

基于证据理论的长江江苏段引航安全评价研究

符建华, 李进

(长江引航中心南京引航站, 江苏南京 210015)

摘要: 目前, 长江江苏段黄金水道功能得到充分发挥, 船舶通航密度不断增加, 通航环境愈加复杂, 船舶引航安全面临越来越大的压力与挑战。因此, 本文基于证据理论(D-S)构建安全评价模型, 对长江江苏段引航安全状况进行评估分析, 以减少引航事故, 提高引航安全。

关键词: 长江江苏段; 船舶引航; 证据理论; 安全评价

中图分类号: U675.98

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2020) 05—0063—03

1 引言

目前, 随着一带一路、长江经济带、长三角区域一体化等战略的实施, 长江江苏段黄金水道的能力得到充分发挥, 进江海船越来越多, 通航密度愈加增大, 通航环境愈加复杂, 同时船舶引航风险也越来越大。虽然在海事及引航等部门的努力下, 引航事故呈逐年降低趋势, 但依然时有发生, 带来了严重的损失。鉴于此, 为了减少引航事故, 本文基于D-S证据理论建立引航安全评价模型, 分析长江江苏段引航安全状况, 提高长江江苏段船舶引航安全。

2 构建评价指标体系

由于影响长江江苏段船舶引航安全的因素较多, 且存在一定的层次性, 通过查阅文献及咨询相关专家, 并结合引航实况, 从引航员、船舶、环境和管理四个方向入手, 前期归纳总结出许多长江江苏段船舶引航安全的影响因素^[1,2,3], 然后利用主成分分析法确定11个具有代表性和关键性的影响因子, 最终建立的引航安全评价指标体系如图1所示。

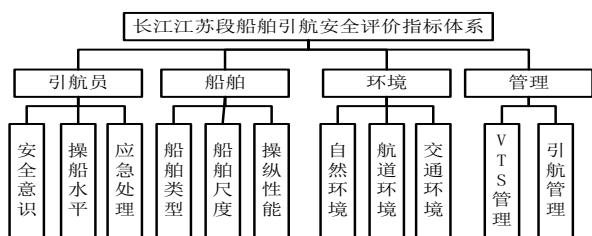


图1 江苏段引航安全评价指标体系

参考文献:

- [1] 江爱文, 李强. 海上风电场航标设置方案探究[J]. 福建交通科技, 2019(02):131-133.
- [2] 李道科. 福建海上风电场址航运安全风险评析[C]. 中国航海科技优秀论文集(2014). 上海浦江教育出版社有限公司, 2015:181-187.
- [3] 元国凯, 朱光涛, 黄智军. 海上风电场施工安装风险管理研究[J]. 南方能源建设, 2016,3(S1):190-193.
- [4] 纪宁毅, 尹杰. 海上风电场建设施工期风险点的识别与控制[J]. 机电设备, 2019,36(03):40-43.
- [5] 沈思曦, 陈元林, 安博文, 卢学佳. 基于AIS和GIS

3 确定安全评价模型

证据理论最初是由 Dempster 提出以解决两个信息融合的决策理论, 经 Shafer 研究改进后发展为 D-S 证据理论^[4]。D-S 证据理论可以很好地描述决策问题的不确定性, 由于长江江苏段船舶引航安全评价问题具有不确定性, 因此可运用 D-S 证据理论进行分析研究^[5]。

3.1 基本概念

(1) 识别框架: 一个互不交容事件的完整的样本集合 Θ , 可表示为: $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_j, \dots, \theta_N\}$

(2) 基本信任分配函数: A 为 Θ 的任一子集, 记 $A \subseteq \Theta$, 基本信任分配函数 m 是一个从集合 2^Θ 到 $[0,1]$ 的映射, 且满足:

$$\begin{cases} m(\phi) = 0 \\ \sum_{A \subseteq \Theta} m(A) = 1 \end{cases}$$

式中: $m(A)$ 为事件 A 的基本信任分配函数值, 即证据对事件 A 的可以信任的程度, 若 $m(A) > 0$, 称 A 为焦元。

3.2 证据理论的合成规则

证据理论的合成运算规则是指两个或多个信任分配函数值 m 的正交和运算, 代表证据间的交合作用, 具体的合成规则如下:

3.2.1 两个证据的合成

假定 m_1 和 m_2 分别为 Θ 中两组证据 E_1 和 E_2 的基本信任分配函数, 焦元分别为 A_i 和 B_j , 设 $K = \sum_{A_i \cap B_j = \phi} m_1(A_i)m_2(B_j) < 1$, 则证据合成规则为:

的海上风电场船舶监控系统软件设计[J]. 现代计算机(专业版), 2018(20):91-95+100.

[6] 孙菲, 吴比翼. 海上风电场对岸基雷达探测威力影响分析[J]. 遥测遥控, 2018,39(06):13-18.

[7] 张华伟. 唐山港海上风电场通航安全风险评价与海事监管研究[J]. 大连海事大学, 2017.

[8] 刘震天, 张新宇, 范玉鹏, 范赫, 王敏, 何德林, 周春辉. 大唐风电水域施工期智慧维护及管理系统[J]. 交通企业管理, 2019,34(03):64-66.

[9] 连云港海事局海上风电海事监管暂行办法, 连云港海事局, 自2019年12月1日起施行。

$$m(A) = \begin{cases} \frac{\sum_{A_i \cap B_j = A} m_1(A_i)m_2(B_j)}{1-K}, & A \neq \phi \\ 0, & A = \phi \end{cases}$$

3.2.2 多个证据的合成

对于 Θ 中的 n 个信任分配函数 m_1, m_2, \dots, m_n 焦元为 $A_i (i=1, 2, \dots, n)$ 则合成规则为:

$$m(A) = \begin{cases} \frac{\sum_{\cap A_i = A, 1 \leq i \leq n} \prod m_i(A_i)}{1-K}, & A \neq \phi \\ 0, & A = \phi \end{cases}$$

式中: $K = \sum_{\cap A_i = \phi, 1 \leq i \leq n} \prod m_i(A_i)$

3.3 基于 D-S 的安全评估步骤

长江江苏段船舶引航安全评价是一个由“引航员-船舶-环境-管理”组成的多层次系统问题。评估过程中,先通过专家获取最底层指标元素关于评估目标的确信程度,然后计算出各指标的基本概率赋值,再重复运用合成规则由下而上融合各层数据,最终确定整个系统即长江江苏段船舶引航安全状况的评估量化值^[6]。具体步骤如下:

(1) 构建指标体系,计算权重向量。在建立了引航安全评价指标体系的基础上,利用层次分析法(AHP)求得各层指标权重向量。

(2) 建立评语集。借鉴相关文献中关于划分安全评价等级的科学方法,为本系统的评价结果设定了5个级别,评语集 $V=\{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}=\{\text{危险, 较危险, 一般, 较安全, 安全}\}$ 。为量化最终的评估结果,需先量化评语集,即 $P(V)=\{P(V_1), P(V_2), P(V_3), P(V_4), P(V_5)\}=\{1,2,3,4,5\}$ 。

(3) 计算各指标基本可信度函数值。向专家发放调查问卷以获得各指标的可信度 $\beta_{v_n}(U_{ij})$ 。考虑各个专家理论知识和经验的不同以及在确信度赋值时的主观影响,需要对专家们给出的可信度值进行量化修正处理。设 $\alpha^{(U_{ij})}$ 为专家对评价指标 U_{ij} 的主观系数,一般取值为 $0.9 \leq \alpha^{(U_{ij})} \leq 1$,本文取0.9。设每个评价指标集里面指标权重最大的指标为关键指标,其指标权重记为 W_{max} ,其他的则为非关键指标。由确信度 $\beta_{v_n}(U_{ij})$ 建立各指标的基本信任分配函数值公式如下:

$$m(U_{ij}) = \alpha^{(U_{ij})} \left(\frac{W_{jm}}{W_{max}} \right) \beta_{v_n}(U_{ij})$$

(4) 对各底层指标的 $m(U_{ij})$ 使用合成规则实现融合,计算其上层指标的可信度值,以此类推,直到计算出整个系统关于评价级别的可信度值。

(5) 采用 $y = \sum_{j=1}^n m_j P(V_j)$ 作为安全评价量化函数,计算长江江苏段船舶引航安全的量化值,然后将此量化值与划分的评价等级量化值对比分析,最终得出长江江苏段的船舶引航安全状况的评估结果。

4 实例分析

由于船舶引航安全评价具有不确定性,因此通过调查问

卷法获取评估的基础数据,利用层次分析法(AHP)求得各层指标因素权重向量为:

$$W_U = (0.42, 0.19, 0.27, 0.12)$$

$$W_{U1} = (0.32, 0.56, 0.12)$$

$$W_{U2} = (0.29, 0.14, 0.57)$$

$$W_{U3} = (0.49, 0.31, 0.2)$$

$$W_{U4} = (0.67, 0.33)$$

由专家问卷法得出最底层指标对于评语集的确信度值,如表1所示。

表1 基本可信度分配表

子系统	底层指标因素	基本可信度分配值 $\beta_{v_n}(U_{ij})$				
		V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅
引航员 U ₁	安全意识	0	0	0.1329	0.4350	0.4321
	操船水平	0	0	0.1596	0.6032	0.2372
	应急处理	0	0.0598	0.3342	0.4503	0.1557
船舶 U ₂	船舶类型	0.0053	0.1214	0.3264	0.4256	0.1213
	船舶尺度	0.0104	0.1567	0.5782	0.2091	0.0456
	操纵性能	0.0079	0.1073	0.3721	0.4231	0.0896
环境 U ₃	自然环境	0.0026	0.1538	0.2379	0.4045	0.2012
	航道环境	0.0078	0.1369	0.2359	0.3721	0.2473
	交通环境	0.0017	0.1089	0.3180	0.3897	0.1817
管理 U ₄	VTS管理	0.0925	0.1563	0.3416	0.2871	0.1225
	引航管理	0	0	0.2914	0.2766	0.4320

根据证据理论安全评价模型的计算步骤,先求得各指标的mass函数值,再利用合成规则,求出各层的可信度值。以U₁为例,求取引航员子系统可信度,如表2所示。

表2 引航员的可信度表

因素	基本概率赋值 $\beta_{v_n}(U_{ij}) \times \alpha^{(U_{ij})} \times (\frac{W_{jm}}{W_{max}})$				
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅
U ₁₁	0	0	0.0684	0.2237	0.2222
U ₁₂	0	0	0.1436	0.5429	0.2135
U ₁₃	0	0.0115	0.0645	0.0869	0.0300
总的可信度 m ₁	0	0.0009	0.1239	0.5819	0.2315

同理,可依次计算得出船舶、环境和管理三个子系统的可信度值,分别为m₂、m₃、m₄,最后将4个子系统的可信度值进行合成,得到整个系统关于各个评价等级的总的可信度m,如表3所示。

表3 长江江苏段船舶引航安全评价可信度表

因素	基本概率赋值 $\beta_{v_n}(U_{ij}) \times \alpha^{(U_{ij})} \times (\frac{W_{jm}}{W_{max}})$				
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅
U ₁	0	0.0008	0.1115	0.5237	0.2084
U ₂	0.0022	0.0349	0.1507	0.1636	0.0281
U ₃	0.0012	0.0658	0.1282	0.2474	0.1032
U ₄	0.0172	0.0290	0.0829	0.0696	0.0377
总的可信度 m	0.0021	0.0190	0.1476	0.6026	0.1560

由计算可知,长江江苏段船舶引航安全性处于危险层面的可信度为0.0021,处于较危险层面的可信度为0.0190,处于一般层面的可信度为0.1476,处于较安全层面的可信度为0.6026,处于安全层面的可信度为0.1560。整个系统的安全状态为:

$$y = \sum_{j=1}^n m_j P(V_j) = 0.0021*1 + 0.0190*2 + 0.1476*3 + 0.6026*4 + 0.1560*5 = 3.6733$$

浅谈搁浅遇险船脱浅救助

苏敬勇

(交通运输部北海救助局, 山东 烟台 264012)

摘要: 船舶搁浅是船舶常见的航行事故之一, 事故发生后, 为了避免次生灾害, 必须快速、有效地完成对搁浅船的脱浅救助, 通常采用救助船协助其脱浅最为快速有效。本文主要介绍专业救助船协助搁浅船舶所需拉力的估算方法, 并对成功脱浅实践进行总结。

关键词: 船舶; 搁浅; 脱浅; 救助

中图分类号: U698

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2020) 05—0065—03

1 险情概述

1.1 遇险经过

2016年11月22日下午, 一艘满载5000吨煤炭散货船“ZDH”轮途经长岛水域时, 遭遇大风侵袭, 航行中躲避渔网时, 不慎搁浅, 船舶无溢油、无倾斜, 未发现船体破损。

1.2 遇险船舶资料

表 1

国籍	中国	船舶种类	散货船	主机功率	1765KW
船舶尺度	船长 97m, 船宽 15.8m, 型深 7.8 米, 满载吃水 5.9 米				
船舶吨位	总吨 2998, 净吨 1669, 载重吨 5000 吨				
载货数量	5000 吨煤炭	船员人数	14 名		

1.3 遇险海域海底底质及海况

遇险位置 $37^{\circ} 52.6' N/120^{\circ} 44.8' E$, 在长岛县南长山岛南约 0.9 海里处。根据海图分析, 此处海底底质以沙底, 无礁石, 搁浅船周围有大量养殖, 现场北风 6-7 级, 大浪, 能见度 4-5 海里。



2 救助方案拟定

救助船舶根据险情信息和评估情况, 预判是否需要转移

计算结果表明长江江苏段船舶引航安全状态处于一般及较安全之间, 且偏向于较安全状态, 表明了采取一系列安全保障措施的基础上, 船舶引航风险处于可控范围之内, 符合实际情况。

5 结束语

长江江苏段船舶引航面临越来越大的风险挑战, 考虑到引航安全评估的不确定性特点, 本文建立基于 D-S 证据理论的评价模型, 通过计算客观分析当前的长江江苏段引航安全状况, 评估结果符合实际情况, 有助于提高长江江苏段船舶引航安全。

参考文献:

遇险人员和转移规模, 预判险情发展态势, 初步拟定搁浅遇险船救助方案。

(1) 在确保人员安全的前提下, 优先考虑人船同救, 将遇险船拖救至安全水域。

(2) 如遇险船存在断裂、倾覆危险危及人员安全, 先采取适当方式将遇险人员转移到安全地点, 再拖救遇险船至安全水域。

3 救助准备

3.1 岸基支持

(1) 海上专业救助部门要及时与搁浅遇险船取得联系, 积极指导其采取自救措施, 并查阅潮汐表, 确定遇险海域的高潮和低潮时间, 同时要求搁浅遇险船测量当地实际水深, 观察现场海流和风浪情况。这些信息的汇总分析, 为初步拟定脱浅方案提供依据。

(2) 建议搁浅遇险船根据现场情况, 及时采取抛锚等措施固定船体, 防止大风浪导致搁浅加剧和船体受损, 造成次生灾害。

(3) 建议搁浅遇险船要立即检查船体受损情况, 在船体受损部位、受损情况以及船舶周围海域环境不明的情况下, 不要盲目用车用舵强制自行脱浅, 防止螺旋桨和舵叶受海底泥沙、岩石以及渔网等影响造成进一步损坏。

(4) 建议搁浅遇险船准备好堵漏器材和排水设备, 保持随时可用状态, 一旦发现船体受损, 船舱进水, 通过堵漏和排水,

[1] 张文泉. 基于 AHP 的船舶引航风险模糊评价研究 [J]. 中国水运 (下半月), 2017, 17(11): 17-18.

[2] 陈海波. 基于 SPA 的南京港船舶引航风险研究 [J]. 中国水运 (下半月), 2018, 18(11): 24-25.

[3] 符建华. 草鞋峡水道船舶引航风险评价研究 [J]. 中国水运 (下半月), 2017, 17(12): 23-24.

[4] 杨岚, 王柏霖. 基于证据理论的董家口港区北三突堤通用泊位安全评估 [J]. 中国水运 (下半月), 2019, 19(08): 45-46+49.

[5] 杨春岳. 基于证据理论的龙口港引航安全评价 [J]. 中国水运, 2011(12): 52-53.

[6] 孙健. 基于证据理论的集装箱船大风浪航行安全评估 [D]. 大连海事大学, 2013.