

文章编号:1673-8411 (2017) 03-0008-05

海南省区域性暴雨过程综合强度评估方法研究

吴慧^{1, 2}, 邹燕³, 朱晶晶², 邢彩盈², 马玉霞¹

(1.兰州大学大气科学学院, 兰州 73000; 2.海南省气候中心, 海口 570203; 3.福建省气候中心, 福州 350001)

摘要: 利用 1961–2014 年海南省逐日降水量资料和 4 个暴雨过程评估单项指标, 采用百分位法建立分项等级评估指标, 再分别利用等权重法和百分位法建立区域性暴雨过程综合强度的定量评估模型和确定综合强度等级划分标准。利用该模型对海南省历史上发生的不同等级区域性暴雨过程进行了检验, 并对 2015 年夏、秋季和 2016 年夏季的 9 次区域性暴雨过程进行评估应用检验。结果表明: 综合考虑区域性暴雨过程的极端强度、持续时间和影响范围等不同指标构建的区域性暴雨过程评估模型, 可以较为客观和全面反映海南省区域性暴雨过程的综合强度, 并能实现对当地区域性暴雨过程的逐日滚动评估, 可较好地满足当地区域性暴雨事件快速、准确评估的业务和服务需求。

关键词: 区域性暴雨过程; 综合强度; 定量评估; 海南省

中图分类号: P456 **文献标识码:** A

Study of Integrated Intensity Assessment of Regional Rainstorm Process in Hainan province

Wu Hui¹, Zou Yan², Zhu Jing-jing¹, Xing Cai-Ying¹, Ma Yu Xia¹

(1.Hainan Provincial Climate Center, Haikou 570203, China; 2.Fujian Provincial Climate Center, Fuzhou 350001, China; 3.Fujian Provincial Climate Centre, Fuzhou Fujian 350001)

Abstract: Based on the daily precipitation in Hainan Province from 1961 to 2014 and four indicators of the rainstorm process assessment, the quantitative assessment model of regional rainstorm process was established by equal weight method and percentile method. And the percentile method was used to establish the index of grading assessment to determine the integrated intensity classification criteria. The model was applied to test different levels of regional rainstorm processes in the history of Hainan Province. The nine regional rainstorm processes during the summer of 2016 and the summer and autumn of 2015 were also evaluated and tested. The results show that the regional rainstorm process assessment model based on the extreme intensity, duration and influence range can reflect the integrated intensity of the regional rainstorm process in Hainan Province objectively and comprehensively. Daily rolling evaluation of the regional rainstorm process in Hainan Province can also be achieved, which can meet the profession and service needs of a rapid and accurate regional rainstorm event assessment.

Key words: regional rainstorm process; integrated intensity; quantitative assessment; Hainan

暴雨是华南最重要的灾害性天气之一, 如何快速、准确地评估暴雨过程的综合强度, 给出暴雨灾害

的影响评估, 是做好暴雨灾害性天气监测、预警服务的重要基础, 也是气候影响评价业务的基本要求, 对

收稿日期: 2017-03-26

基金项目: 海南省自然科学基金项目(414197), 中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2013M39)。

作者简介: 吴慧(1970-), 女, 海南海口人, 高工, 主要从事气候分析和预测工作。

于政府部门及时准确的作出暴雨防灾减灾决策意见、最大程度降低灾害损失具有重要意义。关于华南暴雨的研究大部分集中于某次过程的诊断分析^[1-4],或者是暴雨的气候学研究^[5-6],但是暴雨灾害评估的研究相对少。暴雨灾害评估包括对暴雨事件本身的评估和暴雨灾害影响的评估两部分^[7]。前者侧重于利用气象观测资料建立评估模型对暴雨的综合等级进行划分,时效快、历史可比性和实用性强;后者侧重于通过收集气象资料和灾情数据建立评估模型,对暴雨所造成的灾害和影响进行等级评估,评估结果时效相对较慢、历史可比性和实用性相对差。前人关于暴雨综合强度(等级)的判定,主要分为两类,一类是根据描述某一方面的降水数据和参考灾情损失数据确定^[8-9],另一类是近年来一些学者尝试的新方法,将影响区域性暴雨过程的多个不同侧面指标进行标准化处理后,利用不同的方法如相关系数法、等权重法、主成分分析法等综合评价方法建立综合强度评价指标^[10-14],较早期依据单一指标的方法有较大改进。但由于不同区域暴雨过程的特点不同,在进行区域性暴雨过程综合强度指标研究时,有必要根据当地降水特点,给出恰当的区域性暴雨过程识别标准,利用合适的综合评价方法从描述暴雨过程的多个侧面建立适合于当地的区域性暴雨过程综合强度评估模型,并在业务应用中不断完善。海南省是我国著名的暴雨中心区之一,做好暴雨过程综合强度定量评估工作需求尤为迫切。过去我省的评估工作侧重于单项指标的定量评估,对综合评估的定量化研究不足。本文在充分考虑海南省暴雨过程极端强度、持续时间和暴雨范围的基础上,选取区域最大日降水量、区域最大过程降水量、区域暴雨范围和区域暴雨持续时间 4 个暴雨过程指标,分别利用等权重法和百分位法,建立了海南省区域性暴雨过程综合强度评估模型和综合强度等级划分标准,以期对海南省区域性暴雨事件的快速、定量评估业务和相关决策服务提供科学的参考依据。

1 资料和方法

1.1 资料

本研究所用资料为海南省 18 个国家地面气象观测站 1961–2014 年逐日降水量资料,日资料的统计时段为 20 时–20 时,数据来源于海南省气象信息中心,并经过严格的质量控制。

1.2 方法

1.2.1 区域性暴雨过程定义

海南省区域性暴雨过程是在海南省区域性暴雨日的基础上定义的。规定海南省区域性暴雨日为:海南省国家气象观测站中,至少有六分之一的站在同一天出现暴雨。考虑到海南省区域性暴雨过程的特点,有时区域性暴雨开始后,会有短暂的雨量减小期,但其后续暴雨对灾害的影响仍然持续并加大,因此定义海南省区域性暴雨过程为:海南省区域性暴雨日持续天数 $\geq 1d$,中间允许有 1d 间断但间断日需满足以下条件之一:(1) 全省内至少有 1 个站降水量 $\geq 50mm$;(2) 全省内至少有 5 个站降水量 $\geq 25mm$ 。区域性暴雨过程的开始日为第一个区域性暴雨日,区域性暴雨过程的结束日为最后一个区域性暴雨日。

1.2.2 区域性暴雨过程综合强度评估模型建立方法

区域性最大日降水量、区域性最大过程降水量、区域性暴雨范围和区域性暴雨持续时间可比较全面反映区域性暴雨过程的极端强度、范围和持续时间^[12],因此利用这 4 个指标序列来综合评价海南省区域性暴雨过程的综合强度。这里的区域最大日降水量、区域最大过程降水量、区域性暴雨范围和区域性暴雨持续时间,分别指的是在区域性暴雨过程中各站出现的日降水量的最大值、过程降水量的最大值、出现暴雨的总站数、第一个区域性暴雨日至最后一个区域性暴雨日的持续时间。

首先分别对 4 个序列的数据进行标准化处理,消除量纲的影响。其次按各指标序列的三个百分位数 50%、80%和 95%作为它们的等级划分阈值,当百分位数范围在 $[0, 50\%]$, $[50\%, 80\%]$, $[80\%, 95\%]$, $[95\%, 100\%]$ 时,分别对应 4 个序列的轻、中、重、特重等级。第三,利用等权重法确定 4 个指标的权重系数,构建区域性暴雨过程的综合强度评价模型(见公式 1),计算出历次区域性暴雨过程的综合强度。综合强度等级也仍然按上述的百分位数范围确定。之所以利用等权重法确定 4 个指标的权重系数,是因为在参考前人研究中利用相关系数法^[12,15]确定权重系数时,发现四个系数的值都非常接近,为方便起见,改为等权重系数。

$$I_z = A \times I_1 \times R_1 + B \times I_2 \times R_2 + C \times I_3 \times R_3 + D \times I_4 \times R_4 \quad (1)$$

公式中, I_z 为区域性暴雨过程综合强度指数; I_1 、 I_2 、 I_3 和 I_4 分别是区域最大日降水量、区域最大过程降水量、区域暴雨范围和区域暴雨持续时间 4 个指标的分项评估等级; R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 分别是 4 个指标

的标准化值;A、B、C 和 D 分别为 4 项指标的权重系数,统一取值为 1。

2 结果分析和应用

2.1 区域性暴雨过程的主要等级指标

根据上述方法,获得海南省区域性暴雨过程的分项和综合强度划分等级指标如表 1 所示。可以看出,对于海南省而言,区域性暴雨过程总体具有影响范围大、极端降水强度强、持续时间短的特点。在单项划分等级指标中,影响范围达到 12 站(占总站数的 66.7%)以上等级才达到重度以上;最大日降水量和最大过程降水量分别达到 260.8mm 和 280.4mm 以上等级才达到重度以上;而持续时间只要达到 3d 以上等级即可达到重度以上。综合强度等级达到 7.0 以上可达到重度以上。这样的评估指标不但能清楚的划分出不同等级区域性暴雨过程的单项等级和综合等级,而且还可以对相同等级的区域性暴雨过程进行排序。

2.2 区域性暴雨过程的时间分布特征

根据表 1 的区域性暴雨过程的综合强度等级划分指标,对海南省区域性暴雨过程的时间分布特征进行统计。海南省区域性暴雨过程一年四季皆可发生,影响时间很长。最早开始的年份在 2 月即开始出现(2001 年 2 月 25 日),最晚结束的年份到 12 月才结束(2008 年 12 月 28 日)。区域性暴雨过程在 5~10 月出现较多,占全年总数的 86.6%,8~10 月最集中,占全年总数的 53.1%。发生最多的季节是夏季和秋季。重度以上等级的区域性暴雨过程的发生也具有明显的季节特点,一般只发生在 5~11 月,其中 7~10 月较多,高峰月出现在 10 月,发生最多的季节是秋季(图 1),这种分布特征与海南省秋季暴雨洪涝灾害最重、夏季次之、冬春季无涝而干旱较为频繁的事实相符合。

2.3 区域性暴雨过程综合强度评估的历史个例检验

1961~2014 年间,海南省共出现过 543 次区域

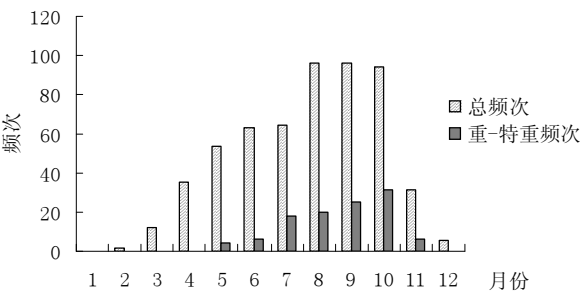


图 1 不同月份海南省区域性暴雨过程频次分布

性暴雨过程,其中轻度过程 276 次,中度过程 165 次,重度过程 82 次,特重过程 28 次。即平均每年发生区域性暴雨过程 10.1 次,其中轻度过程 5.1 次,中度过程 3.0 次,重度过程 1.5 次,特重过程 0.5 次。最强的前 5 次过程分别为 2010 年 10 月上旬的过程、2000 年 10 月中旬的过程、2001 年 8 月下旬的过程、2010 年 10 月中旬的过程和 1967 年 9 月中旬的过程(表 2)。对比《中国气象灾害大典》(海南卷)^[16]、海南省三防办和海南省民政厅统计的灾情数据和社会影响描述,5 次暴雨过程的综合强度评估结果与记载的暴雨灾情和社会影响一致性较好。如 2010 年 10 月上旬的暴雨过程,海南省有 16 个市县 273.88 万人受灾,3 人死亡,工农业生产和交通运输受到极大影响,直接经济损失 91.3963 亿元,为 1951 年以来受灾人口最多、直接经济损失最重、社会影响最大的一次罕见的暴雨灾害事件。而重度暴雨过程和中度暴雨过程对应的暴雨灾害损失和社会影响依次减少,轻度暴雨过程基本无负面影响,说明该模型的历史评估结果较为可靠。当然对于台风暴雨过程,由于风灾和雨灾的共同影响或者主要是风灾的影响,使一些暴雨灾害事件的总损失很大,但剔除了风灾的影响后,暴雨综合等级与暴雨灾害损失和社会影响的一致性也非常好。

本文研制的综合强度评估指标还可以逐日滚动进行,可满足政府部门及时了解暴雨过程不同发展

表 1 海南省区域性暴雨过程的主要等级指标一览表

评估等级	最大日降水量 (mm)	最大过程降水量 (mm)	持续时间 (d)	暴雨范围 (站)	综合强度指数	评估等级
1	[50. 0, 130. 6)	[50. 0, 169. 0)	1	[3, 6)	[-3. 6, -1. 1)	轻
2	[130. 6, 206. 8)	[169. 0, 280. 3)	2	[6, 12)	[-1. 1~7. 0)	中
3	[206. 8~326. 4)	[280. 3, 436. 0)	3	[12, 16)	[7. 0~20. 7)	重
4	[326. 4, +∞)	[436. 0, +∞)	≥4	[16, 18]	[20. 7, +∞)	特重

表 2 海南省史上前 5 位最强区域性暴雨过程一览表

序号	暴雨发生时间	暴雨持续时间 (d)	暴雨范围 (站)	最大日降水量 (mm)	最大过程降水量 (mm)	综合强度指数
1	2010.10.1-9	9	17	614.7	1488.1	100.2
2	2000.10.11-16	6	18	578.7	900.8	69.7
3	2001.8.28-30	3	18	644.6	811.1	55.4
4	2010.10.13-18	6	16	288.4	692.0	44.8
5	1967.9.13-20	8	13	229.1	496.5	44.1

表 3 2015 年夏、秋季和 2016 年夏季海南省区域性暴雨过程综合评估和检验

暴雨发生时间	暴雨持续时间 (d)	暴雨范围 (站)	最大日降水量 (mm)	最大过程降水量 (mm)	综合强度指数	综合评估等级	人员伤亡	直接经济损失 (万)	备注
2015.7.28	1	3	94.5	94.5	-2.8	轻度	0	0.00	无灾
2015.10.3-4	2	5	80.1	117.7	-0.7	轻度	0	114687.00	风灾
2015.10.11	1	5	114.1	114.1	-2.0	轻度	0	0.00	无灾
2016.6.29	1	3	116.0	116.0	-2.4	轻度	0	0.00	无灾
2016.7.27	1	8	148.5	148.5	-1.0	轻度	0	32283.00	风灾
2015.9.14-15	2	12	154.1	182.5	4.3	中度	0	10.00	风灾
2015.6.23	1	5	329.8	329.8	10.3	重度	0	8843.59	风灾为主
2015.7.19-20	2	14	382.9	392.5	20.8	特重	0	4529.99	雨灾为主
2016.8.17-19	3	18	501.8	982.3	53.5	特重	4	272962.00	雨灾为主

阶段的综合强度定位。以 2010 年 10 月 1-9 日的非台区域性暴雨过程为例,在暴雨发生的第 3 天早晨至第 10 天早晨进行评估,所得结论依次为:第 3 天早晨(综合强度指数 6.8,中度等级);第 4 天早晨(综合强度指数 16.5,重度等级);第 5 天早晨(综合强度指数 32.1,特重等级);第 6 天早晨(综合强度指数 69.3,特重等级,为海南省史上综合强度第三强的区域性暴雨过程);第 7 天早晨(综合强度指数 82.0,特重等级,为海南省史上综合强度第二强的区域性暴雨过程);第 8、第 9、第 10 天早晨(综合强度指数分别为 90.1、95.3、100.2,特重等级,为海南省史上综合强度最强的区域性暴雨过程)。综合强度指数可较好地评估出该次暴雨过程综合强度的演变和发展情况。

2.4 区域性暴雨过程综合强度评估的业务应用

为了检验该模型对后续发生的海南省区域性暴雨过程的综合评估能力,对 2015 年夏、秋季和 2016 年夏季发生的 9 次区域性暴雨过程进行评估检验。其综合强度等级评估结果如表 3 所示。评估出 5 次轻度暴雨过程,其中有 3 次为非台暴雨过程,无灾情出现;有 2 次为台风暴雨过程,因风灾影响出现不同程度损失(2015 年 10 月 3-4 日,受超强台风“彩虹”大风影响,海南省有 15 个市县 101.869 万人受灾,直接经济损失 11.4687 亿元;2016 年 7 月 27 日,受台风“银河”大风影响,海南省 16 个市县 18.578 万人受灾,直接经济损失 3.2283 亿元)。评估出非台暴雨过程中度等级 1 次,直接经济损失 10.00 万元。评

估出台风暴雨过程重度等级 1 次(2015 年 6 月 23 日),风雨灾共造成直接经济损失 8843.59 万元,以风灾为主。评估出台风暴雨过程特重等级 2 次,暴雨过程综合强度指数分别为 20.8 和 53.5,直接经济损失分别为 4529.99 万元和 27.2962 亿元,以雨灾为主。可见,排除风灾的影响,暴雨过程综合强度指数与灾情也有比较好的对应关系,综合强度指数越强,暴雨灾害越严重。说明该评估模型较为稳定和合理,可以投入业务使用。

3 结论和讨论

(1)本文利用区域最大日降水量、区域最大过程降水量、区域暴雨范围和区域暴雨持续时间 4 个指标序列从区域性暴雨过程的强度、范围和持续时间三个方面反映海南省区域性暴雨过程的综合强度,该方法对海南省历史上的区域性暴雨过程的综合评估合理,评估方法快捷方便。暴雨综合指数可清楚的划分出不同等级区域性暴雨过程的强度,且可对同等级区域性暴雨过程强度进行排序。在实际业务工作中,暴雨评估还可以逐日滚动进行,满足政府部门对暴雨过程不同阶段强度定位及时了解的需求。

(2)对 2015 年夏秋季和 2016 年夏季的 9 次区域性区域性暴雨过程的评估试验表明,该评估模型较为稳定、合理,可以投入气候业务使用。如果将评估中的实况暴雨资料用预报资料代替,则可利用该模型对海南省区域性暴雨过程综合等级作出预估,但其准确性与预报准确率有关。

参考文献:

- [1] 陈见, 高安宁, 唐文. 广西超大范围锋面暴雨发生特征及预报方法研究 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (1): 7-12.
- [2] 刘桂华, 李永, 荣黄河, 等. 2015 年 5 月桂北两次暴雨天气过程对比分析 [J]. 气象研究与应用, 2016, 37 (1): 38-42.
- [3] 陈刘凤, 叶骏菲, 林开平, 等. 桂东北一次典型暴雨过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2016, 37 (2): 25-29.
- [4] 苏兆达, 赖雨薇, 韦覃武, 等. 一次边界层急流触发的大范围暴雨过程诊断分析 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (4): 53-58+131.
- [5] 何小娟, 丁治英. 广西北部湾地区台风暴雨的统计特征 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (2): 31-35+53.
- [6] 覃卫坚, 李耀先, 覃志年. 广西暴雨的区域性和连续性研究 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (4): 1-4.
- [7] 李崇银, 黄荣辉, 丑纪范, 等. 我国重大高影响天气气候灾害及对策研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2009, 51-53.
- [8] 朱炳海. 中国夏季降水强度的分析 [J]. 气象学报, 1955, 26 (4): 249-268.
- [9] 李春梅, 刘锦銮, 潘蔚娟, 等. 暴雨综合影响指标及其在灾情评估中的应用 [J]. 广东气象, 2008, 30 (4): 1-4.
- [10] 裴祝香. 吉林省重大暴雨过程评估方法研究 [J]. 气象科技, 2008, 36 (1): 78-81.
- [11] 陈艳秋, 袁子鹏, 盛永, 等. 辽宁暴雨事件影响的预估和灾后速评估 [J]. 气象科学, 2007, 27 (6): 626-632.
- [12] 邹燕, 叶殿秀, 林毅, 等. 福建省区域性暴雨过程综合强度定量评估方法 [J]. 应用气象学报, 2014, 25 (3): 360-364.
- [13] 郑国, 薛建军, 范广州, 等. 淮河上游暴雨事件评估模型 [J]. 应用气象学报, 2011, 22 (6): 753-759.
- [14] 袁慧敏, 王秀荣, 范广州, 等. 长江中下游沿江地区暴雨过程综合评估模型及应用 [J]. 气象, 2012, 38 (10): 1189-1195.
- [15] 吕晓男, 陆允甫, 王人潮. 土壤肥力综合评价初步研究 [J]. 浙江大学学报, 1999, 25 (4): 378-382.
- [16] 吴岩峻. 中国气象灾害大典 (海南卷) [M]. 北京: 气象出版社, 2008: 40-120.

欢迎订阅 2018 年《气象研究与应用》

《气象研究与应用》是广西壮族自治区气象局主管、广西气象学会主办、科学出版社出版的综合性技术刊物,是"中国科技论文统计与分析"统计源期刊、"中国科学引文数据库来源期刊"核心期刊,被《中国核心期刊(遴选)数据库》收录。

《气象研究与应用》主要刊登气象科学有关分支学科的新理论、新技术及其应用的研究论文,气象业务现代化建设的进展和技术经验及科研成果,天气气候总结,各项气象业务的技术经验,开展减灾防灾气象服务的技术方法等。本刊设有天气气候、应用气象、大气监测与装备技术、工作研究及其他等栏目。

《气象研究与应用》面向全国,适合气象、农林、水文、地理、民航、海洋、环保、地质、交通运输、商业等部门科技人员阅读,亦可供有关大专院校的师生参考。

《气象研究与应用》面向全国,适合气象、农林、水文、地理、民航、海洋、环保、地质、交通运输、商业等部门科技人员阅读,亦可供有关大专院校的师生参考。

《气象研究与应用》为季刊,2018 年每期定价 30.0 元,全年定价 120.0 元(含邮费)。

2018 年《气象研究与应用》增刊 1、增刊 2,每本定价 50.0 元(含邮费)。

另有少量各年的《气象研究与应用》合订本,每年每本定价 150.0 元(含邮费)。

订费请转账至:户名:广西气象学会

账号:20-007001040000573

开户行:中国农业银行南宁园湖支行

联系电话:0771-5848935。E-mail:qxjy@163.com。

地址:广西南宁市民族大道 81 号气象大厦《气象研究与应用》编辑部,邮编:530022。