

对“BM”方法的修改及其在江苏省旱涝分析上的应用

沈金妹 董晓敏

(江苏省气候应用所)

提 要

本文对“BM”方法进行修改,并用修改后的“BM”方法进行省域范围的干旱、雨涝分区和分旬的客观定量分析。结果表明,修改后的“BM”方法适用于省域范围的旱涝分析,有较高的精度,能满足向社会提供服务的要求。

一、引 言

干旱和雨涝是灾害性气候,它们对社会经济发展,尤其对农业生产有严重威胁,江苏省也不例外。因此,加深对于干旱和雨涝发生规律的认识,并对其进行动态监视分析和预测服务,是气候科研亟待解决的重要课题。

干旱和雨涝,可从农业、水文、气候、经济等不同角度来定义。角度不同,其相应的客观分析技术途径就有差异^{〔1〕〔2〕}。本文是从气候角度定义干旱和雨涝,探讨其客观分析的方法。

气候干旱和雨涝的客观分析,前人已做过许多工作^{〔3〕〔4〕}。1985年E.O.Oladipo曾对“雨量距平指标”、“Bhalme和Moo-ley干旱指标(记作BM)”、“Palmer干旱指标”3种客观分析方法的性能作过详细对比分析^{〔5〕}。据此,我们认为,选用设计简单、使用方便的“BM”方法,并结合省域的气候特征和具体要求来调整“BM”方法,可以较好地进行省域范围的气候干旱和雨涝客观分析。

本文重点讨论如何调整“BM”方法和

修改其计算模式,以及用来对江苏省气候干旱和雨涝作客观分析的实际效果。

二、干旱和雨涝客观分析的时空尺度

干旱和雨涝是特定时间和空间内出现的气候现象。下面以江苏省为例,阐述其时空尺度的确定原则。

1. 空间尺度的确定原则

在一个省域范围内,由于各地的地理位置、地形、下垫面性质及经济活动等因素的不同,存在着或大或小的气候差异。一般说来,将一个省作为一个气候区域来分析旱涝特征,显得过于笼统,无法满足服务要求。因此,需要根据省域的大小和气候的异同,适当划分为若干个气候区域。其划分原则是,在同一个气候区内的各个测站,彼此间的气候特征(主要是旱涝特征)的差异要足够小;在不同气候区域之间的测站,彼此间的气候差异要足够大。此原则已体现在《江苏省农业气候区划》的成果中^{〔6〕},据此将江苏省划分为“徐淮大部”、“徐淮副区”、“江淮之间”、“宁镇丘陵区”、“沿江苏南大部”共5个气候区域,并分别用 $J=1$,

2, 3, 4, 5编号来标识(图1)。

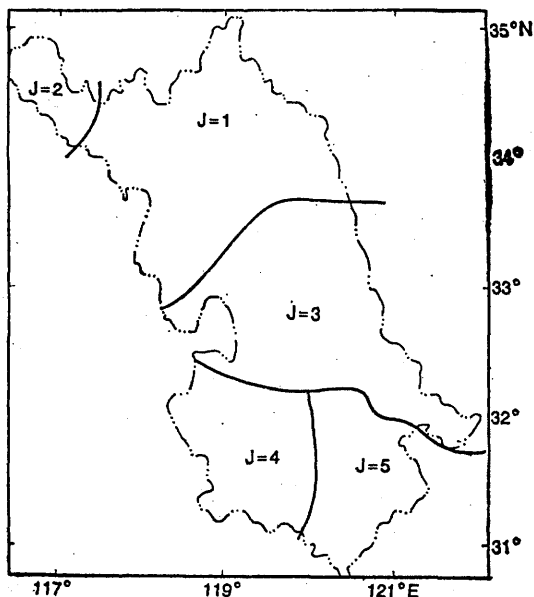


图1 江苏省气候分区图

2. 时间尺度的确定原则

对近40年江苏省干旱和雨涝实况调查表明,江苏省的气候条件并不是人们通常所说的“风调雨顺”,而是几乎每年都有一些气候区在一些时段内,发生严重程度不等的干旱或雨涝灾害。由于本省地处江淮下游,对客水很难在短时间内自我调控;省内降水机理复杂,降水量在时间分配上的不均匀性突出;加之农业茬口安排十分紧凑,使各气候区不仅易干旱,也易雨涝,而且干旱和雨涝之间的转换周期短。据此,确定以旬为单位作为干旱和雨涝客观分析的时间尺度。实践表明,这一时间尺度与实况调查资料较为一致,而且能充分反映江苏省易旱、易涝、旱涝转换快的气候特征。

三、修改“BM”计算方案的讨论

使用省内60个气象站的30年(1961—1990年)逐日降水资料,按文献[5]所提供的“BM”旱、涝客观分析模式,经修改后按以下步骤作技术处理:

1. 计算60个站全年36旬的30年平均降水量 $\bar{X}_{i,k}$ 和标准偏差 $S_{i,k}$,其中 i 为站点编号, k 为旬编号。

2. 计算60个站逐年(30年)36旬的湿润度指标值 $M_{i,k}$

$$M_{i,k} = (X_{i,k} - \bar{X}_{i,k}) / S_{i,k} \times 100$$

3. 分5个区计算逐年(30年)36旬的区域湿润度指标值 $N_{J,k}$

$$N_{J,k} = \sum_{i=1}^{i_0} M_{i,k} / i_0$$

式中 J 为区域编号, i_0 为区内站点数。

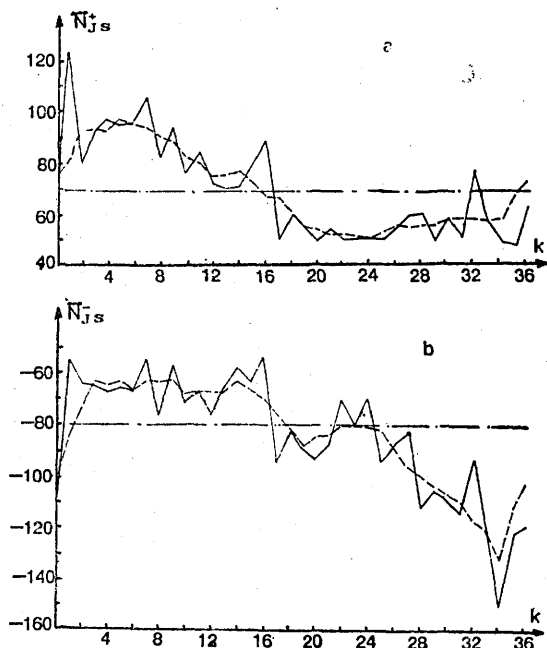


图2 沿江苏南大部区域正湿润度指标平均值(a)和负湿润度指标平均值(b)曲线
实线,未滑动;断线,5旬滑动平均

4. 分5个区将逐年(30年)36个旬的 $N_{J,k}$ 值按正、负归类,分别计算 $\bar{N}_{J,k}^{(+)}$ 和 $\bar{N}_{J,k}^{(-)}$ 值

$$\bar{N}_{J,k}^{(+)} = \sum_{i=1}^{l_1} N_{J,k} / l_1$$

$$\bar{N}_{J,k}^{(-)} = \sum_{i=1}^{l_2} N_{J,k} / l_2$$

式中 l_1, l_2 分别为某区、某旬 $N_{J,k}$ 值在30年中的正、负值年数, $\bar{N}_{J,k}^{(+)}, \bar{N}_{J,k}^{(-)}$ 分别为

正、负年的 $N_{j,k}$ 的平均值。

5. 分5个区点绘 $\overline{N}_{j,k}^{(+)}$ 和 $\overline{N}_{j,k}^{(-)}$ 值随时间变化曲线。图2a, b是以“沿江苏南大部”区域为例, 给出的 $\overline{N}_{5,k-k}^{(+)}$ 和 $\overline{N}_{5,k-k}^{(-)}$ (句)的变化曲线。

6. 通过 $\overline{N}_{j,k-k}^{(+)}$ 和 $\overline{N}_{j,k-k}^{(-)}$ (句)两条变化曲线的对比分析, 当某个区域的两条变化曲线均在平均线以上变化时, 就从确定“极端湿润线”方程着手, 相应的这段时期称为该区域的“湿润方程适用期”; 反之, 就从确定“极端干旱线”方程着手, 相应的时段称为该区域的“干旱方程适用期”。据此, 可得出江苏省5个气候区的“湿润方程适用期”和“干旱方程适用期”(表1)。

表1 江苏省各气候区“干旱方程”和“湿润方程”适用起止句表

方程适用期	徐淮大部 (J=1)	徐淮副区 (J=2)	江淮之间 (J=3)	宁镇丘陵 (J=4)	沿江苏南大部 (J=5)
干旱方程适用期	19—31	16—31	8—20 21—28	10—26	16—36
湿润方程适用期	32—6 7—18	32—15	29—7	27—9	1—15

7. 对湿润方程的 k_1 个句, 分5个区、 k_1 个句, i_0 个站逐年(30年) $M_{i,k}$ 值中挑选出极端最大正值, 作为某区、某句的最大正湿润指标值 $N_{j,k}^{(+)\max}$; 对于干旱方程适用期的 k_2 个句, 可得出某区、某句的最大负湿润指标值 $N_{j,k}^{(-)\max}$ 。

8. 分区计算 k_1 个句和 k_2 个句的最大正湿润指标值和最大负湿润指标值的累积值 $N_{j,s}^{(+)}$ 和 $N_{j,s}^{(-)}$ 。

$$\begin{cases} N_{j,s}^{(+)} = \sum_{k=1}^{k_1} N_{j,k}^{(+)\max} \\ N_{j,s}^{(-)} = \sum_{k=1}^{k_2} N_{j,k}^{(-)\max} \end{cases}$$

9. 通过最小二乘方程

$$N_{j,s}^{(+)} = a_1 + b_1 k_1$$

$$N_{j,s}^{(-)} = a_2 + b_2 k_2$$

确定系数 a_1 和 b_1 , 可绘出极端湿润线; 确定系数 a_2 和 b_2 可绘出极端干旱线(图3), 在

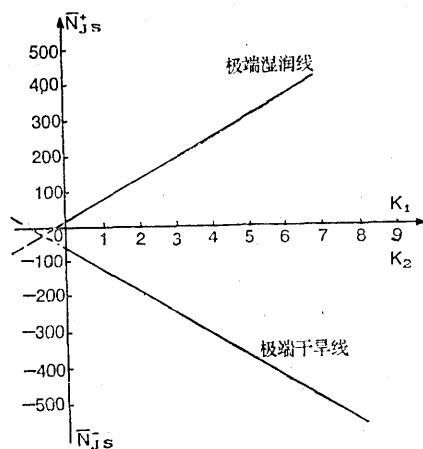


图3 极端干旱、湿润线示意图

极端干旱(或湿润)线和与其相对称的极端湿润(或干旱)线之间, 可划分出自干旱(或湿润)方程适用期的起始句至向后任一句的正常、轻度、中等、严重、极端等多个旱涝等级。并可根 据“BM”计算公式确定与上述旱、涝等级相对应的旱涝强度指标 $I_{i,k}$ 值域。

由于这里要解决的是一个省域范围内各气候区全年各句的旱、涝等级问题, 需要考虑干旱方程适用期与湿润方程适用期相互转换时的 $I_{i,k}$ 的时间连续性问题; 同时, 对每个气候区而言, 还需考虑各气候区交界地带的 $I_{i,k}$ 的空间连续性问题。

10. $I_{i,k}$ 时空连续性的处理, 采取时、空同步调整, 具体办法是:

(1) 选用在相邻气候区域分别属于干旱方程适用期和湿润方程适用期的交叉时段(一些句);

(2) 确定相邻气候区的交界地带(一些站);

(3) 对处于干旱(或湿润)方程适用期某气候区的站点, 取本区 $N_{j,s}^{(-)}$ (或 $N_{j,s}^{(+)}$)的计算式求 $I_{i,k}$ 值, 和邻区 $N_{j,s}^{(+)}$ (或 $N_{j,s}^{(-)}$)的计算式求 $I_{i,k}$ 值比较, 并对照灾情实况资

表 2 调整 $I_{i,k}$ 计算式系数的时段、站点、对比计算式的选择说明表

干旱、湿润方程 适用期转换起止旬	相邻气候区 J值	方程适用期	相邻气候区交界处的 站点选择	相邻气候区域	
				公式的选择	$N_{JS}^{(+)}$ 选择
8~18	1	湿润方程	盱眙、洪泽、淮阴、阜宁、射阳	1区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(-)}$
	3	干旱方程	金湖、宝应、建湖	3区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(+)}$
8~15	5	湿润方程	靖江、海门	5区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(-)}$
	3	干旱方程	汤中、泰兴、南通、启东	3区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(+)}$
8~9	4	湿润方程	镇江、南京、江浦	4区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(-)}$
	3	干旱方程	扬州、仪征	3区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(+)}$
27~36	4	湿润方程	镇江、金坛、丹阳、宜兴	4区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(-)}$
	5	干旱方程	常州、无锡	5区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(+)}$
29~31	3	湿润方程	金湖、宝应、建湖	3区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(-)}$
	1	干旱方程	盱眙、洪泽、淮阴、阜宁、射阳	1区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(+)}$
29~36	3	湿润方程	汤中、泰兴、南通、启东	3区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(-)}$
	5	干旱方程	靖江、海门	5区 $I_{i,k}$ 公式	$N_{JS}^{(+)}$

料, 对该两气候区 $I_{i,k}$ 计算式的系数进行调整(表2)。如: 在1区湿润方程适用期内的7—18旬, 原计算式为:

$$I_{i,k} = \frac{M_{i,k}}{d} + (1+c) \times I_{i,k-1}$$

经调整后的计算式为

$$I_{i,k} = e \times \left[\frac{M_{i,k}}{d} + (1+c) \times I_{i,k-1} \right]$$

其中 $d=112.49$, $c=0.079$, e 为参数(对于江苏省取 $e=2.8$)。

经过上述10个步骤, 最终得到适用于全省5个气候区和全年干旱方程适用期、湿润

表 3 定量描述旱涝等级 $I_{i,k}$ 的域值

$I_{i,k}$ 域值	旱涝程度	旱涝等级
≥ 4.00	极端雨涝	4
[3.00, 3.99]	严重雨涝	3
[2.00, 2.99]	中等雨涝	2
[1.00, 1.99]	轻度雨涝	1
[-0.99, 0.99]	正 常	0
[-1.99, -1.00]	轻度干旱	-1
[-2.99, -2.00]	中等干旱	-2
[-3.99, -3.00]	严重干旱	-3
≤ -4.00	极端干旱	-4

方程适用期的旱涝强度指标 $I_{i,k}$ 值计算式共2个。并由 $I_{i,k}$ 值域划分出干旱、雨涝等级(表3)。

四、气候干旱和雨涝客观分析效果讨论

对江苏省的气候干旱和雨涝, 用 $I_{i,k}$ 值作客观分析的效果, 是通过《江苏省干旱和雨涝(1949—1974)》〔7〕的成果, 以及近30年省内发生的典型旱、涝灾害实况两方面对照进行检验的。

1. 与《江苏省干旱和雨涝》对照检验

对照1961—1974年全部旱涝灾害时段, 两者基本吻合。唯有1963年5月下旬 $J=1, 2$ 两个区的 $I_{i,k}$ 值为〔4.44, 13.82〕(表示极端雨涝), 而文献〔7〕并未说明有雨涝(可能是遗漏), 作为旁证, 我们给出表4。由表可见, 该年5月下旬淮北各站雨量为历年同期平均的7—11倍, 说明 $I_{i,k}$ 值能反映实际情况。

表5选择具有全省干旱、雨涝、北旱南涝、北涝南旱4种分布特征的典型时段作对

表 4

淮北各站1963年5月下旬雨量 $R_{6.3}$ 和历史同期的比较(mm)

项目	徐州	丰县	沛县	邳县	睢宁	新沂	沭阳	涟水	淮阴	射阳
$R_{6.3}$	229.9	100.2	134.2	152.9	312.5	169.1	201.2	250.1	141.8	240.8
$\bar{R}$	20.8	11.6	13.1	21.1	26.6	20.5	24.9	26.3	18.2	23.4
$R_{6.3}/\bar{R}$	11.1	8.6	10.3	7.2	11.7	8.2	8.1	9.5	7.8	10.3

表 5 4种典型分布两种描述方法对比

典型分布	时 段		按 $I_{i,k}$ 描述旱涝等级		按文献〔7〕描述旱涝等级			
	月	旬	徐淮盐州阴城	扬南镇苏州通江州	徐淮盐州阴城	扬南镇苏州通江州		
1962年 全省 干旱	3	上	-1	-1	-3	-1		
		中						
	4	上	-1	0				
		中						
	5	上	-1, -2*	-1, -2				
		中					-2, -3	
1963年 全省 雨涝	4	中	0, 1	2,	2, 3	1	3	
		下						
	5	上	1, 2	3	3			
		中						1
1972年 北旱 南涝	6	下	-2, -3*	2	3	2 ↓ -2*	-3	3→-2
	7	上						
1963年 北涝 南旱	7	上	3	3	-2, -3*	3	-1	
		中						
	8	下	1	-1, -2*				
		上			2, 3			

注：表中数字为表3中的旱涝等级,*表示局地。

照,以说明 $I_{i,k}$ 的结论和文献〔7〕的分析结论基本一致。且 $I_{i,k}$ 对干旱和雨涝的描述,无论在时、空分布上,还是在灾害轻、重等级上,均比文献〔7〕的精确程度高。

2. 和旱、涝灾害实况资料对照检验

将调查收集到的1975年以后旱、涝灾情实况资料和计算所得的 $I_{i,k}$ 值对照,验证结果基本一致。表6给出几个典型旱、涝过程对照情况。说明用 $I_{i,k}$ 值对气候干旱和雨涝所作的客观分析是可信的。

五、小结

经分析对比可见,本文所使用修改后的“BM”方法,分析江苏省的旱涝时空分布,不仅和前人分析的结论及灾情实况一致,而且兼有各家分析方法的优点。可归纳为:

1. 能客观定义气候干旱和雨涝。有利于气象部门对一定气候区域、一定时段内发生的旱涝灾害进行定量分析描述。在此基础上,可诊断其发生、发展规律,为今后开展旱涝的预测研究做好技术准备。

2. 提高了对于干旱和雨涝的客观分析精度。在一个省域范围内,给出了分区域、分时段的旱涝强度指标计算式。各测站均可通过相应的公式计算任意旬的 $I_{i,k}$ 值,适用于省、市、县三级气象部门开展有关干旱和雨涝的气候分析服务。

3. 在降水资料信息处理的基础上,可将全省多站点、多时段的 $I_{i,k}$ 求取步序,通过编制计算机程序建立可操作的自动化流程。因此便于迅速对全省或某区域的干旱和雨涝灾害进行动态监测,并进一步提高气候分析和服务的现代化水平。

表 6

典型旱、涝过程 $I_{t,k}$ 旱涝等级与灾情调查实况对照

项目		1978年								1987年						1988年																		
		3月		4月		5月		6月		7月			8月			5月			6月			7月												
		下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	中	下	上	中	下	上	中											
用I _{t,k} 确定的旱涝等级	J=1					-1, -2*		0			2,			-1			0			-1			-2			0								
	I=2	-2						-2, -3*			-3			-1			3*			-1			-2			-3			2					
	J=3					-2→-3		3			2						1,			0			3			-3			-2					
	J=4	-3,		-2*		-1→					3			2			3			2*			0,			-1*			-2			-1		
	J=5					-2, -3					3			2			3			2*			0,			-1*			-2			-2*		
旱涝灾情调查		70年不遇干旱,河水断流,塘坝干涸,人畜用水困难 严重程度超过1962年,受旱农田3900万亩,影响春播和三麦抽穗灌浆								淮南雨涝成灾,滁河水位超历史记录,秦淮河、太湖地区超过警戒水位,全省受涝面积达1000多万亩,成灾农田350万亩						全省受旱面积4275万亩,成灾2420万亩,减产3成的1500万亩,5成的700多万亩,无收约190万亩,7月曾一度300万人生活用水困难																		

注:表中数字为表3的旱涝等级,*表示局部。

参 考 文 献

- (1) 郑剑非、王全录、范嘉泉,我国干旱农业气候研究简述,气象科技, No. 5, 1984.
- (2) A.B.墨谢尔斯卡娅,论干旱指标与粮食产量,气象科技, No. 2, 1989.
- (3) 陈菊英,长江中下游夏季旱、涝分析和服,气象, No. 5, 1979.
- (4) H.N.Bhalme and D. A. Mooley, Large-scale droughts/floods and monsoon circulation, Monthly Weather Review, Vol. 108, August, 1980.
- (5) E.O.Oladipo, A comparative performance analysis of three meteorological drought indices, Journal of climatology, Vol. 5, 1985.
- (6) 江苏省农业气候区划科研协作组,农业气候区划, 1984.
- (7) 江苏省气象局,江苏省干旱和雨涝(1949—1974), 1975.

The improved "BM" method and its application of analysing on droughts and floods in Jiangsu Province

Shen Jinmei Dong Xiaoming

(Institute of Climatic Application of Jiangsu Province)

Abstract

The droughts and floods which occurred within Jiangsu Province were analyzed quantitatively and objectively with an improved "Bhalme and Mooley (BM) index" method. Compared with the results of the previous investigations and the actual data of disasters, it suggested that the method is feasible to the quantitative and objective analysis on the droughts and floods taking place within the province. It has an even higher accuracy and may meet the needs of the public services.