

基于 LEC 法的航道作业单元风险评价方法

方达, 邹文沛

(长江芜湖航道处, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 目前, 船舶航道作业的范围以及执行要求在逐渐增多, 这也就意味着在实际应用的过程中存在的问题以及缺陷也在不断出现。因此, 对基于 LEC 法的航道作业单元风险评价方法进行设计与研究。进行航道安全评价指标权重的计算, 建立重叠航道风险评价指标体系, 采用 LEC 法创建熵权模糊的评价模型, 结合变异差值法与 LEC 法实现航道作业单元风险评价, 最终的测试结果表明: 在不同的单元测试评价熵值情况下, 对比于传统测算单元风险评价测试法, 本文所设计的 LEC 单元风险评价测试法最终得出的单元模糊风险评价概率误差相对较小, 表明其评价的效果更佳, 评价的范围也相对较大, 说明其模糊的实际质数有所延伸, 具有实际的使用意义。

关键词: 航道作业; 作业单元; LEC 法; 航标设定

中图分类号: U676

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2022) 02—0037—03

最近几年, 我国水域的作业工作逐渐增加, 在这样的环境之下, 相对应的航道作业难度也在不断攀升。而航道作业最为重视的就是船舶四周的通航环境以及目标工作的处理。由于工作环境的不明确以及执行结构也比较复杂, 这也使得船舶日常的通航密度逐渐升高、船舶会遇态势和情况多样, 进而导致引航道作业在不同的区域之中频繁发生事故, 进而产生大面积的关联性水域损害。所以, 航道单元作业实际上是一项重要且较为繁杂的目标^[1]。水域监视的重点是单元航向的控制程度以及实际控制范围。一般情况下, 传统的航道作业单元控制需要先对其风险安全作出对应的评价, 这样才可以更好地确保对应其实际的评价结果^[2]。传统的风险评价方法主要是采用对航道标准以及数据信息的测算来实现风险以及安全的控制与实践^[3]。这种方法虽然可以达到预期的目标, 但是在实际应用的过程中仍然存在较多的问题及缺陷, 进而造成大面积的关联性损害, 对航道作业的安全生产还产生重大且深远的意义^[4]。

对于航道的风险评价一般是通过查找、分析以及预测的方式来对水域中船舶通航、靠离泊、锚泊等作业中的风险值进行预测, 将存在的风险以及有害因素一一归纳, 制定具有针对性的风险评价措施, 以此来提升整体的评价效果^[5]。其实, 现如今, 随着我国航运事业的不断发展, 相关的作业事故通常是随着航道的波动以及航行情况的变化导致的, 这些事故的发生具有较强的间接性, 大部分是与航道作业有着关联性的关系, 对比于传统的风险评价方法, 本文设计的方法需要更具一定的灵活性, 同时在应用的过程中稳定程度也需要有所保证, 在初始的水域中, 对相应的环境因素进行了解, 并在设计评价方法的同时将相关因素考虑进去, 形成更加全面、

系统的风险评价效果, 以此来确保最终航道出现的相关安全问题以及情况的变化^[6]。LEC 法是一种应用较为广泛的数据评价方法, 被广泛应用在社会中的相关领域, 尤其是航道作业单元的风险评价, 更是取得了相对较好的效果。因此, 对基于 LEC 法的航道作业单元风险评价方法进行设计与分析。在较为真实的环境之下, 依据合理的范围以及标准, 进行风险评价层级的判定, 以此来提升整体的评价效果与效率。

1 LEC 法下航道作业单元风险评价方法设计

1.1 航道安全评价指标权重计算

在进行航道作业单元风险评价方法设计之前, 需要先进行安全评价指标权重的计算。考虑船舶在行驶的过程中存在不同程度的突发状况, 极其容易受到海洋、人群等外部因素的影响, 这些也会增加航道的风险等级, 同时还会造成大面积的关联性船舶事故, 所以, 在对其单元风险做出评价的过程中, 需要对应的安全指标以及关联权重进行明确与计算, 首先, 根据航道安全的日常评价指标以及对应的原则, 设定可应用的航道安全评价指标结构^[7]。通常情况下, 航道安全指标大致可以划分为三个等级, 其一是基础安全等级, 主要是对初始的安全参数以及指标体系进行测定与计算的, 具有较强的实际应用价值^[8]。其二是中级指标, 其三是顶级指标, 这两部分一般是相关联的, 具有相互影响的特征, 一部分受到影响或者发生变化, 另一层级就会随之变化, 所以, 在经过初级数据的处理之后, 依据对应的层级, 以此进行安全风险评价数据信息的处理。根据航道作业的实际需求, 进行对应指标的明确与组合, 完成之后, 计算出单元权重值, 具体如下公式 1 所示:

$$P = 2R - \frac{F + 0.15}{4} - \delta \quad (1)$$

公式(1)中： P 表示单元权重值， R 表示目标单元评价范围， F 表示模糊作用系数， δ 表示单元误差。通过上述计算，最终可以得出实际的单元权重值。单元权重值的指标作用范围是双向的，并且具有模糊评价的能力，与数据判断矩阵相关联，为后续航道单元风险评价的工作奠定基础。

1.2 重叠航道风险评价指标体系建立

在完成对航道安全评价指标权重的计算，需要进行重叠航道风险评价指标体系的建立。传统的航道指标体系一般是通过对评价的风险因子来实现判定的，具有较强的主观性质，很容易出现评价误差以及问题，所以，面对这种状况，需要依据实际情况，进行整体重叠风险评价指标体系的构建。首先，对需要进行测试且存在的风险指标作出汇总整合，依据平台实现指标参数的测算和辨识，为后续重叠指标体系的构建奠定基础。在Reason汇总处理模型中将指标信息导入，得出对应的安全的因子，并实现对安全因子种类的相应辨识。其次，依据重叠风险因素的作用链以及自行演化事故，进行对应指标体系的设计，在原始的重叠指标体系的基础之上，依据实际的需求，进行等级评语标准的设定，具体如表1所示：

表1 风险评语等级标准设定表

等级	风险程度	重叠极限比
1	安全	0.15
2	比较安全	0.25
3	一般	0.19
4	比较危险	0.16
5	十分危险	0.27

根据表1中的数据信息，最终可以完成风险评语等级标准的设定。在上述设定的范围以及标准之内，对不同的指标进行重新设定，消除风险因子的作用程度，最终完成对重叠航道风险评价指标体系的建立。

1.3 LEC法下熵权模糊评价模型构建

在完成重叠航道风险评价指标体系建立之后，接下来，需要进行熵权模糊评价模型的构建。这部分主要是依据熵权模糊矩阵的设立来进行风险评价模型的创建。利用LEC法来进行模糊评价环境的设立，同时设计出对应的LEC熵权模糊评价模型的结构，具体如图1所示：

根据图1中结构的设计，最终可以得出实际评价结果，将其二次置于评价模型中，测算航道评价的模糊概率，得出不同区域的模糊概率对比分析，以此来进一步完善LEC法下熵权模糊评价模型的整体评价效果。

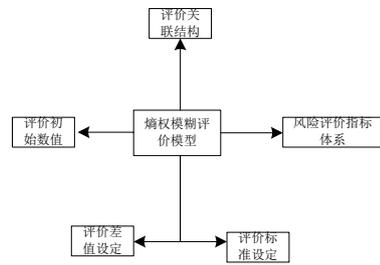


图1 熵权模糊评价模型结构图

1.4 变异差值法与LEC法实现航道作业单元风险评价

在完成LEC法下熵权模糊评价模型的构建，接下来，结合变异差值法与LEC法实现航道作业单元风险的评价与分析。先利用LEC法计算出各个航道作业时存在单元风险数值，将其汇总整合，与此同时，利用变异差值法进行风险因子差值的统计测算与对比，得出的差值可以设定为评价模型中的极限差值，依据差值实现评价的标准以及误差标准的设定。但是需要注意的是，LEC法下为了避免变化差值对最终评价结果产生影响，还应该设定限制评价区域，主要是针对变化情况下，单元风险评价结果的精准性与可靠性。

2 方法测试

本次主要是对LEC下的航道作业单元风险评价效果进行验证，测试分为两个小组，一组为传统的测算单元风险评价方法，将其设定为传统测算单元风险评价测试组；另一组为本文所设计的方法，将其设定为LEC单元风险评价测试组。两种方法同时进行测试，并将得出的测试结果进行对比分析，最终完成验证。

2.1 测试准备

在进行测试之前，需要先做对应的测试准备，搭建测试环境。本次测试选取Q航道作为测试的主要目标，并将航道划分为不同的测试区域，完成之后，利用相关的设备对港口的航道以及对应航标进行定位与设置，去掉原本多余的港口航标，关联剩余的航标，应用在测试之中，为了确保测试结果的一致性，需要依据实际的需求以及情况，设定符合测试环境的单元风险评价标准，具体如表2所示：

表2 单元风险评价标准设定表

评定等级	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
一级	(0, 20]	[60, 90]	(10, 15]	(150, 200]	(700, 1000]
二级	(20, 50]	(90, 120]	(100, 150]	(4, 6]	(60, 70]
三级	(50, 100]	(60, 90]	(0.1, 0.3]	(25, 40]	(300, 500]
四级	(100, 200]	[15, 30]	(1, 3]	(30, 60]	(15, 25]
五级	(200, 1000]	(0, 30]	[0, 1]	[0, 30]	[0, 15]
取值范围	1~250	0~50	15~150	35~85	15~120
属性类别	极大型	极小型	极大型	极大型	极小型

根据上述表 2 中的数据信息, 最终可以完成对单元风险评价标准的设计与设定。完成之后, 根据测试的实际范围以及航道作业的实际, 完成对航向的通航环境风险评价等级标准的设定, 具体如表 3 所示:

表 3 通航环境风险评价等级标准设定表

风险等级	评价执行等级	总突变隶属函数值
高风险	一级	(0.00, 0.8684]
较高风险	二级	(0.684, 0.9130]
中风险	三级	(0.130, 0.9437]
较低风险	四级	(0.9437, 0.9677]
极低风险	五级	(0.9677, 1.00)

根据表 3 中的数据信息, 最终可以完成实际的通航环境风险评价等级标准的设定与评定。完成之后, 在上述所搭建的测试环境之中, 进行评价矩阵的设定, 并计算出相对应的风险评价单元系数, 具体如下公式 2 所示:

$$M = (2\chi + 0.25a) + \frac{r+1}{3} \quad (2)$$

公式 (2) 中: M 表示风险评价单元系数, χ 表示执行评价标准范围, a 表示综合作业预期成本, r 表示单元权重比值。通过上述计算, 最终可以得出实际的风险评价单元系数。在得出的单元系数范围之内, 进行信息熵值的计算, 具体如下公式 3 所示:

$$N = \beta + 3t - 0.25 \quad (3)$$

公式 (3) 中: N 表示信息熵值, β 表示变异权重数值, t 表示应变范围。通过上述计算, 最终可以得出实际的信息熵值。将其设定在评价的模型之中。核查测试的设备是否处于稳定的运行状态, 同时确保不存在影响最终测试结果的外部因素, 核查无误后, 开始测试。

2.2 测试过程及结果分析

在上述搭建的测试环境之中, 进行测试。测试的区域会通过安装监控设备来进行情况的预测与判断。利用专业的设备获取航道作业过程中出现的数据以及安全风险信息, 将其添加在 LEC 风险评价模型之中, 随后, 利用模型进行风险评价单元模糊风险评价概率的计算, 具体如下公式 4 所示:

$$K = \frac{1}{2b+3f} - \mathfrak{S} - 1 \quad (4)$$

公式 (4) 中: K 表示单元模糊风险评价概率, b 表示预测风险范围, f 表示执行变化风险值, \mathfrak{S} 表示风险评价误差。通过上述计算, 最终可以得出实际的单元模糊风险评价概率。依据得出的数据信息, 进行对比研究探讨, 具体如下表 4 所示。

根据表 4 中的数据信息, 最终可以得出实际的测试结果: 在不同的单元测试评价熵值情况下, 相比于传

统测算单元风险评价测试法, 本文所设计的 LEC 单元风险评价测试法最终得出的单元模糊风险评价概率误差相对较小, 表明其评价的效果更佳, 评价的范围也相对较大, 说明其模糊的实际质数有所延伸, 具有实际的应用价值。

表 4 测试结果对比分析表

单元测试评价熵值	传统测算单元风险评价测试组单元模糊风险评价概率误差	LEC 单元风险评价测试组单元模糊风险评价概率误差
4.25	3.25	1.31
6.5	3.06	1.205
10.25	2.94	1.49
15.5	2.67	1.58

3 结语

综上所述, 完成了基于 LEC 法的航道作业单元风险评价方法的设计与分析。在不同的环境之下, 对航道作业单元存在的不同情况归纳总结, 同时还需要从航道作业的航道条件、自然环境以及交通环境等三方面进行分析与论述, 通过所创建的风险评价指标体系, 结合得出的对应评价数据, 最终获取突变级评价的风险数据, 完成航道作业风险评价环境的搭建。在此基础之上, 对比于传统的风险评价方法, 本文所设计的方法具有更强的灵活性, 且在应用的过程中可以灵活应变, 最大程度地降低了评价的实际误差, 同时也克服了传统评价方法自身所具备的主观赋权局限性, 以此来进一步提高航道作业风险评价的精确性以及可靠性。

参考文献:

- [1] 左莉, 梅峰太. 模糊数学理论的船舶航道安全评价方法 [J]. 舰船科学技术, 2021, 43(04): 40-42.
- [2] 罗飞飞, 徐刚. 港口工程施工危险源辨识及其评估分级方法研究 [J]. 建筑安全, 2021, 36(09): 69-72.
- [3] 韩雕, 陈厚忠. 船舶过南京长江大桥通航风险评价 [J]. 武汉理工大学学报, 2021, 43(05): 48-53.
- [4] 苏航, 寇本川, 夏冬飞等. 自然灾害综合风险水路承灾体普查风险评价方法 [J]. 水运工程, 2021(10): 54-58.
- [5] 赵晨辉, 胡信, 李发明等. 广东汕头湾表层沉积物重金属含量分布及风险评价 [J]. 应用海洋学学报, 2020, 39(03): 408-418.
- [6] 陈伟炯, 张盼飞, 蒋少奇等. 基于改进突变级数法的航道通航环境风险评价 [J]. 安全与环境学报, 2020, 20(05): 1617-1623.
- [7] 朱金善, 黄成, 马野. 航道水域的船舶夜航环境风险评价 [J]. 安全与环境学报, 2019, 19(01): 43-48.
- [8] 刘燕婕. 荆江航道整治河段饮用水源水酚酸酯健康风险评价 [J]. 中国环境监测, 2019, 35(05): 57-61.