

2000年以来西秦岭地区植被覆盖变化特征

——以陇南市为例

王传胜^{1,3}, 李秋秋^{1,2,3}

(1. 中国科学院 区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要:利用 NDVI 数据,以陇南市为案例区,研究了 2000 年以来西秦岭地区植被覆盖度变化的时空特征。采集 2000—2010 年 6—10 月 NDVI 数据,利用像元二分法设计了植被覆盖度(V_c)的计算方法,结果显示,2000—2010 年陇南市植被覆盖度变化呈基本稳定态势,与同期温度和降雨的变化显著相关。利用一元线性回归和标准差方法,分析了 V_c 的时空变化特征,结果显示,土地面积将近 90% 的区域表现为稳定趋势, V_c 的年际波动较小,空间分布与林地的分布区域基本吻合;将近 1/10 的区域表现为上升趋势, V_c 的年际波动较大,主要分布在徽成盆地、西礼盆地、白龙江河谷阳面山坡等区域,与耕地、草地分布区域基本吻合,表明退耕还林工程对植被覆盖度增加的贡献显著。论文为 20 世纪末以来西秦岭地区生态建设的成效提供了证据,也为当地深化生态环境建设和可持续发展提供了借鉴。

关键词:植被覆盖度; 时空变化特征; 西秦岭

中图分类号: TP753; K921/927

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2016)02-0308-05

Study on Spatiotemporal Variations of Vegetation Cover in the Western Qinling Mountain Areas During the Period from 2000 to 2010

—A Case of Longnan of Gansu, China

WANG Chuansheng^{1,3}, LI Qiuqiu^{1,2,3}

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, CAS, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: As the main topic of terrestrial ecosystem study, vegetation cover change gained extensive attention in the process of global climate change and sustainable development recently. Based on MODIS NDVI data from June to October during the period from 2000 to 2010, taking Longnan City as a case area, we developed the calculation method of vegetation cover (V_c) by using Pixel Dichotomy model and analyzed the spatiotemporal variations of vegetation cover in the western Qinling Mountain areas by using simple linear regression and standard deviation method. The results showed that vegetation cover remained stable and significantly correlated with temperature and precipitation during the decade. The vegetation cover of 90% of study area showed the stability with small annual variation and also was consistent with the spatial distribution of forest land; while the vegetation cover in other 10% of study areas showed the growing tendency with significant variations and also was consistent with the spatial distribution of farmland and grassland, especially in Huicheng Basin, Xili Basin and adret slope of Bailong River Valley, which indicates that the Grain for Green project has the great contribution to vegetation cover increase. This study proved the effect of ecological construction in the western Qinling Mountain areas since late last century. All the findings can also provide references for local ecological environment construction and sustainable development.

Keywords: vegetation cover; spatiotemporal variation; western Qinling Mountain

植被覆盖和植被活动及其变化长期以来一直是地球陆地生态系统研究的主体内容。近年来,在全球变化

领域,通过了解大气组成、土地利用和气候变化对植被的影响与反馈,探讨植被对全球变化的响应^[1-4];另一

方面,在可持续发展领域,通过了解区域植被覆盖度和植被活动的变化,分析人类活动对植被生态系统的影响^[5]。近20 a来,利用卫星遥感数据红光和红外波段的不同组合进行植被研究,取得了较好的效果^[6-7]。在众多的植被指数中,NDVI(Normalized Differential Vegetation Index,归一化植被指数)是应用最为广泛的一种,已有大量的文献研究了我国不同区域植被变化的时空特征及其与气候、人类活动的关系^[8-11],研究发现NDVI与降水、气温等自然气候因子^[12]和城镇发展、退耕还林等人类活动^[13-14]有较好相关性。在现有研究中,崔晓临等^[15]利用2000—2009年NDVI数据,研究了秦岭东部地区(陕西、河南)植被指数的变化,结论认为植被覆盖呈逐年增加态势,同时又进一步研究了海拔梯度差异的气温响应,认为高海拔地区植被生态系统更易受到全球气候变化的影响。还有其他研究涉及到秦岭部分地区,结果认为陇南山区植被呈增加趋势^[16]。

本文重点关注秦岭西部地区,即嘉陵江干流以西的西秦岭部分,在行政上属甘肃省,包括陇南市、天水 and 定西2市的渭河以南部分县,以及甘南州的迭部、舟曲和临潭3县,因西秦岭主要部分为陇南市,故本研究以陇南市为案例区域。陇南市为全国扶贫重点地区,同时也是全国水土流失防治和生态建设的重点地区。据陇南市林业局提供的资料,自1999年以来,通过实施退耕还林、天然林保护、长防林、生态公益林、自然保护区等生态工程,累计造林45.33万hm²,其中累计退耕面积8.24万hm²,全市森林覆盖率由38.9%增加到42%。本研究通过植被覆盖度变化的时空特征揭示,一方面为验证20世纪末以来生态建设的成效提供依据,另一方面也为当地深化生态环境建设和可持续发展提供借鉴。

1 研究区概况

陇南市经纬度为32°35′45″—34°32′00″N,104°01′19″—106°35′20″E,在地貌上,北部属黄土高原丘陵沟壑区,西部为岷山山脉高山岭谷区,东南部为秦巴山地高山峡谷区;在气候上,为亚热带向暖温带过渡地区,年平均气温5~16℃,年降雨量400~1 000 mm;在流域单元上,是甘肃省唯一的长江流域地区;在植被上,为常绿—落叶针阔混交林区域。

陇南市与陕、川两省接壤,辖1区8县,土地总面积2.79万km²,2012年常住人口256.95万人,将近占全省比重的1/10。境内山地广布,气候垂直分异显著,海拔高度介于550~4 187 m之间,坡度25°以上面积占国土面积的43%^[17],为全国水土流失和泥石流灾害的重点防治区,也是全国退耕还林的重点实施区域。据陇南市土地局资料,全市将近2/3的土地利用类型

为林草地,其中,林地面积占全市面积的49.67%,牧草地面积占14.98%,耕地和园地面积占20.48%,建设用地面积占1.66%,水域面积占1.05%,其他用地面积占12.15%。耕地主要分布在东部的徽(县)成(县)盆地和北部的西(和)礼(县)盆地,以及武都区的白龙江干流河谷和文县的白水江干流河谷区域。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

植被覆盖度变化分析主要使用NDVI数据,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镜像网站的MODIS中国合成产品,提取基于Terra卫星的2000—2010年NDVI中国1 km格网的NDVI月合成产品,该产品是取每月的最大值为月度实际值,坐标系为WGS84。考虑到夏秋季是植被活动的旺盛时期,因此选择6—10月份的NDVI值作为背景数据,在ARCGIS软件支持下取得6—10月的NDVI最大值,作为NDVI的年度考察值。

辅助分析数据包括:(1)地形图和土地利用栅格数据,前者来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站提供的ASTER GDEM DEM数据,后者来源于中国科学院提供的2000年遥感数据,两项数据主要用于研究区域一般特征分析和植被覆盖度变化的空间特征分析;(2)气象数据,来源于国家气象局提供的武都测站2000—2010年度气温和降雨数据,主要用于和植被覆盖度变化进行相关分析;(3)统计数据,主要来源于实地调研的专业部门数据和相关年度的统计年鉴数据。

2.2 研究方法

2.2.1 植被覆盖度 植被覆盖度的计算通常采用像元二分法^[18-20],这是一种简单实用的遥感估算模型,其原理是假设一个影像像元的地表覆盖分为有植被和无植被两部分,遥感传感器观测到的光谱信息也是这两部分要素的线性加权组合,权重是两要素的面积比重,植被要素的面积比重就是像元中植被部分的权重,因此,植被面积比重的计算公式为^[21-22]: $P_{veg} = (S - S_{soil}) / (S_{veg} - S_{soil})$,其中, P_{veg} 为观测区域植被面积的比重, S 为混合像元的遥感信息值, S_{veg} 是完全植被覆盖像元的遥感信息值, S_{soil} 为完全无植被覆盖像元的遥感信息值。

本文以2000—2010年NDVI的年度值为遥感信息值,定义遥感估算的植被覆盖面积比重为植被覆盖度 V_c (Vegetation Coverage),则根据上述原理, V_c 的计算公式为:

$$V_c = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (1)$$

式中:NDVI——像元的实际值;NDVI_{veg}——完全植被覆盖像元的遥感信息值;NDVI_{soil}——完全无植被覆盖像元的遥感信息值。理论上,NDVI_{veg}——纯植被像元;NDVI_{soil}——纯土壤像元,通常被分别取值为影像象元中的最大值与最小值;但实际上,因地表不同地物之间的相互影响,图像不可避免地存在噪声,因而实际研究中并不是直接取影像中的最大值和最小值,而是根据影像像元值的累积频率分布情况,设定一定的置信度区间,取置信度区间的最大值和最小值。一般情况下,如没有足够的实地观测的样点数据,置信区间通常设定为 5%~95%^[23]。因此,本文以 NDVI 像元值累积分布 5% 的值为影像中 NDVI 最小值,低于此值的 V_c 值均取 0;NDVI 像元值累积分布 95% 的为像元中最大值,高于此值的 V_c 值均取 1;介于其中的用公式(1)计算结果,利用 ArcGIS 的 reclassify 模块和 raster calculator 模块取得最终结果。

2.2.2 一元线性回归 一元线性回归方法主要用来测度 V_c 随时间变化的趋势^[24-26],通过单个像元 V_c 随时间的变化趋势模拟刻画整个区域植被覆盖度变化的空间态势,回归方程的斜率是 V_c 随时间变化的主要参数,计算公式为:

$$V_{cslp} = \frac{n \sum_{i=1}^n i V_{ci} - (\sum_{i=1}^n i) (\sum_{i=1}^n V_{ci})}{n \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2} \quad (2)$$

式中: V_{cslp} ——方程的斜率; i, n —— V_c 自 2000 年起的年度序号,共 11 a, $i \in (1, 11), n = 11$ 。 $V_{cslp} > 0$, 植被覆盖度呈上升趋势,值越大,表明植被活动强度越大; $V_{cslp} < 0$, 植被覆盖度呈下降趋势,值越小,表明植被活动强度下降的趋势越显著。

2.2.3 标准差 标准差方法主要用来测度各年度 V_c 像素值的离散程度或变化幅度,本文也用来和植被覆盖度斜率变化进行时空组合分析,前者表示植被覆盖度变化的幅度,而后者表征变化方向。本研究中,标准差的计算使用 ArcGIS 空间分析工具中的 cell statistics 模块,选择 2000—2010 年各年 V_c 的标准差输出形式得到具体的结果。

3 结果与分析

3.1 全域植被覆盖度变化的时序特征

利用像元二分法计算 2000—2010 年陇南市各年的 V_c ,分析 V_c 随时间变化的特点。图 1 显示,2000 年以来,陇南市 V_c 趋势线较为平稳,植被覆盖度围绕 0.64 左右上下波动,近年来趋于稳定。

3.2 植被覆盖度变化趋势的空间分异

3.2.1 变化趋势划分 因为植被的变化存在自身自然变化的阈值范围,因此对于 V_{cslp} 是上升、稳定还是下降的判断,首先需要确定其自然变动的阈值区。目

前基本采用两种方法,一种是选择植被覆盖度为 0 的训练区,看 V_c 变化的值域区间,根据国内学者在青藏高原的研究^[27],值域-0.2~0.2 为植被自然变动的范围;另一种方法借助统计学方法,如采用 Jenks' natural breaks 断点分级,确定样本的自然断点^[24]。本文采用前一种方法,因陇南市地处河流上游地区,河流为线状要素,也无面积较大的湖泊,无法满足训练区的精度要求,考虑到陇南市城镇建设用地区域原本狭小,近几年在城镇扩张中绿化覆盖率提高不大,在土地利用图中面积最大的可达 2 km²,故选择城镇建设用地作为训练区。根据对 2000 年土地利用数据中建设用地 V_c 斜率栅格数据分布的特征值分析, V_c 介于一 0.027 1~0.018 61,和第一种方法中确定的值域相当,因此将此范围作为 V_c 变化相对稳定的阈值区间。

表 1 显示,近十年来将近 90% 的区域 V_c 变化趋势相对稳定,将近 1/10 的区域表现为上升趋势,面积 2 563.23 km²,1.33% 的区域为降低趋势,面积 372.08 km²。图 2 显示,植被覆盖度增加趋势区域主要分布在中北部黄土高原地貌类型区,大体上呈面状或片状集中分布于徽成盆地区、西礼盆地区、武都区白龙江干流河谷的阳面山坡区,这些区域的土地利用类型以耕地和草地为主,且调研资料显示,这些区域也是退耕还林面积较大的区域,在一定程度上可以证实退耕还林工程对植被覆盖度增加的贡献显著。降低趋势的区域一是南部文县的河谷区域,尤其是白水江上游;二是西和、宕昌两县之间的山区。

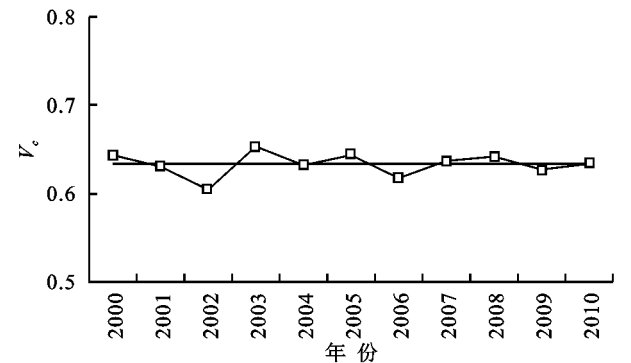


图 1 陇南市 V_c 时序变化趋势

表 1 V_c 变化趋势的分类统计

变化趋势	阈值范围	像元数	实际面积/km ²	面积比重/%
稳定趋势	-0.0271~0.01861	69511	24964.69	89.48
上升趋势	0.01861~0.0846	7137	2563.23	9.19
下降趋势	-0.0989~-0.0271	1036	372.08	1.33

3.2.2 变化趋势的年度波动 为便于和植被覆盖度变化的斜率进行比较分析,采用 Jenks' natural breaks 方法将 V_c 标准差分为三级,结果见表 2,图 3。表 2 显示,标准差最大值为 0.371 7,标准差较大的区域,即介于 0.141 4—0.371 7 的区域栅格单元数有

10 646 个,面积占 13.70%,标准差较小的 0~0.080 2 的区域面积接近全部区域的一半,说明大多数区域植被覆盖度变化范围不大。图 3 显示,标准差的空间分布态势和斜率的空间分布态势类似,标准差较大的区域主要分布在斜率变化较大(上升或下降)的区域,如徽成盆地区、西礼盆地区、白龙江和白水江两岸,且主要为耕地和草地的分布区域。

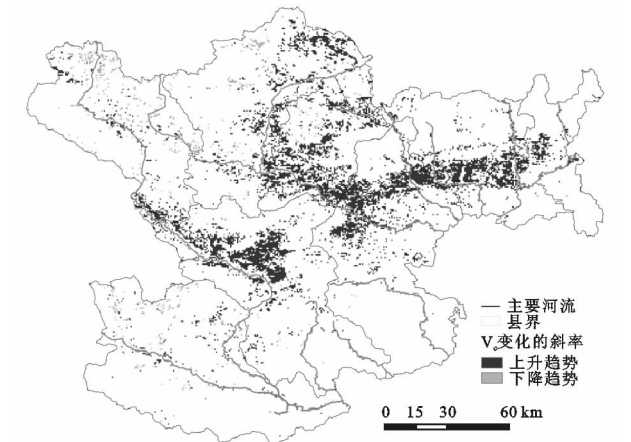


图 2 V_c 上升和下降趋势的空间分布

表 2 V_c 变化的标准差分类统计

标准差阈值范围	栅格数	面积/km ²	面积比重/%
0~0.0802	37823	13584.03	48.69
0.0802~0.1414	29215	10492.49	37.61
0.1414~0.3717	10646	3823.48	13.70

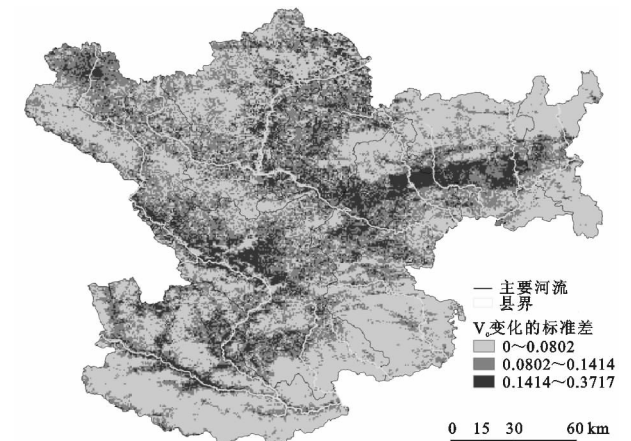


图 3 V_c 变化的标准差分布

3.2.3 变化趋势的时空组合分析 按照表 3 的分类结果,把标准差值域进一步分为两类,利用 ArcGIS 的栅格计算模块对植被覆盖度变化进行斜率和标准差的组合分类,结果分为 6 类区域。标准差小则表明像元的 V_c 年际变化较小,植被覆盖度处于平稳的改善、稳定或退化趋势;标准差大即像元的 V_c 年际波动较大,植被覆盖度处于急剧或大幅波动的改善、稳定或退化趋势。表 3 显示,研究区大体处于 V_c 小范围变化的稳定态势中;植被覆盖度改善且变化范围大的地区可视为生态效益明显或起伏中转好,此类地区占

研究区面积 5.86%,只有少数地区处于植被覆盖度在大范围波动中退化的状态。附图 11 显示,斜率稳定趋势地区中,标准差小的区域多呈面状连续分布态势,标准差大的区域多呈零星的点状或条带状分布;上升趋势地区中则相反,标准差大的区域多呈面状、连续性分布,标准差小的区域多为零星的点状分布。

表 3 V_c 变化的空间分类

斜率	标准差大(0.1414~0.3717)			标准差小(0~0.1414)		
	像元数	面积/km ²	比重/%	像元数	面积/km ²	比重/%
稳定	5401	1939.75	6.95	64110	23024.93	82.53
上升	4556	1636.28	5.86	2581	926.96	3.32
下降	689	247.45	0.89	347	124.62	0.45
合计	10646	3823.48	13.70	67038	24076.52	86.30

3.3 植被覆盖度变化的影响因子分析

2000—2010 年,陇南市降雨量和温度年际波动较大。从 V_c 与气候要素特征值变化的关系来看,陇南市植被覆盖度与同期平均气温呈显著负相关,而和降雨量呈显著正相关,气温、降水的变化对 V_c 变化的贡献达到 54.7%,43.5%。

有大量研究论证,植被覆盖既受降水气温等自然生长环境的影响,同时也受到人为活动的作用,如退耕还林、天然林保护等生态环境建设^[28-31]。在上文植被覆盖改善区域中,徽成盆地区、西礼盆地区、武都区白龙江干流河谷的阳面山坡区也是陇南市退耕还林工程实施较多的区域,故而陇南市植被盖度变化的影响因子可以归纳为气候因子变化与退耕还林的影响。

4 结论

(1) 2000 年以来,陇南市植被覆盖度变化总体相对稳定。时间序列的分析表明,NDVI 总体呈上升态势, V_c 表现相对平稳。植被覆盖度变化和 6—8 月平均气温、降雨量有较高相关性,表明陇南市气温、降雨变化对植被覆盖度影响较大。

(2) 植被覆盖度空间变化态势和时间序列的分析结果基本一致,将近 90% 的区域表现为稳定趋势,将近 1/10 的区域表现为上升趋势。从空间变化态势上看,上升趋势区域多数呈面状或片状的集中分布态势,下降趋势区域多呈局部或零星的分散分布态势;从年度变化的空间态势来看,植被覆盖度显著上升或下降区域, V_c 的年际波动较大,空间分布与耕地、草地分布区域基本吻合;而植被覆盖度变化相对稳定区域, V_c 的年际波动较小,空间分布与林地的分布区域基本吻合。植被覆盖度上升区域主要分布在徽成盆地、西礼盆地、白龙江河谷阳面山坡等区域,也是退耕还林面积较大的区域,一定程度上说明退耕还林工程对植被覆盖度增加的贡献显著。

(3) NDVI对揭示研究区域的植被覆盖度变化有较好的效果,但因研究区域植被的垂直分异显著,植被随气候变化的时空差异较大,目前采用的数据,时间和空间的分辨率依然不够,特别是大比例尺的植被数据和土地利用数据不足,增加了研究结果的不确定性,这在下一步的深化研究中需要补充。另外,对人类活动的刻画,特别是退耕还林以来植被覆盖度增加的原因解释,需要更详尽的实地调研,进一步丰富研究内容。

参考文献:

- [1] 朴世龙,方精云. 1982—1999年我国陆地植被活动对气候变化响应的季节差异[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 119-125.
- [2] Cramer W P, Leemans R. Assessing impacts of climate change on vegetation using climate classification systems [M]. London: Chapman and Hall, 1993.
- [3] 周广胜,王玉辉. 全球变化与气候—植被分类研究和展望[J]. 科学通报, 1999, 24(44): 2587-2593.
- [4] 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.
- [5] 田庆久,闵祥军. 植被指数研究进展. 地球科学进展[J], 1998, 13(4): 327-333.
- [6] 贾坤,姚云军,魏香琴,等. 植被盖度遥感估算研究进展[J]. 地球科学进展, 2013, 28(7): 774-782.
- [7] 韦振锋,王德光,张翀,等. 近12年陕甘宁黄土高原区植被物候时空变化特征[J]. 生态与农村环境学报, 2014, 30(4): 423-429.
- [8] 张玮,张懿铨,王兆锋,等. 珠穆朗玛峰自然保护区植被变化分析[J]. 地理科学进展, 2006, 25(3): 12-22.
- [9] 韩秀珍,李三妹,罗敬宁,等. 近20a中国植被时空变化研究[J]. 干旱区研究, 2008, 25(6): 753-759.
- [10] 孙艳玲,郭鹏,延晓冬,等. 内蒙古植被覆盖变化及其与气候、人类活动的关系[J]. 自然资源科学, 2010, 25(3): 407-414.
- [11] 郑有飞,刘宏举,吴荣军,等. 贵州省NDVI变化及其与主要气候因子的相关性[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(1): 12-17.
- [12] 徐兴奎,陈红, Levy Jason K. 气候变暖背景下青藏高原植被覆盖特征的时空变化及其成因分析[J]. 科学通报, 2008, 53(4): 456-462.
- [13] 王静,郭妮,蔡迪花,等. 玛曲县草地退牧还草工程效果评价[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1276-1284.
- [14] 周洪建,王静爱,岳耀杰,等. 人类活动对植被退化/恢复影响的空间格局:以陕西省为例[J]. 生态学报, 2009, 29(9): 4847-4856.
- [15] 崔晓临,白红英,王涛. 秦岭地区植被NDVI海拔梯度差异及其气温响应[J]. 资源科学, 2013, 35(3): 618-626.
- [16] 杨尚武,张勃,赵一飞,等. 1998—2011年甘肃河东地区NDVI时空变化[J]. 干旱区研究, 2014, 31(1): 74-79.
- [17] 陈行,朱珊珊,李秋秋,等. 西秦岭地区农户生计改变对生态建设的影响[J]. 山地学报, 2014, 32(6): 662-670.
- [18] Leprieux C, Verstraete M M, Pinty B. Evaluation of the performance of various vegetation indices to retrieve vegetation cover from AVHRR data[J]. Remote Sensing Reviews, 1994, 10(4): 265-284.
- [19] 陈晋,陈云浩,何春阳,等. 基于土地覆盖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.
- [20] Zribi M, Le Hegarat-Masclé S, Taconet O, et al. Derivation of wild vegetation cover density in semi-arid regions: ERS2/SAR evaluation[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(6): 1335-1352.
- [21] 刘广峰,吴波,范文义,等. 基于像元二分模型的沙漠化地区植被覆盖度提取:以毛乌素沙地为例[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2): 268-271.
- [22] 郭芬芬,范建容,严冬,等. 基于像元二分模型的昌都县植被盖度遥感估算[J]. 中国水土保持, 2010(5): 65-67.
- [23] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. 资源科学, 2004, 26(4): 153-159.
- [24] 于伯华,吕昌河,吕婷婷,等. 青藏高原植被覆盖变化的地域分异特征[J]. 地理科学进展, 2009, 28(3): 391-397.
- [25] 梁四海,陈江,金晓梅,等. 近21a青藏高原植被覆盖变化规律[J]. 地球科学进展, 2007, 22(1): 33-40.
- [26] 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.
- [27] Ding Mingjun, Zhang Yili, Shen Zhenxi, et al. Land cover change along the Qinghai Tibet Highway and Railway from 1981 to 2001[J]. Journal of Geographical Sciences, 2006, 16(4): 387-395.
- [28] 廖清飞,张鑫,马全,等. 青海省东部农业区植被覆盖时空演变遥感监测与分析[J]. 生态学报, 2014, 34(20): 5936-5943.
- [29] 孙智辉,曹雪梅,李新亚,等. 气候变化和人类活动对吴起土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持研究, 2009, 16(6): 30-34, 39.
- [30] 田海静,曹春香,戴晟懋,等. 准格尔旗植被覆盖度变化的时间序列遥感监测[J]. 地球信息科学学报, 2014, 16(1): 126-133.
- [31] 高彦净,谢余初,钱大文,等. 甘肃白龙江流域植被覆盖度及景观格局变化[J]. 水土保持研究, 2015, 22(1): 181-187.