

2000—2009 年青海省植被覆盖时空变化特征

刘栋杉, 延军平, 李双双

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 基于 2000—2009 年 MODIS—NDVI 植被覆盖指数, 采用线性趋势分析、标准差等数理分析方法, 对青海省“退耕还林还草”实施 10 a 来植被覆盖时空变化特征进行分析。结果表明: (1) 2000—2009 年青海省植被覆盖呈明显增加趋势为 0.018/10 a, 远快于三北防护林工程区 1982—2006 年植被覆盖平均增速 0.007/10 a; (2) 2000—2009 年青海省植被恢复具有阶段性, “退耕还林还草”实施前 6 a, 植被覆盖呈现快速上升, 2005 年后呈波动下降趋势; (3) 青海省植被恢复以轻微改善为主 (32.66%), 中度改善次之 (13.32%), 明显改善区主要分布在柴达木盆地东南边缘、青海湖盆地、茶卡—共和盆地、河湟谷地及黄南低地; (4) 青海省植被呈退化趋势区域比重为 18.40%, 主要分布于青南高原三江源地区和祁连山中东段; (5) 青海省 2000—2009 年植被稳定性存在明显地域差异。空间格局主要表现为“东南波动, 西北稳定, 高原温带波动, 高原寒带、亚寒带稳定”。青海东部中低山地、丘陵、盆地地区变化幅度最为明显。

关键词: 植被覆盖; 退耕还林还草; 时空格局; 青海省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)01-0263-05

中图分类号: Q948.1

Spatial-temporal Characteristics of Vegetation Restoration in Qinghai Province from 2000 to 2009

LIU Li-shan, YAN Jun-ping, LI Shuang-shuang

(College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: In order to monitor the dynamic variation of vegetation in Qinghai Province, based on the MODIS-NDVI data from 2000 to 2009, characteristics of spatial and temporal variation were analyzed using statistical methods such as linear trend analysis and standard deviation. Results show that: (1) From 2000 to 2009, vegetation of the study area was improved progressively, with a linear tendency of 0.018/10 a which was faster than the growth rate of the Three North Shelter Forest Program (0.007/10 a) from 1982 to 2006. (2) Vegetation restoration experienced several stages, a rapid increase in vegetation coverage during the first five years of “Grain-for-Green” project and a significantly fluctuated decline after 2005. (3) Slight improvement (32.66%) accounted for the largest proportion of vegetation restoration, followed by moderate improvement (13.32%), and the significant improvement area was mainly distributed in the southeast edge of the Qaidam Basin, Qinghai Lake basin, Chaka—Gonghe basin, Hehuang Valley and the south Yellow River lowland. (4) The proportion of degradation tendency was 18.40%, which was distributed in the three rivers headwater and the eastern section of the Qilian Mountain. (5) Vegetation stability manifested significant regional difference, which was low in southeast and temperate zones, but high in northwest, frigid and sub-frigid zones. The changing magnitude was most obvious in the low mountains, hills and basins in eastern Qinghai Province.

Keywords: vegetation cover; “Grain for Green” project; spatial-temporal pattern; Qinghai Province

近年来,随着“三北防护林”、“退耕还林还草”等较之 20 世纪末期有所减轻^[1],荒漠化整体扩展趋势防沙治沙工程实施的不断深入,中国北方地区沙漠化已得到初步抑制^[2-4]。黄森旺等^[5]通过近 25 a 三北

收稿日期:2013-04-14

修回日期:2013-04-19

资助项目:国家自然科学基金项目“部分重大自然灾害的时空对称性:结构、机理与适应对策”(41171090)

作者简介:刘栋杉(1989—),女(汉族),新疆维吾尔族克拉玛依市人,硕士研究生,研究方向为全球变化与区域灾害防治。E-mail:lls_lucky@163.com。

通信作者:延军平(1956—),男(汉族),陕西省绥德县人,教授,博士生导师,从事区域自然灾害和区域开发研究。E-mail:yanjp@snnu.edu.cn。

防护林工程区土地退化及驱动力分析,发现三北防护林建设区土地退化整体呈减弱趋势,大部分省区退化程度都有所减弱,其中尤以内蒙古中东部、青海东北部、新疆北部最为明显。

青藏高原作为亚洲乃至北半球气候变化的“感应器”和“敏感区”,对中国乃至亚洲生态安全具有重要的屏障作用^[6-10]。青海作为青藏高原的一部分,地理环境复杂,生态环境脆弱,是气候变化的敏感区,也是东部季风区和青藏高原区的过渡带,国家“退耕还林还草”重点建设区,长江、黄河、澜沧江 3 大河流的发源地。地表植被覆盖动态变化研究对该地区环境保护和生态建设具有重要的意义。

无论是全年还是生长季,青藏高原植被变化与气温变化相关性明显高于降水,高原植被对温度变化具有较强的敏感性^[11]。Lean 等^[12]提出用统计方法模拟全球温度序列,共考虑 4 个因素,即人类活动(包括温室气体及气溶胶)、太阳辐射、火山气溶胶及 ENSO。王绍武等^[13]在此基础上进一步分析,认为 1999—2008 年有 La Nina 事件,太阳辐射则由强到弱,但人类活动仍然呈线性增长。ENSO 及太阳辐射带来的降冷,在相当程度上抵消了人类活动造成的变暖。但是,这些自然因素并未改变气候变化的趋势。2001—2010 年仍是全球有观测记录以来最暖的 10 a,这一点在青藏高原体现的尤为明显^[14]。气温持续增高导致活动积温增加,一方面有利于青海东部湿润地区植被生长,另一方面却加剧了青海西北地区干旱化趋势,影响植被覆盖状况改善。在全球变暖背景下,关注青海省生态恢复时空格局响应特征,对区域生态建设具有重要的实践意义。

基于此,本文选取青海省作为研究区域,利用 2000—2009 年遥感数据,以像元为基本计算单元,分析气候变暖背景下“退耕还林还草”实施 10 a 来高原植被覆盖的时空变化特征,以期为区域可持续发展、生态修复工程规划以及生态环境保护提供一些理论依据。

1 研究区概况

青海省地域辽阔,主体位于青藏高原东北部,西北内陆腹地,处于 3 大自然区的交汇地带。地理坐标为北纬 31°39′—39°19′,东经 89°35′—103°04′,总面积 7.21×10⁵ km²。由于地质构造控制,地貌基本格局呈现北西西—南东东走向,大地貌单元基本上沿纬向呈带状分布,自北向南依次是祁连山—阿尔金山、柴达木盆地—共和盆地—河湟谷地—黄南低地、东昆仑山脉、青南高原、唐古拉山脉。这些近乎东西走向

的高大山脉,成为重要的自然地理分界线和行政区划的界山。东部河湟谷地是黄土高原与青藏高原的过渡地带,受季风气候影响,自然条件相对较好,也是我国第一阶梯向第二阶梯过渡地带,蕴藏着丰富的水力资源。西北部的柴达木盆地,干旱少雨,具有典型的荒漠景观。南部为青南高原,是我国三江源生态重点保护区,具有高寒特征的景观特色^[15]。在全球变化和人类活动的综合影响下,青藏高原呈现出生态系统稳定性降低、资源环境压力增大等问题,突出表现为冰川退缩显著,土地退化形势严峻,水土流失加剧,生物多样性威胁加大与珍稀生物资源减少,自然灾害增多等^[10]。

2 资料来源与研究方法

2.1 数据来源

本研究中遥感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,其中 NDVI 数据为 2000—2009 年 16 d 最大值合成 Terra—MODIS L3 级产品数据,分辨率为 1 km。选取 8 月作为研究时段,此时段区域植被覆盖达到一年中最高、云量较少且具有一定持续性,可以较好反映区域植被时空变化特征。由于青海省区域面积较大,Terra—MODIS L3 数据需要两幅影像进行区域全覆盖(h25v05,h26v05),使用 GIS 9.3 软件将两幅影像拼接和重投影,并利用青海省各州行政边界,提取青海省区域及各州年植被覆盖数据。NDVI 数字高程数据(DEM)为分辨率 90 m SRTM。

2.2 研究方法

2.2.1 趋势分析 一元线性回归分析可以模拟每个栅格的变化趋势,以单个像元时间变化特征反映整个空间变化规律,综合反映区域时空格局演变^[16-17]。其中 Slope 为像元 NDVI 回归方程的斜率,若 Slope 值为正,表示随时间变化植被指数升高,区域植被覆盖度存在增加趋势,且数值愈大植被覆盖度增加趋势愈明显;反之,Slope 值为负,表示随时间变化植被指数呈下降趋势。其计算公式如下:

$$S = \frac{n \times \sum_{i=1}^n i \times NDVI_i - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n NDVI_i}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2} \quad (1)$$

式中:S——像元 NDVI 回归方程的斜率;n——年跨度;i——年序号;NDVI_i——第 i 年 NDVI 值。下同。

为了更好地评价青海省植被恢复状况,参照已有研究^[17],将 Slope 分为 7 个等级:严重退化、轻微退化、中度退化、基本不变、轻微改善、中度改善、明显改善(表 1)。

表 1 植被覆盖变化趋势分类标准

程度	NDVI 变化趋势	程度	NDVI 变化趋势
严重退化	$Slope \leq -0.009 0$	明显改善	$0.009 0 \leq Slope$
轻微退化	$-0.004 5 \leq Slope < -0.000 9$	中度改善	$0.004 5 \leq Slope < 0.009 0$
中度退化	$-0.009 0 \leq Slope < -0.004 5$	轻微改善	$0.000 9 \leq Slope < 0.004 5$
基本不变	$-0.000 9 \leq Slope < 0.000 9$		

2.2.2 标准差分析 标准差表示个数据变量偏离常态的距离的平均数,是离差平方和平均后的方根,能反映一个数据集的离散程度,其值越大,说明该地区在研究时段内各像元 NDVI 距离平均值越远,即该段时间植被覆盖的年际变化较大,植被稳定性差^[18]。结合区域自然地理特征,如柴达木盆地植被稀少,其大幅波动变化可能性相对较小,可以进一步验证稳定性和趋势分析结论的可靠性:

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\text{NDVI}_i - \overline{\text{NDVI}})^2} \quad (2)$$

式中: S_i ——像元 NDVI 的标准差; $\overline{\text{NDVI}}$ ——2000—2009 年 NDVI 平均值。

3 结果与分析

3.1 青海省植被覆盖年际变化特征

2000—2009 年青海省植被覆盖呈现明显的增加趋

势,增速为 0.018/10 a,快于三北防护林工程区 1982—2006 年近 25 a 植被覆盖平均增速 0.007/10 a^[19],但慢于陕甘宁黄土高原区 2000—2009 年植被覆盖平均增速 0.032/10 a^[20]。2000 年植被 NDVI 为 0.317,2009 年上升到 0.340,增长率为 7.2%。其中,海东地区植被覆盖改善最为明显,10 a 间增加了 18.1%,其次是海南州 16.5%,格尔木 11.4%,海西州 10.5%。海北州和果洛州植被条件相对较好,其增长率与其他地区相比显得比较缓慢,10 a 分别增长了 0.9%和 1.3%(表 2)。青海植被恢复大致可以分为两个阶段,第一阶段为 2000—2005 年植被快速增长,即“退耕还林草”工程实施前 6 a,青海省植被 NDVI 由 2000 年 0.317 上升到 2005 年 0.349,达到 10 a 最高;第二阶段为 2005—2009 年,青海省植被呈现波动下降,其中 2005—2006 年和 2007—2008 年 NDVI 下降速率分别为 4.92%,3.18%(图 1)。

表 2 青海省植被覆盖变化统计特征

地区	2000 年	2003 年	2006 年	2009 年	平均值	标准差	增长率/%
海东地区	0.466	0.558	0.510	0.550	0.532	0.030	18.1
海南州	0.416	0.463	0.468	0.485	0.468	0.021	16.5
格尔木	0.236	0.241	0.233	0.262	0.245	0.009	11.4
海西州	0.137	0.145	0.152	0.151	0.147	0.009	10.5
西宁市	0.582	0.670	0.661	0.635	0.643	0.026	9.0
黄南州	0.655	0.706	0.706	0.702	0.695	0.020	7.2
玉树州	0.381	0.389	0.383	0.407	0.395	0.012	6.9
果洛州	0.570	0.562	0.578	0.578	0.569	0.014	1.3
海北州	0.559	0.567	0.586	0.565	0.570	0.012	0.9
青海省	0.317	0.329	0.331	0.340	0.332	0.009	7.2

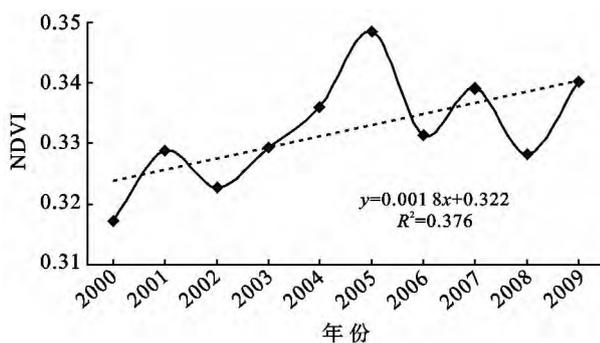


图 1 2000—2009 年青海省 NDVI 变化曲线

3.2 青海省植被覆盖空间格局演变

3.2.1 青海植被格局基本特征 青海省植被格局基本特征表现在以下两个方面。

(1) 在空间上,受水热、地形等自然地理条件限制,青海省“南高北低,东高西低”的植被格局基本稳定(图 2)。柴达木盆地、青南高原西北形成两大植被相对低区。祁连山东中段—河湟谷地,黄南低地—果洛州黄河源区,格尔木南部—玉树州形成 3 大植被相对高区。

(2) 青海省植被覆盖最高的区域为黄南州,2009

年植被 NDVI 为 0.702,其次是西宁地区为 0.635,植被覆盖相对较低的区域为海西州、格尔木,植被 ND-

VI 分别为 0.151,0.262,其中海西州植被覆盖仅为黄南州的 1/4。

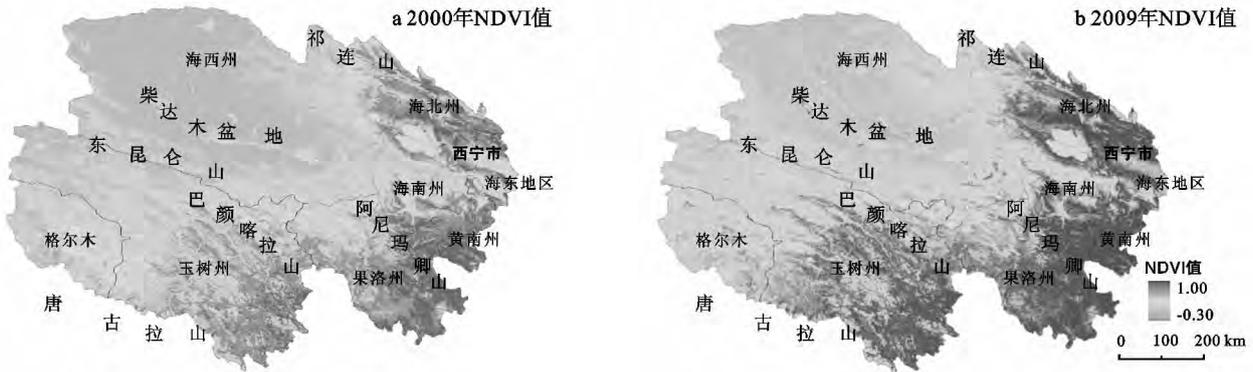


图 2 2000—2009 年青海省植被覆盖空间格局变化

3.2.2 植被覆盖空间格局演变态势 实施“退耕还林还草”10 a 间,青海省植被覆盖整体呈增加趋势(表 3),生态退化初步得到遏制,但其空间分布存在差异(附图 6)。空间格局演变特征主要表现为:(1)呈退化趋势区域比重为 18.40%,集中分布于祁连山中东段和青南高原三江源地区;(2)基本不变区域比重为 29.15%,集中分布于柴达木盆地中部和西北部风蚀残丘、流沙区,东昆仑山南部可可西里高原亦有零星分布;(3)轻微改善区比重最大(32.66%),除柴达木

盆地中部和西北部均有分布,相对比较集中的区域有柴达木盆地边缘和东昆仑山南侧;(4)中度和明显改善区比重为 19.80%,连片分布于柴达木盆地东南边缘,青海湖盆地、茶卡—共和盆地、河湟谷地、黄南低地,在南部青南高原、巴颜喀拉山和阿尼玛卿山西侧亦有带状分布;(5)明显改善区域相对较少,比重为 6.48%,空间分布主要集中在两个地区:柴达木盆地东南边缘形成一条南北向“W”型绿色屏障(98°经线周边);青海东部低山、丘陵、盆地地区。

表 3 2000—2009 年青海省植被覆盖演化趋势

时段	面积	变化趋势						
		严重退化	中度退化	轻微退化	基本不变	轻微改善	中度改善	完全改善
2000—2009	斑块数	12 727	29 312	111 259	242 941	272 170	111 011	53 988
	比重/%	1.530	3.520	13.350	29.150	32.660	13.320	6.480

3.2.3 植被覆盖空间格局稳定性 青海省 2000—2009 年植被覆盖标准差介于 0.0~0.05,稳定性存在明显地域差异(图 3)。空间格局主要表现为“东南波动,西北稳定,高原温带波动,高原寒带、亚寒带稳定”。其中,柴达木盆地、可可西里高原植被变化相对稳定,冷龙岭、大通河谷地、阿尼玛卿山西侧、青南高原东南部变化幅度居中,青海东部中低山地、丘陵、盆地地区变化幅度最为明显。

青海省以昆仑山为界,北部大部分属于高原温带,降水量由东向西递减,干旱程度逐渐增强,植被分布依次为半干旱草原、干旱草原、半荒漠草原、荒漠草原;南部属于高原亚寒带,降水量自东南向西北递减,植被由东南向西北依次为寒温针叶林、高山灌丛草甸、高寒草甸、高寒草原、高寒荒漠化草原。柴达木盆地、青南高原西北植被相对较低,加之气候寒冷,植被以半荒漠草原、荒漠草原为主,人类活动影响较少,所

以近 10 a 来植被覆盖呈现出低位稳定变化的特征;青海东部中低山地、丘陵、盆地地区,人为因素驱动明显,这里为我国“退耕还林草”工程实施的重点区域,气候相对适宜,降水量相对较多,植被易恢复,因此,区域植被覆盖表现出波动上升的特征。

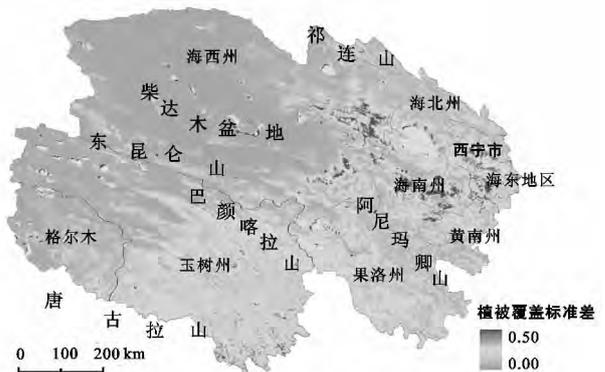


图 3 2000—2009 年青海省植被覆盖变化稳定程度

4 结论

(1) 2000—2009 年青海省植被覆盖呈现明显的增加趋势,增速为 0.018/10 a,快于三北防护林工程区 1982—2006 年近 25 a 植被覆盖平均增速 0.007/10 a,但慢于陕甘宁黄土高原区 2000—2009 年植被覆盖平均增速 0.032/10 a。

2000—2009 年青海省植被恢复具有阶段性,大致可以分为两个阶段:第一次阶段为 2000—2005 年植被快速增长;第二阶段为 2005—2009 年植被呈现波动下降。

2000—2009 年青海省海东地区植被覆盖改善最为明显,10 a 间增加了 18.1%,其次是海南州 16.5%,格尔木 11.4%,海西州 10.5%。祁连山东段的海北州和黄河源的果洛州植被条件相对较好,其增长率相对比较缓慢,10 a 间分别增长了 0.9% 和 1.3%。

(2) 受水热、地形等自然地理条件限制,青海省“南高北低、东高西低”的植被格局基本稳定。柴达木盆地、青南高原西北形成两大植被相对低区,“祁连山东段—河湟谷地”,“黄南低地—果洛州黄河源区”,“格尔木南部—玉树州”形成 3 大植被相对高区。

(3) 2000—2009 年青海省植被覆盖呈退化趋势区域比重为 18.40%,集中分布于祁连山东中段和青南高原三江源地区;明显改善区相对较少(6.48%),空间上集中分布在两个地区:一是柴达木盆地东南边缘形成一条南北向“W”型绿色屏障(98° 经线),另一是青海东部低山、丘陵、盆地区。

(4) 青海省 2000—2009 年植被覆盖标准差介于 0.0~0.05,稳定性存在明显地域差异。空间格局主要表现为“东南波动,西北稳定,高原温带波动,高原寒带、亚寒带稳定”。

气候变暖背景下,青海省生态恢复的可持续性依然是未来研究的热点话题,还有许多工作需要进一步探索。如进一步评估重点和典型区域(青南高原三江源地区、祁连山东段山区、湟水谷地、黄南低地等)生态系统恢复适应性和稳定性;进一步量化气候变化和人类活动对青海省植被恢复影响,系统评价两者在生态恢复过程中的相对作用;进一步探讨青海省生态系统良性恢复后系统服务功能,关注生态建设向生态发展的转型,促进区域经济和生态良性互动发展。

[参 考 文 献]

[1] 国家林业局. 第五次中国荒漠化和沙漠化公报[Z]. 2011.

- [2] 王涛,吴薇,薛娴,等. 近 50 年来中国北方沙漠化土地的时空变化[J]. 地理学报,2004,59(2):203-212.
- [3] 王涛,陈广庭,赵哈林,等. 中国北方沙漠化过程及其防治研究的新进展[J]. 中国沙漠,2006,26(4):507-516.
- [4] 许端阳,李春蕾,庄大方,等. 气候变化和人类活动在沙漠化过程中相对作用评价综述[J]. 地理学报,2011,66(1):68-76.
- [5] 黄森旺,李晓松,吴炳方,等. 近 25 年三北防护林工程区土地退化及驱动力分析[J]. 地理学报,2012,67(5):589-598.
- [6] 李辉霞,刘国华,傅伯杰. 基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究[J]. 生态学报,2011,31(19):5495-5504.
- [7] 刘纪远,徐新良,邵全琴. 近 30 年来青海三江源地区草地退化的时空特征[J]. 地理学报,2008,63(4):364-376.
- [8] 张镜铨,刘林山,摆万奇,等. 黄河源地区草地退化空间特征[J]. 地理学报,2006,61(1):4-12.
- [9] 董立新,王文科,孔金玲,等. 黄河上游玛多县生态环境变化遥感监测及成因分析[J]. 水土保持通报,2005,25(4):68-72.
- [10] 孙鸿烈,郑度,姚檀栋,等. 青藏高原国家生态安全屏障保护与建设[J]. 地理学报,2012,67(1):3-12.
- [11] 张戈丽,欧阳华,张宪洲,等. 基于生态地理分区的青藏高原植被覆盖变化及其对气候变化的响应[J]. 地理研究,2010,29(11):2004-2016.
- [12] Lean J L, Rind D H. How natural and anthropogenic influences alter global and regional surface temperatures: 1889 to 2006 [J]. Geophys. Res. Lett., 2008, 35, L18701, doi: 10.1029/2008 GL 034864.
- [13] 王绍武,罗勇,唐国利,等. 近 10 年全球变暖停滞了吗? [J]. 气候变化研究进展,2010,6(2):95-99.
- [14] 唐国利,罗勇,黄建斌,等. 气候变暖在继续[J]. 气候变化研究进展,2012,8(4):235-242.
- [15] 张忠孝. 青海地理[M]. 西宁:青海人民出版社,2004.
- [16] 马明国,王建,王雪梅. 基于遥感的植被年际变化及其与气候关系研究进展[J]. 遥感学报,2006,10(3):421-431.
- [17] 宋怡,马明国. 基于 SPOT VEGETATION 数据的中国西北植被覆盖变化分析[J]. 中国沙漠,2007,27(1):89-93.
- [18] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [19] 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.
- [20] 李双双,延军平,万佳. 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):960-970.