

# NHẬN DẠNG MÔ HÌNH HỆ DỰA TRÊN LUẬT SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ

VŨ NHƯ LÂN, NGUYỄN TIẾN DUY

## I. MỞ ĐẦU

Trong thời gian gần đây, lí thuyết đại số gia tử [1, 2] đã chứng tỏ khả năng ứng dụng có hiệu quả trong lĩnh vực điều khiển [3]. Một lớp bài toán khá rộng liên quan đến điều khiển là lớp bài toán nhận dạng mô hình. Đặc điểm quan trọng của quá trình nhận dạng mô hình là “khả năng xấp xỉ mô hình” trên cơ sở thông tin của cặp Đầu vào - Đầu ra. Đối với mô hình dựa trên luật, các phương pháp nhận dạng mô hình truyền thống không còn sử dụng được nữa, đơn giản vì cặp Đầu vào - Đầu ra không phải là những số liệu định lượng cụ thể, mà là một hệ luật được xây dựng từ tri thức, hiểu biết đầy trực cảm của con người. Để vượt qua khó khăn này, lí thuyết mờ đã mô phỏng tri thức định tính thông qua khái niệm “tập mờ”. Như vậy, đối với bài toán nhận dạng mô hình sử dụng tiếp cận mờ, cần phải chọn dạng hàm thuộc và tham số hóa một cách hợp lí. Giải pháp này khá công kênh và bị gán cứng vào một loại hàm thuộc được chọn ban đầu. Hơn thế nữa, điều khó nhất là phải chọn được phép kéo theo mờ hợp lí và một chiến lược giải mờ đủ tốt để có thể nhận được kết quả như mong muốn. Những bước thực hiện này luôn kèm theo rất nhiều “rủi ro” và có thể dẫn đến những sai lầm nghiêm trọng do hiệu ứng “không chính” gây ra cho loại bài toán ngược như nhận dạng mô hình. Vì vậy, khi nào tiếp cận mờ còn chưa giải quyết được những vướng mắc nêu trên, khi đó còn chưa có được tính thuyết phục thực sự liên quan đến “tính thực tế” của nó đối với nhiều vấn đề ứng dụng nói chung và bài toán nhận dạng mô hình nói riêng. Muốn vượt qua thách thức này cần phải xây dựng được một lí thuyết cho phép xử lí chính xác các mô hình định tính mà không bị ảnh hưởng bởi hậu quả của việc sử dụng tập mờ và vẫn có khả năng mô phỏng tốt tính bất định, mơ hồ, không chắc chắn... hàm chứa trong tri thức và hiểu biết thông qua ngôn ngữ của con người. Có thể lí thuyết đại số gia tử đáp ứng được yêu cầu khắt khe này chăng? Đây là một câu hỏi hiện đang chờ câu trả lời. Tuy nhiên, qua các kết quả ứng dụng cụ thể đã và đang được thực hiện [3], có thể hi vọng rằng câu trả lời sẽ mang tính tích cực. Riêng đối với bài toán nhận dạng mô hình, lí thuyết đại số gia tử sẽ giải quyết như thế nào và liệu có thể tốt hơn so với tiếp cận mờ hay không? Đây cũng là mục đích nghiên cứu chính của bài báo.

Nội dung bài báo được trình bày như sau: Mục 2 mô tả bài toán đặt ra về nhận dạng mô hình hệ dựa trên luật. Mục 3 tóm tắt cách giải quyết bài toán nêu ra cho một mô hình hệ phi tuyến cụ thể dựa trên luật với tiếp cận mờ [4]. Trong mục này, đồng thời đưa ra phương pháp mới nhận dạng mô hình hệ dựa trên luật sử dụng đại số gia tử. Cuối mục 3 là phần so sánh hai phương pháp nêu trên để thấy rõ khả năng nhận dạng mô hình phi tuyến dựa trên luật của phương pháp đề xuất.

## II. ĐẶT BÀI TOÁN NHẬN DẠNG MÔ HÌNH HỆ DỰA TRÊN LUẬT

Xét hệ  $n$  đầu vào 1 đầu ra với tri thức về hệ thống được biết dưới dạng tập hợp các luật  $R$  ( $r$ ) có dạng sau:

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1(r) \text{ and } x_2 \text{ is } A_2(r) \dots \text{and } x_n \text{ is } A_n(r) \text{ THEN } y = B(r) \quad (1)$$

trong đó  $x_i, i = 1, 2, \dots, n$  là các giá trị đầu vào;  $y$  là giá trị đầu ra;  $A_i(r)$  là tập mờ của biến ngôn ngữ đầu vào  $i$  trong luật thứ  $r, r = 1, 2, \dots, m$ ;  $B(r)$  là tập mờ của biến ngôn ngữ đầu ra trong luật thứ  $r$ .

Tập luật đảm bảo 3 tính chất sau đây:

- a) Tính đủ: Với 1 điểm  $x_i$  phải có ít nhất 1 luật hoạt động.
- b) Tính nhất quán: Không có 2 luật nào có cùng phần IF nhưng phần THEN lại khác nhau.
- c) Tính liên tục: Không có phần THEN nào trống.

Với điều kiện ban đầu  $x_0$ , vấn đề đặt ra là nhận dạng mô hình hệ dựa trên luật sao cho sai số giữa đầu ra mô hình và đầu ra tính toán được trên cơ sở tập luật nêu trên nhỏ hơn một ngưỡng nào đó cho trước.

### III. NHẬN DẠNG MÔ HÌNH HỆ DỰA TRÊN LUẬT

#### 1. Nhận dạng mô hình hệ dựa trên luật sử dụng tiếp cận mờ

Quá trình nhận dạng hệ dựa trên luật sử dụng tiếp cận mờ có thể tóm tắt như sau:

*Bước 1:* Mờ hóa không gian đầu vào, đầu ra: Xây dựng các phân hoạch đầu vào và đầu ra tương ứng với các biến ngôn ngữ.

*Bước 2:* Xây dựng hệ luật cho FAM (Fuzzy Associative Memory) từ tri thức về hệ thống.

*Bước 3:* Giải mờ từ điều kiện ban đầu và FAM, tính toán đầu ra rõ.

Để thấy rõ bản chất vấn đề và không mất tính tổng quát, xét bài toán trong [4] về nhận dạng mô hình hệ phi tuyến dựa trên luật có dạng 1 đầu vào 1 đầu ra sau đây:

$$y = 10\sin(x). \quad (2)$$

Với điều kiện ban đầu

$$x_0 = (-135^\circ, -45^\circ, 45^\circ, 135^\circ). \quad (3)$$

Tri thức về hệ thống được cho dưới dạng 4 luật trong bảng 1 như sau:

Bảng 1. 4 luật đơn giản đối với (1)

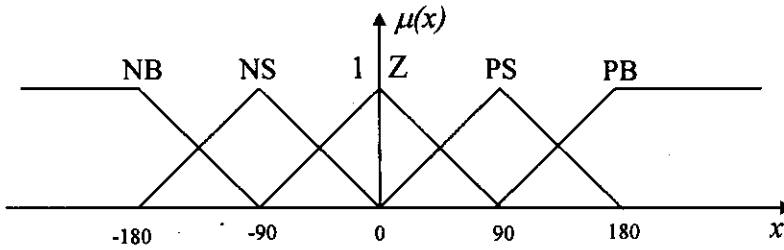
Luật 1	IF x is Z or PB, THEN y is Z
Luật 2	IF x is PS THEN y is PB
Luật 3	IF x is Z or NB, THEN y is Z
Luật 4	IF x is NS THEN y is NB

trong đó: NB – Negative Big; NS – Negative Small; Z – Zero; PS – Positive Small và PB – Positive Big.

Bài toán được giải quyết như sau [4]:

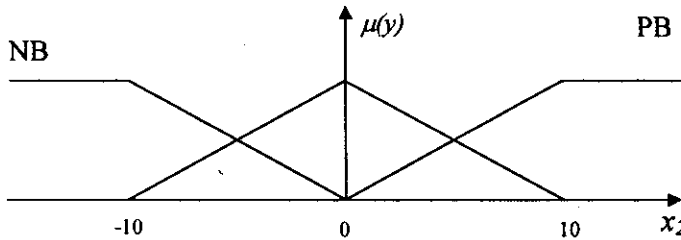
*Bước 1:* Mờ hóa tập nền đối với biến vào  $x$  trên khoảng  $[-180^\circ, 180^\circ]$  và tập nền đối với biến ra  $y$  trên khoảng  $[-10, 10]$ .

Phân hoạch không gian đầu vào thành 5 đoạn với 5 tập mờ tương ứng: NB, NS, Z, PS và PB như hình 1.



Hình 1. Phân hoạch đầu vào  $x$

Phân hoạch không gian đầu ra thành 3 đoạn với 3 tập mờ tương ứng: NB, Z và PB như hình 2.



Hình 2. Phân hoạch đầu ra  $y$

**Bước 2:** Xác định FAM từ 4 luật của bảng 1 và tổng hợp vào bảng 2.

Bảng 2. FAM đối với 4 luật

$x$	NB	NS	Z	PS	PB
$y$	Z	NB	Z	PB	Z

**Bước 3:** Trên cơ sở điều kiện ban đầu xo tính toán đầu ra rõ được thực hiện theo phương pháp giải mờ trọng tâm và kết quả nhận được trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả nhận dạng mô hình dựa trên luật  $y = 10 \sin(x)$  của tiếp cận mờ

$x^\circ$	$-135^\circ$	$-45^\circ$	$45^\circ$	$135^\circ$
$y$	-7	-7	7	7

## 2. Nhận dạng mô hình dựa trên luật sử dụng tiếp cận đại số gia tử

Tiếp cận đại số gia tử là tiếp cận mới cho bài toán nhận dạng mô hình dựa trên luật. Quá trình nhận dạng mô hình được thể hiện qua các bước sau:

**Bước 1:** Chọn bộ tham số gốc với các gia tử và gán ngữ nghĩa hợp lí cho giá trị của các biến ngôn ngữ vào và biến ngôn ngữ ra.

**Bước 2:** Xây dựng ngữ nghĩa đầu vào và ngữ nghĩa đầu ra từ không gian đầu vào và không gian đầu ra tương ứng.

**Bước 3:** Trên cơ sở FAM, xây dựng SAM ( Simantic Associative Memory ) và đường cong ngữ nghĩa định lượng theo các luật – điểm ngữ nghĩa.

**Bước 4:** Sử dụng điều kiện ban đầu và đường cong ngữ nghĩa định lượng, tính toán các giá trị đầu ra.

Đối với mô hình  $y = 10\sin(x)$  với FAM được biết tại bảng 2 bài toán nhận dạng mô hình dựa trên luật sử dụng tiếp cận đại số gia tử được giải quyết như sau:

**Bước 1:** Chọn bộ tham số gốc  $C = \{ 0, \text{Small}, \theta, \text{Big}, 1 \}$ ;  $\theta = 0,5$ ;  $\alpha = \beta = 0,5$ ;

Như vậy  $fm(\text{Small}) = \theta = 0,5$ ;  $fm(\text{Big}) = 1 - fm(\text{Small}) = 0,5$ .

**Bước 2:** Ngữ nghĩa được gán cho các biến ngôn ngữ vào và biến ngôn ngữ ra như sau:

NB = Absolute Small (AS); NS = Small (S); Z = Medium (M); PS = Big (B) và

PB = Absolute Big (AB).

Từ lí thuyết đại số gia tử [1, 2] tính được các giá trị ngữ nghĩa định lượng sau đây:

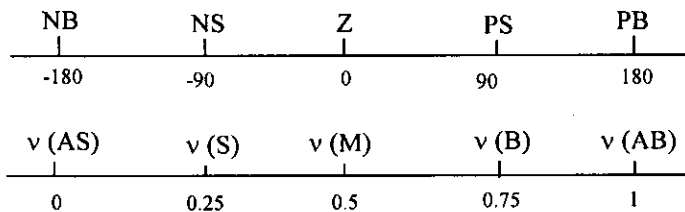
$$v(S) = v(\text{Small}) = \theta - \alpha fm(\text{Small}) = 0,25$$

$$v(B) = v(\text{Big}) = \theta + \alpha fm(\text{Big}) = 0,75.$$

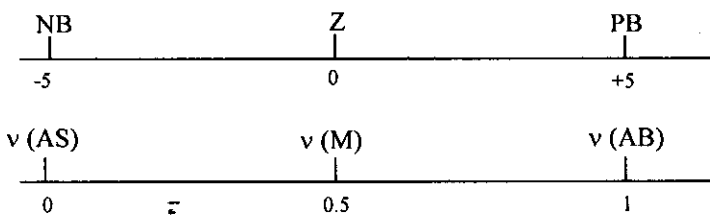
Lưu ý rằng:  $v(M) = v(\text{Medium}) = 0,5$ ;  $v(AS) = v(\text{Absolute Small}) = 0$  và

$$v(AB) = v(\text{Absolute Big}) = 1.$$

Các kết quả của bước 1 và bước 2 được thể hiện trên hình 3 và hình 4



Hình 3. Ngữ nghĩa đầu vào  $x_s$



Hình 4. Ngữ nghĩa đầu ra  $y_s$

**Bước 3:** Xây dựng SAM từ hệ luật FAM và luật - điểm này được tập hợp vào bảng 4.

Bảng 4. Hệ luật SAM

$x_s$	0,00	0,25	0,50	0,75	0,50
$y_s$	0,50	0,00	0,50	1,00	0,50

**Bước 4:** Các giá trị đầu ra được tính toán trên cơ sở đường cong ngữ nghĩa định lượng xây dựng được ở bước 3 với điều kiện ban đầu  $x_0$ . Để xem xét khả năng nhận dạng mô hình của phương pháp đề xuất, các đường cong ngữ nghĩa định lượng C1, C2, C12 lần lượt được xây dựng như trên hình 5. Trong đó:

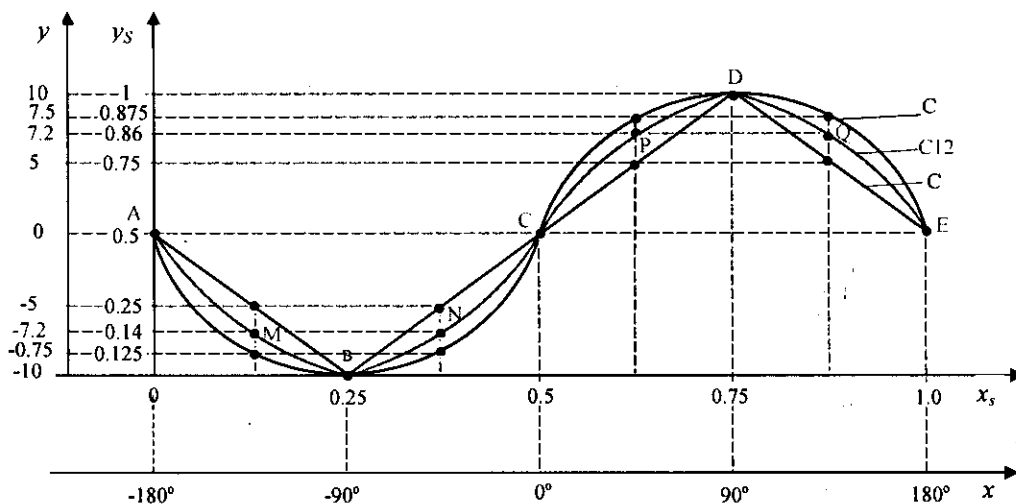
C1 gồm 4 đoạn tuyến tính đi qua 4 cặp luật – điểm AB, BC, CD, DE;

C2 gồm 2 đường cong parabol đi qua 2 bộ ba luật – điểm ABC, CDE ( ví dụ đường parabol đi qua ABC có dạng  $y_s = 8x_s^2 - 4x_s + 0,5$ );

C12 gồm 4 đường cong parabol đi qua 4 bộ ba luật – điểm AMB, BNC, CPD và DQE. Ngữ nghĩa các luật điểm trên các đường cong ngữ nghĩa định lượng được tổng hợp tại bảng 5. Toàn bộ kết quả tính toán đầu ra mô hình được đúc kết trong bảng 6 và được so sánh với tiệm cận mờ. Tọa độ ngữ nghĩa các luật điểm được tập hợp vào bảng 5.:

**Bảng 5.** Ngữ nghĩa các luật điểm trên các đường cong ngữ nghĩa định lượng

	A	M	B	N	C	P	D	Q	E
$x_s$	0,00	0,125	0,25	0,375	0,50	0,625	0,75	0,875	1,00
$y_s$	0,50	0,14	0,00	0,14	0,50	0,86	1,00	0,86	0,50



**Hình 5.** Các đường cong ngữ nghĩa định lượng C1, C2, C12

**Bảng 6.** So sánh tiếp cận mờ và tiếp cận đại số gia tử trong bài toán nhận dạng mô hình phi tuyến dựa trên luật  $y = 10 \sin x$ .

	Phương pháp dùng đại số gia tử							Phương pháp mờ [4]	Mô hình thực
		C1		C2		C12			
x	$x_s$	$y_s$	y	$y_s$	y	$y_s$	y	yf	$10 \sin x$
$-135^\circ$	0,125	0,25	-5	0,125	-7,5	0,14	-7,2	-7,0	-7,14
$-45^\circ$	0,375	0,25	-5	0,125	-7,5	0,14	-7,2	-7,0	-7,14
$45^\circ$	0,625	0,75	5	0,875	7,5	0,86	7,2	7,0	7,14
$135^\circ$	0,875	0,75	5	0,875	7,5	0,86	7,2	7,0	7,14

Như vậy, độ chính xác của quá trình nhận dạng mô hình bằng tiệm cận đại số gia từ phụ thuộc vào việc chọn dạng đường cong ngữ nghĩa định lượng. Các đường cong C1, C2 là những đường cong chưa phù hợp với bài toán nhận dạng mô hình cụ thể nêu trên và kết quả thu được tồi hơn so với phương pháp mờ. Nhưng đường cong ngữ nghĩa C12 cho phép nhận dạng mô hình phi tuyến  $y = 10\sin x$  tốt hơn so với tiệm cận mờ truyền thống [4].

#### IV. KẾT LUẬN

Nhận dạng mô hình là lớp bài toán khá rộng liên quan chặt chẽ với bài toán điều khiển. Sử dụng phương pháp đại số gia từ giải quyết lớp bài toán này là một tiếp cận mới nhằm tìm hiểu khả năng nhận dạng mô hình phi tuyến dựa trên luật và so sánh với phương pháp sử dụng tiếp cận mờ truyền thống để thấy rõ tính ưu việt cũng như hạn chế của phương pháp đề xuất. Qua ví dụ nhận dạng một mô hình phi tuyến, có thể thấy rằng: Tiệm cận đại số gia từ sẽ cho kết quả tốt hơn tiếp cận mờ [4] khi xây dựng được dạng đường cong ngữ nghĩa định lượng hợp lí. Từ đây có thể tiến đến việc giải bài toán nhận dạng tối ưu mô hình.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. N. C. Ho, W. Wechler - Hedge algebras: An algebraic approach to structure of sets linguistic truth values, Fuzzy set and systems **35** (1990) 281-293
2. N. C. Ho, W. Wechler - Extended hedge algebras and their application to fuzzy logic, Fuzzy set and systems **52** (1992) 259-281
3. N. C. Ho, V. N. Lan, V. C. Hung, and D. T. Phu - Application of hedge algebras to fuzzy control problems, Advances in Natural Sciences **5** (3) (2004) 217-232.
4. T. J. Ross - Fuzzy logic with Engineering applications, International Edition 1997, McGraw-Hill, Inc.

#### SUMMARY

##### IDENTIFICATION OF THE RULE – BASED SYSTEMS USING HEDGE ALGEBRAS

It is well known that the fuzzy logic is a key element in the identification problems of the nonlinear systems, behaviour of which described by integration of human knowledge. However, the using fuzzy approach can lose the intuition and face with many difficulties to determine the correspondent implication and the correct defuzzification strategy. In this paper, we introduce a technique of the hedge algebras for the identification problems of rule - based systems. The advantage of the approach using hedge algebras is the simplicity of the identification procedure. A simple example is used to demonstrate the identification feasibility of the new approach in comparing with the fuzzy approach.

*Địa chỉ:*

*Nhận bài ngày 9 tháng 6 năm 2006*

Vũ Như Lâm, Viện Công nghệ thông tin

Nguyễn Tiến Duy, Đại học Công nghiệp Thái Nguyên.