

生态环境监测技术与数据分析方法

吴涵 沈罕琦

泰州市靖江生态环境监测站, 中国·江苏 泰州 225300

摘要: 随着生态环境问题日益突出, 亟须创新监测技术和数据分析方法。论文以生态环境监测技术与数据分析方法为研究对象, 深入分析了遥感、物联网、生物监测等先进技术的研究进展, 探讨了海量监测数据的预处理、挖掘和时空分析方法。在此基础上, 提出了监测技术与数据分析方法的集成应用策略, 并展望了新型传感器、物联网与区块链、知识图谱等创新应用前景。本研究为生态环境监测和管理提供了新思路和新方法, 对推动生态文明建设具有重要意义。

关键词: 生态环境监测; 数据分析; 遥感; 物联网; 机器学习

Ecological Environment Monitoring Technology and Data Analysis Methods

Han Wu Hanqi Shen

Taizhou Jingjiang Ecological Environment Monitoring Station, Taizhou, Jiangsu, 225300, China

Abstract: With the increasingly prominent ecological environment problems, there is an urgent need to innovate monitoring technologies and data analysis methods. The paper takes ecological environment monitoring technology and data analysis methods as the research object, deeply analyzes the research progress of advanced technologies such as remote sensing, Internet of Things, and biological monitoring, and explores the preprocessing, mining, and spatiotemporal analysis methods of massive monitoring data. On this basis, an integrated application strategy of monitoring technology and data analysis methods was proposed, and innovative application prospects such as new sensors, the Internet of Things and blockchain, and knowledge graphs were discussed. This study provides new ideas and methods for ecological environment monitoring and management, which is of great significance for promoting the construction of ecological civilization.

Keywords: ecological environment monitoring; data analysis; remote sensing; Internet of Things; machine learning

0 前言

精准、高效的生态环境监测是生态文明建设的基础和前提。近年来, 国家高度重视生态环境保护工作, 相继出台一系列政策法规, 为生态环境监测提供了重要指引。本研究旨在梳理生态环境监测技术与数据分析方法的最新进展, 探索监测数据的高效处理和深度利用途径, 为生态环境监测体系建设提供理论支撑和技术参考。研究成果有望提升生态环境监测的智能化、精细化水平, 为科学决策提供数据支持, 推动生态环境质量持续改善。

1 先进生态环境监测技术的研究进展

1.1 遥感监测技术

随着遥感技术的不断发展和完善, 高光谱遥感、激光雷达和合成孔径雷达等先进遥感监测技术在生态环境监测领域得到广泛应用。高光谱遥感利用高光谱成像仪获取目标物体的连续光谱信息, 通过光谱特征分析实现对地表覆被类型、植被健康状况等的精细化识别与监测。激光雷达通过主动发射激光脉冲并接收返回信号, 获取高精度三维空间信息, 在森林资源调查、地籍测绘等方面发挥重要作用。合成孔径雷达利用雷达信号的相干处理, 突破了传统雷达系统的

分辨率限制, 能够全天时、全天候对地表进行高分辨率成像, 在灾害监测、海洋环境监测等领域具有独特优势。

1.2 物联网监测技术

物联网技术的兴起为生态环境监测带来了革命性变革, 无线传感器网络、移动监测平台和智能监测设备等技术手段的应用, 实现了对环境要素的实时、动态、全方位感知。无线传感器网络通过部署大量微型传感器节点, 构建起覆盖广泛的环境监测网络, 可持续采集温度、湿度、污染物浓度等环境参数^[1]。移动监测平台利用车载、机载、船载等移动载体, 搭载多种传感器和采样设备, 灵活机动地开展流域、湖泊、海洋等区域的生态环境监测。智能监测设备融合了新型传感技术、自动控制技术和数据传输技术, 实现了监测过程的自动化、标准化和网络化, 大幅提升了监测效率和数据质量。

1.3 生物监测技术

生物监测技术是评估生态系统健康和环境质量不可或缺的手段, 其中生物指示物、环境 DNA 技术和生态毒理学方法的应用日益广泛。生物指示物对环境胁迫或污染的响应, 如种群数量、群落结构和生理特征的改变, 为揭示生态环境质量变化提供了直观证据^[1]。环境 DNA 技术通过对环境样品中生物遗传物质的分析, 实现生物多样性快速评估和

珍稀物种监测,在生物多样性调查和保护中展现出巨大潜力。而生态毒理学方法则着眼于污染物对生物体和生态系统的毒性效应,通过暴露实验和野外调查,阐明污染物的生态风险,为制定环境标准提供依据。

2 海量生态环境监测数据的分析方法

2.1 数据预处理技术

面对海量、异构、噪声重重的生态环境监测数据,创新应用数据预处理技术显得尤为关键,它是保障后续数据分析质量的基石。数据清洗技术通过异常检测、缺失值填补等方法,去除监测数据中的噪声和误差,提高数据的准确性和可靠性;数据融合技术则利用多源数据的互补性,综合不同传感器、不同平台的监测数据,生成更全面、更精细的环境信息;特征提取技术基于领域知识和统计分析,从原始监测数据中挖掘出反映环境状态的关键指标,降低数据维度,提升分析效率^[2]。这些预处理技术的研究进展,为从海量监测数据中掘金提供了坚实基础,它们在提高数据质量、融合数据维度、提取关键特征等方面发挥着不可或缺的作用,是生态环境监测数据分析的重要前提和基础性工作。

2.2 数据挖掘与机器学习方法

随着生态环境监测数据呈爆炸式增长,传统的统计分析方法已无法完全满足大数据时代的需求,数据挖掘与机器学习的创新方法应运而生。聚类分析通过对相似性指标的度量,将环境监测对象划分为若干类别,揭示环境要素的时空分布规律。关联规则挖掘则利用频繁模式分析,发现环境参数间的内在联系,探寻生态环境演变的驱动因素。支持向量机、随机森林等经典的机器学习算法,以其良好的分类回归性能,在环境质量评价、污染源解析等领域得到广泛应用。近年来,深度学习技术的兴起为环境数据分析注入新的活力,其强大的特征提取和建模能力,使得复杂生态过程的刻画和预测成为可能。环境科学与人工智能的交叉融合,必将推动生态环境监测数据分析进入一个崭新的阶段。

2.3 时空数据分析方法

生态环境监测数据往往带有明显的时间和空间属性,采用合适的时空分析方法对其进行建模和挖掘,是揭示环境演变规律的有效途径。时间序列分析利用移动平均、自回归等模型,从环境监测指标的历史变化中提取趋势、季节性等时间模式,预测其未来走势。空间插值则运用克里金、反距离加权等方法,估计未观测点的环境参数值,生成连续的空间分布图。时空聚类更进一步考虑环境要素的时间动态和空间自相关性,实现对其时空模式的综合刻画。伴随时空大数据和计算机技术的发展,时空数据分析方法不断推陈出新,与物理模型、数据驱动模型的耦合,成为未来生态环境监测数据分析的重要方向。唯有以创新的视角审视环境大数据,以扎实的理论武装分析方法,才能为生态环境保护和可持续

发展提供更加科学、更加精准的决策参考。

3 生态环境监测技术与数据分析方法的集成应用

3.1 遥感监测与地面监测数据的融合

生态环境监测是一项复杂的系统工程,其全面性和精准性的实现离不开遥感监测与地面监测数据的有机融合。作为两种互补的监测手段,遥感数据提供了宏观、多时相的环境信息,而地面监测数据则给出了特定区域的精细化参数。通过时空尺度匹配和语义关联,可实现两类数据的有机融合,不仅扩展了地面监测的空间外推能力,而且提高了遥感数据的地面验证精度。融合后的数据为构建多源协同、立体化的生态环境监测网络提供了坚实基础,使得对关键生态过程和环境要素的动态监控成为可能^[3]。同时,地面观测提供的高光谱、激光雷达等数据也可反哺遥感反演模型,进一步提升遥感产品的定量化水平。遥感监测与地面监测数据融合的研究进展,标志着生态环境监测正向全覆盖、高精度的方向不断迈进。

3.2 多源异构数据的综合分析

多源异构数据的综合分析是揭示生态环境全貌、阐明人地关系的关键。生态环境监测数据涵盖遥感影像、地面观测、传感器数据等多种类型,具有来源广泛、格式多样的特点。开展综合分析首先需要构建统一的时空基准和语义框架,实现异构数据的一致性表达和关联。在此基础上,运用数据挖掘、机器学习等技术,多角度、多层次地探究数据内在联系和演化规律,刻画生态环境问题的成因链条和作用机理。同时,综合分析还需兼顾数据的不确定性和尺度效应,采用合理的不确定性表达和多尺度融合方法,保证分析结果的可靠性和适用性。多源异构数据综合分析的进展,为深入认知复杂生态环境系统、理解人类活动与生态环境的交互作用提供了新思路。

3.3 监测—评估—预警一体化平台的构建

生态环境监测数据的应用和转化亟需监测—评估—预警一体化平台的支撑。该平台以先进监测技术为基础,通过数据规范化、质控等措施,汇聚和管理多源监测数据,建设权威、规范的生态环境监测数据库。在此基础上,集成数据挖掘、机器学习等分析方法,全面评估环境质量状况、生态系统健康、污染源分布等,生成直观、易懂的评估报告和专题图件。同时,平台还须具备生态环境风险预警功能,通过时空数据分析、情景模拟等技术,及时发现异常,预判风险,为应急响应提供决策支持^[4]。此外,平台还应提供面向公众的信息发布和交互功能,提升生态环境信息的公开透明度。监测—评估—预警一体化平台的构建,是推动生态环境监测数据应用的关键举措,对提升生态环境管理的科学化、精细化水平具有重要价值。

4 生态环境监测技术与数据分析方法的创新应用

4.1 新型传感器的研制

生态环境监测现代化和智能化的发展进程中,新型传感器技术的研制和应用无疑扮演着至关重要的角色。面对日益复杂多变的生态环境问题,传统的传感器已难以满足高精度、高频次、长时间监测的需求。因此,研制集微型化、低功耗、高灵敏、长寿命等特点于一体的新型传感器成为当务之急。目前,基于纳米材料、生物识别、微机电系统等技术的新型传感器不断涌现,在污染物检测、生物多样性监测、温室气体观测等领域展现出广阔应用前景。同时,无线传感器网络、自供能传感器等技术的发展,也大大拓展了新型传感器的部署范围和运行时长。此外,柔性可穿戴传感器、智能手机传感器等新概念传感器的出现,为公众参与生态环境监测提供了便捷途径。

4.2 物联网与区块链技术的融合应用

在物联网和区块链技术蓬勃发展的时代背景下,二者的融合为生态环境监测数据的采集、传输和管理带来了革命性变革。物联网通过大量分布式传感器节点,实现对环境要素的自动感知和实时采集,极大提高了数据获取的时空分辨率和覆盖范围。同时,物联网还提供了完善的数据传输和远程控制功能,使得生态环境监测系统能够实现无人值守、远程诊断等智能化运维。区块链技术则以其去中心化、不可篡改等特性,为生态环境监测数据提供了可靠的存储和追溯机制。通过将监测数据上链,可以确保数据的真实性和不可抵赖性,提高监测数据的公信力^[5]。此外,区块链技术还为生态环境监测数据的共享提供了安全、高效的平台,助力政府、企业、公众等各方共同参与生态环境治理。

4.3 知识图谱与因果推理

随着环境科学研究的不断深入,基于知识图谱和因果推理的生态环境监测数据分析正逐渐成为该领域的新范式。知识图谱通过构建环境实体、概念、关系等之间的语义网络,可以系统地表示和组织生态环境领域知识。在此基础上,利用本体推理、图卷积等技术,可以从海量监测数据中发现隐藏的关联模式和演化规律,推断生态环境状况变化的影响因素和驱动机制。同时,结合因果推理方法,如贝叶斯网络、Granger 因果分析等,可以探究生态环境要素之间、人类活动与环境变化之间的因果关系,阐明生态环境系统的响应链条和作用路径。此外,知识图谱还为生态环境知识的可视化和智能问答提供了有效工具,为环境科普和决策支持增添新

的助力。知识图谱与因果推理的创新应用,代表了生态环境监测数据分析的前沿发展方向,为揭示生态环境演变规律、支撑生态环境管理决策开辟了新的视野。

4.4 云计算与边缘计算的协同

云计算和边缘计算的协同,为海量生态环境监测数据的处理和分析提供了一种全新的计算范式。传统的生态环境监测数据分析主要依赖中心化的云计算平台,存在数据传输延迟高、隐私安全风险大等问题。而边缘计算通过在数据采集端附近部署计算和存储资源,可以在本地完成对监测数据的初步处理和分析,大大减轻云端的计算压力和传输负担。同时,边缘计算还可实现实时响应、隐私保护等功能,提高监测数据分析的时效性和安全性。在此基础上,云边协同的架构可充分发挥云计算的强大计算能力和边缘计算的灵活分布式优势,实现监测数据在边缘和云端的无缝流转、分工协作,支撑复杂生态环境问题的多尺度分析和全局优化。此外,云边协同还为实现监测设备的智能化部署、自适应感知等功能提供了支撑。

5 结语

生态环境监测是一项复杂的系统工程,需要多学科交叉融合、多部门协同联动。未来,应加强顶层设计,完善生态环境监测网络,推动监测数据的共享开放和创新应用。同时,要加快监测技术装备的研发和产业化,提高监测数据的准确性和时效性。此外,还要重视生态环境监测人才的培养,建设高素质的监测队伍。只有不断创新生态环境监测理念、方法和技术,才能为生态文明建设提供坚实的科技支撑,为美丽中国建设奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 佟倩.矿山环境监测技术与数据分析方法研究[J].中国金属通报,2024(7):64-66.
- [2] 王文雷,张凤菊,曹燕燕,等.生态环境监测机构数据质量技术判断常见方法探讨[J].中国环境监测,2023,39(4):15-22.
- [3] 刘飞.大数据技术在生态环境监测中的融合运用分析[J].绿色环保建材,2021(9):30-31.
- [4] 张揆.大数据技术下的环境监测数据分析方法探究[J].中国科技投资,2021(11):76+78.
- [5] 姜雪芹.基于大数据技术的环境监测数据分析方法研究[J].现代盐化工,2020,47(4):76-77.

作者简介: 吴涵(1999-),女,中国江苏东台人,本科,助理工程师,从事生态监测研究。