

PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN DỰA VÀO VIỆC ĐỊNH LƯỢNG ĐẠI SỐ GIA TỬ VỚI BẢNG SAM CÓ ĐIỀU KIỆN

NGUYỄN DUY MINH¹, VŨ NHƯ LÂN²

¹*Khoa Công nghệ thông tin - Đại học Thái Nguyên*

²*Viện Công nghệ thông tin, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

Abstract. In this paper, we propose a new SAM (Semantic Associative Memory), called conditional SAM table, which is constrained by quantitative dynamic behaviours of the object as well as by quantitative relationships between input variables of the aircraft landing control problem. To meet such constraints, the new semantic parameters of control force denoted by $\Delta fs1$ and $\Delta fs2$ are introduced to the conditional SAM table. Thus, quantified semantic curves simulate the dynamical semantic systems. We show that, in the aircraft landing control problem, the error of HAC with the new conditional SAM table is much smaller than the error caused by the classic fuzzy controller after 4 control cycles.

Tóm tắt. Trong bài báo này, chúng tôi xem xét một loại bảng SAM mới gọi là bảng SAM có điều kiện, đồng thời thỏa mãn động học định tính và quan hệ định tính giữa các đầu vào của đối tượng điều khiển. Để thỏa mãn các ràng buộc đó, các tham số ngữ nghĩa mới $\Delta fs1$ và $\Delta fs2$ được đưa vào bảng SAM có điều kiện. Như vậy, đường cong ngữ nghĩa định lượng là đường cong mô phỏng hệ ngữ nghĩa động học. Kết quả điều khiển cho thấy rằng sau 4 chu kỳ điều khiển, sai số của bộ điều khiển dựa trên đại số gia tử với bảng SAM có điều kiện nhỏ hơn rất nhiều so với sai số của bộ điều khiển mờ kinh điển.

1. MỞ ĐẦU

Những nghiên cứu gần đây [3, 4, 5] cho thấy công cụ đại số gia tử [1, 2] có ý nghĩa rất lớn khi sử dụng cho các bài toán điều khiển. Trong các bài toán điều khiển thường hay có một số ràng buộc điển hình như:

- Ràng buộc giữa các biến Vào và các biến Ra được thể hiện bằng phương trình động học của đối tượng điều khiển.
- Ràng buộc giữa các biến Vào.

Những ràng buộc trên không được thể hiện rõ trong bảng FAM (Fuzzy Associative Memory) của tiếp cận điều khiển mờ. Trong tiếp cận điều khiển sử dụng đại số gia tử, việc xây dựng đường cong ngữ nghĩa định lượng của bảng SAM (Semantic Associative Memory). Ở đây bảng SAM có thể cho phép thấy rõ có thỏa mãn hay không các ràng buộc nêu trên. Nếu bỏ qua những luật không thỏa mãn các ràng buộc ở trên thì bảng SAM sẽ có ít luật hơn, gọn hơn, đơn giản hơn và đặc biệt là hợp lý hơn. Như vậy từ những ràng buộc trên có thể xây dựng được một loại bảng SAM mới gọi là bảng SAM có điều kiện thỏa mãn các loại ràng buộc nêu trên. Đây sẽ là tính chất quan trọng khẳng định tình ưu việt của tiếp cận đại số

gia tử trong các ứng dụng so với tiếp cận mờ truyền thống.

Bài báo đề xuất một phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử với bảng SAM có điều kiện. Bảng SAM mới này cho phép giải quyết được một số ràng buộc trong bài toán điều khiển mờ truyền thống.

2. ĐIỀU KHIỂN DỰA VÀO VIỆC ĐỊNH LƯỢNG ĐẠI SỐ GIA TỬ VỚI BẢNG SAM CÓ ĐIỀU KIỆN

2.1. Thuật toán điều khiển sử dụng đại số gia tử

Mô hình mờ được biểu diễn thông qua bảng FAM (Fuzzy Associate Memory). Đại số gia tử cho phép biểu diễn ngữ nghĩa định lượng các giá trị ngôn ngữ của biến ngôn ngữ trong khoảng $[0,1]$ và mô hình mờ trên có thể được biểu diễn qua bảng SAM (Simanticization Associate Memory). Các bước của phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử như sau:

Bước 1: Xây dựng các đại số gia tử cho các biến ngôn ngữ.

Bước 2: Xác định các tham số (α, β, θ) của ánh xạ ngữ nghĩa định lượng cho các giá trị ngôn ngữ của các biến ngôn ngữ.

Bước 3: Xác định các giá trị ngữ nghĩa định lượng ứng với các tập mờ của từng biến ngôn ngữ, chuyển đổi bảng FAM sang bảng SAM.

Bước 4: Xây dựng khoảng xác định ngữ nghĩa định lượng của từng biến ngôn ngữ.

Bước 5: Xây dựng đường cong ngữ nghĩa định lượng trên cơ sở bảng SAM.

Bước 6: Xác định kết quả điều khiển dựa trên đường cong ngữ nghĩa định lượng.

2.2. Điều khiển sử dụng đại số gia tử với bảng SAM có điều kiện

Việc xây dựng đường cong ngữ nghĩa định lượng trong bài toán điều khiển đòi hỏi chuyển các tập mờ của bảng FAM sang các giá trị ngữ nghĩa định lượng của bảng SAM. Ở bảng SAM có thể cho phép thấy rõ có thoả mãn hay không một số ràng buộc điển hình trong bài toán điều khiển mờ truyền thống. Từ những ràng buộc trên có thể xây dựng một loại bảng SAM mới gọi là bảng SAM có điều kiện cho phép thoả mãn các loại ràng buộc trên, điều này được minh chứng qua việc ứng dụng cho bài toán điều khiển sau:

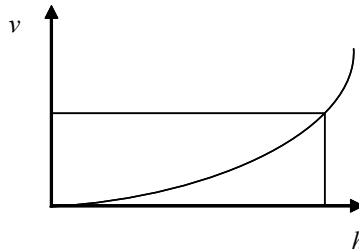
Bài toán. Xét bài toán điều khiển [6] có phương trình động học như sau:

$$h(i+1) = h(i) + v(i) \quad (2.1)$$

$$v(i+1) = v(i) + f(i) \quad (2.2)$$

trong đó, $v(i)$, $h(i)$ là các trạng thái tại thời điểm i , $f(i)$ là đại lượng điều khiển.

Quan hệ giữa các biến vào $v(i)$ và $h(i)$ có dạng parabol [6] như hình vẽ.



Hình 1. Quan hệ parabol giữa v và h

Miền giá trị của các biến ngôn ngữ được cho bởi các bảng sau.

Bảng 1. Giá trị ngôn ngữ của các biến ngôn ngữ

h	v	f
NZ - NearZero	DL - DownLarge	DL - DownLarge
S - Small	DS - DownSmall	DS - DownSmall
M - Medium	Z - Zero	Z -Zero
L - Large	US - UpSmall	US - UpSmall
	UL - UpLarge	UL - UpLarge

Bảng 2. Bảng FAM

Độ cao h	Tốc độ v				
	DL	DS	Z	US	UL
L	Z	DS	DL	DL	DL
M	US	Z	DS	DL	DL
S	UL	US	Z	DS	DL
NZ	UL	UL	Z	DS	DS

Rõ ràng trong bảng FAM không thấy rõ quan hệ định tính dạng parabol giữa v và h .

Để thấy rõ hiệu quả của phương pháp đề xuất, xét bài toán (2.1), (2.2) với điều kiện ban đầu $h(0) = 1000ft$; $v(0) = -20ft/s$, kết quả của hai phương pháp như sau:

Sử dụng phương pháp điều khiển mờ đối với bài toán trên (theo [6]) cho kết quả như trình bày tại Bảng 5.

Để sử dụng phương pháp đại số gia tử cho điều khiển, bộ tham số được chọn chung cho 3 biến h , v và f như sau:

$$C = \{0, Small, \theta, Large, 1\}; H^- = \{Little\} = \{h_{-1}\}; q = 1;$$

$$H^+ = \{Very\} = \{h_1\}; p = 1; \theta = 0,5; \alpha = \beta = 0,5;$$

$$\mu(Very) = 0,5 = \mu(h_1); \mu(Little) = 0,5 = \mu(h_{-1}).$$

Như vậy,

$$fm(Small) = \theta = 0,5;$$

$$fm(Large) = 1 - fm(Small) = 1 - 0,5 = 0,5.$$

Các giá trị ngữ nghĩa định lượng chung cho 3 biến h , v và f

- 1) $v(Small) = \theta - \alpha fm(Small) = 0,25$.
- 2) $v(Large) = \theta + \alpha fm(Large) = 0,75$.

Xây dựng các nhãn ngữ nghĩa tương ứng với các tập mờ

- Đối với h : NZ -Absolute Small, S - Small, M - Medium, L - Absolute Large.
- Đối với v : DL- Absolute Small, DS - Small, Z- Medium, US- Large, UL - Absolute Large.
- Đối với f : DL- Absolute Small, DS - Small, Z- Medium, US- Large, UL - Absolute Large.

Bảng SAM gốc (Bảng 3) được xây dựng từ Bảng FAM (Bảng 2). Kết quả chuyển đổi ngữ nghĩa định lượng của các biến vào/ra như sau:

Bảng 3. Bảng SAM gốc

$h_s \backslash v_s$	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
1.00	0.50	0.25	0.00	0.00	0.00
0.5	0.75	0.50	0.25	0.00	0.00
0.25	1.00	0.75	0.50	0.25	0.00
0.00	1.00	1.00	0.50	0.25	0.25

- Quỹ đạo parabol quan hệ giữa v và độ cao h , hàm chứa các tính chất sau đây:

T1/ 1 giá trị v chỉ tương ứng với 1 và chỉ 1 giá trị h .

T2/ Nếu v giảm dần (theo giá trị tuyệt đối) thì h cũng giảm dần.

- Phương trình động học (2.1), (2.2) (ràng buộc giữa các biến Vào và biến Ra) hàm chứa các tính chất sau đây:

T3/ 1 giá trị v và 1 giá trị h chỉ tương ứng với 1 và chỉ 1 giá trị f .

T4/ Nếu v giảm (theo giá trị tuyệt đối) kéo theo h giảm thì f cũng giảm.

T5/ $v(0)$ là giá trị lớn nhất và $h(0)$ là giá trị lớn nhất.

$v = 0$; $h = 0$ và $f = 0$ tương ứng với các giá trị nhỏ nhất.

Bảng FAM không thể hiện được những tính chất trên đây vì sử dụng tập mờ. Việc chuyển bảng FAM sang Bảng SAM (Bảng 3), do tính tương ứng 1:1 giữa giá trị thật của tập nền và giá trị ngữ nghĩa định lượng, nên có thể thấy rõ tính không nhất quán giữa các luật điều khiển và không thỏa mãn hai loại ràng buộc nêu trên.

Như vậy, Bảng SAM gốc không đảm bảo các tính chất nêu trên trong quan hệ giữa h , v và f cụ thể như sau:

a/ Từ T1 và T2: 1 giá trị v_s không thể tương ứng với 4 giá trị h_s (trong đó chỉ có 1 giá trị h_s là hợp lý).

b/ Từ T3: 1 giá trị ngữ nghĩa f_s (ví dụ $f_s = 0,5$) có ở 3 vị trí khác nhau, không thể tương ứng với 3 giá trị ngữ nghĩa v_s và h_s khác nhau (trong đó chỉ có 1 giá trị v_s và 1 giá trị h_s là hợp lý).

c/ Từ T4: v giảm theo giá trị tuyệt đối từ -20 đến 0 nhưng f tương ứng với f_s không đổi cho cả 3 trường hợp (lưu ý rằng $f_s = 0,50$ chỉ đúng với trường hợp $v = 0$ và $h = 0$).

Qua những phân tích trên, rõ ràng rằng cần phải xây dựng một loại Bảng SAM mới trên cơ sở Bảng SAM gốc để thỏa mãn được hai loại ràng buộc ban đầu. Bảng SAM như vậy được gọi là Bảng SAM có điều kiện.

Bảng 4. Bảng SAM có điều kiện

$h_s \backslash v_s$	0.00	0.25		0.50	0.75	1.00
1.00	$0.50 + \Delta f_s 1$					
0.50		$0.50 + \Delta f_s 2$				
0.25						
0.00				0.50		

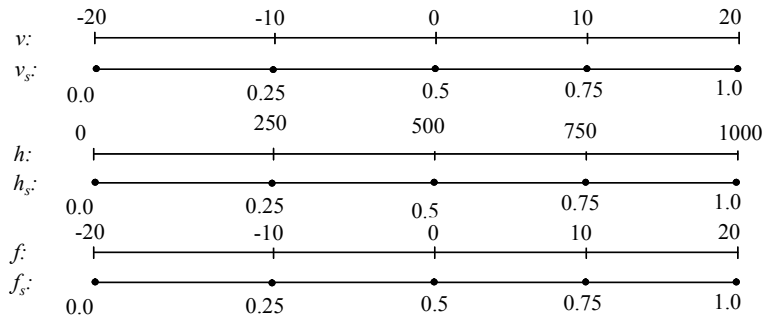
Bảng SAM có điều kiện (Bảng 4) trong bài toán điều khiển chứa các ô theo đường chéo thể hiện các giá trị ngữ nghĩa của lực điều khiển f_s có xu hướng giảm dần tương ứng với sự giảm dần ngữ nghĩa của h_s và ngữ nghĩa của v_s nhằm thỏa mãn các ràng buộc từ T1 đến T5. Những ô trống trong Bảng 4 thể hiện sự loại bỏ các luật ngữ nghĩa không đảm bảo thỏa

mãn các tính chất định tính ở trên. Các đại lượng Δf_{s1} , Δf_{s2} được đưa vào bảng SAM có điều kiện nhằm đảm bảo tính chất định tính của động học hệ thống T3, T4, T5. Như vậy, ô chứa giá trị $(0, 50 + \Delta f_{s1})$ là giá trị ngữ nghĩa lớn nhất của f_s tương ứng với v_s lớn nhất và h_s lớn nhất. Tiếp đến ô chứa giá trị $(0, 50 + \Delta f_{s2})$ là giá trị ngữ nghĩa của f_s nhỏ hơn tương ứng với h_s nhỏ hơn và v_s nhỏ hơn.

Chính vì vậy, các đại lượng Δf_{s1} , Δf_{s2} này được gọi là các tham số chỉnh ngữ nghĩa định lượng và được chọn sao cho đủ nhỏ với điều kiện: $\Delta f_{s1} > \Delta f_{s2} > 0$.

Ví dụ có thể chọn các tham số $\Delta f_{s1} = 0,02$ và $\Delta f_{s2} = 0,01$.

Phân hoạch ngữ nghĩa định lượng thỏa mãn tính chất T5 được thể hiện như Hình 4.



Hình 4. Phân hoạch ngữ nghĩa định lượng

Trên cơ sở phân hoạch ngữ nghĩa định lượng, bộ điều khiển sử dụng đại số gia tử thực hiện các phép biến đổi sau đây:

1. Ngữ nghĩa hóa định lượng (Semanticization) các biến vào và biến ra

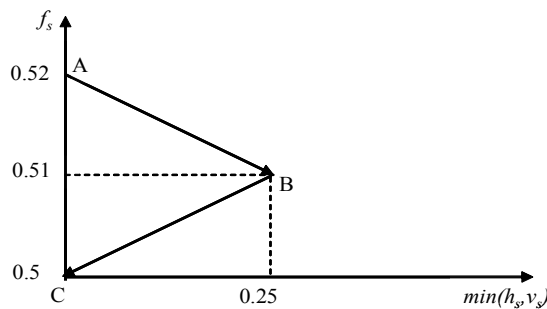
$$h_s = h/1000 \tag{2.3}$$

$$v_s = (v + 20)/40 \tag{2.4}$$

$$f_s = (f + 20)/40 \tag{2.5}$$

2. Ánh xạ ngữ nghĩa định lượng

Đường cong ngữ nghĩa định lượng là đường cong suy luận theo 3 luật với phép AND = MIN (thỏa mãn các tính chất từ T1 đến T5) được xây dựng cho bảng SAM có điều kiện trên Hình 2.



Hình 3. Đường cong ngữ nghĩa định lượng

3. Giải ngữ nghĩa hóa định lượng (Desemanticization)

$$f = 40f_s - 20 \tag{2.6}$$

Các kết quả điều khiển sử dụng lý thuyết mờ [6] và lý thuyết đại số gia tử với bảng SAM chuẩn được tính toán trên MATLAB và được tổng hợp trong Bảng 5 và Bảng 6 sau đây.

Bảng 5. Kết quả sử dụng lý thuyết mờ

Chu kỳ	Độ cao h	Tốc độ v	Tốc độ hạ cánh tối ưu	Lực điều khiển f
1	1000	-20	-20	5.8
2	980.0	-14.2	-19.2	0.5
3	965.8	-14.7	-18.6	-0.4
4	951.1	-15.1	-18.1	0.3

Sai số về trạng thái v qua 4 chu kỳ điều khiển của phương pháp điều khiển mờ như sau:

$$e_F = \left(\sum_{i=1}^4 (\nu_{i0}(F) - \nu_i(F))^2 \right)^{1/2} = 7,15 \quad (2.7)$$

e_F là tổng sai số về trạng thái v của phương pháp điều khiển mờ [6]; $\nu_{i0}(F)$ là trạng thái v tối ưu tại chu kỳ thứ i trong phương pháp điều khiển mờ; $\nu_i(F)$ là trạng thái v tại chu kỳ i trong phương pháp điều khiển mờ.

Bảng 6. Kết quả sử dụng đại số gia tử với bảng SAM có điều kiện và phép AND=MIN

Chu kỳ	Độ cao h	Tốc độ v	Tốc độ hạ cánh tối ưu	Lực điều khiển f
1	1000	-20	-20	0.8
2	980.0	-19.2	-19.21	0.77
3	960.8	-18.43	-18.48	0.74
4	942.4	-17.69	-17.8	0.71

Sai số về trạng thái v qua 4 chu kỳ điều khiển của phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử với bảng SAM có điều kiện và phép AND=MIN như sau:

$$e_{HA} = \left(\sum_{i=1}^4 (\nu_{i0}(HA) - \nu_i(HA))^2 \right)^{1/2} = 0,13 \quad (2.8)$$

e_{HA} là tổng sai số về trạng thái v của phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử; $\nu_{i0}(HA)$ là trạng thái v tối ưu tại chu kỳ thứ i trong phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử; $\nu_i(HA)$ là trạng thái v tại chu kỳ i trong phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử.

Từ Bảng 6 thấy rằng tiếp cận đại số gia tử với bảng SAM có điều kiện dùng phép AND = MIN luôn đảm bảo cho v , h và f giảm dần. Trong khi đó tiếp cận mờ (Bảng 5) không đảm bảo được như vậy.

Từ Bảng 5 và Bảng 6 ta thấy rằng $e_F = 7,15 \gg e_{HA} = 0,13$. Như vậy sau 4 chu kỳ điều khiển, tổng sai số về trạng thái v dùng phương pháp đại số gia tử với bảng SAM có điều kiện, nhỏ hơn khoảng 50 lần so với tổng sai số về trạng thái v của phương pháp điều khiển mờ [6].

Có thể thấy rằng, điều khiển sử dụng đại số gia tử với bảng SAM có điều kiện chỉ dùng 3 luật nhưng đủ để điều khiển khá chính xác vì 3 luật này thỏa mãn về mặt định tính ràng buộc động học sao cho trạng thái v giảm dần, trạng thái h giảm dần và điều khiển f giảm dần, đồng thời thỏa mãn quan hệ theo parabol giữa v và h .

3. KẾT LUẬN

Tiếp cận điều khiển mờ [6] sử dụng bảng FAM đã không thỏa mãn được các loại ràng

buộc đã nêu. Do vậy, khó có thể điều khiển chính xác. Trong khi đó phương pháp điều khiển dùng đại số gia tử với bảng SAM có điều kiện với phép AND=MIN ngay từ đầu cho phép xây dựng phân hoạch ngữ nghĩa định lượng các đầu vào thỏa mãn ràng buộc giữa các đầu vào (thỏa mãn định tính quỹ đạo parabol giữa v và h). Bảng SAM có điều kiện chỉ gồm những luật ngữ nghĩa định lượng thỏa mãn định tính cả 2 loại ràng buộc trên. Vì vậy đường cong ngữ nghĩa định lượng lúc này có thể xem như đường cong mô phỏng động học hệ thống một cách định tính.

Kết quả của bài báo khẳng định tính ưu việt của tiếp cận đại số gia tử với bảng SAM có điều kiện so với tiếp cận mờ trong vấn đề điều khiển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. C. Ho, W. Wechler, Hedge algebras: An algebraic approach to structure of sets of 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, and L. X. Viet, Quantifying Hedge Algebras: Interpolative reasoning method and its application to some problems of fuzzy control. *Wseas Transaction on Computer Issue* 11 **5** (2006) 2519–2529.
- [4] N. C. Ho, V. N. Lan, and L. X. Viet, An Interpolative reasoning method based on hedge algebras and its application to problem of fuzzy control, *Proceedings of the 10th WSEAS International on Computers*, Vouliagmeni, Athens, Greece, July 13-15, 2006 (526–534).
- [5] N. C. Ho and V. N. Lan, Hedge Algebras: An algebraic approach to domain of linguistic variables and their applications, *ASEAN Journal on Science & Technology for Development* **23** (1&2) (June 2006).
- [6] T. J. Ross, *Fuzzy logic with Engineering Applications*, McGraw-Hill, Inc.1997.

Nhận bài ngày 22 - 8 - 2007

Nhận lại sau sửa ngày 7 - 10 - 2007