

基于遥感技术的耕地质量动态监测研究

吴启航 于文雨

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2052

[摘要] 面对全球人口增长和粮食安全需求增加的双重压力,如何有效地利用耕地资源是一个迫切需解决的问题。随着农业现代化进程的推进,传统的耕地质量监测方法已经不能满足耕地质量精细化管理与动态评价的需要。因此,利用遥感技术对耕地质量进行动态监测是非常必要的。为此,本文从多源遥感数据融合、监测指标体系构建、动态监测方法优化三个方面,系统研究耕地质量动态监测关键技术和应用策略,构建耕地质量动态监测预警体系,实现耕地质量实时追踪和科学管理,并为农业可持续发展与生态环境保护提供科学依据。

[关键词] 遥感技术; 耕地质量; 动态监测

中图分类号: TP7 **文献标识码:** A

Research on Dynamic Monitoring of Farmland Quality Based on Remote Sensing Technology

Qihang Wu Wenyu Yu

[Abstract] Faced with the dual pressure of global population growth and increasing demand for food security, how to effectively utilize arable land resources is an urgent problem that needs to be solved. With the advancement of agricultural modernization, traditional methods for monitoring farmland quality can no longer meet the needs of refined management and dynamic evaluation of farmland quality. Therefore, it is necessary to use remote sensing technology for dynamic monitoring of farmland quality. Therefore, this article systematically studies the key technologies and application strategies of dynamic monitoring of cultivated land quality from three aspects: multi-source remote sensing data fusion, construction of monitoring indicator system, and optimization of dynamic monitoring methods. It constructs a dynamic monitoring and early warning system for cultivated land quality, realizes real-time tracking and scientific management of cultivated land quality, and provides scientific basis for sustainable agricultural development and ecological environment protection.

[Key words] remote sensing technology; Quality of cultivated land; monitoring

前言

随着城市化进程加快,耕地资源面临空前压力。一方面,耕地面积持续减少,土地退化,土壤侵蚀,环境污染,生态环境恶化;另一方面,传统的耕地质量监测手段存在效率低、数据滞后、覆盖范围窄等问题,难以满足现代农业精细化管理与动态监测的需要。如何有效地利用现代化技术对耕地质量进行实时监控和科学管理,是保障我国粮食安全、实现农业可持续发展的重要课题。近几年来,卫星遥感技术的迅速发展,为问题的解决提供了新的途径。

1 遥感数据源

1.1 卫星遥感数据

卫星遥感能定期获取大尺度图像数据,一些高分辨卫星还可实现每月或每周更新一次,这一时效性为耕地质量动态监测提供了实时支撑,保证了监测结果能真实反映当前耕地状况。相

对于传统的地面监测方式,卫星遥感可以有效地覆盖偏远地区以及复杂地形。本项目的实施,将为我国耕地质量评价与管理提供重要的数据支撑。例如,利用卫星遥感技术对大面积耕地土壤肥力进行监测,可以快速确定不同肥力水平的区域,从而实现精准施肥。不同波段的光谱数据可以很好地反映土壤营养状况、作物生理状况和植被盖度等重要参数。通过对这些光谱特征的分析,可以对耕地质量的变化趋势做出准确的评价。如利用红光、近红外光谱反射率的变化,可对作物长势及健康状况进行监测;而光谱吸收特征可以用来估算土壤有机质含量^[1]。

1.2 航空遥感数据

相对于卫星遥感,航空遥感具有厘米级甚至更高空间分辨率的优势,可实现对具体地块乃至作物个体的精确监测。本项目的研究成果将为精细农业管理与耕地质量精细化评价提供有力支撑。航空遥感平台可根据监测需求,灵活调整飞行高度、航线

及拍摄时刻,对特定区域进行快速响应。例如,灾害发生后或重要农季,航空遥感可实时获取目标地区详细情况,为灾情评估、应急处置及农事决策等提供数据支撑。航空遥感数据具有很强的针对性,可以针对不同的监测对象,选择适合的传感器及数据采集模式。例如,在土壤肥力监测中,可通过搭载高光谱传感器获得更为丰富的光谱信息;在作物长势监测方面,可利用多波段相机或激光雷达获取作物高度及密度等信息^[2]。

1.3 无人机遥感数据

无人机具有低空飞行能力,可获得厘米级以上空间分辨率的高分辨率图像,使耕地遥感监测可以深入到作物个体,也可以在土壤微观单元水平上对耕地进行监测。例如,高分辨率遥感影像能够清楚地识别出作物生长状况、病虫害分布、水土流失发生的具体部位等,为精细评价耕地质量奠定基础。无人机可根据监控要求灵活调整航迹、飞行高度、拍摄角度等。这种柔性使其能够在复杂地形环境下高效作业,特别适合小面积耕地、山区或偏远地区的耕地监测。例如,在农作物生长关键期或灾害发生后,无人机可快速到达目标区域,获取实时图像信息,为精准农业管理提供决策支持。同时,无人机具有高度可调的特点,使其可以实现大范围宏观监控与局部精细监控,满足多样化需求。相对于传统的卫星遥感、航空遥感技术,无人机采购、运行费用低廉,不需要大型装备及专用机场设施。同时,无人机具有高效、快速的特点,可以在较短的时间内完成大范围的监测任务和快速的数据产品^[3]。

2 耕地质量监测指标体系

2.1 土壤肥力指标

土壤养分含量直接反映了土壤的肥力状况,包括N、P、K等主要元素和中、微量元素。这些营养元素含量的高低直接影响着作物的生长发育及产量。利用遥感技术,利用光谱反射率的变化,可间接地估计土壤营养元素的分布及变化情况。例如,土壤中N、P、K含量与某些波段的光谱反射率之间存在着显著的相关性,构建光谱模型可实现土壤营养元素的快速监测与动态评价。土壤的质地决定着土壤的通气、透水 and 持水能力,从而影响着土壤水分和养分的保持和供应。遥感技术是一种利用地表纹理特征、反射光谱等特征进行遥感反演的的方法。针对沙质与粘性土在光谱特性上存在较大差异等问题,本项目拟利用高分辨率遥感图像与光谱技术,对沙地土壤进行分类与监测,以期土壤改良与精准施肥提供科学依据。利用遥感图像的光谱特征,可以估计土壤有机质含量。例如,土壤有机质在可见光、近红外波段具有独特的吸收特性,构建光谱指数或者利用机器学习算法,可以实现对土壤有机质含量的定量监测^[4]。

2.2 作物长势指标

NDVI通过计算近红外和红光波段反射率,能较好地反映植被的光合效率及生物量累积。在耕地质量监测中,NDVI变化能直观地反映作物长势的强弱,同时也能反映不同地区的生长状况。例如,较高的NDVI值往往表明作物长势良好,反之,较低的值则表明土壤肥力不足或缺水。对NDVI的周期性变化进行定期监测,

可以及时发现作物生长过程中存在的问题,为精细农业管理提供依据。作物在不同生育时期对营养、水、光等养分需求存在明显差异,精准识别作物生长时期是实施精准农业的前提。遥感技术是一种利用遥感技术对作物进行光谱特征及形态变化进行识别的方法。例如,利用多时相遥感图像的光谱变化信息,结合机器学习算法,可以准确识别作物的萌芽、生长、开花、成熟等特征。本项目提出一种基于遥感技术的耕地质量遥感监测方法,不仅可以提高监测效率,而且可以为动态评价耕地质量提供时间参考。

2.3 生态环境指标

利用遥感技术获取的植被覆盖度数据,可以直观地反映植被的分布范围及密度变化情况。例如,植被覆盖率越高,其水土保持能力越强,生态稳定性越强;反之,植被覆盖率降低则意味着土壤退化或生态破坏。利用多期遥感数据,实现对植被覆盖季节变化及长期趋势的动态监测,为生态保护与耕地质量提升提供科学依据,通过分析坡度、坡向和植被盖度等参数,结合土壤水分数据,建立土壤侵蚀模型,实现土壤侵蚀定量监测。该方法能及时发现水土流失高风险区,为水土保持措施的实施提供科学依据。良好的生态连接是维持生物多样性、发挥生态服务功能和稳定生态系统的重要基础。遥感技术能够分析耕地与周围生态系统(森林、湿地、河流等)的空间分布及功能关系,评估其现状及变化趋势。通过分析生态廊道的宽度、连续性及空间分布特征,识别生态连接受威胁的区域,为生态修复与保护措施的制定提供科学依据^[5]。

3 基于遥感技术的耕地质量动态监测方法

3.1 数据预处理与分类

辐射校正技术可以有效地消除大气条件、传感器特性和光照强度等因素对图像亮度的影响,从而实现不同时刻获取的图像具有可比性。几何改正通过统一地理坐标系与地形改正来保证影像的几何精度与空间一致性。例如,使用6S模式等大气改正模式来校正图像,可以有效降低大气散射对地物反射率的影响,利用控制点进行几何改正,可以有效地纠正投影变形,保证监测范围的准确边界。多源数据融合技术融合了光学图像、雷达、地形等多源信息,实现多源信息的优势互补,获取更加全面的耕地特征信息。例如,将光学图像的光谱信息与雷达数据的穿透性相结合,可实现对土壤水分及植被覆盖状况的准确识别。在此基础上,利用植被指数(NDVI、SAVI)、植被指数(SAVI)对植被生长状态、土壤肥力等关键特征进行定量描述,为后续分类提供依据。机器学习算法(如SVM、随机森林等)可以自动学习耕地特征和质量等级间的复杂关系,从而达到高精度分类的目的。例如,随机森林算法可以综合考虑多个特征变量,构造多个决策树模型,有效地解决了高维数据的过拟合问题。

3.2 耕地特征提取与量化

不同物质在不同波段的光谱反射率存在较大差异,对遥感图像进行光谱信息分析,可实现对土壤、植被和水体等关键要素的识别与区分。例如,利用植被指数(NDVI)、土壤调控植被指数

(SAVI)可以有效地提取植被覆盖及土壤肥力信息。同时,引入高光谱遥感技术,将光谱特征分解为多个窄波段,实现对土壤养分及作物长势的准确识别,为耕地质量量化评价提供重要依据。耕地纹理特征反映了土壤颗粒结构,植被分布均匀性,同时也反映了地形的起伏。通过计算各纹理指数(均值、方差、均一性等),可揭示耕地地表微结构的差异。例如,基于灰度共生矩阵(GLCM)提取的遥感影像纹理特征,可以有效地识别土壤侵蚀斑块及作物生长不均的区域。本项目的研究成果将弥补光谱技术在微观尺度上的不足,为全面评价耕地质量提供更加丰富的信息。利用遥感数据建立作物生长周期的时间序列模型,可以实现对作物长势的动态监测,利用地理信息系统(GIS)对耕地质量进行空间分析,识别出重点区域。研究成果可为耕地质量长期监测与预警提供科学支撑。

3.3 耕地质量变化检测(监测)与分析

采用机器学习方法(如随机森林、SVM等)、深度学习(如卷积神经网络)等变化检测方法,对多期遥感数据进行对比分析,实现对土壤肥力、植被覆盖及生态环境动态演化的精确识别。例如,卷积神经网络可以从图像中自动提取局部特征,实现对耕地土壤侵蚀斑或作物胁迫区域的有效识别,提高变化检测的精度与效率。耕地质量变化不仅具有空间差异性,而且在时间上表现出复杂性和动态性。在此基础上,将多期遥感数据与地理信息有机结合,实现耕地质量动态追踪与趋势预测,结合地理加权回归模型,研究耕地质量时空演变规律,识别变化热点区及时间节点。耕地质量变化受自然(气候、地形地貌等)与人类活动、土地利用方式等因素的影响。我们应综合分析各驱动因子,揭示耕地质量演变的内在机理,利用地理信息系统(GIS)的空间分析功能,结合气象、土壤类型、土地利用类型等数据,定量评价各因子对耕地质量变化的贡献率,不仅可以揭示耕地质量变化的驱动因子,而且可以为精细农业管理、生态保护措施的制定提供有针对性的建议。

3.4 建立监测预警系统,实现对耕地质量的动态监测

融合多源遥感数据(卫星、航拍、无人机等)和地基传感器,可以实现高频率、高精度的耕地质量监测。例如,卫星遥感可以提供大范围、周期性的土壤肥力、植被覆盖等信息,而无人机与地面传感器则可实现局部高分辨率的监测与数据传输。这种多源数据融合的方法,保证了监测数据的全面性、时效性,为高效率的预警系统提供数据支持。利用大数据分析、机器学习、人工智能等技术,实现对海量数据的快速处理与分析,识别潜在风

险。例如,通过构建土壤肥力与作物生长动态模型,结合历史数据与实时监测结果,对未来趋势进行预测,当关键指标超过临界值时,自动给出预警。这一智能化的预警机制,既提高了监控的效率,又使得及时采取应对措施成为可能。建立监控预警系统,实现实时更新、多用户共享。在一个统一平台上,政府机构、农业从业人员及科研人员可以随时了解耕地质量状况,从而达到协同管理与科学决策的目的。如农业从业者可依据预警信息及时调整施肥灌溉策略,政府可依据监测结果制定精准的耕地保护政策。通过优化信息共享机制,使监测体系更加实用,更加科学、精细。

4 结论

随着全球人口增长及资源环境约束加剧,耕地质量动态监测及可持续管理成为保障我国粮食安全与生态环境的重要保障,我们应构建基于遥感技术的耕地质量动态监测系统,实现多源数据融合,优化指标体系,构建监测预警体系,为实现精准农业与生态保护提供技术支撑。然而,当前耕地质量监测仍存在数据精度不高、多学科交叉融合和区域差异适应性差等问题。随着遥感技术的不断发展,以及大数据与人工智能等新技术的深入融合,耕地质量监测向智能化、精细化、动态化方向发展。文章通过技术创新,希望进一步完善我国耕地资源监测体系,促进耕地资源可持续利用,为全球农业可持续发展贡献智慧与力量。

【参考文献】

- [1]孟令华.基于耕地质量关键要素定量监测的玉米遥感估产模型[D].中国科学院大学(中国科学院东北地理与农业生态研究所),2023.
- [2]姜芸,王军,杨继文.基于遥感技术的黑土区耕地质量评价指标体系研究进展分析[J].测绘工程,2023,32(01):1-7+13.
- [3]胡月明.基于遥感影像的国土地物状态动态监测关键技术研究.四川省,电子科技大学,2022-05-13.
- [4]张小媛,林陈捷,朱明帮,等.基于作物光谱的耕地质量评价研究进展[J].江苏农业科学,2022,50(02):1-8.
- [5]钱蕾.高空间分辨率的友谊农场耕地质量遥感评价研究[D].东北农业大学,2021.

作者简介:

吴启航(1997--),硕士研究生,主要从事土地调查和数字土壤制图、福建农林大学。

于文雨(1998--),本科,黑龙江科技大学,研究方向:多源卫星遥感数据融合在大区域地形测绘中的关键技术研究。