

基于无人机倾斜摄影技术的地籍测量应用研究

齐荣艳

深圳市规划和自然资源调查测绘中心

摘要: 地籍测量是土地管理和土地资源管理的重要环节, 涉及土地权属的确权与登记、土地面积的测算以及土地空间数据的管理等方面。随着无人机技术的快速发展, 无人机倾斜摄影技术作为一种新兴的测量手段, 为地籍测量带来了新的机遇。无人机倾斜摄影技术可以通过搭载倾斜摄影传感器, 实现对地表进行全方位、高分辨率的影像采集。本文针对传统地籍测量存在的问题, 探讨了基于无人机倾斜摄影技术的地籍测量应用, 以期在地籍测量的高效、精确实施提供支持和指导。

关键词: 无人机; 倾斜摄影; 地籍测量

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.15.115

引言

地籍测量作为土地管理和土地利用规划的基础, 对于确保土地权属的准确性和土地资源的有效管理至关重要。传统的地籍测量方法通常依赖于地面测量仪器和人工测量, 这些方法存在着测量效率低、成本高以及数据精度受限等问题。无人机倾斜摄影技术结合了无人机的灵活性和倾斜摄影系统的高分辨率影像采集能力, 具有快速、高效、精确的特点。它可以获取大范围的高分

辨率地表影像数据, 并提供具有丰富几何和光谱信息的立体影像。然而, 尽管无人机倾斜摄影技术在其他领域已取得了显著成果, 但在地籍测量中的应用仍然相对有限。当前研究主要集中在无人机倾斜摄影系统的配置和数据处理算法上, 对于地籍测量的特定需求和技术挑战尚未深入研究。

一、地籍测量工作概述

(一) 传统地籍测量方法

传统地籍测量方法主要包括全站仪测量、经纬仪测量和平面表测量等, 表1对这些传统地籍测量方法进行分析。从表1可以看出, 传统地籍测量方法在一定范围内能够满足测量需求, 但也存在一些局限性。全站仪测量精度高, 但价格昂贵且操作复杂; 经纬仪测量简单, 成本低, 但精度受限, 不适用于复杂地形和遥远目标; 平面表测量简单方便, 成本低, 但测量精度较低且不适用于复杂地形和曲线; GPS测量作为一种全球定位系统, 具有高精度的位置测量能力, 并适用于大范围 and 复杂地形的测量, 但受到天气和地形等因素的影响, 同时需要可靠的信号接收设备才能进行测量。因此, 上述传统方法在大范围测量、复杂地形和精细测量方面存在一定的局限性。

表1 传统地籍测量方法

测量方法	原理及特点	优点	缺点
全站仪测量	利用全站仪测量仪器进行点位的三维坐标测量, 结合测量数据进行绘图和分析	1. 测量精度较高, 适用于精细测量; 2. 可以获取三维坐标信息; 3. 测量速度较快	1. 仪器价格昂贵; 2. 需要训练有素的操作人员; 3. 不能快速获取大范围的地籍信息
经纬仪测量	利用经纬仪进行方位角和高度角的测量, 通过测角和测距等方法进行测量	1. 测量仪器相对简单, 成本较低; 2. 适用于中小范围的测量; 3. 可以获取地表点位的方位角和高度角信息	1. 测量精度受限, 适用于粗略测量; 2. 仪器需要进行校准, 使用较为复杂; 3. 不适用于复杂地形和遥远目标的测量
平面表测量	利用平面表进行线路测量, 通过测量线路的长度和角度等参数进行计算	1. 测量简单方便, 成本较低; 2. 可以适用于直线和简单曲线的测量	1. 测量精度较低, 适用于粗略测量; 2. 不适用于复杂地形和曲线的测量; 3. 测量速度较慢, 需要人工操作
GPS测量	利用全球定位系统进行地理位置的测量, 通过接收卫星信号确定点位坐标	1. 高精度的位置测量; 2. 适用于大范围 and 复杂地形的测量; 3. 无需视线遮挡, 可以获取全球定位信息	1. 受天气和地形等因素影响, 精度可能有所降低; 2. 需要可靠的信号接收设备; 3. 无法提供高度角等附加信息

(二) 无人机倾斜摄影技术发展与应用

随着无人机技术的迅速发展, 倾斜摄影技术作为无人机测量和地理信息领域的重要创新, 得到了广泛关注和应用。倾斜摄影技术通过在无人机上安装倾斜摄影

仪, 实现对地面目标的高分辨率影像捕捉。与传统的航空摄影相比, 倾斜摄影技术能够提供更加丰富、真实的物地信息, 具有更高的精度和立体感。无人机倾斜摄影技术的应用范围广泛, 包括地籍测量、城市规划、土地

管理、环境监测等领域。在地籍测量方面，倾斜摄影技术能够快速获取大面积地块的高分辨率倾斜影像，通过对影像进行处理和分析，实现对地籍边界的提取、地块面积的计算以及地籍信息的更新。相比传统的地籍测量方法，无人机倾斜摄影技术具有高效性、精确性和灵活性的优势。此外，倾斜摄影技术还能够实现三维模型的构建和地物特征的提取。通过对倾斜影像进行三维点云重建和地物分类，可以获取建筑物、道路、树木等地物的精确三维模型，并结合地理信息系统（GIS）实现空间分析和决策支持。

（三）地籍测量领域中无人机倾斜摄影研究

传统的地籍测量方法通常采用全站仪或GPS测量仪等设备进行地面测量，并依赖于人工操作和地面控制点的布设。然而，这些方法存在着测量效率低、工作量大和数据准确性受限等问题。在地籍测量领域中，无人机倾斜摄影技术具有多项优势。首先，无人机倾斜摄影技术能够快速获取大范围的影像数据，极大地提高了测量效率。其次，由于无人机可以灵活悬停和飞行，能够获得较高的摄影视角和覆盖范围，从而提供更全面和准确的地籍数据。此外，无人机倾斜摄影技术还能够应对复杂地形和难以到达的地区，实现无死角的地籍测量。未来可进一步优化无人机倾斜摄影系统的硬件配置和数据处理算法，提高测量精度和效率。此外，探索无人机倾斜摄影技术在地籍测量以外领域的应用潜力，如城市规划、土地管理和环境监测等方面。

二、系统设计与数据采集

（一）无人机选择与配置

在无人机选择与配置方面，首先需要根据地籍测量的需求和实际情况选择适当的无人机。考虑到地籍测量的特点，应选择具备较长的飞行续航时间、稳定的飞行性能和高分辨率影像采集能力的无人机。同时，无人机的机身结构和载荷承载能力也需要能够容纳倾斜摄影系统和其他必要的设备。在配置方面，需要将倾斜摄影系统与无人机进行合理的安装和集成，包括倾斜摄影系统安装在无人机上的适当位置，以确保影像采集时的稳定性和准确性。同时，还需要考虑系统与无人机之间的通信和数据传输方式，以便实时监控和控制无人机的飞行以及实时获取影像数据。此外，为了提高测量效率和数据精度，还可以考虑配置适当的辅助设备，例如全球定位系统（GPS）和惯性测量单元（IMU），以提供无人机的位置和姿态信息。这些信息可以用于后续的数据处理和精度校正，以确保地籍测量结果的准确性。

（二）倾斜摄影系统参数设置

首先，选择合适的相机参数，包括相机的焦距、感光元件尺寸、像素分辨率等。较长的焦距可提供更高的空间分辨率，但可能导致视场角变窄。感光元件尺寸和像素分辨率应根据测量需求和预期地物特征进行选择，

以平衡影像质量和数据存储需求。其次，通过调整相机的安装角度，可以获取不同程度的地物侧面信息，从而增加地籍测量数据的多样性，合理选择安装角度可以提高地物的可视性和几何信息的获取。此外，还需设置倾斜摄影系统的飞行高度和重叠度，飞行高度直接影响影像的分辨率和地物的可见性，较低的飞行高度可以提供更高的地表细节。重叠度影响影像匹配和三维重建的质量，适度的重叠度可增加特征点的匹配精度和稳定性。最后，考虑光照条件和天气因素。光照条件对影像的质量和地物的可视性至关重要。选择在适当的天气条件下进行倾斜摄影，例如避免强烈的日照和浓雾，可以获得更清晰、准确的影像数据。

（三）地面控制点布设

地面控制点是已知坐标位置的地面标志物，通常采用地面测量仪器进行测量，以提供与倾斜摄影系统获取的影像数据进行配准和校正。在布设地面控制点时，根据测量区域的大小和复杂程度，确定控制点的数量和分布密度。对于大范围的地籍测量，应增加控制点的密度以提高测量精度。选择合适的控制点类型，如地面标志物、测量桩等，以确保其稳定性和可视性。还应注意控制点的空间分布，以覆盖整个测量区域，并避免在影像处理中出现过多或过少的控制点。此外，布设地面控制点时需要注意其与倾斜摄影系统的相对位置关系，控制点应分布在整个测量区域，并尽可能远离倾斜摄影系统的位置，以确保控制点与拍摄影像之间具有较大的视差，有利于后续的影像匹配和定位计算。

（四）数据采集流程

根据研究区域的特点和目标，选择适当的无人机平台和倾斜摄影系统，并进行系统的配置和预飞检查，在测量区域内设置地面控制点，这些控制点的坐标需要事先通过传统测量方法获得。在实地数据采集阶段，无人机通过自主飞行模式进行航线规划和飞行路径设定。倾斜摄影系统将连续采集倾斜影像，同时记录飞行参数和GPS数据。在飞行过程中，无人机倾斜摄影系统能够捕捉地表的多视角立体影像，提供丰富的地理信息。采集后的数据需要进行处理和配准，对倾斜影像进行预处理，包括去除畸变、调整亮度和对比度等，利用影像匹配算法提取特征点，并进行图像匹配和姿态估计，以获得影像的几何信息。同时，将倾斜影像与地面控制点进行配准，以实现影像与现实世界的准确对应。

三、数据处理与地籍测量算法

（一）图像预处理

图像预处理旨在对采集到的倾斜摄影影像进行优化和修正，以提高后续数据处理和分析的质量和准确性。图像预处理的主要任务包括去除图像中的噪声和伪影、调整图像的亮度和对比度、校正图像的几何畸变等。对于图像中的噪声和伪影，常采用滤波技术（如均值滤

波、中值滤波)来降低其影响,有助于减少在后续处理中产生的误差和干扰。通过直方图均衡化、对比度拉伸等方法,可以增强图像的视觉效果,使地物特征更加清晰可见,提高后续特征提取和匹配的准确性。此外,由于无人机倾斜摄影过程中存在几何畸变,如透视畸变和径向畸变,需要进行校正,通过利用相机内外参数和校正模型,可以将图像中的畸变进行准确的修正,以保证后续测量和分析的准确性和精度。

(二) 特征点提取与匹配

特征点是图像中具有独特性和可区分性的局部区域,可以用于图像对齐和地物匹配,特征点提取的目标是从倾斜摄影图像中,提取出具有稳定性和描述性的特征点。常用的特征点提取算法包括SIFT(尺度不变特征变换)、SURF(加速稳健特征)、ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)等,这些算法能够在图像中检测到具有不同尺度、旋转和光照变化的特征点。提取到的特征点需要进行匹配,以确定不同图像之间的对应关系。特征点匹配的目标是找到两个图像中具有相似特征的点,并建立它们之间的对应关系。常用的特征点匹配算法包括最近邻算法和RANSAC(随机抽样一致性)算法。在地籍测量中,由于地物的复杂性和多样性,特征点提取与匹配面临着光照变化、遮挡和视角变化等挑战。因此,需要选择合适的特征点提取算法,并采用鲁棒的匹配策略来提高匹配的准确性和鲁棒性。

(三) 姿态估计与校正

在基于无人机倾斜摄影技术的地籍测量中,姿态估计与校正是关键步骤之一。由于无人机在飞行过程中可能会受到气流、风力和机动性等因素的影响,导致摄影系统的姿态参数发生偏差,进而影响地物在图像中的定位和测量精度。因此,准确估计和校正无人机的姿态是提高地籍测量精度的关键。姿态估计与校正的方法通常基于图像特征的匹配和几何约束条件,通过提取倾斜摄影图像中的特征点,并与地面控制点进行匹配,得到图像与地面坐标系之间的对应关系。利用这些对应关系计算无人机在三维空间中的姿态参数,如相机的旋转角度和平移向量。常用的方法包括基于特征点匹配的解算算法、基于姿态传感器的惯性测量单元(IMU)数据融合方法等。根据姿态参数,对倾斜摄影图像进行校正,使其能够恢复到地面平面或垂直平面。常见的校正方法包括图像旋转、投影变换和畸变校正等。这些校正操作可以消除无人机飞行过程中产生的姿态误差,提高图像的几何精度和定位精度。姿态估计与校正的准确性对于地籍测量结果具有重要影响,通过合理选择和设计姿态估计与校正算法,并结合高质量的控制点布设和数据采集方案,可以有效降低无人机姿态误差的影响,提高地籍测量的精度和可靠性。

(四) 数字地籍测量算法

数字地籍测量算法是基于无人机倾斜摄影技术的地籍测量中的核心内容,该算法主要包括图像预处理、特征点提取与匹配、姿态估计与校正以及地籍测量的数字化处理。首先,图像预处理阶段主要涉及对无人机倾斜摄影获取的图像进行几何校正、去除畸变、图像配准等处理,以消除图像中的系统误差和畸变,确保图像质量和几何精度的高度一致性。其次,特征点提取与匹配是为了获取图像中的特征信息,如角点、线段等。通过提取图像中的特征点,并利用匹配算法进行特征点的匹配,可以建立图像间的对应关系,为后续的姿态估计和校正提供准确的输入数据。再则,姿态估计与校正阶段确定无人机倾斜摄影系统在拍摄过程中的姿态参数,包括相机的姿态角、位置信息等。通过利用图像处理 and 几何推导的方法,可以对无人机姿态进行估计和校正,从而提高地籍测量的几何精度和精确性。最后,地籍测量的数字化处理阶段,涉及根据图像几何信息进行地籍要素的测量和提取,如土地边界线、地块面积等。通过结合图像处理、地理信息系统和测量方法,可以实现对地籍要素的自动化提取和精确测量,提高测量效率和精度。

结语

无人机倾斜摄影技术能够提供高分辨率、全景、多角度的图像数据,有效地捕捉了地表细节和特征,借助图像预处理和特征点提取与匹配等算法,我们能够获取准确的地籍特征信息,并实现对地块边界和地物属性的提取和测量。而倾斜摄影系统的姿态估计与校正能够有效解决图像畸变和摄影几何问题,提高了地籍测量的精度和可靠性。数字地籍测量算法的应用使得地籍测量过程更加自动化和高效,同时提高了测量结果的精度和一致性。后续应结合人工智能和机器学习等技术,开展对大规模地籍数据的智能化处理和分析,将进一步拓展地籍测量的应用领域。

参考文献

- [1] 靳峰,文坤.基于无人机倾斜摄影测量技术的农村土地地籍测量方法[J].北京测绘,2023,37(04):563-567.
- [2] 王海龙.倾斜摄影测量技术在地籍测绘中的应用[J].测绘与勘探,2022,4(2):72-74.
- [3] 王豪威,陈瑞功,杨海成.基于无人机倾斜摄影技术的地籍测量应用研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(01):211-214.
- [4] 万银钱.基于无人机倾斜摄影测量技术的地籍测量研究[J].华北自然资源,2022(4):3.
- [5] 李琳.无人机倾斜航空摄影测量技术在不动产权籍调查中的应用[J].地矿测绘,2021,4(3):87-89.
- [6] 何子建.无人机倾斜摄影技术在农村地籍调查中的应用[J].工程技术研究,2022,7(18):209-211.