THE JOURNAL OF MACRO AND STRATEGIC POLICIES

Institute for Strategic Research

Research Paper

Macro and Strategic Policies | Year 2026 | Vol. 14 | Iss. Special Issue on Maritime Development | Pages: 1–20

# Identification and prioritization of risks in the navigation of passenger vessels between Bandar Abbas and Qeshm Island based on the Shell technique (software, hardware, environment and human): qualitative and quantitative approach

Amir Fazel[1*], Behnam Karamshahi[2], Azin Harandi[3]

*1*.Assistant Professor, Department of Business Management, Baft Higher Education Complex, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.*
*2.Assistant Professor, Department of accounting, Baft Higher Education Complex, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.*
*3.PhD in Business Management, Payam Noor University, Tehran, Iran.*

**ARTICLE INFO**

**Article History:**

**Received:** 13 December 2025

**Revised:** 13 January 2026

**Accepted:** 15 February 2026

**Published:** 20 February 2026

**Keywords:**

Passenger Vessels, Shell Technique, Navigation Software Risks, Navigation Hardware Risks, Navigation Risks Of Employed Personnel.

**ABSTRACT**

The aim of the present study is to identify and assess the risks in the navigation of passenger vessels between Bandar Abbas and Qeshm Island based on the Shell technique (software and hardware, environment and human (employee personnel). The research method is mixed (qualitative and quantitative) and is applied in terms of purpose and nature. The statistical population of the study was specialists and experts in the field of tourism and navigation, of which 12 people were used for the interviews and 15 people were used for the fuzzy Delphi part. In this study, information was collected through interviews and data analysis using content analysis methods, fuzzy Delphi and risk ranking using the DANP method and using Excel software. To identify the risks, first by interviewing 12 navigation experts and then using the content analysis method, the risks in the navigation of passenger vessels between Bandar Abbas and Qeshm Island were identified as 28 risks based on the Shell technique. Then, using the fuzzy Delphi method and the opinions of 15 experts, all risks The identified risks were refined and confirmed, and then the risks were ranked. The results showed that the software risks of passenger vessel navigation are: failures in the integration of navigation data, cyber attacks and unauthorized access, user error when using the software, the effects of weather conditions and the marine environment on the performance of navigation software, deviations from standard operating procedures in the operation of equipment, delays in periodic updates of navigation systems and marine charts, and incorrect data management. Hardware risks include sensor failures, problems in network hardware, physical damage, fluctuations and outages of navigation equipment power supply systems, lack of proper maintenance, and environmental challenges. Environmental risks include pollution of coastal waters due to the discharge of waste and petroleum fuels, damage to marine life, marine traffic, garbage discharge, and changes in the ecosystem. Personnel risks include accidents and incidents, adverse weather conditions, diseases and injuries, stress, and Psychological stress is a safety issue. Also, ranking all risks together showed that the most important risks are diseases and injuries.

* Corresponding author: Amir Fazel. Email: Amir.fazel@uk.ac.ir

**Citation:** fazel, A., karamshahi, B. & harandi, A. (2026). Identification and prioritization of risks in the navigation of passenger vessels between Bandar Abbas and Qeshm Island based on the Shell technique (software, hardware, environment and human): qualitative and quantitative approach. (e247253). Quarterly Journal of The Macro and Strategic Policies, 13(Special Issue on Maritime-Oriented Development), e247253 https://doi.org/10.30507/jmsp.2026.565847.2873

## Extended Abstract

### Introduction

Maritime transportation plays a fundamental role in international trade, tourism development, and regional economic growth. As one of the safest and most cost-effective transportation systems, it carries a considerable proportion of passengers and cargo worldwide. Nevertheless, the increasing complexity of maritime operations, rapid technological development, intensive vessel traffic, and continuously changing environmental conditions have created significant challenges for navigation safety and risk management. The Bandar Abbas–Qeshm maritime route is among the busiest passenger shipping corridors in Iran, transporting thousands of passengers daily while serving as a strategic link between the mainland and Qeshm Island. Owing to its economic importance and the continuous movement of passenger vessels, maintaining navigation safety has become a major concern for maritime authorities and vessel operators. Safe navigation in such an operational environment depends not only on the reliability of navigation equipment but also on the effective interaction among human factors, navigation technologies, operational procedures, and environmental conditions. Previous studies have mainly focused on identifying or prioritizing navigation risks independently, whereas relatively little attention has been devoted to investigating the causal relationships among different categories of navigation risks. Since maritime accidents are typically the result of multiple interacting factors rather than isolated failures, understanding these interactions is essential for establishing effective navigation safety strategies. Recent developments in maritime risk assessment have also demonstrated that conventional ranking methods are insufficient for analyzing complex operational systems in which risk factors continuously influence one another. Consequently, integrated analytical approaches capable of identifying both critical risks and their causal interactions are increasingly required for evidence-based maritime safety management. Accordingly, this study aims to identify, validate, analyze, and prioritize navigation risks affecting passenger vessels operating on the Bandar Abbas–Qeshm maritime route. The novelty of this research lies in integrating the SHELL framework, Conventional Content Analysis, the Fuzzy Delphi Method, and the DEMATEL-based Analytic Network Process (DANP) to develop an integrated navigation risk assessment framework capable of revealing the causal structure of navigation risks and identifying the key driving factors influencing maritime navigation safety.

### Methodology

This study adopted an applied mixed-methods (qualitative–quantitative) research design. During the qualitative phase, semi-structured interviews were conducted with maritime navigation experts to identify the major risks affecting passenger vessel operations. Interview data were analyzed using Conventional Content Analysis through open and axial coding. The extracted risks were subsequently classified into the four dimensions of the SHELL framework, namely Software, Hardware, Environment, and Liveware (Personnel). The identified risks were then evaluated using the Fuzzy Delphi Method with the participation of fifteen academic experts and maritime professionals. Four Delphi rounds were conducted until expert consensus was achieved. As a result, all twenty-eight identified navigation risks were confirmed and retained for the quantitative analysis. In the quantitative phase, the DEMATEL-based Analytic Network Process (DANP) was employed to determine the causal relationships among navigation risks and calculate their relative priorities. The sequential integration of qualitative exploration, expert consensus, and network-based analysis enhanced the reliability of the research findings. This methodological framework not only identified the critical navigation risks but also explained how these risks interact within the overall maritime navigation system, providing a comprehensive basis for integrated maritime risk assessment and safety management.

### Results and Discussion

The qualitative phase of the study identified 28 navigation risk factors, which were classified into the four dimensions of the SHELL framework: Software, Hardware, Environment, and Liveware (Personnel). Following four rounds of the Fuzzy Delphi process, all identified risks achieved expert consensus and were retained for quantitative analysis, confirming the validity and comprehensiveness of the proposed risk structure. The DANP results revealed that the identified risks constitute an interconnected causal network rather than independent operational factors, highlighting the importance of a systems-based approach to navigation risk management. Among the four dimensions, Liveware (Personnel) obtained the highest priority weight (0.2707), followed by Software (0.2698), Environment (0.2343), and Hardware (0.2252). At the indicator level, Illnesses and Physical Injuries, Stress and Psychological Pressure, Adverse Weather Conditions, Safety Problems, Coastal Damage, and Training-related Problems were identified as

the highest-priority risks. The causal network analysis further demonstrated that personnel-related risks function as the principal driving factors within the navigation safety system. Poor physical and psychological conditions, fatigue, inadequate professional competence, and insufficient training increase the likelihood of operational errors, non-compliance with navigation procedures, and software-related failures, which subsequently affect hardware performance and overall navigation safety. These findings indicate that navigation accidents result from the interaction of human, technical, organizational, and environmental factors rather than isolated failures. Therefore, improving human performance can simultaneously reduce multiple categories of navigation risks and significantly enhance maritime safety.

## Conclusion

This study developed an integrated navigation risk assessment framework by combining the SHELL framework, Conventional Content Analysis, the Fuzzy Delphi Method, and the DEMATEL-based Analytic Network Process (DANP) to identify, validate, prioritize, and analyze navigation risks affecting passenger vessels on the Bandar Abbas–Qeshm maritime route. Unlike conventional studies that mainly prioritize individual risk factors, the proposed framework reveals the causal relationships among navigation risks and identifies personnel-related risks as the primary driving factors influencing navigation safety. These findings suggest that strengthening crew health, professional competence, continuous training, fatigue management, and organizational safety culture can substantially improve overall maritime safety. From a practical perspective, the proposed framework provides a useful decision-support tool for maritime authorities and passenger vessel operators by facilitating evidence-based resource allocation and preventive safety planning. Regular occupational health monitoring, continuous professional training, preventive maintenance of navigation systems, and the application of intelligent risk monitoring technologies are recommended to improve navigation safety. Beyond its practical implications, this research contributes to maritime safety literature by providing a comprehensive framework for analyzing the interdependencies among navigation risks. Future research may apply this framework to other maritime routes or integrate real-time operational data and artificial intelligence techniques to develop dynamic maritime risk management systems.

**Keywords:** Passenger Vessels, Shell Technique, Navigation Software Risks, Navigation Hardware Risks, Navigation Risks Of Employed Personnel.

فصلنامه علمی
سیاست‌های راهبردی و کلان
پژوهشکده تحقیقات راهبردی

مقاله پژوهشی

سیاست‌های راهبردی و کلان | سال ۱۴۰۴ | دوره ۱۴ | شماره ویژه نامه توسعه دریامحور | صفحات: ۱-۲۰

# شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری حد فاصل بندرعباس و جزیره قشم براساس تکنیک شل(نرم افزار ، سخت افزار، محیط زیست و انسان): رویکرد کیفی و کمی

امیر فاضل*[۱]، بهنام کرمشاهی[۲]، آزین هرندی[۳]

۱*. استادیار، گروه مدیریت بازرگانی، مجتمع آموزش عالی بافت، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۲. استادیار، گروه حسابداری، مجتمع آموزش عالی بافت، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۳. دکتری مدیریت بازرگانی، دانشگاه پیام نور تهران، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

**سابقه مقاله:**
**تاریخ دریافت:** ۲۲ آذر ۱۴۰۴
**تاریخ بازنگری:** ۲۳ دی ۱۴۰۵
**تاریخ پذیرش:** ۲۴ بهمن ۱۴۰۵
**تاریخ انتشار:** ۱ اسفند ۱۴۰۴

**کلیدواژه‌ها:**
شناورهای مسافربری، تکنیک شل، ریسک های نرم افزاری ناوبری، ریسک های سخت افزاری ناوبری، ریسک های ناوبری پرسنل شاغل.

چکیده

هدف پژوهش حاضر شناسایی و ارزیابی ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری حد فاصل بندرعباس و جزیره قشم براساس تکنیک شل (نرم افزار و سخت افزار و محیط زیست و انسان (پرسنل شاغل) است. روش تحقیق به صورت آمیخته (کیفی و کمی) و از لحاظ هدف و ماهیت به صورت کاربردی است. جامعه آماری تحقیق متخصصان و کارشناسان حوزه گردشگری و ناوبری بودند که برای مصاحبه ها تعداد ۱۲ نفر و برای قسمت دلفی فازی از ۱۵ نفر استفاده شد. در این تحقیق جمع آوری اطلاعات به وسیله مصاحبه و تجزیه و تحلیل داده ها با روش های تحلیل محتوا، دلفی فازی و رتبه بندی ریسک‌ها با روش دنپ و با استفاده از نرم افزار اکسل انجام گرفته است. برای شناسایی ریسک‌ها ابتدا با مصاحبه با ۱۲ نفر از خبرگان ناوبری و سپس با استفاده از روش تحلیل محتوا ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری حد فاصل بندرعباس و جزیره قشم براساس تکنیک شل به تعداد ۲۸ ریسک شناسایی شد. سپس با استفاده از روش دلفی فازی و نظرات ۱۵ نفر از خبرگان کلیه ریسک‌های شناسایی شده پالایش و تایید گردید و سپس به رتبه بندی ریسک‌ها پرداخته شد. نتایج نشان داد که ریسک‌های نرم افزاری ناوبری شناورهای مسافربری، نقص در یکپارچه‌سازی داده‌های ناوبری، حملات سایبری و دسترسی غیرمجاز، خطای کاربرهنگام استفاده از نرم افزار، تأثیرات شرایط جوی و محیط دریایی بر عملکرد نرم‌افزارهای ناوبری، انحراف از رویه‌های عملیاتی استاندارد در بهره‌برداری از تجهیزات، تأخیر در به‌روزرسانی دوره‌ای سامانه‌های ناوبری و نقشه‌های دریایی، مدیریت نادرست داده‌ها هستند. ریسک‌های سخت افزاری شامل نقص در سنسورها، مشکلات در سخت‌افزار شبکه، آسیب فیزیکی، نوسانات و قطعی سیستم‌های تأمین انرژی تجهیزات ناوبری، عدم نگهداری مناسب، چالش‌های محیطی شناسایی شد. ریسک‌های محیط زیست شامل آلودگی آب‌های ساحلی ناشی از تخلیه پسماندها و سوخت‌های نفتی، آسیب به حیات دریایی، ترافیک دریایی، تخلیه زباله، تغییرات در اکوسیستم هستند. ریسک‌های پرسنل شاغل شامل حوادث و سوانح، شرایط جوی نامساعد، بیماری‌ها و آسیب‌ها، استرس و فشار روانی، مشکلات ایمنی شناسایی شدند. همچنین رتبه بندی کلیه ریسک‌ها با هم نشان داد که مهمترین ریسک بیماری‌ها و آسیب‌ها هستند.

* نویسنده مسئول: امیر فاضل. ایمیل: Amir.fazel@uk.ac.ir

**استناد:** فاضل، امیر، کرمشاهی، بهنام و هرندی، آزین. (۱۴۰۴). شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری حد فاصل بندرعباس و جزیره قشم براساس تکنیک شل(نرم افزار ، سخت افزار، محیط زیست و انسان): رویکرد کیفی و کمی)". (e۲۴۷۲۵۳) سیاست‌های راهبردی و کلان، ۱۳ (ویژه نامه توسعه دریامحور)، e۲۴۷۲۵۳.۲۰۲۶.۲۸۷۳.۵۶۵۸۴۷/jmsp.https://doi.org/۱۰.۳۰۵۰۷

**مقدمه**

حجم بسیار زیادی از حمل‌ونقل کالا در تجارت جهانی، از طریق دریا و توسط شناورها صورت می‌گیرد و جایگزین دیگری برای آن در صد سال آینده، دور از انتظار است. حمل‌ونقل دریایی کالاهای مختلف بیش از ۶۰ درصد کل گردش کالای جهانی را به خود اختصاص داده است، که نشان‌دهنده اهمیت حمل‌ونقل دریایی در اقتصاد جهانی است (۱۷). در فرآیند حمل‌ونقل انبوه کالا و مسافر، سالانه تعداد قابل‌توجهی سوانح دریایی رخ می‌دهد که علاوه بر صدمات جانی و مالی بسیار، محیط‌زیست را نیز تهدید می‌کند و می‌تواند بحران‌هایی را در دادوستد جهانی به دنبال داشته باشد (۵). به‌طوریکه بروز حادثه در سیستم ناوبری نه‌تنها موجب ایجاد خسارت‌های مالی و جانی و افزایش خدمات بندری می‌گردد، بلکه در عرصه رقابت فشرده، اعتبار ناوبری را در عرصه بین‌المللی خدشه‌دار می‌کند (۳). اهمیت این موضوع به‌گونه‌ای است که ارتقای ضریب ایمنی ناوبری و تأمین محیطی امن برای سرمایه‌گذاران، شرکت‌های کشتیرانی و مسافران، به یکی از دغدغه‌های اصلی سیاست‌گذاران دریایی تبدیل شده است.

در پاسخ به این دغدغه‌ها، سازمان بین‌المللی دریانوردی[1] با تدوین کنوانسیون‌ها و دستورالعمل‌های الزام‌آور، چارچوبی جامع برای مدیریت ایمنی و ریسک در صنعت حمل‌ونقل دریایی ایجاد کرده است. در این میان، کنوانسیون بین‌المللی ایمنی جان اشخاص در دریا[2] به عنوان مهم‌ترین سند بالادستی، الزامات سخت‌گیرانه‌ای را برای طراحی، ساخت، تجهیز و بهره‌برداری از شناورها تعیین می‌کند. به موازات آن، کد بین‌المللی مدیریت ایمنی[3] با رویکردی مدیریتی، شرکت‌های کشتیرانی را ملزم به استقرار یک سیستم مدیریت ایمنی[4] می‌کند که در آن شناسایی ریسک‌ها، ارزیابی مخاطرات و مدیریت خطای انسانی، به‌عنوان ارکان اصلی مدنظر قرار گرفته است. سازمان بنادر و دریانوردی ایران نیز به عنوان نهاد متولی در کشور، با پیروی از این مقررات و قرارگیری در لیست سفید سازمان بین‌المللی دریانوردی، نظارت دقیقی بر اجرای این استانداردها در شناورهای تحت پرچم ایران اعمال می‌کند. شناورهای مسافربری فعال در این مسیرها، بر اساس مقررات بین‌المللی به دو گروه تحت کنوانسیون (مشمول الزامات کامل SOLAS و خارج از کنوانسیون (شناورهای کوچک‌تر با ظرفیت محدود) تقسیم می‌شوند که هر کدام الزامات ایمنی و نظارتی متفاوتی دارند که رعایت آن‌ها توسط سازمان بنادر و دریانوردی الزامی است.

با وجود این چارچوب نظارتی قدرتمند، ماهیت پویا و پیچیده عملیات دریایی، به‌ویژه در مسیرهای پرتردد مسافربری، ایجاب می‌کند که رویکردهای مدیریت ریسک به‌صورت مستمر و میدانی مورد بازبینی قرار گیرند. تکنیک‌های مختلفی برای تحلیل و ارزیابی ریسک در صنایع پیچیده (مانند هوایی و هسته‌ای) توسعه یافته‌اند که یکی از کارآمدترین آن‌ها، تکنیک شل[5] است. این مدل با رویکردی سیستماتیک، ریسک‌ها را در چهار مؤلفه به‌هم‌پیوسته نرم‌افزار، سخت‌افزار، محیط‌زیست، و انسان یا پرسنل شاغل طبقه‌بندی می‌کند. این چهارچوب (شل) به‌خوبی با رویکرد سیستمی کد ISM همخوانی داشته و همانند دسته‌بندی‌های این دستورالعمل، امکان تحلیل تعاملات پیچیده بین مؤلفه‌های انسانی، فنی و محیطی را فراهم می‌سازد تا نقاط کور مدیریت ایمنی شناسایی گردد (۲۰). در همین راستا و با تأکید بر نقش کلیدی عامل انسانی، درخشان‌نیک و همکاران (۱۴۰۱) در تحلیل اجرای دستورالعمل مدیریت ایمنی بین‌المللی (ISM Code) نشان دادند که ایجاد انگیزش در میان دریانوردان ایرانی، نقش بسزایی در اجرای بهینه این دستورالعمل و ارتقای ایمنی ناوبری دارد (۸).

صنعت حمل‌ونقل دریایی، به‌ویژه در بخش مسافربری، با بهره‌مندی از فناوری‌های پیچیده و مدیریت نوین، به پیشرفت‌های چشمگیری دست‌یافته است. با این حال، پیچیدگی روزافزون فن‌آوری‌ها و استفاده گسترده از سیستم‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری در ناوبری، همراه با عوامل محیطی و انسانی، باعث شده است که ریسک‌های موجود در این صنعت نیز متنوع‌تر و مدیریت آن‌ها دشوارتر گردد. از یک سو، کاربرد مستمر فن‌آوری‌های پیچیده در عرصه ناوبری و از سوی دیگر، رویارویی با تحولات بنیادین در صنعت حمل‌ونقل، ضرورت به‌کارگیری رویکردهای علمی و به‌روز در مدیریت ریسک را دوچندان کرده است (۱۲). به‌گونه‌ای که بدون در نظر گرفتن ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری براساس ابعاد چهارگانه، امکان تداوم فعالیت و سودآوری پایدار ممکن نیست (؟ ). در این چارچوب، عوامل محیطی نه تنها شامل شرایط جوی و اکوسیستم دریایی می‌شوند، بلکه عواملی نظیر ترافیک دریایی نیز به عنوان یک متغیر محیطی که بر پیچیدگی ناوبری و احتمال بروز حوادث تأثیر می‌گذارد، در نظر گرفته می‌شود.

از این‌رو، مدیریت ریسک به‌عنوان رویکردی ساختاریافته و سیستماتیک برای تحلیل و واکنش به عدم‌اطمینان‌های آینده، تلاش می‌کند تا احتمال بروز ریسک و پیامدهای آن را کاهش داده و قابلیت مهار و کنترل آن را کسب نماید (۲۶). هر ریسک شامل دو مؤلفه فرکانس وقوع و پیامد وقوع است (۶) و روش‌های ارزیابی ریسک، دست‌اندرکاران را برای برنامه‌ریزی و جلوگیری از وقوع حوادث آماده می‌کند (۲۴).

به‌طور مختصر، ارزیابی و تحلیل ریسک، مخاطرات موجود در سیستم را به‌خوبی شناسایی می‌کند و سیستم مدیریت ایمنی این مخاطرات را مدیریت می‌نماید (۷). روش‌های ارزیابی مخاطره در ناوبری شناورهای مسافربری حد فاصل بندرعباس و جزیره قشم دست‌اندرکاران را برای برنامه‌ریزی و جلوگیری از وقوع

1. International Maritime Organization (IMO)
2. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)
3. International Safety Management Code (ISM Code)
4. Safety Management System (SMS)
5. Software, Hardware, Environment, Liveware (SHELL)

حوادث آماده می‌کند، و اعتقاد بر این است که اولاً یک ناوبری ایمن باعث افزایش راندمان خواهد شد و ثانیاً بین ایمنی و تجارت یک تعامل برقرار خواهد گردید (۲۴) و بدین لحاظ است که شناسایی مخاطره و مدیریت مخاطرات در ناوبری شناورهای مسافربری حد فاصل بندرعباس و جزیره قشم برای حمل‌ونقل دریایی از اهمیت حیاتی برخوردار است. بدون شناسائی مخاطرات، ارتقای ایمنی در ناوبری شناورهای مسافربری حد فاصل بندرعباس و جزیره قشم امکان‌پذیر نمی‌باشد. لازمه شناخت مخاطرات در ناوبری شناورهای مسافربری بکارگیری شیوه‌هایی است که از طریق آن‌ها بتوان خطرات را شناسائی و نهایتاً از وقوع آن‌ها جلوگیری نمود. با وجود قوانین و مقررات سخت‌گیرانه، یکی از چالش‌های اصلی در کشور ما، کمبود پژوهش‌های میدانی و مبتنی بر نظر خبرگان برای شناسایی ریسک‌های بومی هر منطقه است. با وجود چارچوب نظارتی قدرتمند در سطح بین‌المللی (IMO) و داخلی ،(PMO) ارزیابی میدانی ریسک‌ها نشان می‌دهد که مدیریت ایمنی نیازمند پایش مستمر است. مسیر دریایی بندرعباس به جزیره قشم به دلیل حجم بالای تردد شناورهای مسافربری و گردشگری، از حساسیت ویژه‌ای برخوردار است. غنای مطالعات انجام شده در مورد ریسک‌های ناوبری بر اساس تکنیک‌های ترکیبی در این مسیر، بسیار اندک است. لذا مطالعه در این زمینه با ضرورت مضاعفی مواجه است. بدین لحاظ و با توجه به مطالب بیان شده، محققان درصددند تا به این سؤال پاسخ دهند که ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری حد فاصل بندرعباس و جزیره قشم براساس تکنیک شل (نرم‌افزار، سخت‌افزار، محیط‌زیست و پرسنل شاغل) کدامند و چگونه اولویت‌بندی می‌شوند؟

## ۱. پیشینه پژوهش

قره‌خانی و همکاران (۱۴۰۴) در پژوهشی به ارزیابی و تحلیل پروفایل ریسک بیمه‌های دریایی با استفاده از روش ترکیبی ANP-DEMATEL پرداختند. آن‌ها با شناسایی شاخص‌های کلیدی ریسک در حوزه‌های بدنه کشتی، باربری دریایی و عملیات فراساحلی، نشان دادند که عوامل انسانی و ویژگی‌های فنی شناورها بیشترین تأثیر علّی را بر سایر شاخص‌های ریسک دارند. این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (مانند DEMATEL و (ANP برای تعیین وزن و اولویت‌بندی ریسک‌های پیچیده دریایی، رویکردی علمی و کارآمد است که قابلیت تعمیم به ارزیابی ریسک‌های ناوبری را دارا است (۱۲).

قاسمی و همکاران (۱۴۰۴) در مطالعه‌ای به ارائه الگوی عوامل مؤثر بر مدیریت بحران‌های بهداشت، ایمنی و محیط زیست در مناطق دریایی (مورد مطالعه: بندر بوشهر) پرداختند. آن‌ها با استفاده از رویکرد داده‌بنیاد نشان دادند که مدیریت ریسک، فناوری، سلامت جسم و روان پرسنل و محیط از مهم‌ترین شرایط تأثیرگذار در مدیریت بحران‌های دریایی هستند. این پژوهش تأکید می‌کند که تعاملات میان انسان، تجهیزات و محیط (همسو با رویکرد سیستمی تکنیک شل) نقش کلیدی در بروز و مدیریت بحران‌های ناوبری دارد (۱۳).

مهرا و همکاران (۱۴۰۲) در تحقیقی به وزن‌دهی و اولویت‌بندی مدیریت ریسک‌های محیط‌زیستی مؤثر بر عملکرد مالی بنادر و سازمان دریانوردی پرداختند. آن‌ها با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) و نظرات خبرگان، ریسک‌های منابع انسانی، عملیاتی و آلودگی را شناسایی و رتبه‌بندی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ریسک‌های منابع انسانی و عملیاتی بالاترین اولویت را دارا هستند. این مطالعه اعتبار استفاده از تکنیک‌های فازی و نظرات خبرگان را در ارزیابی ریسک‌های صنعت حمل و نقل دریایی تأیید می‌نماید (۲۱).

درخشان نیک و همکاران (۱۴۰۱) نشان دادند که رقابت‌پذیری حمل و نقل دریایی مستلزم ارائه خدمات ایمن است و اجرای دستورالعمل مدیریت ایمنی (ISM) (Code با نقش کلیدی فرمانده به عنوان رابط بین شرکت کشتیرانی و پرسنل کشتی، این هدف را تقویت می‌کند. این پژوهش با بررسی پنج گویه اجرایی (از جمله مدیریت منابع انسانی، آموزش، نقش شرکت کشتیرانی، و ایمنی دریانوردی) و نیز نقش انگیزش، از طریق نظرسنجی از فرماندهان کشتی‌ها انجام شد. نتایج تحلیل آماری با SPSS و AMOS نشان داد که اجرای صحیح ISM و انگیزش مناسب، ایمنی روی کشتی و دریانوردی را برای دریانوردان ایرانی به طور معناداری افزایش می‌دهد (۸).

شفیع‌آبادی و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیقی به بررسی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر توسعه سفر و گردشگری دریایی در پایانه خلیج فارس بندر خرمشهر پرداخته است. روش تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت پژوهش، آمیخته اکتشافی (رویکرد کیفی_کمی) است. بخش کیفی تحقیق با تمرکز بر مصاحبه، مشاهده، مطالعه و ... با رویکرد استقرایی صورت گرفته است. در بخش کمی تحقیق اقدام به تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس مدل تحلیل سلسله مراتبی انجام شده است، همچنین رتبه‌بندی مؤلفه‌های تحقیق با استفاده از مدل ایده‌آل و به کمک مقایسات زوجی مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، بعد زیرساخت با وزن نهایی ۰/۵۲۸ رتبه اول و بعدهای خدماتی، اقتصادی و فرهنگی به ترتیب با وزن نهایی ۰/۲۴۳، ۰/۱۴۲ و ۰/۰۸۶ رتبه‌های دوم، سوم و چهارم را به خود اختصاص داده‌اند. از میان مؤلفه‌ها، ساخت مکان‌های اقامتی و تفریحی، برگزاری گشت‌ها و تورهای دریایی، تسهیلات بانکی برای بخش خصوصی و تبلیغات رسانه‌ای به ترتیب با وزن نهایی ۰/۴۳۱، ۰/۴۳۲، ۰/۴۸۸ و ۰/۵۵۹ از میان مؤلفه‌های هر بعد به‌عنوان رتبه اول مشخص شدند (۲۷).

ناصرنصیر و پرورش (۱۳۹۹) در تحقیقی به بررسی ریسک‌ها و پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های گردشگری در جزیره هرمز پرداختند. جهت انجام تحقیق با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حالات شکست زیست‌محیطی، ریسک‌ها بر اساس مشاهدات میدانی و نظرات متخصصان محیط‌زیست و گردشگری مورد شناسایی قرار گرفته و بر اساس گستره آلودگی، احتمال وقوع و شدت ریسک، عدد اولویت ریسک محاسبه شد. جهت امتیازدهی عدد اولویت ریسک‌ها از جداول مربوطه و نظرات ۱۵ نفر از متخصصان استفاده شد. در نهایت ۱۸ ریسک زیست‌محیطی مورد شناسایی قرار گرفت که از این بین، ۱۴ ریسک در محدوده ریسک متوسط، ۲ ریسک در محدوده ریسک پایین و ۲ ریسک در محدوده ریسک بالا قرار گرفتند که ریسک‌های بالا شامل ریسک ناشی از ریختن زباله توسط گردشگران با پیامد آلودگی آب و خاک و محل دفن زباله‌های جمع‌آوری شده با پیامد آلودگی آب، خاک و هوا هستند (۲۴).

الله‌مرادی و پناهی (۱۳۹۵) به تحلیل ریسک به گل نشستن شناورها با نگاه مدیریت ریسک پرداختند. به گل نشستن کشتی به عنوان یکی از سوانح عمده دریایی، همواره حمل و نقل دریایی را تهدید می‌نماید. این تحقیق با هدف آشنایی با محاسبه ریسک برخورد با بستر دریا، به تشریح دو مفهوم فرکانس وقوع و پیامد وقوع پرداخته و بر این اساس، مدل‌هایی که تاکنون برای ارزیابی ریسک به گل نشستن کشتی توسعه یافته‌اند را مرور کرده و از منظر مدیریت ریسک تحلیل نموده است. عدم قطعیت در خروجی، عدم وجود قابلیت به‌روزرسانی در صورت به دست آمدن اطلاعات تازه و یا نیاز به پیاده‌سازی متغیرهای جدید، عدم وجود قابلیت تطابق با موقعیت‌ها و شناورهای جدید، عدم وضوح عوامل تأثیرگذار و عدم وجود قابلیت در ساماندهی متغیرهای پویا، از جمله نقاط ضعفی هستند، که مدل‌های موجود حداقل یک و یا تعدادی از آن‌ها را دارا هستند (۳).

ملنیک و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی به ارائه رویکردی سیستماتیک برای مدیریت ریسک در سیستم‌های ارگاتیک (Ergatic Systems) عملیات دریایی پرداختند؛ سیستم‌هایی که در آن‌ها انسان، فناوری و محیط به عنوان یک کل یکپارچه در تعامل با یکدیگر هستند. آن‌ها با استفاده از مدل‌های احتمالاتی (مانند زنجیره‌های مارکوف)، نشان دادند که ریسک‌های فنی، خطاهای انسانی و شرایط محیطی چگونه به صورت غیرخطی بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند و می‌توانند به سوانح بحرانی منجر شوند. این مطالعه تأکید می‌کند که ارزیابی ریسک در ناوبری دریایی تنها با نگاه تک‌بعدی امکان‌پذیر نیست و باید تعاملات پیچیده میان پرسنل (انسان)، تجهیزات (سخت‌افزار و نرم‌افزار) و شرایط دریایی (محیط) به صورت سیستمی تحلیل گردد. این رویکرد، همسویی کامل با فلسفه تکنیک شل در شناسایی و تحلیل ریسک‌های ناوبری دارد (۲۲).

پارک و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی به بررسی چالش‌های مدیریت ریسک در شناورهای سطحی خودمختار دریایی (MASS) با تمرکز بر آمادگی‌های آموزشی و مقرراتی پرداختند. آن‌ها با استفاده از تحلیل فرآیند سیستماتیک (STPA) و تکنیک دلفی (با مشارکت ۲۰ متخصص)، سناریوهای وقوع خسارت در شرایط عملیاتی تخریب‌شده (مانند خرابی تجهیزات و ارتباطات) را شناسایی و اولویت‌بندی کردند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که خرابی‌های فنی (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری) در تعامل با خطاهای انسانی و شرایط محیطی، بزرگ‌ترین چالش‌های ایمنی را ایجاد می‌کنند. این پژوهش با تأکید بر استفاده از روش دلفی برای رسیدن به اجماع خبرگان در محیط‌های دریایی پرریسک و کم‌داده، اعتبار رویکرد روش‌شناختی پژوهش حاضر را در استفاده از نظرات خبرگان برای ارزیابی ریسک‌های ناوبری تأیید می‌نماید (۲۵).

الگارنی و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی به ارائه یک چارچوب پیشگیرانه مبتنی بر رایانش لبه (Edge Computing) و یادگیری ماشین برای تشخیص ناهنجاری و مدیریت ریسک در شبکه‌های ارتباط بی‌سیم دریایی پرداختند. آن‌ها با تلفیق مدل‌های یادگیری ماشین، تلاش کردند تا تهدیدات سایبری و ناهنجاری‌های محیطی را که ایمنی شناورها را به خطر می‌اندازند، در زمان واقعی (Real-time) شناسایی کنند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که پردازش محلی داده‌ها و استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند تأخیر را کاهش داده و به طور مؤثری ریسک‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری ناشی از حملات سایبری به سیستم‌های ناوبری را مدیریت کند. این پژوهش تأیید می‌کند که با افزایش دیجیتالی شدن صنعت حمل‌ونقل دریایی، توجه به ریسک‌های سایبری و نرم‌افزاری به عنوان بخشی از سیستم مدیریت ایمنی، امری حیاتی و ضروری است (۲).

دورلیک و همکاران (۲۰۲۴) در یک مطالعه مروری جامع به بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در ارتقای ایمنی و مدیریت ریسک حمل‌ونقل دریایی پرداختند. آن‌ها نشان دادند که استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در حوزه‌هایی نظیر تحلیل ریسک، مدیریت منابع انسانی (پرسنل شناور)، تعمیر و نگهداری پیش‌بینانه تجهیزات (سخت‌افزار) و سیستم‌های ناوبری (نرم‌افزار) می‌تواند به شناسایی خطرات و کاهش خطاهای انسانی کمک شایانی نماید. این پژوهش تأکید می‌کند که یکپارچه‌سازی فناوری‌های نوین برای پیش‌بینی خطرات ناوبری و جلوگیری از سوانح ضروری است، اما نیازمند توجه به زیرساخت‌های داده‌ای و چارچوب‌های قانونی مناسب است. این یافته‌ها همسویی بالایی با رویکرد سیستمی تکنیک شل در تفکیک و تحلیل تعاملات نرم‌افزاری، سخت‌افزاری و انسانی در ناوبری شناورها دارد (۹).

لیو و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی به مدیریت ریسک حمل‌ونقل دریایی با استفاده از یک روش ارزیابی حالات و اثرات شکست (FMEA) بهبودیافته مبتنی بر شبکه اعتماد متخصصان پرداختند. آن‌ها با به‌کارگیری مجموعه‌های فازی محتاطانه برای نشان دادن ابهام و تردید در ارزیابی‌های کارشناسی، تلاش کردند تا دقت شناسایی و تحلیل ریسک‌های دریایی (مانند نشت نفت) را افزایش دهند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از رویکردهای فازی و

مدل‌های تعاملی میان خبرگان، می‌تواند قابلیت اطمینان ارزیابی ریسک‌های پیچیده دریایی را به میزان قابل‌توجهی ارتقا دهد. این پژوهش تأیید می‌کند که در محیط‌های پویا و پرریسک دریایی، بهره‌گیری از تکنیک‌های فازی برای تجمیع نظرات متخصصان امری ضروری و کارآمد است (۱۹).

فو و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به ارائه چارچوبی نوین برای مدیریت ریسک سیستماتیک در سیستم‌های حمل‌ونقل دریایی (MTS) بر اساس ارزیابی رسمی ایمنی پرداختند. آن‌ها در این مطالعه که با تکیه بر مدل SHEL و تکنیک‌های مدل‌سازی شبکه بیزی و مجموعه‌های فازی انجام شده است، عوامل تأثیرگذار بر ریسک (RIFs) را در ابعاد محیطی، فنی، انسانی و سازمانی شناسایی و دسته‌بندی کرده و اثرات متقابل و پیچیده آن‌ها را در بروز سوانح دریایی بررسی نمودند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ارزیابی دقیق تعاملات میان عوامل انسانی (پرسنل شناور) و شرایط فنی_محیطی، برای کنترل ریسک‌ها در مسیرهای پرتردد دریایی امری حیاتی است و رویکردهای سیستمی می‌توانند به تصمیم‌گیری بهتر در انتخاب گزینه‌های کنترل ریسک کمک کنند. این مطالعه تأیید می‌کند که استفاده از مدل‌های مفهومی مانند شل در تحلیل سوانح دریایی، می‌تواند درک جامع‌تری از ریشه‌های بروز خطرات فراهم آورد (۱۱).

سیرگار و همکاران (۲۰۲۲) تحقیقی را با عنوان مروری بر ادبیات: شناسایی ریسک‌های اکوتوریسم پایدار در تانگکاهان انجام دادند. نتایج نشان داد که مدیران اکوتوریسم و ذی‌نفعان مانند دولت، ساکنان و مصرف‌کنندگان مورد نیاز برای انجام ریسک‌های اکوتوریسم برای محیط‌زیست را لازم و ضروری می‌دانند (۲۸).

هودا و همکاران (۲۰۲۲) تحقیقی را با عنوان مدل راهبردی ریسک‌های دریایی در اندونزی: یک تحقیق مقدماتی انجام دادند. نتایج نشان داد که مشکل اولویت در ریسک‌های دریایی در اندونزی مشکلات زیرساختی است. راه‌حل ایجاد زیرساخت‌های جاده‌ای کافی، تعمیر جاده‌های آسیب‌دیده و مسیر کامل جاده به مکان‌های گردشگری در هر منطقه از اندونزی است. اهداف شناسایی ریسک‌های گردشگری در اندونزی با اجرای یک هم‌افزایی کاربردی بین دولت و جامعه محلی قابل تحقق است (۱۸).

مونتوکا و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی به ارزیابی ریسک برخورد شناورهای مسافربری و باری (RoPax) در دریاهای باز پرداختند. آن‌ها با ارائه یک چارچوب جامع کمی، احتمال وقوع تصادفات و پیامدهای آن را تحت تأثیر متغیرهای محیطی و فنی مدل‌سازی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که ترکیب شرایط جوی نامساعد (محیط) و نقص در تجهیزات ناوبری (سخت‌افزار) می‌تواند به شدت احتمال وقوع سوانح را افزایش دهد. این مطالعه تأکید می‌کند که ارزیابی ریسک در ناوبری نیازمند یک رویکرد سیستماتیک است که تعاملات پیچیده بین انسان، شناور و محیط دریا را در نظر بگیرد (۲۳).

آکیوز و چلیک (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای به ارزیابی اثربخشی اجرای سیستم‌های مدیریت ایمنی (SMS) و کد ISM بر روی شناورها با استفاده از یک رویکرد تصمیم‌گیری ترکیبی (مبتنی بر منطق فازی) پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که عوامل انسانی و آموزش پرسنل (عامل انسانی) به همراه کیفیت دستورالعمل‌ها و فرآیندهای مدیریتی (عامل نرم‌افزاری) بیشترین تأثیر را بر موفقیت اجرای ایمنی در شناورها دارند. این پژوهش تأکید می‌کند که بدون توجه به بُعد نرم‌افزاری و انسانی، استقرار تجهیزات به تنهایی ضامن ایمنی ناوبری نخواهد بود (۱).

گورلاند و کوجالا (۲۰۱۱) در تحقیقی به مدل‌سازی احتمال برخورد شناورها بر اساس شبیه‌سازی ترافیک دریایی پرداختند. آن‌ها در این مطالعه نشان دادند که ترافیک سنگین دریایی (به عنوان یک ریسک محیطی) در ترکیب با خطاهای انسانی ناشی از خستگی یا عدم تمرکز خدمه، تعیین‌کننده‌ترین عامل در بروز سوانح در مسیرهای پرتردد است. نتایج این پژوهش گویای آن است که در مسیرهای دریایی با تردد بالای شناورهای مسافربری، مدیریت یکپارچه ریسک‌های محیطی و انسانی امری حیاتی است (۱۴).

## ۲. روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از حیث هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش اجرا، توصیفی_تحلیلی است که با رویکرد آمیخته (کیفی_کمی) از نوع اکتشافی متوالی[6] انجام شده است. جامعه آماری پژوهش را متخصصان و خبرگان حوزه ناوبری دریایی و گردشگری تشکیل می‌دهند. در بخش کیفی، با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند و گلوله‌برفی، تعداد ۱۲ نفر از خبرگان برای انجام مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته انتخاب شدند که حجم نمونه بر اساس اصل اشباع داده‌ها تعیین گردید. در بخش کمی نیز ۱۵ نفر از خبرگان متخصص در زمینه ریسک‌های ناوبری در فرآیند دلفی فازی مشارکت داشتند. ابزارهای گردآوری داده‌ها در این پژوهش شامل دو بخش است: در بخش کتابخانه‌ای، از اسناد، مقالات و منابع علمی مرتبط استفاده شده و در بخش میدانی، از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و پرسشنامه‌های دلفی فازی و دنپ بهره‌گیری شده است. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی قراردادی، کدگذاری و مقوله‌بندی شد و در مجموع ۲۸ ریسک در چهار حوزه نرم‌افزار، سخت‌افزار، محیط‌زیست و پرسنل شاغل شناسایی گردید. سپس در مرحله کمی، ریسک‌های شناسایی‌شده با استفاده از تکنیک دلفی فازی در چهار مرحله متوالی مورد پالایش و اعتبارسنجی قرار گرفتند و در نهایت، اولویت‌بندی و رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها با به‌کارگیری روش دنپ (DANP) و با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. فرآیند پژوهش

6. Sequential Exploratory Mixed-Methods

در دو مرحله مجزا به شرح زیر انجام شد:

### ۲-۱. مرحله اول: شناسایی ریسک‌ها (فاز کیفی)

هدف اصلی این فاز، شناسایی جامع و بدون پیش‌داوری ریسک‌های مرتبط با ناوبری بود. برای این منظور با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی قراردادی[7]، داده‌ها گردآوری و تحلیل شدند. نمونه‌گیری به روش هدفمند و به طور مشخص گلوله‌برفی[8] انجام شد. شرکت‌کنندگان شامل ۱۲ نفر از خبرگان حوزه دریانوردی و مدیریت گردشگری بودند که حجم نمونه بر اساس اصل اشباع داده‌ها تعیین گردید. اطلاعات مربوط به مصاحبه‌شوندگان در جدول شماره ۱ آمده است. ابزار اصلی گردآوری داده‌ها، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته بود. تمام مصاحبه‌ها به صورت صوتی ضبط، کلمه‌به‌کلمه پیاده‌سازی و سپس تجزیه و تحلیل گردیدند. تحلیل داده‌ها بر اساس مراحل تحلیل محتوای کیفی شامل کدگذاری باز، استخراج کدهای اولیه و دسته‌بندی آن‌ها در قالب مضامین اصلی انجام شد. برای اطمینان از پایایی تحلیل، از روش توافق بین دو کدگذار استفاده شد که ضریب توافق ۹۰ درصد را نشان داد که از آستانه قابل قبول (۷۵٪) فراتر است. روایی ابزار نیز از طریق طراحی سوالات بر اساس مبانی نظری و پیشینه پژوهش و بررسی توسط پنل خبرگان تضمین شد.

جدول ۱: مشخصات خبرگان تحقیق

| خبره | سمت یا شغل | تحصیلات | سابقه خدمت | تخصص |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | استاد دانشگاه | دکتری | ۱۹ سال | مدیریت گردشگری |
| ۲ | استاد دانشگاه | دکتری | ۱۵ سال | مدیریت منابع انسانی |
| ۳ | کارشناس ارشد ناوبری | کارشناسی ارشد | ۱۶ سال | کارشناس ارشد دریانوردی |
| ۴ | کارشناس ارشد ناوبری | کارشناسی ارشد | ۱۰ سال | کارشناس ارشد دریانوردی |
| ۵ | کارشناس ارشد ناوبری | کارشناسی ارشد | ۱۷ سال | کارشناس ارشد دریانوردی |
| ۶ | کارشناس ارشد ناوبری | کارشناسی ارشد | ۲۵ سال | کارشناس ارشد دریانوردی |
| ۷ | کارشناس ارشد ناوبری | کارشناسی ارشد | ۲۲ سال | کارشناس ارشد دریانوردی |
| ۸ | کارشناس ارشد ناوبری | کارشناسی ارشد | ۱۸ سال | کارشناس ارشد دریانوردی |
| ۹ | استاد دانشگاه | دکتری | ۲۱ سال | توسعه اقتصاد دریا محور |
| ۱۰ | استاد دانشگاه | دکتری | ۱۷ سال | مدیریت گردشگری |
| ۱۱ | کارشناس ارشد ناوبری | کارشناسی ارشد | ۲۰ سال | کارشناس ارشد دریانوردی |
| ۱۲ | کارشناس ارشد ناوبری | کارشناسی ارشد | ۲۳ سال | کارشناس ارشد دریانوردی |

### ۲-۲. مرحله دوم: اعتبارسنجی و اولویت‌بندی (فاز کمی-فازی)

در این مرحله، ریسک‌های استخراج‌شده از فاز کیفی به عنوان ورودی برای اعتبارسنجی و رتبه‌بندی نهایی استفاده شدند. از تکنیک دلفی فازی برای رسیدن به اجماع نظر خبرگان در مورد اهمیت هر ریسک و از تکنیک دنپ[9] برای تحلیل روابط علی و معلولی میان آن‌ها استفاده گردید. جامعه آماری این فاز شامل ۱۵ نفر از خبرگان متخصص در زمینه ریسک‌های ناوبری بود. در روش دلفی فازی خبرگان اهمیت هر ریسک را با استفاده از متغیرهای کلامی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد بیان کردند که سپس به اعداد فازی مثلثی تبدیل شدند. از آنجایی که خصوصیات متفاوت افراد بر تعابیر ذهنی آن‌ها نسبت به متغیرهای کیفی اثرگذار است، لذا با تعریف دامنه متغیرهای کیفی، خبرگان با ذهنیت یکسان به سؤال‌ها پاسخ داده‌اند. این متغیرها با توجه به جدول ۲ اعداد فازی مثلثی تعریف شده‌اند.

7. Conventional Qualitative Content Analysis
8. Purposive and Snowball Sampling
9. DANP

جدول ۲: تعریف متغیرهای زبانی

| متغیرهای کلامی | عدد فازی مثلثی | عدد فازی قطعی شده |
|---|---|---|
| خیلی زیاد | (۱،۰/۲۵،۰) | ۰/۹۳۷۵ |
| زیاد | (۰/۷۵،۰/۱۵،۰/۱۵) | ۰/۷۵ |
| متوسط | (۰/۵،۰/۲۵،۰/۲۵) | ۰/۵ |
| کم | (۰/۲۵،۰/۱۵،۰/۱۵) | ۰/۲۵ |
| خیلی کم | (۰،۰،۰/۲۵) | ٪۶۲۵ |

در جدول فوق اعداد فازی قطعی شده با استفاده از فرمول مینکووسکی[10] به شکل زیر محاسبه شده است:

فرمول (۱): فرمول مینکووسکی:

$$x = m + \frac{\beta - \alpha}{4} \quad (۱)$$

با توجه به گزینه‌های پیشنهادی و متغیرهای زبانی تعریف شده در پرسشنامه، نتایج حاصل از بررسی پاسخ‌های ارائه شده در پرسشنامه‌ها ارائه می‌گردد. در این روش میانگین فازی هر کدام از مؤلفه‌ها با توجه به فرمول‌های ۲ و ۳ محاسبه می‌شود و سپس با استفاده از فرمول مینکووسکی (فرمول ۱) فازی‌زدایی می‌شود. میانگین قطعی بدست آمده نشان‌دهنده شدت موافقت خبرگان با هر کدام از مؤلفه‌های پژوهش است.

فرمول (۲):

$$A_i = (a_1^{(i)}, a_2^{(i)}, a_3^{(i)}), \quad i = 1, 2, 3, \ldots, n \quad (۲)$$

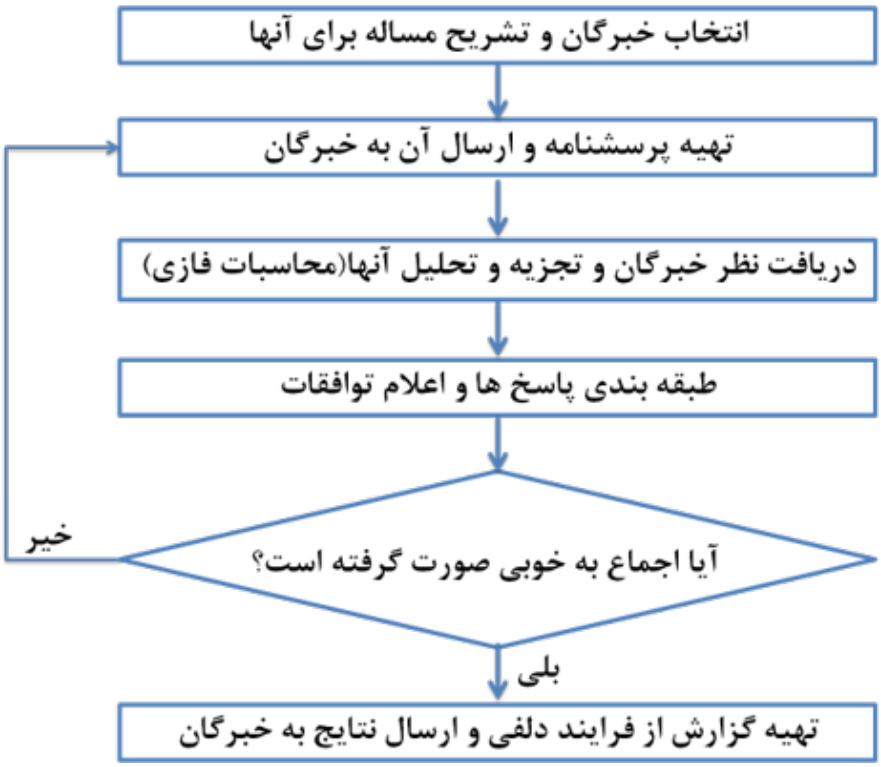
فرمول (۳):

$$A_{ave} = (m_1, m_2, m_3) = \left( \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_1^{(i)}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_2^{(i)}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_3^{(i)} \right) \quad (۳)$$

در این رابطه $A_i$ بیانگر دیدگاه خبره i ام و $A_{ave}$ بیانگر میانگین دیدگاه‌های خبرگان است. الگوریتم اجرای روش دلفی فازی در شکل ۱ نمایش داده شده است.

10. Minkowski

شکل ۱: الگوریتم اجرای روش دلفی فازی




منبع: یافته‌های پژوهش

مهم‌ترین تفاوت‌های روش دلفی فازی با روش دلفی در این است که در تکنیک دلفی فازی معمولاً خبرگان نظریات خود را در قالب متغیرهای کلامی ارائه می‌دهند، سپس میانگین نظر خبرگان (اعداد ارائه شده) و میزان اختلاف نظر هر فرد خبره از میانگین محاسبه و آنگاه این اطلاعات برای اخذ نظریات جدید به خبرگان ارسال می‌شود. در مرحله بعد هر فرد خبره براساس اطلاعات حاصل از مرحله قبل، نظر جدیدی را ارائه می‌دهد یا نظر قبلی خود را اصلاح می‌کند. این فرآیند تا زمانی ادامه می‌یابد که میانگین اعداد فازی به اندازه کافی با ثبات شود (۱۰). این فرآیند در چند دور تکرار شد تا زمانی که انحراف معیار نظرها از میانگین به حد آستانه (≤ ۰/۱) رسید و اجماع حاصل گردید.

جهت رتبه‌بندی ریسک‌ها از تحلیل دنپ استفاده شد. این تکنیک در واقع رویکرد جدیدی از ترکیب دیمتل با ANP می‌باشد. در رویکرد کلاسیک ابتدا دیمتل می‌باید انجام شود، سپس بر اساس روابط درونی که دیمتل تشکیل داده مقایسات زوجی ANP انجام شود. اما در رویکرد جدید که به آن DANP یا ANP) based (dematel گفته می‌شود تنها با استفاده از ماتریس دیمتل کلیه فرآیندها انجام شده و سوپرماتریس‌های ANP حاصل می‌شود. در واقع دیگر نیازی به مقایسه زوجی ANP نیست. در این روش نتایج بر اساس مفهوم پایه ANP از ماتریس ارتباط کامل و که به‌وسیله دیمتل محاسبه می‌گردند، به‌دست می‌آید. بنابراین روش دیمتل جهت ساختن مدل ساختار شبکه برای هر معیار و بعد و نیز جهت بهبود روند نرمال‌سازی ANP سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش در خصوص مسائل دنیای واقعی در مقایسه با روش‌های سنتی بسیار مناسب بوده و وابستگی میان معیارها را در نظر می‌گیرد و در نهایت دیمتل با روش ANP جهت تشکیل DANP به‌منظور تعیین اوزان مؤثر هر بعد و معیار ترکیب می‌گردد. در روش DANP دیگر از ماتریس ارتباطات کل مقدار آستانه گرفته نمی‌شود (این کار باعث می‌شود تمام روابط درونی حفظ شود) و با همان اعداد تاثیرگذاری کل، سوپرماتریس اولیه تشکیل شده و سپس موزون و به توان بی‌نهایت می‌رسد تا وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها محاسبه شود. بر این اساس ماتریس روابط اولیه بر اساس نظر خبرگان ساخته شد و پس از محاسبات ماتریسی، ریسک‌های نهایی بر اساس میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری دسته‌بندی و اولویت‌بندی شدند.

## ۳. یافته‌های پژوهش

در این پژوهش، فرآیند تحلیل داده‌های کیفی بر اساس چارچوب نظری تکنیک شل (SHELL) طراحی گردید. بر این اساس، پرسش‌های مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته حول چهار مؤلفه اصلی نرم‌افزار، سخت‌افزار، محیط‌زیست و پرسنل شاغل تدوین شدند. پس از پیاده‌سازی مصاحبه‌ها، در مرحله کدگذاری باز، تمامی عبارات و جملات مرتبط با ریسک‌های ناوبری، کدگذاری شدند. سپس در مرحله کدگذاری محوری، کدهای استخراج‌شده بر اساس چهار مؤلفه

مذکور، دسته‌بندی و مقوله‌بندی گردیدند. این رویکرد سیستماتیک، امکان شناسایی جامع ریسک‌ها را در چارچوبی منسجم و هم‌سو با ادبیات موضوع فراهم ساخت. در این تحقیق داده‌های جمع‌آوری شده در سه قسمت مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

قسمت اول، فرایند تحلیل محتوا و شناسایی ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری مبتنی بر مصاحبه‌های انجام شده. قسمت دوم، مراحل گزینش و انتخاب ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری به وسیله روش دلفی فازی. قسمت سوم، رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده با روش دنپ و نظر خبرگان.

### ۳-۱. تحلیل محتوا

در تحلیل کیفی مصاحبه‌های انجام شده، مورد تحلیل محتوا قرار گرفت. به همین منظور از روش کدگذاری استفاده شده است. در ابتدا عمل کدگذاری باز به صورت جداگانه برای تحلیل محتوای مصاحبه‌ها و اسناد استفاده شده است. در مرحله بعد کدگذاری به صورت مشترک انجام گرفته است. به هر یک از جملات و یا عباراتی که اشاره به ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری داشته است یک کد اختصاص داده شده است. در مرحله بعد با استفاده از کدگذاری محوری؛ کدهای استخراجی دسته‌بندی شدند. برای هر یک از ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری، مقوله‌ها مشخص گردید. در پایان نیز بر اساس هر یک از کدهای استخراجی ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری تدوین گردیده است.

جدول ۳: کدهای استخراج شده از مصاحبه‌ها مربوط به ریسک‌های نرم‌افزاری ناوبری

| ریسک ناوبری | مقوله (کد محور) | کدهای باز استخراج شده |
|---|---|---|
| ریسک‌های نرم‌افزاری | نرم‌افزار | ۱- خطاهای نرم‌افزاری ۲- نقص در یکپارچه‌سازی داده‌های ناوبری و عدم هم‌افزایی سیستم‌های ارتباطی ۳- حملات سایبری و دسترسی غیرمجاز ۴- خطای کاربر هنگام استفاده از نرم‌افزار ۵- تأثیرات شرایط جوی و محیط دریایی بر عملکرد نرم‌افزارهای ناوبری ۶- انحراف از رویه‌های عملیاتی استاندارد در بهره‌برداری از تجهیزات ۷- تأخیر در به‌روزرسانی دوره‌ای سامانه‌های ناوبری و نقشه‌های دریایی ۸- مدیریت نادرست داده‌ها |

جدول ۴: کدهای استخراج شده از مصاحبه‌ها مربوط به ریسک‌های سخت‌افزاری ناوبری

| ریسک ناوبری | مقوله (کد محور) | کدهای باز استخراج شده |
|---|---|---|
| ریسک سخت‌افزار | سخت‌افزار | ۱- خرابی تجهیزات ۲- نقص در سنسورها ۳- مشکلات در سخت‌افزار شبکه ۴- آسیب فیزیکی ۵- نوسانات و قطعی سیستم‌های تأمین انرژی تجهیزات ناوبری ۶- عدم نگهداری مناسب ۷- چالش‌های محیطی |

جدول ۵: کدهای استخراج شده از مصاحبه‌ها مربوط به ریسک‌های محیط‌زیست در ناوبری

| ریسک ناوبری | مقوله (کد محور) | کدهای باز استخراج شده |
|---|---|---|
| ریسک محیط‌زیست | محیط‌زیست | ۱- آلودگی آب‌های ساحلی ناشی از تخلیه پسماندها و سوخت‌های نفتی ۲- آسیب به حیات دریایی ۳- تغییرات اقلیمی ۴- ترافیک دریایی ۵- تخلیه زباله ۶- تغییرات در اکوسیستم ۷- آسیب به سواحل |

جدول ۶: کدهای استخراج شده از مصاحبه‌ها ریسک‌های پرسنل شاغل موجود در ناوبری

| ریسک ناوبری | مقوله (کد محور) | کدهای باز استخراج شده |
|---|---|---|
| ریسک پرسنل شاغل | پرسنل شاغل | ۱- حوادث و سوانح ۲- شرایط جوی نامساعد ۳- بیماری‌ها و آسیب‌ها ۴- استرس و فشار روانی ۵- مشکلات ایمنی ۶- مشکلات مربوط به آموزش |

شایان ذکر است که ریسک‌های مرتبط با عدم تطابق با استانداردهای اجباری (مانند الزامات SOLAS و مقررات (PMO در این پژوهش لحاظ نشده‌اند، چراکه این موارد پیش‌شرط‌های اساسی برای اخذ مجوز فعالیت شناورها محسوب می‌شوند و در صورت عدم رعایت، شناورها توسط دولت صاحب‌پرچم یا دولت بندر توقیف خواهند شد. از این‌رو، ریسک‌های شناسایی‌شده در این پژوهش، عمدتاً به عواملی متمرکز هستند که در چارچوب قوانین موجود، همچنان امکان بروز دارند و نیازمند مدیریت عملیاتی هستند.

### ۳-۲. محاسبات دلفی فازی

در تحقیق حاضر با روش مصاحبه و تحلیل محتوا ۲۸ ریسک موجود در ناوبری شناورهای مسافربری شناسایی گردید. جهت پالایش، تبیین، مداقه و نهادینه کردن موارد فوق از روش دلفی فازی استفاده شد. در این پژوهش از نظرات ۱۵ نفر از خبرگان و متخصصان دانشگاهی و ناوبری دریایی در روش دلفی فازی استفاده شده است. به منظور اعتبارسنجی ریسک‌های ناوبری شناسایی‌شده در مرحله قبل، از روش دلفی فازی در چهار مرحله متوالی استفاده گردید. در این فرآیند، از پنل خبرگان خواسته شد تا میزان موافقت خود با هر ریسک را با استفاده از متغیرهای زبانی (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) بیان کنند. نتایج هر مرحله پس از محاسبه میانگین فازی و فازی‌زدایی با استفاده از فرمول مینکوفسکی، به عنوان بازخورد به مرحله بعد ارسال شد تا به تدریج نظرات به یک اجماع همگرا شود.

در مرحله اول، ۲۸ ریسک به خبرگان ارسال شد و میزان موافقت اولیه آن‌ها برای هر مورد ثبت گردید.

در مرحله دوم، نتایج مرحله اول همراه با میانگین نظرات گروه به خبرگان بازگردانده شد. بر اساس یک حد آستانه اختلاف نظر (کمتر از ۰/۱)، مشخص شد که خبرگان در مورد ۹ ریسک، از جمله «تأخیر در به‌روزرسانی دوره‌ای سامانه‌های ناوبری و نقشه‌های دریایی»، «نقص در سنسورها»، «تغییرات اقلیمی» و «حوادث و سوانح» به اجماع رسیده‌اند و فرآیند نظرسنجی برای این موارد متوقف شد.

در مرحله سوم، نظرسنجی برای ۱۶ ریسک باقی‌مانده ادامه یافت. این مرحله نیز به اجماع بر سر ۶ ریسک دیگر منجر شد، از جمله تأثیرات شرایط جوی و محیط دریایی بر عملکرد نرم‌افزارهای ناوبری، آسیب فیزیکی و تخلیه زباله.

در مرحله چهارم و نهایی، ۱۱ ریسک باقی‌مانده مجدداً به خبرگان ارسال گردید. در این مرحله، اختلاف نظر برای تمام موارد به زیر حد آستانه ۰/۱ رسید و فرآیند دلفی فازی به پایان رسید. در جدول زیر نتایج مرحله چهارم روش دلفی فازی به عنوان نمونه نشان داده شده است.

جدول ۷: نتایج و میزان و اختلاف موافقت خبرگان با عوامل مرحله سوم و چهارم

| ردیف | مؤلفه | خیلی کم | کم | متوسط | زیاد | خیلی زیاد | $\alpha$ | $\beta$ | $m$ | $X$ | اختلاف مرحله سوم و چهارم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | نقص در یکپارچه‌سازی داده‌های ناوبری و عدم هم‌افزایی سیستم‌های ارتباطی | ۰ | ۰ | ۰ | ۲ | ۱۳ | ۰/۰۲ | ۰/۲۴ | ۰/۹۷ | ۰/۹۱ | ۰/۰۸ |
| ۲ | خطای کاربر هنگام استفاده از نرم‌افزار | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱۴ | ۰/۰۱ | ۰/۲۴ | ۰/۹۸ | ۰/۹۳ | ۰/۰۶ |
| ۳ | مدیریت نادرست داده‌ها | ۰ | ۰ | ۰ | ۳ | ۱۲ | ۰/۰۳ | ۰/۲۳ | ۰/۹۵ | ۰/۹۰ | ۰/۰۷ |
| ۴ | خرابی تجهیزات | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۵ | ۰/۰۰ | ۰/۲۵ | ۱/۰۰ | ۰/۹۴ | ۰/۰۳ |
| ۵ | مشکلات در سخت‌افزار شبکه | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱۴ | ۰/۰۱ | ۰/۲۴ | ۰/۹۸ | ۰/۹۳ | ۰/۱۰ |
| ۶ | عدم نگهداری مناسب | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱۴ | ۰/۰۱ | ۰/۲۴ | ۰/۹۸ | ۰/۹۳ | ۰/۰۸ |
| ۷ | آلودگی آب‌های ساحلی ناشی از تخلیه پسماندها و سوخت‌های نفتی | ۰ | ۰ | ۰ | ۳ | ۱۲ | ۰/۰۳ | ۰/۲۳ | ۰/۹۵ | ۰/۹۰ | ۰/۰۸ |
| ۸ | آسیب به حیات دریایی | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱۴ | ۰/۰۱ | ۰/۲۴ | ۰/۹۸ | ۰/۹۳ | ۰/۰۵ |
| ۹ | ترافیک دریایی | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۵ | ۰/۰۰ | ۰/۲۵ | ۱/۰۰ | ۰/۹۴ | ۰/۰۳ |
| ۱۰ | شرایط جوی نامساعد | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱۴ | ۰/۰۱ | ۰/۲۴ | ۰/۹۸ | ۰/۹۳ | ۰/۰۶ |
| ۱۱ | مشکلات مربوط به آموزش | ۰ | ۰ | ۰ | ۳ | ۱۲ | ۰/۰۳ | ۰/۲۳ | ۰/۹۵ | ۰/۹۰ | ۰/۰۷ |

پس از چهار مرحله، تمام ۲۸ ریسک شناسایی‌شده در ابتدای پژوهش، مورد تایید و اعتبارسنجی نهایی پنل خبرگان قرار گرفتند و هیچ‌کدام حذف نشدند. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت و جامعیت فهرست ریسک‌های شناسایی شده است.

### ۳-۳. رتبه‌بندی ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری

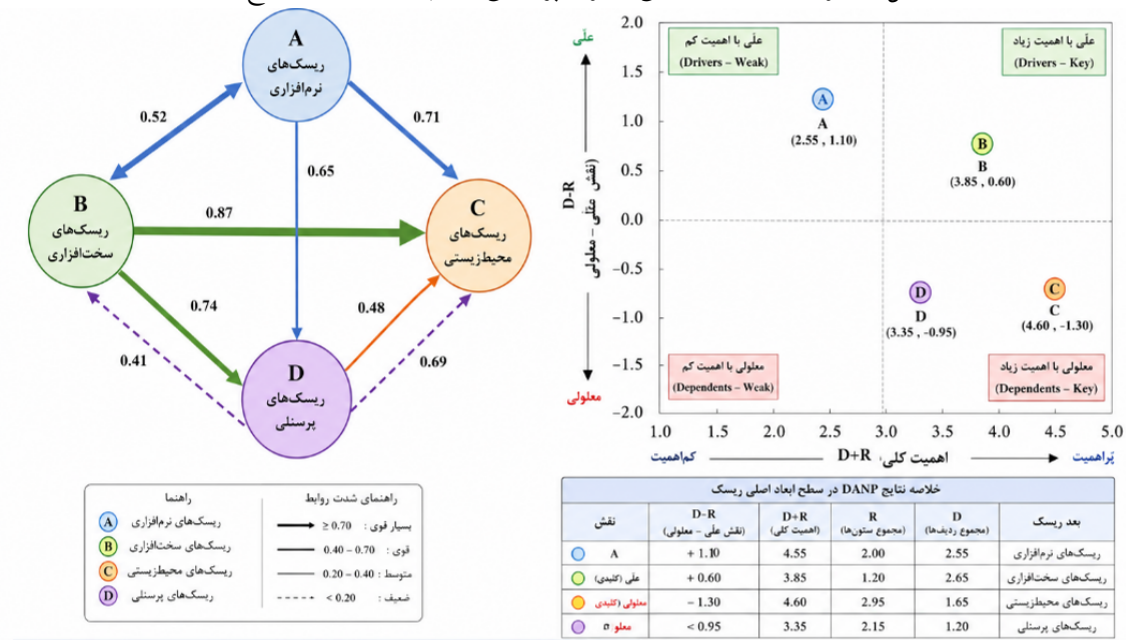
پرسشنامه‌های دیمتل با طیف صفر تا ۴ بی‌تاثیر ،(N) تاثیر خیلی کم ،(VL) تاثیر کم ،(L) تاثیر زیاد ،(H) تاثیر خیلی زیاد (VH) بین ۱۵ نفر خبره توزیع و جمع‌آوری شد. نتایج حاصل از میانگین حسابی نظرات خبرگان به صورت جدول زیر نشان داده شده است. لازم به ذکر است؛ به دلیل محدودیت در تعداد صفحات مقاله از ذکر روابط و فرمول‌های دیمتل و دنپ و ... چشم‌پوشی شده است.

جدول ۸: میانگین نظرات خبرگان

| | A۱ | A۲ | A۳ | A۴ | ... | D۳ | D۴ | D۵ | D۶ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A۱ | ۰.۰ | ۱.۳ | ۹.۲ | ۹.۱ | ... | ۱.۲ | ۹.۱ | ۳.۲ | ۲.۰ |
| A۲ | ۹.۲ | ۰.۰ | ۹.۳ | ۵.۳ | ... | ۱.۳ | ۷.۳ | ۷.۱ | ۲.۱ |
| A۳ | ۰.۱ | ۷.۲ | ۰.۰ | ۷.۱ | ... | ۶.۳ | ۷.۳ | ۰.۳ | ۷.۳ |
| A۴ | ۶.۳ | ۶.۳ | ۱.۲ | ۰.۰ | ... | ۱.۲ | ۲.۳ | ۰.۲ | ۶.۳ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| D۳ | ۷.۳ | ۹.۰ | ۲.۱ | ۹.۲ | ... | ۰.۰ | ۷.۳ | ۱.۳ | ۸.۲ |
| D۴ | ۱.۳ | ۶.۰ | ۹.۰ | ۶.۳ | ... | ۷.۳ | ۰.۰ | ۹.۲ | ۹.۰ |
| D۵ | ۸.۲ | ۹.۰ | ۵.۳ | ۹.۰ | ... | ۵.۳ | ۱.۳ | ۰.۰ | ۲.۰ |
| D۶ | ۸.۲ | ۹.۲ | ۹.۱ | ۱.۳ | ... | ۲.۳ | ۱.۱ | ۱.۱ | ۰.۰ |

پس از تشکیل ماتریس میانگین نظرات خبرگان (جدول ۸)، مراحل استاندارد روش دیمتل شامل نرمال‌سازی، محاسبه ماتریس روابط مستقیم و غیرمستقیم و در نهایت استخراج ماتریس روابط نرمال‌شده طی شد. یکی از مهم‌ترین خروجی‌های این مرحله، تعیین میزان تأثیرگذاری (D) و تأثیرپذیری (R) عوامل و ترسیم ساختار شبکه‌ای روابط علی و معلولی میان آن‌هاست که در ادامه در دو سطح کلان (ابعاد) و خرد (شاخص‌ها) ارائه می‌گردد.

شکل ۲: نمودار شبکه‌ای روابط علی و نمودار پراکندگی ابعاد چهارگانه ریسک (سطح کلان)



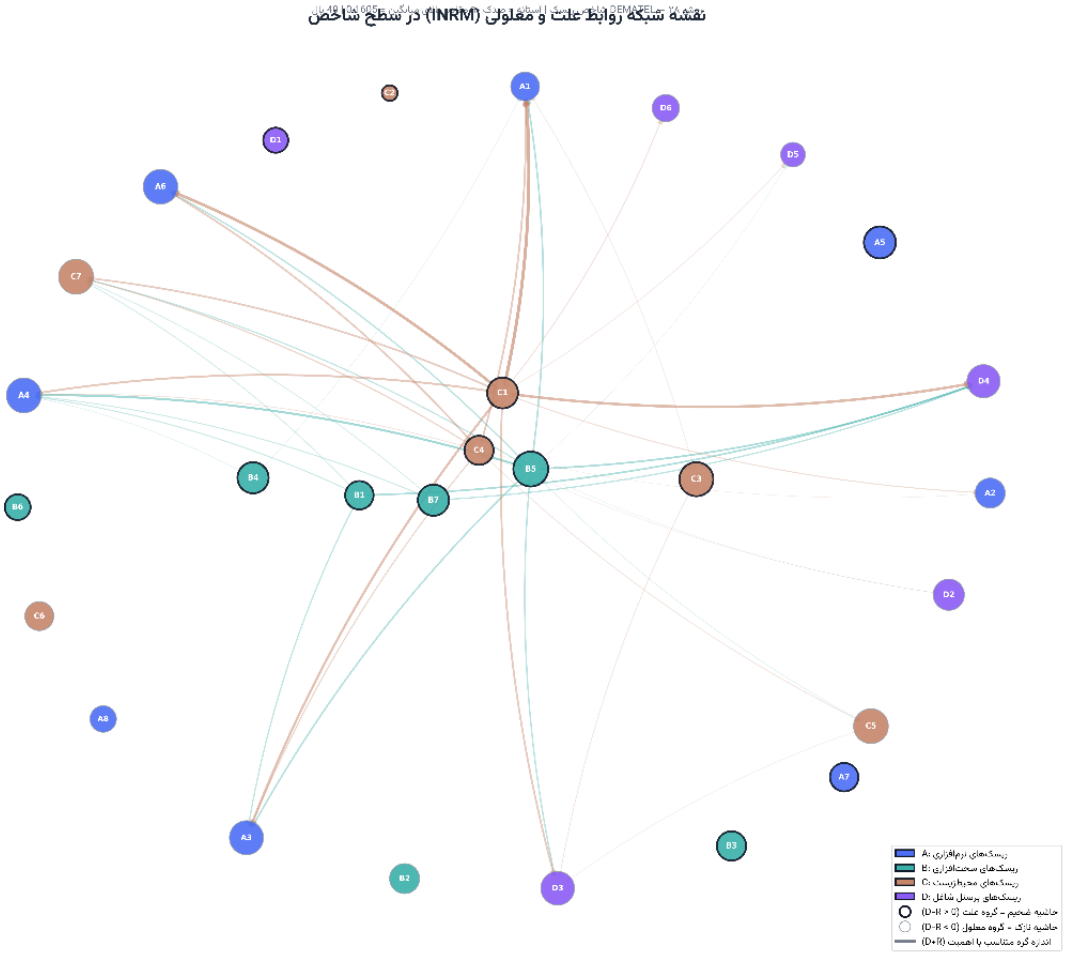

خلاصه نتایج DANP در سطح ابعاد اصلی ریسک

| بعد ریسک | D (مجموع ردیف‌ها) | R (مجموع ستون‌ها) | D+R (اهمیت کلی) | D-R (نقش علی – معلولی) | نقش |
|---|---|---|---|---|---|
| ریسک‌های نرم‌افزاری | 2.55 | 2.00 | 4.55 | + 1.10 | A |
| ریسک‌های سخت‌افزاری | 2.65 | 1.20 | 3.85 | + 0.60 | علی (کلیدی) |
| ریسک‌های محیط‌زیستی | 1.65 | 2.95 | 4.60 | – 1.30 | معلولی (کلیدی) |
| ریسک‌های پرسنلی | 1.20 | 2.15 | 3.35 | < 0.95 | معلولی |

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که در شکل ۲ (سمت چپ) مشاهده می‌شود، پیکان‌های weighed نشان‌دهنده جهت و شدت تأثیرگذاری ابعاد بر یکدیگر است. در سمت راست این شکل، نمودار پراکندگی با محورهای (D-R) و (D+R) ترسیم شده است. بر اساس این نمودار، ریسک‌های پرسنلی (D) با قرار گرفتن در ناحیه عامل‌های کلیدی (Drivers-Key) دارای بیشترین مقدار (D-R) مثبت بوده و نشان می‌دهند که این بعد به شدت بر سایر ابعاد (نرم‌افزار، سخت‌افزار و محیط‌زیست) اثرگذار است و ریشه بسیاری از ریسک‌های سیستماتیک محسوب می‌شود. در مقابل، ابعادی با مقدار (D-R) منفی در ناحیه نتایج/معلول‌ها قرار می‌گیرند که نشان‌دهنده تأثیرپذیری بالای آن‌ها از شبکه ریسک‌های دیگر است.

شکل ۳: نمودار شبکه‌ای روابط علی میان کلیه ریسک شناسایی‌شده (سطح خرد/شاخص‌ها)




منبع: یافته‌های پژوهش

در شکل ۳ ساختار شبکه‌ای در سطح ۲۸ شاخص ریسک (زیرمعیارها) ترسیم شده است. در این شبکه، گره‌ها نشان‌دهنده ریسک‌ها (از A۱ تا D۶) و خطوط اتصال نشان‌دهنده روابط علی و معلولی مبتنی بر ماتریس نرمال هستند. رنگ‌بندی و تراکم خطوط خروجی از هر گره، میزان قدرت تأثیرگذاری آن ریسک را بر کل سیستم نشان می‌دهد.

بررسی دقیق این شبکه خرد مشخص می‌کند که چرا برخی ریسک‌ها در رتبه‌بندی نهایی دنپ وزن بالاتری کسب کرده‌اند؛ برای مثال، ریسک‌هایی نظیر بیماری‌ها و آسیب‌ها (D۳) یا استرس و فشار روانی (D۴) نه تنها مستقیماً بر عملکرد پرسنل تأثیر می‌گذارند، بلکه از طریق شبکه، به صورت غیرمستقیم باعث افزایش ریسک‌های خطای کاربر هنگام استفاده از نرم‌افزار (A۴) و انحراف از رویه‌های عملیاتی (A۶) می‌شوند. این درهم‌تنیدگی شبکه‌ای اثبات می‌کند که ریسک‌های ناوبری ایزوله نیستند و مدیریت ریسک‌های علیِ سطح پرسنل، می‌تواند به طور دومینویی ریسک‌های سطح فنی و محیطی را کاهش دهد.

در نهایت، با بهره‌گیری از همین ماتریس روابط نرمال‌شده و تشکیل سوپرماتریس‌های وزن‌دار در روش ANP، اولویت‌بندی نهایی ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای حد فاصل بندرعباس و جزیره قشم انجام شد که نتایج نهایی این اولویت‌بندی در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۹: وزن نهایی مولفه‌ها و شاخص‌های ریسک‌های موجود در ناوبری شناورهای مسافربری حد فاصل بندرعباس و جزیره قشم براساس تکنیک شل

| مولفه | نماد | وزن نهایی | رتبه‌بندی | شاخص | نماد | وزن نهایی | رتبه‌بندی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ریسک‌های نرم‌افزاری | A | ۰/۲۶۹۸ | ۲ | خطاهای نرم‌افزاری | A۱ | ۰/۰۳۷۷ | ۸ |
| | | | | نقص در یکپارچه‌سازی داده‌های ناوبری و عدم هم‌افزایی سیستم‌های ارتباطی | A۲ | ۰/۰۳۲۹ | ۱۹ |
| | | | | حملات سایبری و دسترسی غیرمجاز | A۳ | ۰/۰۳۵۸ | ۱۴ |
| | | | | خطای کاربر هنگام استفاده از نرم‌افزار | A۴ | ۰/۰۳۷۱ | ۱۱ |
| | | | | تأثیرات شرایط جوی و محیط دریایی بر عملکرد نرم‌افزارهای ناوبری | A۵ | ۰/۰۳۱۷ | ۲۱ |
| | | | | انحراف از رویه‌های عملیاتی استاندارد در بهره‌برداری از تجهیزات | A۶ | ۰/۰۳۷۵ | ۹ |
| | | | | تأخیر در به‌روزرسانی دوره‌ای سامانه‌های ناوبری و نقشه‌های دریایی | A۷ | ۰/۰۲۷۱ | ۲۴ |
| | | | | مدیریت نادرست داده‌ها | A۸ | ۰/۰۳۰۰ | ۲۲ |
| ریسک‌های سخت‌افزار | B | ۰/۲۲۵۲ | ۴ | خرابی تجهیزات | B۱ | ۰/۰۲۶۷ | ۲۶ |
| | | | | نقص در سنسورها | B۲ | ۰/۰۳۵۷ | ۱۵ |
| | | | | مشکلات در سخت‌افزار شبکه | B۳ | ۰/۰۳۳۲ | ۱۸ |
| | | | | آسیب فیزیکی | B۴ | ۰/۰۳۳۵ | ۱۷ |
| | | | | نوسانات و قطعی سیستم‌های تأمین انرژی تجهیزات ناوبری | B۵ | ۰/۰۳۴۲ | ۱۶ |
| | | | | عدم نگهداری مناسب | B۶ | ۰/۰۲۹۶ | ۲۳ |
| | | | | چالش‌های محیطی | B۷ | ۰/۰۳۲۳ | ۲۰ |
| ریسک‌های محیط‌زیست | C | ۰/۲۳۴۳ | ۳ | آلودگی آب‌های ساحلی ناشی از تخلیه پسماندها و سوخت‌های نفتی | C۱ | ۰/۰۲۶۰ | ۲۷ |
| | | | | آسیب به حیات دریایی | C۲ | ۰/۰۲۵۸ | ۲۸ |
| | | | | تغییرات اقلیمی | C۳ | ۰/۰۳۷۳ | ۱۰ |
| | | | | ترافیک دریایی | C۴ | ۰/۰۲۶۸ | ۲۵ |
| | | | | تخلیه زباله | C۵ | ۰/۰۳۹۵ | ۷ |
| | | | | تغییرات در اکوسیستم | C۶ | ۰/۰۳۶۵ | ۱۲ |
| | | | | آسیب به سواحل | C۷ | ۰/۰۴۲۵ | ۵ |
| ریسک‌های پرسنل شاغل | D | ۰/۲۷۰۷ | ۱ | حوادث و سوانح | D۱ | ۰/۰۳۶۲ | ۱۳ |
| | | | | شرایط جوی نامساعد | D۲ | ۰/۰۴۶۷ | ۳ |
| | | | | بیماری‌ها و آسیب‌ها | D۳ | ۰/۰۵۰۰ | ۱ |
| | | | | استرس و فشار روانی | D۴ | ۰/۰۴۹۹ | ۲ |
| | | | | مشکلات ایمنی | D۵ | ۰/۰۴۵۵ | ۴ |
| | | | | مشکلات مربوط به آموزش | D۶ | ۰/۰۴۲۴ | ۶ |

همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود، ریسک‌های اصلی به ترتیب اهمیت شامل: ریسک‌های پرسنل شاغل، ریسک‌های نرم‌افزاری، ریسک‌های محیط‌زیست و ریسک‌های سخت‌افزار هستند. همچنین بر اساس خروجی روش دنپ ریسک‌های فرعی به ترتیب اهمیت شامل: بیماری‌ها و آسیب‌ها، استرس و فشار روانی، شرایط جوی نامساعد، مشکلات ایمنی، آسیب به سواحل، مشکلات مربوط به آموزش، تخلیه زباله، خطاهای نرم‌افزاری، انحراف از رویه‌های

عملیاتی استاندارد در بهره‌برداری از تجهیزات، تغییرات اقلیمی، خطای کاربر هنگام استفاده از نرم‌افزار، تغییرات در اکوسیستم، حوادث و سوانح، حملات سایبری و دسترسی غیرمجاز، نقص در سنسورها، نوسانات و قطعی سیستم‌های تأمین انرژی تجهیزات ناوبری، آسیب فیزیکی، مشکلات در سخت‌افزار شبکه، نقص در یکپارچه‌سازی داده‌های ناوبری و عدم هم‌افزایی سیستم‌های ارتباطی، چالش‌های محیطی، تأثیرات شرایط جوی و محیط دریایی بر عملکرد نرم‌افزارهای ناوبری، مدیریت نادرست داده‌ها، عدم نگهداری مناسب، تأخیر در به‌روزرسانی دوره‌ای سامانه‌های ناوبری و نقشه‌های دریایی، ترافیک دریایی، خرابی تجهیزات، آلودگی آب‌های ساحلی ناشی از تخلیه پسماندها و سوخت‌های نفتی و آسیب به حیات دریایی هستند.

## ۴. نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف شناسایی و ارزیابی جامع ریسک‌های ناوبری شناورهای مسافربری در مسیر بندرعباس تا جزیره قشم انجام گرفت؛ مسیری که به دلیل تردد روزانه و بالای شناورهای مسافربری و نقش کلیدی آن در توسعه گردشگری دریایی منطقه، از حساسیت و اهمیت راهبردی بالایی برخوردار است. برای دستیابی به این هدف، از تکنیک تحلیلی شل به عنوان چارچوب اصلی استفاده شد که ریسک‌ها را در چهار حوزه کلیدی نرم‌افزار، سخت‌افزار، محیط‌زیست و عوامل انسانی طبقه‌بندی می‌کند. نتایج پژوهش نشان داد که این ریسک‌ها عناصری مجزا نیستند، بلکه به شدت به یکدیگر مرتبط و وابسته‌اند و یک رویکرد جزیره‌ای برای مدیریت آن‌ها ناکارآمد خواهد بود.

بر اساس تحلیل شبکه‌ای روابط علی و معلولی که در روش دنپ انجام شد، مشخص گردید که ابعاد ریسک به‌صورت یک سیستم به‌هم‌پیوسته عمل می‌کنند و ریسک‌های پرسنل شاغل به‌عنوان مهم‌ترین عامل علی، ریشه بسیاری از ناکارآمدی‌های فنی و عملیاتی محسوب می‌شوند. یافته‌های شبکه‌سازی در سطح خرد نشان داد که ریسک‌هایی نظیر بیماری‌ها و آسیب‌ها و نیز استرس و فشار روانی، نه‌تنها تأثیر مستقیم بر عملکرد خدمه دارند، بلکه از طریق ایجاد خطای کاربر در استفاده از نرم‌افزار و انحراف از رویه‌های استاندارد عملیاتی، به‌صورت غیرمستقیم سایر ریسک‌های نرم‌افزاری، سخت‌افزاری و محیطی را تشدید می‌کنند. این درهم‌تنیدگی شبکه‌ای اثبات می‌کند که رویکردهای جزیره‌ای و صرفاً فنی در مدیریت ریسک ناوبری کارآمد نیستند و لازم است مدیران و سیاست‌گذاران حوزه حمل‌ونقل دریایی، با اولویت‌دهی به ارتقای سلامت جسمی و روانی پرسنل، بهبود آموزش‌های کاربردی و کاهش فشارهای شغلی، به‌طور بنیادین زنجیره علّی بروز سوانح را قطع نمایند تا مدیریت ریسک به‌صورت نظام‌مند و پایدار تحقق یابد.

بررسی دقیق این ریسک‌ها در چارچوب تکنیک شل مؤید آن بود که اگرچه تهدیدهای فنی (نرم‌افزاری و سخت‌افزاری) مانند حملات سایبری، نقص سنسورها و خطاهای داده‌ای، و همچنین چالش‌های محیطی نظیر آلودگی‌ها و تغییرات اقلیمی از اهمیت بالایی برخوردارند، اما خروجی نهایی روش دنپ تصویر متفاوتی را از اولویت‌ها ارائه کرد. از نظر گروه خبرگان، مهم‌ترین و اولویت‌دارترین ریسک در میان تمامی ۲۸ عامل شناسایی‌شده، نه یک مشکل فنی، بلکه بیماری‌ها و آسیب‌ها معرفی گردید. این یافته نشان می‌دهد که احتمال شیوع بیماری‌ها در میان مسافران و خدمه و وقوع حوادث فیزیکی، بزرگ‌ترین تهدید برای ایمنی و سلامت عمومی در این مسیر دریایی است. پس از آن، ریسک‌های مرتبط با استرس و فشار روانی، شرایط جوی نامساعد و مشکلات ایمنی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند که نشان‌دهنده اهمیت همزمان سلامت روان، آمادگی برای مواجهه با طبیعت و پایبندی به استانداردهای ایمنی در کنار مسائل فنی است.

برای مدیریت و کاهش این ریسک‌های چندبعدی، تحقیق بر لزوم اتخاذ یک رویکرد جامع و یکپارچه تأکید دارد. در همین راستا، یافته‌های پژوهش حاضر با دیدگاه هداوند و جم (۱۴۰۰) درباره نقش تنظیم‌گری و حکمرانی در مدیریت نظام‌های پیچیده نیز همسو است (۱۵). از این منظر، مدیریت اثربخش ریسک‌های ناوبری صرفاً به ارتقای تجهیزات یا اصلاح فرایندهای فنی محدود نمی‌شود، بلکه مستلزم استقرار سازوکارهای تنظیم‌گری، نظارت مستمر، هماهنگی میان نهادهای مسئول و اتخاذ رویکردی یکپارچه در مدیریت ابعاد انسانی، فنی و محیطی است. بنابراین، ارتقای ایمنی حمل‌ونقل دریایی نیازمند حکمرانی منسجم، سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد و استقرار یک چارچوب نظام‌مند برای شناسایی، ارزیابی، تحلیل و مدیریت ریسک‌ها است؛ رویکردی که محققان نیز آن را پیش‌نیاز تدوین راهکارهای اثربخش مدیریت ریسک می‌دانند (۱۶). راهکارهای عملی پیشنهادی شامل سرمایه‌گذاری بر آموزش مستمر و کاربردی پرسنل برای ارتقاء مهارت‌ها و کاهش خطاهای انسانی، به‌روزرسانی دوره‌ای نرم‌افزارها و سخت‌افزارها برای جلوگیری از نقص‌های فنی، و بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته ناوبری و پایش است. علاوه بر این، تدوین و اجرای برنامه‌های مؤثر برای مدیریت زباله و کاهش آلودگی‌های دریایی، پایش مستمر شرایط جوی و طراحی برنامه‌های واکنش به شرایط اضطراری، و حفاظت از سواحل و اکوسیستم‌های دریایی به عنوان اولویت‌های اصلی مطرح شدند. نهایتاً، این پژوهش بر نقش حیاتی همکاری و هماهنگی میان تمامی ذی‌نفعان، از جمله سازمان‌های دولتی، شرکت‌های کشتیرانی و جوامع محلی، برای توسعه راهکارهای مشترک و استانداردسازی فرآیندهای ایمنی تأکید می‌کند. چنین همکاری‌ای می‌تواند به توسعه پایدار صنعت گردشگری دریایی در جزیره قشم کمک کرده و از منابع طبیعی برای نسل‌های آینده حفاظت نماید. با این حال، باید توجه داشت که یافته‌های این تحقیق به شرایط زمانی و مکانی خاص مسیر بندرعباس–قشم وابسته است و برای کاربرد در مناطق دیگر، نیازمند بومی‌سازی و تطبیق با شرایط جدید است.

**ملاحظات اخلاقی و تعهدات**

**ملاحظات اخلاقی:** این مقاله با رعایت اصول اخلاقی در پژوهش انجام شده است.

**حامی مالی:** این مقاله حامی مالی ندارد.

**مشارکت نویسندگان:** تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت کرده‌اند.

**تعارض منافع:** بنابه اظهار نویسندگان، در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

**تعهد کپی‌رایت:** طبق تعهد نویسندگان، حق کپی‌رایت (CC) رعایت شده است.

**سپاس‌گذاری:**

## منابع

[1] Akyuz, E., & Celik, M. (2014). A hybrid decision-making approach to measure effectiveness of safety management system implementations on-board ships. *Safety Science*, 68, 169-179. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.04.003

[2] Algarni, A., Acarer, T., & Ahmad, Z. (2024). An Edge Computing-Based Preventive Framework With Machine Learning-Integration for Anomaly Detection and Risk Management in Maritime Wireless Communications. *IEEE Access*, 12, 53646-53663. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3387529

[3] Allahmoradi, G., & Panahi, R. (2016). Grounding risk assessment from a risk management prospect. *Iranian Journal of Marine Science and Technology*, 20(78), 27-41. (In Persian)

[4] Brauer, A. (2023). Tourism studies and the changing research ecosystem. *Tourism Recreation Research*, 48(4), 524-534. https://doi.org/10.1080/02508281.2023.2188707

[5] Buhalis, D., Xi Yu, L., Daisy, F., Simon, D., Ganghua, C., Feifei, X., Garry, T., Robin, N., & Farmaki, A. (2023). Tourism 2030 and the contribution to the sustainable development goals: the tourism review viewpoint. *Tourism Review*, 78(2), 293-313. https://doi.org/10.1108/TR-04-2023-620

[6] Chaouch, S., Mejri, A., Ayachi, S., & Ghannouchi, A. (2019). A framework for risk management in Scrum development process. *Computer Science*, 164, 187-192. https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.171

[7] Chung-Ming, C. (2023). The conceptualization of smart tourism service platforms on tourist value co-creation behaviours: an integrative perspective of. https://doi.org/10.1057/s41599-023-01867-9

[8] Derakhshan Nik, P., Zolfaghari Zafarani, R., & Afsharnejad, A. (2022). Analysis of the implementation of the International Safety Management (ISM) Code in the role of motivation in its optimal implementation by Iranian seafarers. *Journal of Marine Science and Technology*, 21(4), 17-31. (In Persian) https://doi.org/10.22113/jmst.2023.351727.2484

[9] Durlik, I., Miller, T., Kostetcka, E., & Tuński, T. (2024). Artificial Intelligence in Maritime Transportation: A Comprehensive Review of Safety and Risk Management Applications. *Applied Sciences*, 14(18), 8420. https://doi.org/10.3390/app14186420

[10] Fazel, A., Harandi, A., & Farahani, F. (2016). Students' empowerment model: An approach to the establishment of gen-3 and 4 universities. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 3(11), 83-92. https://doi.org/10.21833/ijas.2016.11.1

[11] Fu, S., Gu, S., Zhang, Y., Zhang, M., & Weng, J. (2023). Towards system-theoretic risk management for maritime transportation systems: A case study of the yangtze river estuary. *Ocean Engineering*, 286, 115637. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115637

[12] Gharekhani, M., Gharekhani, M., Farakeh, F., Sadeghi, S., & Atatalab, F. (2025). Evaluation and analysis of the risk profile of marine insurance using the ANP-DEMATEL hybrid method. *Iranian Journal of Insurance Research*, 14(2), 131-146. (In Persian) https://doi.org/10.22056/ijir.2025.02.04

[13] Ghasemi, M., Motamed, H. R., & Mashayekh, P. (2025). Presenting a model of factors affecting the management of health, safety and environmental crises in maritime areas: a data-based approach. *Journal of Maritime Management Science Studies*, 5(4), 51-68. (In Persian) https://doi.org/10.22034/mmr.2025.316758.1162

[14] Goerlandt, F., & Kujala, P. (2011). Traffic simulation based ship collision probability modeling. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(1), 91-107. https://doi.org/10.1016/j.ress.2010.09.003

[15] Hadavand, M., & Jam, F. (2021). The Concept of Regulatory State: An Analysis of Regulation as Instrument of Governance. *Strategy*, 30(2), 227-266. https://doi.org/10.30507/jmsp.2025.515854.2809

[16] Hasheminezhad, A., Ghanian, M., Abdeshahi, A., & Khosravipour, B. (2020). Explaining a strategy for bread supply chain risk management in general agricultural policy goals. *Quarterly Journal of The Macro and Strategic Policies*, 8(31), 452-480. https://doi.org/10.30507/jmsp.2020.102561

[17] Heirani, H., Yazdani, M., Beik Mohammadlou, H., & Ghomshe, F. (2025). Systemic Analysis of port Activities in the Maritime Development of the Islamic Republic of Iran and Providing Policy Recommendation. *Quarterly Journal of The Macro and Strategic Policies*, 13(52), 933-978. https://doi.org/10.30507/jmsp.2025.515854.2809

[18] Huda, N., Muslikh, S. H., Takidah, E., Permata Sari, D., & Husniyah, A. (2022). Strategic Model for Halal Tourism Development in Indonesia: A Preliminary Research. *Indonesian Journal of Halal Research*, 4(2), 53-64. https://doi.org/10.15575/ijhar.v4i2.11849

[19] Liu, P., Wu, Y., Li, Y., & Wu, X. (2024). An improved FMEA method based on the expert trust network for maritime transportation risk management. *Expert Systems with Applications*, 238, 121705. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121705

[20] McShane, M. (2018). Enterprise risk management: history and a design-science proposal. *The Journal of Risk Finance*, 19(2), 137-153. https://doi.org/10.1108/JRF-03-2017-0048

[21] Mehra, E., Fathi, Z., & Minui, M. (2023). Weighing and prioritizing the environmental risk management affecting on financial performance of ports and maritime organizations. *Journal of Oceanography*, 14(54), 13-29. (In Persian) https://doi.org/10.52547/joc.14.54.2

[22] Melnyk, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Prabowo, A. R., Jurkovič, M., Sagaydak, O., & Pavlova, N. (2025). Systematic Approach to Ergatic Systems Risk Management in Maritime Operations. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 15(3), 499-521. https://doi.org/10.54560/jracr.v15i3.633

[23] Montewka, J., Goerlandt, F., Innes-Jones, G., Owen, D., Hifi, Y., & Puisia, R. (2014). A framework for risk assessment for maritime transportation systems—A case study for open sea collisions involving RoPax vessels. *Reliability Engineering & System Safety*, 124, 142-157. https://doi.org/10.1016/j.ress.2013.11.014

[24] Nasemasir, E., & Parvaresh, H. (2020). Environmental Risk Assessment of Using EFMEA Method for Sustainable Tourism Management (Case Study: Hormoz Island). *Tourism Management Studies*, 15(52), 345-372. (In Persian) https://doi.org/10.22054/tms.2020.39182.2078

[25] Park, H., Kim, J., Jung, M., Kang, S.-y., Kim, D., Kim, C., & Jang, U. (2025). Risk Management Challenges in Maritime Autonomous Surface Ships (MASSs): Training and Regulatory Readiness. *Applied Sciences*, 15(20), 10993. https://doi.org/10.3390/app152010993

[26] Raee, R. (2020). *Fundamentals of Financial Engineering and Risk Management*. Tehran, Iran: Organization for the Study and Compilation of Humanities Books of Universities (SAMT). (In Persian)

[27] Shafiabadi, H., Yousefi, H., & Koohbar, M. A. (2021). Investigation and ranking of factors affecting the development of marine tourism and travel (Case study: Persian Gulf Terminal of Khorramshahr Port). *Journal of Marine Science and Technology*, 20(4), 63-75. (In Persian) https://doi.org/10.22113/jmst.2019.126022.2142

[28] Siregar, O., Mulyati, A., & Andriansyah, S. (2022). Literature Review: Identification Of Sustainable Ecotourism In Tangkahan. *International Conference on Natural Resources and Technology*. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1115/1/012068