

ĐIỀU KHIỂN CÁNH TAY ROBOT HỌC VẼ

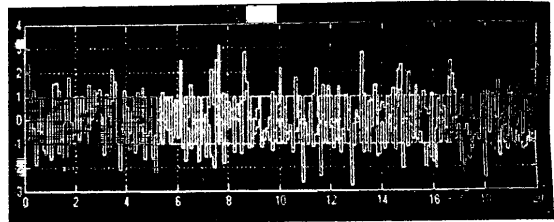
TÓM TẮT:

Từ khi mới ra đời robot công nghiệp được áp dụng trong nhiều lĩnh vực dưới góc độ thay thế sức người. Nhờ vậy các dây chuyền sản xuất được tổ chức lại, năng suất và hiệu quả sản xuất tăng lên rõ rệt. Mục tiêu ứng dụng robot công nghiệp nhằm góp phần nâng cao năng suất dây chuyền công nghệ, giảm giá thành, nâng cao chất lượng và khả năng cạnh tranh của sản phẩm đồng thời cải thiện điều kiện lao động. Đạt được các mục tiêu trên là nhờ khả năng to lớn của robot như: làm không biết mệt mỏi, chịu được phóng xạ và các môi trường làm việc độc hại, nhiệt độ cao... Ngoài ra Robot được dùng thay thế con người trong những trường hợp thực hiện những công việc tuy không nặng nhọc nhưng đơn điệu, dễ gây mệt mỏi, nhầm lẫn. Bài báo này giới thiệu một ứng dụng của Robot là Điều khiển cánh tay Robot học vẽ.

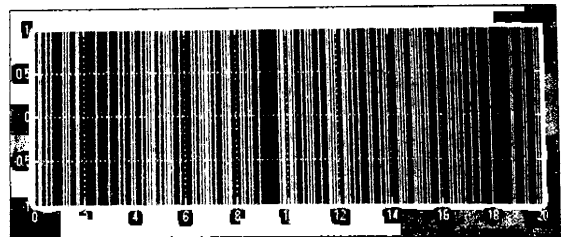
|| ThS. Phạm Chí Hiếu

Viện CNTT - Điện - Điện Tử, Trường Đại học BR-VT

Kết quả mô phỏng tạo data:



Hình 2.2. Tín hiệu vào của mạng nhận dạng



Hình 2.3. Tín hiệu ra mong muốn

I. KHÁI NIỆM VỀ MẠNG NEURON

Mạng neural nhân tạo mô phỏng hoạt động của não người để giải quyết các bài toán kỹ thuật. Bộ não người có khoảng 10^{10} neural. Các neural 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 neural này sang neural khác thông qua các sợi trục thần kinh (axon). Mạng neural nhân tạo được đặc trưng bởi 3 yếu tố:

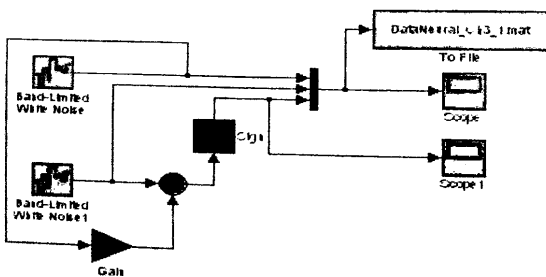
- + Phần tử xử lý (neural).
- + Cấu trúc và ghép nối của các phần tử xử lý.
- + Phương pháp huấn luyện mạng.

II. NHẬN DẠNG VÀ ĐIỀU KHIỂN CÁNH TAY ROBOT DÙNG MẠNG NEURAL

2.1. Nhận dạng

Giả sử ta nhận dạng hàm $y = \text{sign}(x_2 - 10x_1)$

- Sơ đồ tạo data:



Hình 2.1. Sơ đồ tạo data

Nhận dạng dùng mạng truyền thẳng

Để đơn giản ta khảo sát mạng neural có hai ngõ vào x_1, x_2

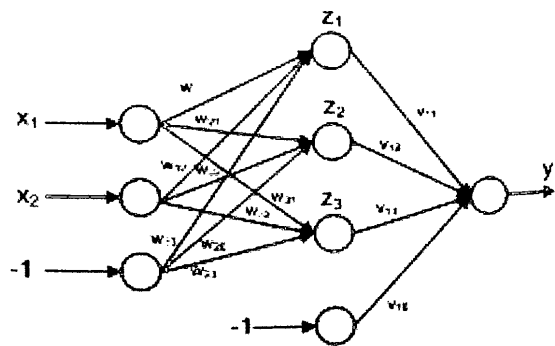
Lớp ẩn: 3 neural: z_1, z_2, z_3

Lớp ra: 1 neural y .

Với hàm tích hợp tuyến tính, hàm tác động tansig và hàm mục tiêu $J = \frac{1}{2}(d - y)^2$

Mô hình neural network:

Hình 2.4. Mô hình mạng neural network



Lan truyền thuận:



$$netz_1 = w_{11}x_1 + w_{12}x_2 - w_{10} = w_1^T \cdot x$$

$$z_1 = \frac{2}{1 + e^{-2netz_1}} - 1$$

$$netz_2 = w_{21}x_1 + w_{22}x_2 - w_{20} = w_2^T \cdot x$$

$$z_2 = \frac{2}{1 + e^{-2netz_2}} - 1$$

$$netz_3 = w_{31}x_1 + w_{32}x_2 - w_{30} = w_3^T \cdot x$$

$$z_3 = \frac{2}{1 + e^{-2netz_{12}}} - 1$$

$$y = net(y) = v_{11}z_1 + v_{12}z_2 + v_{13}z_3 - v_{10} = v^T z$$

Huấn luyện mạng:

Dùng giải thuật lan truyền ngược:

+ Hàm mục tiêu:

$$J = \frac{1}{2}(d - y)^2$$

Luật cập nhật trọng số v:

$$v_1(k+1) = v_1(k) + \eta(d - y) \cdot z_1$$

$$v_2(k+1) = v_2(k) + \eta(d - y) \cdot z_2$$

$$v_3(k+1) = v_3(k) + \eta(d - y) \cdot z_3$$

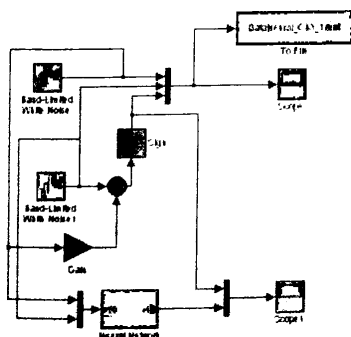
Luật cập nhật trọng số w:

$$w_1(k+1) = w_1(k) + \eta(d - y) \cdot v_1 \cdot x$$

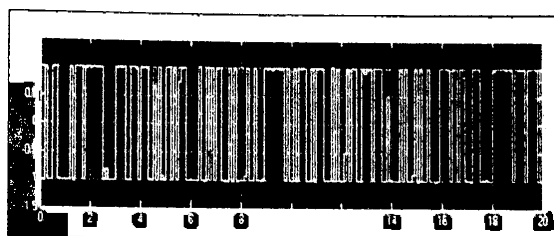
$$w_2(k+1) = w_2(k) + \eta(d - y) \cdot v_2 \cdot x$$

$$w_3(k+1) = w_3(k) + \eta(d - y) \cdot v_3 \cdot x$$

- Sơ đồ simulink:

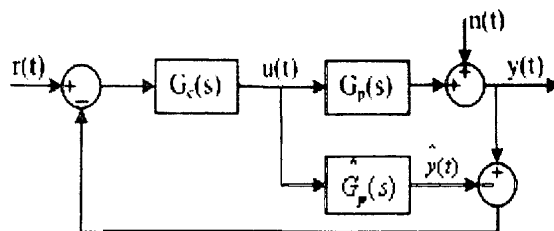


Hình 2.5. Sơ đồ simulink



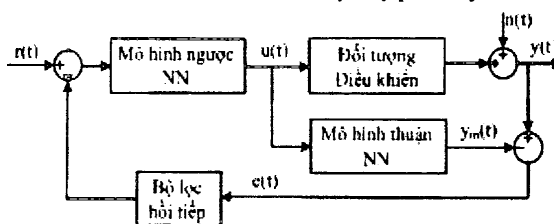
Hình 2.6. Kết quả mô phỏng nhận dạng

2.2. Điều khiển mô hình nội hệ tuyến tính:



Hình 2.7. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển mô hình nội hệ tuyến tính

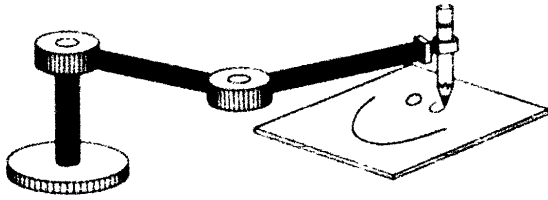
2.3. Điều khiển mô hình nội hệ phi tuyến:



Hình 2.8. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển mô hình nội hệ phi tuyến dùng neural network

Sơ đồ điều khiển mô hình nội phi tuyến được đưa ra dựa trên sơ đồ điều khiển mô hình nội tuyến tính. Rõ ràng khi mô hình mô tả chính xác đặc tính động của hệ thống và không có nhiễu thì tín hiệu hồi tiếp bằng 0, khi đó hệ thống trên trở thành hệ thống điều khiển vòng hở. Nếu có nhiễu $n(t)$ ảnh hưởng đến quá trình điều khiển thì tín hiệu phản hồi sẽ bằng $n(t)$ và không gây ra ảnh hưởng đến tác động điều khiển, nhiễu $n(t)$ bị trừ khỏi tín hiệu chuẩn, do đó ảnh hưởng của nhiễu đo lường ở ngõ ra của quá trình điều khiển hoàn toàn bị triệt tiêu. Bộ lọc được sử dụng để tăng độ bền vững của hệ thống đối với sai số mô hình ở miền tần số cao và nhiễu đo lường.

III. KHẢO SÁT MÔ HÌNH TOÁN CÁNH TAY ROBOT HAI KHỚP NỐI

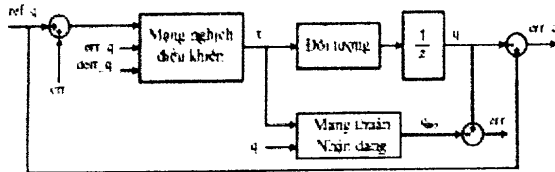


Hình 3.1. Mô tả cánh tay robot Scara

Trên cơ sở phân tích của hệ thống vật lý, mô hình toán của cánh tay robot hai khớp nối là phương trình vi phân bậc 2 chuyển động của cánh tay dạng phi tuyến được mô tả như sau:

$$\begin{aligned} \tau_1 = & [(m_1 + m_2)a_1^2 + m_2a_2^2 + 2m_1m_2 \cos \theta_2] \theta_1 + \\ & + [m_2a_2^2 + m_2a_1a_2 \cos \theta_2] \theta_2 - m_2a_1a_2(2\theta_1\theta_2 + \theta_2^2) \sin \theta_2 + \\ & + (m_1 + m_2)ga_1 \cos \theta_1 + m_2ga_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \\ \tau_2 = & [m_2a_2^2 + m_2a_1a_2 \cos \theta_2] \theta_1 + m_2a_2^2 \theta_2 + \\ & + m_2a_1a_2 \theta_1^2 \sin \theta_2 + m_2ga_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \end{aligned}$$

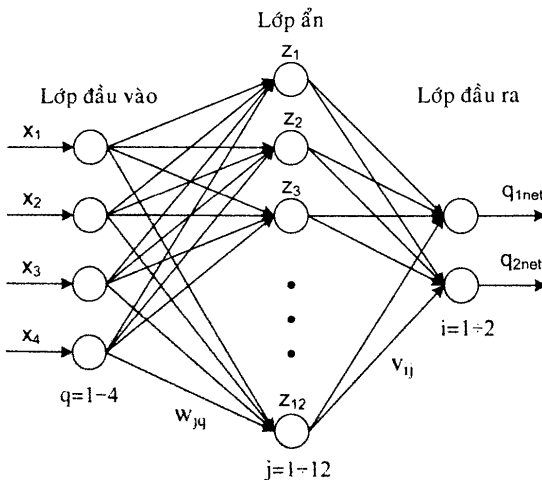
3.1. Sơ đồ hệ thống điều khiển mô hình nội cánh tay robot hai khớp nối dùng mạng neural



Hình 3.2. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển dùng mạng neural

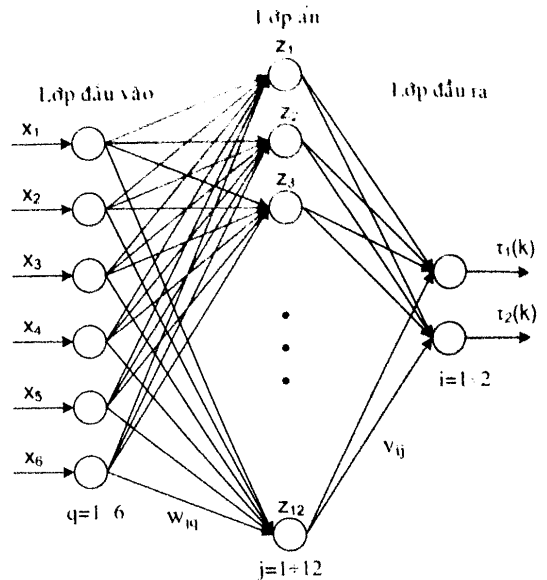
3.2. Cấu trúc mạng

Mạng học tập động lực học thuần:



Hình 3.3. Sơ đồ chi tiết mạng neural học tập động lực học thuần

Mạng học tập động lực học nghịch:



Hình 3.4. Sơ đồ chi tiết mạng neural học tập động lực học nghịch

3.3. Giải thuật học lan truyền ngược trong nhận dạng và điều khiển cánh tay robot hai khớp nối

* Đối với mạng học động lực học thuần:

Mạng gồm 3 lớp, lớp đầu vào có 4 neural, lớp ẩn có 12 neural, lớp đầu ra có 2 neural.

Lan truyền thuận:

$$netz_1 = w_{11}x_1 + w_{12}x_2 + w_{13}x_3 + w_{14}x_4 - w_{10} = w_1^T x$$

$$z_1 = \frac{2}{1 + e^{-2netz_1}} - 1$$

$$netz_2 = w_{21}x_1 + w_{22}x_2 + w_{23}x_3 + w_{24}x_4 - w_{20} = w_2^T x$$

$$z_2 = \frac{2}{1 + e^{-2netz_2}} - 1$$

$$netz_{12} = w_{121}x_1 + w_{122}x_2 + w_{123}x_3 + w_{124}x_4 - w_{120} = w_{12}^T x$$

$$z_{12} = \frac{2}{1 + e^{-2netz_{12}}} - 1$$

$$q_{1net} = net(y_1) = v_{11}z_1 + v_{12}z_2 + v_{13}z_3 + \dots + v_{111}z_{11} + v_{112}z_{12} - v_{10} = v_1^T z$$

$$q_{2net} = net(y_2) = v_{21}z_1 + v_{22}z_2 + v_{23}z_3 + \dots + v_{211}z_{11} + v_{212}z_{12} - v_{20} = v_2^T z$$

Huấn luyện mạng:

Đùng giải thuật lan truyền ngược:

+ Hàm mục tiêu:

$$J = \frac{1}{2}(d_1 - y_1)^2 + \frac{1}{2}(d_2 - y_2)^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 (d_i - y_i)^2$$

+ Luật cập nhật trọng số v:

$$v_i(k+1) = v_i(k) + \eta \cdot (d_i - y_i) \cdot z$$

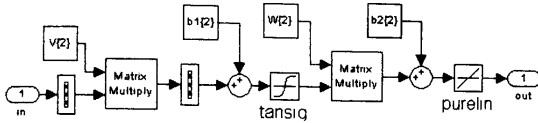
Với $i = 1 \div 2$

+ Luật cập nhật trọng số w:

$$w_j(k+1) = w_j(k) + \eta(1 - z^2) \cdot x \left[\sum_{i=1}^2 (d_i - y_i) \cdot v_y \right]$$

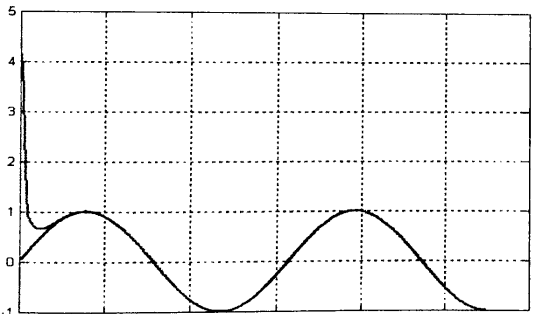
Với $i = 1 \div 2$; $j = 1 \div 12$

Mô phỏng mạng thuận:

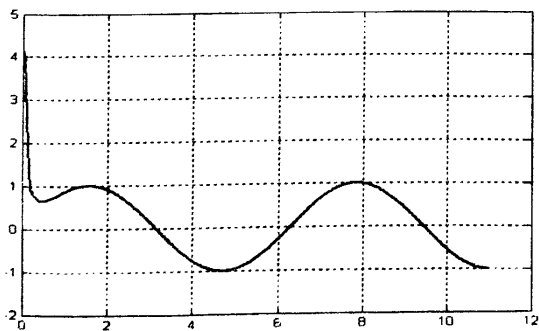


Hình 3.5. Sơ đồ chi tiết mô hình thuận

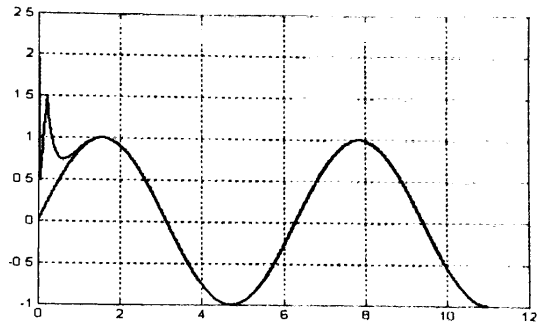
- Kết quả mô phỏng:



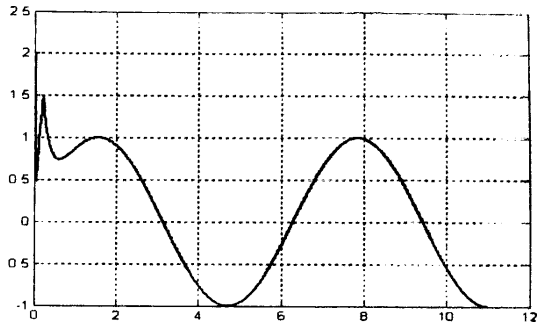
Hình 3.6. Đáp ứng ngõ ra của q_1



Hình 3.7. Đáp ứng ngõ ra q_{1net} của mạng thuận



Hình 3.8. Đáp ứng ngõ ra của q_2



Hình 3.9. Đáp ứng ngõ ra q_{2net} của mạng thuận

Nhận xét: Ta thấy đáp ứng ngõ ra của mạng nhận dạng bám theo đáp ứng ngõ ra của đối tượng.

*** Đối với mạng học động lực học nghịch:**

Mạng gồm 3 lớp, lớp đầu vào có 6 neural, lớp ẩn có 12 neural, lớp đầu ra có 2 neural.

Lan truyền thuận:

$$netz_1 = w_{11} \cdot x_1 + w_{12} \cdot x_2 + w_{13} \cdot x_3 + w_{14} \cdot x_4 + w_{15} \cdot x_5 + w_{16} \cdot x_6 - w_{10} = w_1^T \cdot x$$

$$z_1 = \frac{2}{1 + e^{-2netz_1}} - 1$$

$$netz_2 = w_{21} \cdot x_1 + w_{22} \cdot x_2 + w_{23} \cdot x_3 + w_{24} \cdot x_4 + w_{25} \cdot x_5 + w_{26} \cdot x_6 - w_{20} = w_2^T \cdot x$$

$$z_2 = \frac{2}{1 + e^{-2netz_2}} - 1$$

$$netz_{12} = w_{121} \cdot x_1 + w_{122} \cdot x_2 + w_{123} \cdot x_3 + w_{124} \cdot x_4 + w_{125} \cdot x_5 + w_{126} \cdot x_6 - w_{120} = w_{12}^T \cdot x$$

$$z_{12} = \frac{2}{1 + e^{-2netz_{12}}} - 1$$

$$y_1 = net(Y_1) = v_{11}z_1 + v_{12}z_2 + v_{13}z_3 + \dots + v_{1n}z_n + v_{10} = v_1^T z$$

$$y_2 = net(Y_2) = v_{21}z_1 + v_{22}z_2 + v_{23}z_3 + \dots + v_{2n}z_n + v_{20} = v_2^T z$$

Huấn luyện mạng:

Dùng giải thuật lan truyền ngược:

+ Hàm mục tiêu:

$$J = \frac{1}{2} (x_2 + x_3)^2 + \frac{1}{2} (x_3 + x_4)^2$$

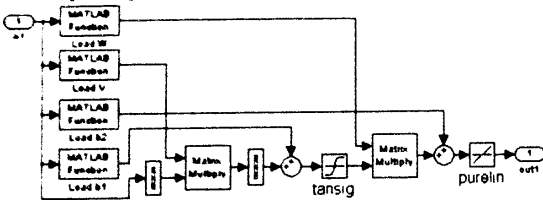
+ Luật cập nhật trọng số v:

$$v_1(k+1) = v_1(k) + \eta \cdot (x_2 + x_3) \cdot z$$

$$v_2(k+1) = v_2(k) + \eta \cdot (x_3 + x_4) \cdot z$$

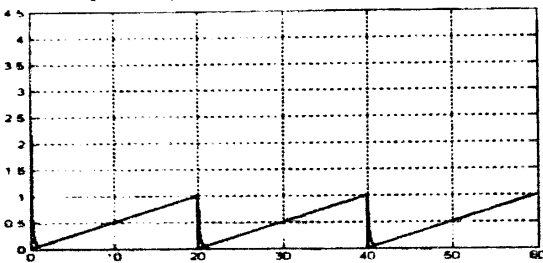
+ Luật cập nhật trọng số w:

Mô phỏng mạng ngược:

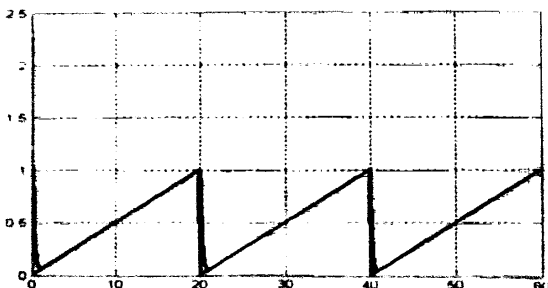


Hình 3.10. Sơ đồ chi tiết mô hình ngược

- Kết quả mô phỏng:



Hình 3.11. Đáp ứng ngõ ra q, của mạng ngược

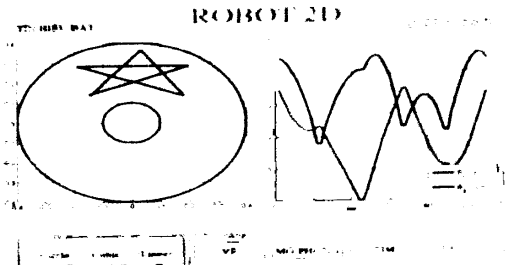


Hình 3.12. Đáp ứng ngõ ra q, của mạng ngược

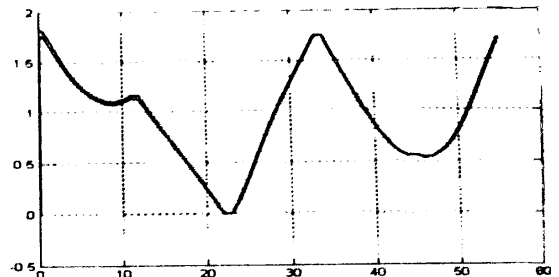
Nhận xét: Ta thấy ngõ ra của mạng học động lực học nghịch bám theo tín hiệu đặt.

IV. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

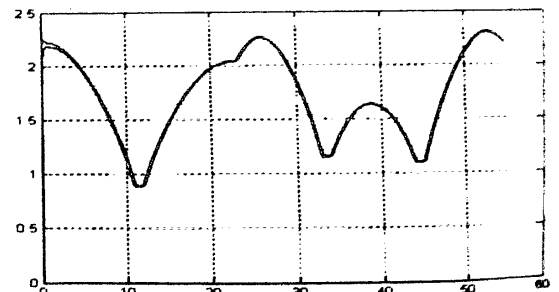
4.1. Kết quả mô phỏng với tín hiệu vào từ giao diện tín hiệu đặt



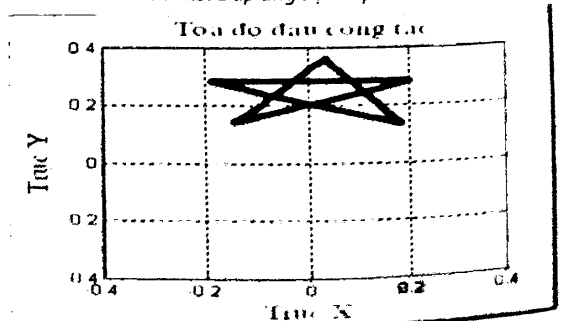
Hình 4.1. Cửa sổ giao diện về tín hiệu đặt



Hình 4.2. Đáp ứng bộ chấp hành 1



Hình 4.3. Đáp ứng bộ chấp hành 2

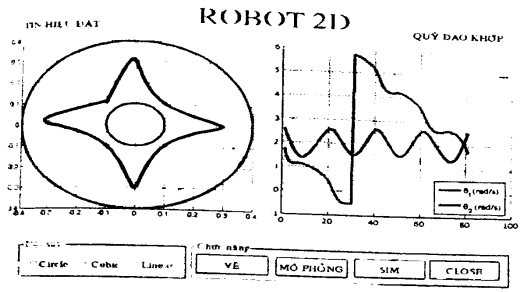


Hình 4.4. Kết quả mô phỏng

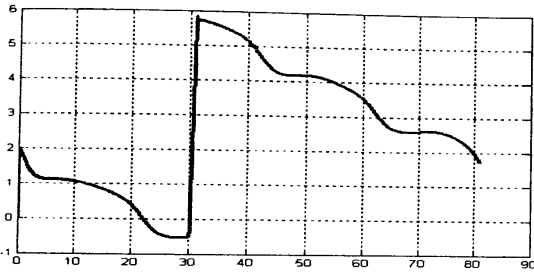
Nhận xét: Ta thấy đáp ứng của bộ chấp hành 1,2 bám rất tốt với tín hiệu đặt.

4.2. Kết quả mô phỏng khi thay đổi thông số cánh tay Robot hai khớp nối

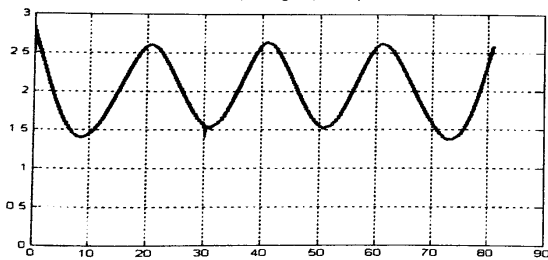
Trường hợp: Chọn các thông số cánh tay Robot như sau: $a_1 = 0,2m$; $a_2 = 0,1m$; $m_1 = 2,0kg$; $m_2 = 0,75kg$; $m_l = 0,5kg$



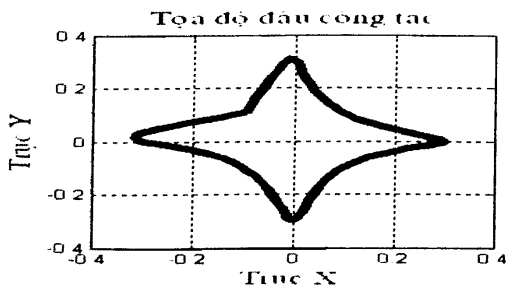
Hình 4.5. Cửa sổ giao diện vẽ tín hiệu đặt khi thay đổi a_1, a_2, m_1, m_2



Hình 4.6. Đáp ứng bộ chấp hành 1



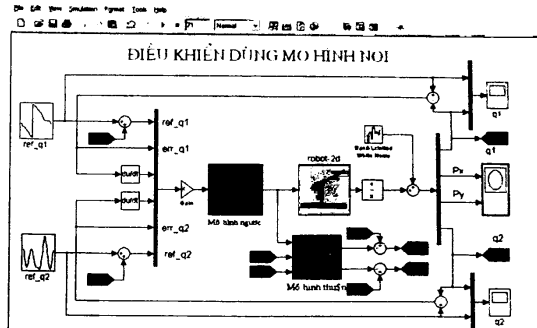
Hình 4.7. Đáp ứng bộ chấp hành 2



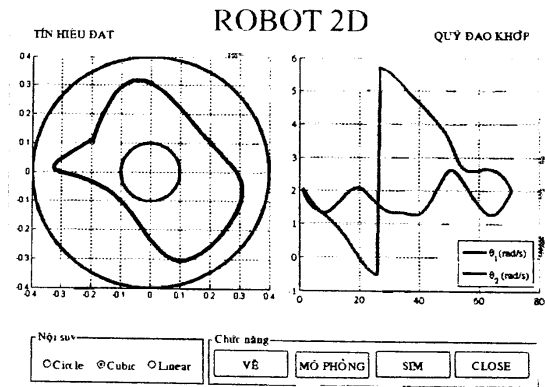
Hình 4.8. Kết quả mô phỏng

Nhận xét: Ta thấy khi giảm a_1, a_2, m_1, m_2 thì đáp ứng của bộ chấp hành 1 bám rất tốt với tín hiệu đặt, còn bộ chấp hành 2 hơi lệch so với quỹ đạo khớp của tín hiệu đặt.

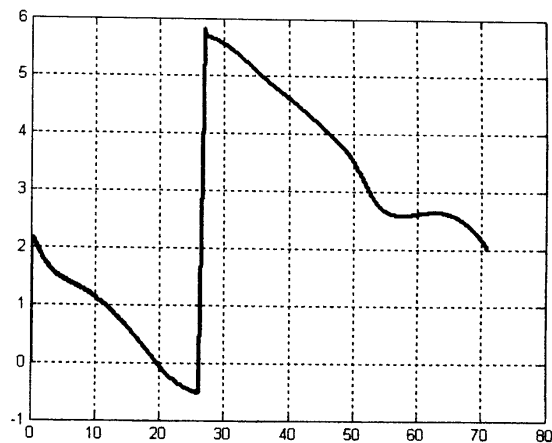
4.3. Kết quả mô phỏng khi có nhiễu



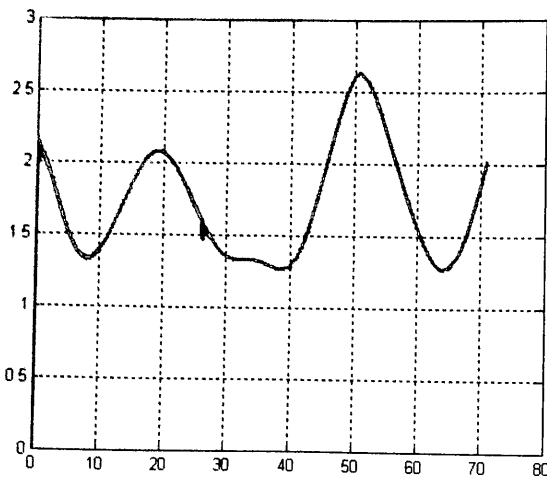
Hình 4.9. Cửa sổ giao diện chương trình chính khi có nhiễu



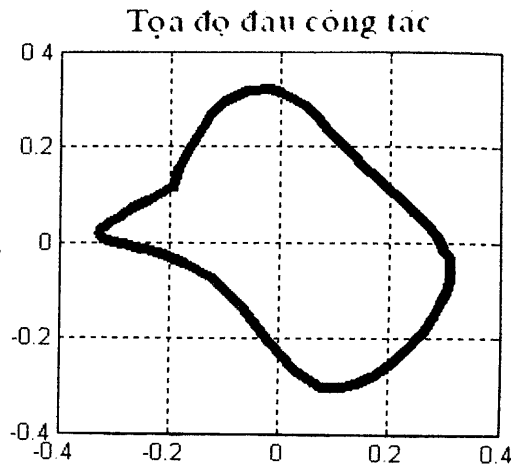
Hình 4.10. Cửa sổ giao diện vẽ tín hiệu đặt khi có nhiễu



Hình 4.11. Đáp ứng bộ chấp hành 1



Hình 4.12. Đáp ứng bộ chấp hành 2



Hình 4.13. Kết quả mô phỏng

V. KẾT LUẬN

Trong bài báo này trình bày việc thiết kế một bộ điều khiển neural mô hình nội để điều khiển cho cánh tay robot hai khớp nối. Các mô phỏng trên máy tính cho thấy rằng các bộ điều khiển được thiết kế đã đáp ứng được yêu cầu đặt ra là: Khi ta thay đổi các thông số động lực học của đối tượng thì tín hiệu ngõ ra thực sự của đối tượng luôn luôn bám theo tín hiệu ngõ ra mong muốn.

P.C.H

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Hoài Quốc, "Kỹ thuật người máy phần I - Robot công nghiệp", NXB Đại Học Quốc Gia TP HCM 2005.
- [2] Nguyễn Thiện Thành, "Mạng Neuron, nhận dạng, Dự báo và Điều khiển"
- [3] Nguyễn Đức Thành, "Matlab và ứng dụng trong điều khiển", NXB Đại học Quốc Gia TP HCM, 2004.
- [4] Nguyễn Thị Phương Hà, Huỳnh Thái Hoàng, "Lý thuyết điều khiển tự động", NXB ĐH Quốc Gia Tp.HCM, 2005.
- [5] Frank L.Lewis, Darren M.Dawson, Chaouki T.Abdallah, "Robot Manipulator Control Theory and Practice", Marcel Dekker, INC, 2004.
- [6] Heikki Koivo, "ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)", 2000.
- [7] Katalin M.Hangos, Rozalia Lakner, Miklos Gerzson, "Intelligent Control systems", Kluwer Academic Publisher, 2001.