



Nghiên cứu đề xuất mô hình e-navigation Việt Nam

Research to propose Vietnam e-navigation model

Kang Hyun Jin¹, Phan Văn Hưng^{2,*}

¹Viện Đào tạo Sau Đại học, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

²Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Từ khóa:

TÓM TẮT

E-navigation

An toàn an ninh hàng hải

Bảo vệ môi trường biển

Quản lý hiệu quả hàng hải

Toàn cầu hóa và số hóa mạnh mẽ đặt ra yêu cầu cấp thiết về việc hiện đại hóa ngành hàng hải. E-navigation, một sáng kiến của Tổ chức Hàng hải Quốc tế(IMO), nổi lên như một giải pháp then chốt nhằm nâng cao an toàn, an ninh hàng hải, bảo vệ môi trường biển và hiệu quả vận tải. Việt Nam có bờ biển dài và vị trí địa chiến lược quan trọng, đang đối diện với lưu lượng tàu thuyền và hàng hóa gia tăng nên yêu cầu cấp bách số hóa để quản lý hiệu quả hoạt động hàng hải và hội nhập quốc tế. Nghiên cứu này đề xuất mô hình e-navigation phù hợp với điều kiện và bối cảnh của Việt Nam. Mô hình này xét đến các yếu tố về hạ tầng, công nghệ, nguồn nhân lực, thể chế và khả năng hội nhập quốc tế. Kết quả chỉ ra rằng mô hình e-navigation Việt Nam cần được xây dựng theo lộ trình, tích hợp các giải pháp ưu tiên của IMO như thiết kế thân thiện người dùng, báo cáo tự động hóa, nâng cao độ tin cậy của thông tin.

Keywords:

ABSTRACT

E-navigation

Maritime safety security

Marine Environment
Protection

Effective Maritime
Management

Globalization and rapid digitalization have created an urgent demand for the modernization of the maritime sector. E-navigation, an initiative launched by the International Maritime Organization (IMO), has emerged as a key solution to enhance maritime safety, security, environmental protection, and transport efficiency. Vietnam, with its long coastline and strategically important geopolitical position, is facing increasing volumes of vessel traffic and cargo. This situation necessitates a swift digital transformation to effectively manage maritime operations and support international integration. This study proposes an e-navigation model tailored to Vietnam's specific conditions and context. The model takes into account factors such as infrastructure, technology, human resources, institutional frameworks, and the country's capacity for global integration. The findings indicate that Vietnam's e-navigation model should be developed through a phased roadmap, incorporating IMO's prioritized solutions such as user-centered system design, automated reporting, and improved information reliability.

* Phan Văn Hưng. Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: phanvanhung@vamaru.edu.vn

<https://www.doi.org/10.55228/JTST140406>

Ngày nhận bài: 13/06/2025; Ngày nhận bài sửa: 7/7/2025; Ngày chấp nhận đăng: 7/7/2025

Ngày xuất bản trực tuyến: 15/7/2025

pISSN: 1859-4263; eISSN: 3030-4261

1. Giới thiệu

Ngành hàng hải toàn cầu đang trải qua một cuộc cách mạng kỹ thuật số sâu sắc. Trong bối cảnh đó, Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) đã khởi xướng và thúc đẩy chiến lược e-navigation từ năm 2006 [1], [2]. E-navigation được định nghĩa là "việc thu thập, tích hợp, trao đổi, trình bày và phân tích thông tin hàng hải trên tàu và trên bờ một cách hài hòa bằng phương tiện điện tử để tăng cường hàng hải từ cầu cảng đến cầu cảng và các dịch vụ liên quan vì sự an toàn và an ninh trên biển và bảo vệ môi trường biển" [3], [4], [5]. Mục tiêu cốt lõi của e-navigation là nâng cao an toàn, an ninh hàng hải, bảo vệ môi trường biển, giảm gánh nặng hành chính và tăng hiệu quả thương mại, vận tải biển thông qua việc ứng dụng công nghệ số và tự động hóa [2], [3], [4], [6]. Các giải pháp chính của e-navigation bao gồm thiết kế cầu lái hài hòa và thân thiện với người dùng, phương tiện báo cáo tiêu chuẩn hóa và tự động, kết nối dữ liệu mạnh mẽ và đáng tin cậy, hệ thống và dịch vụ cho Thông tin An toàn Hàng hải (MSI) và Dịch vụ Giao thông Tàu thuyền (VTS) [7], [8]. Việt Nam, với đường bờ biển dài hơn 3.260 km, vùng biển rộng lớn và vị trí địa lý chiến lược trên các tuyến hàng hải quốc tế, có vai trò quan trọng trong giao thương hàng hải khu vực và thế giới. Ngành hàng hải đóng góp đáng kể vào sự phát triển kinh tế - xã hội của đất nước. Việc áp dụng e-navigation không chỉ là xu thế tất yếu mà còn là yêu cầu cấp thiết để Việt Nam hiện đại hóa ngành hàng hải, nâng cao năng lực cạnh tranh và hội nhập sâu rộng vào chuỗi cung ứng toàn cầu.

Mặc dù nhận thức được tầm quan trọng của e-navigation, việc xây dựng và triển khai một chiến lược e-navigation toàn diện và hiệu quả tại Việt Nam vẫn còn đối mặt với nhiều thách thức. Hiện trạng ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý và vận hành hàng hải còn chưa đồng bộ, hạ tầng kỹ thuật (cả trên bờ và trên tàu) cần được đầu tư nâng cấp, nguồn nhân lực chất lượng cao còn thiếu, khung pháp lý và các tiêu chuẩn kỹ thuật cần được hoàn thiện để phù hợp với các quy định quốc tế và điều kiện thực tế của Việt Nam. Bên cạnh đó, các vấn đề về chi phí đầu tư, khả năng tương tác giữa các hệ thống, và đặc biệt là an ninh mạng cũng là những rào cản không nhỏ. Thiếu một chiến lược rõ ràng, đồng bộ và khả thi có thể dẫn đến việc triển khai e-navigation manh mún, kém hiệu quả, lãng

phí nguồn lực và không phát huy được tối đa lợi ích mà nó mang lại.

Các nghiên cứu trên thế giới về e-navigation rất phong phú, tập trung vào nhiều khía cạnh:

- Lợi ích và Thách thức: Nhiều nghiên cứu đã phân tích các lợi ích tiềm năng của e-navigation như cải thiện an toàn (giảm tai nạn do lỗi con người), tăng hiệu quả vận hành (tối ưu hóa tuyến đường, giảm thời gian chờ đợi), bảo vệ môi trường (giảm phát thải), và giảm gánh nặng hành chính (tự động hóa báo cáo) [9]. Đồng thời, các thách thức cũng được chỉ ra, bao gồm chi phí đầu tư ban đầu cao, yêu cầu về hạ tầng truyền thông tin cậy, vấn đề tiêu chuẩn hóa và khả năng tương tác, đào tạo nguồn nhân lực, và đặc biệt là các rủi ro về an ninh mạng [2], [4].

- Giải pháp Kỹ thuật: Các nghiên cứu kỹ thuật tập trung vào việc phát triển và thử nghiệm các công nghệ cụ thể như kiến trúc hệ thống, giao thức trao đổi dữ liệu (ví dụ: S-100 của IHO) [30], thiết kế giao diện người dùng (S-mode) [19], hệ thống định vị và thời gian chính xác (PNT), và các dịch vụ hàng hải số (Maritime Services Portfolio - MSP) [4], [8].

- Triển khai tại các quốc gia: Nhiều quốc gia và khu vực (như EU, Hàn Quốc, Na Uy) đã có những dự án và chiến lược triển khai e-navigation riêng, và các nghiên cứu đã phân tích kinh nghiệm, bài học từ các nỗ lực này [3], [10].

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về e-navigation còn tương đối hạn chế, chủ yếu tập trung vào:

- Giới thiệu khái niệm, lợi ích và các yêu cầu chung của e-navigation theo IMO [8];

- Phân tích thực trạng ứng dụng một số công nghệ cụ thể như AIS, VTS, ENC [4], [9].

Đề cập đến e-navigation trong các chiến lược phát triển ngành hàng hải hoặc các đề án liên quan đến chuyển đổi số và an toàn giao thông hàng hải.

Một số nghiên cứu bước đầu phân tích các dịch vụ hàng hải cụ thể trong bối cảnh e-navigation như hoa tiêu, lái dất.

Dựa trên tổng quan tài liệu, có thể thấy một số khoảng trống nghiên cứu chính cần được giải quyết để thúc đẩy việc phát triển chiến lược e-navigation tại Việt Nam:

- Phân tích tổng thể và hệ thống: Thiếu các nghiên cứu đánh giá một cách toàn diện và hệ thống về thực trạng năng lực (hạ tầng, công nghệ, nhân lực,

thể chế) của Việt Nam trong việc đáp ứng các yêu cầu của chiến lược e-navigation theo chuẩn IMO.

- Đánh giá tác động kinh tế - xã hội: Chưa có nhiều nghiên cứu định lượng hoặc định tính sâu về chi phí - lợi ích (cost-benefit analysis) và các tác động kinh tế - xã hội cụ thể của việc triển khai e-navigation đối với ngành hàng hải và nền kinh tế Việt Nam;

- Phân tích chính sách và thể chế: Cần có các nghiên cứu sâu hơn về khung pháp lý, chính sách hiện hành, xác định những điểm nghẽn và đề xuất các điều chỉnh cần thiết để tạo môi trường thuận lợi cho việc triển khai e-navigation;

- Mô hình triển khai phù hợp: Nghiên cứu về các mô hình, lộ trình và giải pháp ưu tiên phù hợp với điều kiện đặc thù của Việt Nam (về nguồn lực, trình độ công nghệ, cơ cấu đội tàu, đặc điểm luồng lạch, cảng biển) còn chưa nhiều;

- Vấn đề an ninh mạng: Khía cạnh an ninh mạng trong e-navigation, một yếu tố ngày càng quan trọng, chưa được nghiên cứu đầy đủ trong bối cảnh Việt Nam.

Tổng quan tài liệu cho thấy e-navigation là một xu thế tất yếu và mang lại nhiều lợi ích quan trọng cho ngành hàng hải toàn cầu [3], [9]. IMO đã xây dựng một khung chiến lược và kế hoạch triển khai tương đối rõ ràng. Việt Nam đã có những bước chuẩn bị ban đầu thông qua việc ứng dụng các công nghệ điện tử hàng hải và tham gia các công ước quốc tế. Tuy nhiên, để triển khai e-navigation một cách hiệu quả, Việt Nam cần xây dựng một chiến lược quốc gia toàn diện, dựa trên sự phân tích kỹ lưỡng về thực trạng, cơ hội, thách thức và các bài học kinh nghiệm quốc tế, đồng thời giải quyết các khoảng trống nghiên cứu đã được chỉ ra. Việc áp dụng các khung lý thuyết về khuếch tán đổi mới, chấp nhận công nghệ và lý thuyết hệ thống có thể cung cấp những góc nhìn hữu ích cho quá trình này.

2. Phương pháp nghiên cứu

Các dữ liệu thu thập được sẽ được phân tích bằng các phương pháp sau.

Phân tích nội dung: Các tài liệu được đọc kỹ, phân loại và mã hóa theo các chủ đề chính liên quan đến câu hỏi nghiên cứu, bao gồm: định nghĩa và cấu phần của e-navigation, lợi ích và thách thức, các tiêu chuẩn và công nghệ, thực trạng tại Việt Nam, các mô hình và kinh nghiệm quốc tế, yêu cầu về chính sách và nguồn lực.

Phân tích tổng hợp: Thông tin từ các nguồn khác nhau sẽ được đối chiếu, so sánh và tổng hợp để xác định các điểm tương đồng, khác biệt, các xu hướng chính và các khoảng trống kiến thức. Kết quả phân tích sẽ được sử dụng để xây dựng các luận điểm, đánh giá thực trạng và đề xuất mô hình e-navigation cho Việt Nam. Quá trình này bao gồm việc xác định các thành phần cần thiết của mô hình, mối quan hệ giữa các thành phần, và các yếu tố ảnh hưởng đến việc triển khai. Tiếp đến, tiến hành phân tích SWOT để đưa ra góc nhìn toàn diện về điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức đối với mô hình e-navigation được đề xuất. Mô hình nghiên cứu được miêu tả qua hình 1 sau đây.



Hình 1. Sơ đồ nghiên cứu.

3. Bối cảnh phát triển hàng hải Việt Nam

Các nghiên cứu gần đây đã cung cấp một bức tranh chi tiết về hiện trạng hệ thống cảng biển Việt Nam, tập trung vào cơ sở hạ tầng, năng lực, sản lượng, kế hoạch phát triển, và ứng dụng công nghệ. Việt Nam sở hữu một hệ thống cảng biển rộng lớn với 44 cảng biển chính và tổng cộng 320 cảng. Hệ thống cảng được phân loại thành cảng đặc biệt, cảng loại I, loại II và loại III dựa trên quy mô và chức năng. Các cảng đặc biệt như Lạch Huyện (Hải Phòng) và Cái Mép (Bà Rịa-Vũng Tàu) đóng vai trò là cửa ngõ quốc tế.

Sản lượng hàng hóa thông qua cảng biển Việt Nam đã tăng trưởng liên tục trong những năm gần đây. Năm 2021, tổng sản lượng đạt 706,13 triệu tấn. Đến năm 2023, con số này ước tính đạt 756,8 triệu tấn, và năm 2024 đạt 864,4 triệu tấn, tăng 14% so với năm 2023. Sản lượng container cũng tăng trưởng mạnh mẽ, đạt gần 24 triệu TEUs vào năm 2021, khoảng 24,7 triệu TEUs vào năm 2023, và tăng đáng kể lên 29,9 triệu TEUs vào năm 2024 (tăng 21% so với năm 2023). Cảng TP. Hồ Chí Minh

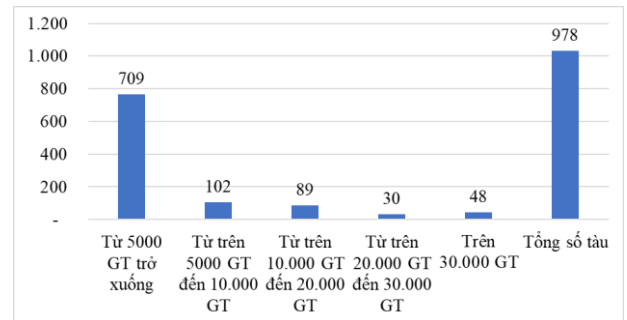
là cảng lớn nhất về sản lượng container, xếp thứ 20 trên thế giới vào năm 2021 với 8,9 triệu TEUs. Khu vực miền Nam chiếm phần lớn sản lượng hàng hóa thông qua cảng, khoảng 65% tổng sản lượng, tương đương 219,7 triệu tấn vào năm 2022.

Tuy nhiên, dù năng lực thiết kế của hệ thống cảng biển Việt Nam đạt 700-750 triệu tấn/năm vào năm 2022, tình trạng quá tải và tắc nghẽn vẫn xảy ra tại một số cảng lớn như Cát Lái (TP.HCM) và Hải Phòng, với công suất khai thác vượt quá 90% vào đầu năm 2024.

Bên cạnh việc mở rộng năng lực, Việt Nam cũng chú trọng đến việc tích hợp công nghệ và hiện đại hóa hệ thống cảng biển. Các khái niệm cảng thông minh (Smart Port), mô hình 3D digital twin, hệ thống cổng tự động, cần cầu bán tự động và điện khí hóa, ứng dụng AI trong nhận dạng ký tự quang học (OCR), và hệ thống điều hành cảng (TOS) như NAVIS N4 đang được triển khai. Cảng quốc tế Hateco Hải Phòng (HHIT) được xem là cảng thông minh đầu tiên của Việt Nam. Công nghệ 5G cũng được xem là yếu tố then chốt để thúc đẩy quá trình số hóa, nâng cao hiệu quả và an toàn hoạt động. Các nền tảng số hóa logistics như Vietnam Smarhub Logistics (VSL) cũng đang được phát triển để tối ưu hóa quy trình và nâng cao tính tương tác. Phát triển cảng xanh (Green Port) cũng là một xu hướng quan trọng, với các sáng kiến như điện khí hóa thiết bị, sử dụng sà lan thay thế xe tải, xây dựng hệ thống xử lý nước thải, và sử dụng điện bờ.

Tính đến tháng 12 năm 2024, tổng số tàu biển, phương tiện đăng ký trong Sổ đăng ký tàu biển quốc gia Việt Nam là 1490 tàu (tăng 3% so với cùng kỳ). Trong đó đội tàu biển là 1.430 tàu (còn lại là phương tiện khác), với tổng DWT khoảng 11,367 triệu tấn, tổng GT khoảng 6,8 triệu (trong đó tàu vận tải là 956 tàu với tổng DWT khoảng 10,5 triệu tấn, tổng GT khoảng 6,2 triệu), cơ cấu theo tổng dung tích được miêu tả ở Hình 2. Tuổi bình quân của đội tàu vận tải là 17,4, trong đó đội tàu chở hàng rời, tổng hợp: 660 tàu với tuổi trung bình 17,6; Tàu chở container: 43 tàu, tuổi trung bình 18,5; Tàu chở dầu, hóa chất: 164 tàu, tuổi trung bình 18,8; tàu chở khí hóa lỏng 21 tàu, tuổi trung bình 24,2; tàu chở khách: 66 tàu, tuổi trung bình 9,5. Đội tàu xếp hạng thứ 3 trong khu vực ASEAN và thứ 22 trên thế giới. Bên cạnh đó, đội tàu mang cờ quốc tịch nước ngoài thuộc sở hữu doanh

ng nghiệp Việt Nam là 212 tàu với 5,46 triệu DWT, bằng khoảng 22% về số lượng và bằng 46% tổng trọng tải đội tàu quốc gia.



Hình 2. Cơ cấu đội tàu VTB Việt Nam theo tổng dung tích.

Các nghiên cứu về quản lý chính sách hàng hải Việt Nam tập trung vào khung pháp lý, năng lực thực thi, cơ chế quản trị, an toàn, an ninh, và phát triển bền vững. Việt Nam đã xây dựng một khung pháp lý tương đối toàn diện cho quản lý hàng hải, thể hiện qua Luật Hàng hải Việt Nam 2015 và Luật Biển Việt Nam 2012. Khung pháp lý này bao gồm các quy định về an toàn hàng hải, an ninh, bảo vệ môi trường, điều kiện lao động, đăng ký và kiểm tra tàu biển, kiểm soát cảng biển, và quyền tự do hàng hải, hướng tới sự phù hợp với các công ước quốc tế như UNCLOS, SOLAS, MARPOL, ISM Code, và ISPS Code.

Đặc biệt, trong năm 2024, cơ quan quản lý nhà nước về hàng hải Việt Nam đã được cơ cấu lại theo định hướng, tinh gọn, hiệu lực hiệu quả. Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam được cơ cấu lại gồm, các Tổ chức giúp việc cho Cục trưởng, 02 Chi cục Hàng hải và Đường thủy (Chi cục Hàng hải và Đường thủy phía Bắc và Chi cục Hàng hải và Đường thủy phía Nam), các cảng vụ (18 cảng vụ Hàng hải và 04 cảng vụ Đường thủy) và cá đơn vị sự nghiệp trực thuộc.

Tuy nhiên, nguồn lực tài chính hạn chế, ảnh hưởng đến đầu tư phát triển và năng lực thực thi pháp luật trên biển, khoảng trống công nghệ và sự chùng chèo về chức năng, nhiệm vụ giữa các cơ quan, dẫn đến khó khăn trong phối hợp.

Hệ thống VTS (Vessel Traffic Services) tại Việt Nam là một thành phần quan trọng trong công tác đảm bảo an toàn hàng hải, điều tiết giao thông và bảo vệ môi trường biển. Được triển khai 12 hệ thống giám sát và điều phối giao thông hàng hải VTS đang được khai thác tại các khu vực: Hải Phòng, Thanh Hoá, Nghệ An, Hà Tĩnh, Đà Nẵng,

Quảng Ngãi, Quy Nhơn, TP.HCM, Đồng Nai, Kiên Giang, Cần Thơ và An Giang, hệ thống VTS cho phép giám sát, hướng dẫn và kiểm soát các hoạt động hàng hải trong vùng nước hạn chế, khu neo đậu, cảng biển và luồng hàng hải. VTS tại Việt Nam được trang bị các thiết bị hiện đại như radar hàng hải, hệ thống nhận dạng tự động (AIS), camera quan sát và trung tâm điều hành tích hợp, kết nối với các trạm bờ và trung tâm điều phối khu vực. Thông qua VTS, lực lượng quản lý hàng hải có thể cung cấp thông tin thời tiết, hướng dẫn điều động tàu, phòng ngừa tai nạn và ứng phó khẩn cấp hiệu quả. Tuy nhiên, hiện nay hệ thống VTS vẫn cần được nâng cấp về công nghệ, tích hợp dữ liệu số hóa và mở rộng vùng phủ sóng, đặc biệt tại các khu vực có mật độ giao thông cao. Việc nâng cao năng lực vận hành và đào tạo nhân sự VTS là một trong những ưu tiên của ngành hàng hải Việt Nam.

Nhu cầu phát triển E-Navigation ở Việt Nam xuất phát từ nhiều yếu tố.

Trước tiên là yêu cầu về tăng cường an toàn hàng hải. Sự gia tăng nhanh chóng của tàu thuyền đã dẫn đến nhiều hệ lụy. Thứ nhất, tình trạng ùn tắc hàng hải cục bộ thường xuyên xảy ra, đặc biệt vào mùa cao điểm hoặc khi thời tiết xấu. Thứ hai, áp lực lên hệ thống quản lý luồng tàu và thông tin hàng hải trở nên quá tải, khiến các trạm kiểm soát bờ biển khó theo kịp tốc độ thay đổi của tình huống thực tế. Thứ ba, nguy cơ tai nạn do lỗi con người như sai sót trong đánh giá khoảng cách, thông tin lạc hậu về điều kiện thời tiết, hoặc sự cố kỹ thuật trên tàu vẫn chiếm đến 70-80% nguyên nhân các vụ va chạm theo báo cáo của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO). Tất cả những yếu tố trên đã biến các khu vực này thành “vùng đỏ” về an toàn hàng hải, đòi hỏi giải pháp công nghệ tiên tiến để kiểm soát và dự phòng rủi ro. E-Navigation giúp giảm thiểu tai nạn hàng hải bằng cách cung cấp thông tin chính xác và kịp thời.

Hai là nhu cầu bảo vệ môi trường biển, một tài nguyên thiết yếu cho phát triển kinh tế và du lịch của Việt Nam, đòi hỏi các giải pháp giám sát và quản lý hiệu quả hơn. Hệ thống E-Navigation được xem là công cụ đột phá để quản lý và giám sát các hoạt động tàu thuyền. E-Navigation tích hợp công nghệ thông tin, truyền thông, và hệ thống giám sát tự động, giúp theo dõi chặt chẽ mọi tàu thuyền hoạt động trên vùng biển.

Ba là, việc tối ưu hóa hoạt động vận tải biển và hệ thống cảng biển đóng vai trò then chốt trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh của ngành hàng hải Việt Nam trên bản đồ khu vực và quốc tế. E-Navigation giúp số hóa và tự động hóa các quy trình như lập kế hoạch hành trình, theo dõi lộ trình, cập nhật thông tin hàng hải, liên lạc giữa tàu và bờ, từ đó giảm thiểu sai sót do yếu tố con người và tối ưu hóa thời gian hoạt động. Việc ứng dụng e-Navigation còn góp phần hiện đại hóa hệ thống quản lý nhà nước về hàng hải, đặc biệt là trong công tác giám sát, kiểm tra, phối hợp và ra quyết định.

Cuối cùng, việc tuân thủ các quy định và tiêu chuẩn quốc tế là một trong những động lực quan trọng thúc đẩy Việt Nam sớm triển khai và áp dụng e-Navigation vào thực tiễn ngành hàng hải. E-Navigation không chỉ là một xu hướng công nghệ mà còn dần trở thành một yêu cầu bắt buộc trong hệ thống quản trị hàng hải hiện đại. Các quy định liên quan đến tiêu chuẩn dữ liệu (như S-100), báo cáo điện tử, quản lý giao thông biển thông minh, và kết nối thông tin giữa tàu và bờ đang được quốc tế hóa, khiến cho việc áp dụng trở thành điều kiện tiên quyết để duy trì tư cách thành viên tích cực trong các hiệp định và tổ chức hàng hải toàn cầu.

Bên cạnh đó, việc triển khai e-navigation ở Việt Nam cũng đối diện với nhiều thách thức như: Thách thức lớn nhất là về nguồn lực tài chính, khi việc xây dựng một hệ thống E-Navigation toàn diện đòi hỏi một khoản đầu tư khổng lồ và bền vững trên nhiều vấn đề then chốt (cơ sở hạ tầng, nghiên cứu và phát triển, đào tạo nhân lực, chi phí vận hành, phân bổ nguồn lực). Thách thức thứ hai là sự phức tạp kỹ thuật và yêu cầu tích hợp nhiều hệ thống khác nhau, trong khi năng lực kỹ thuật trong nước còn hạn chế. Thách thức thứ ba là việc xây dựng khung pháp lý và quản trị phù hợp, đảm bảo sự phối hợp hiệu quả giữa nhiều cơ quan và bên liên quan. Và việc đảm bảo an ninh mạng và bảo vệ dữ liệu trong hệ thống E-Navigation là một thách thức không nhỏ trong bối cảnh các mối đe dọa an ninh mạng ngày càng phức tạp.

4. Đề xuất mô hình e-navigation Việt Nam

Dựa trên định nghĩa và các tài liệu chiến lược của IMO và các tổ chức liên quan [2, 3, 4, 6, 9], mô hình tổng thể của e-navigation có thể được khái niệm hóa như một hệ thống tích hợp gồm các lớp

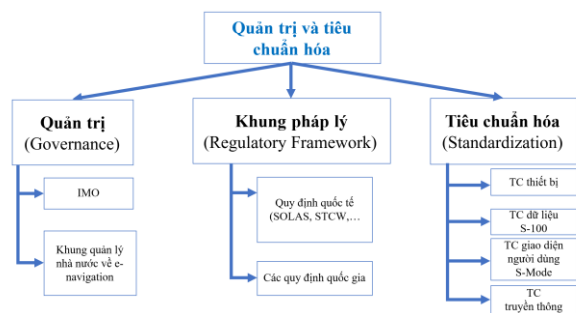
hoặc thành phần chính tương tác với nhau (Hình 3).



Hình 3. Mô hình e-navigation Việt Nam tổng thể.

(1) Lớp Quản trị và Tiêu chuẩn hóa

Lớp quản trị và tiêu chuẩn hóa là lớp quan trọng, then chốt để triển khai thực hiện chương trình e-navigation quốc gia (Hình 4).



Hình 4. Lớp Quản trị và tiêu chuẩn hóa.

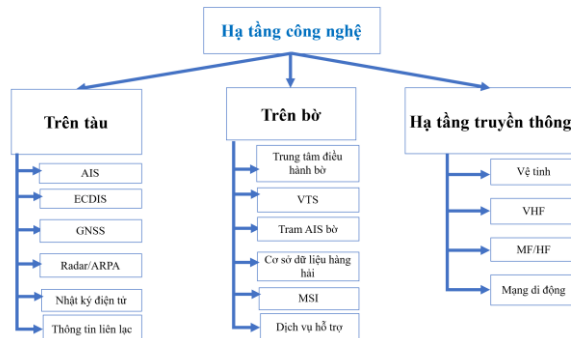
- **Quản trị (Governance):** IMO đóng vai trò là cơ quan quản trị tổng thể, thiết lập các tiêu chuẩn và quy định bắt buộc. Việc triển khai và thực thi diễn ra ở cấp độ khu vực, quốc gia hoặc địa phương trong khuôn khổ đó;

- **Khung pháp lý (Regulatory Framework):** Các quy định quốc tế (SOLAS, STCW) và quốc gia cần được cập nhật để phản ánh việc áp dụng e-navigation, bao gồm cả các vấn đề về trách nhiệm pháp lý và an ninh mạng;

- **Tiêu chuẩn hóa (Standardization):** Yếu tố then chốt để đảm bảo sự hài hòa và tương thích. Bao gồm tiêu chuẩn về dữ liệu (S-100 và các đặc tả sản phẩm liên quan), tiêu chuẩn về thiết bị, tiêu chuẩn về giao diện người dùng (S-Mode), và tiêu chuẩn về truyền thông.

(2) Lớp Hạ tầng Công nghệ

Lớp này gồm các khâu trên tàu, trên bờ và hạ tầng truyền thông (Hình 5).



Hình 5. Lớp Hạ tầng công nghệ.

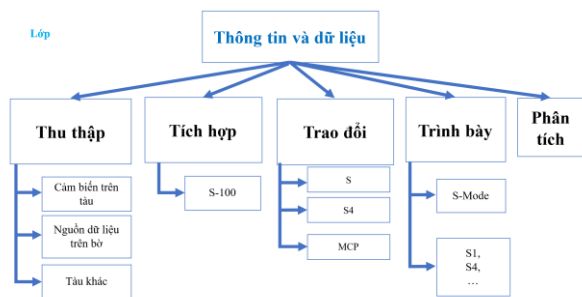
- **Trên tàu (Onboard):** Bao gồm các thiết bị điện tử hàng hải cốt lõi như Hệ thống Hiển thị Thông tin và Hải đồ Điện tử (ECDIS) sử dụng Hải đồ Điện tử (ENC) theo chuẩn S-57/S-100, Hệ thống Nhận dạng Tự động (AIS), Radar/ARPA, Hệ thống Định vị Toàn cầu (GNSS - ví dụ: GPS, GLONASS, Galileo), nhật ký điện tử, hệ thống thông tin liên lạc (ví dụ: GMDSS, VDES). Giải pháp S1 của IMO tập trung vào việc cải thiện thiết kế cầu lái hài hòa và thân thiện với người dùng để tích hợp hiệu quả các hệ thống này. Giải pháp S3 nhấn mạnh độ tin cậy, khả năng phục hồi và tính toàn vẹn của thiết bị và thông tin;

- **Trên bờ (Ashore):** Bao gồm các trung tâm điều hành bờ biển, Hệ thống Quản lý Giao thông Tàu thuyền (VTS), các trạm thu phát AIS bờ, cơ sở dữ liệu hàng hải quốc gia, hệ thống cung cấp thông tin an toàn hàng hải (MSI), dịch vụ hỗ trợ hoa tiêu, lai dất, và các cổng thông tin một cửa quốc gia. Giải pháp S5 tập trung vào cải thiện truyền thông danh mục dịch vụ VTS;

- **Hạ tầng Truyền thông:** Kết nối giữa tàu với tàu, tàu với bờ, và giữa các cơ quan trên bờ. Bao gồm các hệ thống vệ tinh, VHF, MF/HF, và tiềm năng là các mạng di động băng rộng. Hệ thống Trao đổi Dữ liệu VHF (VDES) được xem là một công nghệ truyền thông quan trọng cho e-navigation. Cần đảm bảo khả năng liên lạc hiệu quả và mạnh mẽ.

(3) Lớp Thông tin và Dữ liệu

Đây là cốt lõi của e-navigation, bao gồm toàn bộ vòng đời của thông tin hàng hải (Hình 6).



Hình 6. Lớp thông tin và dữ liệu.

- Thu thập (Collection): Từ các cảm biến trên tàu, các nguồn dữ liệu trên bờ (thủy đặc, khí tượng, VTS), và các tàu khác;
- Tích hợp (Integration): Kết hợp dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau thành một bức tranh hoạt động chung. Tiêu chuẩn S-100 đóng vai trò then chốt trong việc cho phép tích hợp dữ liệu đa dạng (hải đồ, dòng chảy, thời tiết, băng biển, v.v.) [4];
- Trao đổi (Exchange): Chia sẻ thông tin giữa tàu và bờ, giữa các tàu một cách chuẩn hóa và tự động. Giải pháp S2 (báo cáo chuẩn hóa và tự động) và S4 (tích hợp và trình bày thông tin đồ họa qua truyền thông) trực tiếp giải quyết vấn đề này [8]. Nền tảng Kết nối Hàng hải (Maritime Connectivity Platform - MCP) là một kiến trúc được đề xuất để hỗ trợ trao đổi dữ liệu an toàn và đáng tin cậy;
- Trình bày (Presentation): Hiển thị thông tin một cách rõ ràng, trực quan, không gây quá tải cho người dùng trên các hệ thống như ECDIS hoặc các màn hình tích hợp trên cầu lái (theo giải pháp S1 và S4). Chế độ hiển thị tiêu chuẩn (S-Mode) được đề xuất để chuẩn hóa giao diện [8];
- Phân tích (Analysis): Sử dụng thông tin đã tích hợp để hỗ trợ ra quyết định, ví dụ: cảnh báo nguy hiểm va chạm, tối ưu hóa tuyến đường, đánh giá rủi ro.

(4) Lớp Con người và Quy trình

- Người dùng (Users): Trong hệ thống e-Navigation, con người là trung tâm của mọi cải tiến

công nghệ và chính sách. Theo định hướng của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO), mục tiêu của e-Navigation không chỉ là hiện đại hóa các hệ thống thông tin trên biển mà còn là tăng cường khả năng nhận thức tình huống và hỗ trợ ra quyết định cho người dùng thực tế, bao gồm thuyền viên, nhà quản lý cảng, nhân viên VTS (Hệ thống giám sát tàu), hoa tiêu, công ty vận tải và các cơ quan quản lý chính phủ. Mỗi nhóm người dùng có đặc điểm, nhu cầu và thách thức riêng, đòi hỏi e-Navigation phải được thiết kế linh hoạt, dễ sử dụng và hướng đến con người;

- Quy trình Vận hành (Operational Procedures): Sự phát triển của e-Navigation không chỉ dựa vào công nghệ mà còn đòi hỏi phải thiết lập các quy trình vận hành tiêu chuẩn (SOP – Standard Operational Procedures) để đảm bảo sự thống nhất, an toàn và hiệu quả trong việc khai thác và sử dụng các hệ thống điện tử hàng hải. Trong môi trường vận tải biển hiện đại, nơi mà lượng dữ liệu trao đổi ngày càng lớn và phụ thuộc vào tự động hóa, việc chuẩn hóa các quy trình đóng vai trò then chốt trong việc bảo đảm dòng chảy thông tin được quản lý một cách có hệ thống, chính xác và đáng tin cậy;
- Đào tạo và Năng lực (Training and Competence): Yêu cầu về đào tạo và kỹ năng mới cho người dùng để vận hành hiệu quả các hệ thống e-navigation và quản lý luồng thông tin số.

5. Phân tích SWOT phát triển hệ thống e-navigation Việt Nam

Dựa trên mô hình e-navigation Việt Nam được đề xuất ở Mục 3, ma trận SWOT về mô hình e-navigation Việt Nam được thiết lập để xác định rõ các ưu điểm và hạn chế của hệ thống, đồng thời, đưa ra các định hướng chiến lược nhằm tối ưu hóa điểm mạnh và cơ hội, giảm thiểu thấp nhất các rủi ro và khắc phục điểm yếu.

Bảng 1. Phân tích ma trận SWOT mô hình e-navigation Việt Nam.

	Cơ hội (O)	Thách thức (T)
SWOT	1. Hướng lợi từ chuyển đổi số ngành logistics và giao thông vận tải. Nhà nước đang khuyến khích phát triển cảng thông minh, trung tâm logistics và tự động hóa – đây là cơ hội để tích hợp e-Navigation vào quy hoạch tổng thể.	1. Nguy cơ thiếu nhất quán và rủi ro phân mảnh. Nếu không có chiến lược tổng thể quốc gia, các giải pháp đã đề xuất có thể dẫn đến tình trạng mỗi đơn vị “làm riêng”, gây khó khăn trong tích hợp dữ liệu và vận hành liên thông.

2. Tận dụng nguồn vốn quốc tế và hợp tác khu vực. Các tổ chức như IMO, WB, JICA, KOICA đang hỗ trợ các dự án phát triển hệ thống hàng hải thông minh tại Đông Nam Á – Việt Nam có thể xin hỗ trợ kỹ thuật và tài chính.

3. Phát triển chuỗi dịch vụ hàng hải mới. Mô hình e-Navigation mở ra cơ hội phát triển các dịch vụ dữ liệu số hàng hải (hải đồ số, dự báo thời tiết, phân tích tuyến đường...), thu hút startup và doanh nghiệp công nghệ trong nước.

4. Tiếp cận thị trường hàng hải quốc tế. Nếu tích hợp thành công các tiêu chuẩn quốc tế (S-100, S-Mode, MCP...), Việt Nam có thể kết nối với mạng lưới hàng hải toàn cầu, nâng cao năng lực điều hành và uy tín hàng hải quốc gia.

2. An ninh mạng và rò rỉ dữ liệu. Hệ thống kết nối và truyền tải thông tin qua Internet, vệ tinh hoặc mạng AIS có thể bị tấn công mạng, ảnh hưởng đến an toàn hàng hải và thương mại.

3. Thiếu kinh phí và cam kết đầu tư dài hạn. Việc triển khai đồng bộ e-Navigation cần chi phí cao, đòi hỏi cam kết dài hạn của nhà nước và doanh nghiệp – điều này có thể bị ảnh hưởng bởi thay đổi chính sách hoặc thiếu nguồn lực.

4. Phụ thuộc công nghệ và tiêu chuẩn quốc tế. Việt Nam vẫn phải nhập khẩu phần lớn thiết bị, phần mềm và tiêu chuẩn kỹ thuật – dễ bị ảnh hưởng khi có thay đổi hoặc giới hạn từ nhà cung cấp nước ngoài.

Điểm mạnh (S)	Kết hợp S-O	Kết hợp S-T
<p>1. Mô hình linh hoạt và phù hợp với điều kiện Việt Nam. Mô hình đã đề xuất giúp tối ưu hóa theo từng khu vực cảng biển, phù hợp với sự khác biệt về cơ sở hạ tầng, luồng tàu, mức độ phát triển giữa miền Bắc, Trung và Nam. Cho phép lựa chọn công nghệ theo năng lực đầu tư của từng bên (VTS, cảng, công ty vận tải...).</p> <p>2. Mô hình tận dụng được hệ thống hiện có. Các hệ thống AIS, LRIT, VTS hiện hữu có thể được tích hợp dần vào mô hình e-Navigation, giúp giảm chi phí đầu tư ban đầu. Có thể triển khai thí điểm tại các cảng quốc tế lớn như Hải Phòng, Cái Mép – Thị Vải trước khi mở rộng.</p> <p>3. Mô hình khuyến khích sự tham gia của nhiều bên. Mô hình này tạo điều kiện để các doanh nghiệp tư nhân, đơn vị nghiên cứu, cơ quan nhà</p>	<p>S₁+O₁: Mô hình e-Navigation đa đề xuất, được tối ưu hóa theo từng khu vực cảng biển với sự khác biệt về cơ sở hạ tầng và mức độ phát triển, có thể tận dụng xu hướng chuyển đổi số mà Nhà nước đang khuyến khích. Việc tích hợp e-Navigation vào quy hoạch cảng thông minh và tự động hóa sẽ giúp các khu vực cảng biển miền Bắc, Trung, Nam phát triển đồng bộ với chiến lược quốc gia, từ đó nâng cao hiệu quả quản lý và vận hành.</p> <p>S₁+O₂: Sự linh hoạt trong lựa chọn công nghệ theo năng lực đầu tư của từng bên (VTS, cảng, công ty vận tải) tạo điều kiện thuận lợi để Việt Nam tiếp cận các nguồn vốn và hỗ trợ kỹ thuật từ các tổ chức quốc tế như IMO, WB, JICA, KOICA. Điều này giúp giảm gánh nặng tài chính và tăng cường khả năng triển khai các giải pháp phù hợp với từng khu vực.</p> <p>S₂+O₃: Việc tích hợp các hệ thống hiện hữu như AIS, LRIT, VTS vào mô hình e-Navigation không chỉ giảm chi phí đầu tư ban đầu mà còn mở ra cơ hội phát triển các dịch vụ dữ liệu số hàng hải như hải đồ số, dự báo thời tiết, và phân tích tuyến đường. Triển khai thí điểm tại các cảng lớn như Hải Phòng, Cái Mép – Thị Vải có thể trở thành nền tảng để thử nghiệm và mở rộng các dịch vụ này, thu hút các startup và doanh nghiệp công nghệ trong nước.</p>	<p>S₁+T₁: Mô hình e-Navigation được thiết kế linh hoạt, tối ưu hóa theo từng khu vực cảng biển với sự khác biệt về cơ sở hạ tầng và mức độ phát triển, có thể giúp giảm thiểu nguy cơ thiếu nhất quán nếu được triển khai với một chiến lược tổng thể quốc gia. Bằng cách điều chỉnh công nghệ theo năng lực đầu tư của từng bên (VTS, cảng, công ty vận tải), mô hình này có thể hạn chế tình trạng “mỗi đơn vị làm riêng”, tạo sự đồng bộ trong dài hạn nếu có sự phối hợp chặt chẽ từ cơ quan quản lý.</p> <p>S₁+T₃: Tính linh hoạt trong việc lựa chọn công nghệ theo năng lực đầu tư của từng khu vực và đơn vị giúp giảm áp lực tài chính ban đầu, đối phó với thách thức về thiếu kinh phí. Bằng cách triển khai theo từng giai đoạn và ưu tiên các khu vực trọng điểm, mô hình này có thể duy trì tiến độ ngay cả khi cam kết đầu tư dài hạn chưa đầy đủ, đồng thời tạo cơ sở để thuyết phục các nhà đầu tư về hiệu quả thực tế.</p> <p>S₂ + T₂: tích hợp các hệ thống hiện hữu như AIS, LRIT, VTS vào mô hình e-Navigation giúp giảm chi phí đầu tư ban đầu, nhưng cần đi đôi với các biện pháp tăng cường an ninh mạng. Bằng cách tận dụng cơ sở hạ tầng hiện có, Việt Nam có thể tập trung nguồn lực để đầu tư vào các giải pháp bảo mật, giảm thiểu rủi ro tấn công mạng và rò rỉ dữ liệu trong quá trình</p>

nước cùng tham gia triển khai, thử nghiệm và phát triển dịch vụ.

4. Mô hình phù hợp định hướng số hóa quốc gia. Hỗ trợ mục tiêu của Chiến lược chuyển đổi số ngành giao thông vận tải Việt Nam, thúc đẩy mô hình cảng biển thông minh và logistics tích hợp.

S₂+O₄: Bằng cách tích hợp các hệ thống hiện có vào mô hình e-Navigation, Việt Nam có thể từng bước đáp ứng các tiêu chuẩn quốc tế như S-100, S-Mode, MCP. Điều này không chỉ giúp kết nối với mạng lưới hàng hải toàn cầu mà còn nâng cao uy tín và năng lực điều hành hàng hải quốc gia, đặc biệt khi triển khai tại các cảng quốc tế lớn.

S₃+O₃: Mô hình e-Navigation tạo điều kiện cho các doanh nghiệp tư nhân, đơn vị nghiên cứu và cơ quan nhà nước cùng tham gia, phù hợp với xu hướng phát triển cảng thông minh và logistics tích hợp. Sự hợp tác đa bên này sẽ thúc đẩy việc chia sẻ nguồn lực, ý tưởng và công nghệ, từ đó đẩy nhanh quá trình chuyển đổi số trong ngành giao thông vận tải.

S₃+O₄: Sự tham gia của nhiều bên, từ doanh nghiệp tư nhân đến cơ quan nhà nước, tạo ra một mạng lưới đối tác tiềm năng để hợp tác với các tổ chức quốc tế. Điều này giúp Việt Nam dễ dàng tiếp cận các dự án hỗ trợ kỹ thuật và tài chính từ IMO, WB và các tổ chức khu vực, đồng thời tăng cường năng lực triển khai e-Navigation thông qua chia sẻ kinh nghiệm và chuyên môn.

S₄+O₃: Mô hình e-Navigation hỗ trợ Chiến lược chuyển đổi số ngành giao thông vận tải Việt Nam, tạo nền tảng để phát triển các dịch vụ hàng hải số hóa. Các dịch vụ như hải đồ số và dự báo thời tiết không chỉ nâng cao an toàn hàng hải mà còn mở ra thị trường mới cho các doanh nghiệp công nghệ trong nước, góp phần vào mục tiêu số hóa quốc gia.

S₄+O₄: Việc triển khai e-Navigation theo định hướng số hóa quốc gia giúp Việt Nam từng bước hội nhập với các tiêu chuẩn hàng hải toàn cầu. Khi đạt được sự tích hợp với các tiêu chuẩn như S-100 và MCP, Việt Nam có thể nâng cao vị thế trên thị trường quốc tế, thu hút các đối tác và tăng cường khả năng cạnh tranh trong ngành vận tải biển

truyền tải thông tin qua Internet hoặc vệ tinh.

S₂+T₄: Dù việc sử dụng các hệ thống hiện có giúp giảm chi phí, Việt Nam vẫn đối mặt với nguy cơ phụ thuộc vào thiết bị và tiêu chuẩn quốc tế. Để giảm thiểu thách thức này, việc triển khai thí điểm tại các cảng lớn như Hải Phòng, Cái Mép – Thị Vải có thể được sử dụng như bước thử nghiệm để phát triển năng lực nội địa, từng bước giảm sự phụ thuộc thông qua hợp tác và chuyển giao công nghệ.

S₃+T₁: Mô hình e-Navigation tạo điều kiện cho các doanh nghiệp tư nhân, đơn vị nghiên cứu và cơ quan nhà nước cùng tham gia, nhưng điều này cũng có thể dẫn đến tình trạng phân mảnh nếu thiếu sự điều phối. Điểm mạnh này có thể được tận dụng để xây dựng các cơ chế hợp tác chặt chẽ giữa các bên, đảm bảo rằng mọi giải pháp triển khai đều tuân theo một khuôn khổ chung, giảm thiểu rủi ro thiếu nhất quán.

S₃+T₂: Sự tham gia của nhiều bên, từ doanh nghiệp tư nhân đến cơ quan nhà nước, có thể được tận dụng để xây dựng các liên minh công nghệ nhằm tăng cường bảo mật hệ thống e-Navigation. Các bên có thể cùng chia sẻ nguồn lực và chuyên môn để phát triển các biện pháp bảo vệ dữ liệu, đối phó với nguy cơ tấn công mạng trong bối cảnh hệ thống kết nối ngày càng mở rộng.

S₄+T₃: Sự phù hợp của mô hình e-Navigation với Chiến lược chuyển đổi số ngành giao thông vận tải Việt Nam là một lợi thế để thu hút sự hỗ trợ từ chính phủ và các tổ chức quốc tế, qua đó giảm bớt áp lực về kinh phí. Bằng cách gắn kết e-Navigation với các mục tiêu số hóa quốc gia, mô hình này có thể được ưu tiên trong các kế hoạch đầu tư công, đảm bảo cam kết dài hạn từ các bên liên quan.

S₄+T₄: Việc triển khai e-Navigation theo định hướng số hóa quốc gia giúp Việt Nam hội nhập với các tiêu chuẩn quốc tế, nhưng cũng đặt ra thách thức về sự phụ thuộc vào công nghệ nhập khẩu. Để giảm thiểu rủi ro này, Việt Nam có thể tận dụng định hướng số hóa để xây dựng các chương trình nghiên cứu và phát triển nội địa, từng bước làm chủ công nghệ và

giảm sự phụ thuộc vào nhà cung cấp nước ngoài.

Điểm yếu (W)	Kết hợp W-O	Kết hợp W-T
<p>1. Thiếu sự đồng bộ về cơ sở hạ tầng và dữ liệu. Chênh lệch lớn giữa các khu vực về mức độ hiện đại của hệ thống giám sát, truyền dẫn dữ liệu, và chất lượng hải đồ số. Một số khu vực chưa có bản đồ chuẩn S-100, gây khó khăn trong tích hợp và phân tích.</p> <p>2. Thiếu tiêu chuẩn hóa và pháp lý cụ thể. Chưa có quy chuẩn quốc gia về giao tiếp số giữa tàu – bờ hoặc định dạng dữ liệu tích hợp. Hạn chế trong việc triển khai các giải pháp như VDES, MCP do thiếu hành lang pháp lý và tần số vô tuyến chuyên dụng.</p> <p>3. Nguồn nhân lực chưa sẵn sàng. Nhiều sĩ quan hàng hải và nhân viên bờ chưa quen với hệ thống điện tử tích hợp. Thiếu chương trình đào tạo chính quy về e-Navigation trong các học viện hàng hải.</p> <p>4. Khó quản lý tính thống nhất khi áp dụng đa mô hình. Việc mỗi khu vực hoặc đơn vị triển khai một giải pháp riêng có thể dẫn đến khó khăn trong tích hợp tổng thể và quản lý dữ liệu tập trung.</p>	<p>W₁+O₁: Điểm yếu về sự chênh lệch lớn giữa các khu vực trong mức độ hiện đại của hệ thống giám sát, truyền dẫn dữ liệu và chất lượng hải đồ số (chưa có bản đồ chuẩn S-100 ở một số khu vực) có thể được giải quyết thông qua việc tận dụng nguồn vốn và hỗ trợ kỹ thuật từ các tổ chức quốc tế như IMO, WB, JICA, KOICA. Các dự án phát triển hệ thống hàng hải thông minh tại Đông Nam Á do các tổ chức này tài trợ có thể giúp Việt Nam đầu tư nâng cấp cơ sở hạ tầng, đồng bộ hóa dữ liệu và triển khai các tiêu chuẩn quốc tế như S-100, từ đó giảm bớt khoảng cách phát triển giữa các khu vực.</p> <p>W₂+O₄: Điểm yếu về việc chưa có quy chuẩn quốc gia cho giao tiếp số giữa tàu – bờ, định dạng dữ liệu tích hợp, cũng như hành lang pháp lý cho các giải pháp như VDES, MCP, có thể được cải thiện thông qua cơ hội tiếp cận thị trường hàng hải quốc tế. Bằng cách tích hợp các tiêu chuẩn quốc tế như S-100, S-Mode, MCP, Việt Nam không chỉ nâng cao năng lực điều hành mà còn có động lực để xây dựng các khung pháp lý và tiêu chuẩn hóa phù hợp với thông lệ toàn cầu, từ đó tạo nền tảng vững chắc cho việc triển khai e-Navigation và kết nối với mạng lưới hàng hải quốc tế.</p> <p>W₃+O₁: Điểm yếu về việc nhiều sĩ quan hàng hải và nhân viên bờ chưa quen với hệ thống điện tử tích hợp, cùng với thiếu chương trình đào tạo chính quy về e-Navigation, có thể được khắc phục thông qua xu hướng chuyển đổi số mà Nhà nước đang khuyến khích. Các chương trình phát triển cảng thông minh và tự động hóa trong ngành logistics và giao thông vận tải có thể đi kèm với các sáng kiến đào tạo nhân lực, giúp nâng cao kỹ năng công nghệ thông tin và khả năng sử dụng các hệ thống e-Navigation cho đội ngũ lao động, từ đó đáp ứng nhu cầu hiện đại hóa ngành.</p> <p>W₄+O₃: Điểm yếu về việc mỗi khu vực hoặc đơn vị triển khai một giải pháp riêng, dẫn đến khó khăn trong tích hợp</p>	<p>W₁+T₁: Sự chênh lệch lớn giữa các khu vực về mức độ hiện đại của hệ thống giám sát, truyền dẫn dữ liệu và chất lượng hải đồ số (chưa có bản đồ chuẩn S-100 ở một số khu vực) có thể làm trầm trọng thêm nguy cơ thiếu nhất quán trong triển khai e-Navigation. Nếu không có chiến lược tổng thể quốc gia, tình trạng thiếu đồng bộ này dễ dẫn đến việc mỗi đơn vị áp dụng các giải pháp riêng lẻ, gây khó khăn trong tích hợp dữ liệu và vận hành liên thông giữa các khu vực.</p> <p>W₁+T₃: Điểm yếu về cơ sở hạ tầng không đồng bộ, đặc biệt là sự thiếu hụt các hệ thống hiện đại ở một số khu vực, đòi hỏi nguồn vốn lớn để nâng cấp và chuẩn hóa. Điều này trở thành một vấn đề nghiêm trọng hơn khi kết hợp với thách thức về thiếu kinh phí và cam kết đầu tư dài hạn, vì các thay đổi chính sách hoặc thiếu nguồn lực có thể làm gián đoạn quá trình đồng bộ hóa, kéo dài thời gian triển khai e-Navigation.</p> <p>W₂+T₄: Việc chưa có quy chuẩn quốc gia về giao tiếp số giữa tàu – bờ, định dạng dữ liệu tích hợp, hay hành lang pháp lý cho các giải pháp như VDES, MCP, khiến Việt Nam dễ bị ảnh hưởng bởi sự phụ thuộc vào công nghệ và tiêu chuẩn quốc tế. Khi phải nhập khẩu phần lớn thiết bị và phần mềm, sự thiếu hụt khung pháp lý trong nước có thể làm gia tăng rủi ro khi có thay đổi hoặc giới hạn từ các nhà cung cấp nước ngoài, gây chậm trễ trong triển khai.</p> <p>W₂+T₁: Điểm yếu về thiếu tiêu chuẩn hóa và khung pháp lý cụ thể có thể làm trầm trọng thêm nguy cơ phân mảnh trong triển khai e-Navigation. Nếu không có các quy chuẩn chung, mỗi khu vực hoặc đơn vị có thể tự phát triển các giải pháp riêng mà không tương thích với nhau, dẫn đến khó khăn trong việc tích hợp dữ liệu và vận hành hệ thống trên phạm vi quốc gia.</p> <p>W₃+T₂: Việc nhiều sĩ quan hàng hải và nhân viên bờ chưa quen với hệ thống điện tử tích hợp, cùng với thiếu chương trình đào tạo chính quy về e-Navigation,</p>

tổng thể và quản lý dữ liệu tập trung, có thể được giảm thiểu thông qua cơ hội phát triển các dịch vụ dữ liệu số hàng hải như hải đồ số, dự báo thời tiết, và phân tích tuyến đường. Các dịch vụ này, khi được phát triển bởi các startup và doanh nghiệp công nghệ trong nước, có thể đóng vai trò như cầu nối kỹ thuật, hỗ trợ chuẩn hóa dữ liệu và tích hợp hệ thống giữa các khu vực, từ đó tăng cường tính thống nhất trong triển khai e-Navigation.

làm gia tăng nguy cơ về an ninh mạng. Một lực lượng lao động chưa được đào tạo đầy đủ có thể không nhận thức đầy đủ về các mối đe dọa mạng hoặc không biết cách xử lý các lỗ hổng bảo mật, khiến hệ thống kết nối qua Internet, vệ tinh hoặc mạng AIS dễ bị tấn công và rò rỉ dữ liệu.

W₃+T₃: Điểm yếu về nguồn nhân lực chưa sẵn sàng đòi hỏi đầu tư lớn vào đào tạo và nâng cao kỹ năng, nhưng thách thức về thiếu kinh phí và cam kết đầu tư dài hạn có thể hạn chế khả năng thực hiện các chương trình đào tạo cần thiết. Nếu không có nguồn lực tài chính ổn định, việc chuẩn bị đội ngũ nhân sự cho e-Navigation sẽ bị chậm trễ, ảnh hưởng đến hiệu quả triển khai tổng thể.

W₄+T₁: Điểm yếu về việc mỗi khu vực hoặc đơn vị triển khai một giải pháp riêng, gây khó khăn trong tích hợp tổng thể và quản lý dữ liệu tập trung, trực tiếp làm gia tăng nguy cơ phân mảnh. Nếu không có một chiến lược tổng thể quốc gia để điều phối, tình trạng thiếu nhất quán này sẽ trở thành một rào cản lớn, khiến hệ thống e-Navigation không thể hoạt động hiệu quả trên phạm vi toàn quốc.

W₄+T₄: Việc áp dụng đa mô hình mà không có sự thống nhất có thể làm gia tăng sự phụ thuộc vào các công nghệ và tiêu chuẩn quốc tế, vì mỗi đơn vị có thể chọn các giải pháp khác nhau từ các nhà cung cấp nước ngoài. Điều này không chỉ làm phức tạp hóa việc tích hợp hệ thống mà còn khiến Việt Nam dễ bị ảnh hưởng bởi các thay đổi hoặc giới hạn từ các nhà cung cấp, làm tăng rủi ro trong triển khai e-Navigation.

Phân tích trên cho thấy các điểm mạnh của mô hình e-Navigation Việt Nam, từ tính linh hoạt, khả năng tận dụng hệ thống hiện có, đến sự phù hợp với định hướng số hóa quốc gia, đều có thể kết hợp hiệu quả với các cơ hội như chuyển đổi số, nguồn vốn quốc tế, và tiếp cận thị trường toàn cầu. Sự kết hợp này không chỉ giúp tối ưu hóa nguồn lực mà còn tạo động lực để Việt Nam phát triển ngành hàng hải theo hướng hiện đại và bền vững. Các điểm mạnh của mô hình e-Navigation Việt Nam, như tính linh hoạt, khả năng tận dụng hệ thống

hiện có, và sự phù hợp với định hướng số hóa quốc gia, có thể được sử dụng để đối phó với các thách thức như thiếu kinh phí, nguy cơ phân mảnh, an ninh mạng, và sự phụ thuộc vào công nghệ quốc tế. Tuy nhiên, để đạt hiệu quả, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa các bên liên quan và một chiến lược triển khai tổng thể nhằm giảm thiểu rủi ro và tối ưu hóa nguồn lực. Các điểm yếu của mô hình e-Navigation Việt Nam, từ thiếu đồng bộ cơ sở hạ tầng, tiêu chuẩn hóa pháp lý, đến hạn chế về nhân lực và quản lý thống nhất, đều có thể được giảm thiểu

thông qua việc tận dụng các cơ hội như nguồn vốn quốc tế, xu hướng chuyển đổi số, phát triển dịch vụ hàng hải mới, và hội nhập thị trường toàn cầu. Tuy nhiên, để đạt hiệu quả, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa các bên liên quan và các chiến lược triển khai cụ thể nhằm tối ưu hóa các cơ hội này. Các điểm yếu của mô hình e-Navigation Việt Nam, như thiếu đồng bộ cơ sở hạ tầng, tiêu chuẩn hóa pháp lý, nguồn nhân lực chưa sẵn sàng, và khó khăn trong quản lý thống nhất, có thể làm gia tăng các thách thức như nguy cơ phân mảnh, an ninh mạng, thiếu kinh phí, và sự phụ thuộc vào công nghệ quốc tế. Để giảm thiểu tác động, cần xây dựng các chiến lược tổng thể, ưu tiên đầu tư vào các lĩnh vực trọng điểm và tăng cường phối hợp giữa các bên liên quan nhằm khắc phục các điểm yếu và đối phó với thách thức một cách hiệu quả.

6. Giải pháp phát triển e-navigation Việt Nam

Để phát triển hiệu quả e-navigation Việt Nam, cần triển khai đồng bộ các giải pháp sau:

- Xây dựng và ban hành Chiến lược quốc gia về e-navigation: Xác định rõ tầm nhìn, mục tiêu, lộ trình, các giải pháp ưu tiên và phân công trách nhiệm cụ thể cho các bộ, ngành, địa phương và doanh nghiệp;
- Ưu tiên đầu tư nâng cấp hạ tầng: Tập trung nguồn lực đầu tư công và khuyến khích đầu tư tư nhân vào hạ tầng thông tin liên lạc băng thông rộng ven biển và ngoài khơi, hệ thống định vị và giám sát hiện đại, các trung tâm dữ liệu và quản lý giao thông biển (VTM);
- Hoàn thiện khung pháp lý và tiêu chuẩn: Rà soát, sửa đổi, bổ sung các quy định pháp luật hàng hải, ban hành các tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia hài hòa với tiêu chuẩn IMO, IHO, đặc biệt là về trao đổi dữ liệu, an toàn thông tin và dịch vụ hàng hải điện tử;
- Phát triển nguồn nhân lực: Đổi mới chương trình đào tạo tại các trường đại học, cao đẳng hàng hải; tổ chức các khóa tập huấn, bồi dưỡng về công nghệ và quy trình e-navigation cho sĩ quan, thuyền viên, kiểm soát viên VTS và cán bộ quản lý;
- Thúc đẩy nghiên cứu và phát triển (R&D): Khuyến khích các hoạt động R&D về công nghệ và ứng dụng e-navigation phù hợp với điều kiện Việt Nam;
- Tăng cường hợp tác quốc tế: Chủ động tham gia các diễn đàn, chương trình của IMO, IHO và các tổ chức quốc tế khác; học hỏi kinh nghiệm và tranh

thủ hỗ trợ kỹ thuật, tài chính từ các đối tác quốc tế. Việc thực hiện đồng bộ các giải pháp trên góp phần nâng cao an toàn hàng hải, bảo vệ môi trường và thúc đẩy phát triển kinh tế biển của Việt Nam.

7. Kết luận

Nghiên cứu đã hệ thống hóa khái niệm, lợi ích và các cấu phần của e-navigation theo chuẩn mực quốc tế, đồng thời phân tích bối cảnh và nhu cầu của Việt Nam. Kết quả chính cho thấy việc xây dựng một mô hình e-navigation Việt Nam toàn diện, tích hợp hạ tầng kỹ thuật, dịch vụ số, khung pháp lý và nguồn nhân lực là yêu cầu cấp thiết để Việt Nam hiện đại hóa ngành hàng hải, nâng cao an toàn, an ninh và hiệu quả kinh tế biển. Mô hình này cần được triển khai theo lộ trình, ưu tiên các giải pháp cốt lõi của IMO như chuẩn hóa thiết bị, tự động hóa báo cáo và tăng cường độ tin cậy thông tin, đồng thời giải quyết các thách thức về đầu tư, công nghệ, nhân lực và thể chế. Sự hài hòa hóa với tiêu chuẩn quốc tế, tích hợp hệ thống, số hóa dịch vụ và đảm bảo an ninh mạng là những xu hướng chủ đạo cần được chú trọng.

Về lý luận, nghiên cứu làm rõ việc áp dụng các lý thuyết quan hệ quốc tế, thể chế và đổi mới vào bối cảnh phát triển e-navigation tại một quốc gia đang phát triển như Việt Nam.

Về thực tiễn, nghiên cứu đề xuất một khung mô hình e-navigation tổng thể đầu tiên cho Việt Nam, cung cấp cơ sở khoa học cho việc hoạch định chính sách, xây dựng chiến lược quốc gia, định hướng đầu tư và phát triển nguồn nhân lực, góp phần thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong ngành hàng hải Việt Nam.

Tuyên bố không xung đột lợi ích và cam kết bản quyền

Tác giả tuyên bố không xuất hiện những xung đột tiềm ẩn từ nghiên cứu này, và cam kết bài báo chưa từng được công bố trước đây.

Chia sẻ dữ liệu theo yêu cầu

Dữ liệu sẽ được cung cấp theo yêu cầu.

Lời cảm ơn

Các tác giả xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp, các nhà khoa học đã hỗ trợ thực hiện nghiên cứu này.

^{1st} Kang Hyun Jin. *Viện Đào tạo Sau Đại học, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam*

^{2nd} Phan Văn Hưng*. *Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam*

*Corresponding author:
phanvanhung@vamaru.edu.vn

Tài liệu tham khảo

- [1] International Maritime Organization, "Strategy for the development and implementation of e-navigation (MSC 85/26/Add.1, annex 20)," [Online]. Available: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/eNavigation.aspx>. [Accessed: Mar. 04, 2025].
- [2] H. Kim and S. Lee, "A Survey on the status of Marine IT Industrial environment for e-navigation SQA – focusing on Korean domestic companies," *Int. J. E-Navig. Marit. Econ.*, vol. 5, pp. 32–44, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.enavi.2016.12.003.
- [3] D. Breton, J. Barry, and L. Vandehei, "Improving Canada's Marine Navigation System through e-Navigation," *Int. J. E-Navig. Marit. Econ.*, vol. 4, pp. 23–30, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.enavi.2016.06.003.
- [4] D. Giglio, V. Palma, and A. Tei, "Evaluating the operational and economic impact of the introduction of S-100 and e-Navigation within shipping companies," *Case Stud. Transp. Policy*, vol. 19, p. 101331, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.cstp.2024.101331.
- [5] A. Hahn, "Test Bed for Safety Assessment of New e-Navigation Systems," *Int. J. E-Navig. Marit. Econ.*, vol. 1, pp. 14–28, Dec. 2014, doi: 10.1016/j.enavi.2014.12.003.
- [6] K.-I. Kim, J. S. Jeong, and G.-K. Park, "Development of a Gridded Maritime Traffic DB for e-Navigation," *Int. J. E-Navig. Marit. Econ.*, vol. 1, pp. 39–47, Dec. 2014, doi: 10.1016/j.enavi.2014.12.005.
- [7] J.-M. Mou, C. Zhou, Y. Du, and W.-M. Tang, "Evaluate VTS benefits: A case study of Zhoushan Port," *Int. J. E-Navig. Marit. Econ.*, vol. 3, pp. 22–31, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.enavi.2015.12.003.
- [8] A. Hahn, A. Bolles, M. Fränzle, S. Fröschle, and J. Hyoung Park, "Requirements for e-Navigation Architectures," *Int. J. E-Navig. Marit. Econ.*, vol. 5, pp. 1–20, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.enavi.2016.12.001.
- [9] C.-S. Lee, M.-H. Wang, and C.-H. Huang, "Performance Verification Mechanism for Adaptive Assessment e-Platform and e-Navigation Application," *Int. J. E-Navig. Marit. Econ.*, vol. 2, pp. 47–62, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.enavi.2015.06.005.
- [10] K. An, "E-navigation Services for Non-SOLAS Ships," *Int. J. E-Navig. Marit. Econ.*, vol. 4, pp. 13–22, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.enavi.2016.06.002.
- [11] Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam, Tổng hợp báo cáo số liệu hàng hóa thông qua cảng biển Việt Nam các năm 2020–2024, 2024.