“3S”技术协同在国土变更调查中的创新应用与效能评估

何文健
枞阳县自然资源和规划局 安徽 铜陵 246700

摘 要 国土变更调查是自然资源动态监管、国土空间规划实施及生态保护修复的核心基础工作，其核心需求是实现变更信息的快速捕捉、精准定位与高效核验。3S技术（GIS、RS、GNSS）的协同应用为破解传统调查中周期长、精度低、成本高的痛点提供了技术支撑。本文基于国土变更调查的技术流程与业务需求，系统分析GIS、RS、GNSS技术的协同机理，从数据获取、处理分析、外业核查、成果应用4个维度构建3S技术协同应用框架；结合实际案例，探讨多源遥感数据融合解译、GIS空间分析建模、GNSS精准定位核验等创新应用模式；从时间效率、空间精度、成本控制、成果质量4个维度建立效能评估指标体系，并通过实证数据验证协同应用的优越性。研究表明，3S技术协同应用可使国土变更调查的外业工作效率提升40%以上，变更图斑定位精度达厘米级，调查成本降低30%左右，为国土变更调查工作的数字化、智能化转型提供技术参考与实践范式。

关键词 3S技术；协同应用；国土变更调查；创新模式；效能评估

Innovative Application and Effectiveness Evaluation of “3S” Technology Synergy in National Land Change Surveys

He Wen-jian
Zongyang County Bureau of Natural Resources and Planning, Tongling 246700, Anhui Province, China

Abstract The National Land Change Survey constitutes the core foundational work for the dynamic supervision of natural resources, the implementation of territorial spatial planning, and ecological protection and restoration. Its primary requirement is the rapid capture, precise positioning, and efficient verification of change information. The synergistic application of “3S” Technologies (GIS, RS, and GNSS) provides technical support for overcoming the persistent challenges of traditional surveying methods, namely long cycles, low accuracy, and high costs. Based on the technical procedures and operational demands of the National Land Change Survey, this paper systematically analyzes the synergistic mechanisms of GIS, RS, and GNSS technologies and constructs a collaborative application framework across four dimensions: data acquisition, processing and analysis, field verification, and outcome application. Furthermore, drawing on practical case studies, this paper explores innovative application models, including multi-source remote sensing data fusion and interpretation, GIS spatial analysis modeling, and GNSS precise positioning verification. An efficiency evaluation index system is established from four perspectives—temporal efficiency, spatial accuracy, cost control, and outcome quality—and the superiority of the collaborative application is validated through empirical data. The research indicates that the synergistic application of “3S” Technologies can enhance the efficiency of field operations in the National Land Change Survey by over 40%, achieve centimeter-level positioning accuracy for change patches, and reduce overall survey costs by approximately 30%. This provides a technical reference and a practical paradigm for the digital and intelligent transformation of National Land Change Survey operations.

Key words 3S Technology; Synergistic Application; National Land Change Survey; Innovative Model; Effectiveness Evaluation

国土变更调查是指在全国国土调查成果基础上，对一定时期内土地利用类型、权属、面积、分布等变化情况进行的系统性调查，是落实最严格耕地保护制度、保障国土空间开发秩序、推进生态文明建设的重要基础性工作[1]。随着我国自然资源管理精细化、智能化水平的不断提升，传统基于人工踏查、纸质记录、分散处理的调查模式已难以满足 “实时监测、精准管控、高效服务”的新时代要求，存在变更信息捕捉滞后、定位精度不足、数据共享不畅、成果应用单一等问题[2]。

3S技术作为地理空间信息获取、处理、分析与应用的核心技术体系，其协同应用已成为国土空间信息科学发展的必然趋

势[3]。RS技术凭借大范围、快速、周期性的优势，为国土变更调查提供全方位的地表覆盖数据；GNSS（含GPS）技术实现变更图斑的精准定位与导航；GIS技术则承担数据整合、空间分析、建模输出的核心功能，三者深度协同可构建“空天地”一体化的国土变更调查技术体系[4]。近年来，高分卫星遥感、北斗导航定位、地理信息大数据分析等技术的快速发展，为3S技术协同在国土变更调查中的创新应用提供了更广阔的空间，亟须开展系统性研究与实践验证。

1 3S技术协同应用的核心机理与业务适配性

1.1 3S技术协同的核心机理

3S技术并非孤立存在，而是通过数据流转、功能互补形成有机整体，其协同核心在于“数据—功能—应用”的闭环联动。

1.数据协同。RS提供大范围、多尺度、周期性的地表覆盖数据（影像、光谱等），GNSS提供精准的空间坐标数据（经纬度、海拔等），GIS则实现两类数据及属性数据（土地利用类型、权属等）的整合存储与标准化处理，形成统一的地理空间数据底座。

2.功能协同。RS的“感知”功能解决“是什么、在哪里变化”的问题，GNSS的“定位”功能解决“精确到什么位置”的问题，GIS的“分析”功能解决“为什么变化、如何处理”的问题，三者功能互补，实现从数据获取到决策支持的全链条覆盖。

3.应用协同。基于数据与功能的协同，构建“遥感监测发现变更—GIS分析研判—GNSS实地核查—成果入库更新”的业务闭环，满足国土变更调查的全流程需求。

1.2 国土变更调查的业务流程与技术需求

1.业务流程。国土变更调查主要包括准备工作、内业预判、外业核查、成果整理、质量检查、成果上报6个环节。其中，内业预判需快速识别疑似变更图斑，外业核查需精准定位并核实变更信息，成果整理需高效整合各类数据并形成标准化成果。

2.技术需求。①数据获取：需快速、全面、高精度的地表覆盖与空间定位数据；②数据处理：需高效整合多源数据，实现变更图斑的快速提取与分析；③外业工作：需精准导航、便捷记录、实时反馈；④成果应用：需支持数据共享、动态更新与多场景应用。

1.3 3S技术与国土变更调查的适配性分析

3S技术的协同优势与国土变更调查的技术需求高度契合：RS技术的大范围、周期性监测能力满足变更图斑快速识别的需求；GNSS技术的厘米级定位精度，可满足变更图斑精准核查的需求；GIS技术的空间分析与数据管理能力满足多源数据整合、成果生成与共享应用的需求。三者的协同应用可实现国土变更调查从“被动核查”向“主动监测”、从“人工主导”向“智能辅助”、从“分散处理”向“协同联动”的转变。

2 3S技术协同在国土变更调查中的创新应用框架与关键技术

2.1 创新应用框架构建

基于国土变更调查的业务流程与3S技术协同机理，构建“四层两链”的创新应用框架。

1.数据层。整合多源遥感数据（高分卫星影像、无人机影像等）、GNSS定位数据、基础地理信息数据、土地利用现状数据、权属数据等，构建统一的地理空间数据底座，实现数据标准化与共享。

2.技术层。包含遥感影像解译技术、GNSS精准定位技术、GIS空间分析技术、大数据挖掘技术等，为应用层提供技术支撑。

3.应用层。对应国土变更调查的核心业务环节，包括变更图斑自动提取、内业预判分析、外业精准核查、成果整合入库、动态监测预警5个核心应用模块。

4.服务层。面向自然资源管理部门、国土空间规划机构等用户，提供数据查询、成果展示、决策支持等服务。

5.两条业务链。①数据流转链：数据层→技术层→应用层→服务层，实现数据从获取到应用的全流程流转；②业务协同链：内业预判→外业核查→成果整理→质量检查→动态更新，实现调查业务的闭环管理。

2.2 关键创新技术与应用模式

1.多源遥感数据融合解译技术。整合高分卫星（GF-1/2/6等）、无人机、航空遥感等多源数据，采用“像素级融合+面向对象分类+深度学习”的混合解译方法，提升变更图斑提取的准确率与效率。例如，利用高分卫星影像的大范围覆盖优势进行初步筛查，结合无人机影像的高分辨率优势进行精细解译，通过深度学习算法自动识别耕地、建设用地等类型的变更图斑，解译准确率可达90%以上[5]。

2.GIS空间分析建模技术。基于GIS平台构建国土变更分析模型，包括变更图斑空间分布模式分析、变更原因追溯分析、变更趋势预测分析等。例如，通过叠加分析识别耕地向建设用地变更的重点区域，通过网络分析优化外业核查路线，通过时序分析预测未来土地利用变更趋势，为自然资源监管提供决策支持。

3 3S技术协同应用的效能评估指标体系与方法

3.1 效能评估指标体系构建

遵循科学性、系统性、可操作性、针对性原则，从时间效

率、空间精度、成本控制、成果质量4个维度构建效能评估指标体系。

1.时间效率维度。①内业预判周期（从数据获取到疑似变更图斑生成的时长）；②外业核查效率（平均每个变更图斑的核查时长）；③整体调查周期（从项目启动到成果上报的总时长）。

2.空间精度维度。①变更图斑定位精度（外业核查实测坐标与内业预判坐标的偏差）；②变更图斑边界拟合精度（解译边界与实际边界的重合度）；③面积测算精度（测算面积与实际面积的相对误差）。

3.成本控制维度。①人力成本（参与调查的人员数量与工作时长）；②设备成本（遥感数据采购、定位设备、软件系统等费用）；③综合成本（总投入成本与调查面积的比值）。

4.成果质量维度。①变更图斑识别准确率（准确识别的变更图斑数与实际变更图斑数的比值）；②成果数据完整性（符合要求的成果数据项占比）；③成果通过率（质量检查一次性通过的成果占比）。

3.2 评估方法设计

1.数据来源。选取典型区域的国土变更调查项目作为实证案例，分别收集传统调查模式与3S技术协同调查模式下的相关数据，包括调查周期、定位精度、成本支出、成果质量检查报告等。

2.权重确定。采用层次分析法（AHP）确定各指标的权重，邀请自然资源管理、地理信息技术等领域的专家对指标的重要性进行打分，通过一致性检验后确定最终权重。

3.综合评估。采用模糊综合评价法对3S技术协同应用的效能进行综合评估，将各指标的实测数据标准化后，结合权重计算综合得分，根据得分划分优秀、良好、合格、不合格4个等级。

4 结论与建议

4.1 研究结论

本文系统研究了3S技术协同在国土变更调查中的创新应用与效能评估，得出以下结论。

1.3S技术通过数据协同、功能协同、应用协同，与国土变更调查的业务需求高度适配，能够构建“空天地”一体化的调查技术体系。

2.构建的“四层两链”创新应用框架，整合了多源遥感数据融合解译、GIS空间分析建模、GNSS+移动GIS协同外业核查等关键技术，实现了国土变更调查全流程的创新升级。

3.建立的多维度效能评估指标体系，能够科学、全面地评价3S技术协同应用的效果。实证案例表明，该模式可显著提升调查效率、精度，降低成本，改善成果质量。

4.2 优化建议

1.技术层面。加强复杂地形（如山地、林地）的遥感解译算法研发，结合激光雷达（LiDAR）数据提升解译准确率；优化移动GIS终端的操作界面与功能，提升外业人员的使用体验；整合人工智能、大数据等技术，实现变更图斑的智能预判与原因自动分析。

2.应用层面。扩大3S技术协同应用的覆盖范围，推广至县级、乡镇级国土变更调查工作；加强跨部门数据共享与协同，整合自然资源、农业农村、生态环境等部门的数据资源，提升调查成果的综合应用价值；建立长效的技术培训机制，提升基层工作人员的3S技术应用能力。

3.机制层面。完善3S技术协同应用的标准规范，明确数据格式、技术流程、质量控制等要求；建立市场化的技术服务机制，鼓励第三方技术机构参与国土变更调查工作，提升调查工作的专业化水平。

5 结束语

未来，随着高分遥感、北斗导航、地理信息大数据等技术的持续发展，3S技术协同应用将向更加智能化、自动化、一体化的方向发展。后续可进一步研究AI与3S技术的深度融合，实现国土变更调查的全流程自动化；探索“3S+物联网”的协同模式，构建实时动态的国土变更监测体系，为自然资源治理能力现代化提供更加强有力的技术支撑。

参考文献

[1]自然资源部.国土变更调查技术规程（TD/T 1014—2022）[S].北京:中国标准出版社,2022.

[2]张锦明,李崇贵,王磊.国土变更调查中3S技术的应用与优化[J].地理空间信息,2021,19(5):45-48.

[3]李德仁,王密,胡春峰.3S技术集成与应用的现状与发展趋势[J].测绘学报,2019,48(1):1-10.

[4]刘耀林,唐旭,侯鹰.“空天地”一体化国土变更调查技术体系构建[J].武汉大学学报(信息科学版),2020,45(7):1021-1028.

[5]吴文静,张波,孙磊.基于深度学习的遥感影像土地利用变化自动检测方法[J].遥感技术与应用,2023,38(2):401-410.

（本文编辑 杜宇琪）