

An Exploration of the Application of Inclined Photography 3D Modeling in Urban Territorial Space Purpose Control Monitoring

Hua Zhong¹ Fuliang Guo¹ Dapeng Li²

1. Qingdao City Laoshan District Natural Resources Bureau, Qingdao, Shandong, 266000, China

2. Qingdao City Laoshan District Emergency Management Bureau, Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract

Urban territorial space use control monitoring is a core support for consolidating the bottom line of spatial development and protection, ensuring the rigid implementation of planning, and enhancing governance effectiveness. Traditional monitoring models have shortcomings such as one-sided spatial information expression, lagging dynamic response, and insufficient precision adaptation, making it difficult to meet the needs of refined control. Oblique photogrammetry 3D modeling technology, through multi-view image acquisition and 3D reconstruction, can quickly generate high-precision real-scene models, enabling the stereoscopic, visual, and dynamic presentation of territorial space elements. This paper systematically elaborates on the technical principles and core advantages, explores its application paths in scenarios such as land boundary verification, construction dynamic tracking, planning index verification, and illegal violation identification, verifies the technical effectiveness through empirical cases, and puts forward optimization suggestions. The study shows that this technology can significantly improve monitoring accuracy and efficiency, build a technical system of 'real-scene perception-intelligent analysis-precise control', provide full-cycle technical support for territorial space use control, and has important practical value for promoting the modernization of urban spatial governance.

Keywords

Inclined Photography 3D Modeling; Territorial Space Purpose Control; Monitoring Technology; 3D Real Scene; Fine-Grained Governance

倾斜摄影三维建模在城市国土空间用途管制监测中的应用探究

钟华¹ 郭富良¹ 李大鹏²

1. 青岛市崂山区自然资源局, 中国·山东 青岛 266000

2. 青岛市崂山区应急管理局, 中国·山东 青岛 266000

摘要

城市国土空间用途管制监测是筑牢空间开发保护底线、保障规划刚性实施、提升治理效能的核心支撑。传统监测模式存在空间信息表达片面、动态响应滞后、精度适配不足等短板,难以满足精细化管制需求。倾斜摄影三维建模技术通过多视角影像采集与三维重建,可快速生成高精度实景模型,实现国土空间要素的立体化、可视化与动态化呈现。本文系统阐述技术原理与核心优势,探究其在用地边界核查、建设动态跟踪、规划指标核验、违法违规识别等场景的应用路径,结合实证案例验证技术效能,并提出优化建议。研究表明,该技术能显著提升监测精准度与效率,构建“实景感知-智能分析-精准管控”的技术体系,为国土空间用途管制提供全周期技术保障,对推进城市空间治理现代化具有重要实践价值。

关键词

倾斜摄影三维建模; 国土空间用途管制; 监测技术; 三维实景; 精细化治理

1 引言

国土空间用途管制作为国家空间治理的基础性制度,是规范空间开发秩序、保护生态环境、保障资源可持续利用的关键手段。随着新型城镇化快速推进,城市国土空间开发

强度持续攀升,用地类型转换频繁,违法建设、违规用地、生态红线侵占等问题日益凸显,对管制监测提出“高精度、快响应、全维度”的新要求。传统监测主要依赖卫星遥感、垂直航空摄影与地面巡查,卫星遥感存在分辨率有限、更新周期长(1-3个月)、易受云层干扰等局限;垂直摄影仅能捕捉地物顶部信息,缺乏三维空间特征;地面巡查效率低、成本高,难以实现全域常态化覆盖,导致监测工作常处于“被

【作者简介】钟华(1978-),男,中国辽宁庄河人,本科,正高级工程师,从事自然资源调查、测绘地理信息研究。

早发现、事后处置”的困境，无法满足“早发现、早制止、早查处”的管控目标。

倾斜摄影三维建模技术的突破为破解上述难题提供了全新路径。该技术通过多视角影像采集与三维重建算法，生成高保真、高精度的城市三维实景模型，实现国土空间要素的全方位还原与可视化表达，其高效性、精准性与完整性优势，与国土空间用途管制监测的核心需求高度契合。目前，该技术已在城市规划、不动产登记、应急管理等领域初步应用，但在国土空间用途管制监测中的系统性应用研究仍较薄弱，技术适配标准、应用流程规范、效能评估体系等尚未完善。基于此，本文立足城市国土空间管制监测实际需求，深入剖析倾斜摄影三维建模技术的应用价值与实现路径，结合实证案例验证技术成效，为构建科学高效的监测体系提供理论支撑与实践参考。

2 倾斜摄影三维建模技术原理与核心优势

2.1 技术原理

倾斜摄影三维建模技术是融合航空摄影、影像处理、计算机视觉的综合性技术，核心流程包括数据采集、预处理、三维重建与模型优化四大环节（图1）。数据采集阶段，通过搭载1台垂直相机与4台倾斜相机（前、后、左、右45°）的无人机或有人机，按航向重叠率 $\geq 80\%$ 、旁向重叠率 $\geq 60\%$ 的参数采集影像，同步记录GPS坐标、相机参数与飞行姿态数据；预处理阶段通过相机畸变校正、空中三角测量，建立统一地理坐标系，奠定空间基准；三维重建阶段采用运动恢复结构（SfM）算法提取匹配特征点生成稀疏点云，经多视立体匹配（MVS）生成密集点云，再通过网格构建与纹理映射生成三维实景模型；模型优化阶段剔除冗余数据、修复漏洞，提升模型完整性与可视化效果，最终形成满足监测需求的三维数据成果。^[1]



图1 倾斜摄影三维建模技术核心流程图

2.2 核心优势

1. 三维全景还原，空间信息完整：突破传统二维影像局限，完整呈现地物顶部、侧面及地形地貌细节，实现国土空间要素的全方位可视化，为用地边界、建设形态分析提供完整数据支撑。

2. 建模精度超高，适配管制需求：优化飞行与处理参数后，平面精度可达5-10cm，高程精度10-15cm，能精准捕捉用地范围、建筑层高、占地面积等关键指标，满足高精度监测要求。

3. 数据更新高效，支撑动态管控：无人机作业灵活，数据采集至模型生成仅需1-3天，相较于卫星遥感月度更新周期，大幅提升动态响应能力，可及时捕捉空间利用变化。

4. 可视化程度高，降低应用门槛：实景模型直观易懂，支持距离测量、面积核算、剖面分析等功能，无需专业解读知识，便于管理人员快速开展可视化核查。

5. 数据兼容性强，实现跨界融合：可导出OBJ、OSGB等多种格式，与国土空间规划“一张图”、GIS系统无缝对接，支撑多维度叠加分析与多场景应用。

3 倾斜摄影三维建模在管制监测中的应用路径

3.1 用地边界精准核查

用地边界是用途管制的基础，传统核查依赖图纸比对与现场丈量，易受地形遮挡影响。基于倾斜摄影三维模型，可将规划边界矢量数据与实景模型叠加，直观对比实际用地与规划边界的一致性；通过模型距离测量、面积核算功能，精准测算实际用地规模，核查是否存在超范围占用行为；针对山地、丘陵等复杂地形，利用高程分析功能还原地形起伏，避免边界误判，尤其适用于耕地、生态红线等重点区域的边界管控。^[2]

3.2 建设活动动态跟踪

构建“基准模型-周期更新-变化检测”的动态监测机制：项目开工前采集基础数据建立三维基准模型，建设过程中按季度或月度更新模型，通过多期模型叠加对比，精准识别建设范围、进度与规划的契合度，及时发现未批先建、超范围施工、擅自改变建设形态等问题；同时可核查配套设施、绿地等规划要求的落实情况，实现建设活动全周期管控。

3.3 规划指标量化核验

利用三维模型自动提取建筑物占地面积、建筑面积、绿地面积等数据，量化核算容积率、建筑密度、绿地率等核心规划指标，与审批标准精准比对，避免人工核验的误差与效率低下问题。例如商业用地容积率核验中，通过模型提取建筑层数与基底面积，快速计算建筑面积并核算容积率，误差可控制在3%以内，较传统方法效率提升50%以上。^[3]

3.4 违法违规快速识别

通过三维模型与规划、权属、生态红线等数据的叠加分析，可快速识别未批先建、擅自改变用地用途、侵占生态红线等违规行为；结合多期模型对比，精准定位新增违法建设的位置、面积、层数等信息，将违法发现周期从传统1-3个月缩短至1-7天，为执法查处提供精准依据，实现“早发现、早处置”。

3.5 重点区域专项监测

针对生态保护红线、永久基本农田等核心管控区域，

利用三维模型还原生态要素与耕作状态,定期更新监测数据,及时发现植被破坏、违规开发、污染排放等问题;通过高程与坡度分析,评估生态脆弱性与农田质量变化,为重点区域保护与修复提供数据支撑。

4 实证案例分析

4.1 案例背景

某省会城市选取建成区及近郊 200 平方公里区域作为试点,涵盖居住、商业、工业、耕地、生态红线等多种用地类型,存在建设活动频繁、违规风险较高等特点。应用倾斜摄影三维建模技术开展管制监测,解决传统监测效率低、精度不足等问题,构建精细化监测体系。

4.2 实施流程

1. 数据采集:采用六旋翼无人机搭载五镜头倾斜相机,飞行高度 300 米,航向重叠率 85%,旁向重叠率 70%,采集影像 3.2 万张,同步记录 GPS 与姿态数据,采集周期 2 天。

2. 模型构建:运用 ContextCapture 软件完成预处理、空中三角测量与三维重建,生成精度 8cm 的三维实景模型,模型数据量 620GB,构建周期 3 天。

3. 分析应用:将模型与规划“一张图”、权属、生态红线等数据叠加,开展边界核查、指标核验、违规识别等工作,形成问题清单与监测报告。

4. 动态更新:建立季度更新机制,实现监测常态化。

4.3 应用成效

1. 效率显著提升:传统 30 天完成的全域监测任务,仅需 5 天即可完成,效率提升 83%;违法违规发现时间平均缩短至 7 天,响应速度大幅提升。

2. 精度大幅提高:核查用地项目 312 个,发现超范围用地、违规建设等问题 46 个,识别准确率 96%,较传统方法提升 22%;规划指标核验误差控制在 2.5% 以内。

3. 成本有效降低:减少 80% 地面巡查工作量,累计节约执法成本 180 万元,执法针对性与权威性显著增强。

4. 管理模式升级:构建“三维实景+智能分析+执法联动”的一体化监测模式,实现管制工作从“被动应对”向“主动防控”转变。

5 技术应用的问题与优化建议

5.1 现存问题

1. 外部环境制约:数据采集易受暴雨、大风、大雾等天气影响,城市高层建筑密集区域易产生遮挡,空域审批流程繁琐,影响采集及时性。

2. 技术成本较高:大范围高精度模型处理需高性能服务器,硬件投入大;模型数据量大,对存储与传输带宽要

求高。

3. 标准规范缺失:缺乏统一的技术标准,数据采集参数、模型精度要求、成果验收标准等不统一,影响成果共享与跨区域应用。

4. 人才队伍不足:技术涉及多学科交叉,国土空间管理部门复合型人才储备不足,制约技术应用深度。

5.2 优化建议

1. 完善采集保障:建立气象预警与作业调度机制,避开恶劣天气;针对高层建筑区域采用低空飞行、加密航线等方式减少遮挡;推动空域审批简化,设立监测专用空域通道。

2. 降低技术成本:采用云计算+边缘计算架构,搭建分布式建模平台,减少本地硬件投入;运用 LOD 分级、纹理压缩等轻量化技术,降低数据存储与传输压力。

3. 健全标准体系:由自然资源主管部门牵头,制定数据采集、模型精度、分析方法、成果验收等统一标准,实现应用规范化与成果共享。

4. 强化人才培养:通过校企合作、专题培训等方式,培养兼具国土空间管理知识与三维建模技术的复合型人才;建立技术交流平台,提升队伍专业水平。

6 结语

城市国土空间用途管制监测是推进空间治理现代化的重要支撑,精准高效的技术手段是实现管制目标的关键。倾斜摄影三维建模技术凭借三维实景还原、高精度、高效率等核心优势,有效弥补了传统监测方法的不足,在用地边界核查、建设动态跟踪、指标核验、违规识别等场景中展现出广阔应用前景。实证案例表明,该技术能显著提升监测精度与效率,降低管理成本,推动管制模式从“经验判断”向“数据驱动”、从“被动应对”向“主动防控”转变。

尽管当前技术应用仍面临环境制约、成本较高、标准缺失、人才不足等问题,但随着技术迭代、标准完善与人才培养,这些问题将逐步破解。未来,应进一步推动倾斜摄影三维建模技术与人工智能、大数据等技术深度融合,开发智能识别、自动预警等功能,构建“感知-分析-决策-执行”的全链条监测体系,为国土空间用途管制提供更加强有力的技术支撑,助力城市国土空间治理体系和治理能力现代化建设。

参考文献

- [1] 刘石栋,赵岩,马绍伟,等.基于实景三维模型的海岸建筑退缩线划定及管控新方法研究[J].山东国土资源,2023,39(09):54-59.
- [2] 鲍海君,曹伟,叶扬,等.数据驱动的国土空间规划:理论、范式及趋势[J].中国土地科学,2024,38(01):53-63.
- [3] 朝朝.涇源县国土管控空间生态唐效率研究[D].宁夏大学,2023.