

# 无人机倾斜摄影测量在城市三维建模中的优化策略与效果评估

李旭光

甘肃林业职业技术大学 甘肃天水 741020

**摘要:**近年来,无人机倾斜摄影测量技术在城市三维建模中得到了广泛应用,通过分析该技术的基本原理、当前应用现状及其面临的挑战,探讨了无人机倾斜摄影测量在城市三维建模中的优化策略,并对其效果进行评估。研究表明,通过优化数据采集和处理流程可显著提高模型的精度和效率,为城市规划、建筑设计和灾害管理等领域提供可靠的技术支持,还探讨了该技术与其他测绘技术的比较,结合实际案例分析了优化策略的具体实施效果,最后对未来发展进行了展望。

**关键词:**无人机;倾斜摄影测量;城市三维建模;多用途

## 引言

随着全球城市化进程的加速,城市规划、建筑设计和基础设施管理等领域对高精度三维模型的需求不断增长,传统的地面测绘方法由于受到地形和环境的限制,难以满足现代城市复杂环境下的精细化建模需求。近年来,无人机倾斜摄影测量技术的快速发展为城市三维建模提供了一种高效、灵活的解决方案,本文旨在探讨该技术在城市三维建模中的优化策略,以期对相关领域的研究与实践提供参考。

## 一、无人机倾斜摄影测量的原理与技术概述

### (一) 倾斜摄影测量技术概述

倾斜摄影测量技术是通过无人机搭载多个摄像头,从不同角度拍摄地表目标,并利用这些图像生成高精度三维模型的过程<sup>[1]</sup>。与传统的垂直摄影相比,倾斜摄影能够获取地物的多角度立体信息,特别适用于复杂地形和建筑群的三维重建,其主要技术原理包括图像获取、多视角影像匹配、稀疏点云生成、密集点云生成、纹理映射和三维模型重建。倾斜摄影测量的关键在于通过多角度的图像获取,解决了传统垂直摄影中地物立面无法

精确呈现的问题,利用先进的影像处理算法和高性能计算设备能够有效地将二维图像数据转换为高精度三维模型,为城市建模提供了技术支持。

### (二) 无人机平台的选择与配置

在无人机倾斜摄影测量中无人机平台的选择和配置至关重要,根据任务需求选择具备长续航时间、高稳定性和多镜头配置能力的无人机,可以确保数据采集的高效性和数据质量,当前市面上广泛应用的无人机平台有大疆、Parrot、SenseFly等品牌,其在稳定性、易用性和数据采集能力方面表现优异<sup>[2]</sup>。无人机的配置包括搭载高分辨率相机、IMU(惯性测量单元)和GPS等传感器设备,高分辨率相机能够保证影像的清晰度,IMU用于记录飞行姿态,GPS则用于精确定位飞行路径,在实际操作中合理配置无人机的飞行参数,如飞行高度、速度和航线设计能够有效提升图像采集质量,减少后期数据处理的难度。

### (三) 数据采集流程与技术要求

无人机倾斜摄影测量的数据采集流程包括航线设计、飞行参数设置、图像采集和数据存储等环节,科学合理的航线设计和飞行参数设置是获取高质量图像的关键,需根据地形复杂度和建筑密度调整飞行高度和角度,图像的重叠度和覆盖范围直接影响后续模型重建的效果,因此必须严格遵循数据采集的技术要求。在数据采集过程中,通常要求图像的重叠度达到70%—80%,以确保后期图像匹配和点云生成的准确性,飞行高度应根据地物的高度和地形起伏情况进行调整,通常建议高于地物最高点30—50米,同时应尽量选择晴朗无风的天气进行飞



图1 无人机倾斜摄影测量的三大优势

行，避免由于光照不足或风速过大导致图像质量下降<sup>[3]</sup>。

## 二、城市三维建模的应用现状与挑战

### (一) 城市三维建模的现状分析

城市三维建模技术在全球多个城市得到了广泛应用，主要用于城市规划、建筑设计、基础设施管理和灾害应急等领域<sup>[4]</sup>。例如，纽约、伦敦和新加坡等国际大都市已经广泛应用了无人机倾斜摄影测量技术，通过三维建模对城市进行精细化管理，提升了城市规划和管理效率。表1展示了全球几个主要城市采用三维建模技术的应用情况及其效果评估，可以看出不同城市在应用无人机倾斜摄影测量技术时都取得了较好的效果，尤其是在提升模型精度方面，无人机倾斜摄影测量发挥了显著作用。

表1 无人机平台在倾斜摄影测量中的应用对比

城市	建模技术	精度评估	应用领域	优化建议
纽约	无人机倾斜摄影	高	城市规划	增强数据整合能力
伦敦	激光扫描+摄影测量	中高	建筑设计	优化图像处理流程
新加坡	无人机倾斜摄影	高	灾害管理	改进航线设计
上海	传统测绘	中	基础设施管理	引入倾斜摄影测量
东京	无人机倾斜摄影	高	智慧城市开发	完善数据质量控制

### (二) 传统测绘方法的局限性

传统测绘方法主要依赖地面测量和激光扫描，受限于地形条件和作业环境，难以全面覆盖城市空间，尤其在高楼林立、街巷狭窄的区域，测绘工作存在较大困难，传统方法通常需要耗费大量人力和时间，其作业效率较低，难以满足现代城市对高效、精细化建模的需求。地面测量虽然在平面精度上有一定的优势，但在获取高层建筑的立面信息时往往存在视角受限的问题。激光扫描技术尽管在三维建模中具有重要作用，但其设备成本高昂，且在高反射率或透明物体的测量中会产生误差；相比之下，无人机倾斜摄影测量能够更灵活地获取多角度图像，并通过影像匹配技术生成高精度三维模型，有效弥补了传统测绘方法的不足。

### (三) 倾斜摄影测量在城市建模中的优势

相比传统测绘方法，倾斜摄影测量在城市三维建模中具有多方面的优势，倾斜摄影测量能够获取地物的立

体信息，使得生成的三维模型更加真实，尤其在复杂地形和高楼密集区的表现上更为出色。无人机的高灵活性和机动性，使其能够覆盖传统测绘难以到达的区域，实现高效数据采集；倾斜摄影测量在数据处理的自动化程度上较高，减少了人工干预，提高了建模效率和精度。在应用倾斜摄影测量技术时能够更好地适应城市复杂环境下的建模需求，在高楼林立的城市中心区，传统测绘方法往往受限于建筑物之间的狭小空间，而倾斜摄影测量能够通过多角度采集图像，生成全面覆盖的三维模型，为城市规划和管理提供了更直观的数据支持。

## 三、无人机倾斜摄影测量的优化策略

### (一) 数据采集的优化策略

#### 1. 航线设计与飞行参数优化

航线设计与飞行参数设置是数据采集的关键环节，一个科学合理的航线设计不仅可以确保图像数据的全面覆盖，还能够提高数据采集的效率和质量。航线设计需要根据测区的地形特征和建筑密度来确定合适的飞行路径，对于建筑密集的城市区域，航线设计应尽量避免飞行在高楼之间，而应选择从高空进行拍摄，以确保所有建筑物的顶部和侧面均能被摄入镜头。飞行参数方面，飞行高度直接影响图像的地面分辨率（GSD），因此应根据建模的精度要求选择适宜的高度，较低的飞行高度能够提供更高的分辨率，但也可能导致图像数量过多，增加后期处理的复杂性。飞行速度应与相机的快门速度相匹配，确保图像在拍摄过程中不出现模糊现象，还需考虑风速、光照等环境因素对飞行稳定性的影响，通过设置合适的飞行速度和角度，尽量减少外界环境对图像质量的干扰。

#### 2. 多角度、多高度的图像采集方法

传统的垂直拍摄方式在某些情况下无法完整捕捉建筑物的立面信息，导致三维模型的细节表现不足，为了克服这一问题可以采用多角度、多高度的图像采集方法。在实际操作中可以通过调整无人机的飞行高度和镜头角度，从多个视角对同一建筑物进行拍摄，这种方法尤其适用于建筑物密集、地形复杂的城市区域，有助于获取丰富的立体信息，从而提升模型的细节表现力和真实感。多视角采集方法不仅增加了数据的多样性还能够弥补某些角度下建筑物被遮挡的不足，在拍摄高层建筑时，通过从不同高度、不同角度进行多次拍摄可以确保获取到完整的建筑立面信息，这种方法还能够减少图像重叠度过高可能带来的冗余数据，有效提高数据处理的效率。

## （二）数据处理的优化策略

### 1. 图像匹配与稀疏点云生成

图像匹配是三维建模过程中至关重要的一个环节，其准确性直接影响模型的精度，为提高图像匹配的精度应采用先进的匹配算法，如基于特征点的SIFT算法或SURF算法，这些算法能够在不同视角的图像中识别并匹配相同的特征点，生成稀疏点云模型。在图像匹配的过程中图像质量的预处理也是一个关键步骤，通过对图像进行色彩校正、噪声滤除等处理可以提高特征点的识别准确性，进而提升匹配效果。在点云生成过程中采用多视角的图像数据能够进一步提高稀疏点云的密度和精度，高密度的稀疏点云为后续的精修模型重建提供了坚实的基础，确保模型的整体结构和细节表现更为真实。

### 2. 精细模型重建与纹理映射

在稀疏点云生成后进行精细模型重建是构建高质量三维模型的关键步骤，通过增加点云的密度和优化网格结构，可以生成更具细节的三维模型，点云的密度越高，模型的细节表现越丰富，网格结构的优化则可以减少模型中的噪点和冗余部分，提高模型的整体质量。纹理映射是提高三维模型真实感的重要手段，在进行纹理映射时应选择高分辨率的图像作为纹理源，确保模型表面纹理的真实还原，还可以通过图像拼接、颜色校正等技术手段，进一步提升纹理映射的效果，避免出现色差或纹理失真现象。

## （三）数据整合与质量控制

### 1. 数据拼接与误差修正

在大规模城市建模项目中往往需要将多个独立采集的数据集进行拼接，以构建完整的城市三维模型，数据拼接的质量直接影响模型的整体精度，因此需要采用高精度的拼接算法并结合多源数据进行综合处理。例如，可以利用GPS和IMU提供的位置信息，对不同数据集进行精确对齐，减少拼接过程中可能出现的位移误差。误差修正是确保模型精度的另一重要环节，在数据处理的各个阶段中误差的累积是不可避免的，因此在最终模型生成前需要对模型进行全面的误差分析和修正，通过对比测量点和实际地物的坐标数据可以识别出模型中的误差源，并采用合适的修正方法进行调整，确保模型的整体精度。

### 2. 精度评估与优化迭代

模型精度评估是质量控制的重要部分，通过对比实际测量数据和模型生成结果可以对模型的精度进行量化评估，可以采用坐标对比、距离测量等方法，对模型的各个关键点进行精度检测，根据评估结果对模型进行优化迭代，进一步提升模型的精度和一致性。在优化迭代过程中应根据不同场景的需求，灵活调整数据采集和处理策略。例如，在精细化要求较高的场景中可以增加数据采集的频次和精度要求，而在大范围的城市建模项目中则应侧重于提高数据处理的效率和模型的整体一致性，通过多次迭代优化，最终获得的三维模型将具有更高的精度和可靠性，为城市规划和管理提供更为精细化的技术支持。

## 结论

无人机倾斜摄影测量技术在城市三维建模中的应用展示了其独特的优势和广阔的前景，通过合理优化数据采集与处理流程不仅提升了三维模型的精度和真实性，还显著提高了建模效率，为城市规划、建筑设计、灾害管理等领域提供了可靠的技术支撑。该技术的灵活性和高效性使其能够适应不同城市环境中的复杂需求，克服了传统测绘方法的局限性，未来随着算法的进步和硬件设备的升级，倾斜摄影测量技术在城市数字化建设中的作用将进一步扩大，为智慧城市和精细化管理提供更为强大的支持，同时持续的技术创新和应用实践将推动该领域的发展，使其在更多应用场景中展现出更大的潜力和价值。

## 参考文献

- [1] 谢云鹏, 吕可晶. 多源数据融合的城市三维实景建模[J]. 重庆大学学报, 2022(004): 045.
- [2] 卢旺达, 王春, 代文, 等. 无人机地形建模误差空间分布影响因素研究[J]. 南京师大学报: 自然科学版, 2023, 46(2): 44-53.
- [3] 刘汉钦. 倾斜摄影测量中地面控制点布设与测量精度优化策略研究[J]. 房地产导刊, 2023(011): 000.
- [4] 朱丽, 景一帆, 尹宝泉, 等. 基于无人机摄影测量的建筑表皮光伏设计与效益评估[J]. 南方建筑, 2024(1): 64-72.