

实景三维建设与数据采集关键技术研究

姚鹏

常州市武进规划勘测设计院

DOI: 10.12238/jpm.v5i3.6641

[摘要] 本文研究的主要目的是在数字城市概念领域内研究无人机倾斜摄影管理系统，提出在科学技术高速发展背景下，强调了实景三维建设关键技术与数据采集关键环节的重要性。通过明确无人机倾斜摄影测量三维建模关键环节中发挥重要作用，分别总结了实景三维建设中涉及的关键技术，并重点阐述了模型轻量化、数据管理可视化、外业像控点布点方案。通过细致研究与分析，为相关领域提供参考与借鉴。

[关键词] 无人机；倾斜摄影系统；三维建模；数据采集技术；模型轻量化；数据管理

Research on the key technology of real-scene 3 D construction and data acquisition

Yao Peng

Changzhou Wujin Planning, Survey and Design Institute

[Abstract] The main purpose of this paper is to study the uav tilt photography management system in the field of digital city concept, and proposes to emphasize the importance of the key technology and the key link of data collection under the background of the rapid development of science and technology. By clarifying the important role in the key link of 3 d modeling of UAV tilt photogrammetry, the key technologies involved in the real 3 D construction are summarized respectively, and the lightweight model, data management visualization and field image control point layout scheme are emphasized. Through careful research and analysis, it provides reference and reference for related fields.

[Key words] UAV; tilt photography system; 3 D modeling; data acquisition technology; model lightweight; data management

1 前言

实景三维作为一种反应人类生产、生活的真实、立体、时序化的时空信息，是数字中国框架中的一个有机组成部分，也是构建智慧中国的核心要素。自然资源部等相关部门分别出台了大力推进新型基础测绘建设，构建现代化的实景三维中国。由此可知实景三维已经成为目前热度与关注度较高的热点之一。国内在上海、武汉、青岛等大城市率先启动的相关建设，并取得了初步的成果。

无人机技术是一种将自动化智能驾驶应用于飞行器中的技术，城市管理三维建模中所应用的无人机体积小巧轻便，兼具拍摄与数据搜集功能，可以从高空范围内对城市地表空间进行全局管理监测，能够大幅提升城市管理过程中的精度与速度。三维建模技术是一种依据地域数据信息所进行的模型建模技术，相较于传统建筑绘图而言，其更侧重三维空间布局的可

视化管理，将其应用于城市项目管理中能有效提升城市管理工作的直观性与效率性。但受限于我国经济发展水平区域间的差异化属性，部分区域内该技术的使用仍处于起步阶段，目前亟须总结相关技术经验，为后续技术的发展与城市管理的应用提供理论依据与实践支撑。

本文首先从模型轻量化着手分析其重要性，并系统地介绍了数据管理可视化的可行性。并在此基础上详细阐述了像控点布点方案研究，总结了出不同应用从场景下的布点形式。

2 模型轻量化

首先，减少冗余数据：通过对模型进行几何形状和数据的优化，可以有效地减少冗余数据，进而降低模型的大小和复杂度。例如，可以通过去除不必要的细节来简化模型的复杂度，从而减少冗余数据的产生。此外，还可以通过合并相邻的、相似的数据以及采用更高效的存储格式等手段来进一步优化模

型。这些优化措施可以显著地减少模型的大小和复杂度,使其更加易于存储、传输和处理。

其次,采用压缩算法:利用专业的算法对模型进行压缩是一种有效地减小模型大小和内存占用率的方法。其中,LZW压缩算法是一种被广泛使用的模型压缩方法。这种算法通过使用对模型中的数据进行统计和编码,能够实现高压缩比的压缩效果。这种高压缩比的压缩可以显著减小模型的大小和内存占用率,使得模型更加轻便和易于部署。同时,LZW压缩算法还具有良好的解压性能,可以使得解压后的数据保持较高的还原度。

最后是索引机制,通过建立高效的模型索引表,为模型检索和加载速度的提升提供了重要的技术支持。它可以帮助用户迅速定位并找到所需的模型,有效减少等待时间,进而提高整体工作效率。此外,索引机制还可以通过对模型加载过程的优化,有效减轻服务器负载,确保模型在各种情况下都能稳定可靠地运行。然而,想要充分发挥索引机制的优势,用户必须关注索引表的维护工作,确保其完整性和准确性。这包括对索引表的及时更新,以便确保检索结果的准确性和有效性。

3 数据管理和可视化

实景三维数据具有海量性、多维性和动态性等特点,管理和分析上述数据也是学术界研究的热点问题。

3.4.1 数据管理

目前,城市三维模型通常存储在对象关系数据库中,实现三维时序数据的管理,如3DCity和DB4Geo。文献提出了一种基于Oracle11和文件系统的三维空间数据库引擎,在对象关系数据库中实现了CityGML数据的管理,但是CityGML中数据对象比较多,数据库中包含数百个表,大多数应用程序可能不会使用这些表。随着云计算和分布式数据库技术的快速发展,文献提出了一种基于Hadoop分布式文件系统的三维模型管理方法,支持海量三维模型的管理。文献采用了NoSQL数据库(MongoDB)来存储3D模型,以协助公众参与和使用。文献基于另外一种NoSQL数据库(Hbase)构建了一种三维数据管理系统。文献提出一种基于MongoDB数据库管理方案来管理大规模三维数据。这些研究主要针对模型数据的管理,很少考虑语义关系的存储与查询,随着地理实体已经成为实景三维中国的主要建设内容,应加强地理实体关系数据的管理,在分布式数据管理的基础上,引入图数据库,支持地理实体的语义信息的查询检索。

3.4.2 数据可视化

目前的可视化方法主要包括客户端和服务端两种方式。客户端方式是将模型数据化简以后存储在服务端,在客户端根据视点的位置,采用渐进式传输方式在客户端实现大规模数据的

实时渲染。目前的主流软件,如Google Earth和Cesium软件,都采用客户端渲染方式。服务端渲染是将三维模型的部署和渲染都在服务端,将渲染好的结果以视频的方式传输到客户端,如虚幻引擎4.0的云渲染技术。每种可视化方法都有其特定的优势、定位和适用场景。目前,实景三维可视化的难题主要集中于海量三维数据的网络可视化,基于WebGL可视化效率低成本低,云渲染效率高成本也高,基于云一边一端资源实现海量数据的协同渲染成为新的研究方向。在可视化的过程中,三维模型需要传送数据到内存和显卡中,容易出现内存和显存的瓶颈问题,轻量化处理通过多细节层次(level of detail,LOD)构建、模型化简与综合、数据压缩等方法,可以减轻数据传输压力和客户端渲染压力。目前的研究主要集中于BIM模型的轻量化。为了满足大规模实景三维数据的网络可视化应用,需要针对不同的数据类型,包括倾斜模型、仿真模型和激光点云等,研究相应的轻量化处理方法。此外,可视化技术快速发展,虚幻引擎5提出的Nabite虚拟微多边形几何技术以及WebGPU技术都是实景三维可视化下一代技术的研究方向。

4 摄影测量外业控制方法

在常规像片数据采集过程中,受限于摄影角度与高度,不得不将大块目标区域进行细分,而细分后的采集像片在数据记录阶段会受到重复测量数据的干扰,既增加了建模数据的偏差风险也在测量过程中使用了大量的无效测量成本投入,在后续纠偏过程中需要使用大量的像控点数据对其进行恢复。在实际野外区域测量工作中行业内将全部由外业方式进行测点给的像片控制点坐标方案称之为外业测定与外业测量^[1]。在这个大范围中,若像片控制点皆使用外业测量方案,则可将此类测量方法称之为全野外布点法,如若像片控制点仅在部分刺点测量时采用了外业测量方案,则可以将此类测量方法称之为非全野外布点法。全野外布点法更加侧重对布点测量精度的追求,为了节约作业的工程量及实践成本,在实际测量过程中需要提供较为简单凭证的地形地势条件,同时这也决定了全野外布局法无法应对地域范围较大的区域建模数据采集工作。而在使用非全野外布点方案时,该方案仅需在关键布局点或区域测量条件较为优越的区域使用外界像片控制点数据收集,而对于区域内其他数据点的信息的搜集,该方案更多地依赖室内空三加密法,在使用平差计算处理后最终得出较为粗略的像片控制点内的平面及高程数据。

5 像片控制点的布设技巧

无人机测量采集技术的精度是受外业控制点的选取与布局影响的,故在户外进行像片控制选取时必须遵循专业的原则与细节方案,可以说在使用无人机对目标地域进行地形测量时为了取得精度控制与布置难度相平衡,在实际无人机数据采

集建模实践中多采用像控点量测方案^[2]。在此方案下为保证无人机进行低空摄影阶段时外业区域成品数据建模的精准性,主要有以下几点技巧。

(1) 若成片控制点出现相同区域上且作业时对平面与高程的测量存在要求,则需要为建模时辅助提供平高点坐标数据。

(2) 像片控制点具有相对独立性,可以不被某个图幅所限定,在实际数据收集过程中,需要通过航线的设计与安排将像片点充斥整个待测区域。

(3) 若无人机测量数据在受到目标区域地形因素的客观影响存在测量后误差较大的风险,测量人员需要在无人机测量准备阶段预先向目标区域设置可以被无人机感知的明显标记坐标,以帮助无人机在复杂的地形或天气条件下能够精确定位目标测点并继续后续的刺点精度工作,从而大幅提升建模数据的可靠性与参考价值。

(4) 通常情况下,待测区域间的地形地势并不会呈现出理想上的平整状态,因此在实际测量过程中为了弱化目标区域地形地势起伏所带来的误差,通常将像片控制点放置于相邻像片控制点对或两次相邻无人机任务航线的重合区域,一旦初始航线附近缺乏重合航线数参考或与待参考的历史像控点数距离较远,为削弱区域测量特异性的误差,在此类区域间的像控点密度需要适当加大。

(5) 根据无人机像片采集实际情况,在目标区域的像片范围边缘至少要向内隔出1cm以上的区域进行布点,其作用原理在于在无人机进行低空数据采集时其所受光线与地形的影响大,尤其在任务中对像片边缘进行数据采集时,镜头边缘会受多种不可抗力影响并形成影响数据测量精度的形变误差,进而可能大幅影响无人机投影过程中的精度表现,甚至会导致刺点偏移与像片误读。

(6) 根据无人机数据采集的实践经验,最优的像控点布局方案应当选择在无人机航行正向三片重叠区域与无人机航行旁向航行区域相交的中心区域位置,若在实际布点过程中受到客观因素影响导致布点失败则可以将预布点向无人机航向正向区域偏移,但在布置过程中始终遵循标准位置最优的策略,尽量将像控点向像主点或无人机航向方位线的垂直线重合点方向贴近。

(7) 标准像控点在选择阶段至少要保证靠近航线或参考布点区域达到3cm以内。

(8) 标准像控点在布局阶段设计时需要同步考虑无人机摄影采集的难度,尤其要关注目标区域内大范围水域或人工磁场因素,尽量规避通讯路线,以免外界干扰无人机航线的精准性定位。

6 像片控制点的布设方案

6.1 航带网点布局方案

航带网点布局方案顾名思义是将无人机航线作为像控点布局的主要参考,要求像控点在设计过程中严格遵照无人机的航行方向及路线,并尽可能密集分布待测点的位置和减少控制点间的基线间隔数量,进而起到对待测点数据采集精度的控制^[3]。但受限于实际布局测量时平面点与高程点间数据收集准确度之间的差异性,平面点与高程点的相片控制点需要分别进行单独标准的布设与测量。

6.2 区域网法布点方案

采用区域网平差时,以像对数作为标准进行划分区域。在区域周边范围内,由高程点和平高点连接的区域内的像对总数加在一起构成像对总数。如果有一个像对的基线跨入周边控制点连线超过一半时,则把它当作一个像对。当研究区域航摄数据的旁向重叠符合规定时,通常不多于六条航线。采用该布点方法时,通常情况下,只在区域网中间布设一个高程点,四周布设成平高点,同时根据不同成图比例尺对平面点和高程点的检查标准,得出像控点航向和旁向的基线数间隔,采用合理的方法进行布点^[4]。

7 结束语

研究无人机倾斜摄影系统进行三维建模在城市建设管理中的运用,对我国城市化现代化的科学扩张具有较大意义,尤其是以摄影测量外业控制方法为代表的的数据采集技术,更是大幅提升了数据模拟运算的精准性,目前已经成为城市管理现代化建设的基础技术。通过本文研究得知无人机倾斜摄影测量三维建模关键技术对城市化的发展具有关键意义,其中的摄影测量外业控制方法遵循像片控制点的布设原则,并采用以航带网点布局方案与区域网法布点方案为主的像片控制点的布设方案,大大提升了城市管理沟通的工作效率。

[参考文献]

[1] 华安中,孙灏.大规模中心城区精细化建模及可视化研究[J].测绘通报,2023(12):121-126.

[2] 杨斌,庞正辉,温万喜.贴近摄影测量技术在古建筑实景三维建模中的应用研究[J].测绘标准化,2023,39(04):110-114.

[3] 腾月,朱贞榕,左娟等.大场景实景三维建模技术探讨[J].江西科学,2023,41(05):965-969.

[4] 廖冲斌,张怀巍,孙勇等.无人机倾斜摄影三维实景建模在不动产测绘中的应用研究[J].四川地质学报,2023,43(S1):118-122.

[5] 陈结堂.地形级实景三维建模方法分析[J].安徽建筑,2023,30(09):198-200.