

点面结合的无人机倾斜摄影解决方案 在应急测绘保障中的应用

黄敏儿^{1,2*}, 南胜^{1,2}, 周兴华^{1,2}, 韩红^{1,2}, 仲伟凡^{1,2}

(1. 浙江省水利河口研究院 浙江 杭州 310020; 2. 浙江省河海测绘院 浙江 杭州 310008)

摘 要: 针对传统无人机正射航测系统的二维局限性和不可量测的问题以及倾斜摄影数据处理耗时长无法满足快速应急的难题, 提出了点面结合的无人机倾斜摄影解决方案, 在空间和时间上满足应急测绘的要求。以三门县花桥镇应急演练数据为例, 融合大范围固定翼无人机垂直影像和小范围典型区域旋翼无人机倾斜影像数据, 进行点面结合的点云级融合空三计算和三维建模, 在实景模型上进行二三维 GIS 基础分析和应用分析, 区别对待灾区的不同区域和应急救援的不同时间段, 能够快速、准确、全方位、可量测、直观逼真地描绘灾区, 满足了应急测绘保障的地理空间信息服务。

关键词: 应急测绘保障; 无人机; 倾斜摄影测量; 三维模型; 点云级融合

1 引 言

应急测绘保障服务是指“各级测绘行政主管部门为国家应对突发事件提供的测绘保障活动”。应急测绘任务包括“天-空-地”多源数据获取、传输、处理、灾情信息提取、灾区专题图制作、应急测绘信息产品分发与服务等基本内容^[1]。应急测绘技术方案有很多种, 其中利用无人机进行应急测绘是最方便和快捷的手段, 其已被广泛地应用于应急测绘保障工作中^[2~6]。

目前无人机系统在应急测绘中应用主要获取灾区的高清影像资料和视频资料, 高清影像资料主要通过正射影像图呈现灾区情况, 正射影像图是二维的平面图(正视), 无法全方位表达空间地物, 且信息量有限。视频资料虽能呈现直观的灾区情况, 同样无法全方位表达空间地物, 并且无法量测地物尺寸大小。相比传统无人机正射航测系统的二维局限性, 倾斜摄影技术突破了主要从垂直视角拍摄的局限, 通过在同一飞行平台上搭载多个角度的相机, 可以同时从垂直、倾斜等多个不同的角度获取同一目标的影像, 是国际测绘遥感领域近年发展起来的一项高新技术^[7~9]。倾斜摄影测量将基于立体像对和点特征的传统摄影测量技术推向了基于多视影像和对象特征的实时摄影测量技术^[10], 其数据成果丰富多样, 主要包括垂直影像、倾斜影像、点云、实景三维模型、单体化三维模型、DOM、DSM, 同时在此基础上衍生出 DEM、DLG 等成果。无人机倾斜摄影测量技术正逐步应用到应急测绘中。然

而, 倾斜影像处理技术复杂, 算法不成熟, 三维建模处理速度慢, 耗时长, 即便采用中高端计算机硬件设备, 对灾区进行精细三维建模需要 $80 \text{ h/km}^2 \sim 100 \text{ h/km}^2$, 也远远满足不了大面积区域快速应急需求, 处理效率问题成为应急测绘保障服务的主要瓶颈。

如何准确、全方位、可量测、直观逼真地描绘灾区, 同时又快速高效地满足应急测绘保障的地理空间信息服务, 成为必须面对的问题。由于从空间上, 灾区存在重点区域和非重点区域, 构建实景三维模型时, 不能一概而论; 同时, 从时间上, 应急救援分为前期黄金 24 小时阶段和后期评估阶段, 生产数据成果时应先后有序。因此本文提出点面结合的无人机倾斜摄影解决方案, 前期提供测绘基础产品, 后期进行点面结合的点云级融合空三计算和三维建模, 并开展二三维 GIS 应用分析, 既为力求为浙江省各级政府救灾工作的开展及决策提供科学依据, 服务于灾中应急、灾后评估、灾后重建工作。

2 解决方案

2.1 处理流程

为了达到快速响应的应急需求, 应急测绘保障的无人机倾斜摄影处理流程, 应根据前期黄金 24 小时阶段和后期评估阶段作调整, 即选择重点区域构建精细三维模型, 而非重要区域构建精细程度较低的三维模型。具体如下:

(1) 数据获取: 快速获取灾区的正射影像和倾斜影

* 收稿日期: 2017-01-14

作者简介: 黄敏儿(1989—), 女, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向: 倾斜摄影测量技术、应急测绘。

基金项目: 浙江省省属科研院所专项(计划编号 2016F30010)

像,同时将旋翼无人机倾斜摄影系统和固定翼无人机正射摄影系统相结合,按点面同时作业,形成多层次互补,完成空地一体化数据快速采集,满足“大范围灾区描绘、小范围典型区域重现”的应急需求,力求“快速高效”。

(2) 数据处理:在前期黄金 24 小时阶段,利用正射影像进行灾区影像快拼(DOM),同时利用倾斜影像构建重点灾区精细三维模型,争取第一时间提供灾区第一手资料;在后期评估阶段,构建重点灾区精细三维模型和大范围灾区低精度三维模型的点云级融合三维模型数据成果。同时根据需求叠加点云、DSM、DLG、视频和已有地理数据等成果,对采集数据中的关键地物进行数据提取,通过快速注记、符号化、地图整饰、三维模型优化等得到应急专题图和实景三维场景。

(3) 数据服务:在后期评估阶段,主要提供基础分析和应用分析服务,将实景三维模型和传统三维模型进行融合,对重点灾区的三维模型进行单体化,并进行灾区属性信息入库与分发,经过处理后通过平台快速发布三维场景网络服务,并结合平台中的各种地理信息数据,进行应急测绘保障应用分析。

2.2 技术路线

点面结合的无人机倾斜摄影解决方案的具体技术路线如图 1 所示,创新点主要体现在点面结合的数据获取阶段和点云级融合的数据处理阶段。

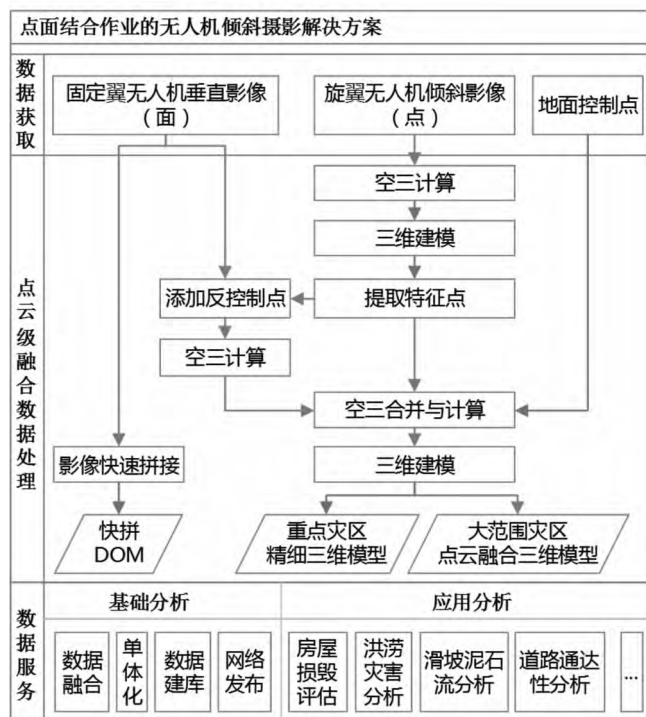


图 1 技术路线

在数据获取阶段,“点”是指利用旋翼无人机获取

重点灾区的倾斜影像,而“面”是指利用固定翼无人机获取大范围灾区垂直影像。

在数据处理阶段,点云级融合指先利用倾斜影像进行空三计算和构建精细三维模型;然后在模型上量取特征点,以倾斜三维模型的特征点来反控制垂直影像,即将特征点作为垂直影像区域的控制点,然后进行垂直影像的空三计算;再将两次空三结果进行合并,根据情况再一次进行空三计算;最后进行三维建模,同时构建重点灾区精细三维模型和大范围灾区粗三维模型。其中三维建模关键技术,主要分为以下步骤:①建立影像金字塔;②创建相对文件;③生成点云文件;④构建不规则三角网;⑤整饰三角网,将内部三角的尺寸调整至与原始影像分辨率相互匹配的比例;⑥简化三角网,降低相对平坦地区的三角网密度;⑦构建三角网中的每个三角形与纹理之间的对应关系;⑧为带纹理的模型建立多细节层次(Levels of Detail,简称 LOD),便于优化相应的文件组织结构;⑨将细节层次结构模型转换为输出格式^[11]。

由于垂直影像拍摄视角只有下视方向,低精度三维模型的房屋立面比较模糊。效果如图 3(a)。

3 应急测绘保障数据服务

2016 年 5 月 12 日,2016 年浙江省突发事件测绘应急保障演练在台州市临海、三门沿海区域举行,以突发洪涝灾害为演练场景,并成功获取了核心“灾区”三门县花桥镇影像分辨率无人机影像(GSD=10 cm)、花桥中心小学和中学校区的影像分辨率的倾斜影像(GSD=5 cm)以及 3 个区域的视频数据。最后,利用中高端笔记本(Intel Core i7-4940MX CPU @ 3.1GHz, NVIDIA Quadro K5100M, 32GB RAM)进行数据处理,制作灾区快拼 DOM,并进行空三计算和三维建模,构建 0.6 km²的重点灾区三维模型,基本在灾害 24 小时黄金救援时期提供第一手资料。

在后期评估阶段,构建重点灾区精细三维模型和大范围灾区低精度三维模型的点云级融合三维模型数据成果,并开展二三维 GIS 基础分析和应用分析。

成果数据 表 1

阶段	成果	影像分辨率/cm	面积/km ²	处理时间/h	控制点
前期	快拼 DOM	10	10	0.5	无
后期	重点灾区精细三维模型	5	0.6	6	无
	大范围灾区点云融合三维模型	10	12	50 12	单机 四台计算机并行

下面以此数据为例,展开应急测绘保障的基础分

析和应用分析数据服务。

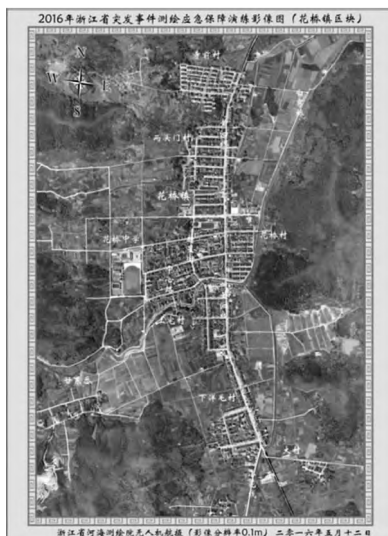


图2 灾区快拼 DOM

基础分析使数据服务更加全面、易于管理和共享,但是在应急测绘保障关键时期往往由于紧迫性而无法展开,但在后期可以补上。针对演练数据进行如下基础分析:

(1) 单体化

“单体化”是指实现三维模型对象的单独管理,使对象成为是一个个单独的、可以被选中的实体(Entity);表现形式可以为用鼠标点击对象时可以不同颜色高亮显示,可以附加属性、被查询统计等。在此基础上,进行二三维一体化应用,进行查询受灾房屋、制作专题图等 GIS 应用。效果如图 3(b)。

(2) 网络发布服务

三维客户端可直接访问由服务器端发布的三维服务和数据服务,目前通过兼容 WebGL 的浏览器或者安装插件,可成功把倾斜三维模型加载到桌面电脑、平板电脑和智能手机,然后进行单体化、属性查询、专题图制作等二三维一体化应用分析,同时能够满足三维空间分析的各类应用需求,能够满足协同救灾的管理需求。

针对应急测绘的时效性、可用性需求,第一时间获取灾情,在防灾减灾指挥部通常先进行迫切的应用分析,典型代表如下:

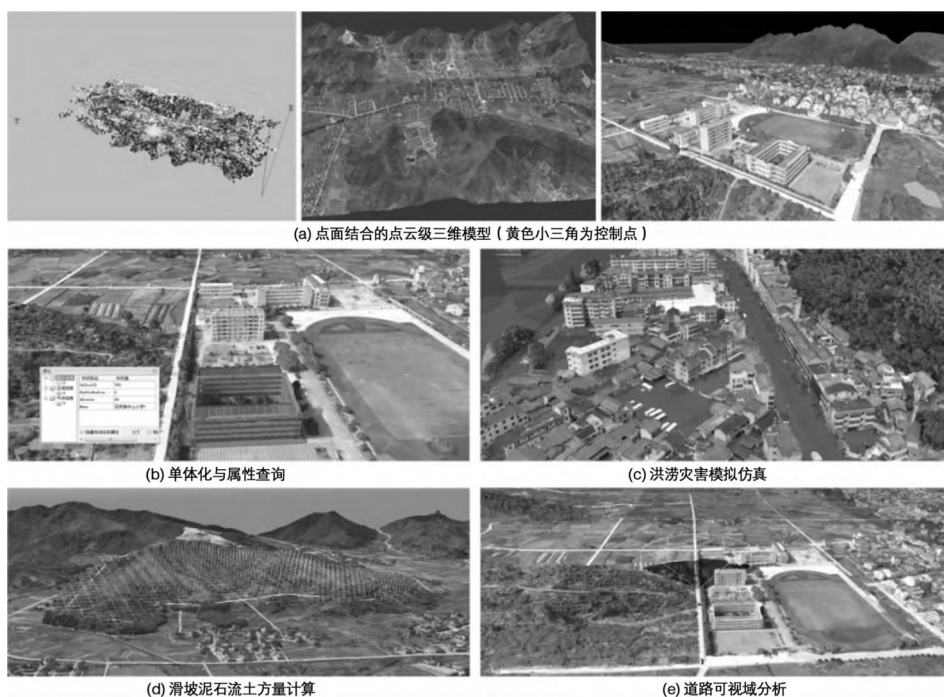


图3 应急测绘保障 GIS 数据服务举例

(1) 灾后房屋损毁评估

倾斜摄影技术具有多视角、全方位的特点,因此可以使用多角度影像提取房屋的顶部和侧面纹理特征,综合利用多维度特征检测房屋损毁区域,并利用损毁评估模型评估房屋的损毁程度。同时在大场景实景三维模型中,可以通过目视解译粗略判断受灾范围和倒损房屋。

(2) 洪涝灾害分析

基于倾斜三维模型,能够完成洪涝灾害的淹没模拟分析与洪涝损失预评估。①淹没模拟分析:针对洪涝灾害,总结当前已有的物理模型,选定较为成熟的洪涝水文及水动力模型,并进行模型参数化表达,在此基础上定义物理模型的输入与输出接口以及数值解析算法,实现对洪水水位、洪水演进过程的模拟计算;②洪涝损失预评估:根据计算所得到的洪涝指数和风险等

级 结合基础地理数据、社会经济数据、人口分布、设施分布、统计数据、气象水文预警等数据信息 在特征库、模型库和知识库的支持下 采用灾害模拟仿真、二三维可视化等技术 综合预评估洪涝造成的损失情况 生成洪涝损失预评估产品。效果如图 3(c)。

(3) 滑坡泥石流分析

由于倾斜三维模型具有全方位、可量测、分辨率高的特点 可以获取地物的坐标点、长度、宽度、高度、周长、面积、土方量。同时 利用倾斜影像衍生品 DSM 和 DOM 在灾前 DSM 和 DOM 的基础上 进行滑坡泥石流分析。如图 3(d) 所示 根据滑坡泥石流灾害损毁灾情指标 构建滑坡泥石流综合灾情指数 确定各项滑坡泥石流灾情指标权重 通过量测滑坡泥石流的长宽高 可以计算出泥石流的灾害范围、滚石可能下滑的方向和力量、山体崩塌的方向、冲击力大小和距离的远近 确定灾情等级 对次生灾害的预警工作有了更加翔实准确的依据 对于灾民安置点的选择、灾后重建的方案设计也起到了至关重要的作用。

(4) 道路通达性分析

无人机倾斜摄影具有高效、快速、直观逼真的特点 倾斜三维模型基本还原真实灾区情况。在倾斜三维模型的基础上 利用基础地理数据、行业统计数据等 基于二三维可视化技术、GIS 空间分析技术 分析区域道路通达性 同时可以交叉验证其他数据的道路损毁评估情况。效果如图 3(e)。

4 结 语

无人机倾斜摄影技术为应急测绘保障工作提供了实景三维模型和可靠的测绘产品 点面结合的无人机倾斜摄影解决方案通过构建点面结合的点云级融合三维

模型 在此基础上进行二三维 GIS 基础分析和应用分析。从空间上 满足了“大范围灾区描绘、小范围典型区域重现”的应急需求;从时间上 满足了应急救援的前期黄金 24 小时阶段和后期评估阶段的不同要求;既保证了灾区全局的掌控 又省时省力 第一时间获取准确、全方位、可量测、直观逼真的灾区情况。今后将进行多数数据源融合的数据采集和数据处理工作 为应急管理提供更加准确可靠的数据服务 提升应急测绘保障水平。

参考文献

- [1] 朱庆 曹振宇 林琚等. 应急测绘保障体系若干关键问题研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版 2014(5):551~555.
- [2] 黄哲. 低空无人机航摄系统在地质灾害应急测绘中的应用[J]. 华东科技:学术版 2016(3):484.
- [3] 陈香 徐卫民 张学民等. 六旋翼无人机在天津应急测绘中的应用[J]. 测绘技术装备 2016(1):69~71.
- [4] 尹杰 万远 杨玉忠等. 测绘地理信息在应急测绘中的应用[J]. 中国应急管理 2015(10):48~51.
- [5] 陈为民 文学东 陈立波. 城市应急测绘保障服务体系的构建——以宁波市应急测绘保障服务为例[J]. 城市勘测 2012(5):5~7.
- [6] Feng Q, Liu J, Gong J. Urban Flood Mapping Based on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing and Random Forest Classifier—a Case of Yuyao, China [J]. Water, 2015, 7(4):1437~1455.
- [7] Gerke M, Kerle N. Automatic Structural Seismic Damage Assessment with Airborne Oblique Pictometry (C) Imagery [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2011, 77(9SI):885~898.
- [8] Xiao J. Automatic Building Detection Using Oblique Imagery [D]. Enschede, Netherlands: University of Twente, 2013.
- [9] 黄敏儿 胡翰 杜志强等. 设计与开发大规模倾斜影像数据管理工具[J]. 地理信息世界 2014(5):51~55.
- [10] 杨国东 王民水. 倾斜摄影测量技术应用及展望[J]. 测绘与空间地理信息 2016(1):13~15.
- [11] 张平 刘怡 蒋红兵. 基于倾斜摄影测量技术的“数字资阳”三维建模及精度评定[J]. 测绘 2014(3):115~118.

The Application on Emergency Surveying and Mapping Service Based on the Vertical and Oblique Image Fusion in Comprehensive and Individual Way

Huang Miner^{1,2}, Nan Sheng^{1,2}, Zhou Xinghua^{1,2}, Han Hong^{1,2}, Zhong Weifan^{1,2}

(1. Zhejiang Institute of Hydraulics & Estuary, Hangzhou 310020, China;

2. Zhejiang Surveying Institute of Estuary and Coast, Hangzhou 310008, China)

Abstract: Traditional UAVs have two-dimensional limitations and non-measurable problems, and the processing time of oblique photographic data is too long to meet the needs of rapid emergency response. Aiming at this problem, the vertical and oblique image fusion in comprehensive and individual way for different time and space is presented, combining the large range of vertical image data of the fixed wing UAV and the small range of oblique image data of the rotor UAV. Taking the data of Huaqiao Town in Sanmen County as an example, automatic aerotriangulation and 3D modeling based on point cloud fusion is carried out, and then following the 2D/3D GIS foundation analysis and application analysis on 3D Model. Finally, with considering the important area and the different stage of emergency surveying and mapping, this method can show the disaster situation quickly, accurately, omnidirectionally, measurably and vividly, and satisfy the geospatial information service of emergency surveying and mapping service.

Key words: emergency surveying and mapping service; UAV; oblique photography; 3D Model; the point cloud fusions