

包括纹理特征、形状特征和光谱特征等。在纹理特征提取中,灰度共生矩阵(GLCM)和局部二值模式(LBP)是较为常用的方法,这些方法能够反映影像的纹理变化。通过GLCM提取的纹理特征在分类中能够提高地物区分度,纹理差异较大的地区,其分类准确率可提高15%。在形状特征提取方面,常用的技术有形态学分析和边缘检测。形态学特征如周长、面积、形状因子等有助于区分不同的地物类别,能够提高对规则与不规则地物的分类能力。光谱特征则通过各波段的反射率来区分不同地物类型,结合植被指数(NDVI)等指标可有效提高植被与非植被区域的分类精度。

4.3 基于深度学习的特征学习与自动提取方法

深度学习模型能够自动从遥感影像中学习复杂的特征,省去了人工特征提取的繁琐过程。卷积神经网络(CNN)尤其适用于遥感影像的特征学习,因为其能够通过多层卷积操作逐渐提取从低级到高级的特征。在遥感影像分类任务中,CNN能够自动学习到边缘、纹理以及其他复杂的地物特征。在实验中,使用CNN进行特征学习后,模型在典型地物分类任务中的准确率提高了约18%。此外,深度学习模型还能够进行多尺度特征的提取,使得不同尺度的地物特征能够得到有效融合,从而提升分类效果。对于高分辨率影像,深度学习模型可以学习到更多的局部细节特征,从而进一步提升精度,特别是在城市区域或复杂地形中。

5 基于深度学习的高分辨率遥感影像分类方法

5.1 监督学习与非监督学习方法对比

监督学习方法在遥感影像分类中广泛应用,其通过标注本来训练模型,从而进行地物分类。常见的监督学习算法包括支持向量机(SVM)、随机森林(RF)和卷积神经网络(CNN)。通过这些方法,模型能够充分利用标注数据进行训练,获得较高的分类精度。以SVM为例,其在常规遥感影像的分类中准确率可达到88%。与此相比,非监督学习方法如K均值聚类(K-means)和自组织映射(SOM)不依赖于标注数据,而是通过无监督方式进行分类。尽管非监督学习方法的分类精度通常低于监督学习,但在缺乏标注数据的情况下,仍能提供较为有效的分类结果。研究表明,使用K-means进行地物分类时,分类准确率约为75%,相比之下,CNN在无标注数据下的准确率可提高15%以上^[1]。

5.2 深度学习在不同地物分类中的应用

深度学习在遥感影像地物分类中取得了显著的应用成果。通过卷积神经网络(CNN)等深度学习方法,能够高效地提取影像中的空间特征和纹理特征,进而提高分类精度。在城市地物分类中,CNN能够准确区分建筑物、道路、绿地等不同类别,其分类精度通常能达到92%以上。而在

农田、森林等自然地物的分类中,深度学习方法通过提取植被特征、土壤反射率等信息,能够有效提高分类精度。例如,使用CNN进行农业用地分类时,分类精度提高了约10%,从85%提升至94%。这些成果表明,深度学习方法在不同类型的地物分类中具有广泛应用潜力,并能显著提高遥感影像分类的准确性。

5.3 多尺度融合方法在分类中的应用

遥感影像通常包含多种尺度的信息,特别是高分辨率影像中,地物的细节信息往往分布在不同的尺度上。多尺度融合方法能够通过结合不同尺度的特征,提升地物分类的精度。在遥感影像分类中,常用的多尺度方法包括图像金字塔、滑动窗口技术以及基于深度学习的多层次网络模型。这些方法能够在不同层次、不同尺度上提取地物特征,并融合不同尺度的信息,提高分类精度。研究表明,基于多尺度融合的深度学习方法能够将遥感影像的分类准确率提高约6%,在城市地物分类任务中,使用多尺度融合方法的模型相较于传统单尺度模型提升了5%的准确率^[4]。这表明,多尺度融合方法在高分辨率遥感影像分类中具有重要的应用价值,能够显著增强分类效果。

6 结语

随着高分辨率遥感影像的广泛应用,地物分类在环境监测、城市规划和农业管理等领域扮演着越来越重要的角色。然而,传统的分类方法在面对复杂影像时常常存在精度不足的问题。深度学习技术,尤其是卷积神经网络(CNN),通过其强大的特征学习能力,已经成为遥感影像分类中的主流方法。然而,尽管深度学习在遥感影像分类中取得了显著进展,仍然存在一些挑战。如何进一步优化模型的训练过程、提高算法的计算效率以及在复杂环境下保证分类的稳定性,依然是当前研究的重点。随着计算能力的提升和算法的不断发展,深度学习将在遥感影像分类领域发挥更加重要的作用。未来,结合大数据和云计算等技术,深度学习的应用前景将更加广阔,为遥感影像分类提供更加精准、高效的解决方案。

参考文献

- [1] 薛琳.运用边缘保持滤波和改进核模糊聚类的遥感影像分类[J].地理空间信息,2024,22(12):42-45+64.
- [2] 谢晓海.基于收缩卷积神经网络的高分辨率影像分类方法[J].工程勘察,2024,52(12):47-50+62.
- [3] 刘政江.城市场景下高分辨率遥感影像地物分类方法研究[D].导师:赵庆展.石河子大学,2024.
- [4] 王伟.基于语义分割网络的高分遥感影像城市绿地分类研究[D].导师:程勇;张文杰.南京信息工程大学,2024.

Application and accuracy analysis of UAV aerial survey in land right confirmation

Chang'an Xiang

Qingdao West Coast Survey and Mapping Institute Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266400, China

Abstract

Land certification, a critical component of rural land management and ownership protection in China, demands higher standards for the accuracy and efficiency of surveying technology. Thanks to its high-resolution imaging capabilities and flexible, efficient operational methods, UAV aerial surveying is increasingly being utilized in land certification. This article analyzes the practical application of UAV aerial surveying technology in land certification, systematically outlining its operational procedures, data processing mechanisms, and key points for precision control. It also explores the adaptability and error sources under various terrain conditions. Furthermore, by integrating current aerial survey practices, specific optimization strategies are proposed to enhance surveying accuracy and the reliability of data outcomes. These strategies aim to provide technical support for the informatization and refinement of rural cadastral management, thereby enhancing the legal validity and public acceptance of certification results.

Keywords

land right confirmation; UAV aerial survey; data accuracy; cadastral survey; error control

无人机航测在土地确权中的应用与精度分析

相昌安

青岛西海岸勘察测绘院有限公司, 中国·山东 青岛 266400

摘要

土地确权作为我国农村土地管理与权属保障的重要基础性工作,对测绘技术的精度与效率提出了更高要求。无人机航测凭借其高分辨率影像采集能力与灵活高效的作业方式,逐步在土地确权中得到广泛应用。本文围绕无人机航测技术在土地确权中的实际应用展开分析,系统梳理其作业流程、数据处理机制及精度控制要点,探讨不同地形条件下的适应性表现与误差来源。同时,结合当前航测实践,对提升测绘精度与数据成果可靠性提出具体优化策略,为推动农村地籍管理信息化、精细化提供技术支持,提升确权结果的法律效力和群众认可度。

关键词

土地确权; 无人机航测; 数据精度; 地籍测量; 误差控制

1 引言

随着农村土地制度改革的持续深化,土地确权成为推进“三权分置”制度、实现农村治理现代化的重要抓手。传统地籍测绘方法在作业周期、人力投入和复杂地形适应性等方面存在明显短板,难以全面满足高效、高精度确权需求。在此背景下,无人机航测技术以其低成本、高效率、可快速获取大范围高分辨率影像的优势,逐渐成为土地权属界定和图形成果生成的重要技术路径。当前,相关技术应用仍面临数据精度波动、地形干扰显著及作业流程标准化不足等问题,亟需在技术集成、流程控制和质量保障方面进行系统研究与实证分析,构建稳定可靠的航测支持体系,确保确权成果的权威性与准确性。

2 无人机航测技术在土地确权中的应用背景

土地确权作为农村土地制度改革的重要组成部分,是实现农村产权清晰、权责明确、权能完整的重要保障。传统地籍测绘手段在效率、精度和地形适应性方面面临诸多挑战,特别在地势复杂、耕地分散的地区难以满足确权工作的实际需求。无人机航测技术具备灵活部署、实时响应、快速获取高分辨率影像等显著优势,可有效替代人工测量与传统航拍手段,提升地籍调查的覆盖率与作业效率。在空间数据采集、权属界线识别、图件更新等环节,无人机航测展现出良好的工程适应性和技术稳定性,特别是在大面积农村土地权属调查中,具备显著的时间成本优势与成果精度保障能力。该技术的推广与规范,将有力推动确权成果的标准化、可追溯性与法律效力提升,为农村集体土地制度改革提供坚实的技术支撑。

【作者简介】相昌安(1982-),男,中国山东青岛人,本科,工程师,从事测绘、土地管理研究。

3 无人机航测系统构成与作业流程

3.1 航测无人机机型选择与载荷配置

无人机航测在土地确权中对设备性能提出了较高要求,机型选择需结合作业区域的面积、地形复杂度和航测精度标准。固定翼无人机适用于大范围平坦区域的快速测绘,多旋翼无人机则在地形起伏大、障碍物密集的区域中具有更强的机动性和悬停能力。在载荷方面,需配备具备高像素、高帧率和低畸变的数码相机,同时结合惯性导航系统(INS)与全球定位系统(GNSS)以增强航测数据的空间定位精度。

3.2 作业流程规范化与数据获取手段

无人机航测作业流程需遵循严密的技术标准与规范路径。作业前期需进行航区勘察和飞行计划设计,确定合理的飞行高度、航线间距与影像重叠度,以保证数据覆盖完整与影像配准质量。现场起降作业应配备专业飞控人员与测绘技术人员协同作业,确保飞行安全与数据完整。数据获取阶段通过自动化航线执行获取连续影像,需保障GNSS信号稳定与姿态控制准确。原始影像采集后立即进行初步数据校验,检查影像质量、曝光均匀性与定位信息完整性。

3.3 航测数据处理与地籍成果生成路径

数据处理阶段是无人机航测在土地确权中实现精度转化的关键环节。首先进行空三加密,通过构建高精度外方位元素模型实现图像间的严密匹配。接着进行正射影像生成与几何纠正,将航测影像转化为无畸变、符合地理坐标系统的正射图。地物提取阶段依托影像判读与地形分析,识别农田边界、建筑轮廓与自然地貌特征,生成初步地籍线。矢量化与图件生成过程中融合实测控制点数据,提升图形匹配度与边界精度,最终输出符合土地管理部门要求的1:1000比例尺或更高精度的地籍图件与权属数据库,形成具有法律效力的确权成果。

4 无人机航测应用中精度控制关键因素

4.1 飞行高度与影像分辨率的匹配关系

飞行高度直接影响航测影像的空间分辨率,是精度控制的重要参数之一。在土地确权中通常要求影像分辨率优于0.1米,以满足边界精确提取与地物识别需求。飞行高度过高将导致影像分辨率下降,影响边界线细节识别;飞行高度过低则增加航线密度与作业时间,且易受风力干扰影响图像稳定性。因此需根据地面分辨率要求、相机参数与作业区地貌特征综合确定合理飞行高度,并结合重叠度、倾角控制与姿态稳定算法优化飞行路径,以保障影像质量一致性与后续正射纠正的几何精度,提升最终图件的地理准确性与权属边界的可信度。

4.2 控制点布设密度对成果精度的影响

地面控制点作为影像定位与几何纠正的参考基础,对无人机航测成果精度具有决定性作用。控制点布设应覆盖整个航测区域,形成稳定的几何网络结构。通常建议布设密度

不低于每平方公里五至七个控制点,边缘区域与高变化地形处可适当加密。控制点坐标获取需采用高精度RTK或全站仪技术,确保基准坐标系统的一致性与数据可溯性。布点不均、精度不足或误差累积将直接影响空三加密成果的稳健性,导致正射影像图发生局部偏移或变形,进而影响地籍边界的准确判读与图件质量。合理规划与高质量采集控制点是提升航测精度的关键步骤。

4.3 数据拼接与正射纠正过程中的误差源分析

数据拼接与正射纠正是影像处理中的核心环节,其精度直接决定最终图件的地理一致性与边界精度。拼接误差主要来源于图像重叠区域的几何不一致、控制点布设误差和飞行姿态扰动。在正射纠正过程中,如未有效处理地形起伏与地物遮挡,易造成图像扭曲、重影与拉伸。地形起伏剧烈区域需结合高精度DEM进行几何校正,以补偿垂直位移引发的视差变形。此外,相机镜头畸变与影像光照条件也会影响图像质量与拼接拟合度,需在处理前完成相机参数标定并应用色彩统一算法修正曝光差异。对误差来源的系统分析与处理优化是确保测图质量的重要保障。

5 不同地形地貌条件下的精度适应性分析

5.1 平原农田地区的测绘精度表现

在平原农田区域,无人机航测具备天然的精度优势。地形地貌相对平坦,航测飞行路径规划简单,图像重叠度高、畸变干扰小,有利于获取清晰连续的高分辨率影像。该区域地块边界大多规整,地物遮挡少,地籍线提取和权属判读的精度较高。控制点布设也更为便利,可在开阔场地均匀布设,增强空三加密计算的稳定性。航测数据处理过程中,正射影像生成误差较小,矢量图形与实际边界贴合度高。在农田细分、林田界定、道路附属地识别等任务中,无人机航测可实现厘米级的边界提取精度,满足土地确权的权属明晰化和成果入档要求,是目前适用性最强、实施效率最高的区域类型。

5.2 丘陵山区航测成果的适配性研究

丘陵山区地形起伏剧烈,地物类型多样,给无人机航测作业带来诸多挑战。飞行高度需因地制宜动态调整以避免图像视角畸变与遮挡,控制点布设受到地形和植被影响,难以实现规则分布,导致空三加密精度下降。航测影像中的阴影区域和高差区域易出现拼接误差和几何变形,需引入高精度DEM进行地形校正以消除垂直误差。地物提取方面,山地房屋、林地与田块边界交错复杂,增加了图像识别难度。为提升适配性,可采用倾斜摄影与激光雷达融合方式丰富地表数据维度,并通过人工辅助判读校核边界线,提升图形精度。在具备完善作业准备和数据处理机制前提下,航测在丘陵地区仍可实现可控范围内的高精度成果输出。

5.3 林地与建设用地界限识别的精度挑战

林地由于植被覆盖度高、树冠重叠密集、地面视线遮挡严重,无人机航测在地表信息提取方面存在明显限