

利用 MODIS—NDVI 进行沙化土地评价研究

——以陕西省北部地区为例

霍艾迪¹, 张广军¹, 武苏里², 岳曼¹

(1. 西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学信息工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 利用新一代卫星遥感 MODIS 影象数据, 结合地面调查数据, 对 2006 年 5 月份 MODIS 影象数据的归一化植被指数(NDVI)进行了植被专题信息的提取, 与植被覆盖度建立线性回归模型, 得出陕西省北部地区的沙漠化土地分级图。分析结果表明该分级图与陕北植被空间变化特征有很强的一致性。该方法适宜于以地面调查数据为基础的植被盖度提取, 为遥感技术在沙化土地评价中应用提供了有效途径。

关键词: 沙化土地评价; 植被盖度; 归一化植被指数(NDVI); 回归模型

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)02-0154-05

沙化土地是指由于各种因素形成的以沙物质地表为主要标志的退化土地。它是自然环境恶化的结果。随着社会经济发展和人类的不合理开发利用, 环境压力越来越大, 土地沙化日趋严重。当前, 防沙治沙工作已引起各级政府部门的高度重视, 并投入大量资金实施沙化土地治理工程。现行的沙化土地监测方法是采用以地而调查为主, 结合 TM 图像目视判读技术, 监测周期一般为 5a^[1]。这种监测体系投资大、周期长, 已不适应全国防沙治沙新形势的要求, 因此, 引用新型对地观测技术, 建立一个高技术含量、短运行周期的监测体系, 并使之实用化, 既是实施防沙治沙工程的急需, 也是全国沙化土地及荒漠化土地监测工作的需要。

中分辨率成像光谱仪 MODIS (Moderate Resolution Imaging Specter radio meter) 是 EOS 计划的 Terra 卫星(EOS—AM)和 Aqua 卫星(EOS—PM)携带的最重要的传感器。它带有 490 个探测器, 是有 36 个光谱波段的被动成像光谱辐射计。

归一化植被指数(NDVI)可以较好地反映植被的盖度和产量信息特征。MODIS 数据中, 用于计算 NDVI 的 RED 波段和 NIR 波段比以往研究常用的 1km 分辨率的 NOAA—AVHRR 能更详尽地反映地表的差异。本文选用 MODIS 影象数据的 RED (红光)和 NIR(近红外)波段波幅更窄, 避免了 NIR 区水汽吸收问题, 使其在整体上比 AVHRR 性能更加稳定^[2]。因此, 利用 MODIS 数据定期对 NDVI 值进行分析, 则有助于对土地退化状况进行有效的

动态监测。

1 沙化程度分级

根据国家林业局京津风沙源治理工程及工程区沙化土地监测技术规程(试行)2002, 将沙化程度划分如下:

(1) 微度。植被盖度 > 70% 的沙化耕地, 或作物生长较好、基本不缺苗的沙化耕地。

(2) 轻度。植被盖度 50%~70%, 基本无风沙流活动的沙化土地, 或一般年景作物能正常生长、缺苗较少(一般少于 30%)的沙化耕地。

(3) 中度。植被盖度 50%~30%, 风沙活动不明显的沙化土地, 或作物长势不旺、缺苗较多(一般 30%~60%)且分布不均的沙化耕地。

(4) 重度。植被盖度 30%~10%, 风沙活动明显或流沙纹理明显可见的沙化土地, 或植被盖度 ≥ 10% 的风蚀劣地、戈壁, 或作物生长很差, 缺苗率大于 60% 的沙化耕地。

(5) 极重度。植被盖度 < 10% 的沙化土地或植被盖度 < 10% 的风蚀劣地、戈壁。

2 数据和方法

2.1 研究区的自然概况

研究区位于陕西省北部, 东经 107°35'~111°29', 北纬 37°35'~39°02', 总面积为 356.44 万 hm², 行政上包括延安、榆林两市。该区海拔 800~1 800 m, 横山以东地形走势由西北向东南倾斜, 横山以西

收稿日期: 2007-04-20

基金项目: 国家科技部科研院所社会公益研究专项(2005DIA3J006)

作者简介: 霍艾迪(1971—), 男, 陕西省户县人, 在读博士, 研究方向为水土保持与荒漠化防治。

* 通信作者: 张广军, 教授, 博导。E-mail: zhgj@public.xa.sn.cn.

南高北低。大体以长城为界,西北部是毛乌素沙地,地势平缓,沙丘绵延不断,滩地、海子散布其间;东南部是黄土高原,其西段为白于山,是黄土覆盖的低山丘陵,地面连绵起伏,切割较弱,坡度相对较小。东北部是以梁峁地形为主的黄土丘陵,地面破碎,切割强烈,零星分布着流沙和裸露的基岩。在地质地貌上,是沙区向黄土区过渡,以风沙地貌类型为主。出露于地表的岩性为中生代杂色砂页岩和新生代的松散沉积物,结构疏松,极易风化吹蚀,是沙地的物质基础。在气候上,处于温带季风区的边缘,是干旱、半干旱区向亚湿润区的过渡区。受东南季风影响较弱,春季干旱多风,夏季炎热短促,秋季多暴雨且集中,冬季干冷漫长。在植被地带性分布上,处于暖温性草原带,是荒漠、荒漠草原向森林草原的过渡。研究区土壤以淡栗钙土和沙性淡栗钙土为主,处于棕钙土向栗钙土和黑垆土过渡带。该区属于内陆半干旱季风气候,光照充足、热量丰富、降水稀少、蒸发强烈;冬季寒冷、夏季温热、无霜期短、大风日数多,自然环境较为恶劣,是一个典型的多层次生态过渡带^[3]。

2.2 遥感数据源

利用中科院地理科学与资源研究所全球变化信息研究中心 MODIS 地面站接收的 2006 年 5 月的 L1B 数据,是 16 d 合成的数据集,空间分辨率为 250 m。所用的通道是可见光和近红外波段。经地理坐标几何精度校正,其地理精度达 1~2 个象元(象元为 250 m×250 m)。本文之所以选择 5 月是从风蚀的角度来考虑的。如果从治理效果来看,应该选择在 7~8 月。冬、春季是大风季节,新叶未萌动,植被防风蚀的效果、控制风沙的能力,主要表现在这个季节。所以,最好选择这个季节,以观察植被对风蚀控制的实际情况。

2.3 研究方法

沙漠化的分级是以植被盖度为主要指标,植被盖度又能由遥感影像反演的 NDVI 充分反映,并与 NDVI 呈正相关。即植被盖度愈好,NDVI 值愈大。尤其是在沙化地区,植被盖度一般小于 80%,这种关系更为密切。所以利用 MODIS 影像反演的 NDVI 可用于植被覆盖度的计算,计算结果可用于沙漠化土地的分级。

2.3.1 MODIS 数据预处理 本文选择的 MODIS L1B 数据是地球观测反射波段产品科学数据,由于只是对于研究方法的探讨,选择的是连续的、较短时间内的 MODIS 遥感影像进行分析和研究。MODIS 数据经辐射校正之后生成的 L1B 产品是包含有地

理坐标产品的数据,但是“科学数据”和“地理数据”还没有连接,直接显示时,边缘存在“蝴蝶结”(也称为:“双眼皮”,Bow-tie)现象,因此 MODIS L1B 的数据的预处理主要是包括去除“Bow-tie effect”和几何校正^[4]。

2.3.2 Bow-tie 处理 美国 RS 1 公司的 IDL (Interactive Data Language)交互式数据语言中提供几十个函数可对 HDF 数据进行读写处理。利用 IDL 语言开发的 ENVI 的扩展模块——“Bow-tie correction”,便可去除 MODIS 的“蝴蝶结”影响。

2.3.3 MODIS 图像几何校正 MODIS 数据本身带有详细的经纬度波段信息,是 1km 分辨率 MODIS 数据中对像素点的经纬度信息,以波段的形式存放。ENVI 软件提供了用既定地理信息校正影像功能,可利用 MODIS 数据中的地理信息对影像进行几何校正,无需再选择地面控制点,缩短了校正时间,精度比人工选择地面控制点的方法更高。具体操作是:在 ENVI3.6 的主菜单 Basic Tools 下,选择 Preprocessing → Data - Specific - Utilities → MODIS L1B → Georeference Data,便可利用 MODIS 数据中的地理信息(在 HDF 文件中包含)对影像(Bow-tie correction 纠正后的影像)进行几何校正^[5]。在选择参数(Pixels between Lat/Lon Values)时,应按不同分辨率区别对待,250m 分辨率的波段取 4,500 m 分辨率的波段取 2,1000 m 分辨率的波段取 1,以保证校正精度。由于 HDF 的 GLT(Geometry Lookup Table)大小同 250 m 分辨率的影像和 500 m 分辨率的影像不同,因此在校正的过程中必须涉及到重采样。选择双线性插值法,使图像平滑,同时像元分辨率选择与原始分辨率相同的像元大小(投影选择:Geographic Lat/Lon, Units: Degree 或 UTM ZONE 49, 椭球体:WGS-84)。

2.3.4 MODIS-NDVI 计算 根据 NDVI 的计算原理。选取 MODIS 数据中 band 1 和 band 2 波段(波长分别为 620~670 nm, 841~876 nm)。ENV1 软件包 basic tools 下拉菜单中,通过 bandmath,采用公式:NDVI = (float(b2) - float(b1)) / (float(b2) + float(b1))提取 2006 年同期 MODIS-NDVI 浮点图 1。式中,b1,b2 分别为 band1 和 band2 的反射率,采用 float()函数取其浮点数。

2.3.5 地面调查内容及方法 地面调查的目的是通过对地面有关植被各项因子、土地利用和土壤各项因子的实地调查,进行地物参数的定量反演,为土地沙化评价、生态工程建设质量评价的遥感信息提取提供依据。调查内容包括自然因子(样地号、调查

时间、样地面积、地理坐标、海拔、地形地貌、土地利用类型)、沙化土地评价因子(沙化类型、沙化程度、植被类型、植被总盖度、主要植物种、植被总生物量、土壤质地、土壤含水率)及工程治理状况(治理类型、治理效果)。调查方法是根据飞行设计的条带,选择野外调查线路和调查样地。调查样地以自然景观较为一致的地块为对象,每个地块设置 40~50 个样地,从中心点分别向四个方向各拉 100 m 测绳,每隔 10 m 选择一个样地,大小为 1 m×1 m,最后用其平均值来代替该地块的最终值。野外调查利用 GPS 定位系统确定样地位置。

3 结果与分析

3.1 陕西省植被指数 NDVI 的空间变化规律

3.1.1 归一化植被指数分级分布图的生成 将陕西省北部地区 2006 年 5 月的 NDVI 图像按照行政边界裁剪,得到 NDVI 分布图(图 1)。

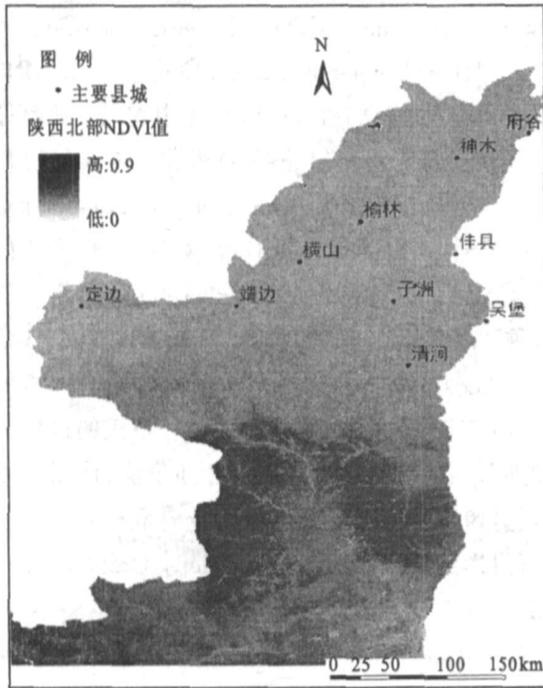


图 1 2006 年 5 月植被指数
Fig.1 NDVI of may, 2006

3.1.2 植被指数的空间变化特征分析 从 NDVI 图可以看出:研究区北部植被指数值范围主要在 0.1~0.58 之间,平均约为 0.38,总体上分布均匀;中部 0.29~0.81 之间,平均 0.58,分布比较均匀,且在中部有一块相对值较高的区域;南部在 0.17~0.83 之间,平均为 0.62,指数高低分布不均匀,差异较大。从北到南 NDVI 总体上呈递增趋势。

3.2 植被盖度的计算

通过地面调查数据对植被指数与植被盖度之间

的关系进行拟合,用线性模型对研究区进行植被盖度反演,如图 2 所示。

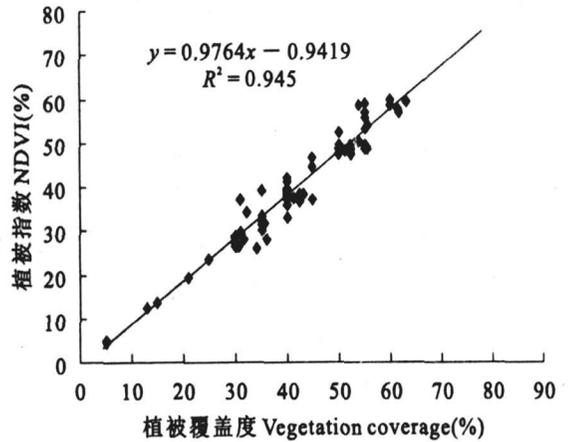


图 2 植被盖度与植被指数的经验拟合

Fig.2 Experience fitting of vegetation cover and NDVI

3.3 沙化土地的评价及其分布特征

对植被盖度和植被指数通过相同点匹配和相关分析,求出回归方程,即

$$y = 0.9764x - 0.9419 \quad (2)$$

式中, x 为由 MODIS 数据获得的 NDVI 值; y 为植被盖度。回归系数为 0.98,说明植被盖度和植被指数间的关系为线性关系,比例系数为 0.9764,接近 1。

用公式(2)求出对应的临界 NDVI 值,用前面给出的沙化土地评价标准,对研究区进行沙化土地评价,评价结果见图 3 及表 1。

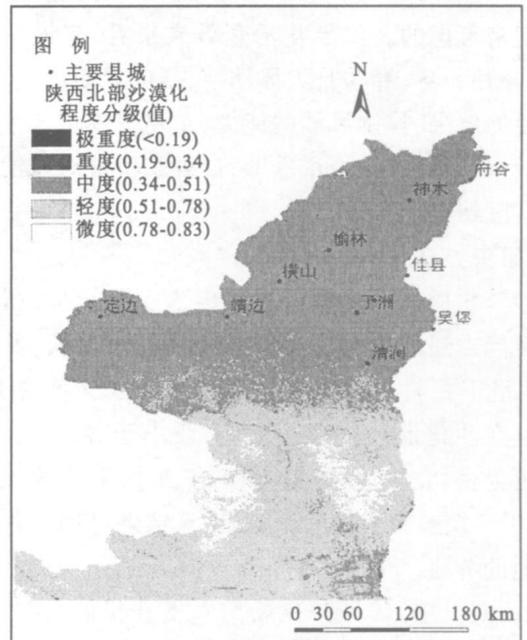


图 3 2006 年 5 月植被指数分级图

Fig.3 Class of NDVI of may, 2006

表 1 沙化土地分级表

Table 1 Class of sandy desertification

范围 Range	NDVI 颜色 NDVI color	沙化等级 Class of desertification
<0.1	<0.19	极重度沙漠化 Extremely serious
0.1~0.3	0.19~0.34	重度 Serious
0.3~0.5	0.34~0.51	中度 Moderate
0.5~0.7	0.51~0.78	轻度 Slight
>0.7	0.78~0.83	微度 Little

用该公式对沙化土地的临界值进行回归,求出对应的临界 NDVI 值,用前面给出的沙化土地评价标准,对研究区进行沙化土地分级,分级评价结果见表 1。将分级矢量图与陕北各县行政矢量图投影转

表 2 2006 年毛乌素沙地各县不同程度的沙漠化土地面积

Table 2 Area of different classes of sandy desertification in various counties in Maowusu desert in 2006

县名 County	轻度 Slight	中度 Moderate	重度 Serious	严重 Very serious	沙漠化面积 Area(km ²)	全县面积 Total area(km ²)	沙漠化占有率(%) Proportion
榆林 Yulin	1666.60	991.70	863.70	873.70	4395.70	6892.00	63.77974
神木 Shenmu	1428.80	899.80	475.20	411.20	3215.00	7508.50	42.81814
横山 Hengshan	250.60	183.70	180.30	177.30	791.90	4219.00	18.76985
靖边 Jingbian	501.28	352.20	195.70	136.30	1185.48	4971.50	23.84552
定边 Dingbian	1541.00	688.20	193.30	52.48	2474.98	6846.90	36.14745
合计 Total	5388.28	3115.60	1908.20	1650.98	12063.06	30437.90	39.63171

4 讨 论

1) 本文选择 5 月是从风蚀的角度来考虑的。

2) 任何土地利用的变化从理论上讲必然能够反映到卫星图像的亮度指数和植被指数变化上。本研究也曾尝试过用植被指数图像相减来检测植被的变化。然而只是简单地对比分析两个时相的 NDVI 图像的变化。虽然能够突出植被变化的信息,但要区分植被是变好或变坏,实际上很难给出一个确切的阈值,而且难以判别变化的类型和变化的量;同时也难以分清哪些是需要监测的变化,哪些是不感兴趣的变化,而且如果仅仅依靠地面定位监测也只能反映局部状况。采用连续的 MODIS-NDVI,结合 GPS 定位调查数据,就能够实现从遥感图像中提取到同名地物点的 NDVI 值或遥感信息,实现目标点植被变化检测并进行评价。该研究不仅仅实现了从宏观上监测荒漠植被变化的可能性,重要的是通过遥感信息和地面数据的结合,挖掘提炼出感兴趣区目标点的信息,进而分析变化的原因并进行评价。就是说,如果知道某一点的 GPS 定位数据,就可以

换、矢量叠加运算,求出不同程度沙漠化土地面积。

各种程度的沙漠化土地面积在毛乌素沙地陕北各县的分布见表 2。沙漠化是毛乌素沙地最主要的荒漠化类型^[6],就沙漠化程度而言,2006 年 5 月毛乌素沙地的沙漠化土地以轻度和中度沙漠化土地为主,占沙漠化土地总面积的 70.49%。轻度、中度、重度和严重的沙漠化土地分别占沙漠化土地总面积的 44.67%、25.83%、15.82%和 13.69%。沙漠化情况较轻的是东南沙地水分条件较好的横山、靖边和定边,且轻度和中度沙漠化土地所占比重较大。但是沙漠化情况也不容乐观,沙漠化程度最轻的横山,沙漠化土地的占有率也达到了 18.77%。总体上,毛乌素沙地的沙漠化情况比较严重。

任意地提取任何目标点的植被信息,从而实现对感兴趣区的适时动态监测。

3) 地面数据采集与遥感数据保持时间上的一致性和同步性。不论是遥感数据,还是地面数据都尽可能地减少干扰,保证采集和提取的数据及信息的精度,使得分析尽可能客观和准确。在此基础上,才能正确检测植被变化以及治理的效果。

4) 对于遥感数据的选择也是监测成功与否的关键。MODIS 数据具有高的时间分辨率,一天至少可以有一次过境数据,对于实时监测是可行的,而且数据选择余地较大,可以尽量剔除云的影响^[6]。MODIS 数据波段较窄,有利于消除大气干扰。研究中由于进行遥感和地面同步观测,所以对遥感数据只选择当日接收的晴空数据。对于遥感数据只做了必要的 Bow-tie 和几何精度校正⁽⁵⁾,没有任何其他处理,只保留原始数据结构,在此基础上进行植被信息提取,这样做可以减少信息损失而且简单易行。

5) 避免 MODIS 数据中云的影响。用于 NDVI 计算分析的数据在保证无云的前提下尽量取同步数据。在有云的情况下,采用邻近无云天气数据内插

平滑得到^[7]。

5 结 论

本文应用 MODIS 数据进行了植被信息提取及定量分析方法的研究,通过建立线性回归模型,进行植被盖度反演,取得较好的结果。通过地面实测数据与覆盖面积大、分辨率较低遥感影像反演数据间建立模型,进行信息转换,实现了较大区域的定量分析及沙化土地评价。研究中采用地面调查使用的沙化土地评价标准,使得直接用遥感技术进行沙化土地评价成为可能。但对于区域性的沙化土地评价,研究区面积还不够,还需在更大区域进行推广实验。如何将遥感技术应用到生产中并使之实用化,真正建立起高技术含量、短运行周期的监测体系,还有待于进一步研究。

参 考 文 献:

- [1] 龙 晶. 沙化土地遥感评价方法[J]. 国土资源遥感, 2005, 63(1): 17-20.
- [2] 邢旗. 应用 MODIS-NDVI 对草原植被变化监测研究——以锡林郭勒盟为例[J]. 草地学报, 2005, 1(3): 15-19.
- [3] 黄广生, 吴 方. 基于 GIS 的陕北景观结构[J]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(9): 106-110.
- [4] 徐丽华, 李先华, 梁宗经, 等. 基于 MODIS 数据的多时态大气程辐射遥感影像生成方法的研究[J]. 中国科技论文在线, 2004, (1): 1-10.
- [5] 张京红, 景毅刚. 遥感图像处理系统 envi 及其在 Modis 数据处理中的应用[J]. 陕西气象, 2004, (1): 27-29.
- [6] 郭 坚, 王 涛, 薛 娴, 等. 毛乌素沙地荒漠化现状及分布特征[J]. 水土保持研究, 2006, (3): 198-203.
- [7] 赵冰茹, 刘 闯, 刘爱军, 等. 利用 MODIS-NDVI 进行草地估产研究[J]. 草业科学, 2004, 21(8): 12-15.

The application of remote sensing technique to sandy desertification assessment based on MODIS data

—Taking North Shaanxi as an example

HUO Ai-di¹, ZHANG Guang-jun¹, WU su-li², YUE Man¹

(1. College of Environment and Resources, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Information Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Making use of the MODIS data of the new generation satellite remote sensing and combining with inquisition data in the ground at the same time, we withdrew information about the vegetation coverage using the NDVI in May, 2006. And then, we built the linear regress model and the ratings diagram of the sandy desertification evaluation in the north area of Shanxi Province. The results of our analysis shows that the ratings diagram has very strong coherence with the characteristics of the vegetation space changes in the north area of Shaanxi Province. Our research is built on the basis of the land surface research data and it provides an effective way of assessing sandy desertification of remote sensing technology.

Key words: sandy desertification assessment; vegetation coverage; vegetation index; regress model