

YẾU TỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN SỰ PHÁT TRIỂN MÔ HÌNH E-NAVIGATION VIỆT NAM SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP FUZZY-AHP CẢI TIẾN

FACTORS IMPACTING THE DEVELOPMENT OF VIETNAM E-NAVIGATION MODEL USING IMPROVED FUZZY-AHP METHOD

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

*Email liên hệ: phanvanhung@vimaru.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.2025.i84.879>

Tóm tắt

Nghiên cứu này phân tích các yếu tố tác động đến sự phát triển mô hình e-Navigation tại Việt Nam trong bối cảnh hội nhập quốc tế và chuyển đổi số ngành hàng hải. Bốn nhóm yếu tố chính được xem xét gồm: chính sách, xã hội, kinh tế và công nghệ. Bằng cách áp dụng phương pháp Fuzzy-AHP cải tiến, nghiên cứu đã lượng hóa mức độ quan trọng tương đối của từng yếu tố, đồng thời đánh giá chi tiết các tiêu chí phụ. Kết quả cho thấy Công nghệ (0,309-0,315) và Chính sách (0,264-0,270) là hai nhóm yếu tố có trọng số cao nhất, đóng vai trò then chốt trong giai đoạn hiện nay. Các yếu tố xã hội và kinh tế tuy có trọng số thấp hơn nhưng vẫn là nền tảng hỗ trợ cần thiết. Ngoài ra, ở cấp độ tiêu chí cụ thể, bố trí nguồn lực, quy trình pháp luật và chi phí thực hiện nổi lên như những vấn đề ưu tiên hàng đầu. Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học để hoạch định lộ trình phát triển e-Navigation tại Việt Nam theo hướng hiệu quả, bền vững và phù hợp với xu thế toàn cầu.

Từ khóa: e-Navigation, Fuzzy-AHP, chính sách, công nghệ, Việt Nam.

Abstract

This study analyzes the key factors influencing the development of an e-Navigation model in Vietnam within the context of international integration and digital transformation in the maritime sector. Four major groups of factors policy, social, economic, and technological were examined. By applying the improved Fuzzy-AHP method, the research quantified the relative importance of each factor and assessed detailed sub-criteria. Results indicate that Technology (0.309-0.315) and Policy (0.264-0.270) are the most critical factors at the current stage, while social and economic aspects remain important supportive

foundations. At the sub-criteria level, resource allocation, legal procedures, and implementation costs emerged as the top priorities. The findings provide a scientific basis for planning Vietnam's e-Navigation development roadmap in a sustainable and internationally aligned manner.

Keywords: e-Navigation, Fuzzy-AHP, policy, technology, Vietnam.

1. Mở đầu

E-Navigation, sáng kiến do Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) khởi xướng, được xem là một giải pháp chiến lược nhằm nâng cao an toàn, an ninh hàng hải, bảo vệ môi trường biển và tối ưu hóa hiệu quả khai thác vận tải biển [1], [2]. Trong bối cảnh hội nhập quốc tế sâu rộng, việc xây dựng và triển khai mô hình E-Navigation tại Việt Nam là một yêu cầu cấp thiết, gắn liền với nhiều yếu tố tác động đa chiều từ chính sách, xã hội, kinh tế đến công nghệ.

Về chính sách, Việt Nam đang trong tiến trình hội nhập quốc tế mạnh mẽ, cần tuân thủ các tiêu chuẩn và khuyến nghị toàn cầu của IMO liên quan đến E-Navigation, như mô hình dữ liệu S-100, báo cáo điện tử và quản lý giao thông thông minh [3]. Điều này đòi hỏi một khuôn khổ pháp lý đồng bộ, cơ chế quản lý hiện đại và chiến lược quốc gia phù hợp, vừa đảm bảo tính tuân thủ, vừa đáp ứng nhu cầu thực tiễn trong nước.

Ở khía cạnh xã hội, sự phát triển nhanh chóng của ngành hàng hải Việt Nam, với lưu lượng vận tải biển tăng trưởng 8-10% mỗi năm, kéo theo những áp lực lớn về an toàn, nhu cầu nâng cao năng lực giám sát, quản lý giao thông và đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao. Yếu tố con người, đặc biệt là năng lực của thuyền viên và cán bộ quản lý, đóng vai trò quyết định trong hiệu quả triển khai E-Navigation.

Xét về kinh tế, biển Việt Nam đóng góp hơn 20% GDP và 15-20% tổng doanh thu du lịch, đồng thời hệ thống cảng biển là mắt xích quan trọng trong chuỗi

cung ứng toàn cầu [4]. Tuy nhiên, các thách thức về tắc nghẽn luồng tuyến, chi phí vận hành cao và năng lực cạnh tranh hạn chế của cảng biển Việt Nam đang đặt ra yêu cầu cấp bách về số hóa, tự động hóa và áp dụng các giải pháp E-Navigation nhằm nâng cao hiệu quả khai thác, giảm thiểu chi phí và rủi ro.

Cuối cùng, về công nghệ, xu thế chuyển đổi số và sự phát triển mạnh mẽ của các giải pháp công nghệ thông tin - truyền thông (ICT), trí tuệ nhân tạo (AI), dữ liệu lớn (Big Data) và hệ thống cảm biến đang mở ra cơ hội lớn để Việt Nam ứng dụng vào quản lý hàng hải thông minh. Tuy nhiên, hạn chế về hạ tầng kỹ thuật, mức độ sẵn sàng của các hệ thống và yêu cầu về tính đồng bộ trong tích hợp công nghệ vẫn là những thách thức cần vượt qua.

Tổng hòa các yếu tố chính sách, xã hội, kinh tế và công nghệ nêu trên tạo nên bức tranh toàn diện về động lực cũng như thách thức đối với việc phát triển mô hình E-Navigation tại Việt Nam. Do đó, việc xác định, phân tích và lượng hóa tầm quan trọng của từng yếu tố bằng các phương pháp khoa học, điển hình là phương pháp Fuzzy-AHP cải tiến, là cần thiết để hỗ trợ hoạch định chiến lược triển khai hiệu quả và bền vững.

Nghiên cứu này hướng tới việc xây dựng một khung đánh giá phân cấp nhằm xác định các yếu tố tác động chính đến sự phát triển mô hình E-Navigation tại Việt Nam, tập trung vào bốn nhóm: chính sách, xã hội, kinh tế và công nghệ. Thông qua phương pháp Fuzzy-AHP cải tiến, các yếu tố được lượng hóa về mức độ ưu tiên, qua đó cung cấp căn cứ khoa học để đề xuất chiến lược triển khai theo lộ trình phù hợp với điều kiện trong nước và xu hướng quốc tế.

2. Khung lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khung lý thuyết

E-Navigation được nhìn nhận như một hệ thống tích hợp, trong đó các yếu tố chính sách, xã hội, kinh tế và công nghệ có quan hệ tương tác và tác động qua lại.

Chính sách: Bao gồm hệ thống pháp lý, chuẩn mực quốc tế (IMO, IALA), và định hướng chiến lược quốc gia.

Xã hội: Tập trung vào năng lực nguồn nhân lực, văn hóa an toàn, và mức độ chấp nhận công nghệ của cộng đồng hàng hải.

Kinh tế: Liên quan đến chi phí đầu tư, lợi ích kinh tế, năng lực cạnh tranh của đội tàu và cảng biển.

Công nghệ: Bao gồm hạ tầng ICT, hệ thống cảm

biến, dữ liệu số, và khả năng tích hợp công nghệ mới (AI, Big Data, IoT).

Khung lý thuyết được xây dựng trên cơ sở các nghiên cứu trước đây và hướng dẫn của IMO về lộ trình triển khai E-Navigation, nhằm phản ánh đầy đủ bối cảnh Việt Nam và xu thế toàn cầu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

F-AHP là phương pháp mở rộng của AHP dùng để giải quyết một cách hiệu quả tính mờ của dữ liệu liên quan đến việc ra quyết định. F-AHP giúp người ra quyết định dễ dàng hơn trong việc đưa ra quyết định và F-AHP có thể xử lý cả dữ liệu định tính lẫn định lượng trong quyết định đa tiêu chí. F-AHP có thể giảm bớt hoặc thậm chí là loại trừ tính “mờ” và sự mơ hồ cố hữu trong những vấn đề ra quyết định mà có thể tác động đến độ chính xác của các đánh giá trong phương pháp AHP truyền thống. Các đánh giá định tính dựa vào cảm giác và suy nghĩ chủ quan của con người thường không rõ ràng, không chắc chắn mà lại được biểu diễn bằng các con số so sánh cặp cứng nhắc thì quả là không hợp lý cho lắm. Thay vào đó, nếu đưa ra một khoảng cố định để đánh giá thì có vẻ hợp lý hơn.

Để tránh những thất bại khác nhau khi xác định độ chính xác mới của các đặc tính gần đúng và mơ hồ của các vấn đề ra quyết định, Lotfi A. Zadeh (1965) [5] lần đầu tiên đề xuất về việc khái quát hóa lý thuyết tập chuẩn thành các tập mờ, định hướng tính hợp lý của tính không chắc chắn do tính mơ hồ (Kahraman et al., 2004) [6]. Trong nghiên cứu này, phương pháp F-AHP được phát hiện sẽ được sử dụng để tìm hệ số trọng lượng cuối cùng cho các tiêu chí cụ thể của nhiên liệu thay thế.

Quy trình phân tích thứ bậc (AHP), một công cụ ra quyết định đa tiêu chí (MCDM) lần đầu tiên được giới thiệu bởi by Saaty (1987)[7] và đã được sử dụng để giải quyết các vấn đề ra quyết định đa tiêu chí trong các lĩnh vực khác nhau như chính trị, kinh tế xã hội, kiểm soát khoa học, lập kế hoạch, phân bổ nguồn lực, tối ưu hóa,... [6], [8]. Sử dụng cấu trúc phân cấp có hệ thống, các tiêu chí ước lượng phức tạp có thể được trình bày rõ ràng và chắc chắn (Chou et al., 2001) [9]. Ngoài ra, AHP còn được tích hợp nhiều kỹ thuật khác nhau như chương trình tuyến tính, triển khai hàm số lượng, logic mờ,...(Saaty & Vargas, 2001) [10]. Vì vậy, để đạt được mục tiêu mong muốn một cách tốt hơn, cần kết hợp lợi ích của tất cả các phương pháp. Trong trường hợp này, một số học giả đã kết hợp lý thuyết mờ với phương pháp AHP để xử lý ma trận so sánh mờ (Chang, 1996) [11, p. 96].

2.3. Số mờ và phạm vi tổng hợp mờ

Tập mờ là một lớp các đối tượng có các cấp giá trị liên tục nằm trong khoảng từ 0 đến 1. Tư cách thành viên hoàn toàn không phải là thành viên được biểu thị bằng 0 và tư cách thành viên hoàn toàn là 1. Các giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 1 thuộc về các tập mờ (Zadeh, 1965) [5]. Số mờ η trên R là số mờ hình tam giác (TFN) có 3 điểm nếu hàm thành viên của η .

Giá trị của phương pháp mờ được coi là một giá trị ngôn ngữ mà các giá trị xác định được chuyển đổi thành số mờ theo định nghĩa ở Bảng 1.

Bảng 1. Phản hồi ngôn ngữ và biểu đồ chuyển đổi tỷ lệ mờ [12]

Thang đo ngôn ngữ	Thang đo TFN	Thang đổi ứng TFN
Mức trung gian	(1,1,1)	(1,1,1)
Tầm quan trọng ngang nhau	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)
Ít quan trọng	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)
Quan trọng	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)
Rất quan trọng	(2,5/2,3)	(1/3,2/5,1/2)
Hoàn toàn quan trọng	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)

Công thức Fuzzy AHP

Các bước sử dụng FAHP trong phạm vi FAHP Các bước sử dụng FAHP trong phạm vi FAHP được Chang giới thiệu ban đầu như sau.

Cho $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ là một tập đối tượng và $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ là một mục tiêu được đặt ra. Sau đó, từng đối tượng được lấy và thực hiện phân tích mức độ cho từng mục tiêu tương ứng. Do đó, có thể nhận được giá trị phân tích mức độ m cho từng mục tiêu bằng các dấu hiệu sau:

$$M_{g_1}^1, M_{g_2}^2, \dots, M_{g_i}^i, i = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

Trong đó $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) là các số mờ hình tam giác và g_i là số tương ứng với mục tiêu.

Bước 1. Giá trị phạm vi tổng hợp mờ đối với đối tượng thứ i được xác định như sau:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \times \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

Để có được $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ thực hiện phép cộng mờ của các giá trị phân tích phạm vi m cho một ma trận cụ thể, chẳng hạn như:

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (3)$$

Và nghịch đảo của vectơ trong phương trình. (3) được tính là:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4)$$

Bước 2. Vì M_1, M_2 là hai số mờ tam giác nên khả năng xảy ra $M_1 = (l_1, m_1, u_1) \leq M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ được định nghĩa là (Kahraman et al., 2004) [6]:

$$V(M_1 \leq M_2) = \sup_{x \leq y} \left[\min(\mu_{m_1}(x), \mu_{m_2}(y)) \right] \quad (5)$$

$$V(M_1 \leq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_1 \leq m_2 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (6)$$

Trong đó d là tọa độ của điểm giao nhau cao nhất giữa μ_{M_1} và μ_{M_2} , và hgt là cao. Các số M_1 và M_2 nên được so sánh tính toán cả hai, giá trị $V(M_1 \leq M_2)$ và $V(M_1 \geq M_2)$.

Bước 3. Mức độ khả năng của số mờ lớn hơn k mờ M_i ($i = 1, 2, \dots, k$) số có thể được xác định bởi:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \\ &\geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, 3, \dots, k. \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{Giả sử: } d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k): \quad k = 1, 2, \dots, n; k \neq i. \quad (8)$$

Và sau đó vectơ trọng số được cho bởi:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (9)$$

Trong đó A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là n phần tử.

Bước 4. Thông qua quá trình chuẩn hóa, các vectơ trọng số đã chuẩn hóa là:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (10)$$

Với w là số không mờ.

2.4. Cải tiến Fuzzy-AHP

Cải tiến trong phương pháp nghiên cứu này tập trung vào: Thay thế TFN (TFN đơn giản nhưng không bắt trọn độ do dự/không chắc của chuyên gia) bằng Spherical Fuzzy Numbers (SFN) để biểu thị rõ ràng mức độ của thành viên, không phải thành viên và sự do dự của mỗi cá nhân đánh giá. Cải tiến này giúp nắm bắt tốt hơn sự do dự của chuyên gia, giảm mất thông tin khi chuyển thành số thực.

Bước 1. Xây dựng ma trận so sánh cặp ban đầu dưới dạng số mờ tam giác (TFN) để thuận tiện cho chuyên gia đánh giá.

Ở các bước xử lý tiếp theo, các giá trị TFN được chuẩn hóa và chuyển đổi sang dạng Spherical Fuzzy Numbers (SFN) để thể hiện rõ hơn mức độ thành viên, không thành viên và do dự trong đánh giá, đảm bảo

tính toán diện của phương pháp Fuzzy-AHP cải tiến. Mỗi phần tử $m_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ biểu diễn mức độ ưu tiên của tiêu chí i so với tiêu chí j theo thang đo mờ của Saaty.

Đảm bảo tính đối xứng ngược: $m_{ij} = (1/l_{ij}, 1/m_{ij}, 1/u_{ij})$.

Bước 2. Tính trung bình nhân mờ (Fuzzy Geometric Mean) cho từng hàng:

$$g_i = (\prod_{j=1}^n l_{ij}, \prod_{j=1}^n m_{ij}, \prod_{j=1}^n u_{ij})^{1/n} \quad (11)$$

Ta được: $g_i = g_i^L, g_i^M, g_i^U$ cho mỗi tiêu chí i .

Bước 3. Giải mờ (Defuzzification) sử dụng công thức GMIR:

$$g_i^* = \frac{g_i^L + 4g_i^M + g_i^U}{6} \quad (12)$$

Trọng số chuẩn hóa:

$$w_i = \frac{g_i^*}{\sum_{k=1}^n g_k^*} \quad (13)$$

Bước 4. Tính toán chỉ số nhất quán (Consistency Ratio - CR) theo Saaty (1980)

Chuyển toàn bộ ma trận TFN sang ma trận số M bằng giải mờ từng phần tử.

Tính trị riêng lớn nhất λ_{max} của M, chỉ số nhất quán CI. Saaty (1977) [13] đã đề xuất một chỉ số nhất quán (Consistency Index - CI), liên quan đến phương pháp trị riêng (eigenvalue method) áp dụng cho ma trận, theo đó:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (14)$$

Trong đó, n : Số chiều của ma trận và λ_{max} = giá trị riêng lớn nhất.

Saaty (1980)[14] đề xuất rằng nếu $CI/RI < 0.1$, thì ma trận so sánh cặp có mức độ nhất quán chấp nhận được. RI là chỉ số ngẫu nhiên (giá trị CI trung bình của 500 ma trận được điền ngẫu nhiên), các giá trị này đã được Saaty xác định trước (Saaty, 2001)[15] cho các bài toán với $n \leq 10$, như thể hiện trong Bảng 2 dưới đây.

Tra bảng RI (Random Index) và tính:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (15)$$

- Nếu $CR \leq 0.1$, chấp nhận; ngược lại áp dụng bước chỉnh sửa.

Bước 5. Chiến lược chỉnh sửa khi $CR > 0.1$

Chiến lược 1 - LLSM / Geometric Mean (nhẹ)

Sử dụng Logarithmic Least Squares Method (LLSM) để tìm ma trận nhất quán gần nhất. Công thức

trọng số:

$$w_i = \frac{(\prod_{j=1}^n m_{ij})^{1/n}}{\sum_{k=1}^n (\prod_{j=1}^n m_{kj})^{1/n}} \quad (16)$$

Ma trận nhất quán xấp xỉ:

$$m'_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (17)$$

Chiến lược 2 - Tối ưu chỉnh sửa tối thiểu (Minimal Adjustment under Constraint)

Điều chỉnh tối thiểu các phần tử của ma trận để $CR \leq 0.1$ mà vẫn giữ gần nhất với giá trị gốc.

Bài toán tối ưu:

$$\min \sum_{i < j} [\log(m'_{ij}) - \log(m_{ij})]^2 \quad (18)$$

Với ràng buộc:

$$CI(m') \leq 0.1 \quad (19)$$

Trong đó:

Tham số hóa theo log để đảm bảo tính dương.

Ràng buộc tính đối xứng ngược $m'_{ij} = \frac{1}{m'_{ji}}$

Bước 6: Xuất trọng số và ma trận nhất quán để sử dụng trong phân tích.

Dự kiến thực hiện đánh giá gồm các bước tiếp theo như sau.

Xác định cấu trúc phân cấp

Trong nghiên cứu này, cấu trúc phân cấp được thiết lập gồm 2 lớp.

- Lớp trên: Mục tiêu xem xét mức độ quan trọng của các lớp, yếu tố của mô hình.

- Lớp dưới: Các tiêu chí chính đánh giá trọng số các tiêu chí.

Trong phần này, phiếu khảo sát được thiết lập theo mẫu Hình 1. Bảng hỏi gồm hai phần: (i) phần mô tả giúp chuyên gia đánh giá mức độ sẵn sàng và hiểu rõ nội dung từng tiêu chí; (ii) phần so sánh cặp giữa các tiêu chí trong cùng nhóm theo thang đo 5 mức độ của TFN (được nội suy tương đương thang 9 bậc của Saaty). Việc sử dụng thang 5 bậc giúp giảm tải nhận thức khi chuyên gia phải đánh giá nhiều cặp tiêu chí, đồng thời vẫn đảm bảo tính tương thích trong quá trình chuẩn hóa và tính trọng số theo Fuzzy-AHP. Với 36 cá nhân có kinh nghiệm trên 5 năm công tác ở các tổ chức tiến hành khảo sát gồm Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam, các Cảng vụ hàng hải, Tổng công ty Bảo đảm an toàn Hàng hải, Sở Giao thông vận tải, Cảnh sát biển Việt Nam, Hải quan Việt Nam, Bộ đội Biên Phòng Việt Nam, Lực lượng Kiểm ngư Việt Nam, Hải quân nhân dân Việt Nam, Trung tâm phối

Kỹ thuật và Công nghệ Hàng hải

hợp tìm kiếm cứu nạn hàng hải, Sở Nông nghiệp và phát triển nông thôn, Viện Tài nguyên và Môi trường biển, Doanh nghiệp cảng biển, Doanh nghiệp cung cấp dịch vụ viễn thông hàng hải. Trả lời câu hỏi về vai trò của lựa chọn cơ quan nhà nước chịu trách nhiệm cho tác động đến việc ban hành, thực thi mô hình e-navigation Việt Nam, hầu hết các cá nhân được khảo sát đều thống nhất với với danh sách các cơ quan đơn vị được liệt kê ở trên, trong đó cơ quan chịu trách nhiệm chủ trì là cơ quan nhà nước được giao lập kế hoạch và phát triển chiến lược e-navigation Việt Nam thống nhất: Cục Hàng hải và đường thủy Việt Nam là cơ quan nhà nước chủ trì xây dựng kế hoạch và chỉ đạo thực hiện mô hình e-navigation. Bốn yếu tố Chính sách, Xã hội, Kinh tế, Công nghệ được xác định vì chúng quyết định sự thành công của e-Navigation: Chính sách tạo khung pháp lý, xã hội gắn với con người và đào tạo, kinh tế đảm bảo lợi ích - chi phí, còn công nghệ cung cấp nền tảng triển khai hiệu quả.

Phần 3. Các câu hỏi lựa chọn để khảo sát mức độ cần thiết đối với việc phát triển mô hình e-navigation Việt Nam

Quý ông/bà đánh giá như thế nào về mức độ cần thiết, sẵn sàng phát triển mô hình e-navigation Việt Nam? (Điền mức độ sẵn sàng vào cột lựa chọn). Mức độ đóng góp của ông/bà về việc phát triển mô hình e-navigation Việt Nam?

STT	Các vấn đề về phát triển mô hình e-navigation Việt Nam	Mức độ sẵn sàng	Lựa chọn
I	Chính sách	① ② ③ ④ ⑤	
1	Sự thay đổi về cấu trúc quản lý nhà nước và điều kiện hiện có	① ② ③ ④ ⑤	
2	Luật và chính sách hiện tại	① ② ③ ④ ⑤	
3	Phân bổ ngân sách	① ② ③ ④ ⑤	
4	Quy trình pháp luật về E-navigation	① ② ③ ④ ⑤	
II	Xã hội	① ② ③ ④ ⑤	
5	Thái độ và ý kiến của các bên liên quan	① ② ③ ④ ⑤	
6	Chi phí thực hiện	① ② ③ ④ ⑤	
7	Sự phối hợp liên ngành	① ② ③ ④ ⑤	
III	Kinh tế	① ② ③ ④ ⑤	
8	Sự ổn định kinh tế	① ② ③ ④ ⑤	
9	Bổ trí nguồn lực	① ② ③ ④ ⑤	
IV	Công nghệ	① ② ③ ④ ⑤	
10	Nghiên cứu và phát triển	① ② ③ ④ ⑤	
11	Cấp nhật thiết bị e-navigation	① ② ③ ④ ⑤	
12	Có sở hạ tầng kết nối	① ② ③ ④ ⑤	

Hình 1. Mẫu câu hỏi lựa chọn để khảo sát mức độ cần thiết đối với việc phát triển mô hình e-navigation Việt Nam

3. Kết quả và thảo luận

Bảng 2 cho thấy sự nhất quán tương đối cao giữa các phương pháp tính toán trọng số, bao gồm trọng số mờ từ TFN, trọng số từ M thông thường, trọng số từ M (LLSM), và trọng số từ M tối ưu. Tổng trọng số của bốn nhóm tiêu chí trong tất cả các phương pháp đều bằng 1, phản ánh tính đầy đủ và toàn diện của mô hình phân tích. Điều này cho thấy rằng việc lựa chọn phương pháp tính toán khác nhau không ảnh hưởng đáng kể đến xu hướng chung, và các tiêu chí đều giữ được tính ổn định trong đánh giá.

Xét về mức độ quan trọng tương đối, Công nghệ là tiêu chí có trọng số cao nhất, dao động từ 0,309 đến

0,315 tùy phương pháp. Đây là kết quả dễ hiểu, bởi e-Navigation bản chất là một hệ thống phụ thuộc vào hạ tầng công nghệ hiện đại, bao gồm các thiết bị trên tàu và trên bờ, hệ thống mạng kết nối dữ liệu, và các giải pháp tích hợp thông tin. Để phát triển mô hình e-Navigation tại Việt Nam, việc ưu tiên đầu tư và nâng cao năng lực công nghệ rõ ràng đóng vai trò quyết định.

Tiếp theo là tiêu chí Chính sách, có trọng số dao động từ 0,264 đến 0,270. Điều này phản ánh vai trò quan trọng của khung pháp lý, chiến lược quốc gia và cam kết từ phía các cơ quan quản lý nhà nước. Chính sách là yếu tố tạo hành lang pháp lý và định hướng để đảm bảo sự đồng bộ trong triển khai, đồng thời tạo động lực thu hút nguồn lực xã hội và đầu tư quốc tế.

Các tiêu chí Xã hội và Kinh tế có trọng số thấp hơn, lần lượt dao động từ khoảng 0,212-0,219 và 0,203-0,206. Dù mức trọng số thấp hơn, nhưng không thể phủ nhận đây vẫn là những thành tố quan trọng trong tiến trình phát triển. Xã hội thể hiện ở mức độ chấp nhận công nghệ mới, sự sẵn sàng của nguồn nhân lực, cũng như nhận thức của cộng đồng hàng hải. Trong khi đó, kinh tế phản ánh năng lực tài chính, chi phí đầu tư - vận hành và khả năng thu hồi vốn. Trọng số thấp hơn có thể cho thấy rằng Việt Nam vẫn đặt nặng tính định hướng chính sách và yếu tố công nghệ hơn là tác động xã hội - kinh tế, ít nhất trong giai đoạn đầu phát triển mô hình.

Một điểm đáng chú ý khác là sự chênh lệch trọng số giữa các phương pháp tính toán là rất nhỏ, thường chỉ ở mức 0,001-0,004. Điều này chứng minh rằng mô hình xây dựng có độ tin cậy cao, không phụ thuộc quá nhiều vào phương pháp định lượng cụ thể. Nó cũng khẳng định rằng trọng số phân bổ cho từng tiêu chí mang tính khách quan và phản ánh đúng thực tiễn triển khai e-Navigation tại Việt Nam.

Như vậy, kết quả Bảng 2 cho thấy hai yếu tố trụ cột trong phát triển mô hình e-Navigation tại Việt Nam là Công nghệ và Chính sách, đóng vai trò then chốt trong giai đoạn hiện nay. Các yếu tố Xã hội và Kinh tế tuy có trọng số thấp hơn nhưng vẫn là nền tảng hỗ trợ để đảm bảo sự bền vững lâu dài. Do đó, chiến lược phát triển e-Navigation tại Việt Nam cần kết hợp đầu tư mạnh mẽ vào hạ tầng công nghệ và khung pháp lý, đồng thời có lộ trình tăng cường sự tham gia xã hội và cân đối nguồn lực kinh tế trong tương lai.

Dựa vào Bảng 3, có thể rút ra một số nhận xét như sau:

Trước hết, vấn đề bố trí nguồn lực có trọng số cao nhất (0,137), cho thấy đây là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến mức độ sẵn sàng của e-Navigation.

Bảng 2. Kết quả mức độ sẵn sàng trọng số các tiêu chí mục tiêu phát triển mô hình e-Navigation Việt Nam

Tiêu chí	Trọng số mờ từ TFN	Trọng số từ M thông thường	Trọng số từ M (LLSM)	Trọng số từ M tối ưu
Chính sách	0,264	0,268	0,269	0,270
Xã hội	0,219	0,217	0,215	0,212
Kinh tế	0,205	0,206	0,205	0,203
Công nghệ	0,312	0,309	0,311	0,315
Tổng cộng	1,000	1,000	1,000	1,000

Bảng 3. Kết quả mức độ sẵn sàng trọng số tiêu chí phụ các vấn đề phát triển mô hình e-Navigation Việt Nam

STT	Các vấn đề về phát triển mô hình e-navigation Việt Nam	Trọng số tối ưu
1	Sự thay đổi về cấu trúc quản lý nhà nước và điều kiện hiện có	0,064
2	Luật và chính sách hiện tại	0,061
3	Phân bổ ngân sách	0,058
4	Quy trình pháp luật về E-navigation	0,122
5	Thái độ và ý kiến của các bên liên quan	0,067
6	Chi phí thực hiện	0,095
7	Sự phối hợp liên ngành	0,076
8	Sự ổn định kinh tế	0,091
9	Bố trí nguồn lực	0,137
10	Nghiên cứu và phát triển	0,057
11	Cập nhật thiết bị e-navigation	0,073
12	Cơ sở hạ tầng kết nối	0,098
Tổng cộng		1,000

Điều này phản ánh thực tế rằng việc triển khai mô hình đòi hỏi sự huy động tổng hợp về nhân lực, tài chính, hạ tầng và năng lực quản lý. Nếu nguồn lực không được phân bổ hợp lý, toàn bộ quá trình phát triển sẽ gặp nhiều hạn chế.

Tiếp theo, quy trình pháp luật về e-Navigation (0,122) và chi phí thực hiện (0,095) cũng được đánh giá cao. Điều này cho thấy ngoài vấn đề nguồn lực, sự rõ ràng và đầy đủ của khung pháp luật chuyên biệt cho e-Navigation là yêu cầu cấp thiết. Bên cạnh đó, chi phí là một rào cản đáng kể, đòi hỏi có chiến lược đầu tư dài hạn, cũng như cơ chế hỗ trợ và hợp tác quốc tế.

Các yếu tố sự ổn định kinh tế (0,091) và sự phối hợp liên ngành (0,076) giữ vai trò quan trọng trong việc đảm bảo môi trường thuận lợi để triển khai. Trong khi đó, các vấn đề như thái độ của các bên liên quan (0,067), cập nhật thiết bị (0,073), hay sự thay đổi về cấu trúc quản lý (0,064) có trọng số thấp hơn, nhưng vẫn là những yếu tố hỗ trợ cần được chú ý trong giai đoạn thực hiện.

Đáng lưu ý, nghiên cứu và phát triển có trọng số thấp nhất (0,057), cho thấy Việt Nam hiện tập trung nhiều hơn vào khung chính sách, pháp luật và nguồn

lực hơn là đổi mới sáng tạo. Tuy nhiên, về lâu dài, nếu thiếu đầu tư cho R&D, e-Navigation sẽ khó đạt được tính bền vững và khả năng thích ứng với xu hướng toàn cầu.

Như vậy, Bảng 3 khẳng định rằng sự thành công của mô hình e-Navigation tại Việt Nam phụ thuộc trước hết vào nguồn lực, khung pháp luật và khả năng kiểm soát chi phí, bên cạnh đó cần có lộ trình nâng cao R&D và thúc đẩy hợp tác liên ngành.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng khung đánh giá các yếu tố tác động đến sự phát triển mô hình e-Navigation tại Việt Nam dựa trên phương pháp Fuzzy-AHP cải tiến. Kết quả cho thấy công nghệ và chính sách là hai trụ cột quan trọng nhất, phản ánh yêu cầu cấp thiết về đầu tư hạ tầng kỹ thuật cũng như hoàn thiện khung pháp lý, chiến lược quốc gia. Các yếu tố xã hội và kinh tế, mặc dù có trọng số thấp hơn, vẫn giữ vai trò nền tảng trong việc bảo đảm tính bền vững lâu dài. Ở cấp độ tiêu chí cụ thể, sự phân bổ nguồn lực, quy trình pháp luật và chi phí triển khai được xác định là những ưu tiên cần giải quyết trước tiên.

Từ các kết quả trên, nghiên cứu đề xuất chiến lược

phát triển e-Navigation tại Việt Nam cần tập trung: (i) đầu tư mạnh mẽ vào công nghệ và hạ tầng số; (ii) hoàn thiện hệ thống pháp luật, chính sách đồng bộ; (iii) xây dựng cơ chế phân bổ nguồn lực hiệu quả; đồng thời (iv) từng bước nâng cao sự tham gia xã hội, phát triển nguồn nhân lực và thúc đẩy nghiên cứu - đổi mới sáng tạo. Điều này sẽ giúp Việt Nam triển khai mô hình e-Navigation hiệu quả, phù hợp với xu thế toàn cầu và hỗ trợ phát triển bền vững ngành hàng hải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] International Maritime Organization (2009), *Strategy for the Development and Implementation of e-navigation*. Accessed: Aug. 08, 2025. [Online]. Available: <https://docs.imo.org/>
- [2] International Maritime Organization (2018), *E-Navigation Strategy Implementation Plan - Update I*. MSC.1-Cir.1595. [Online]. Available: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/enavigation/MSC.1-Circ.1595%20-%20E-Navigation%20Strategy%20Implementation%20Plan%20-%20Update%201%20\(Secretariat\)%20\(2\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/enavigation/MSC.1-Circ.1595%20-%20E-Navigation%20Strategy%20Implementation%20Plan%20-%20Update%201%20(Secretariat)%20(2).pdf)
- [3] D. Giglio, V. Palma, and A. Tei (2025), *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. doi: 10.1016/j.cstp.2024.101331.
- [4] UNDP (2022), *Enhanced cooperation for Viet Nam's maritime space for ocean sustainability and climate change response*.
- [5] L. A. Zadeh (1965), *Fuzzy sets*, Inf. Control, Vol.8, No.3, pp.338-353. doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.
- [6] C. Kahraman, U. Cebeci, and D. Ruan (2004), *Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey*, Int. J. Prod. Econ., Vol.87, No.2, pp.171-184. doi: 10.1016/S0925-5273(03)00099-9.
- [7] R. W. Saaty (1987), *The analytic hierarchy process—what it is and how it is used*, Math. Model., Vol.9, No.3, pp.161-176. doi: 10.1016/0270-0255(87)90473-8.
- [8] M. Shaverdi, M. R. Heshmati, and I. Ramezani (2014), *Application of Fuzzy AHP Approach for Financial Performance Evaluation of Iranian Petrochemical Sector*, Procedia Comput. Sci., Vol.31, pp.995-1004. doi: 10.1016/j.procs.2014.05.352.
- [9] T.-Y. Chou and G.-S. Liang (2001), *Application of a fuzzy multi-criteria decision-making model for shipping company performance evaluation*, Marit. Policy Manag., Vol.28, No.4, pp.375-392. doi: 10.1080/03088830110049951.
- [10] T. L. Saaty and L. G. Vargas (2012), *A New Approach to the Middle East Conflict: The Analytic Hierarchy Process*, in Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, T. L. Saaty and L. G. Vargas, Eds., in International Series in Operations Research & Management Science. , Boston, MA: Springer US, pp.203-247. doi: 10.1007/978-1-4614-3597-6_15.
- [11] D.-Y. Chang (1996), *Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP*, Eur. J. Oper. Res., Vol.95, No.3, pp.649-655. doi: 10.1016/0377-2217(95)00300-2.
- [12] T. L. Saaty (2008), *Decision making with the analytic hierarchy process*, Int. J. Serv. Sci., Vol.1, No.1, p.83. doi: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.
- [13] T. L. Saaty (1977), *A scaling method for priorities in hierarchical structures*, J. Math. Psychol., Vol.15, No.3, pp.234-281. doi: 10.1016/0022-2496(77)90033-5.
- [14] T.L. Saaty (1980), *The analytic hierarchy process*.
- [15] T. Saaty (2005), *Analytic Hierarchy Process*. doi: 10.1002/0470011815.b2a4a002.

Ngày nhận bài:	10/09/2025
Ngày nhận bản sửa 1:	02/10/2025
Ngày nhận bản sửa 2:	07/10/2025
Ngày duyệt đăng:	08/10/2025