Tạp chí Tin học và Điều khiển học, T.23, S.3 (2007), 201–211

XÁC ĐỊNH TRỌNG SỐ TỐI ƯU CHO PHÉP TÍCH HỢP TRONG PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN MỜ SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ BẰNG GIẢI THUẬT DI TRUYỀN

NGUYỄN CÁT HỒ[1], PHẠM THANH HÀ[2], VŨ NHƯ LÂN[1]

[1] *Viện Công nghệ thông tin, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam*
[2] *Trường Đại học Giao thông Vận tải Hà Nội*

Abstract. In the recent researches [9–11], fuzzy control methods using hedge algebra have been introduced and investigated. To develop the method continuously, in this paper, we proposed a solution to build AND operation as integrated operation having weights and used genetic algorithm to determine optimal weights of the integrated operation.

Tóm tắt. Trong một số nghiên cứu gần đây [9,10,11] các tác giả đã đề cập và phát triển phương pháp điều khiển mờ sử dụng gia tử. Tiếp tục phát triển phương pháp điều khiển mờ trên trong bài báo này chúng tôi đề xuất giải pháp xây dựng phép toán AND như một phép tích hợp có trọng số và sử dụng giải thuật di truyền để xác định bộ trọng số tối ưu cho phép tích hợp này.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Điều khiển logic mờ (Fuzzy Logic Control) là một trong những ứng dụng của lý thuyết tập mờ được nhiều tác giả quan tâm nghiên cứu. Về cơ bản mỗi quá trình điều khiển mờ đều sử dụng một mô hình mờ có dạng

If $X_1 = A_{11}$ AND ... AND $X_m = A_{1m}$ then $Y = B_1$
If $X_1 = A_{21}$ AND ... AND $X_m = A_{2m}$ then $Y = B_2$ (1)
...
If $X_1 = A_{n1}$ AND ... AND $X_m = A_{nm}$ then $Y = B_n$

trong đó A_{ij} và B_i, $i = 1, ..., n$, $j = 1, ..., m$, là những từ ngôn ngữ mô tả các đại lượng của biến ngôn ngữ X_j và Y, mô hình này được gọi là bộ nhớ mờ liên hợp FAM (Fuzzy Associate Memory). Ứng với các giá trị (hoặc giá trị mờ, hoặc giá trị thực) của các biến đầu vào đã cho, hãy tính giá trị đầu ra của biến Y.

Dựa trên cách tiếp cận của lý thuyết tập mờ, chúng ta quan niệm: Ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ của các biến ngôn ngữ trong mô hình mờ được biểu thị bằng các tập mờ. Khi đó mỗi mô hình mờ sẽ được mô phỏng bằng một quan hệ mờ hai ngôi R. Khi đó ứng với vectơ đầu vào A_0, giá trị của biến đầu ra được tính theo công thức $B_0 = A_0 * R$, trong đó $*$ là một phép kết nhập (Aggreegation operator).

Hiệu quả của cách tiếp cận này nói chung phụ thuộc nhiều yếu tố rất căn bản chẳng hạn như lựa chọn tập mờ (bài toán xây dựng các hàm thuộc), xây dựng quan hệ mờ mô phỏng tốt nhất mô hình mờ (tri thức) và bài toán lựa chọn phép kết nhập [7, 8].

Đại số gia tử cung cấp một cơ sở toán học cho việc biểu diễn ngữ nghĩa các từ của biến ngôn ngữ và hình thức hóa tính mờ ngôn ngữ và xây dựng độ đo tính mờ một cách hợp lý [3-5]. Trên cơ sở đó mỗi luật điều khiển mờ "If $X_1 = A_{i1}$ AND ... AND $X_m = A_{im}$ then $Y = B_i,\ i = 1..n$" được xác định như một điểm trong R^{m+1}, thông qua việc xây dựng các phép tích hợp như AND=PRODUCT hoặc AND=MIN các điểm (luật điều khiển) trên tạo nên đường cong ngữ nghĩa định lượng trong R^2. Kết quả điều khiển được xác định dựa vào việc nội suy tuyến tính trên đường cong này [10, 11]. Tuy nhiên việc sử dụng các phép tích hợp như AND=PRODUCT hoặc AND=MIN còn đơn giản và mang tính áp đặt cảm tính. Để tiếp tục giải quyết vấn đề này chúng tôi đưa ra một cách tiếp cận mới như sau: Xây dựng phép AND như phép tích hợp có trọng số và sử dụng giải thuật di truyền để xác định các trọng số này.

1. ĐẠI SỐ GIA TỬ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN MỜ SỬ DỤNG ĐẠI SỐ GIA TỬ

1.1. Đại số gia tử của biến ngôn ngữ

Giả sử X là một biến ngôn ngữ và miền giá trị của X là $Dom(X)$. Một đại số gia tử AX tương ứng của X là một bộ 4 thành phần $AX = (Dom(X), C, H, \leqslant)$ trong đó C là tập các phần tử sinh, H là tập các gia tử và quan hệ, "$\leqslant$" là quan hệ cảm sinh ngữ nghĩa trên X.

Trong đại số gia tử $AX = (Dom(X), C, H, \leqslant)$ nếu $Dom(X)$ và C là tập sắp thứ tự tuyến tính thì AX được gọi là đại số gia tử tuyến tính.

1.2. Các hàm đo trong đại số gia tử tuyến tính (xem [3–5])

Trong phần này ta sử dụng đại số gia tử $AX = (X, C, H, \leqslant)$ là đại số gia tử tuyến tính với $C = \{c^-, c^+\} \cup \{0, 1, W\}$, $H = H^- \cup H^+$, $H^- = \{h_{-1}, h_{-2}, ..., h-q\}$ thỏa $h_{-1} < h_{-2} < ... < h_{-q}$ và $H^+ = \{h_1, h_2, ..., h_p\}$ thỏa $h_1 < h_2 < ... < h_p$.

Gọi $H(x)$ là tập các phần tử của X sinh ra từ x bởi các gia tử. Nghĩa là $H(x)$ bao gồm các khái niệm mờ mà nó phản ánh ý nghĩa nào đó của khái niệm x. Vì vậy, kích thước của tập $H(x)$ có thể biểu diễn tính mờ của x. Từ đó, ta có thể định nghĩa độ đo tính mờ như sau: Độ đo tính mờ của x, ta ký hiệu là $fm(x)$, là đường kính của tập $f(H(x)) = \{f(u) : u \in H(x)\}$.

Định nghĩa 1.1. Cho đại số gia tử $AX = (X, C, H, \leqslant)$. Hàm $fm : X \to [0, 1]$ được gọi là hàm độ đo tính mờ của các phần tử trong X nếu:

fm1) $fm(c^-) + fm(c^+) = 1$ và $\Sigma_{h \in H} fm(hu) = fm(u),\ \forall u \in X$.

fm2) $fm(x) = 0, \forall x$ sao cho $H(x) = \{x\}$. Đặc biệt, $fm(0) = fm(W) = fm(1) = 0$.

fm3) $\forall x,\ y \in X,\ \forall h \in H,\ \dfrac{fm(hx)}{fm(x)} = \dfrac{fm(hy)}{fm(y)}$, tỷ lệ này không phụ thuộc vào x, y và được gọi là độ đo tính mờ của gia tử h, ký hiệu là $\mu(h)$.

Mệnh đề 1.1. *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) $\Sigma_{-q \leqslant i \leqslant p,\ i \neq 0} fm(h_i c) = fm(c)$ *với c* $c \in \{c^-, c^+\}$.

iv) $\Sigma_{-q \leqslant i \leqslant p,\ i \neq 0} fm(h_i x) = fm(x)$.

v) $\Sigma_{-q \leqslant i \leqslant -1} \mu(h_i) = \alpha$ *và* $\Sigma_{1 \leqslant i \leqslant p} \mu(h_i) = \beta$ *trong đó* $\alpha, \beta > 0$ *và* $\alpha + \beta = 1$.

Định nghĩa 1.2. Hàm dấu $sign : X \to \{-1, 0, 1\}$ được định nghĩa đệ quy như sau:

i) $sign(c^-) = -1,\ sign(c^+) = +1$.

ii) $sign(h'hx) = -sign(hx)$ nếu h' âm đối với h và $h'hx \neq hx$.

iii) $sign(h'hx) = sign(hx)$ nếu h' dương đối với h và $h'hx \neq hx$.

iv) $sign(h'hx) = 0$ nếu $h'hx = hx$.

Mệnh đề 1.2. *Với mọi gia tử h và phần tử $x \in X$ nếu $sign(hx) = +1$ thì $hx > x$ và nếu $sign(hx) = -1$ thì $hx < x$.*

Định nghĩa 1.3. 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) $v(h_jx) = v(x) + sign(h_jx)\{\sum_{i=Sign(j)}^{j} fm(h_ix) - \omega(h_jx)fm(h_jx)\},\ j \in [-q \wedge p]$,

trong đó $\omega(h_jx) = \frac{1}{2}[1 + sign(h_jx)sign(h_ph_jx)(\beta - \alpha)] \in \{\alpha, \beta\},\ [-q \wedge p] = \{j : -q \leqslant j \leqslant p,\ j \neq 0\}$.

Mệnh đề 1.3. *Với mọi phần tử $x \in X$ ta có $0 \leqslant v(x) \leqslant 1$.*

1.3. Phương pháp điều khiển mờ sử dụng đại số gia tử

Mô hình mờ (1) có thể được biểu diễn thông qua một bảng (ma trận) nhiều chiều ứng với các biến ngôn ngữ, gọi là bảng FAM (Fuzzy Associate Memory). Với việc sử dụng đại số gia tử và ánh xạ ngữ nghĩa định lượng (xem định nghĩa 1.3) các từ của biến ngôn ngữ được định lượng trong đoạn [0,1] và mô hình mờ trên có thể được biểu diễn qua một bảng thực, gọi là bảng ngữ nghĩa định lượng SAM (Simanticization Associate Memory).

Cho mô hình mờ (1), phương pháp điều khiển mờ sử dụng gia tử gồm các bước:

Bước 1. Xây dựng các đại số gia tử cho các biến ngôn ngữ X_i, Y với $i = 1..m$ (xem 1.1).

Bước 2. Xác định các tham số (θ, α, β) của ánh xạ ngữ nghĩa định lượng và tính toán các giá trị ngữ nghĩa định lượng cho các giá trị ngôn ngữ của các biến ngôn ngữ (xem 1.2).

Bước 3. Xác định các giá trị ngôn ngữ ứng với các tập mờ của từng biến ngôn ngữ, chuyển đổi bảng FAM sang bảng SAM.

Bước 4. Xây dựng khoảng xác định các gia tử của từng biến ngôn ngữ.

Khoảng xác định gia tử là cơ sở xác định ánh xạ từ tập giá trị ngữ nghĩa định lượng của biến ngôn ngữ đến tập giá trị của biến điều khiển. Chẳng hạn cho biến vật lý $y \in [y_0, y_1]$, $y_s \in [s_0, s_1]$ là giá trị ngữ nghĩa định lượng của biến ngôn ngữ Y tương ứng của y, khi đó giá trị định lượng y_s có thể được xác định theo công thức $y_s = s_0 + (y - y_0)(s_0 - s_1)/(y_1 - y_0)$. Khoảng xác định gia tử là cơ sở xác định ánh xạ từ tập giá trị ngữ nghĩa định lượng của biến ngôn ngữ đến tập giá trị của biến điều khiển. Chẳng hạn cho biến vật lý $y \in [y_0, y_1]$, $y_s \in [s_0, s_1]$ là giá trị ngữ nghĩa định lượng của biến ngôn ngữ Y tương ứng của y, khi đó giá trị định lượng y_s được xác định theo công thức $y_s = s_0 + (y - y_0)(s_0 - s_1)/(y_1 - y_0)$.

Bước 5. Xây dựng đường cong ngữ nghĩa định lượng trên cơ sở bảng SAM.

Xây dựng phép tích hợp AND để ánh xạ các điểm cho bởi mô hình SAM thành các điểm trong R^2. Ví dụ, lấy một điểm của bảng SAM (if $x = x_1$ AND $y = y_2$ then $z = z_{12}$) nếu ta lấy AND=PRODUCT ta sẽ có một điểm của đường cong ngữ nghĩa định lượng $(x_1 * y_2, z_{12})$.

Bước 6. Xác định kết quả điều khiển dựa trên đường cong ngữ nghĩa định lượng (sử dụng phép nội suy tuyến tính): Giả sử cho 2 điểm (x_1, y_1), (x_2, y_2) và $x \in [x_1, x_2]$; phép nội suy tuyến tính cho $y = y_1 + (x_2 - x_1)/(y_2 - y_1)$.

Với việc sử dụng các phép tích hợp AND =PRODUCT, AND=MIN một số bài toán điều khiển mờ đã được giải quyết ([10, 11]) cho kết quả tốt hơn phương pháp điều khiển mờ truyền thống.

2. GIẢI PHÁP SỬ DỤNG GIẢI THUẬT DI TRUYỀN XÁC ĐỊNH TRỌNG SỐ TỐI ƯU CHO PHÉP TÍCH HỢP

2.1. Tổng quan về giải thuật di truyền

GA thực hiện tiến trình tìm kiếm lời giải tối ưu theo nhiều hướng, bằng cách duy trì một quần thể các lời giải, và thúc đẩy sự hình thành và trao đổi thông tin giữa các hướng này. Quần thể trải qua tiến trình tiến hoá: ở mỗi thế hệ lại tái sinh các lời giải tương đối tốt, trong khi các lời giải tương đối xấu thì chết đi. Để phân biệt các lời giải khác nhau, hàm mục tiêu được dùng để đóng vai trò môi trường.

Cấu trúc của một giải thuật di truyền đơn giản tương tự với cấu trúc của bất kỳ chương trình tiến hoá nào. Ở bước lặp t, thuật giải di truyền duy trì một quần thể các lời giải (các nhiễm sắc thể, các véc tơ), $P(t) = \{x_1^t, ..., x_n^t\}$. Mỗi lời giải x_i^t được lượng giá để biết được độ thích nghi của nó. Rồi một quần thể mới được hình thành bằng cách chọn giữ lại những cá thể thích nghi nhất. Một số cá thể của quần thể này trải qua những biến đổi nhờ phép lai tạo và đột biến, hình thành nên các lời giải mới. Phép lai tạo kết hợp các tính chất của 2 nhiễm sắc thể cha và mẹ để tạo ra các nhiễm sắc thể con bằng cách hoán vị các đoạn gien tương ứng của cha mẹ, phép lai cho phép trao đổi thông tin giữa các lời giải. Khác với phép lai, phép đột biến thay đổi một cách ngẫu nhiên một hay nhiều gien của nhiễm sắc thể được chọn với một xác suất thể hiện tốc độ đột biến, phép đột biến cho phép đưa thêm các thông tin mới vào quần thể làm cho chất liệu di truyền thêm phong phú.

2.2. Giải thuật di truyền (Genetic Algorithm- GA)

Thủ tục GA () //Giải bài toán tối ưu
{ $k = 0$;
  //Khởi tạo quần thể P_0 ngẫu nhiên. Tính giá trị hàm mục tiêu cho từng cá thể
  khởi_tạo (P_k);
  tính_hàm_mục_tiêu (P_k);
  //Đặt lời giải của giải thuật bằng cá thể có giá trị hàm mục tiêu tốt nhất
  X_{best}=tốt_nhất(P_k)
  Do { //Chuyển đổi giá trị hàm mục tiêu thành giá trị độ phù hợp và
    //tiến hành hành chọn lọc lai tạo quần thể bố mẹ P_{parent}
    P_{parent}= chọn_lọc(P_k);
    //Tiến hành lai ghép và đột biến tạo ra quần thể cá thể con P_{child}
    P_{child} = đột_biến (lai_ghép (P_{parent}));
    //Thay thế quần thể hiện tại bằng quần thể cá thể con

```
            k = k + 1;
            P_k = P_child;
            tính_hàm_mục_tiêu(P_k);
            //Nếu giá trị hàm mục tiêu obj của cá thể tốt nhất X trong quần thể
            //P_k lớn hơn giá trị hàm mục tiêu của X_best thì thay thế lời giải
        X = tốt_nhất (P_k);
        if (obj(X) > obj(X_best)) X_best = X;
        } while (k < G); //Tiến hành G thế hệ
    return (X_best); //Trả về lời giải của giải thuật GA
}
```

Các khía cạnh cần được xem xét khi áp dụng giải thuật di truyền để giải một bài toán bao gồm: Mã hoá lời giải thành cá thể dạng chuỗi, hàm xác định giá trị độ phù hợp, sơ đồ chọn lọc các cá thể bố mẹ, toán tử lai ghép, toán tử đột biến và chiến lược thay thế hay còn gọi là toán tử tái tạo, cụ thể, để biểu diễn các cá thể ta có thể sử dụng mã hoá nhị phân, tham biến $x \in [U_{\min}, U_{\max}]$ được biểu diễn bởi một chuỗi L bit với tỷ lệ co giãn $g = \dfrac{U_{\max} - U_{\min}}{2^L - 1}$.

Hàm cần tối ưu được chọn làm cơ sở để tính độ phù hợp của từng chuỗi cá thể.

Toán tử lai ghép có thể là toán tử một điểm cắt, giả sử chuỗi cá thể có độ dài L (có L bít), toán tử lai ghép được tiến hành qua hai giai đoạn:

+ Hai cá thể trong quần thể bố, mẹ được chọn ngẫu nhiên với phân bố xác suất đều.

+ Sinh ngẫu nhiên số j trong đoạn $[1, L-1]$. Hai cá thể con được tạo bằng cách sao chép các ký tự từ 1 đến j và tráo đổi các ký tự từ $j+1$ đến L.

Toán tử đột biến có thể xây dựng như sau: duyệt từng gien của từng cá thể con được sinh ra sau khi tiến hành toán tử lai ghép và tiến hành biến đổi giá trị từ 0 sang 1 hoặc ngược lại với một xác suất p_m được gọi là xác suất đột biến.

Sau cùng là chiến lược thay thế hay còn gọi là toán tử tái tạo. Ta có thể sinh ra quần thể con từ quần thể hiện tại thông qua 3 toán tử là chọn lọc, lai ghép và đột biến thay thế hoàn toàn quần thể hiện tại của thế hệ tiếp theo.

Giải thuật di truyền phụ thuộc vào bộ 4 (N, p_c, p_m, G), trong đó N - số cá thể trong quần thể, p_c - xác suất lai ghép, p_m - xác suất đột biến và G - số thế hệ cần tiến hoá, là các tham số điều khiển của giải thuật. Cá thể có giá trị hàm mục tiêu tốt nhất của mọi thế hệ là lời giải cuối cùng của giải thuật, quần thể đầu tiên được khởi tạo một cách ngẫu nhiên.

Giải thuật di truyền cổ điển gặp khó khăn về sự hội tụ. Thông qua xích Markov [12, 15], giải thuật di truyền cổ điển do Holland đề xuất đã được chứng minh là không đảm bảo sự hội tụ hoặc không hội tụ tới lời giải toàn cục. Tuy nhiên với việc cải tiến các chiến lược thay thế hoặc toán tử đột biến có thể giúp GA hội tụ [1, 2].

Trên thực thế giải thuật di truyền đã được dùng để giải quyết nhiều bài toán tối ưu trong đó có bài toán cực tiểu hàm F với N biến, kết quả được đánh giá là ổn định với số biến N không quá lớn [6, 14]

2.3. Giải pháp tối ưu trọng số cho phép tích hợp bằng giải thuật di truyền

Đối với phương pháp điều khiển mờ sử dụng đại số gia tử, việc xử lý phép tích hợp AND có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong việc xây dựng đường cong định lượng ngữ nghĩa (Bước 5). Một trong những phương án là xây dựng phép AND như một tích hợp có trọng số, cụ thể một điểm $(x_1, x_2, ..., x_n) \in R^n$ sẽ được tích hợp thành $w_1x_1 + w_2x_2 + ... + w_nx_n \in R$. Mô hình SAM qua phép tích hợp này cho ta đường cong ngữ nghĩa định lượng trong không gian R^2. Kết quả điều khiển (Bước 6) được nội suy dựa trên đường cong này.

Vấn đề đặt ra là xác định các trọng số $w_1, ..., w_n$ để sai số của điều khiển là tối ưu. Rõ ràng nếu sử dụng phép tích hợp như trên, sai số của điều khiển sẽ là một hàm n biến $w_1, ..., w_n$.

Như đã phân tích ở Mục 2.3, GA có khả năng cực tiểu hàm n biến, với khả năng này của GA chúng ta sẽ xác định được bộ trọng số tối ưu của phép tích hợp theo trọng số trong phương pháp điều khiển mờ sử dụng đại số gia tử sao cho sai số của điều khiển cực tiểu.

Thông qua việc triển khai một ứng dụng ở Mục 3 chúng tôi sẽ có những so sánh với các giải pháp khác như AND=MIN.

3. ỨNG DỤNG

3.1. Bài toán. Xét bài toán điều khiển máy bay hạ cánh ([13]).

Phương trình động học $h(i+1) = h(i)+v(i)$, $v(i+1) = v(i)+f(i)$, trong đó $v(i), h(i), f(i)$ là tốc độ, độ cao và lực điều khiển máy bay tại thời điểm i, đơn vị đo của độ cao ft, vận tốc ft/s, lực điều khiển lbs.

Quỹ đạo tối ưu cho mô hình máy bay hạ cánh có dạng $v = -(20/(1000)^2)/h^2$ ([10, 11]).

Sai số về tốc độ hạ cánh (e_F) qua n chu kì điều khiển $e_F = (\sum_{i=1}^{n}(v_{i0}(F) - v_i(F))^2)^{1/2}$ trong đó $v_{i0}(F)$ là tốc độ hạ cánh tối ưu tại chu kỳ i ứng với $h(i)$, $v_i(F)$ là tốc độ hạ cánh tại chu kỳ i ứng với $h(i)$.

Miền giá trị của các biến ngôn ngữ và tập luật điều khiển mờ thể hiện trên Bảng 1, 2.

Bảng 1. Miền giá trị của các biến ngôn ngữ

Độ cao máy bay	Tốc độ máy bay	Lực điều khiển
Large(L)	UpLarge(UL)	UpLarge(UL)
Medium(M)	UpSmall(US)	UpSmall(US)
Smal(S)	Zero(Z)	Zero(Z)
NearZero(NZ)	DownSmall(DS)	DownSmall(DS)
	DownLarge(DL)	DownLarge(DL)

Bảng 2. Mô hình FAM - Kinh nghiệm của các phi công

Độ cao h	Tốc độ v				
	DL	DS	Z	US	UL
L	Z	DS	DL	DL	DL
M	US	Z	DS	DL	DL
S	UL	US	Z	DS	DL
NZ	UL	UL	Z	DS	DS

3.2. Kết quả điều khiển theo phương pháp điều khiển mờ sử dụng đại số gia tử với AND=MIN ([11])

Bước1. Xây dựng các đại số gia tử cho các biến ngôn ngữ.

Trong bước này một đại số gia tử chung được xây dựng cho các biến ngôn ngữ độ cao, vận tốc và lực điều khiển, cụ thể:

$$C = \{0, Small, \theta, Large, 1\},$$
$$H^- = \{Little\} = h_{-1},\ q = 1,\ H^+ = \{Very\},\ p = 1.$$

Bước 2. Xác định các tham số cho ánh xạ ngữ nghĩa định lượng và tính toán các giá trị ngữ nghĩa định lượng cho các giá trị ngôn ngữ của các biến ngôn ngữ

Chọn $\alpha = \beta = 0,5;\ \theta = 0,5$. Các kết quả tính toán được

$fm(Small) = 0,5; fm(Large) = 0,5;$

$v(Small) = 0,25; v(VerySmall) = 0,125; v(LittleSmall) = 0,375;$

$v(Large) = 0,75; v(VeryLarge) = 0,875; v(LittleLarge) = 0,625;$

$v(VeryVerySmall) = 0,0625.$

Bước 3. Xây dựng các gia tử ứng với các tập mờ

Đối với độ cao (0-1000): NZ-VeryVerySmall, S-Small, M-Medium, L-LittleLarge

Đối với tốc độ (-20-20): DL-VerySmall, DS-LittleSmall, Z-Medium, US- Large, UL-VeryLarge

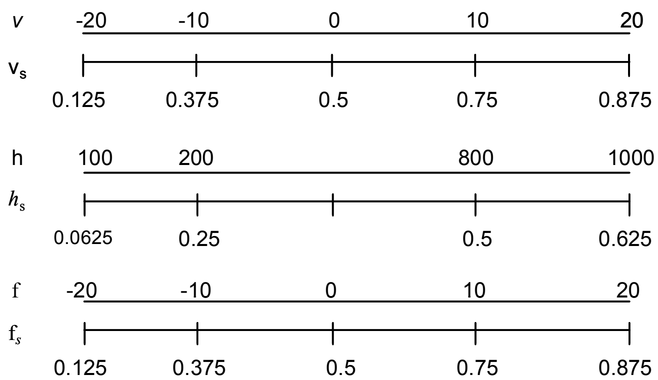
Đối với lực điều khiển (-20-20): DL-VerySmall, DS-LittleSmall, Z-Medium, US-Large, UL-VeryLarge

Bảng 3 thể hiện mô hình SAM được xây dựng từ mô hình FAM.

Bảng 3. Mô hình SAM

v_s / h_s	0,125	0,375	0,5	0,75	0,875
0,625	0,5	0,375	0,125	0,125	0,125
0,5	0,75	0,5	0,375	0,125	0,125
0,25	0,875	0,75	0,5	0,375	0,125
0,0625	0,875	0,85	0,5	0,375	0,375

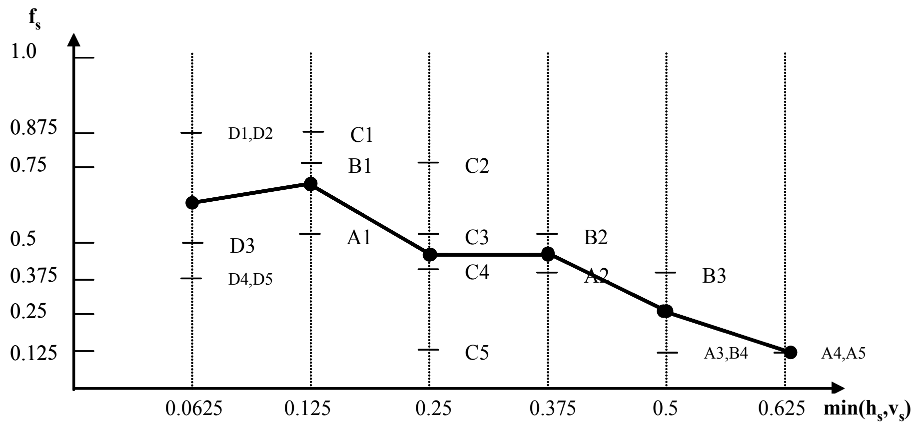
Bước 4. Xây dựng khoảng xác định các gia tử của các biến ngôn ngữ, Hình 1.



Hình 1. Khoảng xác định gia tử của biến ngôn ngữ

Bước 5. Xây dựng đường cong ngữ nghĩa định lượng

Ứng với mỗi luật các tác giả xác định một điểm trên mặt phẳng với phép AND=MIN, các điểm trên đường cong được xác định theo nguyên lý điểm trung bình (Hình 2) ([11]).



Hình 2. Đường cong ngữ nghĩa định lượng qua phép tích hợp AND=MIN

Bước 6. Tính toán lực điều khiển và sai số vận tốc

Lực điều khiển ứng với các chu kỳ được tính toán dựa trên đường cong ngữ nghĩa định lượng, kết quả thể hiện ở bảng sau.

Bảng 4. Kết quả điều khiển của phương pháp điều khiển mờ sử dụng ĐSGT với AND=MIN

Độ cao h	Vận tốc tối ưu	Vận tốc v	Lực điều khiển f	Sai số bình phương
1000.0	-20,00	-20,00	0	0,00
980.0	-19,21	-20.00	0	0,63
960.0	-18,43	-20.00	0	2,46
940.0	-17,67	-20.00	0	5,42
Tổng bình phương sai số				8,51
Sai số vận tốc e_M				2,92

3.3. Phương pháp điều khiển mờ sử dụng đại số gia tử với phép tích hợp theo trọng số

Trong phương pháp này thay vì sử dụng phép tích hợp AND=MIN chúng tôi xây dựng phép tích hợp có trọng số.

Giả bảng SAM được gồm m điểm xác định như sau: SAM=$\{(h_i, v_i, f_i)\}$; $i = 1..m; h = (h_1, .., h_m); v = (v_1, .., v_m); f = (f_1, .., f_m)$ Phép tích hợp được xây dựng như sau $hANDv = w_h h + w_v v$, nhờ phép tích hợp này bảng SAM biến đổi thành: SAM=$\{(x_i, f_i)\}; i = 1..m; x_i = w_1 h_i + w_2 v_i\}$.

Gọi $hTOhs(h)$ là hàm xác định khoảng gia tử đối với biến ngôn ngữ độ cao, $hsTOh(hs)$ là hàm ngược của $hTOhs$; $vTOvs(v)$ là hàm xác định khoảng gia tử đối với biến ngôn ngữ vận tốc, $vsTOv(vs)$ là hàm ngược của $vTOvs$; $fTOfs(f)$ là hàm xác định khoảng gia tử đối với biến ngôn ngữ lực điều khiển, $fsTOv(fs)$ là hàm ngược của $fTOfs$ (xem Hình 1); $NoiSuy(x, SAM)$ là hàm nội suy tuyến tính dựa trên các mốc nội suy của SAM.

Hàm mục tiêu được xác định thông qua quá trình tính toán các thông số như độ cao, vận tốc, lực điều khiển, vận tốc tối ưu và sai số của từng chu kỳ điều khiển như sau:

Tại chu kỳ $k, k = 0, n$

\+ Độ cao, vận tốc thực tế

Nếu $k = 0$ thì $docao(k) = 1000$ Ngược lại $docao(k) = docao(k-1) + vantoc(k-1)$;

Nếu $k = 0$ thì $vantoc(k) = -20$ Ngược lại $vantoc(k) = vantoc(k-1) + luc(k-1)$;

+ Độ cao, vận tốc tương ứng qua ánh xạ xác định khoảng gia tử

$$docaos(k) = hTOhs(docao(k)); vantocs(k) = vTOvs(vantoc(k));$$

+ Lực tương ứng với độ cao và vận tốc

$$lucs(k) = NoiSuy(w_h docaos(k) + w_v vantocs(k), SAM)$$

+ Lực tương ứng nhờ ánh xạ ngược của ánh x ạ xác định khoảng gia tử

$$luc(k) = fsTOf(lucs(k));$$

+ Vận tốc tối ưu: $vtoiuu(k) = -(20/(1000)^2)/(docao(k))^2$

+ Sai số: $s(k) = (vtoiuu(k) - vantoc(k))^2$

Giá trị hàm mục tiêu: $g(w_h, w_v) = \sum_{k=1}^{n} s(k)$.

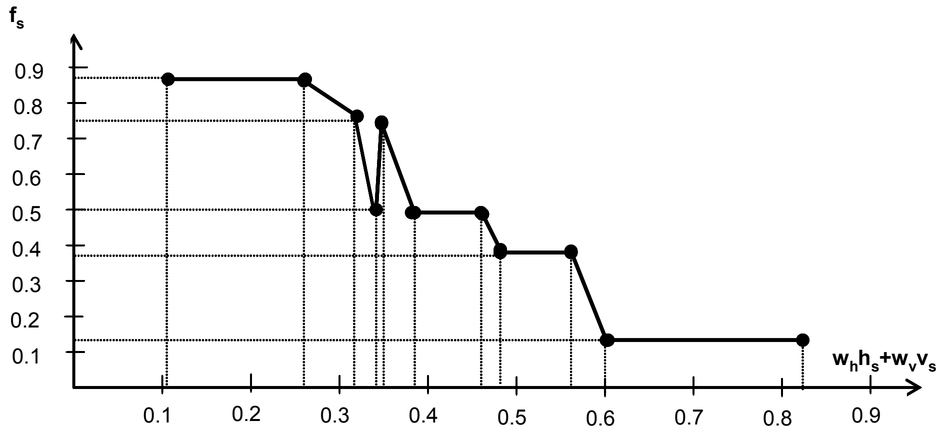
Sử dụng giải thuật GA như trên với hàm mục tiêu g và các tham số như sau: Số thế hệ bằng 2000; $w_h, w_v \in [0,1]$; Xác suất lai ghép $0,85$; Xác suất đột biến $0,3$; Kích cỡ quần thể 40; Kích thước gien 25, chúng tôi thu được bộ trọng số tối ưu $(w_h, w_v) = (0,482,\ 0,597)$, sai số $0,930$, bảng SAM và các thông số độ cao, vận tốc, lực điều khiển ứng với 4 chu kỳ được thể hiện qua Bảng 5, Hình 3 và Bảng 6 dưới đây.

Bảng 5. Toạ độ các điểm trong bảng SAM qua phép tích hợp theo trọng số

stt	h_s	v_s	$w_h * h_s + w_v * v_s$	f_s	stt	h_s	v_s	$w_h * h_s + w_v * v_s$	f_s
1	0.625	0.125	0.376	0.5	11	0.25	0.125	0.195	0.875
2	0.625	0.375	0.525	0.375	12	0.25	0.375	0.344	0.75
3	0.625	0.5	0.560	0.125	13	0.25	0.5	0.419	0.5
4	0.625	0.75	0.749	0.125	14	0.25	0.75	0.568	0.375
5	0.625	0.875	0.824	0.125	15	0.25	0.875	0.643	0.125
6	0.5	0.125	0.316	0.75	16	0.0625	0.125	0.105	0.875
7	0.5	0.375	0.465	0.5	17	0.0625	0.375	0.254	0.875
8	0.5	0.5	0.540	0.375	18	0.0625	0.5	0.329	0.5
9	0.5	0.75	0.689	0.125	19	0.0625	0.75	0.478	0.375
10	0.5	0.875	0.763	0.125	20	0.0625	0.875	0.553	0.375

Bảng 6. Kết quả điều khiển của phương pháp điều khiển sử dụng gia tử với trọng số của phép tích hợp $(w_h, w_v) = (0,482,\ 0,597)$

Độ cao h	Vận tốc tối ưu	Vận tốc v	Lực điều khiển f	Sai số bình phương
1000.0	-20.00	-20.00	0.00	0.00
980.0	-19.21	-20.00	1.92	0.63
960.0	-18.43	-18.08	0.00	0.12
941.4	-17.74	-18.08	0.00	0.11
Tổng bình phương sai số				0.86
Sai số vận tốc e_W				0.93



Hình 3. Đường cong ngữ nghĩa định lượng qua phép tích hợp theo trọng số

KẾT LUẬN

Với việc sử dụng giải thuật di truyền chúng tôi đã tìm được bộ trọng số tối ưu cho phép tích hợp theo trọng số trong phương pháp điều khiển mờ sử dụng đại số gia tử.

So sánh kết quả của phương pháp điều khiển mờ với phép tích hợp $hANDv = MIN(h, v)$ và kết quả của phương pháp điều khiển mờ với phép tích hợp theo trọng số $hANDv = w_h h + w_v v$ (Bảng 4, 6) chúng tôi nhận thấy rằng phép tích hợp theo trọng số $hANDv = w_h h + w_v v$ cho kết quả điều khiển với sai số ($e_W = 0,93$) nhỏ hơn nhiều so với kết quả điều khiển với phép tích hợp $hANDv = MIN(h, v)$, ($e_M = 2,92$). Điều này chứng tỏ giải pháp chúng tôi đưa ra mang tính khả thi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] S. Cofey, An applied probabilist's guide to genetic algorithms, Master Thesis, University of Dublin, 1999.

[2] D.E. Goldberg, *Genetic algorithm in search, optimization and machine learning*, Addison-Wesley, Reading, Massachusets, 1989.

[3] N.C. Ho, Quantifying hedge algebras and interpolation methods in approximate reasoning, *Proc. of the 5th Inter. Conf. on Fuzzy Information Processing*, Beijing, March 1-4 (2003) 105–112.

[4] N.C. Hồ, N.V. Long, Đại số gia tử đầy đủ tuyến tính, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **19** (3) 274–280.

[5] N.C. Hồ, N.V. Long, Cơ sở toán học của độ đo tính mờ của thông tin ngôn ngữ, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **20** (1) 64–72.

[6] Hoàng Kiếm, Lê Hoàng Thái, *Giải thuật di truyền - cách giải tự nhiên các bài toán trên máy tính*, Nhà xuất bản Giáo dục, 2000.

[7] J.B. Kiszka, M.E. Kochanska, and S. Sliwinska, The influence of some fuzzy implication operators on the accuracy of a fuzzy model-Part I, *Fuzzy Sets and Systems* **15** (1983) 111–128.

[8] J.B. Kiszka, M.E. Kochanska, and S. Sliwinska, The influence of some fuzzy implication operators on the accuracy of a fuzzy model-Part II, *Fuzzy Sets and Systems* **15** (1983) 223–240.

[9] Vũ Như Lân, Vũ Chấn Hưng, Đặng Thành Phu, Điều khiển sử dụng đại số gia tử, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **21** (1) (20050 23–37.

[10] Vũ Như Lân, Vũ Chấn Hưng, Nguyễn Duy Minh, Điều khiển mô hình máy bay hạ cánh sử dụng đại số gia tử với AND= PRODUCT, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* **44** (4) (2006) 7–16.

[11] Vũ Như Lân, Vũ Chấn Hưng, Đặng Thành Phu, Lê Xuân Việt, Nguyễn Duy Minh, Điều khiển mô hình máy bay hạ cánh sử dụng đại số gia tử với AND= MIN, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **21** (3) (2005) 191–200.

[12] Olle Haggstrom, *Finite Markov chains and algorithmic application*, Goteborgs University, 2001.

[13] T. J. Ross, *Fuzzy logic with Engineering application,* International Edition, Mc Graw-Hill, Inc 1997.

[14] Nguyễn Đình Thúc, *Lập trình tiến hoá*, Nhà xuất bản Giáo dục, 2001.

[15] Nguyễn Duy Tiến, *Các mô hình xác suất và ứng dụng*, Đại học quốc gia Hà Nội, 1999.

Nhận bài ngày 19 - 9 - 2006
Nhận lại sau sửa ngày 14 - 11 -2006