

遥感技术在土地调查与监测中的应用与实践

郭猛¹ 李万明²

1. 山东建勘集团有限公司; 2. 菏泽市政工程设计研究院有限责任公司

摘要: 本文综述了遥感技术在土地调查与监测领域的应用及其实践创新。对土地调查与监测工作进行了概述, 阐明了其重要性和面临的挑战。详细介绍了遥感技术在土地利用变化检测、土壤类型与肥力评估、植被覆盖与生态状况分析、城乡规划与土地管理、以及土地退化与沙漠化监测等方面的具体应用。文中还探讨了遥感技术在农作物与林地资源监控、城市扩张分析、气候变化长期影响监测等领域的最新创新实践。通过分析现有文献和案例研究, 揭示了遥感技术为有效管理和保护土地资源提供的巨大潜力。

关键词: 遥感技术; 土地调查; 土地监测; 土地覆盖变化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.120

一、引言

土地作为人类赖以生存和发展的基础资源, 其科学管理和有效保护对于实现可持续发展至关重要。随着人口增长和经济活动的不断扩张, 土地资源正面临前所未有的压力, 这就迫切需要对土地资源进行精确的调查和监测。遥感技术作为一种高效的土地观测手段, 提供了从宏观到微观尺度上连续、时效性强的土地信息, 成为现代土地资源管理的重要工具。

二、土地调查与监测概述

土地调查与监测是国家土地资源管理的重要组成部分, 它包括了对土地资源现状、利用类型、生产潜力及变化趋势等多方面的调查评估和长期跟踪观测。这一过程不仅涉及土地使用者的权益, 更关系到土地资源的合理配置和可持续发展^[1]。随着科技的进步, 遥感技术已成为现代土地调查与监测的核心工具, 其高效率的信息采集、迅速广覆盖的特性和强大的数据处理能力使得土地资源的动态变化能被准确捕捉并实时更新。

在应用层面, 利用遥感技术进行土地调查与监测, 主要依托于各个波段对地表物质的不同响应特点进行分类解译。例如, 较长波段的红外线可用于植被覆盖度的分析; 而微波遥感因其穿透能力强, 常被利用于监测土壤湿度。当前, 遥感平台多样化, 从卫星到无人机各具优势, 像Landsat、MODIS这类卫星遥感系统因其时间序列数据丰富、更新周期短, 被广泛用于监测土地利用变化; 而无人机则因其空间分辨率高, 适合进行小范围精细化研究。结合强大的算法, 如物候特征分析、地表反射率计算等, 遥感技术可以高效识别和量化土地利用类型及其变化, 支撑对土地资源状态的决策。

遥感技术在土地调查与监测中, 还需要融合地理信

息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)及现场调查数据等多源信息, 构建起一个更加全面、精确的土地资源数据库。这种多维数据集成方法, 加强了数据在空间尺度和时间序列上的连贯性, 提供了更为深入的分析视角。由此导出的空间分布格局、时空动态变化以及预测模型都是精准土地管理不可或缺的科学依据。

三、遥感技术在土地调查中的应用

(一) 土地覆盖与利用变化检测

土地覆盖与利用变化检测是遥感技术在土地调查领域的核心应用之一, 它攸关土地资源管理、环境保护和规划决策。遥感技术以其能够提供连续、动态、大尺度的地表信息, 已经成为土地变化监测的有力工具。通过对不同时期获取的遥感影像进行比较分析, 可以有效揭示出土地覆盖类型及利用方式的转变。这种方法通常需要选取具有代表性的时间节点的卫星影像数据, 通过对这些影像的光谱特性进行精确分类—如森林、草地、水体、建设用地等—从而建立土地覆盖的基础数据库。进而, 利用像素或对象级别的比较方法, 例如后分类比较、影像差异分析、趋势分析等手段, 分析这些类别在不同时间点的变动情况, 识别人类活动或自然因素导致的土地覆盖和土地利用的变化。

随着遥感技术的发展, 更加高级的定量变化检测方法被开发和应用。例如, 多时序遥感数据可以应用于时间序列分析, 这涉及统计学上的断点检测、变化点分析等高级技术, 可以更为准确地识别土地覆盖变化的时间节点。同时, 集成机器学习算法, 如支持向量机(SVM)、随机森林(RF)和深度学习方法, 对遥感数据进行分析, 提高土地覆盖分类和变化监测的准确度。遥感技术还可以与地面观测和社会经济数据相结合, 形成更为综合的土地变化监测系统。通过这种多维度、多角度的分析, 能够揭示土地变化背后的复杂机制, 并对土地资源的未来趋势提供预测, 帮助政府和决策者制订更为科学合理的土地资源管理政策。

(二) 土壤类型与肥力评估

在土壤类型和肥力评估方面, 遥感技术为获取广域的土壤信息提供了高效的解决方案。通过分析特定波段的反射率, 遥感技术能辨识不同的土壤特性, 如纹理、结构、颜色和湿度等。比如, 土壤有机质含量对于近红外波段的吸收具有较强的敏感性, 而铁质矿物的含量则会影响到中红外波段的反射特征。使用这些光谱信息, 结合统计学方法和机器学习技术, 可以对土壤类型进行精确分类并评估其肥力水平。此外, 遥感数据的时序分析还能够揭示土壤特性随时间的动态变化, 必要时结合气

候、植被等数据，为农业生产提供更高层次的土壤质量监测。

创新的遥感技术，如高光谱遥感，提供了更丰富的光谱细节，这对于识别土壤组成和肥力状态至关重要。例如，利用高光谱数据，研究人员可以识别特定的土壤矿物，并对微量营养素进行监测。类似地，热红外波段的数据可以反映土壤水分状态，对于干旱监测和灌溉需求分析具有重要价值。集成多源数据和先进的分析模型，通过遥感手段进行土壤肥力评估已经成为现代农业管理的一个重要趋势，它不仅优化了资源分配，也促进了可持续农业的实践，具有强大的应用前景和实际意义。

（三）植被覆盖与生态状况分析

植被覆盖与生态状况分析是遥感技术在土地调查中的一项重要应用，它能够为生态保护和管理提供宏观而准确的数据支持。这方面的分析往往依赖于多时间序列的遥感影像，通过光谱特征的差异来识别并监测植被类型，评估生长状况和健康程度^[2]。例如，Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) 是常用的一种植被指数，可通过红光和近红外波段的反射率计算得出，它能有效指示植被覆盖范围及其光合作用的活性。此外，更为精细的光谱指数如Enhanced Vegetation Index (EVI) 或Leaf Area Index (LAI) 等，可以提供更深入的植被生态信息。

不仅如此，采用遥感技术进行生态状态的连续监测，还可以辅助识别环境压力响应，如干旱、病虫害、土地退化等对植被的影响。基于高时空分辨率影像数据的时序分析，可以追踪植被动态变化，捕捉季节性生长规律及异常变化信号。统括地说，这些分析工具对于构建全面的植被生态模型至关重要，能为自然保护区设立、环境影响评估与林业管理策略的制定提供科学依据，呈现出遥感技术在维护地球生态系统平衡方面的强大潜力与实际应用价值。

（四）城乡规划与土地管理

在城乡规划与土地管理方面，遥感技术展现出了其强大的空间信息获取能力。它为城市扩张、基础设施建设、景观格局演变等方面提供了及时、客观、准确的数据支撑。具体而言，利用多时相的卫星影像可以监视城市边界的动态变化，揭示出建筑物的扩展、绿地的缩减、交通网络的演进和土地利用的转型。这种监视不仅反映了实际发生的土地被覆盖情况，还能够评估城乡规划的实施效果，对于指导合理的城市发展和土地再利用具有实质意义。除此之外，将遥感技术与GIS系统整合，能够形成功能强大的空间信息平台。此类平台能够有效存储、查询、分析和显示遥感影像与土地利用数据，从而有助于土地政策的制定、城市规划的布局以及土地权属的核查等关键任务。随着遥感技术的不断发展，其空间分辨率不断提高，时间分辨率日益精细，尤

其是在卫星图像实时性方面取得重大突破，这使得城乡规划师与土地管理者可以根据准实时数据快速应对各种土地资源问题，提升土地管理科学化、精准化水平，以适应快速变化的社会需求和环境挑战。

（五）土地退化与沙漠化监测

土地退化和沙漠化是当前全球面临的重大生态和环境问题，遥感技术在这一领域的应用为监测和评估提供了可行的手段^[3]。利用多时相遥感影像资料，可以监控到植被盖度下降、土壤侵蚀加剧以及荒漠化蔓延等变化情况。例如，通过定量的遥感指标如植被指数 (NDVI)、土壤调节植被指数 (SAVI) 等，能够对不同时间点的地表植被健康状况进行评估，从而准确揭示退化趋势和沙漠化进程。同时，通过结合土壤水分、气候数据等其他环境因素，可以全面掌握土地退化与沙漠化的成因和驱动机制，更有效地制定防治措施。

此外，微波遥感由于其穿透云雾的能力，提供了不受天气条件限制的土地监测手段。它在土壤水分监测、植被结构分析和地形变化评估方面具有独特优势。通过对长时间序列的遥感数据进行深入分析，并结合专业知识，可以创造性地开发出更为复杂的指数和模型，如微波植被指数 (MVIS) 和退化指标 (DI)，为土地退化状态的长期监测提供更加稳健的科学依据。明确识别退化热点区域和沙漠化前沿线，对于指导生态恢复工作和土地管理政策制定至关重要，遥感技术正逐渐成为这一努力中不可或缺的工具。

四、遥感技术在土地监测实践中的创新

（一）农作物与林地资源的监控和管理

遥感技术在农作物与林地资源监控和管理中的创新应用，正成为全球农业和林业发展的重要推动力。这一技术能够量化地监测植被生长状况、土壤湿度以及作物的生理参数，辅助执行更精确的农田管理和林业资源保护政策。高光谱遥感技术在捕捉作物生长微妙差异方面表现尤为突出，其细腻的光谱分辨力能够反映不同农作物生长阶段的光合作用效率和水分利用情况^[4]。例如，通过特定波段的吸收特性分析，能够识别不健康的作物状态，如缺水、营养不足或病虫害影响，并及时调整灌溉及施肥计划。

合成孔径雷达 (SAR) 遥感技术在覆盖茂密的林地资源监督领域展现了极佳的透视能力。SAR波能够穿透云层和一定厚度的植被盖层，反映林下地表信息。这种能力对于雨季或多云区域的林业管理至关重要，它保证了在恶劣天气条件下仍能稳定地收集到森林结构、生物量和干扰情况等关键信息，从而制定出更加全面和及时的林地保护措施。此外，通过长时间序列的SAR数据分析，可以有效追踪森林退化进程和非法伐木活动，助力全球森林保护项目。

当前，结合人工智能与机器学习算法的遥感数据处理技术正逐步兴起，大大提升了遥感数据的处理效率和

分析精度。卫星遥感影像与地面监测数据相融合，并通过深度学习模型提取有价值的信息，可用于预测作物产量、检测作物病变，并指导精准农业的实施。随着这些先进技术的深入应用，农作物与林地资源的管理正在向着更为智能化、精细化和可持续发展的路径迈进，这不仅增加了农林产品的经济价值，还有助于保护和改善全球生态环境。

（二）城市扩张与土地覆盖变化分析

城市扩张与土地覆盖变化是遥感应用在现代城市规划和管理中的重点领域，其分析对于理解城市化进程及其对自然和半自然环境的影响具有重要意义。利用遥感数据，尤其是时序卫星图像，研究人员可以监测和量化过去几十年间的城市扩张范围、速率以及模式^[5]。在城市扩张动态中，遥感技术与地理信息系统（GIS）的整合发挥了至关重要的作用。通过GIS，高分辨率的遥感数据可以与城市社会经济数据相结合，实现多维度分析，提供关于城市土地使用效率和可持续性的深入洞察。这些分析帮助政策制定者和城市规划师解决城市热岛效应、生物多样性损失和生态服务价值下降等问题，并制定相应的环境保护措施。此外，通过对不同时间窗口下遥感数据的比较研究，研究人员能够辨认出土地覆盖变化的驱动因素，如人口增长、经济发展和土地政策变化等；这对于预测未来的城市扩展趋势和制定主动的城市管理政策均有着重要贡献。

随着遥感技术的不断进步，尤其是在时间分辨率上的突破，城市扩张与土地覆盖变化的监测已经趋向高频率且近实时的监控。如今，借助于遥感云计算和大数据平台，研究人员能够更迅速地处理大量遥感数据，并采用精密的时空数据分析方法捕获更为细致的城市土地覆盖变化影响。而在这一过程中运用到的机器学习和人工智能技术也使得土地变化的自动检测和分类更为精准，有效地提高了城市规划与土地管理决策支持的科学性和实时性。这些创新不仅加强了对城市环境变化的理解和管理，同时也为城市可持续发展目标的实现提供了强有力的技术支撑。

（三）气候变化对土地资源的长期影响监测

气候变化对土地资源的长期影响监测是一项复杂而至关重要的工作，它要求跨越时间的长距离监视和分析土地资源的变化。使用遥感技术进行监测可以动态地捕捉到温度升高、降水模式改变及极端气候事件对植被覆盖、土壤湿度和农业生产区域等方面的长期影响。地表温度（LST）、植被指数（如NDVI）及水文周期性模式等关键指标，都能通过具有红外和近红外波段的卫星传感器来提取，并通过长时间连续的数据集建立气候-土地互动模型。

这种模型把陆地生态系统视为一个动态的网络，在

此基础上，可以观察到诸如植被迁移、森林边界变化以及土地荒漠化等过程，它们都是由气候变化引发的直接或间接效应^[6]。这些长期数据集不仅揭示了全球或区域气候变化趋势，而且还映射出生态环境对这些变化的反应。例如，有研究通过长期的遥感监测数据显示，部分区域在经历气候变暖后，植被生长季提前或延长，表明气候条件的微妙变化已经开始影响植被的表现。

另一方面，通过遥感技术还可以监测人类活动对于适应和减缓气候变化对土地资源影响的策略效果。比如，在实施植树造林、湿地恢复这样的生态工程时，利用遥感数据来评估工程前后的土地覆盖和生态服务变化，为进一步完善气候适应策略提供科学依据。随着时间序列遥感数据的日趋丰富和分析技术的不断提高，结合高级统计学方法与人工智能算法，气候变化对土地资源长期影响的监测正在朝着更加自动化、精确化的方向发展，大幅提升了对未来气候变化趋势预测的可靠性和对执行气候行动计划的支持能力。这些技术创新为全球气候治理提供了强大的数据支撑，同时也助力全球应对气候变化挑战，推动了可持续发展目标的实现。

五、结语

随着遥感技术的快速进步，特别是卫星分辨率的提高和多源数据的融合应用，土地调查与监测的精准性和实用性得到显著增强。遥感技术在提供土地资源信息、监测土地利用变化和评估环境状况方面显示出巨大潜力，并已成功应用于农业、林业、城市规划和气候变化影响评估等领域。未来，随着遥感领域不断涌现的创新技术和方法，预期各领域专家将能更好地利用遥感数据来解决全球土地资源的管理和保护问题，促进可持续发展政策的制定和执行。

参考文献

- [1] 蒋新林. 无人机航空遥感技术在土地调查中的应用[J]. 技术与市场, 2023, 30(06): 98-100.
 - [2] 刘红英. 遥感影像技术在土地调查和动态监测中的应用[J]. 农业工程技术, 2023, 43(05): 83-84.
 - [3] 李国华. 无人机航空遥感技术在土地调查中的应用研究[J]. 房地产世界, 2022, (15): 149-151.
 - [4] 张启光. 遥感影像在土地调查和动态监测中的应用研究[J]. 科技资讯, 2022, 20(16): 1-3.
 - [5] 马世斌, 李晓民, 张焜等. 数字遥感技术在土地利用动态监测中的应用分析——以青海省为例[J]. 中国高新科技, 2021, (22): 94-95.
 - [6] 史炜东. 卫星遥感技术在土地资源调查中的应用探讨[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (12): 179-180.
- 作者简介: 郭猛(1983-), 男, 山东省沂水县人, 本科学历, 工程师, 研究方向: 国土测绘, 不动产确权登记。