

2000—2012 年鄂尔多斯禁牧区植被覆盖度变化监测

佟斯琴¹, 刘桂香², 包玉海³

(1. 内蒙古师范大学 地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010022;

2. 中国农业科学院 草原研究所, 内蒙古 呼和浩特 010022;

3. 内蒙古师范大学 内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010022)

摘要: [目的] 评估鄂尔多斯实施禁牧、休牧政策以来获得的成效。[方法] 以 MODIS 长时间序列的植被指数产品为数据源, 利用像元二分模型研究了 2000—2012 年植被生长期 5—9 月份鄂尔多斯禁牧区的植被覆盖度及其时空变化特征。并采用转移矩阵的方法, 分析了年度间植被覆盖度高低变化的方向。[结果] 研究区植被覆盖度自东向西逐渐减小, 东部高于西部, 北部高于南部; 2000—2012 年研究区植被覆盖度总体呈上升趋势, 均有低等级植被覆盖度向高等级植被覆盖度转化的趋势; 2008—2012 年植被恢复状况比 2000—2004 年和 2004—2008 年这两个阶段更优。[结论] 禁牧政策使研究区植被长势逐年改善, 禁牧、休牧政策对草原生态恢复起到了良好的作用。

关键词: 鄂尔多斯禁牧区; 植被覆盖度; MODIS; 像元二分模型

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2015)02-0136-05

中图分类号: P948.15

Monitoring of Vegetation Coverage Changes in Graze-prohibited Area of Ordos From 2000 to 2012

TONG Siqin¹, LIU Guixiang², BAO Yuhai³

(1. College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University,

Hohhot, Inner Mongolia 010022, China; 2. Grassland Research Institute, CAAS,

Hohhot, Inner Mongolia 010010, China; 3. Inner Mongolian Key Laboratory of Remote Sensing and

Geographic Information System, Inner Mongolia Normal University, Hohhot, Inner Mongolia 010022, China)

Abstract: [Objective] To evaluate effects of graze-prohibited policy implemented in Ordos area. [Methods] Using the the coverage index elicited by two-pixel model from MODIS-NDVI as the data source, to evaluate the spatial-temporal changes of growth seasonal vegetation coverage in no grazing district from 2000 to 2012, and to analyze the annual change using transfer matrix. [Results] The vegetation coverage reduced gradually from east to west, the vegetation coverage in the eastern division was higher than that in the west, the coverage in the north was higher than that in the south. The vegetation cover generally increased from 2000 to 2012, with a changing tendency from low to high vegetation cover. In the periods of 2008—2012, the vegetation coverage was better than that of 2000—2004 and 2004—2008. [Conclusion] The study area had a significant increase in the vegetation coverage, which indicates that the graze-prohibited policy have a great effect on the grassland ecological restoration.

Keywords: Ordos graze-prohibited area; vegetation cover; MODIS; two-pixel model

植被是干旱区生态建设中的重要部分, 而覆盖度是评判生态环境状况的重要指标^[1]。土壤风蚀已成为干旱半干旱区农牧业发展的限制因素之一^[2]。植被覆盖度作为重要的生态参数, 不仅与区域水土流

失、水资源储备有关, 还与土壤风蚀等密切相关^[3-4]。因此, 如何准确快速地监测、估算植被覆盖度和提高植被覆盖度对区域生态建设有着举足轻重的作用。

遥感观测为研究大尺度、长时间序列的植被覆盖

收稿日期: 2014-03-25

修回日期: 2014-04-13

资助项目: 国家科技支撑计划项目“重大自然灾害风险评估技术研究”(2013BAK05B01-03)

第一作者: 佟斯琴(1991—), 女(蒙古族), 内蒙古自治区兴安盟人, 硕士研究生, 研究方向为资源与环境遥感。E-mail: tsq118446@163.com。

通信作者: 刘桂香(1962—), 女(汉族), 内蒙古察哈尔右翼中旗人, 博士, 研究员, 主要从事草地资源和生态环境监测评价、草原火灾预警及 3S 技术在草业科学的应用研究。E-mail: lgx804@163.com。

变化状况提供了一种有效的手段。其中,归一化植被指数(normal difference vegetation index, NDVI)是目前最为广泛应用的表征植被状况的指数,利用 NDVI 数据分析植被覆盖度变化趋势,国内学者^[5-9]已针对不同空间尺度的植被覆盖开展了大量研究,并取得了良好的效果。就内蒙古地区而言,陈效速等^[10]利用 NOAA/AVHRR NDVI 数据对内蒙古地区植被带进行了分时段的划分,并以典型草原植被带为例,分析了植被覆盖度时空变化及其与水热因子的关系。张宏斌等^[11]利用 MODIS NDVI 数据,研究了内蒙古草原 7 种草地类型的主要植被类型 9 a 来年度 NDVI 空间变化趋势、波动程度、出现时间等植被指数时空特征。王海梅等^[12]利用上世纪 NOAA/AVHRR 数据和 2002—2007 年 MODIS 数据以 NDVI 值得消长变化分析了草原植被覆盖的分布状况及年代间的变化规律。李营等^[13]利用 SPOT_VGT 数据、土地利用数据,采用时间序列植被指数(NDVI)动态变化监测方法,分析了研究区植被覆盖的时空演变特征。姚雪茹等^[14]利用 1982—2006 年的 NOAA/AVHRR NDVI 数据和当地同期气象资料,研究了鄂尔多斯高原地区植被覆盖变化及其与气象因子的关系。然而,上述对内蒙古地区的研究都是直接用 NDVI 值分析,未将 NDVI 进一步转化为植被覆盖度直观地展示草原植被覆盖状况,且未对植被覆盖等级变化进行量化分析。同时,对实施禁牧、休牧后的区域草原植被覆盖研究较少。针对以往研究的不足,本研究采用较长时间序列(2000—2012 年)的 MODIS-NDVI 数据,定量研究鄂尔多斯市禁牧区植被覆盖度空间分布及时间动态变化规律,探讨禁牧政策实施以来的成效,进而为禁牧、休牧政策的实施提供科学依据。

1 研究区概况

鄂尔多斯高原地处内蒙古自治区西南部,西、北、东 3 面为黄河围绕,地理坐标为北纬 $37^{\circ}35'24''$ — $40^{\circ}51'40''$,东经 $106^{\circ}42'40''$ — $111^{\circ}27'20''$ 。属于温带半干旱至干旱强大陆性气候,年平均气温为 $5\sim 8^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温为 $2\ 600\sim 3\ 200^{\circ}\text{C}$,降水量为 $160\sim 400\text{ mm}$,自东向西有规律降低。鄂尔多斯高原是我国土地荒漠化最严重的地区之一,高原的南北部分别有库布齐沙漠和毛乌素沙地,是我国东部沙尘源地之一。该区为沙漠和黄土交接地带,农牧镶嵌分布,生态环境脆弱,对全球气候变化敏感^[15]。从 2000 年起,鄂尔多斯市实行了禁牧、休牧、划区轮牧政策^[16],使草原生态快速恢复,取得了明显的生态效益、社会

效益和经济效益。因此,本研究选取全面实行禁牧令的东胜、准格尔、达拉特、伊金霍洛 4 个旗(区)为研究区域。

2 资料与方法

2.1 数据来源和预处理

研究所用的数据为 16 d 最大值合成的 MODIS 植被指数产品(MOD12 A2),空间分辨率为 1 km ,时间跨度为 2000 年 5 月至 2012 年 9 月。采用 MODIS 植被指数产品中的 NDVI 产品作为计算植被覆盖度的数据源。利用 ENVI 图像处理软件对 MODIS 数据产品进行子集提取、数据格式转换和投影转换等,得到 NDVI 数据。选取可更好解释植被生长状况的 5—9 月份(第 129 至第 273 d 合成的 NDVI 数据)作为研究时间段。在此基础上,通过 ENVI 软件波段运算实现背景赋值为 NaN(Not a Number)、消除研究区负值影响,计算年平均 NDVI 等操作,然后进行研究区边界裁剪,最终得到 13 a 该区的 NDVI 值。

2.2 植被覆盖度计算方法

植被覆盖度是指植被(包括叶、茎、枝)在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比,是描述生态系统的重要基础数据。采用基于 NDVI 的像元二分模型反演植被覆盖度。其基本原理为:假设每个像元都可分解为纯植被和纯土壤两个部分,所得到的光谱信息(如 NDVI)也是两种纯组分的以面积比例加权的线性组合;其中,纯植被所占的面积百分比即为研究区的植被覆盖度,计算公式为:

$$VFC = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{soil}}) / (\text{NDVI}_{\text{veg}} - \text{NDVI}_{\text{soil}}) \quad (1)$$

式中: VFC——植被覆盖度; NDVI, $\text{NDVI}_{\text{soil}}$, NDVI_{veg} ——任意像元、纯土壤像元和纯植被像元的 NDVI。也可得:

$$VFC = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{min}}) / (\text{NDVI}_{\text{max}} - \text{NDVI}_{\text{min}}) \quad (2)$$

式中: NDVI_{max} , NDVI_{min} ——区域内最大值和最小值。

由于不可避免存在噪声, NDVI_{max} , NDVI_{min} 一般取一定置信度范围内的最大值与最小值,置信度的取值主要根据图像实际情况来定。参考李苗苗^[17]提出的估算 NDVI_{max} 和 NDVI_{min} 的方法,提取研究区统计结果中 NDVI 值的累积概率为 5% 和 95% 的 NDVI 值作为 NDVI_{min} 和 NDVI_{max} 。根据上述方法计算得到各时期植被覆盖度分布图,同时将计算结果分为 5 个等级,即 $0\sim 0.2$ (极低覆盖度), $0.2\sim 0.4$ (低覆盖度), $0.4\sim 0.6$ (中覆盖度), $0.6\sim 0.8$ (高覆盖度), $0.8\sim 1$ (极高覆盖度)。

3 结果与分析

3.1 研究区 2000—2012 年平均植被覆盖度空间分布

图 1 为 2000—2012 年研究区平均植被覆盖度分布图。图 1 表明,研究区植被覆盖度整体变化趋势为自东向西逐渐减小,东部高于西部,北部高于南部。极高覆盖度和极低覆盖度均出现在达拉特旗,其中极低覆盖度出现是由于库布齐沙漠的存在。东胜市、伊金霍洛旗和准格尔旗主要以中覆盖度和高覆盖度为主。

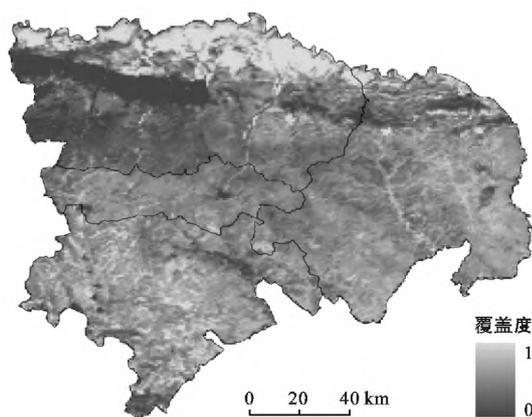


图 1 研究区 2000—2012 年平均植被覆盖度分布

3.2 植被覆盖度动态变化分析

为分析植被覆盖度的年际变化,每隔 4 a 计算研究区的植被覆盖度。从 2000,2004,2008 和 2012 年各等级植被覆盖度的空间分布图(图 2)和面积统计表(表 1)可知,极低覆盖度面积在 4 个监测年里持续减少,2000 年为 22.88%,2004 年为 14.94%,下降了 7.94%;2004—2008 年该面积没有明显变化;2008—2012 年由 14.43% 下降到 11.01%。减少面积主要分布在研究区西北部达拉特旗。低覆盖度面积同样呈下降趋势,从 2000 年的 32.41% 减少到 2012 年的 14.03%,下降了 18.38%;下降面积主要分布在研究区中部。中覆盖度面积先增后减,由 2000 年的 26.10% 增加到 2004 年的 31.93%,2004 年以后出现下降,2008 年下降到 26.66%,2012 年下降到 24.18%。高覆盖度面积持续增加,由 2000 年的 9.96% 增加到 2012 年的 31.38%。极高覆盖度面积同样呈增加的趋势,从 2000—2012 年增加了 10.73%。分析表明,2000—2012 年极低覆盖度面积和低覆盖度面积呈现持续下降趋势;高覆盖度面积和极高覆盖度面积呈增加趋势;中覆盖度面积先增后

减,可能是由于极低覆盖度和低覆盖度转化为中覆盖度致其面积增加,2004 年后出现减少是由于更多的中覆盖度面积转为高覆盖度和极高覆盖度面积。

表 1 研究区 2000,2004,2008 和 2012 年植被覆盖度不同等级面积统计 %

年份	极低覆盖度	低覆盖度	中覆盖度	高覆盖度	极高覆盖度
2000	22.88	32.41	26.10	9.96	8.66
2004	14.94	24.31	31.93	18.59	10.23
2008	14.43	17.56	26.66	24.31	17.04
2012	11.01	14.03	24.18	31.38	19.39

3.3 不同等级植被覆盖度动态变化

在 ENVI 4.2 软件中运用决策树分类和波段运算功能,对不同时期的植被覆盖度等级结果进行运算,得到 2000—2004 年、2004—2008 年和 2008—2012 年研究区各植被覆盖度等级的转移量,其中位于对角线上的表示等级未发生转移(表 2—4)。

由表 2 可以看出,2000—2004 年期间极低覆盖度有 57.49% 未转移,主要转为低植被覆盖度,转移率为 33.04%;低覆盖度有 44.27% 未转移,43.58% 转移为中覆盖度;中覆盖度有 54.08% 未转移,主要转为高覆盖度 34.59%,有极少的 8.73% 转为低覆盖度;高覆盖度有 61.59% 未转移,15.74% 转为中覆盖度,仅次于向极高覆盖度转化的量(21.26%);极高覆盖度有 86.65% 未转移,主要转移为高覆盖度,占 2000 年极高覆盖度面积的 11.68%。

由表 3 可以看出,2004—2008 年期间极低覆盖度的 78.54% 未发生变化,19.82% 转为低覆盖度;低覆盖度 48.47% 未转移,主要转为中覆盖度(37.80%);中覆盖度有 44.34% 未转移,40.86% 转移为高覆盖度;高覆盖度有 45.72% 未转移,36.80% 转为极高覆盖度,15.36% 转为中覆盖度;极高覆盖度有 80.59% 未转移,有 15.56% 转为高覆盖度。

转移矩阵中对角线上的转移率表明(表 4),2008—2012 年期间,各等级未发生转移的面积几乎在 1/2 以上。除去未转移的,极低覆盖度主要转为低覆盖度,占 2008 年极低覆盖度面积的 37.07%;低覆盖度主要转移到中覆盖度,占 2008 年低覆盖度面积的 50.04%;中覆盖度主要转化为高覆盖度,占 2008 年中覆盖度面积的 44.60%;高覆盖度主要转为极高覆盖度,占 2008 年高覆盖度面积的 25.13%;极高覆盖度主要转移为高覆盖度,占 2008 年极高覆盖度面积的 23.99%。

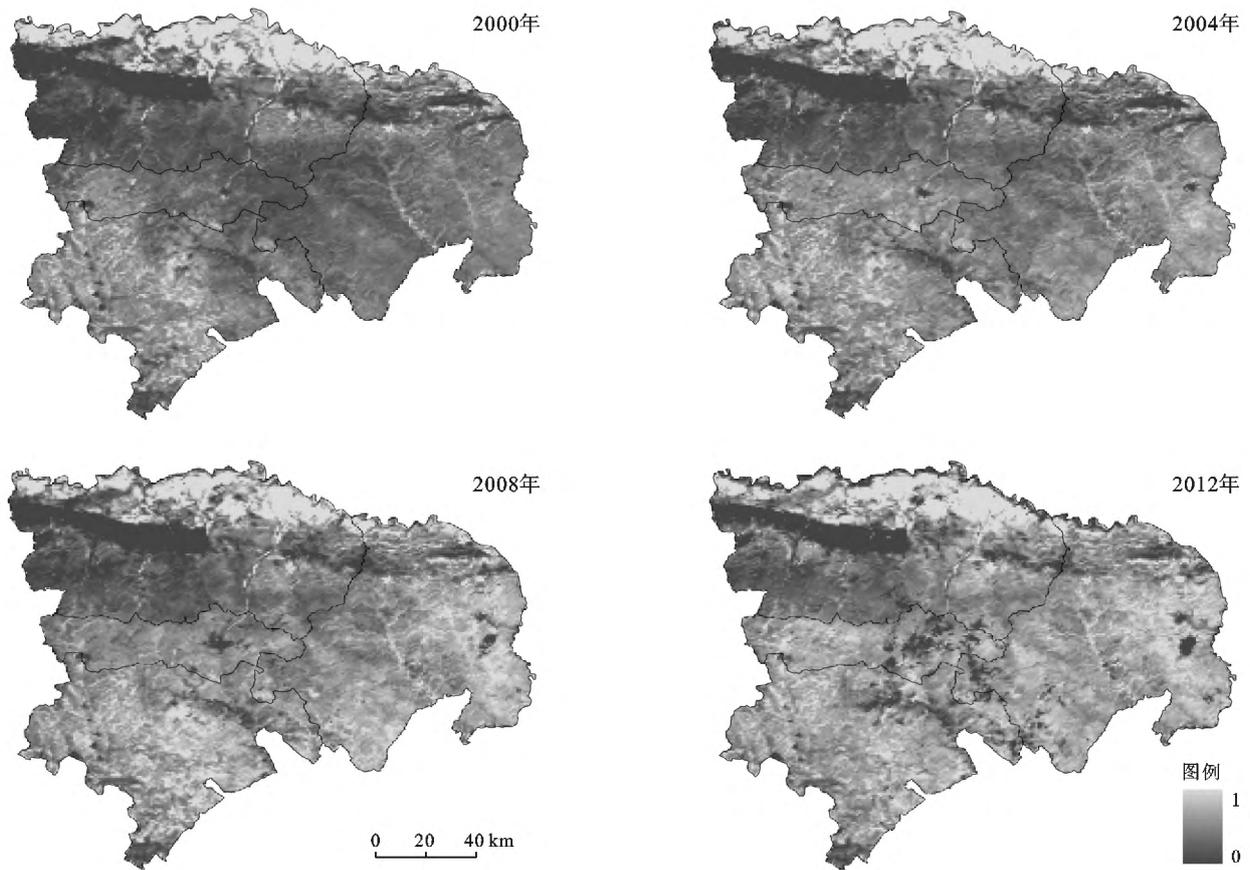


图 2 研究区 2000,2004,2008 和 2012 年植被覆盖度等级分布图

总体而言,2000—2004 年植被迅速恢复,禁牧政策在初期就取得了明显的成效。

相对于 2000—2004 年的植被状况,2004—2008 年和 2008—2012 年的植被长势更好。表明随着禁牧实施年限的增加,研究区植被长势逐年变好。2000—2004 年、2004—2008 年和 2008—2012 年三个时期植被覆盖度呈现出由低等级向高等级转移的趋势。由

极低覆盖度和低覆盖度向高等级植被覆盖度转换的转移率 2008—2012 年相对显著,表明 2008—2012 年覆盖度较低的植被恢复比 2000—2004 年和 2004—2008 年好。

研究区较差的植被有改善的趋势,研究区植被长势逐年改善,禁牧、休牧政策对草原生态恢复、沙化土地的改善起到了良好的作用。

表 2 研究区 2000—2004 年植被覆盖度等级转移矩阵

km²

2000 年	2004 年				
	极低覆盖度	低覆盖度	中覆盖度	高覆盖度	极高覆盖度
极低覆盖度	3 132.37(57.49)	1 800.12(33.04)	487.66(8.95)	28.38(0.52)	0.00(0.00)
低覆盖度	379.29(4.91)	3 416.19(44.27)	3 362.86(43.58)	548.72(7.11)	10.32(0.13)
中覆盖度	24.94(0.40)	542.70(8.73)	3 362.00(54.08)	2 150.17(34.59)	136.75(2.20)
高覆盖度	6.88(0.29)	26.66(1.12)	373.27(15.74)	1 460.39(61.59)	504.00(21.26)
极高覆盖度	10.32(0.50)	4.30(0.21)	19.76(0.96)	240.82(11.68)	1 786.36(86.65)

注:表中括号外数字表示转移面积,括号内的数字表示转移率(%)。下同。

表 3 研究区 2004—2008 年植被覆盖度等级转移矩阵

km²

2004 年	2008 年				
	极低覆盖度	低覆盖度	中覆盖度	高覆盖度	极高覆盖度
极低覆盖度	2 794.36(78.54)	705.26(19.82)	49.88(1.40)	6.02(0.17)	2.58(0.07)
低覆盖度	510.88(8.82)	2 806.4(48.47)	2 188.87(37.80)	273.50(4.72)	10.32(0.18)
中覆盖度	89.45(1.18)	584.85(7.69)	3 372.32(44.34)	3 107.42(40.86)	451.54(5.94)
高覆盖度	24.08(0.54)	69.67(1.57)	680.31(15.36)	2 024.60(45.72)	1 629.83(36.80)
极高覆盖度	17.20(0.71)	17.20(0.71)	59.34(2.43)	379.29(15.56)	1 964.39(80.59)

表 4 研究区 2008—2012 年植被覆盖度等级转移矩阵

km²

2008 年	2012 年				
	极低覆盖度	低覆盖度	中覆盖度	高覆盖度	极高覆盖度
极低覆盖度	1 963.53(57.10)	1 274.62(37.07)	188.35(5.48)	7.74(0.23)	4.3(0.13)
低覆盖度	265.76(6.35)	1 496.52(35.77)	2 093.4(50.04)	316.5(7.57)	11.18(0.27)
中覆盖度	222.76(3.51)	369.83(5.82)	2 627.51(41.37)	2 832.2(44.60)	298.44(4.70)
高覆盖度	129.01(2.23)	148.79(2.57)	712.14(12.30)	3 345.66(57.78)	1 455.23(25.13)
极高覆盖度	42.14(1.04)	53.32(1.31)	139.33(3.43)	973.6(23.99)	2 850.26(70.23)

4 结论

(1) 研究区植被覆盖度变化趋势是自东向西逐渐减小,东部高于西部,北部高于南部;2000—2012 年研究区植被覆盖度总体呈上升趋势。

(2) 2000—2004 年,2004—2008 年和 2008—2012 年 3 个时期植被覆盖度有低等级向高等级转移的趋势。3 个时期里极低覆盖度向低覆盖度,低覆盖度转为高覆盖度的转移率 2008—2012 年相对显著,2008—2012 年覆盖度较低的植被恢复状况比 2000—2004 年和 2004—2008 年更优。

(3) 研究区的禁牧实践表明,禁牧、休牧能够大面积快速改善植被生长及生态环境的恢复,实施禁牧的年限越长得到的效果越好。然而,植被长势还与当地的水热因素等有关,本研究单纯从禁牧、休牧来考虑植被覆盖度的状况过于片面,应与当地的降水、温度等气象因素综合考虑来探讨禁牧政策的成效更为合理。

[参 考 文 献]

- [1] 游珍,李占斌,袁琼,等.干旱区植被覆盖度的建设阈值分析[J].水土保持研究,2005,12(3):88-90.
- [2] 陈智.阴山北麓农牧交错区地表土壤抗风蚀能力测试研究[D].内蒙古呼和浩特:内蒙古农业大学,2006.
- [3] 胡良军,邵明安.论水土流失研究中的植被覆盖度量指标[J].西北林学院学报,2001,16(1):40-43.
- [4] 海春兴,刘宝元,赵焯.土壤湿度和植被盖度对土壤风蚀的影响[J].应用生态学报,2002,13(8):1057-1058.
- [5] 孙红雨,李兵.中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系[J].遥感学报,1998,2(3):204-210.
- [6] 徐斌,陶伟国,杨秀春,等.中国草原植被长势 MODIS 遥感监测[J].草地学报,2006,14(3):242-247.
- [7] 师庆东,肖继东,潘晓玲,等.近 20 a 来新疆植被覆盖变化特征研究[J].干旱区研究,2005,21(4):389-394.
- [8] 周兆叶,储少林,王志伟,等.基于 NDVI 的植被覆盖度的变化分析:以甘肃省张掖市甘州区为例[J].草业科学,2009,25(12):23-29.
- [9] 包刚,覃志豪,包玉海,等.1982—2006 年蒙古高原植被覆盖时空变化分析[J].中国沙漠,2013,33(3):918-927.
- [10] 陈效速,王恒.1982—2003 年内蒙古植被带和植被覆盖度的时空变化[J].地理学报,2009,64(1):84-94.
- [11] 张宏斌,唐华俊,杨桂霞,等.2000—2008 年内蒙古草原 MODIS NDVI 时空特征变化[J].农业工程学报,2009(9):168-175.
- [12] 王海梅,李政海,韩国栋,等.锡林郭勒地区植被覆盖的空间分布及年代变化规律分析[J].生态环境学报,2009,18(4):1472-1477.
- [13] 李营,张峰,王桥.呼伦贝尔盟草原植被覆盖状况时空演变特征分析[J].干旱区资源与环境,2010,24(6):126-131.
- [14] 姚雪茹,刘华民,裴浩,等.鄂尔多斯高原 1982—2006 年植被变化及其驱动因子[J].水土保持通报,2012,32(3):225-230.
- [15] 任健美,尤莉,高建峰,等.鄂尔多斯高原近 40 年气候变化研究[J].中国沙漠,2006,25(6):874-879.
- [16] 王富根,韩利荣.内蒙古鄂尔多斯:封禁治理成效显著[J].中国水利,2005(12):61-62.
- [17] 李苗苗.植被覆盖度的遥感估算方法研究[D].北京:中国科学院大学,2003.