

# 基于 MODIS-NDVI 的甘肃河东地区 植被覆盖度动态监测

李小亚, 张勃, 靳自宝

(西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070)

**摘要:** 基于 MODIS-NDVI 遥感数据, 利用像元二分模型估算河东地区 2000—2010 年的植被覆盖度, 并在像元尺度上分析河东地区植被覆盖度的时空变化规律及其驱动因子。结果表明: 河东地区平均植被覆盖度为 50.93%, 其中, 甘南高原覆盖度最高, 河东北部最低, 植被覆盖度由南向北递减; 研究时段内年平均植被覆盖度大于 60% (优等) 的区域占 23.06%, 且 90.49% 的区域植被覆盖度呈增加趋势, 以河东中部植被覆盖度增加速度最快, 为 33.68%。从空间尺度上来看, 降水是其主要的影响因素; 而从时间尺度上, 最主要的影响因素可能是植树造林。

**关键词:** 植被覆盖度; 像元二分模型; 植被变化; 河东地区

中图分类号: Q948; TP75

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)01-0112-04

## Dynamic Monitoring of Vegetation Coverage Change in Hedong Area of Gansu Based on MODIS-NDVI

LI Xiao-ya, ZHANG Bo, JIN Zi-bao

(College of Geographic and Environmental Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** Based on the MODIS/Terra NDVI remote sensing data, the vegetation coverage from 2000—2010 in Hedong region was estimated and the spatial and temporal change characteristic of vegetation coverage and the driving factors was analyzed by using the dimidiated pixel model. The results showed that the average vegetation coverage was 50.93% in Hedong region where the vegetation coverage was maximum in Gannan Plateau, and the minimum value distributed in the northwestern part. The vegetation coverage decreases from south to north. The average vegetation coverage more than 60% occupied 23.06% of the region. The regional vegetation coverage in the 90.49% of the region had an increasing trend, especially in the middle of Hedong region where the vegetation coverage increased fastest (33.68%). It can be seen rainfall was the main factor on the spatial scales, and afforestation was the key influence factor on the time scale.

**Key words:** vegetation coverage; dimidiated pixel method; vegetation change; Hedong area

植被覆盖度是指植被在地面的垂直投影面积占统计区面积的百分比<sup>[1]</sup>。植被覆盖度是一个反映地表植被群落生长态势的综合量化指标<sup>[2]</sup>。归一化植被指数(NDVI)能很好地消除数据之间的高阶冗余, 便于提取有效信息<sup>[3]</sup>, 植被覆盖度及其变化是区域生态环境环境变化的重要指示, 获取地表植被覆盖及其变化信息, 了解植被覆盖变化对环境、资源和气候的反馈作用, 对于揭示地表空间变化规律, 探讨变化驱动因子, 分析评价区域生态环境具有重要的现实意

义<sup>[1,4]</sup>, 在全球变化研究领域受到高度关注<sup>[5]</sup>。根据检测手段, 植被覆盖度变化的研究方法可分为地面测量和遥感测量两大类<sup>[1,6]</sup>, 地面测量中最简单的方法是目测法<sup>[1,7]</sup>和样点法、样方法、样带法<sup>[1,7-9]</sup>等, 或借助于采样仪器的测量方法, 如空间定量计、移动光亮计等<sup>[1,8]</sup>。这些方法虽然精度较高, 但野外操作不便, 并且成本高, 不适合植被覆盖度的大范围快速提取。GIS 手段改变了以往花费大量人力和物力为代价获取环境背景数据的传统做法, 具有数据获取相对容

收稿日期: 2012-06-20

修回日期: 2012-07-17

资助项目: 国家自然科学基金资助项目(40961038); 生态经济学省级重点学科(5001-021); 西北师范大学知识与科技创新工程项目(NWNU-KJXCXC-03-06)

作者简介: 李小亚(1984—), 女, 甘肃秦安人, 硕士, 主要研究方向: 区域环境与资源开发。E-mail: youhappy456@163.com

通信作者: 张勃(1963—), 男, 甘肃庆阳人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 区域环境与资源开发。E-mail: zhangbo@nwnu.edu.cn

易、信息丰富、分析快速的优点<sup>[10-11]</sup>。随着遥感技术的发展及数据精度的提高,大范围的植被覆盖度估算及其它相关因子的分析得到了广泛的应用<sup>[12]</sup>。目前,基于遥感信息估算植被覆盖度可归纳为经验模型法和植被指数转换法两大类。像元二分模型是当前应用最为广泛的植被指数法,李苗苗等<sup>[13]</sup>、刘广峰等<sup>[14]</sup>、吴云等<sup>[15]</sup>和唐志光等<sup>[16]</sup>利用该模型分别对密云水库上游、毛乌素沙地、海河流域及三江源区的植被覆盖度进行了估算且精度较高。前人利用像元二分模型对其它地区的植被覆盖进行估算,本文利用不同的方法对河东地区植被覆盖进行研究。本文选择地形变化较大的甘肃河东地区作为研究区,能更好地反映植被覆盖变化的情况。

本文以河东地区为研究区,分别选用 2000—2010 年植被生长较好的 7 月份的遥感影像建立像元二分模型提取不同时间段内植被覆盖度。采用不同的方法分析河东地区植被覆盖的变化,揭示地表空间变化规律,探讨变化驱动因子,分析评价区域生态环境变化。

## 1 研究区概况

甘肃黄河以东地区简称河东地区,地理坐标为 100.73°—108.73°E,32.52°—37.30°N,处于东部季风区、西北干旱区和青藏高原高寒区三大自然区的交汇过渡带,自然景观具有显著的地域差异,在行政区划上包括白银、兰州、临夏、定西、甘南、陇南、天水、平凉、庆阳 9 个市/州,总面积 17.8 万 km<sup>2</sup>。本区由甘肃中部黄土高原与丘陵、陇南山地和甘南高原三大地貌组成,区内海拔高度变化大(600~4 800 m),除甘南高原为高寒湿润气候外,其它地区均属于大陆性季风气候,光照充足,太阳辐射强,冬冷夏热,昼夜温差大,降水少,雨热同期。由于东西、南北跨度大,加之地形起伏剧烈,气候的纬向地带性和垂直地带性明显。根据地形和气候的综合因素将河东地区划分为河东北部(白银市和兰州市)、河东中部(庆阳市、平凉市、定西市和临夏回族自治州)、河东南部(天水市和陇南市)和甘南高原 4 个区域。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源与预处理

本文所用数据主要为:① 2000—2010 年每年 7 月份的 9 景 MODIS/Terra NDVI 产品,空间分辨率为 250 m × 250 m;② 甘肃省河东地区土壤图和土地利用图;③ 2000—2010 年甘肃省河东地区及其周边共 15 个气象站点的 4—7 月份每月平均气温与降雨

资料。上述 11 个时期的遥感影像数据均摄于植被生长比较好的 7 月份,对研究区的植被生长状况具有一定的代表性,不同时期的植被状况具有可比性。采用 MRT(Modis Reprojection Tool)工具对 MODIS 9 景数据进行拼接、投影变换等处理,投影方式为 Albers 等积投影;利用 ArcGIS 10 空间分析模块计算植被覆盖度变化趋势及空间分析;利用 ERDAS IMAGE 9.3 软件进行植被覆盖度的提取。

### 2.2 植被覆盖度提取

像元二分模型<sup>[1,10,17-18]</sup>原理是假设影像上一个像元的反射率  $R$  可分为纯植被部分反射率  $R_v$  和非植被部分  $R_s$  反射率两部分,那么,任一像元的反射率值可以表示为由植被覆盖部分与非植被覆盖部分的线性加权的和:

$$R = R_v + R_s \quad (1)$$

假设影像上一个像元中有植被覆盖的面积比例为  $f_c$ ,即该像元的植被覆盖度,那么非植被覆盖的面积比例为  $1 - f_c$ 。如果该像元全由植被所覆盖,则所得的反射率为  $R_{veg}$ ,如果该像元无植被覆盖,则反射率为  $R_{soil}$ 。因此,混合像元的植被部分所贡献的信息  $R_v$  可以表示为纯植被反射率  $R_{veg}$  与像元中植被覆盖面积  $f_c$  的乘积,见公式(2);而非植被成分所贡献的信息  $R_s$  可以表示为  $R_{soil}$  与  $1 - f_c$  的乘积,见公式(3):

$$R_v = f_c \times R_{veg} \quad (2)$$

$$R_s = (1 - f_c) \times R_{soil} \quad (3)$$

通过解算式(1)、式(2)和式(3),可得到植被覆盖度的计算公式:

$$f_c = (R - R_{soil}) / (R_{veg} - R_{soil}) \quad (4)$$

其中  $R_{soil}$  与  $R_{veg}$  是像元二分模型的两个参数。只要求得这两个参数,就可以利用遥感信息根据公式(4)来估算植被覆盖度。本文选用 MODIS—NDVI 产品数据进行植被覆盖度提取,并在 ERDAS IMAGE 9.3 软件下通过 Modeler 实现植被覆盖度定量转换模型,得到不同时相的植被覆盖度图。

### 2.3 趋势线分析

趋势线分析方法可以模拟每个栅格的变化趋势<sup>[19-20]</sup>,反映不同时期植被覆盖变化的空间特征。本文采用此方法在 ArcGIS 的空间分析(Spatial Analyst)模块下模拟河东地区 11 a 的 NDVI 变化趋势,计算公式<sup>[21-22]</sup>为:

$$\theta_{slope} = \frac{n \sum_{i=1}^n i \times NDVI_i - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n NDVI_i}{n \sum_{i=1}^n i^2 - \left( \sum_{i=1}^n i \right)^2} \quad (5)$$

式中: $n$ ——监测时间段的累积年数,本文为 11 a;

$NDVI_i$ ——第  $i$  年的 NDVI;  $\theta_{slope}$ ——趋势线的斜率, 这个趋势并不是简单的最后一年与第一年的连线, 而是 2000—2010 年连续年份的趋势, 其中  $\theta_{slope} > 0$ , 说明 NDVI 在  $n$  年间的变化趋势是增加的, 反之则减少。

### 3 结果与分析

#### 3.1 河东地区植被覆盖现状空间差异分析

2010 年整个河东地区植被覆盖度为 60.5%。其中河东北部植被覆盖度为 12.3%, 河东中部为 50.6%, 河东南部为 83.4%, 甘南高原为 96.4%。甘肃省河东

表 1 河东地区植被覆盖度等级划分

像元灰度值分段	像元灰度值级别	植被覆盖度/%	土地利用类型	植被覆盖度等级
<128	五级	5	水域、交通过地、未利用土地	裸地
129~138	四级	5~15	零星植被、疏林地、低产草地	低等
139~158	三级	15~30	中产草地、农地、滩水地	中等
159~190	二级	30~60	高产草地、农田、林地、园林	良等
191~255	一级	>60	密林地、灌木林地	优等

据表 1, 对河东地区植被盖度进行分级如附图 2 所示, 裸地主要分布在河东中北部地区, 密林、灌木林地主要分布在南部地区。其中裸地所占比例最大, 为 49.1%, 覆盖面积为 869 297.5 km<sup>2</sup>; 密林地, 灌木林地(优等)覆盖度为 23.1%, 覆盖面积为 408 571.3 km<sup>2</sup>; 高覆盖草地、农田、林地、园林(良等)植被覆盖度为 16.8%, 面积 408 571.3 km<sup>2</sup>; 中覆盖草地、农地、滩水地(中等)植被覆盖度 7.0%, 面积 124 498.8 km<sup>2</sup>; 零星植被、疏林地、低覆盖草地(低等)覆盖度 4.1%, 面积 71 836 km<sup>2</sup>。可见河东北部主要为裸地、南部主要为密林地和灌木林地。

#### 3.2 河东地区植被覆盖度动态分析

3.2.1 甘肃河东地区植被覆盖度趋势 通过 Arc-GIS 空间分析(Spatial Analyst)模块, 计算河东地区植被覆盖趋势, 如附图 3 所示, 蓝色表示植被覆盖度增加, 黄色表示植被覆盖度减少, 11 a 间河东地区植被覆盖度增加的面积占 80.5%, 减少的占 19.5%, 减少区域主要集中在白银市、陇南东南部和甘南高原以及庆阳市的北部。植被覆盖度以增加为主, 增加的面积为 1 426 012 km<sup>2</sup>, 占总覆盖度的 80.5%。其中, 甘南高原植被覆盖度增加的面积占 13.9%, 减少的占 0.7%; 河东北部植被覆盖度增加的面积占 13.6%, 减少的占 5.4%; 中部增加的面积占 33.7%, 减少的占 3.2%; 南部增加的面积占 19.3%, 减少的占 4.3%。

3.2.2 2000—2010 年河东各地区植被覆盖度变化情况对比 由图 1 可见, 2000—2010 年, 河东各地区

地区植被覆盖度总体特征表现为南高北低(附图 1)。将植被指数利用公式归一到 0~255 之间, 归一化的 NDVI 公式为:

$$NDVI_{0\sim 255} = \left( \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right) \times 255 \quad (6)$$

式中:  $NDVI_{min}$ ,  $NDVI_{max}$ ——最小、最大归一化差值植被指数值。

根据 NDVI 归一化的结果, 结合国家“土地利用现状调查技术规程”和“全国沙漠类型划分原则”的规定, 将像元的灰度值划分为不同的植被覆盖度等级<sup>[23-24]</sup>(表 1)分析河东地区土地利用类型。

植被覆盖度变化有所差异, 甘南高原区植被覆盖度最高, 平均覆盖度为 94.6%, 植被覆盖度变化不大; 河东南部植被覆盖度平均值为 69.5%, 高于河东地区的平均值; 河东中部从 2000 年的 18.0% 增至 2010 年的 50.6%, 增加幅度较大, 低于河东植被覆盖度的平均值; 东北部植被覆盖度最低, 平均为 5.6%。

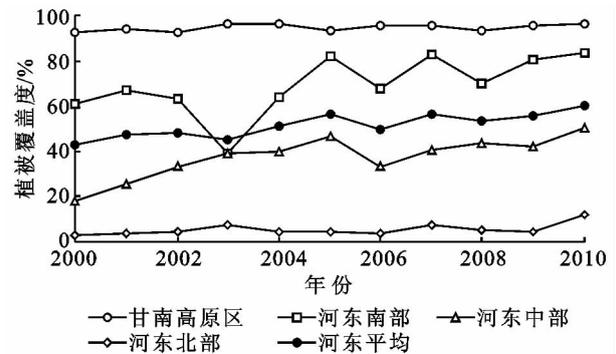


图 1 河东地区 2000—2010 年植被覆盖度变化曲线

#### 3.3 植被覆盖度驱动因子分析

1999 年甘肃省率先在全国开展退耕还林、荒山荒地造林、封山育林工程, 截至 2008 年, 全省累计完成退耕还林 66.9 万 hm<sup>2</sup>, 荒山荒地造林 99 万 hm<sup>2</sup>, 荒山育林 8 067 万 hm<sup>2</sup>, 取得了显著的生态效益, 改善了全省生态环境。处于甘肃中部的黄土高原区, 植树造林大幅度增加了植被覆盖度, 11 a 来植被覆盖度增幅最大; 而处于河东北部的陇中黄土干旱区, 由于气候原因植树造林成果不够显著; 甘南高原高植被覆盖得益于对甘南生态草原的保护; 河东南部山区植被覆盖变化较大, 主要受降水的影响; 其中 2006 年河东

各地区植被覆盖普遍出现低值,主要受 2006 年降水减少的影响。

气候因素是影响植被生长变化的一个重要因素,由于遥感影像摄于 7 月,所以本文选择植被生长季(4—7 月)平均气温和降水与对应年份的植被覆盖度做相关分析。结果表明:在空间尺度上,河东地区降雨量从南部到北部呈减少的趋势,这与植被覆盖度的变化趋势基本一致,相关系数达到了 0.80;时间尺度上,2000—2010 年降雨量呈减少趋势,和植被变化趋势不一致,可见在时间尺度上,植被的变化主要受退耕还林政策的影响。

## 4 结论

在空间尺度上,2010 年甘南高原植被覆盖度最高,为 96.4%,次之为河东南部(天水市和陇南市)为 83.4%,河东中部为 50.6%,河东北部(兰州市和白银市)最低为 12.3%。其中,河东中北部地区主要是裸地,河东南部主要是密林地和灌木林地。植被覆盖度由南向北递减。研究时段内年平均植被覆盖度大于 60%(优等)的区域占 23.06%,主要受降水南北分异影响。时间尺度上,近 11 a 来,90.49%的区域植被覆盖度呈增加趋势,以河东中部植被覆盖度增加速度最快,为 33.68%,减少区域主要集中在白银市和陇南东南部、庆阳市北部和甘南高原,可能受植树造林政策的影响。

### 参考文献:

- [1] 苗正红,刘志明,王宗明,等. 基于 MODIS NDVI 的吉林省植被覆盖度动态遥感监测[J]. 遥感技术与应用, 2010, 25(3): 387-393.
- [2] 马娜,胡云锋,庄大方,等. 基于遥感和像元二分模型的内蒙古正蓝旗植被覆盖度格局和动态变化[J]. 地理科学, 2012, 32(2): 251-256.
- [3] 李明明,周可法,孙莉,等. 基于 ICA 的遥感蚀变信息提取方法的研究[J]. 干旱区地理, 2011, 34(2): 309-316.
- [4] 潘耀忠,李晓兵,何春阳. 中国土地覆盖综合分类研究: 基于 NOAA/AVHRR 和 Holdridge PE[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 270-281.
- [5] 魏伟,石培基,赵军,等. 石羊河流域海拔、植被覆盖与景观类型空间关系研究[J]. 干旱区地理, 2012, 35(1): 91-98.
- [6] 陈云浩,李晓兵,史培军. 北京海淀区植被覆盖的遥感动态研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 588-593.
- [7] Frenette M, Julien P Y. Computer modeling of soil erosion and sediment yield from large watersheds[J]. International Journal of Sediment Research, 1987(11): 39-68.
- [8] 章文波,符素华,刘宝元. 目估法测量植被覆盖度的精度分析[J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2001, 37(3): 402-408.
- [9] Zhou Q, Robson M, Pilesjo P. On the ground estimation of vegetation cover in Australian rangelands[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998(9): 1815-1820.
- [10] 罗鹏,石军南,孙华. 基于 GIS 空间模型的库区生态敏感性评价研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2): 255-258.
- [11] 杨海波,黄诗峰,李纪人,等. 基于北京一号小卫星的密云水库水土资源遥感分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(3): 154-156.
- [12] 王兮之,梁钊雄,周显辉,等. 黄河源区玛曲县植被覆盖度及其气候变化研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 57-65.
- [13] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等. 密云水库上游植被覆盖的遥感估算[J]. 资源科学, 2004, 26(4): 153-159.
- [14] 刘广峰,吴波,范文义,等. 基于像元二分模型的沙漠化地区植被覆盖度提取:以毛乌素沙地为例[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2): 268-271.
- [15] 吴云,曾源,赵炎,等. 基于 MODIS 数据的海河流域植被覆盖度估算及动态变化分析[J]. 资源科学, 2010, 32(7): 1417-1424.
- [16] 唐志光,马金辉,李成六,等. 三江源自然保护区植被覆盖度遥感估算[J]. 兰州大学学报, 2010, 46(2): 11-16.
- [17] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社, 2003.
- [18] 顾祝军,曾志远. 遥感植被覆盖度研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(2): 18-21.
- [19] 戴声佩,张勃,王海军,等. 中国西北地区植被覆盖变化驱动因子分析[J]. 干旱区地理, 2010, 33(4): 637-643.
- [20] Stow D, Daeschner S, Hope A, et al. Variability of the seasonally integrated normalized difference vegetation index across the north slope of Alaska in the 1990s[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(5): 1111-1117.
- [21] 赵静. 基于 RS 和 GIS 技术三江源生态环境演变及驱动力分析[D]. 长春:吉林大学, 2009.
- [22] 宋怡,马明国. 基于 GIMMS AVHRRNDVI 数据的中国寒旱区植被动态及其与气候因子的关系[J]. 遥感学报, 2008, 12(3): 499-505.
- [23] 党青,杨武年. 近 20 年成都市植被覆盖度动态变化检测及原因分析[J]. 国土资源遥感, 2011(4): 121-125.
- [24] 周兆叶,储少林,王志伟,等. 基于 NDVI 的植被覆盖度的变化分析:以甘肃省张掖市甘州区为例[J]. 草业科学, 2008, 25(12): 23-29.