测等	快速获取灾害区域地形地貌、基础设施 损坏情况和灾情分布等核心数据
2	数据处理	数据清洗、多源数据加权融 合、坐标投影转换等	将原始数据转化为标准化制图数据
3	智能分析	机器学习、地理信息建模等	自动识别灾害隐患、研判发展趋势、划 分灾害等级等,为智能决策提供辅助
4	地图输出	自动化地图生成引擎、地图可 视化、多格式输出等	快速生成标准化、可视化应急专题地 图,满足多场景应用需求

2 应急场景下的快速智能制图技术应用要点

2.1 数据采集技术应用

作为快速智能制图的大前提,数据采集技术的核心应用目标是实现灾害相关数据的快速、全面、精准获取。因此,针对地震和泥石流等不同灾害,需要建立差异化的数据采集策略。在地震灾害发生后,将卫星遥感和地震监测台网联合启动,利用高分辨率卫星在地震区获取全域影像,并将地震传感器获取的震级和震中坐标等实时数据作为依托,利用无人机低空航摄的方式同步获取灾区影像,以此来弥补卫星遥感微观短板。在泥石流场景下,可以先通过无人机沿着泥石流沟谷进行航线规划,通过飞行高度的合理控制来保障影像清晰,重点对坡底形变、泥石流堆积和植被覆盖破坏等影像数据进行采集^[1]。同时在沟谷两侧和居民点周边合理部署地面传感器,对降水强度、坡体位移和土壤含水量等动态化数据进行实时采集,并建立合理的多元数据快速接入机制。通过以下公式对传输链路加以优化,以此来确保传输效率。

$$\eta = \frac{D}{T \times B} \quad (1)$$

式中, η 代表数据传输效率; D 代表数据采集总量; T 代表数据传输时间; B 代表传输带宽。如果 η 在 0.8 以下,系统就需要自动切换到备用传输链路,从而使数据传输效率得到良好保障。

2.2 数据处理技术应用

由于现场采集的多源数据存在精度不一、格式异构和冗余干扰等情况,因此还需要通过标准化处理的方式,将其转变成制图过程中能够直接使用的标准化数据。整个处理过程主要包含数据清洗、多元融合和坐标转换这三个环节。数据清洗主要基于 3σ 算法进行异常检测,从而将传感器故障或者传输干扰等引起的异常与无效数据剔除,以下是基本异常检测公式。

$$|x_i - \mu| > 3\sigma \quad (2)$$

式中, x_i 为被测数据; μ 为数据均值; σ 为数据标准差。如果以上公式成立,便可将被测数据判定为异常数据,并将其剔除。之后通过加权融合算法进行数据融合处理,基本公式如下。

$$x_{\text{融合}} = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i \quad (3)$$

其中, $x_{\text{融合}}$ 代表多源数据融合后获取到的标准化数据; n 代表参与融合的数据种类; ω_i 代表第 i 类数据源的权重,其中,卫星影像取值为 0.5,无人机摄像取值为 0.3,地面监测取值为 0.2; x_i 代表第 i 类数据源的原始数据。通过卫星、无人机以及地面监测等数据的全面融合,可以使最终获取的数据更加精准。而在坐标转换过程中,则需要将处理后的所有数据都转换成国家 2000 大地坐标系中的数据,其经纬度和平面坐标转换公式如下。

$$\begin{cases} X = L_0 + \frac{N \sin B \cos B}{180\pi} l^2 + \frac{N \sin B \cos^3 B}{6(180/\pi)^3} l^4 \\ Y = \frac{N \cos B}{180\pi} l + \frac{N \cos^3 B}{3(180/\pi)^3} l^3 + \frac{N \cos^5 B}{15(180-\pi)^5} l^5 \end{cases} \quad (4)$$

其中, X 是平面横坐标; Y 是平面纵坐标; B 是纬度; L_0 是中央子午线经度; l 是经度差; N 是卯酉圈曲率半径。通过上述处理之后,就可以获得到高精度的标准化制图数据,为后续智能分析和制图创造有利条件。

2.3 智能分析技术应用

在智能制图过程中,智能分析属于一个核心环节,该环节需要将机器学习和地理信息建模等技术作为依托,对标准化处理后获得的数据展开深度分析。在此过程中,需要为地震和泥石流等灾害建立差异化分析模型,利用相应模型对灾情信息进行自动提取,并自动研判灾害趋势,从而为地图绘制提供智能化支持^[2]。在地震场景下,应该将震级、烈度、建筑物损毁率以及人口密度等作为核心指标,通过 BP 神经网络算法为灾情等级构建评估模型,通过以下公式对综合评估指数进行计算。

$$S = \alpha M + \beta I + \gamma D + \delta P \quad (5)$$

式中, S 代表灾情综合评估指数; M 代表震级标准化值; I 代表烈度标准化值; D 代表建筑物损毁率; P 代表人口密度标准化值; α 取值为 0.3, β 取值为 0.3, γ 取值为 0.2, δ 取值为 0.2。其中, S 在 0.8 以上判定为重度灾害; S 在 0.5~0.8 之间判定为中度灾害; S 在 0.5 以下判定为轻度灾害。对于泥石流场景,智能分析时应该通过逻辑回归算法为其扩散范围构建预测模型,将地形坡度、降水强度以及土壤含水率等作为关键指标,对泥石流的扩散路径及其影响范围进行智能预测。结合机器学习算法来自动识别建筑物损毁和道路阻断等核心信息。这样就可以在不需要人工干预的情况下,对灾害做出智能分析,从而使分析效率大幅度提高。表 2 为地震和泥石流两种灾害场景数据智能分析差异对比情况。

表 2-地震和泥石流两种灾害场景数据智能分析差异对比情况

序号	项目	地震灾害	泥石流灾害
1	核心分析模型	BP 神经网络模型	逻辑回归模型
2	关键分析指标	震级、烈度、建筑损毁率	坡度、降水、土壤含水率
3	分析输出结果	灾害等级划分	扩散范围预测

2.4 地图输出技术应用

在应急场景快速智能制图过程中,地图输出是最终的一个环节,该环节主要将自动化技术作为依托,根据最终的数据处理和智能化分析结果,快速生成标准化和可视化的应急专题地图,以此来满足地震、泥石流等应急指挥和救援部署等场景需求。输出过程中应该将自动化地图生成引擎作为依托,以此来降低人

工干预,确保地图绘制效率。同时也应该遵循应急地图的绘制标准,使其兼具可读性和实用性两种特点。对于地震类应急场景,应该将震中和烈度分布图、建筑物损毁分布图、应急避难所分布图和救援资源分布图等作为输出重点,通过分级着色和差异化标号的方式做好标注,从而使灾情和救援等相关信息直观呈现出来。而对于泥石流场景,则应该将风险预警图、受威胁区域分布图、坡体变形分布图和救援路线图等作为重点输出内容,对低、中、高风险区域和可通行的路线作出清晰标注^[3]。地图输出应该支持GIS、PNG和PDF等多种格式,并利用可靠的网络将其快速传输到应急指挥终端和救援现场移动设备上,从而为地图的实时更新提供支持,使地图内容能够根据应急场景下的灾害变化情况以及数据更新来实现自动调整。

3 应急场景下的快速智能制图技术应用模拟

3.1 场景模拟

此次模拟场景是一场暴雨引发的地震次生泥石流灾害,模拟区域处于高山峡谷地带,有着崎岖的地形和较大地势落差,交通闭塞,而且通信条件也不好,属于地质灾害高发地区。整个模拟区域内常住人口数量为2000人,分布在三个行政区,周边配套设有两条主干道路和一处小型水库以及若干农田水利设施。山体的岩石结构比较松散,常年存在降雨集中情况,地质稳定性不佳。模拟过程中,设定该区域24h内的累计降雨量高达180mm,出现了4.2级浅层地震,使山体岩土结构更加松动,多处山体出现了泥石流情况,损毁房屋80余间,两条主干道路全部被阻断,另有3处电力设施受损,在不同区域分散设置了500名“被困群众”,部分区域还设置了二次泥石流威胁。救援单位主要通过快速制图技术应用模拟的方式来快速了解灾情分布、威胁区域、救援路线以及应急物资等各类核心信息,以下是该技术的应用模拟分析。

3.2 制图过程

根据模拟场景所在区域地形复杂和通信效果不佳等基本特点,结合地震次生泥石流紧急灾害情况,在快速智能制图技术的应用模拟中,救援单位优先调用了3架小型无人机进行低空航摄,对泥石流堆积范围、坡体松动区域和道路阻断点数据进行采集。同步利用便携式传感器进行核心数据采集,借助轻量化通信传输协议来应对山区通信效果不佳情况,在30min内完成了所有数据采集工作。对于采集获取的数据,救援单位先利用3算法将山体遮挡引起的无效数据剔除,对权重进行适当调整,使其和山区场景相适配,从而完成了坐标快速校正处理;将救援刚需作为智

能分析重点,通过智能化分析模型进行灾情区域划分以及泥石流扩散范围预测,从而对“被困人员”聚集区域和临时救援路线做出了自动化、智能化识别,整体分析工作在50min内完成。最后用10min时间快速输出了专题地图,并将地图及时传输到救援终端;在此基础上同步利用各项技术措施来支持地图的实时更新,以此来满足现场实际应急救援需求。

3.3 制图效果

在本次应急场景模拟过程中,通过快速智能制图技术的合理应用,使山区地震次生泥石流救援工作中的快速制图需求得到了全面满足。制图工作全流程在100min内完成,较传统模式下的制图效率显著提高,大幅度缩短了制图时间。制图精度高达95%以上,能充分满足山区救援过程中的实际定位需求。由此可以验证,快速智能制图技术在复杂山区应急场景下有着非常好的适配性和实用性,将该技术合理应用到后续同类项目中,也能够为其提供可复制经验借鉴。

4 结束语

综上所述,在地震和泥石流等重大自然灾害应急场景下,传统制图技术存在响应速度慢、精度不足和无法实时更新等弊端。为应对上述弊端,救援单位可以将当前先进的快速智能制图技术合理引入,通过数据采集、数据处理、智能分析和地图输出等功能的协同联动,有效突破传统制图局限性,快速生成并精准输出专项应急地图,为应急场景下的灾情评估和指挥救援等工作提供重要技术支撑。这样就可以让应急场景下的应急地图制图全流程实现智能化,为应急救援工作水平的提升创造有利条件,从而使各类重大自然灾害应急处置效率和处置效果得到双重保障。

[参考文献]

- [1]樊增建,景明洲.基于地球信息科学和人工智能的自然灾害风险管理体系研究和应用——以平安产险自主建设鹰眼系统DRS2.0为例[J].保险理论与实践,2024(2):49-61.
- [2]童玲,张华杰.基于第一次全国自然灾害综合风险普查成果在综合防灾减灾方面的应用研究[J].消防界,2023(2):134-136.
- [3]潘东华,贾慧聪,贺原惠子.自然灾害风险制图研究进展与展望[J].地理空间信息,2019(7):6-9.

作者简介:

陈涛(1993—),男,汉族,四川宜宾人,硕士研究生,助理工程师,研究方向:数据管理。