

无人机航测技术在城市三维建模中的精度与效率分析

宋文

武汉际上导航科技有限公司 湖北武汉

【摘要】无人机航测技术在城市三维建模中具有高效、灵活的优势，但精度与效率的平衡仍是关键挑战。当前，无人机的飞行稳定性、传感器精度和数据处理算法不断改进，通过优化飞行路径、提升传感器性能和采用数据融合技术，有望实现更高精度和效率。然而，飞行安全、数据处理标准化不足以及质量控制体系不完善等问题仍制约其发展。未来，需进一步优化技术体系，完善质量控制，推动无人机航测技术在城市三维建模中的广泛应用，为智慧城市建设提供有力支持。

【关键词】无人机航测；城市三维建模；精度；效率；优化

【收稿日期】2025 年 1 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 2 月 26 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20250078

Analysis of accuracy and efficiency of UAV photogrammetry in urban 3d modeling

Wen Song

GEOSUN Wuhan, Hubei

【Abstract】 Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry offers significant advantages in efficiency and flexibility for urban 3D modeling, yet balancing accuracy and efficiency remains a critical challenge. Advances in UAV flight stability, sensor accuracy, and data processing algorithms are ongoing. By optimizing flight paths, enhancing sensor performance, and employing data fusion techniques, higher accuracy and efficiency can be achieved. However, issues such as flight safety, insufficient standardization of data processing, and an incomplete quality control system still constrain its development. Future progress requires further optimization of the technical system and improvement of quality control to promote the widespread application of UAV photogrammetry in urban 3D modeling and provide strong support for smart city construction.

【Keywords】 UAV photogrammetry; Urban 3D modeling; Accuracy; Efficiency; Optimization

引言

随着城市化进程的加速，城市三维建模在城市规划、管理和虚拟现实等领域的重要性日益凸显。无人机航测技术凭借其高效、灵活的特点，成为城市三维建模的重要手段。然而，当前技术在精度与效率的平衡、飞行安全、数据处理标准化以及质量控制等方面仍面临诸多挑战。深入探讨这些问题并提出优化策略，对于提升无人机航测技术在城市三维建模中的应用效果具有重要意义，也为未来智慧城市建设提供了重要的技术支撑。

1 无人机航测技术在城市三维建模中的应用现状

无人机航测技术凭借其灵活的作业方式、高效的数据采集能力和相对较低的成本，在城市三维建模领域迅速崭露头角。近年来，随着无人机技术的

不断进步以及相关测绘软件的完善，无人机航测已成为城市三维建模的重要手段之一。在城市三维建模中，无人机航测能够快速获取高分辨率的影像数据，为建模提供丰富的纹理信息和精确的地形地貌数据。其低空飞行的优势使其能够避开云层遮挡，获取更清晰的地面影像，尤其适用于复杂的城市环境。无人机的机动性使其能够在短时间内完成大面积的数据采集，大大提高了建模的效率。通过搭载多种传感器，如 RGB 相机、激光雷达等，无人机可以获取不同类型的数据，满足城市三维建模对多源数据的需求。

然而，无人机航测技术在城市三维建模中的应用也面临着一些挑战。尽管其数据采集速度快，但在数据处理环节仍需投入大量时间和计算资源。由

于无人机获取的影像数据量庞大,且存在数据冗余和噪声等问题,导致数据预处理和后处理的复杂度较高。城市环境中建筑物的高密度和复杂结构对无人机航测的飞行路径规划和数据采集精度提出了更高的要求。在某些情况下,无人机航测的精度可能受到飞行高度、天气条件以及传感器性能等因素的限制,影响最终建模的质量。尽管如此,无人机航测技术在城市三维建模中的应用前景依然广阔。

随着技术的不断发展,无人机的飞行稳定性、传感器精度以及数据处理算法都在持续改进^[1-2]。在飞行稳定性方面,先进的飞行控制系统和避障技术使得无人机能够在复杂的城市环境中保持平稳飞行,减少因外界干扰导致的飞行偏差,从而获取更高质量的影像数据。传感器性能的提升则为高精度数据采集提供了保障,高分辨率相机和多传感器融合技术的应用,能够同时获取丰富的纹理信息和精确的几何数据,进一步提升模型的细节表现。数据处理算法的优化,如基于人工智能的影像识别和特征提取技术,大大提高了数据处理的效率和精度。

2 精度与效率的矛盾及现存问题

在无人机航测技术应用于城市三维建模的过程中,精度与效率之间的矛盾是制约其进一步发展的关键问题之一。一方面,城市三维建模对数据精度的要求极高,尤其是在复杂的城市环境中,建筑物的高度、形状以及细节特征的准确表达是建模成功的基础。然而,为了达到高精度的目标,无人机航测往往需要降低飞行速度、增加拍摄频率以及采用高分辨率的传感器,这无疑会延长数据采集时间,降低作业效率。高精度数据的处理也对计算资源提出了更高的要求,进一步增加了数据处理的复杂性和耗时性。

另一方面,无人机航测技术的优势在于其高效的数据采集能力,尤其是在大面积的城市区域建模中,能够快速获取丰富的影像数据。然而,这种高效性往往是以牺牲部分精度为代价的^[3-4]。快速飞行可能导致影像的模糊或重叠率不足,影响后续的三维重建精度。无人机在复杂的城市环境中飞行时,受到建筑物遮挡、电磁干扰等因素的影响,也可能导致数据采集的不完整性和不准确性。数据处理环节中,为了提高效率而采用的简化算法可能会丢失部分细节信息,进一步影响建模的精度。无人机航测

技术在城市三维建模中还面临着其他现存问题。

无人机的续航能力有限,单次飞行时间较短,难以满足大规模城市区域的连续数据采集需求。这不仅增加了作业的中断次数,还可能导致数据的不连续性,影响建模的整体性。无人机的飞行安全问题不容忽视,尤其是在人口密集的城市区域,其飞行高度、飞行路径以及避障能力都需要严格控制,以避免对公共安全造成威胁。为此,必须制定完善的飞行规范和安全策略,确保无人机在合法、安全的范围内运行。无人机的避障系统需不断升级,以应对复杂的城市环境和动态障碍物。无人机航测技术在数据处理环节还存在标准化不足的问题,不同软件和算法之间的兼容性较差,导致数据处理的效率和精度受到限制。

3 优化无人机航测技术的策略与方法

为了有效解决无人机航测技术在城市三维建模中精度与效率的矛盾,提升其应用价值,需从技术与流程两方面入手,探索优化策略与方法。在技术层面,提升传感器性能是关键。研发高分辨率、低噪声的成像传感器,能够获取更清晰、更丰富的影像细节,为高精度建模提供基础数据支持。引入多传感器融合技术,将光学相机、激光雷达、红外传感器等不同类型传感器的数据进行整合,可充分发挥各传感器的优势,弥补单一传感器的不足,提高数据的完整性和准确性。激光雷达能够精确测量地形和建筑物的高度信息,与光学影像结合后,可显著提升三维模型的精度。

优化飞行控制系统也至关重要。通过引入先进的飞行控制算法和避障技术,无人机能够在复杂的城市环境中实现更稳定、更精准的飞行。智能飞行路径规划系统可以根据预设的建模区域和精度要求,自动优化飞行轨迹,减少不必要的飞行路径,提高数据采集效率。增强无人机的续航能力,如采用更高效的电池技术或轻量化机身设计,能够延长单次飞行时间,减少作业中断次数,进一步提升作业效率。在数据处理环节,采用高效的算法和工具是提升精度与效率的有效途径^[5-6]。基于人工智能的影像处理算法,如深度学习中的卷积神经网络,能够快速识别和提取影像中的关键特征,减少人工干预,提高数据处理速度。开发标准化的数据处理流程和软件平台,实现不同数据格式和处理算法的无缝对

接, 能够提高数据处理的兼容性和一致性, 减少因软件差异导致的精度损失。

建立完善的质量控制体系也是优化无人机航测技术的重要环节。从数据采集前的飞行参数设置, 到数据采集过程中的实时监控, 再到数据处理后的精度验证, 每个环节都应设置严格的质量控制标准。在数据采集前, 对飞行高度、速度、重叠率等参数进行精准设定, 确保数据获取的完整性和可靠性; 在采集过程中, 通过实时监控系統及时调整飞行姿态和拍摄参数, 避免因环境变化或设备故障导致数据缺失或失真。数据处理后, 采用多维度的精度验证方法, 如与已知地理信息对比、模型细节检查等, 确保模型的准确性和一致性。通过引入误差分析模型和质量反馈机制, 及时发现并纠正数据采集和处理过程中的问题, 确保最终生成的三维模型能够满足城市建模的精度要求。

4 技术优化后的应用效果与案例分析

经过一系列技术优化措施的实施, 无人机航测技术在城市三维建模中的应用效果显著提升, 具体体现在精度、效率以及模型质量等多个方面。在精度方面, 通过传感器性能的提升和多传感器融合技术的应用, 无人机航测能够获取更高分辨率的影像数据和更精确的地形地貌信息。这种高精度数据为城市三维建模提供了更为可靠的纹理和几何基础, 使得模型在细节表现上更加逼真, 能够准确反映建筑物的轮廓、高度以及复杂的结构特征, 满足城市规划、建筑设计和虚拟现实等领域的高精度需求。

在效率方面, 优化后的飞行控制系统和智能路径规划算法显著提高了无人机的作业效率。无人机能够在更短的时间内完成大面积的数据采集, 并且减少了因飞行中断和重复采集导致的时间浪费。高效的影像处理算法和标准化的数据处理流程进一步缩短了从数据采集到模型生成的时间周期, 使得城市三维建模能够更快地响应实际应用需求, 为城市管理和应急响应等场景提供及时的支持。在模型质量方面, 技术优化后的无人机航测技术能够生成更加完整、准确的三维模型。通过质量控制体系的建立和误差分析模型的应用, 模型的精度得到了有效保障, 减少了因数据采集和处理误差导致的模型变形或缺失问题^[7-8]。优化后的技术还提升了模型的纹理质量, 使得城市三维模型在视觉效果上更加真实,

能够更好地服务于城市虚拟漫游、文化遗产保护等应用场景。

在实际应用中, 优化后的无人机航测技术已经在多个城市三维建模项目中得到了成功应用。这些项目涵盖了不同类型的城市区域, 包括老城区的精细化建模、新城区的大规模建模以及复杂地形区域的三维重建。通过对比优化前后的应用效果, 可以明显看出技术优化带来的显著提升。在老城区建模中, 优化后的技术能够更清晰地还原历史建筑的细节, 为文化遗产保护提供了高精度的数字化资料; 在新城区建模中, 高效的作业流程使得大规模区域的三维模型能够在短时间内生成, 为城市规划和建设提供了有力支持。

5 结语

无人机航测技术在城市三维建模中的应用已取得显著进展, 但精度与效率的平衡仍是关键挑战。通过优化传感器性能、飞行控制系统以及数据处理流程, 技术在提升精度、提高效率和增强模型质量方面展现出巨大潜力。未来, 随着技术的进一步发展, 无人机航测有望在更广泛的城市规划、管理与保护领域发挥重要作用, 为智慧城市建设提供更高效、更精准的数字化解决方案, 推动城市三维建模技术迈向更高水平。

参考文献

- [1] 李开鑫. 无人机航测技术在城乡供水改造工程中的应用[J]. 智能城市, 2024, 10(12): 42-44.
- [2] 张金荣. 无人机航测技术在精细化测绘中的应用分析[J]. 工程技术研究, 2024, 9(24): 209-211.
- [3] 温光波. 无人机航测技术在 10kV 电力线路工程测量实践中的运用[J]. 机电信息, 2024, (24): 82-85.
- [4] 王云富. 无人机航测技术在房产测绘中的应用[J]. 中国水运, 2024, (24): 148-150.
- [5] 林喜. 无人机航测技术在 Revit 快速建模中的应用[J]. 测绘技术装备, 2024, 26(04): 88-92.
- [6] 宋广羽. 无人机航测技术在污染土方量测量中的应用[J]. 自动化应用, 2024, 65(23): 10-12.
- [7] 廖敏花. 无人机航测技术在水利工程测量中的应用[J]. 大众标准化, 2024, (20): 139-141.
- [8] 赵睿. 无人机航测在城市工程测量中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, (08): 33-35.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

