

**NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN CẢNG CẠN HƯỚNG TỚI TÍCH HỢP
 VẬN TẢI THỦY NỘI ĐỊA TẠI KHU VỰC MIỀN BẮC VIỆT NAM**
 RESEARCH ON SELECTING INLAND PORTS TOWARD
 INTEGRATING INLAND WATERWAY TRANSPORTATION IN THE
 NORTHERN REGION OF VIETNAM

**NGUYỄN THỊ THƠM¹, NGUYỄN MAI THÚY¹, ĐINH THỊ THANH XUÂN¹,
 PHẠM THỊ QUỲNH MAI^{2*}**

¹Sinh viên Khoa Kinh tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

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

*Email liên hệ: mai.kt@vamaru.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.1009>

Tóm tắt

Trong bối cảnh vận tải biển miền Bắc Việt Nam phát triển nhanh, đặc biệt tại các cảng biển trọng điểm như Hải Phòng, tình trạng quá tải hàng hóa, ùn tắc tại khu vực cảng và áp lực ngày càng lớn lên hạ tầng giao thông đường bộ đang trở thành những thách thức lớn đối với hệ thống logistics khu vực. Vận tải thủy nội địa, với ưu thế về chi phí, khả năng chuyên chở khối lượng lớn và tính bền vững môi trường, được xem là phương thức hỗ trợ quan trọng nhằm tăng cường năng lực thông qua cho hệ thống cảng biển và giảm tải cho vận tải đường bộ. Nghiên cứu này tập trung lựa chọn vị trí cảng cạn tối ưu nhằm tích hợp hiệu quả vận tải thủy nội địa vào hệ thống logistics miền Bắc Việt Nam. Phương pháp ra quyết định đa tiêu chí được áp dụng là phương pháp kết hợp Fuzzy AHP - ELECTRE III nhằm lựa chọn ra cảng cạn tối ưu hướng tới tích hợp với vận tải thủy. Kết quả lựa chọn cảng cạn từ phương pháp được phân tích nhằm xác định phương án tối ưu nhất. Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho công tác quy hoạch và phát triển hệ thống cảng cạn gắn với vận tải thủy nội địa, góp phần giảm áp lực cho các cảng biển, hạn chế ùn tắc đường bộ và thúc đẩy phát triển bền vững hệ thống logistics miền Bắc Việt Nam.

Từ khóa: Cảng cạn, vận tải thủy nội địa, Fuzzy AHP - ELECTRE III.

Abstract

In the context of rapid development in northern Vietnam's maritime transport—particularly at key gateways such as Hai Phong—capacity constraints, port-area congestion, and increasing pressure on road transport infrastructure are

becoming major challenges for the regional logistics system. Inland waterway transport, with its advantages in terms of cost, large cargo capacity, and environmental sustainability, is considered an important supporting mode to enhance throughput capacity for the port system and reduce the burden on road transport. This study focuses on selecting the optimal dry port location to effectively integrate inland waterway transport into the logistics system of Northern Vietnam. The multi-criteria decision-making method applied is the Fuzzy AHP - ELECTRE III combination method, used to select the optimal inland port with the goal of integration with waterway transport. The results of selecting inland ports from the analyzed method are used to determine the optimal option. The study provides a scientific basis for planning and developing a system of dry ports linked to inland waterway transport, contributing to reducing pressure on seaports, limiting road congestion, and promoting the sustainable development of the logistics system in Northern Vietnam.

Keywords: Dry port, inland waterway transport, Fuzzy AHP-ELECTRE III.

1. Đặt vấn đề

Hệ thống cảng biển phía Bắc Việt Nam đóng vai trò là cửa ngõ giao thương quốc tế chiến lược, đồng thời thu hút mạnh mẽ đầu tư nước ngoài. Trong đó, cảng biển Hải Phòng đã khẳng định vị thế toàn cầu khi xếp thứ 29 trong top 100 cảng container lớn nhất thế giới, với sản lượng năm 2024 đạt khoảng 7,1 triệu TEU [1], [2]. Trong 7 tháng đầu năm 2025, hàng hóa thông qua cảng Hải Phòng đạt 65,5 triệu tấn, tăng 7% so với cùng kỳ, trong đó khu bến Lạch Huyện tăng

trường container tới 34% [3]. Ngoài ra, tại Quảng Ninh, sản lượng hàng hóa qua cảng đến hết quý III/2025 ước tính đạt trên 120 triệu tấn, tăng gần 10% so với cùng kỳ năm 2024 [4]. Sự phát triển này đã gây áp lực lớn lên hệ thống giao thông đường bộ. Riêng Hải Phòng có khoảng 14.000 xe container hoạt động liên tục, khiến Quốc lộ 5 thường xuyên quá tải, hạ tầng xuống cấp và tai nạn giao thông liên quan đến xe tải nặng, xe đầu kéo ngày càng gia tăng [5].

Trong bối cảnh đó, vận tải thủy nội địa được xem là giải pháp xanh và bền vững góp phần giảm tải cho đường bộ nhờ lợi thế mạng lưới sông ngòi và chi phí hợp lý. Cùng với đó phát triển cảng cạn (ICD) là yếu tố then chốt nhằm tối ưu vận tải đa phương thức, giảm chi phí logistics, hướng tới đáp ứng 25-35% nhu cầu vận chuyển container xuất nhập khẩu vào năm 2030 [6]. Vì vậy, nghiên cứu lựa chọn cảng cạn hướng tới tích hợp vận tải thủy nội địa khu vực miền Bắc Việt Nam là yêu cầu cấp thiết nhằm giảm áp lực cho giao thông đường bộ, nâng cao an toàn và thúc đẩy sự phát triển bền vững của hệ thống logistics khu vực.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Tổng quan nghiên cứu về lựa chọn cảng cạn để tích hợp với vận tải thủy nội địa

Cảng thủy nội địa và cảng cạn là những bộ phận quan trọng trong hệ thống giao thông vận tải. Theo Thông tư 50/2014/TT-BGTVT, cảng thủy nội địa là hệ thống công trình phục vụ phương tiện thủy nội địa, tàu biển và tàu nước ngoài neo đậu, xếp dỡ hàng hóa, hành khách và cung cấp dịch vụ hỗ trợ [7]. Theo Quyết định 47/2014/QĐ-TTg, cảng cạn là bộ phận của kết cấu hạ tầng giao thông vận tải gắn liền với hoạt động của cảng biển, cảng hàng không quốc tế và cửa khẩu, đồng thời thực hiện chức năng cửa khẩu đối với hàng hóa xuất nhập khẩu [8].

Trong logistics hiện đại, cảng cạn không chỉ là nơi lưu kho hay trung chuyển mà còn là bộ phận mở rộng của cảng biển, giúp phân luồng hàng hóa, giảm ùn tắc và nâng cao hiệu quả chuỗi cung ứng [9-11]. Nhiều nghiên cứu cho thấy phát triển cảng cạn góp phần tăng năng lực thông qua, rút ngắn thời gian vận chuyển và giảm chi phí logistics, đặc biệt tại các quốc gia đang phát triển trong đó có thể nói đến Việt Nam, Campuchia [12]. Đồng thời, vận tải thủy nội địa (IWT) với ưu thế chi phí thấp, sức chở lớn và thân thiện môi trường ngày càng giữ vai trò quan trọng trong phát triển logistics xanh và tái cấu trúc hệ thống vận tải bền vững [13][14][15]. Đặc biệt, trong bối cảnh các mục tiêu về giảm phát thải nhà kính và phát triển bền vững đang trở thành tiêu chuẩn toàn cầu, vận tải

thủy nội địa được coi là giải pháp “xanh” và bền vững [12], [13]. Xu hướng tích hợp cảng cạn với vận tải thủy nội địa đã được áp dụng rộng rãi trong các hệ thống logistics tiên tiến, nhưng tại các quốc gia đang phát triển vẫn gặp nhiều hạn chế do hạ tầng và quy hoạch thiếu đồng bộ [12], [16]. Vì vậy, việc nghiên cứu lựa chọn cảng cạn có khả năng kết nối hiệu quả với vận tải thủy nội địa mang ý nghĩa chiến lược trong tái tổ chức dòng chảy hàng hóa và giảm phụ thuộc vào vận tải đường bộ. Từ góc độ học thuật, lựa chọn vị trí cảng cạn là một bài toán ra quyết định đa tiêu chí phức tạp, thường được phân tích dựa trên bốn nhân tố cốt lõi: Kinh tế, hạ tầng, vị trí và môi trường.

Nhân tố kinh tế thường được xem là động lực khởi nguồn trong lựa chọn cảng cạn, hướng tới mục tiêu giảm chi phí logistics và tối ưu năng lực thông qua, song chỉ phát huy hiệu quả khi cảng cạn có khả năng tiếp cận hạ tầng đa phương thức, đặc biệt là kết nối với vận tải thủy nội địa [17]. Yếu tố này cho phép khai thác lợi thế về chi phí và sức tải của vận tải thủy, qua đó giảm phụ thuộc vào vận tải đường bộ [17]. Bên cạnh đó, vị trí cảng cạn cần đáp ứng các đặc điểm không gian chiến lược như gần khu công nghiệp, trung tâm tiêu thụ và có khả năng mở rộng quỹ đất dài hạn [18]. Đồng thời, việc tích hợp cảng cạn với vận tải thủy nội địa góp phần hình thành các hành lang vận tải xanh, giảm phát thải CO₂ và thúc đẩy phát triển bền vững [13]. Trong phần lớn các nghiên cứu trước đây, việc đánh giá và lựa chọn cảng cạn chủ yếu được thực hiện thông qua phương pháp phỏng vấn chuyên gia nhằm xếp hạng các phương án. Tuy nhiên, nếu chỉ dựa vào ý kiến chuyên gia thì kết quả có thể gặp một số hạn chế như thiếu tính khách quan và chưa phản ánh đầy đủ thực tiễn. Để khắc phục những hạn chế này, nghiên cứu của nhóm tác giả đã kết hợp hai phương pháp. Trước hết, phương pháp FAHP được sử dụng để thu thập và xử lý ý kiến chuyên gia nhằm xác định mức độ quan trọng của các yếu tố đánh giá. Trong phương pháp này, hệ số mờ được áp dụng để giảm bớt sự phân vân và không chắc chắn trong nhận định của chuyên gia, qua đó hạn chế sự thiên lệch trong quá trình đánh giá. Sau đó, phương pháp ELECTRE III được sử dụng nhằm tích hợp ý kiến chuyên gia với dữ liệu thực tế để tiến hành so sánh và lựa chọn phương án tối ưu. Thông qua sự kết hợp giữa hai phương pháp này, nghiên cứu có thể đưa ra kết quả lựa chọn cảng cạn có vị trí tối ưu với độ tin cậy và tính thực tiễn cao hơn.

2.2. Các nhân tố ảnh hưởng tới việc lựa chọn vị trí cảng cạn hướng tới tích hợp vận tải thủy nội địa tại khu vực miền bắc Việt Nam

Kinh tế: Nhân tố kinh tế là mức độ hiệu quả về chi

Bảng 1. Các nhân tố ảnh hưởng tới việc lựa chọn vị trí cảng cạn hướng tới tích hợp vận tải thủy nội địa ở khu vực miền Bắc Việt Nam

Nhân tố chính	Nhân tố phụ
Kinh tế	KT1: Chi phí vận chuyển [19-24].
	KT2: Thời gian vận chuyển [19, 20].
	KT3: Sản lượng container thông qua cảng [19, 23, 25, 26]
Khả năng tiếp cận	KNTC1: Khả năng tiếp cận hạ tầng đường thủy nội địa [19, 20, 23]
	KNTC2: Khả năng tiếp cận tới cơ sở hạ tầng các phương thức vận tải đường bộ [19, 20, 21, 23, 25]
	KNTC3: Khả năng tiếp cận tới cơ sở hạ tầng các phương thức vận tải đường sắt [19, 20, 23, 25, 26]
	KNTC4: Khả năng tiếp cận đến hạ tầng cảng biển [19, 23]
Vị trí	VT1: Gần với các nền tảng hậu cần khác [19, 25, 27]
	VT2: Gần cơ sở sản xuất [20, 26]
	VT3: Gần thị trường tiêu thụ [19, 23, 26]
	VT4: Khả năng mở rộng trong tương lai [19, 20, 23, 26]
Môi trường	MT1: Giảm ô nhiễm không khí [19, 20, 23, 26, 27]
	MT2: Giảm ùn tắc giao thông [19, 20, 23, 26]
	MT3: Tác động đến khu vực đô thị [19]

phí và lợi ích tài chính đạt được khi khai thác cảng cạn kết nối với vận tải thủy nội địa. Kinh tế nhắc đến *chi phí vận chuyển*: “Chỉ số của tiêu chí này là số tiền tiết kiệm được khi sử dụng dịch vụ vận tải đường thủy nội địa tại cảng cạn thay vì chỉ sử dụng vận tải đường bộ”. *Thời gian vận chuyển*: “Chỉ số của tiêu chí này là lượng thời gian tăng thêm khi sử dụng vận tải đa phương thức bao gồm dịch vụ vận tải đường thủy nội địa tại cảng cạn thay vì chỉ sử dụng vận tải đường bộ”. *Sản lượng container thông qua cảng*: “Khả năng đáp ứng và xử lý khối lượng hàng hóa, được thể hiện thông qua dự kiến sản lượng container thông qua cảng đến năm 2030”.

Khả năng tiếp cận: Là mức độ thuận lợi trong kết nối của cảng cạn với các loại hình hạ tầng vận tải phục vụ vận tải đa phương thức. Khả năng tiếp cận đề cập đến *khả năng tiếp cận hạ tầng đường thủy nội địa* “Phản ánh mức độ kết nối và tiếp cận với mạng lưới giao thông thủy nội địa, được thể hiện qua số lượng tuyến đường thủy nội địa có thể khai thác và truy cập để phục vụ hoạt động vận tải”. *Khả năng tiếp cận tới cơ sở hạ tầng các phương thức vận tải đường bộ* “Phản ánh mức độ thuận tiện trong việc kết nối giữa cảng cạn và hệ thống giao thông đường bộ, được thể hiện thông qua khoảng cách từ cảng đến các tuyến

đường cao tốc, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả vận tải đa phương thức”. *Khả năng tiếp cận tới cơ sở hạ tầng các phương thức vận tải đường sắt*: “Phản ánh mức độ thuận tiện trong kết nối của cảng cạn với mạng lưới đường sắt, được thể hiện qua khoảng cách từ cảng cạn đến ga đường sắt gần nhất”. *Khả năng tiếp cận đến hạ tầng cảng biển* “Thể hiện mức độ kết nối giữa cảng cạn và hệ thống cảng biển, được đo bằng khoảng cách tới cảng Hải Phòng”.

Vị trí: Là nhân tố phản ánh mức độ thuận lợi về không gian và khả năng kết nối của cảng cạn. Với vị trí *gần các nền tảng hậu cần khác*: “Nhân tố phản ánh mức độ liên kết của cảng cạn với hệ thống logistics khu vực, được thể hiện qua khoảng cách đến trung tâm hậu cần gần nhất”. *Gần cơ sở sản xuất* “Nhân tố phản ánh vị trí cảng cạn thuận lợi để tiếp nhận hàng hóa từ các khu công nghiệp, khu chế xuất lớn miền Bắc”. *Gần thị trường tiêu thụ* “Nhân tố phản ánh tiềm năng và quy mô của thị trường tiêu thụ hàng hóa tại khu vực cảng cạn, được thể hiện thông qua chỉ số GRDP bình quân đầu người năm 2024”. *Khả năng mở rộng trong tương lai* “Nhân tố phản ánh tiềm năng phát triển và nâng cấp của cảng cạn trong dài hạn, được đo lường thông qua diện tích dự kiến mở rộng đến năm 2050”.

Môi trường: Là mức độ giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường thông qua việc khai thác cảng cạn kết hợp vận tải thủy nội địa. *Giảm ô nhiễm không khí:* “Chỉ số của tiêu chí này là lượng CO₂ giảm được trên mỗi TEU cho mỗi tuyến đường khi sử dụng dịch vụ vận tải đường thủy nội địa tại cảng cạn thay vì chỉ sử dụng vận tải đường bộ”. *Giảm ùn tắc giao thông:* “Nhân tố phản ánh tác động tích cực của việc sử dụng vận tải thủy nội địa tại cảng cạn đối với hệ thống giao thông đường bộ, được thể hiện thông qua số lượng tuyến đường cao tốc có lưu lượng giao thông giảm nhờ việc chuyển tải hàng hóa từ đường bộ sang đường thủy”. *Tác động đến khu vực đô thị:* “Khoảng cách đường bộ (km) từ cảng cạn đến khu đô thị gần nhất; khoảng cách cảng ngắn thì mức độ ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường đô thị (bụi, tiếng ồn, ùn tắc, tai nạn) càng cao”.

3. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, chúng tôi áp dụng cách tiếp cận tích hợp giữa hai phương pháp ra quyết định đa tiêu chí (MCDA) là Quy trình phân tích thứ bậc mờ (FAHP) và ELECTRE III nhằm giải quyết bài toán lựa chọn vị trí cảng cạn một cách khách quan và toàn diện.

3.1. Phương pháp phân tích thứ bậc mờ (Fuzzy AHP)

Phương pháp FAHP là một bước phát triển do Buckley mở rộng từ quy trình AHP truyền thống do Saaty đề xuất, nhằm khắc phục hạn chế trong việc xử lý sự không chắc chắn và mơ hồ của các đánh giá chủ quan từ con người [28]. Thay vì sử dụng các giá trị điểm đơn nhất (crisp values), FAHP tích hợp lý thuyết tập mờ, thường sử dụng số mờ tam giác (triangular fuzzy numbers) để chuyển đổi các biểu đạt ngôn ngữ của chuyên gia thành các khoảng giá trị toán học. Phương pháp này đã được ứng dụng rộng rãi trong các nghiên cứu về cảng cạn, tiêu biểu như nghiên cứu của Ka [21] về lựa chọn vị trí cảng cạn tại Trung Quốc.

Điểm nổi bật của FAHP so với các phương pháp xác định trọng số khác chính là khả năng mô phỏng tư duy con người một cách chính xác hơn khi đối mặt với các vấn đề đa tiêu chí phức tạp. Trong khi AHP truyền thống có thể gây ra sai lệch do tính cứng nhắc của thang đo 1-9, FAHP cho phép các nhà quyết định duy trì sự linh hoạt và giảm thiểu sự không nhất quán trong các so sánh cặp. Điều này đặc biệt có ý nghĩa trong nghiên cứu lựa chọn vị trí cảng cạn, nơi các tiêu chí như "môi trường" hay "vị trí chiến lược" thường mang tính định tính và khó định lượng một cách tuyệt đối.

Việc so sánh cặp trong các ma trận ra quyết định thường dễ gây ra sự thiếu nhất quán trong các đánh

giá của các chuyên gia. Để khắc phục vấn đề này, tác giả Saaty đã đề xuất phương pháp xác định hệ số nhất quán cho từng ma trận đánh giá [29].

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

$$\text{Và } CR = \frac{CI}{CR} \quad (2)$$

Hệ số nhất quán CR xác định từ việc hiệu chỉnh hệ số CI thông qua hệ số xét tới ảnh hưởng của kích thước ma trận, được gọi là hệ số ngẫu nhiên RI (random index). Theo lý thuyết Saaty, T.L, (2008) đưa ra rằng, tỉ số nhất quán (CR) nhỏ hơn hay bằng 10% là ở mức có thể chấp nhận. Hay nói cách khác, có 10% cơ hội mà các chuyên gia trả lời các câu hỏi được đưa ra hoàn toàn ngẫu nhiên. Nếu CR lớn hơn 10% chứng tỏ không có sự nhất quán trong đánh giá, cần phải đánh giá và tính toán lại [28].

Bảng 2. Thang đo tầm quan trọng của phân tích thứ bậc mờ Fuzzy AHP

Thang đo ngôn ngữ	Điểm số chính xác tương đương	Điểm số mờ tương đương
Quan trọng như nhau	1	(1,1,1)
Quan trọng hơn	3	(2,3,4)
Quan trọng nhiều hơn	5	(4,5,6)
Rất quan trọng	7	(6,7,8)
Vô cùng quan trọng	9	(9,9,9)
Giá trị trung gian	2	(1,2,3)
	4	(3,4,5)
	6	(5,6,7)
	8	(7,8,9)

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp

3.2. Phương pháp ELECTRE III

ELECTRE III là một phương pháp thuộc họ phương pháp outranking (vượt trội), được thiết kế để xếp hạng một tập hợp các phương án dựa trên các quan hệ ưu tiên thay vì các hàm giá trị bù trừ. Phương pháp này giới thiệu các khái niệm về ngưỡng không phân biệt (indifference), ngưỡng ưu tiên (preference) và ngưỡng phủ quyết (veto) để mô tả mối quan hệ giữa

hai phương án [19]. ELECTRE III đã được trích dẫn và sử dụng hiệu quả trong các bài toán quy hoạch cảng cạn tại Trung Quốc và gần đây nhất là trong khung nghiên cứu tích hợp cảng cạn với vận tải thủy nội địa tại các nước đang phát triển.

Sự khác biệt lớn nhất của ELECTRE III so với các phương pháp như TOPSIS hay AHP chính là việc chấp nhận sự không thể so sánh (incomparability) giữa các phương án khi dữ liệu không đủ mạnh để khẳng định sự vượt trội [30]. Điều này giúp phương pháp tránh được các kết luận vội vã hoặc mang tính áp đặt khi các phương án có những ưu thế trái ngược nhau trên các tiêu chí khác nhau. Trong nghiên cứu lựa chọn, ELECTRE III nổi bật nhờ tính thực tế cao, khả năng xử lý tốt các dữ liệu định lượng lẫn định tính và cung cấp kết quả xếp hạng ổn định ngay cả khi có sự biến động nhỏ trong dữ liệu đầu vào [30].

Trên cơ sở các đặc điểm và ưu thế của phương pháp, ELECTRE III được lựa chọn để xếp hạng các phương án trong nghiên cứu này. Quy trình áp dụng phương pháp ELECTRE III được trình bày cụ thể như sau:

Trước hết, trọng số các tiêu chí w_j được xác định nhằm phản ánh mức độ quan trọng tương đối của từng tiêu chí trong quá trình ra quyết định. Trên cơ sở các trọng số thu được từ phương pháp FAHP, tiến hành xây dựng ma trận đánh giá ban đầu của các phương án theo các tiêu chí đã xác định, đồng thời thiết lập các ngưỡng thờ q_j , ngưỡng ưu tiên p_j và ngưỡng phủ quyết v_j . Tiếp theo, tiến hành so sánh từng cặp phương án theo từng tiêu chí để xác định các chỉ số đồng thuận riêng $Cj_{(a,b)}$.

$$Cj_{(a,b)} = \begin{cases} 1 \text{ khi } gj_{(a)} - gj_{(b)} \geq -q_j, \\ 0 \text{ khi } gj_{(a)} - gj_{(b)} \leq -p_j, \\ \frac{gj_{(a)} - gj_{(b)} + p_j}{p_j - q_j}, \text{ ngược lại} \end{cases} \quad (3)$$

Tiếp theo, các chỉ số đồng thuận riêng lẻ được tổng hợp thành chỉ số đồng thuận tổng hợp $C_{(a,b)}$ trên cơ sở các trọng số tiêu chí đã xác định.

$$C_{(a,b)} = \frac{\sum_{j=1}^n w_j \cdot Cj_{(a,b)}}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (4)$$

Song song với đó, tiến hành xác định chỉ số bất đồng (phủ quyết) nhằm kiểm tra khả năng phủ quyết quan hệ trội giữa các phương án.

$$dj_{(a,b)} = \begin{cases} 1 \text{ khi } gj_{(a)} - gj_{(b)} \leq -v_j, \\ 0 \text{ khi } gj_{(a)} - gj_{(b)} \geq -p_j, \\ \frac{-(gj_{(a)} - gj_{(b)}) - p_j}{v_j - p_j}, \text{ ngược lại} \end{cases} \quad (5)$$

Trên cơ sở kết hợp giữa đồng thuận và bất đồng,

ma trận độ tin cậy S_{kl} được xây dựng, làm đầu vào cho quá trình chung cất tăng và giảm nhằm xác định thứ hạng cuối cùng của các phương án.

$$S_{kl} = \begin{cases} C_{(a,b)} \text{ nếu } dj_{(a,b)} \leq C_{(a,b)} \forall j \\ C_{(a,b)} \cdot \prod_{j \in J(a,b)} \frac{1 - dj_{(a,b)}}{1 - C_{(a,b)}}, \text{ ngược lại} \end{cases} \quad (6)$$

Trên cơ sở ma trận độ tin cậy thu được, quá trình chung cất tăng và giảm được thực hiện nhằm xác lập quan hệ vượt trội và xác định thứ hạng tổng hợp cuối cùng của các phương án một cách nhất quán và đáng tin cậy.

3.3. Kết hợp hai phương pháp FAHP và ELECTRE III trong việc lựa chọn cảng cạn hướng tới tích hợp vận tải thủy nội địa

Nhằm phát huy đồng thời ưu thế của FAHP trong xác định trọng số tiêu chí và khả năng của ELECTRE III trong mô hình hóa quan hệ vượt trội theo cách tiếp cận không bù trừ, nghiên cứu này áp dụng mô hình kết hợp FAHP-ELECTRE III cho bài toán lựa chọn vị trí cảng cạn theo định hướng tích hợp với vận tải thủy nội địa tại khu vực miền Bắc Việt Nam. Cụ thể, FAHP được sử dụng ở giai đoạn đầu để xác định trọng số các tiêu chí đánh giá (w_j) thông qua tổng hợp ý kiến chuyên gia, phản ánh mức độ quan trọng tương đối của từng tiêu chí trong bối cảnh nghiên cứu. Các trọng số này sau đó được xem là trọng số nội tại và được sử dụng trực tiếp làm tham số đầu vào cho phương pháp ELECTRE III trong quá trình xây dựng các chỉ số đồng thuận, chỉ số bất đồng và ma trận độ tin cậy giữa các phương án. Trên cơ sở đó, ELECTRE III thực hiện quá trình chung cất tăng và giảm nhằm xác định thứ hạng cuối cùng của các phương án vị trí cảng cạn. Do số lượng các nghiên cứu ứng dụng mô hình lai FAHP-ELECTRE III cho bài toán lựa chọn vị trí cảng cạn, đặc biệt trong bối cảnh tích hợp vận tải thủy nội địa tại Việt Nam, hiện còn hạn chế, nghiên cứu này không chỉ đóng góp về mặt phương pháp luận mà còn mang lại giá trị thực tiễn cho công tác quy hoạch logistics và phát triển hệ thống cảng cạn tại khu vực miền Bắc Việt Nam. MCDA lai mới về mặt học thuật mà còn có ý nghĩa thực tiễn quan trọng đối với công tác quy hoạch logistics và phát triển hệ thống cảng cạn tại miền Bắc Việt Nam.

4. Kết quả nghiên cứu

Phiếu khảo sát được thiết kế và gửi tới các chuyên gia nhằm thu thập dữ liệu phục vụ cho việc xác định trọng số các tiêu chí (w_j) bằng phương pháp FAHP (trong đó bao gồm dữ liệu hiện trạng thực tế được thu thập thông qua các tài liệu như quyết định Quyết định

số 979/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt quy hoạch phát triển hệ thống cảng cạn thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, báo cáo logistics Việt Nam 2024, và số liệu nhóm tác giả tính toán thông qua số liệu thu thập từ các công ty logistics), lấy ý kiến đánh giá về các ngưỡng tham số của phương pháp

Bảng 3. Chi tiết về chuyên gia khảo sát

Số lượng	Vị trí	Kinh nghiệm
2	Nhà nghiên cứu	Trên 10 năm
14	Doanh nghiệp sử dụng cảng cạn	Từ 5 - 10 năm
4	Cơ quan quản lý nhà nước	Trên 10 năm

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp.

ELECTRE III, bao gồm ngưỡng thờ σ (q_j), ngưỡng ưu tiên (p_j) và ngưỡng phủ quyết (v_j). Nhóm nghiên cứu đã tiến hành khảo sát 20 chuyên gia có kinh nghiệm trong lĩnh vực logistics, quy hoạch cảng và vận tải thủy nội địa tối thiểu là 5 năm, đảm nhiệm các vị trí quản lý trong doanh nghiệp, nhằm đảm bảo độ tin cậy và tính đại diện của dữ liệu thu thập được. Chi tiết về chuyên gia được tổng hợp tại Bảng 3.

Các giá trị ngưỡng do chuyên gia đề xuất được tổng hợp thông qua phương pháp đánh giá mức độ ưu tiên để xác định bộ tham số đầu vào cho mô hình. Kết quả của FAHP khi đánh giá 4 nhân tố chính thì tỷ số nhất quán là 0,008, nhóm nhân tố phụ kinh tế là 0,007, nhóm nhân tố phụ khả năng tiếp cận là 0,003, nhóm nhân tố phụ vị trí là 0,016, nhóm nhân tố phụ môi trường là 0,009. Chi tiết chi số nhất quán của các nhóm nhân tố xem chi tiết ở Bảng 4. Kết quả tổng hợp về trọng số các tiêu chí và các ngưỡng tương ứng được trình bày chi tiết trong Bảng 5, làm cơ sở cho các bước tính toán và xếp hạng phương án trong giai đoạn tiếp theo của nghiên cứu.

Các ngưỡng thờ σ , ngưỡng ưu tiên và ngưỡng phủ

Bảng 4. Tỷ số nhất quán của các nhóm nhân tố

Nhóm nhân tố	Tỷ số nhất quán (CR)
Các nhóm nhân chính (KT, KNTC, VT, MT)	0.008
Nhân tố kinh tế	0.007
Nhân tố khả năng tiếp cận	0.003
Nhân tố vị trí	0.016
Nhân tố môi trường	0.009

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp.

Bảng 5. Bảng tổng hợp trọng số các tiêu chí, ngưỡng thờ σ , ngưỡng ưu tiên, ngưỡng phủ quyết

Nhân tố	wj	qj	pj	vj
KT1	0,17	1.412.566	2.114.473	3.144.886
KT2	0,09	10	14	18
KT3	0,07	71.870	127.629	248.814
KNTC1	0,09	0,99	1,46	2
KNTC2	0,09	1,16	3,44	5,94
KNTC3	0,03	0	0,71	1
KNTC4	0,07	80	101	174
VT1	0,09	32	75	140
VT2	0,12	8	13	20
VT3	0,09	103.240	637.977	1.081.393
VT4	0,08	2,72	20,09	35,4
MT1	0,05	45	100	193
MT2	0,07	1,08	2,44	3,82
MT3	0,05	6,73	12,2	18,95

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp.

quyết được tổng hợp và trình bày trong Bảng 5, làm cơ sở cho quá trình tính toán trong phương pháp ELECTRE III. Trên cơ sở các ngưỡng này, lần lượt

Bảng 6. Bảng ma trận phủ hợp

	Móng Cái	Quế Võ	Phù Đổng	Phúc Lộc	Hải Linh	Tân Chi	Hồng Vân
Móng Cái	1,00	0,77	0,67	0,82	0,79	0,87	0,85
Quế Võ	0,76	1,00	0,73	0,80	0,64	0,86	0,92
Phù Đổng	0,88	0,98	1,00	0,91	0,76	1,00	0,998
Phúc Lộc	0,91	0,84	0,67	1,00	0,84	0,90	0,88
Hải Linh	0,99	0,80	0,79	0,93	1,00	0,94	0,87
Tân Chi	0,86	0,95	0,79	0,83	0,73	1,00	0,92
Hồng Vân	0,83	0,87	0,71	0,79	0,63	0,81	1,00

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp.

Bảng 7. Bảng ma trận độ tin cậy

	Móng Cái	Quế Võ	Phù Đổng	Phúc Lộc	Hải Linh	Tân Chi	Hồng Vân
Móng Cái	1,00	0,46	0,00	0,82	0,00	0,87	0,85
Quế Võ	0,76	1,00	0,73	0,00	0,00	0,86	0,92
Phù Đổng	0,88	0,98	1,00	0,00	0,00	1,00	0,998
Phúc Lộc	0,91	0,84	0,00	1,00	0,84	0,90	0,00
Hải Linh	0,99	0,80	0,00	0,93	1,00	0,94	0,00
Tân Chi	0,86	0,95	0,00	0,83	0,00	1,00	0,92
Hồng Vân	0,48	0,87	0,05	0,00	0,00	0,81	1,00

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp.

Bảng 8. Bảng ma trận độ tin cậy với ngưỡng 0,6

	Móng Cái	Quế Võ	Phù Đổng	Phúc Lộc	Hải Linh	Tân Chi	Hồng Vân	Tổng
Móng Cái		0	0	1	0	1	1	3
Quế Võ	1		1	0	0	1	1	4
Phù Đổng	1	1		0	0	1	1	4
Phúc Lộc	1	1	0		1	1	0	4
Hải Linh	1	1	0	1		1	0	4
Tân Chi	1	1	0	1	0		1	4
Hồng Vân	0	1	0	0	0	1		2
Tổng	5	5	1	3	1	6	4	

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp.

xây dựng ma trận phù hợp và ma trận độ tin cậy, đồng thời xác lập tiêu chuẩn đánh giá cuối cùng và thứ hạng các phương án. Kết quả của ma trận phù hợp và ma trận độ tin cậy được trình bày tương ứng tại Bảng 6 và Bảng 7.

Trong nghiên cứu này, mức giới hạn là 0,6 được lựa chọn để xây dựng và sàng lọc ma trận độ tin cậy. Giá trị ngưỡng này đã được chứng minh trong các nghiên cứu MCDA trước đây áp dụng phương pháp ELECTRE là có khả năng cân bằng tốt giữa độ tin cậy của quan hệ vượt trội và khả năng phân biệt giữa các phương án thay thế (Preethi và Chandrasekar, 2015; da Costa và cộng sự, Nguyễn Thị Minh Hòa và cộng sự, 2024). Trên cơ sở áp dụng mức giới hạn là 0,6 ma trận độ tin cậy thu được được trình bày trong Bảng 8. Kết quả chung cất và giá trị đánh giá cuối cùng, cùng với thứ hạng của năm phương án thay thế, được tổng hợp và trình bày trong Bảng 9.

Trên cơ sở ma trận vượt trội mạnh, hai chỉ số $\Phi_{(a)}^+$ và $\Phi_{(a)}^-$ được xác định cho từng phương án. Trong đó, $\Phi_{(a)}^+$ biểu thị số lượng phương án khác bị phương án a vượt trội (đếm theo hàng), còn $\Phi_{(a)}^-$ thể hiện số lượng phương án vượt trội hơn phương án a (đếm theo cột). Từ hai chỉ số này, giá trị cân bằng tạm thời được xác định theo biểu thức:

$$Q_{(a)} = \Phi_{(a)}^+ - \Phi_{(a)}^- \quad (7)$$

Giá trị Q_a phản ánh xu hướng vượt trội tương đối của mỗi phương án, tuy nhiên không được sử dụng trực tiếp để sắp xếp thứ hạng cuối cùng.

Tiếp theo, phương pháp ELECTRE III tiến hành chung cất giảm dần (descending distillation) nhằm xác định các phương án tốt nhất trước. Ở mỗi vòng lặp, các phương án có giá trị Q_a lớn nhất được xếp cùng một mức hạng cao nhất và sau đó bị loại khỏi ma trận. Trong trường hợp này, kết quả chung cất giảm dần cho thấy các phương án Phù Đổng và Hải Linh có giá trị Q_a cao hơn rõ rệt và được loại sớm khỏi quá trình xếp hạng.

Sau đó, chung cất tăng dần (ascending distillation) được thực hiện theo quy trình ngược lại nhằm xác định các phương án kém nhất trước, dựa trên giá trị Q_a nhỏ nhất. Các phương án có Q_a nhỏ nhất được xếp vào nhóm hạng thấp nhất và lần lượt bị loại khỏi ma trận. Kết quả chung cất tăng dần cho thấy phương án Hồng Vân nằm ở nhóm kém ưu tiên nhất trong tập phương án còn lại.

Cuối cùng, kết quả của hai quá trình chung cất giảm dần và tăng dần được tổng hợp để xác định thứ hạng cuối cùng. Trường hợp hai quá trình cho

cùng một thứ tự, phương án được xếp hạng rõ ràng; ngược lại, xuất hiện hiện tượng đồng hạng hoặc không so sánh được, phản ánh đúng bản chất không bù trừ của phương pháp ELECTRE III.

Bảng 9. Xếp hạng các cảng cạn

STT	Tên cảng	Xếp hạng
1	Móng Cái	3
2	Quế Võ	3
3	Phù Đổng	1
4	Phúc Lộc	2
5	Hải Linh	1
6	Tân Chi	3
7	Hồng Vân	4

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp.

Dựa trên kết quả tổng hợp, thứ hạng cuối cùng của các phương án được thể hiện trong Bảng 9. Kết quả xếp hạng cho thấy Phù Đổng và Hải Linh là hai phương án có mức độ vượt trội cao nhất trong tập các cảng được xem xét, thể hiện quan hệ ưu tiên rõ ràng so với các phương án còn lại trong cả hai quá trình chung cất tăng và giảm. Phúc Lộc được xếp ở nhóm tiếp theo, cho thấy mức độ vượt trội tương đối ổn định nhưng chưa đạt ưu thế nổi trội như hai phương án dẫn đầu. Nhóm cảng Móng Cái, Quế Võ và Tân Chi có mức độ vượt trội tương đương, phản ánh sự cạnh tranh cao và khó phân biệt rõ ràng về thứ tự ưu tiên theo quan hệ vượt trội. Trong khi đó, Hồng Vân là phương án kém ưu tiên nhất do thường xuyên bị các cảng khác vượt trội trong ma trận độ tin cậy.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã áp dụng mô hình ra quyết định đa tiêu chí kết hợp FAHP - ELECTRE III nhằm đánh giá và lựa chọn vị trí cảng cạn theo định hướng tích hợp với vận tải thủy nội địa tại khu vực miền Bắc Việt Nam. Kết quả phân tích cho thấy các nhóm tiêu chí kinh tế, vị trí và khả năng tiếp cận hạ tầng vận tải giữ vai trò chi phối trong quá trình lựa chọn, đặc biệt là mức độ kết nối với mạng lưới đường thủy nội địa, khoảng cách tới cảng biển và khả năng tiếp cận các khu công nghiệp, thị trường tiêu thụ lớn. Trong số các phương án được xem xét, Phù Đổng và Hải Linh nổi bật là hai vị trí có mức độ vượt trội cao nhất. Hai cảng này xếp hạng cao vì thông qua kết quả thu được từ FAHP các trọng số KT1 và VT2 là chiếm trọng số lớn nhất. Đồng thời

đối với kết quả Hải Linh và Phù Đổng đứng đầu là do nhân tố KT1 và VT2 có tỷ trọng lớn và chiếm giá trị cao. Từ đó cho thấy cho thấy tiềm năng của hai cảng Hải Linh và Phù Đổng trở thành các nút trung chuyên quan trọng trong mạng lưới logistics khu vực. Việc phát triển cảng cạn tại các khu vực này có thể tạo điều kiện hình thành các hành lang vận tải đa phương thức gắn kết giữa cảng biển, cảng cạn và vận tải thủy nội địa, qua đó góp phần phân luồng hàng hóa ra khỏi khu vực cảng biển, giảm áp lực cho hệ thống giao thông đường bộ và nâng cao hiệu quả khai thác của chuỗi logistics. Trên cơ sở đó, nghiên cứu khuyến nghị cơ quan quản lý nhà nước cần ưu tiên quy hoạch và đầu tư phát triển các cảng cạn tại những vị trí có lợi thế kết nối đường thủy nội địa, đồng thời thúc đẩy sự đồng bộ giữa quy hoạch cảng cạn, cảng biển và hạ tầng giao thông nhằm tăng cường khả năng tích hợp vận tải đa phương thức. Bên cạnh đó, các doanh nghiệp logistics và khai thác cảng cần chủ động khai thác lợi thế của vận tải thủy nội địa thông qua việc phát triển các tuyến vận tải kết hợp sà lan - đường bộ và mở rộng hệ thống trung tâm logistics gắn với cảng cạn. Những kết quả của nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho quá trình ra quyết định trong quy hoạch và phát triển hệ thống cảng cạn tại miền Bắc Việt Nam, góp phần giảm chi phí logistics, nâng cao năng lực thông qua của hệ thống cảng biển và thúc đẩy phát triển hệ thống vận tải theo hướng bền vững.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **SV25-26.69**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Xây dựng (2025), *Cảng biển, logistics Hải Phòng vươn tầm khu vực*, Cổng thông tin điện tử Bộ Xây dựng.
- [2] Bộ Xây dựng (2025), *Việt Nam có 3 cảng biển lọt TOP 100 cảng lưu thông nhiều hàng hóa nhất thế giới*, Cổng thông tin điện tử Bộ Xây dựng.
- [3] Bộ Xây dựng (2025), *Hàng hóa thông qua cảng biển Hải Phòng tăng 7%*, Cổng thông tin điện tử Bộ Xây dựng.
- [4] Bộ Xây dựng (2025), *Cảng biển Quảng Ninh duy trì đà tăng trưởng*, Cổng thông tin điện tử Bộ Xây dựng.
- [5] Hoàng Hà (2025), *QL5 căng mình gánh tải: Giải pháp nào thoát hiểm*. VOV Giao Thông.

- [6] Thủ tướng Chính phủ, *Quyết định số 979/QĐ-TTg ngày 22 tháng 8 năm 2023 của Thủ Tướng Chính Phủ về phê duyệt quy hoạch phát triển hệ thống cảng cạn thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050.*
- [7] Bộ Giao thông vận tải (2014), *Thông tư số 50/2014/TT - BGTVT ngày 17 tháng 10 năm 2014 của Bộ Giao Thông Vận Tải về Quy định về quản lý cảng, bến thủy nội địa.*
- [8] Thủ tướng Chính phủ (2014), *Quyết định số 47/2014/QĐ-TTg ngày 27 tháng 8 năm 2014 của Thủ Tướng Chính Phủ về Ban hành quy chế quản lý hoạt động của cảng cạn.*
- [9] Wang, C., Chen, Q., & Huang, R. (2018), *Locating dry ports on a network: a case study on Tianjin Port, Maritime Policy & Management*, Vol.45(1), pp.71-88.
- [10] Shayan, N. F., & Mohabbati-Kalejahi, N. (2026), *Inland port sustainability: Systematic review uncovering terminologies, topics, methodologies, and geographical scopes.* Research in Transportation Business & Management, Vol.64, p. 101512.
- [11] Bagheri, M., Abbasi, H., Yaghoubi, S., Pishvae, M. S., & Fallahi, M. (2025), *Optimizing Dry Port Locations: A Comparative Analysis of Deterministic, Stochastic, and Robust Models*, Transportation Research Record, Vol.2679(2), pp.1922-1940.
- [12] Nguyen, T. M. H., van Binsbergen, A., & Dinh, C. T. (2024), *Dry port location selection for integration with inland waterway transport in developing countries: A case study in Northern Vietnam*, Journal of Supply Chain Management Science, Vol.5(1-2), pp.1-29.
- [13] Nokelaynen, T. (2018), *Mapping of the environmental impacts of inland waterway transport in Russia*, In Proceedings of the International Conference GI support of sustainable development of territory (pp.131-136).
- [14] Thủ tướng Chính phủ (2021), *Quyết định số 1829/QĐ - TTg của Thủ Tướng Chính Phủ về phê duyệt quy hoạch kết cấu hạ tầng đường thủy nội địa thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050.*
- [15] Thị, T. N., Mai, T. N., Thanh, X. Đ. T., & Quỳnh, M. P. T. (2025), *Nghiên cứu khả năng ứng dụng mô hình kết hợp cảng thủy nội địa trong cảng cạn để giảm tải cho cảng biển khu vực Hải Phòng*, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, Số 76(5), tr.662-672.
- [16] Cullinane, K., Bergqvist, R., & Wilmsmeier, G. (2012), *The dry port concept-Theory and practice*, Maritime Economics & Logistics, Vol.14(1), pp.1-13.
- [17] Mohan, V. G., & Nasser, M. A. (2022), *Dry port location factor determination using Delphi in Peninsular Region*, Transactions on Maritime Science, Vol.11(01), pp.169-184.
- [18] Nguyen, L. C., & Notteboom, T. (2016), *A multi-criteria approach to dry port location in developing economies with application to Vietnam*, The Asian Journal of Shipping and Logistics, Vol.32(1), pp.23-32.
- [19] Nguyen, T. M. H., van Binsbergen, A., & Dinh, C. T. (2024), *Dry port location selection for integration with inland waterway transport in developing countries: A case study in Northern Vietnam*, Journal of Supply Chain Management Science, Vol.5(1-2), pp.1-29.
- [20] Nguyen, L. C., & Notteboom, T. (2016), *A multi-criteria approach to dry port location in developing economies with application to Vietnam*, The Asian Journal of Shipping and Logistics, Vol.32(1), pp.23-32.
- [21] Ka, B. (2011), *Application of fuzzy AHP and ELECTRE to China dry port location selection*, The Asian Journal of Shipping and Logistics, Vol.27(2), 331-353.
- [22] Chang, C. H., Xu, J., & Song, D. P. (2015), *Risk analysis for container shipping: from a logistics perspective*, The International Journal of Logistics Management, Vol.26(1), pp.147-171.
- [23] Wei, H., & Sheng, Z. (2017), *Dry ports-seaports sustainable logistics network optimization: Considering the environment constraints and the concession cooperation relationships*, Polish Maritime Research, Vol.24(S3), pp.143-151.
- [24] Feng, X., Zhang, Y., Li, Y., & Wang, W. (2013), *A Location-Allocation Model for Seaport-Dry Port System Optimization*, Discrete Dynamics in Nature and Society, Vol.2013(1), p. 309585.

- [25] Bhatti, O. K., & Hanjra, A. R. (2019), *Development prioritization through analytical hierarchy process (AHP)-decision making for port selection on the one belt one road*, Journal of Chinese Economic and Foreign Trade Studies, Vol.12(3), pp.121-150.
- [26] Mohan, V. G., & Nasser, M. A. (2022), *Dry port location factor determination using Delphi in Peninsular Region*, Transactions on Maritime Science, Vol.11(01), pp.169-184.
- [27] Augustin, D. S., Akossiwa, D. L., & Esther, D. N. (2019), *Dry port development in Togo: a multi-criteria approach using analytic network process [ANP]*, American Journal of Industrial and Business Management, Vol.9(06), p. 1301.
- [28] J. J. Buckley (1985), *Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy Sets and Systems*, Vol.17, pp.233-247.
- [29] T. L. Saaty (1980), *The Analytic Hierarchy Process (AHP)*, The Journal of the Operational Research Society, Vol.41(11), pp.1073-1076.
- [30] Garnwa, P., Beresford, A., & Pettit, S (2009), *Dry ports: a comparative study of the United Kingdom and Nigeria*, Transport and communications bulletin for Asia and the Pacific, Vol.78(1), pp.40-56.

Ngày nhận bài:	09/02/2026
Ngày nhận bản sửa:	15/03/2026
Ngày duyệt đăng:	19/03/2026