

ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG KOESTER HAI ĐẦU VÀO - MỘT ĐẦU RA ỨNG DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ VỚI THAM SỐ HIỆU CHỈNH NGŨ NGHĨA

Vũ Chấn Hưng¹, Vũ Như Lâm¹, Nguyễn Duy Minh^{2,*}, Hoàng Văn Tuấn¹

¹*Viện Công nghệ thông tin, Viện KHCNVN, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội*

²*Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông, Đại học Thái Nguyên*

*Email: nduyminhictu@gmail.com

TÓM TẮT

Phương pháp lập luận mờ sử dụng đại số gia tử theo tiếp cận hiệu chỉnh định lượng ngữ nghĩa [1] được xem là công cụ hữu hiệu để giải quyết một số bài toán điều khiển. Tuy nhiên các kết quả thu được mới dừng ở việc mô phỏng trên máy tính. Vì vậy, để khẳng định việc đưa đại số gia tử vào công nghiệp, bài báo tiếp tục nghiên cứu thử nghiệm phương pháp lập luận sử dụng đại số gia tử trên hệ thống vật lý thực.

Từ khóa: đại số gia tử, định lượng ngữ nghĩa, điều khiển.

1. MỞ ĐẦU

Đại số gia tử (ĐSGT), một cấu trúc đại số định lượng ngữ nghĩa của miền giá trị ngôn ngữ của biến ngôn ngữ, đã được thiết lập, nghiên cứu và phát triển từ hơn hai chục năm nay [1, 2, 3]. Một tính chất tự nhiên của ngữ nghĩa các giá trị ngôn ngữ là ngữ nghĩa có tính so sánh được, nghĩa là giữa chúng có tồn tại khách quan một quan hệ thứ tự. Trong khi ngữ nghĩa ngôn ngữ dựa trên tập mờ bỏ qua quan hệ thức tự này, ĐSGT cố gắng phát hiện các tính chất của ngữ nghĩa các giá trị ngôn ngữ dựa trên các mối quan hệ thứ tự đó [4]. Như vậy, ĐSGT mô hình hóa ngữ nghĩa các giá trị ngôn ngữ, nó cố gắng phát hiện các tính chất tự nhiên của các giá trị ngôn ngữ vốn tồn tại trong cấu trúc thứ tự đó.

Phần lớn các nghiên cứu ứng dụng công nghệ thông tin đòi hỏi việc định lượng hóa ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ. Cấu trúc thứ tự tự nhiên của ĐSGT, một cấu trúc toán học mô hình hóa ngữ nghĩa các giá trị ngôn ngữ [2], đã cho phép phát triển phương pháp định lượng ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ một cách chặt chẽ dựa trên phương pháp tiên đề hóa. Trong trường hợp ĐSGT tuyến tính [5, 6], ánh xạ định lượng ngữ nghĩa bảo toàn thứ tự ngữ nghĩa định tính, vì vậy phương pháp định lượng ngữ nghĩa này vốn hàm chứa những lợi thế trong việc chuyển “trung thành” các mô hình mờ sang mô hình định lượng để giải nhiều bài toán ứng dụng. Có thể vì vậy ĐSGT đã chứng tỏ bước đầu được nghiên cứu ứng dụng hiệu quả trong việc giải một số bài toán trong điều khiển mờ [7, 8, 9, 10, 11], đặc biệt một số kết quả nghiên cứu ứng dụng ĐSGT gần đây vào bài toán điều khiển dao động đối với các hệ dân dụng có cấu trúc chống động đất [12, 13, 14] đã mở ra khả năng giải quyết hiệu dụng nhiều bài toán tương tự.

Tuy nhiên tất cả các nghiên cứu trên đều được thực hiện qua mô phỏng trên máy tính. Để có thể có những ứng dụng gần thực tiễn hơn, cần phải có những nghiên cứu trên mô hình vật lý cụ thể và chỉ có như vậy ĐSGT mới khẳng định được rộng hơn giá trị khoa học và ứng dụng thực tiễn của mình. Bài báo [15] là một kết quả bước đầu minh chứng cho khả năng đưa ĐSGT vào công nghiệp. Tiếp tục ý tưởng trên, bài báo này trình bày nghiên cứu thử nghiệm tiếp cận ĐSGT với tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa cũng trên hệ thống vật lý, hệ thống điều khiển lưu lượng và mức nước Koester có trong Phòng thí nghiệm Trọng điểm Quốc Gia “ Công nghệ Mạng và Đa phương tiện” đặt tại Viện Công nghệ thông tin.

2. TIẾP CẬN ĐSGT VỚI THAM SỐ HIỆU CHỈNH NGỮ NGHĨA

Như chúng ta đã biết, phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT phụ thuộc vào việc chọn các tham số cho các ĐSGT của biến ngôn ngữ và việc chọn phép nội suy cho phương pháp lập luận. Trong các tài liệu gần đây đã đưa ra giải pháp: Sử dụng phép kết nhập có trọng số và nội suy tuyến tính, theo đó các tham số của phương pháp lập luận bao gồm các trọng số kết nhập và các tham số của ĐSGT. Các tham số trên được xác định nhờ giải thuật di truyền và được gọi là phương pháp lập luận xấp xỉ tối ưu.

Mục đích cuối cùng giải pháp trên vẫn là xác định được giá trị ngữ nghĩa định lượng làm cho lập luận xấp xỉ trở thành hợp lý hoặc tốt hơn nữa là tối ưu. Giá trị ngữ nghĩa định lượng theo nghĩa như vậy được gọi là giá trị định lượng ngữ nghĩa tối ưu. Vì vậy có thể có một hướng khác đơn giản hơn là chấp nhận việc chọn các giá trị biến ngôn ngữ theo trực giác trên cơ sở ĐSGT của các biến ngôn ngữ và như vậy tương ứng là các giá trị ngữ nghĩa định lượng tương đối hợp lý nhưng chưa tối ưu. Như vậy chỉ cần xác định thêm các giá trị ngữ nghĩa định lượng có tính chất hiệu chỉnh sao cho các giá trị ngữ nghĩa định lượng tương ứng với các giá trị biến ngôn ngữ đã chọn trước theo trực giác đạt đến các giá trị ngữ nghĩa định lượng làm cho lập luận xấp xỉ trở thành tối ưu.

Ví dụ: Xét ĐSGT của biến ngôn ngữ tốc độ vòng quay của một mô tơ với $c- = \text{Slow}$, $W = \text{Medium}$ và $c+ = \text{Fast}$; ta thấy việc chọn $f_m(\text{Slow}) = 0,5$ và $f_m(\text{Fast}) = 0,5$ cũng là hợp lý vì trên thực tế vai trò của Slow và Fast là như nhau và khó có thể giải thích tại sao chọn $f_m(\text{Slow}) = 0,4$ và $f_m(\text{Fast}) = 0,6$. Như vậy ta có thể cố định các tham số của ĐSGT bằng trực giác, tuy nhiên để tạo ra tính mềm dẻo ta có thể điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ bằng cách đưa vào các tham số điều chỉnh, các tham số này phải nhỏ hơn giá trị ngưỡng điều chỉnh nào đó.

2.1 Khái niệm ngưỡng điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa của giá trị ngôn ngữ

Trước hết ta vẫn giả thiết ĐSGT $AX^* = (X^*, G, H, \sigma, \phi, \leq)$ là tuyến tính và đầy đủ trong đó X^* là tập cơ sở, $G = (0, c-, W, c+, 1)$ là tập các phần tử sinh, H là tập các gia tử âm và dương, $\leq$ là quan hệ thứ tự toàn phần trên X^* , σ và ϕ là hai phép toán mở rộng sao cho với mọi $x \in X^*$, ϕx , σx tương ứng là cận dưới đúng và cận trên đúng trong X^* của tập $H(x)$, là tập tất cả các phần tử sinh ra từ x nhờ các gia tử trong H , $H = H- \cup H+$, và giả sử rằng $H- = \{h_1, \dots, h_q\}$, với $h_1 < h_2 < \dots < h_q$, và $H+ = \{h_1, \dots, h_p\}$, với $h_1 < \dots < h_p$, trong đó ta quy ước $h_0 = I$, toán tử đơn vị trên X^* . Giả thiết AX^* là ĐSGT tự do, tức là $\forall x \in H(G), \forall h \in H, hx \neq x$, ta có các định lý sau:

Định lý 2.1. ([5]) Cho $AX^* = (X^*, G, H, \sigma, \phi, \leq)$ là ĐSGT đầy đủ, tuyến tính và tự do. Khi đó ta có: $\forall x, y \in X^*, x < y \Rightarrow (\exists z \in H(G)) \{x < H(z) < y\}$, với $H(z)$ thỏa mãn một trong các điều kiện sau đây:

- (i) $H(z) \cap H(x') = \emptyset$,
- (ii) $H(z) \cap H(y') = \emptyset$,
- (iii) $H(z) \subseteq H(x')$, (iv) $H(z) \subseteq H(y')$, trong đó $x' = x$, $y' = y$ nếu $x, y \in H(G)$ và $x = ox'$, $y = oy'$ với $o, o' \in \{\phi, \sigma\}$ nếu $x, y \in \text{Lim}(X^*)$.

Định nghĩa 2.1. Về hệ khoảng mờ liên kết với fm ([5]): 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: Với $|x| = 1$: ta xây dựng các khoảng mờ $J(c-)$ và $J(c+)$, với $|J(x)| = \text{fm}(x)$, 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 $c-$ và $c+$, theo đó ta có $J(c-) \leq J(c+)$.

Giả sử khoảng mờ $J(x)$ với $|J(x)| = \text{fm}(x)$ đã được xây dựng với $\forall x \in H(G)$, $|x| = n \geq 1$ ta xây dựng các khoảng mờ $J(h_{ix})$ sao cho chúng tạo thành một phân hoạch của $J(x)$, $|J(h_{ix})| = \text{fm}(h_{ix})$ và thứ tự giữa chúng được cảm sinh từ thứ tự giữa các phần tử trong $\{h_{ix}: -q \leq i \leq p, i \neq 0\}$

Ta gọi $J(x)$ là khoảng mờ của phần tử x , và kí hiệu $\mathfrak{J} = \{J(x) : x \in X\}$ là tập các khoảng mờ của X . Với k là một số nguyên dương, ta đặt $X_k = \{x \in X: |x| = k\}$. Mệnh đề sau đây xác định phân hoạch của khoảng mờ :

Mệnh đề 2.1. ([5]) Cho độ đo tính mờ fm trên ĐSGT AX^* và $\mathfrak{J}\text{fm}$ là hệ khoảng mờ của AX^* liên kết với fm . Khi đó, với $x \in H(G)$, tập $\mathfrak{J}\text{fm}(x, k) = \{J(y): y = h_k h_{k-1} \dots h_1 x \text{ \& } \forall h_k, h_{k-1} \dots, h_1 \in H\}$ là phân hoạch của khoảng mờ $J(x)$; Tập $\mathfrak{J}\text{fm}(k) = \{J(x): x \in X_k\}$, được gọi là tập các khoảng mờ độ sâu k , là một phân hoạch của tập $J(c-) \cup J(c+)$. Ngoài ra, với $\forall x, y \in X_k$, ta có $x \leq y$ kéo theo $J(x) \leq J(y)$.

Trên cơ sở định nghĩa hệ khoảng mờ, việc định lượng giá trị cho giá trị ngôn ngữ được tiến hành như sau: Giá trị định lượng của giá trị ngôn ngữ x là điểm chia đoạn $J(x)$ theo tỷ lệ $\alpha : \beta$, nếu $\text{Sign}(h_p x) = +1$ và theo tỷ lệ $\beta : \alpha$, nếu $\text{Sign}(h_p x) = -1$.

Như đã đề cập ở trên ta sẽ hạn chế độ sâu của giá trị ngôn ngữ, nghĩa là ta chỉ xét các giá trị ngôn ngữ của biến ngôn ngữ trong ĐSGT AX^* với độ sâu k . Với k là một số nguyên dương, ta đặt $X_k = \{x \in X: |x| \leq k\}$. Lưu ý rằng $X_k \subseteq X_k$.

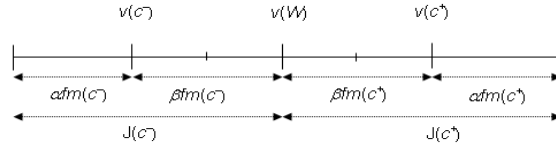
Sau đây ta định nghĩa khái niệm *ngưỡng điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa* và gọi ngắn gọn là *tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa*.

Định nghĩa 2.2. Số thực ϵ , $0 < \epsilon < 1$ được gọi là ngưỡng điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ trong X_k nếu với mọi $x, y \in X_k$ thỏa $x < y$ kéo theo $v(x) \pm \sigma < v(y) \pm \sigma$ với $\forall \sigma < \epsilon$

Định lí 2.2. Cho AX^* là ĐSGT tuyến tính, đầy đủ và tự do, ngưỡng điều chỉnh ngữ nghĩa định lượng cho các giá trị ngôn ngữ trong X_k là $\epsilon_k = \min \{\alpha \text{fm}(x)/2, \beta \text{fm}(x)/2 \mid x \in X_k\}$, với k là số nguyên dương tùy ý.

Chứng minh: Ta chứng minh bằng quy nạp

+ Với $k = 1$, khi đó $\epsilon_1 = \min \{\alpha \text{fm}(c-)/2, \beta \text{fm}(c-)/2, \alpha \text{fm}(c+)/2, \beta \text{fm}(c+)/2\}$, ta chứng minh với mọi $\sigma < \epsilon_1$ ta có $v(c-) \pm \sigma < v(W) \pm \sigma < v(c+) \pm \sigma$



Hình 2.1. Các khoảng mở của X_1 .

Theo mệnh đề 2.1, $\{J(c-), J(c+)\}$ là phân hoạch của $[0,1]$ và $v(c-)$ là điểm chia khoảng $J(c-)$ theo tỷ lệ $\alpha:\beta$ và $v(c+)$ là điểm chia khoảng $J(c+)$ theo tỷ lệ $\beta:\alpha$ (Hình 2.1). Từ đó ta thấy rằng:

$v(c-)+\beta fm(c-)/2 \leq v(W)-\beta fm(c-)/2$, trong khi đó $\sigma < \varepsilon_1 \leq \beta fm(c-)/2$ nên $v(c-)+\sigma < v(W)-\sigma$, do đó $v(c-)\pm\sigma < v(W)\pm\sigma$ với mọi $\sigma < \varepsilon_1$

$v(W)+\beta fm(c+)/2 \leq v(c+)-\beta fm(c+)/2$, trong khi đó $\sigma < \varepsilon_1 \leq \beta fm(c+)/2$ nên $v(W)+\sigma < v(c+)-\sigma$, do đó $v(W)\pm\sigma < v(c+)\pm\sigma$ với mọi $\sigma < \varepsilon_1$

Như vậy $v(c-)\pm\sigma < v(W)\pm\sigma < v(c+)\pm\sigma$ với mọi $\sigma < \varepsilon_1$, định lý đúng với $k = 1$

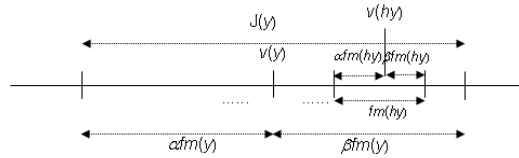
+ Giả sử định lý đúng với k , ta có giả thiết quy nạp sau:

$\varepsilon_k = \min \{ \alpha fm(x)/2, \beta fm(x)/2 \mid x \in X_k \}$, với mọi $x, y \in X_k$ thỏa $x < y$ ta có $v(x)\pm\sigma < v(y)\pm\sigma$ với $\sigma < \varepsilon_k$

+ Sau đây ta chứng minh định lý đúng với $k+1$, tức là với mọi $x, y \in X_{k+1}$ thỏa $x < y$ và với mọi $\sigma < \varepsilon_{k+1}$ ta có $v(x)\pm\sigma < v(y)\pm\sigma$

Ta có $\varepsilon_{k+1} = \min \{ \alpha fm(x)/2, \beta fm(x)/2 \mid x \in X_{k+1} \} = \min \{ \alpha fm(hy)/2, \beta fm(hy)/2 \mid y \in X_k, h \in H \}$

Theo định nghĩa 2.1, $fm(hy) < fm(y)$ (Hình 2.2), do đó $\min \{ \alpha fm(hy)/2, \beta fm(hy)/2 \mid y \in X_k, h \in H \} < \min \{ \alpha fm(y)/2, \beta fm(y)/2 \mid y \in X_k \}$ nên $\varepsilon_{k+1} < \varepsilon_k$.

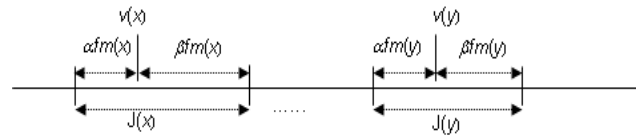


Hình 2.2. Khoảng mở $J(y)$ và phân hoạch của nó.

Bây giờ ta xét các trường hợp sau:

Trường hợp 1: $|x| \leq k$ và $|y| \leq k$, nếu $x < y$ theo giả thiết quy nạp ta có $v(x)\pm\sigma < v(y)\pm\sigma$ với mọi $\sigma < \varepsilon_k$, vì $\varepsilon_{k+1} < \varepsilon_k$ nên $v(x)\pm\sigma < v(y)\pm\sigma$ với mọi $\sigma < \varepsilon_{k+1}$.

Trường hợp 2: $|x| = |y| = k+1$, khi đó $J(x), J(y)$ thuộc cùng một phân hoạch, do $x < y$ nên theo mệnh đề 2.1 ta có $J(x) < J(y)$, Vì $v(x)$ là điểm chia trong $J(x)$ theo tỷ lệ $\alpha:\beta$ (hoặc $\beta:\alpha$) và $v(y)$ là điểm chia $J(y)$ theo tỷ lệ $\beta:\alpha$ (hoặc $\alpha:\beta$). Mặt khác $\varepsilon_{k+1} = \min \{ \alpha fm(x)/2, \beta fm(x)/2 \mid x \in X_{k+1} \}$. Nên $v(x)\pm\sigma < v(y)\pm\sigma$ với mọi $\sigma < \varepsilon_{k+1}$.



Hình 2.3. Khoảng mờ $J(x)$ và $J(y)$ – Trường hợp 2.

Trường hợp 3: $|x| \leq k, |y| = k+1$

Vì $x < y$, theo định lí 2.1 tồn tại x' sao cho $|x'| = |x|$ và $x < x' < y$. Mặt khác do $x < x'$ và $|x'| = |x| \leq k$ nên theo trường hợp 1 ta có $v(x) \pm \sigma < v(x') \pm \sigma$ với mọi $\sigma < \varepsilon_{k+1}$. Do $x' < y$ nên $v(x') < v(y)$. Từ đó suy ra $v(x) \pm \sigma < v(y) \pm \sigma$ với mọi $\sigma < \varepsilon_{k+1}$.

Trường hợp 4: $|x| = k+1, |y| \leq k$

Vì $x < y$, theo định lí 2.1 tồn tại x' sao cho $|x'| = |y|$ và $x < x' < y$. Mặt khác do $x' < y$ và $|x'| = |y| \leq k$ nên theo trường hợp 1 $v(x') \pm \sigma < v(y) \pm \sigma$ với mọi $\sigma < \varepsilon_{k+1}$. Do $x < x'$ nên $v(x) < v(x')$. $v(x) \pm \sigma < v(y) \pm \sigma$ với mọi $\sigma < \varepsilon_{k+1}$.

Định lí hoàn toàn được chứng minh.

2.2. Phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT theo tiếp cận hiệu chỉnh giá trị định lượng ngữ nghĩa

Phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT sẽ khác với các phương pháp lập luận trước đây ở bước xác định các tham số định lượng ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ và thực hiện phép nội suy. Bây giờ, chúng ta sử dụng lại phương pháp này nhưng các tham số định lượng ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ bằng cách đưa các tham số điều chỉnh, các tham số điều chỉnh này phải nhỏ hơn ngưỡng điều chỉnh tồn tại như trong định lí 2.2 đã đề cập. Cũng lưu ý rằng, trong phương pháp nội suy sử dụng mạng nơ ron RBF, các tham số điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa sẽ được chọn bằng giải thuật di truyền và ta gọi phương pháp này là phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT theo hướng điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa. Theo đó phương pháp gồm các bước sau;

- 1) Xây dựng các ĐSGT AXi cho các biến ngôn ngữ Xi, và ĐSGT AY cho biến ngôn ngữ Y.
- 2) Sử dụng các ánh xạ định lượng ngữ nghĩa có tham số điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa $(vX_i + \varepsilon X_i)$ và $(vY + \varepsilon Y)$, chuyển đổi mô hình mờ FAM về mô hình SAM có tham số điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa. Trong đó εX_i là tham số điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa của Xi, εY là tham số điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa của Y.
- 3) Xây dựng 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 được xây dựng ở bước 3.

Do phương pháp lập luận sử dụng tham số điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa, nên ta ký hiệu phương pháp này là OpvHAR.

Nhận xét: Phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT với ánh xạ định lượng ngữ nghĩa v (các tham số được chọn bằng trực giác) ký hiệu là HAR là trường hợp riêng của phương pháp OpvHAR (trường hợp riêng xảy ra khi $\varepsilon X_i = 0$ và $\varepsilon Y = 0, I = 1, \dots, m+1$).

Một vấn đề đặt ra là tìm các tham số hiệu chỉnh định lượng ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ như thế nào, quay trở lại phương pháp lập luận sử dụng ĐSGT đề cập ở mục 2.1, giả sử các tham số của các ĐSGT ứng với các biến ngôn ngữ trong mô hình FAM đã được chọn trước và mô hình FAM có m giá trị ngôn ngữ, khi đó ta có m tham số điều chỉnh, ký hiệu là $OpvPAR$ và khi đó $OpvHAR$ sẽ phụ thuộc vào bộ tham số này.

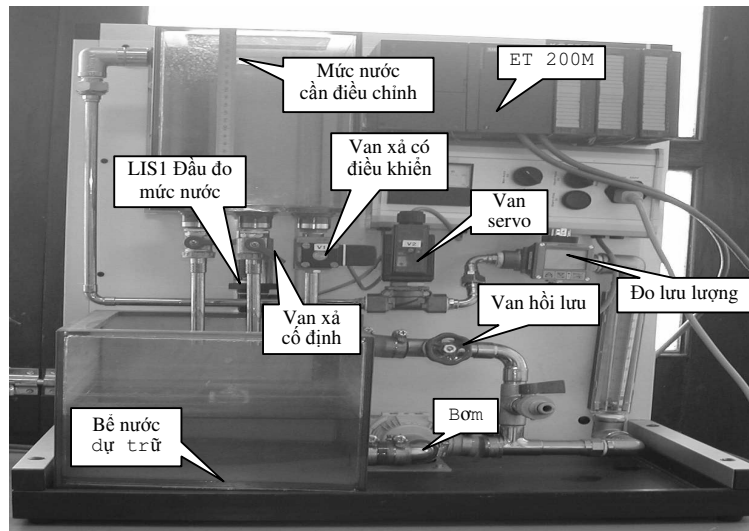
Giả sử tồn tại mô hình sai số của phương pháp lập luận cho bởi hàm $h(g, OpvHAR(OpvPAR)) \geq 0$, trong đó g là mô hình thực mong muốn và $OpvHAR(OpvPAR)$ là mô hình được xấp xỉ bằng $OpvHAR$. Khi đó bài toán xác xác định các tham số điều chỉnh ngữ nghĩa định lượng được phát biểu như sau: Tìm các tham số $OpvPAR$ sao cho $h(g, OpvHAR(OpvPAR)) \rightarrow \min$. Và một trong những công cụ hữu hiệu để giải quyết bài toán này chính là giải thuật di truyền.

3. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN HAI ĐẦU VÀO – MỘT ĐẦU RA KOESTER

3.1. Mô tả hệ thống

Hệ thống điều khiển lưu lượng và mức nước Koester (hệ thống Koester) của Phòng thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia “Công nghệ Mạng và Đa phương tiện” (hình 3.1) là đối tượng vật lý được dùng để nghiên cứu và thử nghiệm các phương pháp điều khiển với những nguyên lý mới.

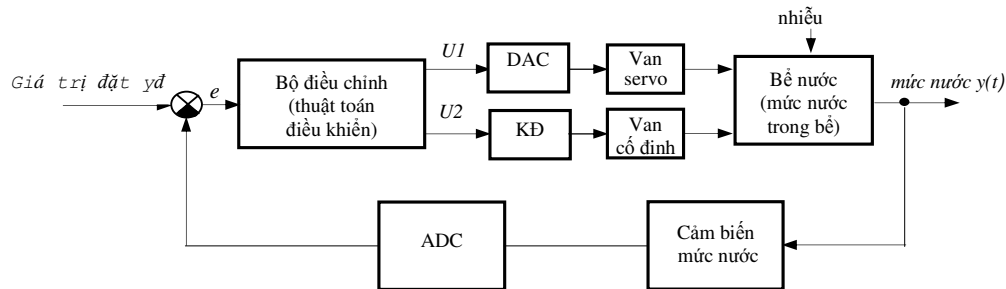
Hệ thống Koester có hai bể chứa. Bể phía trên chứa nước được cấp, bể phía dưới chứa nước dự trữ. Nước được bơm từ bể dưới, qua van tiết lưu có điều khiển, lên bể trên. Nước từ bể trên được chảy tự do xuống bể dưới. Nước từ bể dự trữ được bơm ra qua hai nhánh: nhánh thứ nhất (nhánh chính) qua đường ống có van servo chảy lên bể trên, nhánh thứ hai dẫn nước hồi lưu qua đường ống với van hồi lưu trở về bể dự trữ.



Hình 3.1. Hệ thống điều khiển lưu lượng và mức nước Koester.

Mức nước ở bể trên là đại lượng được điều khiển. Mức nước cần điều chỉnh được đo qua đầu đo áp suất/độ cao LIS1. Việc điều khiển mức nước ở bể trên được thực hiện qua điều khiển lưu lượng vào bể, việc này được thực hiện qua điều khiển van servo và van xả có điều khiển. Lưu lượng nước chảy vào bể nước được giám sát qua đồng hồ đo lưu lượng và vị trí của viên bi trong cột hiển thị lưu lượng. Hệ thống này cho phép thực hiện điều khiển kiểu hai đầu vào-một đầu ra.

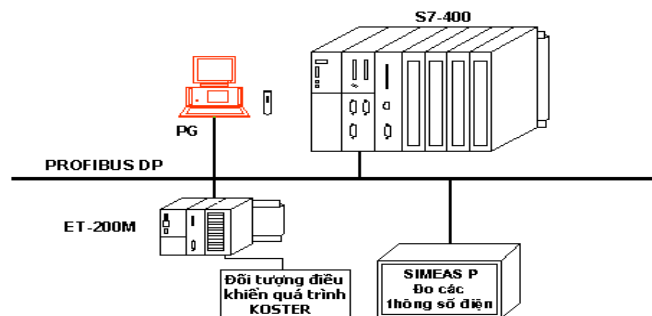
Hệ thống Koester được điều khiển bằng máy tính qua mạng máy tính công nghiệp của SIEMENS. Mức nước của bể phía trên là đại lượng đầu ra $y(t)$ cần điều chỉnh, van servo và van xả có điều khiển là các bộ phận chấp hành. Nước chảy thoát tự do qua van xả cố định đóng vai trò nhiễu tác động lên hệ thống. Mức nước hiện thời $y(t)$ của bể nước được đo bằng đầu đo LIS1 và được chuyển đổi từ tín hiệu tương tự sang dạng tín hiệu số thông qua thiết bị ADC nằm trên module ET 200M. Bộ điều chỉnh (là chương trình được cài trên PLC S7-400) tính toán giá trị điều khiển theo thuật toán điều khiển xác định và đưa ra các giá trị điều khiển $u1, u2$. Đại lượng này được chuyển từ dạng số sang dạng tương tự thông qua thành phần DAC (nằm trên ET 200 M) tạo thành tín hiệu xác lập vị trí van servo, qua đó điều chỉnh lưu lượng nước chảy vào bể. Lưu lượng này sẽ tác động đến mức nước cần điều chỉnh của bể. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển mức nước như sau:



Hình 3.2. Hệ thống điều khiển hai đầu vào - một đầu ra.

3.2. Cấu hình hệ thống mạng máy tính giám sát và điều khiển

Hệ thống mạng máy tính giám sát và điều khiển quá trình của Phòng thí nghiệm trọng điểm “Công nghệ mạng và Đa phương tiện” được xây dựng trên cơ sở tích hợp các thiết bị của hãng SIEMENS (hình 3.3).



Hình 3.3. Hệ thống mạng máy tính giám sát và điều khiển.

Bộ điều khiển trung tâm PLC S7-400 với CPU 414-3:

Trên phương diện điều khiển thì PLC S7-400 đóng vai trò là một bộ điều khiển trung tâm . Bộ điều khiển trung tâm PLC S7-400 được lập trình để thực hiện việc thu thập dữ liệu quá trình, điều khiển và điều phối hoạt động của các thiết bị vào/ra phân tán và các đối tượng điều khiển nằm phân tán trên mạng. Trạm PLC S7-400 bao gồm một CPU 414-3DP với 4 mô-dun mở rộng : CP 443-1, DI 16 bit (SM 421), DO 16 bit (SM 422), AI 16 kênh 16 bit (SM 431) và AO 8 kênh 13 bit (SM 432).

Modul ET 200M:

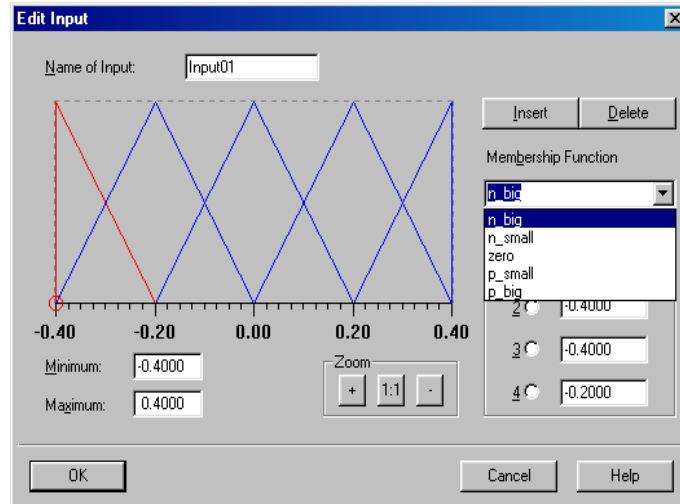
ET 200M là một thiết bị vào/ra phân tán và đóng vai trò một trạm thợ DP trong mạng . ET 200M được cài đặt và xác lập cấu hình giống như một PLC với cấu hình gồm:

- Một mô-dun giao diện IM 153-X .
- Các mô-dun tín hiệu SM : DI/DO 8 bit (SM323), AI (ADC) 2 kênh 12 bit (SM331), AO (DAC) 2 kênh 12 bit (SM 332).
- Các mô-dun chức năng FM.

3.3. Tổng hợp bộ điều khiển logic mờ cho hệ thống Koester

Biến ngôn ngữ đầu vào của bộ điều khiển logic mờ là *độ sai lệch* $e = y_d - y$

Trong đó y_d là mức nước đặt và y là mức nước đo được. Ở đây e có miền giá trị xác định vật lí trong khoảng $[-0.4, +0.4]$ với các giá trị ngôn ngữ: n_big , n_small , $zero$, p_small và p_big . Các hàm thuộc và miền xác định tương ứng của đầu vào được chọn như mô tả ở Hình 3.4 với các khoảng xác định: $n_big \in [-0.40 ; -0.20]$; $n_small \in [-0.40 ; 0.00]$; $zero \in [-0.20 ; 0.20]$; $p_small \in [0.00 ; 0.40]$ và $p_big \in [0.20 ; 0.40]$.



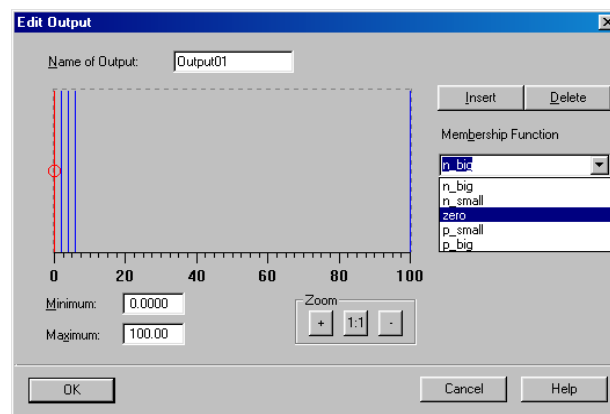
Hình 3.4. Phân hoạch các hàm thuộc đầu vào e .

Bảng FAM (bảng 3.1) mô tả hệ luật điều khiển được xây dựng như sau:

Bảng 3.1. Hệ luật điều khiển (bảng FAM).

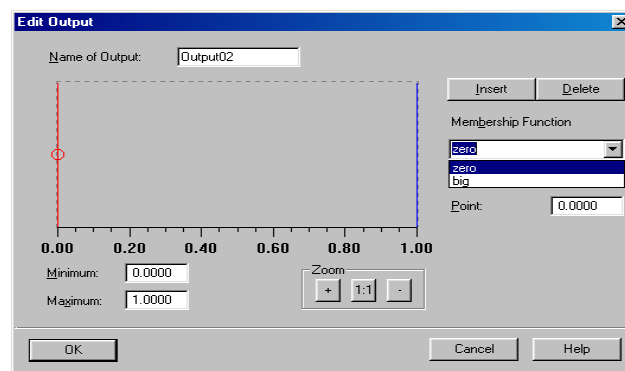
Đầu vào Input01 (e)	n_big	n_small	zero	p_small	p_big
Đầu ra 1 Output01 (u1)	n_big	n_small	zero	p_small	p_big
Đầu ra 2 Output02 (u2)	zero	zero	zero	big	big

Trong đó: Biến đầu ra Output01 = u1 có các giá trị : n_big, n_small, zero, p_small, p_big với các hàm thuộc dạng singleton và các giá trị xác định tương ứng là (0,0; 2,0; 4,0; 6,0; 100) được biểu diễn trên hình 3.5a.



Hình 3.5a. Phân hoạch hàm thuộc đầu ra u1 điều khiển.

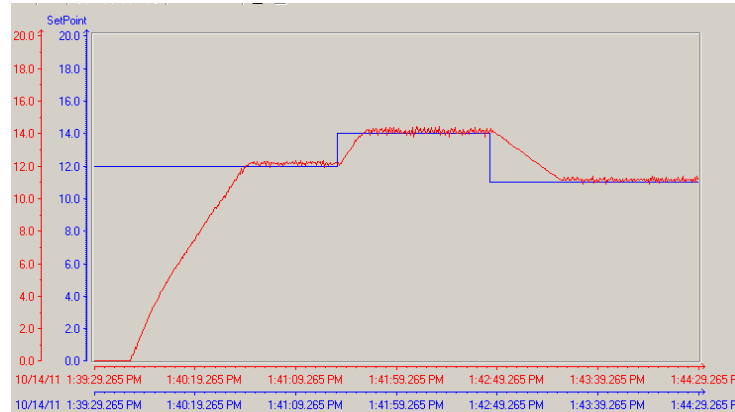
Biến đầu ra Output02 = u2 có các giá trị: zero- đóng hoàn toàn; big- mở hoàn toàn với các hàm thuộc dạng singleton và các giá trị xác định tương ứng là (0,0 ; 1,0) được biểu diễn trên hình 3.5b



Hình 3.5b. Phân hoạch hàm thuộc đầu ra u2 điều khiển.

Luật hợp thành được sử dụng là luật MAX-MIN.

Phương pháp giải mờ được dùng là phương pháp điểm trọng tâm. Phần mềm điều khiển logic mờ được cài và chạy trên máy tính PLC S7-400, thông qua mạng Profibus, điều khiển trực tuyến trong thời gian thực hệ thống Koester. Kết quả điều khiển mờ được quan sát và giám sát qua mạng dưới dạng đồ họa trên hình 3.6.



Hình 3.6. Kết quả điều khiển mờ với các mức nước đặt khác nhau.

4. ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG HAI ĐẦU VÀO – MỘT ĐẦU RA SỬ DỤNG TIẾP CẬN ĐẠI SỐ GIA TỬ VỚI THAM SỐ HIỆU CHỈNH NGỮ NGHĨA

4.1. Định lượng hóa ngữ ngữ nghĩa cho các giá trị ngôn ngữ

Các tập mờ được chuyển sang nhãn ngôn ngữ của ĐSGT như sau:

Đối với Đầu vào (input 01) và Đầu ra 1 (output01)

$n_big \Rightarrow$ Absolute Small (VS);

$n_Small \Rightarrow$ Small (S);

$zero \Rightarrow$ Middle (M)

$p_Small \Rightarrow$ Large (L);

$p_big \Rightarrow$ Absolute Large (AL)

Các tập mờ của đầu ra u2 được chuyển sang các nhãn ngôn ngữ của ĐSGT như sau:

$zero \Rightarrow$ Absolute Small (AS);

$big \Rightarrow$ Absolute Large (AL)

Bộ tham số của tiếp cận ĐSGT được chọn như sau:

$C = \{ 0, \text{Small}, \theta, \text{Large}, 1 \}; \theta = 0,5; \alpha = \beta = 0,5.$

Như vậy: $fm(\text{Small}) = \theta = 0,5$ và $fm(\text{Large}) = 1 - fm(\text{Small}) = 1 - 0,5 = 0,5$

Các giá trị định lượng ngữ ngữ nghĩa cho các biến đầu vào e và đầu ra u1, u2 được tính toán như sau:

$$v(\text{Small}) = \theta - \alpha fm(\text{Small}) = 0,25$$

$$v(\text{Large}) = \theta + \alpha fm(\text{Large}) = 0,75$$

$$v(\text{Absolute Small}) = 0$$

$$v(\text{Absolute Large}) = 1$$

Từ bảng FAM (bảng 3.1) và từ các giá trị định lượng ngữ nghĩa tính được cho các biến đầu vào và biến đầu ra trên đây, xây dựng bảng SAM biểu diễn hệ luật điều khiển dựa trên ĐSGT với tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa có dạng bảng 3.2 như sau:

Bảng 3.2. Hệ luật điều khiển dựa trên ĐSGT (bảng SAM).

Đầu vào e_s	AS 0.0	S 0.25	M 0.5	L 0.75	AL 1.0
Đầu ra 1 u_{s1}	AS 0.0	S 0.25	M 0.5	L 0.75	AL 1.0
Đầu ra 2 u_{s2}	AS 0.0	AS 0.0	AS 0.0	AL 1.0	AL 1.0

Bộ điều khiển sử dụng đại số gia tử thực hiện các bước sau đây:

Bước 1: Ngữ nghĩa hóa biến đầu vào e và biến đầu ra $u1, u2$

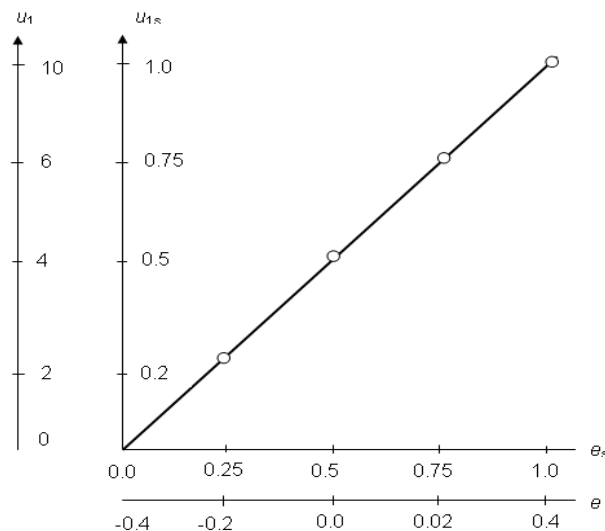
$$e_s = 1.25e + 0.5$$

$$u1_s = (1/6)u1$$

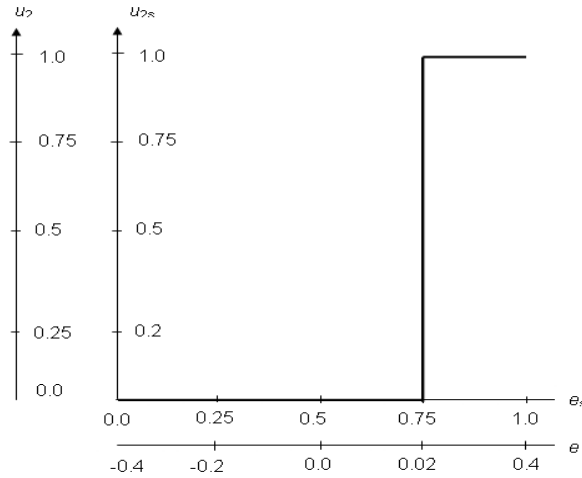
$$u2_s = u2$$

Bước 2 : Xây dựng ánh xạ ĐLNN và cơ chế suy luận:

Hình 3.7 mô tả đường cong định lượng ngữ nghĩa, trong đó đại lượng e là giá trị thực đầu vào, e_s là giá trị ngữ nghĩa đầu vào; $u1$ và $u2$ là các giá trị thực đầu ra 1 và đầu ra 2, $u1_s$ và $u2_s$ là các giá trị ngữ nghĩa đầu ra 1 và 2 tương ứng



Hình 3.7a. Đường cong định lượng ngữ nghĩa.



Hình 3.7b. Đường cong định lượng ngữ nghĩa.

Bước 3: Giải ngữ nghĩa (Desemanticization)

$$u_1 = 6u_{1s}$$

$$u_2 = u_{2s}$$

Lưu ý rằng: khi $e > 0.4$ van được mở hoàn toàn và khi $e < -0.4$ van được đóng hoàn toàn.

Do đầu ra u_2 chỉ có khả năng đóng hoặc mở hoàn toàn, vì vậy các giá trị tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa chỉ cần chọn cho từng giá trị ngôn ngữ của đầu ra u_1 tương ứng như sau: ϵ_s là giá trị tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa đối với giá trị ngôn ngữ S; ϵ_M là giá trị tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa đối với giá trị ngôn ngữ M; ϵ_L là giá trị tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa đối với giá trị ngôn ngữ L. Lưu ý rằng các giá trị ngôn ngữ AS và AL là cố định, vì vậy không có tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa tại các giá trị này.

Sử dụng tiếp cận ĐSGT với tham số hiệu chỉnh đã trình bày tại mục 2 và mục 4 ở trên, ta xây dựng được hệ luật điều khiển có dạng như trong Bảng 3.3 sau đây:

Bảng 3.3. Hệ luật điều khiển dựa trên ĐSGT với tham số hiệu chỉnh.

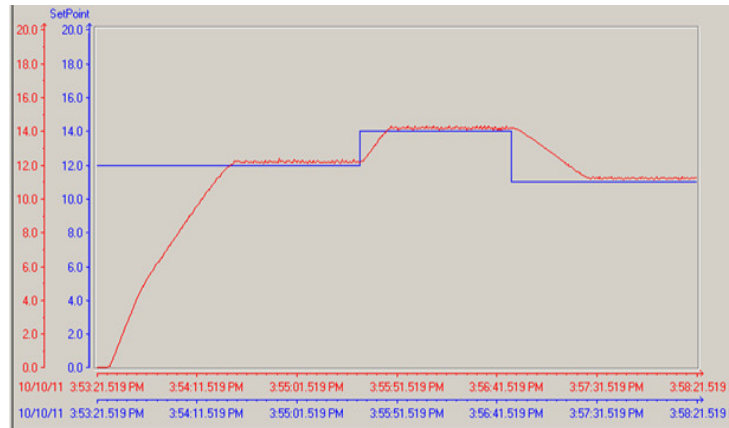
Đầu vào	AS	S	M	L	AL
e_s	0.0	0.25	0.5	0.75	1.0
Đầu ra 1	AS	S	M	L	AL
u_{s1}	0.0	$0.25 + \epsilon_s$	$0.5 + \epsilon_M$	$0.75 + \epsilon_L$	1.0
Đầu ra 2	AS	AS	AS	AS	AL
u_{s2}	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0

Với độ xâu gia từ $k = 1$, ngưỡng điều chỉnh định lượng ngữ nghĩa được xác định theo Định lý 2.2 là 0.125

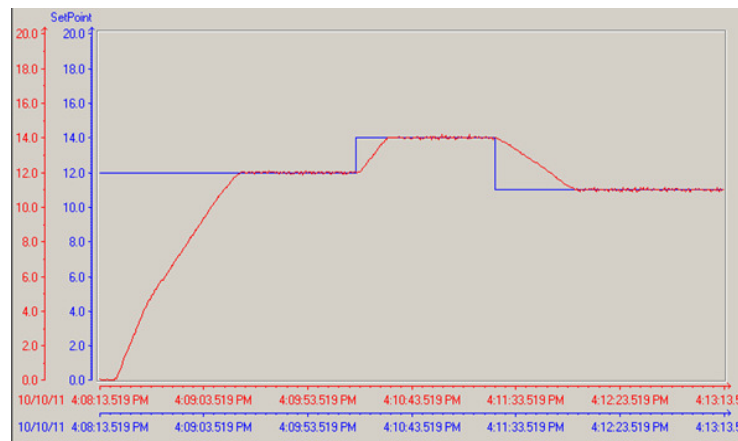
Để thử nghiệm, có thể chọn các giá trị tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa như sau:

$$\varepsilon_S = \varepsilon_M = \varepsilon_L = -0.1$$

Với những giá trị tham số hiệu chỉnh được chọn như trên, chương trình điều khiển theo tiếp cận ĐSGT được cài và chạy trên máy tính PLC S7-400, thông qua mạng Profibus, điều khiển trực tuyến trong thời gian thực hệ thống Koester. Kết quả điều khiển được quan sát và giám sát dưới dạng đồ họa trên hình 3.8a và hình 3.8b.



Hình 3.8a. Kết quả điều khiển dựa trên ĐSGT không có tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa.



Hình 3.8b. Kết quả điều khiển dựa trên ĐSGT có tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa.

So sánh các kết quả thử nghiệm điều khiển trực tuyến trong thời gian thực hệ thống Koester theo tiếp cận điều khiển mờ truyền thống (hình 3.6), tiếp cận ĐSGT chưa sử dụng tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa (hình 3.8a) và tiếp cận ĐSGT với tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa (hình 3.8b), có thể nhận thấy rằng điều khiển sử dụng tiếp cận ĐSGT với tham số hiệu chỉnh ngữ nghĩa là hợp lý và tốt hơn tiếp cận điều khiển mờ đang phổ biến hiện nay. Tiếp cận này là một cải biên khá hữu hiệu cho bài toán điều khiển mô hình vật lý thực và từ đây có thể khẳng định tính khả thi cao của tiếp cận ĐSGT đối với bài toán điều khiển trên thực tiễn.

5. KẾT LUẬN

ĐSGT vẫn còn là một lí thuyết mới, có tiềm năng phát triển và ứng dụng. Bên cạnh những vấn đề cần nghiên cứu phát triển các phương pháp luận ứng dụng vào các bài toán được cộng đồng quốc tế quan tâm, cần có những nghiên cứu thử nghiệm trên các mô hình vật lí thực để chứng tỏ vai trò của ĐSGT trong ứng dụng thực tiễn. Vì vậy, kết quả thử nghiệm điều khiển hệ thống vật lí hai đầu vào-một đầu ra Koester một lần nữa là một minh chứng quan trọng cho tính đúng đắn trong mục tiêu nghiên cứu ứng dụng ĐSGT một cách hiệu quả vào giải quyết một số bài toán có giá trị khoa học và ứng dụng thực tiễn trong lĩnh vực điều khiển hiện nay ở Việt Nam cũng như trên thế giới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Duy Minh - Điều chỉnh ngữ nghĩa định lượng của giá trị ngôn ngữ trong đại số gia tử và ứng dụng, Tạp chí Khoa học và Công nghệ **49** (4) (2011) 27-40.
2. Ho N. C. and Wechler W. - Hedge algebras: - An algebraic approach to structures of sets of linguistic domains of linguistic truth variable, Fuzzy Sets and Systems **35** (3) (1990) 281-293.
3. Ho N. C. and Wechler W. - Extended hedge algebras and their application to Fuzzy logic, Fuzzy Sets and Systems **52** (1992) 259-281.
4. Ho N. C., Lan V. N. - Hedge Algebras – An order – based structure of terms – domains: - An algebraic approach to human reasoning, Journal of Science and Technology **45** (6) (2009) 77-108.
5. Nguyen Cat Ho, Nguyen Van Long - Complete and linear hedge algebras, fuzziness measure of vague concepts and linguistic hedges and application, AIP Conf. Proceed. on Computing Anticipatory Systems, CASYS'05, Liege, Belgium 8-13 August 2005. ed. Daniel M. Dubois, pp 331-339.
6. Nguyen Cat Ho and Nguyen Van Long - Fuzziness Measure on Complete Hedge Algebras and Quantifying Semantics of Terms in Linear Hedge Algebras, Fuzzy sets and Systems **158** (4) (2007) 452-471.
7. Ho N. C., Lan V. N., and Viet L. X. - Quantifying Hedge Algebras. Interpolative reasoning method and its application to some problems of fuzzy control, Wseas Transactions on Computer **5** (11)(2006) 2519- 2529.
8. Ho N. C., Lan V. N. - Hedge Algebras : An algebraic approach to domains of linguistic variables and their applications, ASEAN Journal on Science and Technology for Development **23** (1 & 2)(2006) 1-18.
9. Ho N. C., Lan V. N. Lan, Viet L. X. - 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.
10. Ho C. Nguyen, Anh D. Nguyen and Lan N. Vu - Fuzzy Controllers Using Hedge Algebra Based Semantics of Vague Linguistic Terms, Chapter 7 in the Book “Fuzzy Control Systems”, ed. Dinko Vukadinovic, Nova Science Publashe (2011), ISBN 978-1-61324-488-3.

11. Ho N. C., Lan V. N., and Viet L. X. - Optimal hedge-algebras-based controller: Design and application, *Fuzzy Sets and Systems* **159** (2008) 968-989.
12. Ho N. C. Ho, Lan V. N. Trung T. D., Le B. H. - Hedge-algebras-based fuzzy controller: application to active control of a fifteen-story building against earthquake, *Journal of Science and Technology* **49** (1) (2011) 13-30.
13. Hai Le Bui, Duc Trung Tran, Nhu Lan Vu - Optimal fuzzy control using hedge algebras of a damped elastic jointed inverted pendulum, *Vietnam Journal of Mechanics, VAST* **32** (4) (2010) 247-262.
14. Hai-Le Bui, Duc-Trung Tran, Nhu-Lan Vu - Optimal hedge-algebras-based controller: Design and application to structural active fuzzy control, *International Conference on Engineering Mechanics and Automation (ICEMA 2010)* Hanoi, July 1-2, 1-10, 2010.
15. Vũ Chấn Hưng, Hoàng Văn Tuấn, Vũ Như Lân, Đặng Thành Phú, Nguyễn Duy Minh - Điều khiển mức nước sử dụng đại số gia tử, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* **48** (6) (2010) 11-25.

ABSTRACT

THE KOESTER TWO INPUT- ONE OUTPUT SYSTEM CONTROL USING HA WITH SEMANTIC ADJUST PARAMETER

Vu Chan Hung¹, Vu Nhu Lan¹, Nguyen Duy Minh^{2,*}, Hoang Van Tuan¹

¹*Institute of Information Technology, VAST, 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi, Vietnam*

²*University of Information and Communication Technology – Thai Nguyen University*

*Email: *nduyminhctu@gmail.com*

Reasoning fuzzy method using hedge algebras (HAR) for the adjustment of quantitative semantic values [15], HAR is an effective tool to solve the control problems. However, the results are just in the computer simulation. Thus, to confirm that using HAR in industry, the paper continues to experimentally research on reasoning method using HAR in the real physic systems.

Keywords : hedge algebras, control problems, quantiting semantic

PHỤ LỤC

CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU KHIỂN MỜ & ĐIỀU KHIỂN SỬ DỤNG ĐSGT VỚI THAM SỐ HIỆU CHỈNH NGŨ NGHĨA

CALL "SCALE"

IN0 :=PIW580
IN1 :=1.000000e+002
IN2 :=0.000000e+000
IN3 :=FALSE
RET_VAL:=#Temp
OUT4 :=MD0

L MD 0
L 2.600000e+000
-R
T MD 0

A Q 4.1
= Q 4.0
JCN ENDP

L MD 8
L MD 0
-R
T MD 12

A M 20.0
JC FU

L MD 12
L 4.000000e-001
>R
JC END1

L MD 12

L -4.000000e-001

<R

JC END2

L MD 12

L 1.250000e+000

*R

T MD 16

T MD 16

L 5.000000e-001

+R

T MD 16

L MD 16

L 6.000000e+000

*R

T MD 4

L MD 4

L 0.600000e+000 % $u_s = (1/6)u$; u_s giảm 0.1 thì u giảm 0.6

-R

T MD 4

SET

R Q 4.2

JP END

END1: L 1.000000e+002

T MD 4

SET

R Q 4.2

JP END

END2: L 0.000000e+000

T MD 4

```
SET
S   Q   4.2
JP  END
```

```
FU: CALL "FUZZY CONTROL" , DB30
```

```
IN0 :=MD12
IN1 :=
IN2 :=
IN3 :=
IN4 :=
IN5 :=
IN6 :=
IN7 :=
OUT8 :=MD4
OUT9 :=MD24
OUT10:=
OUT11:=
OUT12:=
```

```
L   1.000000e+000
L   MD   24
==R
=   Q   4.2
```

```
END: CALL "UNSCALE"
```

```
IN0 :=MD4
IN1 :=1.000000e+002
IN2 :=0.000000e+000
IN3 :=FALSE
RET_VAL:=#Temp
OUT4 :=PQW5
```

```
ENDP: NOP 0
```