

东北地区重大暴雨过程评估方法研究^{*}

袭祝香¹, 孙力², 刘实³

(1. 吉林省气象台, 吉林 长春 130062; 2. 吉林省气象局, 吉林 长春 130062;
3. 吉林省气象科学研究所, 吉林 长春 130062)

摘要: 利用逐日降水资料, 对东北地区 1961~2000 年的明显暴雨过程特征进行了分析, 建立了反映明显暴雨过程程度的 3 项单项指标及综合评估指数, 在此基础上对明显暴雨过程的评估等级进行了划分; 利用综合评估指数序列的峰度系数和偏度系数对综合评估指数进行了正态性检验, 由于经过变换的综合评估指数符合正态分布, 从而给出了其异常气候重现期评估指标。此外, 利用明显暴雨过程的评估等级指标以及异常气候重现期评估指标对 2001~2002 年的明显暴雨过程进行了评估。结果表明, 该方法实用可行, 可以满足快速、及时评估等气象服务的需求。

关键词: 明显暴雨过程; 评估方法; 正态分布; 东北地区

中图分类号: P458.1⁺21.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2009)02-0061-04

0 引言

目前重大气象灾害日益引起人们的重视, 各种灾害应急预案及相应的响应机制不断出台, 中国气象局及各级政府也要求对重大的灾害性过程要迅速作出灾前、灾中和灾后的评估工作。大范围区域性暴雨过程是影响东北地区的重要灾害性天气之一, 对人民的生产生活影响极大。进行暴雨过程定量评估对于提高应急服务能力及制定抢险救灾决策具有重要意义。

以往的研究^[1-4]利用暴雨过程的集中度和集中期等方法反映了洪涝增加或减少的趋势, 或者对暴雨致洪的风险性进行了探讨, 但并未对具体的暴雨过程进行评估。此外也有一些研究^[5-10]是利用灾害损失资料等数据根据有关方法进行洪涝灾害损失评估, 但利用灾害损失资料进行评估, 受时间限制在应用于灾害预评估及灾后快速评估方面操作性不强, 另外, 对于历史上每次暴雨过程的受灾损失资料的收集极为困难且不是十分准确。因此目前为满足实际工作中暴雨灾害预评估和灾害出现后快速评估的需求, 有必要建立一套以气象观测数据为基础的评估指标, 本文采用正态分

布等方法进行了尝试。

1 资料处理方法及东北地区明显暴雨过程气候特征

1.1 资料来源及处理

东北地区位于我国的东北部, 包括辽宁省、吉林省、黑龙江省三省和内蒙古自治区的东四盟, 大致位于 38°~54°N, 114°~136°E 之间。气象资料采用 1961~2000 年 4~9 月东北地区 200 个气象站逐日降水资料。点的选取本着资料连续和站点分布均匀等因素来选取, 站点分布示意图见图 1。

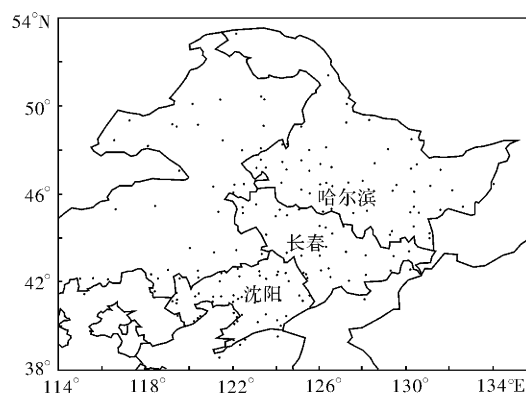


图1 东北地区站点分布示意图

^{*} 收稿日期: 2008-10-17

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40633016)

作者简介: 袭祝香(1963-), 女, 吉林长岭人, 高级工程师, 学士, 主要从事短期气候预测及灾情灾害监测评估方面的工作。

E-mail: xzx_long@yahoo.com.cn

规定凡连续 4 d 内东北地区 200 个气象站中有 35 站次出现暴雨(24 h 降雨量 ≥ 50 mm), 即规定为一个明显暴雨过程, 出现的站次数基本占东北地区 200 个气象站总站数的 1/5。采用这样较为严格的标准, 主要是侧重于更好地开展重大暴雨过程的评估工作。这样得到了 1961–2000 年间的明显暴雨过程 45 个。

1.2 东北地区明显暴雨过程气候特征分析

1961–2000 年, 东北地区共出现明显暴雨过程 45 次, 平均每年出现 1.1 次。从月份上看, 主要出现在 7–8 月, 其中 7 月 24 次, 占总次数的 53%, 8 月出现 18 次, 占 40%, 4 月、6 月和 9 月各出现 1 次, 各占 2%。另外, 由于东北地区地域范围较大, 因此, 从明显暴雨过程出现的天数看, 一般主要在 3~4 d 内出现, 共出现 41 次, 占总次数的 91%, 明显暴雨过程在 2 d 内出现的 4 次, 占 9%, 东北地区明显暴雨过程没有在 1 d 内出现的。

2 东北地区明显暴雨过程综合评估指数及其评估指标

2.1 明显暴雨过程综合评估指数

为了全面反映整个明显暴雨过程的程度, 从暴雨平均降水量(一个明显暴雨过程内的暴雨平均)、区域最大日降水量和暴雨出现范围 3 个方面作为指标来进行衡量。

平均降水量指标(I_a):

$$I_a = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_j, j = 1, \dots, n; \quad (1)$$

区域最大日降水量指标(I_b):

$$I_b = \max(P24_j), j = 1, \dots, n; \quad (2)$$

暴雨出现范围指标(I_c):

$$I_c = \frac{n}{N}; \quad (3)$$

式中: n 为区域内降水量达到暴雨标准的观测站次数; P_j 为其中第 j 个观测站点的 20 时–20 时 24 h 降水量; $\max()$ 为取最大值函数, $P24_j$ 为 n 个达到暴雨标准站次中最大日雨量; N 为区域内观测站点总数, 这里所说的区域是指东北地区。

上述 3 个指标分别反映了整个明显暴雨过程的一个侧面, 平均降水量指标反映了明显暴雨过程暴雨的平均量值大小, 该值越大, 暴雨过程越明显; 区域最大日降水量指标反映了明显暴雨过程出现的最大日雨量的强度, 这个指标越大, 单位时间内降水越多, 降水强度越大, 暴雨过程越明

显; 出现范围指标反映了明显暴雨过程暴雨出现的范围, 范围越大, 暴雨过程越明显。

上述 3 个指标都只是反映了明显暴雨过程的一个侧面, 单用某一指标不能完全反映整个明显暴雨过程。例如, 明显暴雨过程的平均降水量大, 但出现范围不一定大, 而明显暴雨过程的区域最大日降水量大, 出现的范围也不一定大, 所以都不能说明该暴雨过程就明显。因此为了全面的反映明显暴雨过程, 下面利用上述 3 个指标定义了明显暴雨过程的综合评估指数:

$$I_{zi} = \frac{I_{ai} - I_{amin}}{I_{amax} - I_{amin}} + \frac{I_{bi} - I_{bmin}}{I_{bmax} - I_{bmin}} + \frac{I_{ci} - I_{cmin}}{I_{cmax} - I_{cmin}} \quad (4)$$

式中: I_{zi} 为综合评估指数; I_{ai} 为平均降水量指标的序列值; I_{amin} 为平均降水量指标序列的最小值; I_{amax} 为平均降水量指标序列的最大值; I_{bi} 为区域最大日降水量指标的序列值; I_{bmin} 为区域最大日降水量指标序列的最小值; I_{bmax} 为区域最大日降水量指标序列的最大值; I_{ci} 为出现范围指标的序列值; I_{cmin} 为出现范围指标序列的最小值; I_{cmax} 为出现范围指标序列的最大值。上述公式实质是对 I_a 、 I_b 、 I_c 进行了极差标准化处理, 主要是为了消除各指标量纲的影响, 按照等权重对各指标的无量纲值进行了相加。之所以对 3 个指标采用等权重处理方法主要是考虑 3 种指标都很重要, 对明显暴雨过程的明显程度起着同等重要的作用。

2.2 明显暴雨过程评估等级的划分

考虑到实际业务的应用, 这里按暴雨出现的频率将东北地区明显暴雨过程等级划分为 4 个等级, 即一般暴雨过程(占 50%), 较大暴雨过程(占 30%), 重大暴雨过程(占 15%), 特大暴雨过程(占 5%), 在界限附近进行合理的微调。这样利用明显暴雨过程综合评估指数序列得到了东北地区明显暴雨过程评估等级划分指标:

$$\begin{aligned} I_{zi} &\leq 0.65, && \text{一般暴雨过程;} \\ 0.65 < I_{zi} &\leq 1.41, && \text{较大暴雨过程;} \\ 1.41 < I_{zi} &\leq 1.91, && \text{重大暴雨过程;} \\ I_{zi} &> 1.91, && \text{特大暴雨过程。} \end{aligned}$$

利用东北地区明显暴雨过程评估等级划分指标, 对东北地区 1961 年以来的 45 个明显暴雨过程的评估等级类型进行了划分, 其中特大暴雨过程 3 个, 位居历史第 1 位的特大暴雨过程是 1975 年 7 月 29 日–8 月 1 日的暴雨过程, 4 d 内东北地区出现暴雨 96 站次, 96 站次暴雨平均量为 93.0 mm, 96 站次中最大暴雨量为 331.7 mm; 重大暴雨过程 6 个; 较大暴雨过程 13 个, 一般暴雨过程 23 个。

2.3 明显暴雨过程异常气候重现期评估指标

明显暴雨过程对经济建设、社会发展、人民生活常常造成不良影响,有的则造成人民生命财产损失,甚至是重大损失。另外,各级政府不仅关心明显暴雨过程降水的量值大小,而且还非常想知道这种事件出现几率的大小,是常见事件,还是稀遇事件,以便进行科学的防灾、抗灾、减灾或救灾决策。因此,对明显暴雨过程进行异常气候重现期评估是十分必要的。

2.3.1 东北地区明显暴雨过程综合评估指数的正态性检验

为了进行异常气候重现期评估,首先要考察明显暴雨过程综合评估指数的概率分布函数,这里采用文献[11]的方法,我们先验证一下东北地区明显暴雨过程综合评估指数序列(指作为异常气候重现期评估样本序列,下同)是否服从正态分布。

正态分布函数以平均值为对称中心,若样本所述总体为非正态分布会产生峰左偏或峰右偏,峰高过低(平坦峰)或者峰高过低(锐窄峰)。峰的偏移用偏度表示,峰高用峰度表示。

设某一随机变量 x 的偏度(C_s)和峰度(C_e)为:

$$C_s = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{3}{2}}}, \quad (5)$$

$$C_e = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^2} - 3, \quad (6)$$

式中: x_i 为时间序列的一个样本; n 为样本个数; \bar{x} 为序列平均值。

理论上而言,服从正态分布的随机变量的偏度应为 0,峰度也应为 0,发生峰偏移或峰高过高、过低, C_s 和 C_e 值显然要偏离理论值。可以用峰度和偏度检验临界值作为判断样本是否符合正态分布的依据^[9],具体做法如下:假设要检验的变量是遵从正态分布,则在显著水平 $\alpha = 0.05$ 下

$$|C_s| > 1.96 \sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}}, \quad (7)$$

$$|C_e| > 1.96 \sqrt{\frac{24(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}}, \quad (8)$$

则拒绝假设,认为变量不遵从正态分布,否则就可以认为变量遵从正态分布。

经计算,东北地区明显暴雨过程综合评估指数序列偏度 C_s 为 0.97,峰度 C_e 为 0.43,而式

(7)、(8)式中判据标准分别为 0.67 和 1.21,偏度值不满足要求,因此东北地区明显暴雨过程综合评估指数序列不符合正态分布。这里对东北地区明显暴雨过程综合评估指数序列进行了开立方根变换,变换后,偏度值为 0.24,峰度值为 -0.91,符合正态分布。这样可以利用变换后的序列实现异常气候重现期的求取。

2.3.2 东北地区明显暴雨过程异常气候重现期评估指标

由于经过变换的东北地区明显暴雨过程综合评估指数序列符合正态分布,因此根据正态函数概率分布表^[12]得到经过变换后的东北地区明显暴雨过程综合评估指数序列的异常气候重现期指标,然后再进行立方还原,从而可以得到东北地区明显暴雨过程异常气候重现期评估指标(表 1)。

表 1 东北地区明显暴雨过程异常气候重现期评估指标

重现期 /年	评估指标	重现期 /年	评估指标	重现期 /年	评估指标
5	1.28	50	2.37	500	3.40
10	1.62	100	2.71	1 000	3.71
20	1.95	200	3.00	10 000	4.70
30	2.15	300	3.22		

按照重现期评估指标,考察东北地区历史上 45 个明显暴雨过程发现,达到 5 年一遇的暴雨过程有 7 次,达到 10 年一遇以上的暴雨过程有 3 次,达到 20 年一遇的暴雨过程有 1 次,没有出现 30 年一遇的暴雨过程,达到 50 年一遇的暴雨过程有 1 次,即 1975 年 7 月 29 日 - 8 月 1 日的暴雨过程,其综合评估指数达到了 2.7,接近 100 年一遇的评估指标,到目前为止,东北地区未出现 100 年一遇以上的明显暴雨过程。

2.4 2001 年、2002 年明显暴雨过程试评估

利用上述明显暴雨过程综合评估指数评估等级指标以及异常气候重现期评估指标,对 2001 年、2002 年出现的明显暴雨过程进行了评估。2001 年的明显暴雨过程东北地区出现 2 次,其中 2001 年 7 月 1 - 4 日的明显暴雨过程,出现暴雨 35 站次,暴雨平均量为 75.8 mm,最大日雨量为 156.7 mm,其综合评估指数为 0.46,属一般暴雨过程,此外,2001 年 7 月 25 - 28 日又出现一次明显暴雨过程,出现暴雨 42 站次,暴雨平均量为 87.2 mm,最大日雨量为 244.4 mm,其综合评估指数为 1.28,属较大暴雨过程,达到了 5 年一遇。2002 年东北地区没有出现达到评估标准的明显暴雨过程。

3 结语

(1) 从范围和强度方面对东北地区明显暴雨过程进行了定义, 东北地区的明显暴雨过程主要出现在 7-8 月。

(2) 利用平均降水量指标, 区域最大日降水量指标和暴雨出现范围指标构建了明显暴雨过程综合评估指数, 确定了东北地区明显暴雨过程评估等级标准; 建立了东北地区明显暴雨过程异常气候重现期评估指标。

(3) 经对 2001 年, 2002 年明显暴雨过程的评估, 可以认为利用气象资料采用数理统计等方法对明显暴雨过程进行评估, 方法实用可行, 可操作性强, 可以满足快速、及时评估等气象服务的需求, 对于提高决策气象服务的及时性意义重大。

(4) 在综合评估指数的建立过程中, 对各单一指标采用了等权重相加的方法, 这样是否合理, 还有待于进一步深入研究。

参考文献:

[1] 姜爱军, 杜银, 谢志清, 等. 中国强降水过程时空集中度气

候趋势[J]. 地理学报, 2005, 60(6): 1007-1014.

- [2] Zhang Lujun, Qian Yongfu. A study on the feature of precipitation concentration and its relation to flood producing in the Yangtze River Valley of China [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2003, 47(4): 622-630.
- [3] 周小兰, 王登炎, 王建生, 等. 湖北省集中暴雨特征分析[J]. 气象科技, 2006, 34(4): 405-409.
- [4] 牛叔超, 朱桂林, 刘月辉. 致洪大暴雨的风险评估及气象效益[J]. 气象科技, 2000, 28(1): 30-32, 35.
- [5] 李纪人, 丁志雄, 黄诗峰, 等. 基于空间展布式社经数据库的洪涝灾害损失评估模型研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2003, 1(2): 104-110.
- [6] 李观义. 基于 GIS 的洪灾损失评估技术及其应用[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(4): 97-100.
- [7] 刘敏, 杨宏青. 湖北省雨涝灾情评估模式的研究[J]. 湖北气象, 2001, (2): 16-18.
- [8] 张会, 张继权, 韩俊山. 基于 GIS 技术的洪涝灾害风险评估与区划研究——以辽河中下游地区为例[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 141-146.
- [9] 王腊春, 许有鹏. 太湖流域洪涝灾害损失模拟及预测[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(1): 33-39.
- [10] 邓国, 李世奎. 中国农业灾害风险评价与对策[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 127.
- [11] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 25-27.
- [12] 丁士晟. 多元分析方法及其应用[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1981: 601-602.

Study on Evaluating Method of Heavy Rainfalls in Northeast China

Xi Zhuxiang¹, Sun Li² and Liu Shi³

(1. Jilin Meteorological Observatory, Changchun 130062, China;

2. Jilin Meteorological Bureau, Changchun 130062, China;

3. JiLin meteorological science institute, Changchun 130062, China)

Abstract: According to daily rainfall statistics, rainfall characteristics during 1961 to 2000 in Northeast China are analyzed. Single and synthetic evaluating indexes reflecting rainfall severities are established and evaluating grades to rainfalls are fixed accordingly. A normality test is practiced to the synthetic evaluating indexes by using the kurtosis and skewness coefficients of the indexes. Evaluating indexes for recurrence interval of infrequent climates are given. Evaluating targets of recurrence of unusual climates are given for the altered synthetic evaluating indexes obey the normal distribution. By using the indexes of evaluating grades and the evaluating targets of the recurrence of unusual climates, rainfalls during 2001 and 2002 are evaluated. It is showed that the method is practical and feasible to satisfy meteorology services rapidly and timely.

Key words: rainfalls; evaluating method; normal distribution; Northeast China