

<0.055m, 达到了地籍测量的要求。

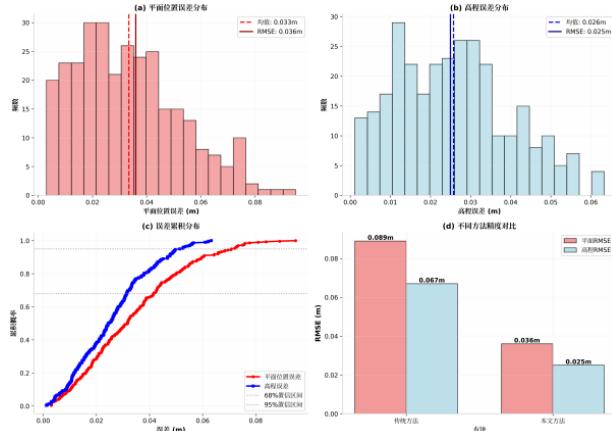


图 1 误差统计分析图

(4) 不同方法的精度对比: 为了验证本文方法的优势, 在本文方法上的基础上和基于二维地籍数据的传统方法进行了对比实验, 具体见表 3。由表 3 可知, 本文方法的精度方法较高, 相比于传统的基于二维地籍数据的方法, 平面精度提高了 59.6%, 高程精度提高了 62.7%。因此本文提出的方法是有效的。

表 3 不同方法精度对比

方法	平面 RMSE	高程 RMSE	综合精度
传统方法	0.089m	0.067m	中等
本文方法	0.036m	0.025m	高

3.3 应用效果分析

将建立好的三维地籍场景用于实际工作上之后可以取得比较理想的效果, 在土地确权登记工作中, 通过三维地籍场景, 清晰可见土地边界与建筑物的空间关系, 让确权登记更有效率; 在城市规划方面, 利用三维地籍场景可以提供空间参考, 便于城市规划和用地布局调整; 在不动产统一登记工作中, 三维地籍场景可以体现不动产的立体空间信息, 将为不动产统一登记工作提供强大的技术支持。

4 结论与展望

4.1 主要结论

就本文而言, 研究三维地籍场景的应用精度, 经过系统实验分析可知: 通过对三维地籍场景精度要求进行系统分

析, 提出了三维地籍场景的完整数据采集方案; 实验表明, 数据采集精度达到地籍测量规范要求, 为后面建立三维地籍场景奠定了基础; 采用先进的数据处理流程: 数据预处理—泊松重建—纹理映射; 经对比实验验证, 利用本文方法建立的三维地籍场景平面精度优于 5cm, 高程精度优于 3cm, 相比于传统的应用方法有着较高的精度优势, 证明本文方法的有效性; 最后运用交叉检验法以及应用效果分析得出本文提出的三维地籍场景应用方案有效提高了三维地籍场景的应用精度与效果, 在三维地籍信息管理方面提供了重要的技术支持。

4.2 研究展望

本研究有待改进的地方在于以下几方面: 一是加大试验范围, 可以试验更多的地域和地形类型以及不同种类的建筑类型; 二是提高自动化程度, 研究更简便的数据处理方法来代替人工进行数据处理; 三是在一定时间内研究基于人工智能的建模方法来进行自动化的三维地籍建模; 四是补充和完善精度评估体系, 建立起多维度(几何精度、语义精度和时态精度)的精度评估标准。

所谓地籍技术是地籍管理工作技术方向之一, 发展三维地籍技术将会为国土空间规划及自然资源的管理工作提供更多有用信息。

参考文献

- [1] 汪连贺. 无人艇组网测量应用场景研究及精度分析[J]. 海洋测绘, 2022, 42(3): 45-50.
- [2] M Zrinjski, U Barkovi, A Tupek, et al. Accuracy Analysis of the Applicability of UAVs in Cadastral Surveys[J]. Geodetski Vestnik, 2019, 63(2): 203-218.
- [3] 黄流川. 基于车路协同的典型应用场景构建与仿真研究[J]. 交通运输工程学报, 2021, 21(4): 156-167.
- [4] O Duran, Y Ahn. A Comparative Accuracy Analysis of 3D Model Programs-A Case Study of SfM and Photogrammetry-Based Programs[J]. Surveying & Land Information Science, 2022, 81(2): 89-102.
- [5] 王安辉, 谭鑫鑫, 徐义仟. 三维地籍建模技术应用研究[J]. 测绘与勘探, 2022, 48(6): 112-118.
- [6] CIC Gkeli. Crowdsourced 3D cadastral surveys: looking towards the next 10 years[J]. Journal of Geographical Systems, 2019, 21(3): 345-367.

Application Analysis of Remote Sensing Technology in Dynamic Monitoring of Land Use

Xuezhi Qiu Libin Zhang

Yunnan Provincial Remote Sensing Center, Kunming, Yunnan, 650034, China

Abstract

Remote sensing technology, as a comprehensive observation technique that collects electromagnetic radiation or reflection characteristics of targets through platforms such as aircraft or satellites equipped with optical, infrared, microwave (radar), and hyperspectral sensors without contacting the targets, is widely applied in various fields of China's social and economic development. Land resources, as important means of production, require dynamic monitoring of their utilization to ensure that relevant departments can timely and accurately grasp the specific land use situation, thereby providing a reliable basis for the formulation and implementation of social and economic policies. In view of this, the article puts forward several perspectives on the application of remote sensing technology in dynamic land use monitoring.

Keywords

remote sensing technology; land use; dynamic monitoring; application; value; key points

遥感技术在土地利用动态监测中的应用分析

邱学智 张丽斌

云南省遥感中心，中国·云南 昆明 650034

摘要

遥感技术作为一项在不接触目标的前提下通过航空器或卫星等平台搭载光学、红外、微波（雷达）、高光谱等传感器，采集目标电磁辐射或反射特征并用于定量判识与时空变化监测的综合性观测技术，其广泛应用于中国社会经济发展各领域。土地资源作为重要的生产资料，针对其利用动态监测旨在确保相关部门能及时、精准地掌握土地具体利用情况，从而为有关社会与经济政策制定、实施提供可靠的依据。有鉴于此，文章围绕于遥感技术在土地利用动态监测中的应用提出几点看法。

关键词

遥感技术；土地利用；动态监测；应用；价值；要点

1 引言

遥感技术及其所包括的机载系统是实现对土地利用进行动态监测的重要手段。基于对中国土地利用动态监测工作中存在的艰难性以及监测成果多样性的考虑，遥感技术如何在该项工作中有效应用成为一项值得深入研究的课题^[1]。对此，下文将基于相关文献研究及工作实践情况下就遥感技术在土地利用动态监测中的应用展开探讨，以供参考。

2 遥感技术概述

遥感技术是以非接触方式利用电磁波（包括可见光、

红外、微波等）获取地表与大气信息的综合观测手段与方法，涵盖传感器平台、影像获取、辐射校正与定量反演等环节。在实践中，遥感体系呈“陆海空天”一体化布局，广泛服务于耕地与农情监测、林业资源普查、地质调查、海洋测绘与应急灾害监测等工程化应用；技术实施重点集中在传感器分辨率、观测重访周期与定标精度的控制，以确保产品可用性和结果可追溯性。近年来中国遥感卫星发射与产业化快速推进，已形成多分辨率合理配置与常态化观测能力，进一步降低数据获取成本并提升响应时效。遥感在土地利用、生态监测、灾害与资源调查中已形成规范化技术路线和产品体系，并由国家相关部门和科研机构支撑运行与应用推广。

3 遥感技术在土地利用动态监测中的应用价值

遥感技术在土地利用动态监测中的应用价值体现在业务导向的时空信息支撑、量化样本与要素提取、以及对政策与执法的直接服务能力。首先，基于高分专项系列卫星（如高分二号、高分四号等）提供的亚米到十米级影像，可实现

【作者简介】邱学智（1976-），男，中国云南宣威人，本科，高级工程师，从事基础测绘、工程测量、摄影测量与遥感、实景三维建设、土地利用及变更调查、国土空间规划等相关技术研究。

耕地、建设用地、林草与湿地等基本地物的定量识别与精度控制，为年度或季节尺度的土地现状更新提供可靠影像来源。其次，多源数据（高分光学、雷达、高光谱及光谱分辨率增强）互补，能够降低单一传感器在光照、云遮或作物生长周期造成的误判，提升土地变化提取的时效性与分类稳定性。再次，遥感成果可直接服务国土空间监测、土地整治与违法用地监管，通过要素化产出（矢量要素、变化斑块清单与面积统计）支撑自然资源管理与城乡规划执行。最后，遥感方法学便于标准化和可复制，有利于建立分级监测体系与动态更新机制，在区域差异大的中国国土管理实践中，可按需配置分辨率与时相，兼顾全国覆盖与重点地区精细监测，从而在资源监管、粮田保护与生态修复等领域形成可操作的技术路径与业务闭环^[2]。

4 遥感技术在土地利用动态监测中的应用

4.1 监测数据获取与时相配置

在土地利用动态监测业务中，监测数据获取与时相配置需在长期运行条件下保持技术路线稳定且具备区域适应性，首先在数据来源配置方面，应结合中国现行自然资源调查与国土变更监测业务体系，优先选用成像模式固定、覆盖周期明确的国产对地观测卫星数据，并在年度监测尺度内保持同一传感器或同类传感器组合使用，通过限定空间分辨率、观测角度和轨道参数范围，控制不同年度影像在几何特性与光谱响应上的差异，从而在源头上降低地类判读中由数据条件变化引入的不确定性。其次，在时相组织上，应围绕耕地、建设用地、林草地等主要地类的物候节律和利用方式差异进行精细安排，结合不同区域作物熟期、轮作制度及自然植被季节变化规律，优先选取地表覆盖状态相对稳定、地类边界清晰的关键时段获取影像，避免因播种、收割或季节性裸露造成地类光谱混叠，同时在跨区域监测中通过分区设定时相窗口，减少南北差异对统一判读标准的干扰。再次，在具体实施过程中，应充分考虑云量、薄雾及影像拼接完整度等客观限制，通过建立多时相、多景影像备选机制，对同一监测单元引入相邻轨次或邻近日期数据进行补充筛选，并在质检阶段对影像可判读面积进行量化评估，仅将满足覆盖完整性和影像质量要求的数据纳入变化分析流程，以保证监测结果的连续性和可比性。最后，在数据整理与组织环节，应严格执行统一的空间参考系统和标准分幅规则，对不同年度、不同来源影像进行规范化编号与归档管理，并在数据入库前完成几何一致性检查和裁切对齐处理，使后续变化提取、图斑叠加和成果比对均建立在稳定一致的数据框架之上^[3]。

4.2 地类判读规则构建与判读尺度控制

遥感技术在土地利用动态监测应用实践中，地类判读规则构建需首先从监测任务尺度与影像分辨率的匹配关系入手，结合年度变更调查、专项监测等不同业务需求，明确最小判读单元的面积阈值和形态约束条件，通常通过对典型区

域样本进行反复试判，综合评估斑块稳定性与判读工作量，形成适用于区域实际的尺度控制参数，从而在源头上统一地类划分标准并减少人为主观波动。其次，判读规则的具体构建应以影像直观判读为核心，系统梳理各类土地利用在不同成像条件下表现出的色调组合、纹理疏密及斑块形态特征，并结合既有土地分类体系，对易混类别逐项列出可识别要素，通过图例样本和文字说明同步固化判读依据，使规则在不同作业人员和不同年度监测中保持可复用性。再次，针对建设用地与裸地、耕地与园地等高频混淆类型，应引入多时相对照判读方式，利用季节变化下地表覆盖状态的稳定差异作为辅助约束条件，在规则中明确对比时相选择原则和判读侧重点，避免单一影像条件下因短期扰动导致的地类误判^[4]。最后，在实际生产过程中需对判读尺度实施动态控制，根据平原区、丘陵区及城镇密集区等不同用地结构特点，对斑块合并与细分规则进行适度调整，并通过阶段性成果抽检及时修正尺度偏差，使判读规则在保持总体一致性的前提下具备区域适应能力。

4.3 土地利用变化信息提取

遥感技术在土地利用变化信息提取上主要包括以下四方面环节：首先，数据准备与基准文档构建。实施时以国家与省级现有土地利用现势成果为基准，选取与基准时相匹配的多源光学与微波影像，包括 Landsat、Sentinel-2 与国产高分系列，并对影像实施辐射定标、大气校正、几何配准和地形校正，统一投影与像元尺寸，建立波段规范与指数全集，明确最小制图单元与判读尺度以减少多时相差异带来的虚假变化。其次，变化识别策略与样本管理。采用分层判读策略，先在大尺度上以像元差值和变化向量法筛选候选变化区，再在对象尺度通过分割与属性阈值进行细化，制定分区采样计划，实施系统野外核查并建立分层随机样本库，用以支撑人工判读、专家复核与后期精度评估。再次，光谱-时序特征融合判定。通过构建多季节光谱响应曲线与植被、湿地等指数时序特征，结合光谱混合分析与波段比值差分规则识别易混淆地类的转换关系，对混合像元采用对象复分配与不确定性定量规则以获得稳健判定。最后，结果校核与成果产品化。对最终判读成果开展基于混淆矩阵的用户精度与制图精度分析，按区域实施交叉验证与典型样带精细核查，编制带版式的更新图幅与标准化元数据，明确变化时间窗、变化方向与驱动要素描述，输出包含不确定性图层的变化产品，并按国土资源与林业管理部门规范整理交付格式，配套提供变更日志与样本库以便溯源与复审。

4.4 监测成果校核与质量控制

在土地利用动态监测成果形成阶段，质量控制应从内部校核机制入手加以落实，具体做法是在影像预处理、解译标注与变化提取等关键环节分别设置独立检查节点，由不同技术人员依据统一技术规程对几何精度、辐射一致性及地类判读结果进行交叉比对，通过重复抽查和差异记录的方式识

别系统性偏差，并结合历次监测成果对变化幅度异常的图斑进行重点复核，以保证基础成果在技术层面的稳定性。其后在区域尺度较大的监测任务中，应依据地貌类型、土地利用结构和人类活动强度差异，科学选取具有代表性的样区开展专项核查，样区内采用高分辨率影像与外业资料相结合的方法，对变化图斑边界、地类属性及变化时间判定进行逐项核对，并将样区核查结果与整体成果进行统计对照，从而评估成果在不同区域条件下的一致程度。同时对于自动识别或人工判读中存在疑问的变化区域，应系统调取既有土地调查成果、规划数据及历史影像资料进行多源复核，重点排除季节差异、影像噪声和临时用地等非实质性变化因素的干扰，确保变化结论建立在连续证据基础之上。最后在成果定稿前需形成规范化技术说明文件，对数据来源、时相配置、处理流程、判读依据及质量检查方法进行完整记录，并明确成果更新与追溯规则，使监测成果在后续业务应用和年度对比中具备可核查性和一致性^[5]。

4.5 成果表达与业务衔接

在土地利用动态监测业务中，成果表达与业务衔接应围绕管理使用场景进行系统化设计，首先在成果表达层面，应依据自然资源管理部门长期形成的图件使用习惯，采用统一比例尺、统一图式结构和规范注记方式组织成果内容，将变化图斑、地类调整范围与现状底图进行同图呈现，同时配套形成以行政单元和地类类型为主线的统计表格，使管理人员在不依赖额外解释的情况下即可完成变化定位、范围判断与数量核对，从而保证成果在业务流转初期具备直接可读性。其次，在成果输出与系统衔接过程中，应严格对照现行土地调查、变更调查及日常监管业务的成果入库标准，对图斑编号、地类编码、面积精度和属性字段进行前置整理，确保遥感监测成果在进入业务系统前已完成必要的结构校核，避免因格式不统一或属性缺失导致重复整理和人工修订，使成果能够在既有业务流程中顺利流转。再次，在成果应用环

节，应将遥感监测结果定位为业务线索型成果，重点突出变化发生的空间位置、变化方向和疑似问题类型，并与日常巡查、执法检查及用地审批资料进行对照使用，通过分级分类推送方式引导基层单位开展针对性核实，使遥感成果在业务执行中发挥指引和筛选作用，而非单独作为结论性依据。最后，在成果归档与管理阶段，应结合年度监测任务和阶段性专项工作要求，对遥感监测成果实行分期建档和统一编号管理，将历年成果按照时间序列和区域单元进行系统保存，并同步记录判读依据和处置结果，确保历史监测信息在后续业务中能够被连续调用和横向比对，从而保持土地利用动态监测工作的连续性和可追溯性。

5 结语

综合实际工作经验可以看出，遥感技术已成为中国土地利用动态监测体系中不可或缺的重要技术手段，其工程化应用水平直接影响监测工作的连续性和规范性。通过合理组织数据获取、稳步推进变化提取、强化质量控制并做好成果衔接，遥感技术能够在现有管理框架内发挥稳定支撑作用。未来，在保持技术路径相对稳定的前提下，进一步总结实践经验、优化应用流程，将有助于推动土地利用动态监测向更加规范和可持续的方向发展。

参考文献

- [1] 韦丽莹.基于遥感技术的城市土地利用变化监测与规划研究[J].中文科技期刊数据库（全文版）工程技术, 2024(002):000.
- [2] 廖小燕.遥感监测技术在土地利用监管中的作用分析[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2023(4):4.
- [3] 曹仰坤.土地利用动态遥感监测及其技术应用现状研究[J].住宅与房地产, 2023(Z1):153-155.
- [4] 梁静桦.基于遥感影像处理技术的土地利用变化研究[J].测绘与空间地理信息, 2023, 46(10):110-113.
- [5] 郭猛,李万明.遥感技术在土地调查与监测中的应用与实践[J].2024(9):358-360.