

文章编号:1673-8411 (2017) 03-0089-04

# 渔场捕捞安全气象指数的预报研究

郭宇光<sup>1</sup>, 陈有利<sup>1</sup>, 徐哲永<sup>2</sup>, 顾小丽<sup>1</sup>

(1.宁波市气象局, 浙江 宁波 315012; 2.舟山市气象局, 浙江 舟山 316000)

**摘要:**采用建立隶属度函数模型的方法,综合考虑了风、能见度和降水 3 个主要的气象因子,研发了对渔场捕捞适宜程度进行分级评价的气象指数产品—渔场捕捞安全气象指数,对政府部门应急决策和指导渔民安全生产具有重要意义。

**关键词:**气象指数;隶属度函数;渔场捕捞;海损事故

中图分类号:P49

文献标志码:A

## Study on the forecast of fisheries safety meteorological index

Guo Yu-guang, Chen You-li, Xu Zhe-yong, Gu Xiao-li

(1.Ningbo Municipal Meteorological Service, Ningbo Zhejiang 315012; 2. Zhoushan Municipal Meteorological Service, Zhoushan Zhejiang 316000)

**Abstract:** Based on the subordinating degree function method and integrating the wind, visibility and precipitation of three main meteorological factors, the weather – fishing safety meteorological index for grading evaluation of fishing suitability. It has great significance in producing the government emergency decision and guiding the fishermen's safety.

**Key Words:** meteorological index; subordinating degree function; fisheries fishing; marine casualty

渔业被世界很多国家公认为风险最大、死亡率最高的产业。1990–2000 年,加拿大渔船船员死亡率为 36 人·(100,000·a)<sup>-1</sup>;1996–2002 年,南非为 162 人;1985–2000 年,新西兰为 167 人;2008 年,美国为 129 人<sup>[1]</sup>。我国的情况也是如此,根据中国渔业互保协会(CFMI)统计<sup>[2]</sup>,1999–2005 年,该协会承保渔船船员的死亡率为 213 人(100,000)<sup>-1</sup> 人。我国渔业船员死亡率高出煤矿工 24%,是建筑行业的 35 倍<sup>[3]</sup>。渔业伤亡事故的发生同气象条件密切相关,尤其是重大渔船海损事故几乎都是在不利的气象条件下发生的。据统计,1999 年大连市因渔业海损事故,造成渔民死亡和失踪人数 79 人,渔船沉没 29 艘,直接经济损失 982 万元,其中在恶劣气象海况中发生的重大海损事故,死亡失踪 62 人,渔船沉没 21 艘,直接经济损失 709 万元,分别占事故总数的 78.5%、

72.4%、72.2%<sup>[4]</sup>。因此,研究不利天气与渔船安全事故的关系意义重大。目前,沿海气象台站大多针对渔场气象服务,开发了相应的预报服务产品,包括海上大风、能见度、降水和温度等气象要素的预报和预警服务。但随着社会的进步,人们对天气预报的要求不断提高,一般的预报已满足不了人们具体的、特殊的需求。为此气象部门推出了更有针对性的、易被人们理解的服务产品,陆续研发出人体舒适度、紫外线强度、森林火险气象等级、穿衣等数十种气象指数<sup>[5–8]</sup>。尤其是 21 世纪以来,气象指数的研究在交通<sup>[9]</sup>、环境变化<sup>[10–12]</sup>、旅游<sup>[13–14]</sup>、医疗<sup>[15]</sup>和农业养殖<sup>[16–18]</sup>等方面得到了广泛开展,取得了很多研究成果。

本文综合考虑不同气象因子对海上渔船作业的安全影响,采用建立隶属度函数模型的方法来研制渔场捕捞安全气象指数,这在国内属于首创,国外也

收稿日期:2016-08-30

基金项目:宁波市科技计划项目(2015F1020)和宁波市气象科技计划项目(NBQX2015001B)共同资助

作者简介:郭宇光(1982–),男,工程师,主要从事海洋气象相关预报技术研究,E-mail:oceanalive@126.com

没有见到针对这方面的相关研究。

## 1 指数的基本定义

渔场捕捞安全气象指数是综合考虑影响渔船捕捞作业安全的气象条件,对渔场捕捞作业适宜程度的分级评价。指数由低到高共分为4级,1级表示适宜、2级不太适宜、3级不适宜和4级极不适宜。渔场捕捞安全气象指数的具体分级见表1。

## 2 指数的影响因子

通过统计分析 1986~1989 年和 1995~2000 年先后 10a 时间内,在舟山渔场和黄海南部渔场由气象因素直接造成的海损事故、人员伤亡和沉船资料,与温、压、湿、风、能见度和降水等气象因子之间的关系发现,风、能见度和降水是影响渔船捕捞作业安全最重要的因素。

进一步分析发现,在发生的大风类海损事故中,有 10%的渔船是在海面风力 5~8 级时发生海损,74%在 8~10 级大风中造成损失和沉船,其余 16%则是出现在 10 级以上的大风过程之中。风力小于 8 级时发生的海损事故占比较少:一般都是发生在早期,由于条件等限制,那时在海上作业的大都为木质船,抗风等级比较差;风力大于 10 级时发生的海损事故占比也相对较小;对于影响较大的天气过程,如台风或强冷空气引起的大风等,公众的重视程度和气象预报的确定性都比较高,因此作业渔船一般都会提前采取进港避风等措施,损失相对较小。风力在 8~10 之间的大风造成的损失最为严重:目前渔船的抗风能力明显增强,大量渔船为了有丰厚的收成,往往存在侥幸心理,缺乏对气象灾害的了解,很容易出现海损事故。由此可见,风速和海损事故的关系密切相关,当风力在 5 级以下的时候,海损事故发生的概率很低;当风力增强至 8 级或 8 级以上时,海损事故发生的概率就会明显上升。除了大风类海损事故,低能见度和强降水引发的海损事故也占一定比例。而且能见度越低,降水强度越大,越容易出现渔船海损和

渔民伤亡事故。

因此,影响渔场捕捞作业的气象因子主要考虑风、能见度和降水,渔场捕捞安全气象指数就是通过研判上述气象条件对渔船作业安全的影响而进行设计的。

## 3 指数的设计方法

渔场捕捞安全气象指数是综合考虑影响渔船捕捞作业安全的气象因子风、能见度和降水的气象指数产品,而这些气象因子与该指数之间并非单一的正相关或负相关,在一定程度上具有模糊性,本文运用模糊数学理论,建立风、能见度、降水对渔场捕捞作业适宜程度的隶属度函数模型,以便定量评价上述气象条件对渔场捕捞作业适宜程度的影响。

### 3.1 隶属度函数

隶属度函数属于模糊数学理论中的概念:是对受多种因素影响的事物做出全面评价的一种十分有效的多因素决策方法,其特点是评价结果不是绝对地肯定或否定,而是以一个模糊集合来表示<sup>[19-20]</sup>。

若对论域(研究的范围) $H$ 中的任一元素 $x$ ,都有一个数 $A(x) \in [0, 1]$ 与之对应,则称 $A$ 为 $H$ 上的模糊集, $A(x)$ 称为 $x$ 对 $A$ 的隶属度。当 $x$ 在 $H$ 中变动时, $A(x)$ 就是一个函数,称为 $A$ 的隶属度函数。隶属度函数 $A(x)$ 越接近于 1,表示 $x$ 属于 $A$ 的程度越高, $A(x)$ 越接近于 0,表示 $x$ 属于 $A$ 的程度越低。

影响渔船捕捞作业安全的气象因子风、能见度、降水可以看成不同的模糊集合,通过建立模糊集,计算风 $U$ 、能见度 $V$ 、降水 $R$ 对于模糊集的隶属度,即风 $U$ 、能见度 $V$ 、降水 $R$ 对渔场捕捞作业适宜程度的影响,从而达到通过这些气象条件,判断渔场捕捞作业适宜程度的目的。上述气象因子的隶属度函数越接近于 1,表示当前气象条件越适宜渔场捕捞作业,隶属度越接近于 0,表示当前气象条件越不适宜渔场捕捞作业。

### 3.2 气象因子对渔场捕捞作业适宜程度的隶属度函数构建

表 1 渔场捕捞安全气象指数分级表

指数等级	定性用语	服务提示
1	适宜作业	气象条件适宜渔场捕捞作业,注意作业安全
2	不太适宜作业	气象条件不太适宜渔场捕捞作业,尽量减少作业,并注意作业安全
3	不适宜作业	气象条件不适宜渔场捕捞作业,尽量不要作业。
4	极不适宜作业	气象条件极不适宜渔场捕捞作业,请不要作业。

将气象因子对渔场捕捞作业的影响分为天况因子和视程因子两种类型, 针对两大因子定义 2 个气象分指数  $Y_1$  和  $Y_2$ , 分别表示渔场天况指数和渔场视程指数, 定义  $Y$  为渔场捕捞安全气象总指数。

其中影响  $Y_1$  的气象要素是: 风、降水; 影响  $Y_2$  的气象要素是能见度。 $Y$  与  $Y_1$ 、 $Y_2$  都分为 4 级, 定性用语分别是 1(适宜)、2(不太适宜)、3(不适宜)、4(极不适宜)。由于该指数是针对渔场捕捞业安全应急指导性质的, 具有一定的倾向性, 因此渔场捕捞安全气象指数  $Y$  采用函数最大值方法, 取 2 个分指数中的最大值, 即

$$Y=\max(Y_1,Y_2)$$

(1)

式中:  $Y_1$  为渔场天况指数;  $Y_2$  为渔场视程指数;  $Y$  为渔场捕捞安全气象指数。

3.2.1 渔场天况指数  $Y_1$  的隶属度函数构建

设  $Y_1$  的隶属度函数为

$$Y_1=f(x_1)$$

(2)

式中  $x_1$  是影响渔场天况的气象因子 (风速、降水量) 的数值隶属度的乘积。

$$x_1=d_1\times d_2$$

(3)

式中  $d_1$  为风速数值隶属度;  $d_2$  为降水量数值隶属度。 $d_1$ 、 $d_2$  的计算为:

$$d_1=8/U$$

(4)

式中  $U$  为风速, 当  $U\leq 8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  时,  $d_1=1$ ; 当  $U>8\text{m/s}$  时,  $d_1$  与  $U$  成反比, 即风速越大, 渔场捕捞作业越不安全。阈值风速  $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  为 5 级风的下限。

$$d_2=1-0.04\times R$$

(5)

式中  $R$  为日降水量, 当  $R\geq 25.0\text{mm}$  时,  $d_2=0$ ; 当  $R=0$  无降水时,  $d_2=1$ ; 当  $0<R<25.0\text{mm}$  时, 随着  $R$  增大,  $d_2$  减小, 即降水量越大, 渔场捕捞作业越不安全。

$x_1$  与  $Y_1$  的隶属度关系见表 2。

3.2.2 渔场视程指数  $Y_2$  的隶属度函数构建

渔场视程指数  $Y_2$  由预报时段的能见度预报值决定。

$$Y_2=f(x_2)$$

(6)

式中  $x_2$  和能见度  $V$  的预报值相等,  $x_2$  与  $Y_2$  的隶属度关系见表 3。

4 指数的计算和应用

在计算指数  $Y$  时, 设定一个优先判别条件: ①如果风力大于等于 10 级 ( $24.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) 时; ②或如果发生能见度小于 200m 以下的海雾时。此时无需计算各分指数, 直接得出  $Y=4$  (极不适宜)。

表 2  $x_1$  与  $Y_1$  的隶属度关系表

$x_1$	$Y_1$
$x_1\geq 0.75$	1
$0.45\leq x_1<0.75$	2
$0.1\leq x_1<0.45$	3
$x_1<0.1$	4

表 3  $x_2$  与  $Y_2$  的隶属度关系表

$x_2$	$Y_2$
$x_2\geq 1000$	1
$500\leq x_2<1000$	2
$200\leq x_2<500$	3
$x_2<200$	4

当不满足以上优先判别条件时, 再通过计算  $Y_1$ 、 $Y_2$  来求  $Y$  进行指数判断(图 1)。举例说明, 若根据天气预报, 某渔场的风速为  $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 日降水量为 2mm, 计算风速和降水量的数值隶属度的乘积  $x_1=0.43$ , 由表 2 得出  $Y_1=3$ 。

根据能见度预报  $V=800\text{m}$ ,  $500\leq x_2<1000$ , 由表 3 得出  $Y_2=2$ 。

根据式(1):  $Y=\max(Y_1,Y_2)=\max(3,2)=3$

结果表明该渔场当天的渔场捕捞安全气象指数为 3 级, 由于风速较大并伴有降水, 气象条件不适宜渔场捕捞作业。

目前, “渔场捕捞安全气象指数产品” 已开发完成, 可依据气象要素的实况和数值预报数据自动计算各渔场的指数, 并在相关页面上实时显示结果(图 2, 见彩页)。

5 结论与讨论

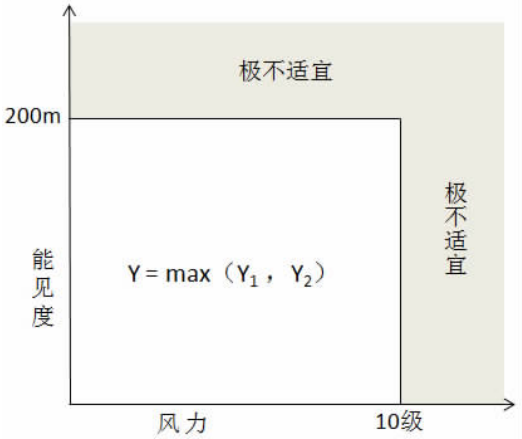


图 1 渔场捕捞安全气象指数优先判别条件

渔场捕捞安全气象指数是综合考虑影响海上渔船作业安全的气象因子风、能见度和降水,对渔场捕捞适宜程度进行分级评价的气象指数产品。指数由低到高共分为4级,分别表示适宜、不太适宜、不适宜和极不适宜。

运用模糊数学理论,建立各气象因子对渔场捕捞作业适宜程度的隶属度函数模型,用于分析渔场捕捞作业的适宜程度,方法简便,操作性、适用性强。如果将数值预报精细化产品代入,就能自动输出不同渔场、不同时段精细化指数预报产品,可以实时指导渔民安排生产作业,为提高渔业、海事部门决策能力提供定量化的依据。

本文中计算指数的相关系数值是根据本地统计和经验确定的,由于气候差异和地理条件的影响,不同地点相同的气象条件对指数的影响也有区别,在引进该指数计算方法时,应进行本地化研究。可以通过学习和实践检验逐步修改和完善,而指数在各地的实际预报效果正是检验和调整隶属度函数的依据。

#### 参考文献:

- [1] 葛坤.中国近海大风浪条件下渔船气象保障研究 [D]. 大连:大连海事大学.2013: 1-5.
- [2] 孙颖士.渔业保险和渔业安全论文集 [C].北京:中国农业出版社.2007: 151-161.
- [3] 许朝霞.简析极端性气象灾害对海洋渔业的影响 [J].渔业经济研究, 2007, 24 (2): 26-30.
- [4] 苏德利.恶劣天气海况与渔船重大海损事故 [C].1995-2009 航海技术论文选集.北京:中国航海学会, 2010: 692-695.
- [5] 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.
- [6] 陆晨,戴莉萍.大城市专业气象服务产品及规范 [J].气象科技, 2002, 30 (6): 369-372.
- [7] 牛若芸,翟盘茂,孙明华.森林火险气象指数及其构建方法回顾 [J].气象, 2006, 32 (12): 3-9.
- [8] 张明洁,刘少军,张京红,等.海南岛气候舒适度与年内客流量变化的相关性分析 [J].气象研究与应用, 2013, 34 (4): 42-47.
- [9] 谢静芳,吕得宝,王宝书.高速公路路面摩擦气象指数预报方法 [J].气象与环境学报, 2006, 22 (6): 18-21.
- [10] 严明良,沈树勤.环境气象指数的设计方法探讨 [J].气象科技, 2005, 33 (6): 583-588.
- [11] 马静宇,张兰霞,李家.综合气象干旱指数 (Ic) 自动计算的实现 [J].气象研究与应用, 2011, 32 (4): 17-44.
- [12] 高会旺,陈金玲,陈静.中国城市空气污染指数的区域分布特征 [J].中国海洋大学学报, 2014, 44 (10): 25-34.
- [13] 潘星海,赖雨薇,李文蜜,等.舟山市普陀区海滩旅游气象指数预报研究 [J].气象研究与应用, 2016, 38 (4): 69-72.
- [14] 黄归兰,黄增俊,黄磊,等.广西大明山景区气候特点及气象指数研究 [J].气象研究与应用, 2015, 36 (1): 76-79.
- [15] 卢晶晶,吕劲文,钱铮.宁波市高温中暑气象等级评定方法研究 [J].气象与环境学报, 2016, 32 (4): 91-97.
- [16] 王辉,王鹏云,曾艳,等.基于模糊数学理论的蚕豆发育期气象条件评价 [J].中国农学通报, 2009, 25 (15): 72-75.
- [17] 于仁成,吴树功,薛波,等.扇贝养殖的气象水文条件及气象服务指标研究 [J].气象科技, 1998, 26 (3): 54-58.
- [18] 周冬梅,欧阳兆云,张和稳,等.田阳干旱指数对早玉米产量影响的农业气候评价 [J].气象研究与应用, 2014, 35 (3): 75-78.
- [19] 汪培庄.模糊集合论及其应用 [M].上海:上海科学技术出版社, 1986: 3-21.
- [20] 贺仲雄.模糊数学及其应用 [M].天津:天津科学技术出版社, 1983: 6-32.