

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG THUẬT TOÁN TÌM TUYẾN ĐƯỜNG TỐI THIỂU HÓA NHIÊN LIỆU CÓ RÀNG BUỘC THỜI GIAN ỨNG DỤNG CHO TÀU CHỞ HÀNG

RESEARCH ON BUILDING AN ALGORITHM TO FIND OPTIMAL FUEL
ROUTE WITH TIME CONSTRAINTS APPLIED TO CARGO SHIPS

ĐOÀN HỮU KHÁNH^{1*}, TRƯƠNG CÔNG MỸ², BÙI THỊ HỒNG¹

¹Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

²Trung tâm Hợp tác & Đào tạo liên tục, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: khanhdh.ddt@vamaru.edu.vn

Tóm tắt

Nghiên cứu này trình bày việc xây dựng một thuật toán để tìm tuyến đường tối thiểu hóa nhiên liệu cho tàu có ràng buộc thời gian hành trình áp dụng cho tàu chở hàng. Không giống như các nghiên cứu trước đây, nguồn dữ liệu được dùng là những bộ dữ liệu được thu thập từ các báo cáo buổi trưa ghi lại thông tin khi tàu đã hoạt động trong quá khứ, các dữ liệu này có thời gian lấy mẫu lớn và thường không có đủ các tham số cần thiết. Trong nghiên cứu này, một mô hình mô phỏng sử dụng phương pháp mô phỏng phần cứng trong vòng lặp sẽ được xây dựng để tạo ra một tập dữ liệu với nhiều tình huống khác nhau mà tàu sẽ gặp khi hoạt động thực tế trên biển. Ngoài ra, một mô hình mạng nơ-ron MLP kết hợp với thuật toán A* sẽ được sử dụng để xây dựng một thuật toán tìm tuyến đường nhiên liệu tối ưu với ràng buộc thời gian hành trình. Kết quả thử nghiệm cho thấy thuật toán hoạt động tin cậy với sai số thấp.

Từ khóa: Tuyến đường tối thiểu hóa nhiên liệu, mạng nơ-ron, thuật toán A*.

Abstract

This paper presents the construction of an algorithm for finding optimal fuel routes for ships with sailing time constraints applied to cargo ships. Unlike previous studies, most of them used data collected from noon reports recording past operating data of ships, these data have a large sampling time and often do not have enough necessary parameters. This study proposes to build a simulation model using the hardware-in-the-loop simulation method to create a dataset with a variety of situations that ships will encounter when operating in reality at sea. In addition, an MLP neural network model combined with the A* algorithm will be used to build an

algorithm for finding optimal fuel routes with sailing time constraints. Testing results show that the algorithm operates reliably with low errors.

Keywords: Optimal fuel routes, neural network, A* algorithm.

1. Mở đầu

Việt Nam là quốc gia đặt mục tiêu phát triển mạnh kinh tế biển trong tương lai. Những năm gần đây, số lượng đội tàu liên tục tăng. Khi vận hành tàu, tùy vào chủng loại tàu, chi phí nhiên liệu có thể chiếm tới 70% tổng chi phí khai thác. Ngoài ra, để tuân thủ Phụ lục VI/nghị quyết MEPC.328(76) năm 2021 về “Quy định về phòng ngừa ô nhiễm không khí từ tàu biển”, các công ty vận tải biển hiện nay đã và đang tìm các phương pháp để giảm thiểu mức tiêu thụ nhiên liệu khi vận hành. Có hai nhóm giải pháp chính giúp nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu cho tàu đến từ những phương pháp thực hiện trong quá trình thiết kế tàu và trong quá trình vận hành, khai thác tàu [1].

Các phương pháp sử dụng để tối thiểu hóa nhiên liệu tiêu thụ có thể kể đến như tối ưu hóa hình dáng thân tàu [2], tối ưu quá trình hoạt động của hệ lực đẩy (máy chính) [3], sử dụng các hệ thống lực đẩy hỗn hợp [4] và sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo [5]. Ưu điểm quan trọng nhất của việc sửa đổi thiết kế tàu là khi đã áp dụng thì sẽ không yêu cầu giám sát và điều chỉnh liên tục để có hiệu suất tối ưu mà chỉ cần bảo dưỡng tàu thường xuyên. Điều này mang lại hiệu quả tối ưu cho tàu từ khâu thiết kế đến khi sử dụng sau này.

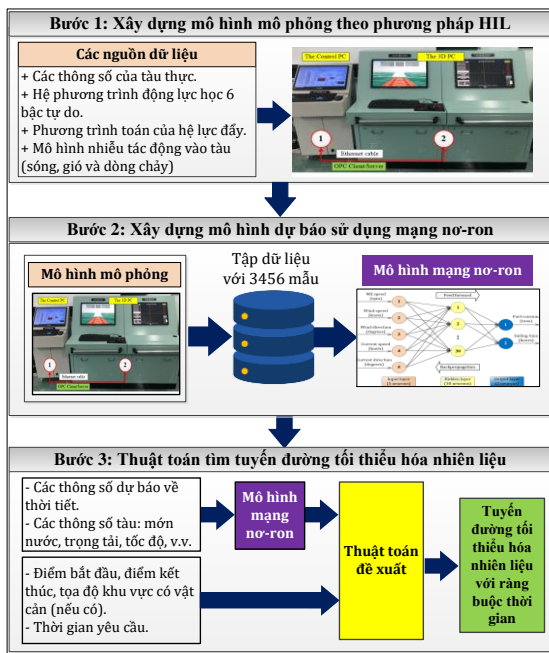
Các phương pháp cải thiện hiệu quả năng lượng trong quá trình vận hành tàu thường bao gồm các giải pháp chính sau: Vận hành tàu ở tốc độ thấp [6], lựa chọn giá trị góc chúi tối ưu cho tàu tùy thuộc vào từng trường hợp tải trọng khác nhau [7], xây dựng mô hình tính nhiên liệu để ứng dụng trong việc lên kế hoạch chuyên đi [8], phát triển phần mềm hỗ trợ cho sỹ quan lái tàu [9] và các phương pháp dựa trên những thông tin dự báo về thời tiết để lập tuyến đường theo những

tiêu chí khác nhau [10]. Trong những phương pháp trên, phương pháp định tuyến hành trình sử dụng những thông tin dự báo thời tiết mang lại rất nhiều lợi ích khi không chỉ giúp tàu tiết kiệm nhiên liệu mà còn giúp tàu khai thác an toàn hơn. Có nhiều thuật toán khác nhau được đề xuất trong phương pháp này, tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu trên đều sử dụng các tập dữ liệu hoạt động của tàu trong quá khứ, thường có thời gian lấy mẫu lớn và không có đủ các thành phần nhiễu động chính tác động lên con tàu.

Bên cạnh đó, những tiêu chí tối ưu trong những nghiên cứu trên thường chỉ xét đến một cách đơn lẻ, chưa có được sự kết hợp tốt giữa các tiêu chí tối ưu với nhau. Do đó, bài báo này đề xuất phát triển một thuật toán tìm những tuyến đường tối thiểu hóa nhiên liệu giúp nâng cao hiệu quả khai thác cho tàu thủy.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Các bước nghiên cứu



Hình 1. Các bước nghiên cứu đề xuất

Hình 1 thể hiện các bước nghiên cứu đề xuất. Trước tiên, dựa trên hệ phương trình động lực học 6-DoF của tàu, hệ chân vịt và bánh lái, các nhiễu môi trường và hồ sơ tàu, một mô hình mô phỏng sẽ được xây dựng.

Tiếp đó, dựa trên trình mô phỏng đã xây dựng, một tập dữ liệu với 3456 mẫu dữ liệu được tạo ra với nhiều tình huống khác nhau giống như khi tàu hoạt động. Tập dữ liệu này được dùng để huấn luyện mô hình dự báo nhiên liệu tiêu thụ và thời gian hành trình.

Cuối cùng, một thuật toán để tìm tuyến đường tối

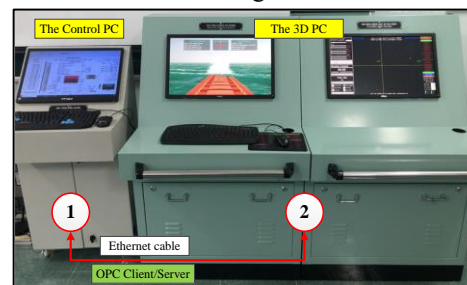
thiểu hóa nhiên liệu có ràng buộc thời gian được đề xuất dựa trên thuật toán tìm kiếm A* và mô hình dự báo đã xây dựng. Các đầu vào cho thuật toán sẽ là tọa độ của điểm bắt đầu, điểm đến, các điểm chướng ngại vật (nếu có), các thông số thời tiết và những thông số của tàu (món nước, độ nghiêng, trọng tải tàu, tốc độ đặt,...).

2.2. Xây dựng mô hình

Mô hình mô phỏng đã được xây dựng thể hiện trên Hình 2 với các khối cụ thể như sau:

- Khối 1: Khối này gồm một máy tính với vai trò là bộ điều khiển quỹ đạo thực.
- Khối 2: Khối này gồm một máy tính chạy mô hình tàu để thay thế cho con tàu thực.

Khối 1 và Khối 2 được kết nối bằng một cáp Ethernet với giao thức truyền thông OPC Client/Server. Mô hình này sẽ được sử dụng để tạo nên một bộ dữ liệu và thử nghiệm thuật toán đề xuất.



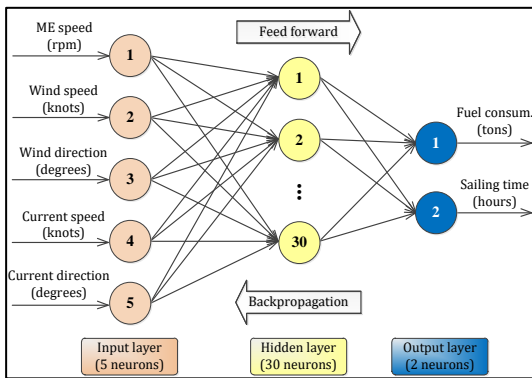
Hình 2. Mô hình mô phỏng đề xuất

2.3. Mô hình dự báo nhiên liệu tiêu thụ và thời gian hành trình

Với mô hình đã xây dựng, dựa trên việc chạy mô hình với nhiều trường hợp khác nhau (thay đổi thông số tàu và thông số nhiễu), một tập dữ liệu được thu thập gồm 3456 mẫu. Tập dữ liệu này được dùng để luyện cho một mạng nơ-ron loại truyền thẳng (MLP) có cấu trúc thể hiện như Hình 3.

Cấu trúc mô hình mạng MLP đề xuất có ba lớp, bao gồm 05 nơ-ron ở lớp vào, 30 nơ-ron ở lớp ẩn (một lớp ẩn) và 02 nơ-ron ở lớp ra. Mô hình này được chọn trong số 30 mô hình khác nhau có sai số MAPE (sai số phần trăm tuyệt đối trung bình) bé nhất khi thử với một tập dữ liệu độc lập (30 mô hình có số lớp ẩn và số nơ-ron trong mỗi lớp ẩn đó khác nhau). Nghiên cứu [11] của tác giả đã trình bày chi tiết hơn về quá trình xây dựng và đánh giá mô hình này.

Hình 3 cũng thể hiện số lượng đầu vào (05 đầu vào) và đầu ra (02 đầu ra) của mô hình ứng với những đầu vào/ra có được của tập dữ liệu đã xây dựng.



Hình 3. Cấu trúc mô hình dự báo ANN

2.4. Thuật toán đề xuất

2.4.1. Khái quát chung về thuật toán tìm kiếm A*

Thuật toán A* là một trong số các thuật toán để tìm tuyến đường tối ưu trong đồ thị nhờ việc xếp hạng từng nút theo giá trị ước lượng của nút đó tới nút đích, dựa trên các giá trị ước lượng, thuật toán A* sẽ xét các nút trong đồ thị theo một thứ tự ưu tiên. Nguyên tắc hoạt động của thuật toán A* dựa vào việc tối thiểu hóa hàm chi phí dưới đây:

$$\text{Minimum: } f(x) = h(x) + g(x) \quad (1)$$

Trong đó: $f(x)$ là chi phí nhỏ nhất để di chuyển từ nút bắt đầu đi qua nút x tới nút đích, $g(x)$ là chi phí thực để đi từ nút bắt đầu đến nút x , $h(x)$ là chi phí ước lượng từ nút x tới nút đích.

Thuật toán A* sẽ đảm bảo rằng nghiệm (đường đi) là tối ưu nếu các chi phí ước lượng thỏa mãn phương trình sau:

$$h(x) \leq h^*(x) \quad \forall x \quad (2)$$

với $h^*(x)$ là chi phí thực tế để đi từ nút x tới nút đích.

2.4.2. Xây dựng đồ thị di chuyển

Khi tàu di chuyển qua các tuyến đường ngắn, các tuyến đường này có thể được coi là các đường thẳng. Tuy nhiên, độ chính xác sẽ giảm đi nhiều nếu khoảng cách giữa các điểm chuyển hướng lớn vì đường đi ngắn nhất giữa hai điểm bất kỳ trên bề mặt trái đất là một đường cong thuộc cung vòng lớn.

Do đó, để xây dựng đồ thị di chuyển cho thuật toán đề xuất, một lưới cong sẽ được xây dựng giữa điểm bắt đầu WP_0 và điểm đến WP_g , như thể hiện trong Hình 4. Tùy thuộc vào từng trường hợp cụ thể và các thông tin thời tiết, độ phân giải của lưới sẽ được lựa chọn sao cho phù hợp. Độ dài cung ngắn nhất giữa hai điểm bất kỳ WP_x và WP_j , sẽ được tính dựa trên công thức Haversine theo phương trình dưới đây [12].

$$D_{WP_x-WP_j} = R_E \cdot m \quad (3)$$

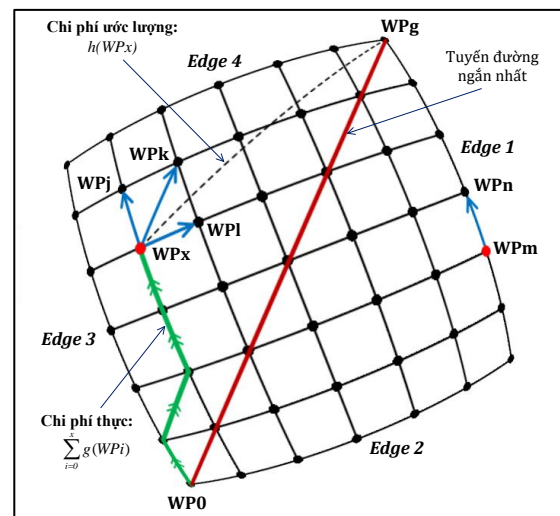
với R_E là bán kính của trái đất ($R_E \approx 6371$ km), m là hệ số được tính theo các phương trình sau:

$$\begin{aligned} m &= 2 \cdot \text{atan}(\sqrt{z}, \sqrt{1-z}) \\ z &= \sin^2(\Delta\varepsilon / 2) + \cos \varepsilon_1 \cdot \cos \varepsilon_2 \cdot \sin^2(\Delta\sigma / 2) \end{aligned} \quad (4)$$

Trong đó: $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{WP_x} - \varepsilon_{WP_j}$; $\Delta\sigma = \sigma_{WP_x} - \sigma_{WP_j}$;

$(\varepsilon_{WP_x}, \sigma_{WP_x})$ là kinh độ và vĩ độ của WP_x và $(\varepsilon_{WP_j}, \sigma_{WP_j})$

là kinh độ và vĩ độ của WP_j .



Hình 4. Đồ thị di chuyển cong đề xuất

Ngoài ra, để giúp thuật toán hoạt động chính xác và tin cậy với điều kiện ở phương trình (2), nhiên liệu và thời gian hành trình ước lượng giữa hai điểm WP_x và WP_g bất kỳ sẽ được tính như sau:

$$h(WP_x)_{FC} = D_{WP_x-WP_g} \cdot FC_{unit} \quad (5)$$

$$h(WP_x)_{ST} = D_{WP_x-WP_g} \cdot ST_{unit} \quad (6)$$

Trong đó: $h(WP_x)_{FC}$ và $h(WP_x)_{ST}$ là nhiên liệu tiêu thụ và thời gian di chuyển ước lượng từ WP_x đến WP_g ; $D_{WP_x-WP_g}$ là độ dài cung ngắn nhất giữa WP_x và WP_g ; FC_{unit} là nhiên liệu tiêu thụ trên một hải lý với trường hợp mặt biển tĩnh và ST_{unit} là thời gian di chuyển trên một hải lý với trường hợp thời tiết xấu nhất.

Nếu ta biết tọa độ của WP_0 và WP_g , một đồ thị di chuyển sẽ được xây dựng như Hình 4. Đường nối giữa WP_0 đến WP_g là đường đi ngắn nhất giữa chúng. Từ bất kỳ một điểm WP_x , tàu có thể di chuyển

đến WP_j , WP_k hoặc WPl . Trong khi đó, các điểm nằm trên cạnh 1 và cạnh 4 như Wpm thì chỉ có thể di chuyển theo một hướng từ Wpm đến Wpn .

Bên cạnh đồ thị di chuyển, hai ma trận chi phí gồm ma trận chi phí thực (ma trận G) và ma trận chi phí ước lượng (ma trận H) sẽ cần được tạo ra làm những tập dữ liệu đầu vào cho thuật toán đề xuất, cụ thể:

- Ma trận G: Được tính dựa trên độ dài cung nối giữa những điểm kề nhau trên đồ thị di chuyển và điều kiện thời tiết giữa các điểm đó.

- Ma trận H: Được tính theo phương trình (5) và phương trình (6).

2.4.3. Xây dựng hàm mục tiêu

Dưới đây là hàm mục tiêu được đề xuất dựa trên cơ sở lý thuyết của thuật toán tìm kiếm A*:

$$f(WPn) = \left[\frac{h(WPx)_{FC} + \sum_{i=0}^x g(WPi)_{FC}}{FC_{average}} + \frac{\sum_{i=0}^x g(WPi)_{ST}}{ST_{average}} \right] \alpha + \left[\frac{h(WPx)_{ST}}{ST_{average}} + \frac{\sum_{i=0}^x g(WPi)_{ST}}{ST_{average}} \right] (1 - \alpha) \quad (7)$$

Trong đó: $h(WPx)_{FC}$, $h(WPx)_{ST}$ là nhiên liệu tiêu thụ và thời gian hành trình ước lượng từ WPx đến WPg ; $g(WPi)_{FC}$, $g(WPi)_{ST}$ là nhiên liệu tiêu thụ và thời gian hành trình thực tế để đến điểm Wpi từ điểm $WP(i-1)$; $FC_{average}$, $ST_{average}$ là nhiên liệu tiêu thụ và thời gian hành trình trung bình lấy trong bộ dữ liệu và α là một hệ số ưu tiên.

Hệ số ưu tiên α sẽ thể hiện mức độ ưu tiên giữa nhiên liệu tiêu thụ và thời gian hành trình. Nếu $\alpha=1$ thì thuật toán chỉ ưu tiên tìm hành trình tối thiểu nhiên liệu. Ngược lại, nếu $\alpha=0$ thì thuật toán chỉ tìm hành trình nào có thời gian di chuyển nhỏ nhất. Trong khi đó, nếu $0 < \alpha < 1$ thì hành trình sẽ tối thiểu hóa theo cả hai tiêu chí tùy thuộc vào giá trị của α .

2.4.4. Thuật toán đề xuất

Thuật toán đề xuất sẽ tối thiểu hóa hàm mục tiêu như phương trình (7) được thể hiện bằng mã giả như trong Bảng 1. Khi thực hiện, thuật toán sẽ tạo ra hai danh sách: *Open* và *Closed*. *Open* được sử dụng để ghi lại tất cả các điểm chuyển hướng mà ta cần xem xét để tìm ra tuyến đường tối ưu. Trong khi đó, *Closed* là danh sách lưu trữ các điểm chuyển hướng không cần xem xét nữa.

Bảng 1. Thuật toán đề xuất

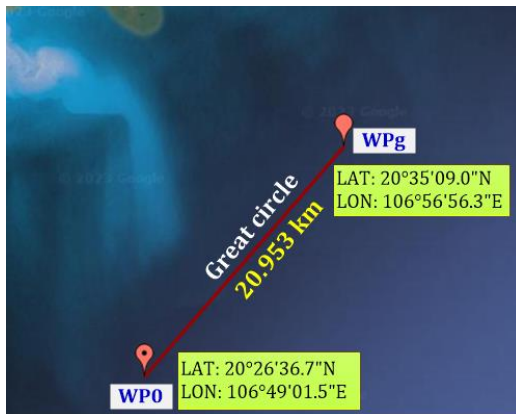
1	Input: A moving-graph with the start waypoint (WP0) and the goal waypoint (WPg)
2	Output: The optimal-fuel route (time constraints)
3	Initial:
4	Open=(WP0);
5	Closed=(∅);
6	g(WP0)=0;
7	h(WP0)=heuristic_cost(WP0,WPg);
8	f(WP0)=h(WP0)+g(WP0);
9	$\alpha = 1$; nme=70 rpm;
10	While Open $\neq \emptyset$
11	Find the WP with the least f(WPn) in the Open;
12	if (WPx == WPg)
13	if ($\sum_{i=0}^g g(WPi)_{FC} \leq t_{max}$)
14	return "The optimal fuel route";
15	else
16	$\alpha = \alpha - 0.01$ and goto line 10
17	end
18	else
19	remove WPx from Open;
20	add WPx to Closed;
21	for WPy \in neighbors(WPx) do % $y=j, k, \text{ or } l$
22	current_cost= g(WPx)+cost(WPx,WPy);
23	if (WPy \in Open & g(WPy) > current_cost)
24	remove WPy from Open;
25	endif;
26	if (WPy \in Closed & g(WPy) > current_cost)
27	remove WPy from Closed;
28	endif;
29	if (WPy \notin Open & WPy \notin Closed)
30	add WPy to Open;
31	g(WPy) = current_cost;
32	h(WPy) =heuristic_cost(WPy,WPg);
33	f(WPy) = g(WPy) + h(WPy);
34	endif;
35	endfor
36	endwhile;
37	return "Route can not be found";

Ban đầu, α được gán bằng 1 (chỉ tối thiểu hóa nhiên liệu), điểm $WP0$ sẽ được thêm vào *Open* và *Closed* sẽ trống. Sau đó, thuật toán sẽ tìm các điểm lân cận của $WP0$ để tàu có thể di chuyển đến điểm đến WPg để thỏa mãn hàm mục tiêu theo phương trình (7). Khi tuyến đường tối thiểu nhiên liệu được tìm ra, nếu tổng thời gian hành trình trên tuyến đường đó thỏa

mãn điều kiện ràng buộc (dòng 13) thì tuyến đường đó sẽ kết quả trả về của thuật toán. Trong trường hợp ngược lại, khi điều kiện ràng buộc không thỏa mãn, hệ số α sẽ được giảm xuống 0,01 sau mỗi bước lặp (dòng 16, bắt đầu xét đến tối thiểu cả về thời gian hành trình) cho đến khi nào tuyến đường mới tìm được thỏa mãn được điều kiện ràng buộc thì sẽ dừng thuật toán và trả về tuyến đường gợi ý.

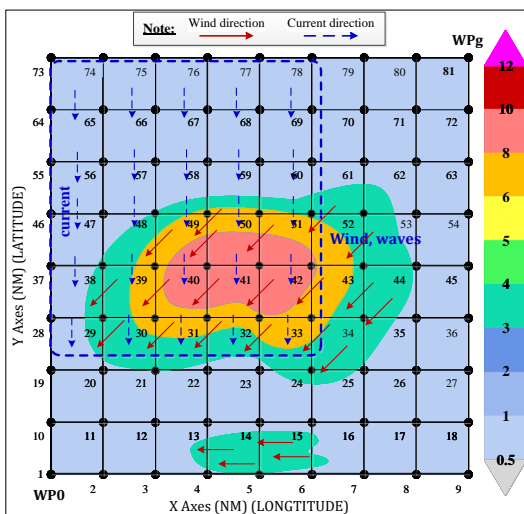
3. Kết quả thử nghiệm

3.1. Kịch bản thử nghiệm



Hình 5. Tọa độ của khởi đầu và điểm đến

Để kiểm chứng thuật toán đề xuất, tác giả xây dựng các kịch bản thử nghiệm giữa hai điểm WPO và WPg, hai điểm này là hai vị trí trên Biển Đông, Việt Nam có tọa độ như thể hiện trong Hình 5. Khoảng cách ngắn nhất giữa chúng là một cung tròn trên cung vòng lớn là 20,953km. Vì khoảng cách trên là rất nhỏ so với bán kính trái đất, bởi vậy đồ thị di chuyển cong được xây dựng thể hiện trên Hình 6 nhìn sẽ gần như một lưới phẳng.

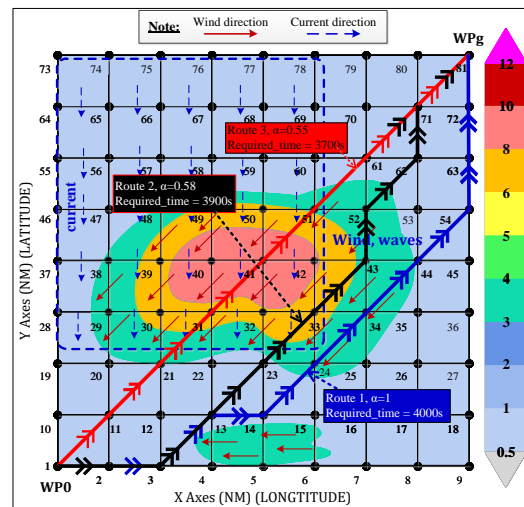


Hình 6. Các điều kiện thời tiết trong khu vực thử nghiệm

Hình 6 thể hiện những giả định về điều kiện thời tiết trong khu vực thử nghiệm. Các mũi tên *đỏ-nét đứt* và *xanh-nét liền* thể hiện hướng của gió và dòng chảy. Màu sắc trong khu vực thử nghiệm thể hiện độ cao sóng theo thang Beaufort của tổ chức khí tượng quốc tế (với thang đo chuẩn 12 cấp).

Khu vực hình chữ nhật (*nét đứt-màu xanh*) thể hiện khu vực giả định có ảnh hưởng của nhiều dòng chảy với tốc độ dòng chảy được giả định là 2 knots trong toàn bộ khu vực này.

3.2. Kết quả và thảo luận



Hình 7. Ba tuyến đường được gợi ý

Để kiểm tra thuật toán đề xuất, có 03 giá trị thời gian yêu cầu khác nhau để tàu đến điểm đích WPg, cụ thể như sau:

- Trường hợp 1: Thời gian yêu cầu là 4000s. Giá trị này được lựa chọn dựa trên thời gian hoạt động thường ngày trong báo cáo buổi trưa của tàu thực ở chế độ kinh tế.
- Trường hợp 2: Thời gian yêu cầu là 3900s. Trường này sẽ yêu cầu tàu phải đến đích nhanh hơn trường hợp 1.
- Trường hợp 3: Với thời gian yêu cầu chỉ là 3700s, đây là trường hợp có thời gian di chuyển nhỏ nhất trong cả ba trường hợp.

Khi chạy thuật toán với ba trường hợp trên, thuật toán đề xuất ba tuyến đường được hiển thị trong Hình 7, cụ thể:

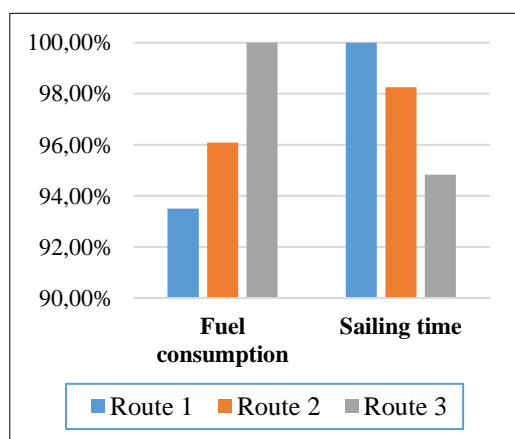
- Đối với trường hợp 1, thuật toán đề xuất Route 1 qua các điểm 1-2-3-13-14-24-34-44-54-63-72-81.
- Đối với trường hợp 2, thuật toán đề xuất Route 2 qua các điểm 1-2-3-13-23-33-43-52-62-71-81;
- Trong khi đó, trong trường hợp 3, thuật toán đề xuất Route 3 đi qua 1-11-21-31-41-51-61-71-81.

Bảng 2. So sánh kết quả giữa mô hình ANN đề xuất và dữ liệu thu thập được từ việc chạy trình mô phỏng HIL

Route	Nhiên liệu tiêu thụ (kg)		Sai số (%)	Thời gian hành trình (s)		Sai số (%)	Alpha
	Mô hình ANN	Mô hình HIL		Mô hình ANN	Mô hình HIL		
Route 1	813.70	809.68	0.50%	3913.68	3891.11	0.58%	1
Route 2	826.32	832.11	0.70%	3831.39	3823.39	0.21%	0.58
Route 3	855.48	865.99	1.21%	3664.79	3689.93	0.68%	0.55

Với ba tuyến đường được đề xuất, mô hình mô phỏng HIL sẽ được sử dụng để điều khiển tàu qua từng tuyến đường cho từng trường hợp để kiểm chứng kết quả. Bảng 2 và Hình 8 thể hiện kết quả chạy mô hình mô phỏng HIL qua các tuyến đường được đề xuất. Đồng thời, các kết quả này cũng được so sánh với kết quả dự báo bởi mô hình đã đề xuất trong mục 2.3.

Từ Bảng 2, chúng ta có thể thấy rằng, khi thời gian yêu cầu lớn (4000s), thuật toán gợi ý tuyến đường Route 1 cho hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu lớn nhất trong cả ba kịch bản. Sai số giữa mô hình dự báo ANN và dữ liệu thu thập được khi chạy mô hình mô phỏng HIL là khá nhỏ. Trong trường hợp này, hệ số alpha là 1 (thuật toán trong Bảng 1 chỉ chạy một lần đã cho ra kết quả thời gian hành trình là 3913,68s, thời gian này thỏa mãn điều kiện ràng buộc). Trong khi đó, trong kịch bản 2 và 3, khi thời gian yêu cầu giảm xuống, thuật toán đề xuất các tuyến đường có mức tiêu thụ cao hơn để đổi lấy việc rút ngắn thời gian hành trình cho tàu. Hệ số alpha trong hai trường hợp này lần lượt là 0,58 và 0,55.



Hình 8. Mức tiêu thụ nhiên liệu và thời gian di chuyển tính theo phần trăm giá trị tối đa

Như vậy, ta thấy rằng thời gian yêu cầu càng ngắn thì nhiên liệu tiêu thụ càng nhiều và ngược lại. Do đó, hoạt động của tàu sẽ phải cân đối giữa tiết kiệm nhiên liệu và thời gian hành trình để tàu có thể đến đích đúng giờ.

4. Kết luận

Bài báo này trình bày việc xây dựng thuật toán định tuyến hành trình tối thiểu hóa nhiên liệu cho tàu có ràng buộc về thời gian hành trình. Kết quả thử nghiệm với ba trường hợp đều cho thấy hiệu quả của thuật toán trong việc đề xuất các tuyến đường đảm bảo tiêu chí tiết kiệm nhiên liệu và thỏa mãn điều kiện ràng buộc với sai số lớn nhất chỉ là 1,21%.

Hướng nghiên cứu tiếp theo của bài báo là tạo ra một tập dữ liệu với các biến đầu vào đa dạng hơn, đặc biệt là các thông số của tàu như các giá trị môn nước và tốc độ máy chính khác nhau. Ngoài ra, nghiên cứu này sẽ tiếp tục được phát triển để có thể đề xuất được cả tốc độ đặt cho máy chính giúp tàu có thể đến được điểm đích theo đúng thời gian yêu cầu thay vì chỉ sử dụng một tốc độ đặt cho máy chính là tốc độ mặc định 70rpm như bài báo này.

Bên cạnh đó, nghiên cứu sẽ phát triển một công cụ dựa trên giao diện lập trình ứng dụng (API) để đưa dữ liệu từ các trang web dự báo thời tiết vào phần mềm Matlab để phát triển thành một hệ thống định tuyến hành trình có thể hoạt động online.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT24-25.68.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Buhaug, Ø., Corbett, J.J., Endresen, Ø., Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., Lee, D.S., Lee, D., Lindstad, H., & Markowska, A. Z., Mjelde, A., Nelissen, D., Nilsen, J., Pålsson, C., Winebrake, J.J., Wu, W., Yoshida, K. (2009). *Second IMO GHG Study 2009*. International Maritime Organization (IMO) London, UK.
- [2] Barreiro, J., Zaragoza, S., & Diaz-Casas, V. (2022). *Review of ship energy efficiency*. Ocean Engineering, Vol.257.
doi:10.1016/j.oceaneng.2022.111594
- [3] Mihaela, A. (2019). *A preliminary propulsive performance evaluation for an oil tanker to meet*

- the EEDI challenge. Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati Fascicle XI- Shipbuilding.
- [4] Inal, O. B., Charpentier, J.-F., & Deniz, C. (2022). *Hybrid power and propulsion systems for ships: Current status and future challenges*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.156. doi:10.1016/j.rser.2021.111965
- [5] Faitar, C., & Novac, I. (2016). *A new approach on the upgrade of energetic system based on green energy. A complex comparative analysis of the EEDI and EEOI*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol.145. doi:10.1088/1757-899x/145/4/042014
- [6] Karsten Hochkirch, V. B. (2010). *Engineering Options for More Fuel Efficient Ships*. In Proceedings of First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency.
- [7] Perera, L. P., Mo, B., & Kristjánsson, L. A. (2015). Identification of optimal trim configurations to improve energy efficiency in ships. IFAC-PapersOnLine, Vol.48(16), pp.267-272. doi:10.1016/j.ifacol.2015.10.291.
- [8] Le, L. T., Lee, G., Park, K.-S., & Kim, H. (2020). *Neural network-based fuel consumption estimation for container ships in Korea*. Maritime Policy & Management, Vol.47(5), pp.615-632. doi:10.1080/03088839.2020.1729437
- [9] Tarelko, W., & Rudzki, K. (2020). *Applying artificial neural networks for modelling ship speed and fuel consumption*. Neural Computing and Applications, Vol.32(23), pp.17379-17395. doi:10.1007/s00521-020-05111-2
- [10] Li, Y., Cui, J., Zhang, X., & Yang, X. (2023). *A Ship Route Planning Method under the Sailing Time Constraint*. Journal of Marine Science and Engineering, Vol.11(6). doi:10.3390/jmse11061242
- [11] Huu, K. D., Anh, T. D., & Duc, T. H. (2023). *A Neural Network-Based Model to Predict Fuel Consumption and Sailing Time for Cargo Ships*. International Russian Automation Conference 2023, in press (Accepted for publication [2023]).
- [12] <https://www.movable-type.co.uk>.

Ngày nhận bài:	23/11/2024
Ngày nhận bản sửa:	15/12/2024
Ngày duyệt đăng:	25/12/2024