

Biên soạn: PGS.TS. NGUYỄN CHÍ NGÔN (Chủ biên)
TS. NGUYỄN CHÁNH NGHIỆM

GIÁO TRÌNH

ĐIỀU KHIỂN MỜ



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC CẦN THƠ
2020

**BIÊN MỤC TRƯỚC XUẤT BẢN THỰC HIỆN BỞI
TRUNG TÂM HỌC LIỆU TRƯỜNG ĐẠI HỌC CẦN THƠ**

Nguyễn, Chí Ngôn

Giáo trình điều khiển mờ / Nguyễn Chí Ngôn (Chủ biên), Nguyễn Chánh Nghiệm .– Cần Thơ :
Nxb. Đại học Cần Thơ, 2020

180 tr. : minh họa ; 24 cm

Sách có danh mục tài liệu tham khảo

ISBN: 9786049653940

1. Set theory--Fuzzy sets 2. Điều khiển mờ

I. Nhan đề. II. Nguyễn, Chánh Nghiệm

511.322–DDC 23

MFN 239209

Ng454

LỜI GIỚI THIỆU

Nhằm góp phần làm phong phú thêm nguồn tư liệu phục vụ nghiên cứu, học tập cho bạn đọc trong nước và sinh viên Trường Đại học Cần Thơ, Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ xin hân hạnh ấn hành và giới thiệu cùng bạn đọc giáo trình “Điều khiển mờ” (Fuzzy Control) biên soạn bởi nhóm tác giả PGS. TS. Nguyễn Chí Ngôn (chủ biên) và GVC. TS. Nguyễn Chánh Nghiệm.

Giáo trình gồm 6 chương, trong đó có 4 bài thực hành, với gần 170 trang. Nội dung các chương trình bày lý thuyết cơ bản về logic mờ, các kỹ thuật thiết kế bộ điều khiển mờ, các kỹ thuật cải tiến chất lượng điều khiển, các ứng dụng thực tiễn của điều khiển mờ và đính kèm nhiều mã nguồn cho phép mô phỏng dễ dàng trên máy tính.

Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ chân thành cảm ơn Tác giả và sự đóng góp ý kiến của quý Thầy Cô trong Hội đồng thẩm định Trường Đại học Cần Thơ để giáo trình “Điều khiển mờ” được ra mắt bạn đọc.

Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ trân trọng giới thiệu đến giảng viên, sinh viên và bạn đọc giáo trình này.

Chân thành cảm ơn!

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC CẦN THƠ

LỜI NÓI ĐẦU

Khái niệm về logic mờ được đề xuất từ năm 1965 bởi giáo sư Lofti Askar Zadeh. Trải qua một thời gian dài nó đã thu hút nhiều nhà khoa học và các kỹ sư trên khắp thế giới. Những năm cuối thập niên 1980s, logic mờ bắt đầu được ứng dụng trong thực tiễn. Từ đó, nó mở ra một lĩnh vực mới trong kỹ thuật điều khiển tự động, đó là điều khiển mờ. Ưu điểm cơ bản của điều khiển mờ so với các phương pháp điều khiển kinh điển là không nhất thiết phải biết trước thông tin, đặc tính của đối tượng một cách chính xác, nhưng vẫn có thể tổng hợp được bộ điều khiển.

Ngày nay bộ điều khiển mờ được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực. Chẳng hạn, trong các sản phẩm tiêu dùng, nó được áp dụng để điều khiển máy giặt, nồi cơm điện hay máy quay phim. Trong công nghiệp, nó được dùng để kiểm soát các lò nhiệt, xe điện hay robot... Bộ điều khiển mờ hoạt động dựa trên các luật điều khiển mờ, được xây dựng dựa theo ngôn ngữ tự nhiên và khả năng tư duy của con người. Do vậy, điều khiển mờ có thể xem là một nhánh của điều khiển thông minh.

Ở Việt Nam, logic mờ cũng được quan tâm từ rất sớm. Tài liệu về điều khiển mờ hiện được công bố nhiều bằng tiếng Việt. Đồng thời, chúng ta dễ dàng tìm thấy nhiều tài liệu ngoại văn từ các diễn đàn, các trang web, các giáo trình, đến các sách chuyên khảo. Tuy nhiên, phần lớn tài liệu chính thống được trình bày khá nặng về lý thuyết và hàn lâm, gây khó khăn cho những người mới tiếp cận. Giáo trình “Điều khiển mờ” này mang đến một cách trình bày thân thiện hơn với người đọc. Trong đó, phần lý thuyết về điều khiển mờ sẽ không được đề cập sâu, mà nó hướng đến việc giúp cho người mới tìm hiểu có thể thiết kế và thực nghiệm được các kỹ thuật điều khiển mờ. Trong môi trường MATLAB/Simulink, người đọc có thể tham khảo các mã nguồn dựng sẵn để thiết kế và mô phỏng được các bộ điều khiển mờ một cách dễ dàng. Ngoài ra, giáo trình cũng cung cấp phần thực hành trên thiết bị, nhưng đòi hỏi phải triển khai tại phòng thí nghiệm.

Giáo trình này được biên soạn nhằm cung cấp cho sinh viên một tài liệu dễ theo dõi, phục vụ giảng dạy học phần Điều khiển mờ (CT398) trong chương trình đào tạo bậc đại học tại Khoa Công Nghệ, Trường Đại học Cần Thơ. Ngoài ra, nó còn có thể là một tài liệu hữu ích cho bạn đọc.

NHÓM TÁC GIẢ

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1 GIỚI THIỆU	1
1.1 DẪN NHẬP	1
1.2 LOGIC MỜ	1
1.3 BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CƠ BẢN	3
1.3.1 Bộ điều khiển mờ SISO	3
1.3.2 Bộ điều khiển mờ MISO	4
1.4 CẢI THIỆN BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CƠ BẢN	8
1.5 ỨNG DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ	9
1.6 THỰC HÀNH	10
BÀI TẬP	11
CHƯƠNG 2 LOGIC MỜ	14
2.1 LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA LOGIC MỜ	14
2.2 CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN	15
2.2.1 Tập kinh điển	15
2.2.2 Tập mờ	16
2.3 CÁC PHÉP TOÁN TRÊN TẬP MỜ	20
2.3.1 Phép hợp	20
2.3.2 Phép giao	22
2.3.3 Phép bù	24
2.4 MỜ HÓA	24
2.4.1 Biến ngôn ngữ và giá trị biến ngôn ngữ	24
2.4.2 Mờ hóa	25
2.5 LUẬT MỜ	27
2.5.1 Mệnh đề mờ	27
2.5.2 Luật mờ	28

2.6	SUY DIỄN MỜ	31
2.6.1	Suy diễn mờ MAX-MIN	31
2.6.2	Suy diễn mờ MAX-PROD	35
2.7	GIẢI MỜ	38
2.7.1	Phương pháp cực đại	38
2.7.2	Phương pháp điểm trọng tâm	40
	BÀI TẬP	42
	CHƯƠNG 3 ĐIỀU KHIỂN MỜ	45
3.1	NGUYÊN TẮC ĐIỀU KHIỂN MỜ	45
3.1.1	Bạn đã thực hiện điều khiển mờ hằng ngày?	45
3.1.2	Bạn đã thực hiện điều khiển mờ hằng ngày?	46
3.2	THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CƠ BẢN SISO	47
3.2.1	Định nghĩa bài toán	47
3.2.2	Phương pháp thiết kế	48
3.3	THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CƠ BẢN MISO	59
3.3.1	Định nghĩa bài toán	59
3.3.2	Phương pháp thiết kế	61
	BÀI TẬP	74
	CHƯƠNG 4 CẢI THIẾN CHẤT LƯỢNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ	77
4.1	NHẮC LẠI ĐIỀU KHIỂN PID	77
4.2	ĐIỀU KHIỂN TỶ LỆ MỜ FP	78
4.3	ĐIỀU KHIỂN VI PHÂN TỶ LỆ MỜ FPD	82
4.4	ĐIỀU KHIỂN TÍCH PHÂN TỶ LỆ MỜ FPI	86
4.5	ĐIỀU KHIỂN MỜ TĂNG CƯỜNG	88
4.6	ĐIỀU KHIỂN VI PHÂN TỶ LỆ MỜ + TÍCH PHÂN	90
4.7	ĐÁNH GIÁ CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CẢI TIẾN	92
	BÀI TẬP	94

CHƯƠNG 5 ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN MỜ	95
5.1 ĐIỀU KHIỂN MỜ HỆ THỐNG ĐÈN GIAO THÔNG	95
5.1.1 Định nghĩa bài toán	95
5.1.2 Ước lượng mật độ xe	95
5.1.3 Thiết kế bộ điều khiển mờ	98
5.1.4 So sánh giữa hai độ chế định thời và thông minh	100
5.2. ĐIỀU KHIỂN MỜ THIẾT BỊ RT0X0	101
5.2.1 Định nghĩa bài toán	102
5.2.2 Thiết kế bộ điều khiển PI mờ	102
5.3 THỰC NGHIỆM ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ RT0X0	108
5.3.1 Điều khiển mờ hệ ổn định mực chất lỏng RT010	108
5.3.2 Điều khiển mờ hệ ổn định lưu lượng RT020	109
5.3.3 Điều khiển mờ hệ ổn định áp suất RT030	111
CHƯƠNG 6 THỰC HÀNH	114
BÀI 1. ĐIỀU KHIỂN MỜ HỆ RT010	116
BÀI 2. ĐIỀU KHIỂN MỜ HỆ RT020	121
BÀI 3. ĐIỀU KHIỂN MỜ HỆ RT030	126
BÀI 4. ĐIỀU KHIỂN MỜ HỆ RT040	131
TÀI LIỆU THAM KHẢO	136
PHỤ LỤC	139

CHƯƠNG 1

GIỚI THIỆU

Ngày nay bộ điều khiển mờ được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực. Trong các sản phẩm tiêu dùng, nó được áp dụng để điều khiển máy giặt, nồi cơm điện hay máy quay phim. Trong công nghiệp, nó được dùng để kiểm soát các lò nhiệt, xe điện hay robot... Bộ điều khiển mờ hoạt động dựa trên các luật điều khiển mờ, được xây dựng dựa theo ngôn ngữ tự nhiên và khả năng tư duy của con người. Do vậy, điều khiển mờ có thể xem là một nhánh của điều khiển thông minh.

Tài liệu về điều khiển mờ hiện được công bố nhiều và dễ dàng tìm thấy từ các diễn đàn, các trang web, các giáo trình đến các sách chuyên khảo. Tuy nhiên, phần lớn các giáo trình và sách chính thống được trình bày khá nặng về lý thuyết và hàn lâm, làm cho người đọc khó tiếp cận. Trong phạm vi giáo trình này, phần lý thuyết về điều khiển mờ sẽ không được đề cập sâu và nội dung của giáo trình hướng đến việc giúp cho người mới tìm hiểu có thể thiết kế và thực nghiệm được các kỹ thuật điều khiển mờ. Nhiều mã chương trình ví dụ được cung cấp để giúp người đọc có thể thiết kế và mô phỏng các bộ điều khiển mờ trong môi trường MATLAB/Simulink. Ngoài ra, giáo trình cũng cung cấp phần thực hành trên thiết bị, đòi hỏi phải triển khai tại phòng thí nghiệm.

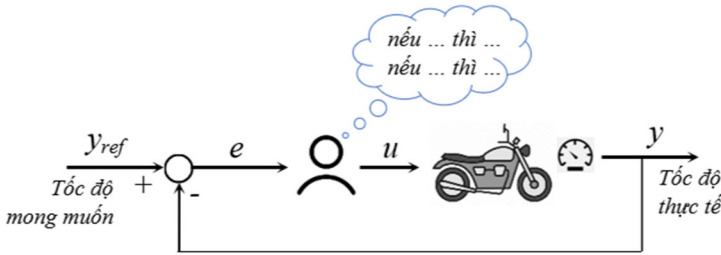
1.1 DẪN NHẬP

Hằng ngày, chúng ta điều khiển xe gắn máy trên đường, phải chăng chúng ta đã thực hiện việc điều khiển mờ tốc độ xe một cách vô thức? Thật vậy, giả sử ta mong muốn giữ ổn định tốc độ xe ở một giá trị nào đó (Hình 1.1). Nếu vận tốc xe hiện tại *“hơi chậm”* hơn vận tốc mong muốn thì ta điều chỉnh ga *“hơi tăng”* một chút. Nếu vận tốc xe hiện tại *“hơi nhanh”* hơn vận tốc mong muốn thì ta điều chỉnh ga *“hơi giảm”* một chút. Nếu vận tốc xe hiện tại *“bằng”* vận tốc mong muốn thì ta *“giữ nguyên”* ga. Các phát biểu *“nếu ... thì ...”* này được xem là các luật điều khiển mờ.

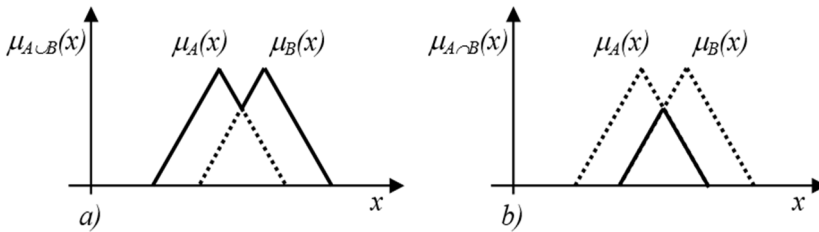
1.2 LOGIC MỜ

Các khái niệm về logic mờ và các cơ sở toán học logic sẽ được trình bày ở Chương 2 của giáo trình. Ở đó, chúng ta sẽ đi từ các phép toán trên tập kinh điển (tập rõ) đến các phép toán trên tập mờ. Hai phép toán thông dụng

trên tập mờ là phép hợp và phép giao. Mỗi phép toán lại có nhiều công thức để xác định, tuy nhiên, chúng ta sẽ tập trung nhiều vào phép hợp theo luật MAX và phép giao theo luật MIN, như minh họa trên Hình 1.2.



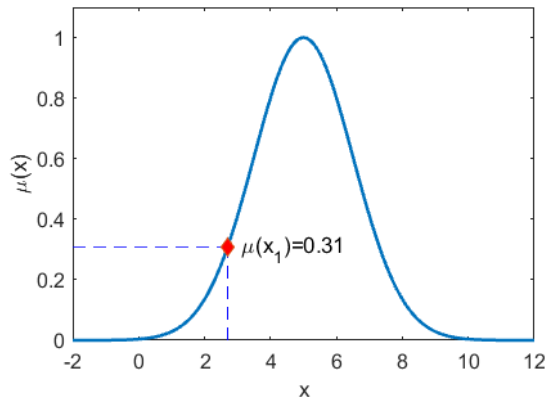
Hình 1.1 Minh họa điều khiển mờ trong cuộc sống



Hình 1.2 Phép toán thông dụng trên tập mờ: a) phép hợp theo luật MAX, b) phép giao theo luật MIN

Ngoài ra, một số lệnh cơ bản của “Fuzzy Logic Toolbox” của MATLAB cũng được sử dụng để minh họa cho việc tính toán trên các tập mờ. Chẳng hạn, ta có thể sử dụng Code_C11 để vẽ một tập mờ và xác định độ phụ thuộc tương ứng tại điểm đang xét, như Hình 1.3.

```
% Code_C11: Xác định độ phụ thuộc tập mờ Gauss
% by ncngon@ctu.edu.vn
x = [-2:0.1:12]';
mf = fismf(@gaussmf,[1.5 5]);
y = evalmf(mf,x);
x1 = 2.7; % điểm đang xét
y1 = evalmf(mf,x1); % độ phụ thuộc tại x1
plot(x,y,'linewidth',1.5)
axis([-2,12,0,1.1])
hold on, plot([x1,x1],[0,y1],'--b',[x(1),x1],[y1,y1],'--b');
plot(x1,y1,'d','markerfacecolor','r');
text(3.1,0.3,['\mu(x_1)=',num2str(round(y1,2))])
xlabel('x'), ylabel('\mu(x)')
```



Hình 1.3 Xác định độ phụ thuộc tập mờ Gauss

1.3 BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CƠ BẢN

Các kỹ thuật thiết kế bộ điều khiển mờ cơ bản sẽ được trình bày ở Chương 3. Đây cũng là chương trọng tâm của giáo trình, với kỳ vọng người đọc có thể tham khảo để tự thiết kế và mô phỏng được bộ điều khiển mờ SISO (single input single output) và bộ điều khiển mờ MISO (multiple input single output).

1.3.1 Bộ điều khiển mờ SISO

Bộ điều khiển mờ SISO có ngõ vào là sai biệt e giữa tín hiệu tham khảo và đáp ứng của đối tượng, ngõ ra là tín hiệu điều khiển u (Hình 1.4). Để thiết kế bộ điều khiển mờ SISO, ta sẽ tìm hiểu 6 bước cơ bản, gồm:

- Bước 1: Xác định giới hạn của các biến ngôn ngữ vào/ra của bộ điều khiển mờ.
- Bước 2: Mờ hóa các biến ngôn ngữ vào/ra.
- Bước 3: Lập luật điều khiển.
- Bước 4: Chọn cơ chế suy diễn mờ.
- Bước 5: Chọn phương pháp giải mờ.
- Bước 6: Mô phỏng kiểm chứng.

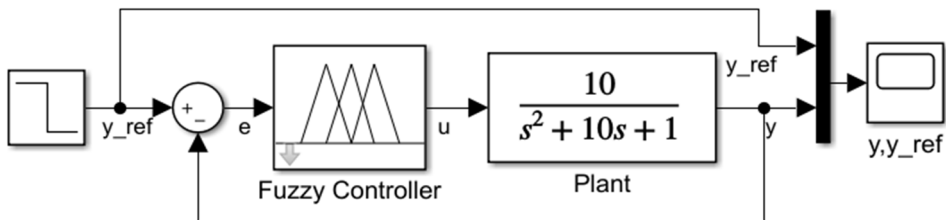
Trong mỗi bước triển khai, phần lý thuyết sẽ được giới thiệu và phần thực nghiệm sẽ được minh họa cụ thể thông qua mô phỏng. Người đọc nên dựa theo các minh họa trong giáo trình để thực hiện lại các bước này, nhằm từng bước tiếp cận bộ điều khiển mờ.

Để làm quen với bộ điều khiển mờ SISO, ta tiến hành mô phỏng trên MATLAB bộ điều khiển đã được dựng sẵn. Từ MATLAB, sau khi đặt đúng đường dẫn, ta tiến hành nạp bộ điều khiển mờ SISO vào bộ nhớ, thông qua việc chạy Code_C12 sau:

```
% Code_C12 - Mô phỏng bộ điều khiển mờ SISO
% Nạp bộ điều khiển đã thiết kế vào bộ nhớ
% lưu ý đặt đúng đường dẫn

SISOfis = readfis('Code_C13_SISOfis.fis')
```

Sau khi chạy Code_C12, bộ điều khiển được nạp vào bộ nhớ có tên là SISOfis – đây là bộ điều khiển mờ được dựng sẵn trong Code_C13. Để tiến hành mô phỏng bộ điều khiển, ta tiếp tục mở Code_C14, để nạp mô hình điều khiển vòng kín cho đối tượng có hàm truyền đơn giản, như minh họa trên Hình 1.4.



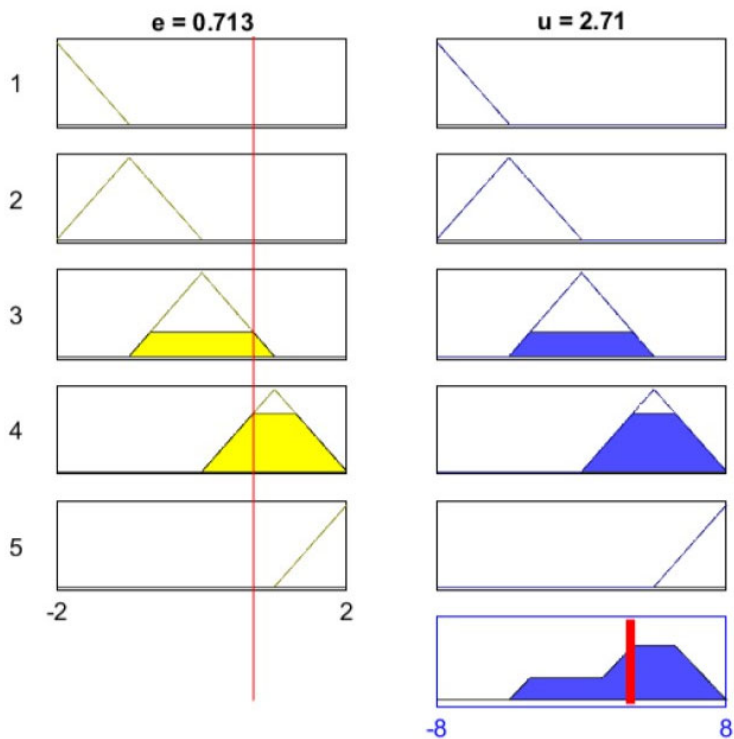
Hình 1.4 Mô phỏng bộ điều khiển mờ SISO (Code_C14)

Thực hiện mô phỏng sơ đồ Hình 1.4, một cửa sổ minh họa quá trình suy diễn và giải mờ sẽ hiện ra như Hình 1.5. Cửa sổ này minh họa cho ta thấy ứng với một giá trị ngõ vào e , thì bộ điều khiển mờ sẽ cung cấp một giá trị điều khiển u , tác động lên đối tượng, nhằm kéo đáp ứng y của đối tượng nhanh chóng đạt được giá trị tham khảo y_{ref} . Đáp ứng y và tín hiệu tham khảo y_{ref} được thể hiện trên Hình 1.6.

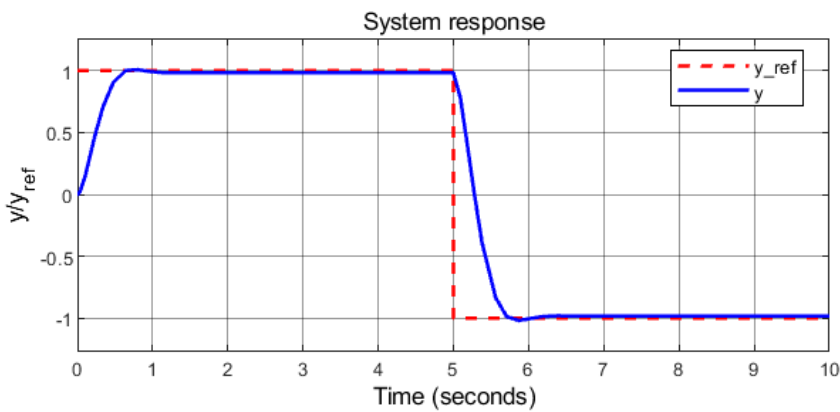
1.3.2 Bộ điều khiển mờ MISO

Quá trình thiết kế bộ điều khiển mờ MISO cũng đòi hỏi trải qua 6 bước cơ bản, tương tự như thiết kế bộ điều khiển mờ SISO. Tuy nhiên, việc thiết kế phức tạp hơn, do bộ điều khiển này tăng cường thêm một ngõ vào de , là đạo hàm của sai biệt e (Hình 1.7). Khó khăn nhất của các bước thiết kế bộ điều khiển mờ MISO là khâu lý luận để xây dựng luật điều khiển. Nội dung

này sẽ được trình bày chi tiết trong Chương 3, cùng với các ví dụ minh họa để người đọc dễ tiếp cận.



Hình 1.5 Suy diễn và giải mờ SISO



Hình 1.6 Đáp ứng của bộ điều khiển mờ SISO