

遥感技术在耕地“非农化”“非粮化”监测中的规范应用

孙亚楠

河南省地质局生态环境地质服务中心 河南 郑州 450000

摘要:耕地是国家粮食安全的根本保障,其数量与质量直接关系到国计民生。近年来,随着城镇化、工业化进程加速以及农业结构调整,耕地“非农化”(指耕地转为建设用地等非农业用途)和“非粮化”(指耕地虽未改变用途但不再用于粮食生产,如改种林果、挖塘养鱼等)问题日益突出,对国家粮食安全构成潜在威胁。在此背景下,如何高效、精准、常态化地监测耕地利用变化成为一项紧迫任务。遥感技术凭借其宏观、动态、客观、周期性等优势,已成为耕地变化监测的核心手段。然而,在实际应用中,仍存在数据标准不一、算法模型碎片化、成果验证机制缺失、业务流程不规范等问题,制约了其效能的充分发挥。本文系统梳理了遥感技术在耕地“非农化”“非粮化”监测中的技术路径,深入剖析了当前应用中存在的主要挑战,并从数据获取与处理、信息提取与解译、成果验证与评估、业务流程与制度保障四个维度,提出了规范化的应用框架与对策建议,旨在为构建科学、高效、权威的耕地保护遥感监测体系提供理论支撑与实践指导。

关键词:遥感技术;耕地保护;“非农化”;“非粮化”;监测规范;信息提取

引言

耕地是不可再生的战略性资源,关乎国家粮食安全与社会稳定。我国人多地少,必须实行最严格耕地保护制度。十八大以来,中央多次强调遏制耕地“非农化”、防止“非粮化”,守住18亿亩耕地红线。2020年,国务院办公厅印发相关通知和意见,明确将这两类行为列为重点监管对象。传统耕地监测依赖人工巡查等手段,存在周期长、成本高、覆盖面有限等问题,难以满足高频次、大范围、精细化监管需求。遥感技术能提供丰富影像数据,为耕地利用状况动态感知与智能分析提供可能。目前,相关部门已利用遥感技术开展耕地变化监测并取得成效,但全国层面应用仍处于探索深化阶段,尚未形成统一规范,不同地区和机构差异大,影响政策制定与执法监管。因此,系统研究推动遥感技术规范应用意义重大。本文旨在回应时代需求,构建完整规范化应用框架,为提升我国耕地保护现代化治理能力提供技术路径。

1 遥感技术在耕地变化监测中的核心优势与技术路径

1.1 核心优势

遥感技术之所以成为耕地监测的理想工具,源于其独特的综合优势:(1)宏观性与全覆盖性:卫星遥感可以一次性获取大范围乃至全国尺度的地表信息,避免了传统地面调查的抽样偏差,确保了监测的全面性和整体性。(2)动态性与时效性:卫星星座的组网运行使得

重访周期大大缩短(部分商业卫星可达每日),能够捕捉耕地利用的细微变化,实现近实时或准实时的动态监测。(3)客观性与真实性:遥感影像是地表真实状态的客观记录,减少了人为因素的干扰,为执法和决策提供了客观、公正的证据。(4)历史回溯性:利用存档的历史遥感影像,可以追溯特定地块在多年间的利用变迁过程,为厘清责任、评估趋势提供历史依据。

1.2 技术路径

针对“非农化”与“非粮化”的不同特征,遥感监测的技术路径也有所侧重。

1.2.1 “非农化”监测技术路径

“非农化”的核心特征是地表覆盖物发生了根本性改变,通常伴随着建筑物、道路、硬化地面等人工地物的出现。其监测路径相对成熟,主要包括:(1)变化检测:这是最核心的方法。通过对比两个或多个时相的遥感影像,自动或半自动地识别出发生变化的区域。常用方法包括图像差值法、主成分分析法(PCA)、变化向量分析法(CVA)以及基于深度学习的端到端变化检测模型(如Siamese网络、U-Net变体等)。高分辨率影像(优于2米)能清晰识别新建房屋、厂房、道路等典型“非农化”图斑^[1]。(2)面向对象分类:将影像分割成具有同质光谱、纹理、形状特征的对象,再对这些对象进行分类(如耕地、建筑、水体等)。该方法能有效克服“同物异谱、同谱异物”问题,提高分类精度。(3)

辅助数据融合：结合数字高程模型（DEM）、夜间灯光数据、POI（兴趣点）数据等，可以有效区分临时堆土、大型机械作业区等易混淆地物，减少误判。

1.2.2 “非粮化”监测技术路径

“非粮化”的监测更为复杂，因为其地表覆盖并未发生根本性改变（仍是植被覆盖），但作物类型发生了变化。这要求遥感技术具备更强的物候识别和作物分类能力。（1）时间序列分析：粮食作物（如水稻、小麦、玉米）与经济作物（如果树、苗木、茶园）在生长周期、物候特征上存在显著差异。通过分析全年或关键生长期的多时相遥感数据（如NDVI、EVI等植被指数时间序列），可以刻画不同作物的“生长曲线”，从而进行区分。例如，果树具有常年绿或落叶慢的特征，其NDVI曲线波动平缓；而一年生粮食作物则呈现明显的“单峰”或“双峰”模式。（2）高光谱与SAR遥感：高光谱遥感能够获取数百个连续的窄波段信息，对植被的细微生化特性（如叶绿素含量、含水量）敏感，有助于区分不同作物种类。SAR遥感则对地表结构和介电常数敏感，不受云雨天气影响，能有效穿透植被冠层，获取植株高度、密度等结构信息，对于区分高秆作物（如甘蔗、高粱）与矮秆粮食作物尤为有效^[2]。（3）机器学习与深度学习分类：利用支持向量机（SVM）、随机森林（RF）等传统机器学习算法，或卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）及其组合（如ConvLSTM）等深度学习模型，对融合了光谱、纹理、时序、地形等多维特征的数据进行训练，可以实现较高精度的作物类型精细分类。

2 当前应用中存在的主要挑战与问题

尽管遥感技术潜力巨大，但在实际应用于耕地“非农化”“非粮化”监测时，仍面临诸多挑战：

2.1 数据层面：标准不一与获取壁垒

（1）数据源混杂：监测工作可能同时使用国产（高分系列、资源三号等）和进口（Sentinel、Landsat、WorldView等）卫星数据，不同传感器在空间分辨率、光谱响应、辐射定标等方面存在差异，若缺乏统一的预处理标准，会导致结果偏差。（2）数据质量参差：受云、雾、霾等大气条件影响，部分地区有效影像获取困难，尤其在南方多云多雨地区，严重影响“非粮化”监测所需的时序完整性。（3）数据共享壁垒：部门间、央地间数据共享机制不畅，存在“数据孤岛”现象，限制了多源数据的融合应用。

2.2 技术层面：模型碎片化与精度瓶颈

（1）算法模型“黑箱化”：许多单位自行开发的监测算法缺乏透明度和可复现性，模型参数、训练样本、

评价指标不公开，导致结果难以横向比较和交叉验证。

（2）区域适应性差：一个在东北平原表现优异的模型，直接应用于西南丘陵山区可能会因地形、种植结构差异而失效。缺乏普适性强、可迁移的标准化模型库。

（3）“非粮化”识别精度不足：区分粮食作物与经济作物，尤其是区分不同类型的经济作物（如区分果园与苗圃），仍是技术难点。小农户经营下的地块破碎化也增加了分类难度。

2.3 业务层面：流程不闭环与验证缺失

（1）“监”“管”脱节：遥感监测发现的疑似问题图斑，未能与后续的实地核查、执法查处、整改恢复等环节形成有效的业务闭环，削弱了监测的威慑力。（2）缺乏权威的验证体系：对遥感监测成果的精度验证多依赖于少量地面样本或目视解译，缺乏系统性、常态化的地面真值采集网络和独立的第三方评估机制，监测结果的公信力受到质疑。（3）成果表达不规范：监测报告、图件的格式、内容、精度说明等缺乏统一规范，不利于成果的汇交、管理和应用。

3 规范化应用框架构建

为应对上述挑战，亟需构建一个贯穿“数据-技术-业务-制度”全链条的规范化应用框架。

3.1 数据获取与处理规范化

（1）建立分级数据标准体系：基础级明确用于全国性宏观监测的基准数据源（如Sentinel-2、高分六号），规定其最低空间分辨率（如10米）、时间分辨率（如季度/月度）和辐射校正、几何校正等预处理标准。详查级对于重点区域或疑似图斑的核实，规定应采用优于2米的高分辨率影像，并制定相应的影像质量评价标准（如云量阈值、信噪比要求）。（2）构建国家级遥感数据池：整合自然资源、农业农村、气象、测绘等部门的遥感数据资源，打破部门壁垒，建立统一的数据汇交、存储、分发和共享平台，确保各级用户能按需、合规地获取高质量数据^[3]。（3）推行自动化预处理流水线：开发并部署国家级的遥感影像自动化处理系统，对原始数据进行辐射定标、大气校正、正射校正、影像融合、镶嵌裁剪等标准化处理，输出即用型（AnalysisReadyData,ARD）产品，降低用户技术门槛。

3.2 信息提取与解译规范化

（1）定义统一的耕地利用分类体系：在国家土地利用现状分类标准基础上，细化耕地二级、三级分类，明确“非农化”（如建设用地、采矿用地、未利用地等）和“非粮化”（如园地、林地、坑塘水面、设施农用地等）的具体内涵和遥感解译标志。（2）研发并发布标准

算法模型库：针对“非农化”监测，发布基于深度学习的变化检测标准模型，并配套开源代码和训练数据集。针对“非粮化”监测，根据不同生态区（如东北、黄淮海、长江中下游、西南等）研发区域适应性的作物分类模型，并建立模型更新与迭代机制。所有模型均需附带详细的技术文档，说明其适用范围、输入输出、性能指标及局限性。（3）建立人机协同解译机制：对于算法难以准确判别的复杂图斑（如临时用地、撂荒地、复合利用等），应保留人工干预环节，制定人机交互解译的操作规程和质量控制要点。

3.3 成果验证与评估规范化

（1）构建多层次验证体系：内部验证采用交叉验证、留一法等统计方法评估模型自身的泛化能力。外部验证建立国家级耕地利用地面观测网络，在全国范围内布设代表性样点，定期采集地面真值数据（包括作物类型、种植面积、土地利用状态等），用于对遥感监测成果进行独立、客观的精度评估。业务验证将遥感监测发现的疑似图斑推送至地方自然资源和农业农村部门，由其组织实地核查，并将核查结果（确认、部分确认、不确认）反馈回系统，形成“监测-核查-反馈”的闭环，既验证了精度，又推动了问题整改。（2）制定统一的精度评价指标：采用国际通用的混淆矩阵、总体精度（OA）、Kappa系数、制图精度（PA）、用户精度（UA）等指标，并明确不同类型监测任务（如“非农化”与“非粮化”）的最低精度要求^[4]。（3）引入第三方评估机制：定期委托独立的科研机构或高校，对全国或区域的遥感监测成果进行抽检和评估，出具权威的评估报告，增强公信力。

3.4 业务流程与制度保障规范化

（1）固化“天-空-地”一体化业务流程：将遥感监测纳入耕地保护的日常管理体系，形成“季度/月度遥感筛查->疑似图斑下发->地方实地核查->问题认定与处置->整改情况遥感复核->年度考核评估”的标准化业务闭环。（2）制定统一的成果汇交与管理规范：规定监测成果（包括矢量图斑、统计报表、技术报告等）的格式、元数据、精度说明、提交时限等，确保成果的规范性和

可追溯性。（3）强化法规与标准支撑：推动将成熟的遥感监测技术方法、流程和精度要求，上升为国家或行业标准（如《耕地“非农化”“非粮化”遥感监测技术规程》），为监测工作的合法性、权威性提供制度保障。

（4）加强人才队伍建设：加强对基层技术人员的遥感应应用培训，培养既懂遥感技术又熟悉耕地管理政策的复合型人才。

4 结语

耕地“非农化”“非粮化”问题是关乎国家粮食安全的重大战略问题。遥感技术以其独特的优势，为破解这一难题提供了强大的技术武器。然而，技术的价值只有在规范、有序、高效的体系中才能得到最大化释放。本文提出的从数据、技术、验证到业务流程的四维规范化框架，旨在解决当前应用中存在的碎片化、随意性和低效性问题，推动遥感监测从“能用”向“好用”、“管用”转变。展望未来，随着新一代遥感卫星（更高分辨率、更高重访频率、更多光谱维度）、人工智能（更强大的自监督、小样本学习能力）以及大数据技术的深度融合，耕地监测的精度、时效性和智能化水平将进一步提升。同时，将遥感监测与国土空间规划、用途管制、占补平衡、进出平衡等耕地保护制度深度耦合，构建起“早发现、早制止、严查处”的全链条智慧监管体系，将是实现耕地数量、质量、生态“三位一体”保护目标的关键所在。规范化的遥感应应用，不仅是技术问题，更是治理体系和治理能力现代化的重要体现，必将在守护大国粮仓、筑牢国家安全基石的伟大事业中发挥不可替代的作用。

参考文献

- [1]张永健,史明明,王浪,等.遥感技术在耕地监测中的应用[J].科技风,2024,(32):4-5.
- [2]余杰.遥感技术在耕地动态变化监测中的应用研究[J].科技创新与应用,2026,16(07):165-168.
- [3]张晓飞,崔珂.耕地资源非粮化的遥感监测方法探究[J].黑龙江粮食,2025,(07):74-76.
- [4]田禹东,曹增增,慕继发,等.耕地资源“非粮化”的遥感动态监测技术分析[J].黑龙江粮食,2025,(08):45-47.