

Design and Implementation of Unmanned Aerial Vehicle Emergency Mapping Linkage Service Platform

Bo Jiang

Shandong Province Land Surveying and Mapping Institute, Jinan, Shandong, 250010, China

Abstract

In recent years, natural disasters and emergencies occur frequently, and the need for rapid and accurate emergency mapping is becoming more and more urgent. Because of its high flexibility, fast response speed and high data acquisition accuracy, UAV has become an important technical means in the field of emergency mapping. However, at present, most of the emergency mapping still relies on the traditional manual or single platform operation, which is inefficient and difficult to achieve linkage service. This paper proposes and designs a platform, aiming to improve the automation level and service efficiency of emergency mapping. The platform integrates data collection, processing, transmission and real-time decision support functions to provide efficient and accurate surveying and mapping support for all kinds of emergencies. This paper discusses in detail the platform architecture design, data processing process, linkage mechanism and its application value in different emergency scenarios.

Keywords

UAV; emergency mapping; linkage service; data processing; platform design

无人机应急测绘联动服务平台的设计与实现

姜波

山东省国土测绘院, 中国·山东 济南 250010

摘要

近年来, 自然灾害、突发事件频发, 对快速、准确的应急测绘需求愈加迫切。无人机因其灵活性高、响应速度快、数据获取精度高等特点, 成为应急测绘领域的重要技术手段。然而, 目前大部分应急测绘依然依赖于传统人工或单一平台操作, 效率低下, 难以实现联动服务。论文提出并设计了一种基于无人机的应急测绘联动服务平台, 旨在提高应急测绘的自动化水平和服务效率。该平台集成了数据采集、处理、传输和实时决策支持功能, 为各类突发事件提供高效、精准的测绘支撑。论文详细探讨了平台的架构设计、数据处理流程、联动机制及其在不同应急场景中的应用价值。

关键词

无人机; 应急测绘; 联动服务; 数据处理; 平台设计

1 引言

目前无人机在应急测绘中的应用已取得显著成效, 然而无人机测绘系统多为独立操作, 缺乏有效的联动服务和多平台协作机制, 导致数据整合困难, 难以实现实时信息共享和多方决策支持。因此, 设计并实现一个无人机应急测绘联动服务平台, 能够将数据采集、处理和共享进行高度集成, 不仅提高应急响应的时效性, 还能为应急管理提供强有力的决策支持。

2 平台设计概述

无人机应急测绘联动服务平台的设计旨在解决当前应急测绘中独立操作、数据分散和共享不足的问题。该平台通

过多无人机系统、多终端实时数据共享和智能分析, 实现了对多种突发事件的快速响应和支持。平台主要包括利用无人机搭载多种传感器(如摄像头、LiDAR、红外等), 根据不同应急场景进行适应性数据采集; 对采集到的原始数据进行处理, 快速生成测绘成果, 包括影像图、3D模型、灾害预测模型等; 建立可靠的数据传输链路, 将处理后的数据上传至平台, 以实现多终端实时共享; 通过对数据的智能分析和动态模拟, 为决策者提供实时的辅助信息。平台采用模块化设计, 具备良好的扩展性和兼容性, 以满足不同应急需求和环境变化。与此同时, 平台具备高效的数据处理和传输能力, 可在复杂的应急场景中实现快速响应。

3 系统架构设计

3.1 感知层

感知层是平台的基础层, 用于无人机数据的采集和传感器管理。此层主要包括无人机、传感器设备以及现场采集

【作者简介】姜波(1982-), 男, 中国山东济南人, 硕士, 高级工程师, 从事工程测量和土地卫片执法研究。

终端。无人机通过搭载高清摄像头、LiDAR 激光雷达、热成像仪等设备，根据灾害类型和现场环境收集多种形式的信息。例如，在洪水或火灾场景中，可以利用无人机采集实时影像、热成像数据，用于灾害范围的实时定位和监测。在地震或滑坡场景中，LiDAR 数据可以生成地形模型，帮助分析地表变化情况。感知层的核心任务是保证数据采集的精准性和全面性，为后续的数据处理提供高质量的基础数据。

3.2 网络传输层

网络传输层主要负责将感知层采集到的数据安全、快速地传输到数据处理层，并实现多终端的联动共享。由于应急场景中可能出现网络信号不稳定的情况，因此本平台采用了多源数据传输方式，如 4G/5G 网络、卫星通信以及局域网。传输层还具备数据压缩、加密和断点续传功能，以保障数据的完整性和实时性。

在实际应用中，传输层需根据现场条件智能切换数据传输路径。例如，在信号较弱的山区灾害现场，平台可以优先使用卫星通信进行数据传输；在城市地区或信号充足的环境中，平台则可以利用 5G 网络传输，以确保数据实时回传。此外，传输层通过动态调节带宽利用率和优化传输协议，有效减少了数据传输的延迟，提升了平台的响应效率。

3.3 数据处理层

数据处理层是平台的核心，用于对感知层传输的数据进行实时分析和处理，以生成直观的测绘成果和灾害预测模型。处理层包括数据清洗、融合、建模和可视化等功能模块，数据清洗模块负责去除采集数据中的噪声和冗余信息，提升数据的质量和一致性。数据融合模块将不同传感器采集的数据进行集成，以生成多维度的灾害信息图；三维建模模块能够根据 LiDAR、影像数据生成地形、建筑物的三维模型，用于灾害前后对比分析。预测模块通过机器学习模型对灾害的扩展范围、影响程度进行预测，辅助救援决策；系统设有实时监控模块，能够对灾害区域进行 24 小时监控，一旦发现异常情况立即通过告警模块通知相关部门，以便及时响应。

3.4 应用层

应用层是无人机应急测绘联动服务平台面向用户的核心部分，主要负责将数据处理层生成的测绘成果和实时分析结果直观地展示给用户，并提供决策支持和多部门协作功能。通过 2D/3D 地图展示、实时影像、热成像、动态数据叠加等可视化手段，平台使应急人员能够全方位掌握灾害情况。决策支持模块利用灾害预测、智能路径规划和资源分配建议，为救援行动提供科学依据；多部门协作功能则通过信息共享、实时通讯和协同任务管理，实现跨部门联动响应，提高整体应急效率。同时，事件跟踪管理模块记录和分析应急过程中的各项数据，支持灾后评估和优化策略，为未来的应急响应提供宝贵的经验积累。

4 联动机制设计

4.1 多级响应机制

在应急测绘平台中，多级响应机制的设计是保障灾害发生后迅速响应的重要环节。根据突发事件的不同严重程度和影响范围，平台将响应机制划分为三个等级：初级响应、中级响应和高级响应。初级响应主要适用于小规模灾害，例如单栋建筑的火灾或小面积的滑坡，此时平台会安排一架无人机前往现场进行监测。中级响应适用于较大规模的灾害，如山体滑坡或洪水扩散等，平台会调动多架无人机并协同其他应急部门联合行动。高级响应适用于重大灾害，例如地震、特大洪水等，平台会调用全系统资源，同时与救援指挥中心实现信息对接，进行全方位、多部门联动。

4.2 任务分配与协调机制

在无人机应急测绘过程中，任务的合理分配与协调是保障测绘工作高效、精准的关键。平台利用自动化的任务分配算法，根据无人机的可用性、续航能力、任务类型、地理位置等因素，对任务进行智能分配。例如，在洪水灾害中，系统会优先分配续航能力长的无人机前往灾害中心采集数据，而将监控区域边界的任务分配给续航较短的无人机。同时，平台还具备多无人机协同作业功能，可以实现对任务的动态调整，一旦某架无人机出现故障或电量不足，其他无人机将立即接替其任务，确保测绘工作的连续性和稳定性。

4.3 动态信息共享机制

在突发事件的应急响应中，信息共享的时效性和准确性至关重要。为此，平台通过动态信息共享机制，将无人机采集的实时影像、数据处理结果和预测模型等内容及时传送到指挥中心和相关部门。该机制基于云端数据存储和推送技术，能够将测绘成果自动更新至联动终端，使不同部门的用户能够通过 PC 端、移动端等方式实时查看灾害区域的状况，进而作出及时的救援决策。动态信息共享机制的应用大幅缩短了各部门之间的信息传递时间，提升了整体应急救援效率。

5 关键技术及实现

5.1 无人机自主飞行技术

无人机自主飞行技术是确保平台实现快速响应的基础。该技术不仅提高了无人机的任务执行效率，还显著降低了人工操作的负担，确保无人机在突发情况下能够快速进入作业状态。平台采用了基于 GPS 定位与路径规划的无人机自主飞行系统，能够根据灾害现场的地理信息自动规划飞行路线，减少人工干预，提高无人机的反应速度和覆盖效率。为增强在复杂地形中的适应性，平台还具备障碍物检测与避障功能，通过传感器实时监测周围环境并自动调整航线，确保无人机在复杂地形中安全飞行。为了实现多无人机的协同作业，平台开发了群体控制算法，使无人机能够在灾害现场合理分布，从而避免重复采集、遗漏采集等问题，实现数据收

集的全面性和高效性。

5.2 多传感器数据融合技术

为提高测绘精度，平台采用多传感器数据融合技术，结合光学摄像头、LiDAR、热成像仪等多种传感器获取的数据，生成精确的灾害场景。这一融合技术通过整合多种数据源的优势，克服了单一传感器可能带来的数据缺失和失真问题，确保灾害现场信息的全面性。平台使用的融合算法能够处理不同传感器采集的数据，以减少噪声和冗余，提高数据的可靠性，从而提供更加真实和清晰的地形模型。例如，通过融合 LiDAR 和光学影像数据，可以在测绘图像上精确显示灾害区域的地形起伏信息，有助于决策者更好地理解灾害的实际影响，提升应急响应决策质量。此外，热成像仪的数据为灾害现场的温度分布提供了参考，进一步帮助判断灾害性质和救援需求。

5.3 数据分析与建模技术

数据分析与建模是实现灾害预测和决策支持的核心技术之一。平台采用基于机器学习的建模技术，通过对历史数据的训练和分析，生成灾害扩散模型，预测灾害发展趋势，这一过程能够识别潜在的高风险区域，有助于实现对灾害影响范围的提前掌控。同时，平台的数据分析模块还可以基于无人机实时采集的数据进行动态调整，以提升模型的精确度，确保灾害预测的准确性和时效性。例如，在山体滑坡的预测中，平台通过分析地形模型、历史降雨数据和地质特征等信息，预测可能发生滑坡的区域范围，并标记高风险区域，为指挥中心提供精准的预警支持，使救援人员能够有针对性地进行资源调配。

5.4 网络通信技术

网络通信是确保平台多部门联动和实时信息传输的基础。通过高效的信息传输，平台能够保障各部门的实时信息共享，缩短信息反馈周期，提升应急响应的协同效率。平台采用了多模通信技术，结合 5G 网络、卫星通信和局域网技术，以保障数据的快速、安全传输。尤其是在偏远地区或灾后通信设施损毁的情况下，卫星通信技术能够确保无人机数据的稳定回传，从而维持信息的实时性和完整性。此外，平台还支持边缘计算，在灾害现场无人机数据可以通过边缘节点进行初步处理，以减少数据传输的带宽需求，加快数据回传速度，使应急指挥中心能够获得更为及时的现场情况，为决策提供依据。

6 应用场景与效果分析

6.1 地震灾害应急测绘

地震发生后，传统的人工救援往往难以在短时间内深入到震中，导致救援延迟，增加了受灾人员的风险和损失。无人机应急测绘平台在地震发生后可以迅速部署，通过多架无人机协同飞行，获取震区的高清影像和地形变化数据，为救援指挥提供第一手的信息支持。平台通过 3D 建模技术构

建震区立体图像，帮助决策者准确了解灾害破坏程度和区域分布，进而有效部署救援资源。此外，平台还能够实时更新灾区信息，为救援团队的行动路线规划提供动态支持，确保救援工作更加安全高效。

6.2 洪涝灾害监测

在洪涝灾害发生时，水位上升、河道泛滥等情况时常变化快速，传统测绘手段难以及时追踪水位变化趋势，无法满足防灾减灾的需求。无人机应急测绘平台通过实时影像和传感数据，可以持续监测水位及流速的变化，为洪水的预警和排水方案提供科学依据，有效支持防洪工作。此外，平台的动态信息共享功能，使相关部门能够实时掌握洪水蔓延的情况，从而组织有效的疏散和救援措施，确保群众安全转移和资源的合理调配。平台的快速响应能力还支持洪水后的灾后恢复工作，为灾区环境重建提供全面的数据支撑。

6.3 山体滑坡预警

山体滑坡具有隐蔽性和突然性，传统的监测手段往往无法对高危区域进行实时预警，导致灾害防控存在滞后性。无人机应急测绘平台通过多传感器数据融合，能够识别滑坡区域的地质特征，并在发生滑坡前对高危地带进行实时监测。一旦平台检测到滑坡征兆，便立即发出预警信息，通知附近居民和救援队伍提前撤离。这一功能不仅提高了灾害监测的精准度，还有效降低了人员伤亡风险，为山体滑坡的防灾减灾提供了重要的技术保障。同时，平台可在灾后快速评估滑坡影响范围，帮助灾后资源的有效分配和救援工作的有序开展。

7 结语

无人机应急测绘联动服务平台在灾害应急管理中展现了显著的优势，通过自主飞行、多传感器数据融合、实时数据分析和高效通信技术，实现了对灾害现场的精准监测和快速响应。该平台不仅克服了传统测绘手段的局限性，还极大提高了救援效率，为决策者提供了科学可靠的数据支持。随着技术的不断完善和推广，该平台将在更多场景中发挥重要作用，推动灾害应急管理朝着智能化和高效化方向发展，为社会提供更为坚实的安全保障。

参考文献

- [1] 卢有助. 倾斜摄影测量技术在积石山地震应急测绘保障中的应用[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(25): 185-188.
- [2] 全昌文, 盘貽峰, 唐长增, 等. 无人机应急测绘联动服务平台的设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47(8): 76-79.
- [3] 欧盛华. 展青春风采扬先锋旗帜——记全国工人先锋号广东省国土资源测绘院无人机应急组[J]. 中国测绘, 2024(5): 61-62.
- [4] 李国强. 无人机航测技术在地质灾害应急测绘中的应用[J]. 石材, 2024(3): 141-143.
- [5] 王俊红, 徐红. 无人机测绘技术在应急测绘中的应用[J]. 中国高新科技, 2023(3): 124-126.