

DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0419

郭秀丽,李旺平,周立华.生态政策驱动下的内蒙古自治区杭锦旗植被覆盖变化.草业科学,2018,35(8):1843-1851.

GUO X L, LI W P, ZHOU L H. Influence of ecological policy on changes in vegetation coverage in Hanggin Banner, Inner Mongolia, China. Pratacultural Science, 2018, 35(8): 1843-1851.

生态政策驱动下的内蒙古自治区 杭锦旗植被覆盖变化

郭秀丽^{1,2}, 李旺平², 周立华^{3,4}

(1. 甘肃政法学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 兰州理工大学土木工程学院, 甘肃 兰州 730050;

3. 中国科学院西北生态环境资源研究院, 甘肃 兰州 730000; 4. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190)

摘要:采用 1991、2001 和 2011 年的 Landsat-TM 卫星遥感影像数据, 基于 NDVI 像元二分模型, 对生态政策实施前 (1991—2001 年) 与实施后 (2001—2011 年) 杭锦旗的植被覆盖变化进行了对比分析, 并结合研究区的气候变化和生态建设历程对影响植被覆盖变化的因素进行了探究。结果表明, 生态政策实施后, 杭锦旗的植被覆盖度显著提高, 植被覆盖度的年际平均增长速度约为实施前的 10 倍; 植被覆盖状况显著好转, 年净好转面积占区域总面积的 18.83%。生态政策是驱动 2001—2011 年间杭锦旗植被覆盖好转的主要因素, 降水和气温等对植被覆盖变化的影响并不显著。

关键词:杭锦旗; 生态政策; 植被覆盖变化; NDVI; 像元二分模型

中图分类号:S181-01; Q948 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-0629(2018)08-1843-09*

Influence of ecological policy on changes in vegetation coverage in Hanggin Banner, Inner Mongolia, China

GUO Xiuli^{1,2}, LI Wangping², ZHOU Lihua^{3,4}

(1. Gansu Political Science and Law Institute, Lanzhou 730070, Gansu, China;

2. School of Civil Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, Gansu, China;

3. Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, CAS, Lanzhou 730000, Gansu, China;

4. Institute of Science and Technology Strategic Consulting and Research, CAS, Beijing 100190, China)

Abstract: Vegetation coverage is an important indicator of regional ecological environmental change. Climate change and human activities are the factors affecting vegetation coverage change. Several ecological construction policies were implemented in Hangjin Banner after 2001. Based on the Dimidiate Pixel Model and Landsat5-TM remote sensing data (1991, 2001, and 2011), a comparative analysis was conducted of the change in vegetation coverage from the period before the implementation of the ecological policy (1991 to 2001) and that post-implementation (2001 to 2011). The factors affecting vegetation coverage change were explored in conjunction with climate change and ecological construction processes in the study area. The results showed that after the implementation of the ecological policy, the vegetation coverage in the Hangjin Banner increased significantly, and the average annual growth rate of vegetation coverage was approximately 10 times that of the pre-implementation period. Vegetation coverage improved significantly, and the net improvement area accounted for 18.83% of

* 收稿日期: 2017-08-16 接受日期: 2017-11-20

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFC0500909); 国家科技支撑计划项目 (2015BAC06B01)

第一作者: 郭秀丽 (1982-), 女, 甘肃泾川人, 副教授, 博士, 研究方向为区域可持续发展研究。E-mail: gxl208926@163.com

通信作者: 周立华 (1974-), 男, 山东费县人, 研究员, 博导, 博士, 研究方向为区域可持续发展研究。E-mail: lhzhou@lzb.ac.cn

the total area. Ecological policy was the main driving factor of the increase in vegetation coverage during the period 2001–2011. The influence of precipitation and temperature on vegetation coverage was not significant.

Keywords: Hanggin Banner; ecological policy; vegetation coverage change; NDVI; dimidiate pixel model

Corresponding author: ZHOU Lihua E-mail: lhzhou@lzb.ac.cn

植被是陆地生态系统的重要组成部分^[1],也是区域气候变化的重要影响因素^[2]。荒漠草原区的植被对防治荒漠化、维护生态屏障具有决定性作用^[3]。植被覆盖度是植被在地面的垂直投影面积占研究区总面积的百分比^[4],是反映地表植被状况的重要定量指标,是荒漠化过程发展或逆转的重要指示因子,也是描述生态环境变化的重要基础数据^[2,5-6]。因此,有必要对植被覆盖度进行监测,分析其变化情况,以揭示生态环境变化的特征和规律。通常,通过遥感光谱计算的植被指数能有效反映植被与环境变化的关系^[2],而其中应用最广泛的是归一化植被指数(normalized difference vegetation index,NDVI)。NDVI对植被的生物物理特征响应十分敏感,且具有时效、尺度、探测低盖度植被等方面的明显优势,因而被广泛地应用于干旱荒漠草原区的植被覆盖度计算^[7-9]。

杭锦旗北部被库布齐沙漠覆盖,东南部属于毛乌素沙漠,库布其和毛乌素两大沙漠占全旗总面积的73%。旗内气候干旱、沙漠化严重,生态环境十分脆弱^[10-11],1998年被列为第一批国家生态环境建设的重点旗县。2001年以来,杭锦旗相继实施了三北防护林、天然林保护、日元贷款风沙治理、退耕还林、禁(休)牧、生态移民和草原生态补助奖励等生态保护政策与项目^[12],期间国家对该地区生态建设的总投资额约为1949–2000年总投资额的10倍^[12]。然而,这一时期内该地区的植被覆盖变化却缺乏量化研究,量化研究对于评价生态政策效应、有的放矢地开展沙漠化防治工作和治理区域生态环境等都具有重要意义。此外,目前我国关于生态政策对植被覆盖度变化影响的研究,多偏重于分析生态政策实施后的植被覆盖变化^[3,13],很少与生态政策实施前的植被覆盖变化进行对比分析;对于植被覆盖变化的驱动因素也简单地归结为自然或人为因素^[14-15],很少有将二者结合起来以分析其主要驱动因素的研究成果,致使对生态政策效应评价的客观性受到影响。

为此,根据杭锦旗生态政策的实施情况,分别获取1991、2001和2011年的卫星遥感影像数据,计算得到3个时期的植被覆盖度,并利用土地利用数据对计算结果进行验证,在此基础上,对杭锦旗生态政策实施之前10年间(1991–2001年)与之后10年间(2001–

2011年)的植被覆盖度变化进行对比分析,并结合自然驱动因子评估生态政策对杭锦旗植被覆盖变化的影响,以期为杭锦旗生态环境治理、生态政策评价和完善提供科学依据。

1 数据与方法

1.1 数据来源

根据杭锦旗的生态建设历程和植被与地表景观的时间差异,选取1991、2001和2011年杭锦旗植被生长状况最佳且比较稳定的6–9月的Landsat5-TM遥感影像作为研究的基础数据,数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>),所选影像的云量均低于6%,空间分辨率均为30 m,影像的详细信息如表1所列;将所有影像数据的空间参考都处理为WGS-84坐标系,并在ENVI 5.1软件中进行图像镶嵌、图像裁剪和大气校正等处理,获取杭锦旗的真实地物反射率数据。

杭锦旗的高程数据也来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台,由行列号为106–40、107–39、107–40、108–39、108–40、109–39和109–40的7幅影像组成,空间分辨率为30 m。在Arc GIS 10.0中,对7幅影像数据进行了镶嵌和裁剪,获得了杭锦旗的基础高程数据。

此外,杭锦旗边界数据和2011年的杭锦旗土地利用数据,均来源于杭锦旗国土局,是矢量数据。在Arc GIS 10.0软件中,使用矢量转栅格工具Polygon to Raster,将2011年的杭锦旗土地利用数据转为30 m分辨率的栅格数据,便于与影像数据进行对比分析。1991–2011年的杭锦旗年总降水量数据,来源于杭锦旗气象局以及中国科学院资源环境科学数据中心。

1.2 研究方法

1.2.1 归一化植被指数的提取 归一化植被指数的取值范围为 $-1 \leq NDVI \leq 1$,负值表示地表被水、雪、云等覆盖,“0”一般表示地表存在裸地或岩石,正值则表示地表有植被覆盖。NDVI值越大,说明植被覆盖度越高^[6]。NDVI的提取公式:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R). \quad (1)$$

式中: NIR 是近红外波段($0.7-1.1 \mu m$)地表反射率; R 是可见光红光波段($0.4-0.7 \mu m$)地表反射率。使

表 1 TM 卫星影像数据信息
Table 1 TM satellite image data information

年份 Year	数据标识 Data identification	条带号 Stripe number	行编号 Row number	中心经度 Central longitude	中心纬度 Central latitude	影像日期 Image date/ (MM-DD)	云量 Cloudiness/ %
1991	LT51280321991235BJC00	128	32	108.953° E	40.337° N	08-23	0
	LT51280331991235BJC00	128	33	108.502° E	38.900° N	08-30	0
	LT51290321991242BJC00	129	32	107.405° E	40.340° N	08-30	0
2001	LT51290322001253BJC00	129	32	107.371° E	40.340° N	09-10	0.16
	LT51280332001214BJC00	128	33	108.462° E	38.915° N	08-02	0.54
	LT51280322001214BJC00	128	32	108.909° E	40.342° N	08-02	0.40
2011	LT51290322011169IKR00	129	32	107.426° E	40.336° N	06-18	0.34
	LT51280332011162IKR00	128	33	108.519° E	38.900° N	06-11	0
	LT51280322011162IKR00	128	32	108.967° E	40.333° N	06-11	5.35

用 ENVI 5.1 中的 NDVI 工具,计算得到研究区的归一化植被指数。

1.2.2 植被覆盖度的计算 利用像元二分模型^[12,16]进行植被覆盖度的计算。其公式为:

$$f_c = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})。$$

(2)

式中: f_c 为像元植被盖度值, $NDVI_{veg}$ 与 $NDVI_{soil}$ 分别是纯植被覆盖像元与裸土覆盖像元的 $NDVI$ 。 $NDVI_{soil}$ 的理论值应该为 0,但受到很多实际情况的影响,其值一般会在 $-0.1 \sim 0.2$ ^[17-18]。纯植被覆盖像元 $NDVI_{veg}$ 也会因研究区域、季节、植被类型等不同而产生时空差异。根据研究区的自然地理概况,卫星影像的成像时间(6—9 月)正处于植被稳定期,NDVI 值有一定的饱和现象,对每个单元计算 NDVI 数据的频率累积值,根据频率统计表,结合研究区的图像大小、图像清晰度等情况决定采用 0.5%置信度来计算不同年份的植被覆盖度。

1.2.3 植被覆盖度的分级 根据杭锦旗植被覆盖度的计算结果,结合当前已有研究^[15,19]中对植被覆盖度的分级标准,将研究区植被覆盖度划分为 5 个等级: $0 \leq f_c \leq 0.35$ 、 $0.35 < f_c \leq 0.5$ 、 $0.5 < f_c \leq 0.65$ 、 $0.65 < f_c \leq 0.8$ 、 $f_c > 0.8$,分别对应低覆盖度、较低覆盖度、中等覆盖度、较高覆盖度、高覆盖度。

2 结果与分析

2.1 植被覆盖度计算结果的验证

为了验证植被覆盖度计算结果的可信性,将计算得到的 2011 年杭锦旗植被覆盖度结果与实地调查得到的 2011 年杭锦旗土地利用数据进行了对比

(图 1),可以看出,计算得到的低植被覆盖度范围与调查得到的沙地分布范围较为一致,主要呈弧形分布在黄河南岸的吉日嘎朗图镇,以及呼和木独镇的东南和伊和乌素苏木的北部地区,在独贵塔拉镇的北部和西南角也有零星分布;而较低植被覆盖度和中等植被覆盖度区域也与调查得到的各类草地分布范围相近,主要分布在杭锦旗南部的巴拉贡镇、伊和乌素苏木、锡尼镇和塔然高勒管委会 4 个乡镇之中;较高覆盖度、高覆盖度区域与各类林地的范围基本一致,主要分布在巴拉贡镇的西北部以及锡尼镇和塔然高勒管委会的东部。两幅图不一致的区域出现在巴拉贡镇西部,调查显示该区域为其他草地,而植被覆盖度的计算结果显示为低植被覆盖度区,具体原因还需进一步调查。

通过验证可以看出,计算得到的植被覆盖度基本上能代表杭锦旗植被覆盖的实际分布特征,具有较高的可信度。在此基础上,计算得到了 1991 年和 2001 年的杭锦旗植被覆盖度。

2.2 不同年份的植被覆盖状况

为了能直观地反映不同年份植被覆盖的空间分布特征,采用 ArcGIS 10.0 的重分类工具,将得到的植被覆盖度进行分级,得出 3 个时期的植被覆盖等级图(图 2)。从影像的属性表里获取不同覆盖度等级的像元数,依据像元数计算得到不同等级植被覆盖度所占面积及比例(表 2),可以看出,低植被覆盖度区占研究区总面积的比例在各个年份中最大,其中 1991 年和 2001 年该等级的分布区域占研究区总面积的 50%以上。处于第 2 位是较低覆盖度区,该等级的分布区域约占研究区总面积的 20%左右。即杭锦旗植被覆盖

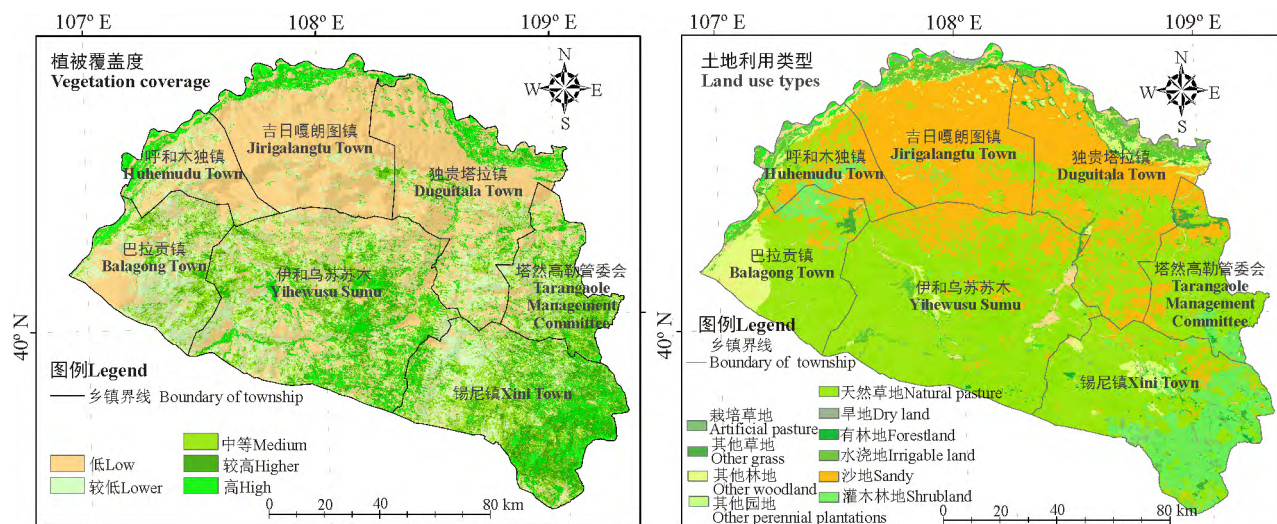


图 1 2011 年杭锦旗植被覆盖度计算结果(左)与土地利用数据(右)对比

Fig. 1 Comparison of the result of vegetation coverage (left) with land use data (right) in Hangjin Banner in 2011

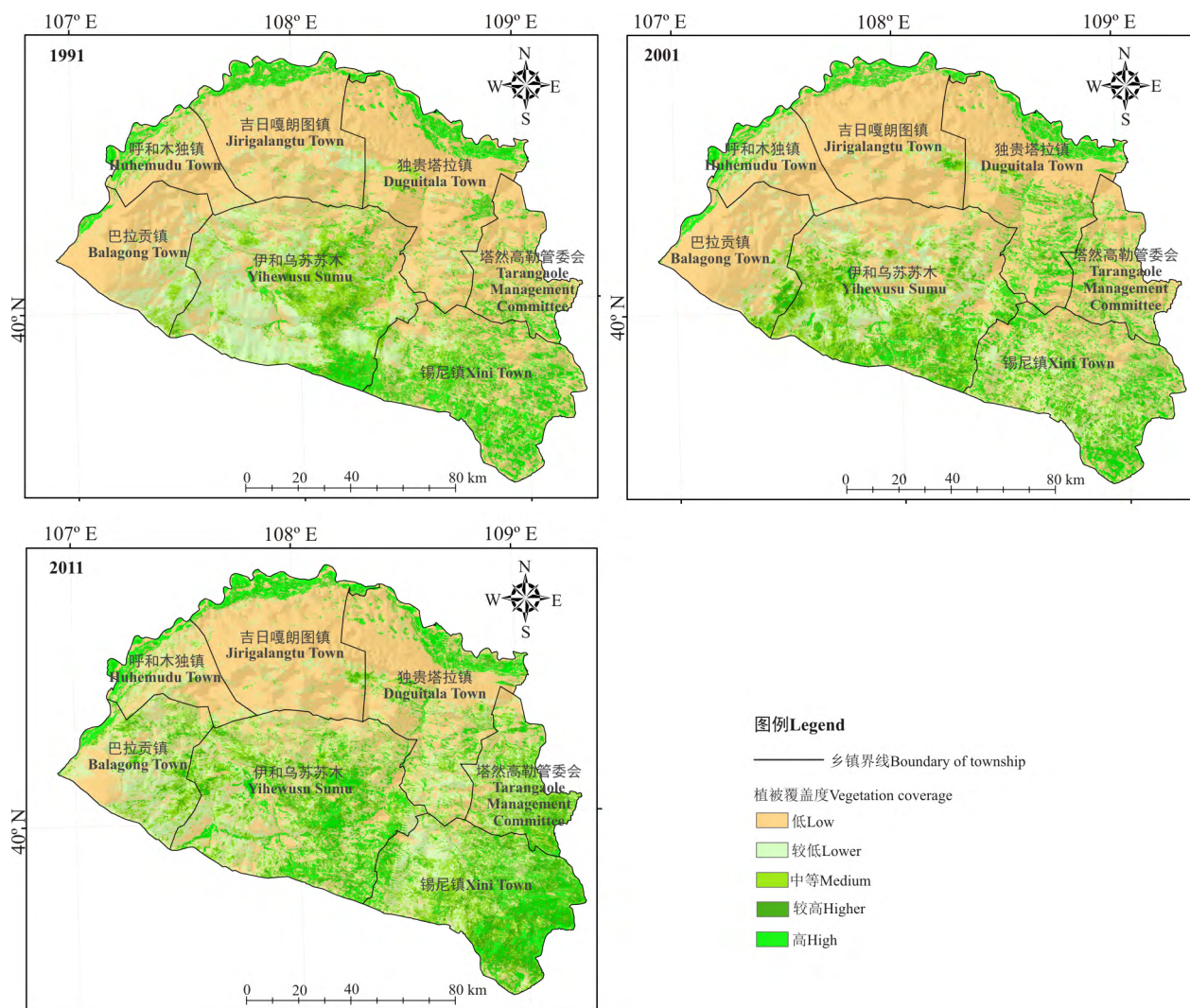


图 2 1991 年、2001 年和 2011 年杭锦旗植被覆盖度等级

Fig. 2 Classification of vegetation coverage in Hangjin Banner in 1991, 2001, and 2011

表 2 1991 年、2001 年和 2011 年杭锦旗植被覆盖度分级统计
Table 2 Statistics of vegetation coverage levels in Hangjin Banner in 1991, 2001, and 2011

低覆盖等级 Vegetation coverage level	1991		2001		2011	
	面积	百分比	面积	百分比	面积	百分比
	Area/km ²	Proportion/%	Area/km ²	Proportion/%	Area/km ²	Proportion/%
覆盖度 Low coverage	9 967.01	52.91	10 197.30	54.14	7 132.23	37.87
较低覆盖度 Lower coverage	3 883.90	20.62	3 358.87	17.83	4 538.75	24.10
中等覆盖度 Medium coverage	2 312.97	12.28	2 403.12	12.76	3 372.98	17.91
较高覆盖度 High coverage	1 025.72	5.45	1 245.23	6.61	1 770.97	9.40
高覆盖度 Higher coverage	1 645.15	8.73	1 630.23	8.65	2 019.80	10.72
平均植被覆盖度 Average coverage		31.16		32.38		44.91

度小于 0.5 的区域占总面积的 70%左右。可见,杭锦旗的植被覆盖状况总体较差。

分年度来看(表 2),1991 年杭锦旗的植被覆盖状况最差,平均植被覆盖度为 31.16%。其中,低和较低植被覆盖度区占研究区总面积的 73.53%,而较高和高植被覆盖度区仅占研究区总面积的 14.18%。2001 年生态政策实施之初,杭锦旗的植被覆盖状况仍然较差,平均植被覆盖度为 32.38%,部分较低植被覆盖度区转化为低植被覆盖度区,低植被覆盖度区所占比例较 1991 年增加了 1.23%,其他植被覆盖度类型区所占比例基本保持不变。2011 年杭锦旗的植被覆盖状况有所好转,低植被覆盖度区所占比例显著降低,降低了 16.27%。而其他 4 类植被覆盖度区所占比例均有所提高,其中较低和中等植被覆盖度区所占比例提高幅度较大,分别提高了 6.27%和 5.15%,较高和高植被覆盖度区所占比例分别提高了 2.79%和 2.07%。平均植被覆盖度也有了显著上升,从 2001 年的 32.38%上升至 2011 年的 44.91%。对比生态政策实施之前 10 年间和实施之后 10 年间杭锦旗植被覆盖度的年际平均增长速度,实施后的年际平均增长速度(1.25%)明显快于实施前(0.12%),前者是后者的 10 倍多。

2.3 植被覆盖的时空变化

为了更加直观地分析杭锦旗植被覆盖的动态变化特征,利用差值影像算法^[20]计算植被覆盖度的变化情况,即将两个时段的植被覆盖栅格相减,分别得到杭锦旗生态政策实施之前 10 年间和实施之后 10 年间的植被覆盖变化情况。如果植被覆盖度等级降低,则认为植被状况退化;如果植被覆盖度等级不发生变化,则表明植被状况保持原有水平;如果植被覆盖度等级上升,说明植被状况发生好转。

2.3.1 植被覆盖的时间变化 生态政策实施之前(1991—2001 年)的 10 年间,56.61%的区域植被覆盖度保持不变(表 3),退化面积占研究区总面积的

21.78%,略大于好转面积所占比例(21.60%)。这一时期植被覆盖变化状况总体上是发生了轻微的退化,净退化面积为 33.91 km²。生态政策实施之后(2001—2011 年)的 10 年间,45.99%的区域植被覆盖度保持不变,好转面积占研究区总面积的 34.62%,远大于退化面积所占比例(17.59%),植被覆盖变化状况总体上显著好转,净好转面积为 3 546.29 km²,占研究区总面积的 18.83%。

表 3 生态政策实施前(1991—2001 年)、后(2001—2011 年)杭锦旗植被覆盖度变化统计
Table 3 Statistics regarding variation characteristics of vegetation coverage levels in Hangjin Banner in the pre-implementation period of the ecological policy (1991—2001) and the post-implementation period (2001—2011)

变化 Change	1991—2001		2001—2011	
	面积	百分比	面积	百分比
	Area/ km ²	Proportion/ %	Area/ km ²	Proportion/ %
退化 Degraded	4 103.15	21.78	3 313.55	17.59
保持 No change	10 662.43	56.61	8 661.31	45.99
好转 Improved	4 069.18	21.60	6 859.84	34.62

2.3.2 植被覆盖的空间变化 生态政策实施之前(1991—2001 年)的 10 年间,植被覆盖总体上是发生了轻微的退化,植被退化的区域主要集中在伊和乌素苏木的中北部、锡尼镇的中部以及杭锦旗北部的沿河区域;也有部分区域植被覆盖有所好转,主要集中在独贵塔拉镇的南部和伊和乌素苏木的西南部;其余地区的植被覆盖基本上处于稳定状态(图 3)。而在生态政策实施之后(2001—2011 年)的 10 年间,植被覆盖总体上呈好转趋势,植被好转的区域主要位于巴拉贡镇、伊和乌素苏木的中北部、锡尼镇的东部、塔然高勒管委会的东部山区和杭锦旗北部的沿河区域;也有部分区域植被覆盖有所退化,退化的区域主要位于伊和乌素

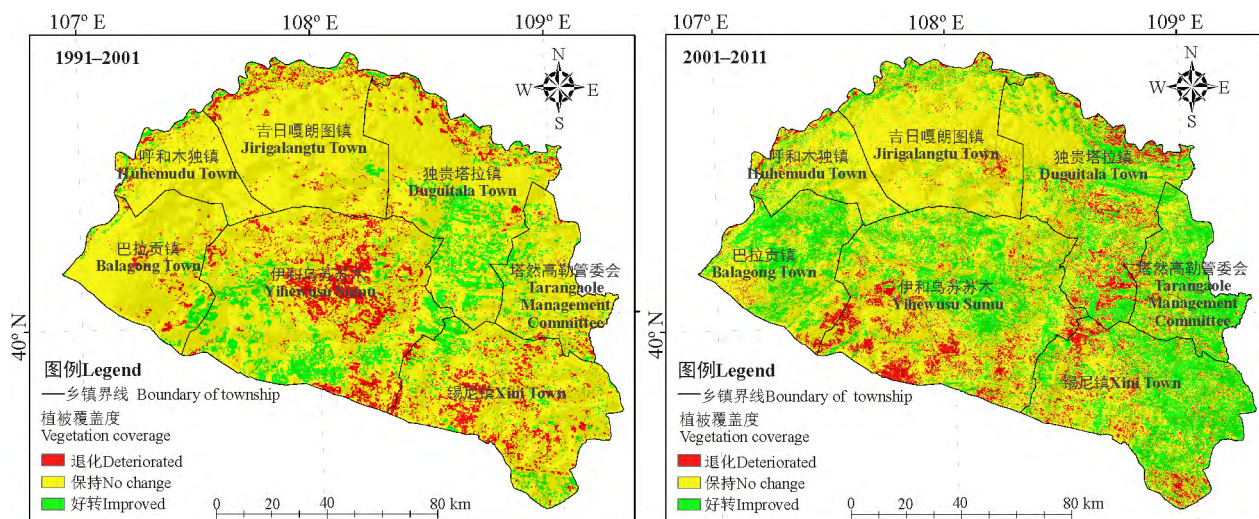


图 3 生态政策实施前(1991—2001 年)、后(2001—2011 年)杭锦旗植被覆盖度变化

Fig. 3 Variation characteristics of vegetation coverage in Hangjin Banner in the pre-implementation period of the ecological policy (1991—2001) and the post-implementation period (2001—2011)

苏木的西南部和锡尼镇的西北部,还有独贵塔拉镇的南部;其余地区的植被覆盖基本上处于稳定状态。

另外,伊和乌素苏木和独贵塔拉镇的南部在生态政策实施之前的 10 年间和实施之后的 10 年间植被覆盖的变化恰好是相反的,即伊和乌素苏木在前 10 年间植被退化的区域,正是后 10 年间植被好转的区域,而前 10 年间植被好转的区域又刚好是后 10 年间植被退化的区域,独贵塔拉镇的南部亦存在这种现象。

2.4 植被覆盖变化的驱动因素

植被覆盖变化是自然和人为因素共同作用的结果,尤其在人类活动影响日益加剧的今天,植被覆盖的

变化深刻记录了人类活动的烙印,而政策是控制与引导人类行为的根本要素。

杭锦旗地处温带干旱草原、荒漠草原过渡带,有研究^[21-23]认为,降水是影响内蒙古干旱荒漠草原区植被生长的最主要的自然因素,且两者存在显著的正相关关系;气温的影响并不显著。对比分析 1991—2001 年和 2001—2011 年杭锦旗的降水量和气温变化(图 4、图 5),年总降水量变化不大且都呈轻微下降趋势,年均气温变化不大且都呈轻微上升趋势,这一变化本身并不利于杭锦旗植被地恢复。同时,与 1991—2001 年相比,2001—2011 年间杭锦旗降水和气温的变化趋势

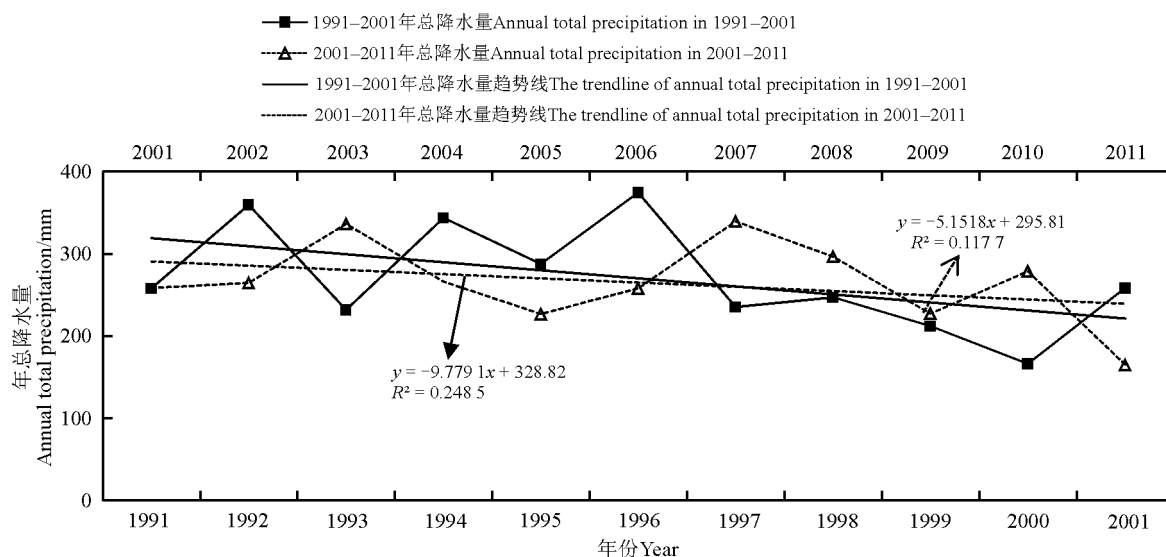


图 4 生态政策实施前(1991—2001 年)、后(2001—2011 年)杭锦旗年总降水量变化趋势

Fig. 4 Annual variation in total precipitation in Hangjin Banner in the pre-implementation period of the ecological policy (1991—2001) and the post-implementation period (2001—2011)

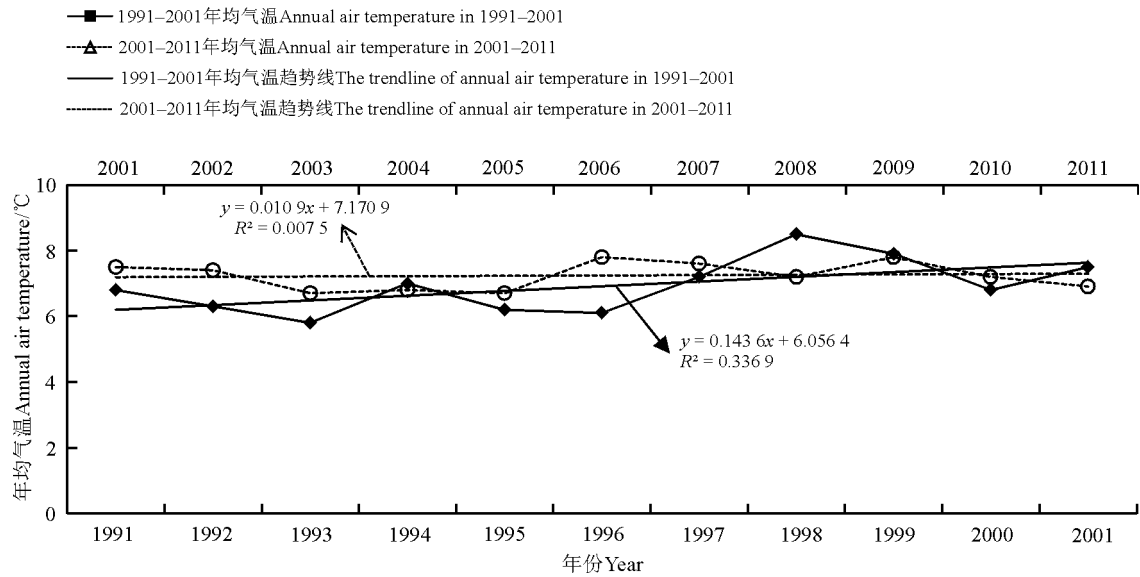


图 5 生态政策实施前(1991—2001 年)、后(2001—2011 年)杭锦旗年均气温变化趋势

Fig. 5 Annual variation in annual air temperature in Hangjin Banner in the pre-implementation period of the ecological policy (1991—2001) and the post-implementation period (2001—2011)

均有所减缓,气候变化进入了相对稳定的阶段。然而,在气候变化相对稳定的 2001—2011 年间,杭锦旗的植被覆盖状况却呈显著好转,植被覆盖度的年际平均增长速度约为前一时期的 10 倍。

通过对杭锦旗的生态建设历程分析,发现 2001 年以来是杭锦旗生态建设的高峰期,国家对杭锦旗生态建设的总投资额约为 1949—2000 年的 10 倍。可见,驱动 2001—2011 年间杭锦旗植被覆盖状况显著好转的主要因素是大规模生态政策的实施所引发的人类活动。也正是大规模生态政策的实施使得人类活动对植被覆盖时空演变的影响强度加大,同时导致植被覆盖对自然因子变化响应的敏感度降低。

3 讨论与结论

3.1 讨论

从所选卫星影像的时相来看,所有影像都在杭锦旗植被生长比较稳定的 6—9 月,其中 1991 年和 2001 年的数据基本都在 8 月份,只有一景在 9 月份,而 2011 年只有 6 月份有完整的三景影像。为了说明影像时相对最终结果的影响,特地选取了一景 2011 年 8 月 30 日的影像(数据标识为:LT51280332011242IKR00,云量为 0.98),并随机提取了 50 个相同位置点 2 个时相的植被覆盖度进行了对比,发现两者的差值都在 0.1 以内,而本研究中植被覆盖度等级间的最小间隔为 0.15,可见,时相对最终植被覆盖度的影响只在各等级的边界地区,对整体影响不大。从所选影像的云量来看,其中

8 景影像的云量都在 1% 以下,只有 2011 年的一景影像(行列号为 128-033)云量为 5.35%,且其云遮盖的地方位于影像的右上角,恰好处在杭锦旗的边界之外,所以对植被覆盖度没有影响。

像元二分模型是在没有实测数据情况下,利用植被指数计算植被覆盖度的遥感估算模型,其计算结果的可靠性主要取决于模型中 $NDVI_{veg}$ 与 $NDVI_{soil}$ 的取值,目前主要是通过对 $NDVI$ 数据进行统计分析来确定其取值^[16]。在小范围内,结合研究区 $NDVI$ 数据分布情况与图像清晰度等特征确定的取值基本能代表研究区的实际情况。此外,本研究进一步利用土地利用数据对像元二分模型的计算结果进行了验证,结果表明其计算结果具有较高的可信度。

选取同等时间尺度的数据,将生态政策实施前一阶段设置为对照,对生态政策实施前后研究区的植被覆盖状况进行了对比分析,以体现生态政策实施的成效,相对于以往研究^[13-14]中仅分析生态政策实施后的变化,更具说服力。同时通过分析对研究区植被生长具有重要影响的自然和人为因素,更加客观地评估了生态政策对研究区植被覆盖度的影响。

3.2 结论

1)杭锦旗植被覆盖情况总体较差。植被盖度小于 0.5 的区域占总面积的 70% 以上。1991、2001 和 2011 年杭锦旗的平均植被覆盖度分别为 31.16%、32.38% 和 44.91%。

2)生态政策实施后,杭锦旗的植被覆盖度显著

提高,植被覆盖状况显著好转。植被覆盖度的年际平均增长速度约为实施前的 10 倍,植被覆盖净好转面积占区域总面积的 18.83%。植被好转的区域主要位于巴拉贡镇、伊和乌素苏木的中北部、锡尼镇的东部、塔然高勒管委会的东部山区和杭锦旗北部的沿河区域。

3)生态政策是驱动 2001—2011 年间杭锦旗植被覆盖好转的主要因素。结合杭锦旗的生态建设历程,对影响杭锦旗植被覆盖变化的自然和人为因素进行分析,发现生态政策对杭锦旗植被覆盖状况的好转起了主要促进作用。

在生态政策的驱动下,杭锦旗的植被覆盖状况整

体上呈显著好转,但局部地区植被退化的现象依然存在。因此,应进一步加强和改进当地的生态建设及政策,坚持生态治理与生态保护并重,在对低植被覆盖区进行治理的同时,也应继续加强对其他较高植被覆盖区的监管,以巩固生态政策实施的成效,避免产生一边治理一边破坏的现象。此外,本研究对影响杭锦旗植被覆盖变化的自然和人为因素进行了定性分析,但各个因素对植被覆盖的具体影响程度如何,尚不明晰,而这对于评价生态政策成效和改善区域生态环境尤为重要。因此,还应加强自然与人为因素对植被及生态环境变化影响程度的量化研究,这也将是下一步的研究工作。

参考文献 References:

- [1] 赵同谦,欧阳志云,贾良青,郑华.中国草地生态系统服务功能间接价值评价.生态学报,2004,24(6):1101-1110.
ZHAO T Q,OUYANG Z Y,JIA L Q,ZHENG H.Ecosystem services and their valuation of China grassland.Acta Ecologica Sinica,2004,24(6):1101-1110.
- [2] 宋清洁,崔霞,张瑶瑶,孟宝平,高金龙,向宇轩.基于小型无人机与 MODIS 数据的草地植被覆盖度研究——以甘南州为例.草业科学,2017,34(9):40-50.
SONG Q J,CUI X,ZHANG Y Y,MENG B P,GAO J L,XIANG Y X.Grassland fractional vegetation cover analysis using small UAVs and MODIS: A case study in Gannan Prefecture.Pratacultural Science,2017,34(9):40-50.
- [3] 宋乃平,杜灵通,王磊.盐池县 2000—2012 年植被变化及其驱动力.生态学报,2015,35(22):7377-7386.
SONG N P,DU L T,WANG L.Vegetation dynamics over 2000—2012 and its driving factors in Yanchi County,Ningxia Province.Acta Ecologica Sinica,2015,35(22):7377-7386.
- [4] GITELSON A A,KAUFMAN Y J,STARK R,RUNDQUIST D.Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction.Remote Sensing of Environment,2002,80(1):76-87.
- [5] 乔锋,张克斌,张生英,刘刚,李瑞,杨俊杰.农牧交错区植被覆盖度动态变化遥感监测:以宁夏盐池为例.干旱区研究,2006,23(2):283-288.
QIAO F,ZHANG K B,ZHANG S Y,LIU G,LI R,YANG J J.RS monitoring on the dynamic change of vegetation coverage in a farming-pasturing ecotone: A case study in Yanchi County,Ningxia Hui Autonomous Region.Arid Zone Research,2006,23(2):283-288.
- [6] 赵秀霞,楚新正,马晓飞,莫丰瑞.基于像元二分模型的艾比湖湿地 NDVI 指数对微气候的响应.草业科学,2017,34(6):1168-1177.
ZHAO X X,CHU X Z,MA X F,MO F R.Ebinur Lake Wetland vegetation coverage in response to a micro-climate change.Pratacultural Science,2017,34(6):1168-1177.
- [7] TUCKER C J.Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation.Remote sensing of Environment,1979, 8(2):127-150.
- [8] 高志海,李增元,魏怀东,丁锋,丁国栋.干旱地区植被指数(VI)的适宜性研究.中国沙漠,2006,26(2):243-248.
GAO Z H,LI Z Y,WEI H D,DING F,DING G D.Study on the Suitability of vegetation indices (VI) in arid area. Journal of Desert Research,2006,26(2):243-248.
- [9] 林茜,郭飞,黄昌春,杨雪峰.基于 MODIS 的植被指数对估测塔里木河中下游植被盖度的适用性.草业科学,2016,33(12):2434-2441.
LIN X,GUO F,HUANG C C,YANG X F.The applicability of VIs from MODIS in estimating vegetation cover in the middle and lower reaches of the Tarim River.Pratacultural Science,2016,33(12):2434-2441.
- [10] 布仁,张裕凤,郭永昌.内蒙古杭锦旗土地恶化与防治对策研究.水土保持研究,1998,5(3):85-94.
Buren,ZHANG Y F,GUO Y C.The land degradation and preventing and curing countermeasures in Hangjin County of Inner

- Mongolia Autonomous Region. Research of Soil and Water Conservation, 1998, 5(3): 85-94.
- [11] 李洁, 刘桂香, 李景平, 马治华. 内蒙古杭锦旗荒漠草原近 20 年景观动态的研究. 中国草地学报, 2007, 29(5): 73-78.
LI J, LIU G X, LI J P, MA Z H. Research on landscape dynamic change of desert steppe in Hangjin District Inner Mongolia during last 20 years. Chinese Journal of Grassland, 2007, 29(5): 72-78.
- [12] 丁崇明, 贾继良, 吴云峰. 鄂尔多斯林业志. 内蒙古: 内蒙古人民出版社, 2011: 108-153.
DING C M, JIA J L, WU Y F. Ordos Forestry Annals. Inner Mongolia: The Inner Mongolia People's Publishing House, 2011: 108-153.
- [13] 张海燕, 樊江文, 邵全琴. 2000—2010 年中国退牧还草工程区土地利用/覆被变化. 地理科学进展, 2015, 34(7): 840-853.
ZHANG H Y, FAN J W, SHAO Q Q. Land use/land cover change in the grassland restoration program areas in China, 2000 to 2010. Advances in Earth Science, 2015, 34(7): 840-853.
- [14] 刘宪锋, 任志远, 林志慧, 刘焱序, 张东海. 2000—2011 年三江源区植被覆盖时空变化特征. 地理学报, 2013, 68(7): 897-908.
LIU X F, REN Z Y, LIN Z H, LIU Y X, ZHANG D H. The spatial-temporal changes of vegetation coverage in the Three-River Headwater Region in recent 12 years. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(7): 897-908.
- [15] 穆少杰, 李建龙, 陈奕兆, 刚成诚, 周伟, 居为民. 2001—2010 年内蒙古植被覆盖度时空变化特征. 地理学报, 2012, 67(9): 1255-1268.
MU S J, LI J L, CHEN Y Z, GANG C C, ZHOU W, JU W M. Spatial differences of variations of vegetation coverage in Inner Mongolia during 2001 to 2010. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(9): 1255-1268.
- [16] 贾坤, 姚云军, 魏香琴, 高帅, 江波, 赵祥. 植被覆盖度遥感估算研究进展. 地球科学进展, 2013, 28(7): 774-782.
JIA K, YAO Y J, WEI X Q, GAO S, JIANG B, ZHAO X. A review on fractional vegetation cover estimation using remote sensing. Advances in Earth Science, 2013, 28(7): 774-782.
- [17] CARLSON T N, RIPLEY D A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. Remote Sensing of Environment, 1997, 62(3): 241-252.
- [18] RUNDQUIST B C. The influence of canopy green vegetation fraction on spectral measurements over native tallgrass prairie. Remote Sensing of Environment, 2002, 81(1): 129-135.
- [19] 蔡朝朝, 安沙舟, 蒲智, 淮永建. 基于 TM NDVI 的库尔勒市域植被覆盖动态变化. 草业科学, 2015, 32(7): 1069-1078.
CAI Z Z, AN S Z, PU Z, HUAI Y J. A study on vegetation coverage change in Korla City based on the TM NDVI. Pratacultural Science, 2015, 32(7): 1069-1078.
- [20] NORTH P R J. Estimation of APAR, LAI, and vegetation fractional cover from ATSR-2 imagery. Remote Sensing of Environment, 2002, 80(1): 114-121.
- [21] 陈效逖, 王恒. 1982—2003 年内蒙古植被带和植被覆盖度的时空变化. 地理学报, 2009, 64(1): 84-94.
CHEN X Q, WANG H. Spatial and temporal variations of vegetation belts and vegetation cover degrees in Inner Mongolia from 1982 to 2003. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(1): 84-94.
- [22] 缪丽娟, 蒋冲, 何斌, 刘强, 朱枫, 崔雪锋. 近 10 年来蒙古高原植被覆盖变化对气候的响应. 生态学报, 2014, 34(5): 1295-1301.
MIAO L J, JIANG C, HE B, LIU Q, ZHU F, CUI X F. Response of vegetation coverage to climate change in the Mongolian plateau during recent 10 years. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(5): 1295-1301.
- [23] 张韵婕, 桂朝, 刘庆生, 刘高焕. 基于遥感和气象数据的蒙古高原 1982—2013 年植被动态变化分析. 遥感技术与应用, 2016, 31(5): 1022-1030.
ZHANG Y J, GUI Z, LIU Q S, LIU G H. The analysis of the vegetation dynamic changes from 1982 to 2013 in the Mongolian Plateau based on satellite imageries and meteorological data. Remote Sensing Technology and Application, 2016, 31(5): 1022-1030.

(责任编辑 王芳)