

# 基于改进波段组合的植被遥感指数优化路径研究

盛 亚

61175 部队 江苏南京 210046

**摘 要:** 遥感植被指数是表征植被覆盖及生长状况的主要因素,但传统指数在高植被密集区饱和以及波段冗余干扰过大的问题影响了监测精度。本实验通过改进波段组合方式对不同光谱波段影响植物反射的特点进行了分析探讨,本文提出混合模式扩大遥感指数对于复杂环境植物变化的反应能力。首先,采用主成分分析和敏感度选取等方法结合机器学习算法优化指数结构以达到此种目的,经过实验证明经过混合的波段组合可以同样的增强遥感指数的分辨率和稳健度,从而为我们对区域生态环境监控和资源评价提供了更为灵活的支持。

**关键词:** 改进波段组合; 植被遥感指数; 主成分分析; 机器学习

## 引言

植被遥感指数是度量地表植物覆盖情况的重要指标,它成功地应用于对农作物、生态环境、资源等的监测评估当中,但以 NDVI 等经典指数为代表的植被指数具有好算、通用性等优点同时,也存在如过量反应、多余波段、受干扰因素敏感性高等不足,降低了其定量性、可靠性。随着遥感技术的发展,我们能提取的高光谱数据量大为增加,这给我们在最佳波段组合的选择上有了更大的选择空间。本研究将在波段组合方案进行优化,并配合统计学、人工智能算法寻求一种更高辨别能力和更稳定、可靠的植物指数的构建方式以提高遥感检验精度和可靠性。

## 1 植被遥感指数与波段组合优化的理论基础

### 1.1 植被遥感指数的基本内涵与分类体系

植被遥感指数是在遥感影像上基于各种光谱波段综合表现出来的可以评估植物覆盖、生长、叶绿素含量等植被的生物学特征的一种指标。原理是利用植被对不同类型辐射能(如红波段、近红外波段等)的反射特点,并基于比例关系、差值方式、标准化方程,以改善植物信息和环境背景的分程度。植被指数在遥感数据的处理上能够大大简化处理步骤且能够有效的提升植物信息的获取能力。指数能够通过不同的方式进行构造而得到,如比例关系得到的指数(如 RVI)、差值的指数(如 DVI)、标准化得到的指数(如 NDVI)、加权增强得到的指数(如 EVI)、光谱带的特殊构造得到的指数(如 GNDVI、SAVI、MSAVI 等)。虽然 NDVI 应用广泛,但由于植被密集地带会出现饱和现象,近年来研究工作者一直在尝

试引入新的波段,或重新分配权重参数,或使用机器学习方法改进指数构造,以提高其稳健性、抗干扰力和适应性,带动了遥感植被探测的高分辨率化与智能化发展。

### 1.2 植被指数波段组合改进的研究进展与发展趋势

常规植被指数如 ndvi 由于饱和效应显著、抗干扰能力差等限制,在复杂生态环境中应用困难,而近来研究人员从波段组合优化的角度使指数结构不断优化。一般做法是附加红边、短波红外等叶绿素和水分更敏感的波段,提高植被生理状态响应速率;通过主成分分析、敏感性分析等统计方法筛选关键波段来提升信息表达效率;同时结合机器学习方法,利用回归或特征筛选方法进行自适应特征加权来提升建模精度和泛化性能。研究焦点主要集中在 3 个方面,一是研制不同类型、高适应性的高分辨率指标;二是利用光学-雷达-激光雷达多源数据组合开展地物光谱研究;三是在高分复杂条件下,以深度学习等智能化方法搭建自动化指数模型来实现遥感植被监测等目标。

## 2 传统植被指数在波段组合上的局限性分析

### 2.1 高植被覆盖区遥感指数饱和问题影响监测精度

在高植被覆盖率的地区,传统的遥感因子如 NDVI 容易出现“饱和效应”,即当叶面积指数(LAI)或生物量超过某一程度后,其值均将不再有变化,不能反映生长差异。一方面是红光已达到饱和状态,且近红外反射的变化范围不大,这也是其出现饱和的主要因素,植被指数的中高密度植被变化敏感性变差,导致植被指数无法准确地监测森林、旺盛生长期农作物以及热带雨林等区域,会严重影响植被长势监

测、群落结构以及生态系统功能评价的准确性。采用植被冠层可辨度这一环境变量来提高遥感指数在高覆盖区的可分性,这就要求我们引入对植物产生反应的光谱波段(如红色边缘、短波红外)或对算法结构进行非线性组合的方法提升算法的鲁棒性、并采用指数饱和的极限点的研究方法以及多源数据交互检测的方法等是降低饱和效应并提升检测精度的重要手段,波段搭配是解决此类问题的重要方法。

### 2.2 不同波段间冗余性高制约指数信息增益提升

植被遥感指数的构建需要多个光谱波段来协同实现,但在实践中光谱波段之间极易存在高度的耦合关系,因此信息冗余的问题非常严重。在中等和大于中等覆盖度区,部分波段可见光波段和近红外波段反射率呈相近趋势,此部分冗余信息会限制指数总出算值识别真实植被差异的能力。这种冗余不仅仅降低了指数小量级差异敏感性,也对下游的数据处理效率和结果的可靠性造成影响。指数模型太依赖于高相关波段,并且在复杂土地覆盖环境中抗干扰能力较弱,无法很好地描述微弱的植被生理状态的变化。因此,为提高植被指数的表征力与适用性,在植被指数波段选择上应当利用信息熵、相关系数矩阵、主成分分析等方法筛选具有高信息增益与低冗余波段组合结构,从指数参量上优化,提高指数对植被动态变化响应能力。

### 2.3 环境干扰下传统指数抗扰能力不足

在实际的遥感监测过程中,由于地形的高低起伏、大气的散射效应、土地基质和太阳角度等多环境因素的作用,传统的植物指示指标像 NDVI 在复杂的环境中表现为较低的抗混杂能力。这些干扰因素会干扰植物对象的光谱特征,造成指数数值的误判或者波动,从而降低对于植物生长的客观情况的准确表征。例如,若在裸土地面或是有植被覆盖的地方,其表面反射率有可能将进入指数计算中,使得植物信息过高或是过低估计。此外,由于大气环境(水分含量、颗粒等)会影响可见光与近红外波长信号的不同衰减程度,因此会扰动这些波长组段物理内涵和计算结果的一致性。不同的扰动在不同的时间和空间尺度上表现为不可预知的,使指数不再稳定可控。因此我们要运用对环境变化反映小的波长(如红边和短波红外线)来建立新的指数体系,用指数标准化、指数化的方法对其进行调制,以使该体系面对复杂环境保持稳定和可行性,增加其适应性和可靠性。

### 2.4 通用指数缺乏区域适应性难以满足地理差异需求

现今广为使用的植被冠层指数,如 NDVI 和 EVI 等都是区域或者某种植物物种的基础上设立,因而其具有较强的普适性。然而在不同地理空间和生态环境中,植物的生长特性、叶序结构、本底辐射以及大气环境等都有着显著的区别,导致这些普适性植被指数在区域性应用过程中表现出适应性差的缺陷。例如,在干旱区植被稀少,土壤环境作用较大,湿润地区指数发生饱和的现象较多,都会影响指数灵敏度和精度;不同类型的作物或林木对应各波段的响应不同,普通指数难以精准分辨各个植被类型的不同生理状况。正是因为具有区域适用性这一限制,造成了同一指标在不同地形单元、气候条件甚至地物利用情况下都有一定的差别,也就造成这一指标对大范围应用价值的减弱,因此需要我们构建以地理分区、生态特征优化的波段组合以及开发具有地域反应模式的自适应植被指数,为提高卫星观测精度和地区适配度做出贡献。

## 3 构建改进波段组合下植被指数的优化策略

### 3.1 基于主成分与敏感性分析筛选最优波段组合

要提高植被遥感指标的信息效益和分类区分能力,应对原始波段组合理论进行修正。主成分分析法(Principal Component Analysis, PCA)是常用的数据压缩方法,可采用线性变换来得到高变异性的特性成分并找出多波段中最具影响的重要因素,并可选取最具代表性且不会重复波段。运用 PCA 可以有效地解决波段间共线性的困境,同时将关键性的光谱信息保存下来,有利于建立有效的指标。并且,敏感度分析是按照各波段对植物特性(如叶片面积指数、叶绿素含量等)响应的敏感程度确定它们在各植物种类和发育时期的贡献,从中筛选出响应度高、区分度大的敏感波段。这两个数据集的结合既可在统计上对数据结构进行优化,也可以提升指数构造中的生物学意义。进而产生多样化的波段组合矩阵来进行组合检验及建立回归模型,选择最适合当地且满足特定监测需求的波段组合,有利于进一步优化指数体系的设计。

### 3.2 引入短波红外波段提升干扰区植被识别能力

在各种地表条件下,基于红-近红外的传统植被覆盖指数易受土壤基质、含水量、大气等的影响,植被辨识精度不高。而短波红外(SWIR)光谱成分能够显著响应植株生物量和含水率的变化,也能对土壤和非生物物质的反射特性做

出更敏感响应,是构建植被覆盖指数的重要波段来源。借助 SWIR 波段,可以大幅增强指数对于植物信息在含有干扰目标下判断的能力。例如,在旱地、无植物覆盖地区或者植被萌芽前期,通过 SWIR 与近红外的组合生成的指数更能够减少土底噪声对植物目标信号的干扰,改善判断的可靠性。同时由于它对阴影、烟和大气的湿度变化敏感度低,使 SWIR 波段能有效促进植物识别的稳定和一致性。将该波段与其它各主波段结合,可建立多种指数系统,进而可准确识别受干扰区域内植物,为该类型遥感指标的实用化应用提供数据支持和波段需求。

### 3.3 基于机器学习算法构建数据驱动型指数优化模型

随着遥感数据源多样化和复杂化,基于经验公式的植被指数构建方式很难有效地挖掘波段间的非线性关系,因此运用机器学习算法构建以数据驱动的指数优化模型是增强遥感指数性能的主要方向。通过波段反射率、关键变量和光谱特征作为输入变量,建立例如随机森林(RF)、支持向量回归(SVR)和人工神经网络(ANN)这样的模型来构建植物生物化学参数的模型,可以自动化地调节波段组装的方式和重要性。这种方法能够应对复杂高维的高光谱图像的多样化遥感数据并具有强大的非线性模式识别与灵活的模型参数以及广泛适用不同地区等优势。该算法在培训过程中可以主动筛选出最好地描述目标变量的波段组合,并构建精度高、普适性强的植被指数表示方式,通过交叉验证、剩余值分析等多种手段不断优化调整模型结构,增强模型的稳健性和应用性,进一步促进遥感指数的智能化生产,由被动经验判断转向主动智能生产。

### 3.4 构建适应区域差异的多尺度指数适配方案

由于地形条件、气候条件和植被生态系统在不同地区具有显著的差异,单一的植物监测指标不能在不同地区和不同规模的情况下保持适用稳定性。因此,构建适合不同地区不同类型的多层次适用性模型是提高卫星观测准确性、广泛适用性的核心途径。该计划将地区特征、气候及植被覆盖等相关地区特点整合进该遥感分析系统,并根据归类的结果建立地区模型,从而构建出地区响应特点的地方性响应指标组

合。据此,结合遥感的分辨率尺度和所研究对象的粒度规模要求,建立适用于地块尺度、区域尺度、生态分区尺度的多尺度指数模型;从时间上看,需要考虑植物生长季植被指数变化对敏感性的制约并实施动态权重调整和季节适应性优化;利用多元化数据融合技术和地域特点提取的技术手段提供了地域约束,从而实现了遥感指数的地域性和智能化设置,实现匹配策略,能有效提高指数的一般化应用能力和描述准确率,为地域生态环境监控和作物管理提供稳定可靠的数据保障。

### 结语

遥感植被指数是监控植被覆盖率与植被生长状况最重要的监控手段之一,选取不同的波段可以影响植被指数的有效性与精度。针对传统植被指数饱和、信息冗余、抗干扰性差、地域适应性差等诸多缺点,本文给出了植被指数优化的一般方法:以主要成分分析和敏感性分析为基础增加了近红外的短波部分;运用机器学习融合技术;设计了一种广泛适用的算法系统。研究表明,高频段组合不仅能够提升遥感指标信息效益及抗噪声的能力,还能增强其在不同地理环境及使用条件下的可适用性。

### 参考文献:

- [1] 董春媛,乔荣荣,杨智程,等.基于改进遥感生态指数的宁夏沿黄平原区生态环境质量评价[J].生态学报,2023,43(16):6706-6715.
- [2] 张慧琳,王卫国,王建,等.基于遥感与GIS技术的山西省生态脆弱性演变分析[J].遥感技术与应用(中国科学院),2024,000(2):14.
- [3] 赵菊花,王玉杰,杨永崇,等.基于遥感生态指数和MCR模型的沙漠丘陵区生态网络构建[J].西安理工大学学报,2023,39(4):464-475.
- [4] 徐伟恒,熊源,黄邵东,等.遥感在生态环境质量监测与评价中的应用现状研究[J].西南林业大学学报:自然科学,2023,43(2):195-204.
- [5] 华键,岳东,李柏霖,等.基于多源遥感影像的植被提取方法对比研究[J].江西农业学报,2023,35(6):177-185.