

巴音布鲁克草原植被覆盖度估算的光谱模型及其应用

吕聪¹, 潘学平¹, 冯朝阳², 钱金平¹

(1. 河北师范大学 资源与环境科学学院 河北省环境演变与生态建设重点实验室, 河北 石家庄 050016;
2. 中国环境科学研究院 国家环境保护区域生态过程与功能评估重点实验室, 北京 100012)

摘要: [目的] 对新疆维吾尔自治区巴音布鲁克草原植被覆盖度进行初步划分, 并对植被覆盖度等级分布进行分析, 为防治该区草场退化工作提供理论参考。[方法] 采用美国 SOC_710 便携式可见/近红外高光谱成像光谱仪, 运用线性回归分析法, 以实测归一化植被指数(SOC_NDVI)为媒介, 建立 MODIS/TERRA 卫星的 NDVI(MODIS_NDVI)与实测植被覆盖度(VC)之间的 MODIS 光谱估算模型, 并对模型精度进行检验。最后, 在模型反演结果上进行研究区植被覆盖度的划分与分析。[结果] MODIS 光谱估算模型预测精度较高, 标准误差为 11.55%, 总体预测精度达到 88.92%。划分的 5 个植被覆盖度等级分别为: 极高覆盖、高覆盖、中覆盖、低覆盖及极低覆盖。它们在研究区中所占比例分别为: 18.87%, 25.61%, 31.28%, 13.86% 和 10.38%。[结论] 整体上, 研究区植被覆盖度呈现出北部和西部高, 东部低的趋势, 中、高覆盖度区域所占比重较大, 低、极低、极高覆盖度区域所占比重较小。

关键词: 巴音布鲁克草原; 归一化植被指数(NDVI); 植被覆盖度; 高光谱模型

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2016)04-0062-06

中图分类号: Q948.15, X87

文献参数: 吕聪, 潘学平, 冯朝阳, 等. 巴音布鲁克草原植被覆盖度估算的光谱模型及其应用[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 62-67. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20160607.001

Spectral Models for Estimating Vegetation Coverage and Its Application on Bayanbulak Grassland

LÜ Cong¹, PAN Xueping¹, FENG Chaoyang², QIAN Jinping¹

(1. College of Resource and Environmental Sciences, Hebei Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, Hebei Normal University, Shijiazhuang, Hebei 050016, China; 2. State Environmental Protection Key Laboratory of Regional Eco-process and Function Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: [Objective] Vegetation coverage in Bayanbulak grassland of Xinjiang Autonomous Region was graded and the regional vegetation coverage was determined in order to provide theoretical reference for the prevention pasture degradation. [Methods] With the help of American SOC_710 portable visible/the near infrared spectrum imaging spectrometer, the normalized difference vegetation index(SOC_NDVI) was adopted to establish the MODIS spectral estimation model between NDVI(MODIS_NDVI) and actual vegetation coverage(VC) using linear regression analysis method. The grading and determining of regional vegetation coverage were completed on the inversion coverage result of the model. [Results] The prediction accuracy of MODIS spectral estimation model was high with a standard error of 11.55%, the overall accuracy reached 88.92%. The 5 vegetation coverage levels had extreme high coverage, high, moderate, low and extreme low coverage, and these coverage proportion were: 18.87%, 25.61%, 31.28%, 13.86% and 10.38%. [Conclusion] The vegetation coverage on the whole study area was high in the north and west, and low in the east. The research area was covered mainly by middle and high coverage grades; proportions of other coverage grades as

收稿日期: 2015-05-12

修回日期: 2015-08-03

资助项目: 国家环境保护公益性行业科研专项“干旱地区高寒草原湿地生态系统安全监控与保护研究”(20130315)

第一作者: 吕聪(1989—), 女(汉族), 河北省邯郸市人, 硕士研究生, 研究方向为 3S 技术在生态环境保护中的应用。E-mail: lvcong199004@163.com。

通讯作者: 冯朝阳(1979—), 男(汉族), 山东省临沂市人, 博士, 副研究员, 主要从事气候变化与生态系统服务功能研究。E-mail: fengchy@craes.org.cn。

low, extreme low and extreme high, were small.

Keywords: Bayanbulak grassland; normalized difference vegetation index (NDVI); vegetation coverage; high spectral models

植被是陆地生态系统的基础,连结土壤和大气的自然纽带,也是大气—植被—土壤系统的重要组成部分^[1],是人类赖以生存的自然环境条件^[2]。植被覆盖度指观测区域内植被垂直投影面积占地表面积的百分比,是描述陆地表面植被生长状况的一个重要指标,也是指示生态环境变化的一个重要参数,广泛应用于研究地植物蒸散、土壤水分、水土流失、光合作用的过程以及全球变化等领域^[3]。草原占地球陆地总面积的 52.17%,中国草原面积占到约国土面积的 41.7%,草原植物本身具有很大的经济生产价值,为畜牧业的发展提供基础,还具有防风固沙、保持水土、涵养水源、保护生态环境和旅游观赏的作用^[4]。利用遥感手段来估算植被覆盖度是测量植被覆盖度的主要手段之一,可以归纳为经验模型法、植被指数转换法和混合像元分解模型法^[5]。由于将地面实测数据与遥感数据相结合建立的光谱估算模型进行大区域的植被覆盖度估算方法应用简单,易于计算,具有较好的科学性和应用型,因此广大学者利用该方法对不同的研究区域进行植被覆盖度研究,光谱估算模型法也不断取得新的进展^[6],已成为估算植被覆盖度研究领域主要方法之一,也是植被覆盖度遥感估算的根本出路。然而,在监测植被覆盖度方面还没有一种标准的方法^[7]。归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)是遥感估算植被覆盖度研究中最经典也是最常用的植被指数,许多学者在研究中都使用 NDVI 来估算植被覆盖度,并证实 NDVI 与植被覆盖度有良好的相关性^[8]。如贾宝全^[9]以 TM 遥感影像 NDVI 为数据桥梁,计算分析了北京市域 1987 和 2009 年的植被覆盖变化,对北京市域和不同生态区域两个尺度植被变化情况进行了量化分析,并分析了北京市植被变化的驱动力。陈艳梅等^[10]通过分析 MODIS/TERRA 卫星的 NDVI 与实测 NDVI 的关系,建立预测呼伦贝尔草原植被覆盖度的 MODIS 光谱模型,且模型精度较高,平均预测精度达到 88.75%。兰明娟等^[11]利用归一化植被指数图,通过掩膜和变化检测技术研究了重庆市北碚区植被覆盖度情况。

新疆巴音布鲁克草原是我国第二大草原,拥有独特的高寒草甸草原景观。近年来,随着全球气候变化和人类的过度放牧,草原生产力不断下降,植被退化和草原沙化现象日益严重。为了对巴音布鲁克草原植被覆盖度情况、草原内部差异以及植被退化情况进

行更深入了解,本文在前人研究的基础上,通过建立实测样地光谱图像 NDVI(SOC_NDVI)数据与地面实测植被覆盖度(vegetation coverage, VC)之间的地面光谱模型以及 MODIS/TERRA 卫星的遥感影像 NDVI(MODIS_NDVI)数据与 SOC_NDVI 之间的光谱修正模型,利用两个模型的关系得到估算植被覆盖度的 MODIS 光谱估算模型,该模型旨在为研究区植被覆盖度估算研究提供新的技术方法。本研究还在光谱模型研究的基础上对研究区内植被覆盖度进行初步划分,并对植被覆盖度等级分布进行详细分析,对于了解巴音布鲁克草原当前植被覆盖度分布状况及草场退化研究具有重要的参考价值。

1 研究区概况

巴音布鲁克草原位于天山中侧南段腹地,海拔 2 400~4 400 m,与 5 个地(州)、10 个县(市)接壤,艾尔温根乌拉山横贯盆地中部,将完整的高位盆地分割成大、小尤尔都斯两个盆地^[12]。巴音布鲁克草原总面积达 15 540 km²,四周雪山环绕,冬季漫长,年平均气温 -4.7 °C,年降水量 216.8~361.8 mm,积雪天数 150~180 d,年枯草期 7 个月,是开都河源头^[13]。盆地内部各条山沟溪流汇集到盆地底部的开都河,西部山区是伊犁 3 大支流之一的巩乃斯河发源地,流经本区 50 km 峡谷以及那拉提草原后,进入巩乃斯谷地,巴音布鲁克南坡的著名渭干河经库车峡谷后流入古老的塔里木河,因此巴音布鲁克是新疆著名的“三河源”^[12]。随着社会经济不断发展,过度放牧已经严重影响到了巴音布鲁克草原生态环境,草场覆盖度也迅速下降,草场退化、沙化及盐碱化现象日益严重,草畜矛盾日趋尖锐,生态环境急剧恶化^[14]。据调查,巴音布鲁克草地退化面积高达 3 038 km²,占草地总面积的 19.61%,草地退化在小尤尔都斯盆地表现得最为明显,退化草地总面积为 1 622 km²,占该盆地草地面积的 30.32%;大尤尔都斯盆地草地退化相对较轻,退化草地总面积为 1 426 km²,占该盆地草地面积的 14.61%^[12]。研究表明,过度放牧导致的草畜不平衡是巴音布鲁克天然草地退化最主要的原因。现有利用方式下,其中大尤尔都斯超载 48.94 万羊单位;小尤尔都斯主要以夏牧场为主,在盆地实行封育的前提下,超载 90.48 万羊单位;巩乃斯沟草地春牧场超载 3.16 万羊单位^[14]。由此可见其草场实际放牧量远远大于其载畜能力。

2 研究方法

2.1 试验概况

针对本研究内容和目标,综合考虑研究区自然条件及气候特征,选取植被生长旺盛期开展野外试验。样地选取的原则和方法:通过分析研究区内遥感影像、地形地貌以及土地利用现状,在植被类型图上选择面积较大、能够代表区域植被覆盖情况的斑块进行实地调查;设置样地的大小一致,样方在样地中均匀分布;所选样地要涉及研究区内不同植被类型及不同覆盖梯度区域,单个样地植被生长均匀;本研究所选样地中,主要涉及草甸草原、湿地植被、丘陵山地植被和沙地植被 5 种植被类型。根据以上原则,本研究野外试验时间为 2014 年 8 月 11—18 日,选择植物生长较均匀、具有代表性的典型样地共 52 个,样地的大小尽量设定为 250 m×250 m,以便后期与遥感数据相对应,每个样地设小样方 5 个,共 260 个小样方,样方为 1 m×1 m 的标准样方。根据实测 SOC_NDVI 与高空遥感 MODIS_NDVI 之间的关系,在 Excel 中剔除异常数据的样地,经过筛选,共剔除 7 个样地,剩余能够作样方分析的数据共有 45 个,小样方 225 个。然后,以样地为单位,计算每个样地对应小样方的实测 VC、实测 SOC_NDVI、高空遥感 MODIS_NDVI 的均值,作为该样地的地面实测值和遥感影像值,得到 45 组对应值,用于本研究建模与检验。最后将 45 组数据划分为建模数据和检验数据,设定建模数据 27 组,检验数据 18 组。

野外试验运用美国 SOC_710 便携式可见/近红外成像光谱仪进行草地光谱采集工作,其特点是能实现图谱合一,最大程度地提高后期数据处理精度,进行采集前用光谱仪所携带的白板进行校正且每隔 10~15 min 进行一次校正。数据采集时为保证数据质量,选择光照充足、少云、微风的天气条件,光谱采集时间最好在 10:00~15:00,在记录样地的地理坐标和海拔高度试验过程中,记录每一个小样方的 GPS 记录号、坡向、土壤类型、植被类型、照片编号和目视盖度等信息。

2.2 遥感影像数据获取与处理

2.2.1 数据获取 本研究需要提取遥感图像中的 NDVI,并与野外实测数据建立关系模型,因此遥感影像的数据质量对模型的精度有着直接的影响。因此,选用 EOS-Modis/Terra (<http://lpdaac.usgs.gov/main.asp>) 中 16 d 合成的 NDVI 数据,MODIS 影像是 NASA 对地观测卫星的中分辨率成像光谱,空间分辨率为 250 m×250 m,数据格式为 HDF,光

谱分辨率为 36 波段,辐射分辨率为 12 bit,格式为 HDF,等级为 3 级,为 MODIS 陆地产品中的植被指数产品 MOD13。本研究所采用的数据时间是 2014 年 8 月 12—27 日 16 d 合成的 NDVI 影像数据。

2.2.2 数据处理 郭玉川等^[15]通过构建基于实测植被覆盖度和多种植被指数的相关方程,验证了利用 NDVI 建立的覆盖度估算模型精度较高。基于 NDVI 的特点和研究区的特征,本文选取归一化植被指数 NDVI 建立植被覆盖度的估算模型,对下载好的 NDVI 影像数据进行图像拼接、研究区掩膜裁剪后,得到研究区 MODIS 遥感影像 NDVI 灰度图。

2.3 野外试验数据获取与处理

2.3.1 提取实测植被覆盖度 VC 实测植被覆盖度是通过从美国 SOC_710 便携式可见/近红外成像光谱仪获得的高光谱图像中进行提取,首先在处理软件 SRAnal710.bat 中,将采集图像的 cube 文件转换为彩色图像。然后利用图像处理软件 Photoshop 裁切掉照片中样方边缘 1/5 左右的变形区域,将中心区部分用于软件解译。照片的解译过程是在 ERDAS 9.2 中进行,先后使用预先编好的 Modeler 命令(其原理是将照片转变为灰度值,然后与原照片比较,找出植物与非植物部分的临界点)完成,将相片转化为(0,1)的二值图像^[10],统计植被像元占整个像元总和的百分比,得到每个样方植被覆盖度的实测值。最后对样地的多个样方植被覆盖度求平均值,作为该样地实测植被覆盖度(VC)。

2.3.2 光谱处理提取 SOC_NDVI 值 光谱处理同样是通过从 SOC_710 获得的高光谱图像中进行处理,首先进行预处理—辐射定标和反射率转换操作,保存预处理结果,然后利用 ENVI 5.0 软件提供的波段计算工具计算 NDVI 值,最后对样地的多个样方光谱数据 NDVI 求平均值,作为样方的实测植被指数值(SOC_NDVI)。

3 结果与分析

3.1 地面光谱模型

通过分析研究区内 SOC_NDVI 和植被覆盖度 VC 的散点关系,选用线性方程进行回归分析,结果表明:SOC_NDVI 与植被覆盖度 VC 之间存在较强的线性相关关系($R^2 = 0.865$),二者的关系表达式为:

$$VC = 0.930 \times SOC_NDVI - 0.064 \quad (1)$$

式中:VC——实测植被覆盖度;SOC_NDVI——实测植被指数。

3.2 MODIS 光谱估算模型

为了探求地面所测的植被光谱数据和高空遥感所得的植被光谱数据的内在关系,分析 27 个样地的 SOC_NDVI 和 MODIS_NDVI 之间的对应关系,结果显示:两组数据之间存在线性关系($R^2=0.731$),二者的关系表达式为:

$$\text{SOC_NDVI}=0.835\times\text{MODIS_NDVI}+0.096 \quad (2)$$

式中: SOC_NDVI——实测植被指数; MODIS_NDVI——MODIS 遥感影像 NDVI。

将公式(2)代入公式(1)经整理得到 MODIS 光谱估算模型, VC 与 MODIS_NDVI 间的表达式为:

$$\text{VC}=0.777\times\text{MODIS_NDVI}+0.025 \quad (3)$$

式中: VC——预测植被覆盖度; MODIS_NDVI——MODIS 遥感影像 NDVI。

由于植被覆盖度 VC 的取值范围为 0 到 1 之间,通过计算当 VC 等于 0,1 时, MODIS_NDVI 的值分别小于 0 和大于 1,因此这里将公式的取值范围定义为 0 到 1 之间。最后的 MODIS 光谱估算模型整理为:

$$\begin{aligned} \text{VC}=0, \text{MODIS_NDVI}\leq 0 \\ \text{VC}=0.777\times\text{MODIS_NDVI}+0.025, \\ (0<\text{MODIS_NDVI}\leq 1, \\ \text{VC}=1, \text{MODIS_NDVI}\geq 1) \end{aligned} \quad (4)$$

式中: VC——估算植被覆盖度; MODIS_NDVI——MODIS 遥感影像 NDVI。

3.3 模型精度检验

为了检验 MODIS 光谱估算模型的预测结果与实测值之间的误差情况,验证该模型是否能够应用,从而进行研究区的植被覆盖度总体情况的估算。因此将之前划分出来的 18 组检验数据对模型精度进行分析。将公式(4)应用到 MODIS_NDVI 灰度图上,在 GIS 软件中,通过 spatial analyst tools 中的 raster calculator 计算工具进行栅格计算,获得研究区植被覆盖度图。依据地理坐标(经纬度)将检验数据转化为检验点,记录各检验点在研究区植被覆盖度图上对应的像元值(即预测 VC 值),再利用实测值与预测值的相关关系对模型精度进行检验。为了检验利用 MODIS 数据预测植被覆盖度与实测植被覆盖度之间关系的密切程度,这里选用标准误差(SE)^[16]和平均误差系数(MEC)^[17]对预测值进行检验。

标准误差计算公式为:

$$\text{SE}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y-y')^2}{n}} \quad (5)$$

平均误差计算公式为:

$$\text{SE}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \frac{|y-y'|}{y}}{n}} \quad (6)$$

总体预测精度计算公式为:

$$\text{总体预测精度}=1-\text{总体相对误差平均值} \quad (7)$$

式中: y——样方实测值; y'——模型预测值; n——检验样方的个数。

通过验证结果表明,预测值和实测值两者间相关性较好($R=0.882$),模型的标准误差 SE 为 11.55%,总体预测精度达到了 88.92%。表明在植物生长最旺盛季节,基于地面光谱模型建立的 MODIS 光谱估算模型预测精度较高,具有较好的科学性和应用性,方法简单,易于计算。

3.4 植被覆盖度等级划分

将研究区遥感影像 NDVI 灰度图,利用公式(4)计算得到研究区单波段的植被覆盖度图。根据研究区的实际情况,参考陈效速等^[18]对植被覆盖度的划分方法,将研究区的植被覆盖度划分为 5 级:80%以上为极高覆盖,60%~80%为高覆盖,40%~60%为中覆盖,20%~40%为低覆盖,20%以下为极低覆盖。评价指标和等级划分及研究区各等级所占比例详见表 1,划分结果如图 1 所示。从研究区植被覆盖度等级划分上看,整个研究区植被覆盖呈现出北部和西部高、东部低的趋势。其中,极高植被覆盖度区域平均植被覆盖度为 83.06%,主要分布在巴音布鲁克草原以北的那拉提草原,由于来自伊犁河谷的水汽条件较好,这里降水丰沛,分布着大面积的优质草场和林地,且景区内设有草原管理,大部分游客按照固定线路参观,不分散活动,草场保护较好,因此植被覆盖度高;高植被覆盖度区域平均植被覆盖度为 67.98%,主要分布在大尤尔都斯盆地南部的山前平原,由于近年来实行的草场保护政策,将此区域的大面积草场进行围栏保护,使这里自然环境恢复较好,草场退化得到了及时遏制并开始好转,植被覆盖度相对较高;中植被覆盖度区域平均植被覆盖度为 48.91%,主要分布在大、小尤尔都斯盆地四周的山前草场,这些区域为巴音布鲁克草原放牧草场的主要分布区域,由于近年来的实行的季节放牧和草场保护政策,使得这些区域植被覆盖度有所提高,这里部分区域已进入山区,坡度较大,人类活动不易到达,干扰较少,因此植被覆盖度能达到中覆盖等级;低植被覆盖度区域平均植被覆盖度为 25.51%,主要位于大尤尔都斯盆地西部的天山石林区和小尤尔都斯盆地中部的大面积区域,这里由于人类的长期过度放牧,放牧历史悠久,草场退化极

为严重;极低植被覆盖区域平均植被覆盖度为 10.81%,主要分布在巴音布鲁克草原四周山区,这里主要为裸岩和冰雪覆盖区,植被覆盖度最低,而在小尤尔都斯盆地的中植被覆盖区内也有类似带状的极低植被覆盖区的分布,这是由于有大量矿山的分布,它们依河谷而建,道路的建设和矿山主体的挖掘破坏了植被覆盖层,使得岩石裸露,出现极低植被覆盖区。

从研究区地物要素分布上看,保护区内平均植被覆盖度达到 70.9%,主要为草甸草原和湿地分布,植被覆盖度较高,其中核心区内部由于海拔低,河流流经,湿地遍布,不适合人类居住,因此水草丰美,生态环境保护最为完整;保护区外平均植被覆盖度为 42.1%,明显低于保护区内部,且在大尤尔都斯盆地中,保护区外西侧的覆盖度整体低于东侧覆盖度,这是因为该地区有公路穿过,人类更易于到达,长期的

过度放牧使得这里的草场退化,植被覆盖度明显较低;居民点分布区域植被覆盖度相对较低,这些区域除了人类分布外还有较大面积的草场分布,因此草场受人类活动影响较大,牧草的得不到及时的恢复,生产力逐年下降,致使植被覆盖度迅速降低。

从研究区分区上看,大、小尤尔都斯盆地和那拉提 3 个区域呈现出明显的植被覆盖度差异。其中,小尤尔都斯盆地中,中、低植被覆盖等级区域占整个盆地的 83%,这里开发较早且超载放牧,退化严重,草场恢复较困难;大尤尔都斯盆地中,以中、高植被覆盖等级区域为主,占整个盆地的 72%,低覆盖等级区域只占 6%,可看出这里草场保护相对较好,恢复程度较高;那拉提草原水汽条件较好,牧草生长旺盛且该地区旅游实行限制性进入措施,因此草场保护较好,植被覆盖度等级呈极高覆盖等级且占 90%以上。

表 1 研究区植被覆盖度评价指标和等级划分及各等级所占比例

植被覆盖等级	覆盖等级评分	等级划分方法	各等级面积/km ²	所占比例/%
极高覆盖	1	植被覆盖度在 80%以上	4 373.02	18.87
高覆盖	2	植被覆盖度在 60%~80%	5 934.73	25.61
中覆盖	3	植被覆盖度在 40%~60%	7 246.41	31.28
低覆盖	4	植被覆盖度在 20%~40%	3 211.68	13.86
极低覆盖	5	植被覆盖度在 20%以下	2 406.58	10.38

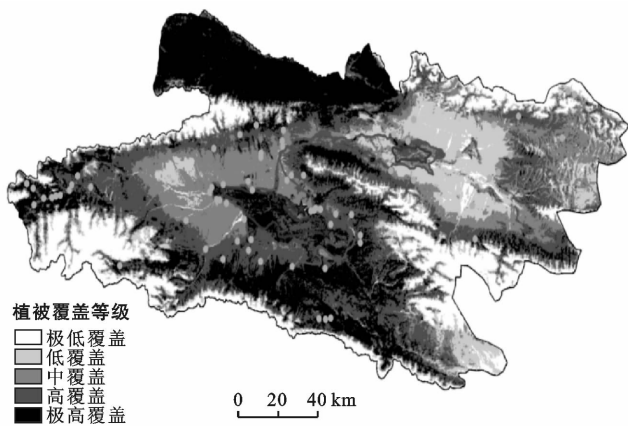


图 1 研究区植被覆盖度等级分布

4 讨论与结论

4.1 讨论

植被覆盖状况能够反映当地的生态环境状况,快速准确地获取植被覆盖信息,对当地生态环境治理和畜牧业发展及经济建设有着重要的指导意义。本研究在较短的试验时间内,获取了研究区大量的试验样本数据,植被覆盖度估算模型是基于野外获取的实测数据和 MODIS/TERRA 卫星遥感影像得到的数据,将地面测量和遥感反演相结合,实现植被覆盖度估算的反演模型。最后在模型反演的基础上对整个研究

区植被覆盖度进行了等级的划分。其他学者也有相似的研究方法,如陈艳梅等^[10]通过分析 MODIS/TERRA 卫星的 NDVI 与实测 NDVI 的关系,建立预测呼伦贝尔草原植被覆盖度的 MODIS 光谱模型,模型精度较高。本研究只是建立了光谱估算模型,并未对模型进行进一步应用。有些学者在研究中使光谱估算模型得到进一步应用。刁兆岩等^[4]运用回归分析方法,建立地面光谱模型,通过比较,选择 R^2 最大的乘幂模型作为呼伦贝尔沙化草原植被覆盖度估算的光谱模型,并利用模型对沙化草地主体部分的 2009,2010 年植被覆盖度进行估算。本研究只是说明了两个年份中研究区内植被覆盖度的最大值与最小值,并未进行更深入地植被覆盖度分析。包刚等^[19]以北京大学“无人机遥感载荷综合试验场”为试验区,采集草地植被覆盖度和相应样方冠层高光谱反射率数据,建立高光谱 EVI 模型,并与 TM 数据相结合生成研究区植被覆盖度空间分布图。本研究只是进行植被覆盖度的等级划分,并未对研究区内部的空间差异进行深入研究分析。

本研究在借鉴前人应用光谱估算模型进行植被覆盖度研究的经验基础上,将该技术方法应用到新疆巴音布鲁克草原,建立精度较高的光谱估算模型,在模型基础上对研究区内植被覆盖度进行 5 个等级划

分,并从等级划分、地物要素和分区3个方面进行植被覆盖度的深入分析,清晰地呈现了研究区植被覆盖度的内部差异性,这是运用光谱估算模型对巴音布鲁克草原植被覆盖度研究的首次尝试,对于了解草原当前植被覆盖度分布状况及草场退化研究具有重要的参考价值。

本研究建立的研究区植被覆盖度估算的光谱模型仅有2014年研究区植物生长旺盛时的实测数据,只能进行本年度的植被覆盖度估测,为了使研究更具完整性和可信性,在未来几年内应该继续进行同类同时期或同类不同时期试验,研究整个生长季植被覆盖度与植被指数的关系;应用所建立的估算模型在对相同或相似地区以及相同植物生长季节的植被覆盖度进行估算时,估算结果会比较准确,但是对于不同年份、不同植被群落、不同的生长季进行估算时,结果误差可能会比较大,这还需要进一步验证,因此在今后的研究中要对历史数据进行妥善保存、归纳和有效整理,或者可以适当的增加模型中所涉及到的变量,以进一步修正模型,提高模型的实践应用性和普适性。

4.2 结论

(1) 基于实测 SOC_NDVI 估测植被覆盖度 VC 的地面光谱模型是简单的线性函数,该模型 R^2 达到 0.865;MODIS_NDVI 和实测 SOC_NDVI 之间也为线性关系, R^2 为 0.731;基于上述两个线性方程得到估算植被覆盖度的 MODIS 光谱估算模型。

(2) 经检验,MODIS 光谱模型相关系数 R 达到了 0.882,模型的标准误差 SE 为 11.55%,总体预测精度达到了 88.92%。基于地面光谱模型建立的 MODIS 光谱估算模型预测精度较高,可估算巴音布鲁克草原生长旺季的植被覆盖度,具有较好的科学性和应用性,方法简单,易于计算,为研究区遥感监测提供了必要的理论依据和数据支持。

(3) 根据本研究得到的 MODIS 光谱模型,将研究区遥感影像 NDVI 灰度图转化为单波段的植被覆盖图,并将其植被覆盖度划分为 5 个等级:极高覆盖、高覆盖、中覆盖、低覆盖及极低覆盖,它们在研究区中所占比例分别为:18.87%,25.61%,31.28%,13.86%和 10.38%,可看出研究区内中、高覆盖度区域所占比重较大,低、极低、极高覆盖度区域所占比重较小。在此基础上从等级划分、地物要素和分区 3 个方面进行植被覆盖度分析,清晰地呈现了研究区植被覆盖度的内部差异性,在今后的草原治理以及生态恢复中具有重要的实用价值和参考意义。

[参 考 文 献]

[1] 李克让,王绍强,曹明奎. 中国植被和土壤碳贮量[J]. 中

国科学(D辑):地球科学,2003,33(1):72-80.

- [2] 陈育峰. 自然植被对气候变化响应的研究:综述[J]. 地理科学进展,1997,16(2):72-79.
- [3] 程红芳,章文波,陈锋. 植被覆盖度遥感估算方法研究进展[J]. 国土资源遥感,2008(1):13-18.
- [4] 刁兆岩,徐立荣,冯朝阳,等. 呼伦贝尔沙化草原植被覆盖度估算光谱模型[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(2):139-144.
- [5] 张云霞,李晓兵,陈云浩. 草地植被覆盖度的多尺度遥感与实地测量方法综述[J]. 地球科学进展,2003,18(1):85-93.
- [6] Kenneth M, Timothy M, Lynn F. Hyperspectral mixture modeling for quantifying sparse vegetation cover in arid environment[J]. Remote Sensing of Environment, 2000,72(3):360-374.
- [7] Kallel A, Hégarat-Masclé S L, Ottlé C, et al. Determination of vegetation cover fraction by inversion of a four-parameter model based on isoline parametrization[J]. Remote Sensing of Environment, 2007, 111(4): 553-566.
- [8] Jiang Zhangyan, Huete A R, Chen Jin, et al. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction[J]. Remote Sensing of Environment, 2006,101(3):366-378.
- [9] 贾宝全. 基于 TM 卫星影像数据的北京市植被变化及其原因分析[J]. 生态学报,2013,33(5):1654-1666.
- [10] 陈艳梅,高吉喜,刁兆岩,等. 呼伦贝尔草原植被覆盖度估算的光谱模型[J]. 中国环境科学,2010,30(9):1287-1292.
- [11] 兰明娟,魏虹,熊春妮,等. 基于 TM 影像的重庆市北碚区地表植被覆盖变化[J]. 西南大学学报:自然科学版,2009,31(4):100-104.
- [12] 艾海买江,阿吉. 新疆巴音布鲁克草原生态退化与恢复的探讨[J]. 新疆畜牧业,2013,18(2):59-61.
- [13] 麦合木提克衣木,艾尼瓦尔苏来曼,滕永青,等. 巴音布鲁克草原资源利用现状及可持续发展策略[J]. 现代畜牧兽医,2007(7):20-21.
- [14] 李文利,何文革. 新疆巴音布鲁克草原退化及其驱动力分析[J]. 青海草业,2008,17(2):44-47.
- [15] 郭玉川,何英,李霞. 基于 MODIS 的干旱区植被覆盖度反演及植被指数优选[J]. 国土资源遥感,2011(2):115-118.
- [16] Beerli O, Phillips R, Hendrickson J, et al. Estimating forage quantity and quality using aerial hyperspectral imagery for northern mixed-grass prairie[J]. Remote Sensing of Environment, 2007, 110(2):216-225.
- [17] 杜自强,王建,沈宇丹. 山丹县草地地上生物量遥感估算模型[J]. 遥感技术与应用,2006(4):338-343.
- [18] 陈效述,王恒. 1982—2003 年内蒙古植被带和植被覆盖度的时空变化[J]. 地理学报,2009,64(1):84-94.
- [19] 包刚,包玉海,覃志豪,等. 高光谱植被覆盖度遥感估算研究[J]. 自然资源学报,2013,28(7):1243-1254.