

# 植被覆盖度遥感提取方法研究进展

熊萍 李吉鹏 薛岗

陕西省林业调查规划院

DOI:10.12238/eep.v6i3.1780

**[摘要]** 植被覆盖度是评价地表植被生长状况和环境质量的重要指标,而遥感技术由于具有高时空分辨率、高效率和非接触性等特点,成为植被覆盖度提取的重要手段。本文在总结前人研究的基础上,综述了当前主流的遥感技术在植被覆盖度提取中的应用,包括模型法、植被指数法、机器学习法和深度学习法,并分析了各方法的优缺点以及适用范围。最后,对未来植被覆盖度提取方法的发展趋势进行了展望。

**[关键词]** 遥感技术; 植被覆盖度; 植被指数法; 机器学习法; 深度学习法

**中图分类号:** TP7 **文献标识码:** A

## Research Progress on Remote Sensing Extraction Methods for Fractional Vegetation Cover

Ping Xiong Jipeng Li Gang Xue

Shaanxi Forestry Inventory & Planning Institute

**[Abstract]** Fractional vegetation cover is an important index to evaluate the growth status of surface vegetation and environmental quality, and remote sensing technology has become an important tool for fractional vegetation cover extraction because of its high spatial and temporal resolution, high efficiency and non-contact nature. Based on the summary of previous researches, this paper reviews the applications of current mainstream remote sensing techniques in fractional vegetation cover extraction, including model method, vegetation index method, machine learning method and deep learning method, and analyzes the advantages and disadvantages of each method as well as the scope of application. Finally, the development trend of future fractional vegetation cover extraction methods is prospected.

**[Key words]** remote sensing techniques; fractional vegetation cover; vegetation index method; machine learning method; deep learning method

随着经济的发展和人口的增长,人类对土地资源的需求不断增加,导致大量的自然植被被破坏和减少,这对环境和生态系统造成了严重影响。因此,如何有效地监测和评估植被覆盖度,成为了地表生态环境监测和保护的重要任务。植被覆盖度是指在一定范围内,地表被植物所覆盖的面积与总面积之比,是评价植被生长状况和环境质量的重要指标。

传统的植被覆盖度监测方法主要依靠人工野外调查和测量,工作量大、耗时长、精度低等缺点,难以满足现代化、大规模、高效率的监测需求。随着遥感技术的发展,利用遥感技术提取植被覆盖度成为了一种高效、准确、可靠的手段,因而备受关注。遥感技术具有高时空分辨率、高效率和非接触性等特点,能够获得大量的地表覆盖信息,包括植被覆盖度、类型、结构、生长状态等。其中,植被覆盖度是遥感技术应用最为广泛的一个方面。本文在总结前人研究的基础上,综述了当前主流的遥感技术在植被覆盖度提取中的应用,包括模型法、植被指数法、机器学习法和深度学习法,并分析了各方法的优缺点以及适用范围。

## 1 基于模型法

模型法是利用植被光谱反射特征与植被覆盖度之间的关系建立数学模型,通过计算反演植被覆盖度。常用的模型法包括线性多元回归模型、混合像元分解模型法和基于物理模型的方法。

### 1.1 回归模型法

回归模型法是指通过建立回归模型,将遥感数据和实测数据进行拟合,从而得到预测值。在植被覆盖度提取中,常用的回归模型是多元回归模型。多元线性回归模型是指利用多个自变量对因变量进行拟合的回归模型。在植被覆盖度提取中,多元线性回归模型的自变量通常包括多个植被指数、地表温度、地形和土壤类型等因素。通过对遥感数据和实测数据进行多元线性回归分析,可以建立植被覆盖度预测模型,实现对植被覆盖度的提取。孙斌等<sup>[1]</sup>以GF-1和Landsat TM为数据源,结合地面实测数据,采用多元回归模型对浑善达克沙地及其周边植被覆盖度进行估测。研究表明,多元回归模型可以有效提取植被覆盖度;王宁等<sup>[2]</sup>利用Sentinel-2B数据和无人机航拍地数据为数

表1 常见的植被指数及其计算公式

植被指数	计算公式	描述
归一化植被指数 (NDVI)	$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$	NDVI 可以准确表征植被覆盖及生长状况等信息, 而且不易受云层、地形等辐射变化的影响
增强植被指数 (EVI)	$EVI = 2.5 \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + 6\rho_{RED} - 7.5\rho_{BLUE} + 1}$	与 NDVI 相比, EVI 考虑了光学大气厚度和地表反射率的变化
比值植被指数 (RVI)	$RVI = \frac{\rho_{NIR}}{\rho_R}$	与 NDVI 和 EVI 相比, RVI 对于土壤表面覆盖物的影响较小
土壤调整植被指数 (SAVI)	$SAVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R + L} (1 + L)$	与 NDVI 相比, SAVI 在土壤背景较强的区域具有更好的表现, 能够更准确地反映植被覆盖度的变化情况。同时, SAVI 还具有一定的抗噪声能力, 在云、雾、大气干扰较严重的情况下, 仍能够较为准确地提取植被覆盖度 <sup>[4]</sup>
改进的土壤调整植被指数 (MSAVI)	$MSAVI = \frac{(2\rho_{NIR} + 1 - \sqrt{(2\rho_{NIR} + 1)^2 - 8(\rho_{NIR} - \rho_{RED})})}{2}$	与 SAVI 相比, MSAVI 在考虑土壤背景反射率的同时, 通过乘以一个系数来抑制地表背景反射的影响, 使得植被指数与植被覆盖度之间的关系更加线性, 从而提高了植被覆盖度的估算精度

据源, 运用回归统计方法建立植被指数-植被覆盖度统计模型, 对达里雅布依绿洲植被覆盖度进行估测, 研究表明, 进而建立植被指数-植被覆盖度相关关系来获取植被覆盖变化的研究方法可行的。

### 1.2 混合像元分解模型法

#### 1.2.1 像元二分模型

像元二分模型是一种基于像元混合分析的方法, 可以用于提取植被覆盖度。该方法假设每个像元由多个覆盖成分组成, 例如植被、水体、裸土等, 每个成分对应一个反射率和一个覆盖度, 通过对每个像元的反射率进行分解和拟合, 可以得到每个成分的反射率和覆盖度, 从而得到植被覆盖度的估算结果。

#### 1.2.2 Carlson植被覆盖度估算模型

Carlson植被覆盖度估算模型是一种基于遥感数据的经典模型, 可以用于估算植被覆盖度。该模型从植被、土壤和大气之间的辐射传输模型进行研究, 获得植被指数和植被覆盖度之间的平方关系, 进而估算植被覆盖度。

### 1.3 物理模型法

物理模型法是一种基于物理反演原理的植被覆盖度提取方法, 通过建立地表反射率和植被覆盖度之间的物理模型, 进行反演。PROSAIL模型是其中较为常用的物理模型。

PROSAIL模型是一种基于光谱反射率的物理模型, 通过模拟植被在不同光谱波段上的反射率, 建立植被覆盖度和反射率之间的关系<sup>[3]</sup>。PROSAIL模型的优点在于可以考虑到植被生长的季节变化和不同植被类型的影响, 但对于大面积的遥感影像数据处理较为困难。

## 2 基于植被指数法

植被指数法是通过利用植被在不同波段上的反射特征, 构建数学模型计算植被覆盖度。植被指数法利用了植被在不同波段上的反射特征, 具有较好的分类效果和适用范围(表1)。

## 3 基于机器学习法

机器学习方法在遥感影像处理中被广泛应用于植被覆盖度的提取。与传统的模型法和植被指数法相比, 机器学习法具有更强的自适应性和泛化能力。常用的机器学习方法包括支持向量机(SVM)、决策树(DT)、随机森林(RF)和人工神经网络(ANN)等。

SVM在植被覆盖度提取中的应用主要基于其对非线性数据的处理能力, 可以通过使用核函数将非线性数据映射到高维空间进行分类。决策树是一种基于树结构的分类模型, 通过将样本分成不同的子集进行分类。在植被覆盖度提取中, 决策树算法可以根据不同的遥感影像特征, 构建一棵树结构进行分类, 从而实现植被覆盖度的提取。随机森林是一种基于决策树的集成学

习算法,通过对多个决策树的结果进行平均来提高分类精度。在植被覆盖度提取中,随机森林可以根据不同的遥感影像特征,构建多个决策树进行分类,从而提高分类精度。人工神经网络是一种模仿人脑神经网络结构和功能的算法模型。在植被覆盖度提取中,人工神经网络可以根据不同的遥感影像特征,构建一个多层的神经网络进行分类,从而实现植被覆盖度的提取。

#### 4 基于深度学习法

深度学习法是一种新兴的机器学习方法,其通过多层神经网络对大量的遥感数据进行学习和训练,建立高精度的植被覆盖度预测模型。近年来,深度学习技术的发展为遥感影像中的植被覆盖度提取提供了新的思路和方法。深度学习模型通常是基于大规模数据训练的,可以从海量数据中学习特征,并能够处理复杂的遥感影像数据。

卷积神经网络(Convolutional Neural Networks, CNN)是深度学习中常用的一种模型,可以对遥感影像进行特征提取和分类<sup>[5]</sup>,其基本结构如图1所示。针对植被覆盖度提取问题,可以使用具有多个卷积层和池化层的CNN模型,从遥感影像中学习植被特征,并输出每个像元的植被覆盖度。这种方法可以适应不同类型的遥感数据,提取效果较好,但需要大量的训练数据和计算资源。

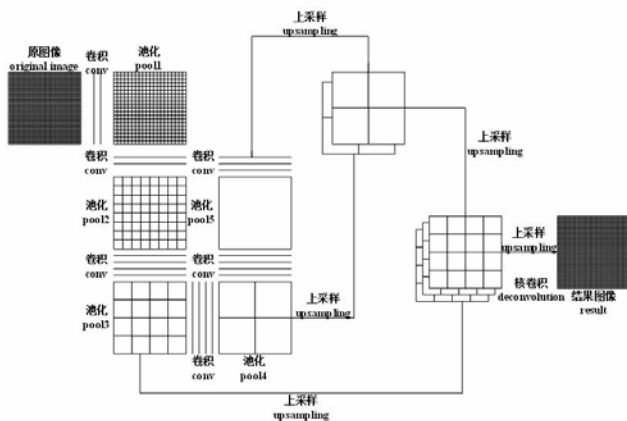


图1 CNN基本结构

循环神经网络(Recurrent Neural Networks, RNN)是一种具有记忆功能的神经网络,可以处理序列数据<sup>[6]</sup>。针对植被覆盖度提取问题,可以使用具有长短时记忆(Long Short-Term Memory, LSTM)单元的RNN模型,对遥感影像中的序列数据进行处理,输出每个像元的植被覆盖度。这种方法可以考虑时序信息,适合处理时间序列遥感影像数据。

#### 5 总结与展望

植被覆盖度提取是遥感技术在植被研究中的重要应用之一,

不同方法有各自的优缺点,选择合适的方法需要根据具体应用需求和数据特点进行综合考虑。模型法的优点是可靠性高、精度较高,但需要一定的先验知识和复杂的数据处理流程,同时对数据的质量要求较高,且仅适用于小范围的植被覆盖度提取;植被指数法具有计算简单、易于操作、适用范围广等优点,且适用于不同的植被类型和不同的地区,因此是植被覆盖度提取中最常用的方法之一。但植被指数法也存在一些缺点,如对大气、水汽等因素的干扰较为敏感,同时在某些情况下会出现饱和现象;机器学习法的优点在于可以利用大量的样本数据进行模型训练,得到较为准确的植被覆盖度提取结果。但缺点在于需要对模型进行调参,对于样本数据的选择和处理要求较高,且模型的可解释性较差;深度学习法可以利用大量的样本数据进行模型训练,得到较为准确的植被覆盖度提取结果,但对于数据的预处理和模型参数的选择要求较高。

未来的研究方向包括改进遥感影像数据处理和去除大气影响的算法,提高遥感影像的分辨率和时序性,探索更加精细化的植被覆盖度提取方法,提高植被类型识别和植被生长状态监测的精度和可靠性。同时,结合地面观测和模型模拟,开展多源数据的融合研究,提高植被覆盖度的空间分辨率和时序分辨率,为生态环境监测和管理提供更加准确、全面的信息支撑。

#### 【参考文献】

- [1]孙斌,李增元,郭中,等.高分一号与Landsat TM数据估算稀疏植被信息对比[J].遥感信息,2015,30(5):48-56.
- [2]王宁,周明通,魏宣,等.沙漠腹地绿洲植被覆盖度提取及植被指数优选[J].水土保持通报,2022,42(6):197-205+213.
- [3]徐雯靓,王少军.PROSAIL模型模拟下的植被指数土壤调节能力比较与适用环境分析[J].遥感学报,2014,18(4):826-842.
- [4]张淑炜,金宝成,陈可可,等.遥感估算及分析油杉河牧场近30年植被覆盖度变化[J].林业和草原机械,2021,2(4):43-52.
- [5]Zhang F, Wang C, Pan K, et al. The Simultaneous Prediction of Soil Properties and Vegetation Coverage from Vis-NIR Hyperspectral Data with a One-Dimensional Convolutional Neural Network: A Laboratory Simulation Study[J].Remote Sensing, 2022,14(2):397.
- [6]郑凯东,李阿莹.基于RNN和多重注意力机制的高光谱图像分类[J].智能计算机与应用,2022,12(12):128-132+137.

#### 作者简介:

熊萍(1985—),女,汉族,湖北荆州人,硕士研究生,工程师,研究方向:生态空间碳汇监测和生态系统碳汇研究等。