

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

-----0o0-----

PHẠM THANH HÀ

**PHÁT TRIỂN CÁC PHƯƠNG PHÁP LẬP LUẬN MỜ
SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ VÀ ỨNG DỤNG**

Chuyên ngành: Bảo đảm toán học cho máy tính và hệ thống tính toán

Mã số: 62 46 35 01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ TOÁN HỌC

Hà Nội 2010

Công trình này được hoàn thành tại **Viện Công nghệ Thông tin**, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Người hướng dẫn khoa học:

1.PGS.TSKH Nguyễn Cát Hồ

2.TS Vũ Như Lâm

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Nhà nước họp tại:

Vào hồigiờ.....ngày.....tháng.....năm 2010.

Có thể tìm hiểu luận án tại: **Thư viện Quốc gia**

CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN TỚI LUẬN ÁN

- [1] Nguyễn Cát Hồ, Vũ Như Lâm, Phạm Thanh Hà (2006), *Ảnh hưởng của tham số α, β trong ánh xạ ngữ nghĩa định lượng đối với phương pháp điều khiển mờ sử dụng đại số gia tử*, Kỷ yếu khoa học 30 năm thành lập Viện Công nghệ thông tin- tháng 12 năm 2006, 29-37.
- [2] Nguyễn Cát Hồ, Phạm Thanh Hà (2007), *Giải pháp kết hợp sử dụng đại số gia tử và mạng nơ ron RBF trong việc giải quyết bài toán điều khiển mờ*, Tạp chí tin học và điều khiển học, T.23(1), 39-49.
- [3] Nguyễn Cát Hồ, Vũ Như Lâm, Phạm Thanh Hà (2007), *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, T.23(3), 1-10.
- [4] Ha Pham Thanh, Ho Nguyen Cat, Lan Vu Nhu (2008), *A method build fuzzy associate memory for fuzzy control problems*, Asean Journal on Science & Technology for development, vol 25(2), 281-294.
- [5] Phạm Thanh Hà (2008), *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, T.24(3), 1-13.
- [6] Phạm Thanh Hà (2009), *Phương pháp lập luận mờ sử dụng đại số gia tử với ánh xạ định lượng khoảng*, Tạp chí tin học và điều khiển học, Tập 25(1), 17-32.

MỞ ĐẦU

Trên thực tế những giá trị của biến ngôn ngữ đều có thứ tự nhất định về mặt ngữ nghĩa. Ví dụ, ta hoàn toàn có thể cảm nhận được rằng, ‘*trẻ*’ là nhỏ hơn ‘*già*’, hoặc ‘*nhANH*’ luôn lớn hơn ‘*chẬM*’. Xuất phát từ quan hệ ngữ nghĩa đó một cách tiếp cận dựa trên cấu trúc tự nhiên của miền giá trị của các biến ngôn ngữ, gọi là đại số gia tử (ĐSGT) đã được đề xuất trong [24]. Theo đó ngữ nghĩa của các từ được biểu thị qua cấu trúc của ĐSGT được xem là ngữ nghĩa định tính, nghĩa là sự sắp xếp vị trí tương đối trong so sánh ngữ nghĩa giữa các từ trong ngôn ngữ. Nhờ đó ta có thể lập luận dựa trên cấu trúc thứ tự của các giá trị ngôn ngữ.

Tuy nhiên việc lập luận trên giá trị ngôn ngữ đã hạn chế việc ứng dụng ĐSGT trong các bài toán kỹ thuật, lĩnh vực rất cần tính toán định lượng. Như vậy xuất hiện nhu cầu định lượng các giá trị ngôn ngữ, và trong [6] đã đưa ra được công thức giải tích xác định ánh xạ định lượng ngữ nghĩa ν với các tham số là độ đo tính mờ của các phần tử sinh và độ đo tính mờ của các gia tử. Nhờ đó mỗi giá trị ngôn ngữ của biến ngôn ngữ được định lượng bằng một giá trị thuộc khoảng $[0,1]$ sao cho thứ tự của các giá trị ngôn ngữ của một đại số được bảo toàn.

Nhờ việc định lượng các từ ngôn ngữ, rất nhiều phương pháp lập luận (PPLL) nội suy ra đời nhằm mục đích giải quyết bài toán lập luận mờ đa điều kiện, các PPLL này được gọi là các PPLL mờ sử dụng ĐSGT. Về cơ bản PPLL này được khái quát như sau:

Cho mô hình mờ đa điều kiện (1)

$$\begin{aligned} \text{If } X_1 = A_{11} \text{ and } \dots \text{ and } X_m = A_{1m} \text{ then } Y = B_1 \\ \dots \dots \dots \\ \text{If } X_1 = A_{n1} \text{ and } \dots \text{ and } X_m = A_{nm} \text{ then } Y = B_n \end{aligned} \tag{1}$$

[6] Nguyễn Cát Hồ, Trần Đình Khang, Lê Xuân Việt (2002), *Fuzziness Measure, Quantified Semantic Mapping And Interpolative Method of Approximate Reasoning in Medical Expert Systems*, Tạp chí tin học và điều khiển, Tập 18(3), 237-252.

[24] Ho N. C., Wechler W. (1990), Hedge algebra: *An algebraic approach to structures of sets of linguistic truth values*, Fuzzy Sets and Systems, 35, 281–293.

Trong đó X_1, \dots, X_m và Y là các biến ngôn ngữ, A_{ij}, B_i ($i=1, \dots, n$; $j=1, \dots, m$) là các giá trị ngôn ngữ tương ứng. Mô hình này còn được gọi là bộ nhớ kết hợp mờ (Fuzzy Associate Memory - FAM).

Ứng với các giá trị (thực hoặc mờ) của các biến đầu vào, hãy tính các giá trị đầu ra tương ứng.

Theo cách tiếp cận của ĐSGT, mô hình mờ (1) được xem như một tập hợp các “điểm mờ”. Với việc sử dụng các ánh xạ định lượng ngữ nghĩa ν của các ĐSGT, mỗi điểm mờ của mô hình mờ trên có thể được biểu diễn bằng một điểm của siêu mặt thực và tập các điểm thực cho ta một mô hình gọi là bộ nhớ kết hợp định lượng (Semantization Associate Memory – SAM). Sử dụng toán tử kết nhập đưa mô hình SAM về đường cong thực trong mặt phẳng. Khi đó bài toán lập luận ban đầu sẽ chuyển về bài toán nội suy tuyến tính trên đường cong.

Các ứng dụng đã bước đầu cho thấy các bài toán sử dụng PPLL mờ sử dụng ĐSGT cho kết quả tốt hơn nhiều so với các bài toán sử dụng tiếp cận mờ truyền thống. Tuy nhiên PPLL mờ sử dụng ĐSGT như đã đề cập còn rất nhiều vấn đề cần được tiếp tục giải quyết như:

1) Phương pháp sử dụng ánh xạ định lượng ngữ nghĩa ν của ĐSGT để định lượng giá trị ngôn ngữ với các tham số là độ đo tính mờ của các phần tử sinh và của các gia tử. Cho đến nay người ta vẫn thường sử dụng trực giác để chọn các tham số này. Như vậy việc tìm ra phương pháp để xác định các tham số này là việc làm cần thiết. Ngoài ra khi xây dựng ánh xạ định lượng ngữ nghĩa, các tiếp cận trước đây luôn giả thiết độ đo của phần tử trung hòa bằng 0. Từ đó ta có thể đặt vấn đề liệu giả thiết độ đo của phần tử trung hòa bằng 0 có quá chặt?

2) Phương pháp sử dụng phép kết nhập để chuyển siêu mặt thực về đường cong thực trong mặt phẳng, từ đó khai thác phép nội suy tuyến tính để xác định đầu ra của lập luận. Tuy nhiên đây là một hạn chế vì việc nén thông tin từ không gian nhiều chiều về không gian 2 chiều sẽ

làm mất cấu trúc không gian của mô hình nhiều biến, gây mất mát thông tin lớn. Từ đó ta có thể đặt vấn đề liệu có phép nội suy trực tiếp từ siêu mặt thực thay cho phép kết nhập và nội suy tuyến tính?

Mục tiêu của luận án là giải quyết các vấn đề đặt ra ở trên, cụ thể: (1) Nhúng mạng nơ ron vào PPLL mờ sử dụng ĐSGT để giải quyết vấn đề nội suy thay cho nội suy tuyến tính. (2) Nhúng giải thuật di truyền vào PPLL mờ sử dụng ĐSGT để giải quyết vấn đề xác định các tham số. (3) Mở rộng khái niệm độ đo tính mờ của giá trị ngôn ngữ trên cơ sở giả thiết độ đo tính mờ của phân tử trung hòa có thể khác 0 và xây dựng ánh xạ định lượng ngữ nghĩa khoảng. (4) Xây dựng PPLL mờ sử dụng ĐSGT với ánh xạ ĐLNN khoảng.

CHƯƠNG 1

CÁC KIẾN THỨC LIÊN QUAN

1.1. Phương pháp lập luận mờ đa điều kiện

PPLL mờ đa điều kiện (Fuzzy Multiple Conditional Reasoning - FMCR) nhằm giải quyết bài toán: Cho trước mô hình (1), ứng với các giá trị của các biến đầu vào, hãy tính giá trị của biến đầu ra.

Dựa trên cách tiếp cận của lý thuyết tập mờ, các PPLL mờ đa điều kiện nói chung dựa trên ý tưởng sau: Ngữ nghĩa của các GTNN của các biến ngôn ngữ trong mô hình mờ được biểu thị bằng các tập mờ. Khi đó mỗi mô hình mờ sẽ được **mô phỏng** bằng một quan hệ mờ hai ngôi R . Và đầu ra được xác định bởi $B_\theta = A_\theta \circ R$, \circ là phép hợp thành.

1.2. Giải thuật di truyền (GeneticAlgorithm)

Giải thuật di truyền được mô tả một cách khái quát qua các bước:

Bước 1: Khởi tạo

$k = 0$; khởi_động(P_k); tính_hàm_mục_tiêu(P_k); $X_{\text{best}} = \text{tốt_nhất}(P_k)$;

Bước 2: Tiến hoá

$P_{\text{parent}} = \text{chọn_lọc}(P_k)$; $P_{\text{child}} = \text{đột_biến}(\text{lai_ghép}(P_{\text{parent}}))$;

$k = k + 1$; $P_k = P_{\text{child}}$; tính_hàm_mục_tiêu(P_k); $X = \text{tốt_nhất}(P_k)$;

if (obj (X) > obj (X_{best})) X_{best} = X;

Bước 3: lặp Nếu k < G thì quay lại bước 2;

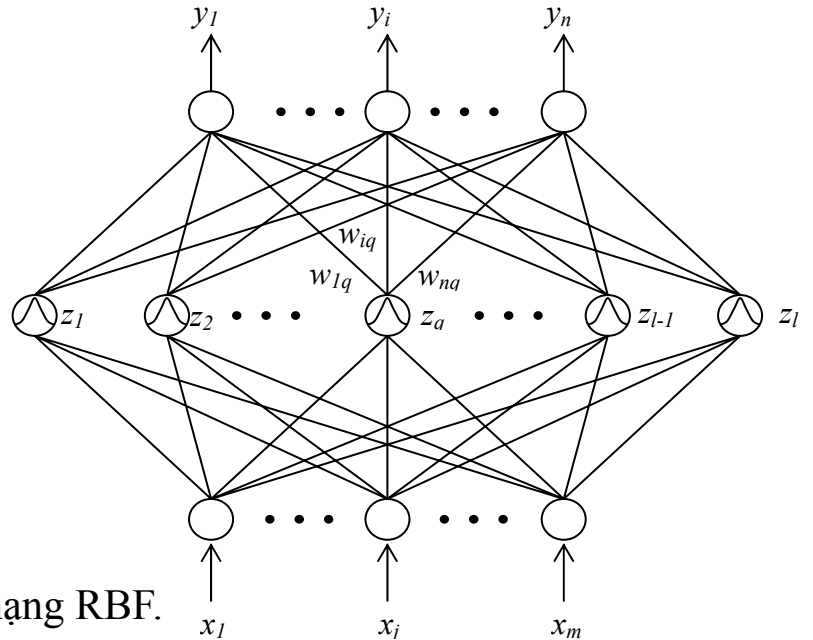
Thông thường ta sử dụng mã hoá nhị phân để biểu diễn các cá thể. Hàm cần tối ưu sử dụng để tính độ phù hợp của từng cá thể. Giá trị độ phù hợp của từng cá thể được dùng để tính toán xác suất chọn lọc. Cá thể có độ phù hợp f_i có xác suất chọn lựa $p_i = f_i / \sum_{j=1}^N f_j$, N là số cá thể có trong quần thể. Các toán tử sử dụng trong giải thuật là toán tử lai ghép một điểm cắt và toán tử đột biến. Quần thể con được sinh ra từ quần thể hiện tại thông qua 3 toán tử là chọn lọc, lai ghép và đột biến.

1.3. Mạng nơ ron RBF (Radial Basis Function)

$$z_q = e^{-\frac{\|x-m_q\|^2}{2\sigma_q^2}} \quad (1.1)$$

$$y_i = a_i \left(\sum_{q=1}^l w_{iq} z_q + \theta_i \right) \quad (1.2)$$

$$\sigma_q = \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \|m_i - m_q\|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1.3)$$



Hình 1.7. Cấu trúc mạng RBF.

Giá trị đầu ra tại mỗi nút của lớp ẩn được xác định theo 1.1 và giá trị đầu ra thứ i của mạng được xác định theo 1.2. Trong đó m_q là tâm mạng, σ_q là độ rộng hàm cơ sở, r là số láng giềng của tâm m_q . Cho tập mẫu $\{x(k), d(k)\}$, $k = 1, \dots, p$. Quá trình huấn luyện mạng RBF như sau:

- Pha 1: Xác định các tâm m_q và các độ rộng của hàm cơ sở σ_q .

Chọn $m_q = x(q)$, khi đó $l = p$, còn độ rộng của các hàm cơ sở ứng với mỗi tâm mạng m_q được tính theo công thức (1.3).

- Pha 2: Xác định các trọng số của mạng, gồm các bước.

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

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

Bước 3. Tính đầu ra của mạng với tín hiệu vào là $x(k)$ theo 1.4, 1.5. Cập nhật trọng số lớp ra theo (1.6). Tính sai số tích lũy theo (1.7)

$$z_q(k) = e^{-\frac{\|x(k) - m_q\|^2}{2\sigma_q}} \quad (1.4);$$

$$y_i(k) = \sum_{q=1}^l w_{iq}(k) z_q(k) \quad (1.5);$$

$$w_{iq}(k+1) = w_{iq}(k) + \eta(d_i(k) - y_i(k))z_q(k) \quad (1.6); \quad E = E + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (d_i(k) - y_i(k))^2 \quad (1.7);$$

Bước 4. Nếu $k < p$ thì $k = k+1$ và quay lại bước 3 ngược lại về bước 5;

Bước 5. Nếu $E < E_{max}$ thì kết thúc ng. lại cho $E=0$, $k=1$, quay lại bước 3;

1.4. Một số bài toán ứng dụng trong luận án

1.4.1. Bài toán 1.([20]) Xấp xỉ mô hình mờ $EX1$ của Cao – Kandel.

Trong [20], các tác giả đã xây dựng một số mô hình mờ thể hiện sự phụ thuộc của tốc độ vòng quay mô tơ N vào cường độ dòng điện I của một số loại mô tơ. Trong đó có mô hình $EX1$, như bảng 1.2.

Bảng 1.2. Mô hình $EX1$ của Cao – Kandel.

I	<i>Null</i>	<i>Zero</i>	<i>Small</i>	<i>Medium</i>	<i>Large</i>	<i>Very Large</i>
N	<i>Large</i>	<i>Large</i>	<i>Medium</i>	<i>Small</i>	<i>Zero</i>	<i>Zero</i>

Cao – Kandel đã nghiên cứu tính khả dụng của các toán tử kéo theo và sử dụng chúng trong lập luận mờ để xấp xỉ mô hình $EX1$ với I nhận giá trị trong đoạn $[0,10]$ và N nhận các giá trị trong đoạn $[400,2000]$.

Để xác định sai số, các tác giả đã đưa ra kết quả đo đạc thực nghiệm thể hiện mối quan hệ giữa I và N , hình 3.6 và gọi đây là đường cong thực nghiệm C_r . Sai số giữa mô hình xấp xỉ được C_a và mô hình thực nghiệm, được xác định bởi:
$$e = \max_{i \in \text{DOM}(I)} (C_a(i), C_r(i)) \quad (1.8)$$

Cao-Kandel đã sử dụng tiếp cận mờ để xấp xỉ mô hình mờ trên, kết quả tốt nhất cho sai số 200.

1.4.2. Bài toán 2.([40]) Điều khiển mô hình máy bay hạ cánh.

Cho mô hình máy bay hạ cánh với phương trình động học đã được rời rạc theo công thức 1.9:

$$h(i+1) = h(i) + (1)v(i); \quad v(i+1) = v(i) + (1)f(i) \quad (1.9)$$

trong đó $v(i)$, $h(i)$, $f(i)$ là tốc độ (ft/s), độ cao (ft) và lực điều khiển (lbs) và (1) là giá trị đơn vị được đưa vào để chuẩn hóa thứ nguyên.

Yêu cầu của bài toán: Điều khiển mô hình máy bay hạ cánh từ độ cao 1000 ft , biết vận tốc ban đầu là $-20 ft/s$. Bài toán không hạn chế số chu kỳ điều khiển và không đặt điều kiện cho vị trí tiếp đất.

Với tiếp cận mờ, trong [40], Ross đã xây dựng các nhãn tập mờ như bảng 1.3. Tập luật mờ được thể hiện trong bảng 1.4.

Bảng 1.3. Các nhãn tập mờ của các biến ngôn ngữ h, v, f

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

Bảng 1.4. Mô hình FAM của bài toán hạ cánh máy bay

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

Kết quả điều khiển mô hình được xác định theo bảng 1.5.

Bảng 1.5. Kết quả điều khiển sử dụng lập luận mờ qua 4 chu kỳ

Độ cao h	Vận tốc v	Lực điều khiển f
1000,0	-20,00	5,8
980,0	-14,20	-0,5
965,8	-14,70	-0,4
951,1	-15,10	0,3

Để xác định sai số của bài toán ta giả thiết:

$$- \text{Tốc độ hạ cánh tối ưu tại độ cao } h: v_o = -(20/(1000)^2)/h^2 \quad (1.10)$$

$$- \text{ Sai số tốc độ qua } n \text{ chu kì: } e = (\sum_{i=1}^n (v_{oi}(F) - v_i(F))^2)^{1/2} \quad (1.11)$$

$$\text{Từ bảng 1.5 và công thức 1.10, 1.11: } e(AL, FMCR) = 7,17 \quad (1.12)$$

1.4.3. Bài toán 3.([42]) Xấp xỉ hàm hình chuông từ mô hình mờ.

Trong [42] tác giả đã xây dựng một hệ mờ đơn giản để xấp xỉ hàm hình chuông $g(x, y) = e^{-(x^2+y^2)}$, hàm này có bề mặt hình 3.8(a). Cụ thể:

Xây dựng các tập mờ L – Low, LM – MediumLow, M – Medium, MH – MediumHight, H – Hight cho $x, y \in [-3, 3]$.

Xây dựng các tập mờ L – Low, ML – MediumLow, MH – MediumHight, và H – Hight cho $z \in [0, 1]$.

Căn cứ vào sự biến thiên của hàm hình chuông, tác giả đã xây dựng tập luật cho hệ mờ xấp xỉ hàm hình chuông, bảng 1.6

Bảng 1.6. Mô hình FAM xấp xỉ hàm hình chuông

Y / X	L	LM	M	MH	H
L	L	L	ML	L	L
LM	L	ML	MH	ML	L
M	ML	MH	H	MH	ML
MH	L	ML	MH	ML	L
H	L	L	ML	L	L

Hình 3.8(b) là bề mặt hình chuông được xấp xỉ bởi hệ mờ.

$$\text{Với mô hình sai số: } e = \max_{i=1\dots l, j=1\dots m} (g(x_i, y_j) - \bar{g}(x_i, y_j)) \quad (1.13)$$

$$\text{Sai số được xác định là: } e(BS, FMCR) = 0,875995 \quad (1.14)$$

Kết luận chương 1

Luận án đã hệ thống được các kiến thức cơ bản về PPLL mờ đa điều kiện, giải thuật di truyền và mạng nơ ron nhân tạo, và giới thiệu một số bài toán trong môi trường thông tin mờ. Các kiến thức này sẽ được dùng để phát triển các phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT trong các chương 2 và 3 của luận án.

CHƯƠNG 2

TIẾP CẬN TỐI ƯU HÓA CHO PPLL MỜ SỬ DỤNG ĐSGT

Trong chương này luận án sẽ phân tích những hạn chế của của các PPLL mờ sử dụng ĐSGT theo các tiếp cận trước đây, và đưa ra các đề xuất nhằm nâng cao hiệu năng của các phương pháp này, trên cơ sở đó

luận án đưa ra tiếp cận tối ưu hóa cho PPLL mờ sử dụng ĐSGT.

2.1. Đại số gia tử của biến ngôn ngữ

Giả sử X là một biến ngôn ngữ và miền giá trị của X là $Dom(X)$.

Định nghĩa 2.1. Một ĐSGT AX tương ứng của X là một bộ 4 thành phần $AX=(Dom(X), G, H, \leq)$ trong đó G là tập các phần tử sinh, H là tập các gia tử và quan hệ “ \leq ” là quan hệ cảm sinh ngữ nghĩa trên X .

Trong ĐSGT $AX=(Dom(X), G, H, \leq)$ nếu $Dom(X)$, G và H là tập sắp thứ tự tuyến tính thì AX được gọi là ĐSGT tuyến tính. Nếu không nhầm lẫn chúng ta có thể sử dụng ký hiệu X thay cho $Dom(X)$.

Định nghĩa 2.2. Đại số gia tử đầy đủ $AX^* = (X^*, G, H, \sigma, \phi, \leq)$ được gọi là tuyến tính nếu tập các phần tử sinh $G = \{\theta, c^-, W, c^+, I\}$ và tập các gia tử $H^- = \{h_{-1}, \dots, h_{-q}\}$ và $H^+ = \{h_1, \dots, h_p\}$ là các tập sắp thứ tự tuyến tính, trong đó ϕ, σ là hai phép toán với ngữ nghĩa là cận trên đúng và cận dưới đúng của tập $H(x)$, tức là $\phi x = \infimum(H(x))$, $\sigma x = \supremum(H(x))$, $H = H^- \cup H^+$, ta luôn giả thiết $h_{-1} < \dots < h_{-q}$; $h_1 < \dots < h_p$.

Đặt $H_e = H \cup \{\sigma, \phi\}$, ta có $H(G) = X$ còn $H_e(G) = X^*$. Các phần tử trong tập $Lim(X^*) = X^* \setminus X$ được gọi là các phần tử giới hạn.

Đại số gia tử $AX^* = (X^*, G, H, \sigma, \phi, \leq)$ được gọi là tự do (hay sinh tự do) nếu với mọi $h \in H$ và mọi $x \in H(c)$, $c \in \{c^-, c^+\}$ ta có $hx \neq x$.

Ký hiệu $[-q \wedge p]$ là tập hợp $\{j : -q \leq j \leq p \ \& \ j \neq 0\}$.

2.2. Độ đo tính mờ và ánh xạ định lượng ngữ nghĩa ([9])

Định nghĩa 2.3. Một hàm $fm : X^* \rightarrow [0,1]$ được gọi là một độ đo tính mờ của biến ngôn ngữ X , nếu nó có các tính chất sau:

F1) fm là một độ đo đầy đủ trên X^* , nghĩa là $fm(c^-) + fm(c^+) = 1$ và,

$$\forall u \in X^*, \sum_{h \in H} fm(hu) = fm(u);$$

F2) Nếu x là một khái niệm chính xác, tức là $H(x) = \{x\}$, thì $fm(x) = 0$.

Đặc biệt ta có: $fm(\theta) = fm(W) = fm(I) = 0$;

F3) $\forall x, y \in X^*, \forall h \in H$, ta có $\frac{fm(hx)}{fm(x)} = \frac{fm(hy)}{fm(y)}$, nghĩa là tỷ số này không

[9] Nguyễn Cát Hồ, Nguyễn Văn Long (2004), *Cơ sở toán học của độ đo tính mờ của thông tin ngôn ngữ*, Tạp chí Tin học và Điều khiển học, Tập 20(1), 64-72.

phụ thuộc vào một phần tử cụ thể nào và do đó ta có thể ký hiệu nó bằng $\mu(h)$ và được gọi là độ đo tính mờ của gia tử h .

Mệnh đề 2.1. Độ đo tính mờ fm của các khái niệm và $\mu(h)$ của các gia tử thỏa mãn các tính chất sau:

- 1) $fm(hx) = \mu(h)fm(x), \forall x \in X^*$;
- 2) $fm(c^-) + fm(c^+) = 1$;
- 3) $\sum_{i=-q, i \neq 0}^p fm(h_i c) = fm(c)$, với $c \in \{c^-, c^+\}$;
- 4) $\sum_{i=-q, i \neq 0}^p fm(h_i x) = fm(x)$;
- 5) $\sum_{i=-1}^{-q} \mu(h_i) = \alpha$ và $\sum_{i=1}^p \mu(h_i) = \beta$, với $\alpha, \beta > 0$ và $\alpha + \beta = 1$.

Định nghĩa 2.4. Cho AX^* là ĐSGT tuyến tính, đầy đủ và tự do, $fm(c^-), fm(c^+)$ và $\mu(h)$ là các độ đo tính mờ của các phần tử sinh c^-, c^+ và của các gia tử h trong H thỏa mãn các tính chất trong mệnh đề 2.1. Ánh xạ định lượng ngữ nghĩa nhờ tính mờ được xác định quy nạp:

- 1) $v(W) = \theta = fm(c^-), v(c^-) = \theta - \alpha fm(c^-), v(c^+) = \theta + \alpha fm(c^+)$;
- 2) Với các phần tử dạng $h_j, j \in [-q \wedge p]$ ta có:
 $v(h_j x) = v(x) + Sign(h_j x) \left(\sum_{i=sign(j)}^j fm(h_i x) - \omega(h_j x) fm(h_j x) \right)$, trong đó $fm(h_j x)$ được tính theo tính chất 1) mệnh đề 2.1 và:

$$\omega(h_j x) = \frac{1}{2} [1 + Sign(h_j x) Sign(h_p h_j x) (\beta - \alpha)] \in \{\alpha, \beta\}.$$

- 3) $v(\phi c^-) = 0, v(\sigma c^-) = \theta = v(\phi c^+), v(\sigma c^+) = 1$ và với các phần tử $h_j x$, ta có:

$$v(\phi h_j x) = v(x) + Sign(h_j x) \left(\sum_{i=Sign(j)}^{j-Sign(j)} \mu(h_i) fm(x) \right) - \frac{1}{2} (1 - Sign(h_j x)) \mu(h_j) fm(x)$$

$$v(\sigma h_j x) = v(x) + Sign(h_j x) \left(\sum_{i=Sign(j)}^{j-Sign(j)} \mu(h_i) fm(x) \right) + \frac{1}{2} (1 + Sign(h_j x)) \mu(h_j) fm(x)$$

Định lý 2.1. Cho AX^* là ĐSGT tuyến tính, đầy đủ và tự do. Khi đó v được xác định trong định nghĩa 2.4 là ánh xạ ngữ nghĩa định lượng và thỏa mãn tính chất: $\frac{d(v(H(hx)))}{d(v(H(x)))} = \frac{d(v(H(hy)))}{d(v(H(y)))}$, với $\forall x, y \in X^*$.

2.3. Phương pháp lập luận mờ sử dụng đại số gia tử

Bước 1) Xây dựng các ĐSGT AX_i cho các biến ngôn ngữ X_i và ĐSGT AY cho biến ngôn ngữ Y .

Bước 2) Sử dụng các ánh xạ định lượng ngữ nghĩa v_{X_i} và v_Y chuyển đổi mô hình mờ FAM về mô hình SAM.

Bước 3) Sử dụng một phép kết nhập đưa mô hình SAM về đường cong trên mặt phẳng, gọi là đường cong định lượng ngữ nghĩa.

Bước 4) Ứng với giá trị đầu vào ta xác định đầu ra tương ứng nhờ phép nội suy tuyến tính trên cong định lượng ngữ nghĩa.

Để tiện theo dõi ta ký hiệu PPLL sử dụng ĐSGT là *HAR* (Hedge Algebra Reasoning). Ta thấy *HAR* phụ thuộc vào các yếu tố như:

i) Chọn các tham số của các đại số gia tử:

Chúng ta biết rằng mô hình mờ (1) chứa $m+1$ biến ngôn ngữ, tương ứng với đó là $m+1$ ĐSGT trong PPLL mờ sử dụng ĐSGT là AX_i , $i = 1, \dots, m+1$, trong đó $AY = AX_{m+1}$, nên các các tham số của các ĐSGT gồm:

+ Độ đo tính mờ của các phần tử sinh:

$$fm_{AX_i}(c^-), fm_{AX_i}(c^+) \text{ thỏa } fm_{AX_i}(c^-) + fm_{AX_i}(c^+) = 1;$$

+ Độ đo tính mờ của các gia tử:

$$\mu_{AX_i}(h_j) \text{ thỏa } \sum_{j=-q_i}^{-1} \mu_{AX_i}(h_j) = \alpha, \sum_{j=1}^{p_i} \mu_{AX_i}(h_j) = \beta, \alpha + \beta = 1;$$

ii) Xác định phép kết nhập và phép nội suy

Thông thường ta sử dụng phép kết nhập để đưa mô hình SAM về đường cong $C_{r,2}$, đầu ra của lập luận được xác định dựa trên định lượng, kết nhập các đầu vào và nội suy tuyến tính trên $C_{r,2}$.

iii) Vấn đề định lượng đầu vào thực: thường được thực hiện:

$$\text{semantization}(x) = s_0 + \frac{s_1 - s_0}{x_1 - x_0}(x - x_0) \quad (2.1)$$

$$\text{desemantization}(s) = x_0 + \frac{x_1 - x_0}{s_1 - s_0}(s - s_0) \quad (2.2)$$

2.4. Một số giải pháp nâng cao hiệu quả PPLL mờ sử dụng ĐSGT

Giải pháp 2.1. Giả sử tồn tại một mô hình sai số $h(g, HAR(PAR))$, trong đó g là mô hình mong muốn và $HAR(PAR)$ là mô hình xấp xỉ được bằng *HAR* với *PAR* là các tham số của các ĐSGT. Ta sử dụng GA xác định các tham số *PAR* sao cho $h(g, HAR(PAR))$ nhỏ nhất.

Giải pháp 2.2. Giả sử tồn tại một mô hình sai số $h(g, HAR(PAR))$, trong đó g là mô hình mong muốn và $HAR(PAR)$ là mô hình xấp xỉ

được bằng HAR với PAR là các trọng số của phép kết nhập. Ta sử dụng GA xác định các tham số PAR sao cho $h(g, HAR(PAR))$ nhỏ nhất.

Giải pháp 2.3. Thay vì sử dụng phép kết nhập và nội suy tuyến tính, ta sử dụng một mạng nơ ron để học các mốc nội suy trong mô SAM của phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT, phép nội suy được thực hiện nhờ mạng.

2.5. Tiếp cận tối ưu hóa cho PPLL mờ sử dụng ĐSGT và ứng dụng

2.5.1. Tiếp cận tối ưu hóa cho PPLL mờ sử dụng ĐSGT

Các đề xuất trong mục 2.4 đã góp phần nâng cao hiệu quả của PPLL mờ sử dụng ĐSGT. Tuy nhiên các đề xuất trên mới mang tính đơn lẻ, điều này cho thấy cần phải có giải pháp tổng thể cho tất cả các vấn đề trên như: Chọn phép nội suy nào cho phương pháp? Xác định toàn bộ các tham số của các ĐSGT bằng cách nào?

Gần đây, các tài liệu [19] đã đưa ra PPLL xấp xỉ tối ưu dựa trên việc sử dụng phép kết nhập có trọng số và nội suy tuyến tính, theo đó các tham số của PPLL bao gồm các trọng số của phép kết nhập và các tham số của các ĐSGT. Các tham số trên được xác định nhờ sử dụng giải thuật di truyền. Có thể thấy giải pháp tối ưu trên vẫn còn hạn chế vì phép kết nhập sẽ phá vỡ cấu trúc không gian của mô hình nhiều biến, gây mất mát thông tin lớn và có thể gây ra hiện tượng đa trị.

Trên cơ sở hiệu quả của các đề xuất trong mục 2.4, luận án đưa ra tiếp cận tối ưu hóa cho PPLL mờ sử dụng ĐSGT: Sử dụng mạng nơ ron để nội suy siêu mặt cho bởi mô hình mờ và sử dụng giải thuật di truyền để xác định các tham số của các ĐSGT. Khi đó PPLL 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, ký hiệu PAR được xác định:

$$PAR = \{ fm(c_i^-), fm(c_i^+), \mu(h_{-q_i}), \dots, \mu(h_{p_i}), i = 1, \dots, m \}$$

$$\text{Với các ràng buộc: } fm(c_i^-) + fm(c_i^+) = 1, \sum_{j=-q_i, j \neq 0}^{p_i} \mu(h_j) = 1$$

Để tiện theo dõi, ta ký hiệu lại PPLL mờ sử dụng ĐSGT là $vHAR$.

[19] Lê Xuân Việt (2009), *Định lượng ngữ nghĩa các giá trị của biến ngôn ngữ dựa trên đại số gia tử và ứng dụng*, Luận án Tiến sĩ Toán học, Viện Công nghệ thông tin – Viện khoa học & công nghệ Việt Nam.

Và bài toán xác định tham số cho PPLL sử dụng ĐSGT được phát biểu như sau: Tìm các tham số $vPAR$ sao cho $h(g, vHAR(vPAR)) \rightarrow \min$, trong đó g là mô hình thực mong muốn và $vHAR(vPAR)$ là mô hình được xấp xỉ bằng $vHAR$. Đây chính là bài toán cực tiểu hàm nhiều biến $h(g, vHAR(vPAR))$, và một trong những công cụ hữu hiệu để xấp xỉ bài toán này là giải thuật di truyền.

Để ứng dụng, ta xây dựng các mạng RBF để học và nội siêu mặt cho bởi mô hình mờ ứng với bài toán ứng dụng với các tham số: $r = 1$, tốc độ học 0,8 và sai số 0,0001 và sử dụng GA với các tham số: số thế hệ bằng 200, xác suất lai ghép 0,80; xác suất đột biến 0,05; kích cỡ quần thể 40; kích thước cá thể bằng 25 để xác định các tham số.

2.5.2. Ứng dụng 2.1. Bài toán xấp xỉ mô hình $EX1$ của Cao – Kandel

Bộ tham số của $vHAR$ trong bài toán là:

$$vPAR1 = \{fm_I(Small); \mu_I(Very); fm_N(Small); \mu_N(Very)\}$$

Với các ràng buộc:

$$fm_I(Small), fm_N(Small), \mu_I(Very), \mu_N(Very) \in (0,1);$$

Sử dụng tiếp cận tối ưu hóa cho $vHAR$ ta xác định được:

$$vPAR1 = \{0,713881; 0,888270; 0,467546; 0,328348\}$$

$$e(EX1, vHAR) = 44,731122 \quad (2.3)$$

Hình 3.6 cho thấy kết quả xấp xỉ mô hình $EX1$ bằng $vHAR$.

Như đã đề cập ở mục 2.5.1, các tài liệu [19] đã giới thiệu PPLL xấp xỉ tối ưu và tác giả đã sử dụng phương pháp này để xấp xỉ mô hình $EX1$, kết quả xấp xỉ cho sai số là 62, và là kết quả xấp xỉ tốt nhất từ trước đến nay. Trong khi đó kết quả xấp xỉ của $vHAR$ chỉ là 45.

2.5.3. Ứng dụng 2.2. (Bài toán điều khiển mô hình máy bay hạ cánh)

Bộ tham số của $vHAR$ trong bài toán này là:

$$vPAR2 = \{fm_H(Small); \mu_H(Very); fm_V(Low); \mu_V(Very); fm_F(Small); \mu_F(Very)\}$$

Với các ràng buộc:

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

[19] Lê Xuân Việt (2009), *Định lượng ngữ nghĩa các giá trị của biến ngôn ngữ dựa trên đại số gia tử và ứng dụng*, Luận án Tiến sĩ Toán học, Viện Công nghệ thông tin – Viện khoa học & công nghệ Việt Nam.

Sử dụng tiếp cận tối ưu hóa cho $vHAR$ ta xác định được:

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

$$e(AL, vHAR) = 22,444913 \quad (2.4)$$

Hình 3.7 cho thấy quỹ đạo hạ cánh của mô hình máy bay được xác định bằng phương pháp điều khiển sử dụng $vHAR$ với hệ tham số $vPAR2$ cùng điều kiện ban đầu $h(0) = 1000 \text{ ft}$, $v(0) = -20 \text{ ft/s}$.

Với tiếp cận tối ưu hóa như đã đề cập, PPLL mờ sử dụng ĐSGT đã giải quyết tương đối toàn diện bài toán điều khiển mô hình máy bay hạ cánh, hình 3.7 cho thấy phương pháp đã đưa được mô hình xuống tới độ cao xấp xỉ 250 ft , quỹ đạo hạ cánh cũng đã bám được quỹ đạo hạ cánh tối ưu, điều mà các tiếp cận cũ chưa làm được.

2.5.4. Ứng dụng 2.3. Xấp xỉ hàm hình chuông (Bài toán 3)

Bộ tham số của $vHAR$ trong bài toán này là:

$$vPAR3 = \{fm_{xy}(Low); \mu_{xy}(Very); fm_z(Low); \mu_z(Very)\}.$$

Với các ràng buộc:

$$fm_{xy}(Low), \mu_{xy}(Very), fm_z(Low), \mu_z(Very) \in (0,1).$$

Sử dụng tiếp cận tối ưu hóa cho $vHAR$ ta xác định được:

$$vPAR3 = \{0,502203; 0,230481; 0,510917; 0,382553\}$$

$$e(BS, vHAR) = 0,135982 \quad (2.5)$$

Hình 3.8(a),(b),(c) cho thấy bề mặt hình chuông được xấp xỉ bằng $vHAR$ trơn và giống bề mặt hàm gốc hình chuông hơn bề mặt hình chuông được xấp xỉ bằng hệ mờ của S.Kurma. Mặt khác sai số cho bởi công thức 2.5 nhỏ hơn nhiều sai số cho bởi công thức 1.14.

Cũng phải nói thêm rằng giải pháp tối ưu như [19] là không khả thi với bài toán này vì mô hình mờ hàm hình chuông có tính đối xứng.

Các kết quả của các ứng dụng đã cho thấy hiệu quả của tiếp cận tối ưu hóa cho $vHAR$ mà luận án đã đề xuất.

Kết luận chương 2

Chương 2 đã đưa ra được một số đề xuất nâng cao hiệu quả của

[19] Lê Xuân Việt (2009), *Định lượng ngữ nghĩa các giá trị của biến ngôn ngữ dựa trên đại số gia tử và ứng dụng*, Luận án Tiến sĩ Toán học, Viện Công nghệ thông tin – Viện khoa học & công nghệ Việt Nam.

PPLL mờ sử dụng ĐSGT. Dựa trên hiệu quả của các đề xuất, luận án đã đưa ra tiếp cận tối ưu hóa cho PPLL mờ sử dụng ĐSGT là: sử dụng mạng nơ ron để nội suy và sử dụng giải thuật di truyền để xác định các tham số của PPLL. Các ứng dụng được triển khai đã cho thấy tính khả dụng của tiếp cận tối ưu hóa này.

CHƯƠNG 3

PHÁT TRIỂN PPLL MỜ SỬ DỤNG ĐSGT TRÊN CƠ SỞ MỞ RỘNG KHÁI NIỆM ĐỘ ĐO TÍNH MỜ

Phần tử trung hòa 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 GTNN các tiếp cận trước đây đều giả thiết $fm(W) = 0$.

Tuy nhiên giả thiết $fm(W) = 0$ có thể quá chặt, Ví dụ, xét biến ngôn ngữ tốc độ vòng quay mô tơ với 2 phần tử sinh là *slow* và *fast*. Trên thực tế *medium* không sinh nghĩa khi bị tác động bởi các gia tử, nên có thể xem nó như là phần tử trung hòa của biến ngôn ngữ nói trên. Tuy vậy giả thiết $fm(\text{medium}) = 0$ có thể là quá chặt vì trên thực tế *medium* vẫn được quan niệm là tập mờ và ta vẫn xây dựng hàm thuộc cho nó.

3.1. Mở rộng khái niệm độ đo tính mờ

Trước hết ta vẫn giả sử ĐSGT $AX^* = (X^*, G, H, \sigma, \phi, \leq)$ là tuyến tính, đầy đủ và sinh tự do. Giả thiết $fm(W) \geq 0$, khái niệm độ đo tính mờ được mở rộng như sau:

Định nghĩa 3.1. Một hàm $fm : X^* \rightarrow [0,1]$ được gọi là một độ đo tính mờ của biến ngôn ngữ X , nếu nó có các tính chất sau:

F1) fm là một độ đo đầy đủ trên X^* , tức là $fm(c^-) + fm(W) + fm(c^+) = 1$ và $\forall u \in X^* \setminus \{W\}, \sum_{h \in H} fm(hu) = fm(u)$;

F2) Nếu x là một khái niệm chính xác, tức là $\infimum H(x) = \supremum H(x)$ thì $fm(x) = 0$. Đặc biệt ta có: $fm(\mathbf{0}) = fm(\mathbf{1}) = 0$;

F3) $\forall x, y \in X^* \setminus \{W\}, \forall h \in H$, ta có $\frac{fm(hx)}{fm(x)} = \frac{fm(hy)}{fm(y)}$, nghĩa là tỷ số

này không phụ thuộc vào một phần tử cụ thể nào và do đó ta có thể ký hiệu nó bằng $\mu(h)$ và được gọi là độ đo tính mờ của gia tử h .

Mệnh đề 3.1. Độ đo tính mờ fm của các khái niệm và $\mu(h)$ của các gia tử thỏa mãn các tính chất sau:

- 1) $fm(hx) = \mu(h)fm(x)$, $\forall x \in X^* \setminus \{W\}$; 2) $fm(c^-) + fm(W) + fm(c^+) = 1$;
- 3) $\sum_{i=-q, i \neq 0}^p fm(h_i c) = fm(c)$, với $c \in \{c^-, c^+\}$;
- 4) $\sum_{i=-q, i \neq 0}^p fm(h_i x) = fm(x)$, $\forall x \in X^* \setminus \{W\}$;
- 5) $\sum_{i=-1}^{-q} \mu(h_i) = \alpha$ và $\sum_{i=1}^p \mu(h_i) = \beta$, với $\alpha, \beta > 0$ và $\alpha + \beta = 1$.

Như vậy điểm khác biệt cơ bản giữa định nghĩa 3.1 và định nghĩa 2.3 về độ đo tính mờ như đã đề cập là giả thiết $fm(W) \geq 0$.

Việc mở rộng khái niệm độ đo tính mờ dẫn đến một nhu cầu tự nhiên đó là mở rộng hệ khoảng mờ. Để mở rộng hệ khoảng mờ trước hết ta sử dụng khái niệm phép so sánh khoảng: Cho hai khoảng thực bất kỳ J_1, J_2 , ta nói $J_1 \leq J_2$ nếu và chỉ nếu $\forall a \in J_1, \forall b \in J_2$ kéo theo $a \leq b$. Trong trường hợp J_2 là một điểm ta có khái niệm phép so sánh khoảng với 1 điểm: Cho khoảng thực J và một số thực bất kỳ, ta nói $J \leq c$ nếu và chỉ nếu $\forall a \in J$ kéo theo $a \leq c$.

Gọi $P([0,1])$ là tập tất cả các khoảng con của đoạn $[0,1]$. Khái niệm hệ khoảng mờ được mở rộng tự nhiên như sau:

Định nghĩa 3.2. Cho AX^* là ĐSGT tuyến tính, đầy đủ và tự do và fm là một độ đo tính mờ của AX^* . Ánh xạ $J: X \rightarrow P([0,1])$ được gọi là phép gán khoảng mờ dựa trên fm nếu nó được xây dựng theo quy nạp theo độ dài của x như sau:

- 1) Với $|x| = 1$: ta xây dựng các khoảng mờ $J(c^-)$, $J(W)$ và $J(c^+)$, với $|J(x)| = fm(x)$, sao cho chúng lập thành một phân hoạch của đoạn $[0,1]$ và thứ tự giữa chúng được cảm sinh từ thứ tự của các phần tử c^-, W và c^+ , tức là $J(c^-) \leq J(W) \leq J(c^+)$.
- 2) Giả sử $J(x)$ với $|J(x)| = fm(x)$ đã được xây dựng với $\forall x \in H(G) \setminus \{W\}$, $|x| = n \geq 1$, ta xây dựng các khoảng mờ $J(h_i x)$ sao cho chúng tạo thành

một phân hoạch của $J(x)$, $|J(h_i x)| = fm(h_i x)$ và thứ tự giữa chúng được cảm sinh từ thứ tự giữa các phần tử trong $\{h_i x : -q \leq i \leq p, i \neq 0\}$

Gọi $J(x)$ là khoảng mờ của phần tử x , và kí hiệu $\mathcal{J} = \{J(x) : x \in X\}$ là tập các khoảng mờ của X . Đặt $X_k = \{x \in X : |x| = k\}$.

Mệnh đề 3.2. Cho độ đo tính mờ fm trên ĐSGT AX^* và \mathcal{J}_{fm} là hệ khoảng mờ của AX^* liên kết với fm . Khi đó,

- 1) Với $x \in H(G)$, tập $\mathcal{J}_{fm}(x, k) = \{J(y) : y = h_k h_{k-1} \dots h_1 x \ \& \ \forall h_k, h_{k-1} \dots, h_1 \in H\}$ là phân hoạch của khoảng mờ $J(x)$;
- 2) Tập $\mathcal{J}_{fm}(k) = \{J(x) : x \in X_k\}$, được gọi là tập các khoảng mờ độ sâu k , là một phân hoạch của tập $J(c^-) \cup J(W) \cup J(c^+)$. Ngoài ra, với $\forall x, y \in X_k$, ta có $x \leq y$ kéo theo $J(x) \leq J(y)$.

3.2. Xây dựng ánh xạ định lượng ngữ nghĩa khoảng

Để xây dựng ánh xạ định lượng ngữ nghĩa ta dựa trên ý tưởng: định lượng giá trị ngôn ngữ x bằng chính khoảng mờ $J(x)$ của nó. Tuy nhiên hệ các khoảng mờ liên kết với fm chưa có thứ tự. Như vậy cần có một quan hệ thứ tự cho các phần tử trong hệ khoảng mờ và các định nghĩa 3.3, 3.4 và định lý 3.1 sẽ cho thấy tồn tại một quan hệ thứ tự này.

Định nghĩa 3.3. Cho $L \subseteq P([0,1])$. Một ánh xạ $r: L \rightarrow [0,1]$ được gọi là tương thích với L nếu nó thỏa mãn các điều kiện sau:

- 1) $\forall J \in L, r(J) \in J$; 2) $\forall J_1, J_2 \in L, J_1 \neq J_2$ kéo theo $r(J_1) \neq r(J_2)$.

Ý nghĩa của ánh xạ r là nó cho ta giá trị đại diện của khoảng trong L và nó cảm sinh một quan hệ thứ tự trên tập L .

Định nghĩa 3.4. Cho L và một ánh xạ $r: L \rightarrow [0,1]$ tương thích với L . Khi đó r sẽ cảm sinh một quan hệ thứ tự tuyến tính $\leq_{L,r}$ trên L thỏa mãn với $\forall J_1, J_2 \in L, J_1 \leq_{L,r} J_2$ nếu và chỉ nếu $r(J_1) \leq r(J_2)$.

Định lý 3.1. Cho ĐSGT tuyến tính đầy đủ $AX^* = (X^*, G, H, \sigma, \phi, \leq)$ và một độ đo tính mờ fm . Giả sử \mathcal{J}_{fm} là hệ các khoảng mờ liên kết với fm . Khi đó, ta luôn xây dựng được ánh xạ ρ tương thích với \mathcal{J}_{fm} sao cho $|J(x)| = fm(x)$ và $\rho(J(x))$ là điểm chia trong khoảng $J(x)$ theo tỷ lệ

$\alpha:\beta$, nếu $Sign(h_px) = +1$, và theo tỷ lệ $\beta:\alpha$, nếu $Sign(h_px) = -1$. Hơn nữa ta có:

1) Nếu $Sign(h_px) = +1$, ta có: $J(h_{-q}x) \leq J(h_{-q+1}x) \leq \dots \leq J(h_{-1}x) \leq \rho(J(x)) \leq J(h_1x) \leq \dots \leq J(h_{p-1}x) \leq J(h_px)$ (*)

2) Nếu $Sign(h_px) = -1$, ta có: $J(h_px) \leq J(h_{p-1}x) \leq \dots \leq J(h_1x) \leq \rho(J(x)) \leq J(h_{-1}x) \leq \dots \leq J(h_{-q+1}x) \leq J(h_{-q}x)$ (**)

Mệnh đề 3.3. Tập các khoảng mờ $\mathfrak{J}_{fm} = \{J(x): x \in X\}$ thoả mãn tính chất $x < y \Rightarrow \rho(J(x)) < \rho(J(y))$.

Xét $P([0,1])$, $L \subseteq P([0,1])$ và \leq_L là một quan hệ thứ tự sắp một phần trên L . Ta có cấu trúc (L, \leq_L) . Sau đây ta xét khái niệm về tính trừ mật của một tập con A của L theo nghĩa sau:

Định nghĩa 3.5. Khái niệm một tập con A của L là trừ mật trong $[u, v] \subseteq [0,1]$ nếu với mọi khoảng con (a, b) của $[u, v]$ có độ dài nhỏ tùy ý đều tồn tại một phần tử $\pi \in A$ sao cho $\pi \subseteq (a, b)$.

Ở trên ta có khái niệm hệ khoảng mờ \mathfrak{J} liên kết với fm được xác định bởi ánh xạ J , tức là nó là tập các khoảng mờ $J(x)$ gắn với mỗi $x \in X = H(G)$. Ta mở rộng khái niệm này trên toàn bộ tập $X^* = H_e(G)$.

Định nghĩa 3.6. Cho ĐSGT AX^* và một độ đo tính mờ fm của nó. J là ánh xạ gán khoảng mờ dựa trên fm được xây dựng như trong định lý 3.1. Khi đó J^* là ánh xạ mở rộng của J trên tập X^* với $J^*(\theta) = [0,0]$, $J^*(I) = [1,1]$ và với $x = \phi u$, $J^*(x) = [left(J(u)), left(J(u))]$, với $x = \sigma u$, $J^*(x) = [right(J(u)), right(J(u))]$.

Ta kí hiệu $LR(\mathfrak{J})$ là tập tất cả các khoảng biểu thị các điểm đầu mút của các khoảng của \mathfrak{J} và ký hiệu $\mathfrak{J}^* = \mathfrak{J} \cup LR(\mathfrak{J})$.

Định lý 3.2. Cho ĐSGT AX^* đầy đủ, tuyến tính và tự do và một độ đo tính mờ fm của nó.

1) Cấu trúc (\mathfrak{J}^*, ρ^*) , trong đó $\rho^* = \rho$ trên X và $\rho^*([a, a]) = a$, $[a, a] \in LR(\mathfrak{J})$, là tập sắp thứ tự tuyến tính;

2) Ta có $J^*(H(x))$ trừ mật trong khoảng $J(x)$, $x \in X \setminus \{W\}$. Hơn nữa với

$x = \phi u$, ta có $J^*(x) = \text{infimum } J^*(H(u))$, và với $x = \sigma u$, ta có $J^*(x) = \text{supremum } J^*(H(u))$;

Định lý 3.3. Cho ĐSGT AX^* đầy đủ, tuyến tính và tự do và một độ đo tính mờ fm của nó. Ta có $\forall x, y \in X^*$, $x < y \Rightarrow \rho(J^*(x)) < \rho(J^*(y))$.

Để tiện cho việc thiết lập ánh xạ định lượng khoảng của ĐSGT, ta đưa vào các kí pháp và khái niệm sau: Trước tiên, mỗi khoảng trong $P[0,1]$ được biểu diễn bằng cặp $\langle u, d \rangle$, với $u \in [0,1]$ là đầu mút trái của nó và d chỉ độ dài của khoảng, $1 \geq d \geq 0$, ta quy ước các khoảng đóng ở đầu mút phải, trong trường hợp hoặc $u = 0$ hoặc $d = 0$ khoảng đóng cả đầu trái. Sau đó, trên $P[0,1]$ ta đưa ra khái niệm hai phép toán sau:

- 1) Phép tịnh tiến: $\langle u, d \rangle + v = \langle u + v, d \rangle$ với $\forall v : u+v \geq 0, u+v+d \leq 1$.
- 2) Phép co: $\langle u, d \rangle \times k = \langle u, k \times d \rangle$ với mọi $1 \geq k \geq 0$.

Định nghĩa 3.7 sẽ mở rộng khái niệm ánh xạ định lượng ngữ nghĩa:

Định nghĩa 3.7. Một ánh xạ $f: X^* \rightarrow P[0,1]$ được gọi là ánh xạ ĐLNN khoảng của AX^* nếu nó thỏa mãn các điều kiện:

- Q1) f bảo toàn thứ tự trên X^* , tức là $x < y \Rightarrow f(x) < f(y)$ và $f(0) = \langle 0,0 \rangle, f(1) = \langle 1,0 \rangle$;
- Q2) Tính chất liên tục: $\forall x \in X^*$, $f(\phi x) = \text{infimum } f(H(x))$ và $f(\sigma x) = \text{supremum } f(H(x))$;

Như đã đề cập, cho ĐSGT AX^* và độ đo tính mờ fm của nó, khi đó ta có cấu trúc $(\mathfrak{J}^*, \leq_{\mathfrak{J}^*})$. Ta xây dựng một ánh xạ $f: X^* \rightarrow P[0,1]$ thỏa $f(x) = J^*(x)$. Trên cơ sở phương pháp xây dựng cấu trúc $(\mathfrak{J}^*, \leq_{\mathfrak{J}^*})$ công thức tính ánh xạ định lượng khoảng được xây dựng như sau:

Định nghĩa 3.8. Cho AX^* là ĐSGT tuyến tính, đầy đủ và tự do, $fm(c^-)$ và $fm(c^+)$ là các độ đo tính mờ của phần tử sinh c^-, c^+ còn $fm(W)$ là độ đo tính mờ của phần tử trung hoà W và $\mu(h)$ là độ đo tính mờ của các gia tử h trong H thỏa mãn các tính chất trong mệnh đề 3.1. Ánh xạ định lượng khoảng nhờ tính mờ là ánh xạ f được định nghĩa đệ quy:

- 1) $f(c^-) = \langle 0, fm(c^-) \rangle; f(W) = \langle fm(c^-), fm(W) \rangle, f(c^+) = \langle fm(c^-) + fm(W), fm(c^+) \rangle;$

- 2) Nếu $Sign(h_px) < 0$ Thì $f(h_jx) = (f(x) + \sum_{i=j+1; i \neq 0}^p fm(h_ix)) \times \mu(h_j)$;
 Nếu $Sign(h_px) > 0$ Thì $f(h_jx) = (f(x) + \sum_{i=-q; i \neq 0}^{j-1} fm(h_ix)) \times \mu(h_j)$;
 Với $j \in [-q^p]$ và $fm(h_jx)$ được tính theo tính chất 1) mệnh đề 3.1.

3) $f(\phi c^-) = \langle 0, 0 \rangle$; $f(\sigma c^-) = \langle fm(c^-), 0 \rangle$; $f(\phi c^+) = \langle 1 - fm(c^+), 0 \rangle$; $f(\sigma c^+) = \langle 1, 0 \rangle$;

Và với các phân tử dạng h_jx , $j \in [-q^p]$, ta có:

Nếu $Sign(h_px) < 0$ Thì $f(\phi h_jx) = (f(x) + \sum_{i=j+1; i \neq 0}^p fm(h_ix)) \times 0$ và
 $f(\sigma h_jx) = (f(x) + \sum_{i=j; i \neq 0}^p fm(h_ix)) \times 0$;

Nếu $Sign(h_px) > 0$ Thì $f(\phi h_jx) = (f(x) + \sum_{i=-q; i \neq 0}^{j-1} fm(h_ix)) \times 0$ và
 $f(\sigma h_jx) = (f(x) + \sum_{i=-q; i \neq 0}^j fm(h_ix)) \times 0$;

Định lý 3.4. Cho AX^* là ĐSGT tuyến tính, đầy đủ và tự do. Khi đó ánh xạ f được xác định trong định nghĩa 3.8 là ánh xạ định lượng ngữ nghĩa theo khoảng.

Với ánh xạ định lượng khoảng, các điểm trong khoảng $f(x)$ đều mang thông tin về giá trị ngôn ngữ x . Tuy nhiên sử dụng điểm đại diện $\rho(f(x))$ của khoảng $f(x)$ để định lượng giá trị ngôn ngữ x là phù hợp nhất, vì các điểm đại diện của các khoảng có tính chất: $f(x) \neq f(y) \Rightarrow \rho(f(x)) \neq \rho(f(y))$, điều này đảm bảo các giá trị ngôn ngữ khác nhau của cùng một biến ngôn ngữ sẽ có các giá trị định lượng khác nhau.

3.3. Xây dựng PPLL mờ sử dụng ĐSGT với ánh xạ định lượng khoảng

PPLL này được phát triển trên cơ sở thay đổi bước 2 của $vHAR$, cụ thể thay vì sử dụng ánh xạ định lượng v luận án sẽ sử dụng ánh xạ f và ρ để định lượng giá trị ngôn ngữ. Phương pháp gồm các bước chính:

1) *Xây dựng các ĐSGT AX_i cho các biến ngôn ngữ X và ĐSGT AY cho biến ngôn ngữ Y .*

2) *Sử dụng các ánh xạ f_{X_i} và f_Y , xác định các đại diện của khoảng nhờ ánh xạ ρ_{X_i} , ρ_Y , chuyển đổi mô hình mờ FAM về mô hình SAM.*

3) *Xây dựng một phép nội suy trên cơ sở các mốc nội suy là các điểm của mô hình SAM.*

4) *Với giá trị đầu vào, xác định đầu ra tương ứng nhờ phép nội suy.*

Do PPLL sử dụng ánh xạ f , nên ta ký hiệu PPLL này là $fHAR$. Tiếp cận tối ưu hóa cho $fHAR$ tương tự như tiếp cận tối ưu hóa cho $vHAR$ đã được đề cập ở chương 2. Cụ thể, ta cũng sử dụng mạng nơ ron để nội suy siêu mặt cho bởi mô hình mờ và sử dụng giải thuật di truyền để xác định các tham số của các ĐSGT trong $fHAR$. Do ánh xạ định lượng khoảng sử dụng giả thiết $fm(W) \geq 0$ và điểm đại diện của phần tử trung hòa được lấy tự do trong khoảng mờ $f(W)$ nên các tham số (ký hiệu $fPAR$) của $fHAR$ 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: $\mu(h_j)$ thỏa $\sum_{j=-q_i, j \neq 0}^{p_i} \mu(h_j) = 1$;

Bài toán xác định tham số $fHAR$ được phát biểu như sau: Tìm các tham số $fPAR$ sao cho hàm sai số $h(g, fHAR(fPAR)) \rightarrow \min$, trong đó g mô hình mong muốn và $fHAR(fPAR)$ là mô hình xấp xỉ bằng $fHAR$.

3.4. Tính khả dụng của $fHAR$

Để ứng dụng tiếp cận tối ưu cho $fHAR$, ta sử dụng mạng RBF và GA với các tham số được chọn như trong các ứng dụng ở chương 2.

3.4.1. Ứng dụng 3.1 (xấp xỉ mô hình EX1 của Cao – Kandel)

Bộ tham số của $fHAR$ của bài toán: $fPAR1 = \{fm_I(Small); fm_I(Large); \rho_I(f_I(W)); \mu_I(Very); fm_N(Small); fm_N(Large); \rho_N(f_N(W)); \mu_N(Very)\}$

Với các ràng buộc: $fm_I(Small), \mu_I(Very), fm_N(Small), \mu_N(Very) \in (0, 1)$;

$fm_I(Large) \in (0, 1 - fm_I(Small))$; $\rho_I(fm_I(W)) \in (fm_I(Small), 1 - fm_I(Large))$;

$fm_N(Large) \in (0, 1 - fm_N(Small))$; $\rho_N(fm_N(W)) \in (fm_N(Small), 1 - fm_N(Large))$;

Sử dụng tiếp cận tối ưu hóa cho $fHAR$ ta xác định được:

$$fPAR1 = \{0,662268; 0,277776; 0,673814; 0,882014; 0,584848; 0,219530; 0,595939; 0,476149\}; e(EX1, fHAR) = 33.096833 \quad (3.1)$$

Hình 3.6 cho thấy kết quả xấp xỉ mô hình EX1 bằng $fHAR$.

3.4.2. Ứng dụng 3.2 (Bài toán điều khiển mô hình máy bay hạ cánh)

Bộ tham số của $fHAR$ của bài toán: $fPAR2 = \{fm_H(Small); fm_H(Large); \rho_H(fm_H(Medium)); \mu_H(Very); fm_V(Small); fm_V(Large); \rho_V(fm_V(Medium)); \mu_V(Very); fm_F(Small); fm_F(Large); \rho_F(fm_F(Medium)); \mu_F(Very)\}$

Với các ràng buộc:

$$\begin{aligned} &fm_H(Small), \mu_H(Very), fm_V(Small), \mu_V(Very), fm_F(Small), \mu_F(Very) \in (0,1); \\ &fm_H(Large) \in (0, 1 - fm_H(Small)), \rho_H(fm_H(Medium)) \in (fm_H(Small), 1 - fm_H(Large)); \\ &fm_V(Large) \in (0, 1 - fm_V(Small)), \rho_V(fm_V(Medium)) \in (fm_V(Small), 1 - fm_V(Large)); \\ &fm_F(Large) \in (0, 1 - fm_F(Small)), \rho_F(fm_F(Medium)) \in (fm_F(Small), 1 - fm_F(Large)); \end{aligned}$$

Sử dụng tiếp cận tối ưu hóa cho $fHAR$ ta xác định được:

$$\begin{aligned} fPAR2 = \{ &0,860899; 0,133597; 0,864843; 0,898436; 0,644282; 0,180240; \\ &0,719928; 0,839785; 0,329912; 0,664515; 0,330364; 0,110166\} \\ e(AL, fHAR) = &8,867477 \end{aligned} \quad (3.2)$$

Hình 3.7 cho thấy quỹ đạo hạ cánh của mô hình máy bay sử dụng $fHAR$ với điều kiện ban đầu: $h(0) = 1000 \text{ ft}$, $v(0) = -20 \text{ ft/s}$.

3.4.3. Ứng dụng 3.3 (Bài toán 3, xấp xỉ hàm hình chuông)

Bộ tham số của $fHAR$ trong bài toán này là: $fPAR3 = \{fm_{XY}(Low); fm_{XY}(Hight); \rho_{XY}(fm_{XY}(Medium)); \mu_{XY}(Very); fm_Z(Low); fm_Z(Hight); \mu_Z(Very)\}$

Với các ràng buộc:

$$\begin{aligned} &fm_{XY}(Low), \mu_{XY}(Very), fm_Z(Low), \mu_Z(Very) \in (0,1); \\ &fm_{XY}(Hight) \in (0, 1 - fm_{XY}(Low)); fm_Z(Hight) \in (0, 1 - fm_Z(Low)); \\ &\rho_{XY}(fm_{XY}(Medium)) \in (fm_{XY}(Low), 1 - fm_{XY}(Hight)); \end{aligned}$$

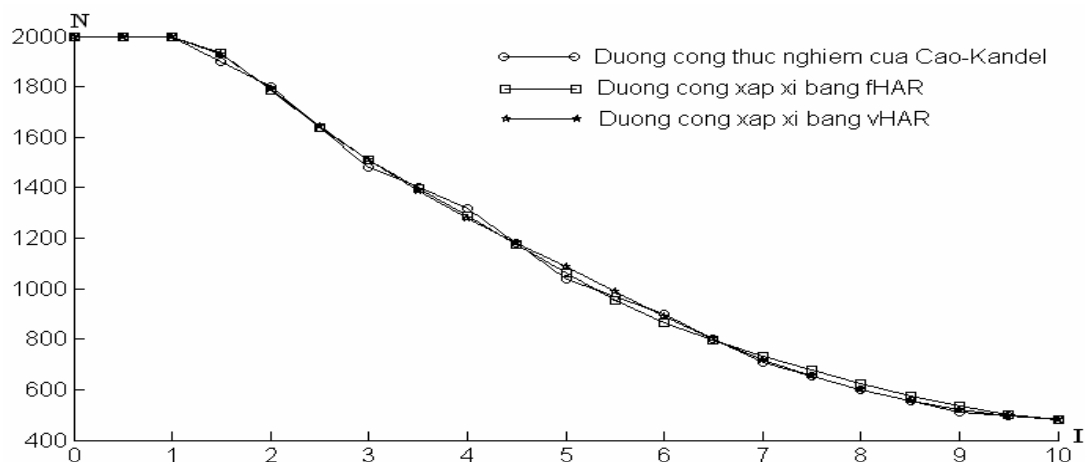
Sử dụng tiếp cận tối ưu hóa cho $fHAR$ ta xác định được:

$$\begin{aligned} fPAR3 = \{ &0,497738; 0,496229; 0,502072; 0,479718; 0,201639; \\ &0,574661; 0,796846\}; e(BS, fHAR) = &0,086465 \end{aligned} \quad (3.3)$$

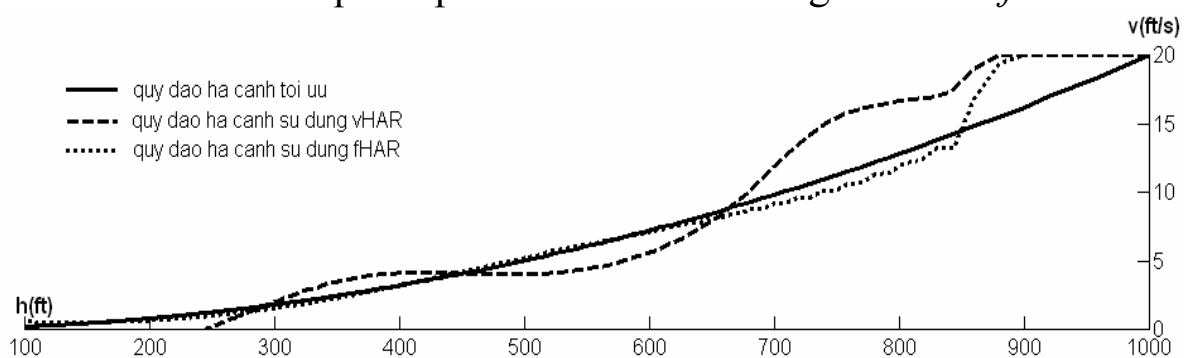
Hình 3.8 (d) cho thấy bề mặt hình chuông được xấp xỉ bằng $fHAR$.

3.4.4. Đánh giá kết quả ứng dụng của $fHAR$

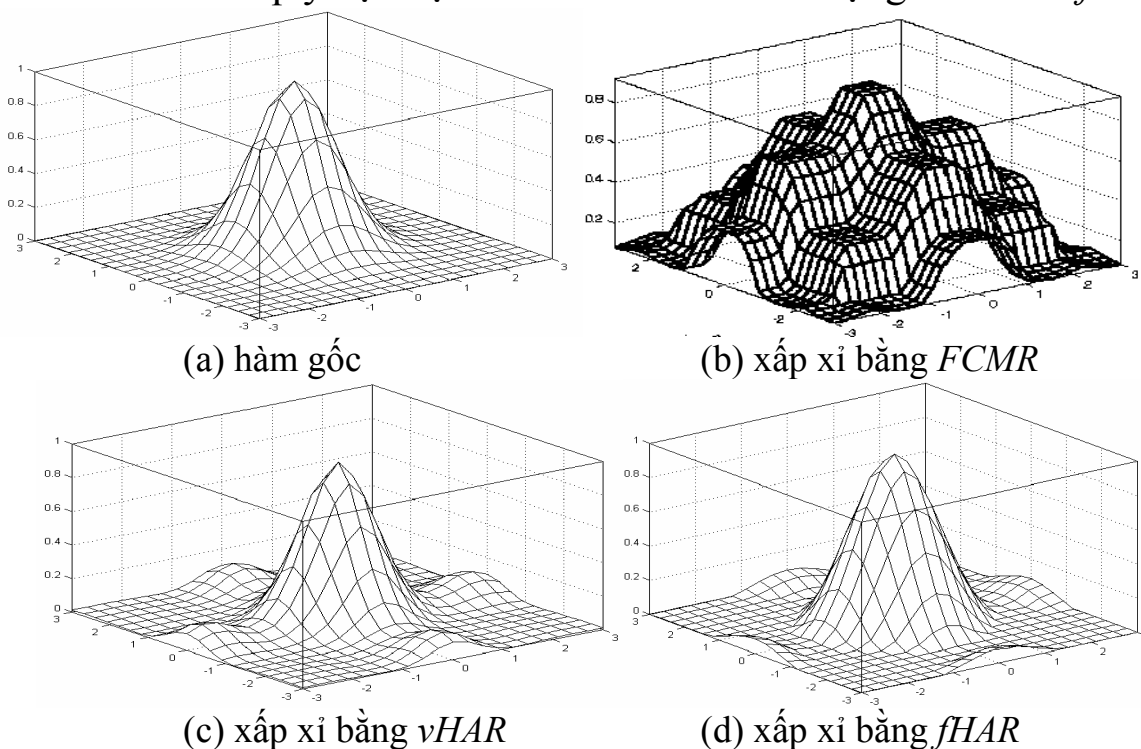
Các kết quả ứng dụng $fHAR$ và $vHAR$ trên ba bài toán được tổng hợp theo các hình 3.6 – 3.8 dưới đây.



Hình 3.6. Kết quả xấp xỉ mô hình $EX1$ bằng $vHAR$ và $fHAR$.



Hình 3.7. Các quỹ đạo hạ cánh – điều khiển sử dụng $vHAR$ và $fHAR$.



Hình 3.8. Bề mặt các hình chuông

Hình 3.6 cho thấy $vHAR$ và đặc biệt là $fHAR$ bám rất sát đường công thức nghiệm của Cao – Kandel. Mặt khác từ công thức 3.1 và 2.3

ta có: $e(EX1, fHAR) = 33.096833 < e(EX1, vHAR) = 44,731122$

Hình 3.7 cho thấy quỹ đạo của điều khiển sử dụng $fHAR$ đã bám rất sát quỹ đạo hạ cánh tối ưu của bài toán, trong khi đó quỹ đạo hạ cánh của điều khiển sử dụng $vHAR$ không làm được như vậy. Mặt khác từ các công thức 3.2, 2.4 ta thấy $fHAR$ đã đưa mô hình xuống độ cao 100 *ft* với sai số nhỏ hơn nhiều so với sai số của $vHAR$ đưa mô hình xuống độ cao gần 250 *ft*:

$$e(AL, fHAR) = 8,867477 < e(AL, vHAR) = 22,444913$$

Hình 3.8 cho thấy bề mặt hình chuông xấp xỉ bằng $fHAR$ (d) có hình dáng giống bề mặt hình chuông gốc (a) hơn bề mặt hình chuông xấp xỉ bằng $vHAR$ (c). Mặt khác từ công thức 3.3 và 2.5 ta có:

$$e(BS, fHAR) = 0,086465 < e(BS, vHAR) = 0,135982$$

Từ kết quả ứng dụng trên 3 bài toán mà ta vừa phân tích, có thể khẳng định rằng trên thực nghiệm $fHAR$ có khả năng xấp xỉ tốt hơn $vHAR$. Điều này là phù hợp vì $vHAR$ chỉ là trường hợp riêng của $fHAR$

Mặt khác từ các bộ tham số $fPAR1, fPAR2, fPAR3$ ta thấy nghiệm tối ưu của các bài toán ứng dụng xảy ra khi độ đo tính mờ của các phần tử trung hòa khác 0. Điều này cho thấy ý nghĩa của việc mở rộng độ đo tính mờ và xây dựng ánh xạ định lượng ngữ nghĩa khoảng.

Kết luận chương 3

Chương 3 của luận án đã mở rộng được khái niệm độ đo tính mờ của giá trị ngôn ngữ trên cơ sở giả thiết độ đo tính mờ của phần tử trung hoà có thể khác 0. Xây dựng được ánh xạ định lượng khoảng, phát biểu và chứng minh các tính chất quan trọng của nó. Trên cơ sở đó luận án đã xây dựng được PPLL mờ sử dụng ĐSGT với ánh xạ định lượng khoảng ($fHAR$). Tiếp cận tối ưu hóa cho $fHAR$ đã được đề xuất và ứng dụng, các kết quả ứng dụng cho thấy $fHAR$ tốt hơn $vHAR$, điều này khẳng định tính khả dụng của $fHAR$.

KẾT LUẬN CỦA LUẬN ÁN

Luận án đạt được một số kết quả chính sau:

1) Đã đưa ra tiếp cận tối ưu hóa cho phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT, đó là sử dụng mạng nơ ron để nội suy và giải thuật di truyền để xác định các tham số của phương pháp. Việc sử dụng mạng nơ ron để nội suy là một điểm mới, chưa từng được đề cập trong các nghiên cứu trước đây về phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT. Các kết quả ứng dụng đã cho thấy tính khả dụng của tiếp cận tối ưu hóa mà luận án đưa ra.

2) Mở rộng được khái niệm độ đo tính mờ trên cơ sở giả thiết độ đo tính mờ của phần tử trung hòa có thể khác 0, trên cơ sở đó luận án đã xây dựng được ánh xạ định lượng khoảng, phát biểu và chứng minh các tính chất của nó. Đây cũng chính là cơ sở toán học để luận án xây dựng phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT với ánh xạ định lượng khoảng.

3) Xây dựng phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT trên cơ sở sử dụng ánh xạ định lượng khoảng. Các ứng dụng mà luận án triển khai đã cho thấy tính khả dụng phương pháp lập luận sử dụng ĐSGT đã phát triển được.

Với những kết quả đạt được luận án đã hoàn thành các mục tiêu đề ra. Tuy nhiên tác giả cũng nhận thức được cần phải ứng dụng các kết quả của luận án vào việc giải quyết các bài toán phức tạp hơn, xa hơn nữa là xây dựng các ứng dụng thực tế.