

舰船防避热带气旋费效比优化决策模型研究

刘永禄, 周立佳

(海军大连舰艇学院 军事海洋系, 辽宁 大连 116023)

摘要: **目的** 针对目前根据天气预报进行防台避台的决策缺乏定量模型,定性根据天气预报结果进行防、避台风往往会造成巨大的不必要的浪费的现象,为科学合理地利用天气预报进行防、避台风提供有效工具。**方法** 对防避费用和损失费用进行比较评估。**结果** 给出了舰船防避热带气旋费效比优化决策模型,并进行了数据分析。**结论** 防避热带气旋应该考虑天气不确定性因素。

关键词: 防避热带气旋; 优化决策模型; 费效比

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2014.02.015

中图分类号: U675.12 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2014)02-0077-04

Study on Constructing Cost-loss Ratio Decision Protection Model of Ships from Typhoons

LIU Yong-lu, ZHOU Li-jia

(Department of Military Oceanography, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China)

ABSTRACT: Objective Using the weather forecast, the decision-makers need several hours lead time to decide whether to evacuate to an alternative operation location before the typhoon hits. Typhoons will cause significant and costly damage to ships because of lacking of a quantum protection model. An optimal decision model was proposed in this paper to help the ship protection and to save the cost. **Method** Cost-loss ratio analysis was used. **Result** A Typhoon protection optimal decision model was deduced and the data was analyzed. **Conclusion** The weather uncertainty should be considered in making protection decision.

KEY WORDS: ship protection from typhoon; optima decision model; cost-loss ratio

热带气旋就是通常所说的台风,它是发生在热带海洋上不同阶段大气涡旋的统称。在它的发生、发展过程中,伴随着狂风、暴雨、巨浪和风暴潮,破坏力极大。无论国内国外,所有舰船都需高度重视防避热带气旋。只有充分做好防避热带气旋工作,才能确保人员、舰船和其它设施的安全。但是,在防避

收稿日期: 2013-11-18; 修订日期: 2013-12-28

Received: 2013-11-18; **Revised:** 2013-12-28

作者简介: 刘永禄(1972-),男,内蒙古包头人,博士,副教授,主要研究方向为军事气象。

Biography: LIU Yong-lu (1972-), Male, from Baotou, Inner Mongolia, Ph.D., Associate professor, Research focus: military meteorology.

热带气旋时,由于缺乏科学合理的防避模型,常常致使行动盲目,措施失当。

实际经验和理论都证明,忽略大气环境影响的定量分析可能导致不必要的损失甚至灾难性后果^[1]。例如:1944年美国海军指挥第38联合舰队进攻吕宋岛。在攻击前,作舰船燃料补给计划时,曾预报可能遇到热带气旋,但没有给出定量分析。在这种不确定的状态下,只能从两种可能的方案中选定一个:一个方案是假定热带气旋在近期产生,应推迟补给燃料并采取措施避免可能的损失;另一个方案是希望热带气旋较晚(在补给后)发生,专注于联合舰队的战斗准备。

由于缺乏热带气旋影响可能性的量化评估,无法对气象条件的影响进行定量分析。在此情况下美军采用了第二方案,结果台风摧毁了3艘驱逐舰,八百多人罹难,联合舰队未能完成预定任务。

另一方面,在进行气象信息的计算时,应考虑到天气预报总是伴有某种程度的不确定性。大气系统错综复杂,包罗万象,涉及非线性流体动力、热力、辐射、化学和物理的相互作用,对天气预报构成巨大挑战,预报的技能和水平也有高低不同。事实上,人类想准确预测大气变化几乎不可能。如果不能对潜在的预报错误给出客观的描述,就可能导致决策者铸下大错,浪费资源^[2]。

我国目前防避热带气旋采用的方法基本上是:只要天气预报有台风经过或登陆,就采取相应措施防避;天气预报没有台风影响,就不防避。但由于没有科学的计算和评估,导致实际损失巨大。笔者通过分析,建立了防避热带气旋费效比优化决策模型,进行了数据分析,验证了模型的有效性和优越性。

1 舰船防避热带气旋风险分析

1.1 防避矩阵与费用矩阵

舰船防避热带气旋主要是依据气象部门提供的天气预报信息,但是不能简单地根据天气预报结果来决策,天气预报往往只提供有无热带气旋影响,而决策者应考虑天气变化的不确定性,正确评估防避行动^[3],见表1。

表1 防避热带气旋行动

Table 1 Evacuation from tropical cyclones

观测值	预报	
	有热带气旋	无热带气旋
有热带气旋	正确防避	未防避,受损
无热带气旋	错误防避	未防避,无损失

表1表示预报与实际天气一致或不一致时,采取的防避行动结果。

设用*h*表示正确预报防避(简称实报);*f*表示误报防避(简称误报);*m*表示漏报无防避(简称漏报);*n*表示正确预报而无防避。建立防避矩阵*A*:

$$A=[h \quad f \quad m \quad n]$$

建立费用矩阵*B*:

$$B = \begin{bmatrix} C \\ C \\ L \\ 0 \end{bmatrix}$$

式中:*C*为防避费用;*L*为损失费用。最终费用*E*为:

$$E=A \times B=hC+fC+mL \tag{1}$$

假设1年内某地预报受热带气旋影响总次数为*o*,则:

$$o=h+f+m$$

1.2 费用分析

以广东某地为例,据统计每年登陆台风平均为2~3次,受影响5~6次^[4]。假设该地区某地某一年预报8次受热带气旋影响,总数*o*=8,正报*h*=4,误报*f*=2,漏报*m*=2。根据机动防台风情况,估计每艘舰船1次防避费用*C*=6万元,1次遭遇台风损失费用*L*=30万元。

则该地区某年份1艘舰船的防避热带气旋费用应该为:

$$E_s=hC+fC+mL=108 \text{万}$$

具体见表2。

2 考虑天气不确定性因素的防避风险评估模型

在对受天气影响的任务作出决定时,一般采用

表2 常用方法防避热带气旋费用分析
Table 2 Sample results of evacuation from tropical cyclones with common method

序号	决策依据:台风影响风速超过25 m/s(10级)			
	预报风速/ (m·s ⁻¹)	是否防避	实测风速/ (m·s ⁻¹)	费用/万元
1	27	是(实报)	28	6
2	30	是(误报)	18	6
3	33	是(实报)	27	6
4	40	是(实报)	37	6
5	16	否(漏报)	28	30
6	28	是(实报)	30	6
7	21	是(漏报)	32	30
8	36	是(误报)	22	6

的是单一天气预报,基本上忽略预报中的不确定性,但气象预报中的不确定性往往被证明是牵一发而影响全局。将注意力集中在单一的天气预报上,可能作出并非最合理的决策^[5-6]。

风险评估的指导原则是:“当收益大于成本时就应接受风险”^[7]。成本包含执行任务的必须支出(物资供给、设备维修、培训等),而风险分析在于了解决策的每一项输入的不确定性。此指导原则可通过决策理论的运用,从客观上得到贯彻,因为决策理论基于数学评估作出决策,是从长期着眼部署行动,以达到收益最大化、损失最小化。从根本上来说,决策理论就是“风险计算”的直接表达^[8]。

2.1 防避热带气旋的风险评估模型

考虑到天气变化的不确定性,采用概率预报。预报概率矩阵 $\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix}$, 其中 p_1 为准确预报概率, p_2 为误差概率, $p_1 + p_2 = 1$ ^[9]。

用 C 表示防避费用,用 L 表示损失费用,费用矩阵 \mathbf{B} 改为:

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} C & C \\ L & 0 \end{bmatrix}$$

最终费用矩阵 \mathbf{E}_m 为:

$$\mathbf{E}_m = \mathbf{B} \times \mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_1 C + p_2 C \\ p_1 L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C \\ p_1 L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix}$$

式中: $E_1=C$ 表示采取措施的费用; $E_2=p_1L$ 表示未采取措施的费用。

2.2 防避热带气旋决策阈值

当采取措施的费用 E_1 小于未采取措施的费用 E_2 时,应该采取避防行动,即:

$$E_1 \leq E_2, C \leq p_1 L, \frac{C}{L} \leq p_1$$

当采取措施的费用 E_1 大于未采取措施的费用 E_2 时,不应该采取避防行动,即:

$$E_1 > E_2, C > p_1 L, \frac{C}{L} > p_1$$

可见是否采取防避行动可以根据 p_1 与 $\frac{C}{L}$ 的比较进行决策。由于 $\frac{C}{L}$ 的值是能够计算出来的,且较为固定,而 p_1 则每次预报都变化,因此可以将 $\frac{C}{L}$ 作为决策阈值,用 R 表示决策阈值, $R = \frac{C}{L}$ 。

2.3 基于防避决策阈值的费用分析

以1.2中的例子分析,决策阈值为:

$$R = \frac{C}{L} = 6/30 = 20\%$$

当预报大于等于10级风的概率 $p_1 \geq 20\%$, 就要采取避防措施,而当 $p_1 < 20\%$ 时,就不防避。

其决策过程和费用结果见表3。

采用防避热带气旋优化决策模型,该地区某年份1艘舰船的防避热带气旋共计费用56万元,与因台风影响风速超过25 m/s(10级)为起决策依据的防避费用108万元相比,节省了52万元。这只是1艘船1年节省的费用,如果按照多艘船、多年计算,节省费用将十分可观。

尽管天气预报的准确率还不高,天气变化又存在不确定性,但是一般来讲,预报准确的概率大于 $\frac{C}{L}$ 是比较容易实现的,因为往往防避费用是远小于损失费用的。

表3 使用防避热带气旋优化决策模型费用分析
Table 3 Sample results of evacuation from tropical cyclones with optimal method

序号	决策依据:天气预报风速超过25 m/s(10级)的概率 20%			
	预报风速 10 级的概率/%	是否防避	实测风速/ (m·s ⁻¹)	费用/万元
1	63	是	28	6
2	17	否	18	0
3	99	是	27	6
4	81	是	37	6
5	71	是	28	6
6	75	是	30	6
7	21	是	32	6
8	23	是	22	6

3 结语

开展舰船防避热带气旋费效比优化决策模型研究,具有重要的现实意义和指导作用。

1) 为舰船防避台风提供量化决策的指导和解决方案的支撑。

2) 将为舰船用户提供应用示范,从而为政府、部队等用户应用天气信息进行防避热带气旋和为辅助决策支持提供量化评估模型和手段,有效扩大天气信息的应用面,提高天气在作战应用的优化度。

3) 将为政府和军队进一步全面、准确地提出对海洋环境保障要求提供基本的前提条件和有力的支撑环境。

参考文献:

[1] ROGER A, PIELKE J, Richard T. Conant. Best Practices in Prediction for Decision-Making: Lessons from the Atmo-

- spheric and Earth Sciences[J]. Ecology, 2003(6): 1351—58.
- [2] MAJ Frank, SCRUGGS P J. Decision Theory and Weather Forecasts: A Union with Promise[J]. Air University Review, 1967(5):53—57.
- [3] ALLAN H Murphy. The Early History of Probability Forecasts: Some Extensions and Clarifications[J]. Weather and Forecasting, 1998(1): 5—15.
- [4] 乐群,董谢琼,马开玉. 西北太平洋台风活动和中国沿海登陆台风暴雨及大风的气候特征[J]. 南京大学学报, 2000,(6):741—749.
- YUE Qun, DONG Xie-qiong, MA Kai-yu. Climatic Characteristics of Northwestern Pacific Typhoon Activity and Chinese Coastal Landfall Typhoon Rain and Gale[J]. Journal of Nanjing University, 2000(6):741—749.
- [5] 李红金,李鲲,许丽人,等. 大气环境的多分辨率建模研究[J]. 装备环境工程, 2008, 5(2):62—65.
- LI Hong-jin, LI Kun, XU Li-ren, et al. Research on Multi-resolution Modeling of the Atmospheric Environment [J]. Equipment Environmental Engineering, 2008, 5 (2): 62—65.
- [6] 孙方,赵振维,康士峰,等. 大气波导传播模型及特性分析[J]. 装备环境工程, 2009, 6(6):16—20.
- SUN Fang, ZHAO Zhen-wei, KANG Shi-feng, et al. Atmospheric Duct Propagation Model and Characteristic Analysis [J]. Equipment Environmental Engineering, 2009, 6 (6): 16—20.
- [7] ZHU Yue-jian, TOTH Zoltan. The Economic Value of Ensemble-based Weather Forecasts[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2002(1):73—83.
- [8] ALLAN H. Murphy. Decision Making and the Value of Forecasts in a Generalized Model of the Cost-loss Ratio Situation[J]. Monthly Weather Review, 1985(3):62—69.
- [9] 俞小鼎,张艺萍. 天气预报技巧和价值的关系[J]. 气象科技, 2004(6):393—398.
- YU Xiao-ding, ZHANG Yi-pin. Relationship Between Weather Prediction Skill and Its Economic Value[J]. Meteorological Science and technology, 2004,(6):393—398.