

# Application of UAV tilt photogrammetry in 3d cadastral modeling of complex property rights plots

Enjie Tu

Huoqiu County Land Acquisition and Reserve Development Center, Lu'an, Anhui, 237400, China

## Abstract

With the acceleration of urbanization, land spatial utilization has become increasingly complex, making 3D cadastral modeling a core technical requirement for modern land management and property registration. Unmanned aerial oblique photogrammetry, with its efficient data acquisition and high-precision 3D modeling capabilities, has emerged as a crucial method for modeling complex property parcels. This paper systematically analyzes the technical processes and advantages of this technology in key stages such as data acquisition, model reconstruction, and property boundary extraction, based on typical case studies. The research demonstrates that oblique photogrammetry excels in adapting to densely built areas, complex terrains, and intricate property rights relationships, showcasing outstanding modeling accuracy. This technology effectively enhances the informatization and refinement of cadastral management, driving the modernization and intelligent advancement of urban spatial governance.

## Keywords

Unmanned Aerial Vehicle; Oblique Photogrammetry; 3D Cadastre Modeling; Complex Property Rights Parcels; Spatial Information Management

## 无人机倾斜摄影测量技术在复杂产权地块三维地籍建模中的应用

屠恩杰

霍邱县土地收购储备发展中心, 安徽六安, 237400

## 摘要

随着城市化进程加速, 土地空间利用愈发复杂, 三维地籍建模成为现代土地管理与产权登记的核心技术需求。无人机倾斜摄影测量凭借高效的数据采集和高精度三维建模, 已成为复杂产权地块建模的重要手段。本文结合典型案例, 系统分析了该技术在数据获取、模型重建、产权边界提取等关键环节的技术流程和优势。研究表明, 倾斜摄影测量技术在建筑密集、地形复杂、权属关系交错的地块中表现出出色的适应性和高精度建模能力, 有效提升了地籍管理的信息化与精细化水平, 推动了城市空间治理的现代化与智能化进程。

## 关键词

无人机; 倾斜摄影测量; 三维地籍建模; 复杂产权地块; 空间信息管理

## 1 引言

土地资源是城市发展的基础, 产权界定和空间规划直接影响社会经济的有序运行。传统地籍管理依赖二维数据, 难以精准反映高层建筑和立体空间特征, 限制了复杂产权地块的科学管理。无人机倾斜摄影测量以多视角高效采集和三维自动建模优势, 有效解决了复杂地形与高大建筑的测绘难题, 为三维地籍建设提供了新方法。本文聚焦其在复杂产权地块三维地籍建模中的关键技术与应用, 并提出针对性优化建议, 为智慧城市和三维地籍制度创新提供参考。

【作者简介】屠恩杰(1974-), 男, 中国安徽六安人, 本科, 工程师, 从事地籍测量研究。

## 2 无人机倾斜摄影测量技术基础与发展现状

### 2.1 无人机倾斜摄影测量的原理与优势

无人机倾斜摄影测量是一种集成多角度影像获取与三维空间重建的现代测绘技术。其核心在于通过无人机搭载高分辨率倾斜相机, 沿飞行路线自动采集目标区域的正射影像和多方向侧视影像。多视角影像通过空三加密、匹配算法及点云重建等流程, 实现对地表及建筑物的精细建模。相比传统地面测量或单镜头航摄, 倾斜摄影测量具有获取速度快、数据完整度高、空间表达真实等突出优势, 尤其适用于建筑密集、遮挡严重及地形复杂的地块。近年来, 随着无人机平台的小型化和航测软硬件集成水平提升, 倾斜摄影测量已在城镇规划、房地产登记、数字城市等多个领域展现出广阔应用前景。

## 2.2 三维地籍建模的内涵与技术需求

三维地籍不仅关注地块的平面边界，更需准确表达产权对象在垂直空间的范围与结构，包括高层建筑、地下空间、附属设施等。三维地籍建模要求数据具备高空间分辨率、精准的空间定位和属性描述能力，能够支持不同空间层级间的产权边界提取与空间关系判读。传统二维地籍图受限于地物遮挡和空间维度不足，难以支撑产权纠纷调解、多层开发审批及空间治理等复杂需求。倾斜摄影测量技术通过自动生成三维实景模型、点云数据及数字表面模型，为三维地籍建模提供了理想的数据基础和创新方法，有效填补了传统测绘手段在复杂产权表达上的技术短板。

## 2.3 复杂产权地块的三维建模挑战

复杂产权地块通常表现为空间形态多样、权属关系交错、建筑结构密集等特点。传统测绘手段在这些地块上难以实现高效、无遗漏的数据获取和边界判读。倾斜摄影测量虽能大幅提升数据采集效率，但在模型拼接、地物分割、权属线提取等关键环节仍面临建筑遮挡、纹理混淆、点云噪声等技术难题。此外，三维地籍模型还需满足法律合规、产权信息安全与多部门共享等管理需求，对数据精度、完整性及后续管理平台建设提出更高要求。针对复杂产权地块的实际需求，需要不断优化影像采集方案、模型处理流程与信息管理体系，提升整体三维地籍建模水平。

## 3 无人机倾斜摄影在三维地籍建模中的关键技术环节

### 3.1 多视角影像采集与飞行方案设计

高质量三维地籍建模的基础在于多角度、全覆盖的影像数据。无人机倾斜摄影需根据地块空间形态、建筑分布及地形变化科学制定飞行路线，合理规划航高、重叠度、侧视角度及影像分辨率。复杂产权地块往往存在建筑物高低错落、遮挡严重的难题，需结合多架次多方向飞行，实现地块及附属建筑的无死角拍摄。为提升影像质量，需优选适配的倾斜相机系统，并根据作业区天气、光照条件等调整飞行时间，避免因阴影或反光造成信息缺失。实地应用表明，针对典型高层住宅区或老旧小区，多视角采集方案能够大幅提升三维模型的完整性与精度。

### 3.2 三维模型重建与地物分割算法

无人机采集的倾斜影像通过空三加密、匹配算法和多视图重建，实现从影像到点云、网格模型和纹理映射的自动化转换。针对复杂产权地块，模型重建过程需兼顾建筑物立面、屋顶及地形的真实还原，避免因遮挡、重复或反射等问题造成结构丢失。先进的地物分割算法基于点云密度、纹理特征与空间关系，对建筑单体、地面、绿化、道路等要素进行自动识别与边界提取，为后续产权分区和三维地籍建库提供基础数据。最新研究还将深度学习与人工智能方法应用于地物识别和三维语义分割，显著提升了复杂地块建模的自动

化与智能化水平。

## 3.3 三维地籍属性采集与空间信息管理

三维地籍不仅需要空间几何模型，还需采集和管理地块、建筑物、附属设施等的权属、用途、面积等属性信息。无人机倾斜摄影结合地理信息系统（GIS）平台，实现模型属性标注、产权单元空间定位及历史档案关联。针对产权交错、多层开发的地块，可通过分层管理和可视化界面，动态展示不同产权单元的空间分布与权属关系。信息管理平台需支持数据的安全存储、共享与更新，满足房地、住建、城管等多部门协同应用和智能检索需求，推动地籍管理从二维平面向三维、立体化转型升级。

## 4 无人机倾斜摄影测量在复杂产权地块三维地籍建模中的典型应用

### 4.1 建筑密集区三维地籍建模案例

在高层住宅小区、商业综合体等建筑密集区域，产权结构复杂、空间利用高强度，传统地籍测量方式因视线受限、权属交错，往往难以实现对地块及建筑物空间结构的精准还原。无人机倾斜摄影测量凭借多角度、高分辨率的影像采集能力，有效克服了建筑遮挡和空间重叠带来的测绘难题。通过科学设计飞行路径，结合多架次、多视角拍摄，可全面获取建筑物立面、屋顶及细部结构的影像数据，随后利用多视图三维重建算法，自动生成高精度的三维实景模型。实际应用表明，该模型不仅能够准确还原高层建筑的空间结构和外部轮廓，还可辅助物业分割、权属界定、容积率评估等工作。与传统二维地籍数据叠加分析后，三维模型能直观揭示产权单元在空间上的重叠、穿插与分布，有效提升了城市空间精细化治理和地籍数据管理的科学性、可视化和决策支持水平。

### 4.2 不规则地形与地下空间地籍建模

对于地形起伏剧烈、地块不规则或包含地下空间的复杂区域，常规测绘方式存在获取难度大、空间表达不完整等突出问题。无人机倾斜摄影技术通过多高度、多方位的灵活飞行，能够全面覆盖山地、坡地等不规则地形区域，并捕捉到地下车库、地铁出入口等立体空间要素。结合地面激光雷达（LiDAR）或全站仪等辅助测量设备，可以显著提升点云数据密度和三维模型精度，实现对地上与地下空间一体化、无缝衔接的建模。实际工程表明，通过倾斜摄影获取的三维数据不仅能够精确划分不同层级的产权单元，还能清晰界定地块边界、建筑基底与附属设施的位置关系，有效支撑复杂项目的不动产确权、竣工验收和权属争议调处。该方法为城市地下空间开发和立体土地利用管理提供了坚实的空间数据基础，推动三维地籍向多维度、多要素集成管理迈进。

### 4.3 历史遗产与老旧小区产权地籍建库

历史文化遗产保护区和老旧小区往往面临产权关系历史遗留、建筑结构特殊、测绘资料缺失等问题，传统地籍调

查手段难以满足高精度、高效率的信息采集需求。无人机倾斜摄影以其非接触式、快速、全面的特点,可在不干扰建筑现状的前提下,完成大范围高密度的影像采集和三维建模。通过多源数据融合,将三维实景模型与历史资料、权属档案等信息叠加分析,能够精准还原历史建筑风貌、区分产权界限,有效为历史遗产保护规划、违建甄别、产权争议调解等工作提供空间数据支撑。此外,该技术为老旧小区未来的数字化改造和智慧社区建设提供了重要基础数据,实现了地籍信息的动态更新与可视化管理。倾斜摄影在保护历史遗产真实性与完整性的同时,极大提高了地籍管理的现代化与智能化水平。

## 5 无人机倾斜摄影三维地籍建模的优势与挑战

### 5.1 三维地籍建模的综合优势

无人机倾斜摄影测量技术在复杂产权地块三维地籍建模中展现出多重综合优势。首先,该技术具备极高的作业灵活性与适应性,能够在传统测量方法难以进入或无法全面覆盖的高层建筑群、密集城区及不规则地形下高效获取多角度、高分辨率影像,显著提升数据获取效率和空间覆盖完整性。其次,倾斜摄影多视角数据采集及自动化三维模型重建,实现了对地块空间结构、建筑立面、屋顶及地形的真实还原。三维模型不仅便于产权边界的立体界定,也可直观展示空间层级和权属关系,极大提升产权管理的科学性与可视化水平。此外,基于三维数据的地籍信息可实现多部门共享、智能检索和动态更新,有效支持房地、住建、规划等多元应用场景,推动地籍管理由传统二维静态管理向三维动态化、智慧化转型。综合来看,无人机倾斜摄影测量为三维地籍建模提供了更高效、精准和智能的技术路径,极大促进了复杂地块空间治理的现代化进程。

### 5.2 模型精度与数据处理的技术瓶颈

尽管无人机倾斜摄影测量在三维地籍建模中表现突出,但在精度控制与数据处理方面依然面临诸多技术瓶颈。复杂产权地块中高层建筑遮挡、结构重叠、纹理相似等问题易造成影像信息缺失、模型误差叠加,影响最终三维模型的空间精度和几何真实性。影像畸变、光照不均和反光现象亦会导致点云噪声、网格断裂等质量问题。与此同时,三维地籍建模需处理大规模多源数据,点云密度高、数据体量大,对存储空间、算力和算法效率提出了更高要求。现有有点云拼接、地物分割和三维属性挂接等环节,算法自动化和智能化水平有待提升,部分精细化建模和边界识别仍需人工干预。三维地籍属性与模型的挂接标准尚未统一,不同部门和平台间数据格式与标准的差异也加剧了数据整合与互通的难度。这些

技术与标准障碍直接影响三维地籍数据的精度、权威性与应用推广,亟需持续攻关与创新突破。

### 5.3 法律法规与数据安全的管理挑战

三维地籍建模涉及土地权属确认、空间规划与社会管理等诸多敏感领域,对数据安全、个人隐私和法律法规提出了更高要求。目前,相关法律法规与行业标准尚不完善,三维地籍在产权空间界定、模型数据认证、成果存档与共享、成果应用等环节存在一定政策空白和实践盲区。无人机作业过程中涉及的数据采集、空域管控、影像处理及成果发布等环节均需严格遵守国家相关法律法规,以防止个人隐私泄露、产权信息失真及空间数据滥用。与此同时,三维地籍模型的合法性与权威性认定、成果的归档管理和跨部门共享机制建设也亟需法律制度予以规范。未来三维地籍技术的广泛推广,需要加快完善相关法律法规、制定统一的行业标准和安全技术规范,建立高效的数据信息保护机制,确保三维地籍数据在法律、技术和管理层面均能实现安全、规范和有序流通。

## 6 结语

无人机倾斜摄影测量技术为复杂产权地块三维地籍建模提供了高效、精准和多元化的技术路径。通过多视角高分辨率影像采集与智能化模型重建,实现了地块空间结构与产权边界的立体表达,显著提升了地籍管理的数字化与科学化水平。尽管当前仍面临模型精度、数据处理和法律标准等多重挑战,但随着无人机平台、传感器和人工智能技术的持续发展,倾斜摄影测量必将在三维地籍建模与空间信息管理领域展现更广阔的应用前景。未来,应加强多部门协同、技术创新与标准体系建设,不断完善三维地籍信息管理平台,为智慧城市、数字国土和不动产治理现代化提供坚实支撑。

### 参考文献

- [1] 王倩,刘攀.基于三维激光扫描技术的无人机倾斜摄影测量三维建模研究[J].科技与创新,2024,(01):69-72.
- [2] 冯一鸣.基于无人机倾斜摄影测量与BIM技术建筑物三维建模方法研究[D].渤海大学,2023.
- [3] 刘振.无人机倾斜摄影测量技术的三维建模与精度分析[J].山西建筑,2020,46(15):154+174.
- [4] 褚杰,盛一楠.无人机倾斜摄影测量技术在城市三维建模及三维数据更新中的应用[J].测绘通报,2017,(S1):130-135.
- [5] 杨风学.基于倾斜摄影测量技术的三维建模在城市规划中的应用[C]//中国石油学会石油工程专业委员会,中国石油学会石油工程建设专业标准委员会.中国石油石化工程建设创新发展大会--石油天然气勘察技术第二十六次技术交流研讨会论文集.大庆油田工程有限公司,2018:206-209.