

型,生成地形图;也可以利用互联网技术,进行测绘数据的还原,保证地形图生成的准确性与有效性。

4 无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的运用注意事项

4.1 飞行时间选择

无人机设备属于特殊的机械设备。为了保证无人机倾斜摄影技术的应用有效性,尽量在降雨量较少、能见度较高的季节里进行大比例尺地形图的测绘。为了保证拍摄影像的清晰性,建议在天气晴朗的时候操控无人机,完成相关测绘任务。例如,可以在每年的3--5月份在南方地区进行倾斜摄影测量,在每年的4--6月份在北方地区进行倾斜摄影测量^[5]。另外,无人机的飞行高度偏低,在操控无人机飞行过程中,需要结合空中管制政策,对飞行时间进行确定,以保证无人机飞行的安全性与稳定性。为了降低外界其他航空器对无人机飞行的干扰,需要将无人机的起飞点设置到与机场相距15km以外的地方。

4.2 三维模型构建

在大比例尺地形图测绘工作中,要想将无人机倾斜摄影技术的应用优势充分发挥出来,需要在三维模型构建方面注意以下几方面。首先,加强数据收集真实性的控制。针对无人机收集到的数据信息,要在第一时间输入到系统当中,进行三维立体模型的构建,以免在后期模型构建中出现数据遗漏问题^[6]。其次,常用的模型构建方式有两种,一种是先对数据进行整理,再进行三维模型的构建;另一种是直接对无人机进行设置,让无人机按照模型的构建需求,进行相关数据的采集,然后一边收集数据,一边生成模型。工作人员可以根据实际需求,选择合适的模型构建方式。

4.3 空中测量

在大比例尺地形图测绘工作中,要想将无人机倾斜摄影技术的应用优势充分发挥出来,保证数据信息采集的准确性与完整性,需要在空中测量阶段,对摄像镜头进行持续性的调整,保证无人机数据采集角度的合理性与有效性。

4.4 获取实验数据

在正式开始应用无人机倾斜摄影技术之前,还需要先

进行飞行实验,获取实验数据。这些数据,都可以作为后续采集数据的参照。在获取实验数据方面,需要注意以下两方面。首先,测绘人员需要对无人机倾斜摄影技术的应用技巧进行全面的了解,确保在实验操作中不会出现无人机操控失误问题,影响实验数据的准确性。其次,对试验数据的获取过程进行科学合理的规划,以免在实验过程中出现各种各样的突发状况,降低实验数据获取的高效性与完整性。

4.5 数据预处理

针对数据的预处理,需要注意以下几方面。首先,测绘人员需要参照无人机航飞参数,对数据进行分析,找出异常数据,并对无人机影像质量进行检查。其次,利用模型编辑,对大比例尺地形图的生成质量进行检查,确保大比例尺地形图具有较高的准确性。

5 结语

综上所述,在大比例尺地形图测绘工作中,无人机倾斜摄影技术的应用,不仅可以保证采集数据完整度,还可以降低测绘成本、减少数据采集量。但是,要想将这一技术的应用优势充分发挥出来,不仅要严格按照相关要求对无人机型号的选择、无人机飞行参数的设置、完成像控点测量、空中三角加密测量、数据采集与三维建模、地形图绘制等一系列工作,还需要加强相关细节的处理。

参考文献

- [1] 成云瑞. 无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的应用研究[J]. 科技创新与应用,2024,14(3):85-88.
- [2] 周槿洁. 无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的应用研究[J]. 现代信息科技,2023,7(22):119-122.
- [3] 任亚龙. 无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的应用研究[J]. 现代信息科技,2023,7(13):141-144.
- [4] 潘夏令. 无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的应用[J]. 智能建筑与工程机械,2020,2(5):81-82.
- [5] 孙小莉. 无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的应用探讨[J]. 科学与信息化,2023(10):57-59.
- [6] 雷宇宏,俞倩. 无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的应用探讨[J]. 科技创新与应用,2022,12(24):178-180,184.

Practice and innovation of high-precision surveying and mapping technology in Land resource survey

Haobin Liu

Lanshan District Natural Resources Bureau of Linyi City, Shandong, Linyi, Shandong, 276000, China

Abstract

This paper studies the practice and innovation of high-precision surveying and mapping technology in land resource survey, starting from the basic principles and mainstream technologies such as GNSS, UAV aerial survey and LiDAR, to deepen the discussion of the whole process of multi-source data acquisition and processing, and promote the output of high-precision results of terrain, cadastral and three-dimensional model. The case analysis of rural land right confirmation and urban land use investigation makes the evaluation of the practical effect of high-precision surveying and mapping technology in land resource data accuracy, survey efficiency and benefit more comprehensive. The proposal based on GIS spatial analysis and machine learning will set goals for the plot of future optimization strategies- to boost the adoption and effective use of land resource information. This paper analyzes the efficiency and improvement direction of different technical means, and clarifies their value and potential in improving the decision support of land management, promoting targeted poverty alleviation and ecological protection.

Keywords

high-precision surveying and mapping technology; land resources survey; uav aerial survey

高精度测绘技术在土地资源调查中的实践与创新

刘浩斌

山东省临沂市兰山区自然资源局, 中国·山东 临沂 276000

摘要

本文关于高精度测绘技术在土地资源调查中的实践与创新研究,以基本原理及主流技术如GNSS、无人机航测和LiDAR为起点,来深化多源数据采集与处理全流程的探讨,并促成地形、地籍及三维模型的高精度成果输出。农村土地确权和城市土地利用调查案例分析使对高精度测绘技术在土地资源数据精度、调查效率及效益等方面之实践效果评估更添一份全面性。而基于GIS空间分析与机器学习的提出则针对未来优化策略情节设定目标一助推土地资源信息采取并有效利用。分析了不同技术手段的效能与改进方向,明确其在提高土地管理决策支持、促进精准扶贫和生态保护中的价值与潜力。

关键词

高精度测绘技术; 土地资源调查; 无人机航测

1 引言

传统测绘方法因精度与效率不足,已无法满足现代土地资源调查的需求。高精度测绘技术的应用,以GNSS测绘、无人机航测及LiDAR为代表,显著提升了数据采集的精度与效率,在地形测量和地籍调查等领域发挥了重要作用。结合GIS空间分析工具,这些技术为土地资源信息提取与管理决策提供了新的技术支撑。本文研究高精度测绘技术的基本原理与特点,分析其在土地资源调查中的实践与效能,并探讨其技术改进方向,为科学土地管理提供技术参考。

2 高精度测绘技术的基本原理与特点

2.1 GNSS 测绘技术

GNSS(全球导航卫星系统)其原理是基于信号传播时间与光速关系计算观测站相对卫星的距离,从而确定定位点坐标。传统GNSS存在一定精度限制,通过差分GNSS(DGNSS)和实时动态定位(RTK)技术可以显著提高定位精度。DGNSS采用参考站发送校正信息以减少误差,RTK基于载波相位进行高精度定位,可达到厘米级水平。GNSS信号在传播过程中易受多路径效应、大气层延迟和人为干扰的影响。为消除信号干扰,通常采用改进的多路径滤波算法、模型校正和信号增强技术,以减少误差对定位精度的影响。GNSS测量的精度分析可使用误差公式:

$$\sigma_{\text{总}} = \sqrt{\sigma_{\text{卫星}}^2 + \sigma_{\text{接收器}}^2 + \sigma_{\text{大气}}^2 + \sigma_{\text{多路径}}^2}$$

【作者简介】刘浩斌(1972-),男,中国山东临沂人,本科,高级工程师,从事测绘与制图和自然资源管理研究。

其中, $\sigma_{\text{总}}$ 为总定位误差, $\sigma_{\text{卫星}}^2$ 、 $\sigma_{\text{接收器}}^2$ 、 $\sigma_{\text{大气}}^2$ 和 $\sigma_{\text{多路径}}^2$ 分别表示卫星钟差、接收器误差、大气效应和多路径误差。

2.2 无人机航测技术

无人机航测技术的基本原理包括影像获取和影像处理。无人机的覆盖范围较广、效率高且适应复杂地形, 在不便于人员进入的区域尤为适用。航高、航向重叠率和相机标定精度是数据采集质量的决定性因素。通常采用影像空间重建和光束法调平等方法确保精度。摄像机参数标定可以用线性模型表达为:

$$p = K[R|t]P$$

其中, p 为影像平面点坐标, K 为内参数矩阵, $[R|t]$ 为旋转和平移矩阵, P 为三维点坐标。航向和旁向重叠率决定了图像之间的冗余度, 推荐重叠率范围为 60%-80%。

2.3 LiDAR 技术

激光雷达 (LiDAR) 通过发射高频激光脉冲并记录回波时间与强度数据获取地物的三维点云。其原理基于距离公式:

$$d = \frac{ct}{2}$$

其中, d 为目标与传感器间的距离, c 为光速, t 为脉冲传播时间。LiDAR 具备强穿透力和高精度, 可对植被覆盖区域和复杂地形进行精细测量, 是土地资源调查的重要技术工具。LiDAR 点云数据经过滤波分类后, 可分为地面点和非地面点, 地面点用于生成数字地面模型 (DTM), 而非地面点用于分析植被覆盖和人工建筑物。典型数据处理流程包括点云滤波、光斑半径调整以及曲面插值, 通常采用双向滤波算法提升建模精度。利用 LiDAR 获取的地形高程数据, 可构建坡度模型, 其表达式为:

$$S = \arctan\left(\frac{\Delta h}{L}\right)$$

其中, S 为坡度, Δh 为高程差, L 为水平距离。LiDAR 的精准性与数据的处理效率密切相关, 在实际应用中需结合地形复杂性优化数据处理算法, 确保输出的三维模型具备高可靠性和可用性。

3 高精度测绘技术在土地资源调查中的实践

3.1 基本流程与技术集成

在土地测绘的数据采集阶段, GNSS 测量与无人机航测协同合作, 各展所长。地面基准点赖以得到精确定位的正是 GNSS 技术。无人机居其次, 覆盖大范围的地表影像稳定接收高分辨率数据。而这些精度极高的初始坐标参考全部源于此。进入数据处理环节, 多源数据一体整合, 经由精密且对齐一致的坐标系实现了数据标准化处理。之后便利用诸如点云拼接、图像正射纠正及误差滤波等算法迭代提升了质量。陆续呈现出来的成果有颗粒细腻而又复杂立体的三维模型, 项目和谷底深处随意变换视角都相当清晰逼真; 还有图

片解析度极强、线条流畅柔顺且感官饱满引人注目的高精度地形图和地籍图。

3.2 实际应用案例分析

某省村级土地确权项目中, 使用 RTK-GNSS 测量对地块界址点进行精确定位, 同时部署多架无人机对村庄及农田进行航拍, 生成影像分辨率优于 10 厘米的航测数据。在数据处理阶段, 通过影像与 GNSS 点云的联合处理实现厘米级精度地籍图制作。与传统人工测绘相比, 该方案效率提升近 50%, 显著减少了人工成本。在某城市土地利用调查中, 无人机航测对建筑群和密集道路区域提供了快速影像覆盖。

3.3 测绘数据的验证与分析

高精度测绘技术相较于传统方法, 因技术性能和数据处理能力的优化, 在精度和效率上具有显著优势。精度验证方法常采用基准点对比, 通过计算各测量点偏差均方根误差 (RMSE) 评价总体误差, 公式为:

$$\Delta P = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i^{\text{测}} - P_i^{\text{实}})^2}$$

其中, ΔP 为总体误差, $P_i^{\text{测}}$ 和 $P_i^{\text{实}}$ 分别表示测量值和真实值, n 为基准点数量。以某地形测绘项目为例, 采用传统手段测绘的 RMSE 为 0.52 米, 而 GNSS 与无人机协同测绘的 RMSE 为 0.13 米, 精度提升约 75%。

4 数据处理与土地资源信息分析

4.1 数据处理流程

高精度测绘过程中, 常使用的多源数据种类繁多, 包括但不限于遥感影像、GNSS 点位数据以及 LiDAR 数据, 并根据各自采集方式和时空分辨率均有各自的精度要求。在这些复杂的数据整合过程中, 所有种类的数据都需要实现坐标系统一化, 创设一个共享参考框架。而对于 GNSS 点位, 应该按其坐标精度进行控制匹配; 同时针对遥感影像和 LiDAR 数据采用图像配准及点云配准技术处理到位, 在通过特征识别以及共视点匹配等手段成功达到了期待的统一输出效果。

4.2 土地资源信息提取与分析

遥感影像一般通过光谱特性反映地物信息, 可以依据不同的光谱波段特征进行土地覆盖分类。而 LiDAR 数据具有较高的地形建模精度, 特别适用于提取地物高度信息。在分类算法中, 常用的方法包括基于决策树、支持向量机 (SVM) 及卷积神经网络 (CNN) 等分类器, 它们可以在大规模遥感影像数据中实现较高的分类精度。此外, LiDAR 的点云数据也能用于高程数据提取和三维地物建模。对于土地的地形分析, 坡度是重要的地理参数之一, 通常使用下式计算:

$$S = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta h}{L}\right)$$

其中, S 为坡度, Δh 为高程差, L 为水平距离。