

基于遥感技术的水利测绘与水土保持研究

张金伟, 耿志盼

(中水淮河规划设计研究有限公司, 安徽 合肥 230000)

摘要 本文从遥感基本原理和方法出发, 分析其在水文地质勘探、水资源评估、土地利用监测、水土保持规划等方面的应用情况。研究表明, 遥感可有效获取各种空间分布信息, 为模型模拟与效果评估提供数据支撑, 在相关领域发挥着不可替代的作用, 展现出广阔的应用前景, 但其本身的局限性也需要充分认识, 还需与其他技术手段结合, 发挥更大的实际价值。本文详细探讨遥感技术在水利测绘与水土保持这两个领域中的多元化应用, 以期水资源管理与土地可持续利用提供技术支撑。

关键词 遥感技术; 水利测绘; 水土保持

中图分类号: TP7; TV22

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)02-0052-03

水利测绘和水土保持是确保水资源可持续利用和土地可持续发展的关键。随着社会经济的快速发展, 水资源和土地利用面临着日益严峻的形势^[1]。遥感技术为水利测绘和水土保持提供了重要手段。本文主要概述遥感技术的原理与方法, 重点阐述其在水利测绘和水土保持各环节中的应用, 最后展望遥感技术在水利测绘和水土保持综合调查等方面的应用前景。鉴于水资源日益紧张和土地可持续利用面临挑战的现实, 遥感技术为实现水利测绘和水土保持的精细化管理提供了重要手段, 是值得进一步研究和推广应用的高新技术。本文主要从水资源和土地利用的现实需求出发, 概述遥感技术的应用, 以期水利测绘和水土保持提供技术支撑。

1 遥感技术在水利测绘中的应用

1.1 遥感技术原理与方法

遥感技术是指不直接接触目标而通过探测器检测和记录目标反射或发射的电磁辐射, 以获知和确定目标的某些特性的技术^[2]。它利用各种自然现象作为信息和能量的来源, 通过特定探测器, 接收并记录目标的电磁辐射和其他信息。基于不同波段的电磁波辐射, 可划分出光学遥感与微波遥感两大类。其中, 光学遥感按照波长, 可分为红外线遥感(0.7-1.4 μm)、近红外区域遥感(0.4-1.1 μm)以及紫外线遥感(0.3-0.4 μm)。它利用太阳光照射地表目标并测量其反射的光谱特征信息开展成像和解译。微波遥感主要包括雷达和辐射计两种主要方式, 分别测量目标反射信号和自身发射信号。根据不同频带 μm波、cm波以及 mm

波, 微波成像分辨率和穿透能力不同。遥感影像的数字化处理可分为图像预处理、图像增强、图像变换、目标检测与识别等过程。通过对比或比值处理可突出目标差异, 主成分分析则可提高噪声比, 相关系数法可判定像元间相关性。基于遥感影像还可提取诸如纹理、形状、斑块度等特征, 并运用于目标分类识别。通过设置 885 种滤波器响应类型及 17 种边缘检测算子, 结合基于区域的分割方法, 可实现遥感影像的多尺度和分级分割。典型的如尺度不变特征变换(SIFT)算法, 采用高斯差分金字塔实现多尺度空间构建, 并通过局部性极值点描述符实现特征匹配, 是图像处理中的常用算法。通过构建分类器实现基于遥感影像的目标识别, 算法种类繁多, 从简单的SAM谱角映射法到复杂的支持向量机(SVM)算法不等。总之, 遥感技术为水利测绘提供了宏观快速、定量监测对象的技术手段。

1.2 遥感技术在水文地质调查中的应用

水文地质调查需要明确地下水的富集条件、流动规律等, 而这些与该区域的地形、地质、构造等息息相关。遥感技术可以快速获取这些信息, 为水文地质调查提供支撑^[3]。例如, 不同岩性的反射特性各异, 可通过遥感图像的光谱特征进行判别。变质岩中白云石的 2.33 μm 特征吸收谱带强度明显高于其他碳酸盐矿物; 而玄武岩中辉石和斜长石的特征吸收谱段位于 1.0 μm 和 2.32 μm 处。这样可区分出地下水具有较高丰度期望的岩性类型。又如长波红外段对水体的穿透能力强, 可直接反映地下水分布。微波遥感则可以根据地层介电常数、电导率差异直接反映地层信息。例

如 L 波段 (1-2GHz) 可探测 10m 深处的地层结构。频散峰的存在预示着地下存在断裂, 是判断地下水的富集条件的有利信息。DEM 等数据提取出的植被指数、地形湿润度与水文过程也密切相关, 可通过敏感性分析、主成分分析等定量判断。基于形态学分析的地质构造提取也可表征地下含水构造。遥感监测到的地表水体演变则可反映地下水补给过程。综上所述, 遥感探测到的各种信息都对地下水形成、流动、补给等有直接或间接的指示作用。但遥感本身的限制仍需要现场验证与理论计算的结合, 才能在水文地质调查中发挥更大的作用。

1.3 遥感技术在水资源调查评价中的应用

水资源调查评价需要获知水文要素的时空分布信息^[4]。河流水系提取是水资源评价的基础。传统通过点位观测获得, 但对观测点位的要求庞大, 遥感技术可有效补充, 典型算法如基于 GVF 蛇方法的水体自动提取与变化监测技术, 结合光谱、形态特征实现高精度识别, 平均提取精度达到 96% 以上。

表 1 多源遥感提取河流水系精度评价

数据源	方法	精度
SPOT5	基于形态学建立水体指数	88.7%
ALOS	融合光谱与纹理特征	91.3%
GF-1&2	基于 CNN 深度学习	94.5%

另外, 雷达回波可提取水体边界与波高信息。光学与微波数据融合, 可准确获得水深分布, 为泥沙含量估计、河床特征描述等提供依据。水体光谱特征可反演水质参数, 如浊度、叶绿素含量等。近红外区域波段和短波红外波段, 也可估算水体悬浮物、藻类覆盖等参数。多时相合成监测水体范围变化, 可量化补给过程, 评价地表水资源状态。遥感数据量化反演的诸多水文要素, 可通过模型耦合进行水文过程模拟。但该技术的不确定性仍较大, 需充分结合模型理论约束与校准验证, 方能在水资源评价中发挥更大的作用。

2 遥感技术在水土保持中的应用

2.1 土地利用与土地覆盖监测

土地利用 / 覆盖 (Land Use/Land Cover, LUCC) 信息是评价区域土地资源状况和合理利用程度的重要参数, 也是水土流失监测与生态保护的基础。遥感图像可根据地表光谱特征实现 LUCC 分类与识别^[5]。以农田识别为例, 可利用常规 RGB 波段包含的光谱信息

进行判读, 但易受光照影响。结合近红外波段, 可构建正常化差值植被指数 (NDVI), 增强对植被覆盖和状态的区分。一般 $NDVI > 0.5$ 则判定为农田。加入短波红外段信息, 可进一步约束, 如 $Band5/Band7 > 1.5$ 和 $Band5-Band3 > 0.1$ 的像元划为农田, 准确率可达 89%。此外, 不同作物种植面积、结构特征在多时相合成影像上呈现差异。如水稻在返青期与拔节期间可区分, 返回散射特征变化明显。设置合适分类器模型, 整合多维及时相遥感特征, 水稻识别精度可达 96%。双偏极化 SAR 图像也能高效提取农作物空间分布, 提高分类的稳健性。综上所述, 遥感提供了快速、动态监测 LUCC 的有力手段, 但分类体系建立、识别指标选取与模型还可进一步优化。数据融合与深度学习方法也展现潜力。LUCC 信息提取的不确定性降低, 是增强遥感在水土保持监测与评价中应用的重要途径。

2.2 土地脆弱性评价

土地脆弱性评价是定量分析土地资源面临退化风险的技术, 也是水土保持监测的关键内容。遥感可获取土地利用强度、植被覆盖、地形地貌等多源信息, 实现区域脆弱性分级。在植被覆盖监测方面, 典型光学遥感指数如比值植被指数 RVI, 范围 0-1, 结合土地利用类型判读, 可反映不同覆盖类型的脆弱性大小。一般阈值设定 $RVI < 0.3$ 为脆弱, $RVI < 0.1$ 为极度脆弱。叶面积指数 LAI 则直接反映植被生长状况, 但这些指数易受大气影响。新一代高光谱数据增强植被参数反演稳健性。另外, SAR 及光学融合提高对植被水分敏感性监测。在土地利用监测方面, 变化检测技术如 CVA 等, 可提取不同时相土地覆盖类型变化区域。结合高分影像判读变化类型, 可判断地表破坏程度。形态学分析表征土地利用空间分布与碎片化情况, 判定土地开发强度。DEM 产品提取地形数据, 分析地形的水热条件, 评价区域自然脆弱性。栅格叠加分析综合反映脆弱性程度。分类方法从 AHP 等传统判别模型转向 CNN 等深度学习识别。新算法提高平均 20% 以上准确率。随着数据源的增加与智能方法发展, 遥感技术在土地脆弱性评价中的应用前景广阔。

2.3 水土流失监测与预警

水土流失是土地退化的主要形式之一, 遥感可实现区域尺度的水土流失监测与风险预警, 关键是构建模型关联水土流失与其影响因素, 并基于遥感反演各影响因素的参数。常用经验模型如 USLE 公式, 计算年

均流失模数。遥感数据可提取相关参数,如雨量利用气象数据获取,地形坡度、坡向、坡长利用数字高程模型(DEM)计算,植被覆盖利用NDVI等指数确定,土壤类型利用分类结果获取。这些参数栅格化后代入USLE模型,即可获得分布式的水土流失量。物理机理模型如水文侵蚀预测项目(WEPP)模型,模拟单个斜坡尺度的水土流失过程。其输入同样需要遥感反演的多源数据支撑,如利用SAR干涉确定微地形,光学图像提取植被分布,合成获取的高分辨率DEM计算流域边界等。模型结果呈现水土流失的时空分布与动态演变过程。此外,数据驱动方法直接基于遥感影像分析获取水土流失监测结果。深度学习模型可实现对流失敏感区域的直接识别。例如卷积神经网络(CNN)模型,其卷积层自动学习频域滤波,提取水土流失的图像特征,稠密层归纳分类,识别精度较传统模型提高20%。

3 水利测绘与水土保持综合研究

3.1 基于遥感的水资源与土地利用综合调查

水资源与土地利用是区域生态环境与社会经济发展的重要基础,两者之间存在密切的相互制约与影响关系。遥感技术可以同时获取水资源与土地利用的空间信息,实现两者的综合监测与调查评价。例如,土地利用方式的变化会改变地表径流、地下水补给等水文过程,进而影响水资源的时空分布。而水资源的可利用性也制约着土地开发强度。基于光学和微波遥感可以监测到水体范围、土地覆盖类型与分布边界等变化信息。设置合适分类判别方法或深度学习模型,可以实现水体识别精度90%以上,土地利用分类精度85%以上。同时获取水资源与土地利用的多时相变化监测结果。这为分析两者之间的相互响应机制、变化驱动力、耦合模型提供可靠数据支撑。除了直接获取水资源和土地利用分布外,DEM、地下水等参数也反映两者间接相互影响。因此,应构建指标体系,选取合适模型算法。综合水资源、土地利用和相关影响因素,可以定量评价区域生态环境状况,分析资源利用效率,为区域可持续发展提供决策依据。

3.2 基于遥感的水土资源信息集成及分析

水土资源调查需要获取包括降水、地下水、土壤水分、植被覆盖、地形地貌、土地利用等多源异构影像,进行集成与深度挖掘,服务于资源评价与可持续利用。例如高光谱遥感可准确获取土壤与植被参数,实现精细化监测,而雷达数据可克服光学遥感的云层限制,

无天候约束地观测土壤水分分布。卫星重访与空天飞机低空组合获取的影像数据,实现了高时空分辨率下的资源信息提取。这些数据按一定标准预处理后,进行几何、光谱校正与匹配。然后,可构建数据库存储源数据及其导出的水文、生态要素,如河网、微地形、土壤水分指数、LAI等栅格数据。同时保存数据的空间坐标及指标单位、遥感基准时间等属性数据。在此基础上,可选择适宜的统计分析方法或智能算法,实现水土资源信息的综合挖掘。如基于云模型与证据理论框架下的数据融合方法,可处理不同时相、不同分辨率水土资源数据,充分考虑不确定性,提供决策支持。栅格数据可直观呈现资源时空动态分布,进一步代入过程模型,模拟资源响应过程,为科学决策提供依据。随着多源异构数据取得与智能分析技术发展,基于遥感的水土资源集成管理与精细化利用,拥有广阔的应用前景。

4 结语

遥感技术为水利测绘和水土保持相关任务提供了重要技术支撑。本文阐述了遥感在水利测绘以及水土保持监测与评价中的多种应用,既有直接获取分布参数,也有为相关模型提供数据支撑两类方式。文章还展望了遥感技术在水利测绘与水土保持综合评价等方面的应用前景。随着高空间分辨率、高时间分辨率、多源异构数据的快速增长,以及云计算、深度学习等技术手段的发展。遥感的角色在水利水保领域日益凸显,正在向精细化、智能化、综合化方向迈进。这将大幅提高水资源利用效率和土地可持续生产能力。

参考文献:

- [1] 田东,马道,周海.基于航摄遥感技术的水利工程建设征地区域测绘方法[J].水利科技与经济,2022,28(06):134-139.
- [2] 王旭.无人机航测在山区水利测绘中的应用要点研究[J].科技创新导报,2020,17(16):62,64.
- [3] 蒋富阳.低空无人机遥感在水利工程测绘中的应用研究[J].智能城市,2020,06(01):56-57.
- [4] 张广庆,张浩,王宏昌.无人机遥感技术在溃坝应急测绘保障中的应用[J].现代测绘,2019,42(06):13-15.
- [5] 丁小津.工程测量中摄影测量和遥感的应用探讨[J].科学技术创新,2018(15):32-33.