

无人机倾斜摄影数据的实景三维建模分析

李明明

瞰景科技发展(上海)有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v6i5.1588

[摘要] 利用无人机倾斜摄影数据生成实景三维模型,需了解无人机、倾斜摄影技术、实景三维的具体含义。本文结合实际案例展开流程分析,经外业航测、布置像控点、航线参数设定、空中三角测量、实景三维建模等过程进行分析,以构建高质量的实景三维模型满足各行业的应用需求,为各行业提供真实、高精度、可量测的数据支撑。

[关键词] 无人机; 倾斜摄影; Smart3D; 实景三维建模

中图分类号: V279+.2 **文献标识码:** A

Analysis on Realistic 3D Modeling of UAV Tilt Photography Data

Mingming Li

Kanjing Technology Development (Shanghai) Co., Ltd

[Abstract] To generate a realistic 3D modeling by using UAV tilt photography data, it is necessary to understand the specific meanings of UAV, tilt photography technology, and realistic 3D. This article conducts process analysis based on practical cases, and analyzes the processes of field aerial surveys, arrangement of image control points, route parameter settings, aerial triangulation, and real 3D modeling to build high-quality realistic 3D modeling to meet the application needs of various industries and provide realistic, high-precision, and measurable data support for various industries.

[Key words] UAV; tilt photography; smart3d; realistic 3D modeling

引言

进入新时期以后,计算机网络技术的飞速发展,使得社会提前进入信息化时代,而各种信息化技术、设备的应用,为数字化城市建设提供了更大的可能性,以无人机倾斜摄影为代表的实景三维新技术的应用,在城市规划、智慧城市等方面发挥着不可替代的作用,尤其是实景三维在智慧城市时空底座建设方面,推动了城市一体化、智能化发展。

1 主要概念阐释

1.1 无人机技术

无人机技术,指的是采用无线遥控设备操控无人机而执行相关任务的技术,按照无人机重量、大小不同,划分为多种类型:大型、小型无人机。凭借携带方便、操作简单、成本低廉等优势,无人机在测绘、农林、水利、安防、国土、城建等领域应用较为广泛。

1.2 倾斜摄影技术

倾斜摄影技术,是一项在飞行器上搭载单镜头相机或多镜头相机对地面进行非垂直角度的航空摄影技术。具有以下特征:①可进行大范围摄像,因无人机飞行高度有限,若垂直摄像,范围较窄,而倾斜摄像,可在无人机上装置若干角度不同的摄像机

组,全方位勘测地面数据,提升勘测效率^[1]。②多角度提升拍摄清晰度,在实景三维建模时,对数据采集效率、全面性有较高要求,而传统的数字正射影像方式,只能拍摄到实物顶部纹理,难以拍摄到侧面纹理,而无人机倾斜摄像可解决该项问题,构建三维实景模型。③成本低,即该项摄影技术能降低成本消耗,控制资源投入量。

1.3 实景三维建模

实景三维是对人类生产、生活和生态空间进行真实、立体、时序化反映和表达的数字虚拟空间,是新型基础测绘标准化产品,是国家新型基础设施建设的重要组成部分,为经济社会发展和各部门信息化提供统一的空间基底^[2]。实景三维建模,是利用新型基础测绘的技术手段对实景三维进行高质量高效的生成过程。

2 案例分析

为深度探究在城市实际环境中基于无人机倾斜摄影数据的实景三维建模过程,以国内某一城市为例,对2km²的城市区域进行倾斜航空摄影,获取数据并生成实景三维模型。结合该城市区域相关测绘资料可知,测量区域范围东西方向、南北方向长度各为2km×1km,在实地勘测时发现测区内地形相对平坦,

但各种建筑物比较密集。根据该区域项目的要求,因此航飞设计方案中的地面影像分辨率为0.03m。结合其实际需求,展开数据采集、建模工作。

3 基于无人机倾斜摄影数据的实景三维建模策略

3.1 外业航测

选择飞马D2000系列无人机进行倾斜摄影,关注以下要点:

①该无人机的姿态检测、飞行控制等可通过无人机飞行器控制系统操控实现;在无人机上搭载D2000倾斜相机收集数据,同步拍摄、一键读取输出任务^[3]。②在现场勘探后,制定无人机航飞方案,确定航飞要点,规划航摄区域,分区、均匀完成航飞任务;拍摄时合理选择无人机航向、相关参数,主要是因无人机倾斜摄影时无人机飞行高度一定程度上决定着图像分辨率,在设定飞行高度时,可按照以下公式1展开计算:

$$\frac{\alpha}{GSD} = \frac{f}{h} \rightarrow h = \frac{GSDF}{\alpha} \quad (\text{公式1})$$

其中 α 指的是像元尺寸;GSD指的是地面实际分辨率参数; f 指的是无人机航测时数码摄像机镜头实际间距参数; h 指的是无人机飞行高度参数。

③考虑到拍摄区内地势平缓、建筑物密集,可将无人机航飞高度初步设定为 $\leq 150\text{m}$ 的水平。此外还需关注航测时的天气变化,尽量选择无风、晴朗天气收集摄影数据。④完成拍摄后,进行摄影图像检查,确保能覆盖整个测量区域,无漏洞、破损图像,且在颜色、清晰度等方面有所保障。

3.2 布置像控点

为提升倾斜摄影测量精度,保障建模精度,应在测区均匀布置像控点,布设像控点要求:①结合拍摄区域内的区域网完成布置工作,确保每个点位间隔均匀,让基于此像控方案生成的三维实景模型与实际贴合,保障地理位置精度^[4]。②像控点布设的一般规则为10000—20000个像素即300—600米布设一个点,本项目采用500米布设一个点,在经过公路、河道、带状区域时,按照“Z”字形布置。③在布置时还需考虑相关区域像控点在视野、预计被破坏程度、地物明显程度等方面的影响,并使用GPS设备采集像控点数据和点之记。④相片重叠度:包括航向重叠度、旁向重叠度,按照低空摄影测量标准,要求前者维持在60%—80%之间,后者应维持在15%—60%之间,若检测地区地表起伏较大,应适当增加影像重叠度。影像重叠度对建模精度影响较大,重叠度越高,相片之间的公共点越多,则精度越高,与此同时,产生的相片数据量亦会越多,数据存储、数据处理量也随之增多,故而需合理布控像控点,设定重叠度,避免出现过高或者过低的情况,满足基本需求。

3.3 航线参数设定

航线规划是无人机倾斜摄影的关键所在,应结合无人机性能、测区地形进行设计,整体化分析测区相关资料,设定飞行方向、航线长度,可按照下式2、3确定:

$$T = L_a(1 - c_a) \times \frac{H}{f} \quad (\text{公式2})$$

$$R = L_b(1 - c_b) \times \frac{H}{f} \quad (\text{公式3})$$

上式中: T 指的是实地航线长度; L_a 指的是相片长度; c_a 指的是相片航向重叠度; R 指的是实地航线间隔; L_b 指的是相片宽度; c_b 指的是相片旁向重叠度。

在航线规划时,确保参数布设能略微超过测区范围,以此来保证搜集到测区边缘数据,避免返工补测,为保证采集数据质量,注意以下要点:避免早、晚航行,可能会受较长建筑物阴影影响;同一架次航飞时间控制在限定时间内,缩短同一天、同分区架次相隔时间,跨天采集数据时,选择每天固定时间段飞行;在做完地面准备工作后,安装无人机设备,开展地面控制系统、无人机联机调试,将规划的航线数据、相关参数等借由地面控制系统输送到无人机飞行控制系统中,按照计划完成飞行任务,在飞行过程中采集数据,存储影像数据与POS数据,地面技术人员需定期检查无人机影像,避免遗漏。

3.4 空中三角测量

空中三角测量,可选实景三维中国建设的主要建模软件瞰景Smart3D实景三维建模系统软件(简称“瞰景Smart3D”)来实现,空中三角测量精度应符合以下要求:(1)相对定向精度采用影像自动匹配连接点的反投影中误差来表示;(2)反投影中误差应不大于1个像素,最大残差不超过3个像素,坐标残差应小于1个像素;(3)每个像对连接点应分布均匀,且连接点的数量大于30个点;(4)自动匹配点不能连接影像时,应人工手动添加连接点,人工连接点宜在影像距中心2/3幅面内;(5)控制点残差要求小于1个像素;(6)检查点的误差要求小于3个像素;(7)像控点对应未刺影像的预测误差,要求小于3个像素;(8)影像解算后的曝光点的分布要求与航飞规划设计一致;(9)通过三维可视化窗口查看空三稀疏点云表达的地物没有明显分层或飞点。

3.5 实景三维建模

内业处理的第二个步骤为三维重建,基于空中三角测量解算的照片的内外方位元素生成实景三维模型。主要包含四个步骤:密集匹配、三角网全局构建、三角网的优化和简化、纹理映射等步骤。这一步骤中密集匹配是一个计算量非常大的计算过程,因此需要利用GPU的计算优势,实现基于GPU的密集匹配算法,大幅提升密集匹配性能。为了满足大面积三维重建的项目需求,需要用到带有GPU算力的集群计算才能满足高效的三维重建的需要。本项目中使用了带有20个计算节点的KWS密集集群机柜和瞰景Smart3D建模软件进行高效的工作,将实景的多幅重叠影像上传到软件,结合各影像坐标搭建模型,再将纹理映射到模型表面,将所获取的相片、像控点坐标、POS数据等导入系统,设置坐标系系统、相关参数等,软件能自动生成对应的三角格网模型,

分辨率高,能展示地面建筑的基本形状、地表细节等,虽然该区域2平方公里的数据仅用2小时即生产完了该区域的三维模型,但仍有难以处理镜面地物的缺陷,如玻璃、水域等,故而需辅以其他作业手段,如在谷歌地球数据中搜索对应的水域参数,直接上传到软件中,辅助完善三维模型。

3.6 模型精度评价

为保证生成的实景三维模型满足项目的实际要求,应进行模型精度评价。包括:①位置精度评价,主要集中在三维模型中的12个点位,通过实测的检查点与模型上量测的点位坐标进行比较,得出实景三维模型坐标精度统计实测表,如下表1所示。

表1 实景三维模型坐标精度统计实测表

点号	实测坐标/m			模型坐标		
	X	Y	H	x	y	h
F01	10xxx.340	56xxx.788	5.134	10xxx.380	Xxxxx	Xxxxx
F02	10xxx.843	56xxx.806	8.178	10xxx.830	Xxxxx	Xxxxx
F03	10xxx.646	56xxx.368	23.157	10xxx.652	Xxxxx	Xxxxx
.....
F11	10xxx.286	56xxx.297	34.105	10xxx.298	Xxxxx6	Xxxxx
F12	11xxx.25	56xxx.488	3.017	11xxx.273	Xxxxx	Xxxxx

注:由于涉及地理位置坐标,为防止泄密,以xxxxx替代具体数字。

②结合上表1给出的各项测量数据,展开精度计算,具体计算方式如下所示:

$$D_x = \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \Delta(X-x)_i^2} = 0.045 \quad (\text{公式4})$$

$$D_y = \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \Delta(Y-y)_i^2} = 0.043 \quad (\text{公式5})$$

$$D_H = \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (H-h)_i^2} = 0.006 \quad (\text{公式6})$$

结合以上计算结果可知,X方向、Y方向、H方向的误差分别为0.045m、0.043m、0.06m,误差值均小于0.09m,精度合格。

3.7 建模优化策略

不同的行业的应用对实景三维模型的要求也不一样。在实际项目中应根据项目的具体需求生成相应的实景三维模型。通常会对建模过程加以优化:①空地多源数据融合建模保障模型细节环节,如对测区内的关键标志物采用环绕飞行、手持数码相机拍摄更高分辨率的数据来参与精细化建模。②三维模型的局部编辑,如纹理清晰度不一致、贴图有拉花、瓦片间色彩不一致等,可以通过对原始照片的匀色或调整后再次进行编辑。或者通过修模软件对局部模型的结构或者纹理进行修补,达到满足应用要求的效果。③提高模型的绝对位置精度,可以通过增加局部控制点提升模型的绝对位置精度^[5]。④模型成果应不存在模型或纹理缺失,水平以上任意角度观察时模型应无拉花现象,平面区域应平整无漏洞和起伏,地面以下应无悬浮物。且除突出尖角的目标外,模型表面的几何精度(长度、位置等)误差应不超过影像分辨率的3倍。

4 结语

综上,文章就基于无人机倾斜摄影数据的实景三维建模展开了综合论述与分析,详细介绍了实景三维模型生成的全流程,也肯定了实景三维作为一项直观、高精度、可量测的数据成果在各行各业中的优点,同时也应明确以上所提出建模方法在实际应用中的优势与不足,发扬优势、弥补不足,最大化地将实景三维模型应用到人类生产、生活和生态空间中。

[参考文献]

- [1]李兴久.浅谈无人机倾斜摄影技术在城市实景三维建模中的应用[J].测绘标准化,2021(1):75-78.
- [2]自然资源部办公厅.自然资源部办公厅关于印发《实景三维中国建设技术大纲(2021版)》的通知[J].自然资源通讯,2021(16):21-24.
- [3]颜明捷.无人机倾斜摄影技术在城市实景三维建模中的应用[J].科技创新与应用,2023(10):173-176.
- [4]汪本荣.试析无人机倾斜摄影技术支持下的三维实景建模——以黄山市屯溪区为例[J].工程建设与设计,2020(6):254-255.
- [5]占森方,李元松,陶文华.无人机倾斜摄影技术在智慧校园实景三维建模中的应用[J].科技创新与应用,2021(36):28-30.