

无人机倾斜摄影测量精度优化方法

孙 豪

马鞍山市金土地勘测评估有限公司 安徽马鞍山 243000

摘 要: 无人机倾斜摄影测量凭借高效、灵活的特性,在城市规划、地形测绘、灾害评估等众多领域得以广泛应用。然而,其测量精度受硬件、航摄、环境及数据处理等多方面因素制约。硬件方面,无人机平台稳定性、相机镜头畸变与传感器校准精度等影响成像质量;航摄环节中,航高、航速及航线规划不合理会改变影像重叠度与分辨率;环境因素如天气状况、地形起伏增加测量误差;数据处理时,匹配算法、点云滤波与纹理映射的准确性也至关重要。为此,本文深入剖析这些影响因素,针对性提出航摄规划优化、像控点科学布设、硬件设备校准维护、数据处理算法优选等策略。通过实际案例验证,这些优化方法显著提升了测量精度,有效减少地物位置偏差,改善模型纹理质量,为相关工程实践提供了可靠技术方案,有力推动无人机倾斜摄影测量技术在高精度场景的应用与发展。

关键词: 无人机;倾斜摄影测量;精度优化;数据处理

引言

无人机倾斜摄影测量凭借高效、灵活等优势,在城市建模、地形测绘等领域得到大量应用。相较于传统测量技术,它能以较低成本快速获取大面积区域的多视角影像,极大提升了测绘效率。然而,实际测量中精度问题较为突出,如模型纹理失真、地物位置偏差等。在城市建筑建模中,不准确的模型可能导致后续规划设计出现偏差;在地形测绘里,误差会影响地形数据的准确性。这些精度问题限制了该技术在高精度要求场景的应用。因此,探究无人机倾斜摄影测量精度优化方法具有重要现实意义。通过对影响精度因素的深入分析和针对性优化,能有效提升测量精度,拓展其应用范围,满足更多行业对高精度地理信息数据的需求。

一、无人机倾斜摄影测量概述

1. 测量原理

无人机倾斜摄影测量借助搭载多台传感器的无人机,从垂直、倾斜等多个角度采集地面影像数据。垂直相机获取地物顶部信息,倾斜相机获取地物侧面信息。这些影像数据包含丰富的三维信息,通过摄影测量原理,可实现对地面物体的三维建模和地理信息提取。其原理基

于共线方程,即物点、像点和投影中心位于同一直线上。利用多视角影像的重叠部分,通过匹配同名点,构建出物方空间的三维坐标。

2. 应用领域

在城市规划方面,可为城市规划师提供高精度的三维城市模型,辅助进行城市布局规划、建筑设计评估等。在国土资源测绘中,能快速获取大面积土地的地形地貌信息,更新地理信息数据库。在灾害评估领域,可及时获取受灾地区的三维影像,评估灾害损失,为救援和重建工作提供数据支持。此外,在文化遗产保护、农业监测等领域也有广泛应用。

二、影响无人机倾斜摄影测量精度的因素

1. 硬件因素

无人机平台的稳定性对测量精度有重要影响。飞行过程中的震动、晃动会导致影像模糊,影响特征点匹配精度。相机的质量和性能也是关键因素,包括镜头畸变、像元尺寸等,镜头畸变会使影像产生变形,导致测量误差;像元尺寸越小,影像分辨率越高,但也可能增加噪声^[1]。另外,传感器的校准精度也会影响测量结果,不准确的校准会导致影像的几何变形和位置偏差。

2. 航摄因素

航高和航速不合理会影响影像的重叠度和分辨率。航高过高,影像分辨率降低,细节信息丢失;航高过低,覆盖范围减小,飞行效率降低。在进行城市建筑测绘时,如果航高过高,建筑物的窗户、阳台等细节可能无法清

作者简介: 孙豪(1996.4.16-),男,汉,安徽宿州人,本科学历,助理工程师,研究方向:测绘工程、地理信息系统。

晰呈现；而在大面积地形测绘中，航高过低则需要多次飞行才能覆盖整个区域，降低了工作效率。航速过快，可能导致影像模糊，相邻影像的重叠度不足，影响后续的数据处理和三维建模。合适的重叠度是保证同名点匹配和三维建模成功的关键，重叠度不足会导致部分区域无法进行三维重建。航线规划不合理，如航线弯曲、间距不一致等，会使影像数据分布不均匀，增加数据处理的难度和误差。

3. 环境因素

天气条件对无人机倾斜摄影测量影响较大。在强光下，影像容易产生过曝现象，导致地物细节丢失；在阴天或低光照条件下，影像对比度低，特征点提取困难。例如在夏季正午时分，阳光强烈，拍摄的影像中白色建筑物可能会出现过曝，丢失表面纹理信息；而在阴天，由于光线不足，影像整体偏暗，难以准确提取地物的特征点。风力过大会影响无人机的飞行稳定性，使影像产生偏移和抖动。当风力超过无人机的抗风能力时，无人机可能无法保持预定航线，导致拍摄的影像位置和角度发生变化，增加了数据处理的难度。此外，地形起伏较大的区域，会导致影像的投影差增大，增加数据处理的复杂度和误差²。在山区，由于地形高差大，同一地物在不同影像上的投影位置差异较大，需要更复杂的算法来进行纠正和匹配。

4. 数据处理因素

影像匹配算法的准确性和效率会影响特征点的提取和匹配精度。如果匹配算法不稳定，可能会出现误匹配，导致三维模型的变形和误差。不同的匹配算法适用于不同类型的影像和场景，例如基于特征点的匹配算法在纹理丰富的区域效果较好，但在纹理相似的区域容易出现误匹配³。点云处理过程中，滤波算法的选择不当会去除了有用的点云信息，或者保留噪声点，影响模型的精度。在处理地面点云数据时，如果滤波算法过于严格，可能会将一些低矮植被或小建筑物的点云误判为地面点而去除；如果滤波算法不够严格，则会保留大量噪声点，影响模型的准确性。三维建模过程中，纹理映射的质量也会影响模型的视觉效果和精度。不准确的纹理映射会使模型表面的纹理出现错位、扭曲等现象，降低模型的真实感和精度。

三、无人机倾斜摄影测量精度优化方法

1. 航摄规划优化

在航摄前，根据测量区域的地形、地物特点和测量

精度要求，合理确定航高和航速。对于地形起伏较大的区域，适当降低航高，提高影像分辨率，以获取更详细的地形信息；对于大面积平坦区域，可适当提高航高，提高飞行效率。例如在山区测绘时，将航高控制在较低水平（如100–150米），可以清晰地捕捉到山体的轮廓和细节；而在平原地区，可以将航高提高到200–300米，快速覆盖大面积区域。同时，根据相机的参数和重叠度要求，科学规划航线，确保航线直且间距均匀，相邻影像的航向重叠度和旁向重叠度满足要求⁴。一般来说，航向重叠度应不低于75%，旁向重叠度应不低于65%，以保证有足够的同名点进行匹配。在航线规划时，还应考虑无人机的飞行安全，避开障碍物和禁飞区域。可以利用地理信息系统（GIS）软件，结合测量区域的地形数据和障碍物信息，提前规划出安全、合理的航线。

2. 像控点布设优化

像控点的数量和分布对测量精度有重要影响。增加像控点的数量可以提高测量的精度，但会增加外业工作量。因此，需要根据测量区域的大小和地形复杂程度，合理确定像控点的数量。一般来说，对于小面积、地形简单的区域，像控点数量可以相对较少；而对于大面积、地形复杂的区域，应适当增加像控点数量。像控点应均匀分布在测量区域内，避免集中在某一区域。在地形起伏较大的区域，应适当增加像控点的数量，以控制地形变化对测量精度的影响。例如在山区，每隔一定距离（如200–300米）应布设一个像控点。同时，像控点应选择在地物点上，如道路交叉口、建筑物角点等，以提高像控点的识别精度。

3. 硬件设备优化

定期对无人机和相机进行校准和维护，确保其性能稳定。对相机的镜头畸变进行校正，可采用专业的相机校准软件，通过拍摄校准板获取校准数据，然后对影像进行畸变校正。选用高质量的相机和传感器，提高影像的分辨率和质量。在选择相机时，应综合考虑相机的分辨率、像素尺寸、感光度等参数。在无人机上安装稳定装置，如陀螺仪、加速度计等，提高无人机的飞行稳定性，减少飞行过程中的震动和晃动。

4. 数据处理优化

选择合适的影像匹配算法，提高特征点的提取和匹配精度。可采用多尺度匹配、基于特征描述符的匹配等方法，提高匹配的准确性和效率。例如，SIFT（尺度不变特征变换）算法和SURF（加速稳健特征）算法能够在

不同尺度和视角下准确提取和匹配特征点,适用于复杂场景的影像匹配⁵。在点云处理过程中,选择合适的滤波算法,去除噪声点,保留有用的点云信息。对于地面点云数据,可以采用渐进加密三角网滤波算法(PEAK),该算法能够根据地形的起伏情况自适应地进行滤波,有效去除噪声点的同时保留地面点和地物点。在三维建模过程中,采用高精度的纹理映射算法,提高模型的纹理质量和视觉效果。例如,基于局部优化的纹理映射算法可以减少纹理错位和扭曲现象,使模型更加逼真。同时,对数据处理过程进行质量控制,及时发现和纠正误差。可以通过设置误差阈值、进行多次数据处理对比等方式,确保数据处理结果的准确性。

四、精度优化方法的应用案例

1. 案例背景

某城市进行旧城改造规划,需要高精度的三维城市模型。该区域建筑物密集、地形起伏较大,且存在一些老旧建筑和复杂的街道环境。采用无人机倾斜摄影测量技术获取数据,但由于上述因素,测量精度难以满足要求。因此,采用上述精度优化方法进行测量。

2. 优化措施实施

在航摄规划方面,根据该区域的特点,将航高设置为120米,航速控制在15米/秒,确保影像的重叠度和分辨率满足要求。通过GIS软件规划航线,避开高楼和其他障碍物,保证航线直且间距均匀,航向重叠度达到80%,旁向重叠度达到70%。在像控点布设方面,增加像控点的数量,在整个测量区域内均匀布设了50个像控点,特别是在建筑物密集和地形起伏较大的区域,适当增加了像控点密度。像控点选择在道路交叉口、建筑物角点等明显地物点上。在硬件设备方面,对无人机和相机进行校准和维护,校正相机的镜头畸变,选用高分辨率的相机。在无人机上安装了高精度的陀螺仪和加速度计,提高飞行稳定性。在数据处理方面,选择SIFT算法进行影像匹配,采用PEAK算法进行点云滤波,使用基于局部优化的纹理映射算法进行三维建模,对数据处理过程进行严格的质量控制。

3. 精度对比分析

通过对比优化前后的测量结果,发现优化后的三维模型精度明显提高。在优化前,建筑物的位置偏差较大,部分建筑物的轮廓不准确,模型的纹理存在错位和失真现象;优化后,建筑物的位置偏差减小,经检测,水平

位置误差从优化前的0.5米降低到0.1米以内,垂直位置误差从0.8米降低到0.2米以内。模型的纹理质量更好,地物的细节信息更加丰富,老旧建筑的门窗、装饰等细节都能清晰呈现,满足了城市旧城改造规划的要求。

五、结论与展望

1. 研究结论

本文通过对无人机倾斜摄影测量精度影响因素的分析,提出了航摄规划优化、像控点布设优化、硬件设备优化和数据处理优化等精度优化方法。通过实际案例验证,这些方法能有效提高无人机倾斜摄影测量的精度,为相关工程实践提供了可行的技术方案。从航摄规划到数据处理的各个环节进行优化,能够系统地提升测量精度,满足不同领域对高精度地理信息数据的需求。

2. 研究不足

在研究过程中,虽然考虑了多种影响精度的因素,但对于一些复杂环境下的影响因素研究还不够深入。例如,在高动态光照环境下,如日出日落时分、云层快速变化时,影像的处理和精度优化方法还需要进一步探索。此外,对于一些特殊场景,如水下、室内等环境,无人机倾斜摄影测量技术的精度优化方法研究较少。

3. 未来展望

未来可进一步研究复杂环境下的无人机倾斜摄影测量精度优化方法,结合人工智能、机器学习等技术,提高影像处理和三维建模的自动化和智能化水平。例如,利用深度学习算法自动识别和提取特征点,提高影像匹配的准确性和效率;通过机器学习算法对不同环境下的测量数据进行分析,自动优化航摄参数和数据处理流程。同时,加强无人机倾斜摄影测量技术与其他测绘技术的融合,拓展其应用领域,为更多行业提供高精度的地理信息服务。例如,将无人机倾斜摄影测量与虚拟现实(VR)、增强现实(AR)技术相结合,为城市规划、文化遗产展示等领域提供更加沉浸式的体验;与物联网技术融合,实现对地理信息的实时监测和更新。

参考文献

- [1] 朱萨宁. 基于无人机遥感的草地关键生态参数调查研究[D]. 中国环境科学研究院, 2024.
- [2] 凌龙, 陈文德, 龙家美, 等. 无人机自动化贴近摄影测量建立单体建筑模型[J]. 遥感信息, 2023, 38(03): 100-105.