

ẢNH HƯỞNG CÁC THAM SỐ TRONG BẢNG SAM ĐIỀU KIỆN ĐỐI VỚI PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ

NGUYỄN DUY MINH

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Điều khiển logic mờ (Fuzzy Logic Control) là một trong những ứng dụng của lý thuyết tập mờ được nhiều tác giả quan tâm và nghiên cứu. Quá trình điều khiển được mô tả bởi một mô hình mờ có dạng sau;

$$\begin{aligned} \text{if } X = A_{11} \text{ and } \dots \text{ and } X = A_{1m} \text{ then } Y = B_1 \\ \text{if } X = A_{21} \text{ and } \dots \text{ and } X = A_{2m} \text{ then } Y = B_2 \end{aligned} \quad (1.1)$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\text{if } X = A_{n1} \text{ and } \dots \text{ and } X = A_{nm} \text{ then } Y = B_n$$

trong đó A_{ij} và B_{ij} , $i = 1..n$, $j = 1..m$ là những từ ngôn ngữ mô tả các đại lượng của biến ngôn ngữ X , Y , mô hình này gọi là bộ nhớ mờ liên hợp (*Fuzzy Associate Memory – FAM*). Hiệu quả của cách tiếp cận này nói chung phụ thuộc nhiều yếu tố rất căn bản như lựa chọn tập mờ (*bài toán xây dựng các hàm thuộc*).

Với mục tiêu phát triển các phương pháp lập luận xấp xỉ đơn giản hơn N. C. Ho và W. Wechler đã đưa ra cách tiếp cận đại số đến cấu trúc của biến ngôn ngữ và logic mờ theo nghĩa của Zadeh gọi là đại số gia tử. Từ đó xây dựng cơ sở toán học cho việc biểu diễn ngữ nghĩa các từ của biến ngôn ngữ, hình thức hoá tính mờ ngôn ngữ và xây dựng độ đo tính mờ một cách hợp lý [1, 2]. Trên cơ sở đó cho phép người ta phát triển các phương pháp lập luận nội suy đơn giản hơn và dựa vào đó các phương pháp điều khiển mờ được phát triển. Gần đây một số tác giả đã phát triển các phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử và ứng dụng giải quyết một số bài toán điều khiển mờ, các kết quả này đã được công bố cho thấy tính khả thi của phương pháp này [3, 4, 5, 6, 8, 9, 10]. Việc đánh giá ảnh hưởng của các tham số từ bảng FAM đến bảng SAM đối với phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử trong bài toán điều khiển mờ hầu như chưa có nghiên cứu nào. Chính vì vậy nội dung bài báo này nghiên cứu sự ảnh hưởng của các tham số đến giá trị sai số điều khiển, từ bài toán điều khiển mờ đến bài toán điều khiển sử dụng đại số gia tử. Điều này được minh chứng qua việc ứng dụng phương pháp điều khiển cho bài toán có phương trình động học [7] như sau:

$$h(i+1) = h(i) + v(i) \quad (1.2)$$

$$v(i+1) = v(i) + f(i) \quad (1.3)$$

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

Quan hệ giữa đại lượng $v(i)$ và $h(i)$ được đảm bảo bởi parabol [7] như hình 1.

$$\text{- Đại lượng tối ưu } v_{OHA}: \quad v_o = - (20/1000^2)/h^2 \quad (1.4)$$

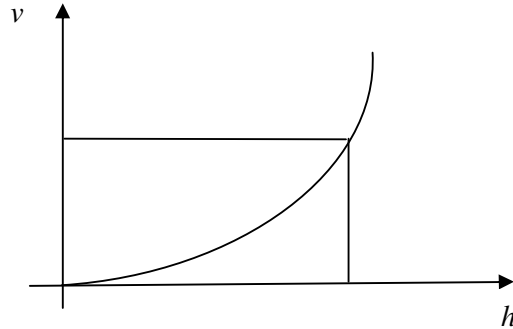
- Sai số bình phương tại chu kì i :

$$s_i = (v_{io} - v_i)^2 \quad (1.5)$$

- Sai số qua n chu kì điều khiển:

$$e = (\sum_{i=1}^n (v_{i0} - v_i)^2)^{1/2} \quad (1.6)$$

e là tổng sai số điều khiển, v_{i0} là đại lượng tối ưu tại chu kỳ thứ i , v_i là đại lượng tại chu kỳ điều khiển i .



Hình 1. Quan hệ parabol giữa v và h

2. PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN SỬ DỤNG LÝ THUYẾT MỜ

Bảng 1. Miền giá trị 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

Các kết quả phương pháp điều khiển sử dụng lý thuyết mờ [7] trên MATLAB và được tổng hợp trong bảng 2 sau đây:

Bảng 2. Kết quả sử dụng lý thuyết mờ

Chu kỳ	h	v	v_0	f	s_i
1	1000	-20	-20	5,8	0
2	980,0	-14,2	-19,2	0,5	25
3	965,8	-14,7	-18,6	-0,4	15,21
4	951,1	-15,1	-18,1	0,3	9

Sai số về tốc độ hạ cánh qua 4 chu kỳ điều khiển của phương pháp điều khiển mờ như sau:

$$e_F = (\sum_{i=1}^4 (v_{i0}(F) - v_i(F))^2)^{1/2} = 7,15 \quad (2.1)$$

trong đó, e_F là tổng sai số điều khiển của phương pháp điều khiển mờ [7]; $v_{i0}(F)$ là đại lượng tối ưu tại chu kỳ điều khiển mờ thứ i ; $v_i(F)$ là đại lượng tại chu kỳ điều khiển mờ thứ i .

3. PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN MỜ SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ

Mô hình mờ có thể được biểu diễn thông qua một bảng (ma trận) nhiều chiều ứng với các biến ngôn ngữ, gọi là bảng FAM (*Fuzzy Associate Memory*). Việc sử dụng đại số gia tử và ánh xạ ngữ nghĩa định lượng các từ của biến ngôn ngữ được định lượng trong khoảng $[0,1]$ và mô hình mờ trên có thể được biểu diễn qua một bảng thực gọi là bảng ngữ nghĩa định lượng SAM (*Semanticization 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 X_i, Y_i với $i = 1..m$.

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 ngôn ngữ ứng với các tập mờ của từng biến ngôn ngữ, chuyển đổi bảng FAM sang bảng SAM.

Bước 4: Xây dựng khoảng xác định các gia tử 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

(*Sử dụng phép nội suy tuyến tính*).

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 (0,1000): NZ - Absolute Small, S - Small, M - Medium,

L - Absolute Large

- Đối với v (-20,20): DL- Absolute Small, DS - Small, Z- Medium, US- Large, UL - Absolute Large

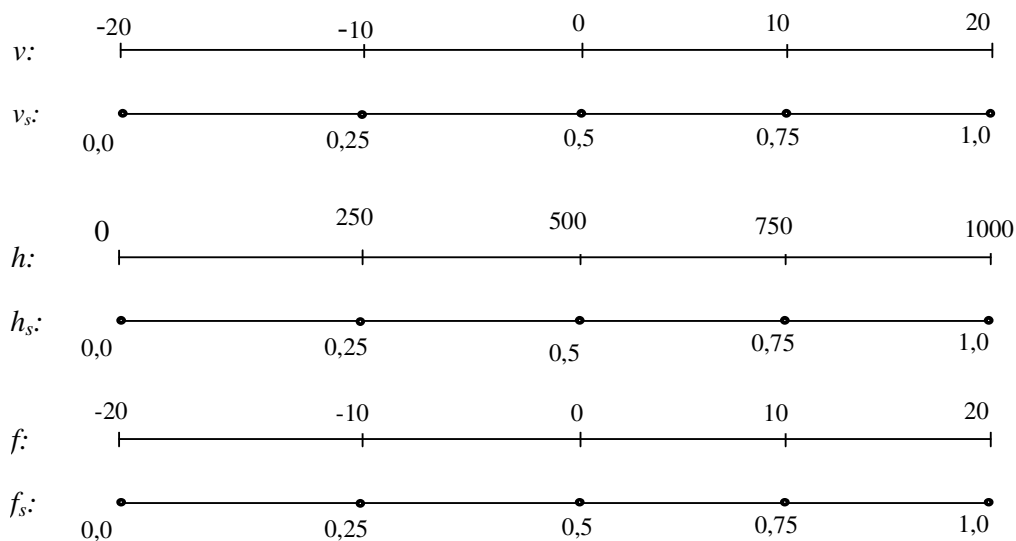
- Đối với f (-20,20): DL- Absolute Small, DS - Small, Z- Medium, US- Large, UL - Absolute Large

Bảng SAM gốc được xây dựng từ Bảng FAM. 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

Phân hoạch ngữ nghĩa định lượng được thể hiện như hình 2:



Hình 2. 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:

- Ngữ nghĩa hóa định lượng (*Semanticization*) các biến vào và biến ra;

$$h_s = h/1000 \quad (3.1)$$

$$v_s = (v + 20)/40 \quad (3.2)$$

$$f_s = (f + 20)/40 \quad (3.3)$$

- Ánh xạ ngữ nghĩa định lượng: Đường cong ngữ nghĩa định lượng là đường cong suy luận theo bảng SAM gốc với phép AND = MIN và phép AND=PRODUCT.

- Giải ngữ nghĩa hóa định lượng (*Desemanticization*);

$$f = 40f_s - 20 \quad (3.4)$$

4. ẢNH HƯỞNG CỦA THAM SỐ $\Delta f1$ VÀ $\Delta f2$ TRONG BẢNG SAM CÓ ĐIỀU KIỆN ĐỐI VỚI PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ

Các đại lượng $\Delta f1$ và $\Delta f2$ được đưa vào bảng SAM có điều kiện nhằm đảm bảo tính chất định tính của động học hệ thống [11]. Trong bảng SAM có điều kiện chứa các giá trị $\Delta f1$ và $\Delta f2$, trong đó các tham số $\Delta f1$ và $\Delta f2$ là đủ nhỏ và cần thỏa mãn điều kiện (3.5) dưới đây để đảm bảo quan hệ parabol giữa v và h :

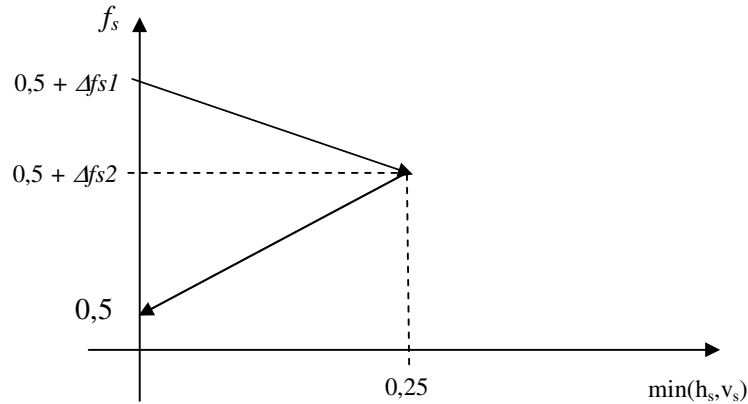
$$\Delta fs1 > \Delta fs2 > 0. \quad (3.5)$$

Như vậy việc chọn giá trị cho $\Delta f1$ và $\Delta f2$ sẽ ảnh hưởng các giá trị ngữ nghĩa định lượng của các biến ngôn ngữ, từ đó ảnh hưởng đến kết quả điều khiển.

Bảng 4. Bảng SAM có điều kiện

$h_s \backslash v_s$	0,00	0,25		0,50	0,75	1,00
1,00	$0,50 + \Delta fs1$					
0,50		$0,50 + \Delta fs2$				
0,25						
0,00				0,50		

Đại lượng $\Delta fs1$, $\Delta fs2$ này gọi là các tham số chỉnh ngữ nghĩa định lượng

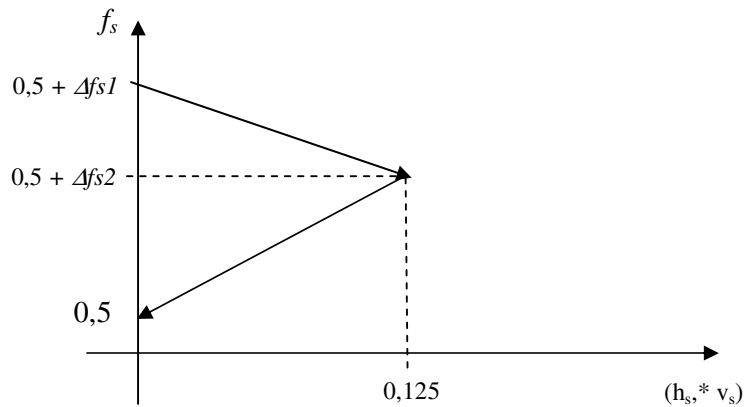


Hình 3. Đường cong ngữ nghĩa định lượng AND=MIN

Trên cơ sở lựa chọn các đại lượng $\Delta fs1$ và $\Delta fs2$, bảng 5 trình bày kết quả sau 10 chu kỳ điều khiển trong 2 trường hợp:

$$\Delta fs1=0,04, \quad \Delta fs2=0,01 \text{ và} \\ \Delta fs1=0,03, \quad \Delta fs2=0,02$$

với phép tính AND=MIN.



Hình 4. Đường cong ngữ nghĩa định lượng AND=PRODUCT

Bảng 5. Kết quả điều khiển với AND = MIN

Chu kì	Trường hợp: $\Delta fs1 = 0,04$, $\Delta fs2 = 0,01$					Trường hợp: $\Delta fs1 = 0,03$, $\Delta fs2 = 0,02$					
	h	v_{HA}	v_{OHA}	f	s_i	h	v_{HA}	v_{OHA}	f	s_i	
1	1.000,0	-20,00	-20,00	1,60	0,00	1.000,0	-20,00	-20,00	1,20	0,00	
2	980,0	-18,40	-19,21	1,41	0,65	980,0	-18,80	-19,21	1,15	0,17	
3	961,6	-16,99	-18,49	1,24	2,25	961,2	-17,65	-18,48	1,10	0,69	
4	944,6	-15,75	-17,85	1,09	4,38	943,6	-16,54	-17,81	1,06	1,60	
5	928,9	-14,66	-17,26	0,96	6,72	927,0	-15,48	-17,19	1,01	2,91	
6	914,2	-13,70	-16,72	0,84	9,07	911,5	-14,46	-16,62	0,97	4,65	
7	900,5	-12,86	-16,22	0,74	11,28	897,1	-13,48	-16,10	0,93	6,82	
8	887,6	-12,12	-15,76	0,65	13,27	883,6	-12,54	-15,61	0,90	9,43	
9	875,5	-11,46	-15,33	0,58	14,97	871,0	-11,64	-15,17	0,86	12,48	
10	864,1	-10,89	-14,93	0,51	16,37	859,4	-10,78	-14,77	0,83	15,96	
Sai số điều khiển (e_{HA}):					8,886	Sai số điều khiển (e_{HA}):					7,396

Qua so sánh kết quả của bảng 5 rõ ràng rằng việc lựa chọn các giá trị $\Delta fs1$ và $\Delta fs2$ khác nhau ảnh hưởng đến sai số điều khiển (e_{HA}). Như vậy có thể khẳng định rằng các tham số chỉnh ngữ nghĩa định lượng là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến kết quả phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử.

5. GIẢI PHÁP XÁC ĐỊNH THAM SỐ CHỈNH NGỮ NGHĨA ĐỊNH LƯỢNG ($\Delta fs1$, $\Delta fs2$)

Mỗi phương pháp điều khiển đều có những yếu tố tác động đến sai số của điều khiển. Trong phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử, 2 tham số chỉnh ngữ nghĩa định lượng trong bảng SAM có điều kiện là một trong các yếu tố ảnh hưởng đến sai số của điều khiển. Như

vậy sai số của điều khiển sử dụng phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử là một hàm $g(\Delta fs1, \Delta fs2)$ với 2 biến $\Delta fs1, \Delta fs2$ với ràng buộc $\Delta fs1 > \Delta fs2 > 0$, các giá trị $\Delta fs1, \Delta fs2$ là rất nhỏ.

Giải pháp đặt ra là xác định hai tham số $\Delta fs1, \Delta fs2$ với ràng buộc (3.5) sao cho hàm mục tiêu $g(\Delta fs1, \Delta fs2)$ đạt cực tiểu.

Bài toán xác định tham số $\Delta fs1, \Delta fs2$ tối ưu gồm 2 giai đoạn cơ bản sau;

- Xây dựng hàm mục tiêu $g(\Delta fs1, \Delta fs2)$.
- Xây dựng thuật toán tối ưu (xác định 2 biến $\Delta fs1, \Delta fs2$ để hàm mục tiêu $g(\Delta fs1, \Delta fs2)$ đạt cực tiểu và thoả mãn các ràng buộc (3.5)).

Như vậy, thuật toán xác định tham số $\Delta fs1, \Delta fs2$ tối ưu có dạng sau:

Input:

- Bảng FAM có điều kiện, đường cong ngữ nghĩa định lượng.
- Điều kiện ban đầu: $h(0) = 1000 \text{ ft}; v(0) = -20 \text{ ft/s}$.
- Hàm nội suy tuyến tính dựa trên đường cong ngữ nghĩa định lượng.
- Ràng buộc $\Delta fs1 > \Delta fs2 > 0$.
- Hàm mục tiêu căn cứ vào đường cong ngữ nghĩa định lượng (hình 4, hình 5).

$$g(\Delta fs1, \Delta fs2) = \sum_{i=1}^n (v_{i0}(HA) - v_i(HA))^2)^{1/2}$$

Output:

Giá trị $\Delta fs1, \Delta fs2$ (bảng SAM tối ưu)

Algorithm

OptimalSam_HA($\Delta fs1, \Delta fs2$)

$n=1000$;

$fMin=inf$;

For $i, j = 1:n$ do

 If and(condition, $fmin > FunOpt(\Delta fs1(i), \Delta fs2(j))$)

$fMin = FunOpt(\Delta fs1(i), \Delta fs2(j))$;

$\Delta fs1Min = \Delta fs1(i)$;

$\Delta fs2Min = \Delta fs2(j)$;

 EndIf;

EndFor;

$\Delta fs1Min$;

$\Delta fs2Min$;

Sử dụng giải thuật trên, thu được giá trị tham số chỉnh ngữ nghĩa định lượng tối ưu: $\Delta fs1_{op} = 0,0195$ và $\Delta fs2_{op} = 0,0095$. Bảng SAM chứa tham số tối ưu được gọi là Bảng SAM tối ưu. Kết quả điều khiển sử dụng đại số gia tử với bảng SAM tối ưu sử dụng phép AND = MIN và AND=PRODUCT cài đặt trên MATLAB được thể hiện trong bảng 6:

Bảng 6. Kết quả điều khiển với AND = MIN và AND=PRODUCT

Chu kì	AND=MIN					AND=PRODUCT					
	h	v_{HA}	v_{OHA}	f	s_i	h	v_{HA}	v_{OHA}	f	s_i	
1	1000	-20	-20	0,78	0,00	1000	-20	-20,00	0,78	0,00	
2	980	-19,22	-19,20	0,75	0,00	980	-19,22	-19,21	0,72	0,00	
3	960,8	-18,47	-18,46	0,72	0,00	960,8	-18,47	-18,46	0,66	0,00	
4	942,3	-17,75	-17,75	0,69	0,00	942,3	-17,74	-17,76	0,62	0,00	
5	924,6	-17,06	-17,09	0,66	0,00	924,6	-17,05	-17,10	0,57	0,00	
6	907,5	-16,39	-16,47	0,64	0,01	907,5	-16,38	-16,47	0,54	0,01	
7	891,1	-15,76	-15,88	0,61	0,01	891,1	-15,73	-15,88	0,50	0,02	
8	875,3	-15,15	-15,32	0,59	0,03	875,4	-15,11	-15,33	0,47	0,05	
9	860,2	-14,56	-14,79	0,56	0,05	860,3	-14,49	-14,80	0,45	0,09	
10	845,6	-14,00	-14,30	0,54	0,09	845,8	-13,91	-14,31	0,42	0,16	
Sai số điều khiển (e_{HAOp}):					0,43	Sai số điều khiển (e_{HAOp}):					0,58

So sánh bảng 5 với bảng 6 suy ra rằng với AND = MIN, sau 10 chu kì điều khiển, sai số điều khiển sử dụng tham số chỉnh ngữ nghĩa định lượng trong bảng SAM tối ưu (bảng 6, $e_{HAOp} = 0,43$) với $\Delta fs1_{op} = 0,0195$ và $\Delta fs2_{op} = 0,0095$ nhỏ hơn rất nhiều so với sai số điều khiển sử dụng tham số chỉnh ngữ nghĩa định lượng trong bảng SAM điều kiện (bảng 5, $e_{HA} = 8,886$ hoặc 7,396) với $\Delta fs1 = 0,04$, $\Delta fs2 = 0,01$ hoặc $\Delta fs1 = 0,03$, $\Delta fs2 = 0,02$. Có nghĩa là:

$$e_{HAOp} = 0,43 \ll e_{HA} = 8,886 \text{ hoặc } 7,396 \quad (3.6)$$

trong đó: e_{HAOp} là sai số điều khiển trên cơ sở bảng SAM tối ưu với AND = MIN;

e_{HA} là sai số điều khiển trên cơ sở bảng SAM có điều kiện với AND = MIN.

6. KẾT LUẬN

Các phương pháp điều khiển nào cũng có sai số, tuy nhiên việc hiểu các yếu tố tác động ảnh hưởng đến sai số và việc làm giảm thiểu tối đa sai số cần được nghiên cứu và giải quyết triệt để. Bài báo này đã chỉ ra sự ảnh hưởng các tham số trong bảng SAM điều kiện [11] của phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử và một giải pháp xác định các tham số $\Delta f1$ và $\Delta f2$ được đề xuất sao cho sai số điều khiển là nhỏ nhất và từ đó xây dựng một bảng SAM tối ưu trong phương pháp điều khiển dựa trên đại số gia tử.

Kết quả này cũng khẳng định khả năng hướng đến điều khiển tối ưu của tiếp cận điều khiển sử dụng đại số gia tử.

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* **5** (11) (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*, pp. 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) (2006).
6. N. C. Ho, V. N. Lan, and L. X. Viet - Optimal Hedge – Algebras – based controller: Design and application, *Fuzzy Set and System* **159** (8) (2008) 968-989.
7. T. J. Ross - *Fuzzy logic with Engineering Applications*, McGraw-Hill, Inc.2004.
8. Vũ Như Lâm, Vũ Chấn Hưng, Đặng Thành Phú - Điều khiển sử dụng đại số gia tử, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **21** (1) (2005) 23-37.
9. Vũ Như Lâm, Vũ Chấn Hưng, Đặng Thành Phú, Lê Xuân Việt, Nguyễn Duy Minh - Điều khiển mô hình máy bay hạ cánh sử dụng đại số gia tử với AND=MIN, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **21** (3) (2005) 191-200.
10. Vũ Như Lâm, Vũ Chấn Hưng, Đặng Thành Phú, Lê Trung Việt, Nguyễn Duy Minh - Điều khiển mô hình máy bay hạ cánh sử dụng đại số gia tử, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* **44** (4) (2006) 7-16.
11. Nguyễn Duy Minh, Vũ Như Lâm - Phương pháp điều khiển dựa vào việc định lượng đại số gia tử với bảng SAM có điều kiện, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **24** (2) (2008) 119-125.

SUMMARY

THE EFFECTS OF PARAMETERS IN CONDITIONAL SAM TABLE ON CONTROL APPROACH USING HEDGE ALGEBRAS

Conditional SAM table in control problem which has been studied in [11] shows that the removal of semantic rules isn't satisfied with properties of dynamical system is correct. However to satisfy with properties and constraints of dynamic system, parameters Δf_1 and Δf_2 (*quantified semantic adjust parameter*) are given in to conditional SAM table. These parameters with qualitative properties don't improve that the control error is the smallest.

This paper analyzes the effects of two parameter in SAM table on control method using hedge algebras. Besides, it proposes the solution to identify quantified semantic adjust parameters and shows that control using hedge algebras is the most effective method and with this method, the control error is the smallest. So, the content of the paper identifies quantified semantic adjust parameters in order to create a new table (called optimal SAM table) satisfying with the constraints and the smallest control error.

Địa chỉ:

Nhận bài ngày 12 tháng 11 năm 2008

Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Thái Nguyên.