

无人机倾斜摄影技术在农村房地一体项目中的应用

李金伟, 王建斌, 方喆, 刘萍

安康市自然资源信息科技有限公司, 陕西 安康

收稿日期: 2023年4月18日; 录用日期: 2023年7月3日; 发布日期: 2023年7月10日

摘要

针对传统房地一体测量项目中全站仪、RTK方法测量效率不高的问题, 本文充分利用无人机倾斜摄影测量技术的优势, 在试验项目中得以应用。通过主要技术流程的阐述, 详细介绍了在工程实例中的可行性。最终以某一农村房地一体测量项目为案例, 比较与传统数字化测绘方法获取的房角点与边长精度。试验结果表明该技术在农村房地一体项目中不仅精度满足规范要求, 而且效率大大提高。

关键词

倾斜摄影, 房地一体, 精度评定, 三维模型

Application of UAV Tilt Photogrammetry Technology in Real Estate Surveying and Mapping Project

Jinwei Li, Jianbin Wang, Zhe Fang, Ping Liu

Ankang Natural Resources Information Technology Co., Ltd., Ankang Shaanxi

Received: Apr. 18th, 2023; accepted: Jul. 3rd, 2023; published: Jul. 10th, 2023

Abstract

In view of the low measurement efficiency of total station and RTK methods in the traditional building ground integration measurement project, this paper makes full use of the advantages of UAV tilt photogrammetry technology, and has been applied in the test project. By elaborating on the main technical processes, the feasibility in engineering examples was introduced in detail. Finally, taking

a rural real estate integrated measurement project as a case study, we compared the accuracy of corner points and side lengths obtained with traditional digital surveying methods. The experimental results indicate that this technology not only meets the accuracy requirements of the specifications in rural housing and land integration projects, but also greatly improves efficiency.

Keywords

Oblique Photography, Real Estate and Land Integration, Accuracy Evaluation, Three-Dimensional Model

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 实景三维模型的应用领域越来越广泛, 包括数字城市、城市规划、国土资源、地质勘探、文化保护和文化遗产、房地一体测绘等方面。其优势在于采用倾斜摄影测量技术, 通过软件自动或半自动化处理影像数据后可生成具有真实坐标、可供量测的实景三维模型, 极大地减少了人工的投入, 成本相较于传统外业测绘大大降低[1]。其中较多的就是无人机倾斜摄影测量技术在工程测量方面的应用。如有关文献研究了无人机应用于测绘大比例尺地形图, 得到了精度与传统仪器相当的地形图。无人机倾斜技术获取建筑物外立面, 构建外立面详细信息展示, 为日照测量提供精准数据[2] [3]; 另外利用无人机在高压电线巡检方面得到利用, 不仅减少人工巡检所带来的困难, 提高了工作效率, 而且在巡检精度方面可媲美人工巡检[4]。另一应用为依靠无人机航采获取的地形信息, 可实现高程数据采集, 并计算土方量与传统 RTK、全站仪灵镜模式计算结果差别较少[5]等等以上应用都是基于无人机技术发展而来。在农村房地一体测绘中应用也较多, 如文献[6]中利用消费级无人机实现了 1:500 比例尺地籍测绘图的生成, 并详细介绍了技术流程。文献[7]中介绍了无人机在农村不动产登记中的重要作用, 不仅工作效率得到提高, 精度也能保证。以上文献均详细介绍了无人机技术在农村房地一体中的应用, 但缺少系统性介绍。本文依靠飞马 D2000 无人机平台, 搭载 OP3000 倾斜摄影测量相机模块实现了多角度、全方位、智能化的房地一体化测绘。提供的丰富的测绘成果, 包括三维模型、正射影像、数字高程模型、数字线划图。本文从无人机系统作业设备, 房地三维模型生产、矢量数据采集、精度评定等多方面、多角度剖析无人机技术在房地一体测绘中的应用。

2. 关键技术

2.1. POS 数据生成

D2000 无人机系统配置高精度差分 GNSS 板卡, 标配网络 RTK 差分系统与 PPK 实时差分系统, 确保无人机在复杂地形航测作业时信号连接正常; GPS 融合解算技术汲取 PPK 差分系统和 RTK 实时差分系统的优点, 可提供高精度 POS 数据, 极大地减少外业像控数据数量。

2.2. 像控点选择

1) 像控点是模型成果坐标转换的依据, 其反映在技术流程上, 外业中, 需要实测标志点平面坐标和高程; 内业中, 在空中三角测量环节, 用于像片刺点。因此, 像控点与周边地物色差越大越有利。道路上的交通符号直角点、交叉点均可作为像控点首选。如图 1 所示三种典型的像控点标志:



Figure 1. Types of image control points

图 1. 像控点类型

2) 标志尺寸以无人机的空中视角来说, 地面标志较小, 不同分辨率的照片对地面标志的大小要求不同, 经实践测试, 地面分辨率 2~3 公分时, 地面标志宜在 60 cm × 60 cm 以上的尺寸, 在无人机拍摄的像片上才能清晰可见。

3) 位置选择以五镜头相机为例, 其倾斜角度一般为 45 度, 倾斜视线很容易被遮挡, 除了高大植被、高楼和途经车辆, 还会被高茎杂草、电力线所遮盖, 当高空拍摄像片时, 以像素为单位进行处理, 因此, 在选择点位时, 需避开上述遮挡物。另外, 为防止人为破坏, 布设可移动标志时还需考虑尽量远离人为活动频繁区域。

2.3. 航线设计

无人机飞行的航线选择受到测区地形地貌以及天气状况的影响, 同时还必须顾虑到航线的航向重叠度以及旁向重叠度, 保证地面影像具有足够的重叠率, 便于后期进行影像匹配并限制误差。航线规划设计一般先明确任务区域, 确定航飞范围内是否有禁飞区域, 利用谷歌地图等外部工具了解测区地貌, 并进行合理的飞行架次划分, 优化航飞方案, 提升作业效率, 避免撞机事故发生。航线设计一般应满足以下要求: ① 航线规则清晰, 航向基本朝一个方向; ② 航向飞行高度相同; ③ 有足够的航向重叠度和旁向重叠度, 确保无漏片、空洞; ④ 一般情况下航向与风向平行, 当顺风情况下无人机地面速度高于地面站设定的飞行速度时, 需判定航片重叠度是否仍然满足要求, 否则应为航向添加抗风角度; ⑤ 对于地形高差大于 1/6 航高的区域进行分区。

3. 倾斜摄影数据获取

3.1. 项目概况

本次房地一体倾斜摄影测量项目位于某一乡镇附近, 面积约为 45.71 平方千米, 测区地形较为平坦, 整体为平原与丘陵地形, 平均海拔约 450 米, 项目要求全区倾斜影像 GSD 优于 4 厘米。该项目内有 10 余个乡镇及村庄, 房屋以一层砖房为主, 辅以多层小区住宅。时间紧、任务量大, 应用解析测量 + 外业丈量法的传统测量方式无法有效完成任务。随着清晰摄影测量技术的普及推广, 在房地一体调查、规划、三维建模等项目中运用广泛。该项目通过技术分析采用 D2000 + OP3000 相机模组组合的无人机飞行平台, 来完成该项目。

3.2. 技术路线

用 RTK 进行控制点测量, 通过飞马无人机管家布设航线, 选择晴朗光线足的天气进行野外航飞。外业结束后, 用无人机管家导入 pos 数据, 数据预处理后, 通过瞰曝 Smart3D 软件进行空三处理, 再用 CC 软件进行三维建模。将生成的三维场景模型和 DOM 导入到 EPS 三维测图软件, 制作地形图。

内页无法判读的地物通过外业调绘工作准确地补测与完善，形成完整的地形图并提交成果，总体技术路线图如图 2 所示。

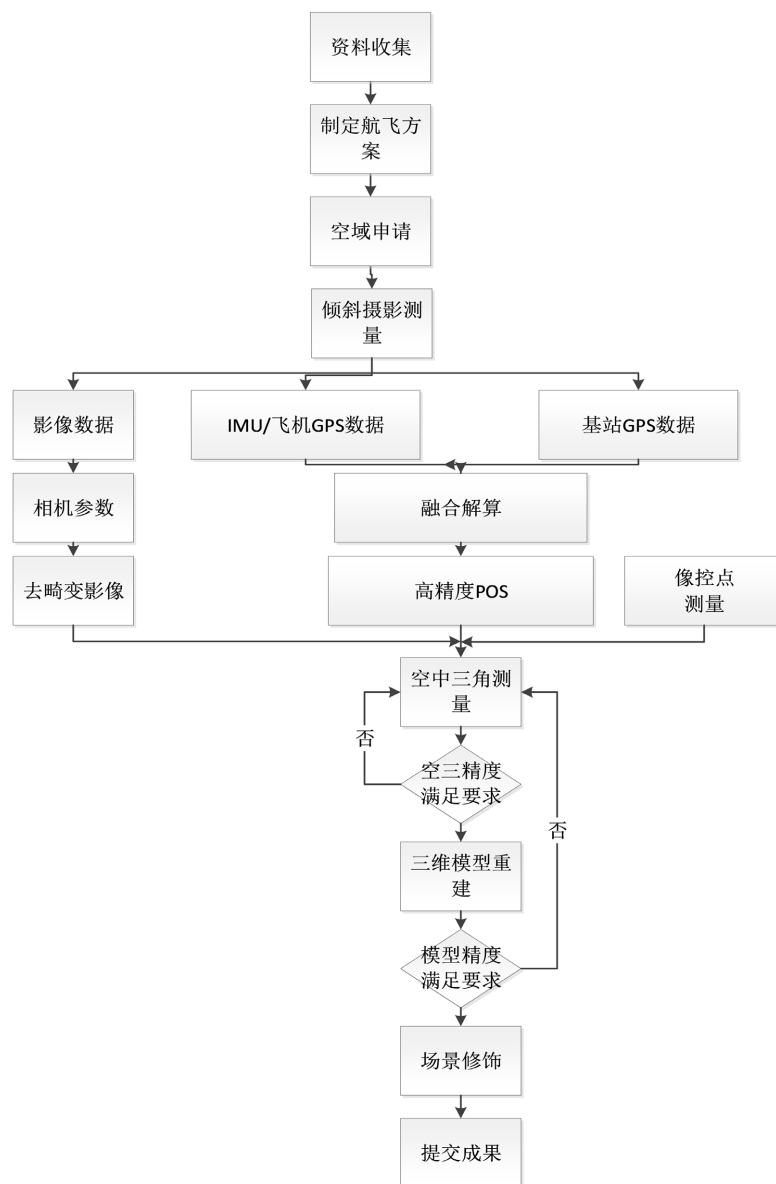


Figure 2. Technical roadmap
图 2. 技术路线图

4. 倾斜摄影测量数据获取

4.1. 航线设计及影像获取

在进行航飞设计时发现，测区地形起伏较大，有较多的断崖和垂直岩壁等地貌，如果使用统一的航高布设航线，较大的落差会导致影像分辨率的差异很大，这会极大地影响空三精度及三维实景模型精度。为改善不同的地形带来的影像分辨率的差异，本测区采用仿地飞行的方式，依据事先获取的精确 DEM 数据，飞马无人机管家“智航线”模块高效的规划出变高航线方案保障了获取影像的地面分辨率统一。

除此以外,复杂地形还会影响无线电通信,山体阻断无线电信号造成无人机悬停不稳、自动返航或者失联等问题;海拔过高的地区由于空气稀薄还可能会造成飞机动力不足,导致飞机动力失效而失速。飞马 D2000 无人机系统支持三维实时飞行监控,“智飞行”无人机飞行监控软件在实景三维场景下实时可视化监控飞机状态和参数,修改飞行状态,智能预警,确保了飞机任务的安全执行。在本项目中使用了“智飞行”无人机飞行监控软件的智能划分飞行区块的功能,实现了一键划分、接边重叠、紧贴测区航摄规划实际优化航线和自动续飞完成全区覆盖,极大地提高了作业效率。

航摄分区尽量按照地形特征进行,地面分辨率优于 0.015 m。航向重叠度在 80%左右,旁向重叠度在 70%左右。为保证测区边界处建筑物立面完整平滑无漏洞,在航向规划时要外扩不少于 4 条航线,旁向超出摄区范围不少于 50%。相邻像片同一航线上的高差不应超过 30 m,最小航高与最大航高差值应小于 50 m,实际航高与设计航高之差一般不应大于 50 m。航线任务规划好后,无人机垂直升空至指定高度,开始执行飞行任务。

完成飞行后应检查影像成像清晰,颜色对比鲜艳,色调反应真实情况;影像地面分辨率满足要求,同时影像中不应存在大面积的水汽、云朵,像片表面干净无污点缺失等情况。如出现大规模的质量问题应重新航飞。

飞马 D2000 无人机系统标配千寻服务,支持高可靠性的网络 RTK、PPK 及其融合解算,提高了作业的效率和数据精度。“智理图”模块支持基站静态数据和飞机 GPS 数据格式转换,转换后文件格式为.18o 和.18p。转换后的飞机 GPS 数据为天线相位中心坐标,默认 GNSS 系统为 GPS+北斗,对基站数据及机载 GPS 数据进行 PPK/RTK 融合差分解算,得到差分 POS 数据,并基于飞行姿态、安置角度进行偏心改正,得到相机中心的高精度 POS 数据。

4.2. 像控点测量

在倾斜摄影测量作业中,像控点是空三加密运算和三维实景建模的基础,对成果的绝对精度起着重要作用。对测区内进行现场踏勘后发现由于整个区域内植被覆盖率很高,因此像控点只适合沿景区硬化路面布设,导致像控不能覆盖全区。因此本项目选用飞马 D2000 无人机搭载 D-OP3000 相机进行作业;由于 D2000 配置高精度差分 GNSS 板卡,同时标配网络 RTK、PPK 及其融合解算服务,支持高精度 POS 辅助空三,在满足平面精度和高程精度的同时,减少了外业像控量测数量。像控地标选用红色地胶制作成“L”形,飞行过后即可清除,对景区没有任何污染,测量地标内角作为像控点。

5. 三维建模与矢量图生产

5.1. 影像预处理

由于测区天气多变,获取的无人机影像数据会不可避免的出现的雾霾及色调不均一的情况,此外相机的畸变也会引起相对定向误差过大,从而影响空三精度,甚至导致空三平差无法进行,因此需事先进行影像的匀光匀色及去畸变。在“智理图”模块中加入相机参数,全自动化处理得到去畸变影像。

5.2. 空三计算与加密

测区获取的所有原片,在瞰景 Smart3D 软件中处理。空三速度较慢,可将测区划分为多个区块分别进行空三处理,最后对模型进行合并。如图 3 所示为空三加密过程。

5.3. 模型制作

合格的空三计算之后,航摄所有影像的同名像点坐标与外方位元素均可知。此时利用合格的空三建立三

角关系, 构建 TIN 三角网。白模的制作利用合格的空三计算, 将影像贴膜至实景三维中。模型输出一般选择 OSGB 格式, 纹理质量选择 90%, 一般选择 100 m 长宽为切块大小, 所生产的实景三维模型如图 4 所示。

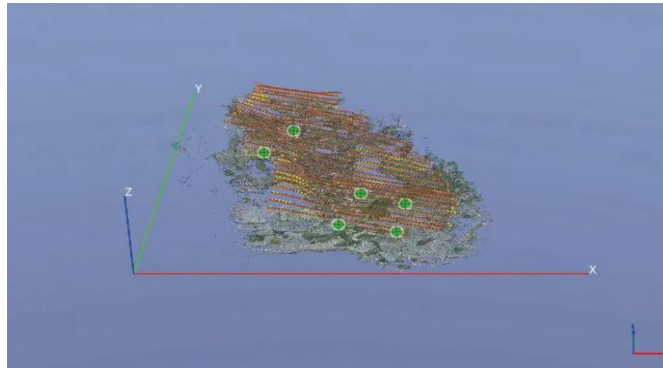


Figure 3. Calculation of space three
图 3. 空三计算



Figure 4. 3D model
图 4. 三维模型

5.4. EPS 三维测图

项目测图采用 EPS2016 测图软件对生成实景三维模型(OSGB 格式)转化为 DSM 格式数据进行导入, 采用五点房交会法和直接从模型采集房角方法分别获取房角点的平面坐标, 如图 5 所示为 EPS 三维测图的操作界面。为了避免测图人为原因产生的误差, 测图分别由两个作业员单独完成, 并进行精度比对。

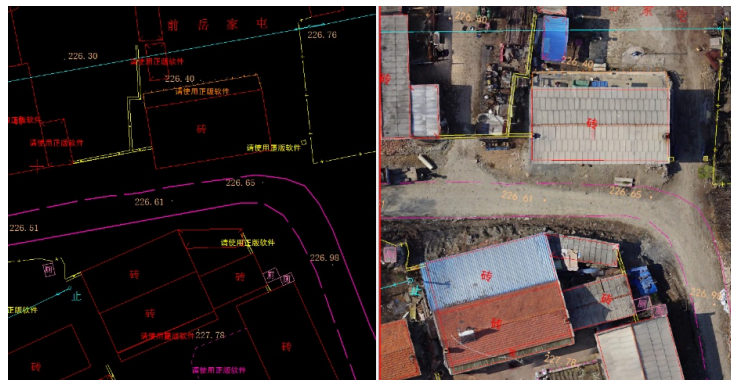


Figure 5. EPS vectorization
图 5. EPS 矢量化

6. 精度验证

6.1. 模型精度验证

三维模型的精度评定可分为两方面：纹理精度和数学精度。纹理精度的评定是直观判断，观察模型的纹理、结构是否与实际相符；模型是否出现大面积漏洞，是否出现模型分层等情况；是否存在拉花现象。而数学精度包括平面精度和高程精度，在建模成功之后，在外业实测的 8 个均匀分布的检核点，测量检核点的绝对精度并作相应统计。由表 1 统计结果可知，最大误差绝对值为 4.1 cm，最小误差绝对值为 0.8 cm，中误差为±3.2 cm，满足相关规范要求。

Table 1. Precision statistics of inspection points

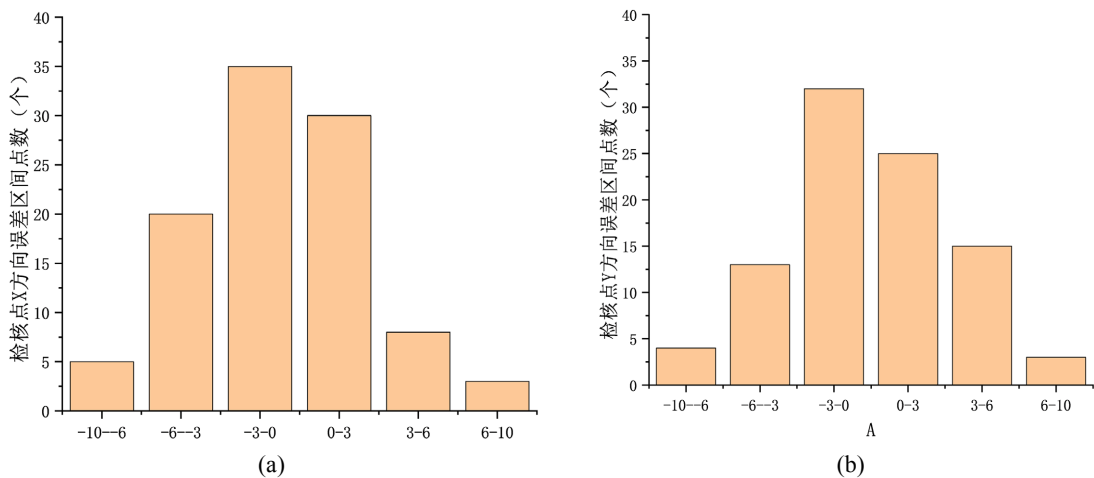
表 1. 检核点精度统计

检测点号	X 检	Y 检	X 图	Y 图	ΔS (cm)
1	***783.731	***870.722	***783.722	***870.686	4.1
2	***832.871	***217.216	***832.847	***217.188	4.0
3	***599.307	***269.625	***599.305	***269.628	0.8
4	***627.230	***383.332	***627.221	***383.356	2.7
5	***425.446	***619.132	***425.459	***619.193	3.8
6	***040.619	***523.052	***040.602	***523.061	1.4
7	***328.334	***989.195	***328.350	***989.080	3.4
8	***339.040	***393.737	***339.030	***393.743	1.7

6.2. 矢量图精度验证

1) 房角点精度检核

通过 RTK + 全站仪相结合的方法获取房角点绝对位置坐标，以此验证依靠模型的矢量图精度可靠性。检核点为 99 个包含建筑物角点、路灯、管线井等管线设施。图 6(a)为 X 方向误差分布图、图 6(b)为 Y 方向上误差分布图。在 99 个检核点中，1 个 X 值-3~+3 占总数的 59%，X 值为-6~+6 占总数的 91%；1 个 Y 值-3~+3 占总数的 62%，X 值为-6~+6 占总数的 93%。X 值、Y 值检核点误差分布呈正态分布规律，符合偶然误差分布特征。如图 6(c)所示为检核点与同名点地物测量点误差统计图。



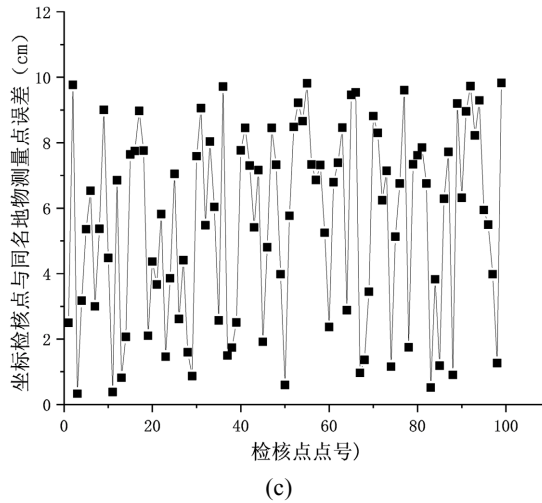


Figure 6. EPS vectorization. (a) Distribution map of X-value direction error at inspection points; (b) Distribution map of Y-value direction error at inspection points; (c) Statistical chart of error between inspection points and measurement points of the same name ground objects

图 6. 房角点精度统计。(a) 检核点 X 值方向误差分布图; (b) 检核点 Y 值方向误差分布图; (c) 检核点与同名地物测量点误差统计图

对该测区矢量图检核点共 99 个, 29 个检核点误差落在 5~10 cm 区间, 70 个检核点误差落在 0~5 cm 区间, 根据相关公式计算中误差为 ± 2.9 cm。满足相关规范要求。

2) 房屋边长精度检核

采用测距仪、坐标反算或者钢尺量距等传统方法检核房屋边长 50 个。由图 7 可知边长误差呈正态分布趋势, 符合偶然误差分布规律。

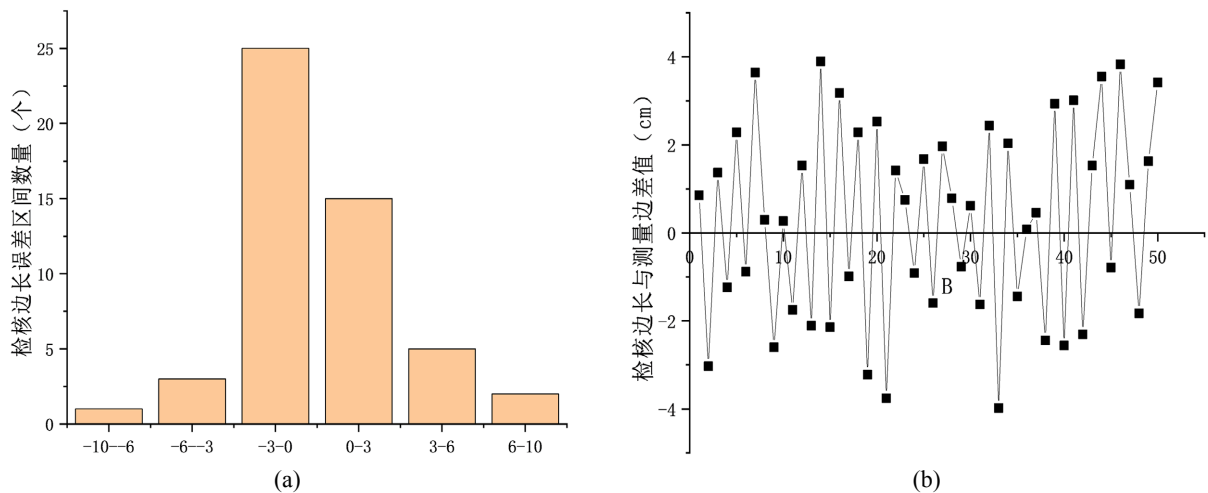


Figure 7. Edge length accuracy statistics. (a) Error distribution diagram for checking the length of the house's edges; (b) Statistical chart of the difference between the checked and measured edges

图 7. 边长精度统计。(a) 检核房屋边长的误差分布图; (b) 检核边长与测量边长差值统计图

7. 总结

本文利用成熟的消费型无人机——飞马 D2000, 搭载 OP3000 倾斜影像模块实现某一房地一体测量项目。从像控点选点, 外业航飞获取影像, 内页数据处理建模全流程做了详细介绍。最终成果采用传统数字

化测量方法作为比较, 经过精度统计房角点与边长, 验证了该技术在房地一体测量项目中的可行性。与传统测绘相比, 大大节省了人力物力, 且耗时更短, 充分体现了倾斜摄影测量在地籍测绘中效率高、成本低等直观的优势, 未来随着倾斜摄影测量技术的发展, 将会有力推动城镇地籍测绘的现代化和智能化。

参考文献

- [1] 李博, 徐敬海. 无人机倾斜摄影测量土方计算及精度评定[J]. 测绘通报, 2020(2): 102-106.
- [2] 高利敏, 冯耀楼. 多旋翼无人机在工程方量测绘中的应用[J]. 测绘通报, 2018(4): 155-158.
- [3] 李梓豪, 唐超, 郭文远. 改进的无人机影像处理技术在新冠疫情复工建设中的应用[J]. 测绘通报, 2020(7): 53-57.
- [4] 宫煦利, 梅生强. 倾斜摄影技术在输电线路走廊资源快速调查中的应用探讨[J]. 科技资讯, 2016, 14(11): 112-113, 115.
- [5] 谢士杰. 南京市大比例尺地形图的动态更新和维护研究[J]. 测绘通报, 2008(1): 46-49.
- [6] 赵永辉, 韩文友, 谢松涛, 等. 无人机倾斜摄影测量在城镇地籍测绘中的应用[J]. 城市勘测, 2023(1): 172-177.
- [7] 郭秋袁, 徐锋, 刘伟. 倾斜摄影测量技术的建平县农村不动产确权登记应用探讨[J]. 经纬天地, 2023(1): 89-92.