

Change of Desertification based on MODIS Data in the Mongolia Border Region

Sarula¹, Yinshan^{1,2,*}, Yuhai Bao^{1,2}, Huijuan Bao¹

¹ College of Geographical Sciences, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, Inner Mongolia, China

² Remote Sensing and Geographic information system Key Laboratory, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, Inner Mongolia, China

基于 MODIS 数据的中蒙边境地区荒漠化变化分析

萨如拉¹, 银山^{1,2,*}, 包玉海^{1,2}, 包慧娟¹

¹ 内蒙古师范大学地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010022;

² 内蒙古师范大学遥感与地理信息重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010022

Abstract

In order to analyze the changes of desertification in Mongolia border region, this paper took the Dongwuzhumuqin and Halahahe as the research area, based on 2000-2015 years Vegetation growth season MODIS NDVI data, the vegetation coverage was calculated by using pixel two model, desertification index (DI) was obtained, and the areas of different types of desertification were calculated based on pixel scale. Moreover, the correlation between desertification areas and social economic data was analyzed to obtain the dynamic change of desertification of Mongolia border region in recent 15 years. The result indicated that Dongwuzhumuqin desertification has been reversed-development-reversed process, the area of not desertification、mild、moderate and severe desertification was increasing, and the area of extreme desertification land is declining, but the trend is not significant. 2000-2014 years Dongwuzhumuqin the extreme desertification land area was significantly correlated with the population quantity, severe and extreme desertification land was significantly correlated

with the number of large animals. The process of halahahe desertification is not significantly reversed and developed, and the not desertification land area increased significantly, mild and severe desertification land area was significantly reduced, reduction of moderate desertification area, and the extreme desertification area is increased, but the trend is not significant. The area of desertification land is distributed in the west and the northwest region. 2000-2014 years, there was a significant correlation between the Halahahe land area and population quantity of the not desertification and the mild desertification.

Keywords: Mongolia border region; desertification index; dynamic change; correlation

摘要

为了探讨中蒙边境地区荒漠化变化分析, 本文选择东乌珠穆沁旗和哈拉哈河县为研究区, 以 2000-2015 年植被生长季 MODIS NDVI 数据为数据源, 利用像元二分模型计算出植被覆盖度, 进而得到荒漠化指数 (DI), 根据像元数据统计出不同荒漠化土地面积, 分析荒漠化土地面积与社会经济数据的相关性, 进而得到近 15a 中蒙边境地区荒漠化的动态变化。

结果表明: 东乌珠穆沁旗荒漠化经历了逆转-发展-逆转的过程, 未荒漠化、轻度、中度和

*通讯作者: 银山, yinshan@imnu.edu.cn.

重度荒漠化土地面积呈增加趋势,极重度荒漠化土地面积呈下降趋势,但是趋势不显著;荒漠化土地主要分布在东乌珠穆沁旗的西部及西南部地区;2000-2014年东乌珠穆沁旗的极重度荒漠化土地面积与人口数量呈显著相关,重度和极重度荒漠化土地面积与大畜数量呈显著相关。哈拉哈河县的荒漠化没有显著地逆转和发展的过程,未荒漠化土地面积显著增加,轻度和重度荒漠化土地面积显著减少,中度荒漠化面积减少,极重度荒漠化面积增加,但是趋势都不显著;荒漠化土地面积分布在西部和西北部地区;2000-2014年哈拉哈河县未荒漠化和轻度荒漠化土地面积与人口数量呈显著相关。

关键词: 中蒙边境地区,荒漠化指数,动态变化,相关性

1. 引言

荒漠化是一种普遍的退化过程,发生在土地表面,导致土壤丧失植物生长的能力。自1977年在肯尼亚内罗毕召开的联合国防止荒漠化会议以后,荒漠化问题得到国际社会的广泛关注。20世纪90年代左右学者们开始从多个角度分析荒漠化问题;提出了解土地退化的一个必须考虑的因素就是景观格局和环境之间的相互作用,即景观格局和土地利用相结合分析荒漠化变化。荒漠化有许多影响,包括土壤和植被退化和社会经济损失。植被退化可能包括盖度、生物量和成分的损失—移行变化如外来物种取代本地的^[1]。2000年以来,用计算机的各种方法分析 TMODIS 数据, CBERS-1 数据, M S S 数据, E T M 数据, SPOT 卫星影像, IRS 数据和 MODIS 数据进行荒漠化变化分析,其中最常用的数据为 MODIS 数据,此数据方便下载,覆盖范围大,2000 年以来每年的数据都可以从网上获得,可以应用在连续时间段内的研究当中。本文选择同属干旱区与半干旱区的东乌珠穆沁旗和哈拉哈河县为研究区,研究人口和牲畜的数量变化与荒漠化变化的相关关系。

2. 研究区概况

本文选择中蒙边境地区内蒙古的东乌珠穆沁旗,蒙古国东方省的哈拉哈河县为研究区。东乌珠穆沁旗地处内蒙古自治区锡林郭勒盟

东北部,东经 $115^{\circ} 10' - 120^{\circ} 07'$, 北纬 $44^{\circ} 41' - 46^{\circ} 10'$, 东接科尔沁市的霍林郭勒市、扎鲁特旗和兴安盟科尔沁右翼中旗和科尔沁右翼前旗,南靠西乌珠穆沁旗,西连锡林浩特市、阿巴嘎旗,北邻蒙古国,国境线长达 527.6 公里。气候属于典型的半干旱半湿润大陆性气候,年均气温 1.6°C , 年平均降水量 229.2~326.7 毫米,年平均风速 4.1 米/秒 。哈拉哈河县位于蒙古国东方省首府乔巴山市南 250 公里处。南部有巴彦额勒吉山、玉音查干山、哈布其拉山、喇嘛海尔汗山、陶顺山等低山,在中部和北部有大面积的米能、塔木苏格、桑根达来等平原。气候属于典型的大陆性气候,1 月平均气温 -18°C , 7 月份平均气温 20°C , 年平均降雨量 200-300 毫米。

3. 数据来源及方法

3.1 数据来源

本文选取 2000-2015 年 4-10 月生长季的 EOS-MODIS 数据产品 MOD13Q1 的 16 d 合成的 250 m 空间分辨率的植被指数数据产品 h25v04 和 h26v04 作为数据源,2000-2014 年社会经济数据是来自统计年鉴。

3.2 研究方法

3.2.1 荒漠化数据处理

根据中国三北地区荒漠化区域分类与发展趋势综合研究野外调查地质调查内容一技术要求中的《关于中国三北地区荒漠化分类分级及参考指正表的修订》,将浑善达克沙地荒漠化按程度划分为未荒漠化、轻度荒漠化、中度荒漠化、重度荒漠化、极重度荒漠化五级^[2-3]。

首先在 MRT 软件中对 2 景影像进行拼接、投影转换提取 NDVI 数据,然后在 ENVI 软件中对 NDVI 数据进行最大值合成,边界线裁剪,并利用 Band Math 工具算出植被覆盖度指数 (IVC),计算得到荒漠化指数 (DI),通过决策树方法进行 DI 的分级,即荒漠化指数 (DI) $0 \sim 0.45$ 为未荒漠化、 $0.45 \sim 0.65$ 为轻度荒漠化、 $0.65 \sim 0.78$ 为中度荒漠化、 $0.78 \sim 0.96$ 为重度荒漠化、 $0.96 \sim 1$ 为极重度荒漠化^[4],然后采用 ArcGIS 软件中的空间分析中的统计工具,获取多年平均值以及时间上的变化趋势等特征。

3.2.2 植被覆盖度与像元二分模型

植被覆盖度是衡量地表植被状况的重要指标。根据遥感数据估算植被覆盖度的方法有很多，常用的有植被指数法，回归模型法及像元分解法等，植被指数法更具有普遍意义。通过植被指数计算出与其相应的植被覆盖度指数，所使用的模型算法为像元二分模型^[5]。

基于像元二分原理，由归一化植被指数估算植被覆盖度的公式为

$$I_{vc} = (I_{NDVI} - I_{NDVI,soil}) / (I_{NDVI,veg} - I_{NDVI,soil}) \quad (1)$$

式中： I_{vc} 为植被覆盖度指数； I_{NDVI} 为所求像元的归一化植被指数； $I_{NDVI,veg}$ 为纯植被像元的归一化植被指数； $I_{NDVI,soil}$ 为无植被像元的归一化植被指数，分别为归一化植被指数的最大值和最小值。本文对其取值时，取给定置信度区间的最大值与最小值，分别选择累积比例 99.5% 和 0.5% 为置信区间，累积比例 < 0.5% 时的归一化植被指数，为近似纯土壤覆盖，> 99.5% 的为全植被覆盖，并取对应的归一化植被指数代替。如表 1 所示。

表 1 植被覆盖度模型中 $I_{NDVI,veg}$ 和 $I_{NDVI,soil}$ 的值

年份	$I_{NDVI,veg}$	$I_{NDVI,soil}$
2000	0.6166	0
2005	0.5735	0
2010	0.5735	0
2015	0.6158	0

注： $I_{NDVI,veg}$ 为最大归一化植被指数； $I_{NDVI,soil}$ 为最小归一化植被指数（因最少植被指数都是小数点后两位数以下所以将其统一归为 0 值）。

3.2.3 荒漠化指数（DI）计算

一个地区荒漠化的轻重程度与植被覆盖率有直接的关系，荒漠化程度越高，植被覆盖率越低，因此荒漠化指数（DI）与植被覆盖指数（ I_{vc} ）为负相关关系，所以荒漠化指数可以用公式（2）计算出来。

$$DI = 1 - I_{vc} \quad (2)$$

根据 DI 指数进行分级分成五类，统计出荒漠化变化面积，进行分析。

3.2.4 相关分析

研究中蒙边境地区社会经济数据对荒漠化变化的影响，使用 spss 软件的 Pearson 相关分析法，对荒漠化数据与社会经济数据之间

进行相关分析，得到二者的相关系数。

4. 结果与分析

4.1 中蒙边境地区荒漠化程度时间变化趋势

各时期荒漠化面积及级别的数量特征见表 2，分析其变化趋势，可以看出，2000-2015 年，东乌珠穆沁旗的未荒漠化土地面积分别在 2000-2005 年，2010-2015 年逐年增加，虽然有个别年份在减少但是减少的面积与增加的面积比起来微乎其微所以可都认为是增加，表明在这两个时期中蒙边境地区荒漠化有所逆转；而在 2005-2010 年间，东乌珠穆沁旗未荒漠化土地在总量上呈减少趋势，尽管 2008 年末荒漠化土地面积较 2007 有所增加，但可以归其为个别年份，所以可将 2005-2010 年视为荒漠化发展时期。表 2 数据显示，在 2000 年东乌珠穆沁旗荒漠化现状较差，其未荒漠化土地面积仅为 $218.64 \times 10^3 \text{Km}^2$ ，占总土地面积的 47.23%，表明东乌旗荒漠化土地面积已占总土地面积的一半以上，其荒漠化形势严峻。此外，在 2000 年东乌珠穆沁旗的轻度（2007 年除外）、中度和极重度荒漠化土地面积也是监测时间最大的，分别为 $210.22 \times 10^3 \text{Km}^2$ 、 $27.83 \times 10^3 \text{Km}^2$ 和 $4.79 \times 10^3 \text{Km}^2$ 。在 2015 年，未荒漠化土地面积增加了 $109.57 \times 10^3 \text{Km}^2$ ，是 2000 年的 0.5 倍，表明荒漠化加重；轻度、中度和极重度荒漠化土地面积较 2000 年减少了 $89.33 \times 10^3 \text{Km}^2$ 、 $19.66 \times 10^3 \text{Km}^2$ 和 $3.61 \times 10^3 \text{Km}^2$ 。

2000-2015 年，哈拉哈河县的未荒漠化土地面积在 2000-2005 和 2005-2010 年之间没有明显的增加和减少的趋势，在 2010-2015 年之间有略微的增加的趋势。在 2000 年哈拉哈河县的未荒漠化土地面积为 $193.37 \times 10^3 \text{Km}^2$ ，占总土地面积的 70.22%，表明哈拉哈河县荒漠化土地面积已占总土地面积的 30% 左右，其荒漠化形势不算严峻。在 2000 年哈拉哈河县的重度和极重度荒漠化土地面积也是监测时间最大的，分别为 $0.59 \times 10^3 \text{Km}^2$ 和 $2.21 \times 10^3 \text{Km}^2$ 。在 2015 年，未荒漠化土地面积增加了 $49.87 \times 10^3 \text{Km}^2$ ，是 2000 年的 0.25 倍，表明荒漠化加重并不严重；轻度、中度、重度和极重度荒漠化土地面积较 2000 年减少了 $49.11 \times 10^3 \text{Km}^2$ 、 $0.49 \times 10^3 \text{Km}^2$ 、 $0.21 \times 10^3 \text{Km}^2$ 和 $0.06 \times 10^3 \text{Km}^2$ 。

表 2 2000-2015 年东乌旗和哈拉哈河县荒漠化土地面积统计表 (1*10³Km²)

东乌	未荒漠化	轻度荒漠化	中度荒漠化	重度荒漠化	极重度荒漠化	哈拉哈河县	未荒漠化	轻度荒漠化	中度荒漠化	重度荒漠化	极重度荒漠化
2000	218.04	210.22	27.83	1.48	4.79	2000	193.37	73.32	0.87	0.39	2.21
2001	275.81	172.41	0.23	1.38	3.82	2001	173.43	97.72	1.60	0.45	2.16
2002	295.31	147.71	15.34	2.12	2.55	2002	247.58	24.84	0.48	0.39	2.06
2003	349.43	105.20	4.99	2.07	0.48	2003	213.42	53.06	0.82	0.42	2.04
2004	261.27	187.00	10.97	3.51	0.28	2004	174.62	96.82	1.37	0.46	2.09
2005	315.71	132.23	10.69	3.52	0.21	2005	210.76	61.00	0.58	0.42	2.01
2006	231.07	205.89	21.87	4.46	0.25	2006	161.67	89.95	1.35	0.42	1.97
2007	133.77	261.76	62.04	5.20	0.26	2007	175.20	95.31	1.37	0.30	1.97
2008	394.28	60.74	4.45	3.16	0.27	2008	241.4	30.95	0.64	0.42	1.95
2009	247.52	184.81	25.49	4.56	0.31	2009	222.06	49.54	1.27	0.4	1.99
2010	272.19	178.75	8.29	3.38	0.37	2010	198.08	73.59	1.35	0.37	1.96
2011	305.12	131.87	21.64	3.76	0.43	2011	243.68	23.68	0.57	0.44	1.89
2012	432.83	23.19	3.85	2.18	0.54	2012	261.58	10.88	0.43	0.45	2.03
2013	359.25	81.90	6.73	2.39	0.72	2013	270.91	1.50	0.32	0.41	2.16
2014	324.71	124.00	10.68	1.74	1.75	2014	267.74	4.66	0.34	0.36	2.27
2015	328.21	120.89	8.17	1.61	1.18	2015	243.24	29.21	0.38	0.36	2.15

为了分析荒漠化土地在监测时间段内的整体趋势,本文利用一元线性回归模型得出了东乌珠穆沁旗和哈拉哈河县不同程度荒漠化土地趋势并进行了显著检验(表 3)。2000-2015 年,东乌珠穆沁旗的未荒漠化、轻度、中度和重度荒漠化土地面积呈上升趋势,但是趋势不

显著;极重度荒漠化土地面积呈下降趋势,但是趋势不显著。哈拉哈河县未荒漠化土地面积呈显著上升趋势,其趋势斜率为 4.86;轻度和重度荒漠化土地面积呈显著下降趋势,其趋势斜率分别为-4.81 和-0.006;中度和极重度荒漠化面积呈下降趋势,但趋势不显著。

表 3 2000-2015 年东乌珠穆沁旗和哈拉哈河县荒漠化土地趋势分析

	荒漠化程度	未荒漠化	轻度荒漠化	中度荒漠化	重度荒漠化	极重度荒漠化
东乌珠穆沁旗	趋势斜率	6.24	5.66	0.54	0.007	-0.15
	显著性	不显著	不显著	不显著	不显著	不显著
哈拉哈河县	趋势斜率	4.86	-4.81	-0.05	-0.006	0.001
	显著性	显著**	显著**	不显著	显著*	不显著

4.2 中蒙边境地区荒漠化空间变化趋势

本文选取 2000 年和 2015 年 DI 的分布情况,分析了中蒙边境地区荒漠化空间变化特征(图 1)。2000 年中蒙边境地区荒漠化比较严重,可看出东乌珠穆沁旗的荒漠化分布在西部和西南部地区;哈拉哈河县的荒漠化的分布在西部地区。2015 年,中蒙边境地区荒漠化明显逆转,未荒漠化土地面积大幅度增加,东乌珠穆沁旗的未荒漠化土地从东部和东南部扩展到中部及西部一些地区;哈拉哈河县的未荒漠化土地从东部和中部地区扩展到西南部地区。

4.3 荒漠化动态变化对社会经济数据变化的响应

对东乌珠穆沁旗和哈拉哈河县 2000-2014 年荒漠化土地面积与人口、小畜和大畜之间分别进行相关分析,得图 2、图 3 和表 4。图中只表示出与荒漠化程度有相关性的数据,没有显著相关的数据未在图中表示出来;东乌珠穆沁旗的极重度荒漠化土地面积与人口数量呈显著相关,相关系数为 0.011;重度和极重度荒漠化土地面积与大畜的数量呈显著相关,相关系数分别为 0.004 和 0.001,哈拉哈河县的未荒漠化和轻度荒漠化土地面积与人口数量呈显著相关,相关系数分别为 0.034 和 0.033。

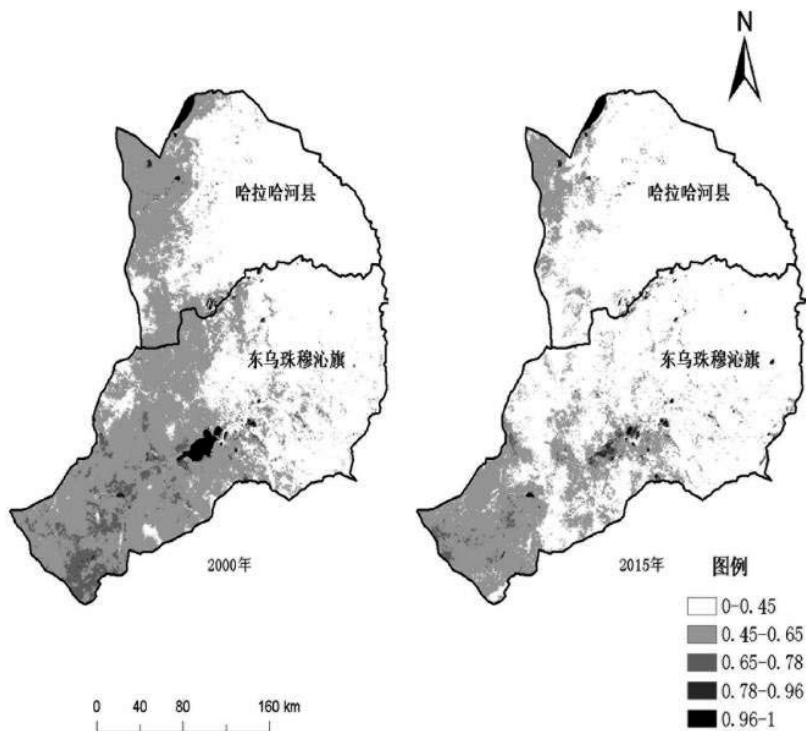


图 1 中蒙边境地区荒漠化土地空间分布图

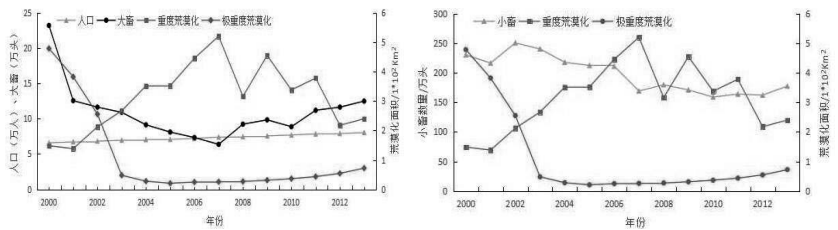


图 2 东乌珠穆沁旗人口、小畜和大畜与荒漠化程度的相关性图

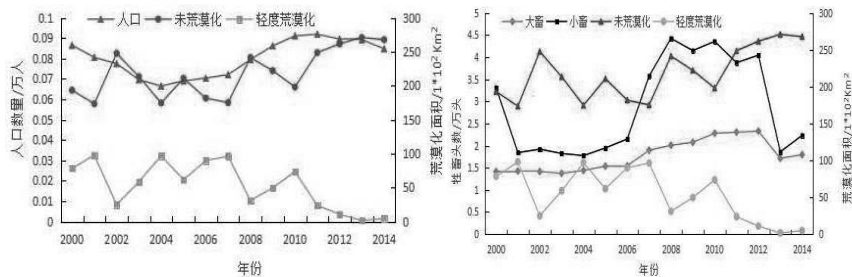


图 3 哈拉哈县人口、小畜和大畜与荒漠化程度的相关性图

表 4 2000-2014 年中蒙边境地区荒漠化土地面积与社会经济数据之间的相关性

荒漠化程度 /因素		未荒漠化	轻度荒漠化	中度荒漠化	重度荒漠化	极重度荒漠化
东乌旗	人口	0.179	0.122	0.791	0.214	0.011*
	小畜	0.705	0.568	0.599	0.115	0.058
	大畜	0.905	0.923	0.769	0.004**	0.001**
哈拉哈河县	人口	0.034*	0.033*	0.251	0.958	0.51
	小畜	0.642	0.639	0.862	0.409	0.064
	大畜	0.144	0.143	0.618	0.579	0.092

注：*表示在 0.05 的水平上显著，**表示在 0.01 的水平上显著。

5. 结论

(1) 2000-2015 年中蒙边境地区荒漠化变化明显，东乌珠穆沁旗未荒漠化土地在 2000-2005 年和 2010-2015 年期间逆转，在 2005-2010 年期间发展；2015 年，东乌珠穆沁旗未荒漠化土地面积已增加至 $328.21 \times 10^4 \text{Km}^2$ 较 2000 年增了 $109.57 \times 10^4 \text{Km}^2$ ，表明在监测期间内荒漠化变化现状有了改善；轻度、中度和极重度荒漠化土地呈现减少趋势，但是变化都不显著。哈拉哈河县未荒漠化土地在 2000-2005 年和 2005-2010 年期间没有显著逆转或发展的趋势，在 2010-2015 年期间发展逆转；2015 年，哈拉哈河县未荒漠化土地面积已增加至 $243.24 \times 10^4 \text{Km}^2$ 较 2000 年增了 $49.87 \times 10^4 \text{Km}^2$ ，表明在监测期间内荒漠化变化现状有所改善；未荒漠化土地增加趋势显著，轻度和重度荒漠化土地面积减少趋势显著，中度荒漠化减少趋势不显著，极重度荒漠化增加趋势不显著。

(2) 在空间上，未荒漠化土地主要分布在东乌珠穆沁旗的东部和西北部地区，哈拉哈河县的东部、中部和西南部地区。

(3) 2000-2014 年，东乌珠穆沁旗的荒漠化程度加重到一定程度之后人口数量才与荒漠化面积出现相关关系，大畜的数量与荒漠化面积出现相关关系；哈拉哈河县的荒漠化程度较低时与人口数量出现相关关系；而小畜数量与该研究区的荒漠化土地面积没有显著地相关关系。

Acknowledgements

This study was supported by Natural Science Foundation of Inner Mongolia Autonomous

Region(No.2013ZD08) , and Inner Mongolia Normal University major project to cultivate special project(No.2013ZDPY04), and National” Twelfth Five-Year” Plan Project for Science and Technology Support (No.2013BAK05B01) and Inner Mongolia science and technology project(No.20130430).

致谢

本研究得到了资助项目：内蒙古自然科学基金项目（2013ZD08），内蒙古师范大学重大项目培育专项项目（2013ZDPY04），国家“十二五”科技支撑计划项目（2013BAK05B01），内蒙古科技计划项目（编号：20130430）。

参考文献

[1]United Nations Environment Programme (UNEP). 1992. World atlas of desertification, Edward Arnold, London.

[2] 李元科,全志杰. GIS 支持下的盐池县土地沙漠化动态遥感监测与预估. 干旱环境监测, 1998, 12 (4) : 214-217

[3] 银山. 内蒙古浑善达克沙地荒漠化动态研究. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010

[4] 朱玉霞,覃志豪,徐斌. 基于 MODIS 数据的草原荒漠化年际动态变化研究——以内蒙古自治区为例. 中国草地学报, 2007, 29 (4) : 2-8

[5] T.N. Carlson, D.A. Ripley. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover,and leaf area index. Remote Sensing of Environment,1997,62(3):241-252

- [6]王永芳,张继权,张琪,郭恩亮,银山,包玉海,罗娟.科尔沁沙地沙漠化灾害风险评价.风险分析和危机反应中的信息技术--中国灾害防御协会风险分析专业委员会第六届年会论文集,2014
- [7]朱玉霞,覃志豪,徐斌.基于 MODIS 数据的草原荒漠化年际动态变化研究—以内蒙古自治区为例.中国草地学报,2007,29(4)
- [8]李春兰,朝鲁门,包玉海,银山,张继权等.21 世纪初期气候波动下浑善达克沙地荒漠化动态变化分析.干旱区地理,2015,38 (3)
- [9]木热提江.阿不拉,张晓萍,陈利利,蔺鹏飞,孙艳萍等.基于 GIMMS NDVI 的黄土高原地区荒漠化时空特征分析.中国水土保持科学,2015,13(3)
- [10]马雄德,范立民,张晓团,向茂西,刘海南,张云峰等.陕西省榆林市榆神府矿区土地荒漠化及其景观格局动态变化.灾害学,2015,30(4)
- [11]J.H. Wang. Dynamics of urban fire correlations with detrended fluctuation analysis. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2011,1(2):126-132