

无人机大场景模型在铁路地形图测绘中的应用

彭蔚

南昌轨道交通设计研究院有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v8i6.2358

[摘要] 无人机大场景模型技术凭借其机动灵活、覆盖范围广、数据获取高效、建模精度高等优势,为铁路地形图测绘提供了全新的技术路径。本文基于无人机大场景模型的核心技术原理,系统分析该技术在铁路地形图测绘中的应用流程,通过具体实验验证其测绘精度与应用效果,并结合工程实例展开分析,探讨其在实际应用中存在的问题与优化策略,旨在为无人机大场景模型技术在铁路测绘领域的推广应用提供理论参考和实践借鉴。

[关键词] 无人机; 大场景模型; 铁路地形图; 测绘技术; 精度验证; 工程实例

中图分类号: V279+.2 文献标识码: A

Application of UAV Large Scene Model in Railway Topographic Map Surveying and Mapping

Wei Peng

Nanchang Rail Transit Design and Research Institute Co., Ltd.

[Abstract] The large-scale drone modeling technology, with its advantages of mobility, extensive coverage, efficient data acquisition, and high modeling precision, provides a novel technical approach for railway topographic mapping. Based on the core technical principles of this technology, this paper systematically analyzes its application process in railway topographic mapping. Through experimental validation of its mapping accuracy and practical effectiveness, and by examining engineering case studies, it explores existing challenges and optimization strategies in real-world applications. The research aims to offer theoretical references and practical insights for the promotion and application of large-scale drone modeling technology in railway surveying.

[Key words] UAV; large-scale model; railway topographic map; surveying technology; accuracy verification; engineering example

引言

近年来,随着无人机技术、遥感技术、计算机视觉技术的快速发展,无人机大场景模型技术应运而生。该技术通过无人机搭载高清相机、激光雷达等传感器,能够快速获取大面积区域的影像数据和地形数据,再借助三维建模软件构建高精度的大场景三维模型,从而实现地形地貌的直观呈现和精准测量。与传统测绘方法相比,无人机大场景模型技术具有机动灵活、作业效率高、覆盖范围广、测绘精度高、数据直观性强等优势,在铁路地形图测绘中具有广阔的应用前景^[1]。因此,深入研究无人机大场景模型在铁路地形图测绘中的应用,对于提升铁路测绘效率和精度,推动铁路工程建设高质量发展具有重要的现实意义。

1 无人机大场景模型核心技术原理

1.1 传感器技术

传感器是无人机获取地形数据和影像数据的核心设备,其性能直接决定了测绘数据的精度和丰富度。在铁路地形图测绘中,无人机搭载的传感器主要包括高清数码相机、激光雷达(LiDAR)、红外传感器等。高清数码相机是无人机大场景模型数据获取的最常用传感器,能够获取高分辨率的可见光影像数据。通过多角度、多方位的影像拍摄,能够为三维建模提供丰富的纹理信息。激光雷达(LiDAR)是一种主动式遥感传感器,通过发射激光脉冲并接收反射信号,能够快速获取目标物体的三维空间坐标信息。与高清数码相机相比,激光雷达具有不受光照条件限制、能够穿透植被遮挡、测量精度高等优势,适合在复杂地形、林地覆盖等区域开展铁路地形图测绘工作。红外传感器主要用于获取目标物体的红外影像数据,能够识别物体的温度差异,适合在夜间、大雾等恶劣天气条件下开展测绘工作^[2]。

1.2 影像数据获取技术

影像数据获取是无人机大场景模型构建的基础,其质量直接影响三维模型的精度。无人机影像数据获取技术主要包括飞行规划、影像拍摄参数设置等方面。飞行规划是影像数据获取的前提,需要根据铁路工程的测绘范围、地形条件、精度要求等因素,合理规划无人机的飞行航线、飞行高度、飞行速度等参数。在飞行规划过程中,应确保飞行航线能够全面覆盖测绘区域,避免出现遗漏区域。影像拍摄参数设置主要包括快门速度、光圈、ISO等参数的调整。在设置拍摄参数时,应根据光照条件、天气情况等因素,合理调整参数,确保影像的清晰度和对比度。

2 无人机大场景模型在铁路地形图测绘中的应用流程

2.1 数据获取

数据获取是无人机大场景模型测绘的核心环节,通过无人机搭载传感器,按照规划的航线开展飞行作业,获取测区的影像数据和地形数据。在数据获取过程中,应严格按照飞行规划参数执行,确保数据获取的质量和效率。在飞行作业前,需要对测区的天气情况进行再次确认,确保天气条件符合飞行要求。同时,要清理飞行起降场地,确保起降场地平整、无障碍物。在飞行作业过程中,操作人员应密切关注无人机的飞行状态、电池电量、信号强度等参数,及时处理飞行过程中出现的问题。对于采用高清数码相机的无人机系统,在数据获取过程中,应确保影像拍摄的连续性和完整性,避免出现漏拍、重拍等情况。同时,要注意影像的清晰度和对比度,及时调整拍摄参数,适应不同的光照条件。飞行作业完成后,应及时将获取的影像数据和地形数据传输到数据处理设备中,并对数据进行初步检查。检查内容主要包括数据的完整性、清晰度、是否存在噪声等^[3]。

2.2 三维建模

密集点云生成是通过影像匹配技术,获取大量的地形特征点三维坐标,形成密集的点云数据。密集点云生成的精度和密度直接影响三维模型的质量,在生成过程中,应根据影像的质量和精度要求,合理设置相关参数,确保密集点云数据能够真实反映地形的起伏变化。三维网格构建是将密集点云数据进行网格化处理,形成三维地形的框架结构。三维网格构建算法主要包括泊松重建算法、阿尔法形状算法等,不同的算法适用于不同的点云数据类型和地形条件。在构建三维网格时,应根据点云数据的特点,选择合适的算法,并对网格进行优化,去除冗余的网格面,提高三维模型的流畅性。三维模型构建完成后,需要对模型进行质量检查。检查内容主要包括模型的精度、完整性、纹理质量等。对于存在精度问题的模型,应重新进行数据处理和建模;对于存在纹理问题的模型,应重新进行纹理映射处理,确保三维模型的质量符合要求。

2.3 成果输出与应用

无人机大场景模型测绘成果在铁路工程中的应用主要包括铁路线路选线、桥梁隧道选址、施工放样、竣工验收等方面。在铁路线路选线阶段,利用三维地形图和DEM数据,能够直观分析不同线路方案的地形条件、工程难度和投资效益,选择最优的线

路方案;在桥梁隧道选址阶段,通过三维模型能够清晰呈现选址区域的地形地貌和地质条件,为桥梁隧道的设计和施工提供科学依据;在施工放样阶段,利用无人机测绘成果能够精确定施工点位的坐标,指导施工人员进行施工;在竣工验收阶段,通过对比施工前后的无人机测绘成果,能够评估工程建设的质量和效果。

3 工程实例分析

3.1 项目概况

本次选取某城际铁路K15+300至K22+800段作为实验测区,该路段全长7.5km,途经低山丘陵区与河谷平原过渡地带,地形起伏较大,部分区域覆盖茂密林地,通视条件较差。项目核心需求为完成1:1000比例尺地形图测绘,为线路方案设计、桥梁选址及后续施工放样提供高精度地形数据,要求平面位置中误差不超过0.5m,高程中误差不超过0.3m。考虑到传统测绘方法在复杂地形区域作业效率低、难度大的问题,本次项目采用无人机大场景模型技术开展测绘工作。

3.2 实施过程

(1) 设备选型与参数规划。选用多旋翼无人机平台,搭载高清倾斜摄影相机(像素2000万)与激光雷达传感器,结合测区地形与精度要求,规划飞行高度150m,航向重叠度80%,旁向重叠度70%,飞行速度6m/s,航线采用平行四边形方式覆盖全测区,确保无遗漏区域。同时,在测区周边布设8个地面控制点,采用GNSS静态测量方法获取精准坐标,用于后续数据处理的约束优化。

(2) 数据处理与建模:采用专业三维建模软件进行数据处理,首先对影像数据进行畸变校正,通过SIFT算法完成影像匹配,结合地面控制点开展区域网平差,解算影像外方位元素;随后融合激光雷达点云数据与影像数据,进行点云去噪、滤波分类处理,去除植被、噪声点干扰,保留地面点数据;最后通过泊松重建算法生成密集点云与三维网格,叠加影像纹理信息,构建测区高精度大场景三维模型。

(3) 成果验证与输出。从测区选取20个检查点,采用全站仪实测坐标与三维模型提取坐标进行对比验证,同时输出1:1000比例尺数字线划图(DLG)、数字高程模型(DEM)及三维可视化模型。

3.3 应用成果与效益分析

(1) 精度验证结果

20个检查点的平面位置中误差为0.32m,高程中误差为0.21m,均满足项目设定的精度要求,且优于传统全站仪测绘的精度水平(传统方法同区域实测平面中误差0.48m,高程中误差0.35m)。

(2) 作业效率提升。本次无人机测绘工作从数据获取到成果输出全程耗时2天,而采用传统全站仪与水准仪组合测绘方法,完成同区域测绘工作需12天,作业效率提升约5倍,大幅缩短了项目前期筹备周期。

(3) 实际应用效果。基于构建的大场景三维模型,设计人员可直观查看测区地形地貌、林地分布及河谷走向,快速对比3套

线路方案的地形适应性与工程难度,最终选定的线路方案比初始方案减少隧道长度280m、桥梁桩基数量12根,降低工程投资约1800万元;同时,三维模型与后续BIM设计模型无缝对接,为施工放样提供了精准的空间坐标参考,有效提升了施工准备阶段的工作效率。

4 无人机大场景模型在铁路地形图测绘中的优势与挑战

4.1 应用优势

与传统铁路地形图测绘方法相比,无人机大场景模型技术具有以下显著优势:一是作业效率高。无人机能够快速获取大面积区域的影像数据和地形数据,作业效率是传统测绘方法的5-10倍。例如,在本次实验中,无人机仅用2个小时就完成了5平方公里的影像数据获取工作,而采用传统全站仪实测法需要10个小时以上。同时,无人机大场景模型的数据处理和建模过程能够实现自动化、智能化,进一步提高了作业效率。二是测绘精度高。无人机搭载的高清数码相机和激光雷达等传感器具有较高的分辨率和测量精度,结合先进的三维建模技术和空中三角测量技术,能够实现高精度的地形图测绘^[4]。本次实验结果显示,无人机大场景模型的平面位置中误差和高程中误差均满足铁路工程的精度要求,且精度水平不低于传统测绘方法。三是机动灵活性强。无人机能够实现垂直起降,不需要专门的起降场地,适合在地形复杂、作业空间狭小的区域开展作业。对于山区、林地等通视条件较差的区域,无人机能够轻松穿越,获取传统测绘方法难以获取的地形数据。同时,无人机能够根据测区的地形条件和精度要求,灵活调整飞行航线和飞行参数,提高测绘工作的适应性。

4.2 面临的挑战

尽管无人机大场景模型在铁路地形图测绘中具有显著的优势,但在实际应用过程中仍面临一些挑战:一是恶劣天气条件的影响。无人机的飞行作业受天气条件影响较大,在大风、暴雨、大雾、高温、低温等恶劣天气条件下,无人机的飞行稳定性和安全性会受到严重影响,无法开展正常的测绘作业。同时,恶劣天气条件还会影响影像数据的质量,导致影像模糊、对比度低等问题,降低三维模型的精度。二是复杂地形区域的建模难度大。在山区、峡谷等复杂地形区域,地形起伏剧烈,地物类型复杂,影像匹配和空中三角测量的难度较大,容易出现匹配错误、精度下降等问题。三是数据处理工作量大。无人机大场景模型测绘会产

生大量的影像数据和点云数据,这些数据的处理需要消耗大量的时间和计算资源。尤其是在构建大面积、高精度的三维模型时,数据处理工作量巨大,需要高性能的计算机设备和高效的数据处理算法支持。

5 优化策略

针对无人机大场景模型在铁路地形图测绘中面临的挑战,提出以下优化策略:一是加强无人机平台和传感器技术研发。加大对无人机平台稳定性和适应性的研发力度,提高无人机在恶劣天气条件下的飞行能力。二是优化三维建模算法。针对复杂地形区域的建模难题,优化影像匹配算法和空中三角测量算法,提高算法的抗干扰能力和匹配精度。三是构建高效的数据处理平台。利用云计算、大数据等先进技术,构建分布式的数据处理平台,实现对大量影像数据和点云数据的并行处理,提高数据处理效率。

6 结论

本文通过对无人机大场景模型核心技术原理的梳理,构建了其在铁路地形图测绘中的应用流程,并结合具体工程实例验证了该技术的测绘精度和应用效果。研究表明,无人机大场景模型技术具有作业效率高、测绘精度高、机动灵活性强、数据直观性强、作业成本低等优势,能够满足铁路工程地形图测绘的精度要求,有效克服了传统测绘方法在复杂地形区域的局限性。综上所述,无人机大场景模型技术为铁路地形图测绘提供了一种全新的技术路径,具有重要的理论意义和实践价值,值得在铁路工程建设中大力推广应用。

[参考文献]

- [1]刘小生,吴杭彬.基于无人机的铁路地形图测绘精度分析[J].铁道勘察,2019,45(03):1-4.
- [2]陈杰,王晏民.无人机三维建模技术在地形测绘中的应用研究[J].测绘工程,2020,29(02):33-37.
- [3]朱庆,胡翰.倾斜摄影测量技术在复杂地形测绘中的应用[J].武汉大学学报(信息科学版),2016,41(08):1009-1015.
- [4]李德仁,王密,潘俊.无人机遥感技术发展与应用[J].地理空间信息,2014,12(05):1-4.

作者简介:

彭蔚(1986-),男,汉族,江西省萍乡市人,中级工程师,大学本科,研究方向:测绘专业在铁路、轨道交通工程中的应用。