

网络出版时间:2013-05-02 10:54

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130502.1054.015.html>

基于 MODIS NDVI 的陕西省植被覆盖变化分析

崔晓临^{1,2}, 赵娟², 白红英¹, 王涛²

(1 西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127; 2 西安科技大学 测绘科学与技术学院, 陕西 西安 710054)

[摘要] **【目的】**分析 2000—2009 年陕西省植被覆盖的时空变化规律,为区域人地关系协调发展和生态建设政策的制定与实施提供理论依据。**【方法】**在对 2000—2009 年 MODIS NDVI 数据进行时序重建的基础上,采用最大值合成法、差值法获取 NDVI 时空变化信息,并结合 DEM 分级数据提取不同高程地区的 NDVI 变化信息,分析陕西省植被覆盖情况的时空变化规律。**【结果】**1) 陕西省植被覆盖空间分布存在明显的地域特征,表现为 NDVI 值陕南秦巴山区>关中平原区>陕北黄土高原区。2000—2009 年陕西省植被覆盖呈现改善趋势,植被覆盖变化速率表现为陕北黄土高原区高于关中平原区,关中平原区高于陕南秦巴山区。2) 陕北黄土高原区不同高程地区,植被覆盖以明显增加为主。关中平原区高程<500 m 地区的城市附近区域,植被覆盖表现为严重退化。陕南秦巴山区高程<500 m 与高程>1 500 m 地区,植被覆盖表现为轻微减少,而 500 m≤高程≤1 250 m 地区,植被覆盖明显增加。3) 2000—2009 年,陕西省植被覆盖增加地区面积占全省总面积的 27.8%,减少地区面积占 17.0%。**【结论】**2000—2009 年,陕北黄土高原区植被覆盖增加,是国家退耕还林还草工程实施效果的体现;关中平原区受城市化影响较大,城市周围植被覆盖出现严重退化;陕南秦巴山区植被覆盖较高,并保持稳定。

[关键词] MODIS NDVI; 植被覆盖变化; 高程; 陕西省

[中图分类号] S718.57; TP79

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2013)05-0087-07

Analysis of vegetation cover change in Shaanxi province based on MODIS NDVI

CUI Xiao-lin^{1,2}, ZHAO Juan², BAI Hong-ying¹, WANG Tao²

(1 College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710127, China;

2 College of Geomatics, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: **【Objective】**Spatial and temporal vegetation cover change analyzed in Shaanxi province during 2000—2009, were studied in order to provide a theoretical reference for regional sustainable development and ecological policy-making. **【Method】**Based on the reconstruction of MODIS NDVI time-series data from 2000 to 2009, the information of NDVI change was obtained under the help of MVC and difference methods, while the information of NDVI change based on the divided of DEM also was obtained at the same time, for analysis of spatial-temporal change of vegetation cover change in Shaanxi province. **【Results】**1) Spatial vegetation cover had regional characteristics in Shaanxi, which show Qin-Ba mountain area in the south of Shaanxi vegetation cover is better than Guanzhong plain area in the middle of Shaanxi, and Guanzhong plain area is better than the Loess Plateau area in the north of Shaanxi. During 2000 to 2009, vegetation cover in Shaanxi was mainly increased. As far as the raised rate, Loess Plateau area was higher than Guanzhong plain area, which higher than Qin-Ba mountain area. 2) In different elevation area, Loess

[收稿日期] 2012-11-27

[基金项目] 国家林业公益性行业科研专项(201304309)

[作者简介] 崔晓临(1965—),女,陕西宝鸡人,副教授,博士,主要从事遥感与地理信息系统应用研究。

E-mail: xiaolin_cui2007@yahoo.com.cn

Plateau area showed vegetation cover increased obviously. Nearby urban area, where elevation < 500 m, showed decreased seriously in Guanzhong plain area. In the range of < 500 m and > 1500 m, vegetation cover decreased lightly, while in range of $500 - 1\ 250$ m, vegetation cover in some area increased obviously. (3) During 2000—2009, the increased area of vegetation cover in Shaanxi accounted for 27.8%, while the decreased area accounted for 17.0%. 【Conclusion】 During 2000—2009, vegetation cover in Loess Plateau area in the north of Shaanxi increased under the influence of returning farmland to forest and grass policy, while vegetation cover nearby urban in Guanzhong plain area decreased significantly affected by urbanization, as well as vegetation cover in Qin-Ba mountain area was stable.

Key words: MODIS NDVI; vegetation cover change; elevation; Shaanxi province

植被作为陆地生态系统的主体部分,是反映气候和人文因素对环境影响的重要指标,也是连接土壤、大气和水分的自然“纽带”,在全球变化中对能量平衡、生物化学循环以及水循环起着调控和“指示器”的作用^[1]。归一化植被指数(Normalized difference vegetation index, NDVI)主要利用植被在不同波段的光谱反射特征计算得到,对植被检测灵敏度高,检测范围广,能消除地形、群落结构阴影和辐射干扰,削弱太阳高度角和大气所带来的噪音。NDVI 数据在一定程度上能够反映地表植被覆盖、生物量及生态系统参数的变化,是全球诸多植被变化研究首选数据源,并得到广泛使用^[2-4]。

目前,有关陕西省植被覆盖变化的研究成果较多。李登科等^[5-6]利用 2004 年多时相 MODIS NDVI 数据,通过最大值合成法(Maximum value composite, MVC),生成月 NDVI 数据集,分析了陕西省 NDVI 不同季节时空差异,并利用 2000—2009 年 MODIS NDVI 数据,分析获得了陕西省植被覆盖的时空变化特征,结果表明,高覆盖植被比例极显著上升($P < 0.001$),中覆盖植被比例显著上升($P < 0.05$),低覆盖植被比例极显著下降($P < 0.001$)。张翀等^[7]利用 1999—2007 年逐旬最大值法合成的 SPOT VGT-NDVI 数据,分析了陕西省各种地表覆盖类型的 NDVI 在不同季节、不同区域的分布情况,结果表明陕西省植被覆盖逐年改善。

已有研究成果多从时间和水平空间上反映了陕西省植被空间分布及其变化特征,揭示了陕西植被覆盖的均质分布状况。从地形条件方面探讨植被覆盖变化特征,可反映陕西省退耕还林还草等生态建设工程的实施效果,对深入研究植被覆盖变化受人类活动的影响具有重要参考价值。本研究利用陕西省数字高程模型(Digital elevation model, DEM)和 2000—2009 年 MODIS NDVI 数据,分析了陕西省不同地貌区域内,植被覆盖在时间上、水平空间和垂

直空间上的分布特征及变化状况,旨在揭示陕西省植被覆盖的分布特征及其变化规律,为区域人地关系协调发展和生态政策调整提供理论依据。

1 研究区概况

陕西省地处东经 $105^{\circ}29'42'' \sim 111^{\circ}14'29''$ 、北纬 $31^{\circ}41'36'' \sim 39^{\circ}35'05''$,年平均气温 $9 \sim 16$ °C,气温自南向北递减。年平均降水量 $340 \sim 1\ 240$ mm,时空分布不均。陕西省由于水热条件差异和气候类型的多样性,形成了较为复杂的生态环境,为多种类型的植被生长提供了物质基础。

根据陕西省地形、植被分布特点,将研究区划分为陕北黄土高原区(Ⅰ)、关中平原区(Ⅱ)和陕南秦巴山区(Ⅲ),见图 1。陕北黄土高原区约占陕西省土地面积的 45%,包括陕北风沙滩地、陕北黄土丘陵沟壑区和渭北黄土高原区,主要植被类型包括长城沿线风沙草原、陕北中部草原化森林草原和陕西南部(包括渭北旱塬)森林草原 3 种^[8];关中平原区约占陕西省土地面积的 19%,位于陕北黄土高原与陕南秦巴山区之间,主要植被类型为农作物、栽培落叶阔叶林等人工植被;陕南秦巴山区约占陕西省土地面积的 36%,包括秦岭、大巴山以及汉江盆地,主要植被类型包括秦岭山地落叶阔叶、针阔混交林、北亚热带落叶阔叶-常绿阔叶混交林与亚热带灌丛、常绿阔叶和落叶阔叶混交林及含常绿阔叶树的落叶阔叶林^[9-10]。

2 数据与处理

本研究使用的数据包括 2000—2009 年共 230 期 MODIS NDVI 时间序列数据、陕西省行政区划图、陕西省地貌图、陕西省植被图、陕西省森林资源分布现状图及 90 m 分辨率的 DEM 数据。DEM 数据来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据服务平台(<http://datamirror.csdb.cn>)。

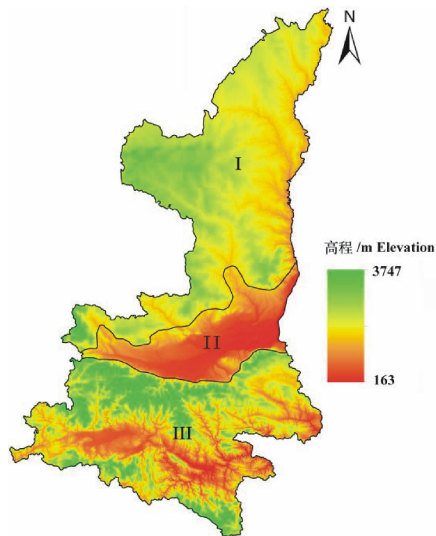


图 1 陕西省的高程分区

I. 陕北黄土高原区; II. 关中平原区; III. 陕南秦巴山区

Fig. 1 Divided of DEM in Shaanxi province

I. Loess Plateau area in northern Shaanxi; II. Guanzhong plain; III. Qin-Ba mountain area in southern Shaanxi

MODIS NDVI 是美国航空航天局(NASA)数据中心的 MOD13 Q1 产品,其空间分辨率为 250 m,时间分辨率为 16 d。MODIS 用于计算 NDVI 的 1、2 波段,其空间分辨率比 AVHRR(空间分辨率为 1.1 km)能更详尽地反映植被的空间差异。MODIS 每天覆盖 2 次,时间分辨率能够满足实时反映植被变化的要求。MODIS NDVI 输入的红光(RED)和近红外(NIR)波段是经过大气校正的地表反射值,波幅更窄,避免了 NIR 区水汽吸收问题。MODIS 不仅在发射前进行定标,而且在运行过程中不断地修正偏差,整体性能比 AVHRR 稳定^[11-12]。

使用 ENVI 软件对 MODIS 数据进行处理,并将其投影转换为 Albers 等面积圆锥投影。采用 MVC 对每年 23 期影像进行处理,逐像元比较 NDVI 值,并选取最大 NDVI 值作为合成后的 NDVI 值,排除和降低了云、大气和太阳高度角及数据缺失的影响,获得年最大 NDVI 数据^[13]。

3 结果与分析

3.1 2000—2009 年陕西省年平均 NDVI 的时间变化

数据经 MVC 处理后,提取陕西省的 NDVI 逐年平均值,绘制 2000—2009 年陕西省 NDVI 变化趋势图(图 2)。使用 ArcGIS 10 软件,对 3 个地形分区的 NDVI 逐年平均值进行统计并绘制成图(图 3)。

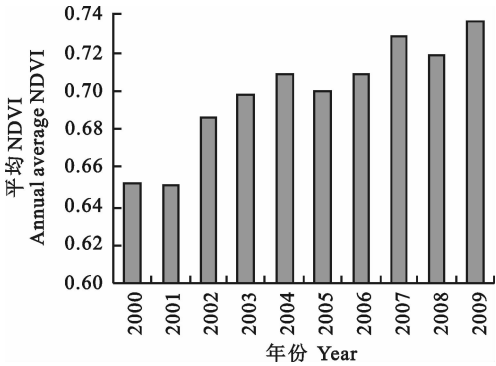


图 2 2000—2009 年陕西省年平均 NDVI 的变化趋势

Fig. 2 Tendency of NDVI change in Shaanxi from 2000 to 2009

图 2 和图 3 表明,2000—2009 年陕西省 NDVI 呈逐年上升趋势,2009 年 NDVI 值最高,为 0.74,2001 年 NDVI 值最低,为 0.65。2000—2004 年 NDVI 增加幅度最大,其中陕北黄土高原区 NDVI 增长速率快且覆盖范围大,反映出退耕还林还草工程初见成效,植被覆盖状况明显改善(图 3)。分析整个研究区发现,陕北黄土高原区 NDVI 年平均值最小,为 0.47~0.62;关中平原区 NDVI 年平均值稍高,为 0.62~0.75;陕南秦巴山区 NDVI 年平均值最高,达 0.84。该结果与李登科等^[5-6]对陕西省植被覆盖变化的研究结果相一致。

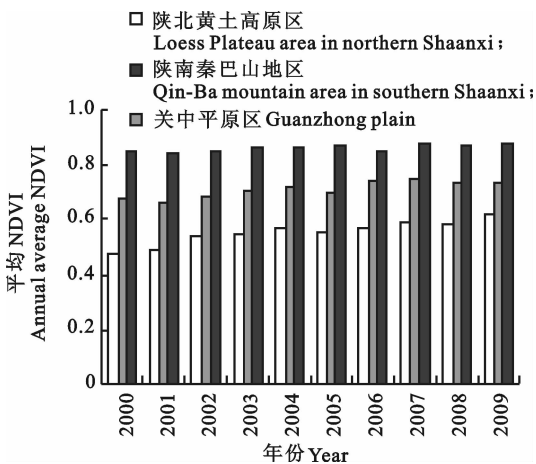


图 3 2000—2009 年陕西省 3 个分区年平均 NDVI 的变化趋势

Fig. 3 Tendency of NDVI change in different area of Shaanxi from 2000 to 2009

以陕西省全区及 3 个分区的年平均 NDVI 值为因变量(y),年份为自变量(x)进行回归分析,得到年平均 NDVI 随年份变化的线性回归方程: $y = 0.0089x - 17.045, R^2 = 0.864, P < 0.001$ (陕西省); $y = 0.0135x - 26.533, R^2 = 0.866, P < 0.001$ (陕北黄土高原区); $y = 0.0099x - 19.065, R^2 =$

0.620, $P<0.001$ (关中平原区); $y=0.003\ 0x-5.126$, $R^2=0.702$, $P<0.001$ (陕南秦巴山区)。

据回归方程斜率可知,陕北黄土高原区、关中平原区的植被恢复速率高于陕南秦巴山区,陕南秦巴山区植被状况较好,植被覆盖相对保持稳定,而陕北黄土高原区和关中平原区受人类活动影响较为强烈,当人类活动受到限制时,其植被覆盖出现自然恢复过程。由于受到相关生态环境保护政策的影响,如“三北”防护林建设、退耕还林还草工程等,陕北黄土高原区植被覆盖显示出较高的增加速率^[14]。研究期间,陕西省 NDVI 年均值随时间显著上升 ($P<0.001$),表明陕西省的植被覆盖明显改善。3 个分区的年平均 NDVI 值有一定差异,陕北黄土高原区为 0.47~0.62,关中平原区为 0.62~0.75,陕南秦巴山区为 0.84~0.90。

3.2 2000—2009 年陕西省 NDVI 的水平空间变化

陕北黄土高原区定边至榆林一线以北为长城沿线风沙滩草原区,海拔 1 200~1 400 m,流动、固定与半固定沙丘及平缓沙地连绵不断,属毛乌素沙漠南缘,分布着沙生植物,植被稀疏,植被盖度较低,故 NDVI 值较低,一般 <0.40 ;陕北中部的黄土丘陵沟壑区几乎没有森林,仅有由侧柏、杜松和油松构成的疏林,灌丛以散生状态存在于草本植物之间,NDVI

值在 0.40~0.60;陕北南部的中高山地区,如子午岭、桥山、蜡山、黄龙山、关山等,山地落叶阔叶林发育良好,构成陕北黄土高原上植被高覆盖岛,主要生长辽东栎、槲栎、麻栎等植物,其中黄龙山、桥山尤为突出,NDVI 值在 0.80~0.96,是陕北植被覆盖条件较好的区域,也是国家天然林保护重点区域。关中平原区地势平坦,气候温和,基本地貌类型是河流阶地,长期受到人类农业活动的影响,人工植被—农业作物占优势,森林植被为栽培落叶阔叶林,主要包括杨、柳等落叶树种及苹果、柿子等落叶果树,该区域 NDVI 值较大,为 0.60~0.75。陕南秦巴山区主要地貌类型为山地,人类活动相对较小,自然环境条件较好,植被类型较丰富,秦岭主体及其以北分布着以暖温带落叶阔叶林为主的植被;秦岭以南的大巴山区分布着北亚热带常绿阔叶林成分的落叶阔叶树混交林植被,NDVI 值较高,为 0.80~0.96,其中位于汉江盆地和安康盆地的汉中市、安康市等地,人类活动干扰较大,NDVI 值较小,为 0.60~0.75。

计算陕西省 2000—2009 年 NDVI 的平均值,绘制 10 年 NDVI 均值分布图(图 4a)。考虑到 2000—2004 年植被覆盖度变化幅度较大,根据变化趋势线斜率特征分别选择 2000、2004 和 2009 年作为典型年份,绘制其 NDVI 分布图(图 4b、c、d)。

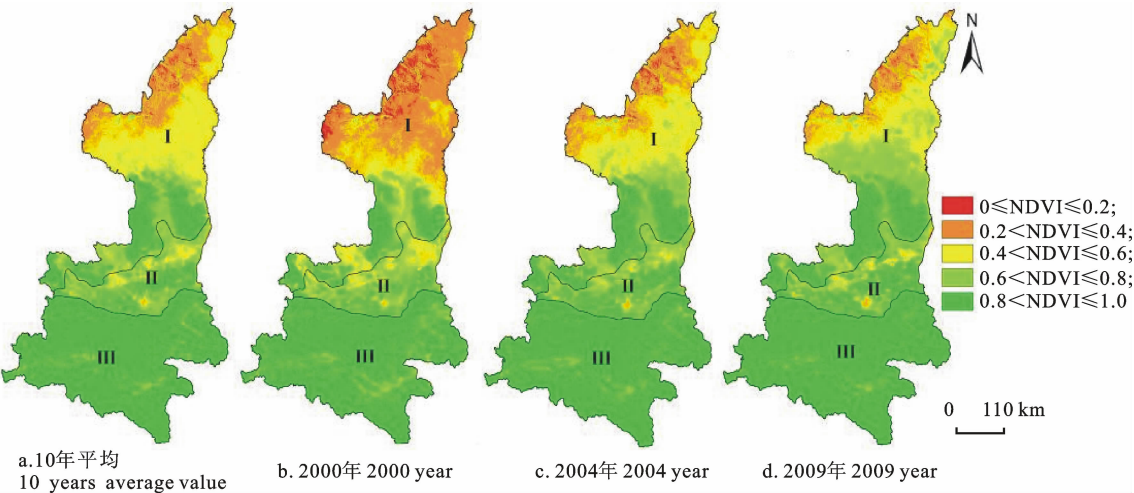


图 4 2000—2009 年陕西省 NDVI 均值的空间分布

I. 陕北黄土高原区; II. 关中平原区; III. 陕南秦巴山区

Fig. 4 Spatial distribution of average NDVI value in Shaanxi from 2000 to 2009

I. Loess Plateau area in northern Shaanxi; II. Guanzhong plain; III. Qin-Ba mountain area in southern Shaanxi

由图 4 可知,陕西省 10 年 NDVI 均值水平空间分布特征为:整体上 NDVI 均值陕南秦巴山区>关中平原区>陕北黄土高原区;2000—2009 年,陕西省植被覆盖发生了明显改善,其中陕北黄土高原区植被覆盖变化较大,关中平原区和陕南秦巴山区保

持相对稳定。

3.3 2000—2009 年陕西省 NDVI 的垂直空间变化

由图 5 可知,陕西省范围内,高程 <500 m 的土地面积占全省土地面积的 7.50%,其 10 年平均 NDVI 为 0.76;500 m $\leq$ 高程 $\leq$ 1 000 m 的土地面积

占 26.79%,其 10 年平均 NDVI 为 0.74;1 000 m< 高程≤1 250 m 的土地面积占 29.32%,该地区 10 年平均 NDVI 最低,为 0.63;1 250 m<高程≤1 500 m 的土地面积占 21.02%,其 10 年平均 NDVI 为 0.68;高程>1 500 m 的土地面积占 15.39%,该地区 10 年平均 NDVI 值最高,为 0.78。

图 6 表明,2000—2009 年,不同高程地区 NDVI 均呈上升趋势,各地区的 NDVI 变化表现不同。高程<500 m 地区,NDVI 呈现波动性小幅增长趋势,从 2000 年的 0.72 增加到 2009 年的 0.77;500 m≤高程≤1 000 m 地区,2000—2009 年 NDVI 相对稳定;1 000 m<高程≤1 250 m 地区,NDVI 值增长迅速,由 2000 年的 0.56 增加到 2009 年的 0.68,增加量最大,该高程对应的地区主要位于陕北黄土高原区,表明退耕还林、山川秀美工程实施的效果明显,植被覆盖大幅度提高;1 250 m<高程≤1 500 m 地区,NDVI 值有明显增加,从 2000 年的 0.62 上升到 2009 年的 0.71;高程>1 500 m 地区,NDVI 值 2000—2009 年整体较高,为 0.75~0.80,该区由于海拔较高,人类活动受限制,对自然植被的干扰较低,植被覆盖较好且相对稳定,NDVI 值变化幅度较

小。总体来说,2000—2009 年,1 000 m<高程≤1 250 m 地区,NDVI 值增加幅度最大,高程<500 m 与 1 250 m<高程≤1 500 m 地区,NDVI 增加幅度次之;500 m≤高程≤1 000 m 与高程>1 500 m 地区,NDVI 值变化最小。

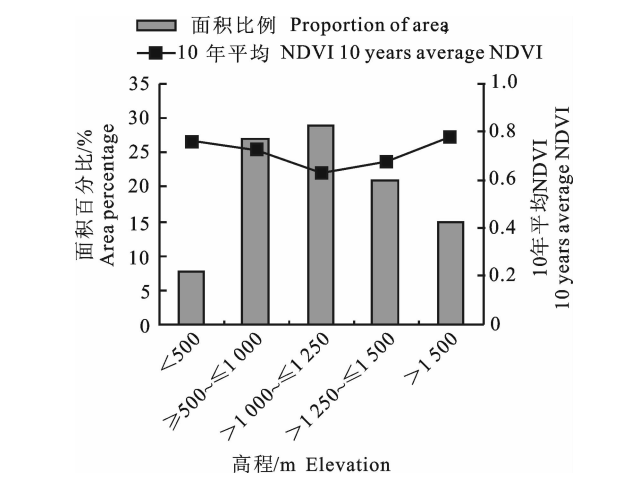


图 5 陕西省不同高程土地面积占全省面积的比例和 10 年平均 NDVI 的变化
Fig. 5 Proportion of area in different elevation account for area of Shaanxi and tendency of 10 years average NDVI change

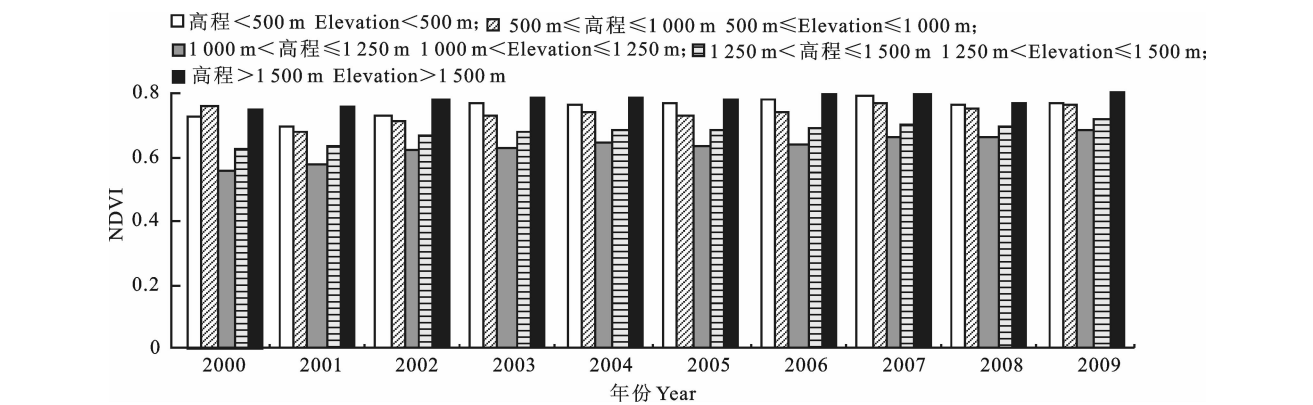


图 6 2000—2009 年陕西省不同高程的 NDVI 变化
Fig. 6 NDVI change in different elevation in Shaanxi from 2000 to 2009

用 ArcGIS 10 叠加分析工具,对 2000—2009 年 NDVI 进行差值运算,对比 2000 年与 2009 年不同高程地区 NDVI 的差异及变化规律。根据 NDVI 变化幅度将植被覆盖状况分为 4 种类型:NDVI≤-0.08,植被覆盖严重退化;-0.08<NDVI≤0,植被覆盖轻微减少;0<NDVI≤0.08,植被覆盖基本不变;NDVI>0.08,植被覆盖明显增加。2000—2009 年不同高程地区植被覆盖变化趋势空间分析表明,陕北黄土高原区,植被覆盖空间分布呈明显增加和基本不变趋势(图 7b~e);关中平原区,高程≤1 000 m 地区,植被覆盖以改善为主,但也存在严重

退化的区域,主要分布在城市周边,如西安市、渭南市附近等(图 7a~b);陕南秦巴山区植被覆盖总体呈现相对稳定态势,500 m<高程≤1 000 m 和高程>1 500 m 地区,植被覆盖呈轻微减少趋势(图 7b,e);1 000 m<高程≤1 250 m 地区,部分区域(商洛市)植被覆盖明显增加(图 7c),1 250 m<高程≤1 500 m 地区,植被覆盖基本不变(图 7d)。

3.4 2000—2009 年陕西省植被覆盖面积的变化

2000—2009 年,陕西植被覆盖减少地区面积占全省总面积的 17.0%,其中严重减少地区面积占全省面积的 0.5%,主要分布在西安、宝鸡、安康、渭南

等城市;植被覆盖轻度减少地区面积占全省面积的 16.5%,主要分布在关中平原区的扶风县、陇县西南部、铜川市南部、大荔县南部;植被覆盖增加地区面

积占全省面积的27.8%,主要分布在吴起、志丹、子长、延长、清涧、绥德、宜川、澄城县北部、合阳县南部、蒲城县中部、彬县北部及旬阳县(图 8)。

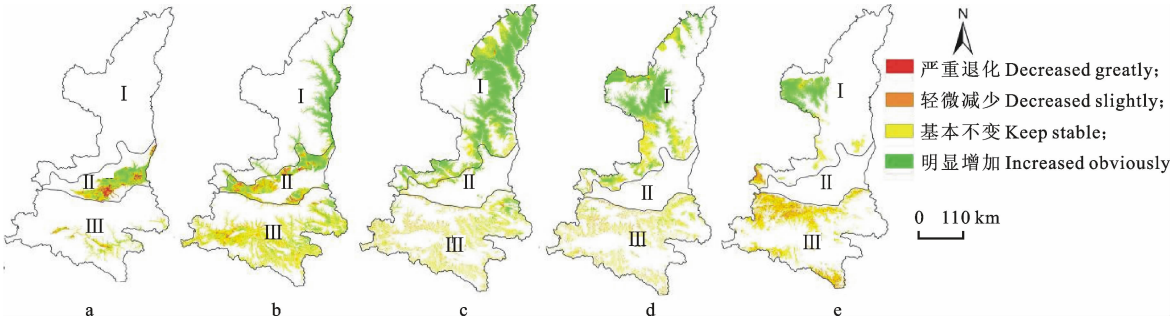


图 7 2000—2009 年陕西省不同高程植被覆盖变化趋势的空间分布

I. 陕北黄土高原区; II. 关中平原区; III. 陕南秦巴山区;

a. 高程<500 m; b. 500 m≤高程≤1 000 m; c. 1 000 m<高程≤1 250 m; d. 1 250 m<高程≤1 500 m; e. 高程>1 500 m

Fig. 7 Spatial distribution of vegetation cover change trends in different elevation in Shaanxi from 2000 to 2009

I. Loess Plateau area in northern Shaanxi; II. Guanzhong plain; III. Qin-Ba mountain area in southern Shaanxi; a. Elevation<

500 m; b. 500 m≤Elevation≤1 000 m; c. 1 000 m<Elevation≤1 250 m; d. 1 250 m<Elevation≤1 500 m; e. Elevation>1 500 m

陕北黄土高原区的植被覆盖变化明显,低植被覆盖($NDVI<0.3$)区域面积减小,中等植被覆盖($0.3\leq NDVI\leq 0.6$)区域面积增大,高植被覆盖($NDVI>0.6$)区域面积有所增加,如桥山、黄龙山林场所在区域的高植被覆盖面积明显增加。关中平原区的澄城、蒲城、合阳县植被覆盖增加明显,西安市周边植被覆盖减小,其余区域保持稳定。陕南秦巴山区植被覆盖保持高值稳定状态,仅商南、丹凤县植被覆盖增加(图 8)。

区植被覆盖高于关中平原区,关中平原区高于陕北黄土高原区。从变化速率看,2000—2009 年,陕北黄土高原区植被覆盖增加速率最高,其次是关中平原区,但部分区域出现轻微退化,陕南秦巴山区植被覆盖保持相对稳定,变化速率最小。

2)利用 DEM 进行的不同高程地区植被覆盖变化分析表明,陕北黄土高原区不同高程地区,以植被覆盖明显增加为主,1 000 m<高程≤1 500 m 地区,植被覆盖相对稳定的区域面积较大,植被覆盖条件较好。陕北黄土高原区植被覆盖的明显增加,反映了国家退耕还林还草、防沙治沙、“三北”防护林工程和生态恢复重建政策实施的效果^[16]。关中平原区高程<500 m 地区的城市周边区域,植被覆盖严重退化,这是城市快速扩张,建设用地迅速增加,占用城市周围大量耕地、林地、草地所导致的。陕南秦巴山区,高程<500 m 和高程>1 500 m 地区,植被覆盖轻微减少;500 m<高程≤1 250 m 地区,部分区域植被覆盖明显增加;1 250 m<高程≤1 500 m 地区,植被覆盖基本不变。

3)2000—2009 年,陕西省植被覆盖减少地区面积占全省面积的 17.0%,其中严重减少地区面积占 0.5%,主要分布在城市周边区域,如西安市、宝鸡市、渭南市等附近;植被覆盖轻度减少地区面积占全省面积的 16.5%,主要分布在关中平原区,具体在扶风县、陇县西南部、铜川市南部、大荔县南部;植被覆盖增加地区面积占全省面积的 27.8%,主要分布在陕北黄土高原区,如吴起、志丹、子长、延长、清涧、绥德等区域。

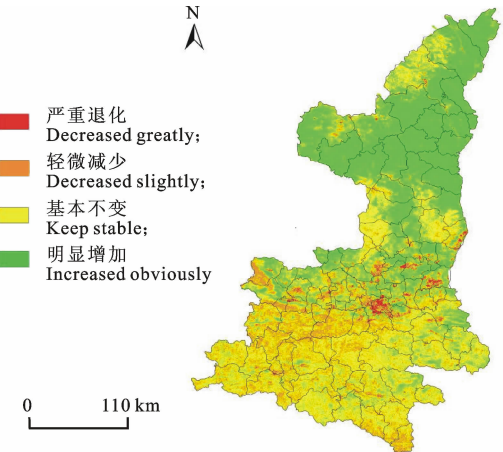


图 8 2000—2009 年陕西省植被覆盖变化空间分布

Fig. 8 Spatial variations of vegetation cover in Shaanxi from 2000 to 2009

4 结 论

1)陕西省植被覆盖时空变化分析表明,整体上陕西省植被覆盖呈改善趋势,这与邓朝平等^[15]的研究结果一致。植被覆盖分区研究表明,陕南秦巴山

[参考文献]

- [1] 孙红雨,王常耀,牛 铮,等. 中国植被覆盖变化及其与气候因子关系—基于 NOAA 时间序列数据 [J]. 遥感学报,1998,2(3):204-210.
Sun H Y, Wang C Y, Niu Z, et al. Analysis of the vegetation cover change and the relationship between NDVI and environment factors by using NOAA time series data [J]. Journal of Remote Sensing, 1998, 2(3):204-210. (in Chinese)
- [2] 毛德华,王宗明,罗 玲,等. 基于 MODIS 和 AVHRR 数据源的东北地区植被 NDVI 变化及其与气温和降水间的相关分析 [J]. 遥感技术与应用,2012,27:77-85.
Mao D H, Wang Z M, Luo L, et al. Correlation analysis between NDVI and climate in northeast China based on MODIS and AVHRR data sources [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27:77-85. (in Chinese)
- [3] 王 强,张 勃,戴声佩,等. 基于 GIMMS AVHRR NDVI 数据的三北防护林工程区植被覆盖动态变化 [J]. 资源科学,2011,33(8):1613-1620.
Wang Q, Zhang B, Dai S P, et al. Dynamic changes in vegetation coverage in the three-north shelter forest program based on GIMMS AVHRR NDVI [J]. Resources Science, 2011, 33(8):1613-1620. (in Chinese)
- [4] 张月丛,赵志强,李双成,等. 基于 SPOT NDVI 的华北北部地表植被覆盖变化趋势 [J]. 地理研究,2008,27(4):745-753.
Zhang Y C, Zhao Z Q, Li S C, et al. Indicating variation of surface vegetation cover using SPOT NDVI in the northern part of North China [J]. Geographical Research, 2008, 27(4):745-753. (in Chinese)
- [5] 李登科,郭 钺. 陕西 MODIS/NDVI 的区域分布和季节变化 [J]. 中国沙漠,2008,28(1):108-112.
Li D K, Guo N. Regional distribution and seasonal variation of MODIS/NDVI over Shaanxi area [J]. Journal of Desert Research, 2008, 28(1):108-112. (in Chinese)
- [6] 李登科,范建忠,王 娟. 陕西省植被覆盖度变化特征及其成因 [J]. 应用生态学报,2010,21(11):2896-2903.
Li D K, Fan J Z, Wang J. Change characteristics and their causes of fractional vegetation coverage(FVC) in Shaanxi province [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(11):2896-2903. (in Chinese)
- [7] 张 翀,李 晶,任志远. 陕西省地表植被覆盖变化趋势分析及评价 [J]. 陕西师范大学学报:自然科学版,2011,39(5):84-89.
Zhang C, Li J, Ren Z Y. Trend analysis and evaluation of vegetation cover variation in Shaanxi province [J]. Journal of Shaanxi Normal University: Natural Science Edition, 2011, 39(5):84-89. (in Chinese)
- [8] 杨延征,赵鹏祥,郝红科,等. 基于 SPOT-VGT NDVI 的陕北植被覆盖时空变化 [J]. 应用生态学报,2012,23(7):1897-1903.
Yang Y Z, Zhao P X, Hao H K, et al. Spatiotemporal variation of vegetation in northern Shaanxi of Northwest China based on SPOT-VGT NDVI [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(7):1897-1903. (in Chinese)
- [9] 孙 华,白红英,张清雨,等. 基于 SPOT VEGETATION 的秦岭南坡近 10 年来植被覆盖变化及其对温度的响应 [J]. 环境科学学报,2010,30(2):1-6.
Sun H, Bai H Y, Zhang Q Y, et al. SPOT VEGETATION—based analysis on vegetation change and its responses to temperature in the southern region of Qinling Mountains during the last decades [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2010, 30(2):1-6. (in Chinese)
- [10] 孙 华,白红英,张清雨,等. 秦岭南北地区植被覆盖对区域环境变化的响应 [J]. 环境科学学报,2009,29(12):2635-2641.
Sun H, Bai H Y, Zhang Q Y, et al. Responses of vegetation coverage to regional environment change in the northern and southern Qinling mountains [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2009, 29(12):2635-2641. (in Chinese)
- [11] 唐俊梅,张树文. 基于 MODIS 数据的宏观土地利用/土地覆盖监测研究 [J]. 遥感技术与应用,2002,17(2):104-105.
Tang J M, Zhang S W. Application research of MODIS data in monitoring land use change [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2002, 17(2):104-105. (in Chinese)
- [12] 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):387-392.
Miao Z H, Liu Z M, Wang Z M, et al. Dynamic monitoring of vegetation fraction change in Jilin province based on MODIS NDVI [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2010, 25(3):387-392. (in Chinese)
- [13] 宋富强,康慕谊,杨 鹏,等. 陕北地区 GIMMS、SPOT-VGT 和 MODIS 归一化植被指数的差异分析 [J]. 北京林业大学学报,2010,32(4):72-79.
Song F Q, Kang M Y, Yang P, et al. Comparison and validation of GIMMS, SPOT-VGT and MODIS global NDVI products in the Loess Plateau of northern Shaanxi province, northwestern China [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2010, 32(4):72-79. (in Chinese)
- [14] 李忠峰,李雪梅,蔡云龙,等. 基于 SPOT VEGETATION 数据的榆林地区土地覆盖变化研究 [J]. 干旱区资源与环境,2007,21(2):56-59.
Li Z F, Li X M, Cai Y L, et al. Study of land cover change in Yulin district based on spot vegetation [J]. Journal of Arid Land and Resources and Environment, 2007, 21(2):56-59. (in Chinese)
- [15] 邓朝平,郭 妮,王介民,等. 近 20 余年来西北地区植被变化特征分析 [J]. 冰川冻土,2006,28(5):686-693.
Deng Z P, Guo N, Wang J M, et al. Vegetation cover variation in northwest China during the past 22 years [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2006, 28(5):686-693. (in Chinese)
- [16] 成军锋,贾宝全,赵秀海,等. 干旱半干旱地区植被盖度的动态变化分析:以毛乌素沙漠南部为例 [J]. 干旱区资源与环境,2009,23(12):172-176.
Cheng J F, Jia B Q, Zhao X H, et al. Dynamic change of desertification in semi-arid and arid environment [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, 23(12):172-176. (in Chinese)