BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

NGUYỄN HỮU MỸ

SỬ DỤNG THUẬT TOÁN MỜ NƠ RON ĐIỀU KHIỂN CÂN BẰNG CON LẮC NGƯỢC

Chuyên ngành: Tự động hóa
Mã số: 60.52.60

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng – Năm 2011

Công trình được hoàn thành tại
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: **TS. Nguyễn Quốc Định**

Phản biện 1: **TS. Nguyễn Hoàng Mai**

Phản biện 2: **TS. Võ Bình**

Luận văn sẽ được bảo vệ tại hội đồng chấm luận văn tốt nghiệp thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 10 tháng 9 năm 2011

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. LÝ DO CHỌN ĐỀ TÀI

Trong những thập niên gần đây, lý thuyết tập mờ và mạng nơ ron nhân tạo đã phát triển rất nhanh và đa dạng. Công nghệ mờ và công nghệ mạng nơ ron đã cung cấp những công nghệ mới cho các ngành công nghiệp làm ra nhiều sản phẩm thông minh, đáp ứng nhu cầu thị trường cần có những bộ điều khiển linh hoạt hơn, những thiết bị "biết" làm việc với những bài toán khó, phải xử lý nhiều loại thông tin mập mờ, chưa đầy đủ và thiếu chính xác.

Với logic mờ, trí tuệ nhân tạo phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây tạo ra cơ sở xây dựng các hệ chuyên gia, những hệ có khả năng cung cấp "kinh nghiệm điều khiển hệ thống" hay còn gọi là các hệ trợ giúp quyết định. Trí tuệ nhân tạo được xây dựng dựa trên mạng nơron nhân tạo. Sự kết hợp giữa logic mờ và mạng nơ ron trong thiết kế hệ thống điều khiển tự động là một khuynh hướng hoàn toàn mới, phương hướng thiết kế hệ điều khiển thông minh, một hệ thống mà bộ điều khiển có khả năng tư duy như bộ não của con người, tức là nó có khả năng tự học hỏi, tự chỉnh định lại cho phù hợp với sự thay đổi không lường được trước của đối tượng điều khiển.

Từ những nguyên nhân trên, tôi quyết định chọn đề tài "SỬ DỤNG THUẬT TOÁN MỜ NƠ RON ĐIỀU KHIỂN CÂN BẰNG CON LẮC NGƯỢC" nhằm nghiên cứu kỹ hơn về lý thuyết mờ, mạng nơ ron và sự kết hợp giữa chúng để tạo ra những bộ điều khiển thông minh.

2. MỤC ĐÍCH NGHIÊN CỨU

- Tìm hiểu về con lắc ngược và các phương pháp điều khiển cân bằng nó;

- Tìm hiểu về điều khiển mờ;
- Tìm hiểu lý thuyết mạng nơ ron;
- Nghiên cứu kết hợp lý thuyết mờ và mạng nơ ron để điều khiển cân bằng hệ thống xe – con lắc ngược;
- Mô phỏng hệ thống trên phần mềm Matlab - Simulink.

3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu:

- Hệ xe – con lắc ngược;
- Bộ điều khiển PID, bộ điều khiển mờ nơ ron.

Phạm vi nghiên cứu:

- Xây dựng mô hình toán học cho hệ thống xe – con lắc ngược;
- Điều khiển cân bằng hệ thống bằng bộ điều khiển kinh điển PID;
- Điều khiển cân bằng hệ thống bằng bộ điều khiển mờ nơ ron học thông số ANFIS;
- Mô phỏng hệ thống bằng phần mềm Matlab - Simulink, đánh giá kết quả.

4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu lý thuyết:

- Nghiên cứu xây dựng mô hình con lắc ngược;
- Nghiên cứu bộ điều khiển PID điều khiển cân bằng con lắc ngược;
- Nghiên cứu sự kết hợp thuật toán mờ và nơ ron để điều khiển cân bằng con lắc ngược.

Phương pháp thực nghiệm:

Sử dụng phần mềm Matlab – Simulink làm công cụ xây dựng mô hình và mô phỏng hệ thống.

5. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN CỦA ĐỀ TÀI

Con lắc ngược là cơ sở để tạo ra các hệ thống tự cân bằng như: xe hai bánh tự cân bằng, tháp vô tuyến, giàn khoan, công trình biển…

Khi lý thuyết về các bộ điều khiển hiện đại ngày càng hoàn thiện hơn thì con lắc ngược là một trong những đối tượng được áp dụng để kiểm tra các lý thuyết đó.

6. CẤU TRÚC LUẬN VĂN

MỞ ĐẦU

Chương 1: TỔNG QUAN VỀ CON LẮC NGƯỢC

Đưa ra mô hình con lắc ngược, xây dựng các mô hình toán học, mô hình hóa trên Matlab - Simulink

Chương 2: LÝ THUYẾT MỜ

Chương này trình bày lý thuyết điều khiển mờ để làm cơ sở cho các chương sau xây dựng bộ điều khiển mờ - nơron.

Chương 3: MẠNG NƠ RON VÀ KẾT HỢP MẠNG NƠ RON VỚI HỆ MỜ

Trình bày cơ sở lý thuyết mạng nơron và kết hợp mạng nơron với hệ mờ.

Chương 4: ĐIỀU KHIỂN CÂN BẰNG CON LẮC NGƯỢC SỬ DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PID

Trình bày cơ sở lý thuyết và xây dựng bộ điều khiển PID điều khiển cân bằng con lắc ngược.

Chương 5: ỨNG DỤNG HỆ LOGIC MỜ NƠ RON ĐIỀU KHIỂN CÂN BẰNG CON LẮC NGƯỢC

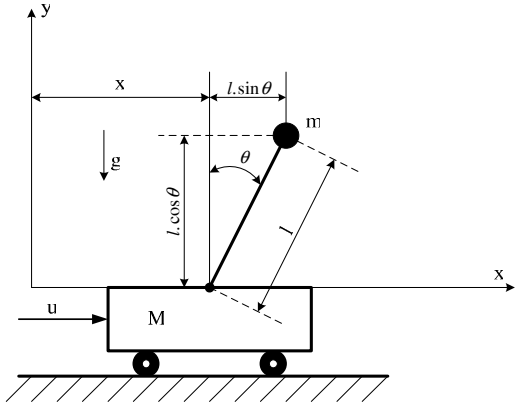
Xây dựng bộ điều khiển mờ nơ ron ANFIS điều khiển cân bằng con lắc ngược. Mô phỏng và so sánh kết quả giữa bộ điều khiển mờ nơ ron và PID.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

CHƯƠNG 1
TỔNG QUAN VỀ CON LẮC NGƯỢC

1.1. MÔ HÌNH CON LẮC NGƯỢC

Xét hệ thống con lắc ngược như hình 1.1. Con lắc ngược được gắn vào xe kéo bởi động cơ điện. Chúng ta chỉ xét bài toán hai chiều, nghĩa là con lắc chỉ di chuyển trong mặt phẳng. Con lắc ngược không thể ổn định vì nó luôn ngã xuống trừ khi có lực tác động thích hợp. Giả sử khối lượng của con lắc tập trung ở đầu thanh như hình vẽ (khối lượng thanh không đáng kể). Lực điều khiển u tác động vào xe. Yêu cầu của bài toán là điều khiển vị trí xe và giữ cho con lắc ngược luôn thẳng đứng (con lắc luôn cân bằng).



Hình 1.1: Mô hình con lắc ngược.

Chú thích:

l: chiều dài con lắc ngược (m)
M: khối lượng xe (kg)
g: gia tốc trọng trường (m/s^2)
u: lực tác động vào xe (N)
m: khối lượng con lắc (kg)
x: vị trí xe (m)
θ: góc giữa con lắc ngược và phương thẳng đứng (rad)

1.2. MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA HỆ CON LẮC NGƯỢC

Gọi x_G, y_G là tọa độ vật nặng ở đầu con lắc, ta có:

$$x_G = x + l.\sin\theta \quad (1.1)$$

$$y_G = l.\cos\theta \quad (1.2)$$

Áp dụng định luật II Newton cho chuyển động theo phương x, ta có:

$$u = M\frac{d^2x}{dt^2} + m\frac{d^2x_G}{dt^2} \quad (1.3)$$

Thay $x_G = x + l.\sin\theta$ vào (1.3) ta được:

$$u = M\frac{d^2x}{dt^2} + m\frac{d^2}{dt^2}(x + l.\sin\theta) \quad (1.4)$$

Khai triển các đạo hàm của (1.4) và rút gọn ta được:

$$u = (M+m)\ddot{x} - m.l(\sin\theta)\dot{\theta}^2 + m.l(\cos\theta)\ddot{\theta} \quad (1.5)$$

Mặt khác, áp dụng định luật II Newton cho chuyển động quay của con lắc quanh trục ta được:

$$m\frac{d^2x_G}{dt^2}l.\cos\theta - m\frac{d^2y_G}{dt^2}l.\sin\theta = m.g.l.\sin\theta \quad (1.6)$$

Thay $x_G = x + l.\sin\theta$ và $y_G = l.\cos\theta$ vào (1.6) ta được:

$$\left[m\frac{d^2}{dt^2}(x + l.\sin\theta)\right]l.\cos\theta - \left[m\frac{d^2}{dt^2}(l.\cos\theta)\right]l.\sin\theta = m.g.l.\sin\theta \quad (1.7)$$

Khai triển các đạo hàm của biểu thức (1.7) và rút gọn ta được:

$$m.\ddot{x}.\cos\theta + m.l.\ddot{\theta} = m.g.\sin\theta \quad (1.8)$$

Từ (1.5) và (1.8) ta suy ra:

$$\ddot{x} = \frac{u + m.l(\sin\theta)\dot{\theta}^2 - m.g.\cos\theta.\sin\theta}{M - m - m(\cos\theta)^2} \quad (1.9)$$

$$\ddot{\theta} = \frac{u.\cos\theta - (M+m)g.\sin\theta + M.l.\cos\theta.\sin\theta.\dot{\theta}^2}{m.l(\cos\theta)^2 - (M+m)l} \quad (1.10)$$

Chúng ta thấy rằng hệ con lắc ngược là hệ phi tuyến, để có thể điều khiển hệ con lắc ngược bằng bộ điều khiển PID chúng ta cần tuyến tính hóa mô hình toán học của nó.

Giả sử góc θ nhỏ để có thể xấp xỉ $\sin\theta \approx 0$; $\cos\theta \approx 1$ và $\dot{\theta}^2 \approx 0$. Với các điều kiện trên, chúng ta có thể tuyến tính hóa các phương trình (1.5) và (1.8) thành các phương trình:

$$(M+m)\ddot{x} + m.l.\ddot{\theta} = u \quad (1.11)$$

$$m.\ddot{x} + m.l.\ddot{\theta} = m.g.\theta \quad (1.12)$$

Từ (1.11) và (1.12) ta suy ra:

$$\ddot{x} = \frac{u}{M} - \frac{m.g}{M}\theta \quad (1.13)$$

$$\ddot{\theta} = -\frac{u}{M.l} + \frac{M+m}{M.l}g.\theta \quad (1.14)$$

1.2.1. Hàm truyền con lắc ngược

1.2.1.1. Quan hệ giữa θ và u

Chuyển đổi Laplace 2 vế phương trình (1.14) ta được:

$$s^2\Phi(s) = -\frac{U(s)}{M.l} + \frac{M+m}{M.l}g.\Phi(s) \quad (1.15)$$

Biến đổi (1.15) ta được:

$$G_1(s) = \frac{\Phi(s)}{U(s)} = \frac{-\frac{1}{M.l}}{s^2 - \frac{M+m}{M.l}g} \quad (1.16)$$

1.2.1.2. Quan hệ giữa x và u

Từ (1.13) ta có:

$$\frac{\ddot{x}}{u} = \frac{1}{M} - \frac{m.g}{M}\frac{\theta}{u}$$

Chuyển đổi Laplace phương trình trên ta được:

$$\frac{s^2 X(s)}{U(s)} = \frac{1}{M} - \frac{m.g}{M}\frac{\Phi(s)}{F(s)} \qquad (1.17)$$

Từ (1.16) và (1.17) ta suy ra:

$$G_2(s) = \frac{X(s)}{U(s)} = \frac{\frac{1}{M}s^2 - \left(\frac{m.g}{M^2.l} - \frac{M+m}{M^2.l}g\right)}{s^4 - \frac{M+m}{M.l}g.s^2} \qquad (1.18)$$

1.2.2. Phương trình trạng thái của con lắc

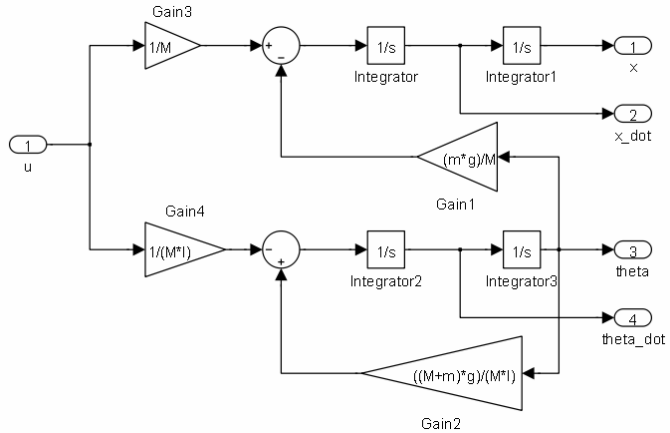
1.3. MÔ HÌNH CỦA HỆ CON LẮC NGƯỢC TRÊN MATLAB – SIMULINK

1.3.1. Mô hình con lắc ngược tuyến tính

Từ các phương trình:

$$\ddot{x} = \frac{u}{M} - \frac{m.g}{M}\theta; \qquad \ddot{\theta} = -\frac{u}{M.l} + \frac{M+m}{M.l}g.\theta$$

ta xây dựng mô hình con lắc ngược tuyến tính trên Simulink



Hình 1.2: Mô hình con lắc ngược tuyến tính.

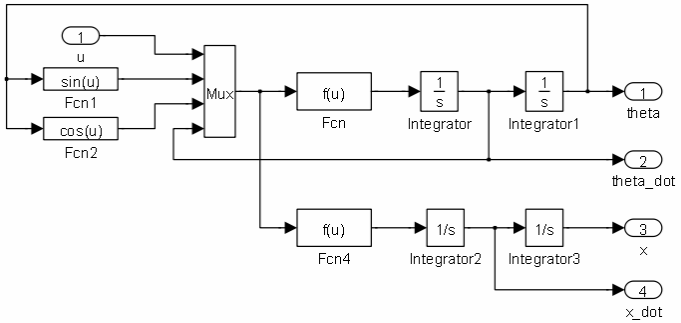
1.3.2. Mô hình con lắc ngược phi tuyến

Từ các phương trình:

$$\ddot{x} = \frac{u + m.l(\sin\theta)\dot{\theta}^2 - m.g.\cos\theta.\sin\theta}{M - m - m(\cos\theta)^2}$$

$$\ddot{\theta} = \frac{u.\cos\theta - (M+m)g.\sin\theta + M.l.\cos\theta.\sin\theta.\dot{\theta}^2}{m.l(\cos\theta)^2 - (M+m)l}$$

xây dựng mô hình con lắc ngược phi tuyến trên Simulink.



Hình 1.3: Mô hình con lắc ngược phi tuyến.

1.4. KẾT LUẬN

Bằng cách áp dụng định luật Newton ta thành lập được các mô hình toán học cho con lắc ngược. Sử dụng phần mềm Matlab – Simulink xây dựng được mô hình con lắc ngược tuyến tính, phi tuyến. Ứng dụng lý thuyết điều khiển tự động có được hàm truyền và phương trình trạng thái.

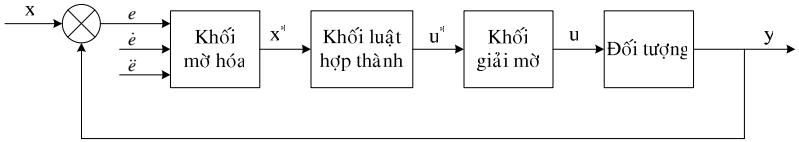
Các phương trình toán học, mô hình con lắc ngược là cơ sở cho việc xây dựng bộ điều khiển ở các chương sau.

CHƯƠNG 2
LÝ THUYẾT MỜ

2.1. TỔNG QUAN VỀ LOGIC MỜ
2.1.1. Quá trình phát triển của logic mờ
2.1.2. Cơ sở toán học của logic mờ
2.2. KHÁI NIỆM VỀ TẬP MỜ
2.2.1. Tập kinh điển
2.2.2. Định nghĩa tập mờ
2.2.3. Các thông số đặc trưng cho tập mờ
2.2.4. Các dạng hàm liên thuộc của tập mờ
2.3. CÁC PHÉP TOÁN TRÊN TẬP MỜ
2.3.1. Phép hợp hai tập mờ
2.3.1.1 Hợp của hai tập mờ có cùng cơ sở
2.3.1.2. Hợp hai tập mờ khác cơ sở
2.3.2. Phép giao của hai tập mờ
2.3.2.1. Giao hai tập mờ cùng cơ sở
2.3.2.2. Giao hai tập mờ khác cơ sở
2.3.3. Phép bù của một tập mờ
2.4. BIẾN NGÔN NGỮ VÀ GIÁ TRỊ CỦA BIẾN NGÔN NGỮ
2.5. LUẬT HỢP THÀNH MỜ
2.5.1. Mệnh đề hợp thành
2.5.2. Luật hợp thành mờ
2.5.3. Các cấu trúc cơ bản của luật hợp thành
2.5.4. Luật hợp thành đơn có cấu trúc SISO
2.5.4.1. Luật hợp thành MIN
2.5.4.2. Luật hợp thành PROD
2.5.5. Luật hợp thành đơn có cấu trúc MISO
2.5.6. Luật của nhiều mệnh đề hợp thành

2.5.6.1. Luật hợp thành của hai mệnh đề hợp thành
2.5.6.2. Luật hợp thành của nhiều mệnh đề hợp thành
2.6. GIẢI MỜ
2.6.1. Phương pháp cực đại
2.6.2. Phương pháp điểm trọng tâm
2.6.2.1. Phương pháp điểm trọng tâm cho luật hợp thành SUM-MIN
2.6.2.2. Phương pháp độ cao
2.7. MÔ HÌNH BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ

Bộ điều khiển mờ có mô hình cấu trúc cơ bản như hình 2.14.



Hình 2.14: Mô hình cơ bản của bộ điều khiển mờ.

Khối mờ hóa: Đầu vào của khối này thông thường là bộ các tín hiệu của môi trường ngoài: sai lệch, tích phân và đạo hàm các cấp của sai lệch có giá trị rõ. Khối này sẽ biến đổi bộ tín hiệu nói trên thành bộ giá trị mờ x^* bởi bộ hàm liên thuộc.

Khối luật hợp thành: Sử dụng các luật hợp thành mờ có nhiệm vụ liên kết các giá trị mờ x^* ở đầu vào theo mỗi cấu trúc luật hợp thành nhất định để tìm giá trị mờ của tín hiệu điều khiển u^*.

Khối giải mờ: Có nhiệm vụ biến đổi giá trị mờ của tín hiệu điều khiển u^* thành giá trị rõ của tín hiệu điều khiển u để điều khiển đối tượng sao cho sai lệch e là cực tiểu.

2.8. KẾT LUẬN

Chương này trình bày lý thuyết điều khiển mờ để làm cơ sở cho các chương sau xây dựng bộ điều khiển mờ nơ ron.

CHƯƠNG 3
MẠNG NƠ RON VÀ KẾT HỢP MẠNG NƠ RON VỚI HỆ MỜ

3.1. MẠNG NƠ RON

3.1.1. Mô hình mạng nơ ron nhân tạo

3.1.1.1. Khái niệm

3.1.1.2. Mô hình nơ ron

a) Nơ ron đơn giản

b) Nơ ron với nhiều đầu vào (véc tơ vào)

3.1.1.3. Cấu trúc mạng

a) Mạng một lớp

b) Mạng nhiều lớp

c) Mạng hồi quy

3.1.2. Huấn luyện mạng

3.1.2.1. Nguyên tắc huấn luyện mạng

3.1.2.2. Huấn luyện mạng truyền thẳng một lớp (Mạng Adeline)

3.1.2.3. Huấn luyện mạng MLP truyền thẳng

a) Nguyên tắc huấn luyện chung

b) Thuật toán lan truyền ngược với mạng hai lớp

3.2. KẾT HỢP MẠNG NƠ RON VỚI HỆ MỜ

3.2.1. So sánh ưu, nhược điểm của hệ mờ và mạng nơ ron

3.2.2. Giới thiệu tổng quan về hệ lai

3.2.3. Các bộ điều khiển mờ nơ ron học thông số

3.2.3.1. Bộ điều khiển mờ nơ ron với các luật mờ duy nhất

3.2.3.2. ANFIS

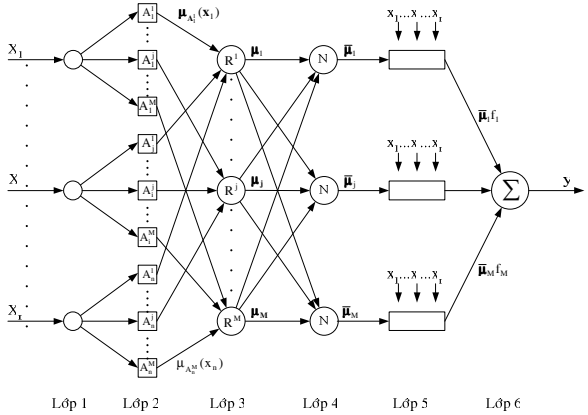
Mạng thích nghi dựa trên cơ sở hệ suy luận mờ (Adaptive Network base Fuzzy Inference System – ANFIS), được Jang đề xuất năm 1992. Sử dụng các luật mờ dạng TSK như sau:

IF x_1 is A_1^j AND x_2 is A_2^j AND … AND x_n is A_n^j

THEN $$f_j = \overline{\mu_j}\left(p_0^j + \sum_{i=1}^{n} p_i^j \right) \quad (3.54)$$

với x_i là các biến đầu vào (i = 1, 2, …, n); y là biến đầu ra; A_i^j là các biến ngôn ngữ mờ của biến đầu vào x_i; $\mu_{A_i^j}(x_i)$ là hàm liên thuộc của mỗi biến ngôn ngữ mờ ở đầu vào (j = 1, 2, …, M); $p_i^j \in R$ là các hệ số của hàm tuyến tính $f_j(x_1, x_2, …, x_n)$.

ANFIS có cấu trúc như hình 2.37 gồm 6 lớp như sau:



Hình 3.22: Sơ đồ cấu trúc của ANFIS.

Lớp 1: Là đầu vào, mỗi nơ ron thứ i có một tín hiệu vào x_i.

Lớp 2: Mỗi phần tử là một hàm liên thuộc $\mu_{A_i^j}(x_i)$ có dạng hàm tam giác, hàm Gauss hoặc hàm hình chuông, … Trong đó các thông số của các dạng hàm liên thuộc ở lớp 2 là các thông số điều chỉnh.

Lớp 3: Mỗi phần tử Π tương ứng thực hiện một luật thứ j:

$$\mu_j = \prod_{i=1}^{n} \mu_{A_i^j}(x_i) \quad (3.55)$$

Lớp 4: Mỗi phần tử N tương ứng thực hiện tính toán:

$$\overline{\mu_j} = \frac{\mu_j}{\sum_{j=1}^{M} \mu_j} \qquad (3.56)$$

Lớp 5: Mỗi phần tử j thực hiện tính toán giá trị:

$$f_j = \overline{\mu_j}\left(p_0^j + \sum_{i=1}^{n} p_i^j x_i \right) \qquad (3.57)$$

với $\overline{\mu_j}$ là giá trị đầu ra của lớp 4 và $\left\{p_0^j, p_1^j, p_2^j, ..., p_i^j, ..., p_n^j\right\}$ là các thông số điều chỉnh.

Lớp 6: Chỉ một phần tử thực hiện phép tổng tính giá trị đầu ra:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^{M} \mu_j f_j}{\sum_{j=1}^{M} \mu_j} = \sum_{j=1}^{M} \overline{\mu_j} f_j \qquad (3.58)$$

3.3. KẾT LUẬN

Chương này trình bày lý thuyết mạng nơron và sự kết hợp giữa mạng nơron với hệ mờ. Trên cơ sở đó ta có thể thiết kế được bộ điều khiển mờ nơ ron. Trong luận văn, bộ điều khiển mờ nơ ron được sử dụng để điều khiển cân bằng con lắc ngược.

CHƯƠNG 4
ĐIỀU KHIỂN CÂN BẰNG CON LẮC NGƯỢC SỬ DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PID

4.1. TỔNG QUAN VỀ BỘ ĐIỀU KHIỂN PID

4.1.1. Khái quát

4.1.2. Các phương pháp xác định tham số bộ điều khiển PID

4.1.2.1. Phương pháp Ziegler-Nichols thứ nhất

4.1.2.2. Phương pháp Ziegler-Nichols thứ hai

4.1.2.3. Phương pháp Chien-Hrones-Reswick

4.2. ĐIỀU KHIỂN GIỮ CON LẮC CÂN BẰNG

4.2.1. Vị trí của bộ điều khiển PID điều khiển giữ con lắc cân bằng

4.2.2. Tác động của bộ PID điều khiển góc lệch lên vị trí xe

4.2.3. Điều khiển vị trí và giữ con lắc cân bằng dùng 2 bộ PID

4.2.4. Kết quả mô phỏng

Với các thông số của con lắc ở phần phụ lục.

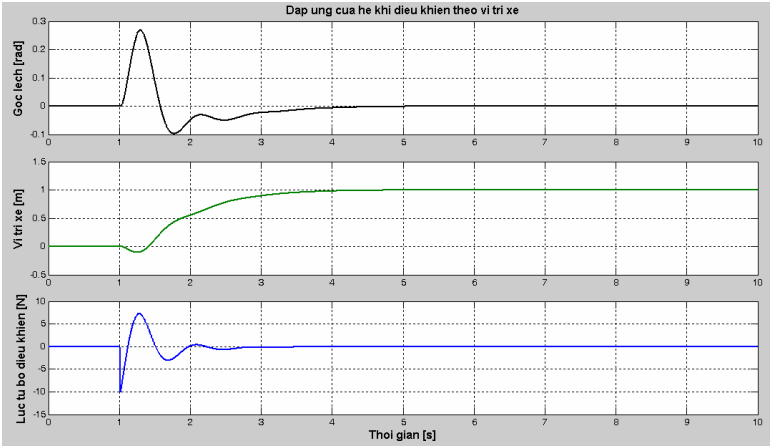
Thông số của bộ điều khiển PID:

Bộ PID 1: $K_P = 50$ $K_I = 110$ $K_D = 3.5$

Bộ PID 2: $K_P = 10$ $K_I = 0.0001$ $K_D = 0$

4.2.4.1. Tín hiệu vào là vị trí xe (xe di chuyển 1 m)

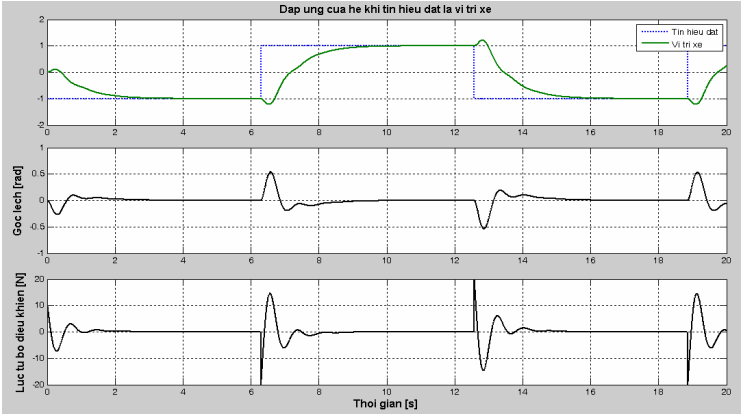
Ban đầu giữ con lắc cân bằng, tín hiệu vào là vị trí đặt để xe di chuyển đến đích cách vị trí ban đầu 1 m theo phương nằm ngang. Thực hiện mô phỏng ta được kết quả như sau:



Hình 4.12: Đáp ứng của hệ khi cho xe di chuyển 1 m.

***4.2.4.2.* Tín hiệu vào có dạng xung vuông để xe chạy về phía trước, phía sau 1 m**

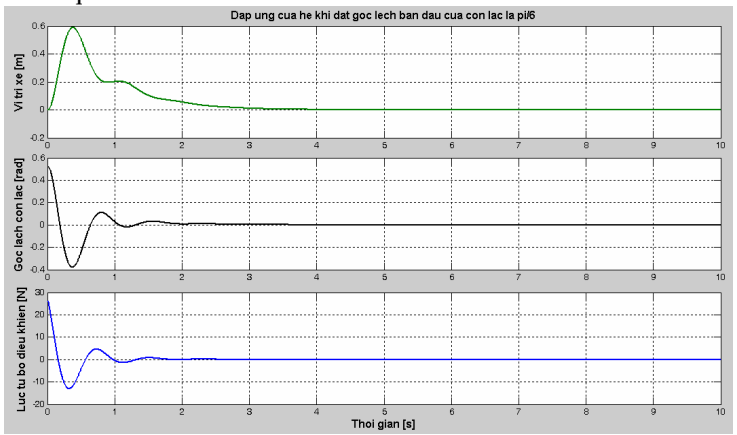
Kết quả mô phỏng



Hình 4.14: Kết quả điều khiển theo vị trí với tín hiệu vào có dạng xung vuông.

***4.2.4.3.* Tín hiệu ban đầu là góc lệch theta**

Ban đầu cho con lắc lệch một góc pi/6, thực hiện mô phỏng ta được kết quả như sau:



Hình 4.15: Kết quả điều khiển theo góc lệch theta.

4.3. KẾT LUẬN

Phương thức điều khiển PID cho bộ điều khiển tốt với các hệ thống SISO. Điều này có nghĩa chỉ một đầu vào có thể được điều khiển bởi bộ PID tại mỗi thời điểm. Tuy nhiên, một bộ PID không thể được sử dụng điều khiển vị trí xe và giữ con lắc cân bằng đồng thời, nên cần sử dụng 2 bộ điều khiển PID. Các bộ PID đã điều khiển được hệ con lắc ngược.

CHƯƠNG 5
ỨNG DỤNG HỆ LOGIC MỜ NƠ RON ĐIỀU KHIỂN CÂN BẰNG CON LẮC NGƯỢC

5.1. ỨNG DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ NƠ RON HỌC THÔNG SỐ ANFIS TRONG ĐIỀU KHIỂN CON LẮC NGƯỢC

5.1.1. Xây dựng tập dữ liệu

Với mô hình con lắc ngược ở trên, có thể chọn giá trị các ngõ ra của các biến trạng thái như sau:

Vị trí (x) [-0.3 0.3]; Vận tốc ($\dot{x}$) [-1 1]

Góc lệch (θ) [-3 3]; Vận tốc góc ($\dot{\theta}$) [-3 3]

Ứng với mỗi đoạn lấy 6 điểm cách đều nhau. Như vậy số trường hợp của biến trạng thái có thể có với các điểm vừa chọn là 6×6×6×6 = 1296. Hay có tất cả 1296 vectơ trạng thái [$\theta, \dot{\theta}, x, \dot{x}$].

5.1.2. Chuẩn hóa số liệu và huấn luyện mạng ANFIS

Từ tập dữ liệu thô đã được xây dựng gồm 1296 mẫu học:

0	0	1.500000000000	0	4.74341826442187
-0.0003355991907	-0.0659894851294	1.5002237050140	0.0439819347845	4.27631489476515
-0.0012978667240	-0.1254011011992	1.5008648089195	0.0835145033329	3.83012285117832
-0.0028230041768	-0.1786269845279	1.5018798419521	0.1188009233824	3.40392416176481
-0.0048510318065	-0.2260400361750	1.5032273289264	0.1500376973088	2.99729415215622
-0.0073256269394	-0.2679993000061	1.5048677406771	0.1774178175018	2.60998609094850
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.

Ta tiến hành chuẩn hóa số liệu như sau:

Chọn các giá trị nằm trong khoảng [0.05 0.95].

Áp dụng công thức: $X_t^{'} = \frac{0.95(X_t - a)}{A - a} + 0.05$

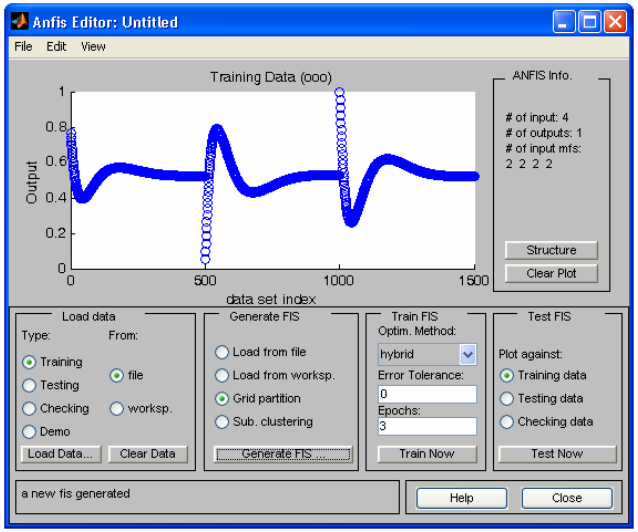
với: X_t: các giá trị ban đầu; a: giá trị min của X_t;

A: giá trị max của X_t; X'_t: các giá trị đã chuẩn hóa.

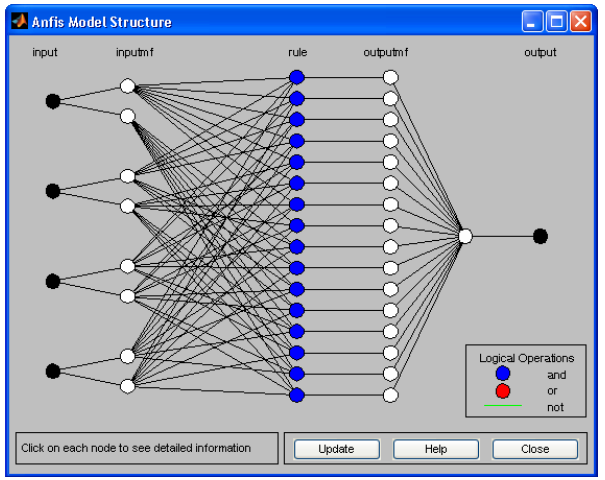
Sau khi chuẩn hóa ta được tập dữ liệu mới:

0.525029732	0.524858346	0.600690884	0.524858342	0.76435765
0.524978653	0.511011608	0.600702172	0.534087181	0.740787055
0.524832194	0.49854512	0.600734523	0.542382399	0.718271671
0.524600066	0.4873766	0.600785743	0.549786636	0.696765175
0.524291397	0.477427801	0.600853739	0.556341126	0.676246138
0.52391476	0.468623384	0.600936516	0.562086365	0.65670211
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.

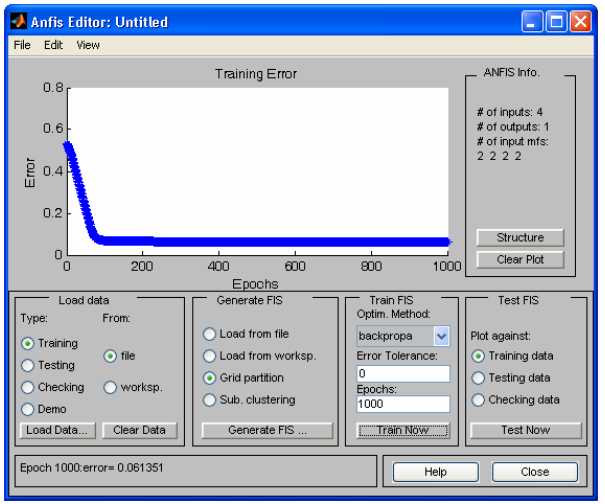
Tập dữ liệu sau khi được chuẩn hóa gồm 1296 mẫu được chia làm hai phần: 1200 mẫu được sử dụng để huấn mạng ANFIS, 96 mẫu còn lại dùng để kiểm tra mạng ANFIS sau khi được huấn luyện.



Hình 5.1: Tập dữ liệu được đưa vào huấn luyện mạng ANFIS



Hình 5.2: Cấu trúc suy diễn mờ.

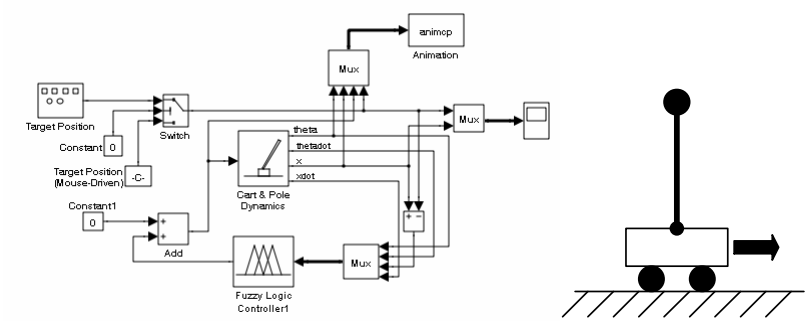


Hình 5.3: Sai lệch trong quá trình huấn luyện mạng ANFIS sử dụng thuật toán lan truyền ngược với 1000 chu kỳ huấn luyện.

5.1.3. Kết quả mô phỏng

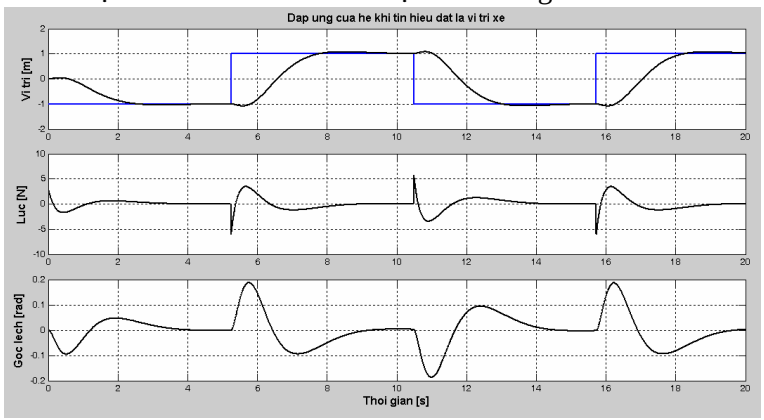
Mô phỏng với thông số của con lắc như phần phụ lục.

5.1.3.1. Điều khiển xe theo vị trí



Hình 5.4: Mô hình bộ điều khiển ANFIS điều khiển xe theo vị trí.

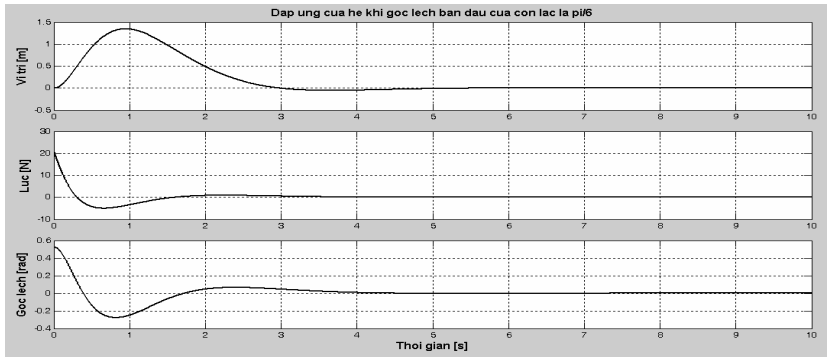
Tín hiệu đặt là dạng xung vuông để xe chạy về phía trước, phía sau 1 m. Bộ điều khiển đưa xe đến vị trí mới và giữ con lắc cân bằng.



Hình 5.5: Kết quả điều khiển theo vị trí khi tín hiệu vào có dạng xung vuông.

5.1.3.2. Điều khiển theo góc lệch theta

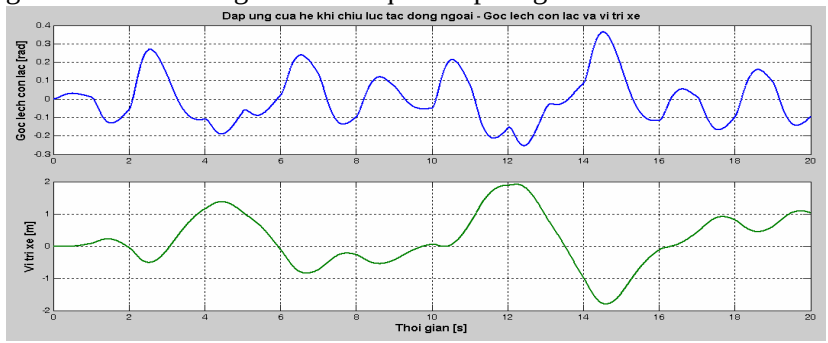
Ban đầu cho con lắc lệch một góc pi/6. Thực hiện mô phỏng ta được kết quả như sau:



Hình 5.7: Kết quả điều khiển khi đặt con lắc lệch một góc pi/6 tại thời điểm ban đầu. Không có lực tác động bên ngoài.

5.1.3.3. Điều khiển theo lực tác động vào xe

Cho lực tác động ngẫu nhiên vào xe, bộ điều khiển có nhiệm vụ giữ con lắc cân bằng. Ta có kết quả mô phỏng.

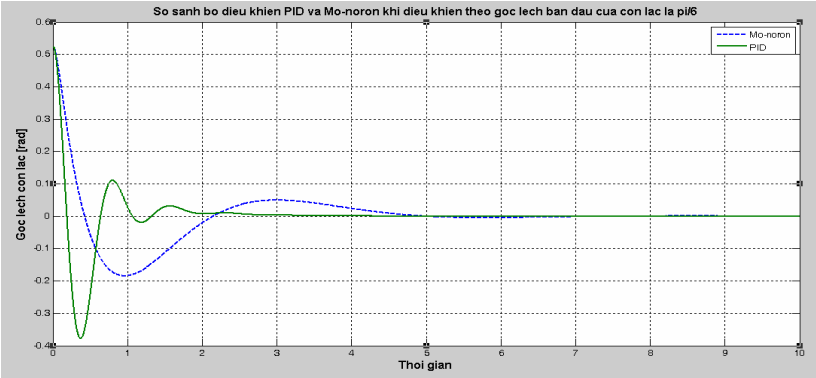


Hình 5.11:Kết quả điều khiển khi đặt lực tác động ngẫu nhiên vào hệ - về góc lệch con lắc và vị trí xe.

5.2. SO SÁNH BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ NƠ RON VÀ PID

5.2.1. So sánh bộ điều khiển mờ nơ ron và PID khi điều khiển theo góc lệch

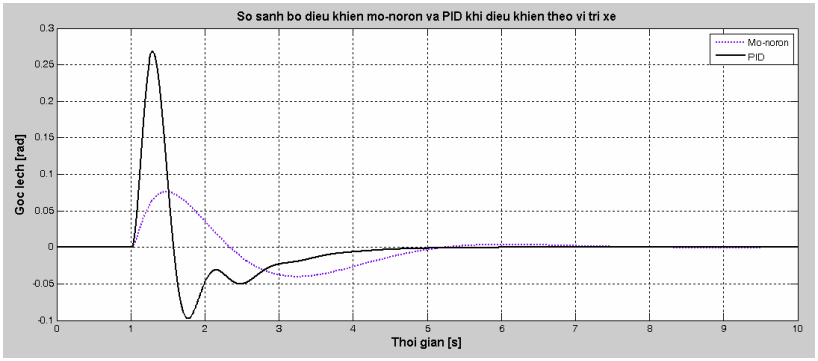
Ban đầu cho con lắc lệch khỏi vị trí cân bằng một góc pi/6. Thực hiện mô phỏng ta có kết quả như sau:



Hình 5.12: So sánh bộ điều khiển mờ nơ ron và PID khi điều khiển theo góc lệch ban đầu.

5.2.2. So sánh bộ điều khiển mờ nơ ron và PID khi điều khiển theo vị trí xe

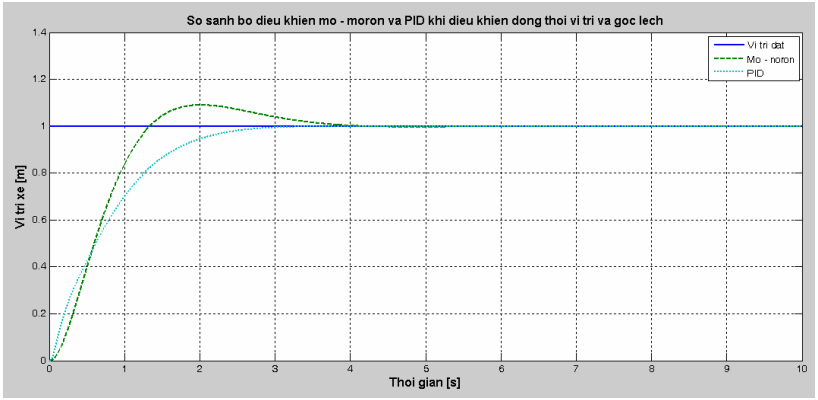
Ban đầu giữ con lắc cân bằng, cho xe di chuyển 1 m theo phương nằm ngang. Thực hiện mô phỏng ta được kết quả như sau:



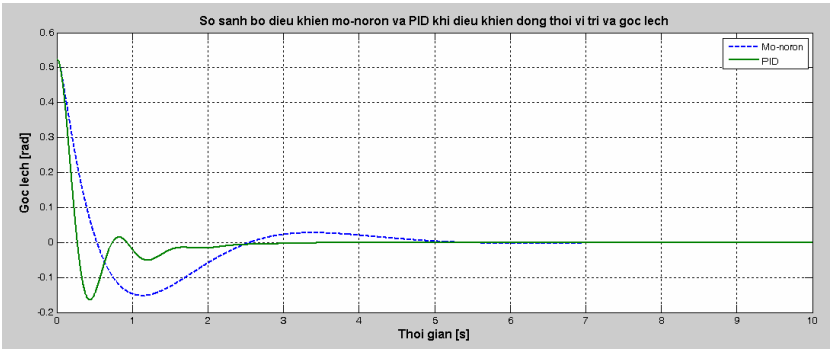
Hình 5.14: So sánh bộ điều khiển mờ nơ ron và PID khi điều khiển theo vị trí xe – về góc lệch.

5.2.3. So sánh bộ điều khiển mờ nơ ron và PID khi điều khiển đồng thời vị trí xe và góc lệch ban đầu của con lắc

Ban đầu cho con lắc lệch một góc pi/6, cho xe di chuyển 1 m theo phương nằm ngang. Ta có kết quả mô phỏng như sau:



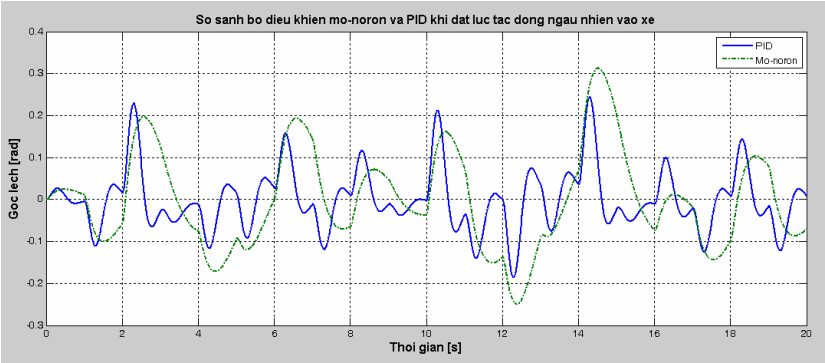
Hình 5.15: So sánh bộ điều khiển mờ nơ ron và PID khi điều khiển đồng thời vị trí và góc lệch – về vị trí xe.



Hình 5.16: So sánh bộ điều khiển mờ nơ ron và PID khi điều khiển đồng thời vị trí và góc lệch – về góc lệch.

5.2.4. So sánh bộ điều khiển mờ nơ ron và PID khi cho lực tác động ngẫu nhiên

Khi cho lực tác động ngẫu nhiên vào xe có biên độ lớn nhất khoảng 8 N, ta được kết quả mô phỏng như sau:



Hình 5.18: So sánh bộ điều khiển mờ nơ ron và PID khi cho lực tác động ngẫu nhiên vào xe – về góc lệch.

5.3. KẾT LUẬN

- Sử dụng bộ điều khiển ANFIS trong điều khiển cân bằng con lắc ngược cho kết quả rất tốt. Con lắc luôn trở về vị trí cân bằng khi có lực tác động ngẫu nhiên vào xe hoặc cho xe chạy tới, chạy lui …

- Sau khi so sánh bộ điều khiển PID và mờ nơ ron trong điều khiển cân bằng con lắc ngược, ta có thể rút ra kết luận như sau:

- Khi điều khiển theo góc lệch ban đầu, theo vị trí xe hoặc theo lực tác động ngẫu nhiên vào xe thì bộ điều khiển mờ nơ ron cho kết quả điều khiển tốt hơn bộ điều khiển PID.
- Khi điều khiển đồng thời vị trí xe và góc lệch ban đầu của con lắc thì bộ điều khiển PID cho kết quả điều khiển tốt hơn.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Những đóng góp của luận văn

Trên thực tế có rất nhiều đối tượng cần điều khiển nhưng không có đủ các tham số cần thiết, vì vậy nên việc thiết kế các bộ điều khiển dựa trên lý thuyết kinh điển gặp rất nhiều khó khăn. Chính vì lý do này đòi hỏi chúng ta phải ứng dụng các lý thuyết điều khiển hiện đại vào trong thực tế. Luận văn này chú trọng nghiên cứu xây dựng hệ điều khiển mờ nơ ron cho hệ con lắc ngược dựa trên nền tảng các lý thuyết điều khiển cao cấp.

Với kết quả thu được từ mô phỏng, đã đóng góp được các vấn đề sau:

- Đã xây dựng được bộ điều khiển mờ nơ ron cho hệ con lắc ngược;

- Với bộ điều khiển mờ nơ ron mà luận văn đã xây dựng, các thông số về chất lượng điều chỉnh như độ quá điều chỉnh, thời gian quá độ, số lần dao động của hệ truyền động… đều tốt. Như vậy, bộ điều khiển đã nghiên cứu trong luận văn hoàn toàn đáp ứng được các yêu cầu về chất lượng điều khiển cho điều khiển con lắc ngược.

Như vậy, quá trình thực hiện luận văn này, tác giả đã giải quyết được vấn đề đã đặt ra. Tuy nhiên, với thời gian nghiên cứu hạn chế và do phạm vi giới hạn của vấn đề đã đặt ra, luận văn chưa đề cập đến việc nhận dạng các thông số của con lắc ngược mà chỉ chọn một con lắc ngược với thông số biết trước. Đây chính là vấn đề cần được nghiên cứu phát triển.

2. Những kiến nghị về hướng phát triển

Nhận dạng bộ thông số con lắc ngược, từ đó thiết kế bộ điều khiển cho một con lắc ngược bất kỳ.