网络出版时间：2016-02-01 17:03:33
网络出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2108.S.20160201.1703.013.html

北疆不同生态功能区近 30 年来植被盖度时空变化

王计平[1]，郭仲军[2]，黄继红[3]，臧润国[3]，刘　轩[4]
（1. 国家林业局盐碱地研究中心，北京 100091；2. 新疆林业科学院森林生态研究所，乌鲁木齐 830000；3. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所，北京 100091；4. 北京林业大学 林学院，北京 100083）

摘要：NDVI 时空变化不仅可反映生态环境的变动趋势，而且还能揭示出区域植被的恢复与退化状况。以 1981—2003 年 GIMMS NDVI 和 1998—2010 年 SPOT VGT NDVI 时间序列数据为基础，运用 NDVI 最大值合成法和趋势分析法，分析了北疆近 30 年来不同生态功能区及不同植被类型 NDVI 时空变化规律。结果表明：1）从北疆大功能区来看，1981—2003 年期间 NDVI 平均值变化呈周期波动，增幅缓慢，并以 2002 年为转折期，北疆整体植被改善程度不断增强。2）从不同生态功能区看，1981—2003 年伊犁河谷地区、天山北坡和阿尔泰山的南部生态区等主要生态功能区植被改善明显，在准噶尔盆地荒漠生态区及其东部区植被呈轻度植被退化；1998—2010 年北疆大部地区植被恢复明显，伊犁河谷、天山北坡中段绿洲平原区植被改善程度达到极显著水平。3）北疆植被的改善或退化趋势可能与同期实施的生态建设工程以及区域气候的总体变化有关。

关键词：北疆；NDVI 时间序列数据集；植被；时空变化
中图分类号：Q948.1　**文献标识码**：A　**文章编号**：1002－6622(2015)06－0064－07
DOI：10.13466/j.cnki.lyzygl.2015.06.013

Characteristics of Spatio-temporal Variation of NDVI in Different Ecological Function Zones in North Xinjiang in Recent 30 Years

WANG Jiping[1], GUO Zhongjun[2], HUANG jihong[3], ZANG Runguo[3], LIU Xuan[4]
(1. *Research Center of Saline and Alkali Land of State Forestry Administration, CAF., Beijing* 100091, *China*; 2. *Institute of Forest Ecology, Xinjiang Forestry Academy, Urumqi* 830000, *China*; 3. *Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF., Beijing* 100091, *China*; 4. *Beijing Forestry University, College of Forestry, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: Spatial and temporal variations of NDVI can not only reflect the changing trend of the ecological environment, but also reveal the recovery situation and degeneration of regional vegetation. According to the data of time series, which were GIMMS NDVI from 1981 to 2003 and SPOT VGT NDVI from year 1998 to 2010, this paper analyzed the spatial and temporal variations of ecological function area and NDVI of different vegetation types of northern Xinjiang in recent 30 years, with the maximum synthesis method of NDVI and the trend analysis method. The results showed as follows: (1) From the perspective of functional areas in Northern Xinjiang, the average value of NDVI grew slowly and changed with the periodic fluctuation during the period from 1981 to 2003, while as a turning period in 2002, the improvement of the whole vegetation enhanced continuously. (2) From the perspective of different ecological function districts, the vegetation of ecological function areas in Yili River Valley, the northern slope of Tianshan Mountains and the south of Altai Mountains were obviously improved during the period from 1981 to 2003, while the vegetation of desert ecological area and eastern region of the Junggar basin were degenerated mildly. The vegetation in most parts of northern Xinjiang restored significantly during the period from 1998 to 2010, and the vegetation improvement reached the extremely significant level in the Yili River Valley and the plain oasis area in the middle of the northern slope of Tianshan Mountains. (3) The improvement or degradation trends of vegetation in northern Xinjiang may be related to the implementation of ecological construction and the overall regional climate change during the same period.

Key words: North Xinjiang, time-series NDVI data, trend analysis, vegetation, spatio-temporal variation

收稿日期：2015－09－15；**修回日期**：2015－10－21
基金项目：科技部基础性工作(2013FY111600－2)
作者简介：王计平(1978－)，男，山西保德人，助理研究员，博士，主要从事植被恢复、景观生态格局优化与过程模拟等方面的研究。Email：wjp_gis@163.com
通讯作者：郭仲军，男，副研究员，硕士，主要从事干旱区植被恢复评价研究。Email：gzj19641101@sina.com

植被是陆地生态系统的重要组成部分,在维护地气生态平衡中起着不可或缺的决定性作用[1]。植被变化是生态环境变化的重要指示,是影响地表水土流失一个重要因子[2]。通过监测一个地区的植被动态变化可从一定程度上反映该地区生态环境的总体状况[3]。新疆北疆是西北内陆地区植被分布较为集中的区域之一,覆盖度高,景观类型多样[4]。这些植被是新疆生态建设重要的组成部分,在维持区域生态环境稳定、促进绿洲生态经济可持续发展、维护我国西北干旱地区生态安全等方面发挥着极为重要的作用。研究该地区植被时空变化趋势,解析其动态演化规律,对理解干旱区陆地生态系统稳定性,揭示区域生态环境状况,制定合理的植被恢复与保护规划,具有非常重要的意义。

NDVI 是植被生长状态和植物生长空间分布密度的最佳指示因子[5]。利用 NDVI 数据在较大尺度上监测植被变化具有很大的优势[6-7],特别是长时间序列植被指数,能较好地反映植被的光合作用强度及其季节性变化和年际间变化,因而被广泛地运用于植被变化监测[8-9]、分类[10]、物候分析[11-12]、农作物估产[13]等方面。近年来,在应用 NDVI 数据进行不同时空尺度的植被变化、资源与环境监测方面,已在新疆等西北地区开展了大量的研究与实践[14-15]。关注焦点在于植被时空变化及其对气候变化响应机制[16],且多数研究表明,新疆植被总体呈现增加趋势且具有明显的空间差异性,同时受气候"暖湿化"影响明显[17-18],本研究以北疆地区为对象,重点从两个角度开展植被变化研究,一是以 1981—2003 年 GIMMS NDVI 和 1998—2010 年 SPOT VGE NDVI 两种数据源分别研究两个时段植被演变特征;二是基于生态功能区划单元探讨研究区植被空间变异特征,以期为生态功能区划控制下区域植被生态建设与管理提供参考。

1　研究区概况

研究区位于北纬 43°22′~49°33′,东经 78°11′~96°18′,南北宽 772km,东西长1 295km,总面积约为 44.87 万 km^2。整体地貌由天山山脉、阿尔泰山山脉及其中间夹带的准格尔盆地组成,构成了山地与盆地相间的地形单元。受新生代构造运动作用,天山中、西部上升过程强烈,山势高峻。准噶尔盆地是中国第二大盆地,地势东高西低,其中部是古尔班通古特沙漠。准噶尔盆地边缘地带为山麓绿洲,是农牧业生产的主要区域。

2　研究方法

2.1　数据来源与处理

数据包括 NDVI 数据集、生态功能区划图、新疆行政区划图和 DEM。其中,1998—2010 年 SPOT VGE NDVI(分辨率 1km×1km)旬数据集,共有 459 景,1981—2006 年 GIMMS NDVI(Global Inventory Monitoring and Modeling Studies)(分辨率为 8km×8km)15d 合成的最大值数据集,共 538 景,均来源于寒区旱区科学数据中心科学数据中心[19]。生态功能区划图来源于中国生态系统与生态功能区划专题数据库[20]。NDVI 数据集中每幅图像均经过几何精校正、除坏线、除云等处理过程。

2.2　分析方法

2.2.1　最大值合成法

NDVI 值最大值合成法(Maximum Value Composites,MVC)是根据研究需要,将 NDVI 按月、季或年中各旬数据取最大值,进一步消除云、大气、太阳高度角等的部分干扰。根据研究需要,本文取一年中所有半月或旬数据的 NDVI 最大值 MNDVI 作为植被覆盖数据。计算公式如下:

$$M_{NDVI,i} = \max_{j=1}^{24}(I_{NDVI,ij})$$
$$M_{NDVI,i} = \max_{j=1}^{36}(I_{NDVI,ij}) \quad (1)$$

式中:M_{NDVI}为第 i 年的最大化 NDVI 值,是 1 年内像元内植被覆盖最好时期的 NDVI 值;I_{NDVI}为第 i 年第 j 旬或半月的 NDVI 值。

2.2.2　基于像元的趋势线分析

采用趋势线分析法模拟 1981—2003 年、1998—2010 年研究区年最大 NDVI 的空间变化趋势,计算公式如下式:

$$\theta_{slope} = \frac{n \times \sum_{j=1}^{n} j \times NDVI_j - \sum_{j=1}^{n} j \sum_{j=1}^{n} NDVI_j}{n \times \sum_{j=1}^{n} j^2 - (\sum_{j=1}^{n} j^2)} \quad (2)$$

式中：n 为监测累计年数，$NDVI_j$ 为第 j 年最大 NDVI；θ_{slope} 是趋势线的斜率，若 $\theta_{slope}>0$，说明 NDVI 在 n 年间的变化趋势是增加的，反之则是减少。具体计算时采用一元线性回归法计算趋势线斜率，变化趋势显著性检验采用 T 检验法。

3 结果与分析

3.1 近30年北疆植被总体阶段性变化

近30年间北疆大区域 NDVI 平均值变化轨迹可分为两个阶段；第一阶段为1981—2003年，从 GIMMS NDVI 平均值变化趋势可看出（图1），在该时段内北疆 NDVI 平均值变化波动强烈，总体呈现轻微上升趋势，说明在该时段内，北疆植被总体呈轻微改善趋势；第二阶段为2002—2010年，从 SPOT VEG NDVI 平均值变化趋势可看出（图2），在该时段内，植被指数平均值呈明显上升趋势，表明北疆整体植被改善程度明显增强。2002年为植被 NDVI 变化的转折点。这种变化可能与该区域“天然林保护工程”、“退耕还林（草）工程”等生态工程的实施和政策驱动有关，同时也与全球气候变化背景下新疆气候“暖湿化”作用有关[18]，需进一步深入分析其影响机制。

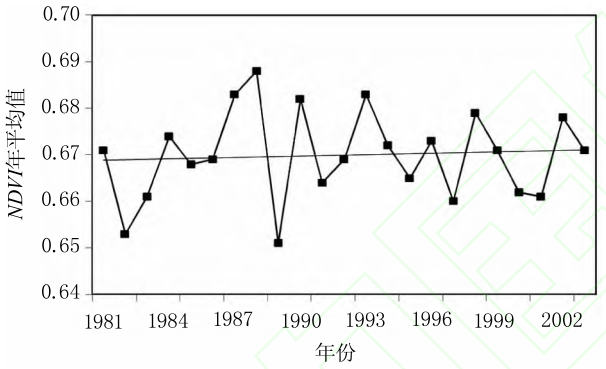

图1 1981—2003年 *GIMMS NDVI* 平均值年际变化

Fig. 1 The mean value variations of *GIMMS NDVI* from 1998 to 2010

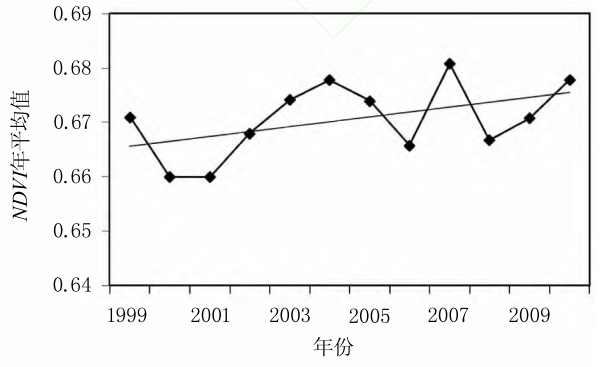

图2 1998—2010年 *SPOT VEG NDVI* 均值年际变化

Fig. 2 The mean value variation of SPOT *VEG NDVI* from 1998 to 2010

3.2 1981—2003年不同生态功能区 NDVI 变化

利用1981—2003年 GIMMS NDVI 时间序列数据进行趋势分析（图3），结果表明，北疆植被改善与退化程度空间差异较大，阿尔泰山－准噶尔西部山地森林与草原生态区（I）和天山山地森林区和草原生态区（III）整体植被恢复明显，而准噶尔盆地荒漠生态区（II）区中局部地带呈现轻微退化趋势。像元水平 $NDVI_{Slope}$ 变化介于 -4.29～0.39 间。从植被恢复来看，轻微改善（$NDVI_{Slope}$ 介于 0.06～1.2 间）和中度改善（$NDVI_{Slope}$ 介于 1.2～2.4 间）的区域分别占北疆的17%和3%，主要分布在昭苏盆地、特克斯谷地、喀什河、巩乃斯河谷草原区、天山北坡中段山地森林草甸区、塔城盆地绿洲农业区、额尔齐斯河谷、布仑托海湖泊湿地周边一带，明显改善（$NDVI_{Slope}$ 值在2.4以上）的面积不到北疆总面积的1%，主要分布在乌苏－石河子－昌吉、精河－博尔塔拉谷地、伊犁河谷平原等绿洲农业区，以及阜康－木垒荒漠荒漠草原保护区和阿尔泰山中部林草保育区。显著性检验 P 值空间分布图也可看出（图4），这些区域 NDVI 年际变化呈极显著

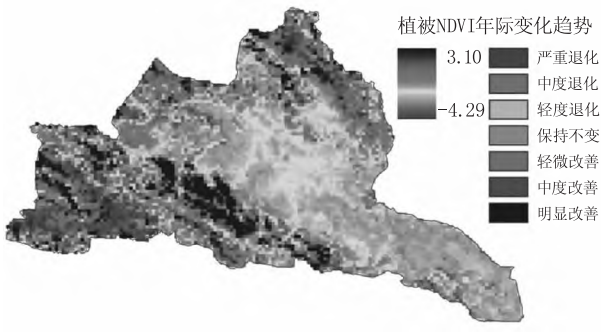

图3 北疆 *GIMMS NDVI* 年际变化趋势

Fig. 3 The interannual variation trend of *GIMMS NDVI* from 1998 to 2003 in north Xinjiang Province

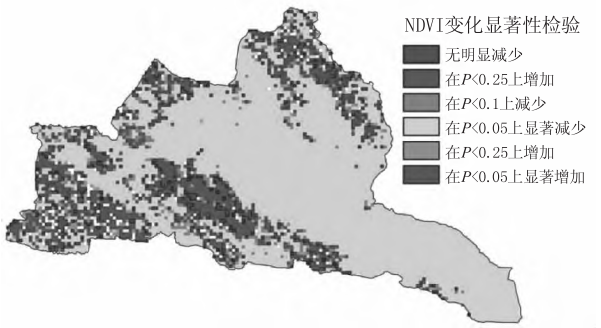

图 4　北疆 *GIMMS NDVI* 年际变化趋势显著性

Fig. 4 Significance of *GIMMS NDVI* interannual variation trend from 1998 to 2003 in north Xinjiang

增加趋势($P<0.01$),植被恢复效果明显。从植被退化来看,植被指数趋于下降的区域主要分布在古尔班通古特沙漠化区及卡拉麦里、将军戈壁、诺敏戈壁荒漠化区,此外,天山山脉一带也是植被退化集中区。从 GIMMS NDVI 变化空间分布可看出,北疆植被改善与退化存在明显空间差异,特别是大规模生态恢复工程实施以来,植被恢复程度明显,需要进一步运用 SPOT VEG NDVI 数据来解析其时空演变机制。

3.3　1998—2010 年不同生态功能区 NDVI 变化

利用 1998—2010 年 SPOT VEG NDVI 时间序列数据进行趋势分析(图 5),较为清晰地展现北疆植被 NDVI 空间变化特征。结果表明,北疆植被改善较为明显区域主要分布在乌苏 - 石河子 - 昌吉城镇带、精河 - 博尔塔拉谷地、精河 - 博尔塔拉谷地等绿洲农业生态区,局部地区植被改善达到了极显著水平(图 6)。伊犁河谷、额尔齐斯河谷、乌伦古河谷等平原绿洲农业区也是植被改善集中分布的地区。阿尔泰山中部、东南部谷地草原牧业区和布克谷地草地牧业区等区域内局部地区植被呈现出中度退化趋势,阿尔泰山中部和东南部地区内的局部地区植被退化达到了极显著水平。

从空间分布看,北疆较大区域植被变化保持相对稳定(表 1),与 1981—2006 年 GIMMS NDVI 植被变化趋势相比较(表 2),在近 13 年来,原来较大面积轻度退化区的植被 NDVI 值呈现不断增加趋势,植被改善明显。从图 6 右上角的北疆植被变化整体分区也可以看出,北疆大部分区域植被趋于改善。进一步对植被变化趋势分级和面积进行分析发现,北疆 67.13% 的区域植被变化保持稳定,24.99% 的区域植被得到了缓慢改善。整体来看,随着北疆生态保护和生态建设工程的不断推进,北疆植被整体趋于改善。

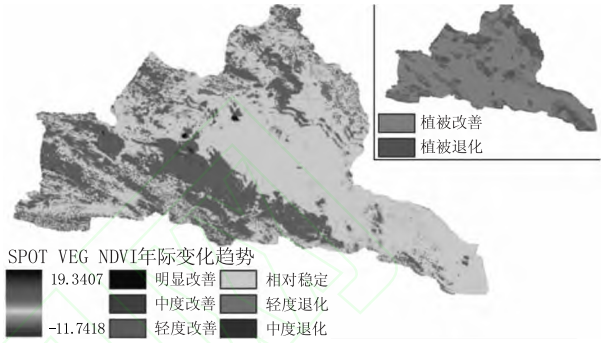

图 5　SPOT *VEG NDVI* 年际变化趋势

Fig. 5 Interannual variation trend of SPOT *VEG NDVI* from 1998 to 2010 in north Xinjiang Province

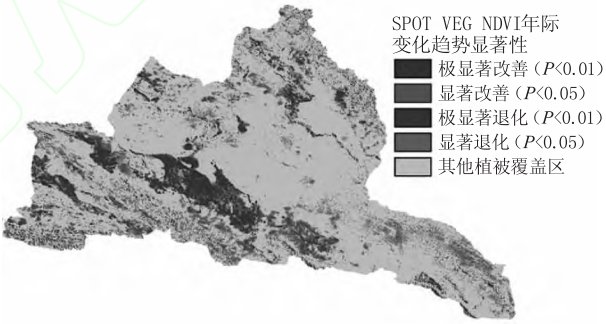

图 6　SPOT *VEG NDVI* 年际变化趋势显著性

Fig. 6 Interannual variation trend significance of SPOT *VEG NDVI* from 1998 to 2010 in north Xinjiang Province

表 1　基于 SPOT VEG NDVI 的北疆植被变化趋势特征表

Tab. 1 Vegetation changing trend characteristic based on SPOT *VEG NDVI* in north Xinjiang Province

变化趋势	$NDVI_{slope}$ 变化幅度	变化面积/km^2	面积比例/%
中度退化	-11.74 ~ -8.00	89.73	0.02
轻度退化	-8.00 ~ -1.00	32392.81	7.22
保持稳定	-1.00 ~ 1.00	301181.35	67.13
缓慢改善	1.00 ~ 8.00	112118.60	24.99
中度改善	8.00 ~ 14.00	2602.19	0.58
明显改善	14.00 ~ 19.34	269.19	0.06

表2 不同生态功能区植被变化趋势及分配

Tab. 2 Vegetation variation trend and distribution in different ecological function regions

一级生态功能区	总面积/km^2	趋于改善面积比例/%	负相关区面积比例/%	生态功能亚区	总面积/km^2	趋于改善面积比例/%	趋于退化面积比例/%
				I-1	51431.69	47.70	52.28
I	132716.61	58.05	41.95	I-2	33269.19	74.09	25.91
				I-3	48015.72	58.01	41.99
				II-1	51368.80	77.20	22.80
				II-2	51813.50	72.60	27.40
II	186134.68	78.19	21.81	II-3	42237.96	76.01	23.99
				II-4	40714.42	88.81	11.19
III	129802.55	64.73	35.27	III-1	129802.55	64.73	35.27

对不同生态功能区和生态功能亚区内植被变化趋势分别比较可看出：

1）I—阿尔泰山-准噶尔西部山地森林与草原区

分析表明，在该生态功能区中，58.05%的区域植被趋于改善，剩余的41.95%的区域内植被则表现为退化趋势。其中，阿尔泰山南坡西伯利亚落叶松生态亚区内占植被趋于改善和退化的面积比重分别为47.72%和52.28%，植被退化面积略大于植被改善的面积，因此在未来气候变化的影响下仍有必要加强该区域内植被恢复特别是落叶松天然林的恢复与保护。在额尔齐斯-乌伦古河荒漠草原生态亚区，植被覆盖趋于改善的面积占到74.09%，是植被退化区面积近3倍，这表明该亚区内植被变化整体趋于改善，可能与河谷平原区内较好的气候、水分条件有关。在准噶尔盆地西部山地草原生态亚区，植被趋于改善和退化的面积在整个亚区面积的比例分别为58.01%和41.99%，这表明该区域中较大面积地区植被状况趋于改善，但仍存在较大面积的植被退化区，需要有针对性地开展植被保育和生态建设工程来遏制植被退化。

2）II—准噶尔盆地荒漠生态区

准噶尔盆地荒漠生态区是北疆最大的植被区，面积为186 134.68 km^2，占北疆总面积的41.49%，从植被变化趋势及面积分配来看，该区域中78.19%的地区植被向好的方向发展，改善面积是退化面积的近4倍。进一步对该区域内各生态亚区植被NDVI时空变化趋势进行分析，结果表明，在准噶尔盆地西缘荒漠-绿洲农业生态亚区，植被趋于改善和趋于退化的面积比分别为77.20%和22.80%，这可能与该地区内大面积栽植植被生长及生产力不断提高有关；在准噶尔盆地东部灌木荒漠生态亚区和准噶尔盆地中部固定、半固定沙漠生态区，尽管属于荒漠或沙漠生态系统类型趋，但这些生态亚区植被变化趋势与准噶尔盆地西缘荒漠-绿洲农业生态亚区情况基本相似，植被状况均有较大面积改善；在准噶尔盆地南部灌木和半灌木荒漠、绿洲农业生态亚区，植被改善面积和退化面积比例相差近8倍，充分证明该亚区内植被状况较好，大面积植被改善与恢复效果明显。

3）III—天山北坡云杉林-草原生态亚区

该生态亚区尽管东西跨度较大，但生态功能类型特征基本相似，从植被NDVI时空变化趋势分析来看，区域内64.73%的空间上植被向好的方向转化，其余面积占35.27%的区域植被趋于退化，表明该区域大部分植被覆盖区植被得到了改善，生态环境质量不断提高，这主要是由于天山北坡独特气候条件和自然基底所决定，特别是天山山脉西部的伊犁河谷，受地形与气候条件决定，气候宜人，降雨丰沛，是北疆典型的河谷型绿洲平原，境内植被条件相对优越，是新疆重要的生态屏障。

3.4 1998—2010年不同生态功能区NDVI变化趋势显著性

对北疆不同生态功能区和生态亚区内植被NDVI变化趋势进行显著性检验分析（表3），结果表

明,在生态区 I 内,植被显著改善面积比例为 9.42%,仅高出显著退化区的面积比 2.54 个百分点,这说明在实行天然林保护工程以来,山地森林如西伯利亚落叶松天然林得到了有效保护,但由于植被类型较为单一,受过度放牧、砍伐等历史原因影响,植被退化依然严重,显著性退化面积比例达到了生态区 I 的 11.43%,远超过了植被显著改善的面积。在额尔齐斯 - 乌伦古河河荒漠草原区生态亚区内(I - 2),受融雪径流及地表水条件决定,有 17.01% 的区域植被得到了显著改善,准噶尔盆地西部山地草原生态亚区植被变化情况类似,植被显著改善和显著退化的面积比分别为 7.19% 和 4.41%。在生态区 II 内,植被显著改善面积达到了 24.18%,显著退化面积仅为 1.3%,其中准噶尔盆地南部灌木半灌木荒漠、绿洲农业生态亚区植被显著改善面积比最高为 54.25%,准噶尔盆地西缘荒漠 - 绿洲农业生态亚区次之,准噶尔盆地中部固定半固定沙漠生态亚区最低,为 11.37%,但该区域植被显著退化面积仅为 0.32%,这表明该区域内大部分空间内植被生态恢复效果明显。

表 3　不同生态功能区植被变化趋势显著性与面积分配

Tab. 3 Vegetation variation significance and area distribution in different ecological function regions　%

一级生态功能区	显著改善面积比例	显著退化面积比例	二级生态功能区	显著改善面积比例	显著退化面积比例
Ⅰ	9.42	6.88	Ⅰ-1	6.59	11.43
			Ⅰ-2	17.01	3.40
			Ⅰ-3	7.19	4.41
Ⅱ	24.18	1.30	Ⅱ-1	20.86	1.87
			Ⅱ-2	14.27	1.53
			Ⅱ-3	11.37	0.32
			Ⅱ-4	54.25	1.32
Ⅲ	16.88	5.86	Ⅲ-1	16.88	5.86

注:显著性水平为 $P<0.05$。

在生态区 III 内,植被显著改善面积为 16.88%,显著退化面积为 5.86%,该区域有众多水源涵养区、生物多样性保护区、森林及自然景观保护单元分布,因而有大面积植被及其生境得到保护和恢复,同时该区域也是草原牧业、生态农业区集中分布的地区,在合理放牧、施肥管理等人为作用,植被改善明显。但该区域东西跨度较长,人类活动强度较大,同时毗邻将军戈壁、诺敏戈壁等荒漠生态系统区,更容易遭受其他人为或自然干扰的影响,植被退化的风险也较高。

4　结论

1) 1982—2003 年北疆 NDVI 平均值呈周期波动变化趋势,增幅缓慢。2002 年是北疆植被变化的转折期,2002 年后北疆 NDVI 平均值年际变化增幅明显,这可能与近年来国家针对该地区实施的一系列林业生态建设工程及气候变化影响有关。

2) NDVI 长时间序列数据集趋势分析均表明,北疆植被变化空间差异明显,从 1982—2003 年 GIMMS NDVI 数据分析发现,伊犁河谷、阿尔泰山南侧区域及天山北坡一带植被有明显改善,准噶尔盆地荒漠生态区及其东部大部分空间植被呈现轻度退化;从 1998—2010 年 SPOT VEG NDVI 数据分析发现,北疆大部分区域植被变化时空态势保持稳定,整体来看,随着国家生态保护与建设工程的不断推进,植被整体趋于改善,但仍有部分地区植被退化明显,特别是一些生态条件薄弱、人为干扰频繁的地区,植被退化的风险较高。

3) 生态功能区划是分析区域生态环境特征、生态系统服务功能与生态敏感性空间分异规律的重要单元。本研究基于生态功能区划,利用多源长时间序列 NDVI 数据集进行植被时空变化分析,发现

北疆植被恢复与退化存在明显的时空分异特征,这些变化趋势和规律对把握区域生态环境质量演变,制定合理的生态恢复与管理政策具有积极意义。然而,不同生态功能区植被变化与变异是自然和人为活动综合作用的结果,揭示其形成机制和产生根源还需要结合气候变化、土地利用变化、生态恢复等因素来加以解析。

参考文献:

[1] 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 and Evolution, 2005, 20(9): 503 - 510.

[2] 张晓萍,高照良,张橹,等. 不同时间尺度径流对植被变化的响应[J]. 中国水土保持科学,2007,5(4):94 - 100.

[3] 李珍存,马明国,张峰,等. 1982—2003 年中国西北地区植被动态变化格局分析[J]. 遥感技术与应用,2006,21(4):332 - 337.

[4] 臧润国,井学辉,刘华,等. 北疆森林植被生态特征[M]. 北京:中国现代教育出版社,2011.

[5] 武正丽,贾文雄,刘亚荣,等. 近 10a 来祁连山植被覆盖变化研究[J]. 干旱区研究,2014,31 (1):80 - 87.

[6] Wardlow B D, Egbert S L, Kastens J H. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the US Central Great Plain[J]. Remote Sensing of Environment, 2007, 108(3):290 - 310.

[7] 顾娟,李新,黄春林. 基于时序 MODIS NDVI 的黑河流域土地覆盖分类研究[J]. 地理科学进展,2010,25(3):317 - 326.

[8] 魏小琴,巴特尔·巴克,吴燕锋,等. 2000—2013 年阿勒泰地区植被覆盖变化研究[J]. 林业资源管理,2015(3):53 - 58.

[9] 昝国盛,孙涛. 呼伦贝尔草原植被覆盖变化趋势研究[J]. 林业资源管理,2011(1):44 - 48.

[10] 贾明明,任春颖,刘殿伟,等. 基于环境星与 MODIS 时序数据的面向对象森林植被分类[J]. 生态学报,2014,34(24):7167 - 7174.

[11] 侯学会,牛铮,高帅,等. 基于 SPOT-VGT NDVI 时间序列的农牧交错带植被物候监测[J]. 农业工程学报,2013,29(1):142 - 150.

[12] 张峰,吴炳方,刘成林,等. 利用时序植被指数监测作物物候的方法研究[J]. 农业工程学报,2004,20(1):155 - 159.

[13] 蒙继华,吴炳方,李强子. 全国农作物叶面积指数遥感估算方法[J]. 农业工程学报,2007,23(2):160 - 167.

[14] 杨萍,刘雪华. 基于 SPOT-VGTNDVI 的玛纳斯县植被覆盖变化分析[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(2):43 - 48.

[15] 李秀花,师庆东,郭娟,等. 中国西北干旱区 1981—2001 年 NDV 时气候变化的响应分析[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(2):11 - 16.

[16] 郭铌,朱燕君,王介民,等. 22 年来西北不同类型植被 NDVI 变化与气候因子的关系[J]. 植物生态学报,2008,32(2):319 - 327.

[17] 闫俊杰,乔木,周宏飞,等. 基于 MODIS/NDVI 的新疆伊犁河谷植被变化[J]. 干旱区地理,2013,36(3):512 - 519.

[18] 赵玲,杨青,安沙舟. 天山山区植被类型改变对新疆气候影响的模拟分析[J]. 草业学报,2014,23 (3):51 - 61.

[19] 寒区旱区科学数据中心[DB/OL]. (2015 - 10 - 20)[2013 - 10 - 24]. http://westdc. westgis. ac. cn/.

[20] 中国生态系统与生态功能区划专题数据库[DB/OL]. (2015 - 10 - 20)[2011 - 10 - 19]. http://www. ecosystem. csdb. cn/.

(上接第 63 页)

6 结语

经过 30 多年的发展,我国企业境外林业投资已取得一定成绩,但综合来看,企业开展境外林业投资合作的规模和水平依然处于较低层次,“走出去”面临一系列问题与挑战,道阻且长。国家层面,财政、税收等扶持政策尚不完善,还未建立起林业对外投资合作的金融扶持体系,支持手段单一。如何全方位、多角度、量体裁衣地针对林业对外投资开展扶持,驱动并保障企业,特别是中小林业企业“走出去”开展稳健的可持续投资,需要进一步探讨与实践。

参考文献:

[1] 国家林业局. 中国林业统计年鉴(1998)[M]. 北京:中国林业出版社,1999:45.

[2] 管志杰,公培臣. 中国林业对外投资区域选择:可持续发展的视角[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(6):20 - 24.

[3] 李文军. 走出去 林业产业贸易的新常态[J]. 中国林业产业,2015(2):3.

[4] 刘超. 林业企业对外投资研究[J]. 林业经济,2006(10):72 - 74.

[5] 红霞. 中国境外投资风险及其防范研究[J]. 中央财经大学学报,2006(3):63 - 67.

[6] 松野. 中国民营企业对外投资政策及投资优势分析[J]. 港澳经济,2015(14):11.

[7] 李亚卿. 中小企业走出去的路径选择及学理分析[J]. 当代经济,2014(8):56 - 58.

[8] 赵琼. 我国企业对外投资对策研究[J]. 现代商贸工业,2015(10):59 - 61.