

倾斜摄影测量城市实景三维建模技术分析与实践应用

杨晓棠

新疆疆海测绘科技有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i1.2121

[摘要] 本文提出高精度立体建模方案,适用于实际工程需求并对其进行空间与地面协同监控的具体实施,确保城市数据采集的完整性和精确性。文章分析了倾斜摄影测量城市实景三维建模关键技术,结合具体案例构建实景三维模型,经过严格的误差分析检验倾斜摄影测量城市实景三维建模技术的准确性和可靠性,研究结果为城市规划、建筑设计、防灾减灾等应用提供坚实的基础。

[关键词] 倾斜摄影; 城市实景; 三维建模技术

中图分类号: P23 文献标识码: A

Analysis and practical application of 3d modeling technology of urban real scene by oblique photogrammetry

Xiaotang Yang

Xinjiang Jianghai Surveying and Mapping Technology Co., Ltd

[Abstract] This paper proposes a high-precision 3D modeling scheme suitable for practical engineering needs and its specific implementation in spatial and ground collaborative monitoring, ensuring the completeness and accuracy of urban data collection. It analyzes key technologies for 3D modeling of real-world urban scenes using oblique photogrammetry, constructs real-world 3D models through specific case studies, and rigorously evaluates the accuracy and reliability of oblique photogrammetry for 3D modeling of real-world urban scenes. The research findings provide a solid foundation for applications such as urban planning, architectural design, and disaster prevention and mitigation.

[Key words] oblique photography; urban reality; 3D modeling technology

引言

近年来倾斜摄影技术发展迅速,尤其在“中国真实立体”背景下促进了倾斜影像城市实景三维建模技术的开发与应用,三维数字化城市构建不仅能够直观地展现城市空间要素,而且对于推动我国可持续发展,促进交通、餐饮、旅游业等产业的健康发展具有重要的现实意义。传统的三维建模方法存在成本高、受外部环境影响较大、生产效率低等不足,倾斜摄影测量作为新测绘技术,相较于传统方法具有高精度、高综合性的优势。

1 倾斜摄影测量城市实景三维建模关键技术分析

倾斜摄影测量技术通过多个探测器从垂直及倾斜五个方向同步获取目标表面与侧面图像,基于计算机辅助最小化人工干预,构建城市实际场景的三维模型。倾斜摄影测量三维建模过程包括从航摄规划到模型优化的多个环节,具体为航空器与摄影机的选择、航线规划、倾斜摄影航拍、控制点测量、影像处理、POS数据解算、空中三角测量以及三维模型构建与优化等步骤。技术路线如图1所示。

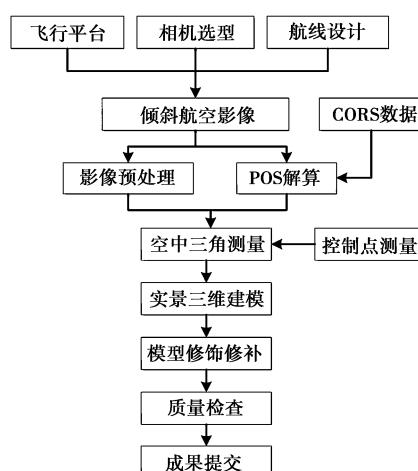


图1 倾斜摄影实景三维建模技术路线

1.1 航摄平台选型与航线设计。在当前倾斜摄影中飞行平台主要包括旋翼无人机、固定翼无人机、动力三角翼,能够适应从低空到高空不同高度范围内的多种任务需求,为了提升飞行器

的效能采用大范围倾斜实景三维模型构建技术尤其适用于高空飞行机型。对于同一型号的倾斜摄影机,随着飞行高度的提升成像分辨率会相应下降,选择合适的倾斜摄影机以实现高精度三维数据采集,满足用户对三维模型真实感的需求,在实际应用中图像分辨率与图像间的重叠程度直接决定了三维建模的准确性。在倾斜摄影测量中通常要求图像重叠率至少达到70%以上,为了保证三维建模结果的准确性并减少建筑物间的相互干扰,特别是在城市普通建筑区域航线设计时的图像重叠率分别设定为80%和70%;对于高层建筑密集区域还要综合考虑各楼层间的实际重叠情况,在航路规划中适当增加重叠区域,确保三维建模的精确性和完整性^[1]。

1.2 像控点布设。在保证模型准确度的前提下综合考量经济成本、工期限制以及质量标准等因素选择最佳的影像控制点布置方案,针对城市倾斜影像控制点的布置将常规影像点按照不同区域进行划分,其中平原区域应在1km²以上的区域内布置1个以上的影像控制点,在该区域的边缘区域适当增加影像控制点的数量。

1.3 倾斜空三测量。在当前的倾斜摄影空三处理领域主要采用POS(Position and Orientation System)进行空三解算,涉及两个核心步骤:连通点的获取与射束法的面积网平差。针对倾斜影像现有的连接点检测方法主要适用于接近垂直方向的图像,对于倾斜图像的处理效果并不理想,通常情况下以POS多视图像外部定向要素作为初始值,结合尺度不变特征变换等技术对多视角图像中的特征节点进行识别实现图像间节点的匹配。基于波束的面积网平差理论因其严密性成为目前主流的空间三观测方法,适用于多视角空间三观测,通过将测区图像中的像控点与地面控制点进行匹配,利用平差法计算出连接点的大地坐标和影像的外部定向参数。通常情况下一次空三计算即可得到空三结果,但在某些情况下可能会出现数据不满足精度要求的情况,导致空三数据中出现误差,剔除不符合条件的数据后进行二次或多次空三计算,获得更为准确的空三结果^[2]。

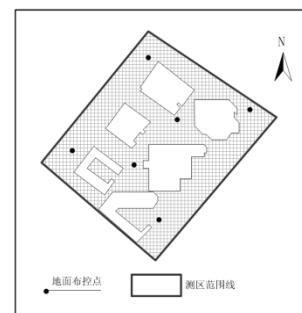
1.4 三维建模。三维建模利用图像的几何信息采用图像匹配技术,自动识别并匹配图像中的同名点提取出丰富的特征点生成稠密点云。在此基础上结合空间三维坐标信息构建三角不规则网络(TIN),通过三维立体模型技术实现模型的自动化生成,此外通过应用倾斜摄影测量技术进一步完善三维模型的自动生成过程。

1.5 模型优化。在空中摄影测量的三级场景中由于航摄盲区、地物反射特性、不同航摄时段的光照变化、图像重叠度、图像分辨率以及定位与姿态系统数据的精度等因素的影响存在大量虚拟区域,如无三角形网格支撑的模型悬浮、纹理变形以及纹理阴影等问题。针对水体表面的空洞缺陷以及建筑物玻璃幕墙上的视觉破洞可以通过人机交互的方式进行精确的修改与修复,为了提升三维模型的品质和视觉效果通常要将待修复的模型数据导入至第三方软件进行处理,修复完成后再进行模型的重新构建。

2 倾斜摄影测量城市实景三维建模技术实践应用

2.1 项目概况。新疆高昌区某项目位于新疆维吾尔自治区东部,地处天山支脉博格达山南麓,吐鲁番盆地中部,四面环山在群山环抱中形成了一个长条形深陷洼地,地势北高南低,中间凹进,该区域北部低山区与斜坡平原区、中央为火焰山及盐山、南部为斜坡平原或低洼的盐碱地。以高昌区某项目为研究对象,构建“一城十区”的三维立体模型,模型覆盖面积为13690km²。

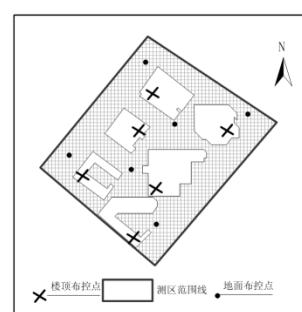
2.2 建筑场景空地联合布控方案。
①地面布控。选取视野开阔且无遮挡的地形,依据边界与中央相结合的影像处理方法,确保影像的完整性与一致性,捕捉地表的细微变化,如图2(1)。
②建筑楼顶布控。在实验场地周边及中心区域的高层建筑顶部设置影像控制点,充分利用高空视野优势,有效解决高层建筑密集区域的地表监控盲区问题,提升三维立体建模的垂直精度,如图2(2)。
③联合布控点。综合了方法①与方法②的优势实现了空中与地面监控的融合,不仅全面覆盖了地表关键区域,而且通过在屋顶部署监控设备,有效缓解了因高度差异导致的信息不对称问题,实现了空地一体化、多层次、全方位的监控管理,如图2(3)。



(1) 地面布控



(2) 建筑楼顶布控



(3) 联合布控

图2 像控点布控方案

2.3 倾斜影像获取。研究以SWDC-5型航拍机为研究主体、无人机技术为研究核心采用GPS/POS技术作为主要研究方法,通过处理航测数据获取遥感图像的空间定位信息。在此基础上运用专业的航路规划软件,实现航路交迭率高达66%,侧向交迭率达到30%,在实际飞行操作中各摄像机将依据既定路线调整相应的曝光参数,确保图像的全面曝光^[3]。

2.4 倾斜影像加工。研究计划采用倾斜摄影测量技术实施倾斜影像的几何校正、区域网平差以及倾斜影像匹配等关键步骤,对每一影像的平差结果进行分配,确保影像中每个像素点能对应至实际地理坐标,实现倾斜影像的实时测量,构建能够满足实际应用需求的倾斜影像数据库。

2.5 实景三维建模。运用基于SkylinePhotoMesh7.0的自动化三维建模技术对标准的二维图像进行快速、自动化的批量处理,生成具有纹理特征的三维网格模型,通过整合多源、多格式、多分辨率的图像数据实现对数字地表模型(DSM)点云生成、三角网(TIN)建模、纹理映射等关键步骤的自动化处理,达成三维场景的自动生成^[4]。

2.6 精度评定。为评估倾斜影像模拟的准确性在野外设置了10个观测点并在各区域均匀分布了10个观测点,通过应用全球定位系统(RTK)技术对检查点的坐标及高度进行测定和野外测绘工作,在三维模型中定位点,通过对计算结果与实际值差异的统计分析获取三维建模的精确度,相关数据详见表1。

表1 检查点误差结果

检查点编号	X坐标误差/m	Y坐标误差/m	高程误差/m
01	0.021	0.006	0.002
02	0.033	-0.063	0.135
03	0.003	0.018	0.004
04	0.075	0.089	0.006
05	0.021	0.084	0.050
06	0.034	0.065	0.012
07	0.016	0.018	0.030
08	0.023	0.200	0.025
09	0.007	0.054	0.017
10	0.105	0.238	0.023

根据表1数据计算可知在实际的三维建模过程中X轴方向的最大误差值为0.034m,Y轴方向的最大误差值为0.238m,而高程误差为0.135m,误差满足本研究的精度要求表明所得结果具有较高的精确度。

(1)城市实景的三维立体结构展现出整体性,定位精确无误,具有强烈的现实感,与所获取的航空摄影图像高度一致。(2)三维建筑模型精确地再现了屋顶和外墙的关键属性,在200米的视角下,可以观察到模型未出现明显的拉伸变形,结构中无空洞、无偏视现象。然而由于建筑的高密度和高度特性位置可能受到一定影响,导致了部分房屋的侧面纹理无法被捕捉,使模型无法全面展现房屋的完整结构,可能产生一定程度的拉伸变形。(3)城市建筑物的高度与宽度参数与现场实际测量结果一致,各建筑

模型的高度误差控制在10%以内。

2.7 制作标准。第一,对于常规的斜顶结构,三维模型计算厚度通常不作强制性要求,然而对于规模较大的建筑结构如屋檐、牌坊、凉亭以及古典建筑等依据具体的设计要求进行计算与设计;栏杆设计应遵循实体性原则,通常无需在两侧独立设置附加构件,其截面厚度应根据建筑物的规模进行合理选择,一般在0.3~0.5m之间;对于临街建筑应根据实际情况增设女儿墙,对于背街且层数达到或超过六层的既有住宅建筑可免设防护栏^[5];在楼梯井中应用了具有倾斜特性的材质贴图,同时外墙上的观光升降机可作为映射的材质。在进行纹理复制的过程中对特定信息如文本进行精确操作;基于现场照片及图像资料确定疏散出口的具体位置。

第二,在城市建筑环境中邻近建筑物及街道的大型广告牌通常采用实心材料构建,厚度为0.2~0.4m。基于工程实例研究构建了相应的墙体结构模型,针对裙楼式建筑结构对大楼的突出部分及其支撑结构进行详细设计,避免在建筑内部形成单面墙体的不利情况。

第三,在建筑设计中优先考虑采用斜面图像纹理作为建筑物的材质,如果存在其他建筑物遮挡情况采取适当措施进行处理。对于建筑物结构被植物覆盖的情况,如果覆盖面积不超过20%无需特别处理;如果覆盖面积超过20%进行室内数据处理以补充缺失纹理;如果场景为室内环境应通过实地拍摄来完成纹理的补全工作。

3 结论

研究中以高昌区某项目的三维空间结构为研究对象,利用高分辨率遥感影像与激光扫描点云数据作为主要信息源,构建三维场景建模的技术方法,研究的成果预期将对城市空间规划与设计、紧急救援决策支持、智慧警务、生态恢复、物业监管、治安维护以及城市管理等多个领域产生深远的理论价值和实际应用影响。

参考文献

[1]罗威,席骁.倾斜摄影测量技术在城市实景三维建模中的应用[J].大众标准化,2024,(23):122~124.

[2]覃雪梅,谭仁春,覃建华.基于倾斜摄影测量的实景三维建模及单体化技术研究[J].测绘技术装备,2024,26(4):122~126.

[3]吴钢琴.倾斜摄影测量在城市实景三维建模中的应用研究[J].智慧城市,2024,10(11):48~50.

[4]赵鼎杰,郑志勇.倾斜摄影测量技术在城市级实景三维模型生产中的应用研究[J].工程与建设,2024,38(04):795~797.

[5]王耀.基于无人机倾斜摄影技术的城市三维实景建模研究[J].长春师范大学学报,2023,42(02):103~107.

作者简介:

杨晓棠(1998--),女,汉族,江苏省邳州人,本科,助理工程师,从事研究方向:航空摄影测量与遥感, GIS。