

PHƯƠNG PHÁP LẬP LUẬN MỜ SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ VỚI ÁNH XẠ NGỮ NGHĨA ĐỊNH LƯỢNG KHOẢNG

PHẠM THANH HÀ

Trường Đại học Giao thông vận tải Hà Nội

Abstract. Fuzzy reasoning methods based on Hedge Algebras have always used quantitative semantic mapping v with assumption that fuzziness measure of the element W is zero [2]. Therefore, optimal searching domain for some problems using these reasoning methods has been restricted and, then, the optimal solutions can be omitted.

Interval quantitative semantic mappings have been introduced based on the assumption that fuzziness measure of the element W is non-zero. The mathematical basis of these mappings has been established and published in [7]. In this paper, we will develop a fuzzy reasoning method utilizing interval quantitative semantic mappings and apply to solve some engineering problems in order to show that our method gives optimal solutions corresponding to the fuzziness measure of the element W is non-zero.

Tóm tắt. Từ trước đến nay các phương pháp lập luận mờ dựa trên đại số gia tử (ĐSGT) đều sử dụng ánh xạ ngữ nghĩa định lượng v với giả thiết độ đo tính mờ của phần tử trung hoà bằng không [2]. Điều này dẫn đến vùng tìm kiếm tối ưu của một số bài toán áp dụng các phương pháp lập luận này bị hạn chế và nghiệm tối ưu của nó có thể bị bỏ qua.

Ánh xạ ngữ nghĩa định lượng khoảng f được xây dựng trên cơ sở giả thiết độ đo tính mờ của phần tử trung hoà khác không, cơ sở toán học của việc mở rộng và xây dựng ánh xạ trên đã được công bố trong [7]. Trong bài báo này chúng tôi sẽ phát triển phương pháp lập luận mờ dựa trên ĐSGT với ánh xạ ngữ nghĩa định lượng khoảng và ứng dụng giải quyết một vài bài toán để chứng tỏ rằng phương pháp mới cho kết quả tối ưu hơn và nghiệm tối ưu thực sự ứng với độ đo tính mờ của các phần tử trung hoà khác không.

1. MỞ ĐẦU

Như ta đã biết, phần tử trung hoà W của biến ngôn ngữ có đặc điểm là điểm bất động, nghĩa là $hW = W$ với mọi $h \in H$. Vì vậy khi nghiên cứu việc định lượng nhân ngôn ngữ các tiếp cận cũ đều giả thiết $fm(W) = 0$ (tài liệu [2]). Tuy nhiên trong nhiều trường hợp giả thiết này là chặt, gây mất mát thông tin vì trong rất nhiều biến ngôn ngữ phần tử trung hoà W có độ mờ hay $fm(W) \neq 0$, khi đó giá trị định lượng của W có thể lấy tùy ý trong khoảng tính mờ của W , điều này dẫn đến có một miền các giá trị tham số để xây dựng ánh xạ định lượng bị bỏ qua khi ta giả thiết $fm(W) = 0$. Do đó khi ứng dụng ĐSGT vào giải các bài toán có thể bỏ qua các nghiệm tối ưu ứng với các giá trị tham số nằm trong miền tham số vừa đề cập nếu buộc $fm(W) = 0$. Để giải quyết vấn đề này một tiếp cận khác đã được đưa

ra là định lượng nhân ngôn ngữ theo khoảng với giả thiết hay $fm(W) \neq 0$ ([7]).

Có thể tóm tắt hai cách tiếp cận về định lượng nhân ngôn ngữ như sau:

Cho ĐSGT tuyến tính đầy đủ $\mathbf{AX}^* = (\mathbf{X}^*, G, H, \sigma, \phi, \leq)$ và một độ đo tính mờ fm .

Tiếp cận thứ nhất giả thiết $fm(W) = 0$ và xây dựng ánh xạ định lượng $v: \mathbf{X}^* \rightarrow [0, 1]$, trong khi đó tiếp cận thứ hai giả thiết $fm(W) \neq 0$ và xây dựng ánh xạ định lượng khoảng $f: \mathbf{X}^* \rightarrow \mathbf{P}[0, 1]$, trong đó $\mathbf{P}[0, 1]$ là họ các khoảng trong $[0, 1]$.

Để xây dựng các ánh xạ này cả hai tiếp cận này đều xây dựng hệ khoảng mờ liên kết với fm (xem [2,7]), gọi $J(x)$ là khoảng mờ liên kết với $fm(x)$ và việc định lượng nhân ngôn ngữ được tiến hành như sau:

- Với mọi $x, v(x)$ là điểm chia trong khoảng $J(x)$ theo tỷ lệ $\alpha : \beta$, nếu $Sign(h_p x) = +1$ và theo tỷ lệ $\beta : \alpha$, nếu $Sign(h_p x) = 1$ (xem[2]).

- Với mọi $x, f(x) = J(x)$, và giá trị đại diện của khoảng mờ $f(x)$ là $\rho(f(x))$ được xác định như sau (xem[6]):

+ Với $x \neq W$, $\rho(f(x))$ là điểm chia trong khoảng $J(x)$ theo tỷ lệ $\alpha : \beta$, nếu $Sign(h_p x) = +1$ và theo tỷ lệ $\beta : \alpha$, nếu $Sign(h_p x) = 1$.

+ Với $x = W$, $\rho(f(W))$ là giá trị bất kỳ trong khoảng $J(W)$.

Công thức xác định giá trị định lượng của nhân ngôn ngữ theo hai hướng tiếp cận trên cũng đã được xác định trong các tài liệu [2,7].

Từ hai tiếp cận trên ta rút ra nhận xét sau:

Nhận xét 1.1. Cho ĐSGT tuyến tính đầy đủ $\mathbf{AX}^* = (\mathbf{X}^*, G, H, \sigma, \phi, \leq)$ và một độ đo tính mờ fm . Giả sử $fm(W) = 0$, khi đó ta có $\rho(f(x)) = v(x)$, trong đó $f(x)$ là ánh xạ ngữ nghĩa định lượng khoảng và ρ là ánh xạ xác định giá trị đại diện của các khoảng mờ xác định theo [7], còn $v(x)$ là ánh xạ ngữ nghĩa định lượng truyền thống xác định theo [2].

Nhận xét 1.1 cho thấy $v(x)$ là giá trị đại diện của khoảng mờ $J(x)$ trong trường hợp $fm(W) = 0$. Qua đây ta cũng thấy với giả thiết $fm(W) \neq 0$, các khoảng mờ cũng như các giá trị đại diện của nó sẽ được đẩy lùi về hai phía 0 và 1 của khoảng $[0, 1]$ so với các khoảng mờ và giá trị định lượng truyền thống v .

Phương pháp lập luận sử dụng ánh xạ ngữ nghĩa định lượng v đã được đề cập trong nhiều nghiên cứu gần đây [3 – 6, 9 – 10]. Bài báo này sẽ đề xuất cải tiến phương pháp lập luận này, cụ thể, thay vì sử dụng ánh xạ định lượng v để định lượng nhân ngôn ngữ, ta sẽ sử dụng giá trị đại diện của khoảng mờ của nhân ngôn ngữ (ánh xạ f và ρ).

Để thực hiện điều này, trong Mục 2 bài báo nhắc lại phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT với ánh xạ ngữ nghĩa định lượng v (gọi là $vHAR$) và Mục 3 là cải tiến của nó - phương pháp lập luận sử dụng ĐSGT với ánh xạ định lượng khoảng (gọi là $fHAR$), cả hai phương pháp lập luận này đều có tên gọi chung là HAR (Hedge Algebras Reasoning). Việc sử dụng thuật di truyền để xác định các tham số của HAR được đề cập trong Mục 4, Mục 5 là ứng dụng của $vHAR$ và $fHAR$ vào bài toán xếp xỉ hàm hình chuông và điều khiển mô hình máy bay hạ cánh, việc so sánh khả năng của hai phương pháp cũng được đề cập trong mục này.

2. PHƯƠNG PHÁP LẬP LUẬN MỜ SỬ DỤNG ÁNH XẠ ĐỊNH LƯỢNG $v(HAR)$

Phương pháp lập luận sử dụng ĐSGT với ánh xạ định lượng v được phát triển dựa trên phương pháp lập luận mờ (FR xem thêm [3 – 6, 9 – 12]).

Trước hết ta xem xét bài toán lập luận mờ đa điều kiện sau:

Cho mô hình mờ (2.1) là tập các mệnh đề dạng *if – then* :

if $X_1 = A_{11}$ and ... and $X_m = A_{1m}$ then $Y = B_1$

if $X_1 = A_{21}$ and ... and $X_m = A_{2m}$ then $Y = B_2$

...

if $X_1 = A_{n1}$ and ... and $X_m = A_{nm}$ then $Y = B_n$

(2.1)

trong đó A_{ij} và B_i , $i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, m$, là những từ ngôn ngữ mô tả các đại lượng của biến ngôn ngữ X_j và Y .

(2.1) được gọi là mô hình mờ hay bộ nhớ mờ liên hợp (Fuzzy Associate Memory gọi tắt là FAM) vì nó biểu diễn tri thức của chuyên gia trong lĩnh vực ứng dụng nào đó đang được xét.

Bài toán lập luận mờ được phát biểu như sau: Cho trước mô hình mờ ở dạng (2.1). Khi đó ứng với các giá trị (hoặc giá trị mờ, hoặc giá trị thực) của các biến đầu vào đã cho, hãy tính giá trị đầu ra của biến Y .

Theo tiếp cận của ĐSGT, mô hình mờ (2.1) được xem như một tập hợp các “điểm mờ”, với việc sử dụng ánh xạ ngữ nghĩa định lượng v mỗi điểm của mô hình mờ trên có thể được biểu diễn bằng một “điểm thực”, và tập các điểm thực cho ta một mô hình gọi là bộ nhớ liên hợp định lượng (Semantization Associate Memory gọi tắt là SAM). Xây dựng phép nội suy dựa trên các mốc là các điểm của mô hình SAM để xác định giá trị đầu ra từ giá trị định lượng đầu vào. Cụ thể phương pháp lập luận sử dụng ĐSGT gồm các bước chính sau:

- 1) Xây dựng các ĐSGT AX_i cho các biến ngôn ngữ X_i , và AY cho biến ngôn ngữ Y .
- 2) Sử dụng các ánh xạ ngữ nghĩa định lượng v_{X_i} và v_Y chuyển đổi mô hình mờ FAM về mô hình SAM.
- 3) Xây một phép nội suy trên cơ sở các mốc nội suy là các điểm của mô hình SAM.
- 4) Ứng với giá trị đầu vào thực hoặc mờ xác định đầu ra tương ứng nhờ phép nội suy.

Phương pháp sử dụng ánh xạ v để định lượng các nhãn ngôn ngữ trong mô hình FAM (bước 2) do đó ta gọi phương pháp lập luận này là $vHAR$.

Trong một số nghiên cứu gần đây các tác giả đã sử dụng các phép kết nhập AND để đưa bảng SAM về đường cong ngữ nghĩa định lượng, đầu ra được xác định dựa trên việc định lượng, kết nhập các đầu vào và nội suy tuyến tính trên đường cong này [3, 4, 6, 9, 10], cũng ở bước này trong [5] đã sử dụng mạng nơron để xấp xỉ các điểm mô hình SAM và đầu ra được xác định nhờ mạng nơron (bước 3,4).

Như chúng ta đã biết luôn tồn tại các mạng nơron cho phép học và xấp xỉ các hàm với độ chính xác tùy ý (ví dụ như các mạng nơron RBF , BP) [1], do đó nếu nội suy bằng các mạng nơron thích hợp thì phương pháp lập luận sử dụng ĐSGT phụ thuộc chủ yếu vào các tham số của các ĐSGT AX_i , $i = 1, \dots, m + 1$, trong đó $AY = AX_{m+1}$, và bộ tham số của

phương pháp $vHAR$, ký hiệu $vPAR$ được xác định như sau:

+ Độ đo tính mờ của các phần tử sinh: $fm(c_i^-)$, $fm(c_i^+)$ thỏa $fm(c_i^-) + fm(c_i^+) = 1$,

+ Độ đo tính mờ của các gia tử $\mu(h_{ij})$ thỏa $\sum_{j=-q_i, j \neq 0}^{p_i} \mu(h_{ij}) = 1$.

3. PHƯƠNG PHÁP LẬP LUẬN SỬ DỤNG ĐSGT VỚI ẢNH XẠ ĐỊNH LƯỢNG KHOẢNG ($fHAR$)

Phương pháp lập luận này được phát triển trên cơ sở thay đổi bước 2 của $vHAR$, cụ thể thay vì sử dụng ánh xạ định lượng v chúng tôi sẽ sử dụng ánh xạ định lượng khoảng f để xác định khoảng mờ của nhân ngôn ngữ và sử dụng định lượng nhân ngôn ngữ bằng giá trị đại diện của khoảng mờ. Theo đó phương pháp gồm các bước chính sau:

- 1) Xây dựng các ĐSGT AX_i cho các biến ngôn ngữ X_i , và AY cho biến ngôn ngữ Y .
- 2) Sử dụng các ánh xạ ngữ nghĩa định lượng khoảng f_{X_i} và f_Y , đồng thời xác định các điểm đại diện của khoảng nhờ ánh xạ ρ , chuyển đổi mô hình mờ FAM về mô hình SAM.
- 3) Xây một phép nội suy trên cơ sở các mốc nội suy là các điểm của mô hình SAM.
- 4) Ứng với giá trị đầu vào thực hoặc mờ xác định đầu ra tương ứng nhờ phép nội suy.

Như đã bàn luận ở Mục 2, nếu nội suy bằng các mạng nơron thích hợp thì phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT phụ thuộc chủ yếu vào các tham số của các đại số gia tử. Do ánh xạ định lượng khoảng sử dụng giả thiết $fm(W) \neq 0$ và điểm đại diện của phần tử trung hòa được lấy tự do trong khoảng mờ $f(W)$ nên các tham số của phương pháp $fHAR$, ký hiệu $fPAR$ gồm:

+ Độ đo tính mờ của các phần tử sinh và phần tử trung hòa:

$$fm(c_i^-), fm(W_i), fm(c_i^+) \text{ thỏa } fm(c_i^-) + fm(W_i) + fm(c_i^+) = 1.$$

+ Giá trị đại diện cho phần tử trung hòa: $\rho(f(W_i)) \in f(W_i)$.

+ Độ đo tính mờ của các gia tử $\mu(h_{ij})$ thỏa $\sum_{j=-q_i, j \neq 0}^{p_i} \mu(h_{ij}) = 1$.

Với Nhận xét 1.1, có thể thấy phương pháp lập luận với ánh xạ định lượng v là trường hợp riêng của phương pháp lập luận này (trường hợp $fm(W_i) = 0$, $i = 1, \dots, m+1$).

4. XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CHO $vHAR$, $fHAR$

Như đã thảo luận ở trên $vHAR$ và $fHAR$ phụ thuộc vào các bộ tham số tương ứng $vPAR$ và $fPAR$, giả sử tồn tại một mô hình sai số của phương pháp lập luận cho bởi hàm $h(g, HAR(PAR)) \geq 0$, trong đó g là mô hình thực mong muốn và $HAR(PAR)$ là mô hình được xấp xỉ bằng $vHAR$ hoặc $fHAR$ cùng các tham số $vPAR$ và $fPAR$ tương ứng. Khi đó bài toán xác định tham số cho phương pháp lập luận sử dụng ĐSGT được phát biểu như sau:

Tìm các tham số PAR sao cho $h(g, HAR(PAR)) \rightarrow \min$.

Về bản chất đây chính là bài toán cực tiểu hàm nhiều biến $h(g, HAR(PAR))$, và một trong những công cụ hữu hiệu để giải quyết bài toán này chính là giải thuật di truyền (tài liệu [8]), bài báo xin nhắc lại một số nét cơ bản của giải thuật này:

+ Sử dụng mã hóa nhị phân để biểu diễn các cá thể, tham biến $x \in [U_{\min}, U_{\max}]$ được biểu diễn bởi một chuỗi L bit với tỷ lệ co giãn $u = (U_{\max} - U_{\min}) / (2L - 1)$.

+ Hàm cần tối ưu h được chọn làm cơ sở để tính độ phù hợp của từng chuỗi cá thể.

+ Toán tử lai ghép là toán tử một điểm cắt, giả sử chuỗi cá thể có độ dài L (có L bit), toán tử lai ghép được tiến hành qua hai giai đoạn:

- Hai cá thể trong quần thể bố, mẹ được chọn ngẫu nhiên với phân bố xác suất đều p_c .

- Sinh ngẫu nhiên số j trong đoạn $[1, L - 1]$. Hai cá thể con được tạo bằng cách sao chép các ký tự từ 1 đến j và trao đổi các ký tự từ $j + 1$ đến L .

+ Toán tử đột biến được xây dựng như sau: duyệt từng gen của từng cá thể con được sinh ra sau khi tiến hành toán tử lai ghép và tiến hành biến đổi giá trị từ 0 sang 1 hoặc ngược lại với một xác suất p_m được gọi là xác suất đột biến.

+ Ta có thể sinh ra quần thể con từ quần thể hiện tại thông qua 3 toán tử là chọn lọc, lai ghép và đột biến thay thế hoàn toàn quần thể hiện tại của thế hệ tiếp theo.

Giải thuật di truyền phụ thuộc vào bộ 4 (N, p_c, p_m, G) , trong đó N là số cá thể trong quần thể; p_c là xác suất lai ghép; p_m là xác suất đột biến và G là số thế hệ cần tiến hoá, là các tham số điều khiển của giải thuật. Cá thể có giá trị hàm mục tiêu tốt nhất của mọi thế hệ là lời giải cuối cùng của giải thuật, quần thể đầu tiên được khởi tạo một cách ngẫu nhiên.

Nhận xét 4.1. Nếu xây dựng được mô hình sai số cho HAR , ta luôn xác định được bộ tham số PAR của phương pháp sao cho sai số của phương pháp là tối ưu.

5. MỘT SỐ ỨNG DỤNG CỦA HAR

Trong phần này ta sẽ sử dụng $vHAR$ và $fHAR$ để giải quyết một số bài toán như xấp xỉ hàm hình chuông, điều khiển mô hình máy bay hạ cánh. Ở phần này ta ngầm định rằng $vHAR$ và $fHAR$ sẽ được sử dụng với bộ tham số tối ưu tương ứng với mỗi bài toán được áp dụng.

Vấn đề nội suy trong HAR được giải quyết bằng việc sử dụng một mạng nơron RBF với thuật toán huấn luyện gồm 2 pha như sau:

Cho tập các mốc nội suy $\{(x(k), d(k))\}$, $k = 1, 2, \dots, p$.

Pha 1: Xác định các bán kính mạng.

+ Lấy các mốc nội suy làm các tâm mạng: $x(k)$, $k = 1, 2, \dots, p$.

+ Xác định độ rộng của các bán kính ứng với mỗi tâm mạng:

$$\sigma_k = \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \|x^i - x^k\| \right)^{1/2}, \quad k = 1, 2, \dots, p$$

, trong đó x_i , $i = 1, 2, \dots, r$ là các láng giềng gần nhất với tâm x^k .

Pha 2: Xác định các trọng số của mạng.

Bước 1: Chọn tốc độ học η , chọn sai số cực đại E_{\max} .

Bước 2: Đặt giá trị đầu $E = 0$, $k = 1$. Gán giá trị ngẫu nhiên cho các trọng số $w_{iq}(k)$.

Bước 3: Tính đầu ra của mạng với tín hiệu vào là $x(k)$:

$$z_q(k) = e^{-\frac{\|x(k) - m_q\|^2}{2\sigma_q}}, \quad y_i(k) = \sum_{q=1}^l w_{iq}(k)z_q(k).$$

Cập nhật trọng số lớp ra của mạng: $w_{iq}(k+1) = w_{iq}(k) + \eta((d_i(k)) - y_i(k))z_q(k)$.

Tính sai số tích lũy:

$$E = E + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (d_i(k) - y_i(k))^2.$$

Bước 4: (Lặp một chu kỳ) Kiểm tra tập dữ liệu huấn luyện đã quay hết một vòng. Nếu $k < p$ thì $k = k + 1$ và quay lại Bước 3; trường hợp khác về Bước 5.

Bước 5: (Kiểm tra tín hiệu sai số) Kiểm tra tín hiệu sai số, nếu $E < E_{\max}$ thì kết thúc vòng luyện và đưa ra bộ trọng số cuối cùng; trường hợp khác cho $E = 0$, $k = 1$ và quay lại Bước 3 tiến hành chu kỳ luyện mới.

5.1. Bài toán xấp xỉ hàm hình chuông

Trong [11], tác giả đã xây dựng một hệ mờ đơn giản (sử dụng phương pháp lập luận mờ - FR) để xấp xỉ hàm hình chuông $f(x, y) = e^{-(x^2+y^2)}$ (Hình 1.a). Căn cứ vào các kết quả đã công bố, ta xây dựng lại hệ mờ xấp xỉ hàm hình chuông nói trên, đồng thời sử dụng vHAR và fHAR để xấp xỉ hàm này. Để mô phỏng, lấy không gian đầu vào của bài toán này là $x, y \in [-3, 3]$ được rời rạc hoá với bước nhảy 0,3, số điểm đầu vào của hệ xấp xỉ hàm là $l \times m = 21 \times 21 = 441$ và mô hình sai số được xác định như sau:

$$e = \max_{i=1\dots l, j=1\dots m} g((x_i, y_i) - \bar{g}(x_i, y_i)), \quad (5.1)$$

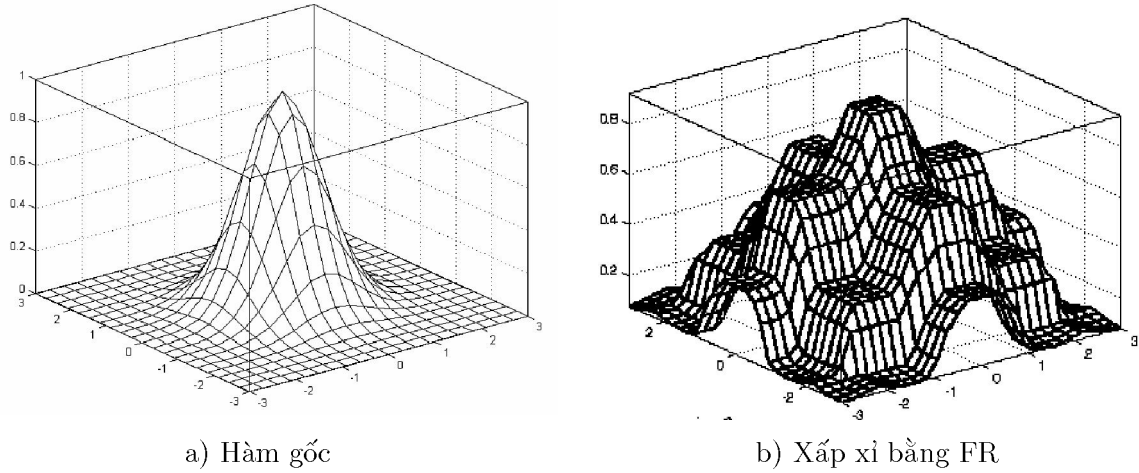
trong đó g là hàm hình chuông gốc, \bar{g} là hàm được xấp xỉ bằng FR, vHAR hoặc fHAR.

5.1.1. Kết quả xấp xỉ hàm hình chuông bằng phương pháp FR

Xây dựng các tập mờ L -Low, LM -MediumLow, M -Medium, MH -MediumHight, H -Hight cho các biến đầu vào $x, y \in [-3, 3]$ và các tập mờ L -Low, ML -MediumLow, MH -MediumHight, và H -Hight cho biến đầu ra $z \in [0, 1]$ (xem thêm [10]). Một tập luật mờ cũng đã được xây dựng (Bảng 1) để xấp xỉ hàm hình chuông.

Với tập luật như Bảng 1 và các hàm thuộc xác định như [11], sử dụng Matlab (với các tham số *And method* = min, *Or method* = max, *Implication* = min, *Aggregation* = max, *Defuzzification* = centroid) ta xác định được bề mặt của hàm hình chuông (Hình 3.b).

Sử dụng mô hình sai số (5.1), ta xác định được (5.2)



Hình 1. Bề mặt hàm hình chuông

5.2. Kết quả xấp xỉ hàm hình chuông bằng $vHAR$ và $fHAR$

Sau đây ta sẽ sử dụng các bước của $vHAR$ và $fHAR$ để xấp xỉ hàm hình chuông từ mô hình mờ nói trên, các bước được tiến hành như sau:

1) Do x, y có vai trò như nhau trong bài toán xấp xỉ hàm hình chuông nên ta:

Xây dựng một ĐSGT AXY chung cho các biến đầu vào x, y với tập các phần tử sinh $Low, Medium, Hight$, tập các gia tử gồm $Little$ và $Very$, các tập mờ của bảng luật FAM được chuyển sang các nhãn ngôn ngữ sử dụng gia tử như sau: $L - VeryVeryLow, ML - LittleLow, M - Medium, MH - LittleHight, H - VeryVeryHight$.

Xây dựng ĐSGT AZ cho biến đầu ra z với các phần tử sinh $Low, Medium, Hight$, tập các gia tử gồm $Little$ và $Very$, các tập mờ được chuyển sang các nhãn ngôn ngữ sử dụng gia tử như sau: $L - VeryVeryLow, ML - LittleLow, MH - LittleHight, H - VeryVeryHight$.

2) Chuyển đổi mô hình FAM sang SAM:

a) Với tập luật như Bảng 1, hệ tham số của $vHAR$ là (4 tham số):

$$vPAR = \{f_{m_{XY}} \in Low, \mu_{XY}(Very), f_{m_Z}(Low), \mu_Z(Very)\}.$$

Với các ràng buộc:

$$f_{m_{XY}}(Low) \in (0, 1), f_{m_Z}(Low) \in (0, 1), \mu_{XY}(Very) \in (0, 1), \mu_Z(Very) \in (0, 1).$$

Theo [2] ta có:

$$L_{XY} = v_{XY}(VeryVeryLow) = \mu_{XY}(Very) \times \mu_{XY}(Very) \times \mu_{XY}(Very) \times f_{m_{XY}}(Low);$$

$$LM_{XY} = v_{XY}(LittleLow)$$

$$= \mu_{XY}(Very) \times f_{m_{XY}}(Low) + (1 - \mu_{XY}(Very)) \times (1 - \mu_{XY}(Very)) \times f_{m_{XY}}(Low);$$

$$M_{XY} = v_{XY}(Medium) = f_{m_{XY}}(Low);$$

$$MH_{XY} = v_{XY}(LittleHight) = 1 - \mu_{XY}(Very) \times (2 - \mu_{XY}(Very)) \times (1 - fm_{XY}(Low));$$

$$\begin{aligned} H_{XY} &= v_{XY}(VeryVeryHight) \\ &= 1 - \mu_{XY}(Very) \times \mu_{XY}(Very) \times \mu_{XY}(Very) \times (1 - fm_{XY}(Low)); \end{aligned}$$

$$L_Z = v_Z(VeryVeryLow) = \mu_Z(Very) \times \mu_Z(Very) \times \mu_Z(Very) \times fm_Z(Low);$$

$$\begin{aligned} LM_Z &= v_Z(LittleLow) \\ &= \mu_Z(Very) \times fm_Z(Low) + (1 - \mu_Z(Very)) \times (1 - \mu_Z(Very)) \times fm_Z(Low); \end{aligned}$$

$$MH_Z = v_Z(LittleHight) = 1 - \mu_Z(Very) \times (2 - \mu_Z(Very)) \times (1 - fm_Z(Low));$$

$$H_Z = v_Z(VeryVeryHight) = 1 - \mu_Z(Very) \times \mu_Z(Very) \times \mu_Z(Very) \times (1 - fm_Z(Low));$$

b) Với tập luật như Bảng 1, hệ tham số của $fHAR$ là (7 tham số):

$$\begin{aligned} fPAR &= \{fm_{XY}(Low); fm_{XY}(Hight); \rho_{XY}(f_{XY}(Medium)); \mu_{XY}(Very); \\ &fm_Z(Low); fm_Z(Hight); \mu_Z(Very)\} \end{aligned}$$

Với các ràng buộc:

$$fm_{XY}(Low) \in (0, 1); fm_{XY}(Hight) \in (0, 1 - fm_{XY}(Low));$$

$$\rho_{XY}(f_{XY}(Medium)) \in (fm_{XY}(Low), 1 - fm_{XY}(Hight)); fm_Z(Low) \in (0, 1);$$

$$fm_Z(Hight) \in (0, 1 - fm_Z(Low)); \mu_{XY}(Very) \in (0, 1), \mu_Z(Very) \in (0, 1).$$

Theo [7] ta tính toán được:

$$\begin{aligned} L_{XY} &= \rho_{XY}(f_{XY}(VeryVeryLow)) \\ &= \mu_{XY}(Very) \times \mu_{XY}(Very) \times \mu_{XY}(Very) \times fm_{XY}(Low); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LM_{XY} &= \rho_{XY}(f_{XY}(LittleLow)) \\ &= \mu_{XY}(Very) \times fm_{XY}(Low) + (1 - \mu_{XY}(Very)) \times (1 - \mu_{XY}(Very)) \times fm_{XY}(Low); \end{aligned}$$

$$M_{XY} = \rho(fm_{XY}(Medium));$$

$$\begin{aligned} MH_{XY} &= \rho_{XY}(f_{XY}(LittleHight)) \\ &= 1 - \mu_{XY}(Very) \times (2 - \mu_{XY}(Very)) \times fm_{XY}(Hight); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{XY} &= \rho_{XY}(f_{XY}(VeryVeryHight)) \\ &= 1 - \mu_{XY}(Very) \times \mu_{XY}(Very) \times \mu_{XY}(Very) \times fm_{XY}(Hight); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_Z &= \rho_Z(f_Z(VeryVeryLow)) \\ &= \mu_Z(Very) \times \mu_Z(Very) \times \mu_Z(Very) \times fm_Z(Low); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LM_Z &= \rho_Z(f_Z(\text{LittleLow})) \\ &= \mu_Z(\text{Very}) \times fm_Z(\text{Low}) + (1 - \mu_Z(\text{Very})) \times (1 - \mu_Z(\text{Very})) \times fm_Z(\text{Low}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MH_Z &= \rho_Z(f_Z(\text{LittleHight})) \\ &= 1 - \mu_Z(\text{Very}) \times (2 - \mu_Z(\text{Very})) \times (1 - fm_Z(\text{Hight})); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_Z &= \rho_Z(f_Z(\text{VeryVeryHight})) \\ &= 1 - \mu_Z(\text{Very}) \times \mu_Z(\text{Very}) \times \mu_Z(\text{Very}) \times (1 - fm_Z(\text{Hight})); \end{aligned}$$

Mô hình SAM ứng với mỗi bộ giá trị của $vPAR$ hoặc $fPAR$ ta xác định như Bảng 3.

Bảng 3. Mô hình ngữ nghĩa định lượng (SAM)

$\begin{matrix} x_s \\ y_s \end{matrix}$	L_{XY}	LM_{XY}	M_{XY}	MH_{XY}	H_{XY}
L_{XY}	L_Z	L_Z	ML_Z	L_Z	L_Z
LM_{XY}	L_Z	ML_Z	MH_Z	ML_Z	L_Z
M_{XY}	ML_Z	MH_Z	H_Z	MH_Z	ML_Z
MH_{XY}	L_Z	ML_Z	MH_Z	ML_Z	L_Z
H_{XY}	L_Z	L_Z	ML_Z	L_Z	L_Z

3) Phép nội suy được sử dụng là mạng nơron RBF với thuật toán huấn luyện như trên, 25 điểm của mô hình SAM được sử dụng làm tập mẫu huấn luyện mạng, các tham số huấn luyện mạng được chọn như sau: $r = 1$, tốc độ học 0,8 sai số 0,0001.

4) Không gian đầu vào của bài toán gồm $l \times m = 21 \times 21 = 441$ điểm được xác định như đã thảo luận ở phần đầu, việc định lượng cho các giá trị thực được thực hiện theo [4]. Xác định đầu ra ứng với các đầu vào trên nhờ mạng RBF được xây dựng ở Mục 3. Sai số của phương pháp là hàm e được xác định theo (5.1).

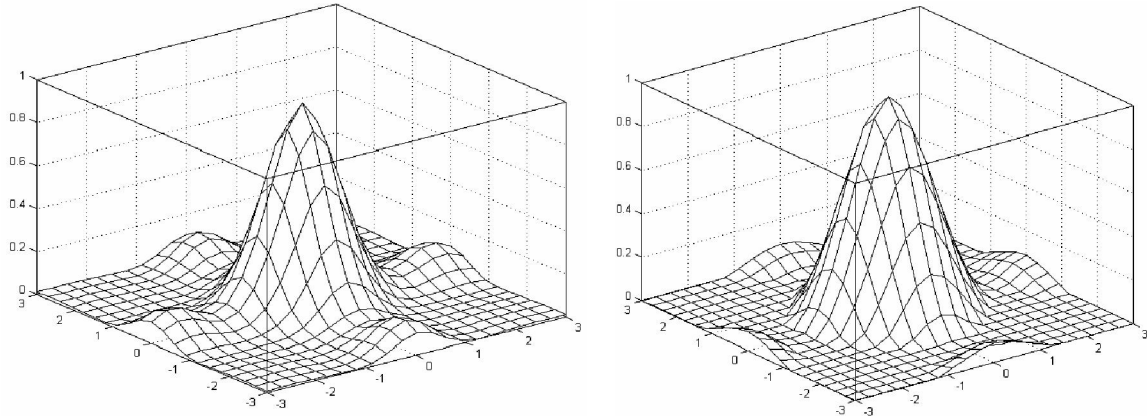
Sử dụng giải thuật di truyền cực tiểu hàm e với số thế hệ bằng 200, xác suất lai ghép 0,80; xác suất đột biến 0,05, kích cỡ quần thể 40, kích thước gen 25. Qua một số lần chạy thử, ta xác định các kết quả xấp xỉ của $vHAR$ và $fHAR$ lần lượt là:

$$\begin{aligned} vPAR1 &= \{0, 502203; 0, 230481; 0, 510917; 0, 382553\}, \\ e(vHAR) &= 0, 135982. \end{aligned} \quad (5.3)$$

Hình 2.a là bề mặt hình chuông được xác định bởi $vHAR$ với hệ tham số $vPAR1$.

$$\begin{aligned} fPAR1 &= \{0, 497738; 0, 496229; 0, 502072; 0, 479718; 0, 201639; 0, 574661; 0, 796846\}, \\ e(fHAR) &= 0, 086465. \end{aligned} \quad (5.4)$$

Hình 2.b là bề mặt hình chuông được xác định bởi $fHAR$ với hệ tham số $fPAR1$.

a) Bảng $vHAR$ với hệ tham số tối ưu $vPAR1$ b) Bảng $fHAR$ với hệ tham số tối ưu $fPAR1$

Hình 2. Bề mặt hình chuông được xấp xỉ

5.2. Bài toán điều khiển mô hình máy bay hạ cánh

Xét mô hình máy bay hạ cánh với phương trình động học đã được rời rạc như (5.5), trong đó $v(i)$, $h(i)$, $f(i)$ là tốc độ (ft/s), độ cao (ft) và lực điều khiển (lbs) máy bay tại thời điểm i [12],

$$h(i+1) = h(i) + v(i); v(i+1) = v(i) + f(i). \quad (5.5)$$

Yêu cầu: điều khiển máy bay hạ cánh từ độ cao 1000 ft xuống độ cao 100 ft , biết vận tốc ban đầu của máy bay là $-20 ft/s$.

Trong bài toán này ta sẽ sử dụng các giả thiết đã dùng trong các nghiên cứu [4–6, 8–10]) :

- Tốc độ hạ cánh tối ưu tại độ cao h là:

$$v_0 = -(20/(1000)^2)/h^2. \quad (5.6)$$

- Sai số tốc độ hạ cánh qua n chu kỳ điều khiển được xác định theo công thức (5.7), trong đó $e(F)$ là sai số, $v_{0i}(F)$, $v_i(F)$ là tốc độ hạ cánh tối ưu và tốc độ hạ cánh tại chu kỳ i ứng với $h(i)$

$$e(F) = \left(\sum_{i=1}^n (v_{0i}(F) - v_i(F))^2 \right)^{1/2}. \quad (5.7)$$

5.2.1. Kết quả điều khiển sử dụng lập luận mờ

Với tiếp cận mờ các tác giả đã xây dựng các tập mờ cho các biến độ cao, vận tốc và lực điều khiển như Bảng 4 tập luật mờ được xác định nhờ kinh nghiệm của các chuyên gia được thể hiện trong Bảng 5. Kết quả điều khiển qua 4 chu kỳ được xác định theo Bảng 6 (xem [12]).

Bảng 4. Các tập mờ của các biến ngôn ngữ

Độ cao h (ft) (0, 1000)	Vận tốc v (ft/s) (-20, 20)	Lực điều khiển f (ft/s) (-20, 20)
Large(L)	UpLarge(UL)	UpLarge(UL)
Medium(M)	UpSmall(US)	UpSmall(US)
Small(S)	Zero(Z)	Zero(Z)
NearZero(NZ)	DownSmall(DS)	DownSmall(DS)
	DownLarge(DL)	DownLarge(DL)

Bảng 5. Bảng FAM - Kinh nghiệm của các chuyên gia

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

Bảng 6. Kết quả điều khiển sử dụng lập luận mờ qua 4 chu kỳ

Độ cao h	Vận tốc tối ưu v_0	Vận tốc v	Lực điều khiển f	Sai số vận tốc bình phương
1000,0	-20,00	-20,00	5,8	0,00
980,0	-19,21	-14,20	-0,5	25,08
965,8	-18,65	-14,70	-0,4	15,65
951,1	-18,09	-15,10	0,3	8,95
Tổng bình phương sai số vận tốc				49,67
Sai số vận tốc				7,15

5.2.2. Kết quả điều khiển sử dụng $vHAR$ và $fHAR$

Sau đây ta sẽ sử dụng các bước của $vHAR$ và $fHAR$ để điều khiển mô hình máy bay nói trên hạ cánh, các bước được tiến hành như sau:

1) Xây dựng ĐSGT AH cho biến độ cao h với tập các phần tử sinh $Small, Medium, Large$, tập các gia tử gồm $Little$ và $Very$, các tập mờ của biến độ cao được chuyển sang các nhãn ngôn ngữ sử dụng gia tử như sau: $NZ - VeryVerySmall, S - Small, M - Medium, L - LittleLarge$. Xây dựng ĐSGT AV cho biến vận tốc v với tập các phần tử sinh $Small, Medium, Large$, tập các gia tử gồm $Little$ và $Very$, các tập mờ của biến vận tốc được chuyển sang các nhãn ngôn ngữ sử dụng gia tử như sau: $DL - VerySmall, DS - LittleSmall, M - Medium, US - Large, UL - VeryLarge$. Xây dựng ĐSGT AF cho biến lực điều khiển f với các phần tử sinh $Small, Medium, Large$, tập các gia tử gồm $Little$ và $Very$, các tập mờ của biến lực điều khiển được chuyển sang các nhãn ngôn ngữ sử dụng gia tử như sau: $DL - VerySmall, DS - LittleSmall, M - Medium, US - Large, UL - VeryLarge$.

2) Chuyển đổi mô hình FAM sang SAM:

a) Với tập luật như Bảng 1, hệ tham số của $vHAR$ là (6 tham số):

$$vPAR = \{fm_H(Small); \mu_H(Very); fm_V(Low); \mu_V(Very); fm_F(Small); \mu_F(Very)\}.$$

Với các ràng buộc:

$$fm_H(Small), fm_V(Small), fm_F(Small) \in (0, 1); \mu_H(Very), \mu_V(Very), \mu_F(Very) \in (0, 1).$$

Theo [2] ta tính toán được:

$$NZ_H = v_H(VeryVerySmall) = \mu_H(Very) \times \mu_H(Very) \times \mu_H(Very) \times fm_H(Small);$$

$$S_H = v_H(Small) = \mu_H(Very) \times fm_H(Small); MH = v_H(Medium) = fm_H(Small);$$

$$L_H = v_H(LittleLarge) = 1 - \mu_H(Very) \times (2 - \mu_H(Very)) \times (1 - fm_H(Small));$$

$$DL_V = v_V(VerySmall) = \mu_V(Very) \times \mu_V(Very) \times fm_V(Low);$$

$$DS_V = v_V(LittleSmall)$$

$$= \mu_V(Very) \times fm_V(Low) + (1 - \mu_V(Very)) \times (1 - \mu_V(Very)) \times fm_V(Low);$$

$$M_V = v_V(Medium)$$

$$= fm_V(Small); US_V = v_V(Large) = (1 - \mu_V(Very)) \times (1 - fm_V(Small));$$

$$UL_V = v_V(VeryLarge) = 1 - \mu_V(Very) \times \mu_V(Very) \times (1 - fm_V(Small));$$

$$DL_F = v_F(VerySmall) = \mu_F(Very) \times \mu_F(Very) \times fm_F(Small);$$

$$DS_F = v_F(LittleSmall)$$

$$= \mu_F(Very) \times fm_F(Small) + (1 - \mu_F(Very)) \times (1 - \mu_F(Very)) \times fm_F(Small);$$

$$M_F = v_F(Medium) = fm_F(Small);$$

$$US_F = v_F(Large) = (1 - \mu_F(Very)) \times (1 - fm_F(Small));$$

$$UL_F = v_F(VeryLarge) = 1 - \mu_F(Very) \times \mu_F(Very) \times (1 - fm_F(Small));$$

b) Với tập luật như Bảng 1, hệ tham số của $fHAR$ là (12 tham số):

$$fPAR = \{fm_H(Small); fm_H(Large); \rho_H(fm_H(Medium)); \mu_H(Very); fm_V(Small);$$

$$fm_V(Large); \rho_V(fm_V(Medium)); \mu_V(Very); fm_F(Small); fm_F(Large);$$

$$\rho_F(fm_F(Medium)); \mu_F(Very)\}$$

Với các ràng buộc:

$$fm_H(Small), fm_V(Small), fm_F(Small) \in (0, 1); \mu_H(Very), \mu_V(Very), \mu_F(Very) \in (0, 1);$$

$$fm_H(Large) \in (0, 1 - fm_H(Small)), \rho_H(fm_H(Medium)) \in (fm_H(Small), 1 - fm_H(Large));$$

$$fm_V(Large) \in (0, 1 - fm_V(Small)), \rho_V(fm_V(Medium)) \in (fm_V(Small), 1 - fm_V(Large));$$

$$fm_F(Large) \in (0, 1 - fm_F(Small)), \rho_F(fm_F(Medium)) \in (fm_F(Small), 1 - fm_F(Large));$$

Theo [7] ta tính toán được:

$$NZ_H = \rho_H(fm_H(VeryVerySmall))$$

$$= \mu_H(Very) \times \mu_H(Very) \times \mu_H(Very) \times fm_H(Small);$$

$$S_H = \rho_H(f_H(\text{Small})) \\ = \mu_H(\text{Very}) \times fm_H(\text{Small}); M_H = \rho_H(f_H(\text{Medium}));$$

$$L_H = \rho_H(f_H(\text{LittleLarge})) \\ = 1 - \mu_H(\text{Very}) \times (2 - \mu_H(\text{Very}) \times fm_H(\text{Large}));$$

$$DL_V = \rho_V(f_V(\text{VerySmall})) \\ = \mu_V(\text{Very}) \times \mu_V(\text{Very}) \times fm_V(\text{Small});$$

$$DS_V = \rho_V(f_V(\text{LittleSmall})) \\ = \mu_V(\text{Very}) \times fm_V(\text{Small}) + (1 - \mu_V(\text{Very})) \times (1 - \mu_V(\text{Very})) \times fm_V(\text{Small});$$

$$M_V = \rho_V(f_V(\text{Medium})); US_V = \rho_V(f_V(\text{Large})) = (1 - \mu_V(\text{Very})) \times fm_V(\text{Large});$$

$$UL_V = \rho_V(f_V(\text{VeryLarge})) \\ = 1 - \mu_V(\text{Very}) \times \mu_V(\text{Very}) \times fm_V(\text{Large});$$

$$DL_F = \rho_F(f_F(\text{VerySmall})) = \mu_F(\text{Very}) \times \mu_F(\text{Very}) \times fm_F(\text{Small});$$

$$DS_F = \rho_F(f_F(\text{LittleSmall})) \\ = \mu_F(\text{Very}) \times fm_F(\text{Small}) + (1 - \mu_F(\text{Very})) \times (1 - \mu_F(\text{Very})) \times fm_F(\text{Small});$$

$$M_F = \rho_F(f_F(\text{Medium})); US_F = \rho_F(f_F(\text{Large})) = (1 - \mu_F(\text{Very})) \times fm_F(\text{Large});$$

$$UL_F = \rho_F(f_F(\text{VeryLarge})) = 1 - \mu_F(\text{Very}) \times \mu_F(\text{Very}) \times fm_F(\text{Large});$$

Ứng với mỗi giá trị của bộ tham số ta xác định được mô hình SAM như Bảng 7

Bảng 7. Mô hình ngữ nghĩa định lượng (SAM)

Độ cao h_s	Tốc độ v_x				
	DL_V	DS_V	Z_V	US_V	UL_V
L_H	Z_F	DS_F	DL_F	DL_F	DL_F
M_H	US_F	Z_F	DS_F	DL_F	DL_F
S_H	UL_F	US_F	Z_F	DS_F	DL_F
NZ_H	UL_F	UL_F	Z_F	DS_F	DS_F

3) Phép nội suy được sử dụng là mạng nơron *RBF* với thuật toán huấn luyện như trên, 25 điểm của mô hình SAM được sử dụng làm tập mẫu huấn luyện mạng, các tham số huấn luyện mạng được chọn như sau: $r = 1$, tốc độ học 0,8 sai số 0,0001.

4) Với độ cao ban đầu là 1000ft, vận tốc là $-20ft/s$, tiến hành định lượng các giá trị độ cao và vận tốc và xác định giá trị đầu ra nhờ mạng *RBF* như đã thiết kế, việc giải định lượng sẽ cho ta lực điều khiển tại chu kỳ đầu (định lượng và giải định lượng - xem [4]), tiếp tục tính toán tốc độ hạ cánh và độ cao của chu kỳ tiếp theo nhờ các phương trình (5.5), lặp lại quá trình tính lực điều khiển cho đến khi độ cao xuống tới 100ft hoặc vận tốc bằng 0, ta thu

được các kết quả điều khiển của n chu kỳ hạ cánh, sai số e của về tốc độ hạ cánh được xác định theo (5.6), (5.7).

Sử dụng giải thuật di truyền cực tiểu hàm e với số thế hệ bằng 200, xác suất lai ghép 0,80; xác suất đột biến 0,05; kích cỡ quần thể 40; kích thước gen 10. Qua một số lần chạy thử, ta xác định các kết quả điều khiển sử dụng $vHAR$ và $fHAR$ lần lượt là:

$$vPAR2 = \{0,410459; 0,745943; 0,681818; 0,884360; 0,196970; 0,414370\},$$

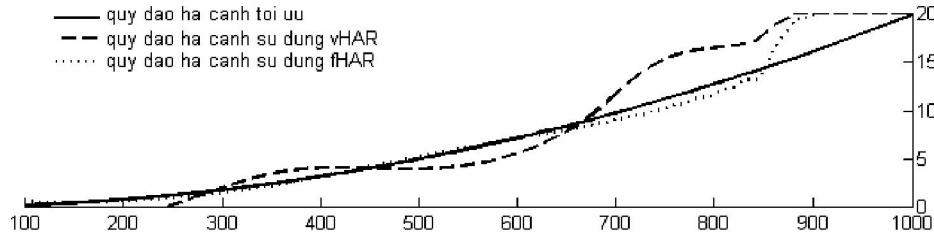
$$e(vHAR) = 22,444913. \quad (5.8)$$

$$fPAR2 = \{0,860899; 0,133597; 0,864843; 0,898436; 0,644282; 0,180240; 0,719928; 0,839785;$$

$$0,329912; 0,664515; 0,330364; 0,110166\}$$

$$e(fHAR) = 8,867477. \quad (5.9)$$

Hình 3 là các quỹ đạo hạ cánh của mô hình máy bay với phương pháp điều khiển sử dụng $vHAR$ và $fHAR$ với điều kiện ban đầu $h(0) = 1000ft$, $v(0) = -20ft/s$.



Hình 3. Quỹ đạo hạ cánh của mô hình máy bay - điều khiển sử dụng $vHAR$, $fHAR$

5.3. So sánh và đánh giá kết quả ứng dụng các phương pháp lập luận

Với bài toán xấp xỉ hàm hình chuông:

+ Qua so sánh bề mặt hình chuông xấp xỉ bằng FR , $vHAR$ và $fHAR$ (Hình 1, 2) ta thấy Hình 1.b có bề mặt bậc thang trong khi đó Hình 2.a và đặc biệt là Hình 2.b có bề mặt trơn và khá giống với bề mặt của hình chuông gốc (Hình 1.a).

+ Mặt khác từ (5.2), (5.3), (5.4) ta có:

$$e(fHAR) = 0,086465 < e(vHAR) = 0,135982 < e(FR) = 0,875995.$$

Với bài toán điều khiển mô hình máy bay hạ cánh:

+ Qua so sánh quỹ đạo vận tốc hạ cánh của mô hình máy bay (Hình 3), ta thấy hạ cánh của điều khiển sử dụng $fHAR$ đã bám rất sát quỹ đạo hạ cánh tối ưu của bài toán (công thức (5.6)), trong khi đó quỹ đạo hạ cánh của điều khiển sử dụng $vHAR$ không làm được như vậy.

+ Mặt khác từ các công thức (5.8), (5.9) ta có $e(fHAR) = 8,867477$ nhỏ hơn rất nhiều so với $e(vHAR) = 22,444913$. Với điều khiển sử dụng lập luận mờ, sai số qua 4 chu kỳ điều khiển (ứng với máy bay mới chỉ xuống tới độ cao xấp xỉ 951 ft - xem Bảng 6) đã là $e(fHAR) = 7,15$; trong khi đó với điều khiển sử dụng $fHAR$ máy bay đã xuống được tới độ cao mong muốn 100 ft chỉ với sai số là $e(fHAR) = 8,867477$. Cũng phải nói thêm rằng đã có một số nghiên cứu về phương pháp điều khiển sử dụng ĐSGT cho bài toán này và cho kết quả tốt hơn điều khiển sử dụng lập luận mờ [5 – 6, 9 – 10], tuy nhiên các nghiên cứu này mới dừng lại ở việc xét 4 chu kỳ điều khiển, điều đó chưa đảm bảo quá trình hạ cánh (về

mặt quỹ đạo cũng như sai số) sẽ tốt khi xét toàn bộ các chu kỳ như quá trình điều khiển sử dụng $fHAR$ ta đã triển khai ở trên.

Các kết quả trên chứng tỏ $fHAR$ cho kết quả tốt hơn $vHAR$ và FR trong bài toán xấp xỉ hàm hình chuông và điều khiển mô hình máy bay hạ cánh. Sở dĩ $fHAR$ và $vHAR$ tốt hơn FR là vì ta đã tìm được hệ tham số tối ưu cho $fHAR$ và $vHAR$, trong khi đó cho đến nay người ta vẫn chưa có giải pháp tối ưu toàn diện cho FR . Còn $fHAR$ tốt hơn $vHAR$ vì $vHAR$ chỉ là một trường hợp riêng của $fHAR$.

Từ bộ tham số tối ưu $fPAR1$ của $fHAR$ trong bài toán xấp xỉ hàm hình chuông ta thấy $fm_X(Medium) = fm_X(Medium) \neq 0$ và $fm_Z(Medium) \neq 0$, điều tương tự cũng xảy ra với bộ tham số $fPAR2$ của $fHAR$ trong bài toán điều khiển mô hình máy bay hạ. Qua đó ta thấy việc giả thiết độ đo tính mờ của phần tử trung hòa khác 0 là cần thiết.

KẾT LUẬN

Việc mở rộng khái niệm độ đo tính mờ từ giả thiết độ đo tính mờ của phần tử trung hòa khác không ($fm(W) \neq 0$) cho phép ta định lượng các nhân ngôn ngữ bằng các khoảng mờ, từ đó bài báo đã sử dụng giá trị đại diện của khoảng mờ trong lập luận, và xây dựng được phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT với ánh xạ định lượng khoảng - $fHAR$ (đây là điểm khác biệt cơ bản của $fHAR$ so với các nghiên cứu trước đây), bài báo cũng đã khẳng định $vHAR$ chỉ là trường hợp riêng của $fHAR$.

Việc nội suy trong phương pháp lập luận đã được thực hiện bằng mạng nơron, theo đó phương pháp HAR phụ thuộc chủ yếu vào các tham số của các ĐSGT (đây cũng là một khác biệt nữa so với các nghiên cứu trước đây) và ta có thể dễ dàng sử dụng giải thuật di truyền để xác định các tham số này.

Thông qua bài toán xấp xỉ hàm hình chuông và điều khiển mô hình máy bay hạ cánh, bài báo đã bước đầu chỉ ra rằng phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT với ánh xạ ngữ nghĩa định lượng khoảng cho kết quả tốt hơn nhiều so với các phương pháp xấp xỉ khác (như đã thảo luận ở Mục 5.3). Điều này cho thấy triển vọng ứng dụng phương pháp $fHAR$ vào nhiều lĩnh vực bài toán khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cheng - Teng Lin, C. S. George Lee, *Neural Fuzzy Systems*, Prentice - Hall International, Inc, 1996.
- [2] N. C. Hồ, N. V. Long, Cơ sở toán học của độ đo tính mờ của thông tin ngôn ngữ, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **20** (1) 64–72.
- [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 transactions on computer* **5** (11) (2006) 2519–2529.
- [4] N. C. Ho, V. N. Lan, L. X. Viet, An interpolative reasoning method based on Hedge algebras and its application to a problem of fuzzy control, *Proceedings of the 10th WSEAS international on computers*, Vouliagmeni, Athens, Greece, July 13-15, 2006 (526–534).

- [5] Nguyễn Cát Hồ, Phạm Thanh Hà, Giải pháp kết hợp sử dụng đại số gia tử và mạng nơron RBF trong việc giải quyết bài toán điều khiển mờ, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **23** (1) (2007) 39–49.
- [6] Nguyễn Cát Hồ, Vũ Như Lâm, Phạm Thanh Hà, Xác định trọng số tối ưu cho phép tích hợp trong phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử bằng giải thuật di truyền, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **23** (3) (2007) 1–10.
- [7] Phạm Thanh Hà, Mở rộng độ đo tính mờ và ánh xạ ngữ nghĩa định lượng trên cơ sở giả thiết độ đo tính mờ của phần tử trung hoà khác không, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **24** (3) (2008) 1–13.
- [8] Hoàng Kiếm, Lê Hoàng Thái, *Giải thuật di truyền - cách giải tự nhiên các bài toán trên máy tính*, Nhà xuất bản Khoa học & Kỹ thuật, 2000.
- [9] Vũ Như Lâm, Vũ Chấn Hưng, Đặng Thành Phú, Điều khiển sử dụng ĐSGT, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **21** (1) (2005) 23–37.
- [10] 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 ĐSGT với AND = MIN, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **21** (3) (2005) 191–200.
- [11] Satish Kumar, Managing Uncertainty in the real world - Part 2, *Fuzzy Systems, Resonance* **4** (4) (1999) 45–55.
- [12] T. J. Ross, *Fuzzy Logic with Engineering Application*, International Edition. Mc Graw-Hill, Inc 1997.

*Nhận bài ngày 7 - 4 - 2009
Nhận lại sau sửa ngày 3 - 6 - 2009*