

无人机 LiDAR 与高清影像协同在国土调查外业举证中的应用分析

张康 梁锐 刘嘉庆

陕西地矿第三地质队有限公司, 陕西 宝鸡 721000

[摘要] 国土调查外业举证有了由无人机 LiDAR 和高清影像技术融合带来的高效精确的解决方案, LiDAR 点云数据能获取地物三维空间特征且高清影像带有纹理和色彩信息, 将二者结合起来便可快速识别和分类土地利用类型、地貌形态及其变化情况, 多源数据协同处理提高了外业举证的空间定位精度和判读效率并有效降低人力成本和作业时间, 在地形起伏大、植被覆盖复杂的区域该技术适应性较强能有力支撑国土空间资源管理和土地利用现状核查。

[关键词] 无人机 LiDAR; 高清影像; 国土调查; 外业举证; 多源数据融合

DOI: 10.33142/aem.v7i6.17010

中图分类号: P228

文献标识码: A

Application Analysis of Unmanned Aerial Vehicle LiDAR and High-definition Image Collaboration in Field Evidence Collection for Land Survey

ZHANG Kang, LIANG Rui, LIU Jiaqing

Shaanxi Geological and Mineral Third Team Co., Ltd., Baoji, Shaanxi, 721000, China

Abstract: With the efficient and accurate solution brought by the integration of unmanned aerial vehicle LiDAR and high-definition imaging technology, the field evidence of land survey can quickly identify and classify land use types, landform forms and their changes by combining LiDAR point cloud data to obtain three-dimensional spatial features of land objects and high-definition images with texture and color information. Multi source data collaborative processing improves the spatial positioning accuracy and interpretation efficiency of field evidence, and effectively reduces labor costs and operation time. In areas with large terrain undulations and complex vegetation coverage, this technology has strong adaptability and can effectively support the management of national spatial resources and the verification of land use status.

Keywords: unmanned aerial vehicle LiDAR; high definition images; land survey; evidence from field work; multi-source data fusion

引言

国土空间治理与自然资源管理需求不断提升, 传统外业举证手段难以高效精准满足调查要求, 而无人机 LiDAR 和高清影像技术发展迅速, 给国土调查领域带来新的技术变革, LiDAR 高精度三维数据和高清影像丰富的地物纹理信息相结合使地物识别与分类更直观客观, 在地形复杂或者作业环境受限区域该技术优势更明显, 探索二者协同应用模式是提升外业举证效率的现实需求, 也是国土调查技术未来发展的重要方向。

1 无人机 LiDAR 与高清影像技术特点及优势

遥感测绘技术不断进步, 无人机 LiDAR 和高清影像在国土调查里应用得越来越广泛, 两者协同有优势, 这为外业举证提供了更科学、高效、精准的数据支撑, 对土地调查技术的发展和推动应用很大。

1.1 无人机 LiDAR 的空间数据获取优势

高密度、高精度的三维点云数据可由无人机 LiDAR 技术主动激光扫描获取, 该技术具有全天候、强穿透、快速采集等特点, 与传统测绘方法相比, LiDAR 能穿透植被层, 可准确获取地表真实地形起伏, 特别适用于林区、山区等复杂地形环境, 其垂直精度为厘米级, 数据获取速度快且覆盖范围灵活, 能在短时间内完成大范围、高精度

的空间数据采集, LiDAR 点云数据可为地物高程、坡度、形态等空间特征分析提供坚实基础, 极大提升了国土调查外业举证的空间分辨率与精度保障能力, 在特殊环境下, 如低光照、夜间等, LiDAR 依旧能稳定作业, 不受光照条件限制, 进一步增强了应用的灵活性与可靠性。

1.2 高清影像的地物信息表达优势

高清影像技术有着高空间分辨率和丰富光谱信息, 能真实表达地物纹理, 外业举证时可让地物类型、地貌特征和土地利用状况直观呈现, 在农田、建筑、道路等地类判读时色彩层次细腻、边界特征清晰, 有效提升了地物识别和分类的准确性, 通过多时相影像对比分析能快速获取土地利用变化信息, 有力支撑国土调查的时效性和动态监测能力, 且其数据获取周期不长、成本低、操作灵活、能适应多种作业环境, 现代高清影像传感器还能多角度、多时相采集, 为不同季节、不间断的地物变化分析提供更多数据依据, 进一步拓宽了应用范围。

1.3 LiDAR 与高清影像的协同优势体现

无人机 LiDAR 和高清影像协同应用, 让空间结构与地表纹理有机融合起来, 弥补了单一数据源在外业举证时的局限性, 将 LiDAR 点云的三维空间几何特征和高清影像的地表可视特征集成处理, 既能综合判读地物形态、类

型和分布,也提高了外业举证的科学性、准确性,在地形起伏大、植被茂密或者土地利用变化复杂的区域,协同技术可有效提升数据判读精度和作业效率,减少重复踏勘次数,降低人力成本,并且多源数据的互补特性使外业举证成果更客观可信,为后续国土调查成果审核和管理决策提供可靠支撑,若协同处理结合 AI 智能分类和变化检测技术,还能实现自动化识别和快速更新,为动态土地管理、违法用地监管等提供强有力的数据保障。

2 国土调查外业举证工作中面临的主要挑战

国土空间资源管理要求不断提高,使得外业举证在国土调查里的重要性愈发凸显,而传统调查手段在精度、效率、适应性等方面有不少不足,得用技术手段来突破现有瓶颈,提高调查质量和作业效率。

2.1 地形复杂对调查精度的影响

我国幅员广阔、地形类型繁杂多样,山地、丘陵、平原、湿地等多种地貌单元尽在其中,传统外业举证靠人工实地测量与现场踏勘,由于地形起伏、视野受阻、交通不便等因素会对其产生限制,容易出现测量误差和地物判读偏差,在高山密林区、荒漠地带或者水域湿地里,调查人员很难获取全面、精确的空间数据,举证结果在精度和完整性上有很大不足,不同地貌区域地物特征变化显著,对空间数据获取的分辨率和覆盖能力有更高要求,传统技术难以有效满足,强风、暴雨等恶劣气候条件会干扰外业测量作业,进一步降低作业安全性和数据质量,部分区域有自然屏障,GNSS 信号不稳定会增加定位误差,进一步影响调查成果的可靠性和精确性,迫切需要新型测绘技术来突破地形因素对调查精度的制约。

2.2 人力资源投入与成本压力

国土调查外业举证通常得组织大量人员开展长期野外作业,由于调查区域广、任务周期长,天气条件、地理环境等不可控因素会影响它,这让人力资源调度和作业安排面临巨大挑战,并且频繁现场勘查不仅人员劳累,在边远或地质灾害多发区还存在安全风险,投入大量人力会使交通、住宿、设备维护等各类成本支出很高,严重制约调查工作整体经济效益,再者人员经验和技能水平有差异,数据采集与判读的一致性和标准化水平就难以保障,后期数据审核与修正工作量也会进一步增加。

2.3 数据处理与时效性不足

传统外业举证的数据处理环节流程繁琐、效率低下,现场采集的数据以纸质记录、平面照片或者低精度测量成果居多,后期的整理、录入与分析耗时久,成果产出难以快速完成,尤其在要快速反映土地利用现状、空间变化以及地类分类结果的任务里,传统数据处理模式往往满足不了紧迫的时效要求,并且数据获取和处理流程相割裂,信息更新滞后,影响国土调查整体的工作进度与数据可靠性,而且多源数据融合与智能判读技术应用得不够,制约外业举证向数字化、智能化转型升级,急需更高效的数据处理与分析手段来支撑。

3 无人机 LiDAR 与高清影像协同的数据获取与处理流程

国土调查外业举证的数据获取与处理流程被无人机 LiDAR 和高清影像技术的协同应用带来了革命性变化,若科学规划、精准采集、高效处理,就能快速全面且高精度地提取地物空间特征与属性信息并有效提升调查作业效率。

3.1 任务规划与航线设计

科学合理的任务规划与航线设计是数据获取工作的第一步,要依据调查区域的地形地貌特征、目标地物类型和作业精度需求,挑选合适的无人机平台、飞行高度和航线布局, LiDAR 任务得根据点云密度与激光扫描角度对飞行参数进行优化以确保数据覆盖的完整性和满足精度要求,高清影像采集要关注重叠度、分辨率与光照条件,保证获取清晰且无阴影干扰的影像数据,充分考虑气象条件、地形障碍以及飞行安全等因素,合理制定飞行作业计划能有效降低航拍作业风险,为后续数据处理提供质量保证。

3.2 多源数据同步采集

外业数据采集任务执行时,无人机平台搭载 LiDAR 系统和高清影像传感器进行多源数据同步获取作业,飞行中 LiDAR 系统用高速激光扫描地表以生成高密度三维点云数据并捕捉地物空间结构与地形起伏特征,高清相机实时获取地表可视影像信息以记录地物颜色、纹理与形态特征,两种数据靠统一的时间与空间基准同步保证了点云与影像的空间对准性,飞行作业时为提高数据空间定位精度配合地面控制点布设和差分 GPS 定位进一步提升数据空间参考的一致性和测量精度,采集过程可按作业区规模与地貌复杂度灵活调整飞行参数确保数据获取的全面性与时效性。

3.3 数据预处理与融合分析

数据获取完了就得进行多源数据的预处理和融合分析, LiDAR 点云先做格式转换、噪声滤波、异常点剔除后就能生成高精度数字高程模型 (DEM)、数字地表模型 (DSM) 等基础空间数据产品,高清影像要做正射校正、影像镶嵌、颜色均衡处理以保证数据几何精度和视觉一致性,通过空间配准和坐标统一让 LiDAR 点云和高清影像精准叠加,融合处理包含地物目标提取、三维建模、特征分类、变化检测等内容并综合运用点云的几何形态信息和影像的光谱纹理特征进行判读,在不同地类或者调查需求的情况下还可用人工智能和机器学习算法提高分类精度和判读效率,以专题图、三维模型或者属性数据库等形式输出外业举证成果,为后续国土调查分析和决策提供很强的数据支撑。

4 多源数据融合在外业举证中的应用效果分析

多源数据融合技术的应用显著提升了国土调查外业举证的效率与精度,整合无人机 LiDAR 点云与高清影像数据并充分发挥不同信息维度的优势,从而为土地利用判读、地形分析与变化监测提供更科学可靠的技术支撑。

4.1 地物识别精度显著提升

LiDAR 的空间几何特征和高清影像的纹理与光谱信

息通过多源数据融合被有机结合起来,从而实现不同地类的高精度识别与分类, LiDAR 提供高程、坡度、地物形态等三维空间信息,有效解决纯影像数据在植被遮挡、地貌起伏复杂等环境下的识别局限,而高清影像靠着清晰的纹理和丰富的色彩层次能直观判别地表覆盖类型,多源融合以后,土地利用类型判读精度大幅提高,建筑、农田、水体、林地等主要地类边界划分更清晰,外业复核与后期修正工作量极大减少且举证数据的可靠性得以提升。

4.2 作业效率大幅提高

外业举证的作业流程被多源数据融合极大优化了,传统调查需反复踏勘、长时间人工判读,而 LiDAR 和影像数据融合处理后短时间内就能对大范围区域自动化分类、检测地物变化,用融合数据搞虚拟外业检查可有效减少现场作业次数、降低人员和时间成本,在地形复杂或者交通不便区域作业效率提升更明显,再配合现代数据处理软件、自动分类算法就能快速批量处理、自动生成举证成果从而大幅缩短调查周期以满足国土调查对数据时效性的要求,集成可视化分析工具、三维建模平台的话作业人员能远程从多角度、多尺度审查举证区域进而提高问题发现和异常识别的速度与准确性,多源数据融合下的高处作业流程给国土调查工作的规范化、标准化、流程化管理提供了有力保障。

4.3 变化检测与动态监测能力增强

在土地利用变化检测与动态监测上,多源数据融合有着显著优势,多源数据从不间断点获取,对比分析这些数据能快速识别新增建设、土地利用变更、地貌形态变化等现象, LiDAR 点云反映地形高程变化很准确,高清影像捕捉地表纹理变化很清晰,二者一结合对微小变化的感知能力就有效提升了,应用变化检测算法能实现重点区域的变化预警、自动提取变化范围并分类统计,这给国土空间规划、违法用地监管等管理工作提供及时精准的数据支持,还能增强外业举证对动态变化的响应能力与决策服务水平。

5 技术应用前景与国土调查外业举证模式的创新路径

国土调查外业举证模式因无人机 LiDAR 和高清影像技术的不断成熟迎来全新变革机遇,且随着土地资源管理需求日益复杂,探索多源数据协同的新型举证模式是提升调查能力和作业效率的必然选择。

5.1 多源融合技术深化应用

未来,遥感传感器性能持续提升且数据处理算法不断优化,多源数据融合技术会在外业举证里得到更深入的应用, LiDAR 点云精度、密度进一步提高使得微地形变化、细微地物特征能被更精准地识别,高清影像分辨率不断提升且影像处理技术像多光谱、全色合成等会进一步丰富地物属性信息表达,多源数据深度融合使不同空间尺度、不同维度的数据产品无缝对接从而给外业举证提供多层次、多角度综合信息支撑,融合人工智能、深度学习等智能化分类与识别算法可使外业举证自动化、智能化水平大幅提升。

5.2 智能化举证流程体系构建

多源数据下的外业举证模式会逐步朝着流程智能化转型,搭起一体化的数据获取、处理和成果输出平台后任务规划、飞行作业、数据处理、举证分析等环节就能自动调度、流程可控,云计算和大数据技术一用外业数据实时传输、在线处理就没问题且不同环节里数据流转的时间减少、工作协同效率提高,智能化平台还能支持自适应的航线规划、实时数据质量监控和自动误差修正从而使数据采集和处理的灵活性与精度大大提升,有可视化交互界面调查人员在平台端就能快速查看数据成果使举证过程动态可控、结果可溯源。

5.3 数字化管理与决策支持体系强化

国土空间治理的数字化管理体系未来将进一步融入外业举证工作,多源融合举证成果是外业核查要用的,也是国土调查数据库、空间规划监测系统的重要数据来源,对接国土信息系统就能实现举证数据的动态更新、版本管理与时空变化分析, AI 辅助决策、变化预警、智能报表这些功能为自然资源部门提供了高效又科学的管理工具,根据举证成果的历史数据积累、模式分析能做到未来潜在用地变化、违法用地风险的智能预测、主动监管,技术赋予能力使国土调查外业举证模式从传统的“被动式取证”全面转向“主动式监测与智能化决策支撑”,为国土资源管理现代化提供了坚实技术保障。

6 结语

国土调查外业举证中应用了无人机 LiDAR 与高清影像协同技术,该技术有效解决了传统方法存在的精度不足、作业效率低和数据处理滞后的问题,并且在多源数据融合、智能化流程控制和成果快速产出等关键环节推动了技术革新,综合分析空间几何特征与地表纹理信息可高效识别和精确判读地物类型、地貌形态及变化情况,以后随着遥感技术、智能算法和数字化管理平台不断进步,外业举证模式会朝着自动化、智能化和数字化方向进一步发展,从而给国土空间治理和自然资源管理提供更科学、更高效的数据支撑与决策依据。

[参考文献]

- [1]李昂,王洋,曹英丽,等.基于无人机高清数码影像的水稻产量估算[J].沈阳农业大学学报,2017,48(5):629-635.
- [2]张梦颖,李立,龙凡,等.一种无人机航拍高清影像快速拼接方法[J].电视技术,2018,42(2):68-75.
- [3]刘永学.无人机低空遥感技术在高清地图领域的应用研究[J].电子测试,2022,36(22):108-110.
- [4]杨智文.无人机机载 LiDAR 航测技术道路测绘应用效果分析[J].测绘与空间地理信息,2023,46(3):198-200.
- [5]温超,范志伟,刘晓丹,等.无人机高清影像数据在建筑物抗震能力调查中的应用[J].华北地震科学,2023,41(4):44-48.

作者简介:张康(1997—),男,汉族,陕西宝鸡,大学本科学历,工作单位:陕西地矿第三地质队有限公司,职称:中级工程师,研究方向:地质测绘。