

森林蓄积量遥感估测的应用

肖赳夫

(洞口县桥头国有林场, 湖南 洞口 422300)

摘要: 森林蓄积量是林业资源调查的重要内容之一, 传统的森林资源调查是一项周期长、任务重、劳动强度大的工作。文章采用相关性分析的方法从大量的遥感特征中选取与生物量密切相关且独立性强的变量, 建立森林生物量遥感估测模型。遥感特征与生物量间因子存在明显的非线性特征, 某些与生物量相关性较低的特征与相关性较高的特征一起进入模型时, 低特征会在很大程度上影响模型精度, 所以, 利用线性相关性大小选取特征因子的合理性存在质疑。随机森林作为非参数模型, 可以很好地弥补参数模型的不足, 从而提高精度。

关键词: 森林; 蓄积量; 遥感估测; 应用

中图分类号: S771

文献标识码: A

文章编号: 1674-1064 (2022) 04-096-03

DOI: 10.12310/j.issn.1674-1064.2022.04.033

森林是陆地生态系统的重要组成部分, 在全球碳循环和气候变化中具有重要作用, 随着国民经济的快速发展, 森林资源及其生态作用日益凸显。森林资源监测和森林经营活动中, 森林蓄积量是衡量一个国家或地区森林质量的基本指标, 也是评价森林生态环境和森林资源的重要依据。传统的森林蓄积量依靠人工地面调查为主, 需要耗费大量的人力、物力、财力, 虽然可以获得高精度的地面调查数据, 但效率低、调查区域有限, 无法快速实现区域尺度的森林蓄积量监测。遥感技术的出现极大地改善了传统森林蓄积量监测效率低的问题, 通过结合少量地面样本数据和遥感变量, 建立估测模型, 快速高效地实现大区域的森林蓄积量监测。

20世纪中后期, R.Nelson、童庆禧等利用不同的遥感数据利用地面样本与遥感数据间的关系估测森林参数, 其研究结果为森林蓄积量的遥感监测奠定了基础。随着遥感技术的发展、传感器的更新以及估测算法的进步, 提高森林蓄积量的遥感估测精度逐渐成为当前的研究热点之一。在光学遥感数据源中, Landsat 8 OLI以其较高的空间分辨率和光谱质量以及大区域覆盖的优势, 为森林资源监测提供数据支撑。在此基础上, 目前的研究主要从估测算法的优化、多数据源的结合以及特征的优化选择等方面进行探索^[1]。

1 森林蓄积量遥感估测理论

1.1 森林蓄积量遥感估测的基本思想

运用遥感图像能够精准获取监测范围的GIS数据, 基于非线性模型, 构建以样地规模为单位的蓄积量评估公式, 科学评估监测地区蓄积水平, 根据森林发展规划将小班与林班蓄积量评估落到实处。

根据监测客体两种样地调研材料和遥感图像, 设定或许

对森林蓄积量评估有一定影响的遥感与GIS因子。运用定位科技或依托1:10 000比例尺地形图, 得到样地与地面监控位置的地理坐标, 修正遥感图像, 设计对蓄积量评估有一定影响的遥感比例波段, 选取对蓄积量有一定作用的遥感与GIS因子, 把图像转变成与样地规模一致的图像, 依托监测地区DEM模型等, 梳理各个小班与林班包括样地模块在内的数量, 核算小班与林班的蓄积数量。根据常规方法核算监测范围的蓄积数量, 剖析森林蓄积量遥感评估可以实现的精准度, 并剖析其能够创造的效益。

1.2 基础数据的准备

根据森林蓄积量遥感评估的基础理念, 需要实施基于GIS与遥感的森林蓄积量评估, 应先运用监测范围一类与二类样地相关的GIS与遥感信息, 或在监测范围内设定恰当数目的临时样地, 得到与其相一致的遥感与GIS信息, 构建以样地为基础的森林蓄积量评估公式与郁闭度评估方式, 再评估监测范围的蓄积量。所要使用的信息除了构建蓄积量评估公式样地相关的GIS信息与遥感, 还应把监测范围的遥感图像转变成样地规模相同的遥感图像, 明确将样地规模作为基础模块的遥感图像各个像元关联的遥感与GIS信息。

在依据并不充足的地面样地调研材料与遥感信息, 构建将样地作为单位的森林蓄积量评估公式后, 为了解监测范围的蓄积水平, 还应根据林班与小班调研材料、DEM模型等, 得到蓄积量评估公式中GIS因子的实际数据、遥感的实际数据。参加构建蓄积量评估公司样地的GIS信息应通过地面调研方式, 具体包含郁闭度、坡度、海拔、龄组等。在构建蓄积量评估公式之后, 确定监测范围内蓄积量具体数值时, 应把监测范围的遥感图像转化成以样地规模作为基础模块的遥感图像, 转化之后所有像元的GIS数据, 大多依托小班与林班分布图、DEM模型等得到有关信息^[2]。

作者简介: 肖赳夫 (1976—), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 森林资源管理。

1.3 影响蓄积量估测最优变量的选择

为实现以遥感和GIS为基础的森林蓄积量定量估测,针对监测区域少量地面调查样地对应的遥感和GIS因子,以遥感和GIS为基础的森林蓄积量估测,主要的关键问题是科学合理地构建蓄积量估测模型,即在大多数对影响蓄积量估测的遥感和GIS因子中,选择影响蓄积量估测的主因子,去除对蓄积量估测影响较小或没有影响的因子^[3]。

2 实例分析

2.1 研究区概况

某县位于地处北纬 $24^{\circ} 30' 36'' \sim 25^{\circ} 17' 02''$ 、东经 $102^{\circ} 58' 22'' \sim 103^{\circ} 28' 75''$,该地区地势北高南低,山地与盆地相间,境内山脉多为东北至西南走向,全县平均海拔在 $1\ 500\text{ m} \sim 1\ 800\text{ m}$ 。该县气候属北亚热带季风气候区。夏秋多雨湿润,冬无严寒,夏无酷暑,每年旱季为11月至次年4月,雨季为5月~10月,气温年差较小,日差较大,年平均温度 $16.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

目前对森林资源、生态环境和多树种分布等方面已有研究,但对该区域某单一树种分布变化的研究较少。本研究围绕该县森林植物空间分布变化展开。特别是该地区的荒山绿化造林先锋树种,多分布于海拔 $1\ 000\text{ m} \sim 3\ 200\text{ m}$ 地区,常形成大面积纯林。

2.2 数据来源

2.2.1 Landsat 8 OLI数据源

本研究使用Landsat 8 OLI的大气校正表面反射率(SR)数据,SR数据由原始影像亮度值转换为地球表面的光谱辐射值,再转换为地球表面反射率值。

2.2.2 样地实测数据

该县2007年森林资源二类调查数据,样地信息包括蓄积、树种、树龄、树高、胸径、郁闭度等。

2.3 数据处理

2.3.1 遥感影像处理

由于GEE平台提供的遥感影像范围是按卫星的飞行轨道显示,显示范围是正方形,因此,分析处理遥感影像,达到满足研究要求的精度,保证后期信息数据的真实性。

2.3.2 遥感特征因子提取

森林的构成不相同,则提取的植被参数就有差异,导致不同群落的生物量也各不相同,反映在遥感影像上表现出不同的色调、结构和纹理特征。同时,Landsat 8 OLI影像含有不同的波段,需要通过处理、波段计算、变换、主成分提取等步骤,获取遥感特征信息指数,结合地面生物量调查数据建立一定的关系,计算或反演大尺度森林生物量,由此,反映遥感影像特征的因子都能够作为遥感估测思茅松林生物量模型的备选变量。本研究将选取Landsat 8 OLI影像的纹理特征和光谱特征因子,构建某一树种的蓄积量反演模型^[4]。

纹理特征反映的是图像或图像区域对应地物的表面性质,同时能体现地物的各种结构与周围不同环境信息的关系,反映地表所有空间变化信息,从遥感影像中提取纹理特征,获得纹理信息因子定性或定量的描述。纹理是以灰度值的空间共生特性衡量,纹理的粗细是评价空间变化的一种方法,纹理越细说明变化越快,随着距离的增大,纹理会出现一定的变化。本研究共应用了6种纹理特征,即均一性(Homogeneity, HO)、相异性(Dissimilarity, DI)、均值(Mean, ME)、角二阶矩(Angular second moment, SM)、熵(Entropy, EN)、相关性(Correlation, CC)。

从遥感影像的可见光和近红外波段中进行不同波段的重组,得到研究中常用的植被指数,是对植被状况的量化。从植被指数中可以清楚了解植被的生长、叶片的发育情况等。近年来,大量研究通过对植被指数的定性和定量评价判定植被覆盖度和生长的活力,同时对森林生物量变化作出灵敏反应。因此,本研究共选取8种类型,包括VIS234、SAV12、比值植被指数、MV17、MSR、差值植被指数、大气阻抗植被指数、地表反照率植被指数。

植被指数是遥感影像可见光和近红外波段的各种组合运算,是对地表植被状况的简单、有效和经验的度量。在遥感应用领域,植被指数被用来定性和定量评价植被覆盖及生长活力,同时反映森林生物量的变化。因此,本研究在参考国内外生物量遥感估测中采用的植被指数的基础上,选取包括多波段线性组合植被指数、归一化植被指数、简单比值植被指数和复杂植被指数等类型。

2.4 模型构建

2.4.1 变量筛选

特征选择是指通过一定的方法选取一个特征子集建立新模型的过程,这个子集包含的特征变量更少,筛选变量前,变量集合中存在大量特征变量,这些变量间可能存在相关性,造成冗余,降低模型的运行效率和拟合精度。为提高模型性能,获得对模型更重要的变量,需要处理变量得到最优变量,本研究通过SPSS.22的皮尔逊相关系数(Pearson correlation coefficient, PCCs)分析该地区树种遥感特征因子的相关性,选取与蓄积量相关性 $p < 0.05$ 的遥感特征因子进行建模^[5]。

2.4.2 蓄积量模型构建

本研究根据该县Landsat 8 OLI遥感影像分布提取光谱特征和纹理特征,通过皮尔逊相关系数筛选后,获取最优的遥感变量参与构建基于遥感变量的生物量估测模型,对比分析多元线性回归的拟合效果和精度。

遥感图像综合记录了森林的各种特征,如森林的光谱特征、结构纹理特征等。这些特征取决于森林的类型、生长情况和场地条件。因此,可以利用统计建模技术,分析森林蓄积量与遥感影像特征之间的相关性。在此基础上,利用多元线性回归技术,森林体积遥感模型可以根据遥感因素的特征间接估计森林体积。

表1 多元线性回归模型系数显著性

	非标准化系数B	标准错误	标准化系数Beta	T	显著性
(常数)	91.654	31.644		2.896	0.004
B ₁	0.007	0.033	0.129	0.222	0.825
DVI	-0.09	0.024	-2.107	-3.747	0
A ₁ bedo	-0.076	0.022	-6.344	-3.4	0.001
B ₇	0.095	0.03	2.605	3.168	0.002
B ₅	0.138	0.045	3.834	3.057	0.002
B ₃	0.087	0.031	2.003	2.819	0.005
B ₂	0.104	0.046	2.102	2.281	0.023
WLTZ ₅	0.016	0.032	0.24	0.509	0.611
WLTZ	-0.275	0.109	-4.114	-2.512	0.013

多元线性回归建模方法主要包括模型的参数估计、假设检验、残差分析以及最优回归方程的选取等，一般表达式如下：

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (1)$$

式(1)中：y为解释变量，b₀为常数项，b₁，b₂，……b_n为模型系数，x₁，x₂……x_n为相关遥感特征因子，n为自变量个数。

2.4.3 模型评价与检验

模型评估是检验模型参考价值高低的重要组成部分，文章主要采用决定系数(R²)评价模型精度。R²越接近1，表示相关的方程式参考价值越高。相反，R²越接近0，表示参考价值越低。计算公式如下：

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (2)$$

选取相对均方根误差(RMSE)作为模型的独立性检验指标。计算公式如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{n}} \quad (3)$$

2.4.4 模型反演

利用森林蓄积量预测值绘制研究区的蓄积量空间分布图，利用构建的模型计算该区某一树种蓄积量值，反演出研究区某一树种的蓄积量。

3 结果与分析

3.1 遥感变量筛选

本研究通过SPSS.22的皮尔逊相关系数，分析某一树种遥感特征因子的相关性，选取与蓄积量相关性p<0.05的遥感特征因子，得到WLTZ、A₁bedo、DVI、B₃、B₁、WLTZ₅、B₂、B₇和B₅几个遥感变量。

3.2 多元线性回归模型构建

多元线性回归模型中，某一树种遥感变量的决定性系数R²为0.259，调整后R²为0.236，标准估算错误为34.5579，拟合效果一般。

由模型系数显著性结果可知，如表1所示，模型最终保留变量B₁、DVI、A₁bedo、B₇、B₅、B₃、B₂、WLTZ₅、

WLTZ，建立某一树种多元线性回归蓄积量估测最优模型表达式，如公式(4)所示：

$$Y = 91.654 + 0.007 B_1 - 0.09 DVI - 0.076 A_1bedo + 0.095 B_7 + 0.138 B_5 + 0.087 B_3 + 0.104 B_2 + 0.016 WLTZ_5 - 0.275 WLTZ \quad (4)$$

4 结语

本研究以森林二类调查数据为基础，遥感数据源来自Landsat 8 OLI影像，结合地面角规控制样地调查数据，提取纹理特征、植被因子、地形因子和K-T变换四类遥感特征因子，利用多元线性回归模型和随机森林模型，建立基于遥感特征因子的森林蓄积量估测模型，分析模型精度，获得最优估测模型的自变量，以期寻找较为理想的建模方法，为区域蓄积量遥感估测提供一定的理论参考。本研究中多元线性回归模型的R²为0.236，RMSE为34.5579，拟合精度有待提高。经过模型检验，该模型拟合误差较大，精度较低，拟合效果不佳，原因可能存在于数据采集和模型选择上。该研究区地形地势复杂，在影像数据获取过程中存在一定程度的误差，导致在数据获取和处理中存在问题，此外，建模模型选择多元线性回归模型，忽略了森林数据的空间效应，导致有偏估计的产生。随机森林模型的R²为0.887，RMSE为1.1954，拟合精度极高，可以将其作为理想的建模方法。

参考文献

- [1] 王雪,卫发兴,崔志新.3S技术在林业中的应用[J].世界林业研究,2005(2):44-47.
- [2] 李崇贵,赵宪文,李春干.森林蓄积量遥感估测理论与实现[M].北京:中国科学出版社,2006.
- [3] 龙依,蒋根根,孙华,等.基于HLS数据的森林蓄积量遥感反演[J].森林与环境学报,2021(6):620-628.
- [4] 唐文静,李莹,岳彩荣,等.景谷县森林蓄积量遥感估测及其动态变化分析[J].林业调查规划,2021(2):1-7.
- [5] 李坤.区域森林资源蓄积量建模及其普适性研究[D].杭州:浙江农林大学,2020.