

基于多源遥感水环境参数的模拟与应用进展

杨 莲¹, 杨 梅¹, 杨云云²

(1. 湖南省岳阳生态环境监测中心, 湖南 岳阳 414000;
2. 湖南亿科检测有限公司, 湖南 岳阳 414000)

摘要: 水是地球上最重要的资源之一, 对于人类社会和生态系统的可持续发展至关重要。然而, 由于人类活动和气候变化等原因, 水环境面临着越来越大的压力和挑战。为了更好地理解和监测水环境状况, 需要准确且全面的水环境参数信息。传统的水环境参数获取方法存在一些局限性, 如成本高、时空分辨率低以及难以实现实时监测等。而遥感技术作为一种无接触和覆盖广的数据获取方式, 能够提供丰富的水环境参数信息, 并且具有高时空分辨率、可持续监测等优势。因此, 基于遥感数据进行水环境参数模拟与应用成为研究的热点领域。本文旨在探讨该领域的最新进展, 并提出一种基于多源遥感数据的水环境参数模拟和应用方法, 同时, 还将探讨该领域未来的发展趋势。

关键词: 遥感技术; 多源遥感数据; 水环境参数; 模拟; 应用

中图分类号: TS5 **文献标志码:** A **DOI:** 10.20025/j.cnki.CN10-1679.2023-21-28

Simulation and Application Progress of Water Environment Parameters Based on Multi source Remote Sensing

Yang Lian¹, Yang Mei¹, Yang Yunyun²

(1. Hunan Yueyang Ecological Environment Monitoring Center, Yueyang 414000, China;
2. Hunan Yike Testing Co., Ltd., Yueyang 414000, China)

Abstract: Water is one of the most important resources on Earth and is crucial for the sustainable development of human society and ecosystems. However, due to human activities and climate change, the water environment is facing increasing pressure and challenges. In order to better understand and monitor the condition of the water environment, accurate and comprehensive information on water environment parameters is needed. Traditional methods for obtaining water environmental parameters have some limitations, such as high cost, low spatiotemporal resolution, and difficulty in achieving real-time monitoring. Remote sensing technology, as a non-contact and widely covered data acquisition method, can provide rich information on water environmental parameters, and has advantages such as high spatiotemporal resolution and sustainable monitoring. Therefore, simulating and applying water environmental parameters based on remote sensing data has become a hot research field. This article aims to explore the latest developments in this field and propose a simulation and application method for water environment parameters based on multi-source remote sensing data. At the same time, it will also explore the future development trends in this field.

Key words: remote sensing technology; multi source remote sensing data; water environmental parameters; simulation; application

引 言

近年来, 随着遥感技术的不断发展和创新, 基于多源遥感水环境参数的模拟与应用成了水资源管理和环境保护领域的重要研究方向。这种基于遥感的方法具有广阔的应用前景, 在水环境监测、灾害预警、水资源管理等方面起到了重要作用。

1 多源遥感数据的水环境参数模拟方法

1.1 预处理与数据

1.1.1 数据去噪和校正

遥感图像中存在大气散射和吸收等效应, 需要通过大气校

正来减少这些影响; 利用云检测算法来检测和去除遥感图像中的云和阴影, 以确保获取清晰可用的图像数据; 针对遥感图像中的噪声进行去噪, 常用的方法包括中值滤波、均值滤波、小波去噪等^[1]。

1.1.2 数据配准与融合

将不同时间、不同传感器或不同分辨率的遥感图像进行配准, 使其在空间上具有一致的几何位置; 将配准后的遥感图像进行融合, 得到一幅具有多种信息源的综合图像。常用的融合方法包括基于像素级和特征级的融合技术。简单地对应于相同

基金项目: 2022年度湖南省环保科研立项项目 (HBKT-2022018)。

第一作者简介: 杨莲 (1981-), 女, 硕士, 工程师, 研究方向: 环境质量评价。

位置的像素进行加权平均,得到融合后的图像;通过提取不同传感器或不同特征波段的特征信息,将其组合成一个新的特征向量或特征图像^[2]。

1.1.3 数据校准与规范化

根据遥感数据的辐射能谱特征和观测参数,对其进行辐射定标,使得不同时间和不同传感器获取的数据具有可比性;对遥感数据进行归一化处理,以消除不同传感器和不同光照条件下的影响,使得数据能够进行有效比较和分析。

1.2 水体参数估计模型的选择与构建

1.2.1 悬浮物浓度估计模型

利用光谱反射率与悬浮物浓度之间的关系建立模型,如经验模型、统计模型和机器学习方法(如支持向量机、随机森林等)。其通过提取多个光谱指数,并与悬浮物浓度进行相关性分析和回归分析来构建模型,如NDVI、SWIR等指数。

1.2.2 藻类叶绿素-a浓度估计模型

利用光谱数据与藻类叶绿素-a浓度之间的关系建立模型,如经验模型、统计模型和机器学习方法;利用水体荧光数据与藻类叶绿素-a浓度之间的关系建立模型,如荧光峰值比值算法、叶绿素-a荧光响应比值算法等。

1.2.3 水体透明度估计模型

利用悬浮物浓度和藻类叶绿素-a浓度等参数与水体透明度之间的关系建立模型,如经验模型和统计模型;根据光学特性参数(如光散射、光吸收等)与水体透明度之间的关系建立模型,如散射理论模型、透射率模型等。

1.3 水环境参数模拟算法的改进与优化

1.3.1 反演算法优化

采用统计学原理和方法,通过建立具有代表性的样本数据库,利用回归、插值、拟合等统计学方法来优化反演算法,提高反演结果的可靠性和准确性;基于水体光学特性和散射传输理论,建立物理模型,考虑光照条件、水体成分、水体结构等因素对遥感数据的影响,优化反演过程,提高反演精度^[3]。

1.3.2 特征选择与提取

通过对多光谱遥感数据进行光谱分析和特征提取,选择与水环境参数相关的光谱波段或光谱指数,减少冗余信息,提高模型的准确性和效率;考虑不同地理位置和空间分布对水环境参数的影响,通过空间分析和特征提取,选取与水环境参数相关的空间特征,提高模型的适应性和稳定性^[4]。

1.3.3 模型验证与评估

在选定的研究区域进行实地观测,获取准确的水环境参数数据,用于对模型的验证和评估;将模拟结果与实地观测数据进行对比,进行统计学分析和误差评估,评估模型的准确度和可靠性;将数据集划分为训练集和测试集,使用训练集进行模型训练和参数优化,然后利用测试集进行模型验证,评估模型的泛化能力和预测性能。

1.4 模型验证与评估

1.4.1 野外实地观测

在研究区域选择代表性的野外站点,并进行实地采样和测量,获取准确的水环境参数数据作为参考数据。实地观测可以获取高质量的真实数据,能够直接与模型模拟结果进行比较,评估模型的准确度。

1.4.2 统计分析与误差评估

将模型模拟结果与实地观测数据进行对比,通过统计学的方法(如均方根误差、平均绝对误差等)对模型的误差进行评估,统计分析还可以用于分析模型在不同时间和空间尺度上的可靠性和稳定性。

1.4.3 交叉验证方法

将数据集划分为训练集和测试集,使用训练集进行模型训练和参数优化,然后利用测试集进行模型验证。交叉验证可以评估模型的泛化能力和预测性能,检验模型对新数据的适应性。

1.4.4 模型评估指标

利用评估指标来衡量模型的性能,常见的指标包括均方根误差(RMSE)、平均绝对误差(MAE)、相关系数(r)等,这些指标可以客观地评估模型的准确性、稳定性和可靠性,帮助研究人员判断模型的优劣^[5]。

2 基于多源遥感数据的水环境参数应用进展

2.1 水质监测与预测

(1) 悬浮物浓度监测与预测:利用多光谱遥感数据,通过悬浮物浓度与光谱特征之间的关系建立模型,实现对水体悬浮物浓度的监测与预测;基于机器学习算法(如支持向量机、随机森林等)的悬浮物浓度估算模型也得到广泛应用。(2) 藻类叶绿素-a浓度监测与预测:使用多光谱遥感数据与化验测量数据建立藻类叶绿素-a浓度与光谱特征之间的关系模型,实现对水体藻类叶绿素-a浓度的监测与预测;基于荧光数据的藻类叶绿素-a估算模型也较为常见,通过测量水体荧光特征参数来估计藻类叶绿素-a浓度。(3) 水体透明度监测与预测:利用多光谱遥感数据及相关的物理模型,建立水体透明度与光学特性参数之间的关系模型,实现对水体透明度的监测与预测;结合光学特性参数和散射传输理论,可以估计水体中悬浮物和藻类叶绿素-a对透明度的贡献。(4) 基于遥感图像的水质分类与评估:使用遥感图像进行水质分类,利用机器学习算法将不同水质类别进行自动分类,评估水体的水质状况;结合地理信息系统(GIS)技术,将遥感数据与其他环境参数(如地形、土地利用等)进行多元分析,提供综合的水质评估结果。

2.2 水资源管理与规划

(1) 水文模拟与预报:结合多源遥感数据和地面观测数据,建立水文模型,实现对流域水文过程(如径流量、土壤含水量等)的模拟和预报;利用遥感数据获取气象和地表特征参数,结合水文模型进行降雨径流模拟,为洪水预警和水库调度等提供支持。(2) 水体面积与水位监测:利用多源遥感数据

环境保护

进行水体面积和水位的监测与测量,及时获取大范围水体的变化情况,为水库调度、水资源配置和洪涝灾害管理提供信息支持;结合地理信息系统(GIS)等技术,可以实现对水体的空间和时间变化的综合分析和规划。(3)水资源评估与优化:利用多源遥感数据获取水资源的时空分布信息,结合水文模型和水资源评估技术,对水资源进行评估和优化;基于遥感图像的土地利用和植被覆盖度分析,可帮助识别植被覆盖和土地利用类型,评估其对水资源的影响,并提供水资源管理的建议。

(4)水资源规划与决策支持:结合遥感数据和地理信息系统(GIS),进行水资源规划和决策支持分析,实现对水资源的优化配置和合理利用;利用多源遥感数据分析水资源的需求和供应状况,为水资源管理和决策制定提供定量数据分析和预测能力。

2.3 水生态环境保护与修复

(1)水资源管理:建立科学合理的水资源管理制度,包括水资源配置、水量控制、水质保护等方面的措施,确保水资源的可持续利用。(2)水体污染治理:采取防治结合的原则,通过加强污水处理、严格控制工业废水排放、减少农业非点源污染等措施,降低水体的污染程度。(3)生态修复与保护:通过湿地保护与恢复、河道整治、湖泊生态修复等手段,提高水生态系统的生态功能,促进生物多样性的恢复。(4)河流和湖泊的生态流量设置:合理调整河流和湖泊的水流量,维持河流和湖泊的生态需水 and 环境需求,保持水生态系统的健康发展。

(5)农田水利工程建设:合理规划农田水利工程,优化灌溉方式,减少水资源浪费,提高农田水利效益。(6)生态补偿机制建设:建立适当的生态补偿机制,对于为水生态环境保护作出贡献的个人和组织给予经济或其他形式上的奖励,激励更多人参与到水生态环境保护工作中。

2.4 水体演变模拟与预测

(1)建立水文模型:结合历史水文数据和气象数据等,可以预测水体的水位变化。这对于水库调度、洪水预警、河流治理等具有重要意义。(2)利用水质模型:结合水质监测数据和环境影响因素,可以模拟和预测水体的污染物浓度、水质状况和富营养化等指标的变化。(3)建立水动力学模型:结合地形、水力条件等因素,可以模拟和预测水体的流速分布和流向变化。(4)建立水生态模型:结合水生态监测数据和环境因素,可以模拟和预测水生态系统的结构和功能变化。

3 未来发展趋势

3.1 高分辨率遥感数据的应用

(1)更详细的空间解析度:高分辨率遥感数据能够提供更详细的空间解析度,可以捕捉到更小尺度的水环境变化。未来,随着遥感技术的不断进步,高分辨率遥感数据的空间分辨率将更加精细,能够提供更准确的水环境参数信息。(2)更全面的频谱信息:高分辨率遥感数据不仅可以提供更高的空间分辨率,还可以提供更丰富的频谱信息。未来高分辨率遥感数据将涵盖更广泛的频谱波段,包括可见光、红外、热红外等,在

获取水环境参数时可以更全面地考虑不同的物理过程和特征。

(3)更精准的水质监测与评估:高分辨率遥感数据的应用可以提供更精准的水质监测和评估结果。未来高分辨率遥感数据将结合更先进的算法和模型,实现对水环境参数更准确的反演。同时结合大数据和人工智能技术,高分辨率遥感数据可以在更广泛的区域范围内进行水质监测和评估。(4)更多样化的应用场景:高分辨率遥感数据的应用不仅局限于水环境参数的模拟与应用,在未来还将涉及更多样化的应用场景。例如,基于高分辨率遥感数据可以进行水资源管理、水污染溯源、湖泊演变分析等方面的研究和应用。

3.2 多源数据融合与集成的应用

(1)多尺度融合与集成:未来的发展趋势将更加注重不同尺度遥感数据的融合与集成。不同分辨率的遥感数据可以提供不同层次的水环境参数信息,通过将这些数据融合与集成,可以实现对水环境参数的多尺度描述和分析,从而更全面地了解水体的变化和特征。(2)多源传感器融合与集成:随着遥感技术的发展,不同类型的传感器可以提供各自独特的信息。未来,多源传感器的数据融合与集成将成为主要的发展方向。例如,结合光学、雷达、声学等多种传感器数据,可以实现对水质、水温、悬浮物等多个水环境参数的综合监测与模拟。

(3)数据融合与模型集成:在多源数据融合与集成应用中,不仅需要数据的融合,还需要模型的集成。未来的发展趋势将更加注重数据与模型的有机结合,通过数据驱动模型优化和集成,可以提高水环境参数的模拟精度和可信度。(4)多层次的空间分析与决策支持:多源数据融合与集成应用可以提供丰富的水环境参数信息,为水资源管理和环境决策提供支持。未来,多层次的空间分析和决策支持系统将得到更深入的研究和应用,可以帮助决策者更好地理解 and 评估水环境变化,并制定相应的管理和保护措施。

4 结语

综上所述,基于多源遥感数据的水环境参数模拟与应用是一个充满潜力的领域。多源遥感数据提供了丰富的水环境参数信息,能够支持水资源管理、水质监测和生态保护等方面的决策和行动。同时,基于遥感数据的模拟和预测方法也在不断发展,为水环境参数的准确估计和监测提供了新的途径。

参考文献:

- [1]李建,田礼乔,陈晓玲.水环境参数定量遥感反演空间尺度误差分析[J].测绘学报,2017,46(4):478-486.
- [2]赵春燕,禹定峰,周燕,等.水体透明度遥感反演算法研究进展[J].海洋科学,2023,47(5):176-185.
- [3]王歆晖,巩彩兰,胡勇,等.水质参数遥感反演光谱特征构建与敏感性分析[J].光谱学与光谱分析,2021,41(6):1880-1885.
- [4]王思梦,秦伯强.湖泊水质参数遥感监测研究进展[J].环境科学,2023,44(3):1228-1243.
- [5]段广拓.基于多源遥感数据的水环境参量反演算法研究与应用[D].北京:中国科学院大学,2019.