

# TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN TÀU CẬP CẦU XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG CỦA GIÓ SỬ DỤNG MẠNG NƠ RON TÁCH KÊNH

## AUTOMATIC SHIP BERTHING UNDER THE EFFECT OF WIND USING A NEURAL NETWORK WITH DECOUPLE STRUCTURE

NGUYỄN VĂN SƯỞNG

Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: nguyenvansuong@vamaru.edu.vn

### Tóm tắt

Trong nghiên cứu trước đây, mạng nơ ron với cấu trúc tách kênh đã được giới thiệu cho bài toán điều khiển tàu cập cầu tự động. So với các bộ điều khiển nơ ron khác, cấu trúc tách kênh đem lại hiệu quả tốt hơn trong điều khiển góc bẻ lái và vòng tua chân vịt. Tuy nhiên, ảnh hưởng của gió chưa được xem xét đến khi sử dụng bộ điều khiển này. Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của gió được xem xét đối với bài toán điều khiển tàu cập cầu tự động sử dụng mạng nơ ron tách kênh. Các kết quả mô phỏng được thực hiện chỉ ra ưu điểm của hệ thống cập cầu tàu sử dụng mạng nơ ron tách kênh là tốt hơn so với không tách kênh khi xét đến ảnh hưởng của gió.

**Từ khóa:** Tự động cập cầu tàu, mô hình tàu, ảnh hưởng của gió, mạng nơ ron tách kênh.

### Abstract

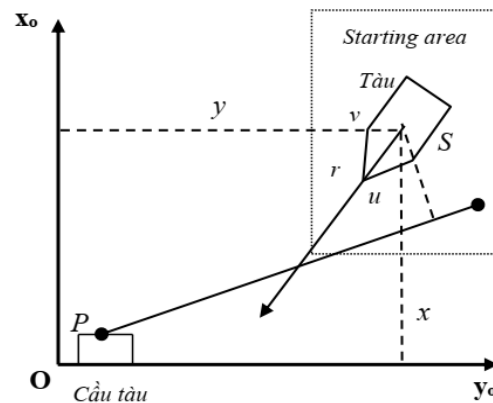
In previous studies, decouple neural networks have been studied to automatic ship berthing control as main controller. Compared to existing controllers, the decouple structure of networks obtains better efficintive in controlling the rudder angle and the propeller revolution. However, the effect of wind disturbance have been still not considered in automatic ship berthing using the decouple structure. In this study, the effect of wind has been rearched on automatic ship berthing control based on decouple neural networks. Numerical simulation results carried out show that the advantage of proposed berthing system under wind disturbace is better than that using the non-decouple neural network controller.

**Keywords:** Automatic ship berthing, ship model, wind effect, decouple neural networks.

## 1. Đặt vấn đề

Tự động điều khiển tàu cập cầu là một trong những bài toán khó trong lĩnh vực điều khiển chuyên động tàu. Khi di chuyển trong điều kiện tốc độ thấp, việc điều

động tàu trở lên khó khăn hơn vì hiệu quả điều khiển bánh lái của tàu thấp. Nói một cách khác, khi điều động tàu vào cập cầu, do tàu khó nghe lái, dẫn đến cần phải điều khiển bánh lái một cách hợp lý. Do đó, quá trình cập cầu tàu thường được chia làm ba giai đoạn cụ thể: giai đoạn thứ nhất bẻ lái đưa vào hướng tiếp cận cầu, giai đoạn này cần thực hiện nhanh chóng để lợi dụng việc tàu còn điều khiển thay đổi hướng mũi được bởi bánh lái; giai đoạn thứ hai máy chính của tàu được thay đổi để tiếp cận cầu với tốc độ hợp lý; giai đoạn cuối máy chính được dừng máy và tiếp cận cầu với trớn phù hợp để tiếp cận cầu tàu. Với cách tiếp cận giống như bộ não của người điều khiển tàu, cho đến nay mạng nơ ron nhân tạo được xem như cách tiếp cận hiệu quả nhất để tự động điều khiển tàu cập cầu vì mạng nơ ron có khả năng học và thực hiện các bước cập cầu giống như hành động của người điều khiển.



Hình 1. Tạo mẫu cập cầu tàu để huấn luyện mạng nơ ron tách kênh

Người đầu tiên ứng dụng mạng nơ ron để học và thực hiện bài toán tự động cập cầu là nhóm tác giả H. Yamato et al [1], trong nghiên cứu này bộ điều khiển được đề xuất để điều khiển hai đầu ra là góc bẻ bánh lái và tốc độ vòng tua chân vịt. Theo ý tưởng của tiếp cận này, một bộ dữ liệu được tạo ra từ quá trình cập cầu của con tàu đó, sau đó bộ dữ liệu sẽ được sử dụng để dạy mạng nơ ron. Mạng nơ ron bao gồm lớp đầu vào: vị trí địa lý của tàu tại cảng huấn luyện, hướng

mũi tàu tại thời điểm xuất phát, các trạng thái tốc độ tàu. Lớp đầu ra của mạng bao gồm hai tín hiệu điều khiển góc bẻ bánh lái và tốc độ vòng tua chân vịt. Các trạng thái tàu ở thời điểm xuất phát như Hình 1 sẽ được tạo ra đủ để huấn luyện mạng nơ ron.

Như một sự kế thừa ý tưởng từ nhóm tác giả [1], các nghiên cứu đã được đề xuất để giải các bài toán khác nhau của lĩnh vực cập cầu tàu tự động sử dụng mạng nơ ron [2, 3, 4, 5, 6]. Trong nghiên cứu [2], nhóm tác giả sử dụng các đầu vào là góc mạn tiếp cận và khoảng cách từ tàu đến cầu cảng, ưu điểm của các tiếp cận này là mạng nơ ron có thể áp dụng cho nhiều cầu cảng khác nhau mà không cần phải huấn luyện lại mạng. Với mong muốn áp dụng cho các tàu không người lái, nhóm tác giả trong [4, 5], sử dụng các đầu vào là khoảng cách đến cảng thay vì góc mạn và khoảng cách như trong nghiên cứu [2]. Trong nghiên cứu [6], một bộ điều khiển nơ ron được tạo ra để thực hiện đa nhiệm vụ bao gồm cập cầu cho nhiều cảng khác nhau và hai hướng tiếp cận khác nhau mà không cần huấn luyện lại mạng nơ ron.

Trong nghiên cứu [3], đã đề xuất một bộ điều khiển nơ ron tách kênh cho cập cầu, điểm mới của mạng nơ ron này so với các nghiên cứu trước đây thể hiện ở chỗ làm giảm tác động của các đầu vào không liên quan đến các đầu ra điều khiển từ mạng. Tức là việc điều khiển các tín hiệu ra chỉ phụ thuộc vào các tín hiệu vào liên quan thay vì phụ thuộc vào tất cả các tín hiệu như các bộ điều khiển trước đó. Điều này làm cho hiệu quả điều khiển góc bẻ bánh lái và tốc độ vòng tua chân vịt đạt hiệu quả cao hơn. Do đó, hiệu quả điều khiển tàu cập cầu của nghiên cứu này được nâng cao hơn so với các nghiên cứu trước đây.

Tuy nhiên, thực tế trong hàng hải, ảnh hưởng của ngoại cảnh tác động đến tàu trong quá trình cập cầu là đáng kể. Do vậy, trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của gió được xem xét đến quá trình điều khiển tàu cập cầu tự động sử dụng mạng nơ ron tách kênh. Nghiên cứu này là một nghiên cứu tiếp theo để phát triển bộ điều khiển mạng nơ ron tách kênh cho hệ thống tự động cập cầu tàu xét đến các ảnh hưởng ngoại cảnh phức tạp khác nhau khi con tàu cập cầu.

## 2. Mô hình toán động học chuyển động tàu

### 2.1. Mô hình động học chuyển động tàu

Để thiết kế hệ thống tự động điều khiển tàu cập cầu, mô hình toán chuyển động trên ba bậc tự do được đề cập cho tàu mặt nước (Surge - Sway - Yaw). Trong nghiên cứu này mô hình toán MMG (Mathematical

Modeling Group) của nhóm tác giả người Nhật Bản được sử dụng, hệ thức toán học của mô hình này được thể hiện:

$$(m + m_x)\ddot{u} - (m + m_y)v\dot{r} = X_H + X_P + X_R + X_W$$

$$(m + m_y)\dot{v} + (m + m_x)ur = Y_H + Y_W$$

$$(I_{zz} + J_{zz})\dot{r} = N_H + N_R + N_W \quad (1)$$

Trong đó:  $(x, y)$  là tọa độ địa lý của tàu tại cảng,  $\psi$  là hướng mũi tàu,  $m, m_x, m_y$  là khối lượng tàu, khối lượng thêm khi tàu chuyển động trong nước theo các trục dọc và trục ngang;  $I_{zz}, J_{zz}$  là mô men khối lượng và mô men khối lượng thêm khi tàu chuyển chuyển động quay;  $u, v, r$  là tốc độ tàu trên các trục dọc, trục ngang, và trục thẳng đứng.

Lực dọc tác dụng lên chuyển động tàu sinh ra bởi chân vịt được mô tả bởi hệ thức sau:

$$\begin{cases} X_P = (1 - t_P)T \\ T = \rho D_p^4 n^2 K_T(J) \end{cases} \quad (2)$$

Lực và mô men tác dụng lên tàu sinh ra bởi bánh lái được thể hiện qua hệ phương trình dưới đây:

$$\begin{cases} X_R = -(1 - t_R)F_N \sin \delta \\ Y_R = -(1 + a_H)F_N \cos \delta \\ N_R = -(x_R + a_H x_H)F_N \cos \delta \\ F_N = \frac{\rho}{2} f_\alpha(\Lambda) A_R U_R^2 \sin \alpha_R \end{cases} \quad (3)$$

Trong đó:  $n$  là tốc độ vòng tua chân vịt,  $\delta$  là góc bẻ lái. Đây là hai đầu ra của bộ điều khiển để điều khiển tàu tiếp cận cầu.

Mô hình chuyển động của tàu dầu ở tốc độ thấp được áp dụng trong nghiên cứu này. Chi tiết về mô hình này có thể tham khảo trong nghiên cứu [7].

### 2.2. Mô hình tác động của gió

Trong thực tế hàng hải, yếu tố gió tác động đến con tàu là hoàn toàn xác định được bằng thiết bị đo gió, chiều cao mạn khô của tàu. Do đó các lực và mô men hoàn toàn xác định được trong quá trình cập cầu tàu tự động. Trong nghiên cứu này, các hệ số gió được xác định theo phương pháp của Isherwood [8].

$$\begin{cases} X_W = C_X \frac{1}{2} \rho V_R^2 A_T \\ Y_W = C_Y \frac{1}{2} \rho V_R^2 A_L \\ N_W = C_N \frac{1}{2} \rho V_R^2 A_L L_{OA} \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó:  $X_W$  là các lực dọc,  $Y_W$  là lực ngang và  $N_W$  là mô men tác dụng lên tàu gây ra bởi gió.

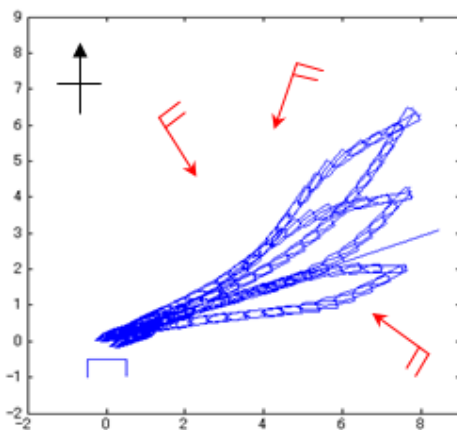
**3. Tự động cập cầu tàu xét đến ảnh hưởng của gió sử dụng mạng nơ ron tách kênh**

**3.1. Đề xuất hệ thống tự động cập cầu khi xét đến ảnh hưởng của gió**

Trong nghiên cứu trước [3], nhóm tác giả đã đề xuất một bộ điều khiển nơ ron tách kênh ứng dụng cho bài toán tự động điều khiển tàu cập cầu. Ưu điểm của bộ điều khiển đề xuất so với cấu trúc không tách kênh thể hiện ở chỗ: Bộ điều khiển không tách kênh cho kết nối các đầu ra điều khiển (góc bẻ bánh lái và tốc độ vòng tua chân vịt) với tất cả đầu vào, trong khi thực tế các đầu ra điều khiển không phụ thuộc vào tất cả các đầu vào của mạng. Điều này làm cho hiệu quả điều khiển của mạng nơ ron không tách kênh kém hơn so với mạng nơ ron tách kênh. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tiếp tục nghiên cứu hiệu quả điều khiển của cấu trúc tách kênh trong mạng nơ ron so với cấu trúc không tách kênh khi có ảnh hưởng của gió tác động đến quá trình cập cầu tàu. Đây được xem như một nghiên cứu phát triển tiếp theo của nghiên cứu [3].

*Các bước thực hiện bài toán:*

**Bước 1:** Tạo dữ liệu cập cầu để huấn luyện bộ điều khiển. Cũng giống những nghiên cứu trước đây, các dữ liệu được ghi lại để tạo thành một bộ dữ liệu tổng hợp. Đầu vào của các dữ liệu bao gồm: vị trí tàu, hướng mũi tàu, tốc độ tàu theo các trục dọc, ngang, và tốc độ góc quay. Đầu ra bao gồm hai tín hiệu điều khiển góc bẻ bánh lái và tốc độ vòng tua chân vịt. Trong quá trình tạo ra bộ dữ liệu, gió được đề cập bằng cách đề cập lực và mô men như trong hệ thức (4). Việc tạo dữ liệu huấn luyện được thực hiện trên phần mềm MATLAB được minh họa như trong Hình 2.



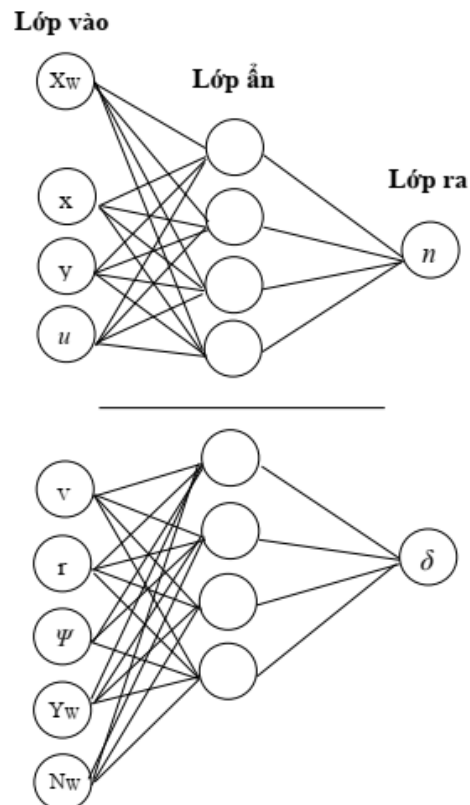
Hình 2. Mô tả quá trình tạo dữ liệu huấn luyện đề

**Bước 2:** Lựa chọn cấu trúc mạng, trong nghiên cứu này cấu trúc mạng là một mạng nơ ron tách kênh như trong nghiên cứu [3]. Tuy nhiên, khi xét thêm ảnh hưởng của gió, 3 đại lượng: lực tác dụng của gió gây ra trên trục dọc ( $X_w$ ), lực tác dụng trên trục ngang ( $Y_w$ ), và mô men do gió ( $N_w$ ) được chia theo hai nhánh riêng biệt để điều khiển bánh lái và tốc độ vòng tua chân vịt một cách hợp lý hơn so với cấu trúc tách kênh.

Cụ thể, một mạng nơ ron tách kênh được thiết kế như Hình 3 có cấu trúc hai mạng nơ ron nhỏ riêng biệt để áp dụng cho bài toán cập cầu tàu tự động xét đến ảnh hưởng của gió. Trong đó:

Mạng nơ ron thứ nhất có cấu trúc gồm: lớp vào gồm 4 đầu vào (toạ độ địa lý của tàu tại cảng ( $x, y$ ), tốc độ tàu trên trục dọc ( $u$ )), và lực tác dụng của gió lên tàu theo trục dọc ( $X_w$ ); lớp ẩn, và lớp ra là tốc độ vòng tua chân vịt ( $n$ ).

Mạng nơ ron thứ hai có cấu trúc gồm: lớp vào gồm 5 đầu vào (tốc độ tàu trên trục ngang và tốc độ góc ( $v, r$ ), hướng mũi tàu ( $\psi$ ), lực tác dụng của gió lên tàu theo trục ngang ( $Y_w$ ), và mô men tác dụng quay tàu ( $N_w$ ); lớp ẩn, và lớp ra là góc bẻ bánh lái ( $\delta$ ).



Hình 3. Cấu trúc mạng nơ ron không tách kênh được lựa chọn để cập đến ảnh hưởng của gió cho bài toán cập cầu tàu

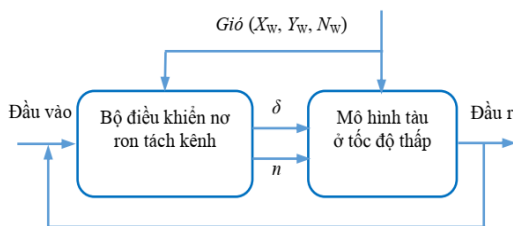
Để huấn luyện mạng, nghiên cứu này sử dụng phương pháp học giám sát và kỹ thuật lan truyền ngược để đảm bảo sau khi được huấn luyện mạng, đầu ra phân hồi của mạng gần giống với đầu ra của bộ dữ liệu dạy học cho mạng. Hàm mục tiêu để huấn luyện trong phương pháp lan truyền ngược được thể hiện trong hệ thức dưới đây:

$$E = \sum_{i=1}^P \left\{ \text{desired\_}O_i - f_2 \left( \sum_{j=1}^L W_{ij} f_1 \left( \sum_{k=1}^M W_{jk} I_k + b_j \right) \right) - b_i \right\}^2 \quad (5)$$

Nhiệm vụ của huấn luyện là tối ưu hệ thức (5) Kết thúc quá trình huấn luyện mạng, các giá trị trọng số được tính toán và cập nhật đảm bảo hàm mục tiêu.

**Bước 3:** Tự động cập cầu tàu, khi đặt tàu ở vị trí ban đầu có các trạng thái đầu vào giống hoặc gần giống với bộ dữ liệu huấn luyện mạng như ở **Bước 1**, bộ điều khiển sẽ tính toán các giá trị góc bẻ lái và thay đổi tốc độ vòng tua chân vịt để đưa tàu vào cập cầu dưới ảnh hưởng của gió một cách tự động.

Sơ đồ khối của hệ thống được biểu diễn dưới Hình 4, trong đó đầu vào ban đầu là các giá trị trạng thái tàu ở thời điểm xuất phát, qua bộ điều khiển sẽ tính toán các giá trị góc bẻ lái và tốc độ vòng tua chân vịt để đưa ra mô hình toán MMG, qua mô hình toán MMG, các trạng thái mới của tàu ở bước thời gian tiếp theo được tính toán và phản hồi về bộ điều khiển để thực hiện vòng lặp như ban đầu. Trong sơ đồ này, gió được đề cập cho bộ điều khiển. Vì gió (bao gồm hướng và tốc độ hoàn toàn xác định được thông qua thiết bị đo gió) nên tác động của gió hoàn toàn xác định được.



**Hình 4. Sơ đồ tự động điều khiển cập cầu dưới ảnh hưởng của gió sử dụng bộ điều khiển tách kênh**

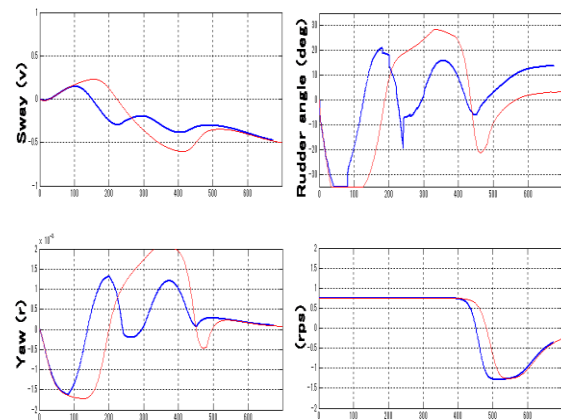
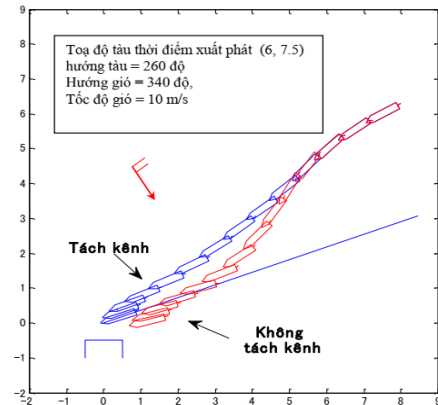
### 3.2. Mô phỏng số và phân tích kết quả

Để xác thực hiệu quả của hệ thống điều khiển đề xuất xét đến ảnh hưởng của gió, các mô phỏng số được thực hiện sử dụng phần mềm MATLAB. Toạ độ khu vực cảng được chuyển thành dạng thứ nguyên để dễ dàng thực hiện cho việc mô phỏng máy tính, thang kinh vĩ độ đều thuộc giải từ -2 đến 9.

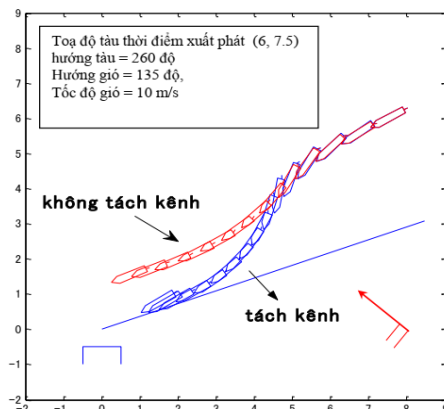
Kết quả nghiên cứu mô phỏng được thể hiện trong Hình 5. Hình vẽ màu xanh thể hiện quỹ đạo tàu chạy được điều khiển bởi bộ điều khiển tách kênh. Còn màu

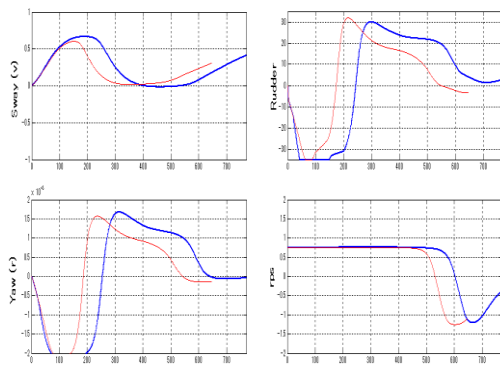
đỏ là quỹ đạo tàu chạy được điều khiển bằng bộ điều khiển không tách kênh.

**Trường hợp thứ nhất:** Hình 5a, tàu xuất phát từ vị trí ban đầu (vĩ độ, kinh độ) = (6, 7.5), hướng mũi tàu là 260 độ, hướng gió 340 độ và tốc độ gió 10 (m/s). Kết quả mô phỏng số cho thấy quỹ đạo tự động điều khiển chuyển động tàu bằng 2 bộ điều khiển khác nhau có sự khác nhau rõ rệt dưới tác dụng của gió.

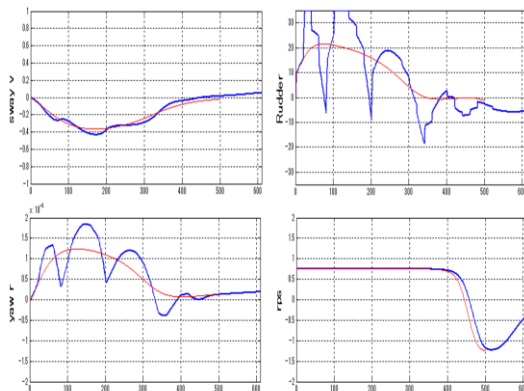
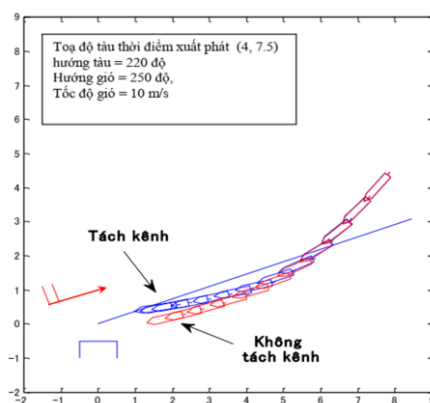


a)





b)



c)

**Hình 5. Kết quả mô phỏng tự động cập cầu tàu sử dụng mạng nơ ron tách kênh và so sánh với cấu trúc không tách kênh**

Phân tích trường hợp này, có thể thấy dưới ảnh hưởng của gió thổi từ mạn phải sang mạn trái (ký hiệu hoa gió như hình vẽ), ban đầu cả hai bộ điều khiển đều bẻ bánh lái về phía mạn trái để đưa tàu tiếp cận cầu ở hướng hợp lý, nhưng bộ điều khiển tách kênh sử dụng góc bẻ bánh lái nhỏ hơn để chống lại ảnh hưởng của gió thổi từ mạn phải sang tốt hơn. Điều này làm cho quỹ

đạo chuyển động tàu điều khiển bằng bộ điều khiển tách kênh bị dạt ít hơn so với quỹ đạo điều khiển bằng bộ điều khiển không tách kênh. Kết quả là, dưới ảnh hưởng của gió, vị trí tàu cập cầu được điều khiển bằng bộ điều khiển tách kênh ở gần vị trí mong muốn hơn so với vị trí tàu cuối cùng được điều khiển bởi bộ điều khiển không tách kênh.

*Trường hợp thứ hai:* Hình 5b, tàu xuất phát có các trạng thái tàu giống như ở trường hợp thứ nhất, vị trí ban đầu của tàu tại (vĩ độ, kinh độ) = (6, 7.5), hướng mũi tàu là 260 độ, tốc độ gió 10 (m/s). Tuy nhiên, hướng tác dụng của gió là hướng 135 độ (Gió thổi từ mạn trái sang mạn phải của con tàu). Phân tích kết quả thấy rằng: ban đầu để tiếp cận hướng vào cầu hợp lý, cả hai bộ điều khiển đều bẻ lái sang mạn trái. Tuy nhiên, bộ điều khiển tách kênh bẻ lái góc lái lớn hơn để tránh cho tàu bị dạt về phía mạn phải. Kết quả là quỹ đạo tàu được điều khiển bằng bộ điều khiển tách kênh gần với đường tiếp cận cầu mong muốn hơn. Điều đó có nghĩa là hiệu quả điều khiển của bộ điều khiển nơ ron tách kênh là tốt hơn so với bộ điều khiển không tách kênh ở trường hợp này.

*Trường hợp thứ ba:* Hình 5c, tàu xuất phát tại vị trí ban đầu của tàu tại (vĩ độ, kinh độ) = (4, 7.5), hướng mũi tàu là 220 độ, tốc độ gió 10 (m/s). Hướng tác dụng của gió là hướng 250 độ (gần như là gió thổi ngược với hướng tàu chạy). Phân tích kết quả thấy rằng: cả hai bộ điều khiển đều bẻ góc bánh lái sang bên phải để tiếp cận cầu (đồ thị phần Rudder phía trên), tuy nhiên, góc bẻ bánh lái của bộ điều khiển nơ ron tách kênh có xu hướng lớn hơn và tốc độ thay đổi cũng lớn hơn, điều này có thể giải thích là vì gió thổi vát ở mũi tàu nên ảnh hưởng gây dạt ngang không nhiều và mục đích bám đường đi tiếp cận nên bộ điều khiển cho góc bẻ lái thay đổi liên tục lúc có thể bẻ sang hết phía mạn phải. Quỹ đạo chuyển động tàu bằng bộ điều khiển tách kênh trong trường hợp này cũng là gần đường mong muốn hơn so với quỹ đạo điều khiển bằng bộ điều khiển không tách kênh.

Kết quả ba trường hợp mô phỏng cho thấy ứng dụng bộ điều khiển nơ ron tách kênh cho bài toán cập cầu có hiệu quả điều khiển tốt hơn so với bộ điều khiển không tách kênh khi đề cập ảnh hưởng của gió tác động đến chuyển động tàu.

#### 4. Kết luận

Bài báo này đề xuất một nghiên cứu về ứng dụng mạng nơ ron có cấu trúc tách kênh cho bài toán tự động cập cầu tàu xét đến ảnh hưởng của gió. Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng: dưới tác động của gió, quỹ đạo chuyển động tàu được điều khiển bởi bộ điều khiển đề

xuất bám sát đường tiếp cận cầu mong muốn hơn so với quỹ đạo chuyển động tàu được điều khiển bởi bộ điều khiển nơ ron không tách kênh. Điều đó có thể hiểu rằng bộ điều khiển được đề xuất trong nghiên cứu này có hiệu quả tốt hơn so với bộ điều khiển có cấu trúc tách kênh khi đề cập ảnh hưởng của gió. Trong những nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi sẽ tiếp tục phát triển bộ điều khiển nơ ron để điều khiển tàu tự động cập cầu tính đến ảnh hưởng của gió động học (gió thay đổi hướng liên tục trong quá trình cập cầu), gió giật, và tác dụng của dòng chảy đến quá trình cập cầu.

### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT20-21.01**.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Yamato and etc. “Automatic Berthing by the Neural Controller”, Proc. Of Ninth Ship Control Systems Symposium, Vol.3, pp.183-201, Bethesda, U.S.A., Sep. 1990.
- [2] Nam Kyun Im, Van Suong Nguyen. “Artificial neural network controller for automatic ship berthing using head-up coordinate system”. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Vol.10, pp.235-249, 2018. doi:10.1016/j.ijnaoe.2017.08.003.
- [3] Nguyễn Văn Sướng. “Nghiên cứu tự động cập cầu tàu sử dụng mạng nơ ron tách kênh”. Tạp chí khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 64, tr.36-40, 2020.

- [4] Van Suong Nguyen, Van Cuong Do, Nam Kyun Im. “Development of Automatic Ship Berthing System Using Artificial Neural Network and Distance Measurement System”. International journal of fuzzy logic and intelligent systems, Vol.18, pp.41-49, 2018. doi:10.5391/IJFIS.2018.18.1.41.
- [5] Van Suong Nguyen. “Investigation on a novel support system for automatic ship berthing in marine practice”. Journal of marine science and engineering, Vol.4, pp.1-22, 2019 doi: 10.3390/jmse7040114.
- [6] Van Suong Nguyen. “Investigation of a multitasking system for automatic ship berthing based on an integrated neural controller. Mathematics, Vol.8, Issue 7, pp.1-23, 2020. doi: /10.3390/math8071167.
- [7] K Kose et al, *On a Mathematical Model of Maneuvering Motions of Ships in Low Speeds*, Journal of Ship and Naval Architecture of Japan, Vol.155, pp.132-138, June 1984 (In Japanese).
- [8] Isherwood, R.M. Wind Resistance of Merchant Ship. *Trans. RINA* 1972, Vol.115, pp.327-338, 1972.

Ngày nhận bài:	04/12/2020
Ngày nhận bản sửa:	08/01/2021
Ngày duyệt đăng:	16/01/2021