

ỨNG DỤNG MẠNG NƠ-RON ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ CÁNH TAY MÁY SONG SONG

Lê Minh Thanh*, Văn Tấn Lượng, Lê Khắc Sinh

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM

*Email: *thanhlm@hufi.edu.vn*

Ngày nhận bài: 16/12/2018; Ngày chấp nhận đăng: 06/3/2019

TÓM TẮT

Bài báo trình bày giải thuật huấn luyện và nhận dạng mạng nơ-ron cho việc điều khiển cánh tay robot song song trong không gian tọa độ Descartes. Với giải thuật đề xuất, cánh tay robot được điều khiển thích nghi để thích ứng với sự thay đổi của điều kiện làm việc nhằm đáp ứng độ linh hoạt về khả năng học tập cũng như việc điều khiển hệ thống. Các kết quả mô phỏng dùng Matlab/Simulink và thực nghiệm dùng chip STM32F407VGT6 đạt được đã chứng minh giải thuật điều khiển đề xuất cho đáp ứng vận hành tốt, đáp ứng được độ linh hoạt về khả năng học tập so với việc dùng bộ điều khiển PID truyền thống.

Từ khóa: Bộ điều khiển vi tích phân tỷ lệ (PID), mạng nơ-ron, cánh tay robot song song, cánh tay robot nối tiếp, bộ truyền động khí nén.

1. MỞ ĐẦU

Ngày nay, việc ứng dụng các giải thuật điều khiển như: giải thuật di truyền (GA), giải thuật tối ưu hóa đàn kiến (ACO), giải thuật huấn luyện mạng nơ-ron, giải thuật tối ưu hóa bầy đàn (PSO), điều khiển vi tích phân tỷ lệ (PID) hoặc kết hợp lại ghép giữa các giải thuật với nhau nhằm mục đích tìm điểm làm việc tối ưu của hệ thống. Mỗi giải thuật đều có những ưu điểm và nhược điểm riêng. Tuy nhiên, việc lựa chọn giải thuật dựa vào đặc điểm của từng hệ thống cụ thể. Giải thuật huấn luyện mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) đã được áp dụng nhiều trong các lĩnh vực khoa học kỹ thuật khác nhau như: y học, điện, điện tử, viễn thông.

Trong lĩnh vực kỹ thuật điều khiển tự động nói chung và kỹ thuật điều khiển robot nói riêng, với sự hiểu biết chính xác về đối tượng điều khiển và sự hỗ trợ của máy tính đã đáp ứng độ chính xác cao, thời gian thu nhận và xử lý các tín hiệu nhanh chóng, tin cậy, đã làm tăng năng suất lao động, hạn chế những tai nạn và độc hại cho con người... Tuy nhiên, loại robot nối tiếp hiện đang sử dụng trong nhiều lĩnh vực đã bộc lộ các nhược điểm như: tính linh hoạt thấp, tốc độ xử lý và khả năng đáp ứng không cao, độ cứng vững cũng như độ chính xác chưa đảm bảo. Để khắc phục phần nào các nhược điểm trên, loại robot song song (parallel robot) mới bao gồm hai cánh tay máy hoạt động song song đã ra đời. Khác hẳn với robot nối tiếp (serial robot) là loại robot liên tiếp có kết cấu hở được liên kết với các khâu động học và được điều khiển tuần tự hoặc song song. Robot song song là robot có cơ cấu vòng kín, trong đó khâu tác động cuối được liên kết với nền bởi ít nhất là 2 chuỗi động học độc lập [1-3]. Ưu điểm của loại robot này là độ cứng vững cơ khí cao, khả năng chịu tải cao, gia tốc lớn, khối lượng động thấp và kết cấu đơn giản. Với những ưu điểm trên, robot song song đã được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như y học, thiên văn học, trắc địa, máy mô phỏng, các máy công cụ, máy điều khiển số bằng máy tính (CNC)...

Một vài công trình nghiên cứu về cánh tay robot song song đã được áp dụng [4-8]. Trong nghiên cứu của Hermes *et al.*, việc tối ưu hóa một máy chuyển động song song (PKM) từ quan

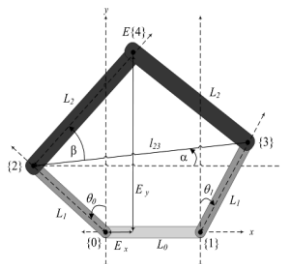
điểm đẳng hướng xem xét trường hợp của một máy thao tác liên kết của robot 5 thanh đã được tiến hành [4]. Theo phương pháp này, một chức năng của hệ thống truyền động được sử dụng để di chuyển robot thông qua việc phân tích trường hợp robot 2 dof trong không gian làm việc và với khái niệm đẳng hướng. Từ đó, một giải pháp tối ưu để đạt được đẳng hướng hệ thống truyền động được điều khiển bởi các động cơ tuyến tính. Tuy nhiên, giải thuật điều khiển robot không được thể hiện chi tiết. Trong nghiên cứu của Shengqi *et al.*, hệ robot song song 5 thanh có cấu hình đối xứng gồm 4 tay và 2 bộ truyền động được điều khiển dùng bộ PID [5]. Với phương pháp này, việc điều khiển vị trí và góc quay của động cơ DC servo đã được thực hiện nhằm đánh giá chất lượng điều khiển vòng kín thông qua mô hình đồ thị. Tương tự như điều khiển vị trí và góc quay, vận tốc, lực, mô men xoắn và vận tốc góc đều có thể được biểu diễn bằng mô hình đồ thị. Do đó, mô hình đồ thị không những có khả năng giải quyết các vấn đề động mà còn điều khiển cánh tay máy trong mặt phẳng. Tuy nhiên, phương pháp này chỉ có thể được sử dụng để đánh giá không gian làm việc của máy thao tác, kiểm tra độ bền của vật liệu, kiểm tra hiệu suất của thiết bị truyền động và làm chứng cho tính khả thi của thuật toán mới. Trong nghiên cứu của Fatih & Hayrettin, phương pháp điều khiển quỹ đạo bám sát thông qua bộ điều khiển PD truyền thống cho robot 5 thanh sử dụng card Arduino Mega 2560 và giao diện máy tính HMI đã đề xuất [6]. Ưu điểm của phương pháp này là chi phí thấp. Ngoài ra, robot có khả năng đọc và nhận dạng của các hình thử nghiệm tương đối tốt. Tuy nhiên, vận hành lặp lại của robot không chính xác.

Trong phương pháp điều khiển kinh điển, muốn điều khiển được đối tượng cần phải có mô hình toán mô tả các thành phần vật lý của đối tượng. Tuy nhiên, hơn 80% ứng dụng của các bài toán điều khiển trong thực tế công việc xây dựng mô hình toán là rất khó hoặc không có khả năng. Để khắc phục điều này thường công việc điều khiển là dựa trên kinh nghiệm của các chuyên gia. Điểm mạnh của mạng nơ-ron trong lĩnh vực điều khiển là ta có thể thiết kế các bộ điều khiển nơ-ron mà không cần đến mô hình toán học của các đối tượng. Điều này có thể làm được là nhờ mạng có khả năng học. Với bài toán học giám sát dữ liệu chính xác vào ra mong muốn để huấn luyện mạng phải được biết trước, với bài toán học củng cố dữ liệu vào ra mong muốn để huấn luyện mạng là tập dữ liệu củng cố và với bài toán tự học, dữ liệu huấn luyện mạng đó chỉ là tập dữ liệu vào. Ứng với mỗi dạng học có thể thiết kế các bộ điều khiển nơ-ron như học giám sát học củng cố và tự học [9].

Trong bài báo này, giải thuật huấn luyện và nhận dạng mạng nơ-ron cho mô hình cánh tay robot song song làm việc trong không gian tọa độ Descartes đã được áp dụng. Việc huấn luyện và nhận dạng mạng nơ-ron dựa trên tập mẫu đạt được từ bộ điều khiển PID được thực hiện. Các kết quả mô phỏng và thực nghiệm đã đạt được để chứng minh giải thuật điều khiển dùng nơ-ron cho kết quả vận hành tốt hơn, so với bộ điều khiển PID truyền thống.

2. PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC VỊ TRÍ HỆ THỐNG

2.1. Phương trình động học thuận cánh tay máy song song điều khiển vị trí



Hình 1. Sơ đồ tính toán phương trình động học thuận của cánh tay máy song song điều khiển vị trí.

Vector tọa độ góc quay của 2 cánh tay trong Hình 1 trên mặt phẳng 0xy:

$$\vec{\theta} = \begin{bmatrix} \theta_0 \\ \theta_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Vector tọa độ vị trí của 2 cánh tay trên mặt phẳng 0xy:

$$\vec{E} = \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} \quad (2)$$

Các phương trình động lực học được tính toán dựa vào các khớp vị trí {2}, {3} theo vector góc $\vec{\theta}$:

$$P_{2,x} = -L_1 \sin\theta_0 \quad (3)$$

$$P_{2,y} = L_1 \cos\theta_0 \quad (4)$$

$$P_{3,x} = L_1 \sin\theta_1 + L_0 \quad (5)$$

$$P_{3,y} = L_1 \cos\theta_1 \quad (6)$$

Các phương trình tính toán tọa độ vector vị trí của khung {4} đó là tọa độ vector $\vec{\theta}$:

$$l_{23} = \sqrt{(P_{3,x} - P_{2,x})^2 + (P_{3,y} - P_{2,y})^2} \quad (7)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{P_{3,y} - P_{2,y}}{P_{3,x} - P_{2,x}} \right) \quad (8)$$

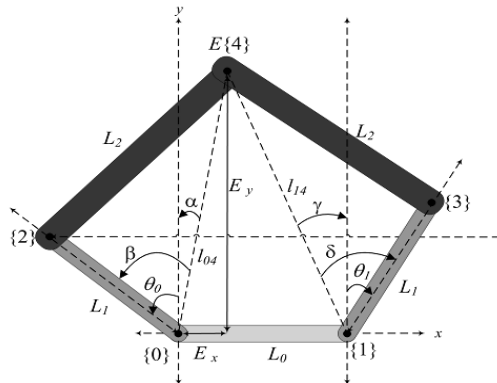
$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{l_{23}}{2L_2} \right) \quad (9)$$

$$E_x = P_{2,x} + L_2 \cos(\alpha + \beta) \quad (10)$$

$$E_y = P_{2,y} + L_2 \sin(\alpha + \beta) \quad (11)$$

$$\theta_E = \alpha + \beta \quad (12)$$

2.2. Phương trình động học nghịch của cánh tay máy song song điều khiển vị trí



Hình 2. Sơ đồ tính toán phương trình động học nghịch của cánh tay robot song song điều khiển vị trí
Vector tọa độ góc quay của 2 cánh tay trong Hình 2 trên mặt phẳng oxy:

$$\vec{\theta} = \begin{bmatrix} \theta_0 \\ \theta_1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Vector tọa độ vị trí của 2 cánh tay trên mặt phẳng oxy:

$$\vec{E} = \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} \quad (14)$$

Phương trình động học nghịch cánh tay robot song song:

Phương trình động học nghịch cho cánh tay 1:

$$l_{04} = \sqrt{(E_x)^2 + (E_y)^2} \quad (15)$$

$$\alpha = 90 - \tan^{-1} \left(\frac{E_y}{E_x} \right) \quad (16)$$

$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{-L_2^2 + L_1^2 + l_{04}^2}{2L_1 l_{04}} \right) \quad (17)$$

$$\theta_0 = \beta - \alpha \quad (18)$$

Phương trình động học nghịch cho cánh tay 2:

$$l_{14} = \sqrt{(L_0 - E_x)^2 + (E_y)^2} \quad (19)$$

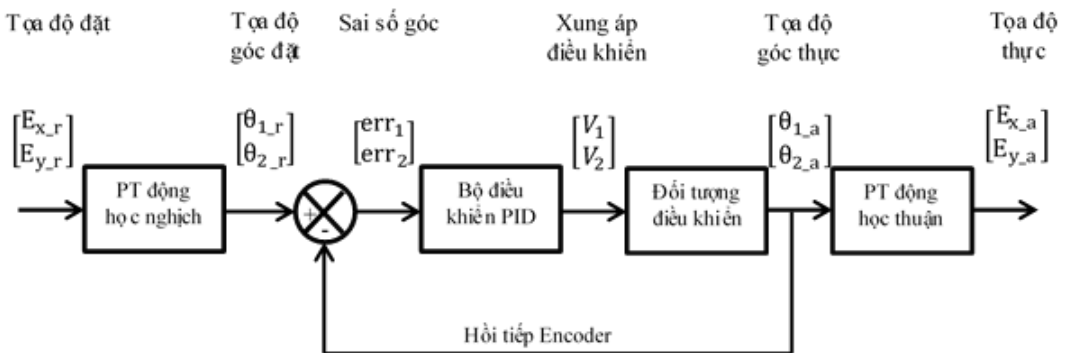
$$\gamma = 90 - \tan^{-1} \sqrt{(L_0 - E_x)^2 + (E_y)^2} \quad (20)$$

$$\delta = \cos^{-1} \left(\frac{-L_2^2 + L_1^2 + l_{14}^2}{2L_1 l_{14}} \right) \quad (21)$$

$$\theta_1 = \delta - \gamma \quad (22)$$

3. ĐIỀU KHIỂN CÁNH TAY MÁY DÙNG BỘ VI TÍCH PHÂN TỶ LỆ (PID)

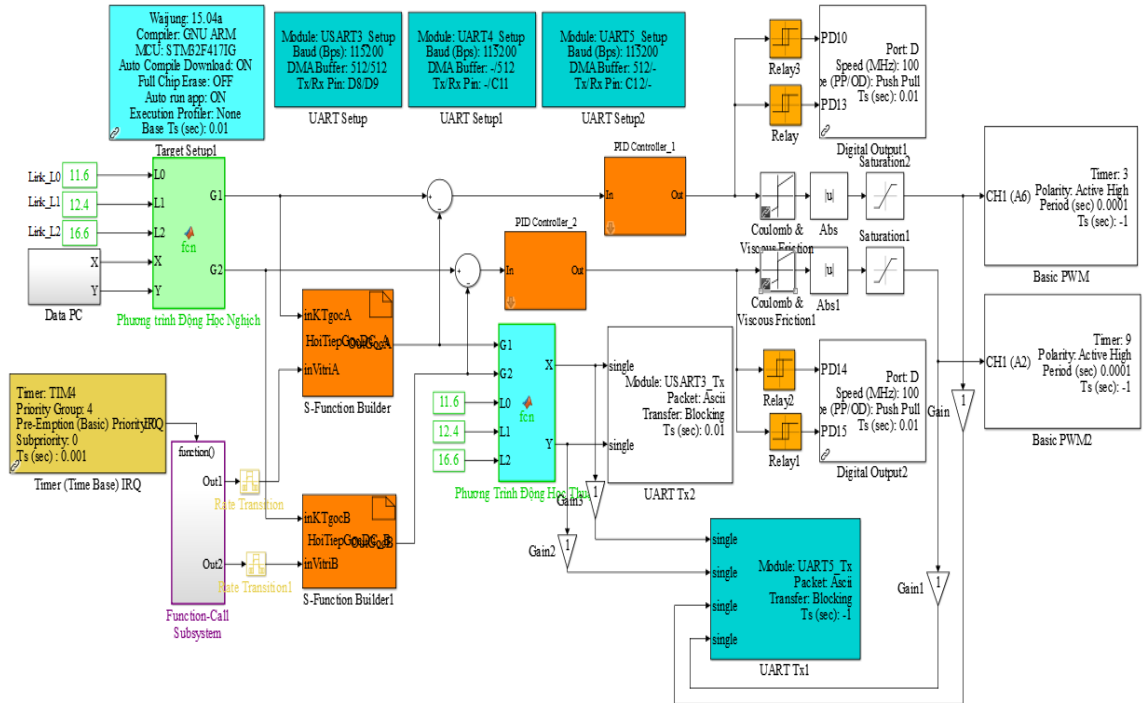
Hình 3 thể hiện hệ thống điều khiển cánh tay máy song song dùng bộ điều khiển PID. Trong đó, vị trí góc quay đặt ($\theta_{1,r}$, $\theta_{2,r}$) của động cơ đặt được từ phương trình động học nghịch. Giá trị góc quay đo được ($\theta_{1,a}$, $\theta_{2,a}$) được so sánh với giá trị góc quay đặt thông qua bộ điều khiển PID. Ngõ ra của bộ điều khiển góc quay (V_1 , V_2) được sử dụng để điều chế độ rộng xung cho việc điều khiển đối tượng. Với việc sử dụng bộ điều khiển PID, giá trị góc quay đo được sẽ bám theo giá trị góc quay đặt. Tuy nhiên, các thông số bộ điều khiển thường được thiết kế không đổi trong một thời điểm vận hành nhất định của hệ thống. Vì lý do này, khi cánh tay máy vận hành ứng với các góc quay khác nhau thì bộ điều khiển PID sẽ làm việc không còn hiệu quả.



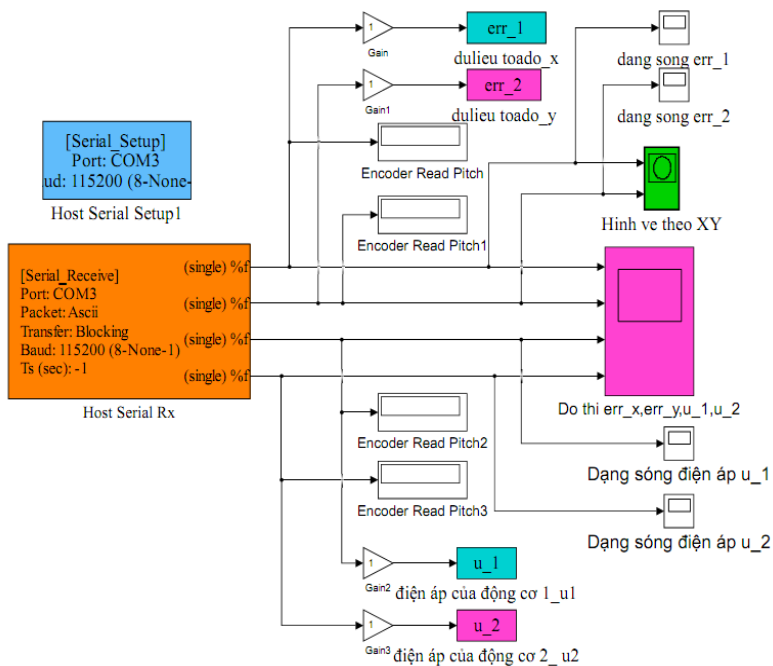
Hình 3. Sơ đồ khối điều khiển hệ thống sử dụng bộ điều khiển PID.

4. ĐIỀU KHIỂN CẢNH TAY MÁY DÙNG MẠNG NƠ-RON

Chương trình điều khiển hệ thống được thực hiện trên phần mềm Matlab/Simulink (Hình 4). Chương trình này được nạp vào chip ARM STM32F407 để thực nghiệm hệ thống và thu thập tập dữ liệu (Hình 5) cho việc thiết kế bộ điều khiển sử dụng huấn luyện mạng nơ-ron nhân tạo.

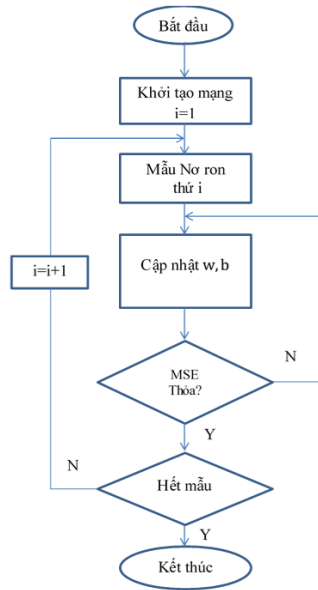


Hình 4. Chương trình nạp vào card ARM STM32F407



Hình 5. Chương trình giám sát và thu thập dữ liệu mẫu trên mô hình thực nghiệm.

Như được thể hiện trên Hình 4, khối serial setup có chức năng khai báo cổng kết nối truyền và nhận UART và tốc độ truyền giữa card STM32F407 và phần mềm giám sát Matlab/ Simulink. Khối workspace có chức năng thu thập 4 tập dữ liệu như: $err_{\theta_1}(t)$, $u_1(t)$, $err_{\theta_2}(t)$, $u_2(t)$, tương ứng với sai số ngõ vào và ngõ ra. Ngoài ra, khối XY graph có chức năng vẽ lại đáp ứng của hệ thống.



Hình 6. Lưu đồ điều khiển cánh tay robot song song dùng mạng nơ-ron.

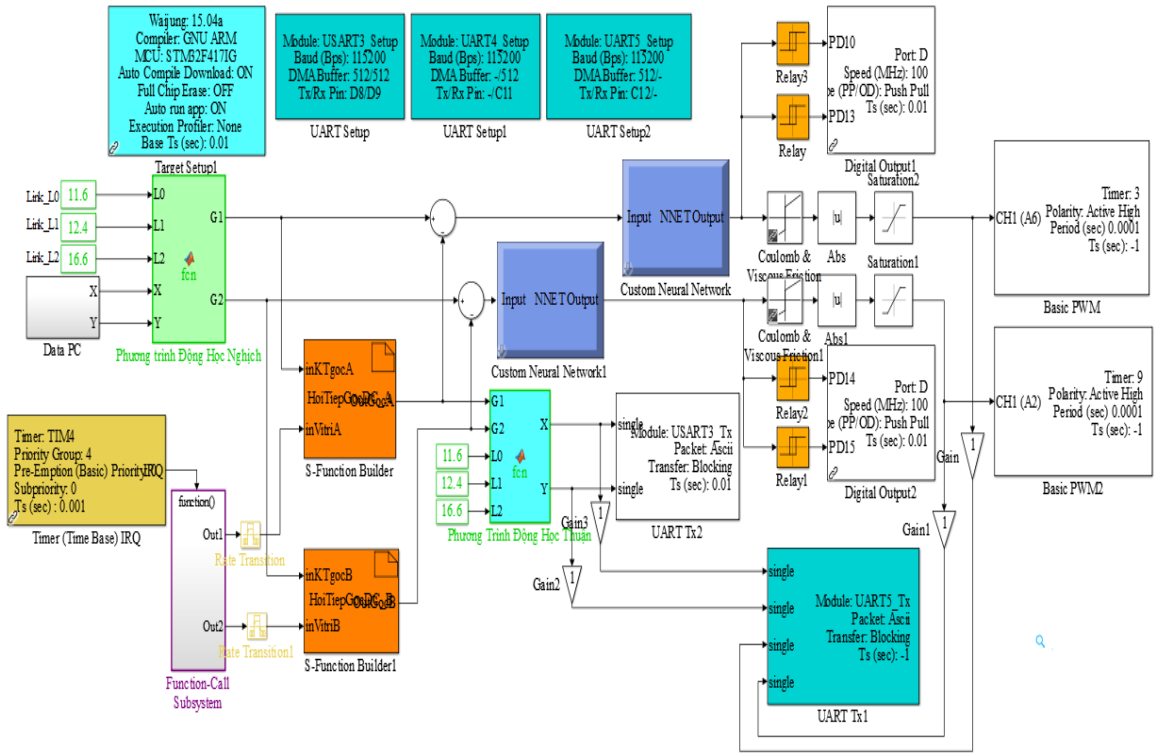
Mô hình mạng nơ-ron được đưa ra bởi Mc Culloch và Pitts vào năm 1943 có cấu trúc cơ bản được mô phỏng như hoạt động của não người để giải quyết các bài toán kỹ thuật. Bộ não người có khoảng 10^{10} nơ-ron. Các nơ-ron này được kết nối với nhau thành mạng. Việc xử lý thông tin được thực hiện nhờ vào sự lan truyền của tín hiệu từ nơ-ron này sang nơ-ron khác thông qua các sợi trục thần kinh nhằm đáp ứng độ linh hoạt về khả năng học tập cũng như việc điều khiển hệ thống để đáp ứng của hệ thống gần với giá trị định trước [9-12].

Hình 6 thể hiện lưu đồ điều khiển cánh tay robot song song dùng mạng nơ-ron. Để xây dựng một cơ sở dữ liệu dùng để huấn luyện mạng (gọi là tập mẫu), trước tiên việc mô phỏng hệ thống điều khiển cánh tay robot song song dùng bộ điều khiển PID tương ứng với nhiều vị trí có tọa độ xy khác nhau. Tập mẫu này được nạp vào chip STM32F407VGT6. Sau đó, quá trình huấn luyện mạng được thực hiện. Kết thúc quá trình này, mạng nơ-ron có thể phân loại các vị trí khác nhau, từ đó có thể nhận dạng được các vị trí có đã học mà không cần đến không gian dữ liệu mẫu nữa.

Hình 7 thể hiện chương trình điều khiển mạng nơ-ron thực nghiệm dùng card ARM STM32F407, trong đó ngõ vào là sai số góc và ngõ ra là xung áp điều khiển. Như được thể hiện trong Hình 6, mục đích áp dụng mạng nơ-ron là huấn luyện học tập sao cho đáp ứng ngõ ra của mạng giống với tín hiệu mong muốn. Thông thường, tiêu chí vận hành của bộ điều khiển trong miền thời gian được xác định bởi độ vọt lố, thời gian quá độ, thời gian lên và sai số trạng thái xác lập. Do đó, để đánh giá kết quả vận hành của hệ thống, sai số bình phương trung bình được sử dụng trong giải thuật huấn luyện mạng và được định nghĩa như sau:

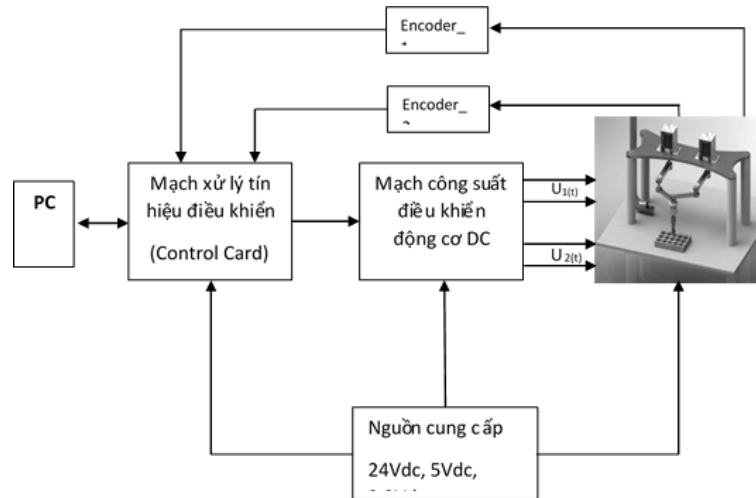
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\theta_{i_r} - \theta_{i_a})^2 \quad (23)$$

Trong đó: θ_{i_r} và θ_{i_a} lần lượt là vector đặt và vector đo được thứ i của góc quay động cơ.



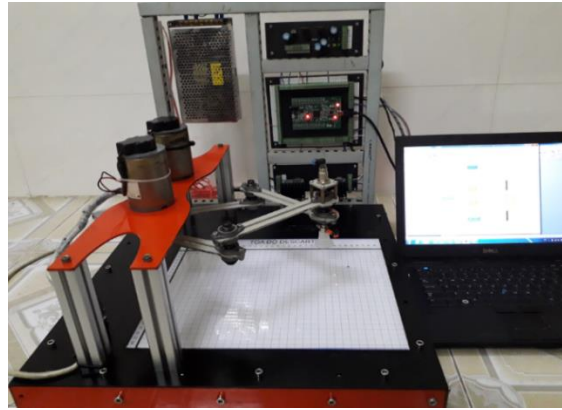
Hình 7. Chương trình điều khiển mạng nơ-ron thực nghiệm dùng card ARM STM32F407 VGT6

5. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN



Hình 8. Sơ đồ kết nối hệ thống điều khiển.

Hình 8 thể hiện sơ đồ kết nối hệ thống điều khiển cánh tay robot song song dùng card ARM STM32F407. Các thành phần của một hệ thống điều khiển bao gồm: card STM32F407VGT6, UART, driver công suất, động cơ một chiều, nguồn cung cấp.



Hình 9. Mô hình thực nghiệm cánh tay robot song song

Mô hình thực nghiệm cánh tay robot song song được thể hiện trong Hình 9. Các thông số kỹ thuật của cánh tay máy được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Bảng thông số kỹ thuật của cánh tay robot song song

Tên biến	Định nghĩa	Giá trị
L_0	Chiều dài cố định giữa hai động cơ	11,6 cm
L_1	Chiều dài của cánh tay $\{0\} - \{2\}$ Chiều dài của cánh tay $\{1\} - \{3\}$	12,4 cm
L_2	Chiều dài của cánh tay $\{2\} - \{4\}$ Chiều dài của cánh tay $\{3\} - \{4\}$	16,6 cm
β, δ	Góc quay link L_1 với vị trí đầu cuối	thay đổi
α	Góc lệch vị trí đầu cuối với trục y	thay đổi
θ_0, θ_1	Lần lượt là góc quay của link $L1$ (cánh tay 1 và cánh tay 2)	thay đổi
E_x	Là khoảng cách của đầu cuối so với trục y	thay đổi
E_y	Là khoảng cách của đầu cuối so với trục x	thay đổi
l_{04}, l_{14}	Lần lượt là khoảng cách cuối điểm cuối so với $\{0\}, \{1\}$	thay đổi

5.1. Kết quả thực nghiệm hệ thống dùng bộ điều khiển PID

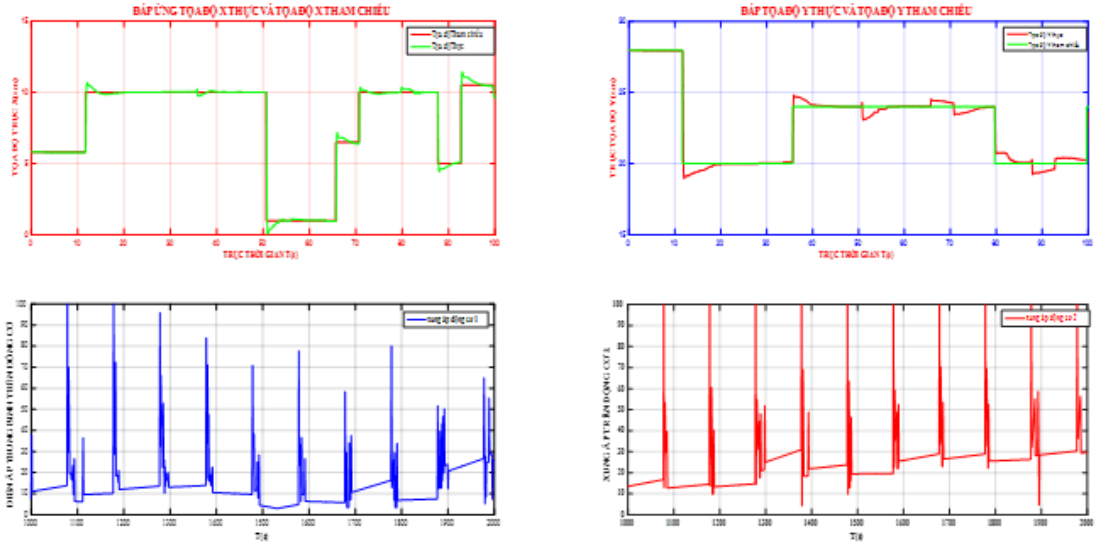
Bảng 2. Thông số điều khiển PID và tọa độ tham chiếu cho hệ thống

Hệ số PID	Động cơ 1: $K_p = 5; K_i = 30; K_d = 0,04$								
	Động cơ 2: $K_p = 4,8; K_i = 31; K_d = 0,02$								
Thời gian lấy mẫu (s)	$T = 0,01$								
Tọa độ x(cm)	5,8	10	10	1	6,5	10	10	5	10,5
Tọa độ y(cm)	27,95	20	24	24	24	24	20	20	20

Thông số bộ điều khiển PID và các tọa độ tham chiếu được thể hiện trong Bảng 2. Với các thông số thiết kế và tọa độ tham chiếu như Bảng 2, đáp ứng của hệ thống dựa vào chương trình giám sát trên phần mềm Matlab/Simulink được thể hiện như Bảng 3 và Hình 10.

Bảng 3. Đáp ứng của hệ thống sử dụng bộ điều khiển PID

Tọa độ tham chiếu [x, y]cm	Tọa độ thực [x, y]cm	Độ vọt lố (%)	Thời gian xác lập (ms)	Xung áp điều khiển khi chưa xác lập	Xung áp điều khiển khi xác lập
[10, 20]	[11, 21]	10%	3,5 ms	4,8 V	50 mV



Hình 10. Đáp ứng tọa độ xy so với giá trị tọa độ tham chiếu

5.2. Kết quả thực nghiệm hệ thống dùng mạng nơ-ron

Việc mô phỏng và thực nghiệm mô hình cánh tay máy song song sử dụng phương pháp nhận dạng và huấn luyện mạng nơ-ron cho hệ phi tuyến dựa trên phần mềm Matlab/Simulink. Tập dữ liệu dùng để huấn luyện mạng được lấy dựa vào mô hình chuẩn (mô hình dùng bộ điều khiển PID) với một tín hiệu vào (sai số góc) và một tín hiệu ra (xung áp điều khiển) thông qua chương trình giám sát như Hình 7. Thời gian khảo sát trên mô phỏng và trên mô hình thực nghiệm lần lượt được thể hiện như Bảng 4 và Bảng 5.

Bảng 4. Thông số khảo sát dùng mạng nơ-ron trên mô phỏng Matlab/Simulink.

Thông số tay máy	Link 0 = 11,6cm	Link 1 = 12,4cm	Link 2 = 16,6 cm
Tín hiệu tham chiếu	Tín hiệu liên tục (tín hiệu Random)		
Tín hiệu đáp ứng	Góc quay động cơ 1: $\theta_0 = 39,59^0$ Góc quay động cơ 1: $\theta_1 = 33,71^0$		
Số nơ-ron lớp vào	1		
Số nơ-ron lớp ẩn	12		
Số nơ-ron lớp ra	1		
Số lần huấn luyện	2000		
Chu kỳ lấy mẫu T (s)	0,01		
Thời gian khảo sát (s)	20s		
Số mẫu khảo sát	2001		

Bảng 5. Thông số khảo sát dùng mạng nơ-ron trên mô hình thực nghiệm

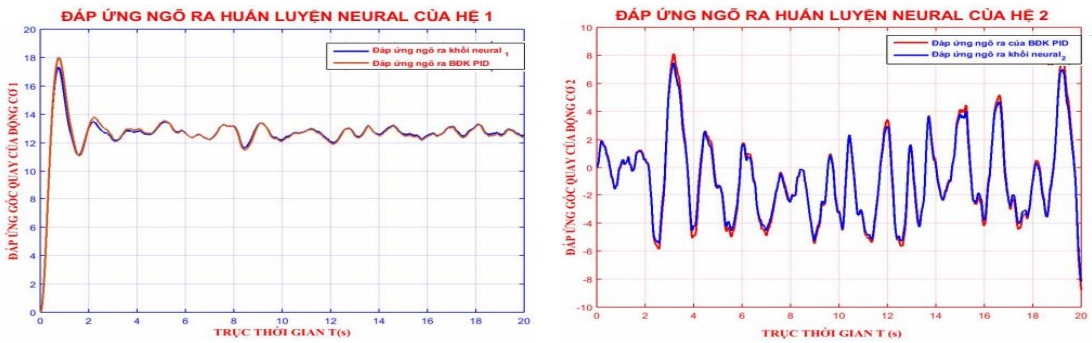
Tọa độ x(cm)	5,8	10	10	1	6,5	10	10	5	10,5
Tọa độ y(cm)	27,95	20	24	24	24	24	20	20	20
Số nơ-ron lớp vào	1								
Số nơ-ron lớp ẩn	50								
Số nơ-ron lớp ra	1								
Số lần huấn luyện	10000								
Thời gian khảo sát (s)	100								
Thời gian lấy mẫu (s)	0,01								
Số mẫu lấy được	10001								

5.2.1. Kết quả mô phỏng

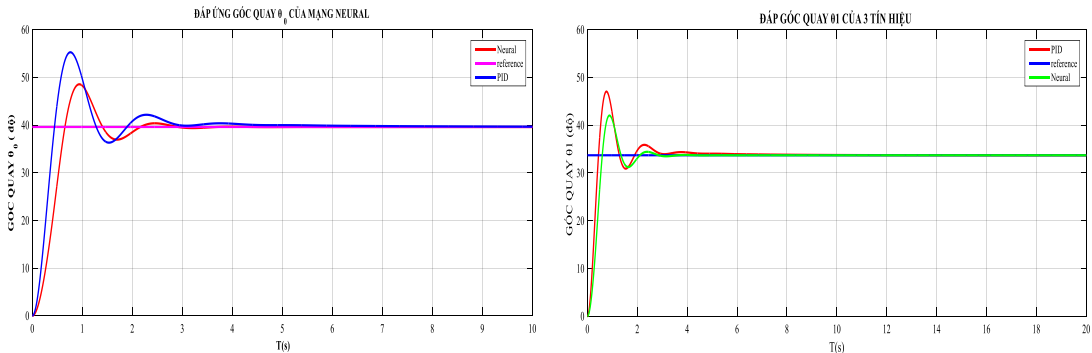
Phương pháp huấn luyện và nhận dạng mạng nơ-ron cho hệ phi tuyến dựa trên mô hình chuẩn sử dụng bộ điều khiển PID được thực hiện. Kết quả đánh giá đáp ứng vận hành của hệ thống dùng mạng nơ-ron được trình bày như trong Bảng 6 và Hình 11.

Bảng 6. Kết quả đánh giá khả năng đáp ứng của hệ thống dùng mạng nơ-ron

Góc quay tham chiếu	$\theta_0 = 39,59^0$	$\theta_1 = 33,71^0$
Độ vọt lố so với giá tham chiếu	22,73%	24,59%
Thời gian xác lập	3,5s	5s



Hình 11. Đáp ứng góc quay của 2 động cơ so với giá trị tham chiếu (tín hiệu ngẫu nhiên)



Hình 12. Đáp ứng góc quay của 2 động cơ so với giá trị tham chiếu (tín hiệu góc đặt)

Dựa vào kết quả nhận được như Hình 12, đáp ứng của hệ thống dùng huấn luyện mạng nơ-ron tốt hơn so với đáp ứng mô hình chuẩn sử dụng bộ điều khiển PID. Kết quả so sánh về độ vọt lố và thời gian xác lập của động cơ 1 và động cơ 2 trong hai trường hợp dùng bộ điều khiển PID và dùng huấn luyện mạng nơ-ron lần lượt được thể hiện trong Bảng 7 và 8.

Bảng 7. So sánh đáp ứng hệ thống dùng mạng nơ-ron và PID của động cơ 1

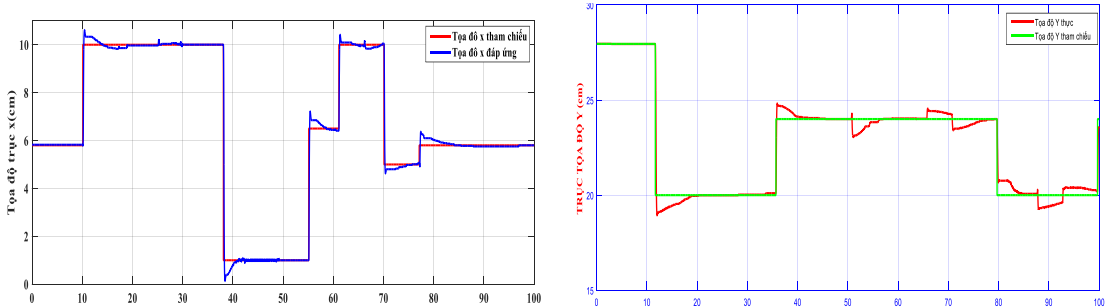
Bộ điều khiển	Huấn luyện mạng nơ-ron	Bộ điều khiển PID
Độ vọt lố (%)	22,73	40,41
Thời gian xác lập (s)	3,5	8,4

Bảng 8. So sánh đáp ứng hệ thống dùng mạng nơ-ron và PID của động cơ 2

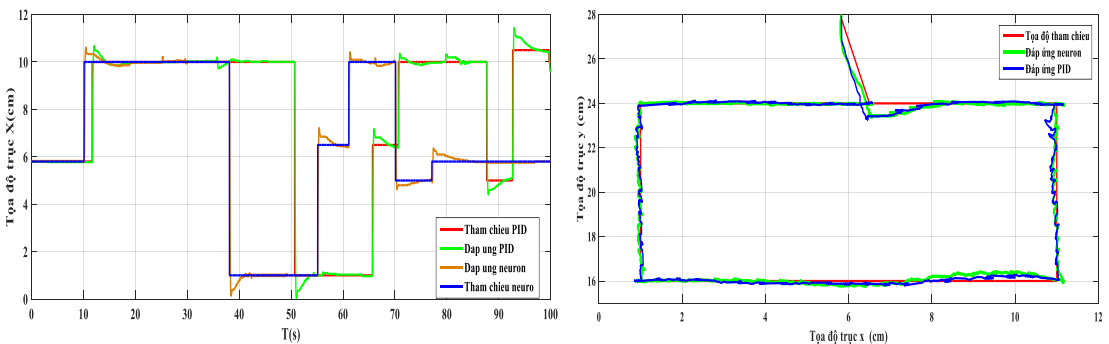
Bộ điều khiển	Huấn luyện mạng nơ-ron	Bộ điều khiển PID
Độ vọt lố (%)	24,59	42,39
Thời gian xác lập (s)	5	13,8

5.2.2. Kết quả thực nghiệm

Việc thực nghiệm với hệ thống dùng giải thuật huấn luyện và nhận dạng mạng nơ-ron dựa trên mô hình chuẩn sử dụng bộ điều khiển PID được tiến hành. Như được thể hiện trong Hình 13 và 14, giá trị thực đo được bám sát giá trị tham chiếu của hệ thống. Điều này chứng tỏ rằng giải thuật huấn luyện mạng nơ-ron cho đáp ứng vận hành tốt hơn phương pháp điều khiển PID. Kết quả về đáp ứng hệ thống đo được so với giá trị tham chiếu sử dụng phương pháp huấn luyện mạng nơ-ron trên mô hình thực nghiệm đạt được như Bảng 9.



Hình 13. Đáp ứng giá trị xy thực so với giá trị tham chiếu dùng huấn luyện mạng nơ-ron



Hình 14. Đáp ứng giá trị thực so với giá trị tham chiếu của hai phương pháp điều khiển PID và huấn luyện mạng nơ-ron

Bảng 9. Đáp ứng hệ thống so với giá trị tham chiếu sử dụng phương pháp huấn luyện mạng nơ-ron trên mô hình thực nghiệm

Tọa độ tham chiếu [x; y]cm	Tọa độ đáp ứng [x; y]cm	Độ vọt lố (%)	Thời gian xác lập (s)	Xung áp điều khiển động cơ khi xác lập (mV)	Xung áp điều khiển động cơ khi chưa xác lập
[5,8; 27,95]	[5,8; 27,95]	[0; 0]	[0; 0]	[10; 10]	[10; 10]mv
[10; 20]	[10,6; 21]	[6; 6,5]	[8; 3,25]	[20; 11]	[3,5; 4,25]V

6. KẾT LUẬN

Việc điều khiển cánh tay robot song song trong không gian tọa độ Descartes sử dụng mạng nơ-ron được nghiên cứu nhằm điều khiển chính xác vị trí cánh tay máy. Kết quả mô phỏng dùng phần mềm Matlab/Simulink và thực nghiệm dùng chip STM32F407VGT6 được kiểm chứng cho thấy rằng giải thuật đề xuất cho đáp ứng tốt hơn (độ vọt lố ít hơn và thời gian xác lập nhanh hơn) so với việc điều khiển dùng bộ PID truyền thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Từ Diệp Công Thành, Đặng Văn Nghìn - Bộ điều khiển parallel robot, Đại học Bách Khoa Tp.HCM, (2010). <http://www.thuvientailieu.vn/tai-lieu/de-tai-bo-dieu-khien-parallel-robot-40041/>
2. Trần Công Tuấn, Nguyễn Minh Thanh - Mô hình hóa vùng làm việc của tay máy song song có dẫn động phụ phân bố bên ngoài vùng làm việc bằng phương pháp điều tra không gian tham số, Tuyển tập báo cáo khoa học Kỷ niệm 25 năm thành lập Viện nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa (2010) 77-91.
3. Phạm Bạch Ngọc, Vũ Quang Thắng, Đỗ Trần Thắng, Phạm Anh Tuấn - Thiết kế cơ cấu song song (Hexapod) ứng dụng trong gia công cơ khí chính xác, Báo cáo tại Hội nghị cơ học toàn quốc Kỷ niệm 25 năm thành lập viện cơ học (2004).
4. Hermes Giberti, Steven Chatterton, Simone Cinquemani - Kinematic optimization of a parallel manipulator 5R 2-dof driven by pneumatic cylinders (2010). <https://pdfs.semanticscholar.org/44c0/e1429f5b3ec38425e1c8cbf2886d702b452b.pdf>.
5. Shengqi Jian, Cheng Yin, Luc Rolland, Lesley James - Five bar planer manipulator simulation and analysis by bond Graph, Proceedings of the ASME 2014 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Montreal, Quebec, Canada, (2014) 1-7.
6. Fatih Cemal Can, Hayrettin Şen - Real time controlled two dof five bar robot manipulator, Proceedings of the International Symposium of Mechanism and Machine Science (2017).
7. Frank L.Lewis, Darren M.Dawson, Chaouki T.Abdallah - Robot Manipulator Control Theory and Practice, Marcel Dekker, INC (2004).
8. Thanh Quyen Ngo, M. Hung Nguyen, T. Long Mai, YaoNan Wang, Ji Ge, ShuNing Wei - An adaptive iterative learning control for robot manipulator in task space, Vietnam, International Journal of Computers Communications 7 (3) (2012) 518-529.
9. Duc Truong Pham, Liu Xing - Neural networks for identification, Prediction and Control, Springer (1997).
10. Katalin M.Hangos, Rozalia Lakner, Miklos Gerzson - Intelligent control systems, Kluwer Academic Publisher (2001).

11. Chin-Teng Lin, George Lee C.S. - Neural fuzzy systems, Prentice Hall (1996).
12. Cornelius T. Leondes - Fuzzy logic and expert systems applications, Academic Press (1998).

ABSTRACT

APPLICATION OF NEURAL NETWORK TO CONTROL OF PARALLEL ROBOT

Le Minh Thanh*, Van Tan Luong, Le Khac Sinh
Ho Chi Minh City University of Food Industry
*Email: *thanhlm@hufi.edu.vn*

The paper presents the control algorithm of the parallel robot arm using the neural network. With the proposed algorithm, the robot arm is regulated to adapt to the change in different working conditions when the proportional-integral-derivative (PID) controller gives some limitations. The simulation results using Matlab/Simulink and experimental results based on chip STM32F407VGT6 have shown the proposed control algorithm gives better performance, compared with the conventional PID control.

Keywords: PID control, neural network, parallel robot, serial robot, pneumatic actuators.