

朱星球,许彬,张超美. 属性层次模型在台风灾害评估中的应用[J]. 干旱气象, 2014, 32(5): 857-861, [ZHU Xingqiu, XU Bin, ZHANG Chaomei. Application of Attribute Hierarchical Model in the Evaluation of Tropical Cyclone Disaster in Jiangxi Province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(5): 857-861], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-05-0857

属性层次模型在台风灾害评估中的应用

朱星球¹, 许彬¹, 张超美²

(1. 江西省气象台, 江西 南昌 330046; 2. 江西省气候中心, 江西 南昌 330046)

摘要:为了评估台风的灾害影响程度, 本文分析了1971~2012年影响江西的台风灾害特征, 引入了属性层次模型(AHM), 基于风、雨、气旋等气象因素计算综合影响指数, 对1971~2012年影响江西的台风进行了灾害评估。另外, 综合考虑风雨因素和承灾体的易损性, 建立单个台风的灾害分布评估模型, 对单个台风在不同区域的影响进行评估。对比灾情损失来看, 此评估模型可以为开展防台减灾和灾后重建提供定量、定点的参考数据。

关键词: 台风; 江西; 属性层次模型; 灾害评估; 气象因子

文章编号: 1006-7639(2014)-05-0857-05 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-05-0857

中图分类号: P49

文献标识码: A

引言

台风对江西的影响一般是利大于弊, 即使造成灾情, 灾情也不及浙江、广东等沿海省份严重, 但是台风灾害评估方法对防台减灾、援灾重建工作具有重要的意义。灾害评估的主要方法有数理统计法、实验模拟法、数学模型法、遥感 GIS 法。李春梅等^[1]将层次分析法和专家打分法应用于广东省热带气旋灾害影响评估模式中, 可以定量地估算出热带气旋的可能直接经济损失; 刘少军等^[2]采用可拓分析方法, 建立基于 GIS 的台风灾害损失评估模型, 用来实现台风灾害的动态评估; 施素芬等^[3]用模糊聚类方法对 1949~2004 年影响浙江省的重大台风灾害进行了分析对比; 丁燕等^[4]建立了基于统计方法的台风灾害模糊风险评估模型, 从致灾因子的强度、孕灾环境的稳定性和承载体的易损性角度对台风灾害进行了风险评估。上述工作中, 只有李春梅等^[1-2]的工作可以实现灾害的灾前、灾中和灾后的动态评估。程乾生^[5]提出了属性层次模型(AHM), 一种无结构决策方法, 与文献^[1-2]相比较, 属性层次模型分析问题避免了大量的计算, 简单有效。本文利用属性层次分析法, 建立评估模型, 对影响江西的台风进行灾害评估。

1 影响江西的台风特征

1971~2012 年有 80 个台风减弱后的强热带风暴(热带风暴、热带低压)影响江西, 进入江西的有 62 个, 其中只有 9417 号台风进入时强度为强热带风暴等级, 其它均为热带风暴及以下等级。从赣州进入江西的有 45 个, 从上饶进入的有 12 个, 从鹰潭、九江、吉安、萍乡等地进入的有 5 个, 影响比较严重的有 2005 年第 13 号台风“泰利”、7504 等, 造成较大范围洪涝; 此外, 还有 18 个未进入江西却给江西带来了风雨影响, 如 2012 年第 11 号台风“海葵”对赣东北造成了严重影响。影响江西的台风中, 其中有 89% 的台风出现在 7~9 月, 其余月份分别是 5 月(2 个)、6 月(2 个)、10 月(4 个)、11 月(1 个)。台风对江西的影响时间绝大部分在 2~4 d, 最长时间是 7504 号台风, 影响了 9 d。

2 影响江西的台风灾害

台风对江西的主要影响是暴雨(大暴雨、特大暴雨)、台风大风及其带来的次生和衍生灾害。

2.1 台风暴雨

台风通常在江西省造成局部暴雨, 甚至大范围暴雨, 造成部分中小河流大洪水甚至特大洪水, 尤其

收稿日期: 2013-11-24; 改回日期: 2014-03-03

基金项目: 2011 年江西省气象局重点项目“江西省决策气象服务数据库建设”资助

作者简介: 朱星球(1978-), 女, 湖南双峰人, 副高, 主要从事决策气象服务. E-mail: juecke@126.com

是出现在溪河中的特大山洪,除其自身冲毁农田、村庄及各种建筑物外,还通常会引发滑坡、坍塌、泥石流等突发性地质灾害。有些台风造成的大面积暴雨,还会在较大河流引发大洪水或特大洪水,造成大范围洪涝灾害^[6]。

80 次台风过程中,有 45 次出现了区域性的暴雨(大暴雨)过程,其中 7504、9608、0513、0605 等台风造成江西较大范围的洪涝灾害。暴雨范围以 8411 号台风过程为最广,有 44 个县(市)次暴雨、28 县(市)次大暴雨。造成特大暴雨(24 h 雨量超过 250 mm)的台风过程有 3 次,分别是 2012 年第 11 号台风“海葵”、0513 号台风“泰利”和 7504 号台风。除 7315 号(进入江西时为热带低压)、8015 号台风(进入江西时为热带风暴)、9607 号台风外,其它的台风过程都在江西造成了暴雨天气。

2.2 台风大风

鄱阳湖高水时湖面面积巨大,出现较大风(6 级以上)时,易发生增减水和定振波,与波浪三者重合,剧烈的水面起伏对岸边圩堤安全构成很大威胁^[7]。鄱阳湖周围圩堤高水时期在大风造成的增水与定振波作用下,险情必定加剧。8012 台风大风造成了九江县的前湖圩、鄱阳县的高集圩、南昌县的四角圩及永修县的荷溪圩等多座中小圩堤决口;0513 号台风“泰利”大风造成安义县青湖圩溃决。9905 号台风影响期间,只造成个别地方暴雨天气,但正值鄱阳湖大水时期(都昌水文站水位 21.43 ~ 21.52 m,超警戒水位 2.43 ~ 2.52 m),鄱阳湖沿湖各县出现的 7~8 级台风大风,对湖周围 24 座千亩以上圩堤的溃决起了重要作用。

80 次台风过程中,有 41 次出现了大范围 6 级以上大风天气,其中 25 次出现了大范围 8 级以上大风天气,范围最广的是 7613 和 9608 号台风,分别有 37 和 32 个县市出现 8 级以上大风天气。最近 10 a 中,0513 号台风“泰利”和 0519 号台风“龙王”分别有 14、13 个县市出现大风。

3 台风灾害评估模型

3.1 属性层次模型

层次分析法(AHP)解决的主要问题之一就是如何将有关定性风险因素定量化,在自然灾害风险识别研究中具有重要的理论意义和广泛的应用价值。程乾生^[5]提出了一种新的无结构决策方法——属性层次模型(AHM),比层次分析法(AHP)更便于计算,为气象灾害风险承受能力与控制能力的评价与风险决策问题提供了更实用、更科学的依

据。用属性层次模型(AHM)进行决策,首先是建立合理的递阶层次结构^[8],一般分为目标层、准则层和方案层,见图 1。然后采用专家打分法,将方案层的指标两两比较,按表 1 所示的 1~9 比例标度进行重要性评分,建立准则层对标准层的 AHP 判别矩阵(a_{ij})。 $a_{ij} = k$ 表示第 i 个与第 j 个元素指标相比,评分得到其标度为 k 。

表 1 1~9 比例标度
Tab.1 The proportion quotiety

标度	含义
1	2 个元素相比,具有相同重要性
3	2 个元素相比,前者比后者稍微重要
5	2 个元素相比,前者比后者明显重要
7	2 个元素相比,前者比后者强烈重要
9	2 个元素相比,前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	上述相邻判断的平均值
倒数	若因素 i 与因素 j 重要性之比为 a_{ij} , 因素 j 与因素 i 重要性之比为 $1/a_{ij}$

再将矩阵 $a_{ij}1 \leq i, j \leq n$ 由公式(1)转换成 AHM 属性判断矩阵 $u_{ij}1 \leq i, j \leq n$,并由公式(2)计算其属性权重 w ,结果见表 2。

$$u_{ij} = \begin{cases} \frac{k}{k+1}, & a_{ij} = k, i \neq j \\ \frac{k}{k+1}, & a_{ij} = \frac{1}{k}, i \neq j \\ 0, & a_{ij} = 1, i = j \end{cases} \quad (1)$$

$$w = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n u_{ij}, 1 \leq i \leq n \quad (2)$$

表 2 AHM 属性判断矩阵和相对属性权重

Tab.2 The comparison matrix and attribute weight by using AHM

	U_1	U_2	……	U_n	权重
U_1	U_{11}	U_{12}	……	U_{1n}	$W(1)$
U_2	U_{21}	U_{22}	……	U_{2n}	$W(2)$
……	……	……	……	……	……
U_n	U_{n1}	U_{n2}	……	U_{nn}	$W(n)$

属性层次模型(AHM)与层次分析法(AHP)相比较运用于决策问题的优越性:AHM 方法不必对判断矩阵做一致性检验,并且不用求特征值与特征向量计算权重,计算易实现。

3.2 评估模型

3.2.1 影响江西的热带气旋综合评估模型

对 1971 年以来的的影响江西的 80 个台风用属性层次模型(AHM)建立模型。根据 AHM 方法构建原则,最高层的综合评估指标表明了热带气旋灾害对社会经济和气象条件的影响程度,灾害影响综合指数 A,作为目标层。雨影响参数、风影响参数、气旋自身参数作为准则层。雨影响参数从累计雨量、暴雨(大暴雨、特大暴雨)站数和前期累计降雨来评估,共 6 个指标。风影响参数从 6 级风、7 级风、8 级以上风站日数来评估,共 3 个指标。气旋自身参数从是否进入江西、进入时中心风力、影响时间来评估,共 3 个指标。评估指标体系的总体框架如图 1 所示。在评估指标体系中,3 个层次的综合指标和各单项指标的计算中,均须将原始资料标准化后再参与计算。

根据 AHM 方法计算各指标的权重,建立热带气旋灾害影响评估模式, $A = 0.5 \times B1 + 0.28 \times B2 + 0.22 \times B3$,各单项评估指标的权重见表 3。选择

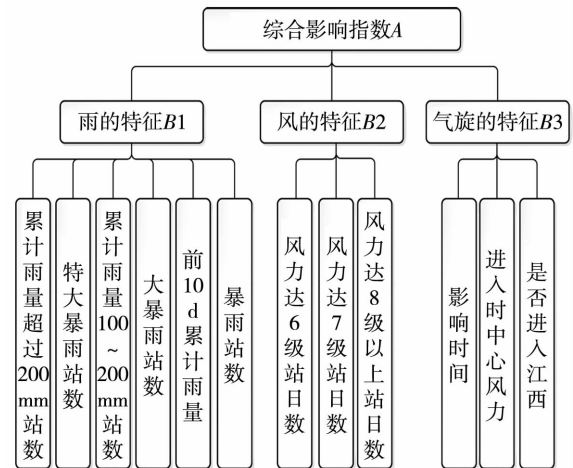


图 1 评估指标体系的总体框架
Fig. 1 The general framework of the evaluation index system

1971 年以来进入江西和严重影响江西的气旋,根据热带气旋灾害影响评估指标体系,计算上述带来严重影响的热带气旋的综合影响指数。

表 3 热带气旋灾害影响评估指标权重分配表

Tab. 3 The weight distribution of tropical cyclone disaster influence evaluation indexes in Jiangxi Province

综合评估指标	亚评估指标	权重	单项评估指标	权重
灾害影响综合指数权重 A	雨影响参数 B1	0.5	累计雨量超过 200 mm	0.242
			特大暴雨站数	0.27
			累计雨量为 100 ~ 200 mm	0.15
			大暴雨站数	0.17
			暴雨站数	0.09
			前 10 d 累计雨量	0.06
灾害影响综合指数权重 A	风影响参数 B2	0.28	6 级站日数	0.14
			7 级站日数	0.33
			8 级以上站日数	0.52
灾害影响综合指数权重 A	气旋特征 B3	0.22	影响时间	0.47
			进入时中心风力	0.19
			是否进入江西	0.33

3.2.2 台风对各县市的影响评估模型

热带气旋影响地区的社会经济情况与灾情程度息息相关,且有些台风只在局地产生灾害,有必要建立分县市的灾害评估模型。此模型中,灾害影响综合指数 A,作为目标层。雨影响参数、风影响参数、易损性作为准则层。台风造成的灾害,特别是中小河流洪涝、山洪灾害等,还与短时降雨强度有关,由于近年来加密自动站资料的逐渐增加,所以雨影响

参数从 3 h 最大雨量、24 h 最大雨量和累计雨量来评估,共 3 个指标。风影响参数从各县市风速极值来评估,共 1 个指标。易损性根据文献^[4]的方法计算综合潜在易损性,江西省 89 个县(市)的人口密度、人均国内生产总值、农业占 GDP 比重等资料来源于江西统计年鉴 2011。

根据 AHM 方法计算各指标的权重,建立热带气旋灾害对各县市的影响评估模式, $A = 0.47 \times B1$

+0.19 × B2 + 0.33 × B3, 各单项评估指标的权重见表 4。对于灾情损失的大小, 致灾因子的强度往往起着决定性的作用, 而研究区的潜在易损性对灾情

起的只是放大和缩小的作用。根据常识, 对于累计雨量不到 50 mm 且风速极值小于 6 级风的县市, 取综合影响指数为 0。

表 4 台风对各县市的影响评估指标权重分配表

Tab. 4 The weight distribution of tropical cyclone disaster influence evaluation indexes in counties of Jiangxi

综合评估指标	亚评估指标	权重	单项评估指标	权重	
灾害影响综合指数权重 A	雨影响参数 B1	0.47	累计雨量	0.52	
			24 h 最大雨量	0.17	
			3 h 最大雨量	0.31	
	风影响参数 B2	0.19	易损性 B3	风速极值	1
				人口密度	0.306
				人均国内生产总值	0.418
				农业占 GDP 比重	0.276

4 影响评估结果分析

表 5 列出了近 40 a 综合指数排在前 10 位的影响江西的气旋, 对照灾情(不完全统计)来分析影响江西的历年热带气旋综合影响评估结果。7504 号台风中心在赣滞留时间最长, 达 84 h, 累计雨量大, 使得庐山地区连续 6 d 暴雨, 致使浙赣铁路停车 4 d, 人员死亡数量大, 对应综合影响指数最大。0513 号台风“泰利”在赣共滞留了 40 h, 累计雨量超过 200 mm 的站数达 13 个, 仅次于 7504 号和 1211 号台风, 还有 8 个县出现了 8 级以上大风, “泰利”造成的经济损失若按照零售价进行订正到 2012 年的价格, 也超过 30 亿。8411 号台风是累计雨量超过 100 mm 的县市最多的台风; 2012 年第 11 号台风“海葵”累计雨量超过 200 mm 的县市仅次于 7504 号台风, 还是唯一一个出现了 2 县市特大暴雨的台风过程, 也是中心未进入江西的台风中影响最严重的, 经济损失超过 33 亿元。9608 号台风造成江西较大灾害, 在江西虽然只停留了 12 h, 不仅造成大范围暴雨, 还造成 32 个县市出现 8 级以上的大风, 由于其影响期间正逢鄱阳湖高水位, 全省有 43 个县市 464 万多人受灾。0414 号台风“云娜”在赣逗留 22 h, 累计雨量超过 100 mm 县市数仅次于 7504 号和 8411 号台风; 0604 号台风“碧利斯”在赣滞留 28 h, 7 级风以上的县市数仅次于 0513 和 0519 号台风; 且大暴雨范围较广; 7613 号台风是 8 级以上大风出现的县市最多的台风, 达 37 县市; 暴雨站数较少, 仅 9 县市; 9009 号台风有 29 个县市累计雨量超过 100 mm, 还有 8 个县市出现 8 级以上大风; 7301 号台风出现在 6 月下旬的暴雨洪涝之后, 前 10 d 全省平均

累计雨量达 204 mm; 正值长江发生大洪水, 受长江顶托影响, 下泄缓慢, 鄱阳湖水位急剧上涨, 7 月 8 日湖口出现最高水位 20.91 m, 当时仅次于 1954 年的大洪水。

表 5 综合指数排在前 10 位的影响江西的热带气旋

Tab. 5 The top ten tropical cyclones influencing Jiangxi Province by using AHM

	综合指数	经济损失	因灾死亡人数
7504	0.58		198 人死亡
0513(泰利)	0.57	26.3 亿	11 人死亡
8411	0.47		36 人死亡
1211(海葵)	0.40	33 亿	0
9608(贺伯)	0.39	24.81 亿	30
0414(云娜)	0.34	2.49 亿	0
0604(碧利斯)	0.31	4 亿	3 人死亡
7613	0.30		8 人死亡
9009	0.29		3 人死亡
7301	0.29		

近年来, 台风灾害造成的经济损失越来越大, 因灾死亡人数有所减少, 如 1211 号(海葵)、0414 号(云娜)虽然造成比较大的经济损失, 由于防御措施得力, 没有造成人员伤亡。

从以上分析来看, 影响江西的热带气旋综合评估模型能反映不同台风对江西的灾害影响程度。

此外, 台风造成的灾害不仅与降雨、大风有关, 还与前期水位、短时降雨强度有关, 如 0605 号台风

“格美”面雨量不及 0604 号台风“碧利斯”,短时雨强却比“碧利斯”大,在江西造成了比较大的人员伤亡。由于历史上的台风无法获取短时 1 h、3 h、6 h 之类的资料,评估模型中没有引入短时降雨强度,所以 0605 号台风“格美”排名前 10 名之外。前期水位的资料没有进入评估模型,所以对风的影响有些估计不足。

台风对各县市的影响评估模型以 2012 年第 11 号台风“海葵”为例,据调查,受强降水影响,景德镇市自 8 月 8 日 22 时开始出现洪涝、内涝;8 月 9 日 08 时至 10 日 08 时,强降雨中心位于景德镇城区,雨量达 300.5 mm,景德镇市区日雨量为有完整气象记录以来最大值。景德镇全区受灾人口达 58.28 万人,紧急转移安置 23.32 万人,受灾面积达 $30.9 \times 10^3 \text{ hm}^2$,经济损失达 22 亿。从评估结果可以看出,“海葵”主要对赣东北产生影响,以景德镇市区和庐山为最严重,其次是余干、乐平,与调查的灾情一致,评估模型反映了单个台风对不同地区的影响程度。

5 结论和讨论

利用属性层次模型建立的台风灾害评估模型,计算简单,评估结果证明有效。不仅可以对评估影响江西的热带气旋综合影响程度进行排位,还可以针对单个台风对不同地区的影响进行评估。评估结果可以为开展防台减灾和灾后重建提供定量、定点

的参考数据。除了承灾体的易损性,本文的评估方法只考虑了气象因子,如果气象部门能预报出相关因子,还可以开展预评估。

在影响江西的热带气旋综合评估模型中,仅对灾害影响做了排位,没有划分等级,以后可以在等级划分上再做工作。在单个台风对各县市的影响评估模型中,除了气象因子,只考虑了经济社会因素,未能考虑地理方面的因子,以后可以进一步研究。

参考文献:

- [1] 李春梅,罗晓玲,刘锦鑫,等. 层次分析法在热带气旋灾害影响评估模式中的应用[J]. 热带气象学报,2006,22(3):223-228.
- [2] 刘少军,张京红,何政伟,等. 基于 GIS 的台风灾害损失评估模型研究[J]. 灾害学,2010,25(2):64-67.
- [3] 施素芬,赵利刚. 强台风“云娜”灾害特征及其评估[J]. 气象科技,2006,34(3):315-318.
- [4] 丁燕,史培军. 台风灾害的模糊风险评估模型[J]. 自然灾害学报,2002,11(1):34-43.
- [5] 程乾生. 属性层次模型 AHM——一种新的无结构决策方法[J]. 北京大学学报(自然科学版),1998,34(1):10-14.
- [6] 闵骞,万玲,谭国良,等. 江西省台风灾害与防台减灾[J]. 江西水利科技,2007,33(2):69-75.
- [7] 谭国良,闵骞,李世勤. 江西省台风(热带气旋)灾害特征的分析[J]. 中国防汛抗旱,2008,3:30-40.
- [8] 李廉水,王桂芝,黄小蓉,等. 气象灾害评估分析的 AHM 方法研究[J]. 数理统计与管理,2011,30(2):201-205.

Application of Attribute Hierarchical Model in the Evaluation of Tropical Cyclone Disaster in Jiangxi Province

ZHU Xingqiu¹, XU Bin¹, ZHANG Chaomei²

(1. Jiangxi Provincial Meteorological Observatory, Nanchang 330046, China;
2. Jiangxi Provincial Climate Centre, Nanchang 330046, China)

Abstract: In order to evaluate influencing degree of typhoon disasters, the disaster characteristics of 80 tropical cyclones influencing Jiangxi Province from 1971 to 2012 were analyzed firstly. Then the attribute hierarchical model (AHM) was applied in evaluating the tropical cyclone disaster's influence based on meteorological data. Combining with the potential vulnerability, the synthetical tropical cyclone influencing index of single tropical cyclone also could be acquired through the AHM, which could be given to the government as a reference, and could be taken to assess the factual effect on defending and decreasing disaster.

Key words: tropical cyclone; Jiangxi Province; Attribute Hierarchical Model (AHM); disaster evaluation; meteorological factor