

# MẠNG NƠON VÀ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI CHO ROBOT HAI BẬC TỰ DO

## NEURAL NETWORK AND ADAPTIVE CONTROL FOR TWO-LINK PLANAR MANIPULATOR

Nguyễn Vinh Quan  
ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP. HCM

### TÓM TẮT

Hệ thống điều khiển thông minh dựa theo mô hình sinh học và khả năng nhận thức của con người, có khả năng tự học, thích nghi và phân nhóm. Ngày nay, điều khiển thông minh thường được sử dụng trong các hệ thống phi tuyến phức tạp, một trong các kỹ thuật điều khiển thông minh là mạng thần kinh nhân tạo (NN). Trong phạm vi bài báo này tôi trình bày thiết kế bộ điều khiển dùng mạng thần kinh nhân tạo cho robot hai bậc tự do.

### ABSTRACT

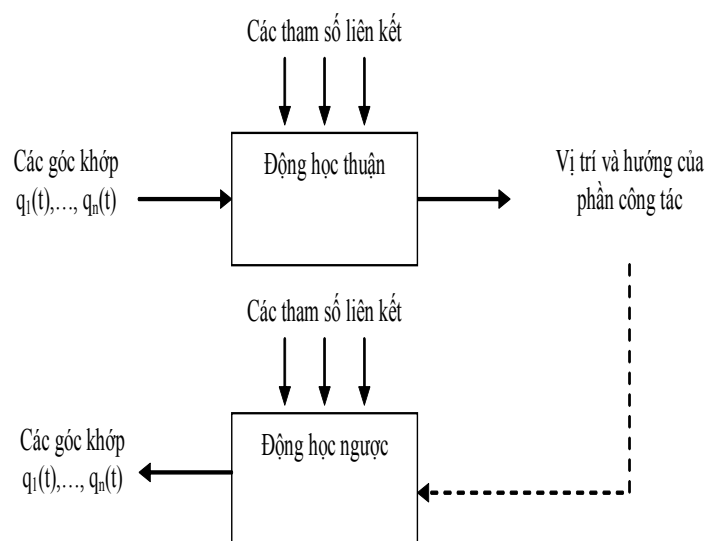
The intelligent control systems, which are modeled after biological systems and human cognitive capabilities, possess learning, adaptation, and classification capabilities. As a result, these so-called intelligent controllers provide the hope of improved performance for today's complex systems. These intelligent controllers were being developed using artificial neural networks (NN). In the paper, I explore a controller design using NN for Robotic since NN capture the parallel processing, adaptive, and learning capabilities of biological nervous systems.

### I. GIỚI THIỆU

Theo quan điểm động học, một tay máy có thể được biểu diễn bằng một chuỗi động học hở, gồm các khâu, liên kết với nhau bằng các khớp quay hoặc khớp trượt. Một phần của chuỗi được gắn lên thân, còn đầu kia được nối với phần công tác. Các thao tác trong quá trình làm việc đòi hỏi phần công tác phải được

định vị và định hướng chính xác trong không gian.

Động học ngược xác định các biến khớp để đảm bảo chuyển động cho trước của phần công tác, trong khi đó động lực học tay máy nghiên cứu quan hệ giữa lực, mômen, năng lượng, ... với các thông số chuyển động của nó.



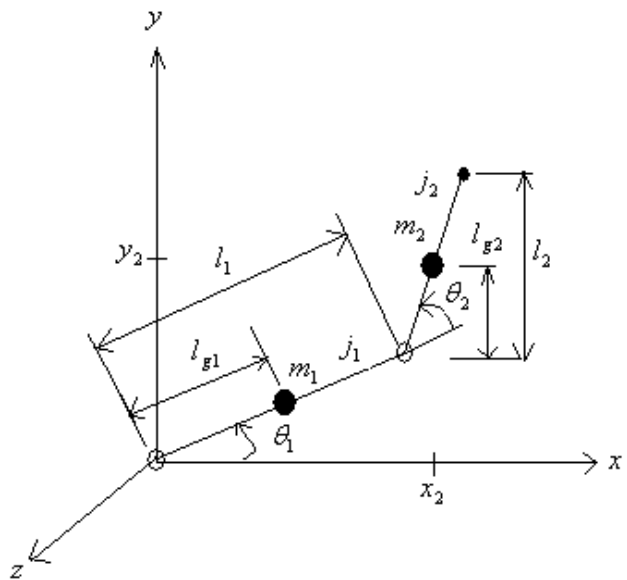
Hình 1. Môi quan hệ giữa động học thuận và nghịch

- Việc nghiên cứu động lực học tay máy phục vụ cho các mục đích sau đây:
- Mô phỏng hoạt động của tay máy, để khảo sát, thử nghiệm quá trình làm việc của nó mà không phải dùng tay máy thật.
  - Phân tích, tính toán kết cấu của tay máy.
  - Phân tích, thiết kế hệ thống điều khiển tay máy.

**II. PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LỰC HỌC :**

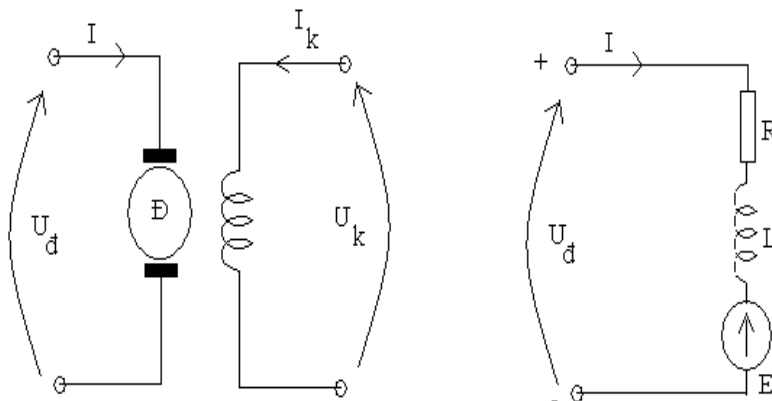
Xét cơ cấu robot trong hệ trục tọa độ Oxy sau:

- $\theta_i$  góc quay của khớp  $i$
- $m_i$  khối lượng của thanh nối  $i$
- $j_i$  moment quán tính của thanh nối  $i$  đối với trục qua tâm khối của thanh nối.
- $l_i$  chiều dài của thanh nối  $i$
- $l_{g_i}$  chiều đi từ khớp  $i$  đến tâm khối thanh nối  $i$



**Hình 2. Robot hai bậc tự do**

Xét hệ truyền động bằng động cơ điện một chiều có mạch tương đương sau :



**Hình 3. Sơ đồ động cơ điện một chiều** Phương trình động lực học cho dưới dạng ma trận

$$M = H(q)\ddot{q} + V(q, \dot{q}) + G(q) \quad (1)$$

Trong đó:

$$H = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$G = \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \end{bmatrix}, V = \begin{bmatrix} h_{122}\dot{\theta}_2^2 + 2h_{112}\dot{\theta}_1\dot{\theta}_2 \\ h_{211}\dot{\theta}_1^2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$M_1 = H_{11}\ddot{\theta}_1 + H_{12}\ddot{\theta}_2 + h_{122}\dot{\theta}_2^2 + 2h_{112}\dot{\theta}_1\dot{\theta}_2 + g_1$$

$$M_2 = H_{21}\ddot{\theta}_1 + H_{22}\ddot{\theta}_2 + h_{211}\dot{\theta}_1^2 + g_2$$

$$H_{11} = m_1 l_{g1}^2 + j_1 + m_2 (l_1^2 + l_{g2}^2 + 2l_1 l_{g2} \cos(\theta_2)) + j_2$$

$$H_{12} = H_{21} = m_2 (l_{g2}^2 + l_1 l_{g2} \cos(\theta_2)) + j_2$$

$$H_{22} = m_2 l_{g2}^2 + j_2$$

$$h_{122} = h_{112} = -h_{221} = -m_2 l_1 l_{g2} \sin(\theta_2)$$

$$g_1 = m_1 g l_{g1} \cos(\theta_1) + g (l_1 \cos(\theta_1) + l_{g2} \cos(\theta_1 + \theta_2))$$

$$g_2 = m_2 g l_{g2} \cos(\theta_1 + \theta_2)$$

Đặt biến trạng thái cho hai khớp lần lượt là :

$$\begin{bmatrix} x_{11} \\ x_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \dot{\theta}_1 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} x_{21} \\ x_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_2 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{bmatrix}$$

Phương trình trạng thái động lực học của khớp 1 và 2 có dạng :

+ Khớp 1 :

$$\begin{aligned} x_{11} &= x_{12} \\ x_{12} &= -\frac{1}{D_M} \left\{ H_{22}(hx_{22}^2 + 2hx_{12}x_{22}) + H_{12}hx_{12}^2 \right\} \\ &\quad + \frac{H_{22}M_1 - H_{12}M_2}{D_M} \end{aligned} \quad (4)$$

+ Khớp 2 :

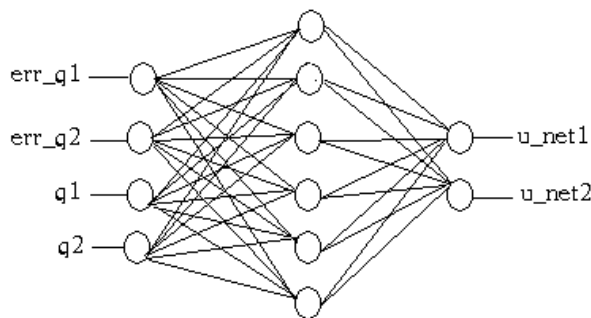
$$\begin{aligned} x_{21} &= x_{22} \\ x_{22} &= -\frac{1}{D_M} \left\{ -H_{12}(hx_{22}^2 + 2hx_{12}x_{22}) \right\} \\ &\quad - \frac{H_{12}M_1 + H_{11}M_2}{D_M} \end{aligned} \quad (5)$$

Với :

$$h = -m_2 l_1 l_2 \sin(\theta_2)$$

$$D_M = H_{11}H_{22} - H_{12}^2$$

### III. MẠNG NƠN



Hình 4. Cấu trúc mạng nơron

- Số tế bào thần kinh ở lớp vào : no = 4
- Số tế bào thần kinh ở lớp ẩn : n1 = 6
- Số tế bào thần kinh ở lớp ra : n2 = 2
- Tốc độ học hai khớp : eta = [0.04, 0.015]
- Sai số hội tụ hai khớp : lr = [1e-10, 1e-10]
- Cập nhật tốc độ học : deta = [1e-1, 1e-2]
- Hệ số momentum : da = [5e-1, 2e-1]
- Hàm kích hoạt lớp ẩn là : tansig
- Hàm kích hoạt lớp ra : purelin

Giải thuật online lan truyền ngược cập nhật trọng số cho mạng truyền thẳng :

- Lớp ẩn :

$$\begin{aligned} net_q(k) &= \sum_{j=1}^m v_{qj}(k)x_j(k) \\ z_q(k) &= a(net_q(k)) \quad (6) \\ (q &= 1 \rightarrow l) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{hq}(k) &= \left[ \sum_{i=1}^n \delta_{oi}(k)w_{iq}(k) \right] a'_h(k)(net_q(k)) \quad (7) \\ v_{qj}(k+1) &= v_{qj}(k) + \eta \delta_{hq}(k)x_j(k) \\ (j &= 1 \rightarrow m); (q &= 1 \rightarrow l) \end{aligned}$$

- Lớp ra :

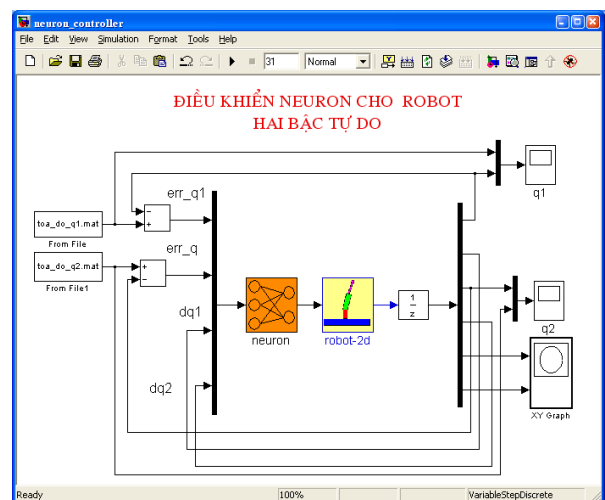
$$\begin{aligned} net_i(k) &= \sum_{q=1}^l w_{iq}(k)z_q(k) \quad (8) \\ y_i(k) &= a(net_i(k)) \\ (i &= 1 \rightarrow n) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{oi}(k) &= [d_i(k) - y_i(k)] a'_o(k)(net_i(k)) \quad (9) \\ w_{iq}(k+1) &= w_{iq}(k) + \eta \delta_{oi}(k)z_q(k) \\ (q &= 1 \rightarrow l); (i &= 1 \rightarrow n) \end{aligned}$$

Thiết lập trọng số ban đầu

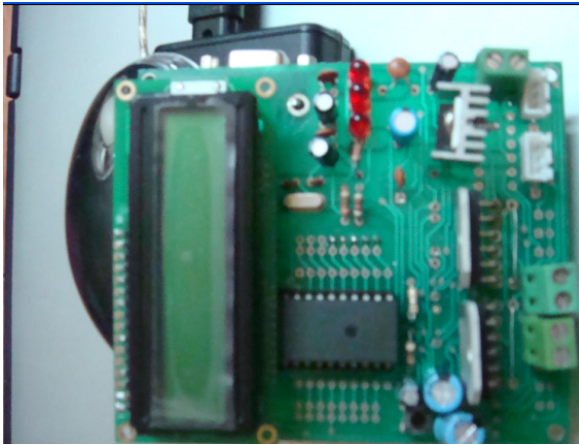
$$V = \text{randn}(n1, no); \quad W = \text{randn}(n2, n1); \quad (10)$$

$$b1 = \text{randn}(n1, 1); \quad b2 = \text{randn}(n2, 1);$$

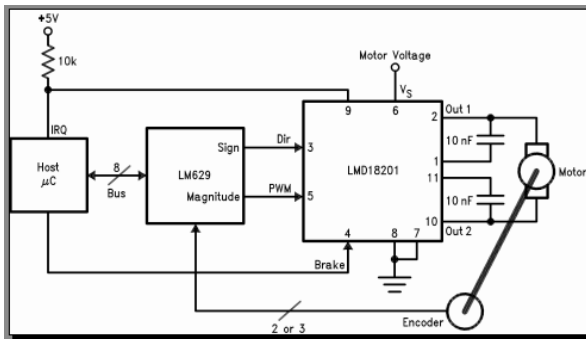


Hình 5. Sơ đồ điều khiển neuron online

#### IV. CARD ĐIỀU KHIỂN



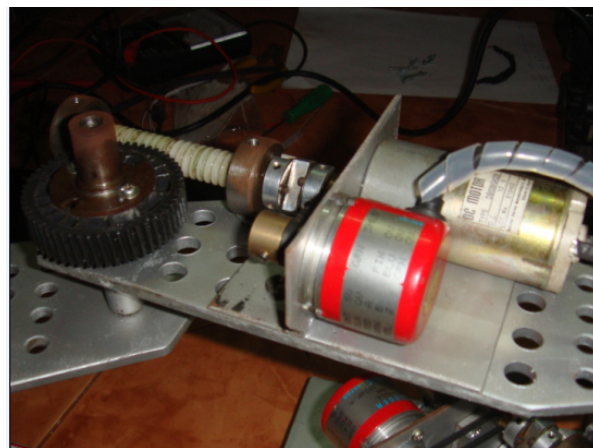
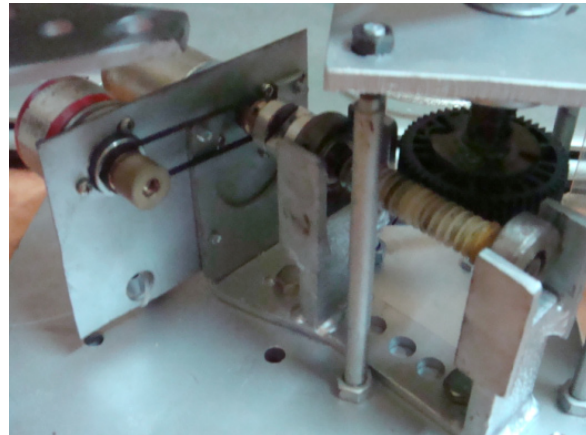
Hình 6. Card điều khiển



Hình 7 : Driver cho khớp nối

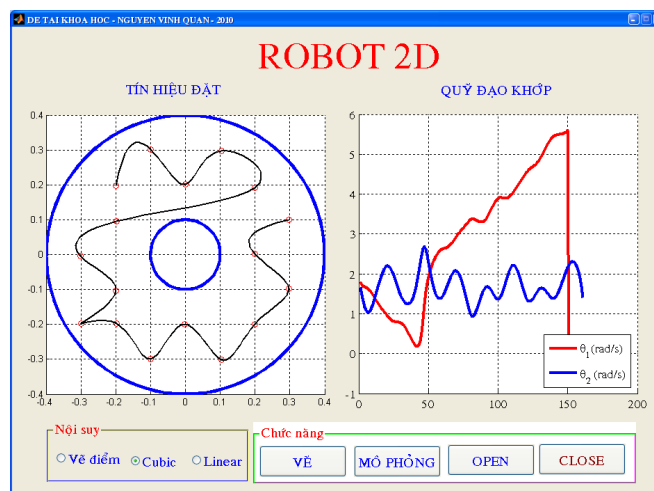
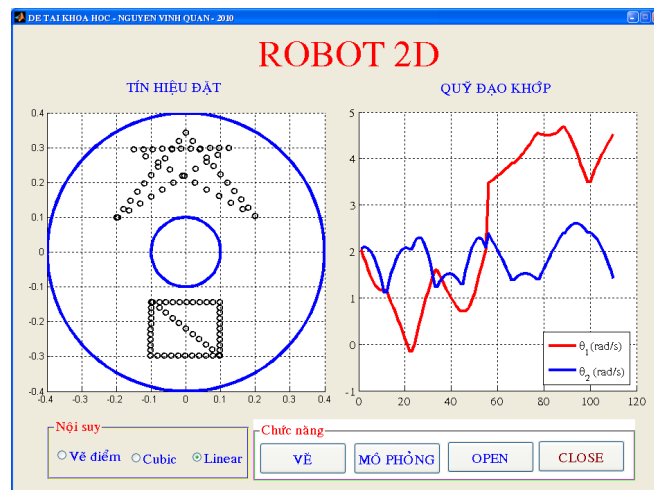
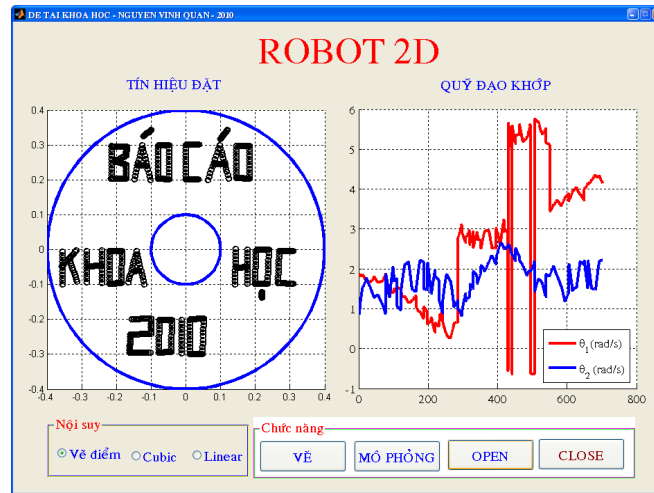
- Màn hình LCD để hiển thị kết quả.
- Vi điều khiển họ 89V51RD2 có bộ nhớ trong 64 KB.
- IC LMD 18201 để driver cho Motor khớp.
- IC MAX 232 để truyền thông giữa Card và máy tính.
- IC 7805 tạo nguồn 5 Vdc.
- Cổng COM để ghép nối truyền thông.
- Cáp truyền thông.
- Adapter cấp nguồn 12 Vdc cho toàn Card.
- Bộ điều khiển từ xa.

#### V. MÔ HÌNH ROBOT



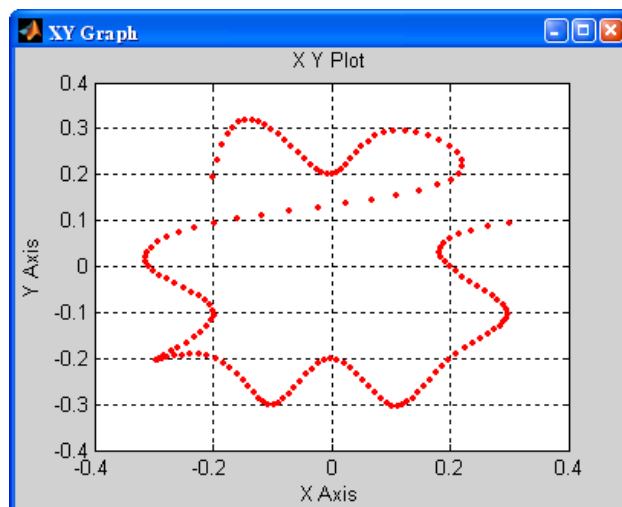
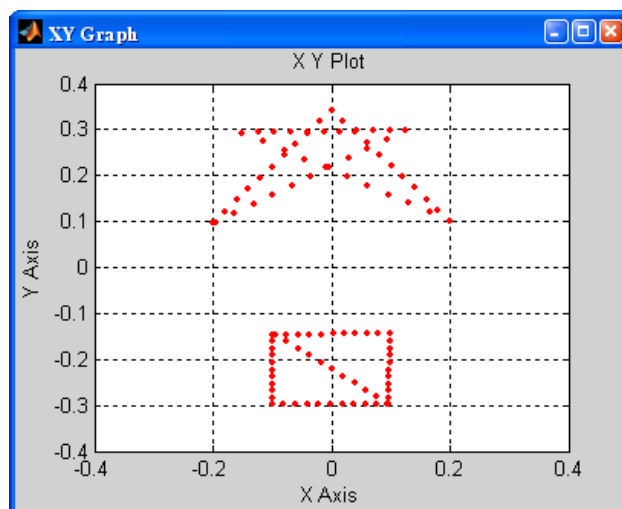
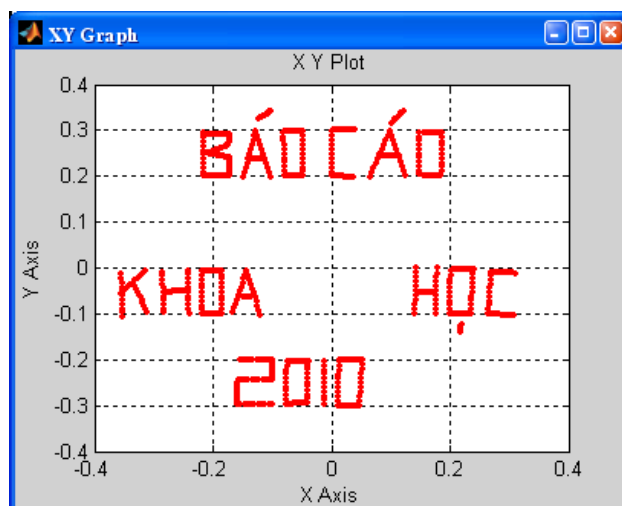
Hình 8 : Mô hình cơ khí và khớp nối

## VI. GIAO DIỆN



Hình 9 : Giao diện bằng Matlab

VII. THỰC THI CỦA TAY MÁY



Hình 10 : Kết quả điều khiển mô hình thực

### VIII. ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH

Qua các thực nghiệm trên cho thấy mô hình robot hai thanh nối có kết quả phù hợp với tín hiệu đặt cùng sai số theo phương x, y khá nhỏ.

Sai số theo phương x =  $3.0674e-007$

Sai số theo phương y =  $8.5309e-007$



Hình 11 : Sai số

### IX. KẾT LUẬN

- Cánh tay máy có thể sử dụng để mang một vật nặng từ nơi này đến nơi khác, nó còn được yêu cầu để cắt phôi hay hàn sản phẩm theo hình bất kỳ được vẽ trên máy tính.

- Xây dựng được giải thuật huấn luyện mạng NN Online giúp điều khiển đối tượng được linh hoạt, giảm thiểu sai số do nhiễu tác động từ bên ngoài

- Xây dựng được phương pháp cập nhật hằng số học để mạng hội tụ nhanh nhằm tăng vận tốc di chuyển của tay máy.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

Neural[1].Networks.=Algorithms, Applications,.And.Programming Techniques

Neural Network-Based Adaptive Controller Design of Robotic Manipulators with an Observer.

EDOC - Robotic - Precision Motion Control Systems 2000.

Motion Control Theory Needed in the Implementation of Practical Robotic Systems.