

## ĐIỀU KHIỂN MỨC NƯỚC SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ

VŨ CHÂN HƯNG, HOÀNG VĂN TUẤN, VŨ NHƯ LÂN, ĐẶNG THÀNH PHU,  
NGUYỄN DUY MINH

### 1. MỞ ĐẦU

Lí thuyết logic mờ được bắt đầu vào những năm 1960 của thế kỉ trước và được ứng dụng rất mạnh mẽ trong nhiều lĩnh vực của đời sống. Bài toán ứng dụng quan trọng là việc nghiên cứu mô hình hóa và mô phỏng khả năng lập luận của con người để cài đặt trí tuệ của con người vào các thiết bị. Suy luận trên cơ sở logic mờ có tính mềm dẻo và thông minh. Nguồn gốc của tính mềm dẻo chính là khái niệm biến ngôn ngữ với giá trị của biến ngôn ngữ là tập mờ. Các tập mờ được xây dựng trên tập nền có thứ tự chặt nhưng bản thân nó lại có thể không bị ràng buộc gì về thứ tự ngữ nghĩa.

Vào những năm 1990, các tác giả [16, 17] đã phát hiện ra rằng: các giá trị của biến ngôn ngữ tạo ra cấu trúc đại số (algebraic structure) và là cấu trúc đại số đầy đủ (Complete Hedge Algebras) [18, 19], thậm chí đủ giàu (a rich enough algebraic structure) [9] để có thể đủ mô tả quá trình suy luận trên cơ sở đảm bảo thứ tự ngữ nghĩa. Những nghiên cứu này có đặc trưng khác biệt so với cách tiếp cận dựa trên tập mờ ở chỗ vai trò của gia tử ngôn ngữ luôn luôn hiện diện (explicit) và được xem như là các toán tử 1-ngôi của đại số. Vì vậy có thể xem như là một tiếp cận tính toán trên từ (word computing) một cách trực tiếp không thông qua bất kì hàm thuộc của nhân ngôn ngữ như tiếp cận mờ truyền thống. Nhiều công trình nghiên cứu của các tác giả nước ngoài đã sử dụng hoặc tham chiếu đến lí thuyết ĐSGT như:

- Xây dựng họ các tập mờ sao cho thỏa các tiên đề của ĐSGT và xây dựng phương pháp lập luận xấp xỉ [1, 5, 6];

- Bài toán trò chơi trong lĩnh vực xã hội với ma trận định giá với giá trị ngôn ngữ của ĐSGT [2, 3];

- Xây dựng dàn các giá trị chân lí ngôn ngữ dựa trên gia tử và phương pháp lập luận dựa trên logic giá trị chân lí ngôn ngữ với ứng dụng trong trợ giúp quyết định [4, 7].

Riêng đối với bài toán điều khiển, những năm gần đây, lí thuyết ĐSGT ngày càng được các nhà khoa học trong nước quan tâm nghiên cứu, xây dựng phương pháp luận giải một số bài toán điều khiển mờ dựa trên ĐSGT và đã đạt được những thành quả nhất định [10 - 15]. Những kết quả này đã tạo niềm tin và đặt tiền đề cho khả năng triển khai ứng dụng lí thuyết ĐSGT sâu và rộng hơn trong công nghiệp.

Vấn đề cần đặt ra là: lí thuyết ĐSGT đã được phát triển thành một công cụ khá đầy đủ, vậy lí thuyết này có thể đi xa hơn trên con đường ứng dụng như lí thuyết mờ đã có đối với các bài toán điều khiển, mà trước hết là điều khiển các đối tượng cụ thể trong công nghiệp dựa trên tri thức mờ hay không?

Bài báo này là nghiên cứu đầu tiên định hướng đến vấn đề nêu ra ở trên. Nội dung bài báo như sau:

Sau Phần 1: Mở đầu, phần 2: Cơ sở lí thuyết Đại số gia tử trong điều khiển trình bày tóm tắt về lí thuyết ĐSGT và mô hình điều khiển dựa trên ĐSGT. Phần 3: Điều khiển hệ thống Koester, một hệ thống điều khiển lưu lượng và mức nước, phương pháp điều khiển mờ đối tượng này, một đối tượng điều khiển thuộc Phòng thí nghiệm trọng điểm “Công nghệ Mạng & Đa phương tiện” của Viện Công nghệ thông tin. Đây là đối tượng điều khiển điển hình trong công nghiệp. Phần 4: Điều khiển hệ thống Koester sử dụng ĐSGT trình bày phương pháp điều khiển mới dựa trên ĐSGT và kết quả thu được. Phần 5: Kết luận nêu lên một số đánh giá so sánh hai phương pháp điều khiển tại Phần 3 và Phần 4, qua đó thấy được khả năng và hiệu quả của phương pháp điều khiển sử dụng ĐSGT so với phương pháp điều khiển mờ truyền thống.

## 2. CƠ SỞ LÍ THUYẾT ĐẠI SỐ GIA TỬ TRONG ĐIỀU KHIỂN

### 2.1. Mô hình mờ - Bảng FAM (Fuzzy Associative Memory)

Mô hình mờ (trong lí thuyết điều khiển mờ được mô tả dưới dạng Bảng FAM ở dạng tổng quát là một tập các luật điều khiển (mệnh đề If-then) mà phần tiền đề của mỗi luật là một điều kiện phức được viết như sau:

$$\begin{aligned} &\text{If } X_1 = A_{11} \text{ and } \dots \text{ and } X_m = A_{1m} \text{ then } Y = B_1 \\ &\text{If } X_1 = A_{21} \text{ and } \dots \text{ and } X_m = A_{2m} \text{ then } Y = B_2 \\ &\dots\dots\dots \\ &\text{If } X_1 = A_{n1} \text{ and } \dots \text{ and } X_m = A_{nm} \text{ then } Y = B_n \end{aligned} \tag{2.1}$$

ở đây  $X_1, X_2, \dots, X_m$  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.

Bài toán điều khiển mờ được phát biểu đơn giản như sau: Cho mô hình mờ hay bảng FAM (2.1) và các giá trị ngôn ngữ  $A_{01}, A_{02}, \dots, A_{0m}$  (điều kiện ban đầu) tương ứng với các biến ngôn ngữ  $X_1, X_2, \dots, X_m$ . Hãy tính giá trị điều khiển  $Y$ .

### 2.2. Đại số gia tử của biến ngôn ngữ

Giả sử  $X$  là một biến ngôn ngữ và miền giá trị của  $X$  là  $X = \text{Dom}(X)$ . Một đại số gia tử  $AX$  tương ứng của  $X$  là một bộ 4 thành phần  $AX = (X, C, H, \leq)$  trong đó  $C$  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 đại số gia tử  $AX = (X, C, H, \leq)$  nếu  $\text{Dom}(X)$  và  $C$  là tập sắp thứ tự tuyến tính thì  $AX$  được gọi là đại số gia tử tuyến tính. Khi tác động gia tử  $h \in H$  vào phần tử  $x \in X$ , thì ta thu được phần tử kí hiệu  $hx$ . Dưới đây là một số tính chất trực giác:

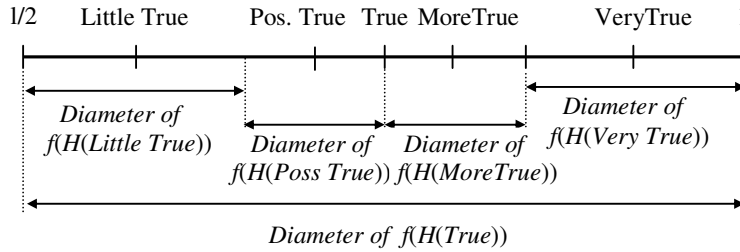
- i) Hai phần tử sinh trong ĐSGT của biến ngôn ngữ có khuynh hướng ngữ nghĩa trái ngược nhau.
- ii) Mỗi gia tử có khuynh hướng làm tăng (dương) hoặc giảm (âm) ngữ nghĩa của phần tử sinh nguyên thủy. Ta kí hiệu  $H^-$  là tập các gia tử âm,  $H^+$  là tập các gia tử dương và  $H = H^- \cup H^+$ .
- iii) Khi tác động gia tử vào một giá trị ngôn ngữ thì ngữ nghĩa của giá trị này bị thay đổi nhưng vẫn giữ được ngữ nghĩa gốc của nó.

### 2.3. Định lượng trong ĐSGT

**Định nghĩa 2.1.**  $f : X \rightarrow [0,1]$  gọi là hàm định lượng ngữ nghĩa của  $X$  nếu :Với bất kì  $h, k \in H^+$  hoặc  $h, k \in H^-$ , và  $x, y \in X$  ta có:

$$\frac{|f(hx) - f(x)|}{|f(kx) - f(x)|} = \frac{|f(hy) - f(y)|}{|f(ky) - f(y)|} \quad (2.2)$$

Để xây dựng ánh xạ định lượng ngữ nghĩa chúng ta tiếp cận những khái niệm sau: Tính mờ (fuzziness) của một giá trị ngôn ngữ. Ví dụ xét các giá trị: True, Very False,.... Làm thế nào định nghĩa tính mờ? Trên quan điểm đại số gia tử ta có một cách định nghĩa tính mờ khá trực quan bằng kích cỡ của tập  $H(x)$  như sau: Cho trước một hàm định lượng ngữ nghĩa  $f$  của  $X$ . Xét  $x \in X$ . Tính mờ của  $x$  khi đó đo bằng đường kính của tập  $f(H(x)) \subseteq [0,1]$ .



Hình 2.1. Đường kính của các tập

Trong phần này ta sử dụng đại số gia tử  $AX = (X, C, H, \leq)$  là đại số gia tử tuyến tính với  $C = \{c-, c+\} \cup \{0, 1, W\}$ .  $H = H^- \cup H^+$ ,  $H^- = \{h_{-1}, h_{-2}, \dots, h_{-q}\}$  thỏa mãn điều kiện  $h_{-1} < h_{-2} < \dots < h_{-q}$  và  $H^+ = \{h_1, h_2, \dots, h_p\}$  thỏa mãn điều kiện  $h_1 < h_2 < \dots < h_p$  và  $h_0 = I$  với  $I$  là toán tử đơn vị.

Gọi  $H(x)$  là tập các phần tử của  $X$  sinh ra từ  $x$  bởi các gia tử. Độ đo tính mờ của  $x$ , kí hiệu là  $fm(x)$ , là đường kính của tập  $f(H(x)) = \{f(u) : u \in H(x)\}$ .

**Định nghĩa 2.2.** Cho đại số gia tử  $AX = (X, C, H, \leq)$ . Hàm  $fm : X \rightarrow [0,1]$  được gọi là hàm độ đo tính mờ của các phần tử trong  $X$  nếu:

- i)  $fm(c-) + fm(c+) = 1$  và  $\sum_{h \in H} fm(hu) = fm(u)$ , với  $\forall u \in X$ ;
- ii)  $fm(x) = 0$ , với mọi  $x$  sao cho  $H(x) = \{x\}$ . Đặc biệt,  $fm(0) = fm(W) = fm(1) = 0$ ;
- iii)  $\forall x, y \in X, \forall h \in H, \frac{fm(hx)}{fm(x)} = \frac{fm(hy)}{fm(y)}$ , tỉ lệ này không phụ thuộc vào  $x, y$  và được gọi là độ đo tính mờ của gia tử  $h$ , kí hiệu là  $\mu(h)$ .

**Mệnh đề 2.1.** Cho  $fm$  là hàm độ đo tính mờ trên  $X$ . Ta có:

- i)  $fm(hx) = \mu(h)fm(x), \forall x \in X$ ;
- ii)  $fm(c-) + fm(c+) = 1$ ;
- iii)  $\sum_{-q \leq i \leq p, i \neq 0} fm(h_i c) = fm(c)$ , với  $c \in \{c-, c+\}$ ;
- iv)  $\sum_{-q \leq i \leq p, i \neq 0} fm(h_i x) = fm(x)$ ;

$$v) \sum_{-q \leq i \leq -1} \mu(h_i) = \alpha \quad \text{và} \quad \sum_{1 \leq i \leq p} \mu(h_i) = \beta, \text{ trong đó } \alpha, \beta > 0 \text{ và } \alpha + \beta = 1.$$

**Định nghĩa 2.3.** Hàm dấu sign :  $X \rightarrow \{-1, 0, 1\}$  được định nghĩa như sau:

- i)  $\text{sign}(c-) = -1, \text{sign}(c+) = +1$ ;
- ii)  $\text{sign}(h'hx) = -\text{sign}(hx)$  nếu  $h'$  âm đối với  $h$  và  $h'hx \neq hx$ ;
- iii)  $\text{sign}(h'hx) = \text{sign}(hx)$  nếu  $h'$  dương đối với  $h$  và  $h'hx \neq hx$ ;
- iv)  $\text{sign}(h'hx) = 0$  nếu  $h'hx = hx$ .

**Mệnh đề 2.2.** Với mọi gia tử  $h$  và phần tử  $x \in X$  nếu  $\text{sign}(hx) = +1$  thì  $hx > x$  và nếu  $\text{sign}(hx) = -1$  thì  $hx < x$ .

**Định nghĩa 2.4.** Cho  $fm$  là hàm độ đo tính mờ trên  $X$ . Một hàm định lượng ngữ nghĩa  $v$  trên  $X$  (kết hợp với  $fm$ ) được định nghĩa như sau:

- i)  $v(W) = \theta = fm(c-), v(c-) = \theta - \alpha fm(c-), v(c+) = \theta + \alpha fm(c+)$ , với  $0 < \theta < 1$ ;
- ii)  $v(h_jx) = v(x) + \text{sign}(h_jx) \left\{ \sum_{i=\text{sign}(j)}^j fm(h_i, x) - \alpha(h_j, x) fm(h_j, x) \right\}$ ,  $j \in [-q^+p]$  trong đó:

$$\alpha(h_j, x) = \frac{1}{2} [1 + \text{sign}(h_jx) \text{sign}(h_p h_jx) (\beta - \alpha)] \in \{\alpha, \beta\}, [-q^+p] = \{j: -q \leq j \leq p \ \& \ j \neq 0\}.$$

**Mệnh đề 2.3.** Với mọi phần tử  $x \in X$  ta có  $0 \leq v(x) \leq 1$ .

## 2.4. Phương pháp điều khiển dựa trên ĐSGT [9]

Trong phương pháp này chúng ta xem miền giá trị ngôn ngữ của mỗi biến  $X_j$  ( $j = 1, \dots, m$ ) là một đại số gia tử.

Xác định các đại số gia tử  $A_{xj} = (X_j, C_j, H_j, \leq)$  cho các biến vật lí  $X_j$  ( $j = 1, \dots, m$ ) và đại số  $A_Y = (Y, C_Y, H_Y, \leq)$  cho biến  $Y$ . Với mỗi đại số chúng ta cần xác định tập phần tử sinh, tập các gia tử và độ đo tính mờ của các gia tử.

Định lượng các giá trị ngôn ngữ trong FAM sang các giá trị thực trong đoạn  $[0, 1]$  nhờ vào hàm định lượng ngữ nghĩa  $v: vAX_j(A_{ij}), vY(B_i)$  ( $i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$ ). Như vậy, với mỗi luật if-then sẽ tương ứng với một điểm trong không gian thực  $(m + 1)$  chiều. Khi đó mô hình mờ sẽ tương ứng với đường cong thực  $C_{m+1}$  trong không gian  $(m + 1)$  chiều.

Chuyển mỗi điểm  $(vAX_1(A_{i1}), vAX_2(A_{i2}), \dots, vAX_m(A_{im}), vY(B_i))$  trong không gian thực  $(m+1)$  chiều thành điểm  $(\delta(vAX_1(A_{i1}), vAX_2(A_{i2}), \dots, vAX_m(A_{im})), vY(B_i))$  trong không gian thực hai chiều với  $\delta$  là toán tử kết nhập nào đó. Đường cong  $C_{m+1}$  trở thành đường cong thực  $C_2$  trong mặt phẳng.

Từ bộ giá trị đầu vào  $(A_{01}, A_{02}, \dots, A_{0m})$  ta tính được giá trị thực

$$a_0 = (\delta(vAX_1(A_{01}), vAX_2(A_{02}), \dots, vAX_m(A_{0m}))).$$

Từ đây, giá trị thực đầu ra  $u_0 = \text{interpolative}(a_0, C_2)$  – là giá trị nội suy thu được từ đầu vào  $a_0$  trên đường cong thực  $C_2$ . Như vậy, giá trị điều khiển được tính theo giá trị ngữ nghĩa  $u_0$  và không gian tham chiếu của biến điều khiển.

Chúng ta xét mô hình mờ trong điều khiển được cho ở dạng (1.2) và nó được gọi là bộ nhớ kết hợp mờ FAM (*Fuzzy Associative Memory*).

Thuật toán điều khiển dựa trên ĐSGT gồm các bước chính sau:

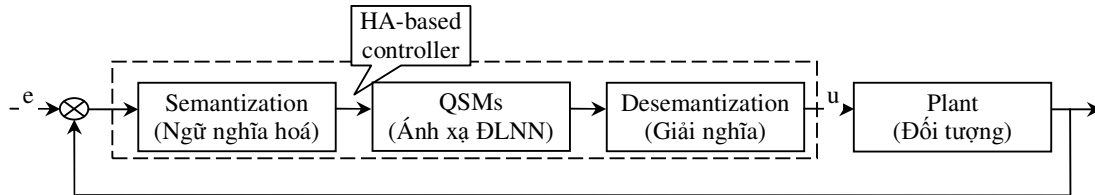
*Bước 1. Ngữ nghĩa hóa (Semantization).* Chúng ta biết rằng cơ sở tri thức của mỗi ứng dụng được cho ở dạng bảng FAM chứa các giá trị ngôn ngữ trong miền ngôn ngữ  $X_j$  của biến vật lý  $X_j$ . Mỗi miền ngôn ngữ  $X_j$  sẽ tương ứng với một ĐSGT và một miền tham chiếu số thực  $[s_{j1}, s_{j2}]$ ,  $j = 1, \dots, m$ . Vì giá trị ngữ nghĩa được định lượng bởi hàm ĐLNN  $v_j$  của các giá trị ngôn ngữ của biến  $X_j$  thuộc đoạn  $[0,1]$  nên trong quá trình tính toán chúng ta cần có ánh xạ để chuyển tuyến tính từ miền tham chiếu  $[s_{j1}, s_{j2}]$  sang miền ngữ nghĩa  $[0,1]$ . Việc chuyển này được gọi là *ngữ nghĩa hóa*. Các giá trị của hàm  $v_j$  được gọi là *giá trị ngữ nghĩa* và biến tương ứng với  $X_j$  nhận các giá trị ngữ nghĩa được gọi là *biến ngữ nghĩa*, kí hiệu  $x_{sj}$ .

*Bước 2. Xây dựng ánh xạ ĐLNN và cơ chế suy luận.* Dùng hàm định lượng ngữ nghĩa với các tham số đã được xác định trong Bước 1, chuyển bảng FAM sang bảng dữ liệu số  $m$ -chiều, gọi là bảng  $m$ -SAM ( $m$ -Semantics Associative Memory). Lưu ý rằng, n ô của bảng  $m$ -SAM sẽ xác định n điểm, mô tả một siêu mặt  $C_{r,m}$  trong không gian  $R_{m+1}$ . Kế tiếp, chúng ta chọn toán tử kết nhập Agg để tích hợp  $m$  thành phần của bảng  $m$ -SAM, từ đó xây dựng được bảng mới gọi là bảng 2-SAM. Từ n ô của bảng vừa thu được 2-SAM sẽ xác định n điểm trong không gian thực hai chiều và như vậy ta thu được đường cong thực  $C_{r,2}$  trong  $R^2$ .

Dùng phương pháp nội suy cô điển trên đường cong thực  $C_{2,r}$  để tính toán giá trị đầu ra cho mô hình (1.2).

*Bước 3. Giải nghĩa (Desemantization).* Đơn giản là chúng ta thiết lập một ánh xạ để gán mỗi giá trị ngữ nghĩa, tức là giá trị thực trong đoạn  $[0,1]$ , với một giá trị thực của miền giá trị của biến điều khiển.

Sơ đồ điều khiển tổng quát [14] sử dụng ĐSGT được mô tả trên Hình 3.1



Hình 3.1. Sơ đồ điều khiển sử dụng ĐSGT

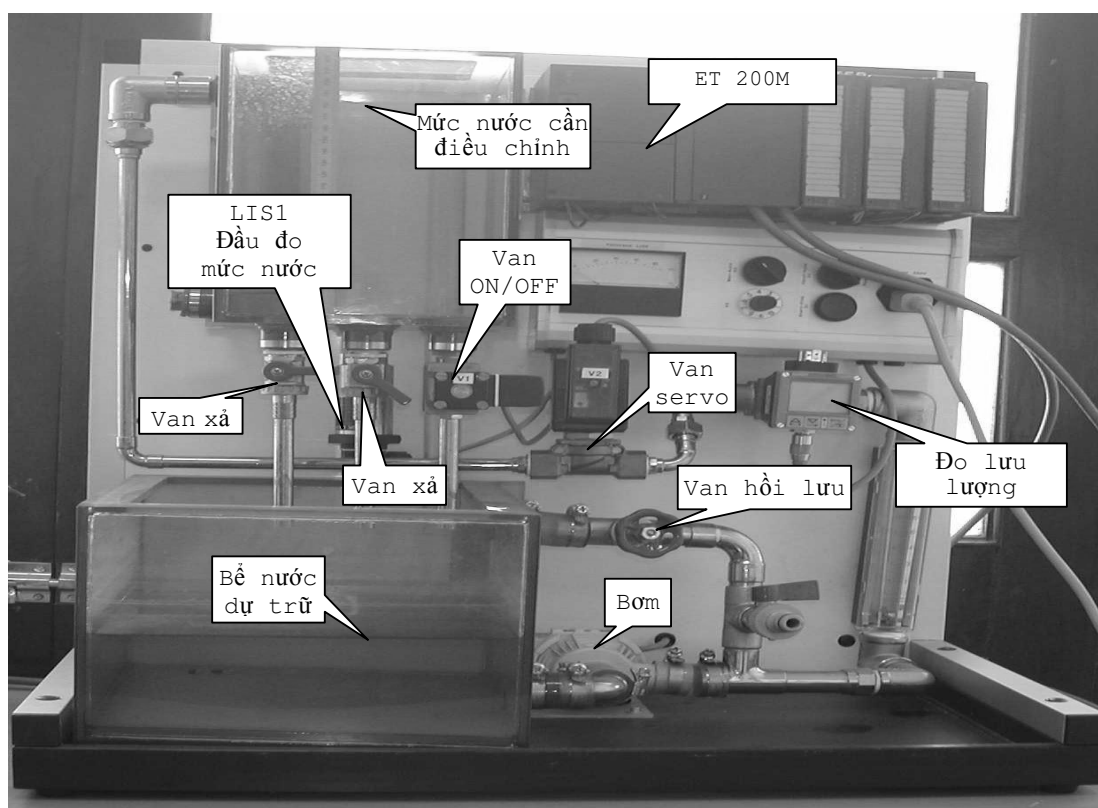
Sau đây, sử dụng mô hình vật lý hệ thống điều khiển lưu lượng và mức nước Koester của Phòng thí nghiệm Mạng công nghiệp (thuộc Phòng thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia “Công nghệ Mạng và Đa phương tiện”) để nghiên cứu so sánh hiệu quả điều khiển của tiếp cận mờ và tiếp cận sử dụng ĐSGT.

### 3. ĐIỀU KHIỂN LÓGIC MỜ TRÊN HỆ THỐNG KOESTER

#### 3.1 Mô hình vật lý hệ thống điều khiển lưu lượng và mức nước Koester

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 3.2) là đối tượng vật lí được dùng để nghiên cứu và thử nghiệm các phương pháp điều khiển với những nguyên lí 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. 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, và việc này được thực hiện qua điều khiển van servo. 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.

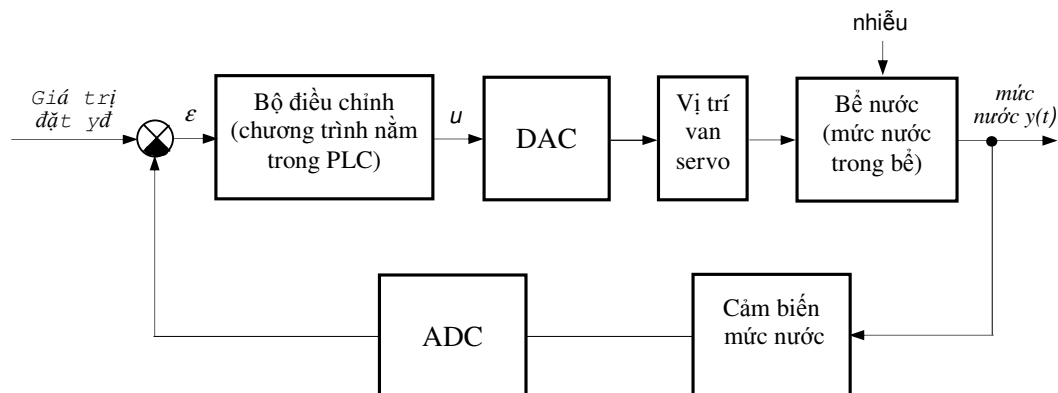


Hình 3.2. Hệ thống điều khiển lưu lượng và mức nước Koester

### 3.2. Đo và điều chỉnh mức nước trên hệ thống Koester

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 là bộ phận chấp hành. Nước chảy thoát tự do qua van xả 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

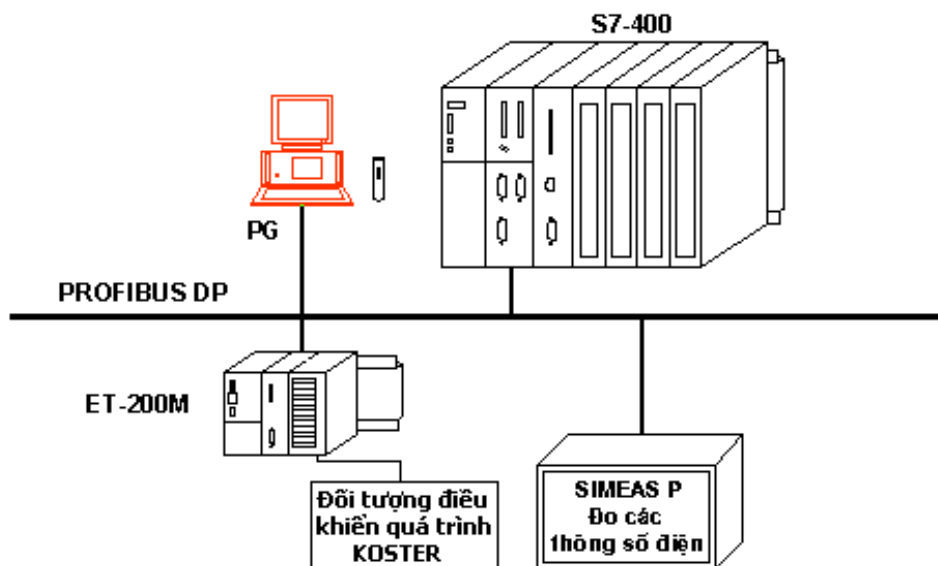
tương tự sang dạng tín hiệu số thông qua thiết bị ADC nằm trên module ET 200M. Bộ điều chỉnh (là chương trình được cài trên PLC S7-400) tính toán giá trị điều khiển theo thuật toán điều khiển xác định và đưa ra giá trị điều khiển  $u$ . Đại lượng này được chuyển từ dạng số sang dạng tương tự thông qua thành phần DAC (nằm trên ET 200M) 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 3.3 Hệ thống điều khiển mức nước

### 3.3. 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 3.4).



Hình 3.4 . 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) và AO (DAC) 2 kênh 12 bit (SM 332).
- Các mô-dun chức năng FM.

### **3.4 Điều khiển logic mờ**

Phương pháp điều khiển logic mờ nhìn chung bao gồm các bước chính sau đây:

*Bước 1:* Xác định biến trạng thái (biến vào) và biến điều khiển (biến ra) của đối tượng điều khiển và xác định tập nền của các biến.

*Bước 2:* Phân chia tập nền thành các phần tương ứng với các nhãn ngôn ngữ.

*Bước 3:* Xây dựng các tập mờ cho các nhãn ngôn ngữ, tức là xác định dạng hàm thuộc cho mỗi tập mờ.

*Bước 4:* Xây dựng quan hệ mờ giữa các tập mờ đầu vào, tập mờ trạng thái và tập mờ điều khiển tạo thành hệ luật điều khiển.

*Bước 5:* Giải bài toán lập luận xấp xỉ, xác định tập mờ đầu ra của biến điều khiển theo từng luật (phép hợp thành).

*Bước 6:* Kết nhập (aggregation) các giá trị đầu ra.

*Bước 7:* Giải mờ, tìm giá trị điều khiển rõ.

### **3.5. Tổng hợp bộ điều khiển logic mờ hệ thống cấp nước**

Biến ngôn ngữ đầu vào của bộ điều khiển logic mờ là độ sai lệch  $\varepsilon$

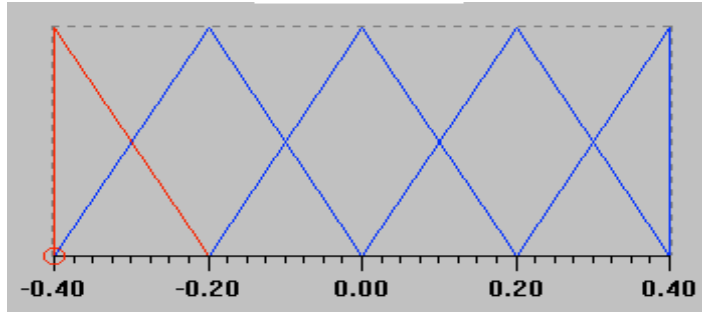
$$\varepsilon = y_d - y$$

trong đó:  $y_d$  là mức nước đặt và  $y$  là mức nước đo được. Ở đây  $\varepsilon$  có miền giá trị xác định vật lý 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 3.5 với:

$$n\_big \in [-0,40 ; -0,20]; n\_small \in [-0,40 ; 0,00 ]; zero \in [-0,20; 0,20 ] \\ p\_small \in [0,00; 0,40 ] \text{ và } p\_big \in [0,20; 0,40 ].$$





Hình 3.5. Phân hoạch các hàm thuộc đầu vào

Trên cơ sở tri thức chuyên gia, hệ luật điều khiển của bộ điều khiển logic mờ hay còn gọi là Bảng FAM (bảng 3.1) được xác định hợp lí nhất như sau:

Nếu  $\varepsilon = n\_big$  thì  $u = zero$  hoặc

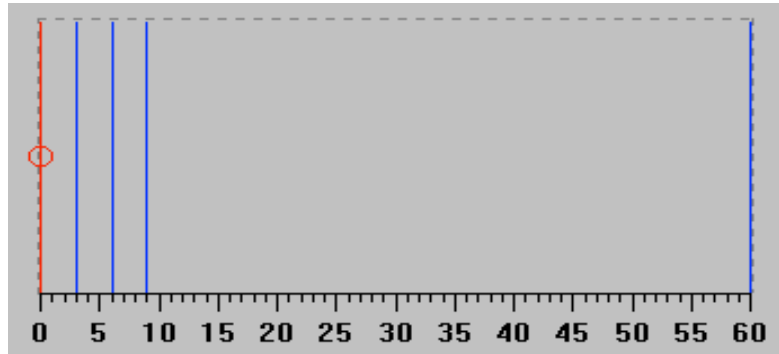
Nếu  $\varepsilon = n\_small$  thì  $u = p\_small$  hoặc

Nếu  $\varepsilon = zero$  thì  $u = p\_middle$  hoặc

Nếu  $\varepsilon = p\_small$  thì  $u = p\_big$  hoặc

Nếu  $\varepsilon = p\_big$  thì  $u = p\_vbig$ .

Trong đó biến đầu ra  $u$  có các giá trị:  $zero$ ,  $p\_small$ ,  $p\_middle$ ,  $p\_big$  và  $p\_vbig$ , với các hàm thuộc được chọn có dạng singleton và các giá trị xác định tương ứng là (0, 3, 6, 9, 60) được biểu diễn trên hình 3.6



Hình 3.6. Phân hoạch hàm thuộc đầu ra điều khiển

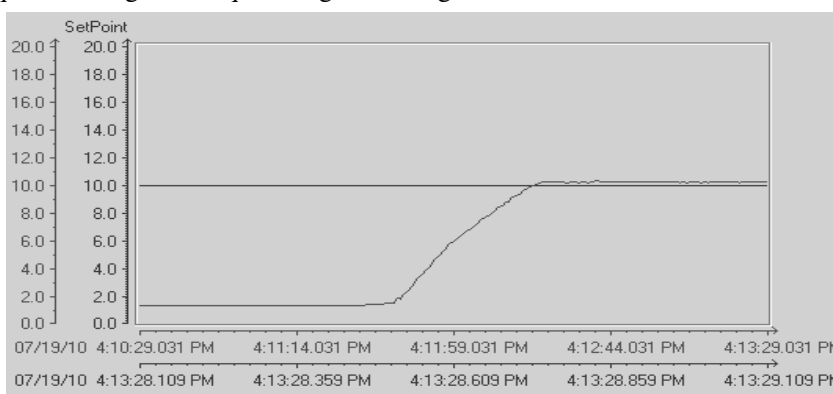
Như vậy bảng FAM chứa tri thức chuyên gia có dạng như sau:

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

Đầu vào $\varepsilon$	$n\_big$	$n\_small$	$zero$	$p\_small$	$p\_big$
Đầu ra $u$	$zero$	$p\_small$	$p\_middle$	$p\_big$	$p\_vbig$

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 3.7.



Hình 3.7. Kết quả điều khiển mờ với mức nước đặt 10.0

#### 4. ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG CẤP NƯỚC KOESTER SỬ DỤNG CẶN ĐẠI SỐ GIA TỬ

Các tập mờ đầu vào  $\varepsilon$  được chuyển sang nhãn ngôn ngữ của ĐSGT như sau:

$n\_big \Rightarrow$  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 đầu ra  $u$  được chuyển sang các nhãn ngôn ngữ của ĐSGT như sau:

$zero \Rightarrow$  Absolute Small (AS)

$p\_Small \Rightarrow$  Small (S)

$p\_middle \Rightarrow$  Middle (M)

$p\_big \Rightarrow$  Large (L)

$p\_vbig \Rightarrow$  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 :

$fm(\text{Small}) = \theta = 0,5$

$fm(\text{Large}) = 1 - fm(\text{Small}) = 1 - 0,5 = 0,5$

Các giá trị ngữ nghĩa định lượng cho các biến đầu vào  $\varepsilon$  và đầu ra  $u$  được tính toán trên cơ sở Phần 2 ở trên như sau:

$$v(\text{Small}) = \theta - \alpha f_m(\text{Small}) = 0.25 \quad (4.1)$$

$$v(\text{Large}) = \theta + \alpha f_m(\text{Large}) = 0.75 \quad (4.2)$$

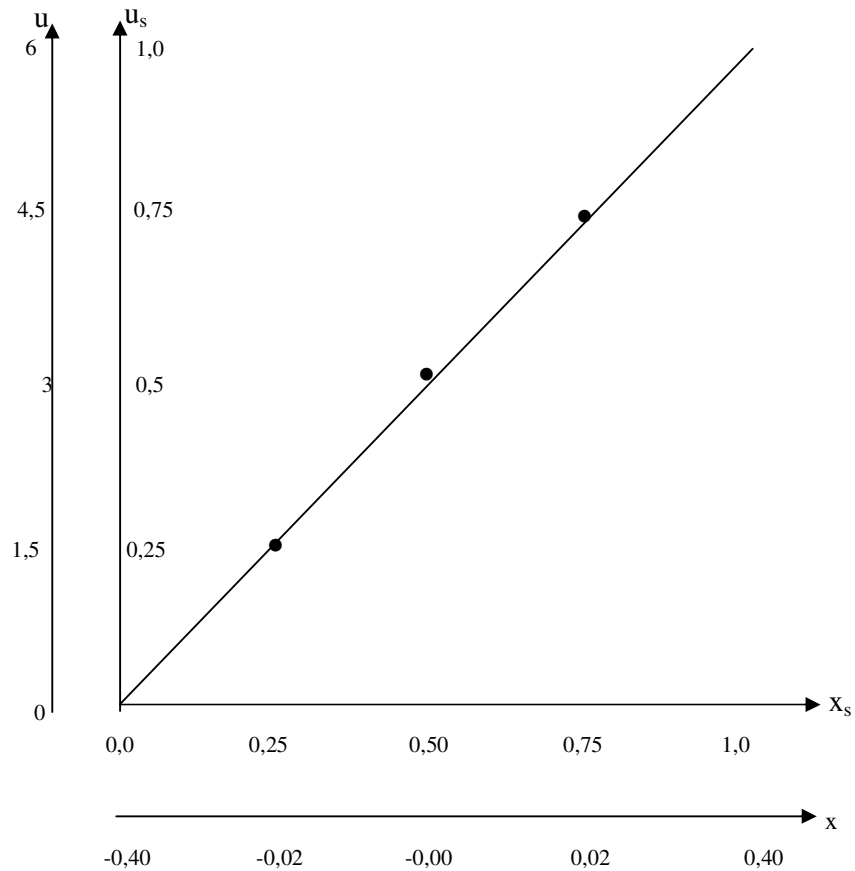
$$v(\text{Absolute Small}) = 0 \quad (4.3)$$

$$v(\text{Absolute Large}) = 1 \quad (4.4)$$

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 được bảng SAM biểu diễn hệ luật điều khiển dựa trên ĐSGT có dạng bảng 3.2 như sau:

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

Đầu vào $\varepsilon_s = x_s$	AS	S	M	L	AL
	0,0	0,25	0,5	0,75	1,0
Đầu ra $u_s$	AS	S	M	L	AL
	0,0	0,25	0,5	0,75	1,0



Hình 3.8. Đường cong ngữ nghĩa định lượng

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

*Bước 1:* Ngữ nghĩa hóa (Semanticization) các biến vào và biến ra

$$x_s = 1,25x + 0,5 \quad (4.8)$$

$$u_s = (1/6)u \quad (4.9)$$

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

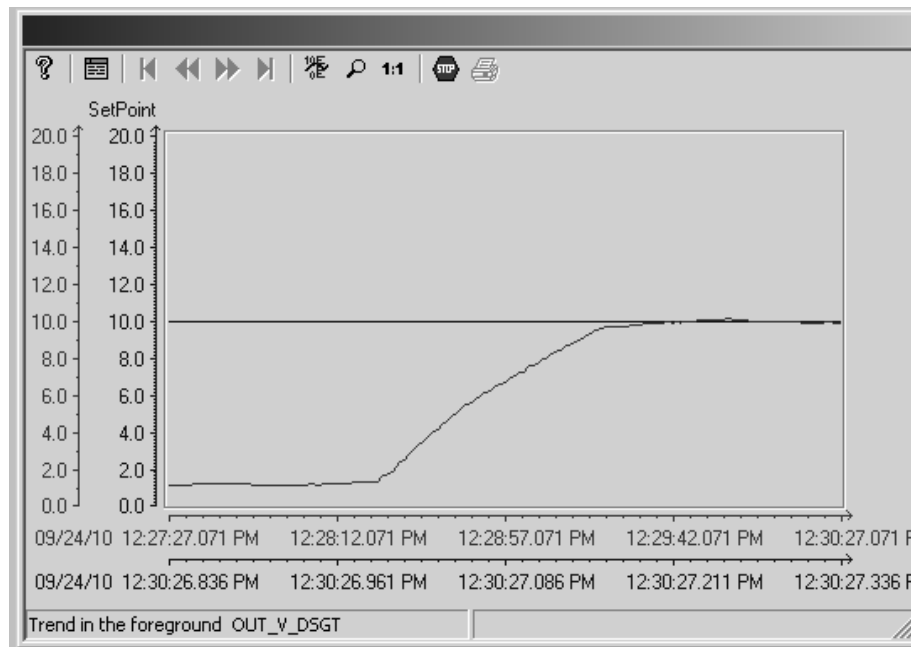
Trong đó:  $x$  và  $x_s$  là giá trị đầu vào và giá trị ngữ nghĩa đầu vào tương ứng  $u$  và  $u_s$  là giá trị đầu ra và giá trị ngữ nghĩa đầu ra tương ứng

*Bước 3:* Giải ngữ nghĩa (Desemanticization)

$$u = 6u_s \quad (4.10)$$

Lưu ý rằng: khi  $x > 0,4$  van được mở hoàn toàn và khi  $x < -0,4$  van được đóng hoàn toàn.

Kết quả điều khiển dựa trên ĐSGT được quan sát và giám sát qua mạng dưới dạng đồ họa trên hình 3.9.



Hình 3.9. Kết quả điều khiển dựa trên ĐSGT với mức nước đặt 10.0

Từ những kết quả thu được qua thử nghiệm điều khiển mức nước trong thời gian thực trên Hệ thống Koester qua mạng máy tính công nghiệp của SIEMENS, với cùng một điều kiện ban đầu và cùng một trạng thái nhiễu, ta thấy quá trình tổng hợp và điều khiển sử dụng ĐSGT, đơn giản hơn nhưng lại cho kết quả chính xác hơn (hình 3.9) so với tiếp cận điều khiển mờ truyền thống (hình 3.7). Đây là kết quả rất quan trọng. Kết quả này cho thấy hoàn toàn có thể đưa lí

thuyết ĐSGT đi xa hơn nữa trên con đường ứng dụng vào thực tế công nghiệp trong tương lai không xa.

## 6. KẾT LUẬN

Trong bài báo này chúng tôi chỉ ra rằng tiếp cận đại số gia tử hoàn toàn khác biệt so với tiếp cận mờ trong lĩnh vực điều khiển. Qua thử nghiệm điều khiển mức nước, một đối tượng gần với thực tế, tại Phòng thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia “ Công nghệ mạng và Đa phương tiện”, cho thấy bộ điều khiển dựa trên ĐSGT đơn giản hơn nhưng cũng hiệu quả hơn so với bộ điều khiển mờ truyền thống (hình 3.7 và hình 3.9). Đạt được kết quả trên là do trong tiếp cận ĐSGT, ý nghĩa của một giá trị ngôn ngữ được biểu diễn qua ngữ nghĩa dựa trên quan hệ giữa giá trị ngôn ngữ đó với những giá trị ngôn ngữ khác còn lại của cùng biến ngôn ngữ. Như vậy có thể thiết lập được ánh xạ định lượng ngữ nghĩa phù hợp bảo toàn được những ràng buộc cơ bản giữa các giá trị ngôn ngữ có trong mô hình mờ. Còn trong tiếp cận mờ truyền thống, giá trị ngôn ngữ được biểu diễn bằng một tập mờ độc lập, không có mối quan hệ ràng buộc gì giữa các tập mờ khác còn lại của biến ngôn ngữ. Tóm lại, tiếp cận ĐSGT đảm bảo các giá trị ngôn ngữ với các ngữ nghĩa được sắp xếp có thứ tự trong miền xác định ngữ nghĩa tương tự như thứ tự tương ứng trên miền xác định các giá trị thực (tập nền) của biến ngôn ngữ. Có nghĩa là chúng ta có một tiếp cận hoàn toàn mới để giải các bài toán điều khiển trong môi trường mờ.

Việc nghiên cứu thử nghiệm lần đầu tiên sử dụng tiếp cận ĐSGT điều khiển trên một hệ thống vật lý - Hệ thống điều khiển lưu lượng và mức nước Koester của Phòng thí nghiệm Mạng công nghiệp thuộc Phòng thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia “ Công nghệ Mạng và Đa phương tiện” cho thấy: lý thuyết ĐSGT đã tạo ra một tiếp cận mới đơn giản và hiệu quả để giải các bài toán điều khiển mờ. Tiếp cận này hoàn toàn khác tiếp cận dựa trên tập mờ. Từ đây mở ra khả năng đưa bộ điều khiển dựa trên ĐSGT vào thực tế công nghiệp trong một tương lai gần.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cavaliere Luisa, Di Lascio Luigi, Gisolfi Antonio - The algebraic properties of the linguistic truth-values, *J. Fuzzy Math.* **5** (4) (1997) 805-827.
2. Badredine Arfi, Linguistic Fuzzy - Logic Game Theory, *Journal of Conflict Resolution* **50** (1) (2006) 28-57.
3. Badredine Arfi - Linguistic Fuzzy-Logic Social Game of Cooperation, *Rationality and Society* **18** (4) (2006) 471-537.
4. Dan Meng, Xu Huang, Zaiquan Zhang and Yang Xu - Double-layer Modificatory Linguistic Truth-value Lattice-valued Evaluation Method, *International Journal of Computer Science and Network Security* **6** (9A) (2006) 167-174.
5. L. Di Lascio, A. Gasilfi and V. Loia - A New Model for Linguistic Modifiers, *International Journal of Approximate Reasoning* **15** (1996) 25-47.
6. L. Di Lascio and A. Gisolfi - Averaging Linguistic Truth Values in Fuzzy Approximate Reasoning, *International Journal of Intelligent Systems* **13** (1998) 301-318.
7. Li Zou, Wenjiang Li and Yang Xu - Six-Element Linguistic Truth-Valued Intuitionistic Reasoning in Decision Making, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin / Heidelberg, Volume 5263/2008, pp. 266-274
8. Li Zou, Da Ruan, Pei Zheng, Xu Yang - A linguistic truth-valued reasoning approach in

- decision making with incomparable information, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems* **19** (4-5) (2008) 335-343.
9. N.C. Ho, H. Van Nam - Towards an Algebraic Foundation for a Zadeh Fuzzy Logic, *Fuzzy Set and System* **129** (2002) 229-254.
  10. Nguyen Cat Ho, Vu Nhu Lan - Hedge Algebras: An Algebraic Approach to Domains of Linguistic Variables and their Applicability, *ASEAN Journal on Science and Technology for Development, AJSTD* **23** (1 & 2) (2006) 1-18.
  11. N. C. Ho, V. N. Lan and L. X. Viet - Quantifying Hedge Algebras. Interpolative reasoning method and its application to some problems of fuzzy control, *Wseas Transactions On Computer* **5** (11) 2519- 2529
  12. Bui Hai Le, Tran Duc Trung, Vu Nhu Lan - Optimal fuzzy control using hedge algebras of a damped elastic jointed inverted pendulum, *Vietnam Journal of Mechanics* **32** (4) (2010) 247-262.
  13. N. C. Ho, V. N. Lan, L. X. Viet - An interpolative reasoning method based on Hedge Algebras and its application to a problem of fuzzy control, *Proceedings of the 10th WSEAS International on COMPUTERS, Vouliagmeni, Athens, Greece, July 13-15*, pp. 526-534.
  14. N. C. Ho, V. N. Lan and L. X. Viet - Optimal hedge-algebras-based controller: Design and application, *Fuzzy Sets and Systems* **159** (2008) 968-989.
  15. Ho N. C., Ha P. T., Lan V. N. - A method build associate memory for fuzzy control problems, *ASEAN Journal on Science and Technology for Development, AJSTD* **25** (2) (2008) 281-294.
  16. N. C. Ho, W. Wechler - Hedge algebra: An algebraic approach to structures of sets of linguistic truth values, *Fuzzy sets and systems* **35** (1990) 281-293.
  17. N. C. Ho, W. Wechler - Extended algebra and their application to fuzzy logic, *Fuzzy sets and systems* **52** (1992) 259-281.
  18. N. C. Ho - A Topological Completion of Refined Hedge Algebras and a model of Fuzziness of Linguistic Terms and Hedges, *Fuzzy Sets and Systems* **158** (4) (2007) 436-451.
  19. N. C. Ho, N. V. 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.

## SUMMARY

### THE WATER LEVEL CONTROL USING HEDGE ALGEBRAS

The paper aims to show an applicability of the algebraic to solving problems of fuzzy system Koster control. The results of the experimentation show that the new method based on hedge algebras is much simpler and easy to control a real process. Because in this approach, linguistic domains of linguistic variables can be considered as hedge algebras and in the case their elements can be ordered linearly by their own meaning, they are considered as linear hedges algebras. So that, an algebraic approach to term-domains of linguistic variables is quite different from the fuzzy sets one in the representation of the meaning of linguistic terms.

In the algebraic approach, the meaning of a term is represented by the semantics based-relationships between this term and the remaining ones, while in the fuzzy sets approach the meaning of a term is expressed by only one fuzzy set alone, but not by relationships between fuzzy sets. It guarantees that the semantics-based order of a terms-domain is 'similar' to the order of the corresponding reference domain and, therefore, one can construct an appropriate SQM which preserves the essential relationships between the terms occurring in a fuzzy model.

*Địa chỉ:*

*Nhận bài ngày 10 tháng 5 năm 2009*

Vũ Chân Hưng, Hoàng Văn Tuấn, Vũ Như Lâm, Đặng Thành Phú,

Viện Công nghệ Thông tin.

Nguyễn Duy Minh,

Khoa CNTT Đại học Thái Nguyên.