DOI:10.19789/j.1004-9398.2018.04.015

基于 MODIS 数据的蒙山 2001—2016 年植被动态变化研究*

丁少文 陈亦妍 谭丽荣 赵兴云 郭媛媛**

(山东省水土保持与环境保育重点实验室,临沂大学资源环境学院,山东 临沂 276005)

摘 要

基于不同波段影像构建的植被指数能够很好的反映植被的光合作用活动和生产力. 以蒙山地区为研究区,本文利用 250 m 空间分辨率、8 天合成 MODIS 地面反射率产品(MOD09Q1)计算了 2001—2016 年 NDVI 与植被近红外反射率指数(NIRv),并进行对比分析,在此基础上利用线性回归分析方法研究了近 16 年来蒙山植被覆盖时空动态变化. 结果表明:(1)蒙山地区 NDVI、NIRv 的年内变化具有很好的一致性,在生长季数值较高而非生长季数值相对较低,并且在非生长季 NIRv 的波动要比 NDVI 的波动要小;(2)在年内变化上,NDVI 和 NIRv 均表现出明显的季节性,两个指数均在 8 月份达到峰值;(3)从 2001—2016 年,NDVI、NIRv 值整体呈上升趋势,且东南部上升趋势更明显. 本研究客观揭示了区域植被的时空变化趋势,可为该区生态环境保护和治理提供参考.

关键词: NDVI,NIRv,MODIS,植被动态变化.
中图分类号: Q948

0 引 言

植被是生态系统的重要组成部分,在外界因素影响下,其数量特征、外貌和结构等不断变化,遥感和地理信息技术的发展为宏观快速监测植被动态变化提供了新手段[1-5]. 基于遥感的归一化植被指数(NDVI)能够很好的反映植被覆盖度、生物量和叶面积指数等[5-8],被广泛应用于区域及全球尺度范围内植被动态监测以及植被对环境变化的响应研究中[9-16]. Badgley 等[17]在 NDVI 基础上提出了植被近红外反射率指数(NIRv: near-infrared reflectance of vegetation),NIRv 值等于近红外地面反射率和 NDVI 的乘积,它在一定程度上考虑到像元内植被比例和土壤反射率等因素的影响,经过系统研究发现 NIRv 与日光诱导叶绿素荧光、光合有效辐射分量和总第一性生产力(GPP)具有高度一致性.

蒙山地区植被种类繁多,覆盖率相对较高,具有很高的旅游价值和研究价值. 前人曾对该区植被格局变化驱动力[18]、植被恢复与重建的现状和程度[19]、区域不同植被对土壤的改良作用与机制[20]等做了研究,但长期以来利用植被指数研究该区植被动态变化的工作相对缺少. 本文以蒙山地区为研究区域,基于 MODIS 地表反射率数据计算蒙山地区 2001—2016 年的 NDVI 和 NIRv 值,并进行对比分析,在此基础上揭示蒙山地区近 16 年来植被时空动态变化,以期为区域生态环境的保护和治理提供参考.

1 研究区域概况

蒙山位于山东省的东南部(35°10′~36°00′ N,117°35′~118°20′ E),地跨平邑、蒙阴、费县和沂南 4 县,呈西北—东南走向,长 75 km,总面积 1 125 km^2,主峰海拔 1 156 m,为山东省第二高峰(图 1). 蒙山气候属暖温带大陆性季风气候,四季分明,光照充足,年平均气温 11.8~13.2 ℃,年平均降水量 800 mm. 该区地形较为复杂,水土生境多变,森林覆盖率在 85% 以上,有乔灌植物 83 科 415 种,藤本植物 12 科 25 种,草本植物 20 科 200 多种,各类中草药植物达 150 科 550 多种,是山东省植物种类和特有植物最丰富的地区之一[21]. 蒙山面积仅占全省的 0.74%,物种丰富度远高于山东的平均值. 山体表面主要为片麻岩和花岗片麻岩,山脚有石灰岩覆盖,土壤类

收稿日期: 2017-11-08
* 国家自然科学基金青年基金(41701220);博士科研启动基金(LYDX2016BS034);国家自然科学基金(41541020).
**通信作者: yygku@163.com.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

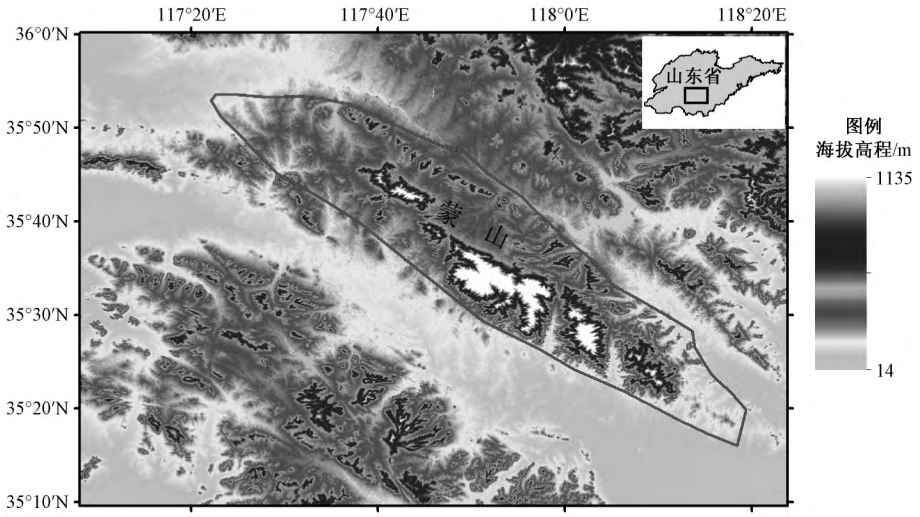


图 1 研究区地理位置图

型以棕壤为主,呈微酸性至中性[22].

2 数据来源与预处理

本文研究所用到的 8 天合成 MODIS 地表反射率数据,MOD09Q1 从美国航天航空局(NASA)陆地过程分布动态数据中心(land processes distributed active archive center,LP DAAC)网站下载(https://lpdaac.usgs.gov/)获得. 该数据空间分辨率为 250 m,时间跨度为 2001—2016 年,格式为 HDF. 本文对蒙山地区 2001—2016 年的数据进行处理,每年 23 幅影像,共 192 幅. 图 2 显示了数据处理步骤:(1)在 ArcGIS 中,从每个 HDF 文件中提取红光反射率波段、近红外反射率波段(NIR)和质量控制图层,并利用质量控制图层的信息对红光和近红外波段图层质量差或者受到云干扰的像素进行掩模;(2)利用 ArcGIS 中的栅格计算器计算了 8 天合成的 NDVI 序列;(3)计算 2001—2016 月 NDVI 和月 NIR 数据,对于每一个像元,计算了每一个月份包含的掩模后 NDVI 和 NIR 数值的中位数;(4)对于每个像元 2001—2016 年缺失的月 NDVI 或者 NIRv 数据进行插值,考虑到月 NDVI 或者 NIRv 非线性波动性特点,我们采用三次样条插值方法对缺少的值进行补插;(5)合成年 NDVI 和 NIRv 的值:对于每一个像元计算每年包含的 12 个月的 NDVI 或 NIRv 数据的和,研究表明生长季或一年内 NDVI 的总和可以很好的反映植被光合作用活动和生产力[10-11];(6)在 ArcGIS10.2 中利用 ProjectRaster 工具对每年的 NDVI 和 NIRv 进行投影变换到墨卡托投影(UTM-50 N),然后利用蒙山研究区边界和 Extract By Mask 工具剪切出蒙山地区 2001—2016 逐年 NDVI 和 NIRv 数据;(7)利用线性回归分析获得蒙山地区总体和每个像元年 NDVI 和 NIRv 的变化趋势.

$$Y_t = at + b + e$$

其中,t 代表时间(年),Yt 代表第 t 年的 NDVI 或 NIRv,a 代表斜率(变化趋势),b 代表截距,e 代表误差服从均值为 0 的正态分布.

此外,本研究还用到了年 MODIS GPP 数据,MOD17A3 也从美国航天航空局(NASA)陆地过程分布动态数据中心(LP DAAC)网站下载,空间分辨率为 1 000 m,时间跨度为 2001—2015 年,格式为 HDF. 按照上述步骤,利用数据控制层对年 GPP 数据进行掩模、投影变换和剪切,最后得到蒙山地区 2001—2015 年的年 GPP 图层,将蒙山地区年 GPP 数据与年 NDVI 和年 NIRv 所反映的植被变化进行对比分析,揭示植被变化的空间差异.

3 结果分析与讨论

3.1 蒙山地区植被的时间变化

(1)蒙山地区植被的季节变化

从月 NDVI 和月 NIRv 的数值及变化曲线(图 3)可以看出,月 NDVI 的数值要明显高于月 NIRv 值,但二者的变化过程具有很好的一致性. 每一年 NDVI 与 NIRv 值均有明显的季节变化,呈现出先增加后降低的趋势,其中,最小值出现在冬季,最大值出现在夏季. 这表明植被覆盖度在一年内是先增加后减少的,这种年内变化特点是与蒙山地区的气候条件相吻合的. 蒙山地区植被的生长季为 4—10 月

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

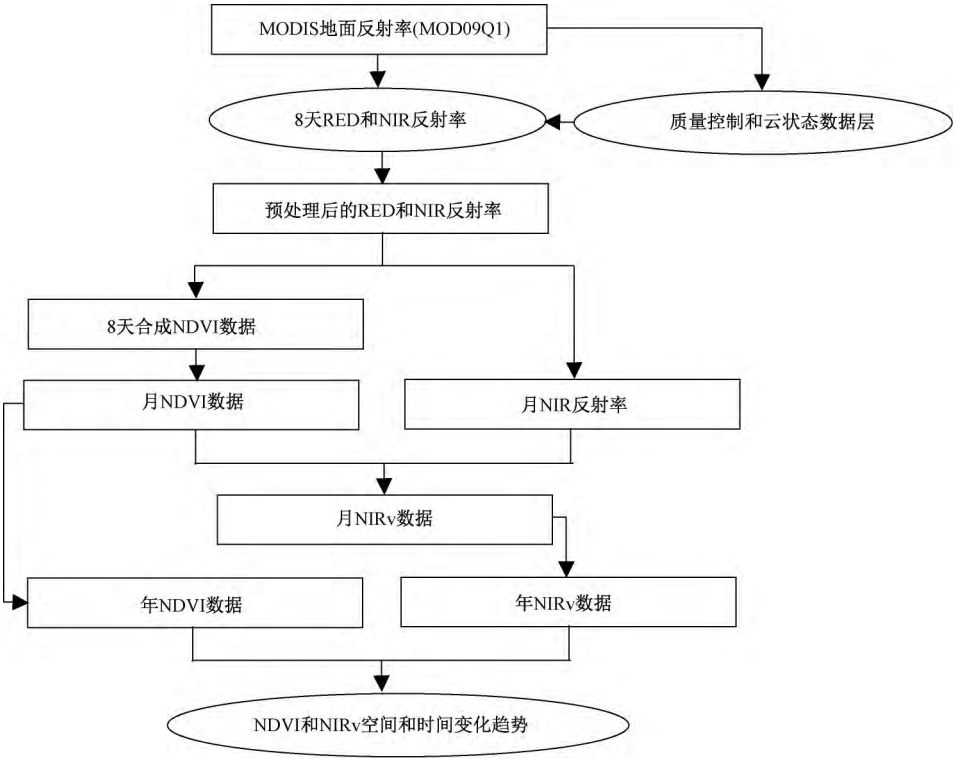


图 2　数据的处理过程

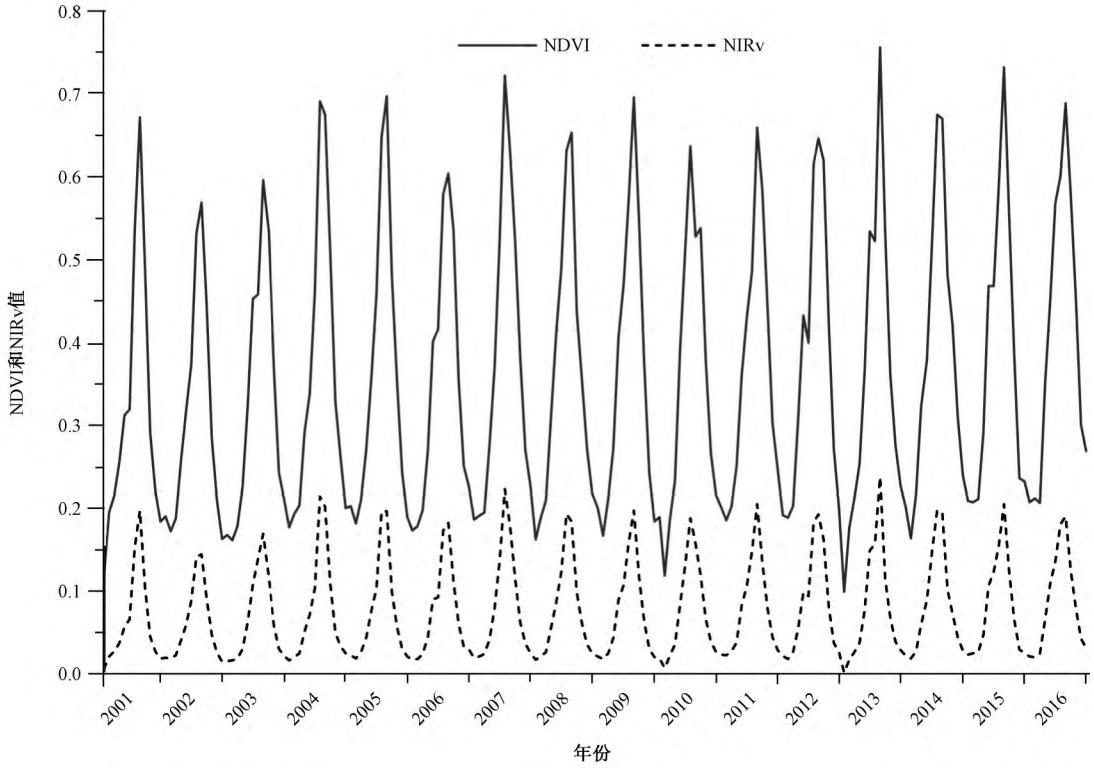


图 3　蒙山地区 2001—2016 年 NDVI 和 NIRv 指数的月变化特征图

份，随着春季气温的回升，植被在 4 月下旬开始大范围返青进入生长期，夏季植物生长茂盛，植被覆盖度较高，相应出现 NDVI 和 NIRv 的高值; 而在生长季结束，从 10 月下旬开始进入非生长季，植被开始落叶枯萎，植被覆盖度较低，相应出现 NDVI 和 NIRv 的低值. 进一步深入对比 NDVI 和 NIRv 两个指数的

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

变化特征发现,虽然二者的变化趋势大体一致,但是在非生长季(即 10 月至次年 4 月) NIRv 值的波动比 NDVI 值的波动要小,在谷值附近相对平缓,这表明 NIRv 指数在植被覆盖度较低的非生长季数值相对稳定.

(2) 蒙山地区植被的年际变化

为了分析蒙山地区 2001—2016 年植被的年际变化情况,本文逐年提取了蒙山地区 NDVI 值和 NIRv 值,为了增加可对比性,分别对年 NDVI 和年 NIRv 两组数据利用极差标准化方法进行标准化. 对标准化之后的两组数据利用线性回归方程进行拟合,结果如图 4 所示.

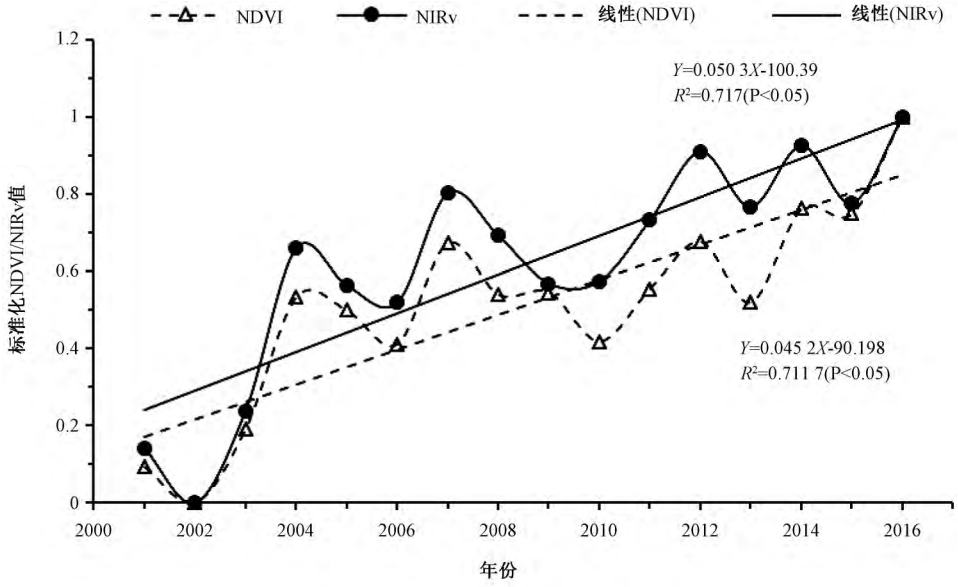


图 4 研究区 NDVI 和 NIRv 指数的年际变化及线性回归分析图

从图 4 中显示的曲线变化可知,NDVI 和 NIRv 两种指数所反映的植被动态变化趋势基本一致,表明 NDVI 和 NIRv 指数在反映植被动态变化上能够相互印证. 具体来看,NDVI 和 NIRv 两个指数的谷值均出现在 2002 年,随着年份的推移,二者的数值虽有波动现象,但整体呈上升趋势,说明蒙山地区的植被在 2001—2016 年整体上是增加的,植被逐渐增多,区域生态环境逐渐变好.

仔细对比分析两个指数标准化值的变化可以发现,虽然两个指数变化的总趋势是上升的,但在不同阶段增长的速度是不同的. 自 2001—2008 年,NDVI 和 NIRv 的增长速度明显大于 2009—2016 年间的增长速度,表明 2001—2008 年,研究区域植被覆盖度快速增加,而 2009—2016 年之间植被覆盖的增长趋势有所减缓. 这是因为自 1998 年以来政府先后出台了一系列优惠政策,鼓励各县兴办旅游业并邀请专家制定了蒙山旅游发展规划,确定了蒙山生态旅游的发展主题,为蒙山生态旅游业的快速、持续、健康发展提供了依据[23]. 同时,“蒙山国家森林公园”“沂蒙山国家地质公园”等的获批也促进了该区植被的修复和保护,在这一背景下,蒙山地区植被覆盖率得到快速增加.

3.2 蒙山地区植被的动态变化

对研究区内每个像元年 NDVI 和 NIRv 两个指数自 2001—2016 年的值进行线性拟合,同时逐像元将 2001—2015 年的 GPP 做线性拟合,得到每个像元线性拟合方程的斜率值,用来反映每个像元的植被变化趋势. 在数据处理过程中,对线性回归分析的斜率进行了 t 检验,发现绝大多数像素的变化是显著的($p < 0.05$). 将研究区内所有像元 NDVI、NIRv 和 GPP 的斜率值进行作图比较(图 5),进一步探讨研究区植被的空间动态变化趋势.

当某个像元的斜率值小于零时,说明该像元植被活动是降低的,植被呈退化趋势;当像元的斜率值大于零时,表明该像元植被活动是增加的,植被呈现变好趋势,并且数值越大表明该地的植被改善程度也越高. 由图 5 可知,NDVI、NIRv 和 GPP 三个指数斜率值大于零的像元数远远多于小于零的像元数,表明三个指数均反映出蒙山地区植被覆盖度增加改善的区域远远大于植被退化的区域,植被总体上是变好的,植被退化(即斜率值小于零的像元)的现象主要分布在蒙山西北部的极少数地区. 进一步对比

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

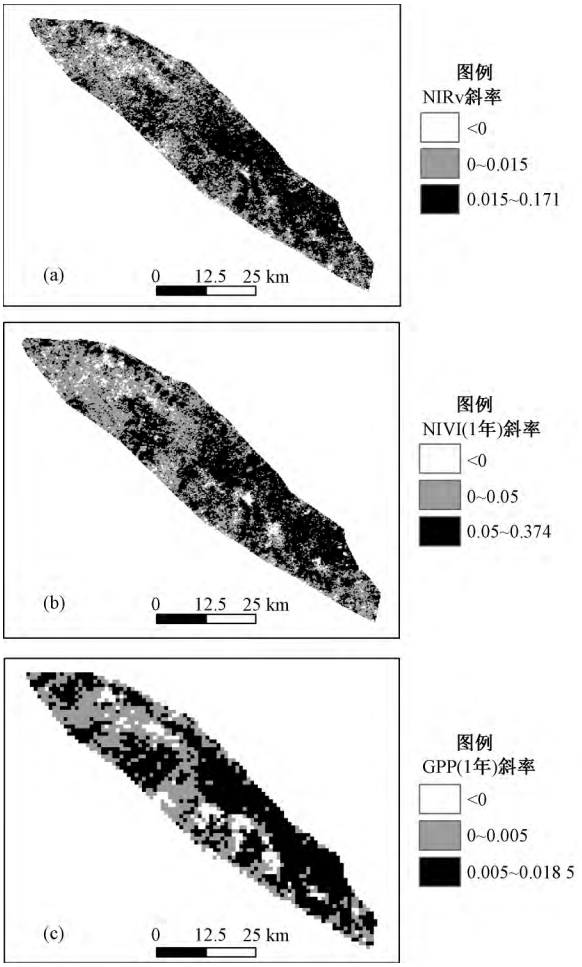


图 5　2001—2016 年蒙山地区 NDVI(a) 、NIRv(b) 和 GPP(c) 的空间变化特征图

分析图 5(a) 、图 5(b) 和图 5(c) 所显示的蒙山区域内部三个指数斜率值的空间变化，可以看出，斜率值在空间上的分布均呈现出东南高、西北低的特征，且斜率值大的地区在东南部集中呈现，表明蒙山东南部地区植被的改善更为明显，而西北部地区植被改善的程度相对较小，甚至部分地区出现植被退化的现象. 这是因为东南部地区为蒙山森林公园的主体部分，海拔相对较高，植被覆盖度较好，分布有明光寺林场、塔山林场和谭家林场，景区管理严格，受人类活动干扰较小，因此植被改善程度明显较好; 而西北部地区为蒙山森林公园的外围区域，除包含太平山林场这一小型林场外，未见其他林场分布，这一区域总体海拔相对较低，区域内部分布有许多村庄，受人类干扰较大，植被覆盖较少，水土流失较为严重，因此西北部植被改善程度低，甚至出现植被退化现象.

4　结　论

本文基于蒙山地区 2001—2016 年 MODIS 数据计算了 NDVI、NIRv 指数，结合 2001—2015 年 GPP 数据，分析探讨了该区植被时空变化趋势，得到如下结论:

(1) 基于 MODIS 数据的 NDVI 与 NIRv 指数所反映出的植被季节变化趋势基本一致，每年出现了一个 NDVI 和 NIRv 指数的峰值，并且具有明显的季节性变化. 其中，最小值出现在冬季，最大值出现在夏季，这与蒙山地区的气候条件相吻合.

(2) 2001—2016 年蒙山地区地表植被覆盖整体有所增加，2001—2008 年间植被的增长趋势比 2009—2016 年的增长趋势更加明显.

(3) 通过对 NDVI、NIRv 和 GPP 的斜率值进行分析发现，多数像元 NDVI、NIRv 与 GPP 的斜率是大于零的，表明蒙山地区植被状况总体呈现增加的趋势，植被大体是变好的; 只有蒙山西北部的极少数地区，NDVI、NIRv 与 GPP 的斜率是小于零的，植被存在退化现象. 从区域内部的空间变化来看，蒙山区域东南部植被改善趋势好于西北部.

参　考　文　献

[1] Turner W, Spector S, Gardiner N, et al. Remote sensing for biodiversity science and conservation [J]. Trends in Ecology & Evolution, 2003, 18(6) : 306 - 314.

[2] Tucker C, Pinzon J, Brown M, et al. An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data [J]. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26(20) : 4485 - 4498.

[3] Southworth J, Gibbes C. Digital remote sensing within the field of land change science: past, present and future directions [J]. Geography Compass, 2010, 4(12) : 1695 - 1712.

[4] 田庆久，闵祥军. 植被指数研究进展 [J]. 地球科学进展，1998，13(4) : 327 - 333.

[5] 贾坤，姚云军，魏香琴，等. 植被覆盖度遥感估算研究进展 [J]. 地球科学进展，2013，28(7) : 774 - 782.

[6] Zhu Z, Bi J, Pan Y, et al. Global data sets of vegetation leaf area index (LAI) 3g and fraction of photosynthetically

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

active radiation (FPAR) 3g derived from global inventory modeling and mapping studies (GIMMS) normalized difference vegetation index (NDVI3g) for the period 1981 to 2011 [J]. Remote Sensing, 2013, 5(2): 927 – 948.

[7] Zhao M, Running S. Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009 [J]. Science, 2010, 329(5994): 940 – 943.

[8] 陈晋,陈云浩,何春阳,等. 基于土地覆被分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用 [J]. 遥感学报,2001, 5(6): 416 – 422.

[9] Myneni R B, Keeling C D, Tucker C J, et al. Increasing plant growth in the northern high latitude from 1981 to 1991 [J]. Nature, 1997, 386(6626): 698 – 702.

[10] Pettorelli N, Vik J O, Mysterud A, et al. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change [J]. Trends in Ecology & Evolution, 2005, 20(9): 503 – 510.

[11] Piao S, Wang X, Ciais P, et al. Changes in satellite-derived vegetation growth trend in temperate and boreal Eurasia from 1982 to 2006 [J]. Global Change Biology, 2011, 17(10): 3228 – 3239.

[12] Xu L, Myneni R B, Chapin F S, et al. Temperature and vegetation seasonality diminishment over northern lands [J]. Nature Climate Change, 2013, 3(6): 581 – 586.

[13] 龙岳红,秦建新,贺新光,等. 洞庭湖流域植被动态变化的小波多分辨率分析 [J]. 地理学报,2015, 70(9): 1491 – 1502.

[14] 李双双,严军平,万佳,等. 近10年陕甘宁黄土高原区植被覆盖时空变化特征 [J]. 地理学报,2012, 67(7): 98 – 108.

[15] 张丽,何晓旭,魏鸣. 基于NDVI的淮河流域植被覆盖度动态变化 [J]. 长江流域资源与环境,2012, 21(s1): 51 – 56.

[16] 陈斌,李海东,曹学章,等. 基于SPOT – VGT NDVI的雅鲁藏布江流域植被动态变化 [J]. 山地学报, 2016, 34(2): 246 – 156.

[17] Badgley G, Field C B, Berry J A. Canopy near-infrared reflectance and terrestrial photosynthesis [J]. Science Advances, 2017, 3(3): e1602244.

[18] 陈婷婷,孙希华. 基于GIS的沂蒙山区植被格局变化驱动力研究 [J]. 水土保持研究, 2008, 15(5): 26 – 29.

[19] 高远,朱孔山,郝加琛,等. 山东蒙山6种造林树种40余年成林效果评价 [J]. 植物生态学报, 2013, 37(8): 728 – 738.

[20] 战海霞,张光灿,刘霞,等. 沂蒙山林区不同植物群落的土壤颗粒分形与水分入渗特征 [J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(1): 49 – 56.

[21] 赵兴云. 山东蒙山旅游资源可持续利用研究 [J]. 国土资源科技管理, 2002 (4): 49 – 52.

[22] 蒋万祥,陈静,王洪凯,等. 山东蒙山线蚓群落结构及其影响因子研究 [J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29 (2): 203 – 208.

[23] 梁仁君. 蒙山旅游资源可持续开发利用的调控途径 [J]. 中国资源综合利用, 2004 (5): 39 – 43.

Vegetation Changes in the Meng Mountain Region from 2001 to 2016 Based on MODIS Data

Ding Shaowen Chen Yiyan Tan Lirong Zhao Xingyun Guo Yuanyuan

(Shandong Provincial Key Laboratory of Water and Soil Conservation and Environmental Protection, College of Resources and Environment, Linyi University, Linyi Shandong 276005)

Abstract

Vegetation index, which is often calculated from bands with different width, can better reflect vegetation photosynthetic activity and productivity. We analyzed 8-day MODIS surface reflectance product (MOD09Q1) at 250 m spatial resolution in the Meng Mountain region, and calculated Normalized Difference Vegetation Index

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(NDVI) and the Near Infrared Reflectance of terrestrial Vegetation (NIRv) from 2001 to 2016. We made a comparison of the two indices, and investigated the spatial and temporal changes in vegetation using the linear regression method. The results showed that intra-annual variabilities of NDVI and NIRv were consistent, with relatively higher value in growing season and lower values in non-growing season. Furthermore, NIRv often fluctuated with smaller magnitude in the non-growing season. Regarding intra-annual variability, NDVI and NIRv showed pronounced seasonality with peak value occurring in August. From 2001 to 2016, NDVI and NIRv showed an increasing trend, especially in the southeast of Meng Mountain region. Our research revealed the spatial and temporal patterns of vegetation change, which could provide scientific evidence for eco-environmental protection and governance.

Key words: NDVI, NIRv, MODIS, vegetation change.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net