

无人机倾斜摄影测量技术在农村不动产确权登记中的应用研究

李林聪

广西壮族自治区自然资源遥感院

摘要: 目前,为进一步规范农村宅基地管理,保护农民合法财产权益,推进农村不动产统一登记工作,全国自然资源和规划部门正在积极开展不动产权籍的普查工作,建立房地一体的不动产权籍调查数据库。近年来,国内学者针对无人机倾斜摄影测量技术进行了广泛的研究。将无人机倾斜摄影测量技术应用于土方测量,获取了高精度的地形数据,满足后期构网要求的同时保留了更多实地数据的细节;利用无人机倾斜摄影技术进行高层建筑的立体测绘,有效地完成了建筑的立体造型和三维资料的实时采集。为此,本文对利用无人机倾斜摄影技术开展农村不动产实地调查和确权登记工作进行深入研究。

关键词: 无人机; 倾斜摄影测量技术; 农村不动产确权登记

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.07.115

前言: 以往农村不动产确权登记调查测量通常采用传统的解析测量和外业丈量方法,工作量大、效率慢。倾斜摄影测量技术的发展使农房一体项目得以高效开展。本文以广西某地区农房一体项目为例,介绍了无人机倾斜摄影技术在房地一体项目调查中的应用,并对获取的数据成果精度进行了详细分析验证。结果表明,该方法的成图精度能满足农房一体项目测量要求,相比传统测量方式可减少投入,提高效率。

一、无人机倾斜摄影测量技术概述

所谓的倾斜摄影技术,就是将一个倾斜拍摄设备安置在飞行器的表面,然后在飞行器的外部加装各种数据感应器,可以快速准确地获取不同角度的资料数据。通过位置信息POS,可以将无人机的信息进行连接和集成,从而实现对无人机的动态监控,以及摄像机等设备的实时调整;即保证了数据的真实性,又保证了房地产测量结果的准确性。利用无人机的倾斜摄影成像技术,可以在垂直角度和倾斜角度上进行图像的采集,并可以对各角度图像进行实时处理,从而在后期可以防止图像拼接变形。通过构造对应的数学方程,可以获得高精度的房地产测量结果数据。

二、无人机倾斜摄影测量技术的特性与优势

(一) 影像信息丰富

通常,无人机的倾斜摄影技术将集中体现在多个感应器上,抓取包括一个垂直、四个倾斜,至少五个不同角度的影像信息。由于采用了至少五种不同的角度,因此与其他遥感技术相比,采用无人机获取的图像资料具有更多的信息量和更高的重叠度。该特性还能很好地克服了常规航空摄影中视线遮挡、边缘变形等技术上的不足。利用电脑视觉技术,实现了各个角度的一一匹配,

并根据位置信息,将影像与地面坐标的准确影像对联系起来,形成高匹配度、高连接度的区域性网络。

(二) 打破传统

在采用倾斜摄影技术之前,常规的航空技术仅能够获得垂直图像。采用倾斜摄影技术,可获得高分辨率、多角度图像,而且可以在二维和三维之间任意转换。该方法可以很好的克服垂直影像不能获得建筑的层高和侧面资料的弊端,而且测绘工作者还可以得到更全面准确的图像信息。

(三) 应用于房地一体确权登记的技术优势

第一,能够真正实现多角度观察房屋建筑物,了解到实际的房屋周边环境。第二,可以在不到达现场的情况下对地物要素进行测量,从而有效地减少了工作人员的外业工作负担。第三,目前1.5cm的地面分辨率可以让工作人员更加清晰的获取地物信息,使三维模型的构建精准度更高。第四,入户测量是房地一体确权登记的必需程序,通过应用实景三维模型就可以有效地破解这一问题。第五,在真实空间环境当中构建实景三维模型,并叠加二维权籍数据,能够更加清晰地帮助工作人员了解到房屋和其他不动产的分布情况。

三、无人机倾斜摄影测量技术在农村不动产确权登记中的应用技术要求

(一) 像控数据采集

在实际测绘数据采集前,要在测区布设充足密度的像片控制点,并测绘测区控制点的坐标。像控点应布设在平坦易判读的地方,用油漆喷绘“L”形标志,测量外角。按照100m左右间隔均匀布设像控点,不宜超过150m,在确保模型精度的情况下根据村庄现场情况确定像控点布设数量。利用RTK技术,以广西CORS为基础,对各像控点进行四次测量,每一次不低于30个历元。每一次的观察都应该在不少于1分钟的间隔内进行初始。多个观测平面的数据误差不能超过2厘米,而高度误差不能超过3厘米,用多个实测数据的平均值来确定最终的像控数据。同时注意尽量联测测区内已有的高等级控制点以提高成果的可靠性。

(二) 航摄

测量人员利用无人机倾斜摄影技术进行影像采集时主要通过无人机平台搭载四个倾斜方向和一个下视方向相机进行拍摄。本案例中采用设备是大疆经纬M300RTK无人机搭五镜头倾斜相机。无人机航飞的高度为150m,获取影像地面分辨率为0.015m,航向重叠度为80%,旁向重叠度为76%。大疆经纬M300RTK无人机上的全球定位系统采用多星定位技术,使得定位精度更高,相机曝光瞬间可以获得精确的POS数据。测量人员结合外业像控点的采集进行数据处理。在完成设备检校、航

线规划、像控点布设等步骤后，便可择机进行外业航飞。外业航飞应挑选天气晴朗、空气质量良好、气象条件温和的时间窗口实施。执飞时，无人机起、降方向应考虑实地风向设置，利用配套软件实时监测飞行状态，如果在飞行期间遭遇多次瞬间大风偏离航线，应考虑补飞。

（三）ContextCapture 三维建模

在筛选影像数据之后，利用ContextCapture软件进行三维建模。首先，要注意该软件只识别英文字符，需要在新建工程时对文件名和储存路径都使用英文进行命名；其次，导入采集并完善后的照片数据，传感器尺寸和焦距大小需要根据前期获取的无人机参数进行设置，软件会自动识别并检查影像文件是否完整；最后，在软件界面将空中三角测量结果进行提交。ContextCapture自动建模系统空三加密的方法采用的是光束法区域网平差。在ContextCapture建模系统中，通过人工确定一定数量的控制点，即将使用RTK技术采集得到的像控点坐标导入软件中并对其进行刺点操作，软件会自动进行空中三角加密。在完成了空三加密之后，就可以利用获取到的高精度三维点云来构造出一个不规则的三角网。在建立了不规则三角网后，可以得到白模，纹理映射则是在白模的基础上进行表面纹理赋予，也就是通过三维模型获得二维空间点的相应颜色，从而获得与真实色彩视觉一致的三维模型。

（四）数字线划图生产

通过对图像资料的分析，将实际场景信息输入到智能立体地图中，进行数据的采集和绘制。利用3D建模技术的交互性、准确性和真实性，使数据定位精确，所见即所得，从而极大地减少了野外调查工作的工作量。在农户居住密度较高的地区，不但可以计算屋檐、墙体、阳台、走廊等建筑的空间参数，也可以利用立体视觉的整体还原层数、高度、房屋等内部部分信息。但是，这并不意味着现有的3D建模资料是准确的，有些新增加的地物、遮蔽物和内外业的误差因素还需要通过实地核实来进行。例如，在该项目的实施中，利用智能立体地图进行了数字线划图生产，通过现场调查和现场测量，得出了两种方法所获得的数据的准确率有很大差别。产生这种现象的原因有：（1）采样者所采集的不是房面而是房角，或者农村地区的房子出现了一定程度的变形。

（2）在采集作业中，作业员收集的是房顶上的象元数据，而检验者则使用测距仪测量边缘。这些粗心大意会增加错误发生的可能性。所以该项目在以后的开展中对测量采集技术进行了改良，把房子的拐角设置在两个相邻的平面交叉线上，并将整个收集的平面向下移。此次项目中，利用倾斜摄影技术进行了技术改造，取得了符合地籍资料准确率的数字线划图，为农村不动产确权登记工作的圆满完成打下了技术基础。

四、项目应用

农房一体确权工作的主要内容是全面查清农村范围内每一宗宅基地、集体建设用地及其地上房屋等建（构）筑物组成的不动产单元状况，含宗地信息、房屋等建（构）筑物基本信息等，形成符合不动产登记要求的权籍调查成果，为实施不动产统一登记奠定基础。采用无人机倾斜摄影测量技术进行农房一体确权项目生产

的技术路线为采用大疆经纬M300RTK无人机搭载五镜头相机获取五个不同角度高分辨率影像，同步采用省CORS站RTK作业方式采集地面像控点坐标，然后将获取的影像数据通过ContextCapture软件进行空中三角测量、点云密集匹配等，构建精细三维倾斜模型。三维模型生成后，利用南方CASS软件的CASS3D模块基于生产的实景三维模型经格式转换后采集房屋、面积等信息，得到测区地籍图。

（一）测区概况

本次选取板团村为倾斜航飞区域，面积约1.2km²，该测区位于农村地区，房屋层高较低，村庄地势平缓，地形起伏较低，高差在5m以内。村庄周围没有高层建筑，可采取大疆经纬M300RTK无人机搭载五镜头相机进行航摄，同步采用高精度RTK进行像控点和检查点采集，便于对三维模型成果进行精度检查。

（二）像控布设及倾斜摄影

根据项目作业要求，收集测区资料，并进行野外踏勘。踏勘过程中应涉及作业区的自然情况、交通情况、控制点分布等情况。勘察时需注意要仔细勘察村庄地形、村庄道路分布、房屋分布等情况，同时查看测区内建筑物最大高度，机场、军队等禁止航飞区域，便于航飞人员进行航线设计，选择合理的作业区域起降场地，制定航飞方案，确保航飞安全。航飞作业前应采用RTK进行像控点布设测量，像控点应选取易于判别量测、特征明显、地形起伏较小，相对稳定的地方，同时应充分考虑侧相机拍摄遮挡情况，确保标志能在倾斜影像上正确辨识。为检查成果精度，需根据控制点分布情况穿插布设部分检查点。像控点采用红色油漆在试验区布设L型标志，控制点靶标旁侧标明点号。控制点测量完成后应制作像控点点之记，详细描述每个像控点点位信息，点之记信息提供内业刺点使用。根据现场踏勘的情况进行无人机飞行航线设计航向重叠率和旁向重叠率，并选择适宜的飞行时间进行航飞。本次航飞分辨率为1.5cm，航向重叠度80%，旁向重叠度76%。航飞结束后，对航飞成果进行飞行和影像质量的检查。经检查测区飞行航线设置合理，姿态正确，pos位置与影像数量一致，航高平稳，航飞时在测区边界以及相邻航摄分区间进行了适当的外扩，满足测区边界覆盖。

（三）数据处理

本项目采用ContextCapture软件进行精细化三维模型的建立与DOM、DSM的生成，该软件综合利用计算机视觉、计算机图形学、数字摄影测量等高新技术，能快速全自动三维建模的倾斜摄影测量软件。航飞影像通过该软件可自动生成三维实景模型，实现由照片自动生成高分辨率三维模型，建模效率高，模型效果平面平、直线直、纹理清晰，贴近实景。同时可输出包含OBJ、OSGB等通用三维模型数据格式，能在各种模型编辑软件和模型浏览管理软件中进行转换使用。ContextCapture软件基于倾斜摄影测量原理，将获取的高分辨率倾斜影像经过图像匀光匀色、特征点提取、数据分块、三角网构建、自动纹理贴图等过程，生成高精度三维格网模型成果，完成三维模型的精细化建立。数据处理流程主要为数据检查、影像及POS数据的导入、空中三角测量以及

实景三维模型、DOM、DSM等。

1. 空三计算

传统的光束法空中三角测量方法在处理倾斜摄影测量数据存在诸多不足，而采用计算机视觉算法和多视角影像联合平差技术，先利用下视影像空三成果构建初始区域网成果，在此基础上递增式恢复前后左右镜头的外方位元素，最后将五个镜头影像联合进行平差，进而获取五个角度精确的外方位元素。首先利用飞控系统获取的初始POS数据，通过ContextCapture软件，还原五个不同角度高分辨率影像的地物投影信息，金字塔采用递增式的匹配策略，将所有影像进行自动匹配、初始区域网联合平差，获得精度较高的特征点匹配模型。同时，基于测量的控制点数据和初始区域网特征点POS信息，经区域网迭代平差计算，得到满足成果要求的空三文件。

2. 三维模型构建

空三解算成果符合精度要求后，对三维模型进行构建计算。ContextCapture软件使用空中三角测量精度达标后的连接点为基础进行三维模型的生成。因模型构建时数据量大，计算机系统配置有限，为提升模型生产效率，处理时需将模型分割成多个小瓦片进行构建。三维模型的生产采用多节点集群并行处理方式计算，软件各节点按作业队列顺序自动选择瓦片生产，构建密集点云、不规则三角网TIN模型，依据不规则三角网TIN模型的空间位置几何信息，经纹理映射算法自动纹理贴图，输出OSGB格式实景三维模型成果。

(四) 矢量数据采集

采集采用南方CASS软件的CASS3D模块，经格式转换加载生产的三维模型数据，采用五点法采集房屋等信息，具体包括采集宗地、房屋及其附属设施（围墙、栅栏、道路）等要素的空间和属性信息，并采集相应面积、房屋结构、层数等主要字段。内业采集完成后，以三维测图成果为工作底图，对一些如模型拉花、树木遮挡、房屋过于密集等原因造成内业无法采集以及一些房屋建筑结构、层数等属性内业无法准确判断的情况，利用GNSSRTK、全站仪、钢尺进行外业补测，核查结束后在内业进行采集完善。

(五) 精度分析

线划图采集工作完成后，需对数字线划图的精度进行检验。检查利用GNSS-RTK、全站仪、钢尺实地随机打点、量边等人工实测的方式对比精度（DLG精度检查表）。（1）检核点模型量测将CAD中量测房屋角点平面坐标。（2）检核点野外量测采用RTK到野外实地测量房屋边角平面坐标。（3）精度对比在模型上采集野外检核点的图解坐标，将图解坐标与实测坐标进行平面、高程中误差计算，公式如下：

$$ml = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_i \Delta_i) / n}$$

式中： ml ——检核点中误差，单位为米（ m ）；

Δ ——检核点模型图解坐标值与野外实测值较差，单位为米（ m ）；

n ——参与评定精度的检核点数。

表 1 DLG 精度检查表

检查点点号	实测坐标		模型坐标		ΔX	ΔY	ΔXY
	X	Y	X	Y			
JA	508009.9446	4402899.5453	508009.9550	4402899.5370	-0.0104	0.0083	0.0133
JB	508027.6923	4402898.4543	508027.6810	4402898.4450	0.0113	0.0093	0.0146
JC	508755.1821	4402700.1245	508755.1700	4402700.1320	0.0121	-0.0075	0.0142
JD	508771.9831	4402696.1523	508771.9910	4402696.1600	-0.0079	-0.0077	0.0110
JE	508185.7394	4402242.3286	508185.7280	4402242.3170	0.0114	0.0116	0.0163
JF	508195.9403	4402241.1479	508195.9290	4402241.1370	0.0113	0.0109	0.0157
JG	508310.8423	4402164.4563	508310.8290	4402164.4440	0.0133	0.0123	0.0181
平面中误差	0.0150						

经统计，检查点平面精度满足相关规范要求。

(六) 小结

本文以大疆经纬M300RTK无人机为数据获取平台，介绍了利用无人机倾斜摄影测量技术，结合ContextCapture软件和南方CASS软件的CASS3D模块测图系统进行农房一体项目生产的流程。结果表明，无人机倾斜摄影技术可用于农村房地一体测量，其界址点精度可以达到地籍界址点二级要求，满足农村房地一体发证项目的精度要求，同时缩短了工期，提高了工作效率，为农村房地一体后续调查工作提供了数据保障。

结束语

无人机倾斜摄影技术的运用给确权登记方式带来了许多新的变革，利用无人机倾斜摄影技术进行农村不动产确权登记，构建实景三维立体模型，从而达到对房屋进行立体测量的目的。不仅给确权登记工作带来了便利，而且构建的立体建模，便于数据的采集和传递。目前，无人机倾斜摄影技术在确权登记等项目的应用中已

经有很大进展，但是仍然需要进一步的研究和发掘，努力为各行各业提供优质服务。

参考文献

[1] 杨岩岩, 顾久美, 王俊念. 倾斜摄影测量技术在农村宅基地不动产测绘中的应用研究[J]. 房地产世界, 2022 (21): 142-144.

[2] 冉康, 王涛, 何志伟. 倾斜摄影测量和惯导RTK在农村宅基地确权中的应用[J]. 测绘通报, 2022 (9): 115-118.

[3] 曾丽华. 倾斜摄影测量技术在农村房地一体确权中的应用[J]. 四川水泥, 2022 (9): 40-41.

[4] 孙衍建. 基于无人机倾斜摄影测量技术的农村房地一体测绘[J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45 (7): 222-224.

[5] 万丽娟. 无人机倾斜摄影测量技术在农村房地一体测绘中的应用研究[J]. 工程建设与设计, 2022 (12): 140-142.