 DOI: https://doi.org/10.12349/mit.v3i2.11056

Multi-source remote Sensing Data to Support Dynamic Monitoring and Protection of Cultivated Land Resource Research

Xiuliang Zheng Zhen Qi

Shandong Agricultural University, Qingdao, Shandong, 271018, China

Abstract

Precise dynamic monitoring of cultivated land resources is the technical foundation for territorial space control. The physical defects of a single sensor have led to the long-term existence of numerous monitoring blind spots, affecting the effective implementation of cultivated land protection policies. The multi-source remote sensing data fusion technology combines the high spectral resolution of optical images with the all-weather penetration capability of synthetic aperture radar, achieving substantial breakthroughs in temporal continuity and spatial accuracy. For core technical bottlenecks such as the accumulation of geometric correction errors, SAR speckle noise interference, and spatio-temporal registration mismatch of multi-source data, a systematic preprocessing, fusion, and analysis chain serves as the methodological prerequisite for extracting changes in cultivated land area, identifying planting structures, determining abandoned land, and assessing quality degradation. On this basis, The technical closed loop of early warning of changing patches, verification of the boundaries of permanent basic farmland, and supervision of the balance between occupation and compensation provides an operational implementation framework for the intelligent transformation of the farmland protection management system.

Keywords

multi-source remote sensing; dynamic monitoring of cultivated land; data fusion; abandoned farmland identification; cultivated land protection

多源遥感数据支撑耕地资源动态监测与保护研究

郑修梁 亓震

山东农业大学，中国 · 山东 青岛 271018

摘 要

耕地资源精准动态监测是国土空间管控的技术基础，单一传感器的物理缺陷造成大量监测盲区长期存在，影响耕地保护政策有效落实，多源遥感数据融合技术把光学影像高光谱分辨率和合成孔径雷达全天候穿透能力结合起来，在时序连续性和空间精度上取得实质性的突破，针对几何校正误差累积、SAR相干斑噪声干扰、多源数据时空配准失配等核心技术瓶颈，系统性的预处理、融合、分析链条是耕地面积变化提取、种植结构识别、撂荒判定、质量退化评估的方法论前提，在此基础上，变化图斑预警、永久基本农田边界核查、占补平衡监管技术闭环，给耕地保护管理体系智能化转型提供了一个可以操作的实施框架。

关键词

多源遥感；耕地动态监测；数据融合；撂荒识别；耕地保护

1 引言

耕地资源空间动态演变是土地利用研究中比较难以实时掌握的问题之一，它既有地表覆盖类型季节性混淆的因素，也有人类活动和自然过程在同一地块上叠加干扰的因素，传统的地面调查方法在面对大尺度、高频次的监测需求时存在成本约束和时效性不足的问题，这就促使人们更加依赖遥感技术体系，但是单一数据源本身的固有缺陷始终成为制约监测精度的瓶颈，由于光学传感器在云雨天气下无法使用、SAR 影像在农作物识别上语义不清、时序遥感数据在不同平台之间配准误差等问题的存在，目前耕地监测的技术体系还没有完全克服这些结构性矛盾，因此多源遥感数据协同处理、深度融合不是技术选择的问题，而是突破目前监测能力上限的必然途径。

2 遥感数据预处理与融合

2.1 光学影像几何校正方法

光学影像几何校正为多源融合提供精度基础，传感器姿态误差和地形变形叠加会造成山地丘陵区精度下降，容易

【作者简介】郑修梁（2006–），男，中国山东青岛人，本科，从事土地资源管理研究。

造成耕地动态分析出现伪变化。平原农业区宜选道路交叉口、田块角点等稳定地物作控制点，避开动态边界。正射校正要使用高精度的 DEM，把山区耕地图斑误差控制在亚像元级。校正之后要进行全景残差统计，防止由于局部采样造成的验证偏差，在地形复杂的地区尤其如此 [1]。

2.2 SAR 数据去噪处理流程

相干斑噪声是 SAR 影像进行精细农业制图的主要障碍，高分辨率会加重噪声的变异，滤波和分辨率不能同时达到最优。多视处理可以降低噪声，但是会造成分辨率的损失，南方耕作区过度使用多视会丢失小块田的信息。极化分解法对于水稻、小麦的识别更有优势，极化熵和散射角轨迹可以作为作物识别的依据。去噪后的 SAR 时序数据和光学 NDVI 时序融合可以弥补云覆盖、几何灵敏度不足。

2.3 多源数据时空匹配技术

时空配准属于多源融合中容易被忽略的重要部分，光学和 SAR 数日之间的物候错位会干扰分析精度。需要同时做像元级配准和时序重采样，用同名点法和作物物候模型做插值。不同的插值方法对于撂荒和耕种地块的特征影响不同，容易造成撂荒面积估算的误差。农田破碎区尺度效应可以提高混合像元比例，亚像元分解可以提高精度，但是参数对端元纯净度敏感，存在应用不确定的问题 [2]。

3 耕地资源动态监测分析

3.1 耕地面积年度变化提取

耕地面积年度变化提取受到分类以及变化检测精度的双重影响，单时相分类误差容易造成变化面积估计偏大。直接变化检测法可以减少误差传递，但是阈值的确定比较主观。耕地转为建设用地时，SAR 后向散射系数突变和光学植被指数下降可以互相佐证，联合光学和 SAR 信号的检测方法可以大大提高检测率。由于南方丘陵区云雨多、光学数据易缺失，所以 SAR 可以弥补时序上的不足，保证监测的时间连续性。

3.2 作物种植结构识别

作物种植结构遥感识别为时序特征分类，不同的作物在生育期光谱轨迹是不一样的，可以利用关键物候期的特征来识别。但是混作、套种以及不规则种植会削弱作物的时序特性，从而降低识别精度。深度学习时序分类模型的特征表示能力比传统的机器学习好得多，迁移学习可以缓解由于标注数据不足所造成的困难，但是气候变化和物候变化对迁移效果的影响还需要进一步的实验研究 [3]。

3.3 耕地撂荒遥感判定

耕地撂荒识别难点在于它的光谱特征和休耕、轮作非常相似。时序分析是主要的破解手段，正常耕地植被指数有规律地周期性变化，撂荒地逐渐趋向自然植被非规律演替，前两个生长季差异最大。撂荒大多分布在坡度大、交通不便的地方，加入地形、道路距离等辅助信息可以提高机器学习模型的识别准确率。

3.4 质量退化趋势评估

耕地质量退化遥感评价不能直接反映土壤理化性质，植被覆盖和长势指标只能间接反映生产力，并且容易受到气候、管理强度的影响。目前可行的技术路线是机载高光谱密集观测和星载多光谱时序分析相结合。长时序植被指数趋势可以反映生产力退化，但是需要剔除气候波动的影响，偏最小二乘回归残差法可以有效地将气候和退化信号分开，应用比较成熟 [4]。

4 耕地保护支撑策略

4.1 变化图斑快速预警机制

变化图斑预警机制的有效性是由检测时效和图斑定位精度的协同优化决定的，过于强调时效性而忽视精度会造成大量的误警，浪费监管资源并降低基层执法部门的响应信心，云计算平台的普及给实时影像接入和在线处理提供基础设施支持，但是算法流程的自动化程度和人工干预节点的合理设置仍然是工程实践中需要反复权衡的设计问题，根据不同的监测分区土地利用变化频率的不同，预警触发阈值应该具有空间自适应性而不是使用全域统一的标准，在城镇边缘区可以设定更高的触发条件来捕捉早期的违规占地信号，在农业腹地可以适当放宽以减少正常的农业活动造成的误警 [5]。

预警机制的技术架构还要在单景触发和时序累积触发之间做出合理的抉择，单景触发依靠单一时相影像同参考底图的差异检测，对突发性大规模违规占地有较强的响应能力，不过对渐进式蚕食行为——比如农用地向建设用地的慢慢侵占——单景触发机制因为单次变化幅度小于阈值而系统性漏检，时序累积触发机制经由追踪同一个地块在连续多个时相内的变化轨迹，可以较好地察觉这类低强度持续偏移行为，这两种触发逻辑在实际应用中应当互相补充而不是互相取代，对城镇建成区外缘缓冲带内的地块同时开启两种触发机制，在保证误警率较低的情况下大幅缩短了违规行为的隐蔽窗口期，预警系统产生的图斑信息要采用标准格式推送到执法部门的移动端工作平台，字段设计包含图斑坐标、变化类型初判、历史影像对比链接和现场核查建议，使得接收人员在最短的时间内完成信息的理解并启动外业响应，从算法输出到执法响应的信息传递效率与检测算法本身的精度同等重要，但在目前预警系统的建设实践中，往往被忽略。

4.2 永久基本农田边界核查

永久基本农田边界遥感核查本质上是对划定边界和实际地表状态的空间一致性检验，边界矢量数据本身存在几何精度差异，在叠合分析中会带来系统性的定位偏差，因此核查流程中必须包含对参考边界数据精度独立评估的环节，不能将其作为绝对正确的基准，遥感核查结果与实地举证材料的联动核实机制是降低误判率的制度保障，对于遥感判定存疑的边界区域，要启动快速响应的外业核查程序，把遥感识

别和地面验证有机整合成双确认闭环，高重访频率的商业卫星数据在城镇快速扩张区具有不可替代的时效性价值。

边界内部出现建设用地、园地或者坑塘水面等非农利用类型的核查目标，但是耕地和设施农业用地之间的光谱混淆在高强度农业生产区会明显提高误判的概率，大棚农业的扩张在遥感影像上表现出与建设用地高度相似的反射特征，这就需要核查算法在训练样本设计阶段就包含这些混淆类型，而不是依靠通用分类器的默认判定逻辑，永久基本农田核查的结论应该分级表达，将高置信度的确认侵占图斑和存疑图斑分开，防止把两类图斑混为一谈推送到执法程序中，以提高核查覆盖率并控制由于误判造成的行政资源浪费。

4.3 占补平衡遥感监管方法

占补平衡政策的核心逻辑是用数量和质量双管齐下来保证耕地总量的动态平衡，遥感技术在政策执行监管中所具有的价值就是给申报数据提供独立的空间核实能力，补充耕地图斑真实性核查包含地块确实存在、地块确实为耕地属性、地块质量等级与申报内容相符这三个层面的验证，前两个层面可以通过多时相遥感分析比较可靠地实现，第三个层面由于遥感质量反演精度限制，需要依赖其他手段进行验证。

占补平衡监管中还存在一种需要关注的选择性偏差行为，即申报地块的区位操纵，即将位于偏远山区、坡度过大或者土层贫瘠的土地申报为补充耕地，用数量达标来掩盖质量不合格的本质，遥感监管对于此类行为的识别要将地形分析结果同新开垦图斑的叠合检验纳入核查程序，坡度大于某个阈值的新增图斑应该在系统层面自动标记为高风险申报对象并触发人工复核，补充耕地后续利用状态监测也是占补平衡监管闭环中不可缺少的技术环节，有些已经申报达标的补充耕地在验收后很快出现撂荒或者非粮化利用的情况，通过时序遥感的作物种植识别结果和占补平衡台账定期对比，可以发现政策执行后期的监管漏洞，使监管覆盖范围从申报核查扩展到利用状态的持续跟踪。

4.4 保护成效定期评估方案

耕地保护成效的定期评价要从时间角度创建起有可比性的指标体系，评估结论的可信度很大程度上取决于各个评估周期内数据获取条件是否一致，如果不同时间采用分辨率差别较大的数据源，面积统计结果之间就会出现不可比的情况，这样的差异会掩盖真实的政策成效，评估指标体系应该包含数量、质量、空间布局这三个方面，单一的面积总量指标不能体现耕地碎片化的改变，分县域的差异化成效评价结果可以找出政策落实的薄弱之处，评估报告的技术透明度属于政策参考价值的关键部分，方法说明要足够具体以便于独立复核，而不是仅仅给出汇总结论。

评估方案的制度化推进还存在着技术层面以外的挑战，不同的行政层级对于评估结论的解读立场存在内在的利益冲突，县域层面把有利指标作为主要的展示内容，省级层面的监管需求要求评估结论要客观地反映出保护缺口，独立第三方技术机构参与到评估报告的编制和审核当中来，可以在某种程度上减少这种利益驱动的信息选择性，评估结论的应用机制也必须有制度化的安排，如果评估报告只是当作档案归档保存起来，并不与规划修编程序、耕地保护绩效考核以及财政转移支付安排建立起实质性的联系，那么评估体系就会渐渐沦为走形式的工作，耕地保护成效评估向治理工具转变的关键路径，就在于把评估结论融入规划决策和行政考核的信息循环当中去，而不是把它保持成独立运作的技术评估项目。

5 结语

多源遥感技术在耕地动态监测领域深度整合已经不是简单的技术方法堆砌阶段，它所具有的核心价值就是依靠异质数据的互补融合来克服单一传感器的物理限制，在时间连续性和空间精度两个方面同时提高监测能力的上限，预警机制、核查流程和评估体系的制度化设计是技术成果向治理价值转化的关键中间层，目前多源遥感监测框架对于撂荒识别、质量退化评价等子问题还存在着方法论上的制约，这些制约的解决需要传感器技术发展和数据处理算法不断迭代，而不是单个维度的局部改进，技术能力的不断进步和监管制度的不断完善互相促进，共同推动耕地保护长效机制的发展。

参考文献

[1] 麻春香.多源遥感数据融合在耕地质量动态监测中的应用效果评估[J].现代工业工程,2026(2):105-108.

[2] 陈炜斌.多源遥感数据融合在耕地资源动态监测中的应用[J].区域治理,2026(3):0101-0103.

[3] 张甜甜,曹艳青.多源卫星遥感数据在区域水资源动态监测中的融合应用[J].中国资源综合利用,2026,44(1):28-30.

[4] 初京刚,黄景媛,欧阳文宇,卢瑞娟.基于多源遥感数据的碧流河水库水体面积动态监测[J].中国防汛抗旱,2026,36(3):68-73.

[5] 方小洁.基于遥感数据的森林资源动态变化监测与评估[J].农村科学实验,2026(1):69-71.