

林草生态系统动态变化监测与预警系统构建

武鹏飞

卓资县保安林业管护中心

DOI:10.12238/as.v8i11.3455

[摘要] 林草生态系统作为陆地生态系统的核心组成部分,承载着涵养水源、固碳释氧、维护生物多样性等多重生态功能,其动态变化直接关系到区域生态安全与可持续发展。受气候变化与人类活动双重影响,林草生态系统面临退化、沙化、病虫害爆发等诸多风险,构建科学高效的动态变化监测与预警系统已成为生态保护工作的迫切需求。本文基于林草生态系统的生态特性与监测需求,系统阐述监测与预警系统构建的理论基础,分析当前监测工作存在的瓶颈,从总体架构设计、核心技术支持、功能模块开发、保障体系建设及应用前景展望五个维度,提出完整的系统构建方案,为实现林草生态系统的精准监测、提前预警与科学管控提供技术支持与实践参考。

[关键词] 林草生态系统; 动态变化监测; 预警系统; 生态保护; 技术架构

中图分类号: X83 **文献标识码:** A

Development of a Dynamic Monitoring and Early Warning System for Forest-Grassland Ecosystems

Pengfei Wu

Bao'an Forestry Conservation Center, Zhuozi County

[Abstract] As the cornerstone of terrestrial ecosystems, forest-grassland systems perform vital functions including water conservation, carbon sequestration, oxygen production, and biodiversity maintenance. Their dynamic changes directly impact regional ecological security and sustainable development. Confronted with dual threats from climate change and human activities, these ecosystems face risks such as degradation, desertification, and pest outbreaks. Establishing a scientific and efficient monitoring and early warning system has become an urgent priority for ecological conservation. This study systematically examines the theoretical foundations for developing such systems, analyzes current monitoring bottlenecks, and proposes a comprehensive framework encompassing five dimensions: architectural design, core technological support, functional module development, infrastructure construction, and application prospects. The proposed system aims to provide technical support and practical references for achieving precise monitoring, early warning, and scientific management of forest-grassland ecosystems.

[Key words] forest and grassland ecosystem; dynamic change monitoring; early warning system; ecological protection; technical framework

引言

遥感技术、物联网、大数据等现代信息技术的发展,为构建全方位、立体化的林草生态系统监测与预警体系提供了可能。构建科学完善的监测与预警系统,能够实现对林草植被覆盖、土壤水分、病虫害发生等关键指标的实时监测与动态分析,提前发出生态风险预警,为生态保护决策提供数据支撑,对于提升林草生态系统管理水平、保障生态安全具有重要的现实意义。本文将从理论、问题、架构、技术、功能、保障等多个层面,系统探讨林草生态系统动态变化监测与预警系统的构建路径。

1 林草生态系统动态变化监测与预警的理论基础

1.1 生态系统动态变化理论

林草生态系统动态变化是指系统在时间与空间维度上,其结构、功能与景观格局发生的演变过程,这种变化既包含自然演替的渐进式改变,也涵盖外界干扰引发的突变式波动。生态系统的稳定性与韧性是动态变化的核心特征,当外界干扰强度在系统承载阈值内时,系统可以通过自我调节恢复平衡;若干扰超出阈值,则会导致系统退化甚至崩溃。动态变化理论为监测工作提供了核心依据,明确了监测需聚焦系统结构完整性、功能稳定性

及抗干扰能力等关键维度,通过追踪生态因子的变化轨迹,揭示系统演变规律与驱动机制。

1.2 生态监测的核心原理

林草生态监测以生态学、地理学等学科为基础,遵循系统性、科学性与实用性原则,核心原理包括整体性原理与差异性原理。整体性原理要求监测工作覆盖林草生态系统的生物因子与非生物因子,关注各因子间的相互作用,避免孤立分析单一指标;差异性原理则强调不同区域、不同类型的林草生态系统具有独特的生态特征,需结合其生长环境与生态功能,制定差异化的监测指标与技术方案。同时,监测工作需遵循动态性原则,通过长期连续的数据采集,捕捉生态系统的短期波动与长期演变趋势,为预警分析提供完整的数据支撑。

1.3 生态预警的逻辑框架

林草生态预警以监测数据为基础,通过构建风险评估模型,实现对潜在生态风险的识别、分析与预判,其逻辑框架包括“因子感知—风险评估—等级划分—预警发布”四个环节。因子感知阶段聚焦对退化、沙化、病虫害等风险驱动因子的监测;风险评估阶段通过量化因子变化强度与系统脆弱性,分析风险发生的可能性与影响范围;等级划分阶段依据风险程度将预警划分为不同等级,为差异化处置提供依据;预警发布阶段则通过规范化的渠道,及时将预警信息传递至相关管理部门与责任主体,启动相应的应对措施。

2 林草生态系统动态监测与预警的现状与瓶颈

2.1 现有监测工作的基础现状

当前我国已初步构建起“地面监测+遥感监测”的林草生态监测体系,在国家级与省级层面建立了一批地面监测站点,实现对重点区域林草资源的定期调查;同时,利用卫星遥感技术开展大范围的植被覆盖、土地利用等宏观监测,形成了基础的监测数据积累。部分生态敏感区域已尝试建立简易的预警机制,针对火灾、重大病虫害等突发风险制定了应急处置流程,为生态保护工作提供了基础支撑。此外,相关部门已出台一系列林草监测技术标准,规范了监测指标、数据采集与处理等环节的工作要求。

2.2 监测环节存在的主要问题

尽管现有监测工作取得一定成效,但仍存在诸多瓶颈制约。其一,监测数据碎片化严重,地面监测与遥感监测数据缺乏有效融合,不同部门、不同区域的监测数据标准不统一,难以实现数据共享与综合分析;其二,监测指标不够全面,多聚焦于植被覆盖面积等宏观指标,对土壤肥力、微生物群落、生态系统服务功能等微观与功能性指标的监测不足;其三,监测时效性不足,地面调查周期长,部分遥感数据更新滞后,无法及时捕捉生态系统的快速变化;其四,技术装备水平区域差异大,偏远地区监测设备简陋,数据采集精度难以保障。

2.3 预警体系构建的突出瓶颈

预警体系建设相对滞后于监测工作,主要面临三大瓶颈。一是风险评估模型不完善,现有模型多基于单一因子构建,未充分考虑多因子间的耦合作用,导致预警精度与可靠性不足;二是预

警等级划分不科学,部分区域的预警等级仅依据经验判定,缺乏量化指标支撑,难以准确反映风险实际程度;三是预警信息传递与响应机制不健全,预警信息发布渠道单一,部门间协同联动不足,导致预警发布后无法快速启动应对措施,影响预警效果。

3 林草生态系统监测与预警系统的总体架构设计

3.1 系统设计的核心目标

监测与预警系统的构建以“精准监测、科学预警、高效管控”为核心目标,具体包括四个方面:一是实现对林草生态系统关键指标的全方位、实时化监测,提升数据采集的精度与时效性;二是构建多维度风险评估模型,提高生态风险预判的准确性与前瞻性;三是建立规范化的预警发布与响应机制,确保预警信息高效传递与快速处置;四是打造一体化的数据共享平台,为生态保护决策提供全面、系统的数据支撑,推动监测与管理工作的智能化升级。

3.2 系统的整体架构分层

系统采用“五层架构”设计,自上而下分别为应用服务层、业务逻辑层、数据支撑层、传输网络层与感知采集层,各层级协同联动形成完整的技术体系。感知采集层负责生态因子数据的采集,是系统的数据来源基础;传输网络层实现采集数据的安全、快速传输;数据支撑层承担数据存储、处理与共享功能;业务逻辑层是系统的核心,包含监测分析、风险评估、预警发布等核心功能模块;应用服务层面向不同用户提供多样化的应用服务,满足管理决策、科研分析等多元需求。这种分层架构具有良好的扩展性与兼容性,便于后续功能升级与技术迭代。

3.3 系统的关键设计原则

系统构建过程中需遵循四项关键设计原则:一是实用性原则,结合林草生态管理的实际需求设计功能模块,确保系统操作简便、易于维护,符合基层工作人员的使用习惯;二是可靠性原则,采用成熟稳定的技术与设备,建立数据备份与系统容错机制,保障系统在复杂环境下持续稳定运行;三是开放性原则,采用标准化的数据接口与技术规范,便于与现有监测系统、政务平台实现数据对接与共享;四是安全性原则,建立全方位的安全防护体系,加强数据传输、存储与使用过程中的安全管控,防止数据泄露与恶意攻击。

4 监测与预警系统构建的核心技术支撑

4.1 多源数据感知技术

多源数据感知技术是实现精准监测的基础,通过整合卫星遥感、无人机遥感、地面传感器与人工巡护等多种感知手段,构建“天—空—地”一体化的数据采集网络。卫星遥感技术实现大范围、宏观尺度的监测,捕捉植被覆盖、土地利用等空间格局变化;无人机遥感凭借灵活机动的优势,开展中尺度的精细化监测,识别植被病虫害、局部退化等问题;地面传感器网络实现微观指标的实时监测,包括土壤水分、温度、植被生长状况等;人工巡护作为补充手段,负责对复杂区域进行实地核查,提升数据的准确性。

4.2 数据处理与分析技术

面对多源感知数据的复杂性,构建高效的数据处理与分析体系显得尤为重要。这要求我们依托大数据与人工智能技术,采取一系列措施。首先,通过数据清洗、融合与标准化技术,有效处理来自不同来源数据的格式差异和噪声干扰,从而整合成高质量、格式统一的综合数据集。其次,运用地理信息系统(GIS)技术,构建林草生态空间数据库,实现对数据的精细空间化管理,并通过可视化手段进行直观展示。再者,借助机器学习和深度学习算法,建立生态因子关联模型与风险评估模型,深入挖掘数据中的生态规律,实现对生态变化趋势的精准预测和风险等级的科学评估。通过这些方法,显著提升系统的智能化分析能力,为生态保护和可持续发展提供强有力的技术支持。

4.3 预警信息发布与传输技术

预警信息的高效传递是保障预警效果的关键,系统采用“多渠道、立体化”的信息发布与传输技术。在传输技术方面,整合5G、物联网、卫星通信等多种传输方式,确保偏远地区与极端天气条件下数据传输的稳定性与及时性;在发布渠道方面,构建“线上+线下”的发布体系,线上通过政务平台、手机APP、短信等方式定向推送预警信息,线下依托预警终端、广播、宣传栏等渠道覆盖基层管理单元与周边群众;同时,建立信息反馈机制,及时收集预警响应情况,形成发布—响应—反馈的闭环管理。

5 系统核心功能模块开发与保障体系建设

5.1 核心功能模块设计

系统核心功能模块包括监测数据管理模块、动态变化分析模块、风险预警发布模块与决策支持模块。监测数据管理模块实现多源数据的统一存储、查询、更新与共享,支持数据导出与可视化展示;动态变化分析模块通过对比不同时期的监测数据,分析林草生态系统的演变趋势,识别变化热点区域与驱动因子;风险预警发布模块基于风险评估结果,自动生成预警信息并按等级发布,同时推送相应的应对建议;决策支持模块整合监测与预警数据,为林草资源保护、生态修复工程规划等提供数据支撑与方案优化建议。

5.2 标准规范保障体系

构建一个完善的标准规范体系是确保信息系统有序、高效运行的根本保障,其推进应涵盖数据、技术和管理三个关键层面。首先,在数据标准方面,需要制定一套统一的监测指标体系,规范数据采集流程,确立标准化的数据格式,并建立全面的数据质量评价标准,以此实现数据的全面标准化管理。其次,在技术标准方面,要明确系统建设的架构,设立设备选型、接口规范和安全技术标准,确保系统建设的科学性和一致性,避免技术兼容性问题。最后,在管理标准方面,应当制定数据共享管理办法,规范系统运维流程,建立预警响应机制,通过这些制度性文件,确保系统使用和管理过程中的各项工作有序进行,各个环节之间的衔接顺畅,从而全面提升系统的运行效率和安全性。

5.3 人才与技术保障措施

为确保系统的长期稳定运行,人才与技术保障是不可或缺的关键因素。在人才培养层面,我们应构建一个分层分类的培训体系,针对不同岗位需求进行针对性培训。对于管理人员,重点开展系统操作与管理流程的培训,提高其管理效率;对于技术人员,则注重数据处理与系统维护的技能培训,增强其技术实力。此外,加强与科研院所的合作,积极引进生态学、信息技术等领域的专业人才,打造一支专业的技术支撑团队,为系统提供强有力的智力支持。在技术保障层面,我们应建立系统定期维护与升级机制,及时修复系统漏洞,更新技术算法,确保系统运行的安全性和高效性。同时,加大技术研发投入,密切关注前沿技术动态,不断推动系统技术水平的提升,以适应不断变化的发展需求。通过这些措施,我们能够有效保障系统的长期稳定运行,为用户提供优质服务。

6 结束语

林草生态系统动态变化监测与预警系统的构建,是推动林草生态保护工作从“被动应对”向“主动防控”转型的重要举措,对于提升生态管理的科学化、精准化水平具有重要意义。本文通过分析系统构建的理论基础与现有瓶颈,提出了“五层架构”的总体设计方案,明确了多源感知、数据智能分析等核心技术支撑,构建了涵盖功能模块、标准规范、人才技术的完整保障体系。随着信息技术的不断发展,未来系统构建需进一步加强多技术融合应用,提升系统的智能化水平;同时,强化区域协同监测,推动监测数据的跨区域共享,形成全国一体化的林草生态监测与预警网络。相信通过系统的构建与完善,能够为林草生态系统保护提供有力支撑,助力实现生态环境的持续改善与可持续发展。

[参考文献]

- [1]崔桂鹏,焦岩,孔维远,等.新时期林草科技力量战略布局——科技支撑“三北”工程攻坚战 的启示[J].林草政策研究,1-10.
- [2]刘佳旭,方杰,钟振成,等.黄河左岸晋陕豫交界区域生态安全格局构建研究[J].水利规划与设计,2025,(12):19-26+30.
- [3]田若楠.陕西扩绿兴绿并举推动林草事业高质量发展[N].黄河报,2025-10-25(003).
- [4]白依娜,宋燕妮.科尔沁草原生态系统国家定位观测研究站植被景观构成分析[J].中国草地学报,2025,47(10):64-72.
- [5]黎亚波.德宏州森林草原湿地生态系统外来入侵物种现状与风险评估[J].林业建设,2025,43(05):63-69.

作者简介:

武鹏飞(1984--),男,汉族,内蒙古卓资县人,本科,职称:林草专业副高级工程师,研究方向:林草专业。