

智能测绘与测绘中无人机实景三维建模技术运用分析

文 / 丁惠云 马鞍山市自然资源和规划信息中心

摘要: 随着测绘需求的不断增长,传统测绘方法已经无法满足现代复杂项目的要求。本文首先分析了无人机实景三维建模技术的原理,其次探讨了该技术在测绘中的应用优势,最后以某测绘工程为例,从应用流程的角度出发,提出了无人机实景三维建模技术的应用策略,实现了提高数据采集效率和精度的目的,以此为相关人员提供实践参考。

关键词: 智能测绘; 无人机; 实景三维建模

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.120

引言

随着科技的迅猛发展,测绘行业已经实现智能化转型。无人机实景三维建模技术作为一种新兴的测绘手段,以其高效、精准和灵活的特点,广泛应用于地理信息采集与处理领域。无人机实景三维建模技术主要通过无人机搭载高分辨率传感器,快速获取大范围、高精度的地理影像数据,并利用先进的软件算法生成逼真的三维模型,为各类工程建设以及土地规划提供数据基础。智能测绘不仅提高了数据采集效率,还为复杂地形分析、环境监测和城市规划等应用提供了全新的解决方案。因此,深入探讨无人机实景三维建模技术在测绘中的运用策略具有较强的理论价值和现实意义。本文旨在结合工程实际,分析无人机实景三维建模技术的应用方法,以促进智能测绘技术的应用。

一、无人机实景三维建模技术的原理

无人机航测系统是以无人机为飞行平台,以各类传感器为主要载荷,能够获取遥感影像信息的无人航测数据获取系统。无人机实景三维建模技术则在此基础上结合计算机视觉技术,三维技术等实现模型构建^[1]。

无人机搭载高分辨率摄像头或传感器,在空中以预定路径飞行,采集地面或目标区域的影像数据。无人机采集的影像通常是多角度、多重叠的,以确保覆盖全面,并使用特征点匹配算法识别和关联不同影像中的同一地物特征,从二维图像中提取出三维空间信息。同时,结合结构光、激光雷达(LiDAR)等技术,生成点云数据描述目标对象的几何形状和位置,形成精细的三维网格模型,并将采集到的彩色图像贴合到三维模型表面,使其具备逼真的外观。最后融合卫星定位、惯性导航系统(INS)等多源数据,校正和优化模型,使其在空间上更加准确^[2]。

二、测绘中无人机实景三维建模技术的应用优势

(一) 提高数据采集效率

传统测绘方法需要大量的人力和时间,且在地形复杂或难以接近的区域所耗费的人力和时间会成倍增长。而无人机可以快速覆盖大面积区域,并在短时间内获取高分辨率图像。这不仅直接减少了现场作业时间,还降低了对人力资源的依赖。同时,无人机能够在山区、森林、河流等恶劣环境下安全作业,提升了测绘工作

的可达性和灵活性。测绘工作人员预设飞行路径与自动导航功能,能够实现自动重复多次飞行,进行周期性监测和变化检测^[3]。

(二) 提升数据精度与完整性

无人机搭载的传感器、高分辨率相机、激光雷达(LiDAR)等,能够获取精细程度较高的空间信息。相比于传统方法,无人机能够从多个角度收集数据,避免了单一视角带来的信息缺失问题,而且结合全球定位系统(GPS)和惯性导航系统(INS),无人机能自动校正数据误差,提高模型的整体准确性。生成的密集点云技术可以更好地反映地物特征极其微小变化,满足工程设计、规划等领域对数据精度的要求^[4]。

(三) 降低成本与风险

相较于传统航空摄影或地面勘测,无人机实景三维建模技术,无需租用昂贵的大型航空设备,只需投入无人机及相关数据采集设备即可完成大部分任务。而且,由于操作简单并可由少数人员控制,维护和运行费用也相对较低。无人化操作减少了人员暴露在恶劣环境中的机会,提高了整体测绘的安全性。因此,对于预算有限但需求迫切的小型项目而言,无人机为其提供了经济高效且安全可靠的解决方案。

三、测绘中无人机实景三维建模技术的应用策略

(一) 工程概况

某山区城市计划进行大规模基础设施升级 and 环境保护项目。该地区地形复杂,山脉、河谷交错,传统测绘方法无法满足需求。因此,相关部门决定引入无人机实景三维建模技术获取区域地形数据。

项目覆盖面积约150km²,包括多个生态敏感区和山区。无人机配备高分辨率相机和激光雷达(LiDAR),能够在每小时内采集超过5000张高清影像,并生成密度为每平方米200点的密集点云数据,确保模型的完整性和精确性。

无人机飞行高度设定为100m至150m之间。项目周期内,无人机累计飞行时间超过300小时,共完成50余次任务,显著缩短了数据采集时间,并降低了项目成本,为工程建设决策提供了数据支撑。

(二) 数据采集规划

无人机实景三维建模技术能够显著提高数据采集效率,降低人工成本,并提升模型精度和完整性。

根据项目需求，确定飞行区域和任务参数（整体测绘计划如图1）。无人机飞行高度设定为120m，航线设计遵循正交网格模式，每条航线间隔设定为50m，确保重叠率达到80%纵向和70%横向。高重叠率有助于生成更准确的三维模型，并减少后期拼接误差。

此次项目使用配备20MP高清相机的多旋翼无人机，每次飞行可持续45min。每架无人机每天执行5次任务，总共动用6架无人机同时作业，在短时间内完成大面积区域的数据采集。只在风速低于5m/s、能见度超过10km且无降水时才执行任务，避免图像模糊或失真现象。每次起飞前都应该校准设备的IMU（惯性测量单元）和GPS

系统，保证定位精度在0.5m以内。

影像获取过程中采用自动曝光控制（AEC）技术，根据光照条件实时调整相机参数，使得所拍摄影像具有一致的亮度与对比度，减少因光线变化导致的数据偏差，并预设航点自动触发快门功能，以每秒2张照片的拍摄频率采集数据。同时配备实时视频传输系统，地面操作人员能够随时监控空中情况，并及时调整航线或返航指令，规避突发状况。最后将所有收集到的数据立即备份至云存储平台，并进行初步检查，确认数据完整性与清晰度是否符合预期标准。如果发现问题，现场安排补拍，无需耽误整体进程。

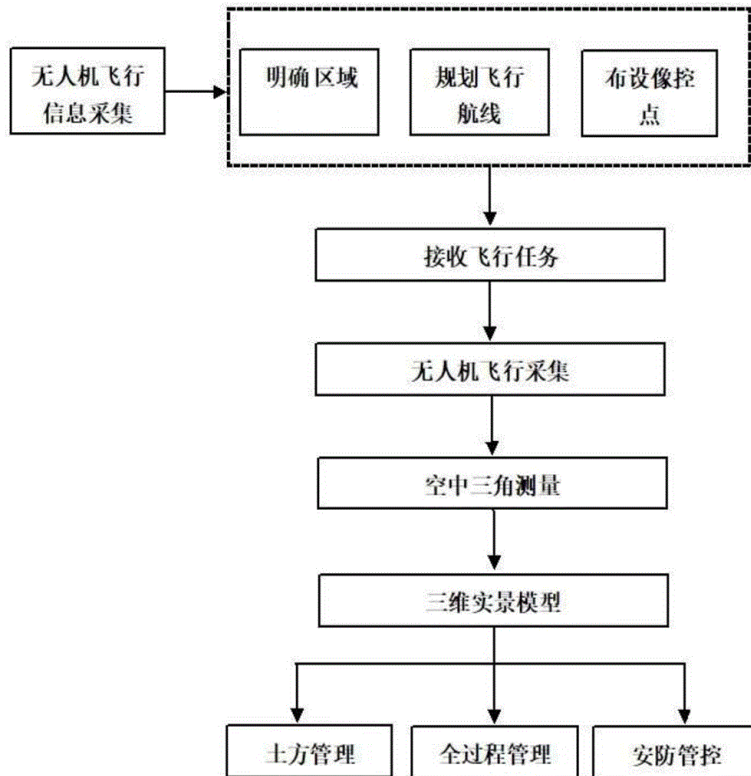


图1 测绘任务规划

（三）数据处理与建立网络模型

数据处理的目的是将采集到的海量影像数据转化为可用的地理信息模型，为后续三维建模提供数据支撑，满足复杂地形测绘需求。

数据处理阶段包括影像去噪、畸变校正以及色彩平衡调整。影响去噪使用软件自动化工具，输入参数设定为：噪声滤波强度3级（0-5级），畸变校正系数根据相机内参矩阵计算得出，色彩平衡采用白点参考法保证一致性。

影像拼接与匹配则利用特征点检测算法（如SIFT或SURF）识别重叠区域中的共同特征点，依托RANSAC算法剔除错误匹配点。如果每张图像平均识别5000个特征点，期望匹配成功率达到95%，则在1000张图像中总共能找到约475万有效匹配点，以便于后续构建稀疏点云。

利用多视几何原理生成点云，逐步优化相机姿态和

位置参数，实现从稀疏到密集的转变（点云模型如图2）。初始稀疏点云包含50万个点，密集化处理后可提升至5000万个高密度点，最大限度提高地表特征的精细度。

应用Delaunay三角剖分方法构建网络模型，将密集点云转化为连续曲面结构。公式如下：

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \quad (1)$$

公式(1)中A是网络单元面积(m²)，x_i, y_i和x_{i+1}, y_{i+1}为相邻顶点坐标(m)，n为多边形顶点数量。利用此公式计算每个三角形单元面积并累加，能获取整个网络模型的总表面积，为后续体积计算及其他分析提供基础。最后校正生成的三维模型误差，在已知控制点上进行对比分析，判断模型偏差。例如，如果某控制点理论坐标为(100.5, 200.7, 15.3)，而模型显示坐标为(100.4, 200.8, 15.5)，则其误差分别为0.1m、0.1m和

0.2m, 总体偏差小于预设阈值 0.5m 时即认为合格, 否则需重新调整参数并迭代优化。

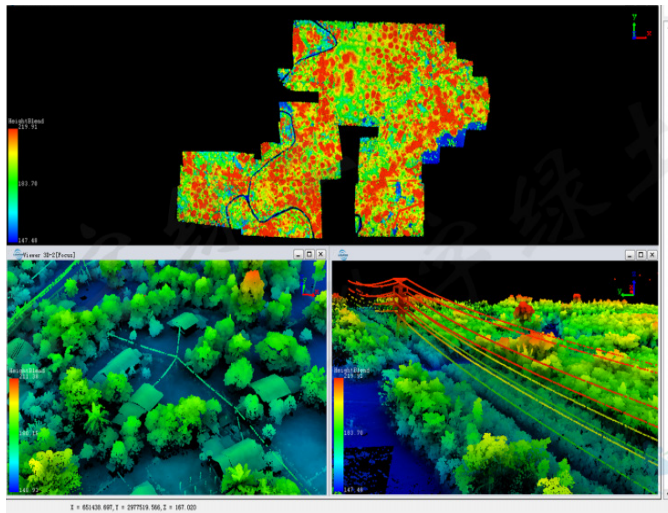


图 2 点云模型

(四) 纹理映射

依托密集点云生成的连续曲面结构, 可以描述地表特征, 为后续分析提供可靠的数据基础。

利用 Delaunay 三角剖分方法, 将离散的点云转化为连续的曲面结构后, 对每个相邻点组进行三角剖分, 以确保生成的网格最大限度地保留原始地形特征, 避免出现狭长或畸形三角形。每个三角形单元面积可以采用以下公式计算:

$$A = \frac{1}{2} |x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2)| \quad (2)$$

公式 (2) 中的 A 是三角形面积 (m^2) (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3) 为三角形顶点坐标 (m), 将所有网格单元面积并累加, 可得出整个模型表面的总面积, 为后续体积计算提供基础。

再将纹理映射到生成的网格上。纹理映射主要是将高分辨率影像贴合到生成的网格上, 以增强模型的真实感和细节表现。无人机采集的数据, 每张图像的分辨率为 5cm, 每个像素代表地面上的 5cm 区域。利用无人机拍摄时记录的外部参数 (包括位置、姿态) 以及内部参数 (如焦距、畸变系数), 应用透视投影变换公式, 将每个图像精确地对准相应的三维坐标, 结合计算机视觉中的基础矩阵求解方法校准不同图像之间的位置关系, 并通过光束法平差优化系统, 匹配所有图像与点云数据。例如, 某一区域包含 5000 个三角形单元, 每个单元约需覆盖 20 至 30 个像素以达到足够清晰度, 则总共需处理约 12 万至 15 万个纹理映射操作。本项目采用 GPU 加速技术, 将大量并行运算任务交由显卡处理器完成, 大幅缩短计算时间。此外, 本项目以比较控制点处实际颜色值与纹理映射后的颜色值的形式进行误差校正, 如果偏差小于预设阈值 (例如 RGB 值偏差不超过 10), 则认为映射结果符合要求, 否则需

重新调整相关参数并重复映射过程。

(五) 模型应用与分析

本项目采用无人机实景三维建模技术的目的是为后续基础设施升级和环境保护提供高精度的数据支持。

三维模型用于基础设施升级中, 如道路规划与优化。对现有道路进行数字化建模, 能够明确交通瓶颈和潜在危险区域。例如, 在某交通要道处, 分析车辆流量数据与地形起伏, 发现坡度过大导致通行效率低下, 于是调整坡度至 4% 以内, 同时拓宽车道以提高通行能力。

对于环境保护, 本项目的重点是生态敏感区的监测与管理。利用无人机生成的三维模型, 能够动态监测森林覆盖率、水体面积变化等参数。在某湿地保护区, 采用多时相影像比对, 检测到一年内湿地水域面积减少 10%, 植被退化明显。因此提出增加植被恢复工程, 并引入水源补给系统, 以恢复生态平衡。

为实现持续的数据更新和长期监控, 本项目应用自动化处理流程, 实现定期无人机巡航拍摄、云端数据存储与处理, 以及在线平台展示功能。用户可以随时查看最新三维模型及相关分析结果, 并根据需求下载报告。这种信息化手段极大地方便了各级管理部门进行动态决策。不同部门的工作人员能够快速获取最新现场情况, 并根据实时数据调整规划方案。例如, 在城市基础设施建设过程中, 可以及时发现施工进度问题或环境影响, 从而采取相应措施。

结语

综上所述, 本文系统性分析了智能测绘中无人机实景三维建模技术的应用策略, 采取以上技术与措施进行处理, 取得了良好的测绘效果。这些措施在优化模型构建流程以及增强成果展示方面表现突出, 对今后同类条件下的工程项目实施具有一定参考价值。未来, 相关人员应不断推陈出新, 积极探索更为智能化和自动化的解决方案, 加强多学科交叉合作, 以提升无人机测绘技术的应用广度和深度。

参考文献

- [1] 徐景明. 无人机实景三维建模技术在矿山智能测绘与规划应用分析 [J]. 世界有色金属, 2024, (22): 153-155.
- [2] 李晓, 连蓉, 罗鼎, 马泽忠, 何宗, 黄印, 秦成. 无人机倾斜摄影及实景三维建模技术在应急测绘中的应用——以巫溪 6·23 湖塘滑坡为例 [J]. 测绘地理信息, 2024, 49(06): 107-110.
- [3] 刘小祥. 无人机实景三维建模技术在矿山智能测绘与规划应用研究 [J]. 中国金属通报, 2023, (12): 64-66.
- [4] 王军. 无人机三维扫描实景建模技术的应用研究 [J]. 现代电视技术, 2022, (11): 121-123+151.

作者简介: 丁惠云 (1990-), 女, 本科, 测绘工程师, 从事基础测绘、地理信息数据处理等工作。