

Analysis of Spatiotemporal Distribution and Influencing Factors of Grassland Fire in China-Mongolia Border Regions in Recent 15 Years

Yulong Bao^{1,2}, Yinshan², Lina¹, Narisu¹

¹College of Inner Mongolia normal university geography science,Hohhot 010020, China;

²Inner Mongolian key laboratory of remote sensing and geographic information system,Hohhot 010020,China

近 15 年中蒙边境地区草原火时空分布及影响因子分析

包玉龙^{1,2} 银山² 丽娜¹ 那日苏¹

¹内蒙古师范大学地理科学学院,呼和浩特 010020, 中国

²内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室,呼和浩特 010020, 中国

Abstract

In view of the grassland fire occurred in 3 banner of East Ujimqin banner in China and adjacent Mongolia as research area, the spatiotemporal characteristics was analyzed by GIS space analysis method and using the 2000-2014 MCD45A burned products, MOD13Q1 products data and meteorological data. The results indicated that recent 15 year, the burned area distributed widely and 95% of the total area of the study area located in the territory of Mongolia, with the highest rate of 7 in Khalkhgol. But East Ujimqin Banner has not happened it. The annual variation trend of the burned area showed that the downward trend happened in 2000 - 2008, and upward trend in 2008 - 2014. Known by analysis of influencing factors of grassland fire that large burned area and high frequency in high NDVI area, opposite in lower NDVI area; The interannual burned area variation with precipitation has inversely proportional, with temperature has direct proportion.

Keywords: Grassland Fire; Influencing factor; China-Mongolia Border

摘要

利用 GIS 空间分析方法, 采用 2000-2014 年 MCD45A 火烧迹地数据、NDVI 产品数据 MOD13Q1 以及气象数据, 通过分析内蒙古东乌珠穆沁旗及与该旗接壤的蒙古国哈拉哈郭勒、额尔德尼查干及马塔德三个苏木

2000-2014 年草原火时空分布规律和植被覆盖、气候特征因子对草原火时空分布的影响。结果表明: 近 15 年研究区过火迹地总面积 $7.99 \times 10^3 \text{ km}^2$, 其中蒙古国境内的过火迹地面积 $7.68 \times 10^3 \text{ km}^2$, 占总过火面积的 95%; 最高过火频次在蒙古国的哈拉哈郭勒苏木境内, 频次为 7。2000-2014 过火面积的年际变化表明, 过火面积呈减少后增长趋势, 2008 达到最小值。从分析草原火影响因子来看, NDVI 高的区域过火面积和过火频次高, NDVI 较低的区域则相反; 火烧迹地面积的年际变化与降水量年际变化呈反比, 与气温呈正比。

关键词: 草原火; 影响因子; 中蒙边境

1. 引言

草原火灾作为自然生态系统中重要的干扰因子之一, 在全球范围内频繁发生^[1-2]。其中, 中蒙边境地区则是发生草原火灾极为频繁的区域。加之研究区的春秋两季降水量少、天气干燥、大风日多, 并且大部分草原人烟稀少, 交通不便, 因此在关于用火管理方面难度较大, 草原火灾时有发生, 对国家及人民生命财产造成了较为严重的损失^[3]。过火之处部分植被所剩无几, 植物种类数量以及生物量大减, 甚至一些分布区域较窄的物种濒临灭绝。因此, 火灾对脆弱的草原生态系统起到直接作用, 容易引起草原生态平衡的破坏。

不同的气候状况与不同的植被类型和草原火时空分布相适应, 这使得草原火的时空格局及其气候变化关系成为科研界和政府部门的热点^[4]。目前, 随着空间统计学和地理信息技术的迅速发展, 诸多国内外研究者对草原火行为时空分布特征与影响因子进行

通讯地址: 包玉龙, E-mail: baoyulong@imnu.edu.cn.

了深入的探索与研究。并草原火灾给国家造成巨大的经济损失的同时也影响到边境地区的和谐发展与社会稳定,甚至涉及到国际火情的防治问题。因此,对中蒙边境地区草原火灾时空分布及影响因子分析是具有重要的科学意义以及为两国对草原火灾风险预测和防治提供有效的科学依据。

2. 材料与方

2.1 .研究区概况

研究区处于蒙古高原中部(图 1),典型大陆性气候温带典型草原区的蒙古国哈拉哈郭勒、额尔德尼查干及马塔德三个苏木和内蒙古东乌珠穆沁旗,全年季相更替明显,大风日多,冬季寒长干燥,夏季雨热同期^[5]。一月平均气温在-18~-22℃,七月平均气温在 19~22℃,年降水量为 200~300mm。

研究区的草原区面积广大、人口稀少、草高、草

NDVI 数据是从 MODIS 网站中获取的 MOD13Q1 产品数据,蒙古国三个苏木的气象数据是由内蒙古师范大学遥感与地理信息重点实验室提供的,内蒙古东乌珠穆沁旗的气象数据是从中国气象数据共享服务网站上免费下载的。

2.3. 研究方法

利用 MRT (Modis Reprojection Tool) 工具,对近 15 年的 MCD45A 火烧迹地数据及 MOD13Q1 数据进行投影转换、拼接等预处理。再利用研究区的矢量裁剪出整个研究区的过火面积、过火频次以及 NDVI 值。通过传统的统计方法统计出火烧迹地面积、火烧发生频率以及各气象数据,再利用地理信息空间分析方法分析研究区的火烧迹地时空分布特征、火灾发生次数和过火面积的年际变化与研究区的植被覆盖、降水量、气温等自然因素之间的相关关系。

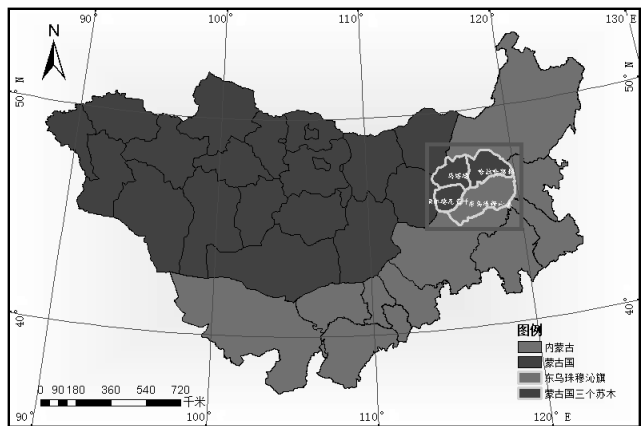


图 1. 研究区地理位置图

厚,地面单位面积可燃物量多,尤其春秋两季干旱、多风、日照强^[6]等气候自然条件为草原火灾频繁发生具备了客观条件。成为蒙古高原草原火灾情况最为严重的地区之一。

2.2. 数据来源

所利用的MCD45A数据是空间分辨率为500m的旬产品数据,是MODIS陆地产品5系列中的一款,中分辨率成像光谱仪(MODIS传感器)的火烧迹地面积产品。从USGS的LPDAAC(Land processes distributed active archive center)中可免费下载^[7-8]。对于大多数用户来说与其有关的数据是火烧迹地的位置和燃烧的日期。

3. 结果与分析

3.1. 中蒙边境地区过火迹地的空间分布

图 2 是中蒙边境地区 2000—2014 年间过火迹地的空间分布特征,从图中可以看出过火迹地主要分布在蒙古国境内。然而近 15 年来,整个研究区总过火迹地面积为 $7.99 \times 10^3 \text{ km}^2$,其中东乌珠穆沁旗的过火迹地为 408.742 km^2 ,蒙古国境内的过火迹地面积 $7.68 \times 10^3 \text{ km}^2$,占总过火面积的 95%。并且过火频次最高的地区,主要分布在蒙古国境内的哈拉哈郭勒、马塔德与哈拉哈郭勒的边境上,过火频次达到 15 年内同一个像元上发生 7 次,但分布面积较小;过火频次最低的地区则散布在整个研究区中,虽然这是过火

迹地分布面积最广的频次,但也可直接看出我国境内的过火面积是最小的,其频次为1~2次。

东乌珠穆沁旗的过火迹地频繁出现在与蒙古国交界的北部地区,是沿着两国边境线蔓延着。这可能是由蒙古国越境火灾引起的东乌珠穆沁旗北方出现过火迹地,说明蒙古国越境火灾的风险比较大。

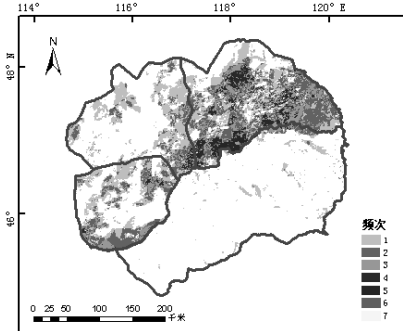


图2. 2000—2014年研究区过火迹地空间分布

3.2. 中蒙边境地区过火迹地的时间分布

图3表示2000—2014年中蒙边境地区过火迹地面积的年际变化,根据图3可看出近15年内,研究区过火迹地面积存在明显的年际变化差异。图中2000、2003、2004、2011、2012、及2014年的过火迹地面积都相当高,面积分别为1025.4km²、1017.24km²、950.36 km²、866.9 km²、1123.9 km²及1112.1 km²。而2002年与2008年的过火面积小,分别为15.8 km²、17.5 km²。对上数据的分析来看,中蒙边境地区的过火迹地面积的年际变化看似随机性,但大体呈现出2000—2008年减少趋势,2008—2014

年增加趋势的规律性。中国境内与蒙古国境内的过火迹地面积差异大。并且每年的蒙古国境内的过火迹地面积占研究区总过火迹地面积的90%以上,甚至是有些年达到了99%。因此,蒙古国境内的火烧对于整个研究区火烧起着决定性的作用。由每个区域的过火面积年际变化趋势可看出研究区内的蒙古国境内的过火迹地面积越大的年份中国境内的过火面积也相比其余年的要大,所以更能进一步说明蒙古国越境火灾的可能。

3.3. 中蒙边境地区草原火影响因子分析

3.3.1. 植被覆盖

可燃物存量是影响草原火灾发生与发展的首要因子^[9]。图4是研究区的NDVI分布图,从过火迹地的空间布图与NDVI的空间分布图对比来看,蒙古国哈拉哈郭勒的NDVI相对与其他两个苏木的NDVI要高,说明哈拉哈郭勒苏木的植被覆盖度大,并且从过火分布图来看,哈拉哈郭勒的过火面积是最大的,并且分布着高频次的过火迹地。除东乌珠穆沁旗东北部以及与其连接的蒙古国哈拉哈郭勒西南部地区由于树林较多而引起的NDVI较大地区的过火频次较低以外,其余的为NDVI分布与过火迹地分布以及频次成正比。这表明,植被覆盖度越高,火烧几率越高,过火频次也越高。从图中可以知道东乌珠穆沁旗的NDVI也很高,但是过火面积很小,这正是进一步证明了境外火造成的东乌珠穆沁旗的草原火。

3.3.2. 气候特征

图5(A)是蒙古国额尔德尼查干苏木的近15年的过火面积、降水量及气温的年际变化趋势对比图,图中显示2002年的降水量为最高,年降水量达

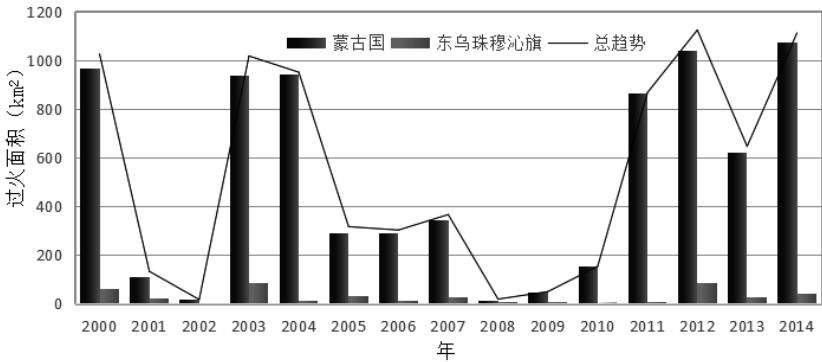


图3. 2000—2014年中蒙边境地区过火迹地面积的年际变化趋势

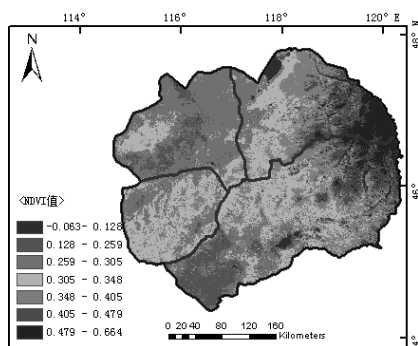


图 4. 2000-2014 年中蒙边境地区年均 NDVI 值空间分布

到 337mm, 而过火面积则较小, 为 152.99km²; 而 2004 年的过火面积达 2525.856km², 是过火面积最高的一年, 但降水量则不是很高, 达到 242.200mm; 2008 年与 2012 年的降水量较高, 分别为 275km² 和 344.5km², 但过火面积则小, 分别为 10.25km² 和 55.3km²。图 5 (B) 是蒙古国马塔德过火面积、降水量及气温的年际变化趋势对比图, 2002 年的降水量与 2002 年的过火面积成反比, 气温是高峰值, 而过火面积是低谷值; 气温的波动曲线与过火面积的波动曲线呈相似性。图 5 (C) 是蒙古国哈拉哈郭勒的过火面积、降水量及气温的年际变化趋势对比图, 从曲线图中可以看出, 此图并不与前两图的规律一致, 而是过火面积与降水量的曲线相似, 却与气温的曲线呈反比, 但此种现象的出现与哈拉哈郭勒苏木的 NDVI 与其他蒙古国的两个苏木相对要高, 因此主要受植被覆盖的影响较多引起的。图 5 (D) 是内蒙古东乌珠穆沁旗的过火面积、降水量及气温的年际变化趋势对比图, 可知过火曲线与降水曲线成反比, 但气温与过

火面积的曲线大体上相似, 呈正比。

4. 结论

采用 GIS 空间分析方法对中蒙边境地区 2000-2014 共 15a 的 MCD45A 火烧迹地产品进行分析研究。通过分析获得中蒙边境地区草原火的空间分布、发生频率、发生次数和过火面积的年际和年内变化及草原火在中蒙两国境内的差异等特征。研究结果表明:

1) 中蒙边境地区草原火空间分布具有明显的规律性, 无论是过火迹地的分布或频次, 都主要集中分布在研究区中的蒙古国境内, 特别是分布在蒙古国的哈拉哈郭勒苏木。次之为马塔德以及额尔德尼查干苏木。并且每个像元上的过火频次较高, 最高在蒙古国的哈拉哈郭勒苏木境内, 过火频次达到 15a 内同一个像元上发生 7 次。而中国的东乌珠穆沁旗境内却没有该现象。

2) 从过火迹地的年际变化看出, 2000-2014 年间整个研究区呈现出 2000—2008 年减少趋势, 而 2008-2014 年具有增加趋势。两个不同境内的区域对比分析结果表明, 蒙古国的过火迹地面积远大于东乌珠穆沁旗, 研究区总过火面积的 95% 分布在蒙古国境内, 是决定研究区过火面积的最主要部分。

3) 从分析草原火影响因子来看, NDVI 高的区域过火面积和过火频次高, NDVI 较低的区域则相反; 火烧迹地面积的年际变化与降水量年际变化呈反比, 与气温呈正比。

5. 讨论

本文从中蒙边境地区选取典型区, 分析了中蒙边境地区近 15 年草原火时空变化及其植被、气温、降水的影响。MCD45A 数据提供给用户各种质量评估信息和

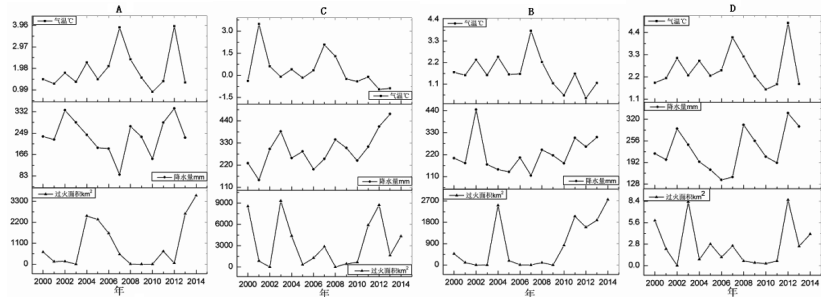


图 5. 2000-2014 年过火面积、降水量及气温的年际变化趋势对比

每个像素的质量评估得分,能够预计研究区内总过火面积。对于大多数用户来说与其有关的数据是火烧迹地的位置和燃烧的日期。因此,利用该数据进行草原火时空分布的研究是对火烧的位置和火烧的时间上的准确率是高的。本论文所分析的影响因子植被覆盖、降水量与气温对草原火的影响结果与雒瑞森(2013)的,曲绍鹏(2010)等的研究结果一致。植被状况是影响草原火空间分布的主要特征因素,而气候因子(尤其是降水)对草原火的时间动态具有重要影响^[10]。从研究区过火区的空间分布以及 Chuvieco 等在火行为的影响因子分析中,将全球火区组与人文因子之间建立关系。他们发现单位面积 GDP 较低的区域与高的火密度的年间变异有关。经济情况越好的区域,火密度的年间变异越小且持续更长^[11]。因此看来,影响草原火的影响因素更为多样,除自然影响因素外,人文因素也是不容忽视的。本论文只选取自然因素的影响分析,缺少人文因素的分析,因而在研究草原火影响因子中分析人文因素的影响也是今后研究的重点之一。火行为作为草原生态系统的自我调节措施,对草原生态系统的平衡和稳定起着重要作用^[10]。因此,调整火灾管理政策,维持草原生态系统的可持续发展是很重要的。

Acknowledgements

This study was supported by National Natural Science Foundation of China (No.61550005) and National Natural Science Foundation of China (No.41561099) and Natural Science Foundation of Inner Mongolia (No.2015BS0505).

致谢

本研究得到了资助项目:国家自然科学基金(61550005)和国家自然科学基金(41561099)和内蒙古自然科学基金(2015BS0505)的支撑。

参考文献

[1] 雒瑞森.全球火格局的时空变异及其机理分析.杭

州:浙江大学,2013

- [2] 张正祥,张洪岩,李冬雪,等.呼伦贝尔草原人为火空间分布格局.生态学 2013,33(7):2023~2031
- [3] 陈世荣.草原火灾遥感监测与预警方法研究.北京:中国科学院遥感应用研究所,2006
- [4] W.J. Bond, J.E. Keeley. Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trend in Ecology & Evolution*. 2005, 20: 387~94
- [5] 宝音.蒙古学百科全书(地理).呼和浩特:内蒙古人民出版社,2011:180~376
- [6] 乌云德吉,包玉海,包玉龙,等.东乌珠穆沁草原火源指数遥感分析,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] 张海军,齐曙光.基于 MODIS 数据的 2002-2012 年河南省火灾时空特征分析.河北师范大学学报,2015,39(4),352~358
- [8] Boschetti L, Roy D P, Justice C O, et al. Global assessment of the temporal reporting accuracy and precision of the MODIS burned area product[J]. *International Journal of Wildland Fire*, 2010, 19(6): 705~709.
- [9] Y. Zhuo, G.X. Liu, F.M. Yu. The combustible materials remote sensing ration calculation and fire risk dynamic. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2011, 1(1):65-74
- [10] 曲绍鹏,郑淑霞,白永飞,等.蒙古高原草原火行为的时空格局与影响因子.应用生态学报, 2010,21(4):807-813
- [11] E. Chuvieco, L. Ciglio, C. Justice. Global characterization of fire activity: toward defining fire regimes from Earth observation data. *Global Change Biology*, 2008,14:1488~502