

Adaptive adjustment and optimization of forest resource monitoring system under carbon sink measurement demand

Jinhua Liao

Guangxi Land Surveying and Mapping Institute, Nanning, Guangxi, 530002, China

Abstract

As global climate change issues become increasingly severe, the control of carbon emissions and the optimization of carbon sink functions have become key focuses for governments and research institutions worldwide. Forests, as important carbon sinks, play a significant role in mitigating global warming. However, existing forest resource monitoring systems face numerous challenges in carbon sink measurement, such as insufficient data accuracy, limitations in monitoring scope, and lack of uniform evaluation methods. To meet the demands of carbon sink measurement and enhance the efficiency and precision of forest resource monitoring systems, this paper analyzes the shortcomings of current monitoring systems and proposes corresponding optimization and adjustment strategies. The article points out that integrating multiple approaches, including remote sensing technology, drone monitoring, and ground plot surveys, and establishing a forest carbon sink monitoring model based on big data and artificial intelligence will be crucial for improving the adaptability of monitoring systems.

Keywords

carbon sink measurement, forest resources, monitoring system, adaptive adjustment, remote sensing technology, artificial intelligence

碳汇计量需求下森林资源监测体系的适应性调整与优化

廖金华

广西壮族自治区国土测绘院, 中国 · 广西 南宁 530002

摘 要

随着全球气候变化问题的日益严重, 碳排放控制和碳汇功能的优化已成为全球各国政府和科研机构的关注重点。森林作为重要的碳汇资源, 其对减缓全球变暖具有重要意义。然而, 现有的森林资源监测体系在碳汇计量方面面临诸多挑战, 如数据获取的精度不足、监测范围的局限性及评估方法的不统一等。为适应碳汇计量需求, 提升森林资源监测体系的效率和精准度, 本文分析了现有监测体系的不足之处, 并提出了相应的优化和调整方案。文章指出, 在加强遥感技术、无人机监测、地面样地调查等多手段融合的基础上, 建立基于大数据与人工智能的森林碳汇监测模型, 将成为提升监测体系适应性的关键。

关键词

碳汇计量; 森林资源; 监测体系; 适应性调整; 遥感技术; 人工智能

1 引言

本文旨在探讨在碳汇计量需求下, 如何通过适应性调整和技术优化, 提升现有森林资源监测体系的效能。通过对当前监测技术的回顾, 结合大数据、遥感、人工智能等先进技术的应用, 分析如何实现森林碳汇的动态监测与评估, 为应对气候变化和促进碳中和目标的实现提供支持。

2 现有森林资源监测体系的不足与挑战

2.1 数据获取的精度和广度问题

传统的森林资源监测方法主要依赖地面样地调查。这

些调查通过人工选择样地, 收集森林的基础数据, 如树种、树高、胸径等, 能够提供较为准确的数据。然而, 地面调查的局限性也非常明显, 首先是样本选择的随机性和局限性。地面调查的样本点数量通常较少, 而不同地区、不同生态条件下的森林资源情况可能差异较大, 这意味着所选样本往往无法全面代表整个森林的碳汇情况^[1]。此外, 由于样地调查是由人工完成的, 且需要在一定的时间范围内采集数据, 因此难以进行大范围的实时监测。

地面调查的时间和成本较高, 是另一个严重制约其广泛应用的问题。每次调查通常需要耗费大量的人工、物资和时间, 且由于调查点分布不均, 难以保证高频次和实时数据的更新。这使得地面调查在进行大规模、长时间的森林资源监测时, 表现出极大的局限性, 尤其在应对碳汇计量要求时, 无法满足高精度和高时效性的需求。

【作者简介】廖金华 (1995-), 男, 中国广西桂林人, 本科, 从事林业研究。

因此,在森林碳汇的计量中,单纯依赖传统的地面调查方法显然不能满足快速和高效的数据需求,需要寻求更加精准且高效的监测手段。

2.2 遥感技术的应用局限性

遥感技术是当前森林资源监测的重要手段,通过卫星影像、航空摄影等方法,能够在短时间内获取大范围的森林数据^[2]。遥感技术提供了高效的空间数据采集方式,尤其适用于监测大范围森林的状况,尤其是地面调查无法覆盖的偏远地区。因此,遥感技术在森林资源监测中,特别是森林碳汇的计算中发挥着重要作用。

然而,遥感技术的应用也存在一定的局限性。首先,遥感数据的分辨率是限制其精度的关键因素。低分辨率的遥感影像可能无法精确识别森林内部的小尺度变化,尤其是对于较小的森林类型、幼苗生长等细节,遥感技术可能无法提供准确的数据。低分辨率导致的影像模糊,使得遥感技术在碳汇的估算中无法获得准确的树种分类、森林类型及结构特征,这直接影响了碳储量的精准计算。

此外,遥感技术通常无法直接获取森林中的碳储量数据,需要与地面调查数据进行结合才能进行准确的估算。然而,地面调查数据往往存在滞后性和不完整性,特别是在偏远地区,调查数据的缺乏或不及时更新会导致遥感数据无法充分发挥其作用。因此,遥感技术在碳汇计量中所提供的数据,需要结合现场监测数据、气候数据以及其他相关模型来进行补充和修正^[3]。即便如此,遥感技术依然难以在碳汇估算中提供高精度的实时监测。

2.3 碳汇计量方法的不统一

目前,森林碳汇的计量主要依赖森林库存模型、碳储量估算模型等方法。这些模型在理论上为碳汇计算提供了框架,但实践中它们存在较大的局限性。首先,不同地区、不同类型的森林,其碳汇的计算方法和标准存在差异,导致了碳汇数据的可比性和一致性差。现有的模型通常基于静态数据,依赖于固定的森林库存和生物量估算,但这种方法无法反映森林生态系统在不同时间段内的动态变化。例如,森林的生长速度、树种结构、土壤类型和气候变化等因素都会影响碳储量,而现有模型往往缺乏动态变化的实时监控和计算。

其次,现有的碳汇计量方法未能充分考虑森林生态系统的复杂性和多样性。不同种类的树木具有不同的生长速度和碳储存能力,而现有的模型往往采用平均值或简单的估算方法,忽略了这些差异^[4]。同时,森林的碳汇不仅仅是单一树种的碳储量,还涉及森林土壤、森林地面植被以及地下生物量等多个方面。现有的模型通常集中在树木的生物量上,未能综合考虑到这些其他碳储存要素的影响,从而影响了碳汇估算的全面性和精度。

2.4 综合解决方案的需求

面对上述挑战,智慧化、数字化、动态化的森林资源

监测体系显得尤为重要。首先,利用新型的遥感技术,提升遥感影像的分辨率,使其能更加精确地捕捉森林的细微变化,从而为碳汇计量提供更准确的数据。此外,结合物联网技术、传感器技术等手段,通过地面和遥感技术的结合,实时监测森林的动态变化。通过实时数据传输和处理,可以有效减少地面调查的成本和时间,提升碳汇监测的时效性和准确性。

同时,推动碳汇计量方法的统一和动态化,特别是基于多维数据(如气候、土壤、植被等)的综合计算模型,有助于更精确地反映森林生态系统的碳汇变化。通过机器学习、大数据分析等技术,对森林碳汇进行动态预测和评估,将为各国的气候变化政策和森林保护工作提供更为科学、精准的数据支持。

3 适应性调整与优化路径

3.1 引入大数据与人工智能技术

大数据和人工智能(AI)技术的结合可以大幅提升森林碳汇监测体系的精度与效率。在森林碳汇监测中,大数据技术可以整合多维度信息,包括森林资源数据、气象数据、土壤数据等,通过数据融合与深度分析,帮助构建全面、立体的碳汇监测体系。具体而言,森林碳汇的估算不仅仅依赖单一数据源,而是需要结合地面调查、遥感影像、气候变化等多方面的数据,通过大数据平台整合所有相关信息,全面了解森林碳储量的变化。

人工智能技术,尤其是机器学习和深度学习的应用,可以进一步优化碳汇计算模型,提高碳储量估算的准确性。机器学习技术能够从海量遥感数据中提取关键特征,自动识别和分析森林中的不同因素,如树种、生长阶段、地理位置等,以精准预测碳汇容量。例如,深度学习模型可以通过训练和分析大量森林生态数据,建立预测模型,进而实现森林碳储量的动态估算。通过这些技术,AI能够帮助监测人员在实时数据的基础上进行动态预测,为政策制定者提供更具前瞻性和科学性的森林碳汇数据支持。

此外,AI技术还可以通过实时监测与预测分析,为碳汇管理提供精准决策依据。在气候变化、森林火灾、非法砍伐等因素影响下,AI能够帮助预测这些因素对碳汇变化的可能影响,并为后续的应对措施提供决策支持。这种动态、智能化的管理手段,有助于更科学地进行森林碳汇的监控与管理。

3.2 加强遥感与地面调查的结合

尽管遥感技术具有覆盖广泛、监测效率高的优点,但在碳汇计量中的应用仍存在一些局限性。主要表现为,遥感技术难以获取森林中的小尺度变化和细节信息,例如树木的具体种类、树种的生长阶段、土壤湿度等,这些信息对于碳汇的准确计量至关重要^[5]。为了解决这一问题,可以通过加强遥感数据与地面调查数据的结合,进一步提高碳汇计量

的准确性。

地面调查数据在提供森林细节信息方面有着不可替代的作用。例如,树木的胸径、树高、树种等基本信息通常需要通过实地测量获得,而这些信息对碳储量的估算非常关键。遥感技术虽然可以提供大范围的森林数据,但其缺乏对地面信息的精细化测量,因此需要与地面调查数据进行融合。通过遥感技术获取的森林大尺度数据可以为地面调查提供辅助支持,地面调查则为遥感数据提供必要的细节补充。

随着无人机技术的发展,结合无人机高分辨率图像和地面传感器的数据,有助于进行实时监测,进一步提升碳汇计量的精度。无人机可以在较低的飞行高度上获取高分辨率的影像数据,精确捕捉森林的具体细节,尤其是对于森林内部的小尺度变化,如树木的个体变化、病虫害的蔓延等情况,可以为碳汇监测提供更全面的数据支持。

3.3 开发动态森林碳汇监测模型

现有的森林碳汇监测体系主要依赖静态模型进行碳汇评估,通常基于某一时间点的数据来估算森林碳储量。这些静态模型忽视了森林生态系统的动态变化,无法实时反映森林碳汇的变化趋势。为了提升碳汇监测体系的适应性和科学性,需要开发动态森林碳汇监测模型。这些动态模型不仅能够实现实时的森林碳储量估算,还能够反映森林碳汇的变化趋势、波动性以及气候变化对碳汇的影响。

动态监测模型的核心是能够利用实时数据进行更新,并根据森林的生长周期、气候变化等因素调整模型的预测参数。利用长时间序列遥感影像、气象数据和生物量模型,动态监测模型可以通过对森林碳储量的长期跟踪,识别出碳汇的季节性波动和长期变化趋势。例如,森林的碳储量通常会随着森林的生长而增加,但在遭遇极端天气事件(如干旱、洪水等)或人为干预(如砍伐、火灾等)时,碳储量会发生明显变化。动态监测模型可以实时捕捉这些变化,及时调整碳汇的估算。

此外,动态模型还可以帮助评估气候变化对森林碳汇的影响。在全球变暖的背景下,气候变化对森林生态系统产生了深刻影响。动态模型可以结合气候变化情景,对未来森林碳储量进行预测,进而为政府和相关决策者提供科学依据,推动碳汇管理政策的调整和优化。

4 森林资源监测体系的技术融合与创新

为了提升森林资源监测体系在碳汇计量中的适应性,需要注重技术的融合与创新。

4.1 遥感技术与物联网技术的融合

物联网技术在森林资源监测中的应用,为提高碳汇计量精度提供了新的思路。通过在森林中部署传感器,可以实

时监测森林的温度、湿度、土壤水分、CO₂浓度等环境因素,获取高频率的实时数据。这些数据可以与遥感数据结合,进一步提升碳汇监测的精度。例如,通过在特定森林区域布设气候传感器和土壤传感器,可以直接获取影响碳吸收与释放的环境因子,为碳汇计量提供重要的支持。

4.2 基于云平台的数据共享与协作

建立云平台作为森林资源监测体系的数据共享和协作平台,是提升监测效率和优化碳汇计量的重要手段。通过云平台,能够实现各类数据的实时上传、存储和处理,为碳汇监测提供强大的数据支撑。同时,云平台还可以为不同领域的研究人员、政策制定者提供共享平台,促进跨学科合作,推动碳汇数据的广泛应用。

4.3 加强政策与技术的协同发展

政策支持是推动森林资源监测体系优化和创新的重要保障。政府部门应加大对森林资源监测技术研发的投入,制定合理的政策框架,引导科研机构和企业共同参与森林碳汇监测技术的创新。此外,政策也应支持森林资源数据的共享和开放,推动公众参与和社会资本的引入,为森林碳汇监测的技术创新提供更为广阔的发展空间。

5 结语

在全球气候变化背景下,提升森林资源监测体系的适应性,以准确计量森林碳汇,已成为推动碳交易市场和气候政策实施的关键任务。新型的碳汇计量技术,如数字化监测、大数据分析和人工智能技术的应用,为森林资源监测体系的优化提供了新的路径。通过加强多种技术手段的融合,推动遥感与地面数据的结合,开发动态的碳汇监测模型,可以大幅提高森林碳汇的计量精度和监测效率。然而,技术的创新需要政策支持和社会资本的共同推动,只有多方协作,才能在实现碳中和目标的过程中,充分发挥森林资源的碳汇作用。未来的森林资源监测体系将更加注重智能化、数据化和高效化,推动全球气候变化应对措施的有效实施。

参考文献

- [1] 李志博.阿尔山市森林资源现状分析与经营对策[D].内蒙古农业大学,2022.
- [2] 吴恒.基于时空演变分析的森林资源调查抽样设计优化[D].西南林业大学,2022.
- [3] 龙育花.可持续发展视角下森林资源资本化经营实现模式研究[J].福州大学,2021.
- [4] 张子璇,张颖,孙剑锋,等.森林碳汇计量研究进展与展望[J].北京林业大学学报(社会科学版),2024,23(04):52-61.
- [5] 宋丽婷,王佳吉.森林碳汇数字化管理水平区域差异与分布动态[J].金融与经济,2025,(03):85-94.