

NỘI SUY DỰA TRÊN TRỌNG SỐ KHOẢNG CÁCH NGỮ NGHĨA KẾT HỢP TỐI ƯU BẰNG GIẢI THUẬT DI TRUYỀN CHO BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐẠI SỐ GIA TỬ

Nguyễn Tiên Duy¹, Vũ Như Lân²

¹ Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Đại học Thái Nguyên

² Trường Đại học Thăng Long

duy.infor@tnut.edu.vn, vnlan@ioit.ac.vn

TÓM TẮT: Khi giải bài toán suy luận xấp xỉ được cho bởi hệ luật ngôn ngữ (LRBS - Linguistic Rule Base System) theo tiếp cận đại số gia tử (HA - Hedge Algebras), ta có thể thực hiện bằng một phương pháp nội suy nào đó. Phương pháp nội suy cần phải đảm bảo tính đúng đắn về mối quan hệ biến thiên giữa đầu ra với các đầu vào. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày về một đề xuất phương pháp nội suy đảm bảo tính đúng đắn nói trên. Đó là nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa của các giá trị ngữ nghĩa đầu vào đối với giá trị ngữ nghĩa của các hạng tử trong mệnh đề điều kiện của luật. Trong vector giá trị ngữ nghĩa đầu vào, với mỗi thành phần ta xác định trọng số khoảng cách của nó tới giá trị ngữ nghĩa của hạng tử ngôn ngữ tương ứng xuất hiện trong luật. Giá trị trọng số khoảng cách này được sử dụng để kết nhập thành giá trị đầu ra. Với đề xuất này, chúng tôi đã tiến hành thiết kế bộ điều khiển đại số gia tử cho đối tượng là lò điện trở. Ngoài ra, chúng tôi còn sử dụng giải thuật di truyền (GA - Genetic Algorithm) để tối ưu các tham số tính mờ của bộ điều khiển. Các kết quả mô phỏng cho thấy bộ điều khiển làm việc tốt theo các yêu cầu chỉ tiêu về điều khiển.

Từ khóa: Đại số gia tử, suy luận xấp xỉ, nội suy tuyến tính, giải thuật di truyền, điều khiển mờ.

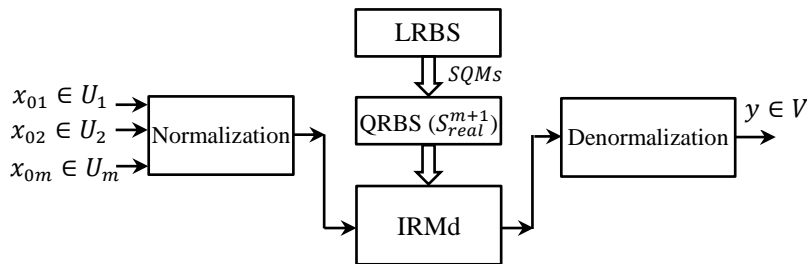
I. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, lý thuyết HA [1], [2] đã được ứng dụng để giải quyết các bài toán trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Trong đó phải kể đến lĩnh vực điều khiển [3]-[8]. Theo tiếp cận HA, việc thiết kế bộ suy luận xấp xỉ làm việc như một bộ điều khiển mà quy tắc điều khiển được cho bởi LRBS có nhiều lợi điểm [9]. Cách biểu diễn tri thức bằng “siêu mặt” thực trong không gian ngữ nghĩa phản ánh đúng đắn LRBS, mà trong đó yếu tố quan trọng là thứ tự ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ được bảo toàn. Giải bài toán suy luận chỉ bởi phương pháp nội suy trên “siêu mặt” này [7]. Trong số không nhiều các phương pháp nội suy, chúng đều có số lượng phép tính là ít. Đó là một lợi điểm quan trọng đối với các hệ thống đòi hỏi đáp ứng thời gian thực (real-time) như hệ thống trong [7]. Trong cấu trúc của bộ suy luận không có nhiều tham số ảnh hưởng, đó là các tham số tính mờ của các HA nên thuận lợi cho việc chỉnh định, tối ưu.

Xét một hệ luật điều khiển dạng MISO được cho bởi LRBS:

$$\begin{aligned} \text{If } X_1 = A_{11} \text{ and } X_2 = A_{21} \dots \text{ and } X_m = A_{m1} \text{ then } Y = B_1 \\ \text{If } X_1 = A_{12} \text{ and } X_2 = A_{22} \dots \text{ and } X_m = A_{m2} \text{ then } Y = B_2 \\ \dots \\ \text{If } X_1 = A_{1n} \text{ and } X_2 = A_{2n} \dots \text{ and } X_m = A_{mn} \text{ then } Y = B_p \end{aligned} \quad 1)$$

Với X_1, X_2, \dots, X_m và Y là các biến ngôn ngữ, mỗi biến ngôn ngữ X_j thuộc không gian nền U_j và biến ngôn ngữ Y thuộc không gian nền V ; A_{ij}, B_i ($i = 1..m, j = 1..n$) là các giá trị ngôn ngữ thuộc không gian nền tương ứng. Theo tiếp cận lý thuyết HA, ta xây dựng cấu trúc HA cho các biến ngôn ngữ và sử dụng hàm ngữ nghĩa định lượng SQMs [10] để chuyển các giá trị ngôn ngữ trong luật thành giá trị ngữ nghĩa của chúng, ta nhận được QRBS. Biểu diễn QRBS bằng một “siêu mặt” thực S_{real}^{m+1} trong không gian ngữ nghĩa $[0, 1]^{m+1}$. Khi đó, có thể xem “siêu mặt” thực S_{real}^{m+1} này như là biểu diễn toán học của LRBS.



Hình 1. Sơ đồ bộ suy luận xấp xỉ theo tiếp cận HA

Cho các đầu vào thực thuộc không gian nền tương ứng, là các giá trị đầu vào của bộ điều khiển $x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m}$, sử dụng phép Normalization các giá trị đó về miền giá trị của HA được $x_{01s}, x_{02s}, \dots, x_{0ms}$ tương ứng. Thực hiện giải bài toán suy luận xấp xỉ bằng phương pháp nội suy trên S_{real}^{m+1} . Giá trị nội suy nhận được trong miền $[0, 1]$ là giá trị ngữ nghĩa định lượng của biến ngôn ngữ đầu ra \mathcal{Y} được chuyển về miền biến thiên thực (không gian nền của biến \mathcal{Y}) của giá trị điều khiển ở đầu ra bằng phép Denormalization.

Sơ đồ của bộ suy luận xấp xỉ theo tiếp cận HA được mô tả như trên Hình 1. Trong đó:

- LRBS: Hệ cơ sở luật ngôn ngữ của bộ điều khiển.
- QRBS: Hệ cơ sở luật theo ngữ nghĩa định lượng của các giá trị ngôn ngữ được tính toán bởi hàm ánh xạ SQM (tương ứng sẽ là S_{real}^{m+1}).
- Normalization: chuẩn hoá giá trị của các biến vào về miền ngữ nghĩa.
- IRMd (Interpolation Reasoning Method): Phương pháp nội suy trên “siêu mặt” S_{real}^{m+1} .
- Denormalization: chuyển đổi giá trị điều khiển ngữ nghĩa về miền giá trị biến thiên thực của biến đầu ra.

Trên sơ đồ Hình 1, việc lựa chọn một IRMd là vấn đề quan trọng, nó có ảnh hưởng lớn tới kết quả đầu ra của bộ suy luận. Phương pháp nội suy được lựa chọn cần đảm bảo mối quan hệ biến thiên giữa đầu ra với các đầu vào.

Trong các nghiên cứu trước đây, các tác giả có thể sử dụng phép “product” thay cho phép “and” trong luật để kết nhập m đầu vào thành 1 đầu vào duy nhất [11], [12]. Một cách khác có thể kết nhập các đầu vào đó là sử dụng phép kết nhập theo trọng số [13]-[15]. Khi đó, mặt S_{real}^{m+1} sẽ được chuyển thành đường C_{real}^2 trong không gian 2 chiều, giúp cho việc nội suy là đơn giản hơn. Tuy nhiên, việc kết nhập có thể gây mất mát thông tin. Đường cong C_{real}^2 sẽ không còn mô tả đầy đủ ngữ nghĩa của LRBS ban đầu, thậm chí có thể gây nên sự mâu thuẫn giữa các luật, làm cho kết quả suy luận thiếu đúng đắn. Nội suy trực tiếp trên mặt ngữ nghĩa [16], [17], [18] hoặc sử dụng phương pháp nội suy tuyến tính 2 chiều (bi-linear interpolation) [19], [20] là một giải pháp tốt để khắc phục nhược điểm của kết nhập nói trên. Mặc dù vậy, hạn chế vẫn còn tồn tại đó là phương pháp này chỉ tính toán được trong trường hợp là nội suy. Khi giá trị đầu vào nằm ngoài vùng không gian của S_{real}^{m+1} , tính toán giá trị theo công thức nội suy tuyến tính 2 chiều sẽ trở thành ngoại suy. Qua phân tích, chúng tôi nhận thấy rằng trong trường hợp ngoại suy, giá trị tính toán không đảm bảo mối quan hệ biến thiên giữa đầu ra với các đầu vào theo LRBS.

Giả sử ta có QRBS của một bộ điều khiển đại số gia tử được cho như trên Bảng 1. Mặt ngữ nghĩa S_{real}^3 tương ứng như trên Hình 2a.

Bảng 1. QRBS của bộ điều khiển

$e \backslash ce$	0.000	0.125 (v_{1ce})	0.375 (v_{2ce})	0.500	0.625	0.875	1.000
0.000							
0.125 (v_{1e})		$u_{11} = 0.125$	$u_{12} = 0.125$	0.250	0.375	0.500	
0.375 (v_{2e})		$u_{21} = 0.125$	$u_{22} = 0.250$	0.375	0.500	0.625	
0.500		0.250	0.375	0.500	0.625	0.750	
0.625		0.375	0.500	0.625	0.750	0.875	
0.875		0.500	0.625	0.750	0.875	0.875	
1.000							

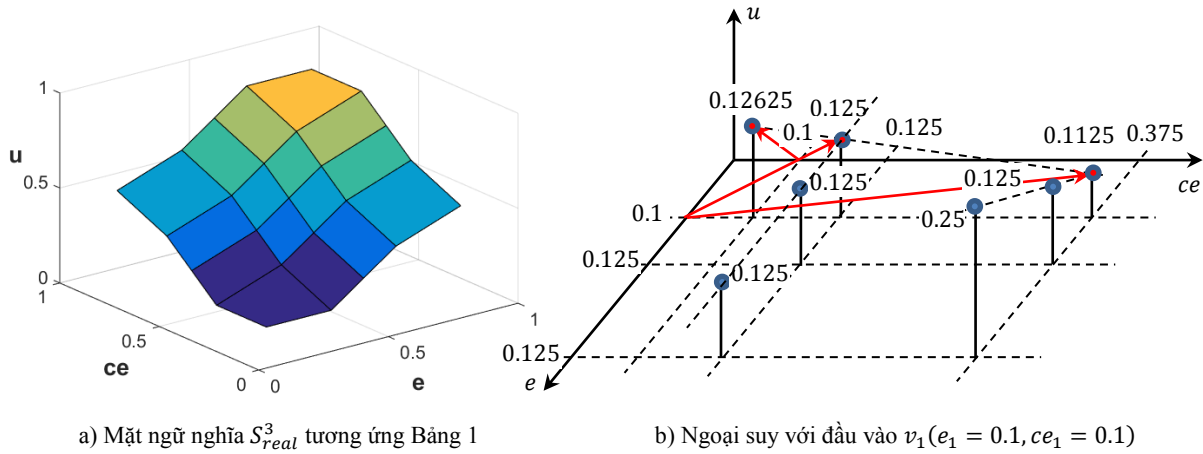
Trong đó: Giá trị ngữ nghĩa của các biến vào $e, ce = \{0.125, 0.375, 0.5, 0.625, 0.875\}$. Giá trị ngữ nghĩa của biến đầu ra u ứng với mỗi luật là các ô trong bảng.

Từ QRBS trong Bảng 1, ta nhận thấy rằng thành sự biến thiên của phần đầu ra u là “đồng biến” theo các thành phần đầu vào e và ce . Vùng các ô không có giá trị trong Bảng 1 là thiếu tri thức từ hệ luật ($e, ce < 0.125$ hoặc $e, ce > 0.875$). Với các giá trị ngữ nghĩa ở đầu vào thuộc miền này, giá trị suy luận phải được tính toán từ các giá trị tri thức khác trong bảng. Trong trường hợp đó, tính toán theo phương pháp nội suy tuyến tính 2 chiều trở thành ngoại suy. Giả sử có vector đầu vào $v_1(e_1 = 0.1, ce_1 = 0.1) < v_2(e_2 = 0.125, ce_2 = 0.125)$. Theo quy luật biến thiên “đồng biến” của bảng luật thì ta phải có đầu ra $u_1 < u_2$. Tuy nhiên, tính toán theo công thức nội suy thì:

- Với vector đầu vào v_1 , các bước nội suy được tính toán như sau (Hình 2b):
 - + B1: $t_1 = u_{11} + \frac{(e_1 - v_{1e})(u_{21} - u_{11})}{v_{2e} - v_{1e}} = u_{11} = 0.125$
 - + B2: $t_2 = u_{12} + \frac{(e_1 - v_{1e})(u_{22} - u_{12})}{(v_{2e} - v_{1e})} = 0.125 + \frac{(0.1 - 0.125)(0.25 - 0.125)}{(0.375 - 0.125)} = 0.1125$
 - + B3: $u_1 = t_1 + \frac{(ce_1 - v_{1ce})(t_2 - t_1)}{(v_{2ce} - v_{1ce})} = 0.125 + \frac{(0.1 - 0.125)(0.1125 - 0.125)}{(0.375 - 0.125)} = 0.12625$
- Với vector đầu vào v_2 , các bước nội suy được tính toán tương tự ta nhận được $u_2 = 0.125$.

Thấy rằng ($u_1 = 0.12625$) > ($u_2 = 0.125$). Điều đó cho thấy phương pháp nội suy tuyến tính 2 chiều không đảm bảo mối quan hệ biến thiên giữa đầu ra với các đầu vào trong trường hợp tính toán là ngoại suy. Giá trị suy luận

mất đi sự đúng đắn ở một số vùng trên mặt quan hệ vào/ra. Để khắc phục vấn đề này, chúng tôi đề xuất phương pháp nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa của các giá trị đầu vào so với giá trị ngữ nghĩa của các hạng từ ngôn ngữ xuất hiện trong luật. Áp dụng đề xuất cho bộ điều khiển đại số gia tử với đối tượng lò điện trở. Kết quả mô phỏng cho thấy bộ điều khiển đại số gia tử làm việc tốt theo các yêu cầu chỉ tiêu về điều khiển.

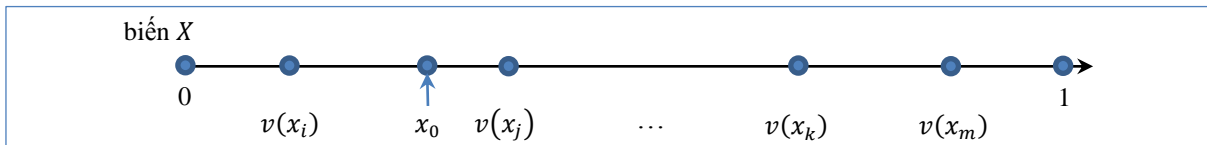


Hình 2. Mặt ngữ nghĩa và tính toán ngoại suy

II. NỘI SUY DỰA TRÊN TRỌNG SỐ KHOẢNG CÁCH NGỮ NGHĨA

Trong phần này, chúng tôi trình bày một đề xuất về phương pháp nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa của các giá trị đầu vào so với giá trị ngữ nghĩa của các hạng từ xuất hiện trong luật.

Xuất phát từ quan điểm thực tế là với mỗi luật ngôn ngữ, kết luận đầu ra (giá trị của mệnh đề kết luận) chỉ phụ thuộc vào đầu vào (độ tin cậy của mệnh đề điều kiện). Trên miền giá trị ngữ nghĩa, ta giả thiết rằng với mỗi giá trị ngữ nghĩa đầu vào, nó chỉ xác định một mức độ thoả mãn cho các mệnh đề điều kiện mà có giá trị ngữ nghĩa là cận trên và cận dưới của khoảng ngữ nghĩa chứa nó. Trên Hình 3 mô tả sự phân bố giá trị ngữ nghĩa của các hạng từ ngôn ngữ $x_i, x_j, \dots, x_k, x_m$ thuộc biến ngôn ngữ X .



Hình 3. Đầu vào x_0 xác định mức độ thoả mãn của các mệnh đề điều kiện chứa $v(x_i), v(x_j)$

Quan sát trên Hình 3, ta thấy rằng tại giá trị ngữ nghĩa đầu vào x_0 nằm trong khoảng từ $v(x_i)$ đến $v(x_j)$, đó là những giá trị ngữ nghĩa gần với x_0 nhất. Như vậy chỉ có các mệnh đề $x = x_i$ và $x = x_j$ là được xác định một mức độ thoả mãn. Mỗi mệnh đề sẽ có mức độ thoả mãn $0 \leq w \leq 1$. Các giá trị ngữ nghĩa ở đầu vào của luật ngữ nghĩa càng gần với giá trị ngữ nghĩa của hạng từ ngôn ngữ trong mệnh đề điều kiện thì mức độ thoả mãn của mệnh đề càng lớn. Ta gọi mức độ thoả mãn này là “trọng số” của mệnh đề.

Gọi $d = |x_0 - v(x_i)|$ là khoảng cách ngữ nghĩa từ giá trị x_0 tới $v(x_i)$. d càng nhỏ thì x_0 càng gần $v(x_i)$, trọng số của mệnh đề $x = x_i$ càng lớn. Khi $d = 0$ thì $w = 1$. Luật có w càng lớn thì kết luận đầu ra càng lớn.

Định nghĩa 1: Hàm trọng số khoảng cách ngữ nghĩa của mệnh đề, $w_i, w_j: x_0 \in [v(x_i), v(x_j)] \rightarrow [0,1]$: Cho x_0 là một giá trị ngữ nghĩa,

- 1) $x_0 \in [v(x_i), v(x_j)]$, trọng số khoảng cách ngữ nghĩa của mệnh đề $x = x_i$ là:

$$w_i = 1 - |x_0 - v(x_i)| / |v(x_j) - v(x_i)| \tag{2}$$

và của mệnh đề $x = x_j$ là:

$$w_j = 1 - |x_0 - v(x_j)| / |v(x_j) - v(x_i)| \tag{3}$$

- 2) $x_0 \in [0, v(x_i)]$, trọng số khoảng cách ngữ nghĩa của mệnh đề $x = x_i$ là:

$$w_i = 1 - |x_0 - v(x_i)| / (v(x_i)) \tag{4}$$

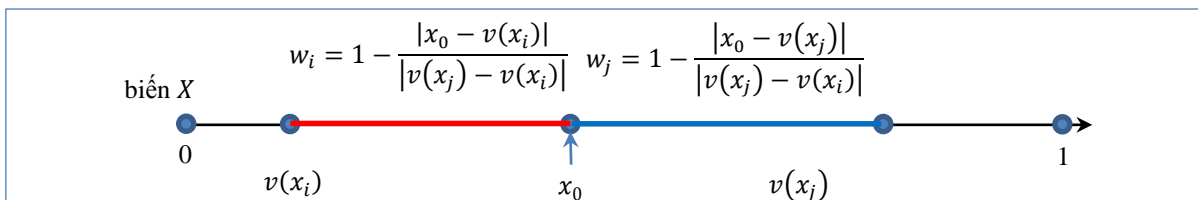
3) $x_0 \in [v(x_j), 1]$, trọng số khoảng cách ngữ nghĩa của mệnh đề $x = x_j$ là:

$$w_j = 1 - \frac{|x_0 - v(x_j)|}{|1 - v(x_j)|} \tag{5}$$

Giá trị ngữ nghĩa đầu ra của luật sẽ được tính theo $y = W_r * v(y_j)$, trong đó W_r là trọng số của luật hay là mức độ thoả mãn của vế trái luật.

Với luật SISO: If $x = x_i$ then $y = y_j$

Từ giá trị ngữ nghĩa x_0 của biến đầu vào, ta tính được trọng số w_i , thể hiện mức độ thoả mãn của mệnh đề (với luật đơn mệnh đề điều kiện thì đó chính là trọng số W_r). Đầu ra $y = w_i * v(y_j)$.

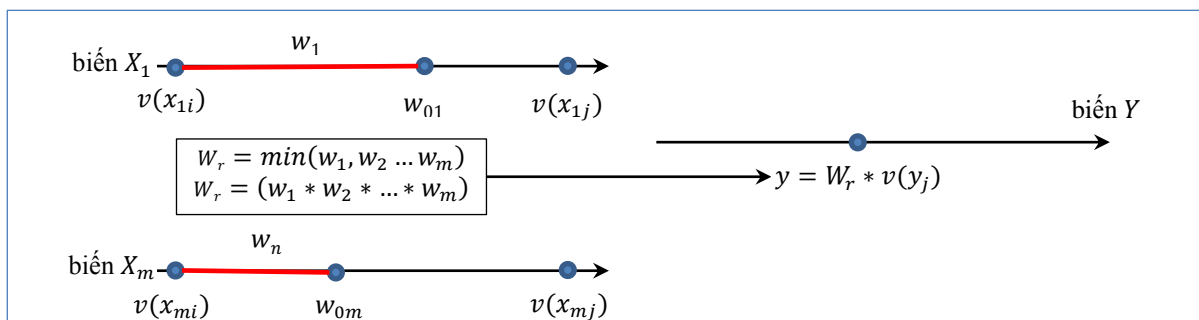


Hình 4. Mức độ thoả mãn w_i, w_j tương ứng của mệnh đề $x = x_i, x = x_j$

Với luật MISO: If $x_1 = x_{1i}$ and $x_2 = x_{2i} \dots$ and $x_m = x_{mi}$ then $y = y_j$

Từ vector đầu vào $(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m})$, ta tính được vector trọng số (w_1, w_2, \dots, w_m) (Hình 5). Với quan điểm là kết luận đầu ra không vượt quá điều kiện đầu vào (hay trọng số của mệnh đề kết luận không lớn hơn trọng số của các mệnh đề điều kiện). Vậy ta có thể:

- Sử dụng phép and = min, ta có $W_r = \min(w_1, w_2, \dots, w_m)$ hoặc
- Sử dụng phép and = prod, ta có $W_r = (w_1 * w_2 * \dots * w_m)$.



Hình 5. Sự thực hiện suy luận luật MISO

Khi có nhiều luật có độ thoả mãn lớn hơn 0, đầu ra y^* được tính theo:

$$y^* = \frac{(W_{1r} * y_1 + W_{2r} * y_2 + \dots + W_{nr} * y_n)}{W_{1r} + W_{2r} + \dots + W_{nr}} \tag{6}$$

Trong trường hợp QRBS gồm 2 thành phần đầu vào, 1 thành phần đầu ra được biểu diễn bằng mặt S_{real}^3 . Tính toán nội/ngoại suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa được minh hoạ như trên Hình 6.

- Trường hợp như trên Hình 6a là trường hợp nội suy:

Đặt $S = (e_2 - e_1)(ce_2 - ce_1)$

$$W_{11} = \left(1 - \frac{(e_0 - e_1)}{(e_2 - e_1)}\right) \left(1 - \frac{(ce_0 - ce_1)}{(ce_2 - ce_1)}\right) = \frac{(e_2 - e_0)(ce_2 - ce_0)}{(e_2 - e_1)(ce_2 - ce_1)} = \frac{S_{11}}{S}$$

$$W_{12} = \left(1 - \frac{(e_2 - e_0)}{(e_2 - e_1)}\right) \left(1 - \frac{(ce_0 - ce_1)}{(ce_2 - ce_1)}\right) = \frac{(e_0 - e_1)(ce_2 - ce_0)}{(e_2 - e_1)(ce_2 - ce_1)} = \frac{S_{12}}{S}$$

$$W_{21} = \left(1 - \frac{(e_0 - e_1)}{(e_2 - e_1)}\right) \left(1 - \frac{(ce_2 - ce_0)}{(ce_2 - ce_1)}\right) = \frac{(e_2 - e_0)(ce_0 - ce_1)}{(e_2 - e_1)(ce_2 - ce_1)} = \frac{S_{21}}{S}$$

$$W_{22} = \left(1 - \frac{(e_2 - e_0)}{(e_2 - e_1)}\right) \left(1 - \frac{(ce_2 - ce_0)}{(ce_2 - ce_1)}\right) = \frac{(e_0 - e_1)(ce_0 - ce_1)}{(e_2 - e_1)(ce_2 - ce_1)} = \frac{S_{22}}{S}$$

$$u = \frac{W_{11}u_{11} + W_{12}u_{12} + W_{21}u_{21} + W_{22}u_{22}}{W_{11} + W_{12} + W_{21} + W_{22}} = \frac{S_{11}u_{11} + S_{12}u_{12} + S_{21}u_{21} + S_{22}u_{22}}{S}$$

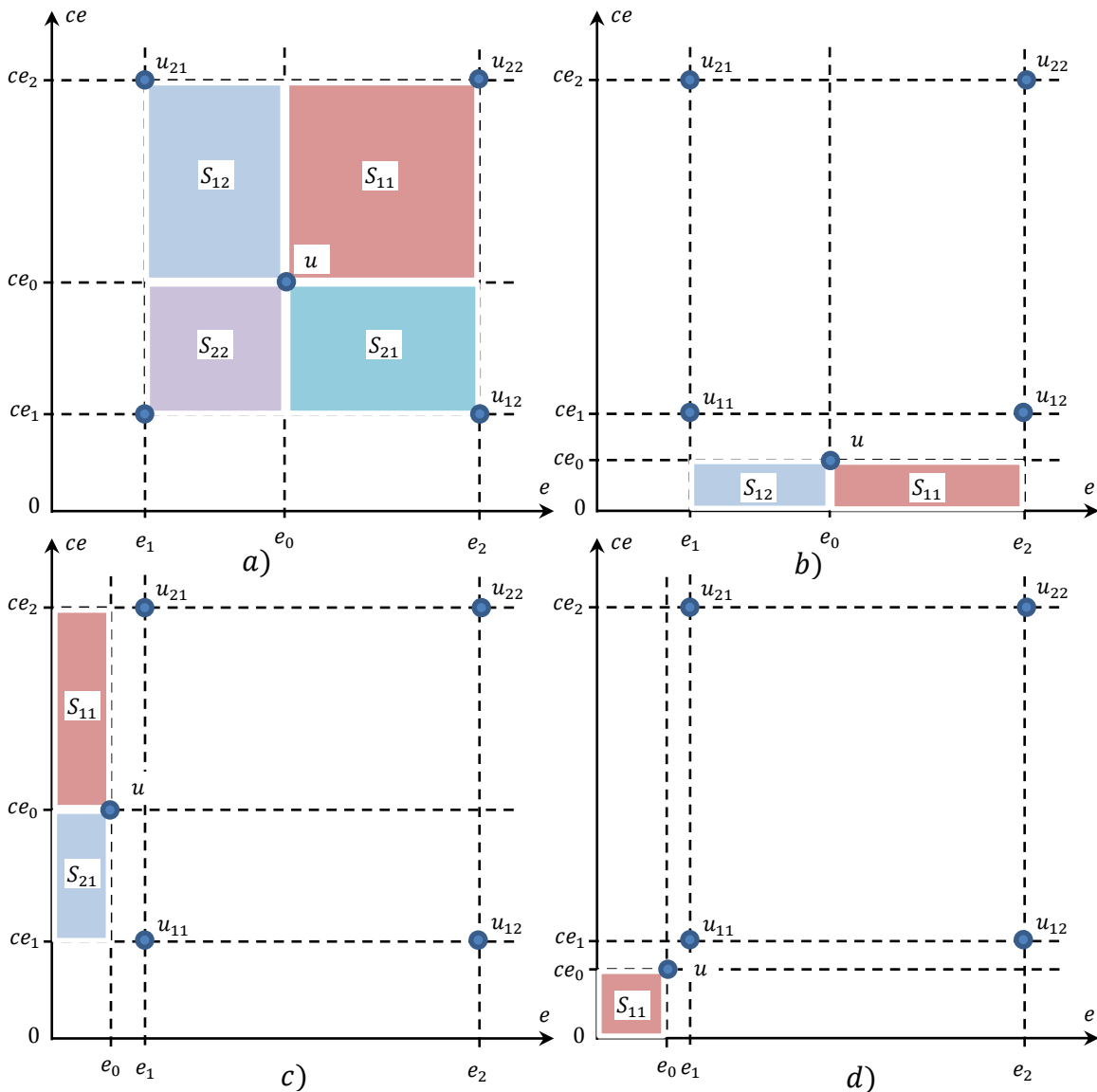
- Trường hợp như trên Hình 6b:

$$\text{Đặt } S = (e_2 - e_1)ce_1$$

$$W_{11} = \left(1 - \frac{(e_0 - e_1)}{(e_2 - e_1)}\right) \left(1 - \frac{(ce_1 - ce_0)}{ce_1}\right) = \frac{(e_2 - e_0)ce_0}{(e_2 - e_1)ce_1} = \frac{S_{11}}{S}$$

$$W_{12} = \left(1 - \frac{(e_2 - e_0)}{(e_2 - e_1)}\right) \left(1 - \frac{(ce_1 - ce_0)}{ce_1}\right) = \frac{(e_0 - e_1)ce_0}{(e_2 - e_1)ce_1} = \frac{S_{12}}{S}$$

$$u = \frac{W_{11}u_{11} + W_{12}u_{12}}{W_{11} + W_{12}} = \frac{S_{11}u_{11} + S_{12}u_{12}}{S_{11} + S_{12}}$$



Hình 6. Nội/ngoại suy trên S_{real}^3 dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa

- Trường hợp như trên Hình 6c:

$$\text{Đặt } S = e_1(ce_2 - ce_1)$$

$$W_{11} = \left(1 - \frac{(e_1 - e_0)}{e_1}\right) \left(1 - \frac{(ce_0 - ce_1)}{(ce_2 - ce_1)}\right) = \frac{e_0(ce_2 - ce_0)}{e_1(ce_2 - ce_1)} = \frac{S_{11}}{S}$$

$$W_{21} = \left(1 - \frac{e_1 - e_0}{e_1}\right) \left(1 - \frac{ce_2 - ce_0}{ce_2 - ce_1}\right) = \frac{e_0(ce_0 - ce_1)}{e_1(ce_2 - ce_1)} = \frac{S_{12}}{S}$$

$$u = \frac{W_{11}u_{11} + W_{21}u_{21}}{W_{11} + W_{21}} = \frac{S_{11}u_{11} + S_{21}u_{21}}{S_{11} + S_{21}}$$

- Trường hợp như trên Hình 6d:

Đặt $S = e_1ce_1$

$$W_{11} = \left(1 - \frac{e_1 - e_0}{e_1}\right) \left(1 - \frac{ce_1 - ce_0}{ce_1}\right) = \frac{e_0ce_0}{e_1ce_1} = \frac{S_{11}}{S}$$

$$u = \frac{W_{11}u_{11}}{W_{11}} = \frac{S_{11}u_{11}}{S_{11}} = u_{11}$$

Trở lại bài toán với QRBS như trong Bảng 1 và các vector đầu vào $v_1(e_1 = 0.1, ce_1 = 0.1) < v_2(e_2 = 0.125, ce_2 = 0.125)$. Sử dụng phép prod cho phép and, ta tính toán giá trị nội suy trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa.

- Với vector đầu vào v_1 , các bước nội suy được tính toán như sau:

$$+ \text{Áp dụng (4): } w_{1e} = w_{1ce} = 1 - \frac{|0.1-0.125|}{|0.125|} = 0.8$$

$$+ W_r = w_{1e} * w_{1ce} = 0.64$$

$$+ \text{Đầu ra } y = \frac{0.64 * 0.125}{0.64} = 0.125$$

- Với vector đầu vào v_2 :

$$+ \text{Áp dụng (2) và (3): } w_{2e} = w_{2ce} = 1 - \frac{|0.125-0.125|}{|0.375-0.125|} = 1$$

$$+ w_{3e} = w_{3ce} = 1 - \frac{|0.125-0.375|}{|0.375-0.125|} = 0$$

$$+ W_r = w_{2e} * w_{2ce} = 1$$

$$+ \text{Đầu ra tính theo (6) } y^* = \frac{1 * 0.125}{1} = 0.125$$

III. BÀI TOÁN ỨNG DỤNG

A. Giới thiệu về lò nhiệt điện trở

Thiết bị gia nhiệt là một đối tượng được sử dụng rộng rãi trong cả công nghiệp, y tế và dân dụng. Trong công nghiệp thường đề nung nhiệt luyện, nấu chảy kim loại màu và hợp kim loại màu. Các lò công nghiệp thường sử dụng dây nung kim loại. Trong các lĩnh vực khác như y tế hay dân dụng tập trung chủ yếu vào các lò sấy. Nhiệt độ là đại lượng cần được điều chỉnh. Việc điều khiển hay khống chế nhiệt độ lò thường được thực hiện qua khống chế công suất lò bằng cách điều khiển nguồn điện cung cấp.

Xét lò nhiệt điện trở có công suất $P = 1 \text{ KW}$. Thanh nung SiC, với phạm vi nhiệt độ $25 - 250^\circ \text{C}$. Lò có hàm truyền gần đúng (nhận được thông qua quá trình nhận dạng đối tượng) là một khâu quán tính bậc nhất có trễ:

$$W(s) = K \frac{e^{-\tau s}}{1 + Ts} \quad (7)$$

Trong đó:

$K = 10^\circ \text{C}$ - Hệ số khuếch đại.

$T = 1300 \text{ s}$ - Hằng số thời gian (giây).

$\tau = 30 \text{ s}$ - Thời gian trễ (giây).

$$W(s) = \frac{10e^{-30s}}{1 + 1300s} \quad (8)$$

B. Thiết kế bộ điều khiển đại số gia tử

Trong phần này, chúng tôi áp dụng đề xuất mới về phương pháp nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa đã được trình bày trong phần 2. Đối tượng được điều khiển là lò nhiệt điện trở. Bộ điều khiển ở đây chính là bộ suy luận xấp xỉ theo tiếp cận đại số gia tử mà quy tắc điều khiển được cho bởi LRBS. Cấu trúc của bộ điều khiển được thể hiện như trên Hình 1. Các bước thiết kế bộ điều khiển được thực hiện như sau:

Bước 1: Xác định các biên vào/ra, miền biến thiên của chúng và hệ luật điều khiển với các hạng tử ngôn ngữ trong HA. Từ LRBS, ta xác định được các biên vào/ra và miền biến thiên của chúng được xác định qua khảo sát như sau:

- Đầu vào bộ điều khiển có 02 biến là:
 - + e (*error*) - sai lệch điều khiển, biến thiên trong khoảng $[-e_{max}, +e_{max}] = [-4, 4]$.
 - + ce (*change error*) - cho biết tốc độ biến thiên của e . Biến thiên trong khoảng $[-ce_{max}, +ce_{max}] = [-50, 50]$
- Đầu ra bộ điều khiển là đại lượng điều khiển u để điều khiển điện áp của nguồn điện, biến thiên trong khoảng $[-u_{max}, +u_{max}] = [-4.5, 4.5]$.

Với mỗi biến ngôn ngữ, trong thực tế người thiết kế thường chọn số lượng từ 5-7 giá trị ngôn ngữ. Nếu ít hơn 3 giá trị, việc diễn tả độ lớn của biến là khá “thô”. Nếu sử dụng nhiều hơn 7 giá trị, độ “mịn” là tốt nhưng với số lượng lớn giá trị ngôn ngữ, việc xây dựng hệ luật trở nên khá phức tạp. Đối bài toán điều khiển cụ thể trong bài báo này, chúng tôi lựa chọn 5 giá trị ngôn ngữ cho các biên vào và 7 giá trị ngôn ngữ cho biến ra như sau:

$$e, ce = \{VN < LN < ZE < LP < VP\}; u = \{VN < N < LN < ZE < LP < P < LP\}$$

Trong đó:

$VN = \text{Very Negative}, LN = \text{Little Negative}, ZE = \text{Zero}, LP = \text{Little Positive}, \dots$

Xây dựng hệ luật điều khiển là phần việc quan trọng và khó khăn trong quá trình thiết kế bộ điều khiển. Bộ điều khiển làm việc có đúng đắn hay không phụ thuộc chủ yếu vào hệ luật. Để có được các luật điều khiển đúng đắn, chúng ta cần thu thập từ nhiều nguồn tri thức khác nhau. Các tri thức đó chủ yếu dựa vào kinh nghiệm mang tính chuyên gia của người vận hành hệ thống, sự hiểu biết về hệ thống.

Với mỗi biên vào e, ce gồm 5 giá trị ngôn ngữ, vậy tối đa ta có $5 \times 5 = 25$ luật, được diễn tả dưới dạng một bảng. Toạ độ (hàng, cột) xác định các mệnh đề điều kiện của luật, ô tương ứng trong bảng là mệnh đề kết luận của luật. Tại những ô mà không xác định được mệnh đề kết luận, thể hiện rằng thiếu tri thức luật. Một bảng luật đầy đủ giá trị trong các ô tương ứng với một hệ luật đầy đủ. Dựa trên kinh nghiệm xây dựng hệ luật, người ta tổng kết thành một vài kỹ thuật khác nhau. Chẳng hạn, chỉ cần xây dựng một hệ luật với số lượng luật đủ để hệ thống làm việc được, từ đó tinh chỉnh, bổ sung để được một hệ luật đầy đủ và đúng đắn.

Đối với một lớp đối tượng điều khiển, thường chúng có một hệ luật đặc trưng giống nhau. Theo kinh nghiệm và sự hiểu biết về hệ thống, chúng tôi đã xây dựng được hệ luật điều khiển là một LRBS được cho trong Bảng 2. Để tăng “độ mịn” điều khiển, ta có thể xây dựng hệ luật với số luật nhiều hơn, khi đó ta phải tăng số lượng giá trị ngôn ngữ cho các biên đầu vào (và có thể cả biến đầu ra).

Bảng 2. LRBS của bộ điều khiển

$e \backslash ce$	VN	LN	ZE	LP	VP
VN	VN	VN	N	LN	ZE
LN	VN	N	LN	ZE	LP
ZE	N	LN	ZE	LP	P
LP	LN	ZE	LP	P	VP
VP	ZE	LP	P	VP	VP

Các luật trong bảng được hiểu như sau:

If $e = VN$ and $ce = VN$ then $u = VN$; If $e = VN$ and $ce = LN$ then $u = VN$;

If $e = VN$ and $ce = ZE$ then $u = N$; If $e = VN$ and $ce = LP$ then $u = ZE$; ...

Bước 2: Lựa chọn cấu trúc các $\mathcal{AX}_i, (i = 1, \dots, m)$ và \mathcal{AY} cho các biến \mathcal{X}_i và \mathcal{Y} . Xác định tham số tính mờ của các phân tử sinh và các gia tử.

- Tập phân tử sinh $G = \{N < P\}$; Tập các gia tử được chọn: $H^- = \{L\}$ và $H^+ = \{V\}$.
- Theo cấu trúc HA cho các biến được xây dựng như trên thì ta cần lựa chọn độ đo tính mờ của phân tử sinh âm $fm(c^-) = fm(N)$ ($fm(c^+) = 1 - fm(c^-) = fm(P) = 1 - fm(N)$) và độ đo tính mờ của gia tử âm $\alpha = \mu(L)$ ($\beta = \mu(V) = 1 - \alpha$). Các tham số mờ được chọn ban đầu theo trực giác như trong Bảng 3.

Bảng 3. Tham số tính mờ của các HA

	e	ce	u
$fm(N)$	0.5	0.5	0.5244
$\alpha = \mu(L)$	0.5	0.5	0.5

- Dấu của phần tử sinh, gia tử và mối quan hệ dấu giữa các gia tử được xác định dựa trên bản chất ngữ nghĩa của các hạng từ ngôn ngữ. Ví dụ, ta có $sgn(N) = -1, sgn(P) = 1, sgn(L) = -1, sgn(V) = 1$. Ngoài ra, xét thấy rằng:
 $VVN < VN < N \Rightarrow sign(V, V) = +1; VLN > LN > N \Rightarrow sign(V, L) = +1$
 $VN < LVN < N \Rightarrow sign(L, V) = -1; LN > LLN > N \Rightarrow sign(L, L) = -1$
 $sign(VN) = sign(V) * sign(N) = -1; sign(VP) = sign(V) * sign(P) = +1$
 $sign(LN) = sign(L) * sign(N) = +1; sign(LP) = sign(L) * sign(P) = -1$

Tổng kết các trường hợp, ta nhận được mối quan hệ dấu như trong Bảng 4.

Bảng 4. Mối quan hệ dấu

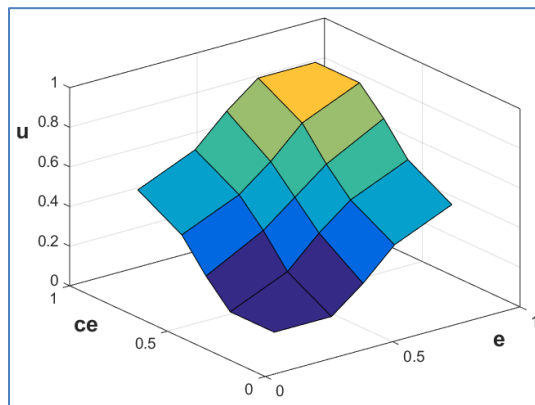
	V	L	N	P
V	+	+	-	+
L	-	-	+	-

Bước 3: Tính toán giá trị ngữ nghĩa định lượng cho các nhân ngôn ngữ trong hệ luật. Xây dựng mặt quan hệ vào/ra trong không gian ngữ nghĩa S_{real}^3 .

Với các tham số mờ được lựa chọn như trong Bảng 3 và mối quan hệ dấu giữa các gia tử, giữa các gia tử với các phần tử sinh như trong Bảng 4, sử dụng hàm ngữ nghĩa định lượng SQMs [10], ta tính toán được giá trị định lượng ngữ nghĩa của các hạng từ ngôn ngữ trong bảng luật, ta nhận được Bảng 5.

Bảng 5. QRBS của bộ điều khiển

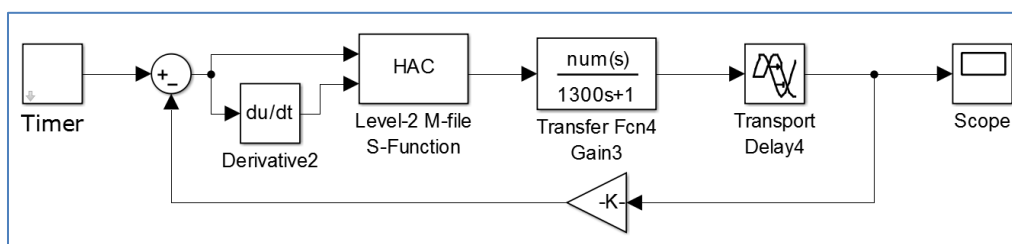
e \ ce	0.125	0.375	0.5000	0.625	0.875
0.125	0.1311	0.1311	0.2622	0.3933	0.5244
0.375	0.1311	0.2622	0.3933	0.5244	0.6433
0.500	0.2622	0.3933	0.5244	0.6433	0.7622
0.625	0.3933	0.5244	0.6433	0.7622	0.8811
0.875	0.5244	0.6433	0.7622	0.8811	0.8811



Hình 7. Mặt quan hệ vào ra S_{real}^3 trong không gian ngữ nghĩa

Hình 7 là S_{real}^3 tương ứng với các giá trị ngữ nghĩa trong Bảng 5. Đó chính là mô hình toán học biểu diễn mối quan hệ vào/ra của bộ điều khiển.

Bước 4: Lựa chọn phương pháp nội suy: Khi thực hiện mô phỏng, để so sánh chúng tôi tiến hành trên cả phương pháp nội suy tuyến tính 2 chiều và nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa. Hình 8 là mô hình mô phỏng hệ thống trên môi trường Matlab/Simulink.



Hình 8. Mô hình mô phỏng hệ thống

C. Tối ưu hoá tham số

Để giải bài toán tối ưu, trong những năm gần đây nhiều nhà khoa học thường sử dụng các thuật toán tiến hoá. Đó là các thuật toán tối ưu thông minh phỏng theo các cơ chế sinh học như GA, thuật toán tối ưu bầy đàn (PSO - Particle Swarm Optimization),... Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng GA - một trong những thuật toán tối ưu thường được các nhà khoa học sử dụng gần đây.

GA là phương thức tìm kiếm tối ưu dựa trên cơ chế chọn lọc tự nhiên, mô phỏng lại quá trình tiến hoá bao gồm di truyền và tiến hoá [21], [22]. Mỗi lời giải là một cá thể sẽ được chọn lọc sao cho nó thích nghi được với quá trình chọn lọc tự nhiên (theo nghĩa là tốt nhất). Sự thích nghi của cá thể được đánh giá thông qua cấu trúc chuỗi gen của nó. Các phép lai ghép và đột biến của quá trình tiến hoá được thực hiện một cách ngẫu nhiên để trao đổi thông tin về cấu trúc chuỗi gen. Sự thích nghi của các cá thể trong thế hệ sau đã kế thừa được các thông tin trong quá khứ của thế hệ trước để định hướng cho điểm tìm kiếm mới. Thông qua quá trình tiến hoá lâu dài, các thế hệ sau sẽ có cấu trúc chuỗi gen tiệm cận đến lời giải của bài toán. Như vậy, mục tiêu của GA là chỉ đưa ra phương án tương đối tối ưu chứ không phải là phương án chính xác tối ưu.

Với bài toán cụ thể trong bài báo này, tùy thuộc vào mức độ sai lệch của thành phần e so với giá trị Zero và tốc độ biến thiên sai lệch ce của nó mà bộ điều khiển tính toán giá trị đầu ra u phù hợp. Miền biến thiên của e và ce là đối xứng qua Zero. Khi chuẩn hoá miền biến thiên về miền ngữ nghĩa, giá trị Zero sẽ tương ứng với 0.5 là điểm chính giữa của miền [0,1]. Trong LRBS ta có luật “if $e = ZE$ and $ce = ZE$ then $u = ZE$ ”. Vì vậy, cần chọn giá trị ngữ nghĩa định lượng của phần tử Zero là $v(ZE) = v(W_{e,ce}) = fm(N_{e,ce}) = 0.5$. Do đặc tính của hệ thống, kể cả khi $e, ce = 0$ thì vẫn cần một lượng điều khiển u để đảm bảo duy trì nhiệt độ tại giá trị hiện tại cần ổn định, khử sai lệch tĩnh. Thông qua khảo sát và tính toán, giá trị cần chọn cho $v(W_u) = fm(N_u) = 0.5244$. Vì vậy chúng ta chỉ cần tối ưu độ đo tính mờ của các gia tử. Chúng ta có 3 ĐSGT cho 3 biến vào/ra. Với mỗi ĐSGT, ta tối ưu một tham số là độ đo tính mờ của gia tử âm $\alpha = \mu(L)$ (độ đo tính mờ của gia tử dương $\beta = \mu(V) = 1 - \alpha$).

Trong môi trường Matlab, GA đã được tích hợp như một công cụ giúp chúng ta chỉ việc sử dụng một cách hiệu quả. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng hàm **ga(...)** trong Matlab với mã hoá gen bằng số thực kiểu **double**. Các giá trị thiết lập cho GA gồm: Kích thước quần thể, **PopulationSize = 200**; số thế hệ, **Generation = 600**.

Hàm mục tiêu được sử dụng cho tối ưu là biểu thức đánh giá chỉ tiêu chất lượng điều khiển ISE (Integrated of The Square of the Error):

$$fitness_{ISE} = \int_0^{+\infty} e^2(t)dt \tag{9}$$

Chuyển sang tính toán trên tập các mẫu dữ liệu mô phỏng rời rạc, ta có:

$$fitness_{ISE} = \sum_{k=1}^n e(k)^2 \tag{10}$$

Trong đó:

$e(k) = t_r(k) - t(k)$ là mẫu dữ liệu sai lệch tại chu kỳ mô phỏng thứ k .

$t_r(k)$ là giá trị nhiệt độ tham chiếu ở đầu vào.

$t(k)$ là giá trị nhiệt độ đáp ứng của lò nhiệt.

n là tổng số mẫu dữ liệu của một lần thực hiện mô phỏng.

Để tính toán được hàm mục tiêu, với mỗi bộ tham số (một cá thể) ta thực hiện chạy mô phỏng với thời gian là $time = 1000 s$, giá trị tham chiếu là $t_{ref} = 200^{\circ}C$.

Kết quả tối ưu nhận được như trong Bảng 6.

Bảng 6. Các tham số tối ưu

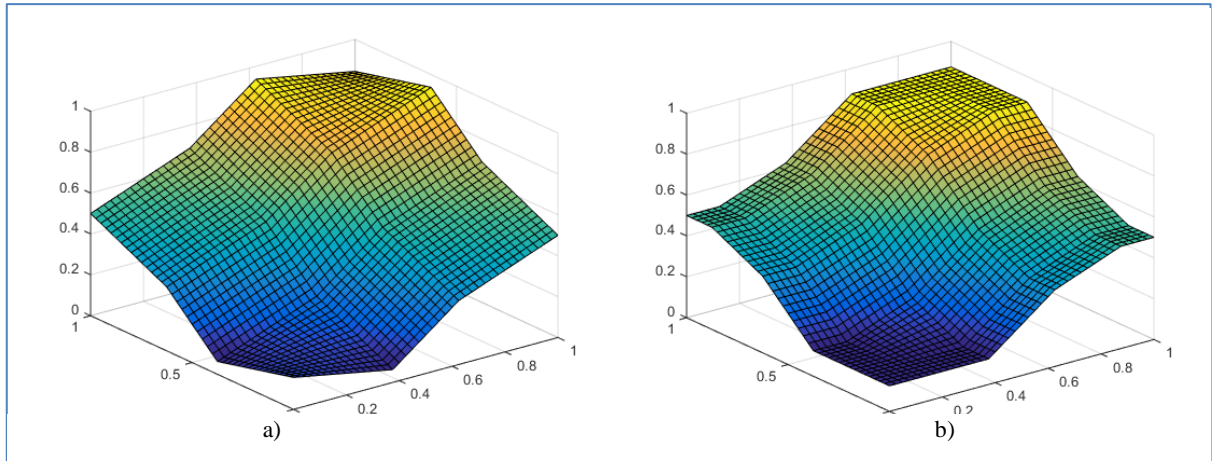
	e	ce	u
$\alpha = \mu(L)$	0.575864	0.699607	0.699997

IV. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ MÔ PHỎNG

Cho e, ce biến thiên từ 0 đến 1, $step = 0.05$, áp dụng phương pháp nội suy tuyến tính 2 chiều và nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa với phép $and = prod$, ta nhận được các mặt nội suy tương ứng như trên Hình 9.

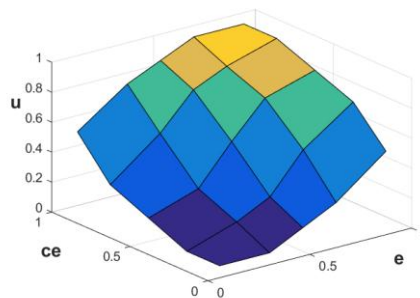
Từ Hình 9, ta thấy rằng cả 2 phương pháp nội suy đều cho mặt nội suy biến thiên đồng dạng với mặt ngữ nghĩa S_{real}^3 (Hình 7). Trên Hình 9a, khi các giá trị đầu vào $e < -e_{max}, ce < -ce_{max}$ hoặc $e > +e_{max}, ce > +ce_{max}$ thì giá trị ngoại suy lại là không đúng dẫn theo quy luật biến thiên của hệ luật. Khi sai lệch e và ce là lớn, bộ điều khiển cần đưa ra giá trị u là lớn. Tuy nhiên, theo nội suy tuyến tính 2 chiều thì lại cho giá trị u là nhỏ. Điều này là trái ngược với

mục tiêu điều khiển. Với phương pháp nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa, khi ngoại suy đã khắc phục được hạn chế này (Hình 9b). Đây chính là do có sự bổ sung các ràng buộc (Định nghĩa 1) cho phép nội suy tuyến tính 2 chiều thông thường để tính toán cho quá trình suy luận phù hợp với LRBS.



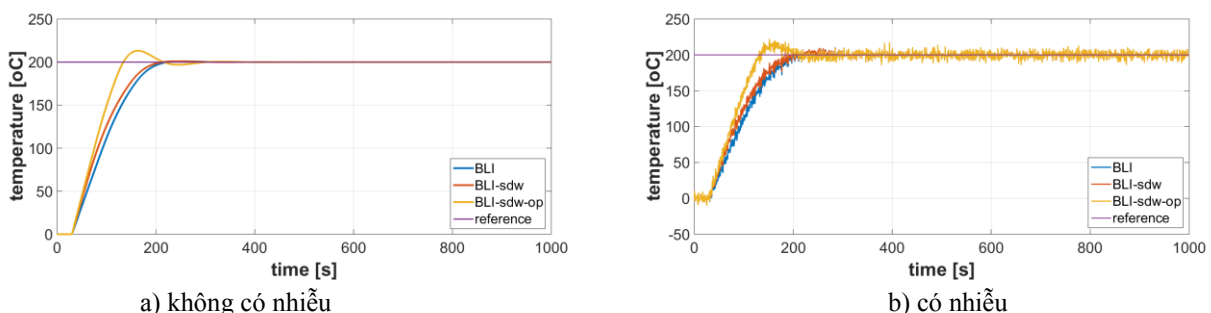
Hình 9. a) Nội suy theo nội suy tuyến tính 2 chiều b) Nội suy theo trọng số khoảng cách ngữ nghĩa

Với bộ tham số tối ưu trong Bảng 6, tính toán QRBS và xây dựng được mặt quan hệ vào ra S_{real}^3 trong không gian ngữ nghĩa như trên Hình 10.



Hình 10. Mặt quan hệ vào ra S_{real}^3 trong không gian ngữ nghĩa với tham số tối ưu

Mô phỏng hệ thống với thời gian là $time = 1000\text{ s}$, giá trị tham chiếu là $t_{ref} = 200^{\circ}\text{C}$, khi không có nhiễu và có nhiễu phụ tải ở đầu ra (biên độ nhiễu $N = 5\%$ giá trị tham chiếu) ta nhận được kết quả như trên Hình 11. Đường BLI là đáp ứng của bộ điều khiển với phương pháp nội suy nội suy tuyến tính 2 chiều, đường BLI-sdw là đáp ứng của bộ điều khiển với phương pháp nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa và đường BLI-sdw-op là đáp ứng của bộ điều khiển với phương pháp nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa với tham số tối ưu. Quan sát các đáp ứng trên đồ thị, ta thấy kể cả khi không có nhiễu hay có nhiễu ở đầu ra của hệ thống thì bộ điều khiển HAC luôn cho đáp ứng tốt về thời gian đáp ứng, độ quá điều chỉnh và thời gian xác lập trong cả 2 phương pháp nội suy. Trong cùng điều kiện, đáp ứng của bộ điều khiển với nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa là tốt hơn so với nội suy tuyến tính 2 chiều không nhiễu. Có thể lí giải điều này là vì sự sai khác giá trị tính toán giữa hai phương pháp chỉ ở vùng ngoại suy, tại đó giá trị e và ce là lớn. Khi giá trị e và ce đã tiến vào vùng nội suy của mặt S_{real}^3 thì giá trị nội suy của 2 phương pháp là như nhau. Khi áp dụng GA để tối ưu hoá tham số bộ điều khiển với hàm mục tiêu theo chỉ tiêu chất lượng điều khiển ISE, ta thấy đáp ứng có độ quá điều chỉnh nhỏ, thời gian xác lập tương đương với khi chưa tối ưu nhưng thời gian đáp ứng thì nhỏ hơn khá nhiều.



Hình 11. Đáp ứng đầu ra khi mô phỏng với các bộ điều khiển

Một số giá trị tính toán được tổng hợp trong Bảng 7. Các kết quả bằng số cũng cho thấy nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa cho giá trị nhỏ hơn so với nội suy nội suy tuyến tính 2 chiều thông thường.

Bảng 7. Kết quả mô phỏng

	nội suy tuyến tính 2 chiều		nội suy theo trọng số khoảng cách ngữ nghĩa		nội suy theo trọng số khoảng cách ngữ nghĩa + GA	
	không nhiều	có nhiều	không nhiều	có nhiều	không nhiều	có nhiều
Rise time [s]	172.6	163	161.087	151	125.41	123.75
Overshoot [%]	0.196	0.021	0.2	0.021	13	13
Settling time [%]	172.6	163	161.1	151	182	180
ISE	2402.1	2418.2	2177.4	2193.7	1950.0	1964.1

V. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã đề xuất sử dụng phép nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa của các giá trị ngữ nghĩa đầu vào so với giá trị ngữ nghĩa của các hạng từ xuất hiện trong luật. Cụ thể, chúng tôi đưa ra các ràng buộc cho phương pháp nội suy tuyến tính 2 chiều (Định nghĩa 1). Theo các ràng buộc có tính giới hạn trong định nghĩa này thì giá trị ngoại suy chỉ phụ thuộc vào các giá trị ngữ nghĩa của các hạng từ lân cận trong LRBS. Từ đó, kết nhập giá trị đầu ra theo trọng số là phù hợp với tư duy suy luận của con người dựa trên luật với các hạng từ ngôn ngữ. Chúng tôi cũng đã tiến hành thiết kế và áp dụng phương pháp nội suy này trong bộ điều khiển mà quy tắc điều khiển được cho bằng LRBS cho đối tượng là lò điện trở. Kết quả mô phỏng được so sánh, đánh giá với phương pháp nội suy tuyến tính 2 chiều thông thường. Đáp ứng đầu ra khi bộ điều khiển làm việc với phương pháp nội suy dựa trên trọng số khoảng cách ngữ nghĩa có tốt hơn so với phương pháp nội suy tuyến tính 2 chiều. Mức độ tốt hơn về chất lượng điều khiển là không nhiều, vì nó chỉ xảy ra một số ít trường hợp khi ngoại suy nhưng nó đã thể hiện tính đúng đắn của phương pháp khi mô phỏng lại quy luật biến thiên của LRBS và quá trình suy luận xấp xỉ của con người. Chúng tôi cũng áp dụng GA để thực hiện tối ưu hoá các tham số tính mờ của bộ điều khiển. Việc sử dụng hàm ga () sẵn có trong Matlab cho thấy sự đơn giản, hiệu quả và tiện lợi rất nhiều. Với bộ tham số tối ưu tìm được, bộ điều khiển đã đáp ứng tốt hơn nhiều so với khi chưa tối ưu. Trong tương lai gần, chúng tôi sẽ thử nghiệm đề xuất này cho những bộ điều khiển có LRBS và đối tượng phức tạp hơn để khẳng định được tính hiệu quả của phương pháp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ho N. C., Wechler W. (1990), "Hedge algebra: An algebraic approach to structures of sets of linguistic truth values", *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 35, pp. 281-293.
- [2] Ho N. C., Wechler W. (1992), "Extended hedge algebras and their application to fuzzy logic", *Fuzzy set and system*, vol. 52, pp. 259-281.
- [3] N. C. Ho, V. N. Lan and L. X. Viet, "Quantifying Hedge Algebra, Interpolative reasoning method and its application to some problems of fuzzy control", *Wseas Transactions on Computer*, vol. 5, no. 11, pp. 2519-2529, 2006.
- [4] Nguyen Cat Ho, Vu Nhu Lan, Le Xuan Viet, "Optimal hedge-algebras-based controller: Design and application", *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 159, 968-989, 2008.
- [5] C. H. Nguyen, D. A. Nguyen, N. L. Vu, "Fuzzy Controllers Using Hedge Algebra Based Semantics of Vague Linguistic Terms", in: D. Vukadinović (Ed.), *Fuzzy Control Systems*, Nova Science Publishers, Hauppauge, pp. 135-192, 2013.
- [6] Cat Ho Nguyen, Nhu Lan Vu, Tien Duy Nguyen, Thiem Pham Van, "Study the ability of replacing fuzzy and PI controllers with the Hedge - Algebras - Based controller for DC motor", *Journal of science and technology*, vol. 52, no.1, 35-48, 2014.
- [7] Dinko Vukadinović, Mateo Bašić, Cat Ho Nguyen, Nhu Lan Vu, Tien Duy Nguyen, "Hedge-Algebra-Based Voltage Controller for a Self-Excited Induction Generator", *Control Engineering Practice*, vol. 30, pp. 78-90, 2014.
- [8] Hai-Le Bui, Cat-Ho Nguyen, Nhu-Lan Vu, Cong-Hung Nguyen (2015), "General design method of hedge-algebras-based fuzzy controllers and an application for structural active control", *Applied Intelligence*, 43(2), pp. 251-275.
- [9] Hai-Le Bui, Cat-Ho Nguyen, Nhu-Lan Vu, Cong-Hung Nguyen, "General design method of hedge-algebras-based fuzzy controllers and an application for structural active control", *Applied Intelligence*. DOI 10.1007/s10489-014-0638-6. © Springer Science+Business Media New York 2015.
- [10] N. C. Ho, N. V. Long (2007), "Fuzziness measure on complete hedge algebras and quantifying semantics of terms in linear hedge algebras", *Fuzzy Sets and Systems*, 158(4), pp. 452-471.

- [11] N. C. Ho and V. N. Lan (2006), "Hedge algebras: An algebraic approach to domains of linguistic variables and their applicability", *ASEAN Journal on SCIENCE & TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT*, 23(1&2), pp. 1-18.
- [12] Hai-Le Bui, Duc-Trung Tran and Nhu-Lan Vu (2011), "Optimal fuzzy control of an inverted pendulum", *Journal of Vibration and Control*, 18(14), pp. 2097-2110.
- [13] N. C. HO, V. N. LAN and L.X.VIET (2006), "Quantifying Hedge Algebra, Interpolative reasoning method and its application to some problems of fuzzy control", *Wseas Transactions on Computer*, 5(11), pp. 2519-2529.
- [14] HO NGUYEN CAT, LAN VU NHU AND VIET LE XUAN (2006), "An Interpolative Reasoning Method Based on Hedge Algebras and Its Application to a Problem of Fuzzy Control", *Proceedings of the 10th WSEAS International Conference on COMPUTERS*, Vouliagmeni, Athens, Greece, July 13-15, pp. 526-534.
- [15] Nguyen Cat Ho, Vu Nhu Lan, Le Xuan Viet (2008), "Optimal hedge-algebras-based controller: Design and application", *Fuzzy Sets and Systems*, 159, pp. 968-989.
- [16] Bùi Hải Lê, Trần Đức Trung, Trần Minh Thúy (2012), "Điều khiển con lắc ngược sử dụng lý thuyết mờ và đại số gia tử", *Tuyển tập công trình khoa học Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ 9*, Động lực học và Điều khiển, 1, Hà Nội.
- [17] Nguyen Dinh Duc, Nhu-Lan Vu, Duc-Trung Tran and Hai-Le Bui (2011), "A study on the application of hedge algebras to active fuzzy control of a seism-excited structure", *Journal of Vibration and Control*, 18(14), pp. 2186-2200.
- [18] N. D. Anh, Hai-Le Bui, Nhu-Lan Vu and Duc-Trung Tran (2013), "Application of hedge algebra-based fuzzy controller to active control of a structure against earthquake", *Structural Control and Health Monitoring*, 20, pp. 483-495, Published online 23 December 2011 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/stc.508.
- [19] Binh Lam Hoang, Fei Luo, Duy Nguyen Tien, Phuong Huy Nguyen (2014), "Dissolved Oxygen Control of the Activated Sludge Wastewater Treatment Process Using Hedge Algebras Control", *The 2014 7th International Congress on Image and Signal Processing*, 14-16 October, Daian, China, 1, pp. 1298-1303.
- [20] Vu Nhu Lan, Nguyen Tien Duy (2015), "Điều khiển trượt cho đối tượng con lắc ngược có liên kết đàn hồi sử dụng đại số gia tử", *Kỷ yếu Hội nghị Quốc gia lần thứ 8 về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin (FAIR)*, pp. 207-218, Hà Nội.
- [21] Holland (1975), "Genetic Algorithms in Search", Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA.
- [22] Goldberg D.E. (1989), Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley.

INTERPOLATE BASE ON SEMANTIC DISTANCE WEIGHT WITH OPTIMIZATION BY THE GENETIC ALGORITHM TO HEDGE ALGEBRAS CONTROLLER

Nguyen Tien Duy, Vu Nhu Lan

ABSTRACT: When solving the approximation problem given by the Linguistic Rule Base System (LRBS) on the Hedge Algebraic (HA) approach, we can do by some interpolation method. The method of interpolation must ensure the correctness of the relationship between the output and inputs. In this paper, we present a proposed method of interpolation for the assurance of correctness. It is interpolation based on the semantic distance weight of the input semantic values for the semantic value of the terms in the conditional clause of the rule. In vector input semantics, for each component we define its distance weight to the semantic value of the corresponding language class that appears in the rule. This distance weight value is used to integrate into the output value. With this proposal, we have designed the controller for object resistor furnace. In addition, we also use GA (Genetic Algorithm) to optimize the parameters of the controller's opacity. The simulation results show that the controller works well according to control requirements.