

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**  
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

**PHẠM THỊ DIỆU HIỀN**

**ỨNG DỤNG MẠNG NƠ RON ĐIỀU KHIỂN**  
**QUÁ TRÌNH THAY ĐỔI MỨC CHẤT LỎNG**

**Chuyên ngành : Tự động hóa**

**Mã số: 60.52.60**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Đà Nẵng - Năm 2012**

Công trình được hoàn thành tại  
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

**Người hướng dẫn khoa học: TS. VÕ NHƯ TIẾN**

Phản biện 1: **TS. NGUYỄN BÊ**

Phản biện 2: **PGS.TS. ĐOÀN QUANG VINH**

Luận văn được bảo vệ tại Hội đồng chấm luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 5 tháng 01 năm 2012.

*\* Có thể tìm hiểu luận văn tại:*

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung tâm Học liệu, Đại học Đà Nẵng

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài:

Hiện nay, trong công nghiệp hóa lọc dầu, công nghiệp hóa chất, công nghiệp xử lý nước, sản xuất giấy, sản xuất điện năng,... Vấn đề điều khiển mức, lưu lượng dòng chảy cần đáp ứng với độ chính xác cao để phục vụ cho quá trình sản xuất đạt hiệu quả tốt hơn.

Với bộ điều khiển mờ và bộ điều khiển sử dụng mạng Noron có thêm một hướng phát triển mới trong lĩnh vực nghiên cứu thiết kế điều khiển hệ thống, có rất nhiều ứng dụng trong lĩnh vực điều khiển trong công nghiệp hiện nay. Bộ điều khiển mờ và bộ điều khiển sử dụng mạng Noron về nguyên tắc đều là những bộ điều khiển tinh phi tuyến. Chúng có thể được thiết kế với chất lượng hệ thống cho trước theo một độ chính xác tùy ý và làm việc theo nguyên lý tư duy của con người. Tính năng của mạng Noron được quyết định bởi chủng loại Noron sử dụng và cấu trúc mạng ghép nối các Noron đó với nhau. Nó hoàn toàn độc lập với đối tượng điều khiển. Thậm chí những người thiết kế nếu có kiến thức thiết kế và hiểu biết về đối tượng thì điều đó cũng không giúp ích gì cho việc lựa chọn Noron và xây dựng cấu trúc mạng. Ngược lại, đối với người thiết kế bộ điều khiển mờ thì những kiến thức hiểu biết về đối tượng lại rất cần thiết.

Ngay khi mới được thiết kế, mạng Noron chưa có tri thức. Tri thức của nó được hình thành qua các giai đoạn theo các mẫu học. Mẫu học càng tốt, càng đa dạng và càng nhiều trường hợp thì tri thức ban đầu sẽ càng gần với thực tế. Song nếu điều đó là chưa đủ thì tri thức của mạng vẫn có thể được bổ sung, và hoàn thiện thêm trong

quá trình làm việc với đối tượng. Với bộ điều khiển mờ thì hoàn toàn ngược lại. Khi được thiết kế xong, bộ điều khiển mờ có ngay một cơ chế làm việc nhất định và cơ chế này sẽ không thay đổi và được giữ cố định trong suốt thời kỳ làm việc. Nói cách khác mạng Noron có khả năng học còn bộ điều khiển mờ thì không.

Đề hạn chế những nhược điểm mà các bộ điều khiển riêng lẻ trên chưa đáp ứng được và kế thừa những ưu điểm của mạng Noron và Logic mờ, kết hợp chúng lại tạo ra một công cụ mạnh nhằm giải quyết các bài toán phi tuyến phức tạp.

Vấn đề đặt ra như thế, hướng nghiên cứu xây dựng đề tài của tác giả ở đây là nghiên cứu ứng dụng hệ Mờ Noron để điều khiển mức chất lỏng cho hệ ba bồn nước. Với hướng nghiên cứu đó, tên đề tài được chọn:

***“Ứng dụng mạng noron điều khiển quá trình thay đổi mức chất lỏng”***

## **2. Mục tiêu nghiên cứu**

- Ứng dụng mạng noron nhằm tạo ra một công cụ mạnh để giải quyết bài toán điều khiển phi tuyến trong điều khiển quá trình.

- Cụ thể xây dựng cấu trúc bộ điều khiển với kết hợp giữa mờ và mạng noron để điều khiển mức chất lỏng cho hệ ba bồn nước.

- Sử dụng phần mềm MATLAB làm công cụ mô phỏng kết quả nghiên cứu.

## **3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

### **Đối tượng nghiên cứu**

Kết hợp giữa mờ và mạng noron để xây dựng thuật toán điều khiển cho đối tượng phi tuyến trong điều khiển quá trình.

### **Phạm vi nghiên cứu**

Ứng dụng trí tuệ nhân tạo với sự lai ghép hệ mờ và mạng nơron để điều khiển mức chất lỏng cho hệ ba bồn nước , nghiên cứu sự kết hợp giữa hệ mờ và mạng nơron tạo nên thuật toán để điều khiển quá trình làm hướng nghiên cứu chính.

Nghiên cứu xây dựng bộ điều khiển cho đối tượng là hệ ba bồn nước và cụ thể là điều khiển để giữ được ổn định mức chất lỏng trong ba bồn.

#### **4. Phương pháp nghiên cứu**

- Nghiên cứu tổng quan mạng nơron và hệ mờ nơron . Trong đó, nghiên cứu kết hợp hệ mờ và mạng nơron phục vụ cho nghiên cứu chính của đề tài.

- Xác định và giải quyết vấn đề nghiên cứu chính của đề tài

+ Xem xét và đưa ra các dạng mô hình hệ đối tượng . Tìm hiểu đối tượng hệ ba bồn nước với một cấu hình cụ thể và mô hình toán học của hệ đối tượng có tính chất phi tuyến nhiều đầu vào, nhiều đầu ra.

+ Nghiên cứu thuật toán điều khiển dùng hệ mờ nơron , ứng dụng tạo ra công cụ mạnh để giải quyết các bài toán phi tuyến trong điều khiển quá trình.

+ Xây dựng cấu trúc bộ điều khiển với hệ mờ nơron cho đối tượng hệ ba bồn nước đã chọn cụ thể.

+ Ứng dụng phần mềm Matlab để mô phỏng kết quả thiết kế , chứng minh tính đúng đắn thuật toán điều khiển.

- Nhận xét kết quả nghiên cứu.

#### **5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài**

- *Ý nghĩa khoa học:* Nghiên cứu trí tuệ nhân tạo để tạo ra công cụ điều khiển mạnh trong điều khiển quá trình.

- *Ý nghĩa thực tiễn* : Kết hợp hệ mờ và mạng nơron để điều khiển mức chất lỏng cho hệ ba bồn nước.

## 6. Bộ cục đề tài

Ngoài phần mở đầu, kết luận và tài liệu tham khảo. Luận văn gồm có các chương như sau:

Chương 1: Khái quát hệ mờ.

Chương 2: Khái quát mạng nơron.

Chương 3: Mô hình toán hệ đối tượng.

Chương 4: Thiết kế bộ điều khiển mờ và mạng nơron điều khiển mức chất lỏng cho hệ ba bồn nước.

Chương 5: Mô phỏng kết quả thiết kế.

## CHƯƠNG 1. KHÁI QUÁT HỆ MỜ

### 1.1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ HỆ MỜ.

### 1.2. LOGIC MỜ-TẬP MỜ

### 1.3. CÁC HÀM THUỘC THƯỜNG GẶP

- Hàm thuộc kiểu tam giác

- Hàm thuộc kiểu hình thang.

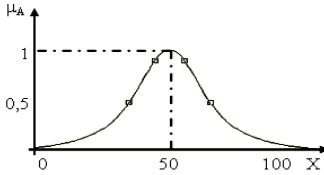
- Hàm thuộc kiểu hình chuông được xác định bởi 3 tham số {a, b, c}:

$$\mu_A(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}}$$

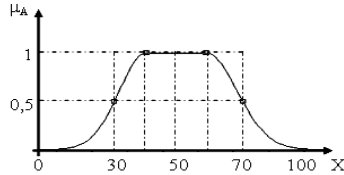
trong đó b thường là số dương

- Hàm thuộc Gauss (Hình 1.3b) được xác định bởi 2 tham số { $\sigma$ , c}:

$$\mu_A(x; a, \sigma, c) = e^{-\frac{(x-c)^2}{\sigma^2}}$$



Hình 1.3a: Hàm thuộc hình chuông



Hình 1.3b: Hàm thuộc Gaus

## 1.4. BIÊN MỜ VÀ BIÊN NGÔN NGỮ.

### 1.4.1. Biên mờ

### 1.4.2. Biên ngôn ngữ

## 1.5. SUY LUẬN MỜ VÀ LUẬT HỢP THÀNH.

### 1.5.1. Suy luận mờ.

### 1.5.2. Mệnh đề hợp thành.

### 1.5.3. Luật hợp thành MAX-MIN, MAX-PROD

#### a) Luật hợp thành một điều kiện $R: A \Rightarrow B$ .

\* Luật hợp thành MAX-MIN

\* Luật hợp thành MAX-PROD.

\* Thuật toán xây dựng  $R$ .

#### b) Luật hợp thành của mệnh đề nhiều điều kiện.

### 1.5.4. Luật của nhiều mệnh đề hợp thành.

#### a) Luật chung của hai mệnh đề hợp thành.

b) Thuật toán xây dựng luật chung của nhiều mệnh đề hợp thành.

## 1.6. GIẢI MỜ (RÕ HÓA)

Có hai phương pháp giải mờ chính là: phương pháp cực đại và phương pháp điểm trọng tâm

### 1.6.1. Phương pháp cực đại

### 1.6.2. Phương pháp điểm trọng tâm

## 1.7. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1

## CHƯƠNG 2. KHÁI QUÁT MẠNG NƠN

### 2.1. GIỚI THIỆU

### 2.2. TẾ BÀO NƠN NHÂN TẠO

### 2.3. CÁC LOẠI MẠNG NƠN NHÂN TẠO THƯỜNG GẶP VÀ PHƯƠNG PHÁP HUẤN LUYỆN MẠNG

#### 2.3.1. Mạng nơ-ron truyền thẳng một lớp

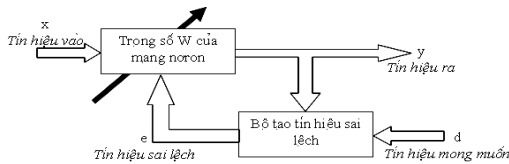
#### 2.3.2. Mạng nơ-ron truyền thẳng nhiều lớp

#### 2.3.3. Mạng nơ-ron hồi quy một lớp

#### 2.3.4. Mạng nơ-ron hồi quy nhiều lớp

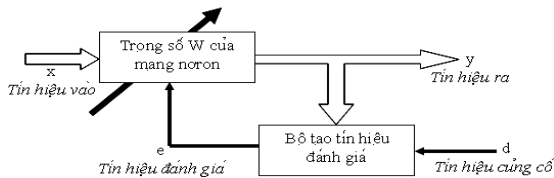
#### 2.3.5. Các phương pháp huấn luyện mạng nơ-ron nhân tạo.

##### a) Học có giám sát



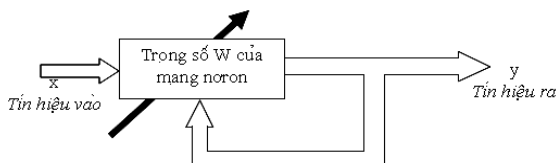
Hình 2.13. Học có giám sát

##### b) Học củng cố



Hình 2.14 Học củng cố

##### c) Học không có giám sát

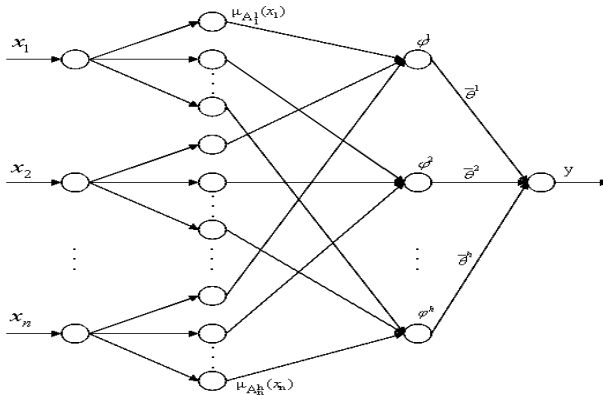


Hình 2.15. Học không có giám sát



## 2.4. HỆ THỐNG TÍCH HỢP HỆ MỜ VỚI MẠNG NƠN.

Bộ điều khiển mờ-nơron với các luật mờ duy nhất (mạng nơron Singleton) (Hình 2.17) có dạng như sau:



Hình 2.17. Cấu trúc mạng Singleton

Luật học thứ  $i$  là  $R^i$  có dạng:

NẾU  $x_1$  là  $A_1^i$  VÀ  $x_2$  là  $A_2^i$  VÀ... VÀ  $x_n$  là  $A_n^i$  THÌ  $y$  là  $w_i$

Trong đó:  $x_j$  là các biến đầu vào ( $j=1,2,3,\dots,n$ ),  $y$  là biến đầu ra ,  
 $A_j^i(x_j)$  là biến ngôn ngữ mờ của biến đầu vào  $x_j$  với hàm liên thuộc  
 $\mu_{A_j^i}(x_j)$  ; Kết quả của luật học thứ  $i$  ( $i=1,2,\dots,h$ ).

- Lớp 1: Là lớp gồm có  $n$  tín hiệu  $x$  đầu vào ,

$$x^T = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n] .$$

- Lớp 2: Là lớp mờ hóa, gồm có các nút thực hiện giá trị hàm liên thuộc. Mỗi nút có ngõ ra là:

$$\mu_i = \prod_{j=1}^n \mu_{A_j^i}(x_j)$$

- Lớp 3: Lớp thực hiện luật mờ. Mỗi nút có ngõ ra là giá trị vecto cơ sở mờ:

$$\varphi^i(x) = \frac{\prod_{j=1}^n \mu_{A_j^i}(x_j)}{\sum_{i=1}^h \left[ \prod_{j=1}^n \mu_{A_j^i}(x_j) \right]}$$

- Lớp 4: Là lớp giải mờ. Nút đại diện ngõ ra của mạng là y:

$$y(x) = \frac{\sum_{i=1}^h \varphi^i \left[ \prod_{j=1}^n \mu_{A_j^i}(x_j) \right]}{\sum_{i=1}^h \left[ \prod_{j=1}^n \mu_{A_j^i}(x_j) \right]} = \theta^T \varphi(x)$$

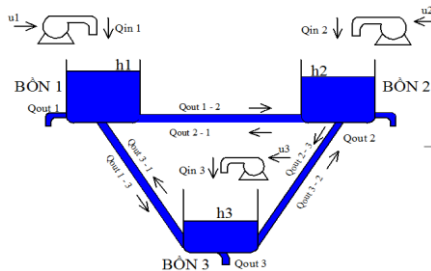
Trong đó:  $\mu_{A_j^i}(x_j)$  là giá trị hàm liên thuộc của biến mờ  $x_j$ ;  $\theta = [\theta^1, \theta^2, \dots, \theta^h]^T$  là vecto trọng số 1 liên kết giữa lớp 3 và lớp ngõ ra.

## 2.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

# CHƯƠNG 3. MÔ HÌNH TOÁN HỆ ĐÔI TƯỢNG

## 3.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Đối điều khiển trong đề tài được xác định theo hình 3.1, đây là hệ có 3 ngõ vào, 3 ngõ ra. Ta xác định có 3 ngõ vào  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$ ,  $u_3(t)$  điều khiển lưu lượng ngõ vào 3 bồn  $q_{in1}$ ,  $q_{in2}$ ,  $q_{in3}$  và 3 tín hiệu ngõ ra là mức nước của 3 bồn  $h_1(t)$ ,  $h_2(t)$ ,  $h_3(t)$ .



Hình 3.1. Mô hình hệ ba bồn

### 3.2. XÁC ĐỊNH MÔ HÌNH TOÁN HỌC CHO HỆ BA BỒN NƯỚC

Gọi:  $A_1, A_2, A_3$  lần lượt là tiết diện ngang bồn chứa 1, 2 và 3.

$h_1(t), h_2(t), h_3(t)$  là chiều cao mực nước trong bồn chứa 1, 2 và 3.

Thì  $V_1 = A_1 h_1(t)$ ,  $V_2 = A_2 h_2(t)$  và  $V_3 = A_3 h_3(t)$  lần lượt là thể tích chất lỏng của bồn 1, 2 và 3.

$a_1, a_2, a_3, a_{12}, a_{13}, a_{23}$  lần lượt là diện tích của val A, B, C, AB, BC và AC, với điều kiện các van xả này là một hằng số cho trước không đổi.

$k_1, k_2, k_3$  lần lượt là hệ số tỉ lệ với công suất của máy bơm 1, 2 và 3.

$q_{i1}, q_{i2}, q_{i3}, q_{o1}, q_{o2}, q_{o3}$  lần lượt là lưu lượng dòng chảy vào và ra của bồn 1, 2 và 3.

$q_{o12}, q_{o23}, q_{o13}$  lần lượt là lưu lượng dòng chảy từ bồn nước 1 sang bồn nước 2, từ bồn nước 2 sang bồn nước 3 và từ bồn nước 1 sang bồn nước 3.

$C_{dA}, C_{dB}, C_{dC}$  lần lượt là hệ số xả của van A ra ngoài bồn 1, van B ra ngoài bồn 2 và van C ra ngoài bồn 3.

$C_{dAB}, C_{dBC}, C_{dAC}$  lần lượt là hệ số xả van liên kết giữa bồn 1 và bồn 2, bồn 2 và bồn 3, bồn 1 và bồn 3.

$$\begin{cases} \dot{h}_1(t) = \frac{1}{A_1} (k_1 u_1(t) - a_1 C_{dA} \sqrt{2gh_1(t)} - a_{12} C_{dAB} \operatorname{sgn}(h_1(t) - h_2(t)) \sqrt{2g|h_1(t) - h_2(t)|} - \\ \quad - a_{13} C_{dAC} \operatorname{sgn}(h_1(t) - h_3(t)) \sqrt{2g|h_1(t) - h_3(t)|}) \\ \dot{h}_2(t) = \frac{1}{A_2} (k_2 u_2(t) - a_2 C_{dB} \sqrt{2gh_2(t)} - a_{23} C_{dBC} \operatorname{sgn}(h_2(t) - h_3(t)) \sqrt{2g|h_2(t) - h_3(t)|} - \\ \quad - a_{12} C_{dAB} \operatorname{sgn}(h_2(t) - h_1(t)) \sqrt{2g|h_2(t) - h_1(t)|}) \\ \dot{h}_3(t) = \frac{1}{A_3} (k_3 u_3(t) - a_3 C_{dC} \sqrt{2gh_3(t)} - a_{23} C_{dBC} \operatorname{sgn}(h_3(t) - h_2(t)) \sqrt{2g|h_3(t) - h_2(t)|} - \\ \quad - a_{13} C_{dAC} \operatorname{sgn}(h_3(t) - h_1(t)) \sqrt{2g|h_3(t) - h_1(t)|}) \end{cases}$$

### 3.3. CHỌN CÁC THÔNG SỐ CHO MÔ HÌNH

Chọn diện tích ngang bồn chứa 1, 2 và 3 là:  $A_1 = A_2 = A_3 = 150 \text{ cm}^2$ .

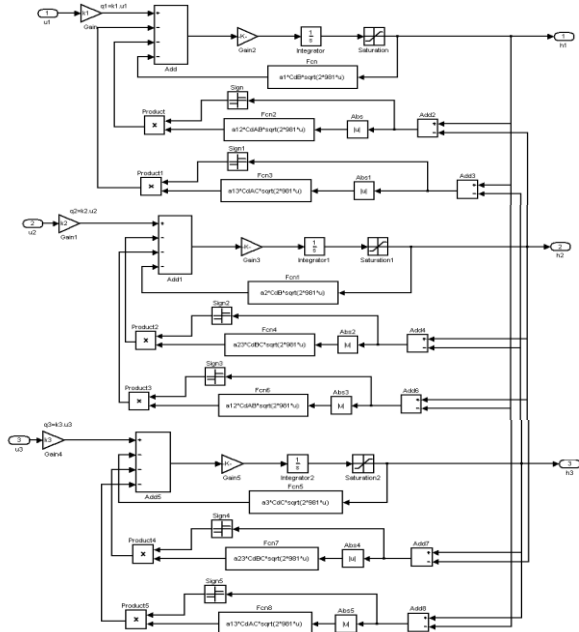
Chọn chiều cao thực của bồn 1, 2 và 3 là  $H_1 = H_2 = H_3 = 80 \text{ cm}$ .

Chọn tiết diện của van xả bồn 1, bồn 2, bồn 3, giữa bồn 1 và bồn 2, giữa bồn 2 và bồn 3, giữa bồn 1 và bồn 3 là:  $a_1 = a_2 = a_3 = a_{12} = a_{13} = a_{23} = 2,5 \text{ cm}^2$ .

Chọn hệ số tỉ lệ với công suất của máy bơm 1, bơm 2 và bơm 3 là:  $k_1 = k_2 = k_3 = 160$ .

Chọn hệ số xả  $C_{dA} = C_{dB} = C_{dC} = C_{dAB} = C_{dBC} = C_{dAC} = 0,6$ .

### 3.4. XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỐI TƯỢNG TRÊN MATLAB-SIMULINK



Hình 3.2. Mô hình toán học hệ ba bồn

### 3.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

## CHƯƠNG 4 - THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ NƠON ĐIỀU KHIỂN MỨC CHẤT LỎNG CHO HỆ BA BỒN NƯỚC

### 4.1. XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PID

#### 4.1.1. Cơ sở lý thuyết bộ điều khiển PID

Bộ điều khiển PID được mô tả bằng mô hình vào-ra:

$$u(t) = k_p \left[ e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_D \frac{de(t)}{dt} \right]$$

Từ mô hình vào – ra trên, ta có được hàm truyền đạt của bộ điều khiển PID:

$$R(s) = k_p \left[ 1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right]$$

#### 4.1.2. Xây dựng bộ điều khiển PID cho quá trình chất lỏng

Tác giả mô tả bằng một khâu quán tính bậc nhất có hàm số truyền:

$$W(s) = \frac{k}{1 + T_s} e^{-s}$$

Ta lấy:  $k = 6.52$ ,  $T = 200$  (s),  $\tau = 30$ (s)

$$W(s) = \frac{k}{1 + T_s} e^{-s} = \frac{6.52}{1 + 200s} e^{-30s}$$

Sử dụng phương pháp Ziegler-Nichols thứ nhất, sử dụng bộ điều khiển PI, ta có:

$$K_p = \frac{T}{k \tau} = \frac{0.9 * 200}{6.52 * 30} = 0.92$$

$$T_I = \frac{10}{3} \tau = \frac{10}{3} 30 = 100 \Rightarrow K_I = \frac{K_p}{T_I} = \frac{0.92}{100} = 0.0092$$

### 4.2. CƠ SỞ THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ NƠON VỚI LUẬT ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI.

Xét mô hình toán học là hệ đối tượng phi tuyến MIMO. Phương trình động học có dạng:

$$\begin{cases} y_1^{m_1} = f_1(x) + \sum_{j=1}^p g_{1j}(x)u_j + d_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ y_p^{m_p} = f_p(x) + \sum_{j=1}^p g_{pj}(x)u_j + d_p \end{cases}$$

Trong đó:

$f_k$  và  $g_{kj}$  (với  $k=1 \div p$ ) là các hàm phi tuyến.

$u = [u_1, u_2, \dots, u_p]^T \in R^p$  là vecto tín hiệu điều khiển ngõ vào hệ đối tượng.

$y = [y_1, y_2, \dots, y_p]^T \in R^p$  là vecto tín hiệu ngõ ra của hệ đối tượng.

$d = [d_1, d_2, \dots, d_p]^T \in R^p$  là vecto tín hiệu nhiễu từ ngoài tác động vào.

Vecto trạng thái  $x = [y_1, \dot{y}_1, \dots, y_1^{(m_1-1)}, \dots, y_p, \dot{y}_p, \dots, y_p^{(m_p-1)}]^T \in R^n$

Trong bài toán này, yêu cầu thiết kế bộ điều khiển có tín hiệu ngõ ra  $y$  sẽ bám theo tín hiệu đặt  $y_r = [y_{r1}, y_{r2}, \dots, y_{rp}]^T \in R^p$ .

Từ (4.1) có thể biểu diễn phương trình trạng thái hệ đối tượng được rút gọn như sau:

$$\begin{cases} \dot{x} = A'_0 x + B'[F(x) + G(x)u + d] \\ y = C^T x \end{cases}$$

$A', B', C$  lần lượt là ma trận chéo của các ma trận  $A'_{0k}, B'_{0k}, C_{0k}$ , với

$$A'_0 = \text{diag}[A'_{01}, A'_{02}, \dots, A'_{0p}] \in R^{n \times n}$$

$$B' = \text{diag}[B'_{11}, B'_{22}, \dots, B'_{pp}] \in R^{n \times p}$$

$$C = \text{diag}[C_1, C_2, \dots, C_p] \in R^{p \times n}$$

$$F(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)]^T \in R^p$$

$$G(x) = [G_1(x), G_2(x), \dots, G_p(x)]^T \in R^{p \times p}$$

$$G_k(x) = [g_{1k}(x), g_{2k}(x), \dots, g_{pk}(x)]^T \in R^p$$

Ta có định nghĩa:

Sai số bám:  $e = Y_r - x$ ;  $\hat{e} = Y_r - \hat{x}$

Trong đó  $\hat{e}$  và  $\hat{x}$  là ước lượng của  $e$  và  $x$

$$Y_r = \left[ y_{r1}, \dot{y}_{r1}, \dots, y_{r1}^{(m1-1)}, \dots, y_{rp}, \dot{y}_{rp}, \dots, y_{rp}^{(mp-1)} \right]^T \in R^n$$

$$y_r^{(m)} = \left[ y_{r1}^{(m)}, y_{r2}^{(m2)}, \dots, y_{rp}^{(mp)} \right]^T \in R^p$$

$$e = \left[ e_1, \dot{e}_1, \dots, e_1^{(m1-1)}, \dots, e_p, \dot{e}_p, \dots, e_p^{(mp-1)} \right]^T = \left[ e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1n}, \dots, e_{p1}, e_{p2}, \dots, e_{pn} \right]^T \in R^n$$

$$e = \left[ e_1, e_2, \dots, e_p \right]^T = \left[ E_{11}, E_{12}, \dots, E_{1p} \right]^T \in R^p$$

Nếu hàm  $f_{kj}(x)$  và  $g_{kj}(x)$  đã biết chắc chắn và không có nhiễu ngoài  $d$  thì theo tiêu chuẩn Lyapunov luật điều khiển là:

$$u^* = \frac{[-F(x) + y_r^m + K_c^T e]}{G(x)} = G^{-1}(x) [-F(x) + y_r^m + K_c^T e]$$

Ước lượng vecto sai số trạng thái  $\hat{e}$  :

$$\begin{cases} \dot{\hat{e}} = (A'_0 - B'_k K_c^T) \hat{e} + K_0 (E_1 - \hat{E}_1) \\ \hat{E}_1 = C^T \hat{e} \end{cases}$$

Trong đó  $K_0 = \text{diag} [K_{01}, K_{02}, \dots, K_{0p}] \in R^{np}$  là vecto khuếch đại bộ quan sát, và  $K_{0k}^T = K_{0k1}, K_{0k2}, \dots, K_{0kn} \in R^{m_k}$  được chọn sao cho

$A'_k = A'_{0k} - B'_k K_{ck}^T$  thỏa Hurwitz.

Sai số của bộ quan sát được xác định:

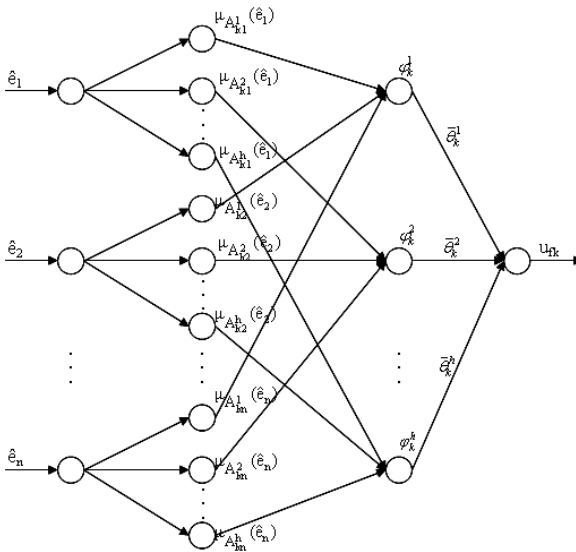
$$\begin{cases} \tilde{e} = e - \hat{e} \\ \tilde{E}_1 = E_1 - \hat{E}_1 \end{cases}$$

Luật điều khiển được đề ra với tín hiệu điều khiển  $u$  là tổng tín hiệu xấp xỉ theo luật điều khiển (4.3) và tín hiệu thành phần để khử nhiễu ngoài và sai số của mô hình:  $u = u_f + v$

Trong đó :  $u_f = [u_{f1}, u_{f2}, \dots, u_{fp}] \in R^p$  là tín hiệu dùng hệ mờ Singleton để xấp xỉ luật điều khiển lý tưởng  
 $v = [v_1, v_2, \dots, v_p] \in R^p$  là thành phần bù sai số của mô hình và khử nhiễu ngoài.

Mạng nơ-ron Singleton với cấu trúc của hệ mờ dùng để xấp xỉ luật điều khiển lý tưởng .

Bộ xấp xỉ luật điều khiển lý tưởng mờ-nơ-ron Singleton



Hình 4.3. Cấu trúc mạng Singleton với ngõ vào  $\hat{e}$

Sử dụng luật suy diễn max -prod, mờ hóa singleton và giải mờ theo phương pháp trung bình trọng tâm.

Với ngõ vào của mạng ( $\hat{e} = e - \tilde{e}$ ) là ước lượng sai số của  $e$ , do đó hình 4.3 dưới đây là mạng nơ-ron Singleton có vecto ngõ vào là  $\hat{e} = [\hat{e}_1, \hat{e}_2, \dots, \hat{e}_n]$

Nên ngõ ra của hệ mờ-nơ-ron dùng để xấp xỉ luật điều khiển lúc này là  $y_k = u_{fk}$  ( $k=1 \div p$ ):



$$u_{fk} = \frac{\sum_{i=1}^h \overline{\theta}_k^i \left[ \prod_{j=1}^n \mu_{A_{kj}^i}(\hat{e}_j) \right]}{\sum_{i=1}^h \left[ \prod_{j=1}^n \mu_{A_{kj}^i}(\hat{e}_j) \right]} = \theta_k^f \varphi_k(\hat{e})$$

Trong đó:

$$u_f = u_f(\hat{e}/\theta) = [u_{f1}, u_{f2}, \dots, u_{fp}]^T = [\theta_1^f \varphi_1(\hat{e}), \theta_2^f \varphi_2(\hat{e}), \dots, \theta_p^f \varphi_p(\hat{e})]^T$$

$$\theta = [\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p] \in R^p$$

$\overline{\theta}_k^i$  là điểm vạch mà tại đó  $\mu_{B^i}(\overline{\theta}_k^i) = 1$

$\varphi_k(\hat{e}) = [\varphi_k^1, \varphi_k^2, \dots, \varphi_k^h]^T \in R^h$  là vectơ cơ sở mờ, trong đó  $\varphi_k^i$  được định nghĩa

$$\varphi_k^i(\hat{e}) = \frac{\prod_{j=1}^n \mu_{A_{kj}^i}(\hat{e}_j)}{\sum_{i=1}^h \left[ \prod_{j=1}^n \mu_{A_{kj}^i}(\hat{e}_j) \right]}$$

Lượng cập nhật được chọn:

$$\theta_k = \begin{cases} \gamma_k \tilde{E}_{1k} \theta_k(\hat{e}) & \text{nếu } \|\theta_k\| < m_{\theta_k} \text{ hay } (\|\theta_k\| = m_{\theta_k} \text{ và } \tilde{E}_{1k} \theta_k(\hat{e}) \geq 0) \\ \text{Pr}(\gamma_k \tilde{E}_{1k} \theta_k(\hat{e})) & \text{nếu } \|\theta_k\| = m_{\theta_k} \text{ và } \tilde{E}_{1k} \theta_k(\hat{e}) < 0 \end{cases}$$

$\theta_k$  được cập nhật bởi luật cập nhật (4.15) và  $\gamma_k > 0$  là thông số thích nghi thiết kế.

Khi:

$$\|\theta_k\| \leq m_{\theta_k} \text{ và } \|\tilde{\theta}_k\| \leq 2m_{\theta_k} \text{ thì } \text{Pr}(\gamma_k \tilde{E}_{1k} \theta_k(\hat{e})) = \gamma_k \tilde{E}_{1k} \theta_k(\hat{e}) - \gamma_k \frac{\tilde{E}_{1k} \theta_k^{\text{Pr}} \theta_k(\hat{e})}{\|\theta_k\|^2} \theta_k$$

Trong đó  $\theta_k(\hat{e}) = L_k^{-1}(s)[\varphi_k(\hat{e})]$

Thành phần bù sai số của mô hình và khử nhiễu ngoài được xác định:

$$v_k = \begin{cases} \rho_k & \text{nếu } \tilde{E}_{1k} \geq 0 \text{ và } |\tilde{E}_{1k}| > \alpha_k \\ -\rho_k & \text{nếu } \tilde{E}_{1k} < 0 \text{ và } |\tilde{E}_{1k}| > \alpha_k \\ \rho_k \tilde{E}_{1k} / \alpha_k & \text{nếu } |\tilde{E}_{1k}| < \alpha_k \end{cases}$$

Luật điều khiển bền thích nghi trực tiếp được xác định :

$$u_k = u_{jk}(\hat{e} / \theta) + v_k$$

### 4.3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN CHO HỆ BA BỒN NƯỚC

Đặt

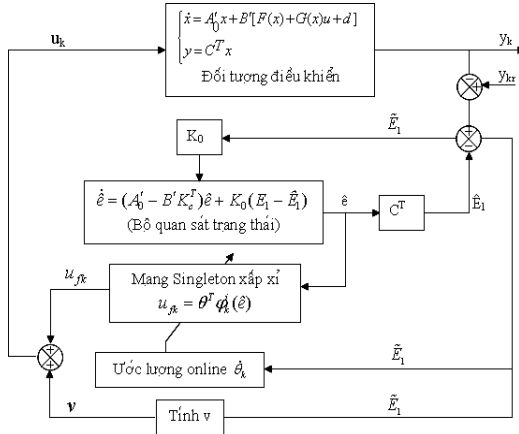
$$\begin{cases} \dot{h}_1(t) = h_1(t) \Rightarrow \dot{\hat{h}}_1 = \dot{h}_1(t) \\ \dot{h}_2(t) = h_2(t) \Rightarrow \dot{\hat{h}}_2 = \dot{h}_2(t) \\ \dot{h}_3(t) = h_3(t) \Rightarrow \dot{\hat{h}}_3 = \dot{h}_3(t) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{h}_1 = -\frac{a_1 C_{dA} \sqrt{2gh_1}}{A_1} - \frac{a_{12} C_{dAB} \operatorname{sgn}(h_1 - h_2) \sqrt{2g(h_1 - h_2)}}{A_1} - \\ \quad - \frac{a_{13} C_{dAC} \operatorname{sgn}(h_1 - h_3) \sqrt{2g(h_1 - h_3)}}{A_1} + \frac{k_1}{A_1} u_1 \\ \dot{h}_2 = -\frac{a_2 C_{dB} \sqrt{2gh_2}}{A_2} - \frac{a_{23} C_{dBC} \operatorname{sgn}(h_2 - h_3) \sqrt{2g(h_2 - h_3)}}{A_2} - \\ \quad - \frac{a_{12} C_{dC} \operatorname{sgn}(h_2 - h_1) \sqrt{2g(h_1 - h_2)}}{A_2} + \frac{k_2}{A_1} u_2 \\ \dot{h}_3 = -\frac{a_3 C_{dC} \sqrt{2gh_3}}{A_3} - \frac{a_{23} C_{dBC} \operatorname{sgn}(h_3 - h_2) \sqrt{2g(h_3 - h_2)}}{A_3} - \\ \quad - \frac{a_{13} C_{dAC} \operatorname{sgn}(h_1 - h_3) \sqrt{2g(h_1 - h_3)}}{A_3} + \frac{k_3}{A_3} u_3 \end{cases}$$

Phương trình trạng thái của hệ đối tượng như sau:

$$\begin{bmatrix} \dot{h}_1 \\ \dot{h}_2 \\ \dot{h}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1(h) & g_1(h)u_1 \\ f_2(h) & g_2(h)u_2 \\ f_3(h) & g_3(h)u_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{bmatrix}$$



Hình 4.4. Lưu đồ thuật toán

Các bước thiết kế bộ điều khiển như sau:

Bước 1: Chọn hệ số khuếch đại hồi tiếp và hệ số khuếch đại bộ quan sát trạng thái như sau:

$$K_c = \begin{bmatrix} 15 & 0 & 0 \\ 0 & 15 & 0 \\ 0 & 0 & 15 \end{bmatrix} \quad \text{và} \quad K_0 = \begin{bmatrix} 20 & 2.5 & 12 \\ 0 & 4 & 14 \\ 18 & 5.6 & 1.5 \end{bmatrix}$$

Bước 2: Xây dựng bộ quan sát trạng thái theo (4.4) để xác định sai số ước lượng  $\hat{e}(t)$ .

Bước 3: Chọn các thông số của thành phần bù sai số của mô hình và khử nhiễu ngoài theo (4.17) được chọn:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0,005; \quad \rho_1 = \rho_2 = 0,02; \quad \gamma_1 = \gamma_2 = 1,215; \quad \text{bộ lọc được chọn } L^{-1}(s) = \frac{1}{s+12}$$

Bước 4: Xây dựng các luật mờ cho sai số ước lượng  $\hat{e}(t)$  và sau đó tính vectơ cơ sở mờ theo (4.14).

$$\mu_{A_1}(\hat{e}) = \mu_{A_2}(\hat{e}) = \mu_{A_3}(\hat{e}) = \mu_{A^+}(\hat{e}) = \frac{1}{1 + \left| \frac{\hat{e} - c_1}{d_1} \right|^{2b_1}} = \frac{1}{1 + \left| \frac{\hat{e} - 30}{2} \right|^{2.1.2}}$$

$$\mu_{A_1^+}(\hat{e}) = \mu_{A_2^+}(\hat{e}) = \mu_{A_3^+}(\hat{e}) = \mu_{A^+}(\hat{e}) = \frac{1}{1 + \left| \frac{\hat{e} - c_2}{d_2} \right|^{2b_2}} = \frac{1}{1 + \left| \frac{\hat{e} - 2}{2} \right|^{2.1.2}}$$

$$\mu_{A_1^+}(\hat{e}) = \mu_{A_2^+}(\hat{e}) = \mu_{A_3^+}(\hat{e}) = \mu_{A^+}(\hat{e}) = \frac{1}{1 + \left| \frac{\hat{e} - c_3}{d_3} \right|^{2b_3}} = \frac{1}{1 + \left| \frac{\hat{e}}{2} \right|^{2.1.2}}$$

$$\mu_{A_1^+}(\hat{e}) = \mu_{A_2^+}(\hat{e}) = \mu_{A_3^+}(\hat{e}) = \mu_{A^+}(\hat{e}) = \frac{1}{1 + \left| \frac{\hat{e} - c_4}{d_4} \right|^{2b_4}} = \frac{1}{1 + \left| \frac{\hat{e} + 2}{2} \right|^{2.1.2}}$$

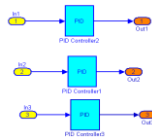
Bước 5: Thực hiện luật điều khiển (4.18) và luật thí nghi (4.15).

### 4.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 4

## CHƯƠNG 5 - MÔ PHỎNG KẾT QUẢ THIẾT KẾ

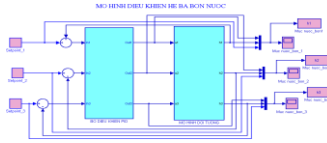
### 5.1. XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN DÙNG PID

#### 5.1.1. Xây dựng bộ điều khiển trên Matlab-Simulink



Hình 5.1. Bộ điều khiển dùng PID

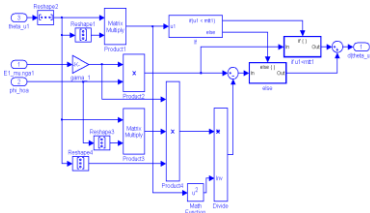
#### 5.1.2. Thực hiện điều khiển hệ ba bồn nước trên Matlab - Simulink



Hình 5.2. Điều khiển hệ ba bồn nước dùng PID

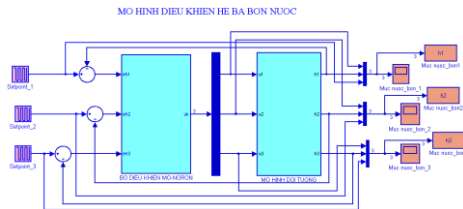
## 5.2. XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN DÙNG MỜ NƠON

### 5.2.1. Xây dựng bộ điều khiển trên Matlab-Simulink



Hình 5.8. Khởi thực hiện luật thích nghi

### 5.2.1. Thực hiện điều khiển hệ ba bồn nước trên Matlab - Simulink

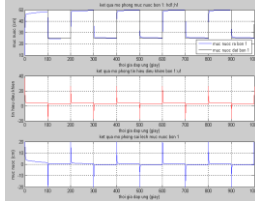


Hình 5.13. Mô hình điều khiển hệ ba bồn nước

## 5.3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

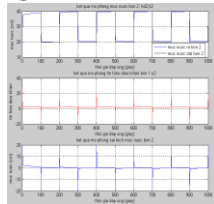
### 5.3.1. Kết quả mô phỏng với bộ điều khiển PID

a. Kết quả mô phỏng bồn 1 (Hình 5.14)



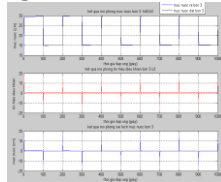
Hình 5.14. Kết quả mô phỏng bồn 1 dùng bộ điều khiển PID

**b. Kết quả mô phỏng bồn 2 (Hình 5.15)**



Hình 5.15. Kết quả mô phỏng bồn 2 dùng bộ điều khiển PID

**c. Kết quả mô phỏng bồn 3 (Hình 5.16)**

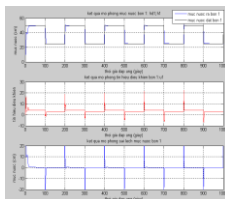


Hình 5.16. Kết quả mô phỏng bồn 3 dùng bộ điều khiển PID

**5.3.2. Kết quả mô phỏng với bộ điều khiển dùng hệ mờ**

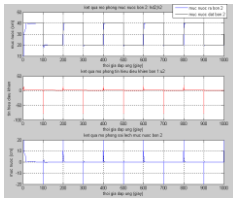
**neuron**

**a. Kết quả mô phỏng bồn nước 1 (Hình 5.17)**



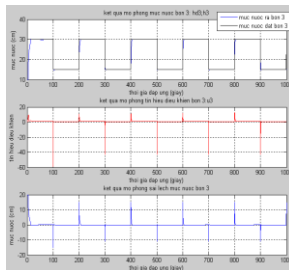
Hình 5.17. Kết quả mô phỏng bồn 1 dùng bộ điều khiển mờ neuron

**b. Kết quả mô phỏng bồn nước 2** (Hình 5.20)



Hình 5.20 Kết quả mô phỏng bồn 2 dùng bộ điều khiển mờ neuron

**c. Kết quả mô phỏng bồn nước 3** (Hình 5.23)



Hình 5.23. Kết quả mô phỏng bồn 3 dùng bộ điều khiển Mờ Neuron

## 5.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 5

❖ Tín hiệu đặt là sóng vuông, ở thời điểm đầu thì hệ thống dao động, chưa xác lập nhanh được, nhưng sau đó ổn định tiệm cận với tín hiệu đặt, cụ thể:

- Từ đặc tính sai lệch  $e_1$  với mức nước đặt  $h_{1d}=50\text{cm}$  (Hình 5.18), tác giả lấy 4 khoảng thời điểm để xem xét sự thay đổi mức nước đặt trước thì thấy lượng quá điều chỉnh % và sai lệch %  $e_1$  lớn nhất giảm dần tiệm cận về 0 (Bảng 5.1). Đến khoảng thời điểm thứ 4 thì mức nước  $h_1$  ở ngõ ra của đối tượng ổn định với sai lệch % lớn nhất là  $e_1\%=0.5486\%$  (Bảng 5.1).

- Cũng tương tự đặc tính sai lệch  $e_1$  với mức nước đặt  $h_{1d}=25\text{cm}$  (Hình 5.19), tác giả lấy 4 khoảng thời điểm để xem xét sự thay đổi

mức nước đặt trước thì thấy lượng quá điều chỉnh % và sai lệch %  $e_1$  lớn nhất giảm dần tiệm cận về 0 (Bảng 5.2). Đến khoảng thời điểm thứ 4 thì mức nước  $h_1$  ở ngõ ra của đối tượng ổn định với sai lệch % lớn nhất là  $e_1\% = 0.333\%$  (Bảng 5.2).

- Từ đặc tính sai lệch  $e_2$  với mức nước đặt  $h_{2d} = 40\text{cm}$  (Hình 5.21), tác giả lấy 4 khoảng thời điểm để xem xét sự thay đổi mức nước đặt trước thì thấy lượng quá điều chỉnh % và sai lệch %  $e_2$  lớn nhất giảm dần tiệm cận về 0 (Bảng 5.3). Đến khoảng thời điểm thứ 4 thì mức nước  $h_2$  ở ngõ ra của đối tượng ổn định với sai lệch % lớn nhất là  $e_2\% = 0.1225\%$  (Bảng 5.3).

- Cũng tương tự đặc tính sai lệch  $e_2$  với mức nước đặt  $h_{2d} = 20\text{cm}$  (Hình 5.22), tác giả lấy 4 khoảng thời điểm để xem xét sự thay đổi mức nước đặt trước thì thấy lượng quá điều chỉnh % và sai lệch %  $e_2$  lớn nhất giảm dần tiệm cận về 0 (Bảng 5.4). Đến khoảng thời điểm thứ 4 thì mức nước  $h_2$  ở ngõ ra của đối tượng ổn định với sai lệch % lớn nhất là  $e_2\% = 0.4479\%$  (Bảng 5.4).

- Từ đặc tính sai lệch  $e_3$  với mức nước đặt  $h_{3d} = 30\text{cm}$  (Hình 5.24), tác giả lấy 4 khoảng thời điểm để xem xét sự thay đổi mức nước đặt trước thì thấy lượng quá điều chỉnh % và sai lệch %  $e_3$  lớn nhất giảm dần tiệm cận về 0 (Bảng 5.5). Đến khoảng thời điểm thứ 4 thì mức nước  $h_2$  ở ngõ ra của đối tượng ổn định với sai lệch % lớn nhất là  $e_3\% = 0.1455\%$  (Bảng 5.5).

- Cũng tương tự đặc tính sai lệch  $e_3$  với mức nước đặt  $h_{3d} = 15\text{cm}$  (Hình 5.25), tác giả lấy 4 khoảng thời điểm để xem xét sự thay đổi mức nước đặt trước thì thấy lượng quá điều chỉnh % và sai lệch %  $e_3$  lớn nhất giảm dần tiệm cận về 0 (Bảng 5.6). Đến khoảng thời điểm thứ 4 thì mức nước  $h_3$  ở ngõ ra của đối tượng ổn định với sai lệch % lớn nhất là  $e_3\% = 0.1585\%$  (Bảng 5.6).



Như vậy với sự phân tích sai lệch theo các khoảng thời gian như trên thì tín hiệu ngõ ra là mức nước  $h_1, h_2, h_3$  bám theo tín hiệu đặt với sai lệch rất nhỏ, thời gian xác lập nhanh, kết quả ngõ ra bám theo tín hiệu đặt tốt.

❖ Kết quả điều khiển dùng bộ điều khiển mờ neuron (Hình 5.17), (Hình 5.20), (Hình 5.23), cho ra kết quả bám theo tín hiệu đặt tốt hơn so với việc dùng bộ điều khiển PID (Hình 5.14), (Hình 5.15), (Hình 5.16).

Vậy việc sử dụng hệ mờ neuron điều khiển mức chất lỏng cho hệ ba bồn nước tạo ra bộ điều khiển đáp ứng tốt với sự thay đổi tín hiệu đặt của mô hình đối tượng.

## KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI

### \* *Kết luận*

- Nghiên cứu đối tượng phi tuyến nhiều đầu vào, nhiều đầu ra trong điều khiển quá trình với việc xây dựng được mô hình toán học đối tượng hệ ba bồn nước.

- Việc kết hợp hệ mờ và mạng neuron để tạo ra được bộ điều khiển đã khắc phục được những nhược điểm vốn có của các bộ điều khiển riêng lẻ.

- Sử dụng được trí tuệ nhân tạo phục vụ trong điều khiển là việc tạo ra hệ lai với sự kết hợp của điều khiển mờ và mạng neuron. Giải quyết được bài toán điều khiển quá trình với đối tượng hệ ba bồn nước, là hệ phi tuyến phức tạp có 3 ngõ vào, 3 ngõ ra (MIMO).

- Kiểm tra được tính đúng đắn của thuật toán điều khiển qua việc mô phỏng kết quả nghiên cứu trên Matlab -Simulink, cho ra kết quả điều khiển tốt.

**\* *Hướng phát triển của đề tài***

- Luận văn với đề tài được tác giả nghiên cứu mới dừng lại ở mức độ tìm hiểu xây dựng bộ điều khiển với mạng nơron Singtelon có cấu trúc hệ mờ dùng để xấp xỉ luật điều khiển lý tưởng , và đã kiểm tra thuật toán điều khiển trên Matlab-Simulink. Do đó dự định phát triển tiếp tục đề tài:

+ Tiên đến xây mô hình thí nghiệm thực cho hệ ba bồn nước , đồng thời cũng tạo ra các mô hình thí nghiệm khác điều khiển cho các hệ phi tuyến MIMO như điều khiển nhiệt độ , áp suất, lưu lượng, ... hoặc các hệ tay máy.

+ Tìm kiếm các thuật toán điều khiển khác với hy vọng tạo ra công cụ điều khiển mạnh mẽ hơn như các hệ mờ nơron CANFIS (Coactive Adaptive Neural Fuzzy Inference Systems), các bộ điều khiển dùng mạng điều khiển học thích nghi mờ FALCON (Fuzzy Adaptive Learning Control Network ) có khả năng học thông số và học cấu trúc, ...