

Drought Temporal Variation Characteristics Analysis based on the PDSI Data in Mongolian Plateau

Narisu¹, Yuhai Bao^{1,2*}, Yushan¹, Yulong Bao¹

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

²Inner Mongolia Normal University, Key Laboratory of Remote Sensing and Geographic Information, Hohhot 010022, China

基于 PDSI 数据的蒙古高原干旱时空变化特征分析

那日苏¹, 包玉海^{1,2*}, 玉山¹, 包玉龙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

Abstract

According to Mongolian Plateau more droughts, serious hazards, selected 1980-2013 Mongolian Plateau 101 meteorological stations of month precipitation, annual temperature meteorological data, based on the Palmer Drought Severity Index (PDSI) on the spatial and temporal variation characteristics of drought were analyzed. Results show that: drought of Mongolian Plateau has weak mitigated the trend; light drought, Moderate drought frequency is higher It is mainly distributed in the central region of the Mongolian Plateau, severe drought, extreme drought frequency is lower, It is mainly distributed in Inner Mongolia of northeast and Mongolia of northwest. The drought cycle have three times of strong cyclical swings more than 20a, while the scale, under in less than 10a drought cyclical change more frequently appear many times how many alternate precipitation process.

Keywords: Mongolian Plateau; Palmer Drought Severity Index (PDSI); wavelet analysis; spatial and temporal variation

摘要

针对蒙古高原干旱较多、危害严重的情况,选取 1980—2013 年的蒙古高原地区 101 个气象台站的月降水量、年气温等气象资料,基于帕默尔干旱指数(PDSI)对干旱时空变化特征进行分析。结果表明:蒙古高原旱情有微弱缓解的趋势;轻旱、中旱的频率较高主要分布在蒙古高原中部地区,重旱、特旱频率较低主要分布在内蒙古东北部、蒙古国西北部。干旱周期在 20a 以上有三次较强的周期震荡,而在小于 10a 以下的尺度下,干旱周期性变化比较频繁多次出现降水多少次交替的过程。

关键词: 蒙古高原;帕默尔干旱指数(PDSI); Morlet 小波分析; 时空变化

1. 引言

从 20 世纪 80 年代开始,全球变暖问题就在国际上引起了广泛地关注,国内外大批专家学者投入到这一领域的研究中,因此,干旱半干旱区作为陆地的特殊组成部分,其生态环境脆弱,对人类活动和全球气候变化的响应十分敏感,所以对于干旱半干旱区域的研究已经成为全球研究领域的热点问题之一。在全球气候变暖背景下,对干旱半干旱区气候变化的特点和规律研究,有利于更好地了解干旱半干旱区域未来的变化,同时也为全球及区域可持续发展战略的选择和制定提供一定的科学理论依据。近年来国内外学者对干旱研究方面做了大

*通讯作者:包玉海, baoyuhai@imnu.edu.cn。

量工作。张永等利用帕尔默干旱指数(PDSI)全球数据库,提取覆盖中国西北地区的56个PDSI栅格点数据,对1953-2003年间各个季节均值和年均值进行旋转经验正交函数(EOF)分析,研究表明西北部、西部存在完全相反的干湿变化:西北部主要受西风带影响,自20世纪80年代开始有逐渐变湿的趋势;西北部主要受亚洲季风的影响,有逐渐变干的倾向,特别是夏秋季,西北地区东南部变干的趋势更加明显。西北地区受西风带、亚洲季风以及青藏高原的影响明显,在全球变暖的情景下,不同区域的干湿状况的响应存在较大的差异^[1]。

蒙古高原是一个相对封闭的干旱、半干旱内陆高原,生态环境比较脆弱,干旱灾害频繁发生。20世纪90年代与60年代相比蒙古高原温度上升速率远高于世界平均0.6℃的水平。全球变暖会导致地表蒸发的增加,从而引发干旱化的发展和加剧。其生态系统状态及其变化对于中国华北乃至整个东北亚地区的环境有着重要影响;因此,蒙古高原作为相对独立的一级地理和生态单元,对其开展干旱化趋势的特征和规律,对于该地区的生产、生活、生态

环境以及科学研究都具有重要的意义。在行政区划上,蒙古高原由我国内蒙古自治区和蒙古国全境组成,面积为 $2.72 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。

PDSI对干旱事件的反映更为敏感而且具有持续性,由于PDSI是一个考虑了降水、蒸发(气温)等综合指数,它不只考虑了降水的变化,并考虑了气候变化过程对干旱的影响,所以对干旱事件的反映更为精确、更为客观。

2. 数据来源和研究方法

2.1 数据来源

选取蒙古高原101个气象站点(见图1)1980-2013年逐月平均降水、气温等气象资料作为基础资料。对于时间序列分析,采用蒙古高原101个台站的平均值代蒙古高原地区。

2.2 研究方法

2.2.1 帕默尔干旱指数的计算

20世纪70年代中期帕默尔旱度模式首次被引入中国,近年来在气象、农业、水文的干旱监测、旱情比较、旱情时空分布特征分析、

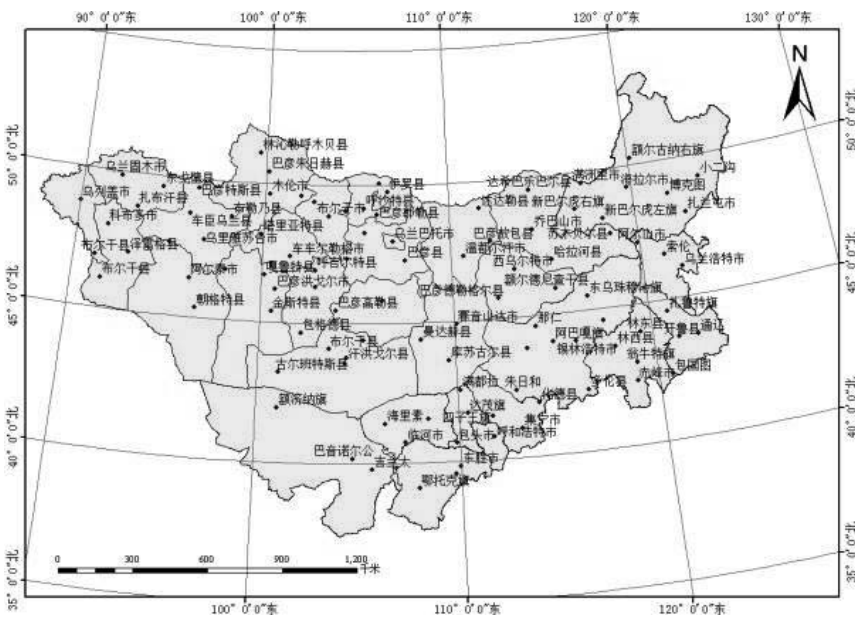


图1. 气象站点分布图

气候评价、干旱面积评估等许多方面得到了广泛应用。帕默尔认为干旱的形成和发展是水分亏缺缓慢累积的过程,干旱强度应是水分亏缺量及其持续时间的函数。在判断某地某时期的水分是否亏缺时,不应只考虑该时期降水量和多年同期平均降水量,还应考虑该时期和此时期之前该地区的蒸发量(气温),帕默尔提出了用来表征某一段时间内某地区实际水分持续少于当地气候适宜水分的亏缺程度的帕默尔干旱指数(Palmer Drought Severity Index, PDSI)。PDSI 考虑了降水、蒸发量(气温)、等因素,不采用简单的时段平均,而是引入了气候适宜水分的概念,因此它的计算结果与实际吻合程度较高。PDSI 考虑了前期降水量和水分供需,物理意义明晰,其值一般在-6(干)和+6(湿)之间变化^[2]。

2.2.2 Morlet 小波分析

小波分析广泛应用于量子场论、图像处理与分析、信号处理等领域。本文应用, Morlet 小波分析了蒙古高原干旱指数PDSI时间序列演变的多时空尺度特征^[3]。

2.2.3 Kriging 插值

Kriging (克里金) 插值法是目前应用最广的一种插值方法,最优、线性的空间内插方法。本文应用ARCGIS软件中的Kriging 插值法对蒙古高原干旱指数PDSI进行空间特征进行分析。

3. 结果与分析

3.1 空间特征变化分析

3.1.1 干旱强度

对蒙古高原 101 个气象站点的 PDSI 多年平均值在 ARCGIS 软件空间分析功能的克里金插值法插值得出干旱强度空间分布图(图 2)和时间分布图(图 3)。

分析蒙古高原 1980—2013 年多年 PDSI 平均值(见图 2)在研究区内,蒙古高原 PDSI 的空间分布为东部与西部 PDSI 值略高,干旱较轻,中部地区 PDSI 值略低于干旱较高。时间

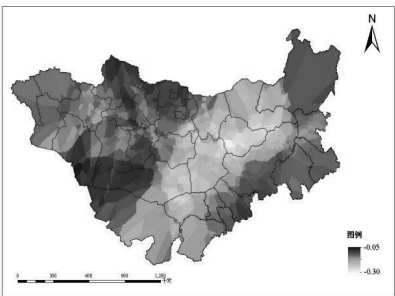


图 2. 干旱强度空间分布图

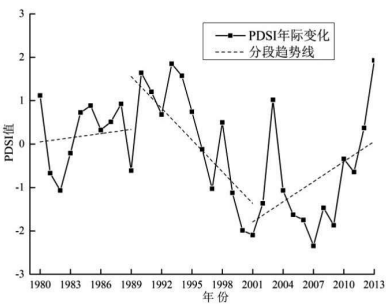


图 3. 干旱强度时间分布图

分布上(见图 3) 1980—1989 年 PDSI 有上升的趋势, 1990—2001 年 PDSI 有下降的趋势, 2001—2013 年 PDSI 有上升的趋势。1982 年多年平均 PDSI 小于-1 为干旱, 1999—2009 年除了 2003 年都是严重干旱, 其它年份干旱较轻或无旱, 2010—2013 年 PDSI 上升, 干旱有缓解的趋势。

3.1.2 干旱频率

首先按照 PDSI 干旱等级对计算出来的 PDSI 指数进行分级(表 1), 然后 统计各站点轻旱、中旱、重旱、特旱次数, 最后应用 ARCGIS 软件中的空间分析功能中的克里金插值法, 对蒙古高原 101 个气象站点 PDSI 值进行插值, 最终得出蒙古高原干旱频率分布图。

如图 4 所示, 就蒙古高原地区整体而言, 发生轻旱的频率相对较高, 处于 3.8—6.2 次/34a, 并且整个蒙古高原发生轻旱的频率差距不是很大。其中, 主要是蒙古高原西南地区: 东戈壁省、南戈壁省、巴彦弘格尔省、阿拉善盟发生轻旱的频率占各地发生轻旱频率的比

表 1. 干旱等级的 PDSI 指数

等级	类型	PDSI (x)
1	无旱	$-1.0 < x$
2	轻旱	$-2.0 < x \leq -1.0$
3	中旱	$-3.0 < x \leq -2.0$
4	重旱	$-4.0 < x \leq -3.0$
5	特旱	$-4.0 \leq x$

重大, 达到 5.0 -5.4 次/34a, 东方省发生轻旱的频率最大达到 5.8-6.2 次/34a。其它地方发生轻旱的频率较小。

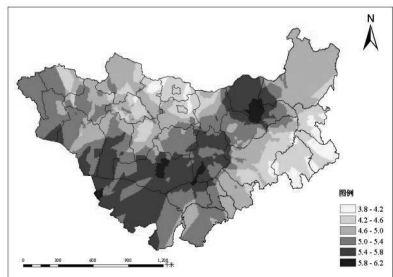


图 4. 蒙古高原轻旱频率分布图

如图 5 所示, 就蒙古高原地区整体而言, 发生中旱的频率亦相对较高, 处于 2.4- 6.0 次/10a, 并且整个蒙古高原发生中旱的频率差距较大, 俩边轻中间重的趋势。中旱高频区集中在阿拉善盟、鄂尔多斯市、巴彦诺尔市、南戈壁省, 重旱频率达到 4.8-6.0 次/34a。其次,

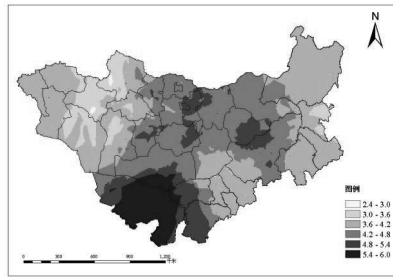


图 5. 蒙古高原中旱频率分布图

苏赫巴特尔省、锡林郭勒盟北部地区、肯特省、中央省、中戈壁省、乌布尔杭盖省 4.2-4.8 次/34a。其它地方发生中旱的频率较小。

如图 6 所示就蒙古高原地区整体而言发生重旱的频率相对较小。主要集中在内蒙古:

兴安盟、通辽市、锡林郭勒盟东部, 蒙古国: 敖布苏省、扎布汗省、库布苏格省东部地区特旱频率达到 3.2-4.2 次/34a, 其它地方发生重旱的频率较小。

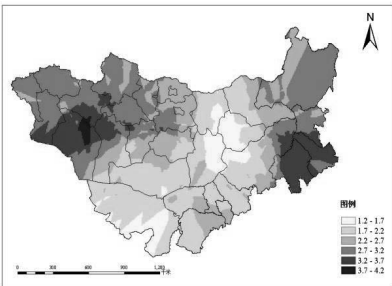


图 6. 蒙古高原重旱频率分布图

如图 7 所示就蒙古高原地区整体而言发生特旱的频率相对较小。主要集中在内蒙古: 通辽市、赤峰市、锡林郭勒盟东北部、兴安盟南部, 蒙古国: 科布多省南部、戈壁阿拉泰省、扎布汗省、巴彦弘格尔省地区干旱频率达到 1.6-2.4 次/34a, 其它地方发生特旱的频率较小。

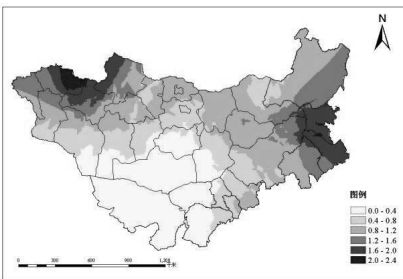


图 7. 蒙古高原特旱频率分布图

3.2 时间特征变化分析

图 8 表征了蒙古高原近 34a 来的 PDSI 指数、降水量变化过程周期性特征图, 其等值线表示 PDSI 指数、降水量时间序列小波变化后的时间频率分布图, 反映了 PDSI 指数、降水量的高低和小波系数在不同尺度正负相间的周期性震荡中心变化(实线表示小波系数为正, 虚线表示小波系数为负值)。可以看出, 对蒙古高原地区, 大于 20a 的周期尺度上出现

3 次降水量多少次交替变换: 80 年代为少雨时段、90 年代为雨水充沛时段、进入 21 世纪降水明显下降进入少雨时段。而在小于 10a 以下的尺度下, 干旱周期比较频繁多次出现降水多少交替的过程。其中大于 20a 的周期震荡最强, 为主要的震荡周期。PDSI 指数的震荡周期与降水基本一致, 也都表现出 20 以上的震荡时间尺度为主要的震荡周期, 只是在震荡时间上略有差异。从小波系数虚线 21 世纪时段可以看出未来几年蒙古高原仍将处于干旱化趋势的阶段^[3]。

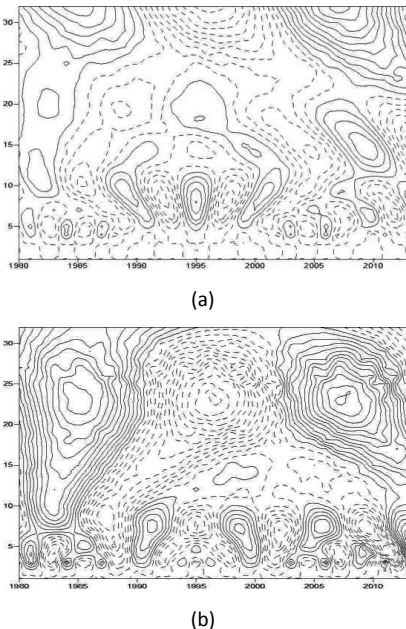


图 8. 蒙古高原 PDSI 指数 (a)、降水量 (b) 小波系数图

4. 结论

选取蒙古高原地区的 101 个气象台站 1980—2013 年的降水量、气温等资料, 基于帕默尔干旱指数 (PDSI) 旱时空变化特征进行分析。结果表明: 蒙古高原旱情有微弱缓解的趋势; 1999-2009 年干旱状况明显加重, 其他年份干旱较轻, 2010-2013 年干旱状况有所缓解的趋势; 整体旱情呈现“两头轻、中间重”的特点; 轻旱发生频次为 3.8-6.2 次/34a, 发生频次较高的地区位于蒙古高原西南地区;

中旱发生频次为 2.4-6.0 次/34a, 发生频次较高的地区主要是阿拉善及周边地区。重旱、特旱发生频次较低, 主要是兴安盟、通辽市、赤峰市及蒙古国西北部地区。干旱主要受气温降水量的影响较大。干旱周期在 20a 以上有三次较强的周期震荡, 而在小于 10a 以下的尺度下, 干旱周期性变化比较频繁多次出现降水多少交替的过程。

Acknowledgements

This study was supported by National “Twelfth Five-Year” Plan Project for Science and Technology Support (No.2013BAK05B01) and Plan Project for Science and Technology of Inner Mongolia (No. 20130430)。

致谢

本研究得到了资助项目: “十二五”科技支撑计划项目资助 (2013BAK05B01) 和内蒙古科技计划项目 (编号: 20130430)。

参考文献

[1] 张永. 中国西北地区季节间干湿变化的时空分布—基于 PDSI 数据. 地理学报. 第 62 卷第 11 期. 2007 年 11 月

[2] 余胜宾. 基于修订的自适应 Palmer 指数的中国干旱变化规律的研究. 硕士学位论文

[3] 玉山. 基于相对湿度指数的近 1980-2010 年锡林郭勒盟 5-9 月干旱趋势分析.

[4] 刘冰. 山东省气象干旱特征研究. 硕士学位论文

[5] 唐红玉. PDSI 和 Z 指数在西北干旱监测应用中差异性分析. 干旱地区农业研究. 第 27 卷第 5 期. 2009 年 9 月

[6] 杨小利. PDSI 在甘肃中东部地区的修正和应用. 地球科学进展. 第 20 卷第 9 期. 2005 年 9 月

[7] 陈才. 北方半干旱区的 PDSI 和 SPI 比较研究. 安徽农业科学.

[8] 陈峰. 腾格里沙漠南缘近 315 年 5 ~ 6 月 PDSI 指数变化. 地理科学. 第 31 卷第 4 期. 2011 年 04 月

[9] 黄晚华. 气候变化背景下中国南方地区

- 季节性干旱特征与适应. III. 基于降水量距平百分率的南方地区季节性干旱时空特征. 应用生态学报. 第24 卷第2 期. 2013 年2 月
- [10] 王东. 基于SPEI的西南地区近53 a 干旱时空特征分析. 自然资源学报. 第29 卷第6 期. 2014年6 月
- [11] 谭学志. 基于SPI 的陕西关中地区气象干旱时空特征分析. 干旱地区农业研究. 第29 卷第2 期. 2011 年3 月
- [12] 谢五三. 安徽省近50年干旱时空特征分析. 灾害学. 第26卷第1 期. 2011年1 月
- [13] 罗艳青. 华东地区干旱灾害时空演化特征研究. 干旱区资源与环境. 第27 卷第10 期. 2013 年10 月
- [14] 闫 峰. 近50 年河北省干旱时空分布特征. 地理研究. 第29 卷 第3期. 2010 年3月
- [15] 王明田. 基于相对湿度指数的四川省季节性干旱时空分布特征. 西南农业学报. 2014 年27 卷4 期
- [16] Y. Zhuo, G.X. Liu, F.M. Yu. The combustible materials remote sensing ration calculation and fire risk dynamic monitor in the seasons of withered grass in Xilingoule Grassland. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2011, 1(1): 65-74.