

# 商渔船碰撞事故风险分析及对策研究

李 锋

(江苏航运职业技术学院 航海技术学院, 江苏 南通 226010)

**摘 要:**近年来发生的多起商渔船碰撞事故造成了重大的人员伤亡和财产损失。通过对商渔船碰撞事故进行统计分析,研究导致商渔船发生碰撞事故的影响因素,利用 FSA 模糊风险评价法构建商渔船碰撞事故风险评价指标体系,利用层次分析法构建商渔船碰撞事故综合风险评价模型,计算分析得出导致商渔船发生碰撞事故最重要的影响因素,为商渔船驾驶人员及主管部门控制把关风险源提供科学的决策依据和参考。

**关键词:**商渔船;碰撞;风险评价

**中图分类号:**U675.85

**文献标志码:**A

**文章编号:**2097-0358(2023)3-0039-07

## 0 引言

江苏拥有全国四大渔场之一的吕泗渔场,南接舟山渔场,每年捕鱼季节,大量渔船汇聚到沿海渔场进行捕鱼作业、航行,致使渔船作业区与商船航路重叠、交叉。长江航道、锚地及港口附近水域也有渔船进行捕鱼作业、航行等。由于船员安全意识薄弱、违规操作,中小渔船船舶技术状况差、通讯导航设施落后,不能与商船建立有效的沟通以及台风、大雾等恶劣气候等因素影响,商渔船碰撞事故时有发生。据江苏省渔港监督局统计数据,自 2017 年至 2019 年,全省海洋渔业船舶共计发生水上安全事故 100 起,引发的后果是渔民死亡人数达 100 人,渔船沉没 21 艘,直接经济损失高达 7 480 万元。按照《水上交通事故统计办法》,较大等级事故 7 起,死亡 32 人,沉船 7 艘;一般等级事故 93 起,死亡 68 人,沉船 14 艘。<sup>[1]</sup>全省海洋渔业船舶每年船均事故发生率约为千分之五,从业人员人均死亡率约为万分之六。<sup>[2]</sup>因此,笔者通过实地调研等方法,了解商渔船通航环境、作业区域、典型案例以及现有的监管措施等现状,采用综合安全评估方法(Formal Safety Assessment,简称“FSA”),听取专家意见,收集所需要的信息,筛选、整理出引起商渔船碰撞事故风险的主要原因,进而构建出商渔船碰撞事故模糊风险评价指标体系,利用模糊综合评价的方法建立商渔船碰撞事故综合风险评价模型并进行相应的计算,提出了避免和减少发生商渔船碰撞事故的对策建议。

## 1 综合风险评价模型构建

### 1.1 因素集

因素集是由影响评价对象的各个因素组成的集合<sup>[3]</sup>,表示为:

$$U = (u_1, u_2, \dots, u_n) \quad (1)$$

其中, $u_j (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ 是影响评价对象的若干个因素。各个因素  $u_i$  按照其影响程度的不同提供对应的权重  $w_i$ ,由权重  $w_i$  组成因素集  $W$  是因素集  $U$  上的模糊子集,表示为:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (2)$$

### 1.2 评价集

评价集是对评价对象可能做出的评价结果组成的集合,表示为:

$$V = (v_1, v_2, \dots, v_n) \quad (3)$$

收稿日期:2022-07-26

基金项目:江苏航运职业技术学院科技类项目(HYKY/2022B03)

作者简介:李锋(1979—),男,江苏南通人,江苏航运职业技术学院航海技术学院船长、讲师,硕士。

其中,  $v_j (j = 1, 2, 3, \dots, n)$  是若干可能做出的评价结果。

### 1.3 模糊综合评价

因素集  $U$  和评价集  $V$  之间的模糊关系可用评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

当因素权重集  $W$  和评价矩阵  $R$  已知时,按照矩阵乘法计算得出模糊综合评价集  $B$ ,即

$$B = WR = (w_1, w_2, \dots, w_n) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_m) \quad (5)$$

### 1.4 评价结果

综合风险评价结果可以利用对评价集元素  $v_j$  进行加权平均值即可作为评价结果,即

$$v = \frac{\sum_{j=1}^5 b_j \times v_j}{\sum_{j=1}^5 b_j} \quad (6)$$

其中,  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ , 分别对应 5 个风险等级:低、较低、一般、较高和高度危险。

## 2 商渔船碰撞风险评价指标体系的构建

### 2.1 识别商渔船碰撞事故主要风险源

商渔船发生碰撞事故的原因非常复杂。本文从人、机、环境、管理等安全管理要素进行分析研究,识别商渔船碰撞事故主要风险源,并对这些风险源进行分析,从而为后续的管控措施研究寻找到相应的依据。商渔船发生碰撞事故系统基本要素结构如图 1 所示。

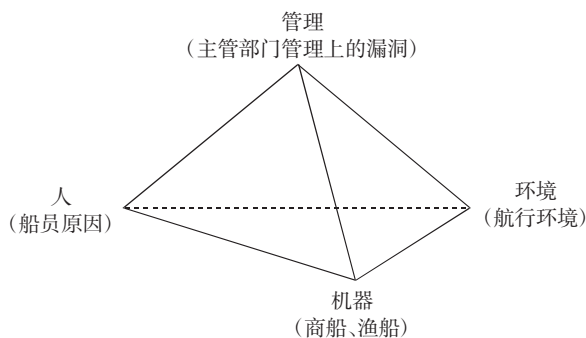


图 1 商渔船发生碰撞事故系统基本要素结构

### 2.2 评价指标体系的构建

本文采取模糊灰色综合评价法对商渔船碰撞事故中的影响因素进行调查统计,经过对近 10 年来商渔船碰撞事故进行统计,可以找出影响事故发生的风险因素,并结合国内相关论文对商渔船发生碰撞事故影响因素的研究成果,构建商渔船碰撞事故风险评价指标体系,并将该风险评价体系与本文第一部分中的评价模型进行关联,如图 2 所示。

$U = \{\text{人为因素 } u_1, \text{船舶因素 } u_2, \text{环境因素 } u_3; \text{管理因素 } u_4\};$

人为因素  $u_1 = \{\text{商渔船船员缺乏安全意识 } u_{11}, \text{船员专业知识水平 } u_{12}, \text{商渔船之间通讯不协调 } u_{13}, \text{疲劳}$

驾驶  $u_{14}$ , 违规操作  $u_{15}$ , 应急能力差  $u_{16}$ };

船舶因素  $u_2 = \{\text{渔船船体与海水颜色反差不大 } u_{21}, \text{渔船木质结构雷达反射差 } u_{22}, \text{渔船是否配备号灯号型 } u_{23}\}$ ;

环境因素  $u_3 = \{\text{气象水文条件 } u_{31}, \text{交通复杂度 } u_{32}, \text{船舶流量 } u_{33}, \text{助航标志 } u_{34}\}$ ;

管理因素  $u_4 = \{\text{管理机构不一致 } u_{41}, \text{执法信息化不足 } u_{42}, \text{公司安全管理 } u_{43}\}$ 。

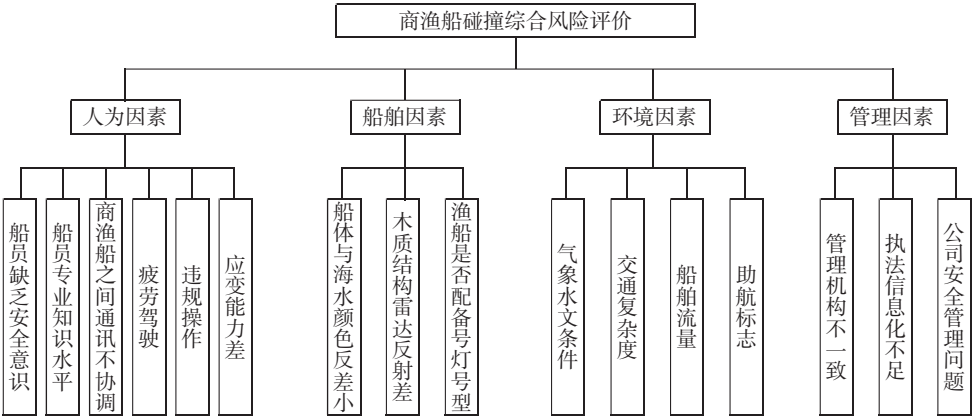


图 2 商渔船碰撞综合风险评价体系

2.3 评价指标权重的确定

对江苏沿海水域影响商渔船安全航行影响因素当中,部分影响因素之间相互联系且错综复杂。本文采取逐层分析的方式,进而最终求出评价指标的权重。<sup>[4]</sup>对评价指标权重的获取通常采用航海专家调查问卷方式并采用几何平均法对数据进行整理,进而获得判断矩阵。最终确定出的评价指标的权重向量:

$$\begin{aligned} W &= (0.50 \quad 0.11 \quad 0.23 \quad 0.16) \\ W_1 &= (0.15 \quad 0.25 \quad 0.13 \quad 0.22 \quad 0.15 \quad 0.10) \\ W_2 &= (0.36 \quad 0.43 \quad 0.21) \\ W_3 &= (0.33 \quad 0.31 \quad 0.26 \quad 0.10) \\ W_4 &= (0.38 \quad 0.32 \quad 0.30) \end{aligned}$$

2.4 评价矩阵的建立

本文根据资深航海专家多年的海上航行经验,对商渔船碰撞事故影响因素调查表中的每一项评价指标进行对比打分,再将专家的打分结果汇总计算得出各项事故影响因素所对应的评价等级,最后对这些数值进行归一化处理就可以得到商渔船碰撞事故风险评价模型中各影响因素所对应的评价等级的隶属度,其风险源对风险等级的隶属度指标如表 1 所示。

表 1 风险源对风险等级的隶属度指标

评价指标	风险等级				
	低	较低	一般	较高	高度危险
商渔船船员缺乏安全意识 $u_{11}$	0	0.17	0.35	0.48	0
船员专业知识水平 $u_{12}$	0	0	0.22	0.33	0.45
商渔船之间通讯不协调 $u_{13}$	0	0	0.75	0.25	0
疲劳驾驶 $u_{14}$	0	0	0.13	0.32	0.55
违规操作 $u_{15}$	0	0	0	0.64	0.36
应急能力差 $u_{16}$	0	0	0	0.67	0.33

续表 1 风险源对风险等级的隶属度指标

评价指标	风险等级				
	低	较低	一般	较高	高度危险
渔船船体与海水颜色反差不大 $u_{21}$	0	0.25	0.43	0.32	0
渔船木质结构雷达反射差 $u_{22}$	0	0	0.35	0.65	0
渔船是否配备号灯号型 $u_{23}$	0	0	0.82	0.18	0
气象水文条件 $u_{31}$	0	0.58	0.25	0.17	0
交通复杂度 $u_{32}$	0	0.25	0.47	0.13	0.15
船舶流量 $u_{33}$	0	0.12	0.34	0.45	0.09
助航标志 $u_{34}$	0.53	0.32	0.12	0.03	0
管理机构不一致 $u_{41}$	0	0.18	0.65	0.17	0
执法信息化不足 $u_{42}$	0	0.49	0.45	0.06	0
公司安全管理 $u_{43}$	0	0.10	0.78	0.12	0

### 3 商渔船碰撞综合风险评价

利用本文关于风险评价模型对商渔船碰撞事故进行风险评价,是从第二层次事故影响因素开始计算的。首先计算出模型中第二层次事故影响因素的隶属度,接着利用本文所计算出的权重值来求取模型中第二层次事故影响因素的评价结果,将评价结果作为模型中第一层次事故影响因素的隶属度同理计算,可以计算得出最后的评价结果。

由表 1 得到风险源的风险等级判断矩阵 R:

(1)“人为原因”评价矩阵为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.17 & 0.35 & 0.48 & 0 \\ 0 & 0 & 0.22 & 0.33 & 0.45 \\ 0 & 0 & 0.75 & 0.25 & 0 \\ 0 & 0 & 0.13 & 0.32 & 0.55 \\ 0 & 0 & 0 & 0.64 & 0.36 \\ 0 & 0 & 0 & 0.67 & 0.33 \end{bmatrix} \quad (7)$$

而  $W_1 = (0.15 \quad 0.25 \quad 0.13 \quad 0.22 \quad 0.15 \quad 0.10)$ ,则可以计算出“人为原因”评价向量为:

$$B_1 = W_1 R_1 = \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.25 \\ 0.13 \\ 0.22 \\ 0.15 \\ 0.10 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0 & 0.17 & 0.35 & 0.48 & 0 \\ 0 & 0 & 0.22 & 0.33 & 0.45 \\ 0 & 0 & 0.75 & 0.25 & 0 \\ 0 & 0 & 0.13 & 0.32 & 0.55 \\ 0 & 0 & 0 & 0.64 & 0.36 \\ 0 & 0 & 0 & 0.67 & 0.33 \end{bmatrix} = (0 \quad 0.03 \quad 0.23 \quad 0.42 \quad 0.32) \quad (8)$$

(2)“机器原因”评价矩阵为:

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0.25 & 0.43 & 0.32 & 0 \\ 0 & 0 & 0.35 & 0.65 & 0 \\ 0 & 0 & 0.82 & 0.18 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

而  $W_2 = (0.36 \quad 0.43 \quad 0.21)$ ,则可以计算出“机器原因”评价向量为:

$$B_2 = W_2 R_2 = \begin{bmatrix} 0.36 \\ 0.43 \\ 0.21 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0 & 0.25 & 0.43 & 0.32 & 0 \\ 0 & 0 & 0.35 & 0.65 & 0 \\ 0 & 0 & 0.82 & 0.18 & 0 \end{bmatrix} = (0 \quad 0.09 \quad 0.48 \quad 0.43 \quad 0) \quad (10)$$

(3)“环境原因”评价矩阵为:

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0.58 & 0.25 & 0.17 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.47 & 0.13 & 0.15 \\ 0 & 0.12 & 0.34 & 0.45 & 0.09 \\ 0.53 & 0.32 & 0.12 & 0.03 & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

而  $W_3 = (0.33 \quad 0.31 \quad 0.26 \quad 0.10)$ , 则可以计算出“环境原因”评价向量为:

$$B_3 = A_3 R_3 = \begin{bmatrix} 0.33 \\ 0.31 \\ 0.26 \\ 0.10 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0 & 0.58 & 0.25 & 0.17 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.47 & 0.13 & 0.15 \\ 0 & 0.12 & 0.34 & 0.45 & 0.09 \\ 0.53 & 0.32 & 0.12 & 0.03 & 0 \end{bmatrix} = (0.05 \quad 0.33 \quad 0.33 \quad 0.22 \quad 0.07) \quad (12)$$

(4)“管理原因”评价矩阵为:

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0.18 & 0.65 & 0.17 & 0 \\ 0 & 0.49 & 0.45 & 0.06 & 0 \\ 0 & 0.10 & 0.78 & 0.12 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

而  $W_4 = (0.38 \quad 0.32 \quad 0.30)$ , 则可以计算出“管理原因”评价向量为:

$$B_4 = A_4 R_4 = \begin{bmatrix} 0.38 \\ 0.32 \\ 0.30 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0 & 0.18 & 0.65 & 0.17 & 0 \\ 0 & 0.49 & 0.45 & 0.06 & 0 \\ 0 & 0.10 & 0.78 & 0.12 & 0 \end{bmatrix} = (0 \quad 0.26 \quad 0.62 \quad 0.12 \quad 0) \quad (14)$$

根据前文的介绍,可以知道第一层次事故影响因素的隶属度就是第二层次危险因素计算出的评价向量,由此可以得出商渔船碰撞事故模糊风险评价矩阵为:

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0.03 & 0.23 & 0.42 & 0.32 \\ 0 & 0.09 & 0.48 & 0.43 & 0 \\ 0.05 & 0.33 & 0.33 & 0.22 & 0.07 \\ 0 & 0.26 & 0.62 & 0.12 & 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

而  $W = (0.50 \quad 0.11 \quad 0.23 \quad 0.16)$ , 则可以计算出商渔船碰撞事故模糊风险的综合评价向量为:

$$B = WR = \begin{bmatrix} 0.50 \\ 0.11 \\ 0.23 \\ 0.16 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0 & 0.03 & 0.23 & 0.42 & 0.32 \\ 0 & 0.09 & 0.48 & 0.43 & 0 \\ 0.05 & 0.33 & 0.33 & 0.22 & 0.07 \\ 0 & 0.26 & 0.62 & 0.12 & 0 \end{bmatrix} = (0.01 \quad 0.14 \quad 0.34 \quad 0.33 \quad 0.18) \quad (16)$$

根据上述计算得出的商渔船碰撞事故模糊风险的综合评价向量  $B = (0.01 \quad 0.14 \quad 0.34 \quad 0.33 \quad 0.18)$ , 是一个模糊向量(即所评价的对象隶属于各评价等级的隶属度向量)。因此在确定商渔船碰撞事故模糊风险的等级时,需要对该模糊向量  $B = (0.01 \quad 0.14 \quad 0.34 \quad 0.33 \quad 0.18)$  进行反模糊化(清晰化)处理。利用上述清晰化处理的计算公式可以计算得:

$$M = BG = (0.01 \quad 0.14 \quad 0.34 \quad 0.33 \quad 0.18) \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{bmatrix} = 3.53 \quad (17)$$

根据本文对商渔船碰撞事故模糊风险评价建模及计算出的最终评价向量进行清晰化,由表2的危险程度对应关系可知,海船上救生艇事故模糊风险评价等级为较高风险。



表 2 评价结果与危险程度的对应关系

$M$ 的取值	$0 \leq M < 1.5$	$1.5 \leq M < 2.5$	$2.5 \leq M < 3.5$	$3.5 \leq M < 4.5$	$M \geq 4.5$
危险程度	低危险	较低危险	一般危险	较高危险	高危险

总体评价等级的结果并不是本文研究的最终目的。本文研究的重点是找出引起商渔船碰撞事故因素中哪些因素是引起商渔船碰撞事故的主要原因,研究与之相对应的风险缓解措施。利用本文第三部分中关于矩阵中风险影响指标的权重向量可以计算出商渔船碰撞的 16 个风险影响因素在总目标中所占的权重向量(层次总排序),计算结果为: $A = (0.075, 0.125, 0.065, 0.11, 0.075, 0.05, 0.039\ 6, 0.047\ 3, 0.023\ 1, 0.075\ 9, 0.071\ 3, 0.059\ 8, 0.023, 0.060\ 8, 0.051\ 2, 0.048)$ ,分别对应的是:船员专业知识水平  $u_{12}$ 、疲劳驾驶  $u_{14}$ 、气象水文条件  $u_{31}$ 、商渔船船员缺乏安全意识  $u_{11}$ 、违规操作  $u_{15}$ 、交通复杂度  $u_{32}$ 、商渔船之间通讯不协调  $u_{13}$ 、管理机构不一致  $u_{41}$ 、船舶流量  $u_{33}$ 、执法信息化不足  $u_{42}$ 、应急能力差  $u_{16}$ 、公司安全管理  $u_{43}$ 、渔船木质结构雷达反射差  $u_{22}$ 、渔船船体与海水颜色反差不大  $u_{21}$ 、渔船是否配备号灯号型  $u_{23}$ 、助航标志  $u_{34}$ 。

#### 4 对策建议

引起商渔船碰撞事故风险影响指标中排在前七位分别是:船员专业知识水平、疲劳驾驶、气象水文条件、商渔船船员缺乏安全意识、违规操作、交通复杂度和商渔船之间通讯不协调。下面主要就这几方面提出针对性强、具有可操作性的建议。

(1)对于船员专业水平及违规操作这 2 个影响因素,建议做好船员的考试培训和监管。商船船员由海事局船员处监管,渔船船员由渔政渔港监督管理机构监管。为了便于商渔船船员相互间更好地熟悉了解,建议积极推动机构改革和立法建设,将商渔船船员的培训考试统一到同一个主管部门之下,提高商渔船船员的安全生产意识和事故防范能力。

(2)对于船员缺乏安全意识这个影响因素,建议船长在平时加强对驾驶台值班人员的安全意识、应急能力及业务水平的培养,合理安排驾驶台值班人员,确保值班人员不因疲劳而导致危险的发生。做好船员的考核工作,如实填写船员的任职表现,促使船员切实履行安全生产现场安全责任人的法律责任和义务。

(3)对于气象水文条件这个影响因素,考虑到渔船抗风浪能力低,建议禁止渔船在气象水文条件不利的情况下出海,增加船头瞭望人员数量,及早获知船首附近船只情况。<sup>[5]</sup>

(4)基于已识别的商渔船碰撞事故主要风险源,有效规范商渔船的航行、作业行为,提高预控商渔船碰撞风险能力,根据现行的相关法律,探索构建包括地方政府、主管机关、商船公司、渔业企业、商渔船船员在内的商渔船安全管理主体责任体系,建立“安全共同体”。

(5)建立商渔船防碰撞预警监控机制,对商渔船的出航、作业进行监控预警。相关管理部门要加强船舶交通管理服务,充分利用船舶自动识别系统、地理信息系统、甚高频、图像通信系统等信息化技术,<sup>[6]</sup>加强对航道的监视,及时对商渔船的违规行为进行预警通报,发布警告信息,引导船舶安全航行。

#### 5 结束语

通过对商渔船碰撞影响因素进行调研,构建商渔船碰撞事故风险综合评价模型并进行计算分析,计算结果能够客观准确地反映出商渔船发生碰撞事故的风险状况,为商渔船驾驶人员及主管部门控制风险源提供科学的决策依据。将模糊风险分析方法引入商渔船碰撞事故风险评价将是未来的发展趋势,然而目前模糊风险分析方法的应用范围并不十分广泛,本文将其应用于商渔船碰撞事故风险评价是一个新的尝试。模糊风险分析方法在一些具体技术方法的使用上还有待进一步提高,实际应用模糊风险分析方法中还存在风险评估时数据收集、评价模型建立等方面的难题,需要研究者在今后的研究工作中对风险评价模型加强研究完善,进一步提高模糊风险评价的准确性。

#### 参考文献:

- [1]王春雷,张帅,刘夕明,等.2010—2019 年江苏省渔业船舶水上安全事故分析及对策建议[J].渔业信息与战略.2020(2):109-114.
- [2]王春雷,付奎鹏,朱国平,等.江苏省海洋渔业职务船员结构特征研究[J].中国渔业经济. 2014(5):107-112.

- [3]徐锦波.盐城港大丰港区通航环境综合风险评价[J].中国水运.2021(1):126-128.
- [4]李先强.基于中国沿海商渔船碰撞事故的商船安全航行对策分析[J].世界海运.2018(7):22-28.
- [5]杨志成.浙江沿海水域商渔船碰撞事故发生规律及商船防范措施[J].中国海事.2020(12):20-23,44.
- [6]赵仓龙.AIS与雷达信号数据融合在船舶避碰系统中的应用[J].舰船科学技术.2022(12):169-172.

(责任编辑:张 利)

## Risks Analysis and Countermeasures Research on Collision Accidents of Merchant Fishing Vessels

LI Feng

(School of Nautical Technology, Jiangsu Shipping College, Nantong 226010, China)

**Abstract:** In recent years, a number of collision accidents involving merchant fishing vessels have caused great casualties and property losses. Through the statistical analysis of the collision accidents of merchant fishing vessels, the influencing factors leading to the collision accidents of merchant fishing vessels are studied. The risk evaluation index system of the collision accidents of merchant fishing vessels is constructed by using a FSA fuzzy risk evaluation method. A comprehensive risk evaluation model of the collision accidents of merchant fishing vessels is shaped by using a hierarchical analysis method, and the most important influencing factors leading to the collision accidents of merchant fishing vessels are calculated and analyzed to provide scientific decision-making basis and reference for controlling risk sources by officers of merchant fishing vessels and competent authorities.

**Key words:** merchant fishing vessel; collision; risk assessment

### 本刊声明

为了适应我国信息化建设的需要,扩大本刊及作者知识信息交流渠道,实现期刊编辑、出版工作的网络化,本刊已加入《中国期刊网》《中国学术期刊(光盘版)》全文数据库、《万方数据——数字化期刊群》和《中国科技期刊数据库》。本刊录用的文章,在上述数据库中的著作权使用费,已包含在本刊稿酬内一次性给付,不再另付。如作者不同意,请在来稿时特别声明,本刊将作适当处理。

《江苏航运职业技术学院学报》编辑部