

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.S2.046

蒙陕甘宁能源金三角植被覆盖遥感监测与动态分析*

孙刚^{1,2} 万华伟³ 王昌佐³ 王秀⁴

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 中国科学院遥感与数字地球研究所遥感科学国家重点实验室, 北京 100101;
3. 环境保护部卫星环境应用中心, 北京 100087; 4. 北京农业智能装备技术研究中心, 北京 100097)

摘要: 蒙陕甘宁能源金三角地区以宁夏宁东、内蒙古鄂尔多斯、陕西榆林为核心, 辐射陕西延安和甘肃陇东地区, 是正在崛起的中国能源新基地。为了解该区域的植被及其动态变化, 采用 2000 ~ 2009 年 SPOT 卫星 VEGTATION 遥感数据, 对蒙陕甘宁能源金三角地区的植被覆盖变化状况进行了遥感监测和动态分析。结果显示: 金三角地区 2000 ~ 2009 年植被覆盖度总体呈增加趋势, 这与区域内近年来所实施的生态保护工程有关。其中, 2008 年最高, 为 45.45%, 2000 年最低, 为 33.74%, 2005 年和 2009 年略有下降。部分区域植被盖度降低的主要原因为城市扩张和区域资源开发。

关键词: 能源金三角 植被覆盖度 遥感 动态监测

中图分类号: TP751; Q948.15+6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)S2-0247-04

Vegetation Monitoring and Analyzing of Golden Triangle Energy in Inner Mongolia, Shaanxi, Gansu, and Ningxia Region

Sun Gang^{1,2} Wan Huawei³ Wang Changzuo³ Wang Xiu⁴

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China
2. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China
3. Satellite Environmental Application Center, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100087, China
4. Beijing Research Center of Intelligent Equipment for Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract: The “Golden Triangle” of MSGN (Inner Mongolia, Shaanxi, Gansu, Ningxia), a region with abundant energy resources, is a new energy base of China. To get the vegetation coverage status and its dynamic change, the 2000 ~ 2009 SPOT-VEGTATION NDVI (normalized difference vegetation index) of Golden Triangle energy in MSGN region was used to calculate the maximum vegetation coverage in one-year of every pixel, and the variation between ten years was analyzed. Result showed that the FVC (fractional vegetation cover) in Golden Triangle area was increased generally from 2000 to 2009. The highest average value was 45.45% in 2008, and the lowest average value was 33.74% in 2000. The vegetation coverage was declined slightly in 2005 and 2009, and the main reasons were attributed to city expansion and regional resources development.

Key words: Golden Triangle energy area Vegetation coverage Remote sensing Dynamic monitoring

引言

蒙陕甘宁能源金三角地区(以下简称金三角地区)

处于黄河上中游,包括内蒙古自治区鄂尔多斯市,陕西省榆林市、延安市,甘肃省庆阳市、平凉市,宁夏回族自治区银川市、石嘴山市、吴忠市和中卫市,共涉及 4 省

收稿日期: 2013-06-20 修回日期: 2013-07-06

* 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2012AA12A310)和国家自然科学基金资助项目(41271348)

作者简介: 孙刚, 博士生, 中国科学院遥感与数字地球研究所助理研究员, 主要从事植被定量遥感研究, E-mail: bpesun@163.com

通讯作者: 万华伟, 高级工程师, 主要从事生态环境遥感应用研究, E-mail: livelyhw@163.com

(区)9地(市)总面积 $2.4\times 10^5\text{ km}^2$,总人口约1 598万人,能源资源与矿产资源较丰富,是我国能源发展格局中可集中综合开发的国家特级能源基地,在我国能源发展中具有重要的战略地位^[1]。

金三角地区属于黄土丘陵和高原沟壑区,气候干旱,水资源贫乏,10余个县均属黄土高原丘陵沟壑水土保持生态功能区,为限制开发区^[2]。在能源基地建设的过程中对生态环境的保护尤为重要,植被覆盖作为生态环境质量的重要指标,其时空变化规律能直观地反应生态环境质量随时间的变化规律,从而及时地找出引起变化的因素,以便于进行科学的决策和预防。

由于遥感技术具有宏观、实时、动态监测的优点,在植被分布与变化监测方面发挥着愈来愈重要的作用。植被覆盖度(FVC)是指单位面积内植被(包括叶、茎、枝)的垂直投影面积所占百分比^[3],该参数在很大程度上反映了植被的生长状况,是研究生态环境变化的重要参数,而且在植被覆盖变化研究、生态环境调查、水土保持研究、蒸散量研究以及其他研究领域,都有广泛的应用^[4]。当前,植被覆盖度已成为宏观生态、生态脆弱性评价等生态评价的一个重要指标^[5-6]。时间序列的植被参数集,如NOAA/AVHRR、SPOT-VEGETATION、MODIS等,目前都被广泛应用于植被动态监测和分析中^[7-10]。

本文采用2000~2009年的10年逐旬的SPOT-VEGETATION数据分析河套灌区植被覆盖在时间上的动态变化和空间上的分布特征,以期为金三角地区能源战略规划和发展中的生态环境保护提供科学依据。

1 数据和方法

1.1 VEGETATION 传感器及其 NDVI 产品

VEGETATION 传感器为欧洲联盟委员会赞助,于1998年3月由SPOT-4卫星搭载升空,植被传感器(植被探测装置)对农作物和天然植物的生长变化进行全球监测,包含4个波段,即蓝、红、近红外、短波红外,空间分辨率为1 km,视场最大为50°,相应数据带最宽可达2 250 km。该数据由瑞典的Kimna地面站负责接收,由位于法国Toulouse的图像质量监控中心负责图像质量并提供相关参数(如定标系数),最终由比利时佛莱芒技术研究所植被影像处理中心负责处理,用户可免费下载。

1.2 植被覆盖度计算和分析方法

选用年最大植被覆盖度作为区域年植被覆盖状况的表征参数,可以最大程度上消除因数据成像质量不佳带来的误差。主要计算步骤为:

(1) 年最大 NDVI 计算:从网站下载的 NDVI 数据,为利用 MVC(Maximum value composites)方法进行最大化合成的旬数据。该方法是目前国际上通用的最大化合成法,即每一像元用该旬的最大 NDVI 值代替。进一步消除大气的云、颗粒、阴影、视角以及太阳高度角的干扰。此法假设对于每个像元每旬中 NDVI 值最大的那一天。天气晴朗、不受云层的影响,就取这个最大值作为这个旬的 NDVI 值。本文对2000~2009年之间的金三角区域,仍采用逐像元的计算,先得到每个月最大化 NDVI,再计算每年的最大化 NDVI。

(2) 年最大植被覆盖度计算方法:为了使参数具有更明确的物理意义,选用植被覆盖度进行区域植被生长状况的表征。采用 Gutman 和 Ignatov 在1997年提出,目前被广泛应用的由 NDVI 计算植被覆盖度的模型^[10],即

$$f=\frac{N-N_i}{N_v-N_i}$$

式中 N_v ——完全被植被所覆盖的像元的 NDVI 值,即纯植被像元的 NDVI 值
 N_i ——裸露地表(土壤或者建筑表面)覆盖区域的 NDVI 值,即无植被覆盖像元的 NDVI 值

2 数据和方法

2.1 金三角区域植被状况分析

经过年最大植被覆盖度计算的图1、2为金三角区域2000年和2009年的区域植被覆盖度分布图。可以看出,整个金三角地区自西北向东南植被覆盖度呈增加趋势,整体来看,陕西省延安市、甘肃省庆阳市和平凉市的植被覆盖状况优于其他地区。

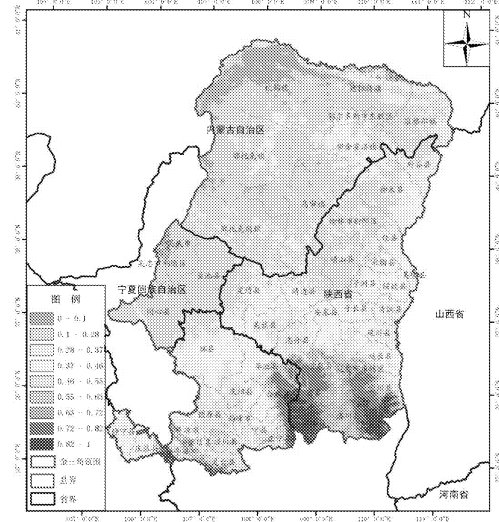


图1 金三角地区2000年植被覆盖度分布
Fig.1 FVC map of MSGN region in 2000

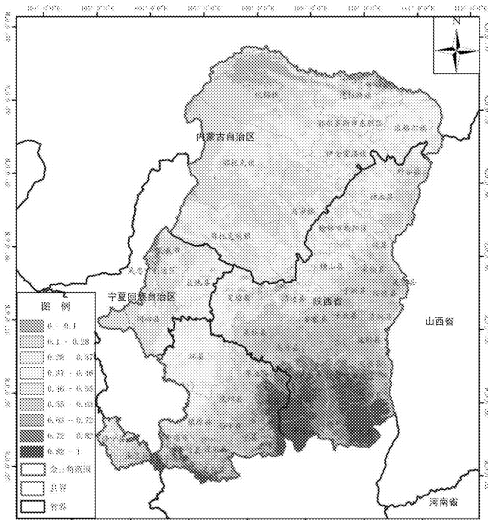


图2 金三角地区2009年植被覆盖度分布
Fig.2 FVC map of MSGN region in 2009

表1为区域内2000年和2009年不同植被覆盖面积比例。可以看出,植被覆盖度极低和低两类的面积比例大幅减少,而中高植被覆盖度的面积比例上升。

表1 金三角地区2000年和2009年不同植被覆盖面积比例
Tab.1 Area ratio of different FVC of MSGN region in 2000 and 2009 %

植被覆盖度/%	2000年	2009年
极低(0~20)	22.57	9.50
低(20~40)	48.99	34.82
中(40~60)	19.38	31.16
高(60~80)	6.48	18.23
极高(80~100)	2.59	6.28

2.2 区域植被覆盖度变化分析

图3为2000年和2009年的植被覆盖度变化图。可以看出,整个区域大多数地区2009年比2000年植被覆盖度增加,只有少部分地区植被覆盖度降低,其中内蒙鄂尔多斯市、庆阳市和宁东地区植被覆盖度降低的面积相对较大。分析其原因,一方面与城市扩张占用植被用地有关,另一方面也与近年来的资源开发所造成的植被破坏有关。

表2 各市2000~2009年平均植被覆盖度变化
Tab.2 Variation of average FVC of different districts of 2000~2009 %

地区	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
金三角	33.74	35.28	40.26	41.66	41.77	39.50	41.45	43.51	45.45	45.37
鄂尔多斯市	23.05	21.93	28.53	28.85	27.99	25.28	26.80	31.17	31.50	30.52
榆林市	30.50	32.57	38.56	40.32	41.33	40.01	40.90	42.39	46.12	47.54
延安市	56.24	61.76	60.79	65.15	67.77	65.48	71.02	69.45	74.78	73.05
庆阳市	46.14	47.06	52.56	53.33	53.04	52.44	53.43	50.83	54.62	56.04
平凉市	50.12	53.28	60.39	61.08	61.81	65.35	61.89	63.15	65.89	62.60
宁东地区	20.75	26.01	30.60	31.91	29.75	21.61	25.64	32.23	27.85	31.64

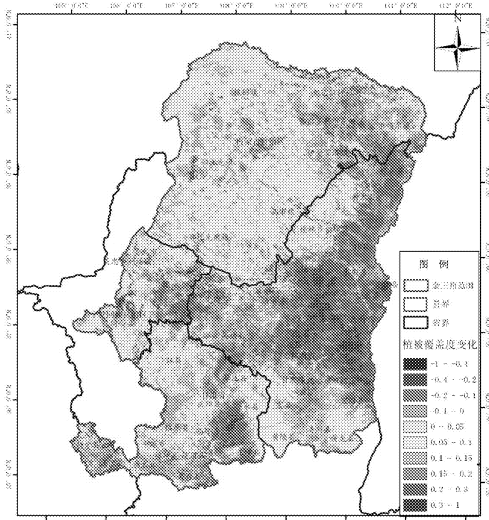


图3 金三角地区2000年和2009年植被覆盖度变化
Fig.3 FVC variation map of MSGN region between 2000 and 2009

2.3 分市植被覆盖度变化分析

表2中统计了不同市2000~2009年的平均覆盖度。可以看出,整个金三角地区植被覆盖度呈上升趋势,2008年最高,为45.45%;2000年最低,为33.74%;2005年和2009年略有下降。分市统计结果显示,整体植被覆盖状况延安市最优,其次是平凉市、庆阳市、榆林市、鄂尔多斯市和宁东地区的优劣状况在不同年份间有所差异。鄂尔多斯市从2000年到2009年,植被覆盖度整体呈上升趋势。其中,2002年和2007年增幅较大,其他年际间整体略有增加或减少;榆林市2002年和2008年增幅较大,其他年际间整体略有增加或减少;延安市2001年、2003年、2006年和2008年增幅较大,其他年际间整体略有增加或减少;庆阳市2002年和2008年增幅较大,2007年减幅较大,其他年际间整体略有增加或减少;平凉市2002年、2005年增幅较大,2006年、2009年减幅较大,其他年际间整体略有增加或减少;宁东地区2001、2002年和2007年增幅较大,2005年、2008年减幅较大,其他年际间整体略有增加或减少。分析其具体原因需考虑当地的气候影响和所采取的生态保护工程。

3 结 论

(1) 整个金三角地区植被覆盖度自西北向东南呈增加趋势。分市统计结果显示:整体植被覆盖状况延安市最优,其次是平凉市、庆阳市、榆林市,鄂尔多斯市和宁东地区的优劣状况在不同年份间有所差异。

(2) 金三角地区 2000 ~ 2009 年植被覆盖度呈增加趋势,这与区域内近年来所实施的生态保护工程(如:退耕还林、禁牧封育、三北防护林、天然林资源保护、森林生态效益补偿、野生动植物保护区、湿

地恢复与保护等重点项目)有关。其中,2008 年最高,为 45.45%,2000 年最低,为 33.74%,2005 年和 2009 年略有下降。

(3) 与 2000 年相比,2009 年区域内大多数地区植被覆盖度增加,少部分地区的植被覆盖度降低,其中鄂尔多斯市、庆阳市和宁东地区植被覆盖度降低的面积比例相对较大。从人类活动胁迫角度分析其原因,主要有:城市扩张占用植被用地;近年来的区域资源开发强度增加,在不同程度上造成了植被破坏或退化。

参 考 文 献

1 李云玲,汪党献,张敏秋. 蒙陕甘宁能源金三角地区水资源需求分析与保障对策[J]. 水电能源科学,2011,30(6):35~37.
Li Yunling, Wang Dangxian, Zhang Minqiu. Analysis of water resources demand and guaranteed supply measures of Golden Triangle energy in MSGN region[J]. Water Resources and Power, 2011,30(6):35~37. (in Chinese)

2 国务院发展研究中心课题组. 主体功能区和分类管理政策研究[M]. 北京:中国发展出版社,2008.

3 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003.

4 王桥,魏斌,王昌佐,等. 基于环境一号卫星的生态环境遥感监测[M]. 北京:科学出版社,2010.

5 杨强. 基于遥感的榆林地区生态脆弱性研究[D]. 南京:南京大学,2012.

6 丁照东,滕骏华,孙美仙,等. 基于遥感的海岛植被生态宏观评价方法初探[J]. 海洋学研究,2011,29(1):62~67.
Ding Zhaodong, Teng Junhua, Sun Meixian, et al. Preliminary study on macro evaluation approach of island vegetation ecology based on RS[J]. Journal of Marine Sciences, 2011,29(1):62~67. (in Chinese)

7 孙红雨,王长耀,牛铮,等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系——基于 NOAA 时间序列数据分析[J]. 遥感学报,1998,2(3):204~209.
Sun Hongyu, Wang Changyao, Niu Zheng, et al. Analysis of the vegetation cover change and the relationship between NDVI and environmental factors by using NOAA time series data[J]. Journal of Remote Sensing, 1998,2(3):204~209. (in Chinese)

8 王红说,黄敬峰. 基于 MODIS NDVI 时间序列的植被覆盖变化特征研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2009,35(1):105~111.
Wang Hongshuo, Huang Jingfeng. Study on characteristics of land cover change using MODIS NDVI time series[J]. Journal of Zhejiang University: Agric. & Life Sci., 2009, 35(1):105~111. (in Chinese)

9 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.
Wu Yun, Zeng Yuan, Zhao Yan, et al. Monitoring and dynamic analysis of fractional vegetation cover in the Hai River basin based on MODIS data[J]. Resources Science, 2010, 32(7):1417~1424. (in Chinese)

10 Gutman G, Ignatov A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR Data for use in numerical weather prediction models[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998,19(8):1533~1543.

(上接第 246 页)

18 徐兴,洪添胜,岳学军,等. 山地橘园无线环境监测系统优化设计及提高监测有效性[J]. 农业工程学报,2013,29(11):147~155.
Xu Xing, Hong Tiansheng, Yue Xuejun, et al. Optimal design of wireless monitoring system in mountain citrus orchard and improvement monitoring[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(11):147~155. (in Chinese)

19 Sam Moore Young, Han J, Ahmad Khalilian, et al. In-strumentation for variable-rate later al irrigation system[C]//2005 ASAE Annual International Meeting, 2005:17~20.

20 Werner-Allen G,Johnson J,Ruiz M,et al. Monitoring volcanic eruptions with a wireless sensor network[C]//Proceedings of the Second European Workshop on Wireless Sensor Networks,2005,1:108~120.