

MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA BỘ ĐIỀU KHIỂN MỞ VỚI VIỆC BỔ XUNG TRI THỨC VÀ ĐẦU RA LÀ MỘT TẬP LỖI

LÊ BÁ DŨNG

A mathematical model of fuzzy controller with simultaneous update knowledge is described in this paper.

I. MỞ ĐẦU

Trong quá trình điều khiển mờ với dạng luật

$$\text{If } e \text{ is } E_i \text{ and } c \text{ is } C_j \text{ then } u \text{ is } U_{ij} \quad (1)$$

thì tác động ra luôn là một tập mờ bất kỳ, có thể là một tập lõm hay là một tập lỗi. Khi tác động ra là một tập lõm và các giá trị (grade) của hàm thuộc thấp, thì quá trình chuyển đổi tập mờ đó ra tác động thực thường phức tạp và đôi khi gây ra những sai số trong quá trình chuyển đổi và không đúng với quá trình lập luận xấp xỉ. Để khắc phục những sai số đó và để đảm bảo chắc chắn tác động ra là kết quả của quá trình suy diễn mờ ứng với các đầu vào mờ tương ứng, một mô hình toán học đã được xây dựng dựa trên cơ sở các tín hiệu vào là các tập mờ chuẩn và với phép ánh xạ $T: A \times B \rightarrow C$ đảm bảo tác động ra luôn là một tập mờ lỗi với ít nhất có một giá trị của hàm thuộc là 1, với tập mờ lỗi đó khi ta chuyển đổi ra dạng số thực sẽ chính xác. Bài báo này đề cập đến mô hình toán học của bộ điều khiển mờ trên và với việc bổ xung tri thức trong quá trình điều khiển. Để giải quyết vấn đề đã đặt ra chúng ta đi từ những khái niệm cơ bản sau.

II. MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Để có thể có được cách đặt vấn đề trên, chúng ta đi từ những khái niệm cơ bản của tập mờ chuẩn và phép ánh xạ T theo [1].

Cho X, Y, Z là tập các số thực, $F(X)$ là lớp các tập mờ được định nghĩa ở X và I, J là các tập chỉ số, $A(X) = \{A_i, i \in I, A_i \in F(X)\}$ và $B(Y) = \{B_j, j \in J, B_j \in F(Y)\}$. Theo lý thuyết tập mờ ta có

$$A(X) \times B(Y) = \{A_i \times B_j \mid A_i \in F(X), B_j \in F(Y)\}, \quad (2)$$

trong đó $A_i \times B_j$ là tích Decac (Cartecian product) của tập mờ A_i, B_j với hàm thuộc của nó là

$$\mu_{A_i \times B_j} = \min(\mu_{A_i}(x), \mu_{B_j}(y)). \quad (3)$$

Giả sử $A(X), B(Y), C(Z)$ là lớp các tập mờ, thì ánh xạ

$$T: A(X) \times B(Y) \rightarrow C(Z) \quad (4)$$

gọi là phép ánh xạ $A(x) \times B(y)$ vào $C(z)$ như vậy có nghĩa là ảnh của $A \times B$ dưới phép ánh xạ T là $T(A, B)$ và dạng luật (1) có thể được biểu diễn dưới ánh xạ sau

$$T(E_i, C_j) = U_{ij} \text{ với } i \in I, j \in J. \quad (5)$$

Giả sử ta có $A(X) \subset F(X), B(Y) \subset F(Y), C(Z) \subset F(Z)$ phép ánh xạ

$$F: F(X) \times F(Y) \rightarrow F(Z) \quad (6)$$

thỏa mãn theo nguyên lý mở rộng đều đặn (regular extension) của ánh xạ T khi

- 1) $\forall A \in F(X), b \in F(Y)$ thì $F(A, B) = T(A, B)$ (7)
- 2) I, J là tập hữu hạn và khi $A_i \in A(X), i \in I$ và $B_j \in B(Y), j \in J$ thì

$$F(\cup_i A_i, \cup_j B_j) = \cup_{i,j} T(A_i, B_j).$$

Tập mờ A là tập mờ chuẩn với $A(X) = \{A_i \mid i \in I, A_i \in F(X)\}$ khi

$$\text{Max} \min_{i \in I, i \neq j, x \in X} \mu_{A_i}(x), \mu_{A_j}(x) = a \leq 1 \quad (8)$$

Tồn tại một $x \in X$ và $\mu_{A_i}(x) = 1$.

A^* là mặt cắt của tập mờ A khi

$$\mu_{A^*}(x) = \begin{cases} \mu_a(x), & \text{khi } \mu_a(x) > a \\ 0, & \text{khi } \mu_a(x) \leq a \end{cases} \quad (9)$$

Với $A(X) = [A_i | i \in I, A_i \in F(X)]$ và $B(Y) = [B_j | j \in J, B_j \in F(Y)]$ là các tập mờ chuẩn, T là ánh xạ của $A(X) \times B(Y) \rightarrow C(Z)$ vậy sẽ tồn tại một quan hệ mờ ở không gian (product space) $X \times Y \times Z$ sao cho

$$T(A_i, B_j) = (A_i^* \times B_j^*) \circ R \quad \forall A_i \in A(X), B_j \in B(Y) \quad (10)$$

\circ là phép hợp thành và quan hệ mờ trong không gian $X \times Y \times Z$ là

$$\mu_R(x, y, z) = \min \min(\mu_{A_i^*}(x), \mu_{B_j^*}(y)) * \mu_{T(A_i, B_j)}(z) \quad (11)$$

$*$ là toán tử

$$a * b = \begin{cases} b, & \text{nếu } a > b \\ 0, & \text{nếu } a \leq b \end{cases}$$

$$\mu_{T(A, B)} = \max (\min_{x, y} (\mu_{A_i^*}(x), \mu_{B_j^*}(y), \mu_R(x, y, z))) \quad (12)$$

Với $A(X) = [A_i | i \in I, A_i \in F(X)]$ và $B(Y) = [B_j | j \in J, B_j \in F(Y)]$ là lớp các tập mờ chuẩn, T là ánh xạ trên $A(X) \times B(Y)$ với bất kỳ $x \in X, y \in Y$. Nếu tồn tại một $i^* \in I, j^* \in J$ sao cho $\mu_{A_{i^*}}(x) > a$ và $\mu_{B_{j^*}}(y) > b$ thì

$$\mu_R(x, y, z) = \min(\min_{x, y} (\mu_{A_{i^*}}(x), \mu_{B_{j^*}}(y)) * \mu_{T(A_{i^*}, B_{j^*})}(z)) \quad (13)$$

hoặc

$$\mu_R(x, y, z) = 1.$$

Với T là ánh xạ $T: A(X) \times B(Y) \rightarrow C(Z)$. Nếu $A(X)$ và $B(Y)$ là lớp các tập mờ chuẩn thì tồn tại một nguyên lý mở rộng đều đặn của ánh xạ T

$$\mu_{A^*}(x) = \begin{cases} \mu_A(x), & \text{khi } \mu_A(x) > a \\ 0, & \text{khi } \mu_A(x) \leq a \end{cases} \quad (14)$$

$$\mu_{B^*}(x) = \begin{cases} \mu_B(x), & \text{khi } \mu_B(x) > b \\ 0, & \text{khi } \mu_B(x) \leq b \end{cases}$$

A^* là mặt cắt của A trên $A(X)$ nếu $A \in A(X)$ và B^* là mặt cắt của B trên $B(Y)$ nếu $B \in B(Y)$, R là quan hệ của phép ánh xạ T . Gọi S là phép ánh xạ của $F(X) \times F(Y) \rightarrow F(Z)$ thì

$$S(A, B) = (A^* \times B^*) * R. \quad (15)$$

Theo (7) thì $S(A, B)$ chính là nguyên lý mở rộng đều đặn của phép ánh xạ T .

Với $A(X), B(Y), C(Z)$ là các tập mờ chuẩn được định nghĩa ở trên các tập số thức X, Y, Z . Bộ điều khiển $C = C(P, F)$ với $P = P(A(X), B(Y), C(Z), T)$ thể hiện các luật điều khiển được xây dựng theo tri thức của các chuyên gia. T là phép ánh xạ từ $A(X) \times B(Y) \rightarrow C(Z)$, F là nguyên lý mở rộng đều đặn của ánh xạ T và F được coi là bộ đầu ra của bộ điều khiển $C = C(P, F)$ và được kí hiệu là $F(A, B)$.

Nếu ta có các quan sát ở đầu vào là A' và B' của bộ điều khiển $C = C(P, F)$, thì tác động của bộ điều khiển sẽ là

$$\mu_{F(A, B)}(z) = \max(\min_{x, y}(\mu_{A'}(x), \mu_{B'}(y)) * \mu_R(x, y, z) \Rightarrow \mu_R(x', y', z') \quad (16)$$

R là quan hệ mờ được xác định bởi T .

III. QUÁ TRÌNH BỔ XUNG TRI THỨC

Quá trình bổ xung tri thức được hình thành qua quá trình bổ xung luật điều khiển vào hệ luật lúc ban đầu. Ta có thể khái quát vấn đề đó như sau

"Nếu < điều kiện 1 > thì < kết quả 1 >

"Nếu < kết quả 1 > thì < kết quả 2 > (17)

.....

Đương nhiên trong thiết kế bộ điều khiển mờ thì việc bổ xung tri thức dưới dạng luật điều khiển thật là khó khăn. Việc mở rộng tri thức ở đây được nghiên cứu và được bổ xung theo phương pháp gián tiếp. Theo phương pháp gián tiếp chúng ta có thể bổ xung tri thức theo một phương pháp sau

- + Chính định các hằng số tỷ lệ
- + Chính định hoặc thay đổi quan hệ mờ
- + Kết hợp cả hai cách

Trong bài báo này chúng tôi đề cập đến cách thứ hai. Ta biết rằng mỗi luật điều khiển trong hệ luật điều khiển xây dựng theo tri thức của các chuyên gia luôn luôn tồn tại tại một quan hệ mờ. Ta lấy ví dụ theo phép suy diễn GMP (Generalized moduls ponens) thì

$$\begin{aligned} & x \text{ is } A' \\ & \text{if } x \text{ is } A \text{ then } y \text{ is } B \end{aligned} \quad (18)$$

.....

Kết luận y is B' .

Luật (17) tồn tại một quan hệ mờ R giữa A và B . Quan hệ mờ đó được tính là tích Decac $A \times B$ trên không gian $X \times Y$ và B' được tính

$$B' = A' \star R \quad (19)$$

\star là phép hợp thành.

Trong thực tế điều khiển các quá trình công nghệ, tác động điều khiển ở thời điểm hiện tại thường có sự đóng góp của tác động điều khiển ở thời điểm trong quá khứ. Như vậy ở một thời điểm trong quá khứ (giả sử ở thời điểm $k - n$) thì hệ (17) sẽ có dạng

$$\begin{aligned} x \text{ is } A'(k - n) \\ \text{If } x \text{ is } A \text{ then } y \text{ is } B \end{aligned} \quad (20)$$

.....

Kết luận $y \text{ is } B'(k - 1)$

Khi đó (18) có dạng

$$B'(k - n) = A'(k - n) \star R \quad (21)$$

\star là phép hợp thành.

Như vậy ta có tác động ra B' từ quá trình quan sát được ở đầu vào là A' và như vậy ở thời điểm điều khiển ($k - n$) sẽ tồn tại một quan hệ mờ

$$R(k - n) = B'(k - n) \times A'(k - n). \quad (22)$$

Ở đây ta thấy ở thời điểm k ta có quan hệ mờ $R(k)$, ở thời điểm quá khứ ($k - n$) ta có quan hệ mờ $R(k - n)$. Trên cơ sở các quan hệ mờ trên hình thành một quan hệ mờ mới được tính toán như sau

$$R_{m\text{oi}} = R(k) \cup R(k - n). \quad (23)$$

Định lý Quan hệ $R_{m\text{oi}}$ được tính theo (22) thỏa mãn nguyên lý mở rộng của phép ánh xạ T khi với mọi $i \in I$ và $j \in J$ ta đều có

$$F(A_i, B_j) = (A_i^* \times B_j^*) \star R_{m\text{oi}} \quad (24)$$

IV. NHỮNG ĐIỂM CẦN LƯU Ý VÀ CÁC BƯỚC THỰC HIỆN

Để thực hiện những vấn đề nêu ra ở trên cần thiết phải quan tâm đến một số điểm sau đây

+ Đối với các đối tượng nhiệt, hoá chất, thực phẩm (có thể coi là đối tượng có trễ) thì việc chọn tác động ở thời điểm quá khứ đóng góp vào tác động ở thời điểm hiện tại thường được chọn $(k - n)$ đúng bằng độ trễ của đối tượng điều khiển.

+ Các đối tượng khác thường chọn $(k - n)$ bằng 1-2 thời gian của thời gian cắt mẫu.

Các bước thực hiện

- 1) Hệ luật điều khiển được xây dựng trên cơ sở các biến ngôn ngữ (PM, NM...)
- 2) Đổi các giá trị ngôn ngữ ra các tập mờ chuẩn theo (8)
- 3) Tính toán sai lệch điều khiển $E(k)$, $c(k)$ và đổi ra tập mờ chuẩn
- 4) Tính toán $R(k)$, $R(k - n)$, $R_{môi}$ theo (23)
- 5) Tính toán tác động ra $F(E, C)$ theo (24)

V. KẾT LUẬN

Trên đây là một mô hình toán học của bộ điều khiển mờ có bổ xung tri thức được thu nhận được trong quá trình điều khiển. Điều đó cho phép ta thấy rằng tri thức hay luật điều khiển được bổ xung thêm qua các thời điểm cắt mẫu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Song Da Hy, A mathematical model and logarithm of fuzzy controller, Appl. of fuzzy set Mehtodologies in Industrial Engineering - Elsevier 1989.
2. Zadeh L.A., Outline of new approach to the analysis of complex systems and decision process, IEEE Trans. Syst. Man Cybern. 1973.
3. Lê Bá Dũng, Thiết kế bộ điều khiển tự chỉnh PID trên cơ sở hệ luật, Tuyển tập báo các HNTĐH lần thứ nhất, Hà nội 1994.

Viện công nghệ thông tin

Nhận ngày 24, 11 1995