

恩施州近50年洪涝与降水时空特征分析

蒲玉立, 席武俊*

楚雄师范学院资源环境与化学学院, 云南 楚雄

收稿日期: 2022年4月21日; 录用日期: 2022年5月23日; 发布日期: 2022年5月31日

摘要

本文采用1970~2020年恩施州8个气象站的降水资料, 计算恩施州近五十年的年均降水量的Z指数, 判断旱涝等级, 并利用平均值法及平均中心对恩施州的洪涝与降水情况进行了时空分析, 得到以下研究结果: 时间分布上, 恩施州在近五十年内出现19次偏涝, 35次大涝, 33次重涝, 共出现了87次洪涝, 洪涝主要集中分布在1979~1983年、1996~1998年、2007~2008年、2016~2020年, 洪涝类型以重涝和大涝为主; 空间分布上, 从降水平均值观察, 整体降水量多, 地区分布存在细小差别, 时空分布不均匀, 总体呈现南多北少, 尤其东南居多、东北和西北较少的特征; 从平均中心观察, 1970~2020年演变路径无大致规律可循, 平均中心演变位置比较分散, 但集中在宣恩县, 近50年整体平均中心位置主要在宣恩县。

关键词

恩施州, 洪涝灾害, Z指数, 平均中心, 时空分布特征

Analysis of Temporal and Spatial Characteristics of Floods and Precipitation in Enshi Prefecture in Recent 50 Years

Yuli Pu, Wujun Xi*

College of Resources, Environment and Chemistry, Chuxiong Normal University, Chuxiong Yunnan

Received: Apr. 21st, 2022; accepted: May 23rd, 2022; published: May 31st, 2022

Abstract

Based on the precipitation data of 8 meteorological stations in Enshi Prefecture from 1970 to 2020, this paper calculates the Z index of the average annual precipitation in Enshi Prefecture in recent

*通讯作者。

50 years, judges the level of drought and flood, and makes a temporal and spatial analysis of the flood and precipitation in Enshi Prefecture by using the average method and the average center, the following research results are obtained: in terms of time distribution, there have been 19 partial floods, 35 large floods and 33 heavy floods in Enshi Prefecture in recent 50 years, with a total of 87 floods. The floods are mainly concentrated in 1979~1983, 1996~1998, 2007~2008 and 2016~2020, and the types of floods are mainly large floods and heavy floods; In terms of spatial distribution, from the observation of the average value of precipitation, the overall precipitation is large, there are small differences in regional distribution, and the temporal and spatial distribution is uneven. On the whole, it shows the characteristics of more in the South and less in the north, especially more in the southeast and less in the northeast and northwest; from the observation of the average center, there is no general law to follow in the evolution path from 1970 to 2020. The evolution position of the average center is relatively scattered, but concentrated in Xuanen county. The overall average center position in recent 50 years is mainly in Xuanen county.

Keywords

Enshi Prefecture, Flood Disaster, Z Index, Mean Center, Temporal and Spatial Distribution Characteristics

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

在全球气候变暖和城镇化快速发展的背景下, 极端恶劣气候水文事件频发、影响范围以及影响程度逐步增大, 洪涝的经济财产损失明显呈上升趋势, 已成为影响国家、地区中长期发展的重大风险之一。近几年, 极端气候事件增多, 对人类社会、经济和生活造成了巨大的影响和严重的损失, 将抑制整个经济和社会的持续发展, 地区暴雨洪涝防治面临着巨大的压力与挑战, 降水与洪涝研究成为社会热点。Fitz Gerald Gerry [1]、Joel Nobert [2]、Rudolf Brázdil [3]; Chunxiang Cao [4]、Falguni Mukherjee [5]等使用区域指数洪水法、GIS、RS 等方法对洪灾进行了研究。王跃民[6]、刘爱华[7]、鞠笑生[8]、陆桂荣[9]、刘志雄[10]、张娜[11]、彭高辉[12]等运用 Z 指数对不同研究区旱涝等级进行了分析, 展现了 Z 指数对洪涝研究的良好适应性。

恩施州地处湖北西南, 降雨量的不均影响, 旱涝情况常存, 且针对恩施地区洪涝的研究文献较少, 因此本文在研究恩施州各地区降水特征的基础上, 利用 Z 指标旱涝指数、平均值法及平均中心法对恩施州近五十年 1970~2020 年降水状况进行计算分析, 归纳洪涝与降水的时空特征, 为预防洪涝灾害的发生提供理论基础。

2. 恩施州概况、数据来源与研究方法

2.1. 恩施州概况

恩施州地处湖北省的最西南端, 地处东经 109°4'48"~109°58'42", 北纬 29°50'24"~30°40'00"之间, 为云贵高原的东延部分, 全境大部分为山区, 平均海拔在 1000 米以上。气候恩施州类型为中亚热带季风型高山湿润性气候。因北部大巴山与巫山的天然屏障作用, 大大减弱了南下冷空气势力, 随着地形的垂直变化气候随之变化, 影响光、热、水的再分配, 降水一般是雨热同期, 夏多冬少。全市年平均气温 16℃左右, 相对湿度 82%。年降雨量在 1400~1500 毫米之间, 其中六成以上集中于五至八月, 日降雨量极值达

227.5 毫米,七月中旬至八月上旬常出现伏旱或梅雨现象。全州流域面积大于 100 平方公里的河流 45 条,水资源总量为 299.8 亿立方米,平均年径流量为 233.63 亿立方米。

2.2. 数据来源

本文所使用的恩施土家族苗族自治州的降水数据,来源于国家气象科学数据中心(<http://data.cma.cn/>),从中获取湖北省恩施州近五十年 1970~2020 年的降水量数据。其中包含了恩施、利川、宣恩、巴东、建始、鹤峰、来凤、咸丰 8 个气象站点。

2.3. 研究方法

2.3.1. Z 指数法

Z 指数是测量单站旱涝状况的方法[12]。本文主要是通过恩施州 1970~2020 年各站降水并进行相应计算得到。首先对降水进行归一化处理,通过换算计算得到降水的概率密度。具体见公式(1) [13]:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} \times \varnothing_i + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \quad (1)$$

式中, Z_i 是旱涝指数, C_s 表示偏态系数, \varnothing_i 表示标准变量,这 2 个数值均由降水资料序列而得, σ 为降水序列标准差, X 为某一时间尺度的降水量(mm), n 是样本数, \bar{x} 为 n 年的某一时间尺度的平均降水量(mm)。见公式(2)~(5) [13]:

$$C_s = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \right]}{n\sigma^3} \quad (2)$$

$$\varnothing_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{\sigma} \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

参考鞠笑生[8]等的研究,根据计算出来的 Z 指数,确定出单站的旱涝等级。具体的各级旱涝相应的 Z 指数范围,见表 1。

Table 1. Drought and flood level

表 1. 旱涝等级

等级	Z 指数	旱涝等级
1	$Z > 1.645$	重涝
2	$1.037 < Z \leq 1.645$	大涝
3	$0.842 < Z \leq 1.037$	偏涝
4	$-0.842 \leq Z \leq 0.842$	正常
5	$-1.037 < Z \leq -0.842$	偏旱
6	$-1.645 < Z \leq -1.037$	大旱
7	$Z \leq -1.645$	重旱

2.3.2. 平均值法

平均值[14]是指在一组数据中所有数据之和再除以这组数据的个数。它是反映数据集中趋势的一项指标。在统计工作中, 平均值是描述数据资料集中趋势重要的测度值, 此方法直观、简明, 见公式[14] (6)。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad [14] (6)$$

2.3.3. 平均中心法

平均中心法[15]是基于 ArcGIS 中的平均中心工具, 作出地区某要素的平均中心演变路径, 观察要素变化趋势。见公式[15] (7)。

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad [15] (7)$$

式中的 X_i 和 Y_i 是要素 i 在某年的坐标[15]。

3. 恩施州洪涝与降水的时空分布分析

3.1. 恩施州洪涝与降水的时间分布特征

恩施各站点洪涝的年分布特征

本文根据恩施州的 8 个站点 1970 年~2020 年各站降水资料, 对 Z 指数进行处理, 得到恩施州八个气象站近五十年的 Z 指数数值及 Z 指数曲线图, 如表 2 和图 1。然后进行了 Z 指数的处理, 并且将得到的数据进行分析归纳, 得到旱涝分级结果, 以年为单位进行统计汇总, 结果如表 3 所示。

Table 2. Z index values of eight weather stations in Enshi Prefecture

表 2. 恩施州八个气象站 Z 指数数值

年份	恩施 Z 值	利川 Z 值	宣恩 Z 值	巴东 Z 值	建始 Z 值	鹤峰 Z 值	来凤 Z 值	咸丰 Z 值
1970	0.145	-0.174	0.308	-1.048	-0.109	1.138	0.378	0.189
1971	0.292	-0.025	0.616	1.276	-0.020	0.005	0.016	0.460
1972	-0.454	-0.960	-0.875	-0.898	-0.703	-0.994	0.274	-0.454
1973	0.279	0.589	0.967	1.180	0.302	0.733	0.817	0.766
1974	-0.482	0.168	-0.758	-0.236	0.586	-0.766	-0.451	-0.941
1975	1.114	1.100	1.002	0.128	0.382	-0.523	0.117	1.182
1976	-1.220	-1.881	-0.139	-1.616	-1.077	-1.163	-0.417	-0.597
1977	0.045	0.147	0.571	-0.378	0.284	0.487	0.993	0.364
1978	-0.649	-0.894	-0.009	-1.230	-0.703	-1.808	-0.625	-0.674
1979	0.397	0.906	-0.288	1.017	0.249	-1.070	-1.171	-0.605
1980	1.373	1.110	1.656	1.147	1.291	3.020	1.720	2.004
1981	-0.783	-0.875	-1.409	-0.351	-0.370	-1.542	-1.436	-0.975
1982	1.467	1.945	2.292	0.802	1.666	2.945	0.615	1.663
1983	1.818	0.983	2.192	2.166	2.102	2.532	2.128	2.477
1984	0.172	0.185	-0.188	0.039	0.428	0.538	-0.622	1.060

Continued

1985	0.139	0.416	0.323	-0.337	-0.601	-1.539	-1.135	-0.545
1986	-1.080	-0.158	-0.383	-0.011	-0.834	-2.043	-0.743	-0.133
1987	0.276	-0.021	-0.071	-0.514	0.124	1.291	0.592	0.243
1988	-1.571	-0.774	-2.113	-0.880	-1.095	-5.195	-1.171	-3.141
1989	1.313	1.736	0.787	0.995	1.023	0.541	0.407	0.891
1990	-0.577	-0.827	-0.164	-1.348	-1.201	-2.344	0.462	0.250
1991	0.662	-0.312	0.763	0.448	0.500	1.887	0.628	0.475
1992	-1.744	-1.197	-2.091	-0.746	-1.020	-11.948	-1.085	-0.626
1993	1.315	1.673	0.470	-0.155	1.041	0.519	0.522	1.233
1994	-0.391	-0.035	-1.219	-0.501	-0.051	-11.573	-1.207	-1.310
1995	-0.215	-0.243	0.063	-0.807	-0.008	-0.620	0.565	0.000
1996	0.127	0.881	1.139	1.042	0.852	1.001	0.684	0.990
1997	0.247	-0.755	-0.370	-1.781	-0.507	-1.231	-1.071	-0.421
1998	1.214	1.583	1.579	1.960	1.436	2.668	1.792	1.360
1999	-0.316	-0.462	0.077	-0.247	-0.203	0.078	0.959	0.494
2000	0.680	1.015	0.058	0.182	0.598	0.168	0.215	-0.076
2001	-2.008	-1.041	-1.056	-1.269	-2.259	-12.102	-0.544	-0.745
2002	0.094	0.489	0.509	0.123	0.564	0.808	-0.017	0.243
2003	-0.633	-0.615	-0.399	0.305	-0.347	0.699	-0.143	-0.234
2004	-0.754	-0.527	0.182	-0.011	-0.325	0.446	0.577	-0.338
2005	-0.572	-0.691	-0.612	-0.158	-0.995	-2.926	-0.422	-1.029
2006	-1.845	-2.344	-1.349	-1.117	-1.118	-9.744	-1.205	-1.715
2007	1.457	1.463	0.699	1.750	0.457	1.670	0.368	0.784
2008	1.456	0.893	-0.292	0.912	1.303	1.442	-0.313	-0.729
2009	-0.785	-0.387	-1.474	-1.064	-1.254	-0.042	-1.673	-0.485
2010	-0.624	-0.801	-0.150	0.159	-0.334	0.200	0.965	0.510
2011	-0.651	-0.333	-0.088	-0.025	-0.101	-0.698	-1.882	-1.032
2012	-0.635	-0.771	-0.286	-0.899	-0.693	-0.808	-0.429	-0.198
2013	-0.578	-1.139	0.364	-0.259	-1.060	-0.894	-0.089	0.101
2014	0.128	-0.636	-0.278	0.608	0.282	-0.635	-0.473	-0.675
2015	-0.779	-0.940	-0.497	0.525	-0.314	-1.377	-0.038	-0.253
2016	1.627	1.744	0.340	0.806	1.984	2.592	0.898	0.439
2017	1.585	0.830	0.536	1.864	0.758	1.488	0.023	-0.120
2018	-0.224	-0.205	-0.261	0.057	-0.702	0.163	1.701	0.262
2019	-1.419	-1.117	-2.541	-2.318	-2.112	-13.932	-1.567	-2.036
2020	1.573	1.325	1.757	0.739	2.047	4.118	2.119	1.514

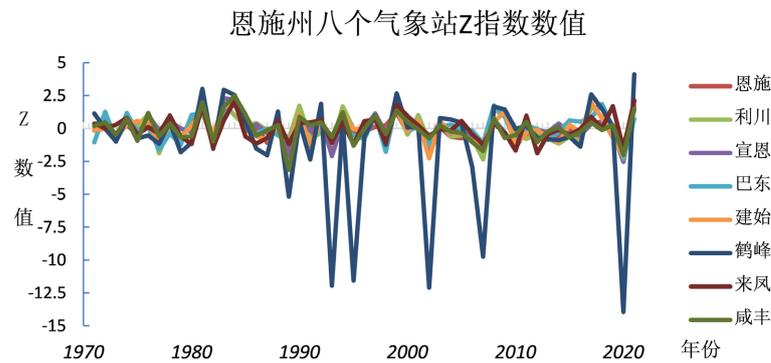


Figure 1. Z-index curve of Enshi meteorological station

图 1. 恩施州气象站 Z 指数曲线图

Table 3. Statistical table of flood years of meteorological stations from 1970 to 2020 in Enshi Prefecture

表 3. 恩施州 1970~2020 年各气象站点洪涝年份统计表

	重涝	大涝	偏涝
恩施	1983	1975, 1980, 1982, 1989, 1993, 1998, 2007, 2008, 2016, 2017, 2020	
利川	1982, 1989, 1993, 2016	1975, 1980, 1998, 2007, 2020	1979, 1983, 1996, 2000, 2008
宣恩	1980, 1982, 1983, 2020	1996, 1998	1973, 1975
巴东	1983, 1998, 2007, 2017	1971, 1973, 1980, 1996	1979, 1989, 2008
建始	1982, 1983, 2016, 2020	1980, 1993, 1998, 2008	1989, 1996
鹤峰	1980, 1982, 1983, 1991, 1998, 2007, 2016, 2020	1970, 1987, 2008, 2017	1996
来凤	1980, 1983, 1998, 2018, 2020		1977, 1999, 2010, 2016
咸丰	1980, 1982, 1983	1975, 1984, 1993, 1998, 2020	1989, 1996

从表 3 中可以统计得出, 恩施州 1970~2020 年各气象站点的洪涝类型及其出现的年份, 恩施州 1970~2020 年近 50 年内共发生 19 次偏涝, 35 次大涝, 33 次重涝。其中恩施市重涝年在(1983)大涝年(1975, 1980, 1982, 1989, 1993, 1998, 2007, 2008, 2016, 2017, 2020)期间无偏涝; 利川市重涝年在(1982, 1989, 1993, 2016)大涝年(1975, 1980, 1998, 2007, 2020)偏涝年(1979, 1983, 1996, 2000, 2008); 宣恩县重涝年在(1980, 1982, 1983, 2020)大涝年(1996, 1998)偏涝年(1973, 1975); 巴东县重涝年在(1983, 1998, 2007, 2017)大涝年(1971, 1973, 1980, 1996)偏涝年(1979, 1989, 2008); 建始县重涝年在(1982, 1983, 2016, 2020)大涝年(1980, 1993, 1998, 2008)偏涝年(1989, 1996); 鹤峰县重涝年在(1980, 1982, 1983, 1991, 1998, 2007, 2016, 2020)大涝年(1970, 1987, 2008, 2017)偏涝年(1996); 来凤县重涝年在(1980, 1983, 1998, 2018, 2020)偏涝年(1977, 1999, 2010, 2016); 咸丰重涝年在(1980, 1982, 1983)大涝年(1975, 1984, 1993, 1998, 2020)偏涝年(1989, 1996)。

综上, 恩施州在 1970~2020 年, 洪涝主要集中分布在 1979~1983 年、1996~1998 年、2007~2008 年、2016~2020 年, 洪涝类型主要以重涝和大涝为主。同时, 恩施州为典型的亚热带季风气候, 气候特征为

四季分明、雨热同季, 降水具有明显的季节性。因此洪涝与降水在时间上的特征为时间分配不均匀, 具有明显的季节性。

3.2. 恩施州降水量的时空特征分析

3.2.1. 恩施州年平均降水量分析

为了客观的描述恩施州洪涝与降水的空间分布特征, 将全州各气象站点 1970~2020 年近 50 年的年平均降水量的数据进行了平均计算, 如图 2。

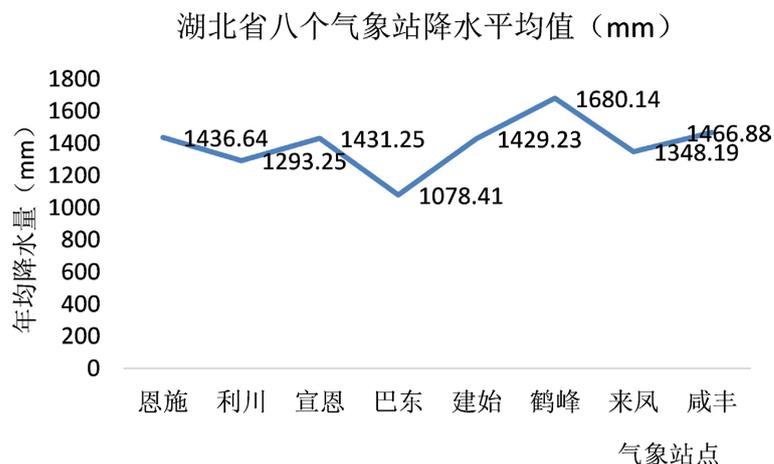


Figure 2. Average broken line chart of precipitation in Enshi Prefecture

图 2. 恩施州降水平均值折线图

从图 2 中可以看出, 近 50 年来恩施州年均降水量整体降水量多, 从局部看, 鹤峰县为平均值最高的区域、咸丰县位居第二, 巴东县最少, 时空分布不均匀, 总体呈现南多北少, 尤其东南居多、东北和西北较少的特征。

3.2.2. 恩施州年降水量平均中心分析

通过 ArcGIS 中的平均中心工具逐年计算恩施州 1970~2020 年八个气象站点的年降水量的平均中心, 结果表明整体平均中心的位置均位于宣恩县地区。每年的平均中心的位置如图 3 所示。

通过平均中心的位置图, 可以发现恩施州降水洪涝在 1970~2020 年空间演变没有大致规律可循, 平均中心演变位置比较分散, 主要位于宣恩县域内, 同时, 1970~2020 年总体的平均中心位置也位于宣恩县。

3.3. 恩施州洪涝成因

3.3.1. 复杂多变的气候条件

大气降水为洪涝形成的主要驱动力, 恩施州气候类型为典型的雨热同期的亚热带季风性湿润气候, 气候的不稳固性常引起降水异常, 且地区降雨比较集中, 多以暴雨为主。因此常促使汇集, 成为集中地表水流。

3.3.2. 地形地貌影响

恩施州地处湖北省西南角, 处于长江中下游地区, 地势呈三山鼎立之态, 表现为西北、东北和东南部高, 逐渐向中、南部倾斜而相对高度降低的状态。其地貌特征为: 呈阶梯状发育, 岩溶发育强烈。因受新构造运动的间歇性活动影响, 大面积隆起成山, 局部断陷下凹, 形成断陷盆地和多级夷面; 同时,

恩施州有长江较大的支流水系——清江流经。因此在岩溶洼地、岩溶谷地等，地形封闭性好，中间地势低平，四周地势较高，且有发达水系的背景下，常促成地表水及地下水的汇集。

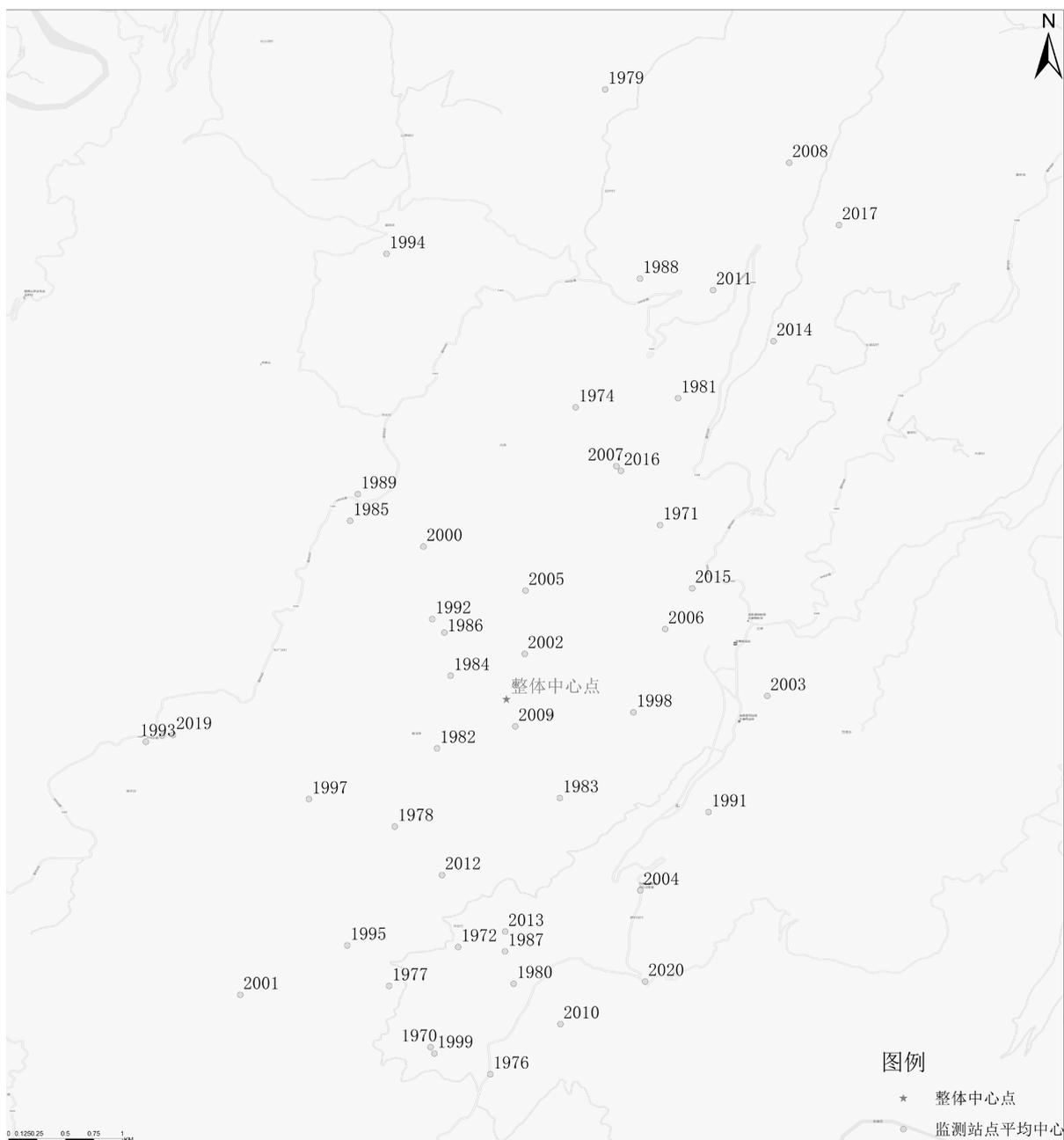


Figure 3. Location map of mean precipitation center in Enshi Prefecture
图 3. 恩施州降水平均中心位置图

3.3.3. 社会因素

洪涝受人类活动的复杂影响：人口、经济的快速发展，导致洪涝的暴露度增大，同时，在恩施州城市化进程中，土地利用及植被覆盖变化也对地区的水文特性产生了影响，致使地表不透水面积增大等。总之，不合理的人类活动增大了洪涝发生的可能性。

4. 总结

1) 对于恩施州而言, 1970~2020 年间, 从洪涝的年度性特征来看, 恩施州出现了 19 次偏涝, 35 次大涝, 33 次重涝, 共出现了 87 次洪涝; 洪涝主要集中分布在 1979~1983 年、1996~1998 年、2007~2008 年、2016~2020 年、洪涝类型以重涝和大涝为主。

2) 从恩施州近 50 年洪涝与降水的空间分布来看, 从降水平均值观察, 整体降水量多, 从局部看, 鹤峰县为平均值最高的区域、咸丰县位居第二, 巴东县最少, 时空分布不均匀, 总体呈现南多北少, 尤其东南居多、东北和西北较少的特征; 从平均中心观察, 没有大致规律可循, 平均中心演变位置比较分散, 但多集中在宣恩县内, 1970~2020 年的平均中心位置也位于宣恩县。

3) 恩施州降水多, 洪涝频发成因主要是由于该区特殊的地理位置与自然条件: 复杂多变的气候条件, 地形地貌组合影响及社会因素共同促使。

参考文献

- [1] FitzGerald, G., Du, W., Jamal, A., Clark, M. and Hou, X.-Y. (2010) Flood Fatalities in Contemporary Australia (1997-2008). *Emergency Medicine Australasia*, **22**, 180-186. <https://doi.org/10.1111/j.1742-6723.2010.01284.x>
- [2] Nobert, J., Mugo, M. and Gadain, H. (2014) Estimation of Design Floods in Ungauged Catchments Using a Regional Index Flood Method. A Case study Of Lake Victoria Basin in Kenya. *Physics and Chemistry of the Earth*, **67-69**, 4-11. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2014.02.001>
- [3] Brázdil, R., Chromá, K., Řehoř, J., Zahradníček, P., Dolák, L., Řezníčková, L., et al. (2019) Potential of Documentary Evidence to Study Fatalities of Hydrological and Meteorological Events in the Czech Republic. *Water*, **11**, Article No. 2014. <https://doi.org/10.3390/w11102014>
- [4] Cao, C., Xu, M., Kamsing, P., Boonprong, S., Yomwan, P. and Saokarn, A. (2021) Environmental Remote Sensing in Flooding Areas. Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-8202-8>
- [5] Mukherjee, F. and Singh, D. (2020) Detecting Flood Prone Areas in Harris County: A GIS Based Analysis. *GeoJournal: Spatially Integrated Social Sciences and Humanities*, **85**, 47-663. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-09984-2>
- [6] 王跃民, 鲁慧霞, 刘璟瑜, 吴刚, 董仲民. 3 个不同旱涝指标划分旱涝等级的比较研究[J]. 现代农业科技, 2011(7): 326-327+329.
- [7] 刘爱华, 鲁会霞. 用旱涝指数划分旱涝等级的尝试[J]. 现代农业科技, 2009(10): 296.
- [8] 鞠笑生, 杨贤为, 陈丽娟. 我国单站旱涝指标的确定和区域旱涝等级划分的研究[J]. 应用气象学报, 1997, 8(1): 20-32.
- [9] 陆桂荣, 郑美琴, 周秀君, 张民凯, 马品印. 山东日照市 2 种干旱指标的应用对比[J]. 干旱气象, 2010, 28(1): 102-106.
- [10] 刘志雄, 肖莺. 长江上游旱涝指标及其变化特征分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(3): 310-314.
- [11] 张娜, 陈莹, 张粮锋, 童为民, 朱志强. 基于 Z 指数的福州市近 51 年旱涝时空特征分析[J]. 海南师范大学学报, 2015, 28(3): 292-297.
- [12] 彭高辉, 宋宝, 韦保磊. 基于 Z 指数的黄河流域旱涝等级游程分析[J]. 水利水电技术, 2014(11): 24-28+32.
- [13] 马明卫, 宋松柏. 渭河流域干旱指标空间分布研究[J]. 干旱区研究, 2012, 29(4): 681-691.
- [14] 陈纪修, 於崇华, 金路. 数学分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [15] 郑宇, 席武俊. 改革开放以来浙江省 GDP 平均中心演化分析[C]//第四届 EBMEI 信息、社会科学和教育国际会议论文集(ISSE2019)(《管理科学讲义》, 第 109 卷). 2019: 520-525.