

## AHP 분석을 통한 선박사고 취약성 평가지표 및 가중치에 관한 연구

## Research on Vulnerability Assessment Indicators and Weights for Ship Accident Using AHP Analysis

정우송<sup>1</sup> · 편용범<sup>2</sup> · 윤홍식<sup>3</sup> · 이재준<sup>4\*</sup>Woo-Song Jeong<sup>1</sup>, Yong Beom Pyun<sup>2</sup>, Jae-Joon Lee<sup>3\*</sup><sup>1</sup>Lieutenant Commander, Republic of Korea Navy, Incheon, Republic of Korea<sup>2</sup>Lieutenant Commander, Republic of Korea Navy, Incheon, Republic of Korea<sup>3</sup>Professor, School of Civil, Architectural Engineering & Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, Suwon, Republic of Korea<sup>4</sup>Assistant Professor, Department of Fire safety Engineering, Jeonju University, Jeonju, Republic of Korea

\*Corresponding author: Jae-Joon Lee, Safety\_Lee@jj.ac.kr

## ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of the study is to select reactivity indicators in the occurrence of ship accidents and change the evaluation index for people who are interested in ship accidents. **Method:** In order to make the selector's benchability index valid, we conducted an emotional survey of experts, compiled a feasibility assessment using the Likert scale, and performed AHP analysis to work on the relative results. **Result:** As a result of using the Likert scale for all evaluation indicators, the validity was confirmed by scoring more than 3.5 points on a 5-point scale, and as a result of AHP analysis, priority was given to 9 evaluation indicators. **Conclusion:** The results of this study developed an evaluation index by establishing a detailed basis for the evaluation index while operating in an aircraft.

**Keywords:** Ship accident, vulnerability assessment table, vulnerability assessment index, vulnerability index, AHP

## 요약

**연구목적:** 본 연구의 목적은 선박사고 발생에 있어 취약성 지표를 선정하여 이를 바탕으로 해상에서의 선박사고 예방을 위한 취약성 평가지수를 도출 하는 것이다. **연구방법:** 선정한 취약성 지표의 타당성과 가중치 도출을 위해 전문가(해군 및 여객선 항해사)를 대상으로 설문조사 진행 후 Likert 척도를 활용하여 타당성 검증을 하였으며, 상대적 가중치를 계산하기 위해 AHP 분석을 수행하였다. **연구결과:** 전 평가지표에 대하여 Likert 척도 사용결과 5점 척도에서 3.5 이상의 점수로 타당성을 도출하였으며, AHP 분석결과 9개 평가지표에 대한 우선순위를 도출하였다. **결론:** 본 연구 결과는 해상에서의 선박사고 예방을 위한 평가지표의 상세기준을 설정하여 취약성 평가지수를 개발하였다.

**핵심용어:** 선박사고, 취약성 평가표, 취약성 평가지표, 취약성지수, AHP

Received | 29 July, 2024

Revised | 16 September, 2024

Accepted | 19 September, 2024

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서론

전 세계적으로 기술의 발달과 물동량의 증가로 선박의 대형화, 첨단화, 고속화 및 자동화와 함께 해상 통항량이 증가하여 해양교통환경이 매우 복잡해지면서 선박사고의 위험이 높아지고 있다. 해양 선박사고 재난의 경우 대처가 가능한 시간이 상대적으로 짧고 해양에서 고립되어 구조 및 사고해결이 어렵기 때문에 단순 해양 선박사고가 대형 재난으로 이어질 가능성이 매우 높다(Kim et al., 2010). 사회재난으로 분류된 해양 선박사고는 행정안전부 2022 재난연감 상 2020년에는 총 4건으로 그 중 인명피해는 22명(사망 11명, 부상 2명, 실종 9명), 재산피해는 약 4.7억원으로 집계되었고, 2021년에는 총 2건으로 인명피해는 14명(사망 3명, 부상 2명, 실종 9명), 재산피해는 약 12억원이 발생하였다. 이처럼 해양 선박사고는 많은 인명 및 재산피해뿐만 아니라 해양오염으로 인한 환경적·경제적 손실 발생을 동반한다. 2014년 4월 16일 발생한 세월호 침몰사고 이후 현재까지 해양 선박사고 예방을 위해 해운법·해사안전법·선원법·선박안전법 등 법률조항이 신설·개정되었고, 여객선 선령·안전관리 등 사고예방조치와 선장·안전관리책임자 등 책임이 강화되는 등 각종 정책이 시행되고 있다(Kim, 2022). 사고예방을 위한 법·제도가 개정되고 관련분야 정책이 시행되고 있지만, 여전히 해양 선박사고에 대한 피해는 매년 증가하는 추세이다. 이에 따라 실질적인 해양 선박사고의 예방대책 수립을 위해서는 선박의 종류, 항해사의 능력, 지형적 조건 등에 관한 취약성 분석이 요구된다. 그러나 기존에 수행된 연구는 현업에 종사하는 항해 전문가의 참여가 미흡하였기에 본 연구에서는 그 한계를 넘어서고자 민, 관, 군의 전문가를 대상으로 설문을 수행하였다. 다만, 여객선 항해사의 설문 참여유도에 어려운 점이 있어 본 연구의 설문대상자는 선박사고 빈도수가 상대적으로 낮고 항해경력이 풍부한 해군함정 근무자와 상선 및 기타 선박 항해사의 비중이 여객선보다 많다. 설문대상자는 해군함정 95명, 상선 및 기타 선박 16명, 여객선 1명이 참여하여 경험이 풍부한 항해 전문가의 도움을 받았다. 선박사고의 원인과 선박의 근본적인 취약성을 분석한 것을 토대로 취약성 평가지표를 고안하고자 한다. 주로 기상청, 해양수산부 중앙해양안전심판원, 해양경찰청 통계 데이터 등을 활용하여 사고요인, 사고 유형별 영향을 미치는 위험요인 등을 분석이 주로 이뤄졌다.

사고 위험요인을 중점적으로 분석한 국내연구에서는 해양경찰청 해상조난사고 통계를 통해 사고유형, 사고원인, 사고원인 경요인으로 분류하여 분석하였고(Park, 2021), 해양수산부 중앙해양안전심판원 해양사고 통계분석 및 재결서를 통해 해양 선박사고 발생원인을 선박용도, 사고종류, 사고유형별 분류하여 분석하였다(Choi, 2021). 해양수산부 중앙해양안전심판원 해양사고 통계분석 결과, 과거 5년간 연안에서 89%의 선박사고가 발생한 것으로 확인되었고, 연안에서 발생하는 사고를 대상으로 사고 유형별 사고 위험요인을 확인하기 위해 이항 로지스틱 회귀모형을 활용하여 사고 유형별 유의한 위험요인을 도출하였다(Choi et al., 2021). 해양수산부 중앙해양안전심판원 재결서를 활용하여, 국내 해심별로 계층구조를 파악을 통해 특징을 파악한 후, 해양사고 발생빈도에 영향을 미칠 것으로 예상되는 요인의 우선순위를 파악하기 위해 각 요인 간 퍼지 구조분석을 하였다(Kim, 2021). 해양수산부 중앙해양안전심판원의 재결을 마친 1,417건의 해양사고에서 25개의 사고요인별로 분류하고, 해양사고 주성분 통계분석을 하여 각 요인들의 상관성 및 주요 해양사고의 원인을 분석하였다(Kim, 2016). 해양수산부 중앙해양안전심판원 통계 데이터와 기존 연구를 통해 인적요인의 잠재적 위험이 되는 요인을 도출하였고, 선원집단과 운항관리자집단의 인터뷰, 설문조사를 통한 인적요인의 중요도-수행도 분석을 통해 우선적으로 개선이 필요한 인적요인 도출과 이에 대한 실무적 시사점을 제시하였다(Kim, 2015). 해양수산부 중앙해양안전심판원의 15년간 해양사고 재결서를 토대로 운항과실을 유발시키는 인적요인을 유형별로 분석하였다. 이후 선박운항에 직·간접적으로 관여하는 선사, 업체 및 관련 공공단체 대상으로 설문 및 인터뷰를 통하여 인적요인에 대한 인식도와 사고를 예방하기 위해 실시하고 있는 시행도

를 분석 후 해양사고 개선방향을 제시하였다(Lee, 2011).

사고 위험요인을 분석하고, 정량화 및 가중치를 선정한 국내연구에서는 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO) 기준, 해양수산부 중앙해양안전심판원, 선항연구 등 각종 기준을 비교 분석 후 인적요인, 환경요인으로 구분하여 AHP 분석기법을 이용하여 사고 위험요인 중요도를 평가하였다(Kwak, 2011). 해양수산부 중앙해양안전심판원 5년(2009~2013년) 통계자료의 사고 원인 유형에서 사고 원인별로 원인을 제거하거나 경감할 수 있는 예방영역의 사고 유형을 선박 운항 전문가를 바탕으로 선별 후 리커트 척도를 활용한 평가 모듈을 구성하여 선박사고 예방지수를 정의하였다(Bae et al., 2014). 해양경찰청 해양 선박사고 통계자료를 바탕으로 인천항 선박 대상 위험요인을 분석하여 취약성 평가항목을 선정한 이후, 각 항목별 사고율 결과에 AHP 분석기법을 이용한 취약성 지수를 결정하였다(Ryu, 2015). 해양경찰청 해상조난사고 데이터와 선항연구를 비교·분석하여 주요 지표를 선정하고, 선박 운항자 및 관리자 대상으로 설문조사를 통해 AHP 분석기법을 활용하여 가중치를 선정하였다. 이후 격자별로 위험지수를 정량적으로 산출 가능하도록 해양교통위험지수모델을 개발하였다(Park, 2021). 해양수산부 중앙해양안전심판원 통계자료 분석, 국내외 선박안전관리 위험성평가 사례 분석을 통해 해양 선박사고 전문가들의 브레인스토밍과 설문을 통해 AHP 분석기법을 활용하여 안전관리 위험성 평가지표를 개발하였고, 실제 연근해어선(68척) 대상으로 적용하여 검증하였다(Song et al., 2021).

국외연구에서 인적요인 관점에서 해양사고 보고서 데이터를 활용하여 조건부 확률로 복잡한 확률연산을 직관적인 방식으로 표현하는 베이저안 네트워크(Bayesian Network, BN)와 다중 대안 결정 분석 방법인 TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) 방식을 통합한 통계모델로 사고요인을 분석하였다(Fan et al., 2020)은 이후 인적요인을 고려한 전략의 우선순위를 제시하여 해양사고 예방 전략을 제시하였다. 해양 안전에 영향을 미치는 요소들을 선정한 후 AHP 설문조사를 통해 해양교통안전지수(Marine Traffic Real-Time Safety Index)을 개발하여 실제해역인 상해항 해역에 적용하였다. 그 결과 해양교통안전지수가 선박 안전의 고위험 지역을 확인하여 해양교통 통제와 가이드라인의 안전관리를 제시하였다(Xu et al., 2014). 여객선 안전을 위해 데이터 분석을 거쳐 전문가 설문조사를 통해 3번의 델파이 기법을 사용하였다(Szwed et al., 2011). 그 결과, risk factor인 선박특성, 항로특성, 운전자특성, 승객 수용능력을 산출하여 AHP 분석을 통해 가중치를 반영한 리스크 평가 모델을 개발하였다.

상기 국내·외 연구동향을 통해 선항연구 및 각종 기관 등 다양한 데이터를 종합적으로 검토하여 다방면의 사고요인 분석을 수행하였다. 본 연구에서는 선항연구에서 분석된 사고요인 중 해양 선박사고에 상대적으로 더 영향을 주고 취약한 사고요인을 도출하여 취약성 평가지표로 선정하였고, 선정된 취약성 평가지표의 검증을 위해 전문가 설문조사를 진행하여 평가지표를 확정하고 우선순위를 결정하였다.

## 연구내용

### 연구 방법 및 절차

본 연구에서는 정량화된 선박사고 취약성 평가지표 고안을 위해 선항연구 분석을 시작으로 연구범위를 설정하였고 데이터를 수집하였다. 이를 바탕으로 취약성 평가지표를 선정하였고, 전문가 설문조사를 활용하여 상기 선정된 평가지표들의 AHP 분석을 수행하여 가중치를 선정하는 순으로 진행하였다.

첫 번째 행정안전부 재난연감, 국립해양조사원 선박운항지수 등 각종 기관 데이터를 활용 및 선항연구를 종합적으로 분석

하여 공통된 취약성 평가지표를 선정하였다. 두 번째 단계에서는 산출된 선박사고 취약성 평가지표에 대해 해군함정/여객선 향해 전문가 대상으로 설문조사를 실시하였고, 리커트 척도 분석을 활용하여 평가지표의 타당성 검증을 통해 취약성 평가지표를 선정하였다. 마지막 단계에서는 선정된 취약성 평가지표 간 중요도를 선정하기 위해 해군함정/여객선 향해 전문가 대상으로 설문조사를 실시한 결과값을 AHP 분석기법으로 가중치를 결정하여 취약성 평가지표의 우선순위를 도출하였다. Fig. 1은 전체 연구 흐름도를 나타낸 것이다.

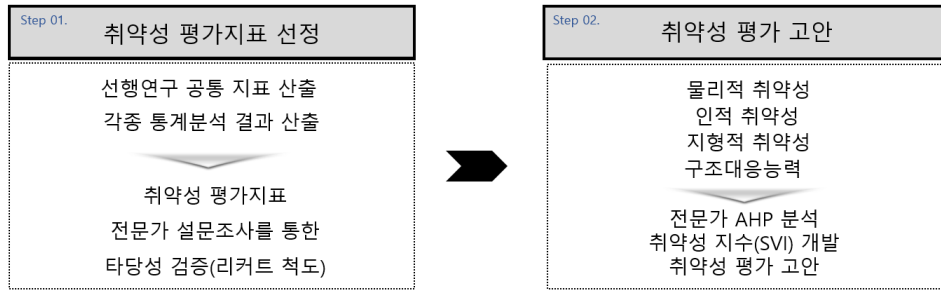


Fig. 1. Research process

### 취약성 평가 지표 선정

선박사고 평가에 관한 선행연구 및 각종 기관에서 제공하는 통계 데이터를 활용하여 Table 1과 같이 분석하였다. 선박사고 평가 관련 주요 지표 중 공통된 지표 산출결과, 선정한 지표는 선박종류, 선박톤수, 선박연령, 발생해역, 사고이력, 인적요인, 점검사항, 구조대응이다. 공통된 지표이지만 선정하지 않은 지표는 취약성 평가지표가 아닌 위험요인으로 분석한 기상과

Table 1. Analysis of key indicators for ship accidents

구분 주요 지표	Park (2021)	Lee et al. (2021)	Song (2021)	Ryu (2015)	Lee et al. (2014)	Korean Maritime Safety Tribunal (2021)	Korea Coast Guard (2021)
	해양교통 위험 지수모델	선박사고 심각도 평가	어선 위험성 평가	선박 취약성 평가	선박사고 평가기술	선박사고 통계	해상 조난사고 통계
선박종류	○	○	○	○		○	○
선박톤수	○		○	○		○	○
선박연령			○		○		
발생해역	○	○				○	
사고이력			○	○			
사고유형		○				○	○
인적요인		○			○		
교통밀도	○						
기상	○	○				○	○
점검사항			○		○		
시간						○	○
구조대응		○					○

결과론적 평가지표인 시간과 사고유형이다. 또한, 앞서 분석한 취약성 평가지표 선정된 인적요인은 포괄적인 항목이어서 구체적인 선행연구 및 각종 기관에서 제공하는 통계 데이터를 활용하여 인적요인 주요지표를 Table 2과 같이 분석하였다. 공통된 주요 지표 중 동일한 성격을 가진 지표를 포함하는 2가지 지표로 선정하였다. 첫 번째 평가지표는 경계소홀, 항법위반, 운항부적절, 비상상황 대응불량, 승무원 피로도, 의사소통 및 T/W 부재를 포괄하는 승무원 자질로 선정하였고, 두 번째 평가지표는 안전관리/점검 소홀, 안전교육 미실시를 포괄하는 안전교육 이수로 선정하였다. 즉, 인적 취약성은 승무원 자질, 안전교육 이수로 2가지 평가지표를 선정하였다.

**Table 2.** Analysis of key indicators for human factors evaluation

주요 지표	구분	Kim (2021)	Kim (2016)	Kim (2015)	Lee (2011)	Korean Maritime Safety Tribunal (2021)	Korea Coast Guard (2021)
	사고요인 분석	해양사고 주성분 분석	해양사고 인적요인 분석	해양사고 인적요인 분석	선박사고 통계	사고원인 분석	
경계소홀	○	○				○	○
항법위반	○	○				○	○
안전관리 점검소홀	○					○	○
운항 부적절	○	○				○	○
비상상황 대응불량	○			○		○	○
승무원 자질				○		○	
승무원 피로도				○			
안전교육 미실시				○		○	
의사소통 T/W부재				○			○
자동화 시스템 의존				○			

선행연구 및 각종 통계 데이터를 통해 취약성 평가지표를 선정한 결과, 물리적 취약성, 인적 취약성, 지형적 취약성, 구조 대응능력으로 구분되었다. 물리적 취약성에는 선박종류, 선박톤수, 선박연령, 사고이력, 점검사항, 인적 취약성에는 승무원 자질, 안전교육, 지형적 취약성에는 사고발생 해역, 저수심 해역, 구조대응능력으로는 구조대응전력 위치, 구조대응기관 위치가 세부지표로 선정하였다.

### 전문가 설문조사

해양 선박사고 예방을 위한 선박사고 취약성 평가지표의 타당성, 각 평가지표 간 중요도를 정하기 위해 선박(상선/해군 합정) 근무자, 항해 전문가 등을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문은 크게 3가지 항목에 대해 진행되었으며, 취약성 평가지표의 타당성 Table 3, 취약성 유형의 중요도 Table 4, 각 취약성 평가지표의 중요도 Table 5에 대한 질문으로 구성하였다.

설문조사는 온라인(Google Form)으로 진행하였으며, 그 결과 총 112명(남성 102명, 여성 10명)이 설문에 응하였다. 설문 응답자는 선박 근무 및 경력자이며, 세부적인 사항은 해군함정 95명(84.8%), 상선 및 기타 선박 16명(14.3%), 여객선 1명(0.9%)으로 모두 근무경험이 풍부한 항해 전문가이다. 응답자의 선박 근무경력으로는 10년 이상 8명(7.1%), 5년~10년 미만 56명(50%), 3년~5년 미만 25명(22.3%), 3년 미만 23명(20.5%)이었다.

**Table 3.** Validity survey of vulnerability assessment indicators

구분	평가지표	매우 부적합	부적합	보통	적합	매우 적합
		1	2	3	4	5
물리적 취약성	선박종류					
	선박톤수					
	선박연령					
	사고이력					
	점검사항					
인적 취약성	승무원 자질					
	안전교육 이수					
지형적 취약성	사고발생 해역					
	저수심 해역					
(-) 구조 대응능력	구조대응전력 위치					
	구조대응기관 위치					

**Table 4.** Survey on the importance of vulnerability types

A	A가 더 중요	동등	B가 더 중요	B
물리적 취약성				인적 취약성
물리적 취약성				지형적 취약성
인적 취약성				지형적 취약성

**Table 5.** Survey on the importance of detailed vulnerability assessment indicators

A	A가 더 중요									동등	B가 더 중요									B		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9													
선박종류																						선박톤수
선박종류																						선박연령
선박종류																						사고이력
선박종류																						점검사항
선박톤수																						선박연령
선박톤수																						사고이력
선박톤수																						점검사항
선박연령																						사고이력
선박연령																						점검사항
사고이력																						점검사항
승무원 자질																						안전교육 이수
사고발생 해역																						저수심 해역
구조대응전력 위치																						구조대응기관 위치

## 취약성 평가지표 타당성 검증

평가지표의 타당성을 검증하기 위해 리커트 척도(Likert Scale)를 활용하여 평가지표에 대해 5점 척도인 “매우 적합(5점), 적합(4점), 보통(3점), 부적합(2점), 매우 부적합(1점)” 형식으로 전문가 설문조사를 실시하였다. 평가지표 타당성 검증에서 전문가들의 평가점수의 평균을 계산하여 평균점수가 5점 척도의 경우, 3.5점 이상이면 그 평가지표는 적합한 것으로 판단한다(이재준 등, 2021). 리커트 척도의 장점은 문항 구성이 간단하며, 높은 신뢰성 있는 척도를 만들 수 있고, 응답자가 읽고 답하기 쉽다(Bertram, 2007). 취약성 평가지표 타당성 검증을 위한 설문조사 응답자는 총 112명이며, 응답한 평가점수의 평균을 계산한 결과, Table 6과 같이 선박종류(4.116점), 선박톤수(4.071점), 선박연령(4.641점), 사고이력(3.795점), 점검사항(4.250점), 승무원 자질(4.491점), 안전교육 이수(4.054점), 사고발생 해역(4.324점), 저수심 해역(4.509점), 구조대응전력 위치(4.225점), 구조대응기관 위치(3.688점)으로 산출되었다. 따라서, 총 11개의 취약성 평가지표 모두 타당성 검증결과, 적합한 것으로 판단되었다.

**Table 6.** Results of validity survey for vulnerability assessment indicators

구분	평가지표	결과(점)
물리적 취약성	선박종류	4.116
	선박톤수	4.071
	선박연령	4.641
	사고이력	3.795
	점검사항	4.250
인적 취약성	승무원 자질	4.491
	안전교육 이수	4.054
지형적 취약성	사고발생 해역	4.324
	저수심 해역	4.509
(-) 구조대응능력	구조대응전력 위치	4.225
	구조대응기관 위치	3.688

## 연구결과

본 연구에서는 전문가들의 평가와 의사결정을 통해 선박사고 취약성 평가지표를 결정하기 위해 AHP (Analytic Hierarchy Process) 분석방법을 사용하였다. AHP 분석은 의사결정하기 어려운 문제에 대해 일련의 쌍대비교를 통하여 전문가들의 의견을 통합된 결과로 도출한다는 것이 장점이다. 전문가들의 정성적인 지식을 활용하여 요소 간의 중요도인 가중치를 산출하는데 유용하게 사용된다(오혜수 등, 2021). AHP 분석을 통해 선박사고의 취약성 평가지표의 상대적 중요성과 가중치를 산정하기 위한 목적이 있다. 본 연구에서는 AHP 분석절차를 Fig. 2와 같이 세부적인 단계로 진행하였다.

1,2단계에서는 ‘선박사고 취약성 평가’라는 문제의 목표를 설정하고, 선행연구 및 각종 통계 데이터 분석을 통해 산출된 ‘물리적 취약성’, ‘인적 취약성’, ‘지형적 취약성’, ‘구조대응능력’ 평가지표로 분류하였다.

3단계에서는 분석하려는 문제의 목표부터 평가지표, 각 평가지표의 세부지표까지 항목별 계층적으로 Fig. 3과 같이 구조화했다. 1계층은 최상위 계층으로 달성하기 위한 목표인 ‘선박사고 취약성 평가’로 설정하였다. 2계층은 1계층의 하위 항목

인 ‘물리적 취약성’, ‘인적 취약성’, ‘지형적 취약성’, ‘구조대응능력’으로 설정하였다. 각 계층은 동일한 개수만큼 존재하는 것이 아니라 어떤 항목에 따라서 단계별로 상이하게 설정할 수 있다(Kwon et al., 2021). 따라서, 3계층은 2계층 평가지표의 세부지표로 ‘물리적 취약성’에는 ‘선박종류’, ‘선박톤수’, ‘선박연령’, ‘사고이력’, ‘점검사항’ 5가지 항목으로 설정하였다. ‘인적 취약성’에는 ‘승무원 자질’, ‘안전교육 이수’ 2가지 항목으로, ‘지형적 취약성’에는 ‘사고발생 해역’, ‘저수심 해역’ 2가지 항목으로 설정하였다. 선박사고 취약성에 대한 대응능력인 ‘구조대응능력’에는 ‘구조대응전력 위치’, ‘구조대응기관 위치’ 2가지 항목으로 설정하였다. 1단계에서부터 3단계까지 계층별로 구조화하는 단계에서 각 항목별 서로 중복되지 않으며, 상위 계층의 하위구조로 내용적인 측면에서 상위 계층을 설명하고 있다.



Fig. 2. AHP analysis procedure

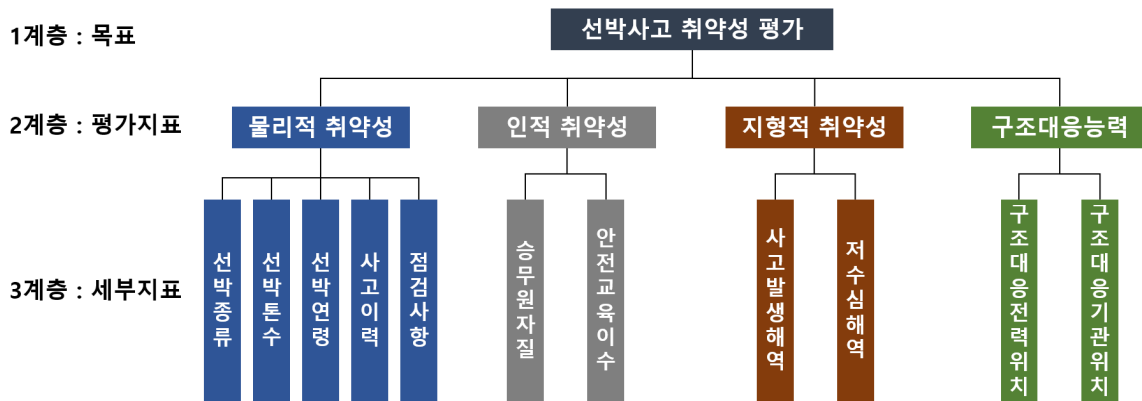


Fig. 3. AHP hierarchy structure diagram

4단계에서는 취약성 평가지표 유형의 중요도, 각 취약성 평가지표의 세부지표의 중요도를 확인하기 위해 AHP 설문지를 작성하였다. 설문지의 구성은 Table 4, Table 5와 같이 각 계층 평가지표의 항목별 1:1 쌍대비교를 통해 상대적 중요도를 평가할 수 있도록 하였다. 설문은 전문가의 의견 수렴을 위해 선박(상선, 해군함정) 근무자, 항해 전문가 등을 대상으로 실시하



였고, 총 112명이 선박사고 취약성 평가지표 설문조사에 응하였다.

5단계에서는 설문에 응한 전문가 총 112명의 응답 일관성을 검증하였다. 일관성 검증은 2개 이상의 질문으로 구성된 2계층의 취약성 평가지표 유형의 4개 항목과 3계층의 물리적 취약성 세부지표의 5개 항목에 대하여 실시하였다. 나머지 질문에 대해서는 2개 항목에 대한 상대적 중요도에 관한 질문이므로 일관성 검증이 불필요하다. 각 응답자의 일관성 검증은 일관성 비율(CR)이 0.1 미만인 응답자만 일관성이 존재한다고 판단하여 응답 결과를 분석하였다. 응답자의 일관성 검증결과, 2계층의 취약성 평가지표 유형의 질문에서는 총 112명 중 48명(42.86%)이 일관성 있게 응답하였다. 3계층의 물리적 취약성 세부지표의 질문에서는 총 112명 중 53명(47.32%)이 일관성 있게 응답하였다.

6단계에서는 총 112명의 전문가의 응답결과를 통해 각 계층별 항목에 대해 상대적 가중치를 산출하였다. 2계층의 취약성 평가지표 유형과 3계층의 물리적 취약성 세부지표의 응답결과는 일관성이 검증된 응답 데이터를 이용하여 상대적 가중치를 산출하였다. AHP 분석을 위해 설문조사 응답 데이터를 이용하여 2계층, 3계층의 상대적 가중치 산출한 결과는 Table 7과 같다. 선박사고 취약성 평가지표 최종가중치의 총합은 1이 된다. 최종적으로 선박사고 취약성 평가지표의 및 가중치 산출결과는 승무원 자질(1순위), 안전교육 이수(2순위), 저수심 해역(3순위), 사고발생 해역(4순위), 선박연령(5순위), 점검사항(6순위), 선박종류 및 사고이력(7순위), 선박톤수(9순위) 순으로 도출되었다. 구조대응능력은 선박사고가 발생하였을 시점에 신속한 식별과 구조를 통해 선박사고 피해를 최소화할 수 있는 대응능력이다. 구조대응능력의 세부지표 상대적 가중치 산출결과를 통해 우선순위는 구조대응전력 위치(0.653), 구조대응기관 위치(0.347) 순이다.

**Table 7.** Weights and priorities of vulnerability assessment indicators

1계층		2계층		3계층		최종가중치	우선순위
목표	평가지표	가중치	세부 평가지표	가중치			
선박사고 취약성 평가지표	물리적 취약성	0.274	선박종류	0.182	0.050	7순위	
			선박톤수	0.154	0.042	9순위	
			선박연령	0.232	0.063	5순위	
			사고이력	0.181	0.050	7순위	
			점검사항	0.251	0.069	6순위	
	인적 취약성	0.455	승무원 자질	0.650	0.296	1순위	
			안전교육 이수	0.350	0.159	2순위	
	지형적 취약성	0.271	사고발생 해역	0.477	0.129	4순위	
			저수심 해역	0.523	0.142	3순위	
합계		1.000	합계	1.000	-		

## 결론

본 논문에서는 사회재난의 유형 중 하나인 해양 선박사고에 대한 취약성 평가에 관한 연구를 진행하였다. 취약성 평가를 위해 세부 평가지표를 선행연구 및 각종 통계 데이터 분석을 통해 선정하였다. 이후 112명의 항해 전문가 대상으로 설문조사 수행, 평가지표 타당성 검증과 평가지표별 상대적 가중치 설정, 취약성 유형별 평가지표 세부기준 수립을 통해 선박사고 취약성 평가지표를 고안하였다. 평가지표 타당성 검증에서는 리커트 5점 척도(Likert Scale)를 활용하였으며, 상대적 가중치

설정은 응답자의 일관성 검증을 거친 후 일관성 있는 응답만 활용하여 AHP 분석을 하였다. 취약성 유형별 평가지표 세부기준 수립은 법령 및 각종 지침을 기준으로 정량적으로 표현하기 위해 노력하였다. 향후 본 연구를 통해 도출한 가중치 결과를 활용하여 선박사고 리스크가 높은 지역을 도출하거나, 산출된 가중치가 높은 분야에 대한 취약성을 보완하는 연구를 통해 해양 선박사고 예방하는데 기여할 수 있을 것이라 기대된다. 또한 향후 인적 취약성에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 해양 선박사고는 단순 해양 선박사고가 아니라 사회재난으로 이어져 인명 및 재산피해가 대규모로 발생하고 있는 것이 현실이다. 이러한 상황에서 사고가 발생하는 주체를 대상으로 취약성 평가를 실시하고 분석함으로써 그 대책을 마련하는 것이 절대적으로 필요하다. 그 대책의 일환으로 선박사고 취약성 평가를 활용하여 항로 및 선박별로 상대적인 취약성 정도를 분석한다면 맞춤형 저감방안을 수립하는데 관련 근거자료로 활용할 수 있을 것이다. 연구를 진행함에 있어 몇가지 한계점이 있었다. 먼저, 평가지표를 선정하는데 있어 선행연구에서 취약성에 관한 연구가 활발히 이뤄지지 않아 폭 넓은 평가지표 선정에 제한이 있었다. 다음으로, 인적 취약성 평가지표의 세부기준 데이터를 확인하는 과정에서 해기사 보유, 교육 이수 여부 등 인적 관련 사항이 개인정보로 인해 접근이 제한되어 있었다. 과도한 개인정보를 제외하고는 선박의 선원이 갖추어야 할 조건은 공개정보로 변경되는 것을 검토하고 연구에 활용될 수 있다면, 개선된 연구가 수행될 수 있을 것이다. 또한, 설문에 참여한 전문가가 해군함정 근무자의 비율이 매우 높다는 것이 본 연구의 한계점이기도 하다. 그러나, 지속적인 교육훈련을 받은 해군함정 근무자의 경험이 선박사고 취약성 평가 개선 연구에 새로운 시각을 제시하고, 그 연구결과가 일정 부분 선박사고 연구에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

## Acknowledgement

This study was supported by a National Research Foundation, Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (No. 2021R1C1C2010999).

## References

- [1] Bae, J.K., Lee, E.B. (2014). "A study on the development of a preventive index based on the statistical data of ship accident." *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 38, No. 3, pp. 247-252.
- [2] Bertram, D. (2007). *Likert Scales*. Poincare, CPSC 681-Topic Report, US.
- [3] Choi, C.W., Noh, Y.N., Shin, D.S., Kim, H.Y., Park, H.C. (2021). "Identifying risk factors of marine accidents in coastal area by marine accident types." *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 39, No. 4, pp. 550-554.
- [4] Choi, J.Y. (2021). "A study on the causes of marine accidents and prevention of marine accidents in vessels." *Journal of Cultural Interaction Studies of Sea Port Cities*, Vol. 2021, No. 25, pp. 337-359.
- [5] Fan, S., Zhang, J., Blanco-Davis, E., Yang, Z., Yan, X. (2020) "Maritime accident prevention strategy formulation from a human factor perspective using Bayesian Networks and TOPSIS." *Journal of Ocean Engineering* Vol. 210, No. 107544, pp. 2-12.
- [6] Kim, D.H. (2015). *An Analysis of Human Factor in Shipping Accidents : Based on the Questionnaire from Ship Operation Managers and Seafarers*. Master Thesis, Pusan National University.
- [7] Kim, K.I., Jeong, J.S., Kim, C.S., Park, G.K. (2010). "A study on the selection of the risks of the vessel." *Journal of The Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 2010, No. 11, pp. 97-99.

- [8] Kim, T.H. (2021). Research on Marine Accident Fuzzy Structural Analysis : Focusing on Maritime Accidents by Sea Depth in Korea. Master Thesis, Pusan National University.
- [9] Kim, W.J. (2022). "Eight years after the ship of sewol disaster, how safe have coastal passengers?" *Maritime Korea*, Vol. 2022, No. 5, pp. 56-58.
- [10] Kim, Y.S. (2016). "Principal component analysis on marine casualties occurred at Korean littoral sea in recent 5 years." *Journal of Fisheries And Marine Sciences Education*, Vol. 28, No. 2, pp. 465-472.
- [11] Korea Coast Guard (2021). Korea Coast Guard Annual Report.
- [12] Korean Maritime Safety Tribunal (2021). Marine Accident Statistics Report.
- [13] Kwak, S.Y. (2011). Identification and Quantitative Risk Analysis of Maritime Ship Accident in the Domestic Sea. Master Thesis, Pusan National University.
- [14] Kwon, O.J., Song, Y.H., Kim, J.G., Cho, N.S. (2021). "A study on combat effectiveness of personal combat drone using analytic hierarchy process method." *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol. 47, No. 2, pp. 36-49.
- [15] Lee, C.S. (2011). A Study on Human Factors of Shipping Accident. Master Thesis, Chung-Ang University.
- [16] Lee, D.G., Park, B.Y., Oh, D.K. (2014). "A study on system dynamics-based evaluation technology of ship accidents." *Journal of The Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 2014, No. 06, pp. 336-339.
- [17] Lee, J.J., Lee, H.J., Yun, H.S., Kang, C., Song, M.S. (2021). "Improved vulnerability assessment table for retaining walls and embankments from a working-level perspective in Korea." *Sustainability*, Vol. 13, No. 3, p. 1088.
- [18] Lee, S.J., Son, S.H., Park, J.Y., Lee, G.W. (2021). "Development of vessel accident severity model using statistical and data mining techniques TT - Development of vessel accident severity model using statistical and data mining techniques." *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 85, No. 2021, pp. 184-185.
- [19] Oh, H.S., Lee, D.H., Jeong, J.W., Jang, J.M., Yang, S.O. (2021). "A study of Life Safety Index Model based on AHP and utilization of service." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 17, No. 4, pp. 864-881.
- [20] Park, J.H. (2021). "A study on the analysis of marine vessel accidents in Ulsan sea area." *Korean Journal of Public Safety and Criminal Justice*, Vol. 30, No. 2, pp. 59-88.
- [21] Park, M.J. (2021). A Basic Study on the Development of the Marine Traffic Risk Index Model. Master Thesis, Korea Maritime & Ocean University.
- [22] Ryu, J.W. (2015). Vulnerability Assessment of Ship Accident in the Sea around Incheon Port. Master Thesis, Sung Kyun Kwan University.
- [23] Song, B.H., Kim, C.S. (2021). "Development of the safety management risk assessment factors and indicators for coastal/offshore fishing vessels." *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety Research Paper*, Vol. 27, No. 6, pp. 783-788.
- [24] Szwed (2011). "Risk factors and theory building: A study to improve passenger vessel safety." *WMU Journal of Maritime Affairs*, Vol. 10, pp. 183-208.
- [25] Xu, T., Hu, Q.Y., Xiang, Z., Wang, D.L. (2014) "Marine traffic real-time safety index, TransNav." *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, Vol. 8, No. 4, pp. 599-603.