

无人机高精度倾斜摄影技术在地籍测量工作中的可用性探讨

王良民 谢玉磊 吴芳

河南省地质矿产勘查开发局测绘地理信息院

DOI:10.32629/gmsm.v3i2.600

[摘要] 地籍测量是国土测绘行业的常用手段,而传统的地籍测绘手段流程复杂、工作强度大、使用成本高,因此越来越不符合现代测绘行业对效率和精度的要求。而本文则提出了一种使用无人机进行高精度倾斜摄影进行地籍测量的方式,采用无人机摄影的方式对该地区进行了地籍测量。结果表明采用无人机测量的方式更省时间,且工作强度显著降低,测量精度与传统的方式无异,因此可以作为地籍测量的新方法。

[关键词] 无人机; 倾斜摄影; 地籍测量; 国土测绘

地籍测量是国家土地管理工作的基础,通过地籍测量,可以明确土地的位置、大小、权属界限等,这些资料是土地管理工作的重要资料,也是城市建设和改造的重要基础。

传统的地籍测量由人工进行,但当测量土地面积过大时,人工测量的方式将大幅增加测量时间,同时测量人员的工作强度非常大,不符合现代测绘行业对效率的要求^[1]。

采用无人机摄影代替人工测量是一种不错的方案,但由于无人机的摄影精度较低,因此很少被应用在测绘行业中。但采用倾斜摄影,结合高精度定位和网络技术,可以在一定程度上保证无人机测量的精度,为现代高效率测绘提供了一种可行性。

1 无人机高精度倾斜摄影构成

传统的无人机通常搭载单一镜头,采用垂直摄影的方式进行拍摄,但这种拍摄方式无法获取空间中的高度信息^[2],因此难以应用于测绘行业。而倾斜摄影是在无人机中搭载多模组摄像头,采用垂直和不同倾斜角度对目标进行拍摄,可以获取空间中的高度信息。通常的无人机高精度倾斜摄影由无人机、倾斜摄影模组、差分运算系统以及数据处理等组成^[3]。

1.1 摄影用无人机

由于需要搭载较重的多模组镜头,因此本文的测绘中选择六旋翼无人机,这种无人机升力较大,负重能力较强,可以实现匀速飞行和悬停飞行,足以搭载多模组镜头完成测绘工作所需的空中摄影,在无人机领域属于较为专业的工作用无人机^[4]。

1.2 倾斜摄影相机

无人机上搭载的倾斜摄影相机为多模组多镜头相机,主镜头1个,为垂直拍摄,除此之外还搭载4个不同角度的倾斜镜头,可以在空间中的不同角度进行摄影。配合无人机的多角度悬停,基本可以实现任意角度的摄影^[5],不会存在摄影死区的问题。

1.3 差分运算系统

差分运算系统用于对无人机拍摄到的摄影数据进行后期计算,计算的内容包括图形定位、图形拼合、纹理映射以及三维素模的建立等。

1.4 数据处理系统

数据处理系统是测绘行业常用的模型生成软件,通过将经过差分运算的数据导入软件,可以实现自动空三解算、点云生成、TIN网络建立以及快速生成三维模型等,可以有效提升工作效率和工作质量^[6]。

2 实验区概况

某实验区为生产农场,卫星影像图如图2.1所示。实验区位于山区,周围山体较多,自然环境复杂,但从事农业生产以及居住区地势较为平坦,地面硬化程度相对较高,房屋结构多为现代砖瓦房屋,因此非常适合用于进行无人机倾斜摄影的实验。



图2.1 实验区卫星影像图

3 地籍测量实验流程

3.1 无人机航线设置

无人机需要人为设定航线后才能工作,而航线的设定与测绘区域的地理特性相关。在进行航线设置时,应当设置的参数有无人机的飞行高度、飞行路线和相片的重合度。其中飞行高度的计算公式如下:

$$H = \frac{f \times \text{GSD}}{a}$$

上式中,H为无人机飞行的高度,f为镜头的焦距,a为摄像机像素的大小,GSD为地面影像分辨率。而在相片重合度的要求上,航向上的重合度应当控制在60%~80%,旁向重合度为15%~60%。飞行路线应当尽量以直线为主,尽可能以最短的距离覆盖整个测量区域。根据上述的标准,最终制定的无人机飞行路线如图3.1所示。



图3.1 无人机飞行路线

按照这种方式设定的无人机航线飞行高度为108m,照片地面分辨率为3cm,航向重合度为80%,旁向重合度为50%。

3.2 测量控制点的布设

测量控制点用于进行定位, 通过在测量区域选择若干个控制点, 可以明确此时无人机所处的位置, 并将此时的地理位置加入到拍摄的相片中, 这可以作为后期数据处理的重要依据, 有助于提升定位精度。一般来说, 测量控制点的布设原则应当满足:

控制点处的目标应当足够清晰, 易于无人机进行识别, 同时与周围的环境形成很大差距;

控制点应当尽量少, 为此应当拍摄相片的重合的交界处选取控制点;

控制点处的拍摄目标应当为宽度1m或2m左右的像幅目标;

控制点应当尽量远离测量区域的其他标志, 最小距离为1m;

位于测量区域边缘的控制点应当设置在图形的轮廓线外部。

按照上述布设控制点的原则和本文中无人机航线的设定方式, 在布设控制点时, 在每条航线的分段处布设平高点, 同时在航线的首端和末端布设两个控制点, 两个控制点应当通过像主点且垂直于方位线的直线上, 航线中部应当布设一个控制点, 同时在测量区其他控制点密度较低的地区增加一部分控制点。最终布设的控制点如图3.2所示。

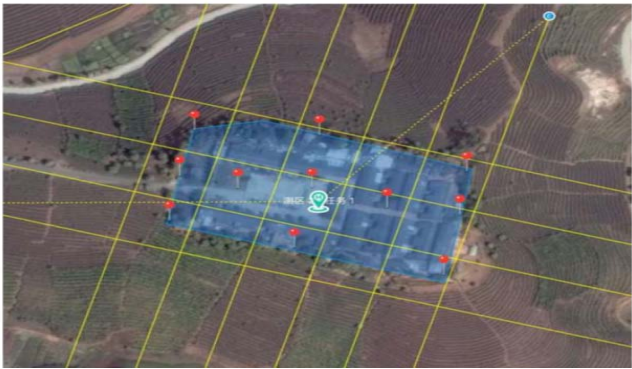


图3.2 测量区域内布设控制点

3.3 制作三维模型

通过搭载多模组镜头的无人机进行倾斜摄影, 可以收集测量区域中的建筑物以及自然环境等的水平面信息以及垂直方向上的高度信息, 并将其采集为照片。而后期的处理过程中, 采用ContextCapture建模软件, 将无人机拍摄的照片导入到软件中, 即可利用软件的运算以及图形拼合功能结合空三运算, 得到用于构建三维模型的点云, 并按照照片中的内容将具体的图案进行纹理映射, 形成基本的白模型, 随后可在白模型上进行地籍图的映射等后续工作。

3.4 绘制地籍图



图3.3 借助EPS裸眼视图模块绘制的地籍图

绘制地籍图常用的软件是EPS地理工作站, 该软件可以实现对象的自由映射, 同时借助裸眼视图模块进行地籍图的绘制, 绘制地籍图时可以实

现无缝转换, 并且支持常见的测绘数据格式, 对于需要大量数据交换的测绘行业支持性较好。裸眼视图是一种在白模型上进行真实三维模型绘制的方式, 在以往的三维模型绘制过程中, 需要制图人员前往现场进行实地测量, 而借助EPS地理工作站, 制图人员在模型前即可完成所有的工作, 极大的提升工作效率, 降低了测绘工作的成本投入和外业作业量。通过裸眼视图绘制的地籍图如图3.3所示。

在图3.3中, 左侧为无人机所拍摄的真实摄影影像, 因此是倾斜状态的, 这种摄影方式能够减少因建筑物高度带来的遮挡, 尽可能还原测量区域的真实信息。而右侧则是通过后期处理和纹理映射建立的真实三维模型, 可以看出模型上具备真实结构中的详细信息, 拟真度很高。在实际的绘制地籍图的过程中, 为确保制图精度和防止丢失图形细节, 需要将左右两侧的图形结合使用, 从而保证绘制地籍图的精度。

4 实验对比

为了更好的进行对比实验, 本次实验对比过程选择三维激光扫描的方式, 同时采用车载的方式搭载测量和作业设备, 提升作业的效率。行车路线规划与无人机航线规划的方式基本一致, 但在实际的行车过程中, 需要考虑到测量区域的道路限制。车载测量的方式通过结合基准站的GNSS信息进行差分运算处理, 可以将精度维持在2-5m左右, 可以满足地籍测量的精度需求, 并以此结果与无人机测量的结果进行对比, 检测无人机的精度是否符合要求, 测量的步骤如图4.1所示。

在外业采集结束后, 数据处理的过程与无人机测量方式基本一致, 如数据导出、初期处理、软件后处理以及模型构建等。但与无人机测绘不同的是, 传统的测绘流程由于采用激光扫描, 因此不存在大量相片, 数据的处理采用的是行业传统的处理软件HDMapper, 将激光扫描后的数据导入到软件中进行点云的绘制和去噪流程, 得到点云数据和去噪后的点云数据。

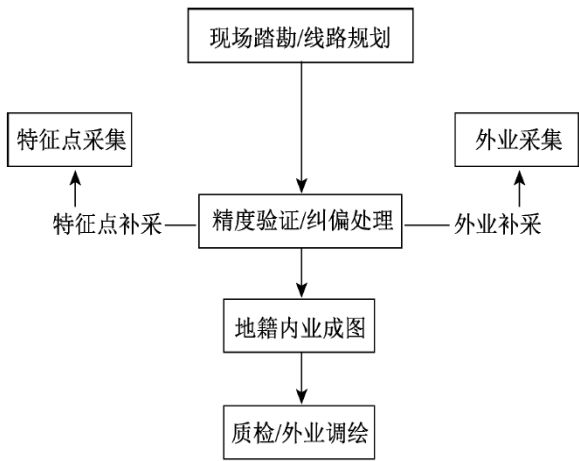


图4.1 车载测量方式的工作步骤

三维激光扫描技术是传统测绘流程中常用的技术, 通过激光扫描仪和得到测绘区域中的点云数据, 在进行去噪后即可最大限度的还原测绘区域的真实形态, 一般的误差在2-5m。但这种方式需要测量人员进行大量的外业作业, 同时受当地交通的限制很大, 因此对于复杂地形的可行性并不佳。而无人机测绘虽然更加方便, 但其精度并未得到测试, 因此接下来的部分中将对这两种方式的精度进行对比, 判断无人机的精度是否满足外业测绘的需求。

5 两种测绘方式的精度验证

进行精度验证的方式是将无人机和激光扫描所得到的地籍图进行叠

加, 观察叠加后的地籍图的偏差, 偏差越小则精度越高, 如所示。同时, 为进一步判断精度的准确性以及无人机测量的可靠性, 在此基础上, 还需要对测量区域中的特征点进行检查, 检查结果如所示。

表5.1 特征点误差数据

特征点序号	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)	点位误差 (m)	平面误差 (m)
1	0.008	0.003	0.068	0.04	
2	0.047	0.011	0.063	0.048	
3	0.025	-0.005	0.041	0.045	
4	0.03	0.014	0.055	0.032	
5	-0.007	0.037	0.024	0.052	
6	0.014	-0.04	-0.012	0.08	
7	0.037	0.044	-0.02	0.049	
8	0.017	0.04	0.04	0.04	0.021
9	0.025	0.041	0.014	0.042	
10	0.043	0.037	0.066	0.049	
11	0.002	0.058	0.063	0.062	
12	-0.002	0.03	-0.01	0.044	
13	0.01	0.026	-0.002	0.032	
14	0.01	0.022	0.093	0.03	
15	0.049	0.006	0.022	0.052	
16	0.014	0.034	0.057	0.035	

两种测量方式所绘制的地籍图在叠加后基本能够做到完全覆盖, 重合度较高, 这说明两种方式所绘制的地籍图的结果非常接近, 无人机测量的精度较高; 而表5.1中的特征点误差数据中的平面误差值为0.021m, 低于《城市测量规范》(CJJ/T 8—2011)中的0.05m的要求, 说明特征点的误差方面, 无人机测量的数据和三维激光扫描测量的数据也非常接近, 因此使用无人机倾斜摄影进行地籍图的绘制的精度是完全可以满足地籍测绘行业对精度的需求的。

6 使用无人机倾斜摄影进行地籍测量工作的可行性探讨

通过上文中对无人机倾斜摄影和传统三维激光扫描测绘的精度对比, 可以认为无人机倾斜摄影在精度上能够与传统激光测绘相当, 因此在摄影精度上满足需求。而在实际操作性方面, 虽然本文中使用的六旋翼无人机的价格很高, 但传统激光测绘中所使用的激光扫描装置也是相当昂贵的, 因此使用无人机在价格上并没有显著的劣势。同时, 无人机倾斜摄影取代了以往的人工进行外业作业, 可以极大的降低外业人员的工作强度, 无人机的飞行不受地面道路的限制, 因此在测量速度上更快, 工作效率更高, 因此可以作为地籍测量中的外业作业方式。

7 结论

本文对无人机倾斜摄影在地籍测量工作中的可行性进行了研究, 无人机倾斜摄影通过搭载多模组镜头的无人机, 可以实现多角度的照片拍摄, 同时通过后期的数据运算、图形拼接、纹理映射等步骤, 可以得到测量区域的三维模型。这种测量方式与传统的激光扫描相比, 精度上差距不大, 但无人机倾斜摄影具有明显的效率优势, 因此值得在地籍测量行业推广应用。

[参考文献]

- [1] 秦爱梅. 试谈无人机倾斜摄影测量技术在三维数字城市建模中的应用[J]. 电脑编程技巧与维护, 2020, (02): 143-144.
- [2] 余章蓉, 范鸿润, 朱景辉, 等. 无人机单镜头倾斜摄影测量及三维建模技术方法研究[J]. 软件, 2019, 40(12): 51-55.
- [3] 江健, 寿杨侃. 无人机倾斜摄影在1:500地形测绘中的应用[J]. 测绘标准化, 2019, 35(04): 42-44.
- [4] 高哲. 探讨无人机倾斜摄影测量的关键技术及应用领域[J]. 工程建设与设计, 2020, (02): 255-256.
- [5] 肖华, 陈玲. 无人机低空摄影测量技术在乡村规划中的应用[J]. 华北自然资源, 2019, (06): 84-85.
- [6] 蔡亮, 王蒙蒙. 基于 Context Capture 的无人机倾斜摄影三维建模及精度分析[J]. 建筑, 2020, (03): 74-76.