

SO SÁNH MỘT VÀI BỘ ĐIỀU KHIỂN CHỦ ĐỘNG KẾT CẤU

Nguyễn Tiến Chương

Trường Đại học Kiến trúc

Bùi Hải Lê

Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

Tóm tắt: Điều khiển chủ động của các kết cấu dao động đã được quan tâm nhiều trong những năm gần đây. Trong bài báo này, ba bộ điều khiển bao gồm: bộ điều khiển chủ động tối ưu mở rộng (Generalized Optimal Active Controller – GOAC), bộ điều khiển mờ truyền thống (Classical Fuzzy Controller – FC) và bộ điều khiển mờ dựa trên Đại số gia tử (Hedge-Algebras-based Fuzzy Controller – HAFC) để điều khiển chủ động một kết cấu chịu tải gia tốc tại liên kết được trình bày. Các bước thiết lập của các bộ điều khiển trên được so sánh để thể hiện những ưu điểm của HAFC, một bộ phương pháp điều khiển mờ mới dựa trên lý thuyết Đại số gia tử (Hedge Algebras – HA). Hiệu quả điều khiển của các bộ điều khiển trên cũng được khảo sát thông qua đáp ứng chuyển vị và lực điều khiển theo thời gian của kết cấu.

TỪ KHÓA: điều khiển chủ động; điều khiển chủ động tối ưu mở rộng; điều khiển mờ; đại số gia tử.

I. Giới thiệu

Điều khiển (ĐK) chủ động là phương pháp đã được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực giao thông vận tải, rô bốt, máy móc thiết bị, hàng không vũ trụ. Đối với kết cấu công trình, ĐK chủ động là giải pháp giảm dao động bằng cách sử dụng các máy kích động (được ĐK bởi máy tính) tạo ra các lực tác động vào kết cấu hoặc sử dụng các thiết bị tiêu tán năng lượng có thể ĐK được [1]. Trong thực tế, đã có rất nhiều nghiên cứu và ứng dụng của ĐK chủ động để giảm dao động của kết cấu [2].

Trong các phương pháp ĐK chủ động kết cấu, ĐK mờ ngày càng chiếm một vai trò quan trọng nhờ những ưu điểm: đơn giản vì sử dụng suy luận định tính thay cho biến đổi toán học; tận dụng được kinh nghiệm của chuyên gia khi thiết lập cơ sở luật ĐK; tính khả thi cao ngay cả đối với hệ phức tạp, phi tuyến, chịu lực ngẫu nhiên và khó có lời giải tường minh; không phụ thuộc hoàn toàn vào các tham số của hệ nên có thể sử dụng lại khi hệ thay đổi [3-7].

Đại số gia tử (HA) là một lý thuyết được phát minh từ năm 1990 [8 – 15]. Các tác giả của HA đã phát hiện ra rằng: các giá trị ngôn ngữ của biến ngôn ngữ có thể tạo thành một

cấu trúc đại số [14, 15] và nó là một cấu trúc đại số gia tử đầy đủ (Complete Hedge Algebras Structure) [8, 11] với một tính chất chính là thứ tự ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ luôn được đảm bảo. Thậm chí nó là một cấu trúc đại số đủ giàu [12] và vì thế nó có thể mô tả đầy đủ các quá trình suy luận xấp xỉ, định tính. HA có thể được coi như một cấu trúc toán học có thứ tự của các tập hợp ngôn ngữ, quan hệ thứ tự của nó được quy định bởi ngữ nghĩa của các nhãn ngôn ngữ trong những tập hợp này. Nó chỉ ra rằng mỗi tập hợp ngôn ngữ có sẵn quan hệ thứ tự được gọi là quan hệ thứ tự ngữ nghĩa. Trong [10] năm 2008, HA bắt đầu được áp dụng vào ĐK mờ và đưa ra các kết quả tốt hơn nhiều so với FC. Tuy nhiên, trong [10] nguyên lý hoạt động của bộ ĐK mờ dựa trên HA (HAFC) chưa được hệ thống hóa gây khó khăn cho người đọc và các đối tượng nghiên cứu còn quá đơn giản để có thể đánh giá được hiệu quả ĐK của HAFC.

Điều này đã gợi ý cho tác giả xem xét ứng dụng HAFC vào ĐK chủ động kết cấu cơ học để đánh giá khả năng làm việc của HAFC khi so với FC và GOAC (một bộ ĐK không sử dụng lý thuyết mờ) [16] trong dạng bài toán này.

II. Đối tượng nghiên cứu

Xét phương trình trạng thái kết cấu tuyến tính n bậc tự do được ĐK chủ động có dạng chung như sau:

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{F_e\} + \{u(t)\}$$

Trong đó, $\{x\}_{n \times 1}$ là véc tơ chuyển vị; $[M]_{n \times n}$, $[C]_{n \times n}$, $[K]_{n \times n}$ lần lượt là các ma trận khối lượng, ma trận cản và ma trận độ cứng; $\{F_e\}_{n \times 1}$, $\{u(t)\}_{n \times 1}$ lần lượt là các véc tơ ngoại tải và véc tơ lực ĐK (được xác định từ các bộ ĐK). Trong trường hợp kết cấu chịu tải gia tốc \ddot{x}_0 tại liên kết, véc tơ ngoại tải được tính như sau ($\{\delta\}_{n \times 1}$ là véc tơ đơn vị):

$$\{F_e\} = [M]\{\delta\}\ddot{x}_0 \quad (2)$$

III. Đại số gia tử (HA)

Ý tưởng và các công thức cơ bản của HA đã được tóm tắt trong [17-19] dựa trên những định nghĩa, định lý và hệ quả trong [8 – 15].

Để minh họa mối quan hệ chặt chẽ giữa ý nghĩa của các phần tử với độ đo tính mờ của chúng và cách tính toán các ánh xạ ngữ nghĩa định lượng (SQMs), ví dụ sau được xem xét.

Ví dụ: Xét một đại số gia tử $AX = (X, G, C, H, \leq)$, với $G = \{\text{nhỏ}, \text{lớn}\}$; $C = \{\mathbf{0}, \mathbf{W}, \mathbf{1}\}$; $H^- = \{\text{Hoi}\} = \{h_{-1}\}$; $q = 1$; $H^+ = \{\text{Rất}\} = \{h_1\}$; $p = 1$. Giả thiết rằng:

$$\theta = 0.5; \alpha = 0.5$$

Điều đó có nghĩa là ánh xạ ngữ nghĩa định lượng (SQM) của phần tử trung hòa và tổng độ đo tính mờ của các gia tử âm đều bằng 0.5. Như vậy,

- Từ phương trình (10) với $q = 1$, ta có độ đo tính mờ của các gia tử:

$$\mu(\text{Hoi}) = \alpha = 0.5; \mu(\text{Rất}) = \beta = 1 - \alpha = 0.5;$$

- Tiếp theo, sử dụng các phương trình (17) và (7), độ đo tính mờ của các phần tử sinh:

$$\text{fm}(\text{nhỏ}) = \theta = 0.5; \text{fm}(\text{lớn}) = 1 - \text{fm}(\text{nhỏ}) = 0.5;$$

- Các ánh xạ ngữ nghĩa định lượng của các giá trị ngôn ngữ được tính toán nhờ các phương trình (3.31) và (3.32) như sau:

$$\varphi(\mathbf{W}) = \theta = 0.5;$$

$$\varphi(\text{nhỏ}) = \theta - \alpha \text{fm}(\text{nhỏ}) = 0.5 - 0.5 \times 0.5 = 0.25;$$

$\varphi(\text{Rất nhỏ}) = \varphi(\text{nhỏ}) + \text{Sign}(\text{Rất nhỏ}) \times (\text{fm}(\text{Rất nhỏ}) - 0.5 \text{fm}(\text{Rất nhỏ})) = 0.25 + (-1) \times 0.5 \times 0.5 \times 0.5 = 0.125;$

$\varphi(\text{Hoi nhỏ}) = \varphi(\text{nhỏ}) + \text{Sign}(\text{Hoi nhỏ}) \times (\text{fm}(\text{Hoi nhỏ}) - 0.5 \text{fm}(\text{Hoi nhỏ})) = 0.25 + (+1) \times 0.5 \times 0.5 \times 0.5 = 0.375;$

$$\varphi(\text{lớn}) = \theta + \alpha \text{fm}(\text{lớn}) = 0.5 + 0.5 \times 0.5 = 0.75;$$

$\varphi(\text{Rất lớn}) = \varphi(\text{lớn}) + \text{Sign}(\text{Rất lớn}) \times (\text{fm}(\text{Rất lớn}) - 0.5 \text{fm}(\text{Rất lớn})) = 0.75 + (+1) \times 0.5 \times 0.5 \times 0.5 = 0.875;$

$\varphi(\text{Hoi lớn}) = \varphi(\text{lớn}) + \text{Sign}(\text{Hoi lớn}) \times (\text{fm}(\text{Hoi lớn}) - 0.5 \text{fm}(\text{Hoi lớn})) = 0.75 + (-1) \times 0.5 \times 0.5 \times 0.5 = 0.625.$

Như vậy, tất cả các giá trị ngôn ngữ có thể có của một biến ngôn ngữ có thể được mô tả bởi các ánh xạ ngữ nghĩa định lượng chỉ với 2 tham số độc lập θ và α (19).

IV. Các bộ điều khiển chủ động kết cấu

IV.1. Bộ điều khiển GOAC

Xét phương trình (1).

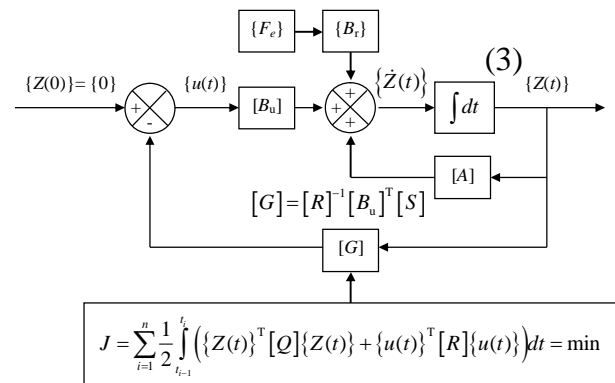
$$\text{Đặt: } \{Z(t)\} = \begin{Bmatrix} \{x(t)\} \\ \{\dot{x}(t)\} \end{Bmatrix}$$

Suy ra:

$$\{\dot{Z}(t)\} = [A]\{Z(t)\} + [B_u]\{u(t)\} + [B_r]\{F_e\}$$

$[R], [Q], [S]$: là các ma trận đã được định nghĩa trước trong phương pháp GOAC [16].

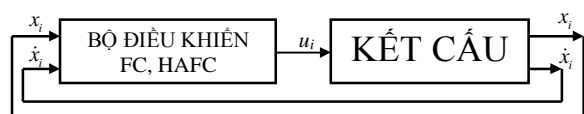
Sơ đồ thuật toán ĐK chủ động kết cấu của GOAC được thể hiện trên Hình 1 [16].



Hình 1. Sơ đồ thuật toán điều khiển GOAC [16].

IV.2. Các bộ điều khiển mờ

Sơ đồ thuật toán ĐK mờ chủ động kết cấu được thể hiện trên hình 2 (đối với cơ cấu ĐK ở bậc tự do thứ i).



Hình 2. Sơ đồ thuật toán điều khiển mờ chủ động kết cấu.

Khoảng xác định của các biến trạng thái x_i, \dot{x}_i và biến ĐK u_i :

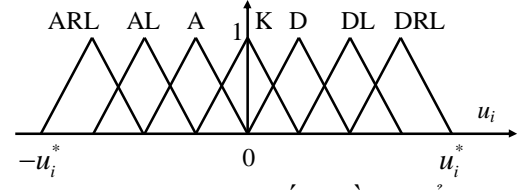
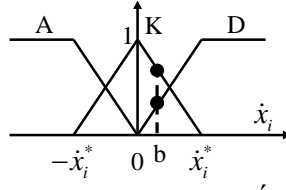
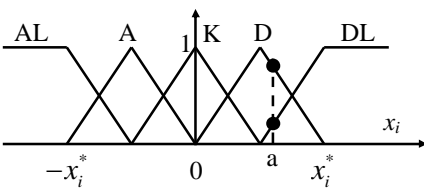
$$x_i \in [-x_i^*, x_i^*]; \dot{x}_i \in [-\dot{x}_i^*, \dot{x}_i^*]; u_i \in [-u_i^*, u_i^*]$$

IV.2.1. Bộ điều khiển mờ truyền thống (FC)

Sơ đồ nguyên lý hoạt động của bộ ĐK FC được thể hiện trên Hình 3.

a. Mờ hóa:

Mờ hóa với các khoảng xác định như trong (3.16) của các biến trạng thái x_i (5 hàm thuộc tam giác), \dot{x}_i (3 hàm thuộc tam giác) và biến ĐK u_i (7 hàm thuộc tam giác) như sau [7]:



Hình 4. Mờ hóa chuyển vị x_i . Hình 5. Mờ hóa vận tốc \dot{x}_i . Hình 6. Mờ hóa biến điều khiển u_i .

b. Cơ sở luật:

Cơ sở luật gồm 15 luật ĐK [7] được trình bày trên bảng FAM (Fuzzy Associative Memory) dựa vào kinh nghiệm và tri thức của chuyên gia thể hiện suy luận định tính (Bảng 1).

Bảng 1. Bảng FAM.

x_i	\dot{x}_i		
	Âm	Không	Dương
Âm Lớn	Dương Rất Lớn	Dương Lớn	Dương
Âm	Dương Lớn	Dương	Không
Không	Dương	Không	Âm
Dương	Không	Âm	Âm Lớn
Dương Lớn	Âm	Âm Lớn	Âm Rất Lớn

c. Hợp thành mờ và Giải mờ:

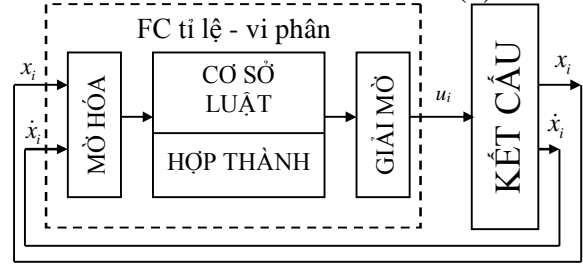
Trong phần này, quy tắc hợp thành mờ theo Mamdani và phương pháp giải mờ trọng tâm được sử dụng.

IV.2.2. Bộ điều khiển mờ dựa trên HA (HAFC)

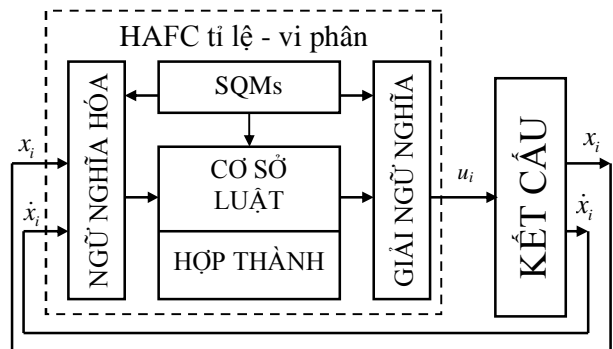
Sơ đồ nguyên lý hoạt động của bộ ĐK HAFC được thể hiện trên Hình 7.

Các HA của các biến trạng thái x_i và \dot{x}_i là $AX = (X, G, C, H, \leq)$, với $X = x_i$ hoặc \dot{x}_i , $G = \{nhỏ, lớn\}$, $C = \{0, W, 1\}$, $H = \{H, H^+\} = \{Hoi, Rất\}$.

Các giá trị ngôn ngữ gồm: ARL: Âm Rất Lớn, AL: Âm Lớn, A: Âm, K: Không, D: Dương, DL: Dương Lớn, DRL: Dương Rất Lớn.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của FC tỉ lệ - vi phân.



Hình 7. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của HAFC tỉ lệ - vi phân.

HA của biến ĐK là $AU = (u_i, G, C, H, \leq)$ với cùng các tập G, C và H như với x_i và \dot{x}_i , tuy nhiên, các nhãn ngôn ngữ của chúng mô tả các ngữ nghĩa định lượng khác do miền tham chiếu thực khác nhau. Các SQMs φ được xác định giống như trong mục III.

Tương ứng với FC, các giá trị ngôn ngữ của các biến trạng thái và biến ĐK được xác định như sau: x_i gồm {nhỏ, Hoi nhỏ, W, Hoi lớn, lớn} ứng với các SQM {0.25, 0.375, 0.5, 0.625, 0.75}, \dot{x}_i gồm {Hoi nhỏ, W, Hoi lớn} ứng với các SQM {0.375, 0.5, 0.625} và u_i gồm {Rất nhỏ, nhỏ, Hoi nhỏ, W, Hoi lớn, lớn, Rất lớn} ứng với các SQM {0.125, 0.25,

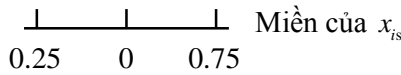
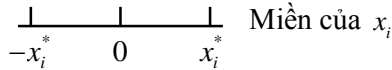
0.375, 0.5, 0.625, 0.75, 0.875}.

a. Ngữ nghĩa hóa và giải ngữ nghĩa:

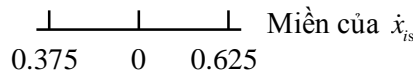
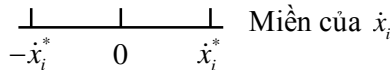
Thuật ngữ mới “ngữ nghĩa hóa” (*semantization*) đã được định nghĩa trong [10].

Các sơ đồ ngữ nghĩa hóa các biến trạng thái x_i và \dot{x}_i và sơ đồ ngữ nghĩa hóa và giải

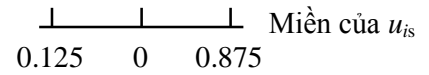
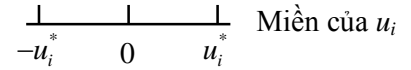
ngữ nghĩa của biến ĐK u_i được thiết lập tương ứng với các sơ đồ mờ hóa trong mục 3.2.2.a như sau (x_i, \dot{x}_i và u_i được tương ứng thay bằng x_{is}, \dot{x}_{is} và u_{is} khi chuyển đổi từ miền thực sang miền ngữ nghĩa – miền chứa các giá trị ngữ nghĩa định lượng):



Hình 8. Ngữ nghĩa hóa x_i .



Hình 9. Ngữ nghĩa hóa \dot{x}_i .



Hình 10. Ngữ nghĩa hóa và giải ngữ nghĩa u_i .

b. Cơ sở luật HA:

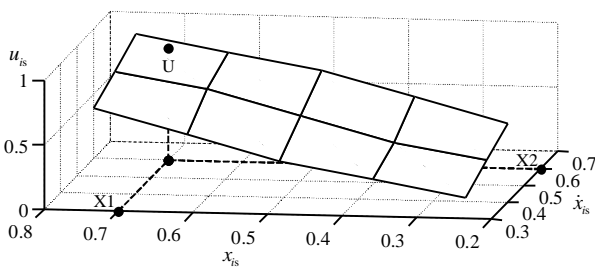
Cơ sở luật HA (bảng SAM - Semantic Associative Memory) với các SQM có thể được xây dựng dựa trên cơ sở luật mờ - bảng FAM (Bảng 1) như trên Bảng 2.

Bảng 3.2. Bảng SAM.

x_{is}	\dot{x}_{is}		
	Hơi nhỏ: 0.375	W : 0.5	Hơi lớn: 0.625
nhỏ: 0.25	Rất lớn: 0.875	lớn: 0.75	Hơi lớn: 0.625
Hơi nhỏ: 0.375	lớn: 0.75	Hơi lớn: 0.625	W : 0.5
W : 0.5	Hơi lớn: 0.625	W : 0.5	Hơi nhỏ: 0.375
Hơi lớn: 0.625	W : 0.5	Hơi nhỏ: 0.375	nhỏ: 0.25
lớn: 0.75	Hơi nhỏ: 0.375	nhỏ: 0.25	Rất nhỏ: 0.125

c. Hợp thành HA

Quy tắc hợp thành HA được thiết lập dựa vào các điểm mô tả các luật ĐK trong bảng SAM như sau (Hình 11):



Hình 11. Mặt cong ngữ nghĩa định lượng.

IV.3. Nhận xét

Qua sơ đồ thuật toán ĐK GOAC (Hình 1) có thể thấy rằng để xác định được lực ĐK $u(t)$ đòi hỏi các biến đổi toán học phức tạp.

Có thể thấy những ưu điểm của bộ ĐK mờ truyền thống như sau: Hoạt động theo cơ chế suy luận định tính dựa trên kinh nghiệm và tri thức của chuyên gia; phù hợp với các đối tượng công nghiệp; Đơn giản khi thiết lập vì không sử dụng các phép biến đổi toán học phức tạp; Vì thế, FC có tính khả thi cao ngay cả đối với hệ phức tạp và phi tuyến. Hệ luật của FC (Bảng FAM) đã tự mang tính ổn định và bền vững; Không phụ thuộc hoàn toàn vào các tham số của hệ nên có thể dễ dàng sử dụng lại khi các tham số của hệ bị thay đổi.

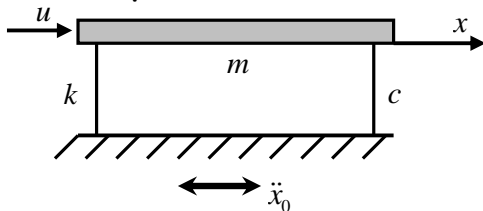
Ngoài những ưu điểm trên, những tồn tại sau của FC cần được xem xét khi thiết kế: Phải thận trọng khi mờ hóa để đảm bảo thứ tự ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ; Mặc dù FC đơn giản khi thiết lập nhưng các bước mờ hóa, hợp thành và giải mờ khá rắc rối về mặt thao tác; Nhiều luật cùng hoạt động trên cùng một vòng lặp ĐK. Ví dụ, khi $x_i = a$ và $\dot{x}_i = b$ (Hình 4 và 5), bộ ĐK FC sẽ có 4 luật cùng hoạt động; Khó khăn khi tối ưu vì cần nhiều tham số độc lập và ràng buộc để thiết kế bộ ĐK. Ví dụ: đối với biến ĐK u_i như trên Hình 6, có 21 tham số độc lập để mờ hóa (mỗi hàm thuộc cần 3 tham số ứng với 3 đỉnh của tam giác) và rất nhiều điều kiện ràng buộc giữa

các tham số này để đảm bảo thứ tự ngữ nghĩa giữa các giá trị ngôn ngữ. Như vậy, bài toán tối ưu riêng biến ĐK u_i của FC sẽ có 21 biến thiết kế và rất nhiều ràng buộc giữa các biến thiết kế.

Những ưu điểm của HA đã khắc phục được những hạn chế trên của FC: HA có tính cấu trúc và luôn đảm bảo thứ tự ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ; Các bước ngữ nghĩa hóa, hợp thành HA và giải ngữ nghĩa rất đơn giản vì chỉ là những bước ánh xạ hoặc nội suy tuyến tính; Chỉ có 1 luật hoạt động trên một vòng lặp ĐK; Chỉ cần 2 tham số độc lập θ và α (19) để mô tả toàn bộ các giá trị ngôn ngữ có thể có của biến ngôn ngữ; Dễ dàng khi tối ưu vì chỉ cần 2 tham số độc lập (θ và α) tương ứng với 2 biến thiết kế và không cần ràng buộc về thứ tự ngữ nghĩa giữa các giá trị ngôn ngữ để thiết kế bộ ĐK HAFC tối ưu.

V. Kết quả tính toán số

Để minh họa khả năng ĐK của GOAC, FC và HAFC, xét kết cấu 1 bậc tự do chịu tải gia tốc \ddot{x}_0 tại liên kết với lực ĐK u như trên Hình 12.



Hình 12. Kết cấu 1 bậc tự do chịu tải gia tốc \ddot{x}_0 tại liên kết.

Trong đó, khối lượng $m = 345.6 \times 10^3$ kg, cản $c = 734.3$ kNs/m, độ cứng $k = 3.404 \times 10^5$ kN/m và gia tốc kích động $\ddot{x}_0(t) = 0.25g \sin[(20\pi/3)t]$ [16].

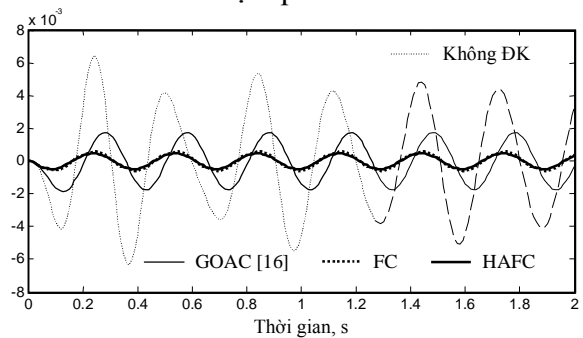
Các kết quả thu được bao gồm: đáp ứng chuyển vị $x(t)$, m (Hình 13); đáp ứng vận tốc $\dot{x}(t)$, m/s (Hình 14) và đáp ứng lực điều khiển $u(t)$, kN (Hình 15).

Nhận xét:

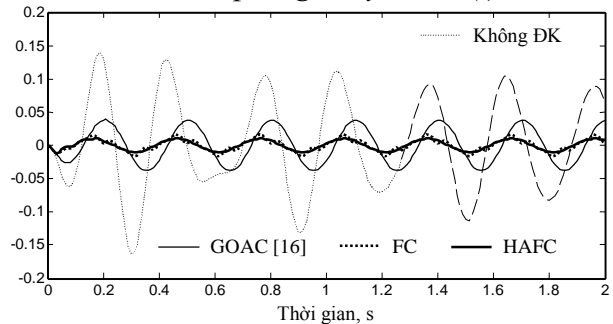
- Qua phần IV, có thể thấy rằng HAFC thể hiện nhiều ưu điểm hơn so với FC và các bộ điều khiển mờ (HAFC và FC) đơn giản hơn so với GOAC về mặt toán học.

- Qua các kết quả số trong phần V, có thể thấy rằng với cùng giá trị lực điều khiển $u(t)$ cực đại (khoảng 800 kN), HAFC có hiệu quả ĐK cao

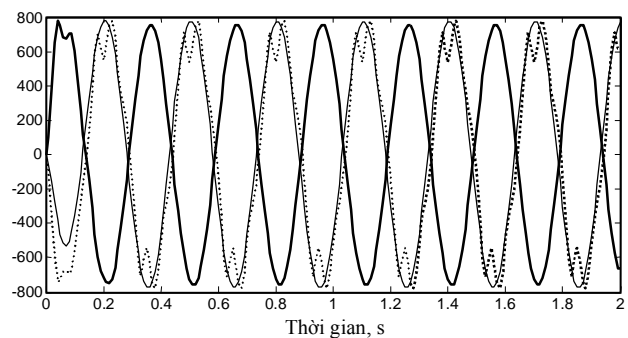
hơn FC và FC có hiệu quả ĐK cao hơn GOAC.



Hình 13. Đáp ứng chuyển vị $x(t)$, m.



Hình 14. Đáp ứng vận tốc $\dot{x}(t)$, m/s.



Hình 15. Đáp ứng lực điều khiển $u(t)$, kN.

VI. Kết luận

Trong bài báo này, vấn đề so sánh 3 bộ ĐK chủ động kết cấu (GOAC, FC và HAFC) được trình bày. Các kết quả chính được tóm tắt như sau:

- HAFC đơn giản hơn, tính cấu trúc cao hơn, dễ thiết lập hơn và hiệu quả ĐK cao hơn so với FC.

- Các bộ ĐK mờ (HAFC và FC) đơn giản hơn so với GOAC (một thuật toán ĐK không sử dụng lý thuyết mờ) về mặt toán học.

Với những ưu điểm của HAFC đã được trình bày, hoàn có thể phát triển và ứng dụng HAFC cho những bài toán ĐK khác nhau trong Cơ học.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Đông Anh, Lã Đức Việt (2007), *Giảm dao động bằng thiết bị tiêu tán năng lượng*, Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ.

2. Lã Đức Việt (2010), *Phát triển thuật toán điều khiển tích cực phản hồi cho các kết cấu trong điều kiện đo hạn chế đáp ứng*, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Đại học Quốc gia Hà Nội.
3. Battaini M, Casciati F, Faravelli L. (1999), *Fuzzy control of structural vibration. An active mass system driven by a fuzzy controller*, Earthquake Engineering & Structural Dynamics 27(11), 1267–1276.
4. Park K.S, Koh H.M, Ok S.Y. (2002), *Active control of earthquake excited structures using fuzzy supervisory technique*, Advances in Engineering Software 33, 761–768.
5. Park, K.S, Koh, H.M, Seo, C.W. (2004), *Independent modal space fuzzy control of earthquake-excited structures*, Engineering Structures 26, 279–289.
6. Reigles D.G., Symans M.D. (2006), *Supervisory fuzzy control of a base-isolated benchmark building utilizing a neuro-fuzzy model of controllable fluid viscous dampers*, Struct. Control Health Monit. 13, 724–747.
7. Guclu, R. and Yazici, H. (2008), *Vibration control of a structure with ATMD against earthquake using fuzzy logic controllers*, Journal of Sound and Vibration 318, 36–49.
8. Ho N.C. (2007), *A topological completion of refined hedge algebras and a model of fuzziness of linguistic terms and hedges*, Fuzzy Sets and Systems 158, 436–451.
9. Ho N.C., Lan V.N., Viet L.X. (2006), *An Interpolative reasoning method based on hedge algebras and its application to problem of fuzzy control*, Proc. of the 10th WSEAS International on Computers, Vouliagmeni, Athens, Greece, July 13–15, 526–534.
10. Ho N.C., Lan V.N., Viet L.X. (2008), *Optimal hedge-algebras-based controller: Design and application*, Fuzzy Sets and Systems 159, 968–989.
11. Ho N.C., Long N.V. (2007), *Fuzziness measure on complete hedge algebras and quantifying semantics of terms in linear hedge algebras*, Fuzzy Sets and Systems 158, 452–471.
12. Ho N.C., Nam H.V. (2002), *An algebraic approach to linguistic hedges in Zadeh's fuzzy logic*, Fuzzy Sets and Systems 129, 229–254.
13. Ho N.C., Nam H.V., Khang T.D., Chau N.H. (1999), *Hedge algebras, linguistic-valued logic and their application to fuzzy reasoning*, Internat. J. Uncertainty fuzziness knowledge-based systems 7(4), 347–361.
14. Ho N.C., Wechler W. (1990), *Hedge algebras: An algebraic approach to structure of sets linguistic truth values*, Fuzzy Set and Systems 35, 281–293.
15. Ho N.C., Wechler W. (1992), *Extended hedge algebras and their application to fuzzy logic*, Fuzzy Set and Systems 52, 259 – 281.
16. Cheng FY, Jiang H, Lou K. (2008), *Smart Structures, Innovative Systems for Seismic Response Control*, CRC Press USA.
17. Hai-Le Bui, Duc-Trung Tran, Nhu-Lan Vu, *Optimal fuzzy control of an inverted pendulum*, Journal of Vibration and Control (2011), DOI: 10.1177/1077546311429053.
18. N. D. Anh, Hai-Le Bui, Nhu-Lan Vu, Duc-Trung Tran, *Application of hedge algebra-based fuzzy controller to active control of a structure against earthquake*, Structural Control and Health Monitoring (2011), DOI: 10.1002/stc.508.
19. Nguyen Dinh Duc, Nhu-Lan Vu, Duc-Trung Tran, Hai-Le Bui, *A study on the application of hedge algebras to active fuzzy control of a seism-excited structure*, Journal of Vibration and Control (2011), DOI: 10.1177/1077546311429057.

Abstract

COMPARISON OF SOME STRUCTURAL ACTIVE CONTROLLERS

Active control problems of vibrating structures have attracted considerable attention in recent years. In this paper, three controllers including: Generalized Optimal Active Controller – GOAC, Classical Fuzzy Controller – FC and Hedge-Algebras-based Fuzzy Controller – HAFC are presented for active control of a structure subjected to acceleration load. Establishing steps of above-mentioned controllers are compared in order to stand out the HAFC, a new fuzzy control method based on the Hedge Algebras theory. Their control effects are investigated through time histories of the structure displacement and control force.

KEYWORDS: active control; generalized optimal active control; fuzzy control; hedge algebras.