

# Nghiên cứu rủi ro trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất: Tổng quan các nghiên cứu

## Research risks in operation of oil - chemical tanker fleets: A review of the studies

Đinh Gia Huy<sup>1</sup>, Trần Quang Phú<sup>2</sup>, Lê Hà Minh<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Nhóm nghiên cứu Trí tuệ nhân tạo trong giao thông vận tải (AIT), Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững trong xây dựng và giao thông vận tải (SDCT), Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>3</sup>Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả liên hệ: minh.le@ut.edu.vn

Ngày nhận bài: 17/8/2024; Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2024

### Tóm tắt:

Công tác khai thác đội tàu vận chuyên dầu - hóa chất bằng đường biển sẽ gặp nhiều khó khăn nếu các doanh nghiệp không nhận thức được tầm quan trọng của việc quản lý rủi ro. Chính vì vậy, nghiên cứu về rủi ro là vấn đề cấp thiết trong các doanh nghiệp vận tải biển nói chung và vận chuyển hàng dầu - hóa chất nói riêng. Bài báo này tổng hợp các nghiên cứu trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất bằng phương pháp tổng hợp và phân tích tài liệu. Mục đích của bài báo là nhận dạng, đánh giá các rủi ro và đề xuất các giải pháp ứng phó với rủi ro trong lĩnh vực này. Bài báo cũng thảo luận về những điểm mạnh của các nghiên cứu trước đây và chỉ ra khoảng trống nghiên cứu. Nhóm tác giả đã phân tích 91 bài báo tiêu biểu trong giai đoạn từ năm 2000 đến năm 2024 để cho thấy bức tranh tình hình nghiên cứu về rủi ro trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất trên thế giới. Kết quả bài báo nghiên cứu đã nhận diện được khoảng trống nghiên cứu đánh giá và nhận dạng các nhóm rủi ro làm nền tảng cho các nghiên cứu tiếp theo.

**Từ khóa:** Rủi ro; Khai thác tàu; Tàu dầu - hóa chất; Nhận diện rủi ro.

### Abstract:

Operation and management of oil - chemical tanker fleet will face many difficulties if businesses are not aware of the importance of risk management. Therefore, risk research is an urgent issue for maritime transport companies in general and for oil and chemical cargo transportation in particular. This paper summarizes the research in the operation of oil - chemical tanker fleet by means of comprehensive methods and analysis of the document. The purpose of the paper is to identify, evaluate risks and propose solutions to respond to risks in this field. The article also discusses the strengths of previous studies and specifies the research gap. The group of authors analyzed 91 representative articles from 2000 to 2024 to present a picture of the research situation on risks in the operation of oil-chemical tanker fleets worldwide. The results of the paper revealed research gaps identified by the group through the process of analyzing, evaluating, and identifying risk categories, which serve as the foundation for future studies.

**Keywords:** Risk; Ship operation; Oil-chemical tanker; Risk identification.

### 1. Giới thiệu

Một lượng lớn hàng lỏng được vận chuyển bằng đội tàu dầu - hóa chất trên khắp các vùng biển thế giới. Loại hàng này có các đặc tính khác

n nhau và tàu chở dầu - hóa chất là những con tàu phức tạp được thiết kế để chuyên chở từng loại mặt hàng đặc thù. Việc vận chuyển hàng dầu - hóa chất chứa đựng nhiều mối nguy hiểm cho

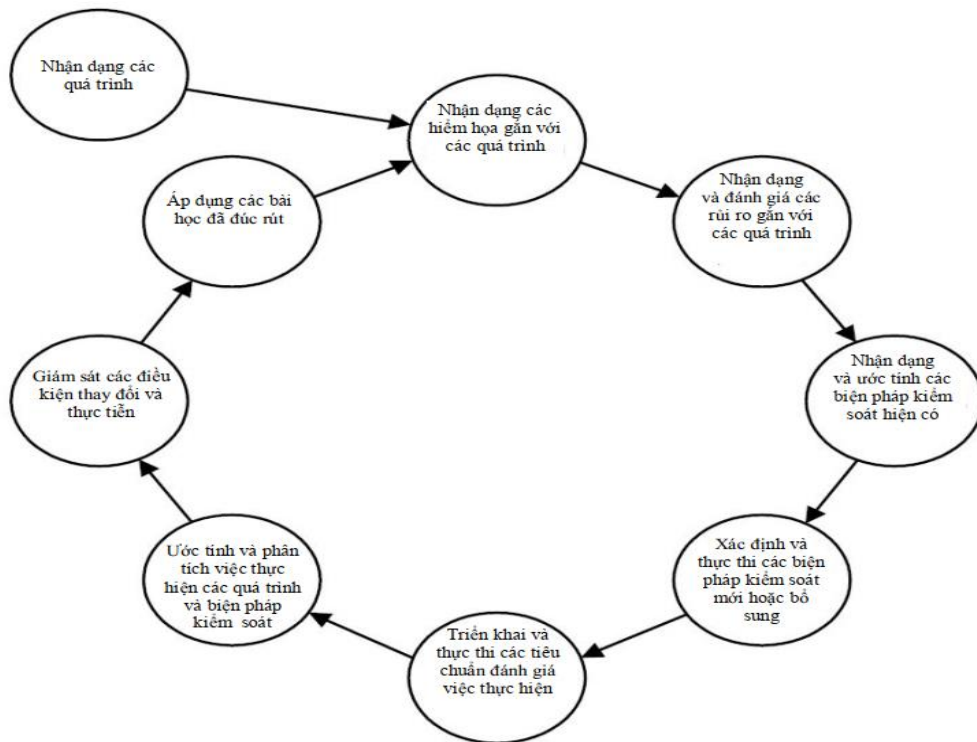
cả con người, môi trường biển và dẫn đến nhiều mối nguy khác. Mỗi hoạt động trong quy trình khai thác lại tạo ra rủi ro riêng. Vì vậy, nhận dạng và đánh giá rủi ro đã trở thành một vấn đề quan trọng.

Có rất nhiều khái niệm về rủi ro, có thể kể đến “Rủi ro là một khả năng khi một sự kiện có thể xảy ra và ảnh hưởng xấu đến việc đạt được những mục tiêu được nêu trong báo cáo tài chính” [1] hay “rủi ro là sự bất trắc có thể đo lường được” [2]. Thực tế cho thấy các doanh nghiệp kinh doanh vận tải khối tàu dầu và sản phẩm của dầu gặp rất nhiều rủi ro như cướp biển, chiến tranh, các rủi ro về tài chính, rủi ro

về thanh toán... Việc áp dụng quản lý rủi ro góp phần nâng cao hiệu quả của quá trình khai thác tàu, hạn chế các yếu tố bất lợi và tối ưu các cơ hội của những rủi ro tiềm ẩn. Quá trình quản lý rủi ro cổ điển gồm 05 bước [3]:

- (i) Nhận diện và phân tích khả năng tổn thất;
- (ii) Xem xét phương án khả thi để ứng phó;
- (iii) Lựa chọn phương án;
- (iv) Thực hiện;
- (v) Giám sát.

Quá trình quản lý rủi ro được tổng kết tại Hình 1.



Hình 1. Quá trình quản lý rủi ro.

Tiêu chuẩn “Quản lý rủi ro do dự án quốc tế - Hướng dẫn sử dụng” đưa ra mô hình quản lý rủi ro với 04 bước: Nhận dạng rủi ro, đánh giá rủi ro, xử lý rủi ro và kiểm soát rủi ro [4]. Gernali [5] và Berkeley [6] chia quy trình hệ thống quản lý rủi ro thành 04 hoạt động chính, tuy nhiên, có các bước tiếp cận khác biệt, bao gồm: Phân loại rủi ro, nhận dạng rủi ro, phân tích rủi ro và ứng phó rủi ro.

Quản lý rủi ro có hiệu lực đòi hỏi các yếu tố: được tích hợp, có cấu trúc và toàn diện, được

tùy chỉnh, tham gia, tính động, thông tin sẵn có tốt nhất, yếu tố con người và văn hoá, cải tiến liên tục. Ngoài những rủi ro chung giống với các loại tàu thông thường, đội tàu vận chuyển dầu và sản phẩm của dầu còn chịu nhiều rủi ro hơn do các yêu cầu khắt khe của ngành. Quản trị rủi ro sẽ giúp các doanh nghiệp tránh được những rắc rối và hoạt động tốt hơn. Bài báo này tổng hợp và đánh giá các nghiên cứu rủi ro trong công tác khai thác đội tàu dầu – hóa chất, đặc biệt là các công trình nghiên cứu đã được thực hiện trong giai đoạn từ năm 2000 đến 2024.

## 2. Phương pháp

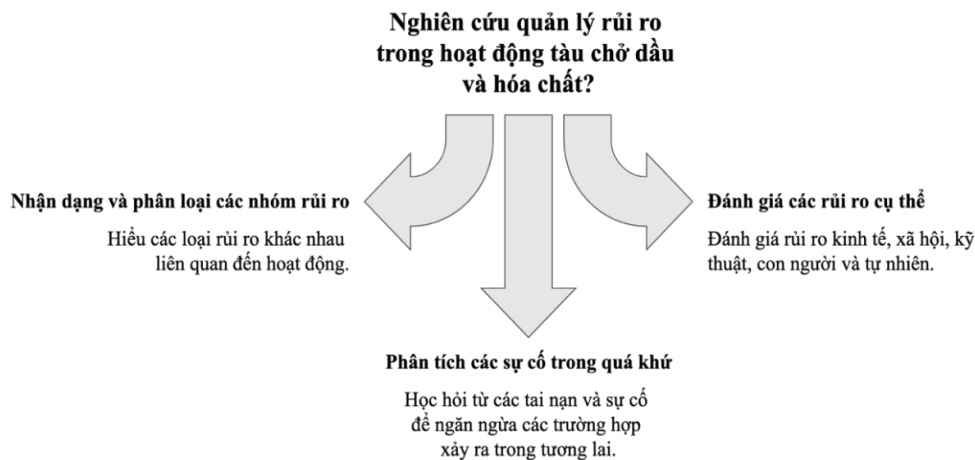
Bài báo lựa chọn các nghiên cứu được công bố đến năm 2024 trên cơ sở là những công trình nghiên cứu quốc tế và trong nước. Các tiêu chí để lựa chọn bài báo gồm (Hình 2):

- Các nghiên cứu tổng quát nhận dạng và đánh giá các nhóm rủi ro trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất;
- Các nghiên cứu về rủi ro cụ thể trong nghiệp vụ khi khai thác đội tàu dầu - hóa chất, bao gồm các rủi ro về kỹ thuật, con người, kinh tế, xã hội, tự nhiên, phân tích rủi ro từ các sự vụ, tai nạn;
- Các bài báo được công bố trong các tạp chí khoa học có bình duyệt.

Sau khi xác định được mục tiêu và phạm vi của bài báo, nhóm tác giả tiến hành chọn cơ sở dữ liệu tìm kiếm. Công đoạn tìm kiếm tài liệu được thực hiện trên các cơ sở dữ liệu khoa học lớn. Nhóm tác giả sử dụng Scopus, Google

Scholar, ScienceDirect để truy cập tài liệu về rủi ro trong vận tải dầu và hóa chất. Từ khóa tìm kiếm sử dụng kết hợp giữa các từ khóa chính và phụ như sau: Risk management oil-chemical tanker shipping, risks in the operation of oil-chemical tanker. Sau khi tìm kiếm với các từ khóa trên nguồn dữ liệu trên, nhóm tác giả thu được 150 kết quả. Tiến hành loại trừ một số bài báo không đáp ứng về mặt nội dung và thời gian, các công trình nghiên cứu có liên quan chặt chẽ đến vấn đề nghiên cứu được đưa vào phân tích, còn lại là 91 bài, tập trung vào các hướng nghiên cứu chính:

- Nhận dạng, phân loại các nhóm rủi ro nói chung trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất;
- Nhận dạng, đánh giá các rủi ro cụ thể trong các nhóm rủi ro: rủi ro kinh tế, rủi ro xã hội, rủi ro kỹ thuật, rủi ro do con người, rủi ro từ tự nhiên và phân tích rủi ro từ các tai nạn, sự cố.



**Hình 2.** Nghiên cứu rủi ro trong hoạt động tàu chở dầu và hoá chất.

## 3. Các nghiên cứu rủi ro trong khai thác tàu dầu – hoá chất

Phần này, nhóm tiến hành phân tích nội dung nghiên cứu của 91 bài báo tiêu biểu đề cập đến rủi ro khai thác tàu dầu – hoá chất (Hình 3).

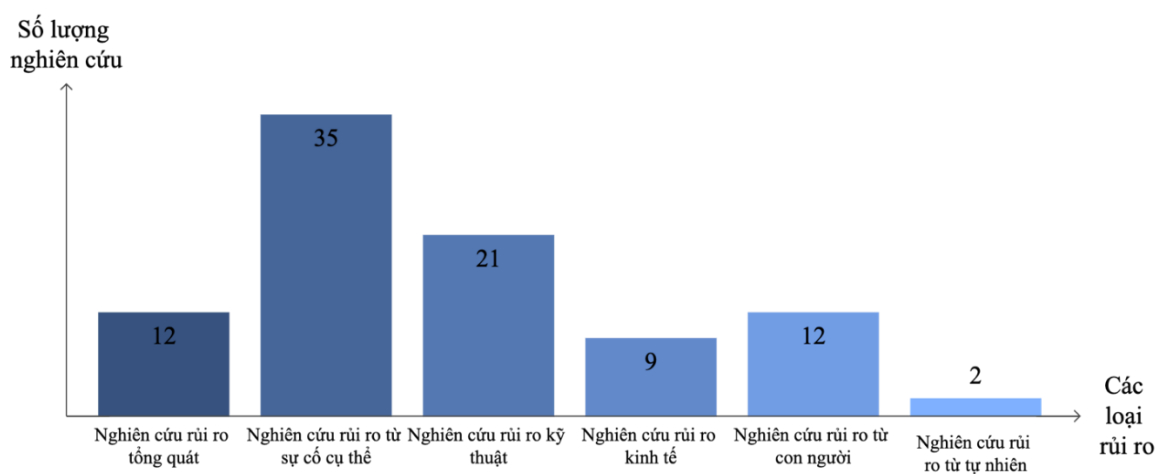
### 3.1. Các nghiên cứu tổng quát về các nhóm rủi ro trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất

Các công trình nghiên cứu cho thấy rằng công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất gặp rất nhiều

rủi ro. Arslan là một tác giả có rất nhiều nghiên cứu trong lĩnh vực này. Tác giả đã áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để xác định và ưu tiên phân loại các biện pháp phòng ngừa an toàn nên được sử dụng trong các hoạt động vận chuyển tàu chở hóa chất. Bên cạnh phần đầu tiên triển khai về tổng quan nghiên cứu, phần 2 của bài báo này mô tả các mối nguy hiểm khi vận chuyển chất lỏng hóa học ảnh hưởng đến sự an toàn và môi trường. Phần 3 minh họa ngắn gọn các quy trình cập bến và vận

hành hàng hóa. Phần 4 mô tả AHP, phần 5 cho thấy kết quả ứng dụng AHP. Phần 6 minh họa các trường hợp ứng dụng AHP là một trong những phương pháp toán học để phân tích các vấn đề quyết định phức tạp với nhiều tiêu chí và nó có thể xử lý các thuộc tính định tính cũng như định lượng được phát triển bởi Saaty. Bằng cách sử dụng AHP, các yếu tố có thể được tính trọng số và đánh giá định lượng. AHP được sử dụng trong nhiều lĩnh vực như quy hoạch; lựa chọn phương án thay thế tốt nhất; giải quyết xung đột; các vấn đề tối ưu hóa với những kỹ thuật khác nhau, chẳng hạn như, lập trình tuyến tính, logic mờ, triển khai hàm chất lượng [7].

Bài báo minh họa việc so sánh từng cặp biến được thực hiện trong phạm vi các biện pháp phòng ngừa có thể được sử dụng đối với tàu chở dầu hóa chất. Thang so sánh thay đổi từ 1 đến 9; 1/1 biểu thị cường độ bằng nhau, trong khi 9/1 biểu thị cường độ cực đại hoặc tuyệt đối. Rủi ro của tàu vận chuyển khí tự nhiên hóa lỏng (LNG) khi điều động trên biển cũng đã trải qua các giai đoạn: Chuyển hoa tiêu và bắt đầu cập bến tiếp cận, tiếp cận, cập bến, neo. Thang điểm đánh giá là thang Likert 05 mức độ. Các nhóm rủi ro được xác định là an toàn cho con người, môi trường, tổn thất hàng hóa/tiền tệ [8].



**Hình 2.** Số lượng các bài báo tiêu biểu liên quan tới rủi ro khai thác tàu dầu – hoá chất.

Phân tích rủi ro đặt ra những quan điểm quan trọng trong ngành hàng hải, bao gồm các hoạt động nguy hiểm khác nhau như xử lý hàng hóa, vận chuyển hàng hóa, làm thợ khí, neo đậu, tháo neo, làm sạch bể chứa, làm sạch hầm hàng và tiếp nhiên liệu. Nhóm nghiên cứu của Aydın đã định lượng rủi ro, tính toán xác suất có điều kiện bằng phương pháp mạng lưới Bayes [9]. Ba rủi ro cơ bản của quá trình khai thác đội tàu dầu - hóa chất đã được nhận dạng gồm: PLL (khả năng mất mạng người), PLC (khả năng mất sự ngăn chặn) và PLP (khả năng mất tài sản) trong công tác khai thác đội tàu dầu thô. Bài báo đã trình bày tình trạng quản lý rủi ro chung cho đội tàu chở dầu thô được chứng minh bởi EMSA và các tổ chức hàng hải quốc tế khác. Đánh giá an toàn chính thức được sử dụng thêm để đánh giá rủi ro một cách có hệ thống, trong đó, những

mối nguy tiềm ẩn được phân tích bằng các phương pháp có cấu trúc (HAZID và HAZOP) và được thể hiện trong các cây sự kiện. Một cách tiếp cận chung được trình bày và thảo luận với trọng tâm, cụ thể là sự phát triển của khả năng chấp nhận rủi ro trong những thập kỷ gần đây và đánh giá các đường cong rủi ro F-N cho các kích cỡ tàu chở dầu khác nhau dựa trên dữ liệu thống kê lịch sử liên quan đến quy mô đội tàu, báo cáo tai nạn, lượng dầu tràn trên biển và giá trị kinh tế của hoạt động kinh doanh vận tải dầu thô, các tiêu chí chấp nhận rủi ro được đánh giá [10]. Cũng nhằm mục đích nhận dạng các rủi ro và từ đó đưa ra những giải pháp cải thiện an toàn của tàu, Hsu và cộng sự đã đánh giá các yếu tố an toàn (SF) của tàu chở sản phẩm từ dầu trong vận tải ven biển. Dựa trên các tính năng vận hành và tài liệu liên quan, những yếu tố an

toàn của tàu chở dầu sản phẩm trong vận tải ven biển đã được xem xét và định lượng bằng phương pháp AHP. Để xác thực mô hình được đề xuất, đội tàu chở dầu sản phẩm của Tập đoàn Dầu khí Trung Quốc (CPC) tại Đài Loan đã được nghiên cứu thực nghiệm. Việc lựa chọn tàu LNG cũ phù hợp để khai thác là một chiến lược quan trọng và hiệu quả để quản lý hoạt động vận tải ngày một tốt hơn và đáp ứng các tiêu chuẩn của ngành. Với các thông số kỹ thuật của tàu chở LNG và năng lực đóng tàu, thị trường tàu chở LNG cũ đáp ứng đầy đủ nhu cầu của ngành hàng hải. Tuy nhiên, “tàu già” sẽ có nhiều rủi ro hơn những tàu đóng mới [11]. Arican và cộng sự đã xác định lựa chọn tàu chở hóa chất phù hợp cho 04 nhóm hàng hóa được vận chuyển: Dầu động vật và thực vật, chất ăn mòn (chất mài mòn), hóa chất hữu cơ và các sản phẩm dầu mỏ. Nghiên cứu này bên cạnh áp dụng phương pháp AHP còn kết hợp với phương pháp TOPSIS và các phương pháp phân cụm. 30 tàu chở hóa chất được xác định để đại diện cho các đặc điểm của tất cả các tàu có trọng tải từ 1.000 đến 30.000 DWT trên thị trường. Chúng được phân nhóm thành các mức hiệu suất theo điểm xếp hạng TOPSIS. Nhóm tác giả kết luận rằng đây sẽ là tài liệu tham khảo cho các nhà khai thác tàu và chủ tàu trong việc lựa chọn tàu phù hợp cho loại hàng hóa [12].

Arslan và cộng sự đã phân tích điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức (SWOT) vào việc xây dựng chiến lược liên quan đến vận chuyển an toàn các hóa chất lỏng rời trên tàu chở dầu. Một cuộc điều tra định tính sử dụng phân tích SWOT đã được triển khai thành công đối với các tàu được thiết kế để vận chuyển dầu - hóa chất. Tính độc đáo của bài báo nằm ở việc sử dụng phân tích SWOT như một công cụ quản lý để xây dựng các kế hoạch hành động chiến lược cho những công ty quản lý tàu, thuyền trưởng và sĩ quan tàu để vận chuyển hàng nguy hiểm với khối lượng lớn. Các yếu tố rủi ro được định lượng bằng phương pháp AHP. Với sự kết hợp này, các nhà quản lý có thể tham khảo để đưa các mối đe dọa trở thành cơ hội và thay đổi

điểm yếu thành điểm mạnh; và các kế hoạch hành động chiến lược đã được phát triển để vận hành tàu chở dầu - hóa chất an toàn hơn [13]. Görçün và cộng sự sử dụng phương pháp IT2FS-ARAS và phương pháp Delphi xác định các tiêu chí quan trọng ảnh hưởng đến việc lựa chọn tàu chở dầu cũ. Trong đó, nhận diện các rủi ro của tàu LNG cũ xuất phát từ sự không chắc chắn của nhóm tàu tuổi này chiếm ưu thế, đòi hỏi những người ra quyết định phải sử dụng một khuôn khổ phương pháp thực tế và linh hoạt để giải quyết hiệu quả những rủi ro và các kịch bản ra quyết định phức tạp [14].

Jin và cộng sự đã sử dụng phương pháp ARAMIS trong đánh giá rủi ro cho tàu chở hóa chất áp dụng với trường hợp cụ thể là hoạt động bốc xếp của tàu. Bài báo đã đánh giá xác suất tai nạn tàu chở dầu, sau đó, đề xuất một hệ thống đánh giá rủi ro được đo lường chung bằng xác suất tai nạn và hậu quả. Dữ liệu tai nạn tàu chở dầu thô từ năm 1991 đến năm 2016 đã được thu thập và phân tích. Từ các nghiên cứu nói trên, cho thấy các tác giả đề cập đến việc an toàn vận hành ảnh hưởng đến việc hoàn thành nhiệm vụ. Tàu LNG có thể là nguồn rủi ro đáng kể, đặc biệt là khi tiếp cận một bến cảng trên đất liền, không chỉ vì khả năng xảy ra tai nạn hàng hải còn vì chúng có thể là mục tiêu thích hợp cho các cuộc tấn công khủng bố [15]. Nghiên cứu của Bubbico và cộng sự đã phân tích rủi ro sơ bộ cho tàu LNG tiếp cận bến cảng Panigaglia: Dựa trên dữ liệu tài liệu và đặc điểm của địa điểm, có thể loại trừ sự cố tràn bắt nguồn từ tai nạn trên biển; ngược lại, thiệt hại cố ý có thể gây ra việc giải phóng một lượng lớn LNG [16]. Nghiên cứu của Wang và cộng sự đã đề xuất một phương pháp để đánh giá an toàn vận hành nhằm kết hợp thông tin nhiệm vụ đa dạng, xác định mức độ đánh giá và các điểm bất thường. Độ tin cậy dữ liệu tối ưu và trọng lượng toàn diện, sau đó được đưa vào làm giá trị đầu vào cho quy tắc Lý luận chứng cứ (ER). Từ đó, phương pháp đánh giá an toàn vận hành được đề xuất áp dụng cho hệ thống bơm hàng của một con tàu chở dầu cụ thể có tải trọng 49.000 tấn

[17]. Thông qua các nghiên cứu tổng quan trước đó, các tác giả cũng đề xuất một mô hình đánh giá rủi ro trong vận tải biển. Có bốn giai đoạn khác nhau trong phương pháp đề xuất, đó là tạo kịch bản, thu thập dữ liệu lịch sử, phân tích ràng buộc và ước tính rủi ro. Với nghiên cứu [18] đã sử dụng định nghĩa truyền thống về rủi ro, là một hàm số của xác suất xảy ra mối nguy hiểm và tác động của nó.

### 3.2. Các nghiên cứu rủi ro từ các sự vụ cụ thể

Để nghiên cứu rủi ro trong công tác khai thác đội tàu dầu một cách khách quan và bám sát thực trạng, nhiều tác giả cũng đã chọn cách phân tích rủi ro từ một sự vụ, hoặc trong một nghiệp vụ cụ thể. Paulauskas đã phân tích các tình huống nguy hiểm của tàu chở dầu, thảo luận cơ sở lý thuyết nghiên cứu và đưa ra các tính toán, khuyến nghị thực tế nhằm giảm thiểu khả năng xảy ra tai nạn trong quá trình xếp hàng. Các tai nạn xảy ra trên tàu chở dầu, tàu kéo, bến cảng thường liên quan đến sự thiếu hiểu biết của nhân viên về các lực và loại năng lượng làm việc trong những điều kiện như vậy [19]. Nhóm tác giả Goerl và Montewka đã nghiên cứu trường hợp về sự cố tràn dầu từ tàu chở dầu trong vụ va chạm tàu. Bài báo này đề xuất một khung phân tích rủi ro của hệ thống vận tải biển, trong đó, phân tích rủi ro được hiểu là một công cụ hỗ trợ quyết định mang tính lập luận. Ở giai đoạn đầu tiên, mô hình mạng Bayesian được áp dụng để định lượng rủi ro xác suất. Đánh giá bằng chứng được sử dụng cùng với phân tích độ nhạy để lựa chọn các giả thuyết thay thế cho việc định lượng rủi ro, trong khi đánh giá hiệu ứng giả định được sử dụng để truyền đạt lập luận vượt ra ngoài mô hình. Khung được áp dụng cho một nghiên cứu điển hình về sự cố tràn dầu từ va chạm tàu chở dầu, nhằm mục đích lập kế hoạch năng lực ứng phó và đánh giá rủi ro. Mô hình Bayes là một công cụ chủ động và có thể chuyển giao để đánh giá sự xuất hiện của các quy mô tràn dầu khác nhau trong một vùng biển. Trong khi nghiên cứu điển hình sử dụng bằng chứng cụ thể cho vịnh Phần Lan, thì phương pháp tiếp cận mô hình và phân

tích rủi ro có thể được áp dụng cho các khu vực khác. Dựa trên các tiêu chí đánh giá và các bài kiểm tra cho mô hình rủi ro và phân tích rủi ro, các tác giả cho thấy rằng mô hình đã lựa chọn là một đại diện hợp lý cho rủi ro tràn dầu và chạm tàu chở dầu [20].

Quá trình làm tro khí là mối nguy hiểm lớn đối với tàu chở hóa chất và cần hết sức cẩn thận khi xem xét đến những tác động có hại đến sức khỏe con người. Hầu hết chủ tàu chở hóa chất đều phải đối mặt với tình trạng suýt xảy ra tai nạn (ngạt thở/cháy/nổ) trong quá trình làm tro khí trên tàu. Hậu quả của quá trình này có thể gây ra những hậu quả thảm khốc như nổ, cháy hoặc ngạt thở. Do đó, cần phải đánh giá rủi ro chi tiết để tăng cường quy trình an toàn trong quá trình vận chuyển hàng hóa hóa chất và giảm thiểu hậu quả tiềm ẩn. Để giải quyết mối quan tâm này, Muhammet và cộng sự hướng đến việc tiến hành phân tích xác suất có hệ thống về rủi ro ngạt thở trong quá trình làm tro khí trên tàu chở hóa chất. Trong bài báo, phương pháp mạng Bayesian được sử dụng để giải quyết mối quan hệ nhân quả và sự không chắc chắn phát sinh từ phụ thuộc lẫn nhau phức tạp giữa các biến trong đánh giá rủi ro xác suất của rủi ro ngạt thở. Những phát hiện của bài báo bổ sung thêm nguồn kiến thức cho chủ tàu chở hóa chất, các nhà nghiên cứu an toàn, các chuyên gia an toàn hàng hải và các nhà quản lý HSEQ (Sức khỏe, an toàn, môi trường và chất lượng) để ngăn ngừa rủi ro ngạt thở trong quá trình làm tro khí trong vận tải biển. Mặc dù, tàu và thủy thủ đoàn trên bờ đã hết sức cẩn thận nhưng hoạt động vận chuyển dầu thô vẫn xảy ra rủi ro tràn dầu đáng kể [9]. Elidolu và cộng sự tập trung vào phân tích rủi ro định lượng đối với các sự cố tràn dầu trên tàu chở dầu thô để tăng cường an toàn ở cấp độ vận hành và ngăn ngừa ô nhiễm tiềm ẩn. Để đạt được mục đích này, mạng Bayesian được sử dụng theo lý thuyết số Z cải tiến. Trong khi BN cung cấp một công cụ mạnh mẽ dựa trên mạng lưới nhân quả giữa các biến, số Z cải tiến có khả năng xử lý sự không chắc chắn và cải thiện độ tin cậy của các đánh

giá do chuyên gia định tính. Các phát hiện của nghiên cứu này dự kiến sẽ đóng góp cho thủy thủ đoàn, thanh tra an toàn, chủ tàu, quản lý HSEQ và quản lý nhà ga trong việc ra quyết định quản lý rủi ro, cải thiện an toàn hoạt động, thực hiện các hành động kiểm soát và giảm thiểu sự cố tràn dầu [21]. Sezer và cộng sự đã đề xuất mô hình đánh giá rủi ro cho quá trình làm hàng trên tàu chở dầu theo lý thuyết Dempster-Shafer mở rộng của FMECA và phương pháp tiếp cận mạng Bayesian. Rủi ro có thể dẫn đến hậu quả nghiêm trọng như thương tích cho người, ngộ độc khí, hư hỏng thân tàu, tràn hàng hoặc nổ. Quá trình này được mô hình hóa thông qua mạng Bayesian và các chuyên gia hàng hải đánh giá 12 chế độ hư hại liên quan đến các thông số phân tích chế độ hỏng hóc, tác động và mức độ nghiêm trọng. Để kết hợp phán đoán của chuyên gia, lý thuyết Dempster-Shafer được áp dụng với cách tiếp cận dựa trên quy tắc trong mô hình Bayesian. Bài báo cung cấp những đóng góp to lớn để cải thiện quy trình an toàn và giảm thiểu rủi ro trong quá trình vận hành loại tàu này [22].

Quá trình giải phóng khí trong tàu chở dầu thô được công nhận rộng rãi là một trong những khía cạnh nguy hiểm nhất của hoạt động trên tàu. Mặc dù quá trình này mang lại lợi ích thiết thực cho tàu bằng cách loại bỏ khí nổ hoặc khí độc khỏi các thùng hàng và nâng mức oxi lên tới 21%, nhưng hậu quả của sự cố có thể gây ra thiệt hại nghiêm trọng cho sức khỏe con người, môi trường biển và hàng hóa. Do đó, thủy thủ đoàn phải hết sức cẩn thận và nhận thức được các mối nguy hiểm tiềm ẩn trong quá trình giải phóng khí. Trong bối cảnh này, Akyuz và Celik đã cung cấp phương pháp Fuzzy DEMATEL để đánh giá các mối nguy hiểm vận hành quan trọng trong quá trình giải phóng khí. Phương pháp này cho phép xác định và phân tích các mối nguy hiểm tiềm ẩn của quá trình giải phóng khí liên quan đến sơ đồ quan hệ nhân quả và xử lý sự không chắc chắn trong quá trình ra quyết định, phán đoán của con người thông qua DEMATEL. Kết quả nghiên cứu cho thấy đóng

góp trong đảm bảo an toàn hàng hải trên biển và phòng ngừa ô nhiễm môi trường cũng như mất mạng trên tàu chở dầu thô [23]. Gao cũng sử dụng phương pháp DEMATEL để phân tích rủi ro tích hợp cho hoạt động xử lý hàng hóa bằng tàu dầu. Và 23 yếu tố rủi ro được xác định dựa trên phân tích và tài liệu trước đó, mô hình đám mây và DEMATEL được áp dụng để xác định các yếu tố nguyên nhân và yếu tố kết quả, các kết quả được phân tích và thảo luận [24]. Elidolu và cộng sự có sự đổi mới trong việc sử dụng phương pháp Fine Kinney và TODIM để đánh giá rủi ro định lượng của quá trình giải phóng khí trên tàu chở dầu hoặc hóa chất [25].

Ngoài ra, Ewbank và cộng sự đã tìm kiếm và đưa ra 4713 bài báo của Nexis Uni, 199 kết quả của Google và một bài báo trên PubMed; 951 hồ sơ đáp ứng các tiêu chí đưa vào, mô tả 224 vụ nổ hoặc hỏa hoạn xe bồn chở dầu. Nhóm tác giả đã sử dụng tiêu chí PRISMA và ma trận Haddon để phân tích các nguyên nhân và gánh nặng sức khỏe liên quan đến thảm họa xe bồn chở dầu và xác định các mục tiêu tiềm năng để phòng ngừa thảm họa trong tương lai đối với công tác vận chuyển loại hàng này bằng đường bộ [26]. Nghiên cứu của Ugurlu điều tra các báo cáo về tai nạn hàng hải liên quan đến các sự kiện cháy nổ (F&E) xảy ra từ năm 1999 đến năm 2013 trên tàu chở dầu dùng cho chở hàng hóa lỏng nguy hiểm. Nguyên nhân quan trọng nhất gây ra tai nạn F&E được xác định là do làm việc ở nhiệt độ cao, hồ quang điện, tĩnh điện và tích tụ khí dễ cháy trong thùng hàng. Các yếu tố chính gây ra là vi phạm giấy phép lao động và thiếu phân tích rủi ro. Phòng cháy chữa cháy trên tàu có thể được cải thiện bằng cách nâng cao tiêu chuẩn đào tạo và nhận thức về an toàn, đồng thời, giảm áp lực thương mại lên hoạt động của tàu [27].

Cũng đi vào một sự vụ cụ thể, nhóm tác giả Planas đã tiến hành nghiên cứu thực địa và phân tích vụ tai nạn Zarzalico. Trình tự tai nạn được mô tả: cháy, giải phóng LNG, giải phóng van an toàn tiếp theo, ngọn lửa va vào thành tàu không được bảo vệ, chế độ hỏng tàu, vụ nổ và

quả cầu lửa. Theo các tác động và hậu quả quan sát được, bức xạ nhiệt và áp suất quá mức được ước tính; một mô hình toán học được áp dụng để tính toán khối lượng có thể có trong tàu tại thời điểm xảy ra vụ nổ [28]. Nghiên cứu của Duong và cộng sự đã trình bày một phân tích so sánh về sự phân tán đám mây hơi trong trường hợp nhiên liệu vô tình rò rỉ từ ống tiếp nhiên liệu. Đường ống có thể vận chuyển nhiên liệu hàng hải như khí thiên nhiên hóa lỏng (LNG) hoặc amoniac lỏng ( $\text{NH}_3$ ). Mục tiêu chính của bài báo là điều tra các đặc điểm của sự phân tán rò rỉ và xác định khoảng cách an toàn trong quá trình tiếp nhiên liệu LNG hoặc  $\text{NH}_3$  từ tàu này sang tàu khác. Các mô hình toán học và mô hình FLACS thảo luận về quá trình phân tán rò rỉ LNG/ $\text{NH}_3$  khi tiếp nhiên liệu từ tàu này sang tàu khác. Đây là tài liệu tham khảo quan trọng cho đánh giá rủi ro định tính và định lượng liên quan đến quản lý khẩn cấp trong các sự cố rò rỉ LNG/ $\text{NH}_3$  từ tàu sang tàu [29].

Wang và các cộng sự đã xem xét ba tình huống khẩn cấp chính đối với tàu chở dầu: nổ và cháy trên tàu, dầu rò rỉ từ tàu xuống biển và tàu bị chìm. Bài báo này cung cấp một phương pháp đánh giá định lượng là phương pháp tiếp cận dựa trên GIS. Ngoài ra, phân tích va chạm tàu là rất quan trọng trong lĩnh vực vận tải biển, đặc biệt là ở những khu vực có mức độ rủi ro cao. Và eo biển Malacca là tuyến vận tải quốc tế có mức độ rủi ro cao và được các tác giả lựa chọn để đề cập đến [30]. Ở những khu vực này, tàu chở dầu có khả năng xảy ra tai nạn cao. Qua đó, Zaman và cộng sự đã phát triển mô hình va chạm dựa trên rủi ro (RBC) cho tàu chở dầu sử dụng dữ liệu AIS ở eo biển Malacca để đưa ra các biện pháp phòng tránh rủi ro này [31]. Chu và Chang đã đánh giá rủi ro định lượng (QRA) để ước tính rủi ro cháy khí tự nhiên của hệ thống cung cấp khí đốt LNG. Đây là nghiên cứu điển hình, cho thấy hệ thống cung cấp nhiên liệu khí LNG cho một tàu lớn đã được xem xét với các cách tiếp cận khác nhau. Việc tính thêm các tai nạn toàn bộ vào QRA đơn giản hóa thông thường có thể giảm thời gian và công sức để

ước tính các rủi ro liên quan đến rò rỉ, không làm mất đi độ chính xác trong các rủi ro ước tính [32]. Osses và nhóm nghiên cứu đã đánh giá rủi ro ô nhiễm không khí của một tàu chở dầu tại một cảng Chile sử dụng hệ thống ủ lạnh hai chiều tích hợp với LNG bằng phương pháp định tính [33]. Đồng thời, các tác giả cũng sử dụng phương pháp định tính (liệt kê và phân tích) để tìm hiểu các vụ nổ, hỏa hoạn do xe bồn LPG để thấy được sự nguy hiểm khi chuyên chở mặt hàng này, có thể kể đến như Zengin và cộng sự [34], Kumar [35], Al-Rasheed và Algerian [36], Sawyer và Roberts [37]. Cụ thể vào đối tượng nghiên cứu là tàu chở dầu - hóa chất, Burgherr cũng phân tích chuyên sâu về sự cố tràn dầu do tai nạn từ tàu chở dầu bằng phương pháp định tính [38]. Nhóm nghiên cứu của Bubbico đã sử dụng phương pháp định tính, cụ thể là nghiên cứu tài liệu để phân tích rủi ro sơ bộ cho tàu chở LNG tiếp cận một bến cảng biển [16]. Bariha và các cộng sự đã phân tích nguy cơ cháy nổ trong quá trình vận chuyển khí LPG trên mặt đất bằng phương pháp mô hình hóa và mô phỏng tình huống tai nạn [39]. Nhóm nghiên cứu của Lee đã đánh giá rủi ro cháy nổ của hệ thống cung cấp nhiên liệu khí cho tàu chạy bằng LNG với phương pháp mô phỏng [40]. Bên cạnh đánh giá về rủi ro cháy nổ, Wang và cộng sự còn đánh giá thêm rủi ro rò rỉ dầu bằng phương pháp mô phỏng [41]. Và với phương pháp nghiên cứu này, Fay tiến hành đánh giá rủi ro tràn và cháy từ tàu chở LNG và tàu dầu [42], qua đó, Cao và cộng sự đánh giá rủi ro tràn dầu và va chạm tàu chở dầu [43]. Các nghiên cứu cho thấy đây là một phương pháp hiệu quả. Kết hợp giữa phương pháp QRA và mô phỏng, nhóm nghiên cứu của Xie đã đánh giá rủi ro định lượng về rò rỉ nhiên liệu của tàu chạy bằng LNG - một rủi ro rất nghiêm trọng trong quá trình khai thác tàu [44].

Phương pháp phân tích thứ bậc AHP là một phương pháp nghiên cứu định lượng được nhiều tác giả sử dụng trong nghiên cứu rủi ro. Celik đã sử dụng phương pháp AHP thiết kế lại quy trình mã ISM mở rộng, xác định các điểm

chính để phòng ngừa tai nạn nghề nghiệp trên tàu chở hóa chất, đi sâu vào rủi ro nổ hàng hóa [45]. Phát triển từ mô hình phân tích thứ bậc, phương pháp mô hình phân tích mạng ANP được Liu và cộng sự (kết hợp với mô hình DEMATEL-ISM) để đánh giá rủi ro cho hoạt động neo đậu và xử lý tàu chở dầu [46]. Li và Huang đã phân tích, đánh giá rủi ro cháy nổ cho tàu chở LNG bằng phương pháp Dow, mô hình BLEVE và mô hình VCE [47]. Nhóm nghiên cứu của Chen đã sử dụng trọng số entropy để phân tích, đánh giá mức độ tác động của các tác nhân gây rủi ro tràn dầu [48]. Durukan và các thành viên nghiên cứu đã sử dụng phương pháp tiếp cận phân tích cây lỗi và lý thuyết bằng chứng D-S về HAZOP định lượng rủi ro cháy nổ trong hệ thống khí trợ trên tàu chở dầu [49]. Mô hình xác suất được Psarros và cộng sự ứng dụng để phân tích rủi ro tràn dầu từ tàu chở dầu [50]. Ceylan và Celik đã sử dụng mô hình phân tích mạng để đánh giá rủi ro vận hành của hệ thống nồi hơi trên tàu. Đây là mô hình phát triển cao hơn mô hình phân tích thứ bậc AHP - được sử dụng khá phổ biến để đánh giá rủi ro [51]. Nhóm tác giả Bayazit và Kaptan cũng đã sử dụng mạng Bayes để đánh giá rủi ro ô nhiễm do hoạt động khai thác của tàu chở dầu gây ra. Nhóm rủi ro này không chỉ liên quan đến hoạt động khai thác còn liên quan đến vấn đề pháp lý khi khai thác tàu dầu - hóa chất [52].

Tàu biển phải đối mặt với nhiều rủi ro vận hành khác nhau trong suốt thời gian sử dụng. Mất neo là một trong những rủi ro khi vận hành, có thể dẫn đến mắc cạn, va chạm và thậm chí mất toàn bộ tàu sau đó. Tác giả Kuzu đã phân tích rủi ro mất neo bằng phương pháp Fuzzy DEMATEL để từ đó đưa ra được các giải pháp ứng phó với rủi ro này, giảm thiểu tác động của nó đối với các hoạt động khai thác của tàu vận tải biển [53].

### 3.3. Các nghiên cứu thuộc nhóm rủi ro kỹ thuật

Các nghiên cứu về nhóm rủi ro kỹ thuật trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất, chủ

yếu, các tác giả sử dụng phương pháp nghiên cứu là mô phỏng, thực nghiệm. Woloszyk và cộng sự đã sử dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo để nghiên cứu khuôn khổ ước tính rủi ro hỏng dầm thân tàu, tính đến các kỹ thuật mô hình hóa ăn mòn mới và hư hỏng do tai nạn [54]. Kim và cộng sự đã giới thiệu một cuộc điều tra thực nghiệm về khả năng quay vòng của hai tàu có và không có mũi phình. Các thông số đánh giá cho thấy những giá trị phân tán trong điều kiện cầu tàu hỏng nghiêm trọng. Các tác động của sóng đáng kể nhất quan sát thấy là ở sóng ngắn [55]. Cũng bằng phương pháp mô phỏng, Tannuri và các thành viên nghiên cứu đã xác định lực kéo cần thiết được áp dụng trong tàu chở dầu con thoi để đảm bảo hoạt động an toàn [56]. Brzozowska đã trình bày ứng dụng của mô hình hạt Lagrangian vào các vấn đề liên quan đến an toàn trong vận tải đường bộ. Các mô phỏng số được thực hiện cho một trường hợp giả định về sự phát thải khói từ đám cháy tàu chở dầu. Các kết quả tính toán được trình bày và phân tích minh họa cho một ứng dụng có thể có của mô hình hạt Lagrangian: đánh giá nồng độ trung bình (trung bình theo thời gian) của các chất ô nhiễm và sự phân bố của chúng trong khu vực được xem xét (đặc biệt quan trọng do bảo vệ con người, động vật và thực vật) và mô phỏng sự lan truyền của các hợp chất có hại theo thời gian cũng như thực hiện những phép tính cho nhiều trường hợp có tác động tiềm ẩn thuộc các sự cố trên đường bộ [57]. Ju và cộng sự đã phân tích số về chuyển động đuôi cá, lực bám phao và lực kéo ngược trong hệ thống neo của chân neo catenary (CALM) tàu chở dầu bằng phương pháp thực nghiệm. Kết quả nghiên cứu là lực kéo ngược 800 kN theo đường tâm tàu chở dầu làm giảm hiệu quả chuyển động lệch hướng và duy trì khoảng cách an toàn giữa tàu chở dầu và phao, do đó, hiện tượng lắc lư ít xảy ra hơn và hiện tượng va chạm phao không xảy ra [58]. Nhóm nghiên cứu của Shen đã đánh giá rủi ro hỏng dây neo cho tàu chở dầu neo đậu tại bến bằng phương pháp thực nghiệm, cụ thể là sử dụng mô hình vật lý [59]. Rodrigues và cộng sự cũng sử dụng phương

pháp thực nghiệm để phân tích xác suất tải trọng tĩnh của thân tàu - dầm trên tàu chở dầu trong trường hợp hư hỏng do va chạm [60]. Wang cùng cộng sự với qua hai phiên bản năm 2005 và 2012 đã sử dụng phương pháp thực nghiệm để phân tích rủi ro ăn mòn của tàu dầu - hóa chất với nghiên cứu sau bổ sung, mở rộng cho nghiên cứu trước đó [61], [62]. Với phương pháp nghiên cứu này, Hsu đã phân tích rủi ro tràn dầu của tàu dầu - hóa chất [63] và Han cùng cộng sự phân tích độ ổn định của xe bồn chở dầu [64]. Phương pháp định tính được sử dụng phổ biến để đánh giá rủi ro đối với một số rủi ro kỹ thuật trong khai thác đội tàu dầu - hóa chất. Roy và Chakraborty đã xác định ảnh hưởng của khí thải tàu đối với ô nhiễm khói mù ở châu Á, sức khỏe và các chiến lược của IMO [65]. Nhóm nghiên cứu của Gong đã dùng phương pháp định tính để phân tích rủi ro chậm trễ do ăn mòn, gây ảnh hưởng trực tiếp tới hoạt động khai thác tàu [66]. Bằng phương pháp này, Gong và cộng sự cũng đã phân tích rủi ro ăn mòn của tàu dầu - hóa chất [67] và Şanlıer đã phân tích tác động của nước rửa bồn tàu chở hóa chất (với môi trường biển) [68], qua đó, cho thấy đạt được những kết quả khá khả quan.

Bên cạnh phương pháp định lượng, việc định lượng yếu tố rủi ro trong nhóm rủi ro kỹ thuật cũng rất cần thiết. Garbatov đã sử dụng mô hình xác suất để phân tích rủi ro ăn mòn trên tàu dầu [69]. Sezer và cộng sự áp dụng lý thuyết bằng chứng D-S, phương pháp HEART và phân tích FTA nghiên cứu rủi ro của vết nứt kết hàng trên tàu chở dầu, hóa chất [70]. Jeong và cộng sự đã sử dụng phân tích sự kiện và phân tích cây lỗi để đánh giá rủi ro định lượng của hệ thống cung cấp khí nhiên liệu áp suất cao cho tàu chạy bằng LNG [71]. Shao và các cộng sự sử dụng phương pháp HAZID để đánh giá rủi ro sơ bộ về phát triển hệ thống cung cấp nhiên liệu khí đốt của tàu đánh cá nhỏ chạy bằng LNG. Phương pháp tiếp cận FMECA dựa trên bằng chứng D-S là một phương pháp được nhiều tác giả sử dụng để đánh giá rủi ro [72]. Một trong số đó có thể kể đến là Sezer và cộng sự đã đánh giá các rủi ro

tiềm ẩn trong hệ thống nước dẫn trên tàu chở dầu [73]. Zhou và Vinh tiến hành phân tích rủi ro hỏng hóc thiết bị tàu chở dầu để thực hiện mục đích dự báo, thông qua kết hợp giữa phương pháp tiếp cận lý luận chứng cứ mở rộng (ER), mạng Bayesian dựa trên quy tắc (RBN) của FMECA [74].

### 3.4. Các nghiên cứu về nhóm rủi ro kinh tế

Lợi nhuận là một trong những chỉ tiêu quan trọng để các nhà khai thác tàu hướng đến trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất. Vì vậy, các nhóm rủi ro kinh tế cũng được các tác giả rất quan tâm. Stopford đã thống kê và phân tích những rủi ro vận chuyển của tàu [75]. Cũng nhằm mục đích ứng phó với rủi ro kinh tế, Santos và Soares đã đề xuất một mô hình tối ưu hóa tính đến chi phí hành trình, chi phí thuê tàu và chi phí sản xuất bị mất đi để thiết lập lịch trình hoạt động của tàu chở dầu bằng phương pháp mô phỏng. Việc ước tính rủi ro thị trường trung hạn do dữ liệu hạn chế là một vấn đề thách thức được các học giả và chuyên gia quan tâm [76]. Kavussanos và Dimitrakopoulos giải quyết vấn đề này bằng cách khai thác các khái niệm về biến động và tỷ lệ phân vị để xác định phương pháp tốt nhất nhằm ngoại suy dự báo rủi ro trung hạn từ dữ liệu tần suất cao. Ngoài ra, việc lựa chọn mô hình rủi ro thị trường được nghiên cứu cho một tập dữ liệu mới về giá cước tàu chở dầu, liên quan đến thu nhập của hàng hóa vốn - tàu chở dầu. Phương pháp nghiên cứu được sử dụng ở đây là GARCH và các mô hình mô phỏng lịch sử [77]. Với phương pháp GARCH đa biến, Ajith và cộng sự đã phân tích biến động trong thị trường vận tải hàng hóa bằng tàu chở dầu. Nghiên cứu này giúp chủ tàu và người thuê tàu đưa ra quyết định phù hợp trong thị trường tàu chở dầu [78]. Sử dụng mô hình copula-GARCH và kết hợp với các giá trị rủi ro có điều kiện (CoVaR), Bai và Lam đã xem xét sự phụ thuộc vào lợi nhuận của tỷ lệ vận chuyển hàng hóa trên sáu tuyến vận tải tàu chở dầu. Các tác giả đã ghi lại sự lan tỏa rủi ro cục đoạn đáng kể, đặc biệt là giữa các tuyến thương mại liên kế hoặc cùng một tuyến và các

hiệu ứng lan tỏa được phát hiện là không đối xứng trong thị trường. Những kết quả này có nghĩa đối với việc quản lý rủi ro vận chuyển [79]. Siddiqui và Verma đã định lượng rủi ro tài chính vốn có, sau đó, kết hợp thành mô hình toán học nhằm giảm thiểu tổng chi phí thuê tàu và rủi ro tài chính liên quan trong công tác khai thác đội tàu chở dầu [80]. Từ đó, Celik và cộng sự cũng đã sử dụng phương pháp QFD để giám sát và dự đoán các thông số năng động của ngành vận tải hàng hải như giá cước, giá mua và bán tàu, xu hướng đóng mới, giá nhiên liệu và tỷ lệ phế liệu. Ngoài ra, một phương pháp rất phổ biến đã được các tác giả sử dụng là phương pháp phân tích thứ bậc FAHP [81]. Talley đã ước tính Tobit để điều tra các yếu tố quyết định chi phí tàu, tràn dầu hàng hóa và thiệt hại tài sản khác từ tai nạn tàu chở dầu. Nghiên cứu đã chỉ ra, trong số các rủi ro gây tai nạn tàu chở dầu, tai nạn cháy nổ gây ra chi phí thiệt hại tàu lớn nhất, nhưng chi phí tràn dầu hàng hóa nhỏ nhất [82]. Cũng đề cập đến rủi ro kinh tế, Koza và cộng sự đã xem xét vấn đề quy mô cơ sở hạ tầng ảnh hưởng đến đội tàu chở dầu trong ngành kinh doanh khí đốt tự nhiên hóa lỏng. Mục tiêu là giảm thiểu chi phí đầu tư cơ sở hạ tầng trên bờ và tàu chở dầu dài hạn kết hợp với chi phí dự kiến có liên quan để vận hành đội tàu chở dầu. Một mô hình dựa trên cung phi tuyến tính và phương pháp giải chính xác dựa trên công thức phân vùng tập hợp được phát triển [83].

### 3.5. Các nghiên cứu về nhóm rủi ro từ con người

An toàn luôn là trọng tâm quan trọng của ngành vận tải biển, yếu tố con người là một trong những nguyên nhân chính gây ra tai nạn và sự cố trong lĩnh vực vận tải biển nói chung và trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất nói riêng. Havold đề cập đến phân khúc tàu chở dầu của cuộc khảo sát. Tổng mẫu (2558 người trả lời) đã được sử dụng trong hai bài báo trước. Mỗi mục trong bảng câu hỏi về an toàn đều tìm kiếm câu trả lời theo thang đo Likert 6 mức độ gồm các yếu tố có tích cực đến thái độ và ý thức

an toàn của thuyền viên. Mô hình nghiên cứu như sau:

- H1. Loại tàu chở dầu;
- H2. Chủ tàu;
- H3. Cờ/đăng ký của tàu;
- H4. Chức danh của thuyền viên;
- H5. Quốc tịch của thuyền viên;
- H6. Độ tuổi của thuyền viên;
- H7. Tuổi của tàu.

Dữ liệu được phân tích bằng cách sử dụng công cụ SPSS, phân tích nhân tố được tiến hành để làm rõ cấu trúc thái độ và các biện pháp an toàn, phân tích nhân tố khám phá EFA, phân tích GLM [84]... Nhóm nghiên cứu của Zhou, đề xuất một mô hình phân tích độ tin cậy của con người (HRA) định lượng dựa trên lý thuyết logic mờ, mạng Bayesian, phương pháp phân tích lỗi và độ tin cậy nhận thức (CREAM) cho ngành vận chuyển tàu chở dầu. Nhóm tác giả đã áp dụng nghiên cứu với trường hợp một tàu chở dầu cụ thể [85]. Cũng sử dụng phương pháp CREAM định lượng nhưng nâng cao hơn và kết hợp với phương pháp phân tích thứ bậc FAHP, Zhou và cộng sự đã xác định xác suất lỗi của con người trong an toàn vận hành tàu chở dầu [86]. Bài viết đề cập phương pháp Markov được áp dụng để tính độ tin cậy của con người và thời gian trung bình xảy ra lỗi của con người. Akyuz và Celik cũng sử dụng phương pháp CREAM để đánh giá độ tin cậy của con người cùng với quá trình xếp hàng trên tàu chở khí dầu mỏ hóa lỏng (LPG). Đặt vào trong một rủi ro cụ thể là rủi ro va chạm tàu, nhóm tác giả này đã đánh giá rủi ro về tác động của lỗi con người đến va chạm tàu chở dầu bằng cấu trúc phân tích cây lỗi (FTA), trong đó, sử dụng phương pháp phân tích lỗi độ tin cậy nhận thức (CREAM) dựa trên mạng Bayes. Dữ liệu được khảo sát từ 39 chuyên gia trong ngành [87]. Cũng sử dụng phương pháp phân tích mạng Bayes, Martins và Maturana đã phân tích độ tin cậy của con người trong hoạt động của tàu chở dầu tập trung vào các vụ tai nạn va chạm. Phương pháp nghiên

cứ HEART (kỹ thuật đánh giá và giảm thiểu lỗi của con người) cũng được sử dụng rộng rãi để định lượng lỗi của con người trong rủi ro cụ thể [88]. Uflaz và cộng sự đã áp dụng phương pháp này để định lượng lỗi của con người đối với các nhiệm vụ đang được thực hiện, giúp cho các nhà khai thác tàu LNG thiết lập một quy trình vận chuyển tàu an toàn, hiệu quả và giảm thiểu tai nạn do lỗi của con người [89]. Akyuz và Celik đánh giá xác suất lỗi của con người trong hoạt động xếp hàng trên tàu chở dầu - hóa chất [90]. Các tác giả đã kết hợp phương pháp này và mô hình phân tích thứ bậc AHP để phân tích độ tin cậy của con người theo kinh nghiệm đối với quy trình vệ sinh bồn chứa trên tàu chở hóa chất [87]. Bicen và Celik đã ứng dụng phương pháp thống kê mô tả, phân tích EFA và đưa vào mô hình phân tích mạng để nghiên cứu rủi ro từ con người trên tàu [91]. Ngoài các phương pháp được kể trên, nhiều tác giả cũng sử dụng một số phương pháp nghiên cứu định lượng khác để đánh giá rủi ro con người trong từng trường hợp cụ thể khi tàu tác nghiệp. Elidolu và các cộng sự đã tiến hành phân tích độ tin cậy của con người đối với hoạt động vận chuyển hàng hóa bằng tàu chở dầu thô thông qua mô hình SPAR-H kết hợp với lý luận chứng cứ ER [92]. Chu và Chang đánh giá rủi ro định lượng (QRA) để ước tính rủi ro cháy nổ và rủi ro cá nhân trên tàu LNG [32]. Akyuz và các thành viên nghiên cứu đã dự đoán xác suất lỗi của con người trong hoạt động kỹ thuật hàng hải quan trọng trên tàu chở hóa chất bằng phương pháp phân tích SOHRA [93]. Akyuz định lượng HEP xác suất lỗi của con người đối với quá trình làm tro khí trên tàu chở dầu thô dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng [94]. Ewbank và cộng sự đã sử dụng ma trận Haddon để trình bày các tình huống, nguyên nhân và phân tích rủi ro sức khỏe liên quan đến thảm họa xe bồn chở dầu. Tổng hợp lại các yếu tố rủi ro từ con người trong quá trình khai thác đội tàu dầu, hóa chất, trong khi đó, Kočkárvà các cộng sự đã đề xuất giải pháp về vấn đề con người trong tai nạn tàu chở dầu [95].

### 3.6. Các nghiên cứu về nhóm rủi ro từ tự nhiên

Các rủi ro từ tự nhiên cũng là một nhóm rủi ro với các nguyên nhân khó dự báo trước và kiểm soát rủi ro. Áp dụng phương pháp phân tích mạng và phương pháp luận dựa trên giá trị rủi ro có điều kiện (CVaR), Siddiqui và cộng sự đã định tuyến để tránh những rủi ro cho tàu chở dầu [96]. Có thể thấy, Akyuz đã áp dụng mô hình phân tích mạng ANP để đánh giá rủi ro mắc cạn cho tàu. Ở Việt Nam, một số nghiên cứu về rủi ro từ các yếu tố tự nhiên trong vận tải biển được thực hiện và cụ thể là trong khối tàu dầu - hóa chất đã được tiến hành. Các nghiên cứu này đã nhận dạng được một số rủi ro và đề xuất ứng dụng các phương pháp nghiên cứu khác nhau để đưa ra quyết định rủi ro. Điển hình như nghiên cứu của Tùng và cộng sự đã xây dựng mô hình dự báo rủi ro trong vận chuyển đường biển tại Công ty Trách nhiệm hữu hạn Kintentsu World Express Vietnam với 04 biến nhóm biến độc lập [97]:

- Thời tiết: Một số mối đe dọa thời tiết với vận chuyển đường biển là bão, gió giật mạnh, lốc xoáy,... Bên cạnh đó, một số điều kiện tự nhiên như dòng chảy, thủy triều, gió lớn làm giảm tầm nhìn (sương mù, tuyết rơi dày, mưa), biển bão, bóng tối,... cũng là các rủi ro ảnh hưởng đến tàu hoặc kiểm soát tàu.

- Con người: Trong nhiều vụ tai nạn hàng hải, nguyên nhân chính do người gây ra hoặc con người là một yếu tố quan trọng. Các tác giả đã nhận định tất cả các tai nạn trên biển đều xuất phát từ con người bởi nếu tự động hóa có được đưa vào thiết kế, vận hành tàu hay hệ thống của nó thì vẫn có sự tham gia của con người.

- Công nghệ: Sự thất bại về kỹ thuật là những điểm yếu trong con tàu, ví dụ như ăn mòn, hỏng lái, hỏng động cơ, hỏng thân tàu phát sinh từ vật liệu hoặc công trình bị lỗi,...

- Địa lý: Ngoài thời tiết thì các mối nguy về địa lý cũng tác động tới việc vận chuyển đường biển như các rạn san hô, tảng băng trôi, bãi cát.

Sau khi xác định được các nhân tố ảnh hưởng đến đối tượng nghiên cứu, cụ thể là rủi ro vận chuyển, nhóm tác giả đã đưa ra phương pháp nghiên cứu là sử dụng phân tích qua hệ số Cronbach's Alpha, nhân tố khám phá EFA, và tương quan Pearson.

#### 4. Thảo luận

Thông qua các công trình khoa học có liên quan đến rủi ro trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất, nhóm tác giả nhận thấy rằng đã có những góc nhìn, nhiều cách tiếp cận khác nhau tới quản lý rủi ro trong vận tải biển và cụ thể đối với loại tàu này.

- Ưu điểm của các công trình nghiên cứu tổng quan

Các công trình này đã có những phương pháp nghiên cứu khoa học hiệu quả để làm sáng tỏ vấn đề về lý luận và thực tiễn, mang lại những thành công, những đóng góp có giá trị và có thể khái quát một số nội dung chính.

Các công trình nghiên cứu đã đạt được những kết quả quan trọng trong việc nhận dạng những yếu tố rủi ro, đánh giá rủi ro và đề xuất một số phương pháp nhằm quản lý rủi ro trong vận tải nói chung và với công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất nói riêng. Mỗi công trình khoa học được trình bày đều hướng tới các góc độ khác nhau về rủi ro, các tác giả chọn một khía cạnh cụ thể để phân tích, đánh giá. Các vấn đề chính được các tác giả nêu ra bao gồm: Những rủi ro có thể ảnh hưởng đến sự vận hành của đội tàu chở dầu và các sản phẩm của dầu; các rủi ro gây tai nạn hàng hải; rủi ro trong những tác nghiệp cụ thể: quá trình neo đậu, vận chuyển hàng, giải phóng khí, khi tàu dầu nằm dock sửa chữa và một số nghiệp vụ, sự vụ cụ thể khác... Ngoài ra, các nghiên cứu kể trên cũng đưa ra những khái niệm cơ bản, những quan điểm nhận thức mới về quản lý rủi ro trong vận tải biển, các kỹ thuật nhận dạng, đánh giá rủi ro. Qua đó, đều khẳng định vai trò cần thiết của việc quản lý rủi ro trong vận tải, các tác giả đều đánh giá rằng, quản lý rủi ro sẽ giúp cho

việc khai thác các hoạt động vận tải đạt hiệu quả cao hơn, đảm bảo về yêu cầu vận tải và chi phí khai thác. Thông qua tình hình nghiên cứu, nhóm tác giả nhận thấy rằng quản trị rủi ro trong khai thác tàu dầu - hóa chất là một đề tài rộng, nhiều công trình nghiên cứu đã được thực hiện liên quan đến vấn đề này.

- Khoảng trống nghiên cứu

Các nghiên cứu tổng quan có đóng góp không nhỏ trong lĩnh vực này, mỗi công trình đều có những đặc điểm riêng, đi sâu vào các vấn đề khác nhau, cụ thể, các công trình nghiên cứu tập trung vào một yếu tố rủi ro nhất định như: Rủi ro về pháp lý, rủi ro về chi phí, rủi ro về kỹ thuật, rủi ro trong khai thác, rủi ro tài chính, rủi ro thanh toán, rủi ro do các yếu tố thời tiết, địa lý,... Xét về không gian nghiên cứu, mỗi nghiên cứu đều có một đặc điểm khác nhau, áp dụng vào các doanh nghiệp cụ thể khác nhau để nhận diện, đánh giá các rủi ro. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu chỉ dừng lại ở việc nhận diện rủi ro, sử dụng một số kỹ thuật đơn giản để đánh giá mức độ quan trọng của các yếu tố rủi ro. Các rủi ro được xem xét một cách riêng lẻ, độc lập, chưa xét đến mối quan hệ qua lại giữa các rủi ro/nhóm rủi ro, mối liên hệ giữa chúng với mục tiêu của các doanh nghiệp vận chuyển dầu và sản phẩm của dầu về chi phí, thời gian và chất lượng dịch vụ. Tính đặc thù của đối tượng nghiên cứu đòi hỏi phải có những công cụ mới nhằm đánh giá rủi ro một cách hợp lý để đưa ra giải pháp đối phó rủi ro có hiệu quả cao nhất. Các hướng nghiên cứu tiềm năng trong tương lai có thể bao gồm: Phân tích và đánh giá rủi ro toàn diện bằng công nghệ số, quản lý và giảm thiểu rủi ro môi trường, chú trọng đến rủi ro từ con người, tối ưu hóa công tác quản lý rủi ro. Từ đó, các tác giả đề xuất những giải pháp ứng phó với rủi ro hoặc phục hồi sau rủi ro. Đặc biệt, công tác phát triển hệ thống pháp luật và chính sách quản lý rủi ro là hết sức quan trọng. Việc này đòi hỏi cần phải có các nghiên cứu, cập nhật những quy định quốc tế liên quan đến vận chuyển dầu và hóa chất, nhằm đảm bảo an toàn và giảm thiểu rủi ro, phù hợp với các mục tiêu

của doanh nghiệp kinh doanh trong lĩnh vực này như: an toàn hàng hải, lợi nhuận và chất lượng vận tải, đồng thời, các quy định pháp lý cần được điều chỉnh để hỗ trợ hoạt động khai thác hiệu quả hơn.

• Hạn chế của nghiên cứu

Bài báo đã tổng hợp các công trình nghiên cứu tổng quan, phân tích các kết quả nghiên cứu trước đó, xác định những khoảng trống, nhận diện được các rủi ro và hướng nghiên cứu tiếp theo. Tuy nhiên, bài báo cũng còn tồn tại hạn chế. Bài báo nghiên cứu tổng quan có mục tiêu bao quát một số lượng lớn tài liệu, nhưng điều này có thể dẫn đến việc phân tích quá rộng nên không thể phân tích chi tiết từng công trình. Sự so sánh giữa các nghiên cứu bị giới hạn bởi sự khác biệt về phương pháp, đối tượng nghiên cứu, và kết quả. Ngoài ra, khó khăn trong quá trình thực hiện việc tích hợp các nghiên cứu không đồng nhất. Các nghiên cứu sử dụng các phương pháp, mẫu và quy trình khác nhau, dẫn đến sự khác biệt trong kết quả.

• Hướng nghiên cứu tiếp theo

Thông qua quá trình tổng hợp, phân tích các nghiên cứu tổng quan về rủi ro trong công tác khai thác đội tàu dầu - hóa chất trên thế giới, mục tiêu của nhóm tác giả hướng đến cho các nghiên cứu tiếp theo:

Nhận dạng các rủi ro của công tác khai thác đội tàu vận chuyển dầu - hóa chất khu vực phía Nam Việt Nam qua các phương pháp tổng hợp, phân tích các dữ liệu, tài liệu, các nghiên cứu trước đó, kỹ thuật nhận diện biến cố (COSO). Kết quả nhận dạng rủi ro thể hiện tại Bảng 1.

Xác định mức độ ảnh hưởng của các rủi ro đến hiệu quả khai thác đội tàu dầu - hóa chất, ước lượng rủi ro: tần suất xuất hiện của các rủi ro, ảnh hưởng, cấp rủi ro (risk score), đánh giá mức độ rủi ro.

Xếp hạng và xác định mức độ ưu tiên rủi ro qua mô hình phân tích mạng ANP (Analytic Network Process). Đây là một công cụ phổ biến trong quản lý rủi ro để đánh giá mức độ ưu tiên của từng nhóm rủi ro và biến rủi ro. Đối với mục tiêu của hoạt động kinh doanh, khai thác đội tàu vận chuyển dầu - hóa chất một cách tổng hợp là lợi nhuận, chất lượng vận tải và an toàn hàng hải, có xét đến sự tương tác qua lại giữa các tiêu chí, giữa các rủi ro, giữa các rủi ro và các tiêu chí với nhau thì phương pháp phân tích mạng ANP là phù hợp.

Khuyến nghị một số giải pháp đối phó với rủi ro trong công tác khai thác đội tàu vận chuyển dầu - hóa chất, sử dụng một số công cụ dự báo các chỉ tiêu: hoạch định đối phó với rủi ro, chiến lược đối phó với rủi ro.

**Bảng 1.** Các rủi ro trong công tác khai thác đội tàu dầu – hóa chất được nhận dạng.

TT	Nhóm rủi ro	Biến rủi ro thành phần
		Rủi ro về sức khỏe con người: thuyền viên, hoa tiêu, người xếp hàng,... [10], [13], [45]
		Môi trường làm việc kém, không phù hợp với nhân viên bờ và thuyền viên [91]
	Rủi ro về xã hội	Không báo cáo chính quyền địa phương kịp thời [84]
		Các bên tham gia bất đồng quan điểm, mâu thuẫn, thiếu sự hợp tác [84]
		Các tai nạn thảm khốc gây quan ngại lớn đến vấn đề xã hội [18]
		Phá hủy và hư hỏng tàu, hàng hóa, có thể gây thương tích hoặc tử vong cho thuyền viên [19]

TT	Nhóm rủi ro	Biến rủi ro thành phần
2	Rủi ro về kỹ thuật	Tàu già ảnh hưởng đến tải trọng và độ bền kết cấu của tàu [46], [19]
		Lỗi hệ thống và thông tin không chính xác [88]
		Tàu mắc cạn, va chạm, lật úp [20], [43]
		Hư hỏng các thiết bị máy, lái [18], [51]
		Mất neo, hỏng xích neo [53]
		Hàng hóa rò rỉ ra boong, thải ra khí độc [21], [29], [38], [44]
		Không thể đo chính xác áp suất và các thông số khác [21]
3	Rủi ro về kinh tế	Các lỗi trong quá trình giải phóng khí của tàu dầu và tàu hóa chất [25]
		Cháy nổ [14], [27], [32], [40], [47], [49]
		Áp lực thương mại lên thuyền trưởng [91]
		Tiền lương thay đổi [77], [78], [79]
		Rủi ro về thanh toán [77], [78], [79]
		Chi phí nhiên liệu, vật liệu, phụ tùng thay thế thay đổi [77], [78], [79]
		Rủi ro không thu được tiền cước và tiền phạt lưu tàu [77], [78], [79]
Sai sót trong lên kế hoạch về chi phí chuyến đi [77], [78], [79]		
Thời gian chuyến đi tăng khiến cho tăng chi phí và giảm số chuyến trong kỳ [49]		
4	Rủi ro về môi trường	Các điều kiện thời tiết, khí tượng, hải văn không thuận lợi (sương mù, vòi rồng, giông, lốc, bão,...) [46],[18]
		Thiệt hại về môi trường biển do tràn dầu, rò rỉ dầu, hỏa hoạn [7], [33]
5	Rủi ro về chính trị	Rủi ro tàu bị bắt giữ [10], [84]
		Chính sách quản lý và mức độ giám sát của chính quyền cảng [10], [84]
		Sự thay đổi trong các chính sách và các quy định pháp luật [10], [84]
		Rủi ro khi tàu khai thác khu vực có nguy cơ chiến tranh, nội chiến, cướp biển [10], [84]

## 5. Kết luận

Nghiên cứu cho thấy cái nhìn toàn diện về tình hình nghiên cứu rủi ro trong khai thác đội tàu dầu - hóa chất trên thế giới. Kết quả của nghiên

cứu đã nhận diện được các nhóm rủi ro bao gồm: nhóm rủi ro về xã hội, nhóm rủi ro về kỹ thuật, nhóm rủi ro về kinh tế, nhóm rủi ro về môi trường, nhóm rủi ro về chính trị và các yếu

tổ rủi ro cụ thể ở từng nhóm rủi ro. Các nghiên cứu được phân tích cho thấy rằng, đây là một vấn đề cấp bách, các tác giả đã sử dụng nhiều phương pháp nghiên cứu khác nhau để tiếp cận vấn đề. Tuy nhiên, tồn tại là các nhà khoa học cần tăng cường nghiên cứu về các mô hình định lượng chính xác hơn và thúc đẩy các chiến lược ứng phó với rủi ro. Nghiên cứu đóng vai trò là nền tảng cho những nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả sẽ tiến hành định lượng các yếu tố rủi ro từ kết quả khảo sát thử nghiệm, tính toán hệ số Cronbach's Alpha, khám phá nhân tố liên quan áp dụng cho trường hợp các doanh nghiệp khai thác tàu dầu - hóa chất ở khu vực phía Nam Việt Nam và hoàn thành bảng nhân tố các yếu tố rủi ro hoàn chỉnh. Đồng thời, sử dụng mô hình phân tích mạng ANP để đánh giá các ảnh hưởng của rủi ro tới các mục tiêu doanh nghiệp khai thác tàu dầu - hóa chất hướng đến như lợi nhuận, chất lượng vận tải và an toàn hàng hải.

### Tài liệu tham khảo

- [1] N. T. L. Diệp, V. T. Phong, N. Q. Huân, và T. A. Minh, *Quản trị rủi ro doanh nghiệp*. Hà Nội: NXB Hồng Đức, 2018.
- [2] N. Q. Huân và N. Q. Thu, *Quản trị rủi ro*. Hà Nội: NXB Giáo dục, 1998.
- [3] N. Q. Huân, V. T. Phong và T. A. Minh, *Quản trị rủi ro doanh nghiệp*. Thành phố Hồ Chí Minh: Trường Đại học Kinh tế TP. HCM, 2020.
- [4] T. E. Uher, and A. R. Toakley, "Risk management in the conceptual phase of a project," *International Journal of Project Management*, vol. 17, no. 3, pp. 161–169, Jun. 1999, doi: 10.1016/S0263-7863(98)00024-6.
- [5] F. Gernali, "A guide to risk assessment in ship operations," *Nursing times*, IACS Rec. 2012/Rev.1 2021, Jun. 2012, Art. no. 127.
- [6] D. Berkeley, P. C. Humphreys, and R. D. Thomas, "Project risk action management," *Construction Management and Economics*, vol. 9, no. 1, pp. 3-17, 1991, doi: 10.1080/01446199100000002.
- [7] O. Arslan, "Quantitative evaluation of precautions on chemical tanker operations," *Process Safety and Environmental Protection*, pp. 113-120, 2009, doi: doi:10.1016/j.psep.2008.06.006.
- [8] N. Abdussamie, M. Daboos, I. Elferjani, S. Chai, and A. Alaktiwi, "Risk assessment of LNG and FLNG vessels during manoeuvring in open sea," *Journal of Ocean Engineering and Science*, vol. 3, no. 1, pp. 56-66, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.joes.2017.12.002.
- [9] M. Aydin, S. S. Arici, E. Akyuz, and O. Arslan, "A probabilistic risk assessment for asphyxiation during gas inerting process in chemical tanker ship," *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 155, pp. 532-542, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.psep.2021.09.038.
- [10] P. Vidmar and M. Perkovič, "Safety assessment of crude oil tankers," *Safety Science*, vol. 105, pp. 178-191, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.ssci.2018.02.009.
- [11] W. K. Hsu, S. S. Huang, and R. J. Yeh, "An assessment model of safety factors for product tankers in coastal shipping," *Safety Science*, vol. 76, pp. 74-81, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.ssci.2015.02.022.
- [12] O. H. Arican and E. G. E. Kara, "Selection model of chemical tanker ships for cargo types using Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS," *Regional Studies in Marine Science*, vol. 78, 2024, Art. no. 103724, doi: 10.1016/j.rsma.2024.103724.
- [13] O. Arslan and I. D. Er, "SWOT analysis for safer carriage of bulk liquid chemicals in tankers," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 154, no. 1–3, pp. 901-913, Jun. 2008, doi: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.10.113.
- [14] Ö. F. Görçün, P. Kundu, H. Küçükönder, and S. Senthil, "Evaluation of the second-hand LNG tanker vessels using fuzzy MCGDM approach based on the Interval type-2 fuzzy ARAS (IT2F-ARAS) technique," *Ocean Engineering*, vol. 303, 2024, Art. no. 117788, doi: 10.1016/j.oceaneng.2024.117788.
- [15] M. Jin, W. Shi, K. F. Yuen, Y. Xiao, and K. X. Li, "Oil tanker risks on the marine environment: An empirical study and policy implications," *Marine Policy*, vol. 108, Oct.

- 2019, Art. no. 103655, doi: 10.1016/j.marpol.2019.103655.
- [16] R. Bubbico, S. D. Cave, and B. Mazzarotta, "Preliminary risk analysis for LNG tankers approaching a maritime terminal," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 22, no. 5, pp. 634-638, Sep. 2009, doi: 10.1016/j.jlp.2009.02.007.
- [17] C. Wang, S. Fan, Y. Yao, J. Wu, B. Wang, and L. Zheng, "Operational safety evaluation of tanker cargo oil system fusing multiple task information," *Ocean Engineering*, vol. 239, Nov. 2021, Art. no. 109856, doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.109856.
- [18] A. Aziz, S. Ahmed, F. Khan, C. Stack, and A. Lind, "Operational risk assessment model for marine vessels," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 185, pp. 348-361, May 2019, doi: 10.1016/j.ress.2019.01.002.
- [19] V. Paulauskas, "The safety of tankers and single point mooring during loading operations," *Transport*, vol. 24, no. 1, pp. 54-57, 2009, doi: 10.3846/1648-4142.2009.24.54-57
- [20] F. Goerlandt and J. Montewka, "A framework for risk analysis of maritime transportation systems: A case study for oil spill from tankers in a ship-ship collision," *Safety Science*, vol. 76, pp. 42-66, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.ssci.2015.02.009.
- [21] G. Elidolu, S. I. Sezer, E. Akyuz, O. Arslan, and Y. Arslanoglu, "Operational risk assessment of ballasting and de-ballasting on-board tanker ship under FMECA extended Evidential Reasoning (ER) and Rule-based Bayesian Network (RBN) approach," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 231, Mar. 2023, Art. no. 108975, doi: 10.1016/j.ress.2022.108975.
- [22] S. I. Sezer, G. Elidolu, E. Akyuz, and O. Arslan, "An integrated risk assessment modelling for cargo manifold process on tanker ships under FMECA extended Dempster-Shafer theory and rule-based Bayesian network approach," *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 174, pp. 340-352, Jun. 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.04.024>.
- [23] E. Akyuz and E. Celik, "A fuzzy DEMATEL method to evaluate critical operational hazards during gas freeing process in crude oil tankers," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 38, pp. 243-253, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.jlp.2015.10.006.
- [24] F. Gao, "An integrated risk analysis method for tanker cargo handling operation using the cloud model and DEMATEL method," *Ocean Engineering*, vol. 266, part 4, 2022, Art. no. 113021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2022.113021.
- [25] G. Elidolu, E. Uflaz, M. Aydin, E. Celik, E. Akyuz, and O. Arslan, "Numerical risk analysis of gas freeing process in oil/chemical tanker ships," *Ocean Engineering*, vol. 266, part 4, 2022, Art. no. 113082, doi: 10.1016/j.oceaneng.2022.113082.
- [26] C. Ewbank, S. Gupta, B. T. Stewart, A. L. Kushner, and A. Charles, "A systematic review of oil tanker truck disasters: Identifying prevention targets," *Burns*, vol. 45, no. 4, pp. 905-913, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.burns.2018.12.010.
- [27] Ö. Uğurlu, "Analysis of fire and explosion accidents occurring in tankers transporting hazardous cargoes," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 55, pp. 1-11, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.ergon.2016.06.006.
- [28] E. Planas, E. Pastor, J. Casal, and J. M. Bonilla, "Analysis of the boiling liquid expanding vapor explosion (BLEVE) of a liquefied natural gas road tanker: The Zarzalico accident," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 34, pp. 127-138, Mar. 2015, doi: 10.1016/j.jlp.2015.01.026.
- [29] P. A. Duong, B. R. Ryu, J. Jung, and H. Kang, "Comparative analysis on vapor cloud dispersion between LNG/liquid NH<sub>3</sub> leakage on the ship to ship bunkering for establishing safety zones," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 85, pp. 105-167, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.jlp.2023.105167.
- [30] Y. Wang et al., "Determination of refuge places for oil tankers in emergencies in the Chinese Bohai Sea," *Marine Policy*, vol. 90, pp. 95-104, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.marpol.2018.01.002.

- [31] M. B. Zaman, E. Kobayashi, N. Wakabayashi, and A. Maimun, "Development of risk based collision (RBC) model for tanker ship using AIS data in the malacca straits," *Procedia Earth and Planetary Science*, vol. 14, pp. 128–135, 2015, doi: 10.1016/j.proeps.2015.07.093.
- [32] B. Chu and D. Chang, "Effect of full-bore natural gas release on fire and individual risks: A case study for an LNG-Fueled ship," *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, vol. 37, pp. 234-247, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.jngse.2016.11.043.
- [33] J. R. P. Osses, V. M. Palma, C. A. Reusser, and J. Contreras, "Emissions assessment of a tanker in a chilean port using bi-directional cold ironing integrated to LNG," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 52, part B, Aug. 2022, Art. no. 102135, doi: 10.1016/j.seta.2022.102135.
- [34] Y. Zengin et al., "Fire disaster caused by LPG tanker explosion at Lice in Diyarbakır (Turkey): July 21, 2014," *Burns*, vol. 41, no. 6, pp. 1347-1352, Sep. 2015, doi: 10.1016/j.burns.2015.02.002.
- [35] P. Kumar, "Fire disaster following LPG tanker explosion at Chala in Kannur (Kerala, India): August 27, 2012," *Burns*, vol. 39, no. 7, pp. 1479-1487, Nov. 2013, doi: 10.1016/j.burns.2013.04.004.
- [36] R. S. Al-Rasheed and N. Aljerian, "Liquefied natural gas tanker truck explosion," in *Liquefied Natural Gas Tanker Truck Explosion*, G. Ciottono Ed., 3rd ed., Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2023, pp. 847-848.
- [37] O. H. Sawyer and A. H. Roberts, "Fuel tanker fire disaster - South Sudan experience," *Burns*, vol. 44, no. 5, pp. 1235-1239, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.burns.2018.02.006.
- [38] P. Burgherr, "In-depth analysis of accidental oil spills from tankers in the context of global spill trends from all sources," *J. Hazard. Mater.*, vol. 140, no. 1–2, pp. 245–256, 2007, doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.07.030.
- [39] N. Bariha, M. I. Mani, and V. C. Srivastava, "Fire and explosion hazard analysis during surface transport of liquefied petroleum gas (LPG): A case study of LPG truck tanker accident in Kannur, Kerala, India," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 40, pp. 449-460, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.jlp.2016.01.020.
- [40] S. Lee, S. Seo, and D. Chang, "Fire risk comparison of fuel gas supply systems for LNG fuelled ships," *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, vol. 27, part 3, pp. 1788-1795, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.jngse.2015.11.003.
- [41] J. Wang, Y. Zhou, L. Zhuang, L. Shi, and S. Zhang, "Study on the critical factors and hot spots of crude oil tanker accidents," *Ocean & Coastal Management*, vol. 217, 2022, Art. no. 106010, doi: 10.1016/j.ocecoaman.2021.106010.
- [42] J. A. Fay, "Model of spills and fires from LNG and oil tankers," *J. Hazard. Mater.*, vol. 96, no. 2-3, pp. 171-188, 2023, doi: 10.1016/S0304-3894(02)00197-8.
- [43] R. Cao, Z. Rong, H. Chen, Y. Liu, L. Mu, and X. Lv, "Modeling the long-term transport and fate of oil spilled from the 2021 A Symphony tanker collision in the Yellow Sea, China: Reliability of the stochastic simulation," *Ocean Modelling*, vol. 186, Dec. 2023, Art. no. 102285, doi: 10.1016/j.ocemod.2023.102285.
- [44] C. Xie et al., "Research on quantitative risk assessment of fuel leak of LNG-fuelled ship during lock transition process," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 221, May 2022, Art. no. 108368, doi: 10.1016/j.ress.2022.108368.
- [45] M. Celik, "Enhancement of occupational health and safety requirements in chemical tanker operations: The case of cargo explosion," *Safety Science*, vol. 48, no. 2, pp. 195-203, Feb. 2010, doi: 10.1016/j.ssci.2009.08.004.
- [46] T. Liu, C. Ding, H. Feng, M. Grifoll, and Q. Lin, "Risk evaluation for oil tanker berthing and handling operations using the improved DEMATEL-ISM approach," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 86, Dec. 2023, Art. no. 105182, doi: 10.1016/j.jlp.2023.105182.

- [47] J. Li and Z. Huang, "Fire and explosion risk analysis and evaluation for LNG ships," *Procedia Eng.*, vol. 45, pp. 70-76, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.08.123.
- [48] J. Chen, W. Zhang, S. Li, F. Zhang, Y. Zhu, and X. Huang, "Identifying critical factors of oil spill in the tanker shipping industry worldwide," *Journal of Cleaner Production*, vol. 180, pp. 1–10, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.238.
- [49] O. Durukan, E. Akyuz, O. Destanoğlu, Y. Arslanoglu, and S. I. Sezer, "Quantitative HAZOP and D-S evidence theory-fault tree analysis approach to predict fire and explosion risk in inert gas system on-board tanker ship," *Ocean Engineering*, vol. 308, 2024, Art. no. 118274, doi: 10.1016/j.oceaneng.2024.118274.
- [50] G. Psarros, R. Skjong, and E. Vanem, "Risk acceptance criterion for tanker oil spill risk reduction measures," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 62, no. 1, pp. 116-127, Jan. 2011, doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.09.003.
- [51] B. O. Ceylan and M. S. Celik, "Operational risk assessment of marine boiler plant for on-board systems safety," *Applied Ocean Research*, vol. 144, Art. no. 103914, 2024, doi: 10.1016/j.apor.2024.103914.
- [52] O. Bayazit and M. Kaptan, "Evaluation of the risk of pollution caused by ship operations through bow-tie-based fuzzy Bayesian network," *Journal of Cleaner Production*, vol. 382, 2023, Art. no. 135386, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.135386.
- [53] A. C. Kuzu, "Application of fuzzy DEMATEL approach in maritime transportation: A risk analysis of anchor loss," *Ocean Engineering*, vol. 273, 2023, Art. no. 113786, doi: 10.1016/j.oceaneng.2023.113786.
- [54] K. Woloszyk, F. Goerlandt, and J. Montewka, "A framework to analyse the probability of accidental hull girder failure considering advanced corrosion degradation for risk-based ship design," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 251, Nov. 2024, Art. no. 110336, doi: 10.1016/j.ress.2024.110336.
- [55] B. Kim, Y. Kim, H. Yang, T. Kim, and J. Kim, "Analysis of turning ability of large tankers with and without bulbous bow in calm sea and waves," *Applied Ocean Research*, vol. 148, Jul. 2024, Art. no. 104002, doi: 10.1016/j.apor.2024.104002.
- [56] E. A. Tannuri, F. G. S. Torres, H. Igreja, and I. Q. Masetti, "FPSO and monobuoy offloading operation with a conventional shuttle tanker: dimensioning of tugboat based on numerical simulation," *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 42, no. 18, pp. 134-139, 2009, doi: 10.3182/20090916-3-BR-3001.0031.
- [57] L. Brzozowska, "Modelling the propagation of smoke from a tanker fire in a built-up area," *Science of The Total Environment*, vol. 472, pp. 901-911, 2014, doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.130.
- [58] X. Ju, C. V. Amaechi, B. Dong, X. Meng, and J. Li, "Numerical analysis of fishtailing motion, buoy kissing and pullback force in a catenary anchor leg mooring (CALM) moored tanker system," *Ocean Engineering*, vol. 278, 2023, Art. no. 114236, doi: 10.1016/j.oceaneng.2023.114236.
- [59] W. Shen, J. Hu, L. Liu, and H. Chen, "Operability analysis and line failure risk assessment for a tanker moored at berth," *Ocean Engineering*, vol. 300, 2024, Art. no. 117439, doi: 10.1016/j.oceaneng.2024.117439.
- [60] J. M. Rodrigues, A. P. Teixeira, and C. Guedes Soares, "Probabilistic analysis of the hull-girder still water loads on a shuttle tanker in full load condition, for parametrically distributed collision damage spaces," *Mar. Struct.*, vol. 44, pp. 101-124, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.marsruc.2015.08.002.
- [61] G. Wang, J. S. Spencer, S. Saidarasamoot, S. Thuanboon, D. L. Olson, and B. Mishra, "Tanker Corrosion," in *Handbook of Environmental Degradation of Materials*, M. Kutz Ed., Norwich, NY, USA: William Andrew Inc., 2005, ch.25, pp. 523-545, 2005.
- [62] G. Wang, J. S. Spencer, S. Saidarasamoot, S. Thuanboon, D. L. Olson, and B. Mishra, "Tanker corrosion," in *Handbook of Environmental Degradation of Materials*, M. Kutz Ed., 2nd ed., Amsterdam, Netherlands, 2012, ch.26, pp. 799-832.

- [63] J. Hsu, “Tanker surge raises risk of oil spills,” *New Scientist*, vol. 260, no. 3459, p. 8, 2023, doi: 10.1016/S0262-4079(23)01851-1.
- [64] D. Han, B. Shen, W. Zhou, X. Zhang, and Q. Li, “The study of tanker semi-trailer’s steering stability on the fluid-structure interaction,” *Procedia Environ. Sci.*, vol. 12, part. B, pp. 1082-1088, 2012, doi: 10.1016/j.proenv.2012.01.391.
- [65] A. Roy and M. Chakraborty, “Effects of ship emissions on Asian haze pollution, health, and IMO strategies,” *Societal Impacts*, vol. 3, 2024, Art. no. 100055, doi: 10.1016/j.socimp.2024.100055.
- [66] C. Gong, D. M. Frangopol, and M. Cheng, “Risk-based decision-making on corrosion delay for ship hull tankers,” *Engineering Structures*, vol. 212, 2020, Art. no. 110455, doi: 10.1016/j.engstruct.2020.110455.
- [67] C. Gong, D. M. Frangopol, and M. Cheng, “Risk-based life-cycle optimal dry-docking inspection of corroding ship hull tankers,” *Engineering Structures*, vol. 195, pp. 559–567, 2019, doi: 10.1016/j.engstruct.2019.05.063.
- [68] Ş. Şanlıer, “Should chemical tankers’ tank cleaning waters be banned from discharging into the sea?,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 58, pp. 14–21, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.trd.2017.11.005.
- [69] Y. Garbatov, “Risk-based corrosion allowance of oil tankers,” *Ocean Engineering*, vol. 213, 2020, Art. no. 107753, doi: 10.1016/j.oceaneng.2020.107753.
- [70] S. I. Sezer, G. Camliyurt, M. Aydin, E. Akyuz, and P. Gardoni, “A bow-tie extended D-S evidence-HEART modelling for risk analysis of cargo tank cracks on oil/chemical tanker,” *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 237, pp. 109-346, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.ress.2023.109346.
- [71] B. Jeong, B. S. Lee, and P. Zhou, “Quantitative risk assessment of fuel preparation room having high-pressure fuel gas supply system for LNG fuelled ship,” *Ocean Engineering*, vol. 137, pp. 450-468, 2017, doi: 10.1016/j.oceaneng.2017.04.002.
- [72] Y. Shao, H. Kang, Y. Lee, G. Królczyk, P. Gardoni, and Z. X. Li, “A preliminary risk assessment on development the fuel gas supply system of a small LNG fueled fishing ship,” *Ocean Engineering*, vol. 258, p. 111645, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.oceaneng.2022.111645.
- [73] S. I. Sezer, B. O. Ceylan, E. Akyuz, and O. Arslan, “D-S evidence based FMECA approach to assess potential risks in ballast water system (BWS) on-board tanker ship,” *Journal of Ocean Engineering and Science*, 2022, doi: 10.1016/j.joes.2022.06.040.
- [74] Q. Zhou and T. V. Vinh, “Fuzzy and grey theories in failure mode and effect analysis for tanker equipment failure prediction,” *Safety Science*, vol. 83, pp. 74-79, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.ssci.2015.11.013.
- [75] M. Stopford, “Shipping risks risky ships: Thoughts on the approach to market forecasting for tankers,” *Fuel Energy Abstracts*, vol. 36, no. 5, p. 328, Sep. 1995, doi: 10.1016/0140-6701(95)96336-B.
- [76] A. M. P. Santos and C. G. Soares, “Cost optimization of shuttle tanker offloading operations,” *Ocean Engineering*, vol. 301, 2024, Art. no. 117378, doi: 10.1016/j.oceaneng.2024.117378.
- [77] M. G. Kavussanos and D. N. Dimitrakopoulos, “Market risk model selection and medium-term risk with limited data: Application to ocean tanker freight markets,” *International Review of Financial Analysis*, vol. 20, no. 5, pp. 258-268, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.irfa.2011.05.007.
- [78] P. J. Ajith, T. B. Raju, R. Gupta, and N. Kulshrestha, “Volatility in tanker freight markets,” *Case Studies on Transport Policy*, vol. 12, Jun. 2023, Art. no. 100993, doi: 10.1016/j.cstp.2023.100993.
- [79] X. Bai and J. S. L. Lam, “Freight rate co-movement and risk spillovers in the product tanker shipping market: A copula analysis,” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 149, May 2021, Art. no. 102315, doi: 10.1016/j.tre.2021.102315.

- [80] A. W. Siddiqui and M. Verma, "A conditional value-at-risk based methodology to intermediate-term planning of crude oil tanker fleet," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 113, pp. 405-418, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.cie.2017.09.021.
- [81] M. Celik, S. Cebi, C. Kahraman, and I. D. Er, "An integrated fuzzy QFD model proposal on routing of shipping investment decisions in crude oil tanker market," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 3, part 2, pp. 6227-6235, Apr. 2009, doi: 10.1016/j.eswa.2008.07.031.
- [82] W. K. Talley, "Determinants of the property damage costs of tanker accidents," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 4, no. 6, pp. 413-426, Nov. 1999, doi: 10.1016/S1361-9209(99)00020-6.
- [83] D. F. Koza, S. Ropke, and A. B. Molas, "The liquefied natural gas infrastructure and tanker fleet sizing problem," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 99, pp. 96-114, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.tre.2017.01.003.
- [84] J. I. Havold, "Safety culture and safety management aboard tankers," *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 95, no. 5, pp. 511-519, May 2010, doi: 10.1016/j.ress.2010.01.002.
- [85] Q. Zhou, Y. D. Wong, H. S. Loh, and K. F. Yuen, "A fuzzy and Bayesian network CREAM model for human reliability analysis – The case of tanker shipping," *Safety Science*, vol. 105, pp. 149-157, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.ssci.2018.02.011.
- [86] Q. Zhou et al., "An enhanced CREAM with stakeholder-graded protocols for tanker shipping safety application," *Safety Science*, vol. 95, pp. 140-147, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.ssci.2017.02.014.
- [87] E. Akyuz and M. Celik, "A methodological extension to human reliability analysis for cargo tank cleaning operation on board chemical tanker ships," *Safety Science*, vol. 75, pp. 146-155, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.ssci.2015.02.008.
- [88] M. R. Martin and M. C. Maturana, "Application of Bayesian Belief networks to the human reliability analysis of an oil tanker operation focusing on collision accidents," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 110, pp. 89-109, Feb. 2013, doi: 10.1016/j.ress.2012.09.008.
- [89] E. Uflaz, S. I. Sezer, E. Akyuz, O. Arslan, and R. E. Kurt, "A human reliability analysis for ship to ship LNG bunkering process under D-S evidence fusion HEART approach," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 80, Dec. 2022, Art. no. 104887, doi: 10.1016/j.jlp.2022.104887.
- [90] E. Akyuz and M. Celik, "A hybrid human error probability determination approach: The case of cargo loading operation in oil/chemical tanker ship," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 43, pp. 424-431, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.jlp.2016.06.020.
- [91] S. Bicen and M. Celik, "A hybrid approach to near-miss report investigation towards next-generation safety solutions on-board ships," *Ocean Engineering*, vol. 266, part 1, 2022, Art. no. 112768, doi: 10.1016/j.oceaneng.2022.112768.
- [92] G. Elidolu, S. I. Ahn, S. I. Sezer, R. E. Kurt, E. Akyuz, P. Gardoni, "Applying evidential reasoning extended SPAR-H modelling to analyse human reliability on crude oil tanker cargo operation," *Safety Science*, vol. 164, Aug. 2023, Art. no. 106169, doi: 10.1016/j.ssci.2023.106169.
- [93] E. Akyuz, M. Celik, I. Akgun, and K. Cicek, "Prediction of human error probabilities in a critical marine engineering operation on-board chemical tanker ship: The case of ship bunkering," *Safety Science*, vol. 110, part A, pp. 102-109, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.ssci.2018.08.002.
- [94] E. Akyuz, "Quantification of human error probability towards the gas inerting process on-board crude oil tankers," *Safety Science*, vol. 80, pp. 77-86, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.ssci.2015.07.018.

- [95] S. Kočár, K. Hollá, A. Ďaďová, and J. Gaňa, “The use of mixed reality scenarios for training crisis managers and emergency responders in an ADR tanker accident,” *Transportation Research Procedia*, vol. 74, pp. 1452–1457, 2023, doi: 10.1016/j.trpro.2023.11.304.
- [96] A. W. Siddiqui, H. Sarhadi, and M. Verma, “A robust optimization approach to risk-averse routing of marine crude oil tankers,” *Computers & Industrial Engineering*, vol. 175, Jan. 2020, Art. no. 108878, doi: 10.1016/j.cie.2022.108878.
- [97] L. S. Tùng, H. T. M. Nguyệt, N. T. An, và L. N. Anh, “Xây dựng mô hình dự báo rủi ro trong vận chuyển đường biển,” *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải*, số 68, 11. 2021.