

环境监测多维度数据整合分析与环境决策支撑应用

韩雪梅

阿勒泰生态环境监测站

DOI:10.32629/eep.v9i2.3079

[摘要] 环境监测多维度数据整合分析通过集成来自不同源的数据,如传感器、遥感和社交媒体,提升环境信息的全面性和准确性。本文探讨了多维度数据在环境监测中的应用,包括数据采集、融合、分析和可视化技术,并阐述了这些技术如何支撑环境决策。重点分析了空气质量、水环境和生态保护等领域的应用实践,展示了数据整合在提升环境决策科学性和时效性方面的作用。最后,展望了未来发展趋势,如人工智能和物联网的融合,以应对环境挑战。

[关键词] 环境监测; 多维度数据; 数据整合; 数据分析; 环境决策

中图分类号: X83 文献标识码: A

Multi-dimensional data integration analysis for environmental monitoring and application in environmental decision support

Xuemei Han

Altay Ecological Environment Monitoring Station

[Abstract] Multi dimensional data integration analysis of environmental monitoring improves the comprehensiveness and accuracy of environmental information by integrating data from different sources, such as sensors, remote sensing, and social media. This article explores the application of multidimensional data in environmental monitoring, including data collection, fusion, analysis, and visualization technologies, and explains how these technologies support environmental decision-making. The application practices in areas such as air quality, water environment, and ecological protection were analyzed in detail, demonstrating the role of data integration in improving the scientific and timely nature of environmental decision-making. Finally, future development trends such as the integration of artificial intelligence and the Internet of Things were discussed to address environmental challenges.

[Key words] environmental monitoring; multi-dimensional data; data integration; data analysis; environmental decision-making

引言

伴随着工业化和城市化的快速发展,环境问题变得越来越复杂,传统的监测方法已经不能满足现代环境管理的要求了。多维度数据整合分析就是将空间、时间、属性等各方面信息综合起来,从而得到更加全面的环境认识。本文主要研究多维度数据整合分析的技术方法以及它在环境决策中所具有的应用价值,用案例分析来证明它对改善环境质量、促进可持续发展的作用。文章结构分为环境监测多维度数据概述、方法技术应用实践三部分,给环境管理提供借鉴。

1 环境监测多维度数据概述

环境监测多维度数据是指从不同来源、不同角度获取的环境信息,其包含的空间维度有地理位置与分布,时间维度有实时监测和历史趋势,属性维度有污染物浓度和生态指标,社会维度

有人类活动和经济数据。数据来源有地面传感器网络、卫星遥感系统、无人机监测、社交媒体反馈、公共数据库等。这些数据一般具有异构性、大样本量和实时性的特点,给环境管理带来新的问题。多维数据的价值就在于可以给出更为全面、准确的环境状态描述,克服了单一数据源的缺陷^[1]。利用空气质量传感器数据和气象卫星数据来预测雾霾扩散趋势,使用水样监测数据和流域地形信息来评价水污染来源。多维数据整合既是技术问题也是环境决策科学化的根基。它要依靠多学科合作,牵涉到环境科学、数据科学、信息技术以及公共政策等许多领域。随着物联网、云计算、人工智能技术的发展,多维数据采集和处理能力大大增强,给环境监测带来了革命性的改变。但是数据整合还存在着许多困难,比如数据标准不统一、隐私保护问题以及分析模型复杂等。因此,研究多维度数据整合分析方法具有重大的

现实意义,有利于环境管理由被动应对转向主动预警。随着5G通信、边缘计算的普及,多维数据会越来越实时、越来越精细化,给环境决策提供更强的支持。

2 多维度数据整合分析的方法与技术

2.1 数据采集与预处理

数据采集是多维数据整合分析的第一步,是从各种各样的来源获取环境信息的过程。常见的数据采集技术有物联网传感器网络、卫星遥感、无人机监测、移动设备感知等。物联网传感器网络部署到城市空气监测站或者河流断面,对温度、湿度、污染物浓度等参数进行实时的采集。卫星遥感可以提供大范围、周期性的环境数据,例如地表温度、植被覆盖、海洋颜色等,适合于宏观环境监测。无人机监测填补了地面和卫星之间尺度的空白,可以对局部环境细节,比如污染源排放、生态破坏等进行高分辨率的观测。另外,社交媒体、公共数据库中的人类活动有关的环境数据(交通流量、能源消耗等)给环境分析提供丰富的社会维度背景信息^[2]。数据预处理属于保证数据质量的关键环节,它包含数据清洗、数据标准化、数据归一化以及缺失值的处理。数据清洗就是去除异常值、噪声等,用统计方法找出传感器故障造成的错误读数。标准化、归一化把不同单位、量纲的数据转换成统一格式,方便后面整合分析,比如把空气质量指数和水质指标做可比性处理。缺失值的处理采用插值或者模型预测的方式进行填补,保证数据的连续性。预处理过程中还会涉及到数据压缩以及存储优化,从而应对大规模数据造成的计算压力。经过高效的采集和预处理之后,多维度的数据被初步整合起来,为之后的分析打下了基础。随着边缘计算技术的发展,部分预处理任务可以在数据采集端完成,从而提高整体处理效率。

2.2 数据融合与建模

数据融合就是把来自各个来源的多维数据整合成一致、有利用价值的信息的过程,它的方法有统计融合、机器学习模型、物理模型集成。统计融合是用概率论、统计方法(卡尔曼滤波、贝叶斯网络)来融合有不确定性的环境数据,提高估计的精度。空气质量监测时,利用地面传感器数据同卫星反演数据融合起来,可以削减单个数据源的不确定因素,从而得到更为准确的污染物分布图。机器学习模型,尤其是深度学习算法,在多维数据融合方面有较好的表现,可以自动地学习数据间的关系。卷积神经网络可以处理空间维度的数据,遥感图像;循环神经网络适合处理时间序列数据,即污染物浓度的变化趋势。这些模型经由对大量历史数据加以训练之后,可以预估环境改变的模式,并助力于预警决策。物理模型集成就是将数据驱动的方法和机理模型结合起来,比如把气象模型和污染扩散模型结合起来,模拟大气污染物的传输过程。数据建模是多维数据整合分析的主要内容,目的在于建立可以体现环境系统行为的数学模型。常见的模型有预测模型、模拟模型和优化模型^[3]。预测模型根据历史数据来推测未来的走向,用时间序列分析来预测水质的变化,用计算机仿真来重现环境过程,流域水文模拟就是其中的一种,用以模

拟流域水文过程。数据融合和建模的难题就是数据异构、尺度不同,要开发自适应算法。

2.3 数据分析与可视化

数据分析就是从众多的、不同的数据中提取出有用的信息的过程,它包含时空分析、模式识别以及关联挖掘等技术。时空分析研究环境数据在空间、时间上的变化规律,使用地理信息系统(GIS)做热点区域识别和趋势分析。根据多年的空气质量数据可以找出污染严重的城市地区以及其季节性变化的模式。模式识别用聚类、分类算法找到数据里的隐藏结构,比如把水体监测点按污染程度分成几组,从而有针对性地加以管理。关联挖掘就是研究各种环境变量之间的关系,例如用相关性分析来研究工业排放和空气质量指数的关系,找出污染源的影响。数据分析不单单依靠传统的统计方法,还会用到机器学习技术,比如异常检测算法用来发现环境突发事件,比如非法排污或者生态灾害。可视化是把分析结果以直观的形式表现出来的重要方法,有利于决策者和公众理解复杂的环境信息。常用的可视化工具有GIS地图、交互式仪表盘、三维模拟等。GIS地图可以显示环境数据的空间分布,污染物浓度梯度图等,交互式仪表盘可以实现多维数据的实时监控和动态查询,城市环境质量监测平台就是其中的一种,三维模拟用来再现环境过程,大气扩散模拟可视化就是其中的一种。可视化技术包含虚拟现实、增强现实等,可以改善用户的体验。利用数据分析和可视化技术把多维数据整合结果有效地传递出去,为环境决策的制定和执行提供支持。

3 环境决策支撑应用与实践

3.1 空气质量监测与预警

空气质量监测和预警属于多维数据整合分析的重要应用领域,目的在于用实时的数据整合来提高空气质量管理的效能。多维数据有地面监测站数据、卫星遥感数据、气象数据、交通和工业排放数据等^[4]。地面监测站网络可以得到PM_{2.5}、二氧化硫、臭氧等主要污染物的实时浓度,卫星遥感可以补充大范围的气溶胶、气体分布信息,弥补地面站点的空间覆盖不足。气象数据,即风速、温度、湿度等影响污染物扩散的参数,需要和污染数据相结合进行分析。数据整合就是将各种来源的数据融合起来,建立空气质量综合评价模型,用机器学习的方法来预测污染物浓度的变化趋势。预警系统根据上述模型来设置阈值报警,比如PM_{2.5}浓度超标时就会发出健康预警并采取相应的应急措施。从案例中可以得出结论,多维数据综合使用提高的空气质量预报系统的雾霾预测能力。系统把实时监测的数据同气象预报融合起来,提前24小时发出预警,让政府可以实行交通管制、工业限产等措施,削减公众的暴露危险。

3.2 水环境质量评估与管理

水环境质量评估与管理依靠多方面数据融合分析来达成水资源保护和污染治理的目的。多维数据包含水质监测数据、水文数据、遥感影像和社会经济数据。水质监测数据来源于河流、湖泊、地下水的采样点,测量参数有pH值、溶解氧、重金属、营养盐浓度等;水文数据包含流量、水位、降雨量,影响污染物迁

移转化;遥感影像给出水体颜色、温度、悬浮物信息,适合大面
积水环境监测;社会经济数据体现人类活动给水环境带来的影
响,比如农业施肥、城市排水等。数据整合就是将各种各样的水
环境质量监测数据融合在一起,建立水环境质量评价模型,采用
综合指数法对水体的健康状况进行评价。评价过程用空间插值
法生成水质分布图,找出污染热点区。以长江流域为例,将多
方面数据综合起来,得出农业面源污染为主要问题,进而制定化
肥减量政策。多维度数据整合可以对水环境管理决策起到辅助
作用,比如预测出不同的管理情景下水质的变化。数据驱动模
型,例如水文水质耦合模型,可以模拟污染物从源到汇的全过
程,评价减排措施的效果。将上述各个模型集成到一个决策支
持系统中,并且可以利用可视化的方式来进行比较。太湖治理
过程中多维数据整合系统可以模拟蓝藻爆发的趋势并提出调水
方案以及污水处理厂的升级改造计划。实时监测数据同预警系
统相结合,可以及时对水污染事件作出反应,例如化学品泄漏
等,利用扩散模型来预测影响范围,启动应急处理。多维数据
整合也使公众参与得到加强,用移动应用发布水质信息来提
高社会监督。未来水环境管理将会更加依靠多维度的数据整
合,使用区块链技术保证数据的透明性,促进跨区域的协同治
理。

3.3 生态保护与可持续发展

生态保护和可持续发展要依靠多维数据整合分析来协调人
与自然生态系统的相互关系。多维数据有生态监测数据、土
地利用数据、气候数据、生物多样性数据等。生态监测数据
来源于野外调查以及传感器网络,可以得到物种的分布、种
群的数量以及生态系统功能的信息,土地利用数据体现的是
人类的开发活动,比如城市扩张、农业开垦等,气候数据包
含温度、降水、极端事件频率等内容,会作用于生态过程之
中,生物多样性数据包含遗传、物种、生态系统多样性等内
容。数据整合就是将上述各种各样的数据加以融合,从而评
价出生态系统的健康状况以及人类的影响程度。用遥感数据
追踪森林覆盖变动,同地面调查加以验证来找出生物多样性
热点地区,确定保护优先区域。多维数据融合促进生态保护
决策,用空间优化模型规划自然保护区网,保证生态连通性。
在黄河流域生态保护中,整合了各种各样的数据来评价水土
流失、植被恢复的效果,从而指导退耕还林政

策的实施。就可持续发展而言,多维数据融合被用来评判资
源的利用效率以及环境的承载能力。把能源消耗、碳排放和
经济增长数据加以整合,创建起可持续发展指标来,对联合
国可持续发展目标的推进情况进行监测。数据驱动模型能做
情景分析,预估不一样的发展路径对生态的影响,模拟城市
化对生物多样性的长久影响。多维数据整合促使生态补偿
机制的设计更加科学,量化的方式给出生态系统服务的价
值,比如碳汇、水源涵养等,给市场交易提供依据。另外
公共科学项目的志愿者还会对生态数据进行采集,从而扩
大了监测的范围,也加强了社区参与的程度。生态保护将
会依靠多种数据的整合来提高自身的水平,用人工智能来
实现对物种自动识别以及生态系统模拟的目的,从而推进
全球生态治理的合作。

4 结语

环境监测多维数据整合分析就是把空间、时间、属性等
各个方面的信息综合起来,从而大大提高环境管理的科学
性、时效性。本文从数据概述、方法技术、应用实践三个
方面论述了它的主要内容,在空气质量、水环境、生态保
护等领域起着支撑作用。多维数据整合使环境决策程序
更加科学,促进不同学科之间和公民之间的参与决策。
但是挑战依然存在,比如数据标准化、隐私安全、模型不
确定性。随着技术的发展,多维度数据整合会越来越智能
、实时,给可持续发展提供更强大的支持。

[参考文献]

- [1]白江.生态环境监测全过程质量控制关键环节与优化策
略[J].华东纸业,2026,56(01):94-96+99.
- [2]张奇雄.面向大气环境改善的造纸废水处理恶臭气体监
测与全过程控制技术研究[J].华东纸业,2026,56(01):115-117.
- [3]孙振忠.大气环境监测全过程质量管理的实践探究[J].
皮革制作与环保科技,2025,6(24):170-172.
- [4]王瑛泽.核能发电站选址阶段环境监测质量管理研究—
—过程的质量控制是保证监测数据真实性的关键[J].中国
品牌与防伪,2025,(17):181-183.

作者简介:

韩雪梅(1974--),女,汉族,辽宁沈阳人,大学本科,高级工
程师,研究方向:生态环境监测。