

Research on Urban 3D Modeling and Monomer Method Based on Tilt Photogrammetry

Xiwen Tian Qiang Zhang

Beijing Tianyao Hongtu Technology Co., Ltd., Beijing, 100086, China

Abstract

Tilt photography technology combined with image matching and 3D reconstruction algorithm can quickly generate 3D models and maps, automatically process a large amount of image data, and efficiently build 3D models, which greatly improves the efficiency of the modeling process and saves time and labor costs. This paper, based on tilt photography method, select a village as a test area, using air triangulation, image matching and 3D modeling technology of Taiyuan a village real 3D modeling, and the key area monomer modeling, proven 3D entity model accuracy can reach relevant standard level I, results precision quality is good, can meet the demand of community fine management.

Keywords

oblique photography; 3D modeling; haplochromatization

基于倾斜摄影测量的城市三维建模及单体化方法研究

田锡文 张强

北京天耀宏图科技有限公司, 中国·北京 100086

摘要

倾斜摄影技术结合影像匹配和三维重建算法,可以快速生成三维模型和地图,自动化地处理大量影像数据,并高效地构建三维模型,大大提高了建模过程的效率,节省时间和人力成本。论文基于倾斜摄影方法,选取太原市某小区作为试验区,利用空中三角测量、影像匹配和三维建模技术对太原市某小区进行实景三维建模,并对重点区域进行单体化建模,经验证三维实体模型的制作精度已经达到了行业内的I级标准,能够满足小区精细化管理需求。

关键词

倾斜摄影; 三维建模; 单体化

1 引言

地理信息技术的快速发展与进步推动了倾斜摄影测量和自动化建模等技术在三维建模领域的应用^[1-2],现阶段急需解决的问题包括提高模型单体化效率、降低人力成本和提升模型质量^[3]。倾斜摄影技术结合影像匹配和三维重建算法,可以快速地生成三维模型和地图,自动化地处理大量影像数据,并高效地构建三维模型,大大提高了建模过程的效率,节省时间和人力成本。论文基于倾斜摄影方法,利用空中三角测量、影像匹配和三维建模技术,总结了一套高效的空地一体实景三维模型单体化建模方法,以提高三维模型的质量和生产效率。

2 技术路线

首先,探讨了使用无人机倾斜摄影技术来获取高质量

的多视角影像,并通过空中三角测量技术计算出这些影像的像点与实际地面点之间的高精度坐标关系。其次,通过影像匹配技术生成密集的点云数据,并利用这些点云数据构建出不规则三角网模型(TIN),并利用近景摄影测量技术获取地面影像,并通过联合解算获取空三加密成果。最后,使用自动化实景建模工具进行精细化的单体建模、纹理贴图 and 地面影像替换,旨在创建既满足视觉审美又达到精度标准的城市三维模型。技术流程如图1所示。

3 影像获取

论文选取太原市某小区作为试验区,总面积约为0.5km²。该区域地势较为平坦,主要包括行政办公区和规划居民区。使用大疆M300RTK无人机进行低空自由航摄,获取了包括956张多视角影像、每张影像对应的POS数据、外业测量获取的一些像控点的三维地理空间坐标以及相机的参数信息等原始数据。

【作者简介】田锡文(1989-),男,中国山西介休人,硕士,高级工程师,从事自然资源信息化研究。

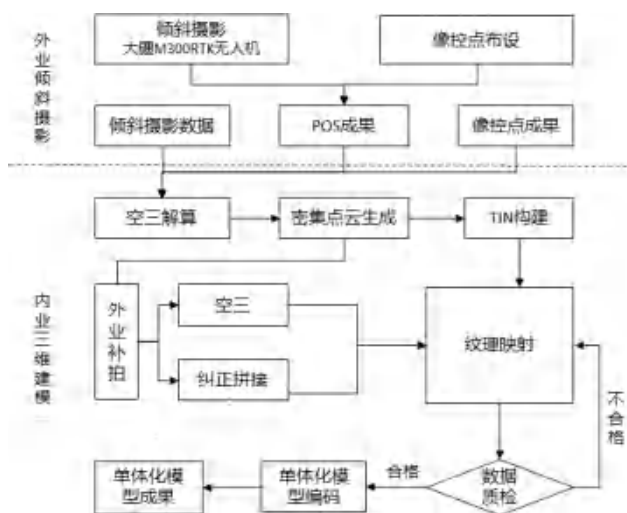


图 1 技术路线

3.1 实地踏勘

在开始无人机航测数据采集之前，首先对该小区进行实地踏勘，评估测区的特殊要求和限制。通过实地踏勘，可以了解测区的具体情况，并根据实际情况制定相应的数据采集策略。踏勘过程中，需要确定无人机的理想飞行高度和倾角等参数。这些准备工作的准确性和质量直接影响倾斜摄影数据的采集以及后续建模的结果。因此，根据踏勘结果，针对性地制定合适的飞行高度和倾角，以确保数据采集的准确性和完整性。这些准备工作对于后续的数据处理和建模过程至关重要。

3.2 像控点布设

在本次无人机倾斜摄影测量任务中，安排 30 个像控点，并利用 CORS 系统和 CNS 测量技术实施了实时差分测量。每个位置点均接受了三次测量，每次测量的时间间隔设定为两分钟。为了保证测量的准确性，将水平方向的误差控制在 1cm 以内，高程方向的误差控制在 3cm 以内。最后，通过计算三组数据的算术平均值来确定每个像控点的坐标信息。根据测量结果整理成像控点成果表、点位说明等成果文件，并对成果进行倾斜影像空三加密及精度检测。部分像控点坐标信息如表 1 所示。

表 1 部分像控点坐标信息

点号	X / m	Y / m	H/m
001	***3526.965	**0843.278	832.606
002	***3072.275	**1047.156	833.532
003	***3243.148	**0993.743	832.418
004	**3427.823	**0948.045	832.372
005	***3702.281	**0934.393	831.674
006	***3632.978	**1163.471	831.452
007	***3454.936	**1132.487	831.331
008	***3268.839	**1162.036	832.782
009	***3027.447	**1121.897	832.365
010	***3401.228	**1967.238	833.012

注：上述坐标已加密。

3.3 倾斜摄影

在倾斜摄影的外业数据采集阶段，采用“井”字形的航线布局。具体来说，东西方向安排了 12 条航线，而南北方向则布置了 16 条航线。为了顺利完成航拍工作，总共实施了 4 个架次的飞行。每个航线上影像的重叠度设定为 80%，包括航向和旁向，通过这些航线的设置，共布设了 852 个曝光点，并成功采集到了 956 张倾斜影像。这些倾斜影像具有 0.03m 的地面分辨率，纹理细节鲜明，整体质量良好。东西航线如图 2 所示，南北航线如图 3 所示。

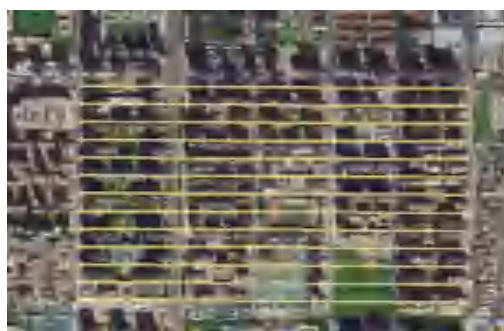


图 2 东西航线

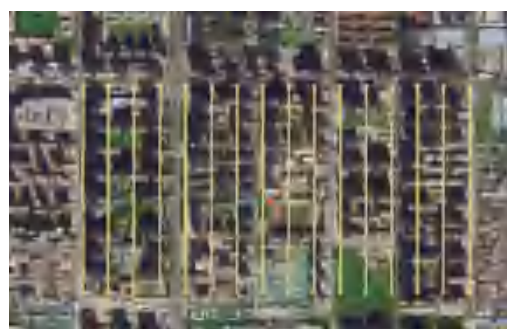


图 3 南北航线

3.4 补测

在影像数据不全或因模型畸变问题造成建筑物几何结构受损的区域，通过倾斜摄影测量、激光扫描以及全野外测量手段对缺失或不完整的区域进行补充测量，以不同角度和方向获取建筑物的影像数据，填补影像缺失的部分，提升建筑物几何结构的完整性和准确性。

4 空三角加密

在进行空中三角测量之前，需要对原始影像进行预处理。预处理包括色彩、亮度和对比度的优化调整以及色彩均衡处理，旨在减少图像间的色调差异，实现色调一致性与适宜的反差，清晰地展现层次感，同时确保地物色彩的真实性，并避免留下色彩处理的痕迹。在处理过程中，运用了 Context Capture Center 软件。首先，结合相机参数、影像数据和 POS 数据，进行多视角影像特征点的精确匹配。其次，通过这些匹配点执行区域网的自由网多视影像联合约束平差解算，构建空间尺度适当、可自由变形的立体模型。完成

该小区初步空间三角测量需要总共 2 小时。最后，增加控制点进行平差的过程将额外耗时 1 小时。

5 三维建模

利用 Context Capture Center 建模软件将空三后的成果数据用于点云加密、构建 TIN 网模型，最终输出三维实景三维模型。

5.1 点云加密

首先，根据空中三角测量结果，执行特征匹配和逐像素的密集匹配以获得高精度、高分辨率的数字地面模型。其次，对点云数据进行滤波处理，并将匹配单元融合，最终生成一个统一的全要素点云。最后，进行点云转换，将点云与影像数据进行关联，将影像的纹理和颜色信息应用于点云数据，使得点云展示真实而自然的视觉效果。

5.2 构建 TIN 网模型

为了处理大量的计算任务并提高数据处理速度，将整个摄区划分为 N 个模型小块，在每个区块中进行精细的构网处理，从而快速生成三角不规则网络 (TIN) 模型。

5.3 实景三维模型输出

对 TIN 网模型进行自动纹理映射，确立地物的几何信息与纹理信息之间的联系，并进行全面的匀光与匀色处理，让生成的三维模型更加细致、真实，并能够更好地呈现地物的几何和纹理特征，提供更逼真的视觉效果。

5.4 单体化建模

在进行单体化建模时，首先建立建筑物的框架结构 (白膜)，然后根据点云和影像数据确定建筑物的边界和高度，并绘制立面。对于复杂的建筑物结构，进行几何拆分和编辑，最后生成完整的建筑物模型。然后进行纹理贴图，确保纹理与建筑物表面一致。同时，利用数字高程模型和影像进行校正和裁剪，生成正射影像。最后，结合地形、建筑物、交通和植被等要素，形成完整的三维模型。楼幢单体化效果如图 4 所示。



图 4 楼幢单体化效果

6 模型单体化实验结果与分析

利用外业实测的像控点对建成的实景三维模型进行模型成果的精度检测。共通过选取地物明显的像控点 12 个，

经统计三维实景模型平面中误差为 0.017m、高程中误差为 0.011m，三维模型的平面精度优于 0.03m，高程精度优于 0.03m，经验证三维实体模型的制作精度已经达到了行业内的 I 级标准，能够满足小区精细化管理需求，成果质量和精确度较高。三维模型单点精度如表 2 所示。

表 2 三维模型单点精度统计表

检查点编号	X 坐标误差 (m)	Y 坐标误差 (m)	高程误差 (m)
01	0.018	0.017	0.020
02	0.063	0.039	0.050
03	0.008	0.021	0.031
04	0.025	0.035	0.042
05	0.031	0.046	0.033
06	0.042	0.019	0.024
07	0.017	0.016	0.028
08	0.012	0.035	0.017
09	0.053	0.021	0.012
10	0.048	0.005	0.009
11	0.026	0.033	0.027
12	0.032	0.027	0.033

高精度检测中误差计算：

$$M = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}}$$

三维模型各类误差统计如表 3 所示。

表 3 三维模型各类误差统计表

误差类型	平面 (m)	高程 (m)
最小误差	0.05	0.009
最大误差	0.063	0.050
平均误差	0.031	0.027
中误差	0.017	0.011

7 结语

本研究使用倾斜摄影技术在太原市小店区的某新建小区创建了高精度的实景三维场景模型，进一步分析建筑物单体化技术，对于城市层面的精细化管理具有至关重要的作用。然而，仍需要进一步研究多源数据融合处理、单体化工作量和生产效率等问题，以提高实景三维模型的应用价值。

参考文献

- [1] 刘双童,王明孝.基于倾斜摄影建模技术的三维地形实体模型制作研究[J].测绘与空间地理信息,2019,42(1):31-33.
- [2] 黄文诚.基于倾斜摄影的城市实景三维模型单体化及其组织管理研究[D].西安:长安大学,2017.
- [3] 杜靖.基于倾斜摄影影像的真三维单体化模型精细建模方法研究[D].成都:电子科技大学,2017.
- [4] 连蓉,丁忆,罗鼎,等.倾斜摄影与近景摄影相结合的山地城市实景三维精细化重建与单体化研究[J].测绘通报,2017(11):128-132.