

生态环境监测中的遥感技术应用研究

葛峰卫¹ 陶松² 蔡芬芬¹

1. 浙江鑫泰检测技术有限公司, 中国·浙江 台州 318010
2. 浙江辰辉环保工程有限公司, 中国·浙江 台州 318010

摘要: 遥感技术在生态环境监测中具有广泛应用, 通过获取和分析高分辨率、多光谱和高光谱数据, 实现对不同生态系统的精确监测和评估。论文详细探讨了遥感技术在森林、草原、湿地和农业生态系统中的应用, 并分析了其在环境污染和自然灾害监测中的重要作用。论文旨在探讨遥感技术在生态环境监测中的应用与发展前景。

关键词: 生态环境监测; 遥感技术; 应用

Research on the Application of Remote Sensing Technology in Ecological Environment Monitoring

Fengwei Ge¹ Song Tao² Fenfen Cai¹

1. Zhejiang Xintai Testing Technology Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang, 318010, China
2. Zhejiang Chenhui Environmental Protection Engineering Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang, 318010, China

Abstract: Remote sensing technology has been widely used in ecological environment monitoring, by acquiring and analyzing high-resolution, multispectral and hyperspectral data, accurate monitoring and evaluation of different ecosystems can be realized. This paper discusses in detail the application of remote sensing technology in forest, grassland, wetland and agricultural ecosystem, and analyzes its important role in environmental pollution and natural disaster monitoring. The purpose of this paper is to discuss the application and development prospect of remote sensing technology in ecological environment monitoring.

Keywords: ecological environment monitoring; remote sensing technology; application

1 引言

生态环境监测是保障环境健康和实现可持续发展的关键手段。随着人类活动和气候变化对生态环境的影响日益加剧, 传统监测方法已难以满足大范围、实时监测的需求。遥感技术因其大尺度、实时性和高效性, 逐渐成为生态环境监测的重要工具。

2 遥感技术的定义与基本原理

遥感技术 (Remote Sensing Technology) 是指通过传感器从远距离获取地球表面及其大气层信息的一种科学技术。其基本原理包括电磁波的辐射、传播、反射、散射和吸收等过程。遥感传感器安装在卫星、飞机或无人机上, 通过接收和记录目标物体反射或发射的电磁波信息, 生成影像或光谱数据。遥感技术的核心在于利用不同物质对不同波段电磁波的独特反射和吸收特性, 通过分析遥感数据中的光谱信息, 能够识别和区分地表物质、监测环境变化和获取地表覆盖信息。遥感技术分为主动遥感和被动遥感, 主动遥感如雷达遥感通过向目标物发射电磁波并接收其反射信号来获取信息; 被动遥感如光学遥感则通过探测目标物发出的自然辐射或反射的太阳辐射来获取信息。遥感技术广泛应用于资源调查、环境监测、灾害评估和土地利用等领域, 其优点在于能够大范围、连续、实时地获取地球表面信息, 为生态环境监测和科学研究提供重要的数据支持和技术手段^[1]。

3 遥感技术在生态环境监测中的应用

3.1 生态系统类型监测

3.1.1 森林生态系统

遥感技术在森林生态系统监测中具有重要作用, 通过高空间分辨率、多光谱和高光谱遥感数据, 可以精确测量森林覆盖面积、植被类型和生物量等关键参数。利用光谱分析技术, 可以区分不同树种、估算树冠密度及监测森林健康状况。例如, 通过归一化植被指数 (NDVI) 和增强植被指数 (EVI), 可以评估森林的植被覆盖和生长状况。合成孔径雷达 (SAR) 数据在森林生态系统监测中也具有独特优势, 可穿透云层和植被层, 获取地形和树高等三维结构信息, 进而估算森林生物量。根据全球森林资源评估报告, 全球森林面积每年减少约 0.13%, 遥感技术能够提供及时、准确的监测数据, 帮助科学家和政策制定者制定有效的保护和管理策略。此外, 遥感数据还可以用于监测森林火灾、虫害等自然灾害的影响, 评估灾后恢复情况, 为森林生态系统的保护和可持续管理提供强有力的技术支持。

3.1.2 草原生态系统

草原生态系统的监测是生态环境研究中的重要内容, 遥感技术通过获取草地的光谱信息和地表覆盖变化, 能够有效评估草原健康状况和生产力。利用多时相遥感数据, 可以动态监测草原的季节性变化和长时间尺度的生态演变过程。

例如, 通过计算归一化差值植被指数 (NDVI), 可以反映草原的生物量和植被覆盖度, 并分析其年际变化趋势。高光谱遥感技术则能提供更精细的光谱信息, 帮助区分不同类型的草地和识别植被种类。研究表明, 草原生态系统在全球气候变化和人类活动影响下, 正面临严重的退化问题。遥感技术能够实时监测草原退化情况, 评估其恢复效果, 并指导草地资源的合理利用和管理。此外, 微波遥感技术可以通过测量土壤湿度、地表温度等参数, 进一步了解草原生态系统的水分状况和能量平衡, 为草原保护和恢复提供科学依据。

3.1.3 湿地生态系统

湿地生态系统在全球生态环境中具有重要地位, 作为生物多样性热点和碳汇的重要组成部分, 湿地监测是遥感技术的重要应用领域。通过多光谱和高光谱遥感影像, 可以精确区分湿地类型, 如沼泽地、泥炭地和盐沼等。归一化水体指数 (NDWI) 和增强型水体指数 (MNDWI) 是常用的遥感指标, 用于识别和监测水体面积变化。湿地植被的健康状况和覆盖度可通过植被指数 (如 NDVI 和 EVI) 进行评估。合成孔径雷达 (SAR) 技术则提供了在云层覆盖和夜间条件下的监测能力, 通过反向散射系数分析湿地的水文动态和植被结构。此外, 利用遥感数据进行湿地碳储量估算和温室气体排放监测, 对于全球气候变化研究具有重要意义。例如, 研究表明, 湿地在全球碳循环中发挥着重要作用, 湿地丧失每年导致约 0.83 亿吨二氧化碳排放^[2]。

3.1.4 农业生态系统

农业生态系统监测是遥感技术的重要应用领域, 通过高分辨率、多光谱和高光谱遥感数据, 能够实现农作物种植面积、长势、健康状况及产量的精确监测。利用光谱分析和植被指数 (如 NDVI、EVI), 可以评估作物生长状况、预测产量并检测病虫害和水分胁迫。遥感技术能够提供大面积、时效性强的农业监测数据, 为精准农业管理提供支持。例如, 利用无人机遥感, 可以在田间细尺度上监测作物健康状况, 指导精准施肥和灌溉, 提高农业生产效率和资源利用率。研究表明, 利用遥感技术进行作物监测, 可使农业生产效率提高 20% 以上, 并有效减少化肥和农药的使用量, 降低环境污染。此外, 微波遥感可以用于土壤湿度监测, 通过测量地表和根区土壤含水量, 指导农田灌溉管理, 优化水资源利用。

3.2 环境污染监测

3.2.1 水污染监测

遥感技术在水污染监测中具有显著优势, 通过多光谱和高光谱传感器, 能够获取水体的光谱反射特性, 从而监测水质参数如悬浮物浓度、叶绿素含量和溶解有机物。水体污染的光谱特征通常表现在特定波段的吸收和反射变化上, 如叶绿素 a 在蓝绿光区有明显的吸收峰, 通过分析这些光谱特征, 可以有效评估藻华现象的发生和发展。归一化差异水体指数 (NDWI) 和改进后的归一化差异水体指数 (MNDWI)

常用于识别和监测水体面积变化和水质变化。研究表明, 利用遥感技术监测湖泊和河流的水质, 能够在尺度上实现对污染源和污染扩散的及时监控。例如, 利用 Landsat 影像数据对长江流域进行监测, 发现污染物浓度高的区域其光谱反射率显著降低, 为污染治理提供了科学依据。此外, 合成孔径雷达 (SAR) 技术可以在不同气象条件下对水体进行监测, 通过微波反向散射特性识别油污和悬浮颗粒物, 增强了水污染监测的时效性和准确性。

3.2.2 大气污染监测

大气污染监测是遥感技术的又一重要应用领域, 通过卫星和航空平台上的多光谱和高光谱传感器, 能够实时获取大气中污染物的分布和浓度信息。遥感技术能够监测气溶胶、二氧化氮 (NO_2)、二氧化硫 (SO_2) 和臭氧 (O_3) 等主要污染物的浓度。例如, 利用 MODIS 传感器可以监测大气气溶胶光学厚度 (AOD), 通过反演算法估算 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度, 从而评估空气质量。研究表明, 利用卫星遥感数据监测的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与地面监测站数据具有良好的一致性, 为大气污染防治提供了重要数据支持。臭氧监测仪 (OMI) 则可以精确测量 NO_2 和 SO_2 的垂直柱浓度分布, 帮助识别污染源和评估污染扩散趋势。此外, 激光雷达 (LIDAR) 技术通过测量大气散射和吸收特性, 可以对污染物的垂直分布进行高精度监测, 为大气污染立体监测和治理提供重要技术手段^[3]。

3.2.3 土壤污染监测

土壤污染监测是环境保护的重要内容, 遥感技术通过获取地表和地下的光谱信息, 能够有效评估土壤污染状况。高光谱遥感技术可以提供细致的光谱数据, 通过分析土壤反射光谱特征, 识别和定量评估土壤中的重金属污染、有机污染物和盐渍化程度。例如, 某些重金属污染物在特定光谱波段有独特的吸收特性, 可以通过反演算法提取其浓度分布。研究表明, 利用高光谱遥感技术监测土壤中重金属如铅 (Pb)、镉 (Cd) 和砷 (As) 的污染, 可以实现较高的精度, 为土壤修复提供科学依据。合成孔径雷达 (SAR) 技术通过测量土壤的电磁反射特性, 可以识别土壤结构变化和含水量, 从而评估土壤的物理状态和污染程度。此外, 热红外遥感技术可以通过测量地表温度异常, 间接反映地下污染物的存在和分布。遥感技术在土壤污染监测中的应用, 为污染源定位、污染程度评估和修复效果监测提供了高效、便捷的技术手段, 助力土壤环境保护和可持续农业发展。

3.3 生物多样性监测

3.3.1 物种分布与变化监测

遥感技术在物种分布与变化监测中发挥着重要作用, 通过获取大范围的高分辨率影像, 可以精确记录物种分布和变化情况。多光谱和高光谱遥感技术能够识别不同物种的光谱特征, 进而区分不同植被类型和野生动物栖息地。例如, 通过归一化植被指数 (NDVI) 和增强型植被指数 (EVI),

可以监测植被的覆盖度和健康状况,从而推测栖息地适宜性和物种分布。研究表明,利用遥感数据可以有效监测濒危物种的分布变化,如亚马逊雨林中某些濒危鸟类的栖息地通过高分辨率遥感影像被成功识别和保护。此外,遥感技术还可以通过分析时间序列数据,监测物种分布的动态变化,如季节性迁徙和繁殖行为的变化。全球生物多样性监测网络(GEO BON)利用遥感技术,构建了全球物种分布数据库,为保护生物多样性提供了重要数据支持和科学依据。

3.3.2 栖息地变化监测

栖息地变化监测是生物多样性保护的关键,通过遥感技术可以全面、准确地评估栖息地的动态变化。高分辨率遥感影像能够详细记录地表植被类型和覆盖度的变化,识别栖息地破碎化和退化情况。例如,利用多时相卫星影像可以监测亚热带森林栖息地在过去几十年中的变化,分析森林砍伐、农业扩展和城市化对栖息地的影响。研究显示,通过遥感技术监测非洲大草原的栖息地变化,发现由于人类活动和气候变化,栖息地破碎化显著增加,威胁到了多种大型哺乳动物的生存。合成孔径雷达(SAR)技术在监测湿地和沿海栖息地变化中具有独特优势,通过分析微波散射特性,可以评估湿地植被和地形的细微变化。遥感技术还可以通过测量土壤湿度和植被指数,评估栖息地的生态健康状况,为栖息地恢复和管理提供科学依据。例如,利用热红外遥感技术监测干旱地区的栖息地水分状况,可以指导生态恢复工程的实施^[4]。

3.4 自然灾害监测

3.4.1 洪涝灾害监测

遥感技术在洪涝灾害监测中具有重要作用,通过卫星影像和合成孔径雷达(SAR)技术,可以实时、准确地监测洪水的发生、发展和退却过程。多光谱和高光谱遥感数据能够提供水体的空间分布信息,通过归一化差异水体指数(NDWI)和改进后的归一化差异水体指数(MNDWI),可以识别洪水淹没区,评估受灾面积。例如,Landsat 卫星影像在 2019 年印度洪灾中被广泛应用,通过分析洪水前后的影像数据,快速评估了洪水的扩散范围和受灾情况。合成孔径雷达(SAR)技术能够穿透云层和雨幕,在任何天气条件下进行监测,特别适用于洪灾期间的应急监测。通过微波反向散射系数的变化,可以准确识别水体和湿地区域,分析洪水的动态变化。此外,热红外遥感技术可以通过测量地表温度异常,监测洪水对地表热环境的影响。遥感技术在洪涝

灾害监测中的应用,为防灾减灾和灾后恢复提供了重要数据支持,提高了洪涝灾害的预测预警和应急响应能力。

3.4.2 干旱灾害监测

遥感技术在干旱灾害监测中具有显著优势,通过多光谱、高光谱和热红外遥感数据,可以精确评估土壤湿度、植被健康状况和水资源分布,提供干旱预警和监测服务。归一化植被指数(NDVI)和增强型植被指数(EVI)是常用的遥感指标,通过分析植被覆盖和健康状况,可以评估干旱对农业和生态系统的影响。研究表明,利用遥感技术监测非洲萨赫勒地区的干旱情况,通过 NDVI 时序分析发现,植被覆盖度显著下降,反映了严重的干旱问题。热红外遥感技术可以通过地表温度的空间分布,评估地表蒸散发强度和土壤水分状况,进一步了解干旱的程度和范围。例如,利用 MODIS 数据进行全球干旱监测,通过地表温度和植被指数的综合分析,提供了全球干旱事件的实时监测和预警。合成孔径雷达(SAR)技术在干旱监测中也具有重要应用,通过测量土壤的微波散射特性,可以评估土壤湿度变化,提供高精度的土壤含水量信息。

4 结语

总而言之,遥感技术在生态环境监测中发挥了不可替代的重要作用,通过精确的数据获取和分析,实现了对森林、草原、湿地、农业等生态系统的全面监测。此外,遥感技术在环境污染和自然灾害监测中也展现了显著优势,为及时应对和科学管理提供了有力支持。随着技术的不断进步,遥感技术将在生态环境保护和可持续发展中继续发挥重要作用,为构建和谐生态环境提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 张鑫.遥感技术在生态环境监测中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2021,2(24):78-80.
- [2] 陈向进.遥感技术在生态环境监测中的应用[J].电子世界,2021(18):146-147.
- [3] 李明,王延华.基于遥感技术的生态环境监测与保护应用研究[J].清洗世界,2021,37(8):46-47+50.
- [4] 曾丽蓉.浅谈遥感技术在生态环境监测中的应用[J].皮革制作与环保科技,2021,2(15):44-45.

作者简介:葛峰卫(1988-),男,中国浙江台州人,工程师,从事环境监测与治理研究。