

邢彩盈,张京红,车秀芬,等. 海南省台风气象服务效益评估研究[J]. 气象与环境科学, 2019, 42(4): 55-62.

Xing Caiying, Zhang Jinghong, Che Xiufen, et al. Evaluation Research of Typhoon Meteorological Service Benefits in Hainan Province[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2019, 42(4): 55-62.

doi:10.16765/j.cnki.1673-7148.2019.04.009

海南省台风气象服务效益评估研究

邢彩盈^{1,2}, 张京红^{1,2}, 车秀芬^{1,2}, 吴胜安^{1,2}

(1. 海南省气候中心, 海口 570203; 2. 海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海口 570203)

摘要: 考虑到台风气象服务效益影响因子的复杂性, 利用2000—2015年海南省台风灾害损失数据和防御台风灾害行为效益评估三级指标体系调查问卷的统计数据, 着重考虑防台减灾中政府组织领导、部门联防、公众防御能力、气象服务水平及不可避免损失因子, 基于逆推算法构建了海南省台风气象服务效益评估模型, 从防台减灾总效益中分离出其中的气象服务效益, 实现了海南省台风气象服务效益的客观化定量化评估。结果表明: 海南省台风灾害气象服务效益占台风直接经济损失的14%~49%, 这与台风灾害过程中不可避免损失因子密切相关; 2000—2015年海南台风灾害气象服务效益和台风直接经济损失均处于增长的态势, 这表明当地社会经济的快速发展一定程度上使台风直接经济损失增长, 同时伴随政府决策、部门联防、公众防御及气象服务能力的不断增强, 气象服务效益将得到提升; 台风气象服务效益与台风直接经济损失具有极高的相关性, 一定程度上表明了当台风灾害影响较重时, 气象服务显得尤其重要。

关键词: 台风灾害; 气象服务; 效益评估; 逆推法

中图分类号: P429

文献标识码: A

文章编号: 1673-7148(2019)04-0055-08

引言

海南省是受台风影响最频繁、最严重的省份之一。如何最大限度地降低和减轻台风灾害损失及其影响, 是海南省气象防灾减灾工作的重点和难点。近年来, 伴随着海南省台风预测预报技术、气象服务水平等不断提高, 如何通过准确的气象预报、优质的气象服务来提高台风防灾减灾中的气象服务效益已渐渐成为关注的重点。随着社会经济的发展, 气象服务对经济建设、社会发展和人们生活的影响日益明显, 气象服务已由被动式服务转变为产生经济效益的社会生产力^[1]。因此, 如何利用科学、客观的方法评估气象服务所产生的效益具有重要的现实意义, 这不但进一步提高了气象服务的针对性和实效性, 还有利于提高气象部门在社会经济发展中的地位 and 作用^[2-4]。

气象服务效益评估受许多复杂因素的影响, 具有不易确定度量性、不易确定归属性、不易确定整体效益等特点^[5]。所以对气象服务效益的定量评估仍是个难点, 至今尚未形成普适的评价方法和评估模型^[6-7]。关于评估气象服务效益的方法有节省费用法^[8-9]、自愿付费法^[10-11]、德尔斐法^[12-13]和条件价值法^[14-16]、层次分析法^[17-19]、属性层次模型^[20]等。目前国内针对台风专项的气象服务效益评估方法已有一些研究。林继生等^[21]利用对比分析法对广东省台风灾害预报服务效益进行评估, 该方法过于依赖基准年的选取。周福^[22]提出了利用逆推法构建重大气象灾害服务效益评估的数学模型, 并从中提取出气象服务效益。在此基础上, 张颖超等^[23]利用逆推算法建立了台风灾害气象服务效益评估模型, 实现气象服务效益的客观定量化评估。逆推算法考虑了政府决策、部门联防、公众防御及不

收稿日期: 2018-09-27; 修订日期: 2019-05-16

基金项目: 海南省气象局科研项目(HNQXJS201803); 国家自然科学基金项目(41765005); 海南省自然科学基金面上项目(417298)

作者简介: 邢彩盈(1987-), 女, 海南乐东人, 工程师, 硕士, 从事气候预测及评估工作. E-mail: 18876777858@163.com

可避免损失等多方面因子的影响,具有量化、可操作性高、综合性强的特点,评估结果较合理,在台风气象服务效益评估中具有较大的优势。

海南特殊的地理位置、地形地貌决定了其台风灾害具有独特性,防台减灾气象服务效益也有所不同。然而当前在台风气象服务效益评估的研究领域仍处于空白,这极其不利于海南省气象服务工作的发 展。海南省亟需开展台风气象服务效益评估研究工作,这将有助于客观、准确、全面地了解海南省防台减灾工作现状,知悉目前防御行为中存在的利与弊,为提高防台减灾能力、最大程度地减少灾害损失提供科学的决策依据。

考虑到台风灾害气象服务效益评估的复杂性,本文基于逆推算法的优越性,结合防御台风灾害行为效益评估三级指标体系^[24-25]的问卷调查分析,构建适用于海南省的台风气象服务效益评估模型,以客观有效地评估防御台风灾害行为的气象服务效益。

1 资料与方法

1.1 资料

2000—2015 年有灾情记录的影响海南台风样本

序列数据来源于中国气象局的《中国气象灾害年鉴》和海南省人民政府的《海南年鉴》,包括台风强度、受灾人数、转移人数、死亡人数、受灾面积、倒塌房屋和直接经济损失等。

防御台风灾害的效益评估数据主要来自于问卷调查。为了充分体现“政府主导、部门联防、社会参与”的防御机制,参考了防御台风灾害行为效益评估研究项目组研究的防御台风灾害行为效益评估三级指标体系(表 1),这是当前台风效益评估领域首创的探索性研究成果。基于该指标体系,分别针对政府机构、联防部门及公众设计出 3 套适用于海南省的防御台风灾害行为效益评估调查问卷,并将每个防御行为指标分为 5 级,对问卷中相关指标选项进行等级细分和指标量化,以便于定量分析和统计问卷结果。

针对历年台风影响期间海南省防台减灾情况,通过网络和实地发放问卷的方式面向相关的政府部门、联防部门、社会公众开展了问卷调查。本研究中回收的有效调查问卷 A(政府机关)40 份、调查问卷 B(联防部门)60 份、调查问卷 C(社会公众)300 份。

1.2 气象服务效益逆推法

影响台风气象服务效益的因素有很多,例如预

表 1 防御台风灾害行为效益评估指标体系^[24-25]

目标层	一级指标	二级指标	三级指标
防御台风 灾害行为 效益评估 (125)	政府 A	台风防御组织体系 A1	制定防台政策、制度、法律法规 A1.1(5)
			防台减灾组织机构 A1.2(5)
			防御指挥系统 A1.3(5)
		台风防御应急管理 A2	启动应急预案 A2.1(5)
	应急信息发布 A2.2(5)		
	防御宣传(进行科普、信息播报等) A2.3(5)		
	人员转移和回港避风 A3	转移人数 A3.1(5)	
		回港避风船只数量 A3.2(5)	
		工程性建设 A4	水利设施建设(水库、江河堤坝、海堤等) A4.1(5)
	台风灾害预警 B1	避风渔港建设 A4.2(5)	
		应急避难场所建设 A4.3(5)	
		预报预警准确率(24 小时路径误差、降水、大风) B1.1(5)	
部门 B	应急处置 B2	预报预警及时性 B1.2(5)	
		部门联合会商 B2.1(5)	
		停产、停工、停课(交通运输、学校、工厂等) B2.2(5)	
		预报预警发布覆盖率 B2.3(5)	
应急保障 B3	应急救援(安置、生活救助、灾后重建) B2.4(5)		
	应急评估(灾情调查、手机、评估) B2.5(5)		
	救灾抢险物资保障(储备、保管、使用) B3.1(5)		
公众 C	防御能力 C1	应急队伍保障(医疗卫生、抢险、救助、治安) B3.2(5)	
		技术保障(通信、交通、供水、供电) B3.3(5)	
		对台风灾害的认知 C1.1(5)	
			台风灾害避险自救能力 C1.2(5)
			参与度 C1.3(5)

报预警准确性、气象服务时效、台风强度、政府和联防部门组织和部署情况、公众自身防御能力、自然环境、建筑质量与数量等。这些因子往往存在较大的不稳定性,所以在气象服务效益评估时主要考虑其中重要因素的综合影响。基于逆推算法的优越性,利用逆推算法构建台风气象服务效益评估模型,这是在综合考虑台风气象服务水平、政府决策部署能力、部门联动作用、公众防台抗灾能力及不可避免损失因子的基础上,由台风直接经济损失计算得到某次台风影响过程中的气象服务效益值。与前人研究相比,本文在评估台风气象服务效益中增加了对部门联防作用和公众防灾减灾能力的考虑,而这两方面也是影响台风气象服务效益的关键因素。最终构建的台风灾害气象服务效益评估关系式为

$$\frac{M+S}{S} = \frac{1}{A \times B \times C \times F(1-D)} \quad (1)$$

其中, M 为某次台风灾害造成海南本地的直接经济损失; S 为某次台风灾害中的气象服务效益值; $M+S$ 为未进行任何防台减灾措施的情况下,某次台风灾害可能造成的直接经济损失; A 表示政府在防灾减灾中的决策部署作用; B 表示台风灾害中各联防部门的联动防灾作用; C 表示公众防台减灾能力; F 表示台风气象服务水平; $1-D$ 表示台风灾害中的可避免损失因子,也就是台风灾害中可避免的直接经济损失最大值。参数 A 、 B 、 C 、 F 、 D 均处于 $[0,1]$ 区间。由此可得到某次台风灾害中气象服务效益的计算公式为

$$S = \frac{M \times A \times B \times C \times F(1-D)}{1 - A \times B \times C \times F(1-D)} \quad (2)$$

该评估方法根据台风灾害直接经济损失,结合上述5个影响因子得出对应的气象服务效益值。其中公式(2)中各个参数主要是利用模糊综合评价法^[26-28]、问卷调查法^[29]和专家评估法模型^[30-31]进行计算。

2 防御台风灾害的气象效益评估

2.1 评估模型构建

基于三类调查问卷的分类统计数据,对评估模型中各个参数进行估算,最后构建海南台风气象服务效益评估模型。

2.1.1 政府决策指标 A

政府在防台减灾决策和部署工作中发挥至关重

要的作用,以指标 A 表示政府在防灾减灾决策和组织中的主导作用,主要从防御组织体系、防御应急管理、相关工程性建设及接收到台风气象服务产品后组织人员转移和回港避风措施等方面来考察。参与政府问卷调查的有海南省三防办、市县应急办等工作人员,共回收有效问卷 40 份。问卷中用于评估政府决策部署作用的选项共 14 项,参考防御台风灾害行为效益评估三级指标体系中各级指标对应的评估分值,将每个评估选项分为 5 个等级,分别设置权重分值为 1—5。例如,将选项“政府部门是否建立了防台减灾组织机构”分为 5 个等级:“已建立”对应权重为 5,“建立部分”权重为 4,“正建立”权重为 3,“准备建立”权重为 2,“未建立”权重为 1。因此,根据五级划分量化法和专家评估模型,得出政府部门在台风防御中的决策指挥作用指标 A 的评估模型为

$$A = \frac{\sum_{j=1}^M \left(\frac{1}{5N} \sum_{i=1}^5 W_i N_i \right)}{M} \quad (3)$$

其中, N 为接受问卷调查的总人数, $N=40$; N_i 为选择某个选项第 i 等级的人员总数; W_i 为用于表征政府决策能力的第 i 项内容对应的权重分值,为 1—5; M 为用于评估政府决策作用的问卷选项数, $M=14$ 。由公式(3)计算指标 $A=0.79$ 。

2.1.2 联防部门联动作用指标 B

部门联防机制对防台减灾应急工作起着关键的作用。以指标 B 定量表征部门联动作用,主要从各相关部门的联防应急处置(包括联合会商、应急救援、应急评估等)、应急保障能力(包含救灾物资、应急队伍、技术保障等)来考察。参与问卷调查的联防部门有海南省林业厅、省农业厅、省民政厅救灾科、省海洋与渔业厅、省海洋与渔业监察总队、市县国土环境资源局、市县渔业局、市县旅游局、市县文体局等,共回收有效问卷 60 份。用于评估联防作用的统计数据共 8 项,其评估分级值与政府决策指标类似,各个选项分别对应的等级权重为 1—5。例如,将选项“您所在部门参加防御台风的应急救援工作吗”分为 5 个等级:“全参加”对应权重为 5,“部分参加”权重为 4,“极少参加”权重为 3,“不参加”权重为 2,“不知道”权重为 1。因此,参考指标评估模型(3),其中 $N=60$ 、 $M=8$,计算出联防部门在台风防御中的联防作用指标 $B=0.77$ 。

2.1.3 公众防御能力指标 C

社会公众在台风灾害影响过程中的防灾自救能力主要从公众对台风灾害的认知程度、避险自救能力、台风气象预警预报信息的了解程度、防台政策制度的了解程度及防御台风灾害行为的参与度等方面来考察。公众问卷调查对象来自 25—50 岁普通上班族,文化水平为大学及以上,共回收有效问卷 300 份。问卷中用于表征公众防御能力指标的统计数据共 10 项,评估分级情况与政府决策指标和部门联动作用指标类似,各个选项仍分为 5 个等级权重。例如,将选项“本人的台风灾害避险自救能力如何”分为 5 个等级:“强”对应权重为 5,“比较强”权重为 4,“一般”权重为 3,“不太强”权重为 2,“弱”权重为 1。同样运用评估模型公式(3),其中 $N=300$ 、 $M=10$,计算出表征公众防御能力的指标 $C=0.75$ 。

2.1.4 气象服务水平指标 F

气象服务水平指标 F 主要通过考察联防部门、社会公众对海南省 2000—2015 年台风气象预警预报综合的准确率和及时性、预警信息发布的提前量、气象服务信息的多样性、覆盖面等的满意度来评估^[32-34]。用于表征台风气象服务水平的统计数据来自 60 份联防部门和 300 份公众问卷,共 9 项满意度,同样地将每项满意度分为 5 个等级,分别设置权重为 1—5。例如,将台风预报准确率从低至高设置权重等级为 1—5。根据上述评估模型公式(3),其中 $N=360$ 、 $M=9$,求得台风气象服务水平指标 $F=0.80$ 。

2.1.5 不可避免损失因子 D

台风灾害损失一般分为可避免和不可避免两方面。理想状况下,由于台风气象服务的合理使用,最大程度上可避免的灾害损失称为可避免损失,即可避免损失是气象服务效益的最大值。对于不可避免损失,针对每次台风影响过程都有差别,这与台风强度、当地社会经济发展、防灾减灾基础设施建设等有直接关系,但都主要集中在不动产上,如受灾农田、损坏房屋等。一般统计的直接经济损失中包含有交通、通讯等不可避免损失,也就是直接经济损失也能间接反映不可避免损失的大小。在台风影响期间,不可避免损失的影响因子主要有受灾农田 d_1 、损坏房屋 d_2 、直接经济损失 d_3 和台风强度 d_4 。

由于不可避免损失主要集中在不动产上,所以,台风影响初期,随着台风强度、风雨影响范围等增

大,对不动产的损坏程度随之快速增长,不可避免损失也将增加;当达到一定阈值,由于不动产是固定的,不可避免损失增长的速率会慢慢减小。因此,利用戒下型函数的升半岭形分布来表征台风过程中不可避免损失的演变情况,其分布为

$$f(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq c_1 \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{c_1 - c_2} \left(x - \frac{c_1 + c_2}{2} \right) & c_1 \leq x \leq c_2 \\ 1 & x \geq c_2 \end{cases} \quad (4)$$

其中, $c_1 > 0$, $c_2 > 0$, x 为影响因子, $f(x)$ 为相应的隶属函数。

式(4)用图形表示,见图 1。可见,当 $x \leq c_1$ 时,可认为所有损失可以避免。 $c_1 = x_{\min}$ (即影响因子的最小统计值。当 x 逐渐增大,则不可避免损失会增加。当 $f(x) = 1$ 时灾情最大,即 $c_2 = x_{\max}$ 。

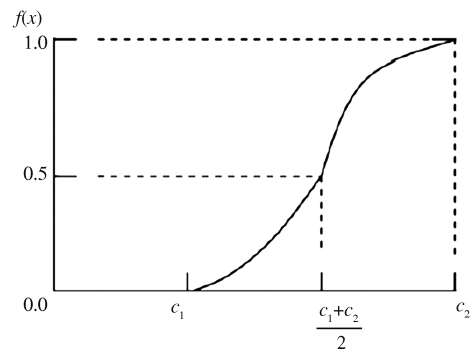


图 1 戒下型函数图形

关于不可避免损失因子 D 的计算方式如下:首先,将各个影响因子序列标准化,每次台风中的每个影响因子对应有一个评价集;其次,参考张颖超等^[23]利用层次分析法确定的各影响因子指标对不可避免损失影响程度的权重进行评价(表 2),由于权重确定是基于专家对因子的重要性评价,所以上述参考具有一定的合理性;最后,根据模糊变换原理,由公式(5)计算出 2000—2015 年海南各个台风灾害过程中不可避免损失因子(表 3)。

$$D_j = \sum d_i r_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

其中, n 为影响因子个数, m 为热带气旋序列样本数, d_i 为不同影响因子的权重, r_{ij} 为对应各个因子的评价集。

表 2 各影响指标因子的权重^[23]

影响指标	d_1	d_2	d_3	d_4
权重	0.37	0.37	0.10	0.16

表 3 2000—2015年海南台风灾害的不可避免损失因子 D

台风编号	D	台风编号	D	台风编号	D	台风编号	D
0008 号	0.02	0518 号	0.62	0907 号	0.07	1305 号	0.03
0016 号	0.62	0602 号	0.03	0913 号	0.04	1306 号	0.06
0103 号	0.12	0606 号	0.10	0916 号	0.11	1309 号	0.07
0110 号	0.03	0616 号	0.16	0917 号	0.09	1310 号	0.03
0114 号	0.04	0623 号	0.10	1002 号	0.10	1311 号	0.13
0214 号	0.08	0703 号	0.03	1003 号	0.10	1321 号	0.13
0220 号	0.10	0714 号	0.04	1108 号	0.08	1325 号	0.13
0307 号	0.11	0715 号	0.16	1117 号	0.26	1330 号	0.20
0308 号	0.09	0801 号	0.12	1119 号	0.12	1409 号	0.47
0312 号	0.16	0809 号	0.08	1208 号	0.10	1415 号	0.22
0320 号	0.14	0814 号	0.14	1213 号	0.10	1508 号	0.07
0508 号	0.06	0817 号	0.04	1223 号	0.11	1522 号	0.15

2.2 结果分析

三类问卷是针对2000—2015年海南台风灾害影响来综合调查的结果,即在假设对于每次台风影响过程中政府决策部署、部门联动、公众防御及气象服务水平不变的基础上,通过变化的台风直接经济损失和不可避免损失因子来推算每一次台风的气象服务效益。因此,将指标 A 、 B 、 C 、 F 分别代入台风气象服务效益评估模型(2)中,即可得到某次台风灾害影响过程中海南省防御台风气象效益评估模型,如公式(6)所示:

$$S = \frac{0.36M(1-D)}{1-0.36(1-D)} \quad (6)$$

其中, M 为某次台风灾害过程的直接经济损失, D 为相应的不可避免损失因子。

根据公式(6)可看出利用直接经济损失和不可避免损失因子,便可计算出某次台风过程中气象服务效益值。表 4 给出了2000—2015年海南台风气象服务效益评估情况。从表中可看出,台风气象服务效益在台风直接经济损失中所占比例为 14% ~ 49%,绝大多数台风灾害过程气象服务效益所占比例都在 30% 以上。

表 4 2000—2015年海南省台风灾害气象服务效益评估结果

台风序号	台风编号	气象服务效益/亿元	占比/%	台风序号	台风编号	气象服务效益/亿元	占比/%
1	0008 号	0.702	49	25	0907 号	0.856	45
2	0016 号	1.964	14	26	0913 号	0.267	48
3	0103 号	0.697	42	27	0916 号	0.344	42
4	0110 号	0.038	48	28	0917 号	1.040	44
5	0114 号	6.453	47	29	1002 号	1.025	43
6	0214 号	0.417	44	30	1003 号	0.017	43
7	0220 号	3.996	43	31	1108 号	1.688	45
8	0307 号	0.234	43	32	1117 号	18.806	32
9	0308 号	0.847	44	33	1119 号	2.905	41
10	0312 号	3.430	39	34	1208 号	0.043	43
11	0320 号	6.512	40	35	1213 号	0.065	43
12	0508 号	0.123	46	36	1223 号	5.395	42
13	0518 号	16.503	14	37	1305 号	0.159	48
14	0602 号	0.091	48	38	1306 号	0.151	46
15	0606 号	0.009	43	39	1309 号	1.464	45
16	0616 号	0.140	39	40	1310 号	0.014	48
17	0623 号	0.021	43	41	1311 号	0.037	41
18	0703 号	0.019	48	42	1321 号	0.761	41
19	0714 号	0.167	48	43	1325 号	0.259	41
20	0715 号	1.965	39	44	1330 号	8.575	36
21	0801 号	1.351	42	45	1409 号	25.216	21
22	0809 号	0.305	45	46	1415 号	20.421	35
23	0814 号	0.210	40	47	1508 号	0.399	45
24	0817 号	0.210	48	48	1522 号	4.509	39

从典型个例来看,0518 号台风“达维”(台风级)造成海南直接经济损失达 116.46 亿元,淹没农田和损坏房屋数量较大,对应的不可避免损失因子也相对较大(0.62),此次台风直接经济损失大,气象服务效益值相对较小(仅 16.503 亿元)。造成直接经济损失最重的 1409 号台风“威马逊”(超强台风级),由于强度极强(新中国成立以来登陆海南省最强的台风),以及当前社会经济快速发展,致使不可避免损失因子相对较大,一定程度造成气象服务效益值(25.216 亿元)相对于其直接经济损失来说较小,但由于台风强度等影响因子增大到一定阈值时,固定资产数量有限,不可避免损失只是缓慢增加,所以“威马逊”的不可避免损失因子(0.47)并非最大。与直接经济损失相当的“达维”相比,“威马逊”的气象服务效益提升了不少。可见,随着社会的发展,各方面的防台减灾能力都有所增强,气象服务水平也随之提高。

图 2 给出了海南台风直接经济损失与台风气象服务效益的比较情况。从图中可发现,整体来看,由台风造成的直接经济损失与对应的气象服务效益分布较为相似,二者相关性高达 0.9。2000—2015 年海南省台风直接经济损失呈增长的趋势,气象服务效益值也表现出递增的态势。这一方面是由于社会经济的快速发展造成台风直接经济损失不断增加,另一方面,伴随着政府决策部署水平、部门联防联控协作机制和公众防台抗灾能力的不断提高与完善,气象服务能力的提升使防台减灾气象服务效益有了较好的增长。台风直接经济损失和气象服务效益这种相关关系一定程度上表明了当台风灾害影响较重时,气象服务显得尤其重要。

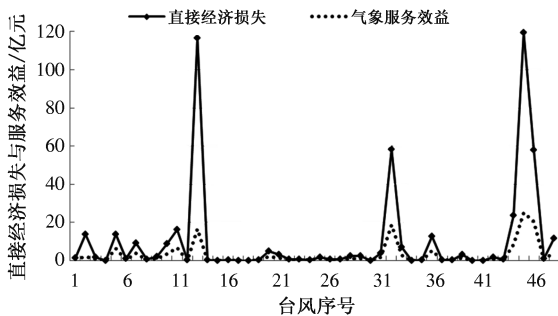


图 2 2000—2015 年海南台风灾害直接经济损失和防台气象服务效益的对比

3 结论与讨论

由于影响台风灾害气象服务效益的因子具有多样性和不稳定性,所以本文将逆推算法与“防御台风灾害行为效益评估三级指标体系”调查问卷相结合,研究适用于评估海南省台风灾害气象服务效益的客观模型,得到以下结论。

(1) 基于 2000—2015 年海南省台风灾害损失数据、防御台风灾害行为效益评估三级指标体系的调查问卷统计数据,利用逆推算法构建了海南省台风气象服务效益评估模型,从防台减灾效益中分离出其中的气象服务效益,实现了海南台风气象服务效益的客观量化评估。其中构建模型时重点考虑了政府决策组织能力、部门联动作用、公众防御能力、气象服务水平及不可避免损失因子在防台减灾过程中的权重。

(2) 海南省台风灾害气象服务效益占台风直接经济损失的 14%~49%,这与台风灾害过程中不可避免损失因子密切相关。2000—2015 年海南台风灾害气象服务效益和台风直接经济损失均呈增长的趋势,一方面社会经济快速发展会造成台风直接经济损失的增长,另一方面政府决策、部门联防、公众防御及气象服务能力的不断提高有利于气象服务效益的提升。台风灾害气象服务效益与台风直接经济损失相关性达 0.9,一定程度上表明了当台风灾害影响较重时,气象服务显得尤其重要。

(3) 如何能从防台减灾总效益中分离出气象服务效益是构建台风气象服务效益评估模型的一个关键问题^[22],基于逆推算法的评估模型^[23]能够实现气象服务效益的有效提取。而在模型构建中,如何权衡政府、部门及群众所产生的效益大小又是一个极其重要的问题,防御台风灾害行为效益评估三级指标体系及其调查问卷^[24-25]正好能解决这一问题,它能较好评价政府决策、部门联防和公众参与对防台减灾行为的效益及作用,但目前该研究仍处在探索性阶段,还需要大量的分析和调查研究来逐步完善。此外,问卷的统计与分析也是评估的关键^[29],本文中调查问卷的样本量仍不够充足,同时模型中相关参数的计算主要基于调查问卷和参考经验值,

需要其他数据源予以补充和支持。

参考文献

- [1] 许小峰. 气象服务效益评估理论方法与分析研究[M]. 北京: 气象出版社, 2009.
- [2] 吴向阳. 气象经济学研究综述[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(2): 76-79.
- [3] 李建平, 任艳. 轨道交通防雷安全效益评估分析[J]. 气象与环境科学, 2014, 37(1): 107-113.
- [4] 吴彦, 陈春艳, 路光辉. 沿天山高速公路冰雪灾害分析及其对交通安全的影响[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(5): 66-70.
- [5] 韩颖, 蒲希. 中国的气象服务及其效益评估[J]. 气象科学, 2010, 30(3): 420-426.
- [6] 姚秀萍, 吕明辉, 范晓青, 等. 我国气象服务效益评估业务的现状与展望[J]. 气象, 2010, 36(7): 62-68.
- [7] 姚秀萍, 吕明辉, 范晓青, 等. 气象服务效益评价研究进展[J]. 气象, 2011, 37(6): 749-755.
- [8] 谢宏佐, 刘寿东, 芮珏, 等. 采用节省费用法的我国典型区域公众气象服务效益评估研究[J]. 阅江学刊, 2010, 2(6): 72-75.
- [9] 于庚康, 申双和, 罗艳, 等. 基于江苏省公众气象服务效益的分析与研究[J]. 气象, 2012, 38(12): 1546-1553.
- [10] 王新生, 陆大春, 汪腊宝, 等. 安徽省公众气象服务效益评估[J]. 气象科技, 2007(6): 853-857.
- [11] 崔维军, 向焱, 陈亚兰, 等. 公众气象服务支付意愿影响因素研究[J]. 气象与环境学报, 2014, 30(1): 100-107.
- [12] 丁雪松, 胡程达, 孙佳丽, 等. 德尔斐法在江苏省风电行业气象服务效益评估中的应用[J]. 气象研究与应用, 2013, 34(4): 35-37, 41.
- [13] 魏璐. 河南省 2011 年高速公路气象服务效益评估[J]. 气象与环境科学, 2013, 36(2): 47-51.
- [14] 王桂芝, 李廉水, 黄小蓉, 等. 条件价值评估法在公众气象效益评估中的应用研究[J]. 气象, 2011, 37(10): 1309-1313.
- [15] 吴先华, 孙健, 陈云峰. 基于条件价值法的气象服务效益评估研究[J]. 气象, 2012, 38(1): 109-117.
- [16] 彭琳玲, 孙敏, 潘益农. 基于条件价值评估方法分析中国公众气象服务效益[J]. 气象科学, 2012, 32(4): 411-417.
- [17] 扈海波, 王迎春, 李青春. 采用 AHP 方法的气象服务社会经济效益定量评估分析[J]. 气象, 2008, 34(3): 86-92.
- [18] 褚希, 周笑天, 石振彬. 基于 AHP 的气象服务满意度评估方法[J]. 气象科技, 2013, 41(5): 940-944.
- [19] 胡丽莉, 陈雷, 郭小芹. 基于 AHP/BCG 的农业气象服务效益评估方法研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(8): 129-135.
- [20] 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.
- [21] 林继生, 罗金玲, 张勇. 热带气旋灾害预报服务效益评估方法之一——对比分析法[J]. 气象科技, 1998(2): 62-66.
- [22] 周福. 重大气象灾害(台风、暴雨)服务效益评估研究[J]. 科技通报, 1998, 14(1): 39-43, 49.
- [23] 张颖超, 张美娟. 基于逆推算法的浙江省台风气象服务效益评估[J]. 信息技术, 2011(10): 30-34.
- [24] 杨林, 曹春荣, 林秋, 等. 台风“苏力”灾害风险与防御行为效益评估[J]. 气象与环境学报, 2015, 31(1): 106-111.
- [25] 杨林, 曹春荣, 林秋, 等. “麦德姆”台风灾害防御行为效益评估研究[J]. 复旦学报(自然科学版), 2016, 55(6): 826-832.
- [26] 马清云, 李佳英, 王秀荣, 等. 基于模糊综合评价法的登陆台风灾害影响的评估模型[J]. 气象, 2008, 34(5): 20-25.
- [27] 薛俊杰, 黄显怀, 王坤, 等. 徽州传统聚落夏季户外热环境实测与分析[J]. 气象与环境科学, 2016, 39(4): 38-42.
- [28] 王秀荣, 张立生, 李维邦. 台风灾害综合等级评判模型改进及应用分析[J]. 气象, 2018, 44(2): 304-312.
- [29] 刘菊红. 调查问卷中的统计分析方法[J]. 上海统计, 2002(2): 35-37.
- [30] 严晓瑜, 刘玉兰, 李剑萍, 等. 宁夏旅游气象服务效益评估和服务需求调查[J]. 气象科技, 2012, 40(6): 1068-1074.
- [31] 田华, 吴昊, 杨静, 等. 公路交通决策气象服务需求分析[J]. 气象与环境科学, 2018, 41(4): 70-76.
- [32] 姚秀萍, 张晓美, 吕明辉. 公众气象服务满意度评价指标体系的构建方法[J]. 气象与环境科学, 2014, 37(4): 102-108.
- [33] 姜殿荣, 徐延锋, 刘锋, 等. 基于 MVC 架构新媒体公众气象服务技术研究[J]. 气象与环境科学, 2019, 42(2): 129-134.
- [34] 于波, 李平华. 气象经济学研究对象及气象服务特征分析[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(1): 22-28.

Evaluation Research of Typhoon Meteorological Service Benefits in Hainan Province

Xing Caiying^{1,2}, Zhang Jinghong^{1,2}, Che Xiufen^{1,2}, Wu Shengan^{1,2}

(1. Hainan Climate Center, Haikou 570203, China;

2. Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Hainan Province, Haikou 570203, China)

Abstract: Considering the complexity of impact factors of typhoon meteorological service benefits and based on the typhoon disaster loss data in Hainan province during 2000–2015 and the statistics of questionnaires on a three-level index system of benefits evaluation in typhoon disaster prevention, the Hainan typhoon meteorological service benefits evaluation model is constructed via the inverse extrapolation method, during which the government decision-making, departments interaction, public defense, meteorological service level and inevitable loss factor in typhoon disaster prevention course are taken into account. With the model, the meteorological service benefits can be separated from the disaster prevention and mitigation benefits, and the objective and quantitative evaluation of typhoon meteorological service benefits in Hainan can be realized. The results show that the typhoon disaster meteorological service benefits account for 14%–49% of the typhoon-induced direct economic losses, which is closely related to the inevitable loss factors during typhoon disasters. Both of the typhoon disaster meteorological service benefits and typhoon-induced direct economic losses in Hainan during 2000–2015 show up the increasing trends. This indicates that the rapid development of local social economy has led to the growth of economic losses by typhoon. Meanwhile, with the continuous improvement of government decision-making, departments interaction, public defense and meteorological service level, the meteorological service benefits will be improved. Thus, the typhoon disaster meteorological service benefits and the typhoon-induced direct economic losses are highly correlated, which means that, to some extent, the meteorological service is especially important when the typhoon damage is serious.

Key words: typhoon disaster; meteorological service; benefits evaluation; inverse extrapolation method