

Research on the Development of Soil and Water Conservation Monitoring Based on Remote Sensing Technology

Shengde Xu¹ Liying Wang²

1. Shandong Haiming Engineering Consulting Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

2. Shandong Baiyuan Engineering Consulting Co., Ltd., Weifang, Shandong, 261061, China

Abstract

This paper, based on the development of remote sensing technology in soil and water conservation monitoring, provides a comprehensive and systematic analysis of the current status, development process, and future prospects of remote sensing technology in this field. Through literature review and case studies, the paper highlights the application of remote sensing technology in three key areas: soil and water conservation monitoring and assessment, estimation of vegetation cover and biomass, and evaluation of soil and water conservation projects. The analysis shows that remote sensing technology significantly enhances the efficiency and accuracy of soil and water conservation monitoring. It plays a crucial role in these areas, but challenges remain in data acquisition, model accuracy, and the broader application of remote sensing-based soil and water conservation monitoring.

Keywords

soil and water conservation; remote sensing technology; monitoring; development; application

基于遥感技术的水土保持监测发展研究

许圣德¹ 王丽英²

1. 山东海明工程咨询有限公司, 中国·山东 青岛 266000

2. 山东百源工程咨询有限公司, 中国·山东 潍坊 261061

摘要

本文基于遥感技术的水土保持监测发展研究, 全面系统分析了遥感技术在水土保持监测中的应用现状、发展过程和前景。通过文献和案例分析, 本文阐述了遥感技术在水土保持监测与评估、植被覆盖与生物量估算以及水土保持工程评价三方面的应用。分析表明, 遥感技术有助于提升水土保持监测效率及精度, 在水土保持监测与评估、植被覆盖与生物量估算以及水土保持工程评价方面起到了重要的作用, 而基于遥感的水土保持监测仍面临着数据获取、模型精度及推广应用等方面的挑战。

关键词

水土保持; 遥感技术; 监测; 发展; 应用

1 引言

随着环境气候变化以及人类活动加剧, 水土流失日趋严重, 对整个生态系统产生了巨大的压力, 并对社会和经济产生持久性影响。传统的水土保持监测通过人工勘探与监测点的布设, 监测具有范围小、精度低、实时性差、效率低下的问题, 已无法适应大范围、精度高的水土保持监测。随着计算机和人工智能发展, 遥感在范围大、速度高、间接性强等优势, 逐渐成为水土保持监测的重要手段。

本文旨在系统分析探讨遥感技术在水土保持监测中的应用现状、发展过程和前景, 为水土保持监测相关研究工作

和实践工作的开展提供参考。通过对遥感技术应用于水土保持监测的有关应用现状调查, 对水土保持遥感技术发展的历史进行研究分析, 探究该技术发展过程中存在和面临的问题, 进而分析预测遥感技术应用于水土保持监测的未来发展变化趋势, 从而促进水土保持遥感技术的应用与发展。

2 遥感技术在水土保持监测中的应用现状

遥感技术是从远距离感知目标反射或自身辐射的电磁波、可见光、红外线, 对目标进行探测和识别的技术。

遥感技术在水土保持监测中的应用主要包括遥感技术在水土保持监测与评估、植被覆盖与生物量估算以及水土保持工程评价三个方面。

在水土保持监测与评估方面, 通过地表及其地物及其环境的遥感监测可获取土壤侵蚀的程度、分布状况及变化情况的定量评价指标, 基于多光谱、高光谱遥感信息可辨识出

【作者简介】许圣德(1984-), 男, 中国山东潍坊人, 硕士, 工程师, 从事水土保持研究。

土壤、植被覆盖度、地貌等。

在植被覆盖与生物量估算方面,遥感信息依靠获取植被的光谱信息,利用地面实测数据实现植被覆盖度、植被生物量的快速估算。对水土保持措施及其措施效果评估、土壤侵蚀强度的预测意义重大。

在水土保持工程评价方面,遥感技术能够通过收集工程实施前后相关的信息资料,结合地面观测资料,对工程措施的运行有效性进行定量分析评价。例如,可利用高分辨率遥感影像进行监测,掌握水土保持工程的梯田、淤地坝等控制水土流失的建设情况,评价工程措施控制水土流失的有效性。可利用遥感技术监测工程运行期的运行状态,及时了解存在的问题,从而保障工程的管理以及维修工作。

3 基于遥感的水土保持监测发展过程

基于遥感的水土保持监测发展过程大致可划分为三个阶段:初始阶段、发展阶段和成熟阶段。

3.1 初始阶段(20世纪70年代至80年代)

该阶段处于遥感技术参与水土保持监测开始发展时期,研究多集中于欧美等发达地区,应用航空遥感技术和卫星遥感技术(特别是 Landsat 系列)开展大尺度、周期性水土流失调查监测,我国对该领域技术应用落后。

例如:美国农业部国家资源清单中的遥感应用,首次利用卫星遥感技术实现了国家尺度相对一致的且定期更新的土壤侵蚀状况监测评估,提供了全国及区域层面的土壤侵蚀基础数据和变化趋势,从而证明了卫星遥感在大范围、周期性资源清单项目中作为核心数据源的可行性及价值,推动了土壤侵蚀模型与 GIS、遥感技术的早期集成应用。

欧洲土地覆盖项目,创建了世界上首个覆盖多国的标准化、大区域、基于卫星遥感的土地覆盖数据库,是欧洲环境监测一重要里程碑,项目首次提供了欧洲洲际尺度一致的土地覆盖本底信息,极大地促进了跨境环境问题的研究和政策协调(包括土壤侵蚀和水资源管理);为后续欧洲环境署的建立和运行提供了核心基础数据。

中国黄土高原水土流失综合治理遥感监测与评估项目首次采用遥感方法大范围(地区、县、小流域级)制作土壤侵蚀量强度分级分布图和土地利用现状图,为水土保持规划、水土流失效益评价提供了基础详尽的数据,实现了对“三北”防护林体系建设等生态工程宏观上的监测,初步评估了不同措施(造林种草、坡改梯等)对土壤侵蚀的控制成效。

3.2 发展阶段(20世纪90年代至21世纪初)

本阶段是水土保持遥感监测技术快速发展和应用深化的关键阶段。期间,计算机处理能力提升、定量反演模型快速发展、卫星遥感数据源丰富(特别是高分辨率商业卫星和雷达卫星的出现)、GIS 技术成熟普及,水土保持监测在范围、精度、效率和机理研究上都取得了突破性进展。例如:美国农业部国家资源清单跟踪与模型的不断深入,带来连续

的、高分辨率的全国尺度的土壤侵蚀状况定量评估报告,成为美国农业与环境政策的基本制定依据,从而定量证明了保护性耕作(如免耕)、CRP 等保护措施在降低耕地地区土壤侵蚀方面的作用显著。

欧洲土壤侵蚀评估模型的研发与应用,首次在欧洲大陆尺度上生成了基于物理过程的、空间连续的土壤侵蚀速率分布图(1公里分辨率),突破了以往以经验模型为主的评估结果和方法,明确并验证了欧洲东部部分农业生产区、地中海周边等土壤侵蚀热点区,森林、永久性草地的低侵蚀潜力,定量模拟了气候变化(降雨形式变化)和土地利用(耕地扩张或撂荒)等人类活动对土壤侵蚀的潜在影响。

我国第1次全国土壤侵蚀遥感调查与监测工作,获取了我国完整区域的高精度(1:10万)、有可比性的土地侵蚀类、面积、强度的分布及现状,建立起国家级调查基本数据库;为我国制订《全国生态环境建设规划》等相关基本国策提供了第一手的重要科学数据;掌握了东北黑土区、北方沙区、黄河流域(尤其是中游区)、长江源头区等水土流失状况,为黄土高原区、三峡库区等地区重大规划安排及控制目标评价等起到关键性作用;利于“3S”技术的大面积应用及水保业务的标准化操作规程建立;为后续的全国水土保持监测网建设及信息建立提供了理论依据,为下一轮可能开展的全国性的二调工作提供可参考的模式;用于天然林资源保护、退耕地还林等国家的生态工程成效评估、合理规划等。

3.3 成熟阶段(21世纪初至今)

此阶段是水土保持遥感监测技术实现飞跃的时代。无人机遥感、高分辨率卫星、激光雷达、人工智能、云计算等技术的应用与发展,使监测的时效、精度、机理研究、业务化应用水平达到了前所未有水平。

例如:全球土壤侵蚀评估的突破, Borrelli et al. 制备了空间分辨率最高、覆盖信息最全的全球土壤侵蚀数据集,估计了全球每年土壤流失约 350 亿吨,定量明确了约 10% 的农田土壤侵蚀速率超过了容许土壤流失量(T值),明确了热点地区(如中国黄土高原、南亚、东南亚、中南美洲安第斯山区、非洲高地等),表明农田是造成土壤侵蚀侵蚀的最大贡献者(占全球陆地 11%),其次为放牧地,为联合国粮农组织的全球土壤合作、联合国 SDG(土地退化零增长)等国际合作提供了监测办法和基础数据,从而显示了开放数据和云计算平台在全球环境问题研究中的无可比拟的优势,推动了一系列后续的全球尺度水土保持研究。

欧洲土壤侵蚀风险评估与监测细化,融合 LUCAS 土壤调查和遥感结合,构建起全球分辨率最高和最可信度欧洲的土壤侵蚀风险评估数据集,直接为欧盟共同农用政策“生态计划”和交叉合规规则,量化了农田种植(如覆盖作物、保护性耕作、缓冲带)减少土壤侵蚀的有效性,准确确定了欧洲的侵蚀热点(如中欧黄土地区、地中海沿岸陡坡耕地),推动了激光雷达遥感和高光谱用于土壤物理定量化反演研

究进展及其应用,为水土保持协同统一监测方法作出了国际示范。

中国国家水土保持动态监测与公告项目,每年发布的《中国水土保持公报》中对全国、流域、省水土流失面积强度等实时动态变化状况的数据已经成为我国的生态环境状况监测的重要参考依据,并为“黄河流域保护”“长江经济带”等国家战略中的水土保持任务提供了精确的数据支撑,实现了对工业建设项目的“天人合一”式的动态监管,有效地避免了由于人类活动造成水土流失,并逐步使得水土保持监测模式由传统的“事后监测”向“事前、过程管理和精准防治”模式转变,堪称在国际上广泛推广水土保持卫星遥感服务的案例范例。

4 基于遥感的水土保持监测面临的挑战

虽然遥感技术在水土保持监测中取得的成效显著,但仍面临许多挑战。

4.1 数据获取与处理方面存在局限性

一是高分辨遥感数据获取成本较高,无法实现高频次大范围的监测。二是遥感数据的各种处理以及特征提取处理较复杂,需要专业人员,配套技术人员。三是多雨多云地区数据采集受限,数据连续性、完整性受影响。

4.2 算法与模型方面存在不足

现有的水土保持监测模型都是针对某个区域或针对某种条件开发的,难以满足在不同区域、不同尺度、不同条件下的水土保持监测要求。模型的稳定性及精度不够理想,特别是对于复杂地形地貌条件与植被覆盖条件下的应用效果不佳。统一的模型评价方法尚未形成,模型之间难以相互对比与选择。

4.3 应用与推广方面存在障碍

基于遥感的水土保持监测技术的实际应用过程中面临很多困境,监测结果与监管部门的需求不适应、专业人才不足等。另外,监测的技术成本过高,对经济欠发达地区监测的实施推广应用带来一定困难。监测数据共享机制不健全,导致数据浪费与成果不推广应用。

5 基于遥感的水土保持监测前景

面对当下诸多挑战,基于遥感的水土保持监测未来需在以下几个方面重点发展:

5.1 加强多源遥感数据融合

利用雷达、激光雷达、光学等多源遥感数据,可以弥

补单一数据源的不足,提升监测精度和可靠性,还要探索新平台(如无人机、微小卫星)的应用,满足不同频率尺度的监测需要。

5.2 推进人工智能技术应用

应用人工智能技术能够提高遥感数据的处理速率,优化水土保持监测模型,深度学习的图像分割技术可以进一步细化水土流失分布范围,强化学习的算法可以优化水土保持措施的配置,人工智能还可以预测水土流失趋势变化,为水土保持规划布局提供科学依据。

5.3 开发实时监测与预警系统

可以应用遥感、GIS和物联网技术,开发建设实时监测水土保持预警系统,实时监测水土流失动态,对实时监测结果提供技术支撑和决策依据,达到“信息收集自动化,实时数据处理、分析,结果自动发布预警,易操作化”的要求。

6 结论

本文系统分析研究了基于遥感的水土保持监测应用现状、发展过程和前景。分析表明,遥感技术有助于提升水土保持监测效率及精度,在水土保持监测与评估、植被覆盖与生物量估算以及水土保持工程评价方面起到了重要的作用,而基于遥感的水土保持监测仍面临着数据获取、模型精度及推广应用等方面的挑战。

未来要加快多源遥感数据融合技术、人工智能技术应用和实时化监测系统开发,进一步推进水土保持遥感监测发展,加快跨行业、跨学科联合,提升水土保持从业人员业务素质,建立数据信息共享机制,推进基于遥感的水土保持监测技术在更多的领域开展应用,不断创新优化,让基于遥感的水土保持监测技术更好地服务生态环境保护和可持续发展。

参考文献

1. 阎世煜.无人机遥感技术在水土保持监测中的应用[D].导师:王秀茹.北京林业大学,2020.
2. 刘巧玲.无人机遥感技术在水土保持监测中的应用[J].山东水利,2022(2):76-77.
3. 朱昊宇,姬钰,张世杰,赵黎明.遥感技术在水土保持监测中的应用[J].江淮水利科技,2022(2):50-52.
4. 张辰.关于遥感技术在水土保持监测中应用的探讨[J].亚热带水土保持,2023,35(2):54-58.
5. 王锁.遥感技术在水土保持工作中的应用[J].东北水利水电,2024(10):31-33.