

辽宁省近 50 年降水序列变化规律及干旱预测^①

孙凤华 袁 健

(中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110016)

提 要

运用沈阳、大连、丹东、营口、朝阳 5 个代表站 1953~2001 年的年降水量资料,建立了辽宁降水序列,分析了其近 50 年的变化规律,年降水量具有明显减少趋势。以此序列为基础重建干旱发生的灾变序列,采用灰色系统 GM(1,1)模型探讨了旱灾预测问题。应用 1996~2001 年资料对预测结果进行了检验,效果较好。

关键词: 降水量 灰色系统 预测 干旱

引 言

干旱是辽宁省主要的自然灾害之一,人均拥有淡水量是全国人均拥有量的 1/3,世界人均拥有量的 1/12。干旱给农业生产造成严重的损失。年降水量的多少与干旱的发生有直接而密切的联系,也可以说是干旱能否发生的决定因素之一。干旱发生属于规律性不强且不连续发生事件,其预测方法有较大的难度,也是人们在不断探索的问题^[1,2]。

1 资 料

使用 1953~2001 年沈阳、大连、丹东、营口、朝阳 5 个代表站的月降水量数据建立了辽宁省年降水变化序列。使用 1965~1995 年五站的月降水量数据分别建立了各站的气象干旱灾变序列,用于干旱预测研究,1996~2001 年数据用于模型预测检验。

2 年降水序列的基本变化规律

图 1 为辽宁省近 50 年年降水距平百分率序列。一元线性回归方程为: $y = -0.0039x + 7.6404$, 降水倾向率为 $a_1 = dx/dt \times 10 = -0.039$ 。可见,近 50 年来降水量具有明显的减少趋势。从滑动平均曲线来看,50~60 年代降水较多,70~80 年代基本

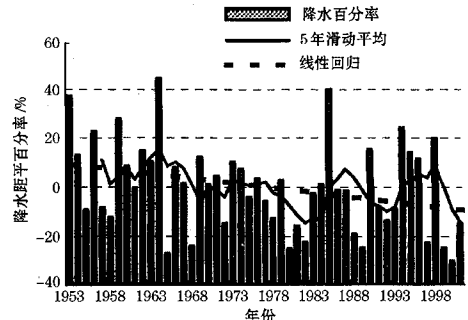


图 1 辽宁年降水距平百分率序列

持平,80 年代前期降水最少,1990 年左右降水量次少,90 年代中期降水量略有回升目前正在经历一个降水较少时期。从降水距平百分率超过 -20% 的年发生频率来看,降水量异常少的发生频率有明显的增加趋势。1953~1963 年一次没有发生,中间时段基本维持每 10 年发生 2 次的频率,近 10 年发生 3 次。这标志着干旱发生频率有增加的趋势,应该引起我们的重视。

3 预测方法研究

3.1 灾变序列的建立

灰色系统指既含有已知信息,又含有未知和非确知的信息系统。可以认为,气候变化过程是一类灰色系统。灰色系统理论被广泛的运用于某种事件发生的预测,如数列预

① 本文得到科技部公益类专项“气候变暖对东北极端气候事件影响”项目资助

测、灾变预测、拓扑预测等,收到了较好的效果^[3]。

采用辽宁省的沈阳、大连、丹东、营口、朝阳5站的年降水量资料,应用灰色系统GM(1,1)模型,对5个地区未来可能发生旱灾的年代进行灾变预测。以1965~1995年降水量数据为研究及建模数据,1996~2001年降水量用于模型预测效果检验。

用于判断干旱的指标有许多种,年降水量的多少是旱灾发生的重要标志之一。以降水量为标准确定的干旱年一般称为气象干旱年,我们在此简称干旱年^[4]。首先把年降水序列编号,即年代1965~1995年依次编为1~31成为一个自然数序列。对于各个不同地区,根据多年年平均降水量选定干旱指标,干旱指标使用一般较常用的降水量距平百分率指标 I_{pa} 选取,对年降水序列进行筛选,凡年降水量小于干旱指标的年份挑选出来,以它们的编号组成了一新序列 $x^0(i)$,这样就可以将 $x^0(i)$ 作为灰色序列进行旱灾预测。

3.2 方法原理

首先做旱灾映射,由 I_{pa} 决定, $I_{pa} = \frac{R - \bar{R}}{\bar{R}} \times 100\%$, R 为某年年降水量, \bar{R} 为多年年平均降水量。鞠笑生、孙荣强等认为,一般的,在某一地区当 $I_{pa} \leq -20\%$ 时作为出现干旱的界限。我们把符合这一标准的年份挑选出来,定为干旱年,组成序列 $x^0(i)$ ($i = 1, n$), n 为新旧序列样本数(下同),由于做一次累加,新旧序列样本数相等,年份序号为 k 。

第 k 点元素对应于二维平面的点(k, x^0)。

设有一已整理出的数列

$$x^0(i) = \{x^0(1), x^0(2), \dots, x^0(n)\}$$

对此序列依次累加,组成新序列,累加公式为

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^0(i) \quad (k = 1, 2, \dots, n)$$

新序列

$$x^{(1)}(k) = \{x^0(1), x^0(1) + x^0(2), \dots, \sum_{i=1}^n x^0(i)\}$$

此数列模型为一个变量作1次累加生成,记为GM(1,1)模型。

用 $x^{(1)}(k)$ 序列建立白化方程

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u$$

系数估计由最小二乘法解出:

$$\hat{a} = [a, u]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y_N$$

其中

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n)] & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_N = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}$$

得出白化方程的解为:

$$x(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-ak} + \frac{u}{a}$$

作还原累减生成

$$\hat{p}(k+1) = \hat{x}(k+1) - \hat{x}(k) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right] (e^{-ak} - e^{-a(k-1)})$$

由 $\hat{p}(k+1)$ 可进行灾变预测。

4 5个地区的旱灾预测及检验

4.1 旱灾预测

旱灾发生情况比较复杂,各地同年内可能不同步发生。我们对5个代表地区(沈阳、大连、丹东、营口、朝阳)分别进行分析,逐个建立预测模型。这样对全省各地未来可能发生干旱的时间有一初步了解。

运用处理好的 $x^{(0)}(i)$ 序列,首先进行

第一步预测。对照各站多年年平均降水量值,定出旱灾指标(见表1)。筛选出的旱灾年代编号组成灾变年代序列 $x^0(k)$ (见表2)。

表1 多年年平均降水量值及干旱指标

地区	多年年平均降水量/mm	干旱指标/mm
沈阳	713.8	<620.0
大连	616.0	<520.0
丹东	1038.5	<800.0
营口	674.2	<550.0
朝阳	472.1	<400.0

表2 各地旱灾年代编号序列

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	n
沈阳	1	3	4	8	14	16	17	18	25	28						10
大连	1	4	5	11	16	17	18	22	24	25	27	29				12
丹东	1	4	6	11	13	16	18	22	24	24	25	27				12
营口	4	8	14	16	18	19	23	24	25	28						10
朝阳	3	4	8	16	18	17	18	19	24	24	28					11

由上面的计算原理,算出各站 a 、 u 值及 $\hat{p}(k+1)$,列入表3。

表3 各地区的 a 、 u 、 $\hat{p}(k+1)$

	a	u	$\hat{p}(k+1)$
沈阳	-0.218	4.937	26.590
大连	-0.241	5.279	26.420
丹东	-0.296	4.134	22.682
营口	-0.233	7.690	24.687
朝阳	-0.192	6.900	26.157

样本数 n 为 31,则可推算出沈阳、大连、朝阳都可能在 5 年左右将出现下一次旱灾,发生年份大约在 2000 年;丹东 2 年左右将出现下次旱灾,发生年份大约在 1997 年;营口 3 年左右将出现下次旱灾,发生年份大约在 1998 年。

在原序列 $x^0(i)$ 中加入预测值,即又增加了一个样本,组成新序列(见表4),仍用灰色系统 GM(1,1) 模型进行第二次灾变预测。算出各站 a 、 u 值及 $\hat{p}(k+1)$,列入表5。

用第二次预测的 $\hat{p}(k+1)$ 和第一次预测的 $\hat{p}(k+1)$ 比较,可以得到第二次旱灾出现的大致年代。沈阳和大连都是再隔 7 年左右出现第二次旱灾,发生年份大约在 2007

表4 第二次灾变预测序列编号

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	n
沈阳	1	3	4	8	14	16	17	18	25	28	36					11
大连	1	4	5	11	16	17	18	22	24	25	27	29	36			13
丹东	1	4	6	11	13	16	18	22	24	24	25	27	33			13
营口	4	8	14	16	18	19	23	24	25	28	34					11
朝阳	3	4	8	16	18	17	18	19	24	24	28	36				12

表5 第二次预测的 a 、 u 、 $\hat{p}(k+1)$

	a	u	$\hat{p}(k+1)$
沈阳	-0.222	4.859	33.683
大连	-0.243	5.231	33.950
丹东	-0.301	4.062	31.005
营口	-0.224	7.903	30.162
朝阳	-0.194	6.854	31.972

年;丹东也是再隔 7 年出现第二次旱灾,但发生年份约在 2002 年;营口再隔 6 年出现第二次旱灾,发生年份约在 2004 年;朝阳再隔 5 年出现第二次旱灾,发生年份约在 2005 年左右。

4.2 预测结果检验

到目前为止,第一次预测结果可以得到检验。在 5 站预测的第一次旱灾发生年中,均发生了旱灾,但不都是第一次发生。其中,丹东和营口为第一次发生,预测完全正确;大连和朝阳为第二次发生;沈阳为第 3 次发生。

5 结论

(1)辽宁省年降水量有减少趋势,降水异常少年发生频率增加,即干旱发生的可能性增大。

(2)灰色系统 GM(1,1)模型预测旱灾效果较好。

参考文献

- 刘实,章少卿.吉林省夏季降水的气候跃变及其与印巴季风的的关系.气象,1991,17(11):3~7.
- 陈兴芳,孙林海.我国年、季降水的年代际变化分析.气象,2002,28(7):3~9.
- 谢定升,梁凤仪.用灰色理论作降水峰日的中期预报.气象,1992,18(11):22~25.
- 孙荣强.干旱定义及其指标评述.灾害学,1994,9(1):17~21.

Study on Drought Forecast in Liaoning Province

Sun Fenghua Yuan Jian

(Institute of Atmospheric Environment, CMA, Shenyang 110016)

Abstract

Based on the annual precipitation data of five meteorological observation stations (Shenyang, Dalian, Dandong, Yingkou, Chaoyang) in Liaoning Province from 1953 to 2001, precipitation set is set up, the precipitation variation is analyzed. Annual precipitation showed an obvious reducing trend. According to the set, a drought catastrophe set is rebuilt. With the grey system model GM(1,1), the drought forecast problem in the five areas is discussed. The test show that the forecast effect is prefer with the data from 1996 to 2001.

Key Words: precipitation grey system model forecast drought