

吉林省旬降水量的客观分级方法探讨

陈长胜¹ 王慧敏² 慕秀香¹ 汪秀清¹

(1. 吉林省气象台, 长春 130062; 2. 黄淮学院数学系)

提 要: 根据吉林省现行旬降水量等级划分标准和办法, 提出了一种基于降水概率分布函数的客观划分办法。该方法引入 Z 指数变换, 将偏态分布的旬降水量序列转换为近于正态分布的 Z 序列, 通过对 Z 指数的划分反算而得实际降水量的划分结果。该方法既考虑其自身概率分布, 又避免了复杂的分布函数参数计算。将该方法的客观标准与现行标准的划分结果进行比较分析, 发现前者结果稳定, 随机性小, 结果更为合理。

关键词: 旬降水量 客观分级 正态分布 Z 指数

Discussion on the Objective Classification Method for Ten-day Rainfall of Jilin Province

Chen Changsheng¹ Wang Huimin² Mu Xiuxiang¹ Wang Xiuqing¹

(1. Jilin Meteorological Observatory, Changchun 130062; 2. Mathematic Department, Huanghuai University)

Abstract: Based on the current standard and method to classify the ten-day rainfall of Jilin Province at present, a new method, which is based on the probability distribution function, is presented. In view of the non-normal distribution of ten-day rainfall, Z index transformation is employed. The index can transform the non-normal distribution data into the normal one. The classification result of rainfall is based on classifying the Z index. The results of the new method are more stable and more rational than those of the original method.

Key Words: ten-day rainfall objective classification method normal distribution Z index

引 言

旬降水量分级是旬天气预报的基础, 因此对旬降水量等级合理的划分是非常重要的。

的, 它直接影响到气象预报的准确性和服务效果。

日降水量的分级是根据预报业务需要对实时降水量的分级^[1], 表现为具体数量。而旬降水量的分级则是建立在降水气候态基础

上,其与干旱、洪涝等级等一样都是基于气候态的相对量。邹旭恺等^[2]指出,目前有 3 类常用的建立基于降水气候态的干旱指标的方法:一是降水距平百分率指标,如 RAI^[3]和 BMDI^[4];二是降水量分位数法,如澳大利亚的十分位 Deciles 指数^[5];三是假定降水量符合某种概率分布函数,然后做标准化变换得到的指数,如 SPI 指数^[6]。旬降水量的分级则与其相似。前两种方法虽简单,但实际上暗含降水量为正态分布的前提,而月尺度以下的降水大多不服从正态分布,而是近于 Γ 分布^[7]。第 3 种方法划分效果较好,但相对复杂,因为降水量分布函数的区域性、季节性变化比较大,以吉林省为例,西部的白城、松原地区与东部的吉林、通化的降水量差异明显,而同一地区夏季降雨与冬季降雪无论在降水量级还是年际变率上差异都比较明显。因此对旬降水量等级合理的、实用的划分办法既要考虑其自身概率分布,又要避免大量的分布函数参数计算。

在国内,各地方都根据自身的降水特点采用相应的划分标准和办法,这些划分办法的优劣性和合理性也各不同。吉林省现行的旬降水量分级办法是 1980 年代提出的,沿用至今。本文将在讨论该方法合理性的基础上,给出基于降水概率分布函数的客观划分办法,并力图使该方法具有一定的普适性。

1 资料和方法

1.1 资料

本文应用的资料是由 1961—2000 年吉林省 50 站逐日降水资料计算而得的全省以及省内 9 个地区的 40 年旬平均降水资料。

1.2 正态分布检验方法

在众多正态性检验方法中,“偏度、峰度

检验法”和“夏皮罗—威尔克法”较为有效^[8],本文采用第一种方法。

对某旬平均降水量(或其 Z 指数)序列进行正态分布检验,首先计算该序列的偏态系数(γ_1)和峰态系数(γ_2)。若样本为正态分布,近似有

$$\gamma_1 \sim N(0, \sigma_1), \gamma_2 \sim N(\mu_2, \sigma_2) \quad (1)$$

而后构造如下统计量:

$$u_1 = \gamma_1 / \sigma_1, u_2 = (\gamma_2 - \mu_2) / \sigma_2 \quad (2)$$

式中, $\sigma_1 = \sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}}$,

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{24(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}}$$

$$\mu_2 = 3 - \frac{6}{n+1}$$

其中 n 为该序列的样本总数。这里将 $|u_1|$ 、 $|u_2|$ 同时小于 1.96 ($\alpha=0.05$) 的序列定义为正态分布序列,将 $|u_1|$ 、 $|u_2|$ 只有一个小于 1.96,另一个值小于 3.3 ($\alpha=0.001$) 的序列定义为准正态分布序列,其他序列为偏态序列。

2 吉林省气象台现行旬平均降水资料分级标准

吉林省气象台现行的旬降水量分级标准以及划分方法如下:(1)正常值为气候均值;(2)在大于气候均值的年份中,将要素值从大到小排序,按概率依次取 20% 的年份为特多年,40% 的年份为偏多年,40% 的年份为稍多年;(3)在小于气候均值的年份中,将要素值从小到大排序,按概率依次取 20% 的年份为特少年,40% 的年份为偏少年,40% 的年份为稍少年;(4)临界值取相邻年份要素的插值。

可以看出,该标准是降水量分位数法的一种,用降水量大小年份的概率分布代替了降水量本身的概率分布来对降水进行等级划分。可以知道,对于正态分布的要素时间序列,该标准对应的降水量分布与降水量自身

的分布是基本相符合的,但对于偏态分布的序列来说,两者之间就会出现较大的差异。以吉林省西部地区冬季降水为例,该区旬降水量普遍偏少,但变率较大(某些年份存在很大极值),这就使得绝大多数年份降水量均小于要素气候均值(即气候均值对应的降水量是相对的小概率事件),而从统计角度正常值大多为概率分布的最大值,因此以要素气候

均值作为正常值的做法就有待商榷。同时通过插值获得的临界值具有随机性,误差较大。

为此,首先对 1961—2000 年吉林省及其 9 个地区全年 36 个旬的旬降水(R)序列进行了正态分布检验,来分析现行标准的适用性。表 1 给出了检验结果,其中第一行的整数为 36 旬中相应分布序列的个数,第二行括号中百分数为其对应的百分率。

表 1 吉林省及其 9 个地区全年 36 个旬的旬降水(R)序列正态分布检验结果

区域	白城	松原	长春	四平	辽源	吉林	通化	白山	延边	全省
正态分布	3(8.3%)	6(16.7%)	8(22.2%)	5(13.9%)	5(13.9%)	10(27.8%)	9(25%)	7(19.4%)	5(13.9%)	15(41.7%)
准正态分布	7(19.4%)	4(11.1%)	7(19.4%)	12(33.3%)	15(41.7%)	10(27.8%)	10(27.8%)	15(41.7%)	12(33.3%)	7(19.4%)
偏态分布	26(72.2%)	26(72.2%)	21(58.3%)	18(50%)	16(44.4%)	16(44.4%)	17(47.2%)	14(38.9%)	19(52.8%)	14(38.9%)

由表 1 可以看到,无论是全省还是各地区旬降水资料的正态分布率都很低,全省降水有 15 个旬成正态分布,另有 7 个旬为准正态分布,在 9 个地区中中东部地区正态率要高于西部地区,吉林地区正态率最高(有 10 旬),白城地区最低(仅 3 旬)。另外正态分布的降水序列大多出现在夏季。因此,从旬降水量分布函数来看,现行标准适用性不够广泛,特别是针对每一地区的划分结果,更不容易真正反映实际降水的等级。因此需要寻找更为客观化的,基于降水量本身分布函数性质的一个分级办法。

3 客观分级的方法及其标准

偏态序列的直接划分存在一定的不确定性,首先偏态序列的分布函数具有不确定性,因此分布函数的检验和参数初始化较复杂。一般来说,通过概率分布函数合理确定降水量等级的前提是样本正态分布,而实际的降水量,特别是月以下时间尺度的降水大多近

于 Γ 分布。为了获得标准化正态分布,引入如下的 Z 指数^[9]转换。

对于逐年各旬降水量时间序列 R ,先计算其标准化距平 \tilde{R} ,最后对 \tilde{R} 进行如下 Z 变换,

$$Z(k) = \frac{6}{c_s} \left(\frac{c_s}{2} \tilde{R}(k) + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{c_s} + \frac{c_s}{6} \quad (3)$$

式中, $k=1,40$ 为年份, c_s 为偏态系数, σ 为均方差。

对各地区旬降水序列的 Z 指数进行了正态分布检验(见表 2,说明同表 1),发现 Z 指数序列具有很好的正态性。全省 36 旬中只有两旬为显著偏态,显著正态率达 80.6%,在 9 个地区中,显著正态率最高的是白山地区,达 90% 以上,最低的白城地区也有 13 旬显著正态分布,11 旬准正态分布,较原序列的正态性有显著提高。值得注意的是偏态分布的 Z 指数序列其计算所得的 $|u_1|$ 、 $|u_2|$ 值较原降水序列计算结果小一个量级。因此,应用降水资料的 Z 指数序列分布函数作为基础来进行分级更为合理。

表 2 吉林省及其 9 个地区全年 36 个旬 Z 指数序列的正态分布检验结果

分布	白城	松原	长春	四平	辽源	吉林	通化	白山	延边	全省
正态分布	13(36.1%)	18(50%)	26(72.2%)	22(61.1%)	26(72.2%)	31(86.1%)	30(83.3%)	33(91.6%)	22(61.1%)	29(80.6%)
准正态分布	11(30.6%)	10(27.8%)	8(22.2%)	11(30.6%)	5(13.9%)	5(13.9%)	4(11.1%)	2(5.6%)	10(27.8%)	5(13.9%)
偏态分布	12(33.3%)	8(22.2%)	2(5.6%)	3(8.3%)	5(13.9%)	0	2(5.6%)	1(2.8%)	4(11.1%)	2(5.6%)

这里,根据吉林省现行旬降水量等级划分标准中,给出应用 Z 指数划分降水多寡的划分标准(见表 3)。根据这一标准,通过公式(3)反算即可得相应的降水序列的等级划分结果。

表 3 Z 指数等级划分标准

等级	类型	Z 指数	所占的理论概率
1	特高(多)	$Z \geq 1.2817$	10%
2	偏高(多)	$0.524 \leq Z < 1.2817$	20%
3	稍高(多)	$0 < Z < 0.524$	20%
4	正常	0	/
5	稍低(少)	$-0.524 < Z < 0$	20%
6	偏低(少)	$-1.2817 < Z \leq -0.524$	20%
7	特低(少)	$Z \leq -1.2817$	10%

4 等级划分结果分析

应用上述客观划分办法,对全省及 9 个区域的旬降水量进行等级划分。这里按对应的 R 序列和 Z 序列的正态分布性选取有代表性的旬个例,给出全省旬降水量的划分结果。作为比较,同时也给出了现行划分标准和办法下的结果。

4.1 R 正态 Z 正态的序列

在 36 旬中,共有 15 旬的全省旬降水序列为 R 正态 Z 正态序列,这里以 8 月上旬为例(图 1)。正如前面讨论的,对于 R 正态 Z 正态序列,新标准与现行标准的划分结果比较相近。但新标准的划分更符合概率分布的特点,即气候均值附近为高概率区域,越向两侧,概率越低,因此偏多(低)较稍多(低)等级内的降水量级跨度要小。同时分析这 15 旬,发现,新标准的划分结果相对稳定,而现行标准的划分结果受实际序列的变化影响较大,具有一定的随机性。

4.2 R 偏态 Z 正态的序列

在 36 旬中,共有 9 旬的全省旬降水序列

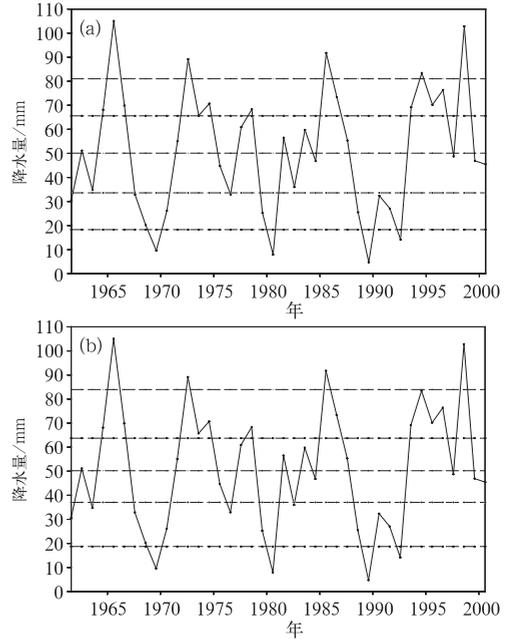


图 1 8 月上旬全省旬降水量等级划分结果
图中虚线分割开的 6 个等级自上而下分别为
特多、偏多、稍多、稍少、偏少、特少;
虚线表示各等级间的临界值
a. 现行标准划分, b. 客观标准划分

为 R 偏态 Z 正态序列,这里以 4 月下旬为例(图 2)。图中可以明显看出,新标准的划分更为合理,因为对于偏态降水序列,大值降水为相对的小概率事件,因此降水量等级越高其跨度越大。如果等级划分是根据年份的概率而得,所以对于当多年的降水量相对集中于某一值时,就必然会出现类似图 2a 中偏多等级降水量跨度很小的情况,而客观分析办法不会出现类似问题。

4.3 R 准正态 Z 正态的序列

在 36 旬中,共有 5 旬的全省旬降水序列为 R 准正态 Z 正态序列,这里以 7 月下旬为例(图 3)。对于这样的 R 准正态 Z 正态序列,其划分结果的差异同样比较小,图 3 中,两种办法划分的稍少量级差异较大,其主要原因还是因为现行办法是基于发生年份概率

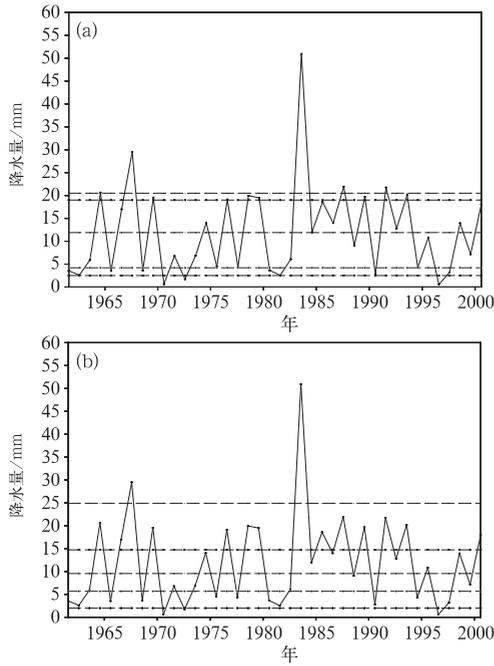


图 2 4 月下旬全省旬降水量等级划分结果
说明同图 1

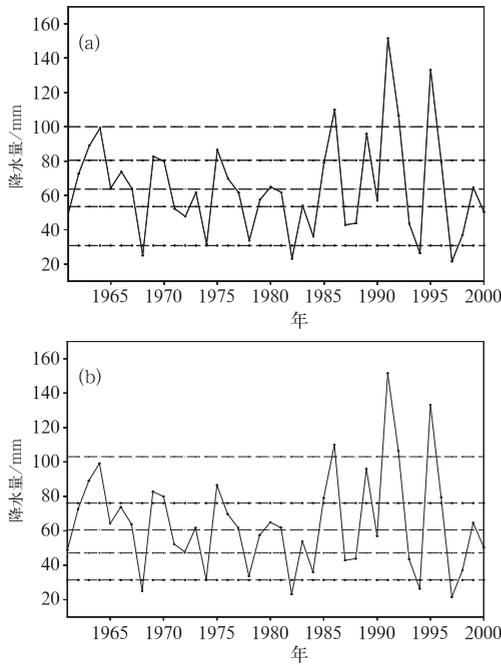


图 3 7 月下旬全省旬降水量等级划分结果
说明同图 1

而得,而客观办法由降水的概率分布而得,另现行标准中临界值的插值也是不可忽视的原因。

4.4 R 偏态 Z 准正态的序列

在 36 句中,共有 3 句的全省旬降水序列为 R 偏态 Z 准正态序列,这里以 10 月下旬为例(图 4)。比较图 2 发现,对于 R 偏态的序列,尽管 Z 序列的分布函数正态性有偏差,但客观划分的结果(图 4b 与图 2b)其特点有一致性,而现行标准划分的结果(图 4a 与图 2a)差异较大,进一步说明了现行标准划分降水等级的不稳定性。

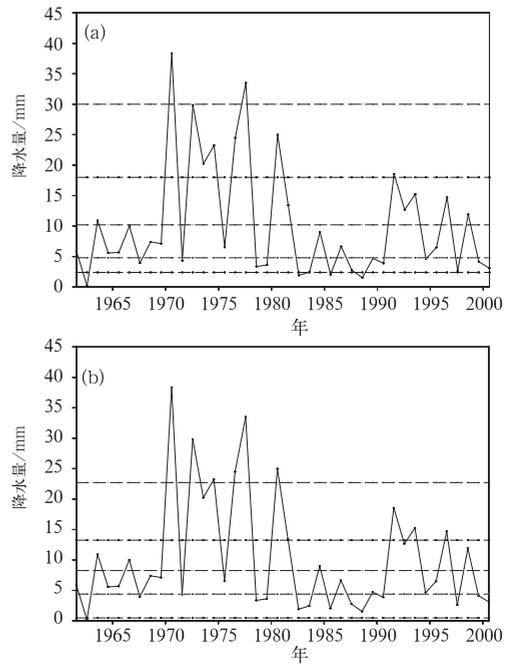


图 4 10 月下旬全省旬降水量等级划分结果
说明同图 1

5 小 结

本文根据吉林省现行的基于降水量大小年份的概率分布的旬降水量等级划分标准和办法,提出了一种客观划分办法。该方法基

于降水概率分布函数,考虑到旬降水量本身的偏态性,引入 Z 指数变化,通过对 Z 指数的划分反算而得实际降水量的划分结果。将本文的客观标准与现行标准的划分结果进行比较分析,发现客观标准的划分结果稳定,随机性小,结果更为合理。由于该方法既考虑其自身概率分布,又避免复杂的分布函数参数计算,因此新方法更具有普适性。这一方法仍需进一步完善,比如对于降水偏少的单站或区域,其降水量的分布近于指数分布,通过 Z 指数变化虽一定程度上改善了其偏态性,但其划分结果仍可能缺乏合理性,需要结合其他办法进行订正。

参考文献

- [1] 张学文,尹道声.用等级表示降水量的大小[J].气象,1989,15(12):34-36,43.
- [2] 邹旭恺,张强,王有民,等.干旱指标研究进展及中美两国国家级干旱监测[J].气象,2005,31(7):6-9.
- [3] Van-Rooy, M. P.. A Rainfall anomaly index (RAI) independent of time and space. Notos, 1965, (14): 43.
- [4] Bhalme, H. N. and D. A. Mooley. Large-scale drought/floods and monsoon circulation[J]. Mon. Wea. Rev., 1980,108:1197-1211.
- [5] Gibbs, W. J. and J. V. Maher. Rainfall deciles as drought indicators[R]. Bureau of Meteorology Bulletin, Commonwealth of Australia, Melbourne, 1967: 48.
- [6] McKee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist. The relationship of drought frequency and duration to time scales [M]. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 1993:179-184.
- [7] 么枕生.气候统计学基础[M].北京:科学出版社,1984:101-108.
- [8] 盛骤,谢式千,潘承毅.概率论与数理统计(第2版)[M].北京:高等教育出版社,1995:222-225.
- [9] 高波,陈乾金,任殿东.江南南部-华南北部前汛期严重旱涝诊断分析[J].应用气象学报,1999,10(2):219-226.