

Điều khiển giàn khoan bán tiềm thủy đa chân vịt sử dụng giải pháp nơ-ron mờ

Neural-fuzzy approach for multi-propeller semi-submersible platform control

Đặng Xuân Kiên^{1,*}, Trương Huỳnh Như^{1,2}, Phạm Tĩnh¹, Đỗ Việt Dũng¹

¹Nhóm nghiên cứu Trí tuệ nhân tạo trong giao thông vận tải, Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

²Trường Cao đẳng Kỹ thuật Công nghệ Bà Rịa – Vũng Tàu

*Email liên hệ: kien.dang@ut.edu.vn

Tóm tắt:

Giàn khoan bán tiềm thủy là một công trình nổi chuyên dụng trong công tác khoan thăm dò và khai thác dầu khí. Loại giàn khoan này có dạng bè mảng nửa chìm nửa nổi nên có khả năng tự ổn định tốt trong điều kiện làm việc trên biển. Giàn khoan bán tiềm thủy thường được sử dụng trong các môi trường đặc biệt như làm việc xa bờ và vùng nước sâu trong quá trình khai thác dầu khí. Để có thể vận hành tự động, hệ động lực đẩy giàn khoan bán tiềm thủy được trang bị các chân vịt azimuth với khả năng cơ động cao, điều khiển đồng bộ và kết hợp trong thực hiện các tác vụ như điều động tàu. Do tính chất động học phức tạp của hệ động lực đẩy có yêu cầu về độ chính xác cao cũng như công suất lớn nên cần lựa chọn giải pháp điều khiển tối ưu cho hệ thống định vị động. Bài báo đề xuất giải pháp điều khiển nơ-ron mờ để kiểm nghiệm đặc tính động học của giàn khoan bán tiềm thủy đa chân vịt. Các kết quả khả thi từ các trường hợp mô phỏng đã cho thấy hiệu quả của giải pháp đề xuất.

Từ khóa: Giàn khoan bán tiềm thủy; Hệ thống đa chân vịt; Chân vịt azimuth; Bộ điều khiển nơ-ron mờ.

Abstract:

A specialized platform for oil and gas exploration and production drilling is the semi-submersible rig. Due to the hybrid design of this type of rig, which reaches semi-submersible and semi-floating platforms, it has excellent self-stabilization in maritime operating environments. The semi-submersible platforms (SSP) are frequently employed in special locations such as offshore and deep sea when producing oil and gas. The propulsion system is equipped with high maneuverability azimuth propellers, synchronous control, and a combination of performing tasks including SSP maneuvering to be able to operate autonomously. It is necessary to determine the most suitable control approach for the dynamic positioning system due to the complicated dynamics of the propulsion system, which requires high accuracy and large capacity. This paper proposes the neural-fuzzy controller for verifying the kinematics of the multi-propeller semi-submersible platform. The potential outcomes have demonstrated the effectiveness of the suggested solution.

Keywords: Semi-submersible platform; Multi-propeller system; Azimuth thruster; Neural-fuzzy controller.

1. Giới thiệu

Trong hầu hết các ngành công nghiệp như sản xuất khai thác dầu khí, điện gió ngoài khơi và phát điện hải lưu thì việc điều khiển tự động, tối ưu hoá toàn bộ hệ thống là vấn đề hết sức cần thiết. Đặc biệt, với sự phát triển của lý thuyết và công nghệ điều khiển

hiện đại đã giúp con người linh hoạt hơn trong vận hành khai thác các thiết bị, hệ thống điều khiển trên bờ cũng như ngoài khơi, qua đó tăng khả năng tự động hóa và làm việc độc lập của công trình nổi trên biển. Trong bối cảnh đó, ngành công nghiệp khai thác ngoài khơi ngày càng đóng vai trò quan trọng

trong nền kinh tế Việt Nam và đang từng bước phát triển nhằm tránh phụ thuộc công nghệ nước ngoài.

Về cấu tạo, giàn khoan bán tiềm thủy (Semi-submersible platform- SSP) là dạng cấu trúc nổi kết cấu thân nửa chìm với mặt sàn thao tác lớn. Các chân được kết nối ở đáy với các phao nổi nằm ngang. Bên cạnh đó, có một số loại giàn khoan bán tiềm thủy có cấu trúc tương tự dạng thân tàu với hai phao có mũi và đuôi tàu để tăng khả năng di chuyển từ giếng khoan này sang giếng khác bằng chế độ tự hành hoặc sử dụng tàu kéo. Cấu trúc các giàn khoan bán tiềm thủy ban đầu trang bị thêm những thanh giằng chéo nhằm chống lại tác động của tải trọng sóng. Các thể hệ tiếp theo thường có dạng hình vuông với bốn cột và phao hình hộp hoặc hình trụ nối các cột với nhau. Phao hình hộp được sắp xếp hợp lý nhằm loại bỏ các góc nhọn để giữ tốc độ di chuyển tốt hơn, đồng thời thanh giằng chéo được loại bỏ để đơn giản hóa việc chế tạo. Việc định vị trí giàn bán tiềm thủy trên mặt biển rất quan trọng do ảnh hưởng đến tính an toàn, ổn định của quá trình khai thác dầu. Để định vị làm việc trên biển, các giàn bán tiềm thủy thường trang bị hệ thống neo từ 8 đến 12 dây neo. Tuy nhiên ở vùng nước sâu hơn 1000 m, hệ thống neo trở nên không khả thi trong vận hành. Vấn đề này đã được khắc phục với sự phát triển của hệ thống định vị động (Dynamic Positioning System - DPS) cho tàu thủy cũng như phương tiện nổi [1]-[3]. Hệ thống DPS kiểm soát sự dịch chuyển của giàn theo ba bậc tự do dựa trên bộ điều khiển, hệ thống các cảm biến và hệ thống động lực đẩy đa chân vịt. Hệ thống cảm biến cung cấp cho bộ điều khiển thông tin về vị trí và các thông số môi trường như sóng, gió và dòng chảy. Từ đó, bộ điều khiển ra lệnh vận hành cho các bộ đẩy, được lắp đặt ở dưới cùng của thân giàn nhằm tạo ra lực đẩy và động năng cần thiết để chống lại các lực môi trường [4]. Có thể thấy, giàn bán tiềm thủy với hệ thống điều khiển chịu ảnh hưởng nặng nề do tác động của môi trường và thông số bất định của mô hình. Liên quan đến xử lý nhiễu và sai số, trong điều kiện làm việc có nhiều thành phần phi tuyến và bất định nhưng hầu hết các lý thuyết điều khiển truyền thống đều đơn giản về cấu trúc và phương pháp. Nhược điểm của các phương pháp này là phương

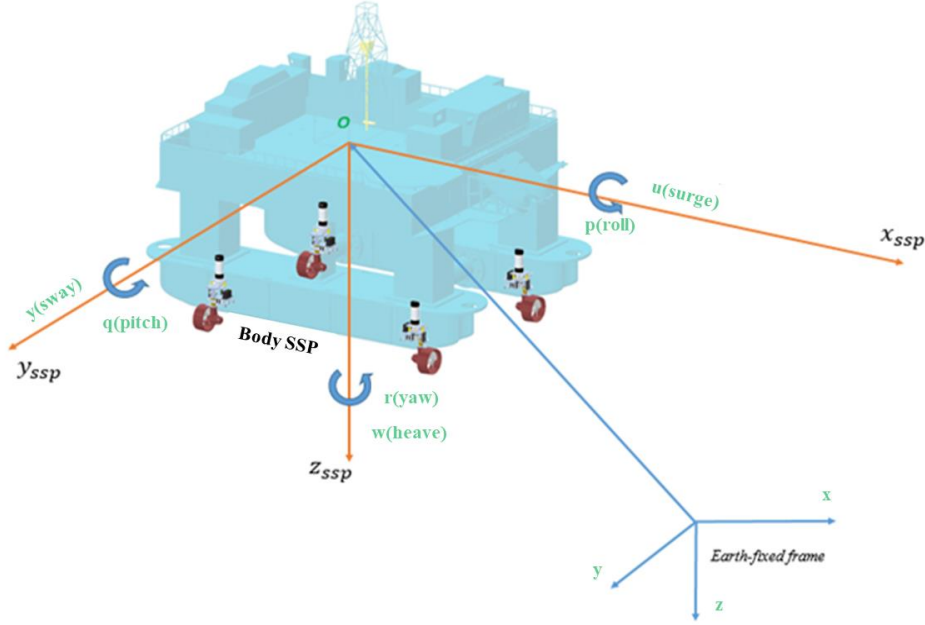
trình động học của chuyển động phải được tuyến tính hóa trong những điều kiện nhất định. Từ đó, các lý thuyết hiện đại như điều khiển logic mờ (Fuzzy Logic Control - FLC) [1]-[2], điều khiển trượt (Sliding Mode Control) [4], điều khiển cấu trúc mô hình tiểu não (Cerebellar Model Articulation Control - CMAC) [5], điều khiển mạng nơ-ron (Neural Network Control - NNC) [6] được nghiên cứu rộng rãi. Lý thuyết điều khiển hiện đại đang là xu thế nghiên cứu của toàn thế giới nhằm cải thiện chất lượng và khả năng ổn định khi điều động và định vị trí phương tiện nổi nói chung, giàn khoan bán tiềm thủy nói riêng. Từ những nhận định trên, bài báo này trình bày phương trình toán học của giàn khoan bán tiềm thủy với hệ thống điều khiển định vị động thông qua điều hướng các chân vịt azimuth. Đề xuất phương pháp điều khiển lai ghép nơ-ron mờ nhằm tăng khả năng thích nghi với môi trường, tăng độ chính xác trong quá trình di chuyển giàn bán tiềm thủy.

2. Giàn khoan bán tiềm thủy đa chân vịt

2.1. Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến giàn bán tiềm thủy trong chuyển động

Trong điều kiện làm việc thực tế của SSP, có ba yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng điều khiển bao gồm thông số không chắc chắn, giới hạn kết cấu và thời gian trễ. Các nhiễu động và môi trường ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng và hiệu suất làm việc của DPS. Tính phi tuyến tính của DPS cũng liên quan đến việc bố trí các loại thiết bị đẩy khác nhau cho SSP, chẳng hạn như thiết bị đẩy azimuth (điện, truyền động chữ L hoặc truyền động Z), thiết bị đẩy mũi tàu, thiết bị đẩy đuôi tàu, thiết bị đẩy phản lực nước hoặc chân vịt đẩy có bánh lái. Hệ thống có cấu trúc phức tạp, bao gồm nhiều thiết bị dẫn đến các thông số của hệ thống không chắc chắn. Vùng giới hạn đầu vào và độ trễ thời gian của DPS là những vấn đề phi tuyến tính quan trọng nhất của hệ thống, có thể dẫn đến hiệu suất kém thậm chí ảnh hưởng nghiêm trọng đến sự ổn định của hệ thống [3], [6]. Do đó, việc xây dựng mô hình toán với các thông số được thiết lập ở giá trị xác định chỉ là lý tưởng, việc áp dụng các mô hình đó trong tính toán và phân tích hệ thống điều khiển cần nhiều thử nghiệm, điều chỉnh cho phù hợp với thực tế.

2.2. Động học giàn khoan bán tiềm thủy



Hình 1. Hệ tọa độ tham chiếu cho mô hình SSP.

Chuyển động của SSP gồm sáu bậc tự do [7], các thành phần chuyển động được mô tả như hình 1, với các chuyển động: Tiến lùi (surge), dạt ngang (sway), lên xuống (heave), lắc ngang (roll), cuộn (pitch) và quay trở (yaw).

Chuyển động của giàn khoan bán tiềm thủy trong hai hệ trục tọa độ chỉ xét mô hình động lực học theo 03 bậc tự do bao gồm hai hệ tọa độ như sau: Hệ trục tọa độ gắn với thân giàn $O - x_{ssp}y_{ssp}z_{ssp}$; và hệ trục tọa độ cố định tương ứng của Trái Đất $O - xyz$. Đặt véc-tơ $\eta = [x \ y \ \psi]^T$ thể hiện vị trí (x, y) và hướng (ψ) của SSP trong hệ trục tọa độ cố định gắn với Trái Đất, hệ phương trình động học và lực tác động lên SSP như sau:

$$\dot{\eta} = J(\psi)v \quad (1)$$

$$M\dot{v} + Dv = \tau - \tau_{envi} \quad (2)$$

Trong đó, véc-tơ $v = [u \ v \ r]^T$ biểu thị cho vận tốc của SSP theo trục dọc, trục ngang và quay quanh trục thẳng đứng. Ma trận quay $J(\psi)$, ma trận quán tính $M \in R^{3 \times 3}$ và ma trận giảm chấn $D \in R^{3 \times 3}$ được cho bởi phương trình sau [7]:

$$J(\psi) = \begin{bmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$M = \begin{bmatrix} m - X_{\dot{u}} & 0 & 0 \\ 0 & m - Y_{\dot{v}} & mx_G - Y_{\dot{r}} \\ 0 & mx_G - N_{\dot{v}} & I_z - N_{\dot{r}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$D = \begin{bmatrix} -X_u & 0 & 0 \\ 0 & -Y_v & mu_0 - Y_r \\ 0 & -N_v & mx_G u_0 - N_r \end{bmatrix} \quad (5)$$

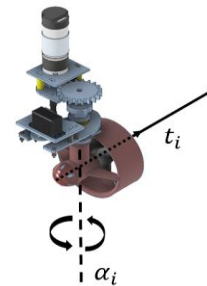
Véc-tơ đầu vào τ của lực và mô-men điều khiển cung cấp bởi cơ cấu động lực. Véc-tơ τ_{envi} biểu thị cho lực mô men của các yếu tố môi trường tác động bao gồm sóng, gió, dòng chảy và véc-tơ τ_h là thành phần sóng tần số cao trong phương trình sau:

$$\tau = [\tau_x, \tau_y, \tau_\psi]^T \quad (6)$$

$$\tau_{envi} = \tau_{wave} + \tau_{wind} + \tau_{curent} \quad (7)$$

$$\tau_h = h(s) \quad (8)$$

2.3. Mô hình đa thiết bị đẩy cho SSP



Hình 2. Góc quay và véc-tơ lực của bộ đẩy azimuth.

Bộ đẩy azimuth được gắn dưới phao nổi của giàn bán tiềm thủy, α_i là góc định hướng của động cơ đẩy thứ i , thiết bị azimuth (chân vịt) quay theo

phương trục z nhằm tạo ra hai thành phần lực (F_x, F_y) trong mặt phẳng nằm ngang (hình 2). Về hướng, góc $\alpha_i \in [0, 180^0]$ biểu thị góc định hướng theo chiều kim đồng hồ so với hướng mũi của SSP và $\alpha_i \in [-180^0, 0]$ biểu thị góc định hướng ngược chiều so với hướng chuyển động mũi SSP. Lực điều khiển chuyển động do bộ đẩy phương vị tổng hợp theo công thức:

$$F = ku \tag{9}$$

Lực và mô-men điều khiển quy ra như sau [7]:

$$\tau = T(\alpha)Lu \tag{10}$$

Trong đó, ma trận hệ số lực đẩy $L \in \mathcal{R}^{r \times r}$, bộ truyền động $T(\alpha) \in \mathcal{R}^{n \times r}$ có dạng:

$$T(\alpha) = [t_1, \dots, t_r] \tag{11}$$

Cuối cùng, trong chuyển động 3 bậc tự do như trên hình 2, với (l_{xi}, l_{yi}) là vị trí của bộ đẩy thứ i trong hệ tọa độ cố định, véc-tơ lực và mô-men xác định bằng công thức tổng quát sau:

$$t_i = \begin{bmatrix} \cos(\alpha_i) \\ \sin(\alpha_i) \\ l_{xi}\sin(\alpha_i) - l_{yi}\cos(\alpha_i) \end{bmatrix} \tag{12}$$

Kết hợp các công thức (9), (10), (11), (12) với các phương trình tổng quát (1) và (2), xác định được hệ tổng hợp chuyển động của SSP với động lực đẩy đa chân vịt.

3. Khảo sát các phương pháp điều khiển

3.1. Bộ điều khiển PID

Lực đẩy $\tau(\tau_x, \tau_y, \tau_\psi)$ xác định bởi kỹ thuật điều khiển PID, thể hiện trong phương trình (13), được xây dựng dựa trên phương pháp Ziegler-Nichol. So sánh với hệ số trong công trình nghiên cứu của T. I. Fossen [7] được trình bày như sau:

$$\tau(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de}{dt} \tag{13}$$

Trong đó $e(t)$ và τ lần lượt là tín hiệu đầu vào và đầu ra của bộ điều khiển, K_p, K_i, K_d là các độ lợi lần lượt khâu tỉ lệ, khâu tích phân và khâu vi phân được xác định thể hiện trong bảng 1. Lựa chọn các thông số dựa vào PID tool trên Matlab, các thông số tối ưu được chọn như sau:

$$K_p = \text{diag}(6e^5, 6e^5, 6e^9)$$

$$K_i = \text{diag}(10, 10, 150)$$

$$K_d = \text{diag}(9e^6, 9e^6, 9e^9)$$

3.2. Bộ điều khiển mờ

Điều khiển mờ có thể giải quyết ảnh hưởng phi tuyến trong quá trình hoạt động của SSP do các tác động không mong muốn gây ra. Một số nghiên cứu gần đây khi xây dựng bộ điều khiển mờ [8]-[9], nghiên cứu xác định các hàm liên thuộc (MFs) đầu vào/ra kết hợp với các quy tắc suy luận mờ. Các định dạng mờ hóa được bao gồm : NE-âm lớn, NSS-âm trung bình, NS-âm nhỏ, ZE-không, PS-dương nhỏ, PSS-dương trung bình, PO-dương lớn. Có hai ngõ vào: e là sai số vị trí và de/dt vận tốc sai số. Ngõ ra τ là lực điều khiển. Bộ điều khiển có ba tầng mờ tạo ra véc-tơ lực $\tau(\tau_x, \tau_y, \tau_\psi)$ điều khiển chuyển động tiến lùi, dạt ngang và quay trở. Các hàm thành viên được thiết lập, mỗi liên hệ thành phần vào và ra như trên hình 3, cụ thể như sau:

$$e: \{NE \quad NS \quad ZE \quad PS \quad PO\}$$

$$de/dt: \{NS \quad ZE \quad PS\}$$

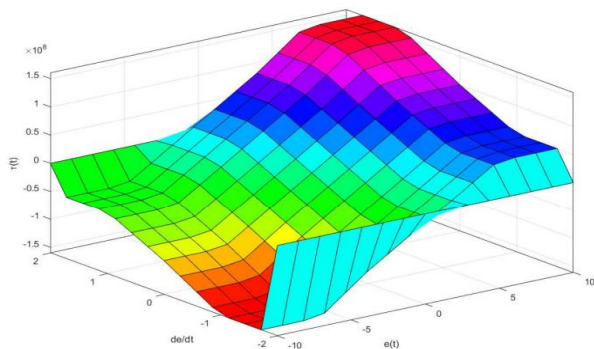
$$\tau: \{NE \quad NSS \quad NS \quad ZE \quad PS \quad PSS \quad PO\}$$

Bảng 1. Độ lợi các thông số PID theo phương pháp Ziegler-Nichols [8].

Phương pháp	Thông số điều chỉnh		
	K_p	K_i	K_d
P	$0.5K_u$	-	-
PI	$0.45K_u$	$1.2K_p/T_u$	-
PID	$0.60K_u$	$2K_p/T_u$	$K_p T_u/8$

Bảng 2. Bảng luật mờ hợp thành.

$e(t)$	de/dt		
	$\tau_x/\tau_y/\tau_\psi$		
	NS	ZE	PS
NE	$NE_x/NE_y/NE_\psi$	$NSS_x/NSS_y/NSS_\psi$	$NS_x/NS_y/NS_\psi$
NS	$NSS_x/NSS_y/NSS_\psi$	$NS_x/NS_y/NS_\psi$	$ZE_x/ZE_y/ZE_\psi$
ZE	$NS_x/NS_y/NS_\psi$	$ZE_x/ZE_y/ZE_\psi$	$ZE_x/ZE_y/ZE_\psi$
PS	$ZE_x/ZE_y/ZE_\psi$	$PS_x/PS_y/PS_\psi$	$PSS_x/PSS_y/PSS_\psi$
PO	$PS_x/PS_y/PS_\psi$	$PSS_x/PSS_y/PSS_\psi$	$PO_x/PO_y/PO_\psi$



Hình 3. Mối liên hệ giữa đầu vào sai số vị trí $e(t)$ và sai số vận tốc de/dt với ngõ ra $\tau(t)$.

3.3. Đề xuất bộ điều khiển nơ-ron mờ

Cơ sở thiết kế bộ điều khiển nơ-ron mờ có thể sử dụng trên nền bộ ANFIS đã được đề xuất trong [10] với cấu trúc bộ điều khiển ANFIS gồm 06 lớp như hình 4. Tại lớp thứ 6, tổng của tất cả các

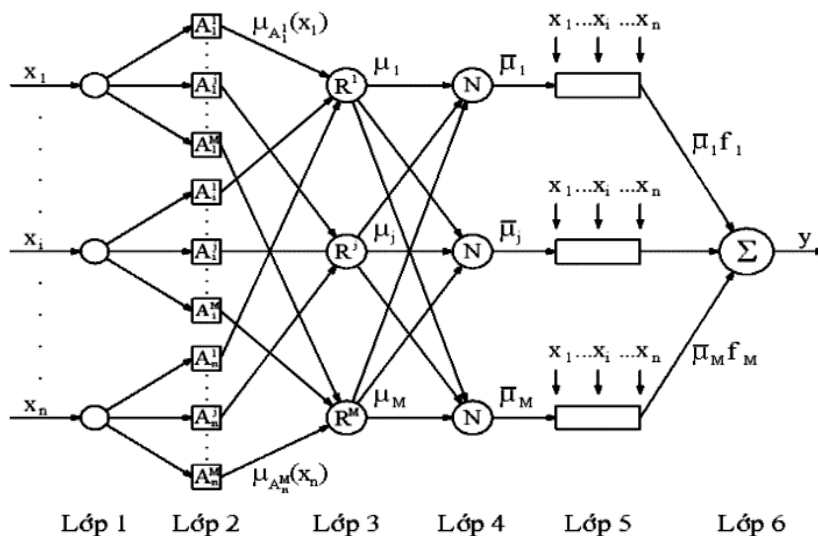
tín hiệu điều khiển đến và khởi tạo tín hiệu ngõ ra như sau:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^M \mu_j f_j}{\sum_{j=1}^M \mu_j} = \sum_{j=1}^M \bar{\mu}_j f_j \quad (14)$$

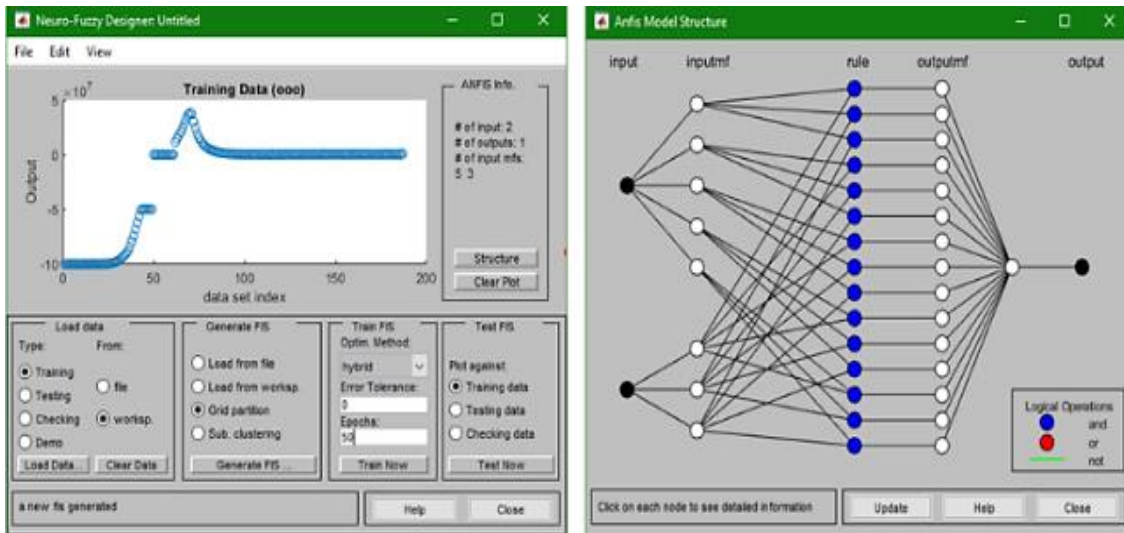
Cuối cùng, sai lệch trung bình bình phương giữa tín hiệu đầu ra mong muốn y^M và tín hiệu đầu ra thực y được tính như sau:

$$E = \frac{1}{2} \left[y^m - \frac{\sum_{j=1}^M \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j(x_i)} \right) f_j}{\sum_{j=1}^M \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j(x_i)} \right)} \right]^2 \quad (15)$$

Để huấn luyện một hệ nơ-ron mờ, công cụ Fuzzy Logic Toolbox của Matlab cung cấp chức năng dòng lệnh (ANFIS), bài báo này thu thập dữ liệu huấn luyện đầu vào/đầu ra bằng cách sử dụng các thí nghiệm bằng mô phỏng của hệ thống đã được mô hình hóa và điều khiển bằng PID và mờ.



Hình 4. Cấu trúc 6 lớp của bộ điều khiển ANFIS.



Hình 5. Nạp dữ liệu huấn luyện của ANFIS.

Khi sử dụng hàm anfis, bằng cách tải dữ liệu đầu vào, chuyển vào training Data, $fis = anfis(trainingData)$ tạo hệ thống suy luận mờ Sugeno (FIS) một đầu ra và điều chỉnh các tham số hệ thống bằng cách sử dụng dữ liệu huấn luyện đầu vào/đầu ra đã chỉ định. Khối FIS được tạo tự động bằng cách sử dụng phân vùng lưới và điều chỉnh hệ thống suy luận mờ kiểu Sugeno. Kết quả huấn luyện ANFIS phụ thuộc vào dữ liệu mà FIS nhận được để đào tạo các lớp nơ-ron trong quá trình huấn luyện. Dữ liệu huấn luyện từ Workspace dùng để huấn luyện trong ANFIS Editor của Matlab (hình 5).

4. Kết quả mô phỏng

4.1. Thông số mô phỏng

Các thông số cơ bản dùng trong mô phỏng, với các phương pháp điều khiển trên, cho SSP được chọn là giàn khoan “Stena Don” của công ty Stena Drilling. Với tỉ lệ 1:58, chiều dài $L = 72.25$ m, chiều rộng $B = 67$ m và mức nước thiết kế $T = 4.6$ m. Các tham số môi trường tham khảo tại [3]: Các hệ số $H_s = 0.8m$, $\omega_p = 0rad/s$, $\psi_0 = -30^\circ$, $s = 2$, $N = 20$, $M = 10$, $\xi = 3$, $k = 0.005$ và $\psi_{lim} = 0$, đối với tác động gió tương ứng $A_L = 2.4$, $A_T = 9.34$, $V_\omega = 2$ m/s, và $\beta_\omega = 20^\circ$, ảnh hưởng bởi dòng chảy có $V_c = 2m/s$, $\psi_L = \psi_H = 0$ và $\beta_c = 30^\circ$, sóng tần số cao được cho bởi $\omega_0 = 0.8976rad/s$, $\lambda = 0.1$, $\sigma = \sqrt{2}$. Thông số động học của SSP thiết lập như trong (16).

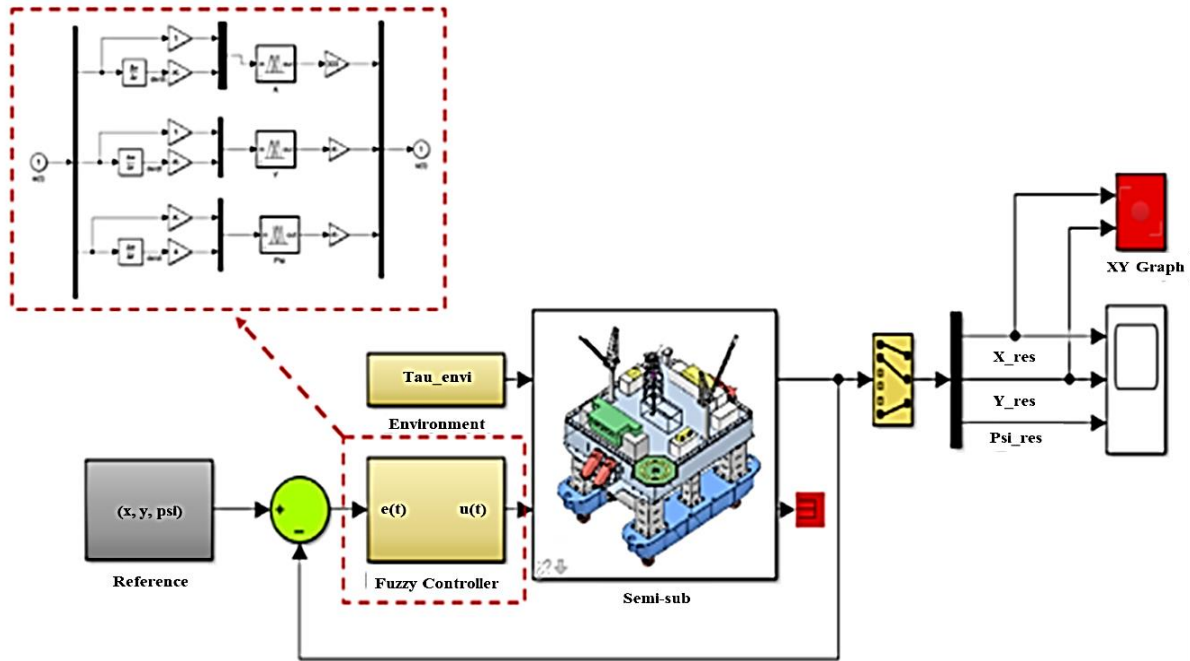
$$M = \begin{bmatrix} 5.0242e4 & 0 & 0 \\ 0 & 2.7229e5 & -4.3933e6 \\ 0 & -4.3933e6 & 4.1894e8 \end{bmatrix};$$

$$D = \begin{bmatrix} 5.3122e6 & 0 & 0 \\ 0 & 8.2831e6 & 0 \\ 0 & 0 & 3.745e9 \end{bmatrix} \quad (16)$$

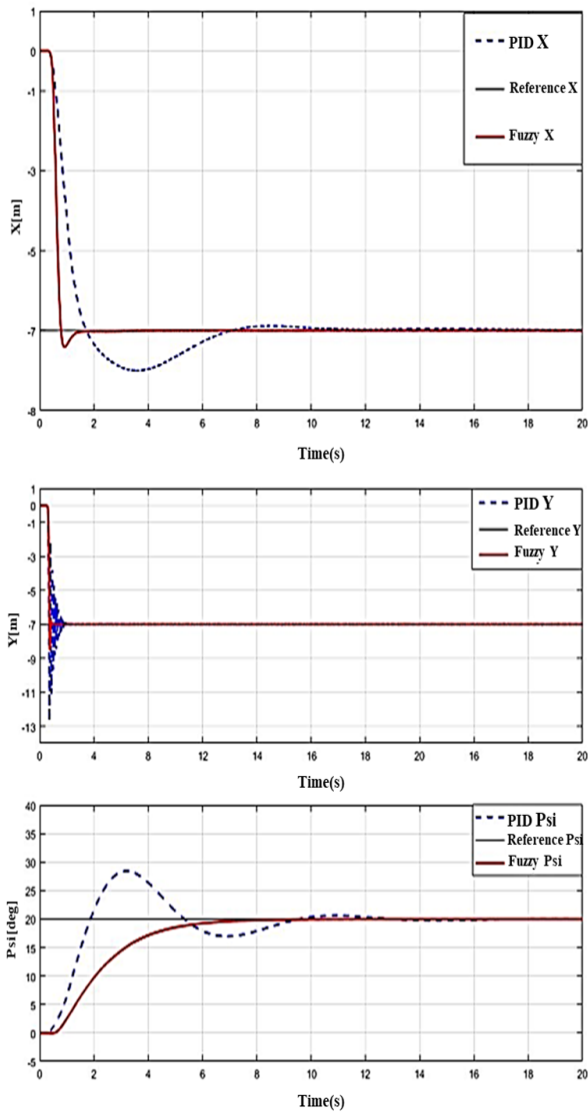
4.2. Mô phỏng giải thuật mờ và PID

So sánh đáp ứng điều khiển mô hình SSP với hai bộ điều khiển PID và mờ, sơ đồ mô phỏng tại hình 6. Hành trình của SSP từ vị trí tham chiếu có tọa độ $[0m, 0m, 20^0]$ đến vị trí đặt có tọa độ $[-7m, -7m, 20^0]$, đặt đơn vị thời gian hiển thị giá trị tương đối, kết quả thu được trên hình 7. Ta thấy bộ điều khiển mờ đưa SSP về vị trí đặt nhanh hơn và ít dao động hơn PID. Bộ điều khiển PID duy trì được hướng của SSP nhưng độ vọt lố cao, biên độ giao động lớn và thời gian xác lập chậm. Xét đến vị trí định vị theo tọa độ, kết quả thể hiện trên hình 8 cho thấy đáp ứng vị trí của SSP sử dụng kỹ thuật mờ tốt hơn PID xét về độ vọt lố, biên độ dao động và thời gian xác lập.

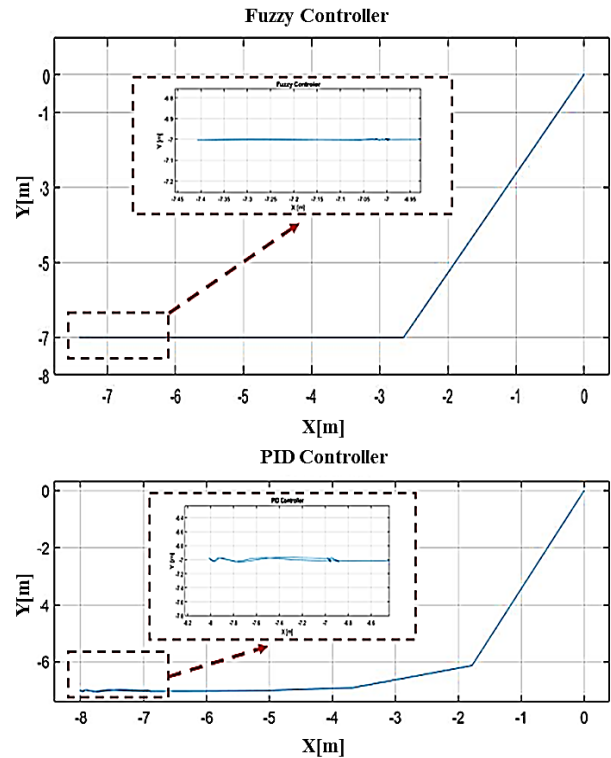
Tuy nhiên, khi hoạt động ở các vùng biển sâu SSP chịu nhiều tác động từ môi trường, những tác động này là bất định do tác động từ môi trường τ_{envi} gây ra các sai số, bộ điều khiển mờ thông thường, chứng tỏ khả năng thích nghi kém.



Hình 6. Sơ đồ mô phỏng bộ điều khiển mờ cho SSP.



Hình 7. Đáp ứng vị trí và hướng khi SSP di chuyển từ $[0m, 0m, 20^\circ]$ đến vị trí đặt $[-7m, -7m, 20^\circ]$.



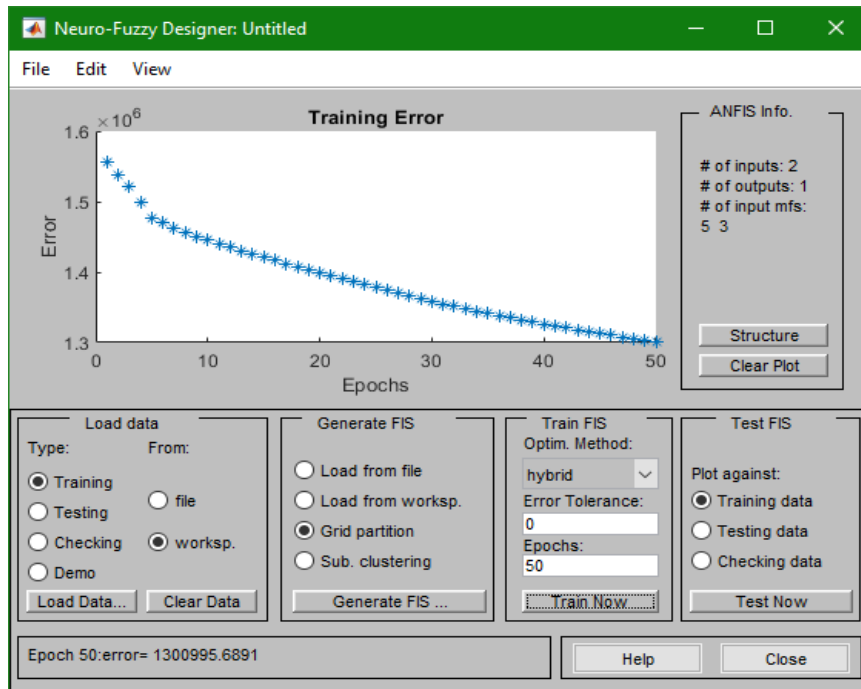
Hình 8. Tọa độ đạt được của SSP sau khi điều khiển. Bằng mô phỏng, thay đổi các tham số của khối nhiễu môi trường trên hình 6 có thể kiểm chứng được. Để giải quyết vấn đề thích nghi tốt hơn, bộ điều khiển ANFIS gia tăng khả năng điều khiển bù lại các tác động không mong muốn từ môi trường.

4.3. Mô phỏng giải thuật nơ-ron mờ ANFIS

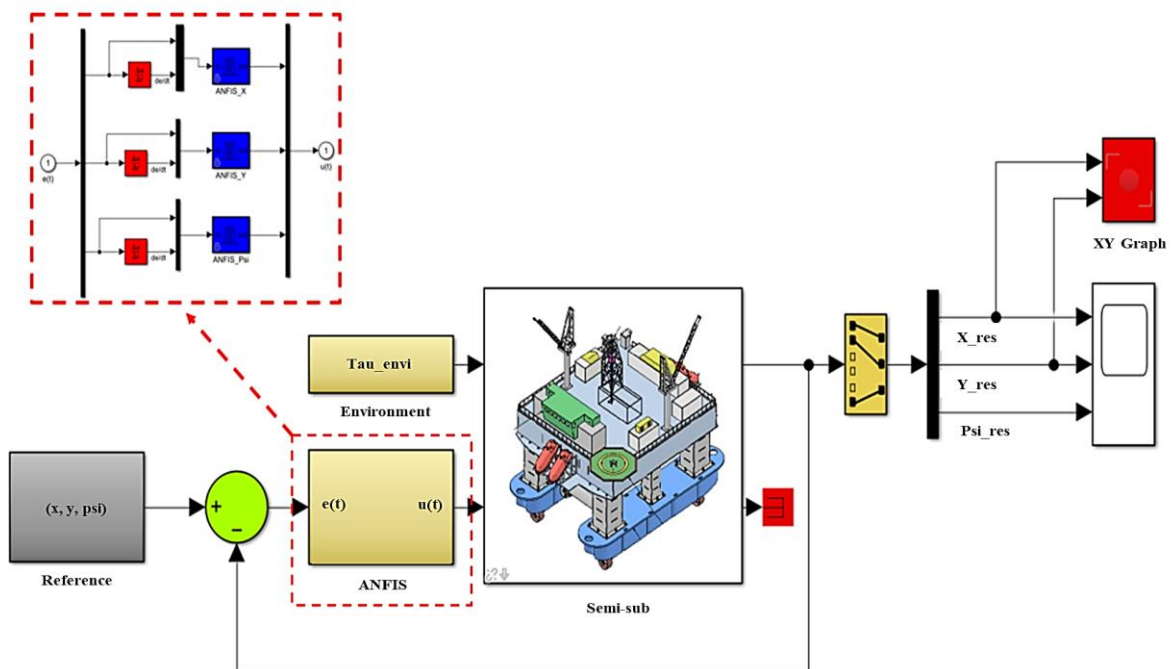
Bộ điều khiển ANFIS được xây dựng và huấn luyện theo các bước như trong mục 3.3. Quá trình huấn

luyện dùng Neuro-fuzzy Designer với các thông tin cơ bản tại hình 9. Kết quả hội tụ sau 50 chu kỳ huấn luyện, bộ điều khiển tạo ra được sử dụng trong sơ

đồ mô phỏng điều khiển SSP trên Simulink với bộ điều khiển nơ-ron mờ ANFIS (hình 10).



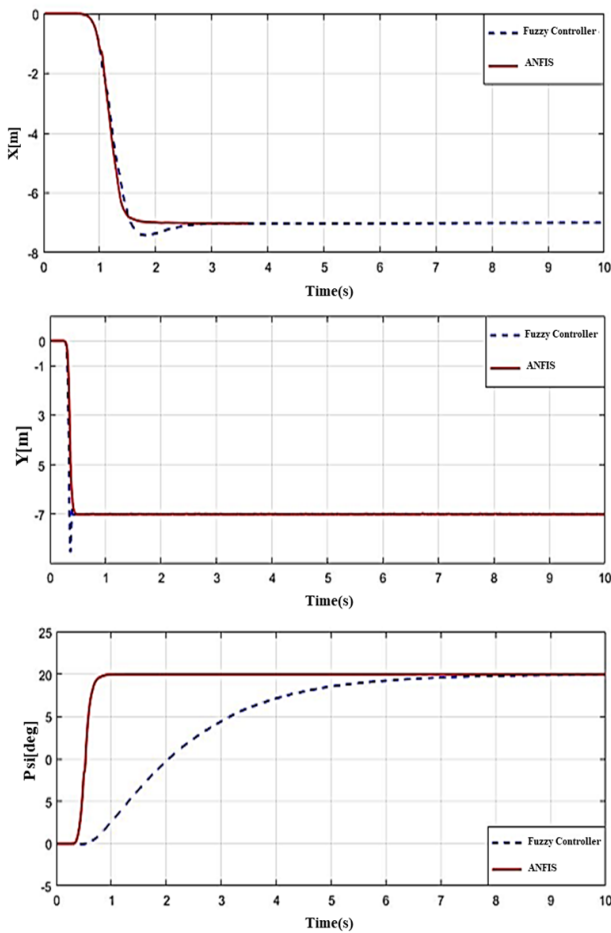
Hình 9. Kết quả huấn luyện hệ thống suy luận mờ Sugeno (FIS) theo phương pháp kết hợp.



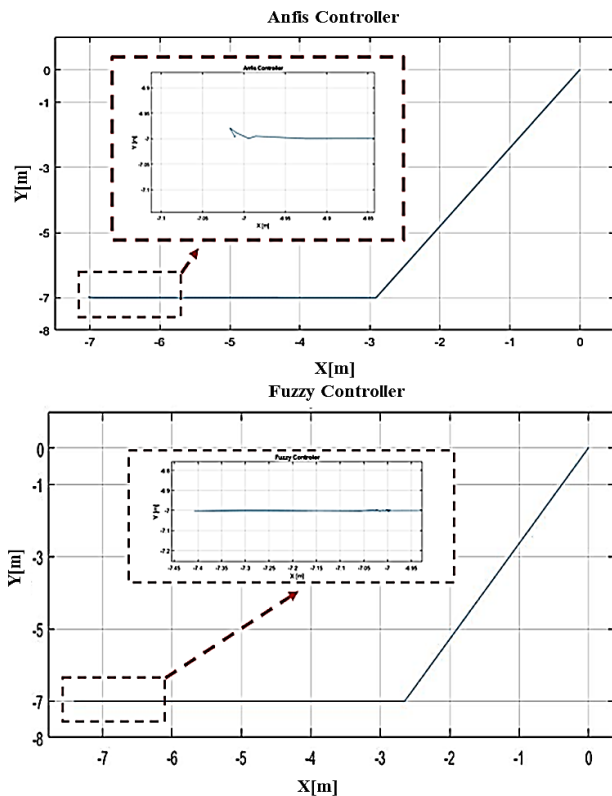
Hình 10. Sơ đồ mô phỏng điều khiển SSP với bộ điều khiển Nơ-ron-mờ ANFIS.

Bộ điều khiển ANFIS được mô phỏng so sánh với bộ điều khiển mờ đã thiết kế. Kết quả thể hiện trên hình 11 và hình 12 cho thấy bộ điều khiển ANFIS đưa SSP về vị trí đặt nhanh hơn và không có độ vọt

lồ, dao động rất ít trong toàn bộ quá trình di chuyển, đến gần điểm đặt vị trí dao động thể hiện quá trình điều chỉnh để đạt trạng thái ổn định.



Hình 11. Đáp ứng vị trí và hướng của SSP so sánh giữa bộ điều khiển ANFIS và mờ.



Hình 12. Tọa độ đạt được của SSP so sánh giữa bộ điều khiển ANFIS và mờ.

5. Kết luận

Bài báo phân tích tổng quan mô hình hóa, các kỹ thuật điều khiển sử dụng cho DPS, thiết kế giàn khoan bán tiềm thủy đa chân vịt. Mô hình động học của giàn khoan và tổng hợp lực đẩy được mô tả toán học, làm cơ sở để khảo sát các phương pháp điều khiển. Trong đó, phương pháp điều khiển mờ-ron mờ ANFIS cho thấy hiệu quả tốt hơn hai phương pháp còn lại là PID và mờ. Ở khía cạnh chịu tác động của môi trường, bộ điều khiển ANFIS cũng đáp ứng tốt bởi khả năng thích nghi của nó. Các kết quả cần nhiều thử nghiệm bằng mô phỏng và thực nghiệm mới có thể ứng dụng trong thực tiễn.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được tài trợ bởi Bộ Giao thông vận tải, thông qua đề tài mã số “DT223013”: Tính toán, thiết kế và xây dựng hệ thống tự động điều khiển hệ thống đa chân vịt cho giàn khoan bán tiềm thủy dựa trên giải thuật tối ưu di truyền (genetic algorithm) có xét đến ảnh hưởng của các yếu tố môi trường.

Tài liệu tham khảo

- [1] V. D. Do, X. K. Dang; “The fuzzy particle swarm optimization algorithm design for dynamic positioning system under unexpected impacts”. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*. 2019; 13(3):5407-5423. DOI:10.15282/jmes.13.3.2019.13.0439.
- [2] V. D. Do, X. K. Dang, L. M. T. Huynh, V. C. Ho; “Optimized multi-cascade fuzzy model for ship dynamic positioning system based on genetic algorithm”, in *Proc. International Conference on Industrial Networks and Intelligent Systems*; 19 August 2019; Ho Chi Minh, Vietnam. 2019; pp. 165-180.
- [3] X. K. Dang, V. D. Do, X. P. Nguyen; “Robust adaptive fuzzy control using genetic algorithm for dynamic positioning system”. *IEEE Access*. 2020; 8:222077-222092. DOI:10.1109/ACCESS.2020.3043453.
- [4] E. A. Tannuri, D. C. Donha, C. P. Pesce; “Dynamic Positioning of a Turret Moored FPSO Using Sliding Mode Control”. *International*

- Journal of Robust and Nonlinear Control. 2001; 11(13):1239-1256. DOI:10.1002/rnc.604.
- [5] V. P. Ta, X. K. Dang, V. H. Dong, V. D. Do; “Designing dynamic positioning system based on H_{∞} robust recurrent cerebellar model articulation controller”, in Proc. 2018 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD); 23-24 November 2018; Ho Chi Minh, Vietnam. IEEE; 2018; pp.652–657.
- [6] G. Xia, C. Pang, J. Xue; “Fuzzy neural network-based robust adaptive control for dynamic positioning of underwater vehicles with input dead-zone”. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. 2005; 29(6):2585–2595. DOI:10.3233/IFS-151961.
- [7] T. I. Fossen; “Guidance and control of ocean vehicles”. NY; USA; John Wiley & Sons Inc. 1994.
- [8] Đ. V. Dũng, Đ. X. Kiên, H. L. A. Hoàng; “Nâng cao chất lượng Hệ thống Định vị động tàu Dịch vụ dưới tác động không mong muốn với giải thuật Fuzzy Takagi-Sugeno”. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải. 2017; 51:92-96.
- [9] M. N. Do, P. H. Nguyen, D. A. Nguyen; “Design and simulate a Fuzzy autopilot for an Unmanned Surface Vessel”, in Proc. 2017 International Conference on System Science and Engineering; 21-23 July 2017; Ho Chi Minh, Vietnam. 2017, pp.475-480.
- [10] N. T. Quỳnh, Đ. X. Kiên, N. X. Phương; “Thiết kế hệ thống lái tự động tàu thủy sử dụng bộ điều khiển Nơron – mờ dựa trên phương pháp Takagi-Sugeno dưới ảnh hưởng của môi trường”, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học công nghệ giao thông vận tải 2015; ngày 18 tháng 5 năm 2015; Hồ Chí Minh, Việt Nam. 2015, tr.275- 285.