ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

ĐINH ĐỨC ÂN

ĐIỀU KHIỂN DỰA TRÊN ĐẠI SỐ GIA TỬ VỚI PHÉP NGỮ NGHĨA HÓA VÀ GIẢI NGHĨA MỞ RỘNG

Chuyên ngành: Khoa học máy tính
Mã số: 60.48.01.01

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC MÁY TÍNH

Người hướng dẫn khoa học: TS. Vũ Như Lân

THÁI NGUYÊN - 2016

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan luận văn này do chính tôi thực hiện, dưới sự hướng dẫn khoa học của TS. Vũ Như Lân, số liệu và kết quả nghiên cứu trong luận văn này hoàn toàn trung thực và chưa sử dụng để bảo vệ một công trình khoa học nào, các thông tin, tài liệu trích dẫn trong luận văn đã được chỉ rõ nguồn gốc. Mọi sự giúp đỡ cho việc hoàn thành luận văn đều đã được cảm ơn. Nếu sai tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm.

Thái Nguyên, tháng năm 2016

Học viên

Đinh Đức Ân

LỜI CẢM ƠN

Trước hết em xin trân trọng cảm ơn các thầy giáo, cô giáo trường đại học công nghệ thông tin đã giảng dạy em trong quá trình học tập chương trình sau đại học. Dù rằng, trong quá trình học tập có nhiều khó khăn trong việc tiếp thu kiến thức cũng như sưu tầm tài liệu học tập, nhưng với sự nhiệt tình và tâm huyết của thầy cô cộng với những nỗ lực của bản thân đã giúp em vượt qua được những trở ngại đó.

Em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới thầy giáo TS.Vũ Như Lân người hướng dẫn khoa học, đã tận tình hướng dẫn em trong suốt quá trình làm luận văn.

Xin chân thành cảm ơn các bạn bè, đồng nghiệp, các bạn học viên lớp cao học CK13B, những người thân trong gia đình đã động viên, chia sẻ, tạo điều kiện giúp đỡ trong suốt quá trình học tập và làm luận văn.

Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn.

Thái Nguyên, tháng năm 2016

Học viên

Đinh Đức Ân

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC BẢNG

DANH MỤC CÁC HÌNH

MỞ ĐẦU

Ngày nay, cùng với sự phát triển của các ngành kỹ thuật, công nghệ thông tin góp phần cho sự phát triển của kỹ thuật điều khiển và tự động hoá. Trong công nghiệp, điều khiển quá trình sản xuất đang là mũi nhọn và then chốt để giải quyết vấn đề nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm. Một trong những vấn đề quan trọng trong điều khiển là việc tự động điều chỉnh độ ổn định và sai số là ít nhất trong khoảng thời gian điều khiển là ngắn nhất, trong đó phải kể đến các hệ thống điều khiển mờ đang được sử dụng rất rộng rãi hiện nay.

Trong quá trình điều khiển trên thực tế, người ta luôn mong muốn có một thuật toán điều khiển đơn giản, dễ thể hiện về mặt công nghệ và có độ chính xác càng cao càng tốt. Đây là những yêu cầu khó thực hiện khi thông tin có được về tính điều khiển được và về mô hình động học của đối tượng điều khiển chỉ được biết mơ hồ dưới dạng tri thức chuyên gia theo kiểu các luật IF – THEN. Để đảm bảo độ chính xác cao trong quá trình xử lý thông tin và điều khiển cho hệ thống làm việc trong môi trường phức tạp. Hiện nay một số kỹ thuật mới được phát hiện và phát triển mạnh mẽ đã đem lại nhiều thành tựu bất ngờ trong lĩnh vực xử lý thông tin và điều khiển. Trong những năm gần đây, nhiều công nghệ thông minh được sử dụng và phát triển mạnh trong điều khiển công nghiệp như công nghệ nơron, công nghệ mờ, công nghệ tri thức, giải thuật di truyền, … Những công nghệ này phải giải quyết với một mức độ nào đó những vấn đề còn để ngỏ trong điều khiển thông minh hiện nay, đó là hướng xử lý tối ưu tri thức chuyên gia.

Lý thuyết đại số gia tử được hình thành từ những năm 1990. Ngày nay lý thuyết này đang được phát triển và một trong những mục tiêu của nó là giải quyết bài toán suy luận xấp xỉ. Có thể tìm hiểu kỹ các vấn đề này trong các công trình nghiên cứu gần đây.

Trong lôgic mờ và lý thuyết mờ, nhiều khái niệm quan trọng như tập mờ, T-chuẩn, S-chuẩn, phép giao mờ, phép hợp mờ, phép phủ định mờ, phép kéo theo mờ, phép hợp thành, … được sử dụng trong bài toán suy luận xấp xỉ. Đây là một điểm mạnh có lợi cho quá trình suy luận mềm dẻo nhưng cũng là một điểm yếu bởi có quá nhiều yếu tố ảnh hưởng đến tính chính xác của quá trình suy luận. Trong khi đó suy luận xấp xỉ dựa trên đại số gia tử ngay từ đầu không sử dụng khái niệm tập mờ, do vậy độ chính xác của suy luận xấp xỉ không bị ảnh hưởng bởi các khái niệm này.

Một vấn đề đặt ra là liệu có thể đưa lý thuyết đại số gia tử với tính ưu việt về suy luận xấp xỉ so với các lý thuyết khác vào bài toán điều khiển và liệu sẽ có được sự thành công như các lý thuyết khác đã có hay không?

Luận văn này cho thấy rằng có thể sử dụng công cụ đại số gia tử cho nhiều lĩnh vực công nghệ khác nhau và một trong những số đó là công nghệ điều khiển trên cơ sở tri thức chuyên gia.

Phần nội dung của bản luận văn gồm 3 chương:

Chương 1: LÝ THUYẾT MỜ VÀ ĐIỀU KHIỂN MỜ.

Chương 2: ĐẠI SỐ GIA TỬ, ĐIỀU KHIỂN DỰA TRÊN ĐẠI SỐ GIA TỬ VỚI PHÉP NGỮ NGHĨA HÓA VÀ GIẢI NGHĨA MỞ RỘNG

Chương 3: PHÉP NGỮ NGHĨA HÓA VÀ GIẢI NGHĨA MỞ RỘNG ỨNG DỤNG TRONG XẤP XỈ HÀM VÀ ĐIỀU KHIỂN

Do trình độ và thời gian hạn chế, tôi rất mong nhận được những ý kiến góp ý của các thầy giáo, cô giáo và các ý kiến đóng góp của đồng nghiệp.

Đặc biệt, tôi xin chân thành cảm ơn sự hướng dẫn tận tình của thầy giáo hướng dẫn **TS. Vũ Như Lân** và sự giúp đỡ của các thầy cô giáo trong Viện Công nghệ thông tin, các thầy cô giáo trường Đại học Công nghệ thông tin & Truyền thông Thái Nguyên và các anh chị lớp CK13B cùng bạn bè, đồng nghiệp.

CHƯƠNG 1: LÝ THUYẾT MỜ VÀ ĐIỀU KHIỂN MỜ

1.1. Các định nghĩa trên tập mờ

1.1.1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây, chúng ta đã chứng kiến sự phát triển nhanh chóng đáng ngạc nhiên về số lượng và sự phong phú các ứng dụng của logic mờ. Các ứng dụng này từ các đồ dùng gia dụng như máy ảnh, máy quay phim, máy giặt, lò vi sóng,… đến các thiết bị công nghiệp, thiết bị y tế. Để hiểu được tại sao lại có sự phát triển nhanh chóng như vậy, ta cần tìm hiểu sơ bộ để thấy được những ưu điểm của bộ điều khiển này.

Khái niệm tập hợp được hình thành trên nền tảng của logic và được G.Cantor định nghĩa như là một sự sắp xếp đặt chung lại các vật, các đối tượng có cùng một tính chất nào đó, được gọi là các phần tử của tập hợp, ý nghĩa logic của khái niệm tập hợp được xác định ở chỗ một vật hoặc một đối tượng bất kỳ chỉ có thể có hai khả năng hoặc là phần tử của tập đang xét, hoặc là không. Như vậy sự phụ thuộc của một phần tử vào một tập hợp theo quan điểm logic kinh điển chỉ có thể có hai giá trị: 1 – nghĩa là phần tử thuộc tập hợp, hoặc là 0 – phần tử không thuộc tập hợp. Đây là quan điểm logic kinh điển hay còn gọi là logic rõ (Scrip logic). Sở dĩ gọi là logic kinh điển bởi vì nó đã tồn tại rất lâu, bắt đầu từ kh Aristotle – người đã đưa ra luật loại trừ giá trị trung gian (luật bài trung) nói rằng phần tử x hoặc phải là phần tử của tập A hoặc là không. Với một đối tượng bất kỳ thì phải là xác nhận hoặc là phủ định. Tuy nhiên trong thực tế không phải mọi đối tượng đều có thể đánh giá chính xác được là *thuộc* hay *không thuộc* một tập hợp hoặc có thể đánh giá được nhưng sự đánh giá chính xác lại ít có ý nghĩa hơn là sự đánh giá khả năng phần tử đó thuộc tập hợp là bao nhiêu phần hay độ phụ thuộc của phần tử vào tập hợp đang xét là bao nhiêu. Minh chứng là những thông tin mà con người thu nhận được hầu hết là tương đối và ước lượng. Những hoạt động của con người thực sự là một bộ máy điều khiển hoàn hảo. Như vậy phạm vi hẹp của logic kinh điển không thể vận dụng những suy luận "thông minh" như con người vào các bài toán suy luận nói chung và điều khiển nói riêng. Muốn xây dựng được những hệ thống có sự suy luận logic như con người, có khả năng kế thừa những kinh nghiệm của con người thì phải có một cơ sở logic khác gần gũi với suy luận của con người. Logic mờ đã đáp ứng được yêu cầu đó. Sự ra đời của logic mờ có thể coi như được đánh dấu bài báo của Tiến sỹ Lofti A.Zadeh trên tạp chí *"Information and Control"*, từ đó đến nay đã và đang có sự phát triển mạnh mẽ với một số thời điểm đáng chú ý sau:

- Năm 1972, các giáo sư Terano và Asai đã thiết lập ra cơ quan nghiên cứu hệ thống điều khiển mờ ở Nhật Bản.
- Năm 1974, Mamdani đã nghiên cứu và ứng dụng điều khiển mờ cho lò hơi.
- Năm 1980, hãng Smidth Co đã nghiên cứu điều khiển mờ cho lò xi măng.
- Năm 1983, hãng Fuji Eletric đã nghiên cứu ứng dụng mờ cho nhà máy xử lý nước.
- Năm 1984, hiệp hội mờ quốc tế (IFSA) đã được thành lập.
- Năm 1989, phòng thí nghiệm quốc tế nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật mờ đầu tiên được thành lập.

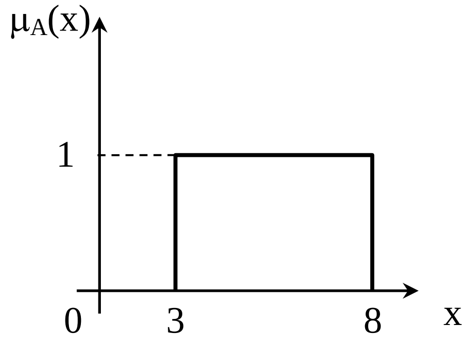
Cho đến nay, tuy đã có nhiều kết quả nghiên cứu lý thuyết và các ứng dụng logic mờ trong các hệ thống điều khiển tự động, nhưng về phương pháp luận và tính nhất loạt cho ứng dụng thực tế của logic mờ vẫn còn đang thu hút nhiều người nghiên cứu, hứa hẹn nhiều về sự phát triển mạnh mẽ của nó.

1.1.2. Định nghĩa tập mờ

Hàm thuộc $\mu_A(x)$ định nghĩa trên tập A, trong khái niệm tập hợp kinh điển chỉ có hai giá trị logic là 1 nếu $x \in A$ hoặc là 0 nếu $x \notin A$. Hình 1.1: Hàm thuộc $\mu_A(x)$ của tập kinh điển A mô tả hàm thuộc của hàm $\mu_A(x)$, trong đó tập A được định nghĩa như sau:

$A = \{x \in R \mid 3 \leq x \leq 8\}$

Như vậy, trong lý thuyết tập hợp kinh điển, hàm thuộc hoàn toàn tương đương với định nghĩa một tập hợp. Từ định nghĩa về một tập hợp A bất kỳ ta có thể xác định được hàm thuộc $\mu_A(x)$ cho tập đó và ngược lại từ hàm thuộc $\mu_A(x)$ của tập hợp A cũng hoàn toàn suy ra được định nghĩa cho tập A.



Hình 1.1: Hàm thuộc $\mu_A(x)$ của tập kinh điển A

Cách biểu diễn hàm phụ thuộc như vậy sẽ không phù hợp với những tập được mô tả "mờ" như *tập B gồm các số thực dương nhỏ hơn nhiều so với 8*.

$B=\{x \in R \mid x<<8\}$ có tập nền là R.

Hoặc *tập C gồm các số thực gần bằng 3* cũng có tập nền R.

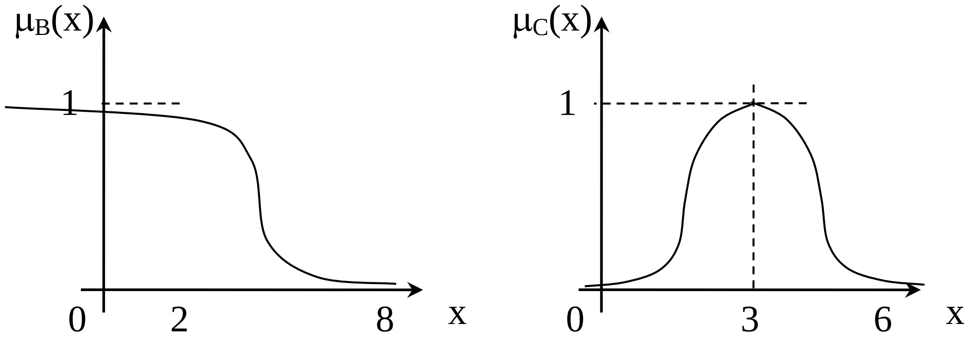
$C=\{x \in R \mid x \approx 3\}$

Lý do là với những định nghĩa "mờ" như vậy chưa đủ để xác định một số chẳng hạn như x=3.8 có thuộc B hoặc x=2.2 có thuộc C hay không.

Nếu đã không khẳng định được x=3.8 có thuộc B hay không thì cũng không khẳng định được là số thực x=3.8 không thuộc B. Vì vậy x=3.8 (như một mệnh đề) thuộc B bao nhiêu phần trăm? Nếu có thể trả lời được câu hỏi này thì có nghĩa là hàm thuộc $\mu_B(x) = \mu_B(3.8) \in [0, 1]$, tức là:

$0 \leq \mu_B(x) = \mu_B(3.8) \leq 1$

Nói cách khác, hàm $\mu_B(x)$ không còn là hàm hai giá trị như đối với tập kinh điển nữa mà là một ánh xạ liên tục):



Hình 1.2: a. Hàm thuộc của tập mờ B   b. Hàm thuộc của tập mờ C

μ_B: X $\rightarrow$ [0, 1], trong đó X là tập nền của tập "mờ".

Như vậy, khác với tập kinh điển A, từ "định nghĩa kinh điển" của tập "mờ" B hoặc C không suy ra được hàm thuộc $\mu_B(x)$ hoặc $\mu_C(x)$ của chúng. Hơn thế nữa hàm thuộc ở đây lại giữ một vai trò quan trọng là "làm rõ định nghĩa" cho một tập "mờ" như ví dụ trong Hình 1.1: Hàm thuộc $\mu A(x)$ của tập kinh điển A. Do đó nó phải được nêu lên như là một điều kiện trong định nghĩa về tập "mờ".

Định nghĩa (1.1.2.1):Tập mờ F xác định trên tập kinh điển X là một tập mà mỗi phần tử của nó là một cặp giá trị (x, $\mu_F(x)$), trong đó $x \in X$ và μ_F là một ánh xạ:

$$\mu_F: X \rightarrow [0, 1] \qquad (1.12)$$

Ánh xạ μ_F được gọi là ***hàm thuộc*** (hoặc hàm phụ thuộc - membership function) của tập mờ F. Tập kinh điển X được gọi là ***tập nền*** (hay tập vũ trụ) của tập mờ F.

Sử dụng các hàm thuộc để tính độ phụ thuộc của một phần tử x nào đó có hai cách:

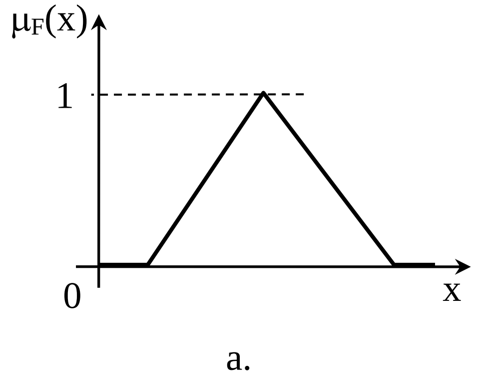
- Tính trực tiếp (nếu $\mu_F(x)$ cho trước dưới dạng công thức tường minh) hoặc
- Tra bảng (nếu $\mu_F(x)$ cho dưới dạng bảng).

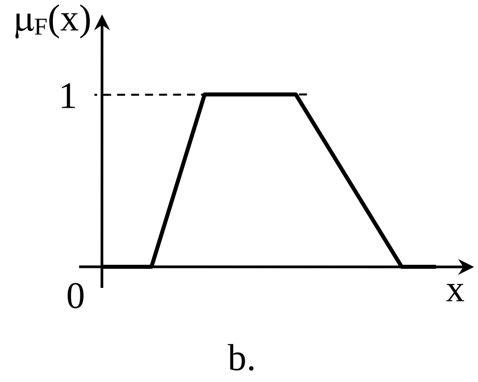
Có nhiều kiểu hàm thuộc, các hàm thuộc này đều được xây dựng dựa trên cơ sở một số hàm cơ bản như: hàm tuyến tính từng đoạn, hàm phân bố Gauss, đường cong sigmoid và các đường cong đa thức bậc 2, bậc 3, …

Một hàm thuộc có dạng tuyến tính từng đoạn được gọi là ***hàm thuộc có mức chuyển đổi tuyến tính***. Đó là các hàm thuộc đơn giản nhất, được hình thanh từ những đoạn thẳng. Trong đó có:

Hàm thuộc hình tam giác, tên là **trimf**. Hình dáng của hàm phụ thuộc vào 3 đỉnh của tam giác, nghĩa là phụ thuộc vào 3 tham số a, b, và c. Hàm này có dạng: y = trimf(x, [a,b,c]).

Hàm liên thuộc hình thang, **trapmf**, giống như hình tam giác cắt cụt phần đỉnh, hàm này được xác định bởi bộ 4 tham số: a, b, c và d. Hàm này có dạng: y = trapmf(x, [a,b,c,d]).





Hình 1.3: a. Hàm thuộc $\mu_F(x)$ dạng tam giác, y=trimf(x, [a, b, c])

b. Hàm thuộc $\mu_F(x)$ dạng hình thang, y = trapmf(x, [a,b,c,d])

Các hàm thuộc $\mu_F(x)$ có dạng ***trơn*** được gọi là ***hàm thuộc kiểu S***. Đối với hàm thuộc kiểu S, do các công thức biểu diễn $\mu_F(x)$ có độ phức tạp lớn nên thời gian tính toán độ phụ thuộc cho một phần tử lâu. Bởi vậy trong kỹ thuật điều khiển mờ thông thường các hàm thuộc kiểu S hay được gần đúng bằng một hàm tuyến tính từng đoạn.

1.2. Các phép tính toán trên tập mờ

Những phép toán cơ bản trên tập mờ là ***phép hợp***, ***phép giao*** và ***phép bù***. Giống như định nghĩa về tập mờ, các phép toán trên tập mờ cũng sẽ được định nghĩa thông qua các hàm thuộc, được xây dựng tương tự như các hàm thuộc của các phép giao, hợp, bù giữa hai tập kinh điển. Nói cách khác, khái niệm xây dựng những phép toán trên tập mờ được hiểu là việc xác định các hàm thuộc cho phép hợp (tuyển) $A \cup B$, giao $A \cap B$ và bù (phủ định) A^C, … từ những tập mờ A và B.

Một nguyên tắc cơ bản trong việc xây dựng các phép toán trên tập mờ là không được mâu thuẫn với những phép toán đã có trong lý thuyết tập hợp kinh điển. Mặc dù không giống tập hợp kinh điển, hàm thuộc của các tập mờ $A \cup B$, $A \cap B$, A^C, … được định nghĩa cùng với tập mờ, song sẽ không mâu thuẫn với các phép toán tương tự của tập hợp kinh điển nếu như chúng thoả mãn những tính chất tổng quát được phát biểu như "tiên đề" của lý thuyết tập hợp kinh điển.

1.2.1. Phép hợp hai tập mờ

Do trong định nghĩa về tập mờ, hàm thuộc giữ vai trò như một thành phần cấu thành tập mờ nên các tính chất của các tập $A \cup B$ không còn là hiển nhiên nữa. Thay vào đó chúng được sử dụng như những tiên đề để xây dựng phép hợp trên tập mờ.

Định nghĩa (1.2.1.1): Hợp của hai tập mờ A và B có cùng tập nền X là một tập mờ $A\cup B$ cũng xác định trên tập nền X có hàm thuộc $\mu_{A\cup B}(x)$ thoả mãn:

(1) $\mu_{A\cup B}(x)$ chỉ phụ thuộc vào $\mu_A(x)$ và $\mu_B(x)$.

(2) $\mu_B(x) = 0$ với mọi x $\Rightarrow_{A\cup B}(x) = \mu_A(x)$

(3) $\mu_{A\cup B}(x) = \mu_{B\cup A}(x)$, tức là phép hợp có tính giao hoán.

(4) Phép hợp có tính chất kết hợp, tức là $\mu_{(A\cup B)\cup C}(x) = \mu_{A\cup(B\cup C)}(x)$

(5) Nếu $A_1 \subseteq A_2$ thì $A_1\cup B \subseteq A_2\cup B$. Thật vậy, từ $x\in A_1\cup B$ ta có $x\in A_1$ hoặc $x\in B$ nên cũng có $x\in A_2$ hoặc $x\in B$ hay $x_1\in A_2\cup B$. Từ kết luận này ta có:

$$\mu_{A_1}(x) \le \mu_{A_2}(x) \Rightarrow \mu_{A_1\cup B}(x) \le \mu_{A_2\cup B}(x)$$

Có thể thấy được ***sẽ có nhiều công thức khác nhau được dùng để tính hàm thuộc*** $\boldsymbol{\mu_{A\cup B}(x)}$ ***cho hợp hai tập mờ***. Chẳng hạn một số công thức sau có thể được sử dụng để định nghĩa hàm $\mu_{A\cup B}(x)$ của phép hợp giữa hai tập mờ.

(1) $\mu_{A\cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ luật lấy max (1.14)

(2) $\mu_{A\cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ khi $\min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} = 0$ (1.16)

1 khi $\min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \neq 0$ (1.17)

(3) $\mu_{A\cup B}(x) = \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\}$ phép hợp Lukasiewicz (1.18)

(4) $\mu_{A\cup B}(x) = \dfrac{\mu_A(x) + \mu_A(x)}{1 + \mu_A(x) + \mu_A(x)}$ tổng Einstein (1.19)

(5) $\mu_{A\cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x)$ tổng trực tiếp (1.20)

Tổng quát: Bất kỳ một ánh xạ dạng:

$\mu_{A\cup B}(x): X \to [0, 1]$

Nếu thoả mãn 5 tiêu chuẩn đã nêu ra trong định nghĩa 1.2.1.1 đều được xem như là hợp của hai tập mờ A và B có chung tập nền X. Điều này nói rằng sẽ tồn tại rất nhiều cách xác định hợp của hai tập mờ và cho một bài toán điều khiển mờ có thể có nhiều lời giải khác nhau khi ta sử dụng các phép hợp hai tập mờ khác nhau. Để tránh những mâu thuẫn xảy ra trong kết quả, nhất thiết trong một bài toán điều khiển ta chỉ nên thống nhất sử dụng một loại công thức cho phép hợp.

Các công thức ví dụ về phép hợp giữa hai tập mờ trên (1.14 – 1.20) cũng được mở rộng để áp dụng cho việc xác định hợp của hai tập mờ không cùng tập nền bằng cách đưa cả hai tập mờ về chung một tập nền là tích của hai tập nền đã cho.

Hợp hai tập mờ theo luật max

Hợp của hai tập mờ A với hàm thuộc $\mu_A(x)$ (định nghĩa trên tập nền M) và B với hàm thuộc $\mu_B(y)$ (định nghĩa trên tập nền N) theo luật max là một tập mờ được xác định trên tập nền M×N với hàm thuộc:

$$\mu_{\underline{A}\cup\underline{B}}(x, y) = \max\{\mu_{\underline{A}}(x, y), \mu_{\underline{B}}(x, y)\} = \max\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$$

Trong đó:

$\mu_{\underline{A}}(x, y) = \mu_A(x)$ với mọi $y\in N$

$\mu_{\underline{B}}(x, y) = \mu_B(y)$ với mọi $x\in M$

Hợp hai tập mờ theo luật sum (Lukasiewicz)

Hợp của hai tập mờ A với hàm thuộc $\mu_A(x)$ (định nghĩa trên tập nền M) và B với hàm thuộc $\mu_B(y)$ (định nghĩa trên tập nền N) theo luật sum (Lukasiewicz) là một tập mờ được xác định trên tập nền M×N với hàm thuộc:

$$\mu_{\underline{A}\cup\underline{B}}(x, y) = \min\{1, \mu_{\underline{A}}(x, y)+\mu_{\underline{B}}(x, y)\}$$

Trong đó:

$\mu_{\underline{A}}(x, y) = \mu_A(x)$ với mọi $y\in N$

$\mu_{\underline{B}}(x, y) = \mu_B(y)$ với mọi $x\in M$

Một cách tổng quát, do hàm $\mu_{\underline{A}\cup\underline{B}}(x, y)$ của hai tập mờ A, B không cùng không gian nền, chỉ phụ thuộc vào giá trị các hàm $\mu_A(x)\in[0, 1]$ và $\mu_B(y)\in[0, 1]$ nên ta có thể xem $\mu_{\underline{A}\cup\underline{B}}(x, y)$ là hàm của hai biến μ_A, μ_B được định nghĩa như sau:

$\mu_{\underline{A}\cup\underline{B}}(x, y) = \mu(\mu_A, \mu_B): [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$

Cuối cùng, ta định nghĩa về hàm thuộc $\mu(\mu_A, \mu_B)$ của hai tập mờ A, B không cùng không gian nền:

Định nghĩa (1.2.1.2): Hàm thuộc của hợp giữa hai tập mờ A với $\mu_A(x)$ định nghĩa trên tập nền M và B với $\mu_B(y)$ định nghĩa trên tập nền N là một hàm hai biến $\mu(\mu_A, \mu_B): [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$ xác định trên nền M×N thoả mãn:

(1) $\mu_B = 0 \quad \Rightarrow \quad \mu(\mu_A, \mu_B) = \mu_A$

(2) $\mu(\mu_A, \mu_B) = \mu(\mu_B, \mu_A)$, tức là có tính giao hoán.

(3) $\mu(\mu_A, \mu(\mu_B, \mu_C)) = \mu(\mu(\mu_A, \mu_B), \mu_C)$, tức là có tính kết hợp.

(4) $\mu(\mu_A, \mu_B) \leq \mu(\mu_C, \mu_D)$, $\forall \mu_A \leq \mu_C$, $\mu_B \leq \mu_D$, tức là có tính không giảm.

Một hàm hai biến $\mu(\mu_A, \mu_B): [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$ thoả mãn các điều kiện của ***định nghĩa 1.2.1.2*** còn được gọi là ***t-đối chuẩn*** (***t-conorm***).

1.2.2. Phép giao hai tập mờ

Như đã đề cập, phép giao $A \cap B$ trên tập mờ phải được định nghĩa sao cho không mâu thuẫn với phép giao của tập hợp kinh điển và yêu cầu này sẽ được thoả mãn nếu chúng có được các tính chất tổng quát của tập kinh điển $A \cap B$.

Giống như với phép hợp hai tập mờ, phép giao hai tập mờ trên tập nền tổng quát hoá những tính chất của tập kinh điển $A \cap B$ cũng thỉ được thực hiện một cách trực tiếp nêu hai tập mờ đó có cùng tập nền. Trong trường hợp chúng không cùng một tập nền thì phải đưa chúng về một tập nền mới là tập tích của hai tập nền đã cho.

Định nghĩa (1.2.2.1): Giao của hai tập mờ A và B có cùng tập nền X là một tập mờ cũng được xác định trên tập nền X với hàm thuộc thoả mãn:

(1) $\mu_{A\cap B}(x)$ chỉ phụ thuộc vào $\mu_A(x)$ và $\mu_B(x)$.

(2) $\mu_B(x) = 1$ với mọi x $\Rightarrow_{A\cup B}(x) = \mu_A(x)$

(3) $\mu_{A\cap B}(x) = \mu_{B\cap A}(x)$, tức là phép hợp có tính giao hoán.

(4) Phép hợp có tính chất kết hợp, tức là $\mu_{(A\cap B)\cap C}(x) = \mu_{A\cap(B\cap C)}(x)$

(5) $\mu_{A_1}(x) \le \mu_{A_2}(x) \Rightarrow \mu_{A_1\cap B}(x) \le \mu_{A_2\cap B}(x)$, tức là hàm không giảm.

Tương tự như với phép hợp giữa hai tập mờ, có nhiều công thức khác nhau để tính hàm thuộc $\mu_{A\cap B}(x)$ của giao hai tập mờ và bất kỳ một ánh xạ

$\mu_{A\cap B}(x)$: X $\rightarrow$ [0, 1]

nào thoả mãn các tiêu chuẩn đã nêu trong định nghĩa trên đều được xem như là hàm thuộc của giao hai tập mờ A và B có cùng tập nền X.

Các công thức thường dùng để tính hàm thuộc $\mu_{A\cap B}(x)$ của phép giao gồm:

(1) $\mu_{A\cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ (1.21)

(2) $\mu_{A\cup B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ khi $\max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}=1$ (1.22)

0 khi $\max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \neq 1$ (1.23)

(3) $\mu_{A\cup B}(x) = \max\{0, \mu_A(x) + \mu_B(x)\}$ phép giao Lukasiewicz (1.24)

(4) $\mu_{A\cap B}(x) = \dfrac{\mu_A(x)\mu_A(x)}{1-(\mu_A(x)+\mu_A(x))-\mu_A(x)\mu_A(x)}$ tích Einstein (1.25)

(5) $\mu_{A\cup B}(x) = \mu_A(x)\mu_B(x)$ tích đại số (1.26)

Chú ý: Luật min (1.21) và tích đại số là hai luật xác định hàm thuộc giao hai tập mờ được sử dụng nhiều hơn cả trong kỹ thuật điều khiển mờ.

Việc có nhiều công thức xác định hàm thuộc của giao hai tập mờ đưa đến khả năng một bài toán điều khiển mờ có nhiều lời giải khác nhau.

Để tránh những kết quả mâu thuẫn có thể xảy ra, nhất thiết trong một bài toán điều khiển mờ, ta chỉ nên thống nhất sử dụng một hàm thuộc cho phép giao.

Các công thức (1.21) – (1.26) cũng được áp dụng cho hai tập mờ không cùng không gian nền bằng cách đưa cả hai tập mờ về chung một tập nền là tích của hai tập nền đã cho.

Giao hai tập mờ theo luật min

Giao của tập mờ A có hàm thuộc là $\mu_A(x)$ định nghĩa trên tập nền M và tập mờ B có hàm thuộc là $\mu_B(x)$ định nghĩa trên tập nền N là một tập mờ được xác định trên tập nền MxN có hàm thuộc:

$$\mu_{\underline{A}\cap\underline{B}}(x, y) = \min\{\mu_{\underline{A}}(x, y), \mu_{\underline{B}}(x, y)\} = \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$$

Trong đó:

$\mu_{\underline{A}}(x, y) = \mu_A(x)$ với mọi $y \in N$

$\mu_{\underline{B}}(x, y) = \mu_B(y)$ với mọi $x \in M$

Giao hai tập mờ theo luật tích đại số

Giao của tập mờ A có hàm thuộc là $\mu_A(x)$ định nghĩa trên tập nền M và tập mờ B có hàm thuộc là $\mu_B(x)$ định nghĩa trên tập nền N là một tập mờ được xác định trên tập nền M×N có hàm thuộc:

$$\mu_{\underline{A}\cap\underline{B}}(x, y) = \mu_{\underline{A}}(x, y)\mu_{\underline{B}}(x, y)$$

Trong đó:

$\mu_{\underline{A}}(x, y) = \mu_A(x)$ với mọi $y \in N$

$\mu_{\underline{B}}(x, y) = \mu_B(y)$ với mọi $x \in M$

Một cách tổng quát, do hàm $\mu_{\underline{A}\cap\underline{B}}(x, y)$ của hai tập mờ A, B không cùng không gian nền, chỉ phụ thuộc vào giá trị các hàm $\mu_A(x) \in [0, 1]$ và $\mu_B(y) \in [0, 1]$. Do đó, không mất tính tổng quát nếu xem $\mu_{\underline{A}\cup\underline{B}}(x, y)$ là hàm của hai biến μ_A và μ_B được định nghĩa như sau:

$$\mu_{\underline{A}\cap\underline{B}}(x, y) = \mu(\mu_A, \mu_B): [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$$

Cuối cùng, ta định nghĩa về hàm thuộc $\mu(\mu_A, \mu_B)$ của hai tập mờ A, B không cùng không gian nền:

Định nghĩa (1.2.2.2): Hàm thuộc của giao giữa hai tập mờ A với $\mu_A(x)$ định nghĩa trên tập nền M và B với $\mu_B(y)$ định nghĩa trên tập nền N là một hàm hai biến $\mu(\mu_A, \mu_B)$: $[0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$ xác định trên nền M×N thoả mãn:

(1) $\mu_B = 1 \quad \Rightarrow \quad \mu(\mu_A, \mu_B) = \mu_A$

(2) $\mu(\mu_A, \mu_B) = \mu(\mu_B, \mu_A)$, tức là có tính giao hoán.

(3) $\mu(\mu_A, \mu(\mu_B, \mu_C)) = \mu(\mu(\mu_A, \mu_B), \mu_C)$, tức là có tính kết hợp.

(4) $\mu(\mu_A, \mu_B) \leq \mu(\mu_C, \mu_D)$, $\forall \mu_A \leq \mu_C$, $\mu_B \leq \mu_D$, tức là có tính không giảm.

Một hàm hai biến $\mu(\mu_A, \mu_B)$: $[0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$ thoả mãn các điều kiện của trên được gọi là ***t-chuẩn*** (***t-norm***).

1.2.3. Phép bù của một tập mờ

Phép bù (còn gọi là phép phủ định) của một tập mờ được suy ra từ các tính chất của phép bù trong lý thuyết tập hợp kinh điển như sau:

Định nghĩa (1.2.3.1): Tập bù của tập mờ A định nghĩa trên tập nền X là một tập mờ A^C cũng xác định trên tập nền X với hàm thuộc thoả mãn:

(1) $\mu_{A^C}(x)$ chỉ phụ thuộc vào $\mu_A(x)$

(2) Nếu $x \in A$ thì $x \notin A^C$, hay: $\mu_A(x) = 1 \Rightarrow \mu_{A^C}(x) = 0$

(3) Nếu $x \notin A$ thì $x \in A^C$, hay: $\mu_A(x) = 0 \Rightarrow \mu_{A^C}(x) = 1$

(4) Nếu $A \subseteq B$ thì $A^C \supseteq B^C$, tức là: $\mu_A(x) \leq \mu_B(x) \Rightarrow \mu_{A^C}(x) \geq \mu_{B^C}(x)$

Do hàm thuộc $\mu_{A^C}(x)$ của A^C chỉ phụ thuộc vào $\mu_A(x)$ nên ta có thể xem $\mu_{A^C}(x)$ như một hàm $\mu_A \in [0, 1]$. Từ đó định nghĩa tổng quát về phép bù mờ như sau:

Định nghĩa (1.2.3.2): Tập bù của tập mờ A định nghĩa trên tập nền X là một tập mờ A^C cũng xác định trên tập nền X với hàm thuộc:

$\mu(\mu_A)$: $[0, 1] \rightarrow [0, 1]$

thoả mãn:

(1) $\mu(1) = 0$ và $\mu(0) = 1$

(2) $\mu_A \leq \mu_B \Rightarrow \mu(\mu_A) \geq \mu(\mu_B)$, tức là hàm không tăng.

Nếu hàm một biến $\mu(\mu_A)$ còn liên tục và

$\mu_A < \mu_B \Rightarrow \mu(\mu_A) > \mu(\mu_B)$

thì phép bù mờ trên còn được gọi là ***phép bù mờ chặt*** (***strictly***).

Một phép bù mờ chặt sẽ là ***phép bù mờ mạnh*** (***strongly***) nếu:

$\mu(\mu(\mu_A)) = \mu_A$, tức là $(A^C)^C = A$.

Hàm thuộc $\mu(\mu_A)$ của một phép bù mờ mạnh được gọi là ***hàm phủ định mạnh***.

Phép bù mờ mạnh

Phép bù mờ của một tập mờ A hay dùng trong điều khiển mờ là phép bù có tập mờ A^C với hàm thuộc:

$$\mu_{A^C}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

Nếu $\mu_A(x)$ là một hàm liên tục thì hàm thuộc $\mu_{A^C}(x)$ của tập bù A^C là một hàm phủ định mạnh. Thật vậy:

- Do $\mu_A(x)$ liên tục nên $\mu_{A^C}(x)$ cũng là một hàm liên tục.
- Nếu $\mu_{A_1}(x) < \mu_{A_2}(x)$ thì hiển nhiên $\mu_{A_1^C}(x) > \mu_{A_2^C}(x)$.
- Nếu $\mu_{(A^C)^C}(x) = 1 - \mu_{A^C}(x) = 1 - (1 - \mu_A(x)) = \mu_A(x)$

Tính đối ngẫu

Cho hai tập mờ A (trên không gian nền M) và B (trên không gian nền N) với các hàm thuộc tương ứng là $\mu_A(x)$ và $\mu_B(x)$. Gọi $A \cup B$ là tập mờ hợp của chúng. Theo định nghĩa về hàm thuộc của hợp hai tập mờ $A \cup B$ sẽ có hàm thuộc $\mu_{A\cup B}(\mu_A, \mu_B)$ thoả mãn:

$\mu_{A\cup B} : [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$ là một hàm *t-đối chuẩn*.

Sử dụng hàm phủ định:

$\eta(\xi) = 1 - \xi$

ta sẽ có:

$\eta(\mu_{A\cup B}) = 1 - \mu_{A\cup B}(\eta(\mu_A), \eta(\mu_B)) = 1 – (1 - \mu_A, 1 - \mu_B)$

là một hàm t-chuẩn.

Tính đối ngẫu giữa t-chuẩn và t-đối chuẩn cho phép xây dựng được một phép giao mờ từ một phép hợp mờ tương ứng.

1.2.4. Phép kéo theo

Như đã trình bày trong phần logic mệnh đề cổ điển, cho đến nay đã có nhiều nghiên cứu về phép kéo theo (implication). Vì đây là công đoạn quạn trọng nhất của quá trình suy diễn trong mọi lập luận xấp xỉ, bao gồm cả suy luận mờ.

Sẽ xét phép kéo theo như một mối quan hệ, một toán tử logic. Các tiên đề liên quan đến hàm $v(P_1 \Rightarrow P_2)$:

(1) $v(P_1 \Rightarrow P_2)$ chỉ phụ thuộc vào $v(P_1)$ và $v(P_2)$.

(2) Nếu $v(P_1) \leq v(P_3)$ thì $v(P_1 \Rightarrow P_2) \leq v(P_3 \Rightarrow P_2)$, với mọi mệnh đề P_2.

(3) Nếu $v(P_2) \leq v(P_3)$ thì $v(P_1 \Rightarrow P_2) \leq v(P_1 \Rightarrow P_3)$, với mọi mệnh đề P_1.

(4) Nếu $v(P_1) = 0$ thì $v(P_1 \Rightarrow P) = 1$, với mọi mệnh đề P.

(5) Nếu $v(P_1) = 1$ thì $v(P \Rightarrow P_1) = 1$, với mọi mệnh đề P.

(6) Nếu $v(P_1) = 1$ vàv$(P_2) = 0$ thì $v(P_1 \Rightarrow P_2) = 0$.

Tính hợp lý của những tiên đề này chủ yếu dựa vào logic cổ điển và những tư duy trực quan về phép suy diễn. Giả sử tồn tại hàm I(x, y) xác định trên $[0, 1]^2$ đo giá trị chân lý của phép kéo theo qua biểu thức:

$v(P_1 \Rightarrow P_2) = I(v(P_1), v(P_2))$

Định nghĩa (1.2.4.1): Phép kéo theo là một hàm số I: $[0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$ thoả mãn các điều kiện sau:

(1) Nếu $x \leq z$ thì $I(x, y) \leq I(z, y)$, với mọi $y \in [0, 1]$.

(2) Nếu $y \leq u$ thì $I(x, y) \leq I(x, u)$, với mọi $x \in [0, 1]$.

(3) $I(0, x) = 1$ với $x \in [0, 1]$.

(4) $I(x, 1) = 1$ với $x \in [0, 1]$.

(5) $I(1, 0) = 0$.

Mặc dù (5) rất đơn giản song vẫn cần đưa vào định nghĩa vì không thể suy ra từ 4 tiên đề trên.

Từ định nghĩa toán học ta nhận thấy mỗi phép kéo theo là một tập mờ trên $[0,1]^2$ và như vậy xác lập một quan hệ mờ trên $[0, 1]^2$.

Ngoài ra còn một số tính chất của phép kéo theo:

(6) $I(1, x) = x$, với $x \in [0, 1]$.

(7) $I(x, I(y, z)) = I(y, I(x, z))$.

Đây là quy tắc đổi chỗ, cơ sở trên tương đương giữa hai mệnh đề:

"If P1 then (If P2 then P3)" và

"If (P1 And P2) then P3"

(8) $x \leq y$ nếu và chỉ nếu $I(x, y) = 1$.

(tiên đề này biểu thị phép kéo theo xác lập một thứ tự)

(9) I(x, 0) = N(x) là một phép phủ định mạnh.

Mệnh đề này phản ánh từ mệnh đề logic cổ điển:

$P \Rightarrow Q = \neg P$ nếu v(Q) = 0 (Q là False).

(10) I(x, y) ≥ y, với mọi x, y.

(11) I(x, x) = 1, với mọi x.

(12) I(x, y) = I(N(y), N(x)).

Mệnh đề này phản ánh từ mệnh đề logic cổ điển:

$(P \Rightarrow Q) = (\neg Q \Rightarrow \neg P)$.

(13) I(x, y) là một hàm liên tục trên $[0, 1]^2$.

Xét định lý:

Định lý (1.2.4.2): Mỗi hàm số I: $[0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$ thoả mãn các điều kiện (2), (7), (8) thì cũng sẽ thoả mãn các điều kiện (1), (3), (4), (5), (6), (10) và (11).

1.3. Quan hệ mờ và luật lợp thành mờ

1.3.1. Quan hệ mờ

1.3.1.1.Khái niệm quan hệ mờ

Định nghĩa (1.3.1.1): Cho X, Y là hai không gian nền, gọi R là một ***quan hệ mờ*** trên tập nền tích X×Y nếu R là một tập mờ trên nền X×Y, tức là có một hàm thuộc:

$\mu_R : X \times Y \rightarrow [0, 1]$

Trong đó: $\mu_R(x, y) = R(x, y)$ là độ thuộc (menbership degree) của (x, y) vào quan hệ R.

Định nghĩa (1.3.1.2): Cho R_1, R_2 là hai quan hệ mờ trên X×Y, ta có định nghĩa:

(1) Quan hệ $R_1 \cup R_2$ với $\mu_{R_1 \cup R_2}(x, y) = \max\{\mu_{R_1}(x, y), \mu_{R_2}(x, y)\}$,

$\forall (x, y) \in X \times Y$.

(2) Quan hệ $R_1 \cap R_2$ với $\mu_{R_1 \cap R_2}(x, y) = \min\{\mu_{R_1}(x, y), \mu_{R_2}(x, y)\}$,

$\forall(x, y) \in X \times Y$.

Định nghĩa (1.3.1.3): Quan hệ mờ trên những tập mờ

Cho tập mờ A có hàm thuộc là $\mu_A(x)$ định nghĩa trên tập nền X và tập mờ B có hàm thuộc là $\mu_B(y)$ định nghĩa trên tập nền Y. Quan hệ mờ trên các tập A và B là quan hệ mờ R trên X×Y thoả mãn điều kiện:

(1) $\mu_R(x, y) \leq \mu_A(x), \forall y \in Y$

(2) $\mu_R(x, y) \leq \mu_B(y), \forall x \in X$

Định nghĩa (1.3.1.4): Cho quan hệ mờ R xác định trên tập nền X×Y.

(1) Phép chiếu của R lên X là: $Proj_X R = \{x, \max_y \mu_R(x, y): x \in X\}$

(2) Phép chiếu của R lên Y là: $Proj_Y R = \{y, \max_x \mu_R(x, y): y \in Y\}$

1.3.1.2.Phép hợp thành

Định nghĩa (1.3.1.5): Cho R_1 là quan hệ mờ trên X×Y vàR_2 là quan hệ mờ trên X×Z. Hợp thành $R_1 \circ R_2$ của R_1, R_2 là quan hệ mờ trên X×Z:

(1) Hợp thành max – min (max – min composition) được xác định bởi:

$$\mu_{R_1 \circ R_2}(x, y) = \max_y \{\min\{\mu_{R_1}(x, y), \mu_{R_2}(y, z)\}\}, \forall (x, z) \in X \times Z.$$

(2) Hợp thành max – prod cho bởi:

$$\mu_{R_1 \circ R_2}(x, y) = \max_y \{\mu_{R_1}(x, y).\mu_{R_2}(y, z)\}, \forall (x, z) \in X \times Z.$$

(3)Hợp thành max – * được xác định bởi toán tử *: $[0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$, cho bởi:

$$\mu_{R_1 \circ R_2}(x, y) = \max_y \{\mu_{R_1}(x, y) * \mu_{R_2}(y, z)\}, \forall (x, z) \in X \times Z.$$

1.3.1.3. Phương trình quan hệ mờ

Phương trình quan hệ mờ đóng vai trò quan trọng trong các lĩnh vực phân tích các hệ mờ, thiết kế các bộ điều khiển mờ, quá trình lấy quyết định và nhận dạng mờ.

Dạng đơn giản nhất có thể diễn đạt như sau:

Cho một hệ mờ biểu diễn dưới dạng một quan hệ mờ nhị nguyên R trên không gian tích X×Y. Đầu vào (input) của hệ mờ là tập mờ A cho trên không gian nền input X. Tác động của đầu vào A với hệ R sẽ là phép hợp thành $A \circ R$ sẽ cho ở đầu ra (output) một tập mờ trên không gian nền Y, ký hiệu là B. Khi đó có $A \circ R = B$.

Nếu sử dụng phép hợp thành max – min thì hàm thuộc của B cho bởi:

$$\mu_B(y = \mu_{A \circ R}(y)) = \max_x\{\min_y[\mu_A(x), \mu_R(x, y)]\}$$

1.3.2.Luật lợp thành mờ

Hàm thuộc $\mu_{B'}(y)$ trong ví dụ trên với một giá trị vật lý rõ $x=x_0$ có cùng tập nền với $\mu_{tăng}(y)$. Tổng quát, khi hàm thuộc $\mu_{A\Rightarrow B}(y)$ của mệnh đề hợp thành A⇒B, ký hiệu ngắn gọn là R, tại một giá trị rõ $x=x_0$ là một hàm thuộc cho một giá trị mờ nào đó của biến ngôn ngữ β.

Luật hợp thành là tên chung gọi mô hình R biểu diễn một hay nhiều hàm thuộc cho một hay nhiều mệnh đề hợp thành, nói cách khác *luật hợp thành* được hiểu là một tập hợp của nhiều mệnh đề hợp thành. Một luật hợp thành chỉ có một mệnh đề hợp thành được gọi là *luật hợp thành đơn*. Ngược lại, nếu nó có nhiều hơn một mệnh đề hợp thành, ta sẽ gọi nó là *luật hợp thành kép*. Phần lớn các hệ mờ trong thực tế đều có mô hình luật hợp thành kép.

Xét ví dụ về luật hợp thành R biểu diễn mô hình điều khiển nhiệt độ của một lò xấy gồm 3 mệnh đề R_1, R_2 và R_3 cho biến *nhiệt độ*α và biến *điều khiển điện áp*β như sau:

R_1: Nếu α = *thấp* Thì β = *tăng* hoặc

R_2: Nếu α = *trung bình* Thì β = *giữ nguyên* hoặc

R_3: Nếu α = *cao* Thì β = *giảm*

Với mỗi giá trị vật lý x_0 của biến *nhiệt độ* đầu vào thì thông qua phép suy diễn mờ ta có 3 tập mờ $B_1^{'}$, $B_2^{'}$ và $B_3^{'}$ từ 3 mệnh đề hợp thành R_1, R_2 và R_3 của luật hợp thành R. Lần lượt ta gọi các hàm thuộc của 3 tập mờ kết quả đó là $\mu_{B_1^{'}}(y)$, $\mu_{B_2^{'}}(y)$ và $\mu_{B_3}(y)$. Giá trị của luật hợp thành R ứng với x_0 được hiểu là tập mờ R' thu được qua phép hợp 3 tập mờ $B_1^{'}$, $B_2^{'}$ và $B_3^{'}$:

$$R^{'} = B_1^{'} \cup B_2^{'} \cup B_3^{'}$$

Nếu các hàm thuộc $\mu_{B_1^{'}}(y)$, $\mu_{B_2^{'}}(y)$ và $\mu_{B_3^{'}}(y)$ thu được theo quy tắc hợp thành MIN và phép hợp được thực hiện theo quy tắc max thì R có tên gọi là luật hợp thành max-MIN. Cũng như vậy, R có thể có những tên gọi khác như:

- Luật hợp thành max-PROD, nếu $\mu_{B_1^{'}}(y)$, $\mu_{B_2^{'}}(y)$ và $\mu_{B_3^{'}}(y)$ thu được theo quy tắc hợp thành PROD và phép hợp được thực hiện theo quy tắc max.
- Luật hợp thành sum-MIN, nếu $\mu_{B_1^{'}}(y)$, $\mu_{B_2^{'}}(y)$ và $\mu_{B_3^{'}}(y)$ thu được theo quy tắc hợp thành MIN và phép hợp là phép hợp Lukasiewizc.
- Luật hợp thành sum-PROD, nếu $\mu_{B_1^{'}}(y)$, $\mu_{B_2^{'}}(y)$ và $\mu_{B_3^{'}}(y)$ thu được theo quy tắc hợp thành PROD và phép hợp là phép hợp Lukasiewizc.

Tóm lại, để xác định hàm thuộc $\mu_{R^{'}}(y)$ của giá trị đầu ra R' của một luật hợp thành có n mệnh đề hợp thành R_1, R_2, …, R_n phải thực hiện các bước:

(1) Xác định độ thoả mãn H_1, H_2, …, H_n.

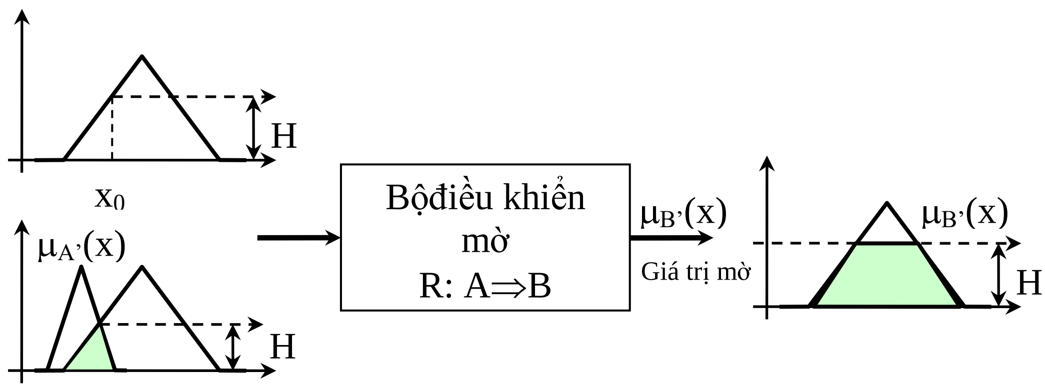
(2) Tính $\mu_{B_1^{'}}(y)$, $\mu_{B_2^{'}}(y)$, …, $\mu_{B_n^{'}}(y)$.

(3) Xác định $\mu_{R^{'}}(y)$.

Nếu xem luật hợp thành R chỉ có một mệnh đề hợp thành

R_1: Nếu α = A Thì β = B

Như là luật điều khiển của bộ điều khiển mờ *một vào – một ra* (SISO) thì đầu ra sẽ là một giá trị mờ có hàm thuộc $\mu_{B'}(y)$.



Hình 1.4: Bộ điều khiển mờ với quy tắc MAX-MIN

Một luật hợp thành có các mệnh đề điều kiện và kết luận là những mệnh đề đơn, ví dụ như:

R_1: Nếu $\alpha = A_1$ Thì $\beta = B_1$ hoặc

R_2: Nếu $\alpha = A_2$ Thì $\beta = B_2$ hoặc

…

R_n: Nếu $\alpha = A_n$ Thì $\beta = B_n$

được gọi là luật hợp thành có cấu trúc SISO (*một vào, một ra*). Ngược lại, luật hợp thành có m biến ngôn ngữ $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ và một biến ngôn ngữ ra β với cấu trúc dạng:

R_1: Nếu $\alpha_1 = A_{11}$ và $\alpha_2 = A_{12}$ và … và $\alpha_n = A_{1m}$ Thì $\beta = B_1$ hoặc

R_2: Nếu $\alpha_1 = A_{21}$ và $\alpha_2 = A_{22}$ và … và $\alpha_n = A_{2m}$ Thì $\beta = B_2$ hoặc…

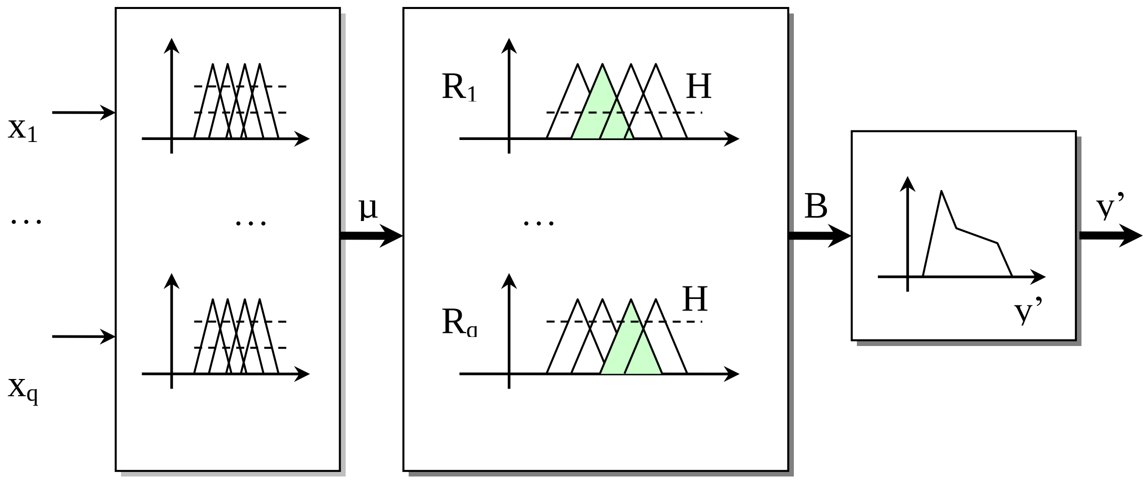
R_n: Nếu $\alpha_1 = A_{n1}$ và $\alpha_2 = A_{n2}$ và … và $\alpha_n = A_{nm}$ Thì $\beta = B_n$

Có tên gọi là luật hợp thành MISO (*nhiều vào, một ra*).

1.4. Điều khiển mờ

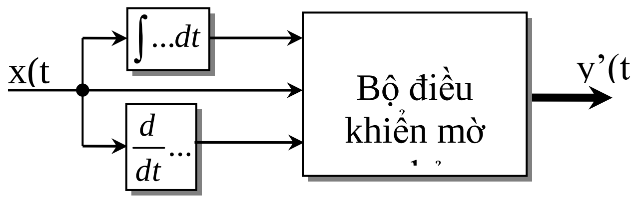
1.4.1. Bộ điều khiểm mờ cơ bản

Một bộ điều khiển mờ cơ bản thường bao gồm các khâu: *fuzzy hóa*, *thiết bị hợp thành* (thiết bị thực hiện luật hợp thành) và *khâu giải mờ*. Một bộ điều khiển mờ chỉ gồm 3 thành phần trên gọi là *bộ điều khiển mờ cơ bản*.



Hình 1.5: Bộ điều khiển mờ cơ bản

Do bộ điều khiển mờ cơ bản chỉ có khả năng xử lý các giá trị tín hiệu hiện thời nên nó thuộc nhóm các bộ điều khiển mờ tĩnh.



Hình 1.6: Một bộ điều khiển mờ động

Để mở rộng miền ứng dụng của chúng vào các bài toán điều khiển động, các khâu động học cần thiết sẽ được đưa thêm vào bộ điều khiển mờ cơ bản. Các khâu động đó chỉ có nhiệm vụ cung cấp thêm cho bộ điều khiển mờ cơ bản các giá trị đạo hàm hay tích phân của tín hiệu. Cùng với những khâu động bổ xung này, bộ điều khiển không còn là bộ điều khiển mờ cơ bản nữa mà đơn thuần nó được gọi là bộ điều khiển mờ.

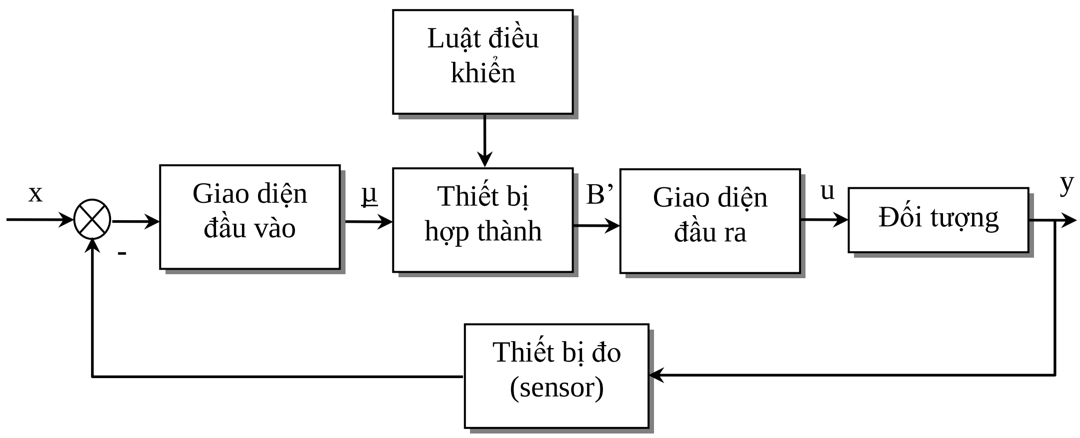
- ***Khâu mờ hoá:*** Có nhiệm vụ biến đổi giá trị rõ đầu vào thành một miền giá trị mờ với hàm liên thuộc đã chọn ứng với biến ngôn ngữ đầu vào đã được định nghĩa từ trước.

- ***Khối hợp thành:*** Biến đổi các giá trị mờ của biến ngôn ngữ đầu vào thành các giá trị mờ của biến ngôn ngữ đầu ra theo các luật hợp thành.
- ***Khối luật mờ (suy luận mờ):*** Bao gồm tập các luật "NẾU … THÌ …" dựa vào các luật mờ cơ bản, được thiết kế và viết ra cho thích hợp với từng biến và giá trị của các biến ngôn ngữ theo quan hệ mờ vào/ra.

Khối luật mờ và khối hợp thành là phần cốt lõi của bộ điều khiển mờ, vì nó có khả năng mô phỏng những suy đoán của con người để đạt được mục tiêu điều khiển mong muốn nào đó.

- ***Khối giải mờ:*** Biến đổi các giá trị mờ đầu ra thành các giá trị rõ để điều khiển đối tượng.

1.4.2. Nguyên lý điều khiển mờ



Hình 1.7: Hệ kín, phản hồi âm và bộ điều khiển mờ

Về nguyên tắc, hệ thống điều khiển mờ cũng giống với các hệ thống điều khiển bình thường khác. Sự khác biệt ở đây là bộ điều khiển mờ làm việc có tư duy như "bộ não" dưới dạng trí tuệ nhân tạo. Chất lượng hoạt động của bộ điều khiển mờ phụ thuộc vào kinh nghiệm và phương pháp rút ra kết luận theo tư duy con người, sau đó được cài đặt trên máy tính trên cơ sở của logic mờ. Hệ thống điều khiển mờ do đó cũng có thể coi như là một hệ thống neuron, hay đúng hơn là một hệ thống điều khiển được thiết kế mà không cần biết trước mô hình toán học của đối tượng.

Hệ thống điều khiển mờ được thiết kế gồm các thành phần:

- ***Giao diện đầu vào:*** Bao gồm khâu fuzzy hóa và các thành phần phụ trợ thêm để thực hiện các bài toán động như tích phân, vi phân, …
- ***Thiết bị hợp thành:*** Bản chất của thành phần này là sự triển khai luật hợp thành R được xây dựng trên cơ sở luật điều khiển hay như trong một số các tài liệu khác còn gọi là luật quyết định.
- ***Giao diện đầu ra (khâu chấp hành):*** gồm khâu giải mờ và các khâu giao diện trực tiếp với đối tượng.

Nguyên tắc tổng hợp bộ điều khiển mờ hoàn toàn dựa vào những phương pháp toán học dựa trên cơ sở định nghĩa các biến ngôn ngữ (tập mờ) vào/ra và lựa chọn những luật điều khiển theo kinh nghiệm.

Trong sơ đồ ở hình vẽ trên, khâu đối tượng được điều khiển bằng đại lượng ***u*** là tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển mờ. Vì các tín hiệu điều khiển đối tượng là các "tín hiệu rõ" nên tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển mờ trước khi đưa vào điều khiển đối tượng phải thông qua khâu giải mờ nằm trong bộ giao diện đầu ra. Tín hiệu ra ***y*** của đối tượng được đo bằng cảm biến và được xử lý sơ bộ trước khi đưa vào bộ điều khiển. Các tín hiệu này cũng là các "tín hiệu rõ", do vậy để bộ điều khiển mờ có thể hiểu được chúng thì tín hiệu ***y*** và ngay cả tín hiệu đặt ***x*** cũng phải được mờ hóa thông qua khâu mờ hóa trong bộ giao diện đầu vào.

Chất lượng của một hệ điều khiển không chỉ được đánh giá qua độ chính xác của hệ thống mà trong nhiều trường hợp người ta còn quan đến các chỉ tiêu khác như độ dao động, tính bền vững (robust), vấn đề tiết kiệm năng lượng, …

Thành phần trọng tâm của bộ điều khiển mờ đó chính là hệ luật điều khiển, chúng là tập các mệnh đề hợp thành cùng cấu trúc NẾU … THÌ … và nguyên tắc triển khai các mệnh đề hợp thành đó có tên gọi là nguyên tắc max-

MIN hay sum-MIN, … Mô hình R của luật điều khiển được xây dựng theo một nguyên tắc triển khai đã chọn trước và được gọi là luật hợp thành. Thiết bị thực hiện luật hợp thành trong bộ điều khiển gọi là *thiết bị hợp thành*.

Trong nhiều trường hợp, các thông về sai lệnh giữa tín hiệu chủ đạo ***x*** và tín hiệu ra ***y*** chưa đủ để tạo ra một hệ luật điều khiển. Với các bài toán điều khiển động, bộ điều khiển mờ còn đòi hỏi phải có các thông tin về đạo hàm của sai lệnh hay tích phân của sai lệnh để cung cấp thêm các đại lượng đầu vào cho thiết bị hợp thành. Hầu hết các đại lượng này phải được số hóa một cách phù hợp cho thiết bị hợp thành. Tương tự như vậy với các giá trị ra của hệ thống, không phải trong trường hợp nào cũng cần các tín hiệu ra rõ mà có trường hợp lại cần giá trị tích phân của tín hiệu ra.

Các bước tiếp cận điều khiển mờ kinh điển sẽ gồm các bước chính sau:

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

Bước 2: Phân hoạch tập nền (của biến ngôn ngữ) và gán nhãn ngôn ngữ (giá trị ngôn ngữ) cho mỗi tập mờ (mờ hoá).

Bước 3: 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 (bảng điều khiển trên cơ sở tri thức chuyên gia).

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

Bước 6: Kết nhập (aggregate) các đầu ra điều khiển mờ.

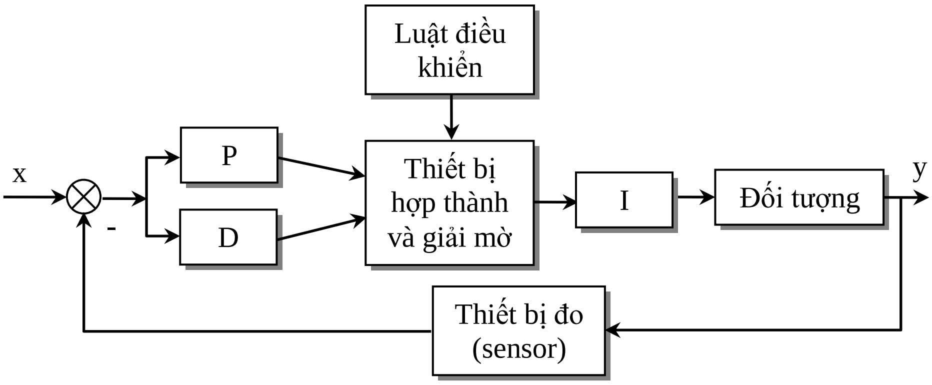
Bước 7: Giải mờ, tìm giá trị điều khiển rõ.

Có thể thiết kế bộ điều chỉnh theo luật P (Propotional – Tỉ lệ), theo luật I (Integral – Tích phân) và theo luật D (Derivative – Vi phân) như sau:

- Luật điều khiển P: $y_k = K.x_k$, trong đó K là hệ số khuếch đại.

- Luật điều khiển I: $y_{k+1} = y_k + \frac{T_a}{T_I} x_k$, trong đó T_I là hằng số tích phân.
- Luật điều khiển D: $y_{k+1} = \frac{T_D}{T_a}(x_k - y_k)$, trong đó T_D là hằng số vi phân.

Và T_a là chu kỳ lấy mẫu tín hiệu.



Hình 1.8: Bộ điều khiển mờ PID

Hình vẽ trên là ví dụ đơn giản về một hệ điều khiển mờ PID. Sai lệch giữa tín hiệu đặt và tín hiệu ra được đưa vào bộ điều chỉnh theo luật P và D, sau đó được đưa vào bộ điều khiển mờ. Bộ điều chỉnh I được dùng như một thiết bị chấp hành, đầu vào lấy sau bộ giải mờ và đầu ra được đưa tới đối tượng.

1.5. Kết luận

Trong chương này luận văn đã hệ thống được các kiến thức cơ bản về lý thuyết mờ và điều khiển mờ. Về lý thuyết mờ, trình bày các bài toán trên tập mờ, quan hệ mờ, luật hợp thành mờ. Giới thiệu các phần quan trọng của lập luận mờ. Về điều khiển mờ nêu những vấn đề cơ bản của điều khiển mờ. Các khâu cơ bản của bộ điều khiển mờ. Cuối cùng trình bày bộ điều khiển mờ công nghiệp PID.

CHƯƠNG 2: ĐẠI SỐ GIA TỬ, ĐIỀU KHIỂN DỰA TRÊN ĐẠI SỐ GIA TỬ VỚI PHÉP NGỮ NGHĨA HÓA VÀ GIẢI NGHĨA MỞ RỘNG

2.1. Mở đầu

Trong chương này luận án cung cấp kiến thức tổng quan về ĐSGT của biến ngôn ngữ và phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT.

Để xây dựng phương pháp luận tính toán nhằm giải quyết vấn đề mô phỏng các quá trình tư duy, suy luận của con người phải thiết lập ánh xạ: gán mỗi khái niệm mờ một tập mờ trong không gian tất cả các hàm F(U, [0, 1]). Nghĩa là ta mượn cấu trúc tính toán rất phong phú của tập để mô phỏng phương pháp lập luận của con người thường vẫn được thực hiện trên nền ngôn ngữ tự nhiên.

Vậy một vấn đề đặt ra là liệu bản thân ngôn ngữ có cấu trúc tính toán không? Nếu có thì các phương pháp lập luận xây dựng trên đó đem lại những lợi ích gì? Thông qua lý thuyết về đại số gia tử ta có thể thấy rằng tập các giá trị của một biến ngôn ngữ (biến mà giá trị của nó được lấy trong miền ngôn ngữ) là một cấu trúc đại số đủ mạnh để tính toán.

Lý thuyết đại số gia tử đã cố gắng nhúng tập ngôn ngữ vào một cấu trúc đại số thích hợp và tìm cách xem chúng như là một đại số để tiên đề hóa sao cho cấu trúc thu được mô phỏng tốt ngữ nghĩa ngôn ngữ.

2.2.Đại số gia tử của biến ngôn ngữ

2.2.1. Biến ngôn ngữ

Ví dụ 2.1. *Xét biến ngôn ngữ có tên* AGE*, tức là* X = AGE*, biến cơ sở* u *có miền xác định là* U = *[0,100]. Khi đó tập các giá trị ngôn ngữ tương ứng của biến ngôn ngữ là* T(AGE*) bao gồm các giá trị*

young	old	not young or old
not young	not old	not very young not very old
very young	very old	young or old
more–or–less young	more–or–less old	…
possibly young	possibly old	…

Các giá trị ngôn ngữ young *và* old *được gọi là các giá trị nguyên thủy. Mỗi giá trị ngôn ngữ trong* T(AGE*) là tên của một biến mờ trên U, tức là biến có thể nhận giá trị trên U với mỗi giá trị ứng với một mức độ tương thích trong đoạn [0, 1], ràng buộc hạn chế trên mỗi giá trị ngôn ngữ hình thành ngữ nghĩa cho giá trị ngôn ngữ đó.Tuy nhiên ngữ nghĩa của các giá trị khác trong* T(AGE*) có thể tính thông qua tập mờ của các giá trị nguyên thủy bởi các phép toán tương ứng với các gia tử tác động như* very, more – or – less,…

Trong các nghiên cứu về biến ngôn ngữ và lập luận xấp xỉ, Zadeh luôn nhấn mạnh hai đặc trưng quan trọng nhất của biến ngôn ngữ:

Đặc trưng thứ nhất là tính phổ quát của cấu trúc miền giá trị của chúng, tức là miền giá trị của hầu hết các biến ngôn ngữ có cùng cấu trúc cơ sở theo nghĩa các giá trị ngôn ngữ tương ứng là giống nhau ngoại trừ phần tử sinh nguyên thủy. Ví dụ như tập các giá trị ngôn ngữ được cho tương ứng của hai biến ngôn ngữ *HEALTH* và *AGE* cho bởi bảng 2.1

Bảng 2.1. Các giá trị ngôn ngữ của các biến Health và Age

Health	**Age**
Good	*Old*
Very good	*very old*
more-or-less good	*more-or-less old*
...	...
Poor	*Young*
Very poor	*very young*
more-or-less poor	*more-or-less young*
……….	……….

Đặc trưng thứ hai là tính chất ngữ nghĩa độc lập ngữ cảnh của cá gia tử và các liên từ, trong khi ngữ nghĩa của các phần tử sinh nguyên thủy là phụ thuộc ngữ cảnh. Đặc trưng này có thể thấy từ việc xác định ngữ nghĩa tập mờ cho các giá trị ngôn ngữ như đã nêu ở trên

Hai đặc trưng trên của biến ngôn ngữ cho phép ta sử dụng một tập các gia tử ngôn ngữ cho nhiều biến ngôn ngữ khác nhau và có thể mô tả hình thức miền giá trị của các biến ngôn ngữ bởi một cấu trúc ngôn ngữ toán học thuần nhất. Vấn đề quan trọng nhất ở đây là mô hình phải dựa trên các yếu tố nào để cho cấu trúc toán học đó phản ánh được càng nhiều ngữ nghĩa tự nhiên của giá trị ngôn ngữ. Một cách tiếp cận đến vấn đề này đã được đề xuất dựa trên một số đặc trưng ngôn ngữ sau:

- Các giá trị ngôn ngữ có ngữ nghĩa tự nhiên của chúng khi được con người sử dụng trong cuộc sống hàng ngày, con người sử dụng ngữ nghĩa này để xác định quan hệ thứ tự giữa các giá trị ngôn ngữ của cùng một biến

- Các gia tử ngôn ngữ được con người sử dụng để nhấn mạnh về mặt ngữ nghĩa của giá trị ngôn ngữ, tức là mỗi gia tử có thể làm mạnh lên hoặc yếu đi ngữ nghĩa tự nhiên của giá trị ngôn ngữ được tác động

Với mỗi giá trị ngôn ngữ *x* trong *T*(*X*) và tập *H* các gia tử ngôn ngữ, khi đó *H* sẽ được phân hoạch thành hai tập con rời nhau sao cho một tập chứa các gia tử làm tăng ngữ nghĩa của x và tập còn lại chứa các gia tử làm giảm ngữ ngĩa của *x*. Hơn nữa trong mỗi tập con đó của *H*, các gia tử cũng được sắp thứ tự theo mức độ nhấn ngữ nghĩa của chúng, ví dụ như mức độ nhấn ngữ nghĩa của gia tử *very* được xem là mạnh hơn gia tử *more*

2.2.2. Đại số gia tử của biến ngôn ngữ

Giả sử *X* là một biến ngôn ngữ và miền giá trị của *X* là *Dom*(*X*).

Định nghĩa 2.2. *Một ĐSGT AX tương ứng của X là một bộ 4 thành phần AX=(Dom(X), C, H, ≤) trong đó C là tập các phần tử sinh, H là tập các gia tử và quan hệ "≤" là quan hệ cảm sinh ngữ nghĩa trên X.*

Ví dụ 2.2. Giả sử X là tốc độ quay của một mô tơ thì $Dom(X)$ = {*fast, very fast, possible fast, very slow, low...* }∪{***0***, *W*, ***1*** }, C = {*fast, slow,* ***0***, *W*, ***1*** }, với ***0***, *W*, ***1*** là phần tử bé nhất, phần tử trung hòa và phần tử lớn nhất tương ứng, H={*very, more, possible, little*}.

Trong ĐSGT AX =($Dom(X)$, C, H, ≤) nếu Dom(X) và C là tập sắp thứ tự tuyến tính thì AX được gọi là ĐSGT tuyến tính.

Từ đây về sau nếu không nhầm lẫn có thể sử dụng ký hiệu X thay cho $Dom(X)$.

Như đã biết trong, cấu trúc AX được xây dựng từ một số tính chất của các phần tử ngôn ngữ. Các tính chất này được biểu thị bởi quan hệ thứ tự ngữ nghĩa ≤ của X. Sau đây ta sẽ nhắc lại một số tính chất trực giác:

i) Hai phần tử sinh của biến ngôn ngữ có khuynh hướng ngữ nghĩa trái ngược nhau: *fast* có khuynh hướng "đi lên" còn gọi là hướng dương ký hiệu c^+, *slow* có khuynh hướng "đi xuống" còn gọi là hướng âm, ký hiệu c^-. Đơn giản, theo quan hệ thứ tự ngữ nghĩa ta có: $c^+ > c^-$. Chẳng hạn *old* > *young, true*>*false.*

ii) Về trực giác, mỗi gia tử có khuynh hướng làm tăng hoặc giảm ngữ nghĩa của phần tử sinh nguyên thủy. Chẳng hạn như *Very fast* > *fast* và *Very slow* < *slow* điều này có nghĩa gia tử *Very* làm mạnh thêm ngữ nghĩa của cả hai phần tử sinh *fast, slow*. Nhưng *Little fast* < *fast, Little slow* > *slow* vì thế *Little* có khuynh hướng làm yếu đi ngữ nghĩa của phần tử sinh. Ta nói *Very* là gia tử dương và *Little* là gia tử âm.

Ta ký hiệu H^- là tập các gia tử âm, H^+ là tập các gia tử dương và $H = H^- \cup H^+$. Nếu cả hai gia tử h và k cùng thuộc H^+ hoặc H^-, thì ta nói h, k sánh được với nhau. Dễ thấy *Little* và *Possible* là sánh được với nhau và *Little* > *Posible*, vì *Little false* > *Possible false* > *false*. Ngược lại, nếu h và k không đồng thời thuộc H^+ hoặc H^-, khi đó ta nói h, k ngược nhau.

iii) Hơn nữa, nhận thấy mỗi gia tử đều có sự ảnh hưởng (làm tăng hoặc làm giảm) đến ngữ nghĩa của các gia tử khác. Vì vậy, nếu *k* làm tăng ngữ nghĩa của *h*, ta nói *k* là dương đối với *h*. Ngược lại, nếu *k* làm giảm ngữ nghĩa của *h*, ta nói *k* là âm đối với *h*.

Chẳng hạn xét các gia tử ngôn ngữ *V* (*Very*), *M* (*More*), *L* (*Little*), *P* (*Possible*), của biến ngôn ngữ *TRUTH*. Vì *L true* < *true* và *VL true*< *L true*< *PL true*, nên *V* là dương đối với *L* còn *P* là âm đối với *L*. Tính âm, dương của các gia tử đối với các gia tử khác không phụ thuộc vào phần tử ngôn ngữ mà nó tác động. Thật vậy, nếu *V* dương đối với *L* thì với bất kỳ phần tử *x* ta có: (nếu $x \leq Lx$ thì $Lx \leq VLx$) hay (nếu $x \geq Lx$ thì $Lx \geq VLx$)

Nhìn chung, với bất kỳ *h*, $k \in H$, *h* được gọi là dương đối với *k* nếu $(\forall x \in \mathcal{X})\{(kx \geq x \Rightarrow hkx \geq kx)$ hay $(kx \leq x \Rightarrow hkx \leq kx)\}$. Một cách tương tự, *h* được gọi là âm đối với *k* nếu $(\forall x \in \mathcal{X})\{(kx \geq x \Rightarrow hkx \leq kx)$ hay $(kx \leq x \Rightarrow hkx \geq kx)\}$. Tính âm, dương của các gia tử được thể hiện trong Bảng 2.2

Bảng 2.2. Ví dụ về tính âm dương giữa các gia tử

	V	*M*	*P*	*L*
V	+	+	–	+
M	+	+	–	+
P	–	–	+	–
L	–	–	+	–

iv) Một tính chất ngữ nghĩa quan trọng của các gia tử được gọi là *tính kế thừa*. Tính chất này thể hiện ở chỗ 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. Điều này có nghĩa là với mọi gia tử *h*, giá trị *hx* thừa kế ngữ nghĩa của *x*. Tính chất này góp phần bảo tồn quan hệ thứ tự ngữ nghĩa: nếu $hx \leq kx$ thì $h'hx \leq k'kx$, hay *h*' và *k*' bảo tồn quan hệ ngữ nghĩa của *hx* và *kx* một cách tương ứng. Chẳng hạn như theo trực giác ta có *Ltrue* ≤ *Ptrue*, khi đó: *PLtrue* ≤ *LPtrue*.

2.2.3. Các tính chất cơ bản của ĐSGT tuyến tính

Sau đây sẽ xét một số tính chất cơ bản của ĐSGT tuyến tính

Trước hết ta thấy rằng khi tác động gia tử $h \in \boldsymbol{H}$ vào phần tử $x \in \boldsymbol{X}$, thì ta thu được phần tử ký hiệu hx. Với mỗi $x \in \boldsymbol{X}$ ta ký hiệu $\boldsymbol{H}(x)$ là tập tất cả các phần tử u thuộc $\boldsymbol{X}$ xuất phát từ x bằng cách sử dụng các gia tử trong $\boldsymbol{H}$ và ta viết $u = h_n...h_1x$, với $h_n, ..., h_1 \in \boldsymbol{H}$.

Định lý 2.1. ([1])*Cho tập $\boldsymbol{H}^-$ và $\boldsymbol{H}^+$ là các tập sắp thứ tự tuyến tính của ĐSGT $AX = (\boldsymbol{X}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{H}, \leq)$. Khi đó ta có các khẳng định sau:*

(1) *Với mỗi $u \in \boldsymbol{X}$ thì $\boldsymbol{H}(u)$ là tập sắp thứ tự tuyến tính.*

(2) *Nếu $\boldsymbol{X}$ được sinh từ $\boldsymbol{G}$ bởi các gia tử và $\boldsymbol{G}$ là tập sắp thứ tự tuyến tính thì $\boldsymbol{X}$ cũng là tập sắp thứ tự tuyến tính. Hơn nữa nếu $u < v$, và u, v là độc lập với nhau, tức là $u \notin \boldsymbol{H}(v)$ và $v \notin \boldsymbol{H}(u)$, thì $\boldsymbol{H}(u) \leq \boldsymbol{H}(v)$.*

Trong [1] khẳng định mỗi miền ngôn ngữ của biến ngôn ngữ có thể được tiên đề hóa và được gọi là ĐSGT $AX = (\boldsymbol{X}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{H}, \leq)$, trong đó $\boldsymbol{H}$ là tập thứ tự tuyến tính bộ phận, và có định lý sau:

Định lý 2.2. ([1]) *Cho ĐSGT $AX = (\boldsymbol{X}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{H}, \leq)$. Khi đó ta có các khẳng định sau:*

(1) *Các toán tử trong $\boldsymbol{H}^c$ là so sánh được với nhau, $c \in \{+, -\}$.*

(2) *Nếu $x \in \boldsymbol{X}$ là điểm cố định đối với toán tử $h \in \boldsymbol{H}$, tức là $hx = x$, thì nó là điểm cố định đối với các gia tử khác.*

(3) *Nếu $x = h_n...h_1u$ thì tồn tại chỉ số i sao cho $h_i...h_1u$ của x là một biểu diễn chuẩn của x tương ứng với u ($x = h_i...h_1u$ và $h_i...h_1u \neq h_{i-1}...h_1u$) và $h_jx = x$ với mọi $j > i$.*

(4) *Nếu $h \neq k$ và $hx = kx$ thì x là điểm cố định.*

(5) *Với bất kỳ gia tử h, k* $\in$ ***H****, nếu* $x \le hx$ ($x \ge hx$) *thì* $x \le hx$ ($x \ge hx$) *và nếu* $hx < kx$, $h \ne k$, *thì* $hx \le kx$.

Tiếp theo nêu ra định lý dùng để so sánh hai phần tử trong miền ngôn ngữ của biến ngôn ngữ *X*

Định lý 2.3. ([2]) *Cho* $x = h_n...h_1u$ *và* $y = k_m...k_1u$ *là hai biểu diễn chuẩn của x và y tương ứng với u. Khi đó tồn tại chỉ số* $j \le min\{n, m\} + 1$ *sao cho* $h_{j'} = k_{j'}$ *với mọi* $j' < j$ (*ở đây nếu* $j = min\ \{m, n\} + 1$ *thì hoặc* h_j *là toán tử đơn vị* $\boldsymbol{I}$, $h_j = \boldsymbol{I}$, $j = n + 1 \le m$ *hoặc* $k_j = \boldsymbol{I}$, $j = m + 1 \le n$) *và*

(1) $x < y$ *khi và chỉ khi* $h_jx_j < k_jx_j$, *trong đó* $x_j = h_{j-1}...h_1u$.

(2) $x = y$ *khi và chỉ khi* $m = n$ *và* $h_jx_j = k_jx_j$.

(3) *x và y là không so sánh được với nhau khi và chỉ khi* h_jx_j *và* k_jx_j *là không so sánh được với nhau.*

2.2. Các hàm đo trong đại số gia tử tuyến tính

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

2.2.1. Định lượng đại số gia tử

Như vậy ta có thể định nghĩa hàm ngữ nghĩa định lượng như sau:

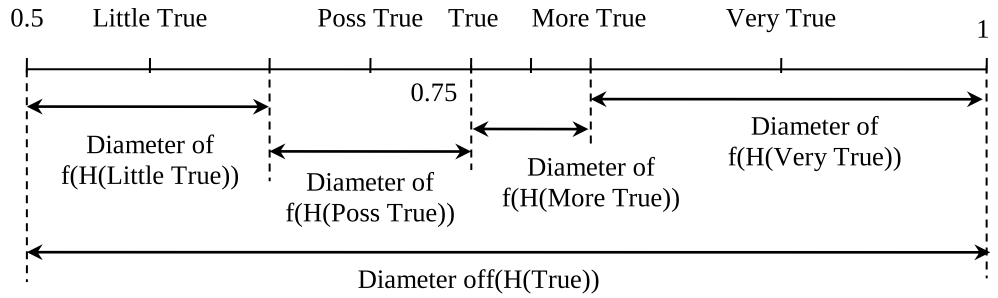
Định nghĩa 2.2.1.1: Cho đại số gia tử mở rộng đối xứng AT = (T, G, H, ≤), f: T→[0, 1] là một hàm ngữ nghĩa định lượng của AT nếu ∀h, k ∈ H+ hoặc ∀h, k ∈H- và ∀x, y ∈T, ta có: $\left|\dfrac{f(hx)-f(x)}{f(kx)-f(x)}\right| = \left|\dfrac{f(hy)-f(y)}{f(ky)-f(y)}\right|$

Với đại số gia tử và hàm ngữ nghĩa định lượng, có thể định nghĩa một khái niệm rất trừu tượng và khó định nghĩa một cách thoả đáng trong lý thuyết tập mờ là ***tính mờ*** của một khái niệm mờ hay của tập mờ biểu diễn nó.

2.2.1.1. Tính mờ của một giá trị ngôn ngữ

Xét các giá trị: True, Very False, … Làm thế nào để định nghĩa tính mờ (fuzziness) cho các giá trị ngôn ngữ này? Trên quan điểm ĐSGT, ta có một cách định nghĩa tính mờ khá trực quan dựa trên kích cỡ của tập H(x) như sau:

Cho trước một hàm định lượng ngữ nghĩa f của X. Xét bất kỳ x∈X, *tính mờ của* x *khi đó được đo bằng đường kính tập* f(H(x)) ⊆ [0, 1].



Hình 1.9: Tính mờ của giá trị ngôn ngữ

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 2.2.1.2. *Cho ĐSGT AX =(X, C, H, ≤). Hàm fm: X → [0,1] được gọi là hàm độ đo tính mờ của các phần tử trong X nếu:*

fm1) $fm(c^-) + fm(c^+) = 1$ *và* $\sum_{h \in H} fm(hu) = fm(u)$, *với* $\forall u \in X$;

fm2) $fm(x) = 0$, *với mọi x sao cho* $H(x) = \{x\}$. *Đặc biệt,* $fm(\boldsymbol{0}) = fm(\boldsymbol{W}) = fm(\boldsymbol{1}) = 0$;

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* $\mu(h)$.

Điều kiện *fm1*) có nghĩa là các phần tử sinh và các gia tử là đủ để mô hình hóa ngữ nghĩa của miền giá trị thực của các biến vật lý. Tập gia tử H và hai phần tử sinh nguyên thủy c^-, c^+ đủ để phủ toàn bộ miền giá trị thực của biến ngôn ngữ.

Về trực giác, ta có điều kiện *fm2*) và *fm3*) thể hiện sự tác động của gia tử h nào đó vào các khái niệm mờ là giống nhau (không phụ thuộc vào khái niệm mờ).

Cho fm là hàm độ đo tính mờ trên $\mathcal{X}$. Ta có:

i) $fm(hx) = \mu(h)fm(x)$, $\forall x \in \mathcal{X}$;

ii) $\sum_{-q\le i\le p, i\ne 0} fm(h_i c) = fm(c)$, với $c \in \{c^-, c^+\}$;

iii) $fm(c^-) + fm(c^+) = 1$;

iv) $\sum_{-q\le i\le p, i\ne 0} fm(h_i x) = fm(x)$;

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

Hàm dấu $sign : \mathcal{X} \to \{-1, 0, 1\}$ 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 $h'hx \ne hx$;

iii) $sign(h'hx) = sign(hx)$ nếu h' dương đối với h và $h'hx \ne hx$;

iv) $sign(h'hx) = 0$ nếu $h'hx = hx$.

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

C*ho fm là hàm độ đo tính mờ trên* $\mathcal{X}$. *Một hàm định lượng ngữ nghĩa v trên* $\mathcal{X}$ (*kết hợp với fm*) *được định nghĩa như sau*:

i) $v(\boldsymbol{W}) = \theta = fm(c^-)$, $v(c^-) = \theta - \alpha fm(c^-)$, $v(c^+) = \theta + \alpha fm(c^+)$,
với $0 < \theta < 1$;

ii) $v(h_j x) = v(x) + sign(h_j x)\left(\sum_{i=Sign(j)}^{j} fm(h_i x) - \omega(h_j x) fm(h_j x)\right)$, với $j \in [-q^\wedge p]$, trong đó

$$\omega(h_j x) = \frac{1}{2}(1 + sign(h_j x) sign(h_p h_j x)(\beta - \alpha)) \in \{\alpha, \beta\},$$

$[-q^\wedge p] = \{j: -q \le j \le p \ \& \ j \ne 0\}$.

Với mọi phần tử $x \in X$ *ta có* $0 \le v(x) \le 1$.

2.3. Phương pháp lập luận mờ sử dụng đại số gia tử

Trong phần này ta sẽ xem xét phương pháp lập luận mờ sử dụng ĐSGT xấp xỉ mô hình mờ.

Theo tiếp cận của ĐSGT, Mô hình mờ được xem như một tập hợp các “điểm mờ”, với việc sử dụng các ánh xạ ngữ nghĩa định lượng *v* mỗi điểm của mô hình mờ trên có thể được biểu diễn bằng một điểm của siêu mặt thực, và tập các điểm thực cho ta một mô hình gọi là bộ nhớ liên hợp định lượng (Semantization Associate Memory gọi tắt là SAM). Sử dụng toán tử kết nhập để kết nhập các điều kiện trong mô hình mờ, khi đó ta có thể chuyển siêu mặt thực về đường cong thực trong mặt phẳng, đường cong này còn được gọi là *đường cong ngữ nghĩa*. Do đó, bài toán lập luận ban đầu sẽ chuyển về bài toán nội suy kinh điển, phương pháp này có thể được khái quát qua các bước như sau:

Bước 1) *Xây dựng các ĐSGT* AX_i *cho các biến ngôn ngữ* X_i*, và AY cho biến ngôn ngữ Y.*

Bước 2) *Sử dụng các ánh xạ ngữ nghĩa định lượng* v_{Xi} *và* v_Y *chuyển đổi mô hình mờ FAM về mô hình SAM*

Bước 3) *Sử dụng một phép kết nhập đưa mô hình SAM về đường cong* $C_{r,2}$ *gọi là ngữ nghĩa định lượng.*

Bước 4) *Ứng với giá trị đầu vào thực hoặc mờ ta xác định giá trị định lượng tương ứng, sử dụng phép kết nhập và xác định đầu ra tương ứng của phép nội suy tuyến tính trên cong* $C_{r,2}$*, việc giải định lượng đầu ra của phép nội suy sẽ cho kết quả lập luận*

Phương pháp lập luận sử dụng ĐSGT hàm chứa rất nhiều các yếu tố mở cho người sử dụng lựa chọn như:

i) Chọn các tham số của các đại số gia tử:

Biết rằng mô hình mờ chứa biến ngôn ngữ, tương ứng với nó là ĐSGT. Các tham số của các ĐSGT gồm:

+ Độ đo tính mờ của các phần tử sinh:

$fm_{AXi}(c^{-})$, $fm_{AXi}(c^{+})$ thỏa $fm_{AXi}(c^{-}) + fm_{AXi}(c^{+}) = 1$

+ Độ đo tính mờ của các gia tử:

$\mu_{AXi}(h_j)$ thỏa $\sum_{j=-q_i}^{-1} \mu_{AXi}(h_j) = \alpha$, $\sum_{j=1}^{p_i} \mu_{AXi}(h_j) = \beta$, $\alpha + \beta = 1$

Thông thường ta hay sử dụng trực giác để chọn các tham số này, thông thường chọn các tham số $fm(c_i^{-}) = fm(c_i^{+}) = 0,5$ và $\alpha = \beta = 0,5$ trong quá trình lập luận sử dụng ĐSGT.

ii) Xác định phép kết nhập và phép nội suy

Trong một số nghiên cứu gần đây [7,8], các tác giả đã sử dụng các phép kết nhập *AND* = "*PRODUCT*" hoặc *AND* = "*MIN*" để đưa bảng SAM về đường cong ngữ nghĩa định lượng, đầu ra được xác định dựa trên việc định lượng, kết nhập các đầu vào và nội suy tuyến tính trên đường cong này.

iii) Vấn đề định lượng đầu vào thực:

Biết rằng phép nội suy được xây dựng từ các mốc nội suy trong bảng SAM, nên đầu vào của nó phải là các giá trị định lượng, không gặp khó khăn gì khi định lượng đầu vào mờ vì đã có hàm định lượng ngữ nghĩa, với đầu vào là giá trị thực thì việc định lượng thường được thiết lập theo nguyên tắc sau:

Giả sử biến ngôn ngữ X thuộc khoảng thực $[x_0, x_1]$ và các nhãn ngôn ngữ của nó nhận giá trị định lượng trong khoảng thực $[s_0, s_1]$. Khi đó giá trị thực $x \in [x_0, x_1]$ được định lượng theo phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính:

$$\text{semantization}(x) = s_0 + \frac{s_1 - s_0}{x_1 - x_0}(x - x_0) \qquad (1.1)$$

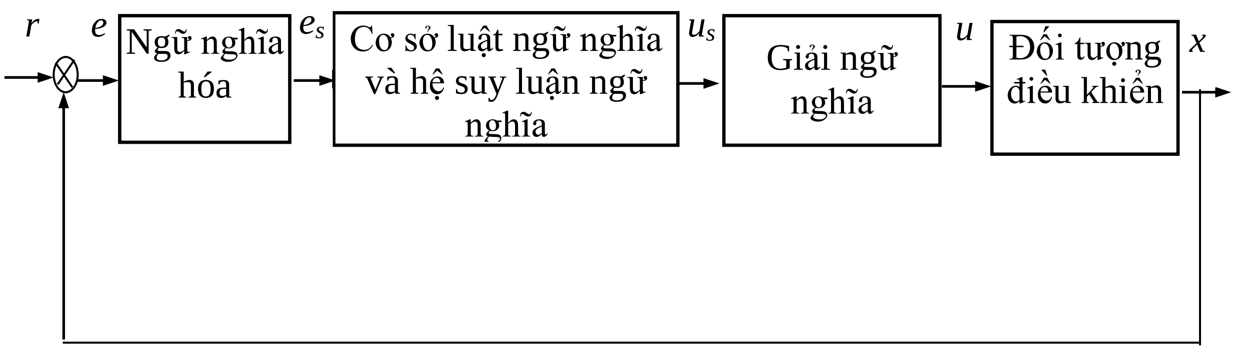
Vấn đề giải định lượng được tiến hành ngược lại. Đây chính là phép giải nghĩa tuyến tính:

$$\text{desemantization}(s) = x_0 + \frac{x_1 - x_0}{s_1 - s_0}(s - s_0) \qquad (1.2)$$

Trong đó (x_0, x_1) là khoảng xác định của biến X và (s_0, s_1) là khoảng định lượng ngữ nghĩa tương ứng

2.4. Mô hình điều khiển sử dụng đại số gia tử

Mô hình hệ điều khiển dựa trên ĐSGT có dạng như hình dưới đây:



Hình 2. 1 **: Hệ điều khiển dựa trên ĐSGT**

Để sử dụng đại số gia tử cần phải thực hiện các bước như sau:

Bước 1: Xác định biến vào, biến trạng thái và biến điều khiển (biến ra) và xác định khoảng làm việc của các biến. Xác định các điều kiện tính toán (chọn các bộ tham số tính toán của đại số gia tử).

Bước 2: Tính toán các giá trị định lượng ngữ nghĩa của biến vào, biến trạng thái và biến điều khiển (áp các gia tử lên các khoảng làm việc của các biến).

Bước 3: Chuyển bảng điều khiển mờ sang bảng điều khiển với tham số nghĩa định lượng của đại số gia tử.

Bước 4: Giải bài toán lập luận xấp xỉ trên cơ sở đại số gia tử để xác định ngữ nghĩa định lượng của điều khiển, trạng thái.

Bước 5: Kết nhập các giá trị ngữ nghĩa định lượng của điều khiển và xây dựng đường cong ngữ nghĩa định lượng.

Bước 6: Trên cơ sở điều kiện ban đầu của bài toán điều khiển, giải bài toán nội suy đường cong ngữ nghĩa định lượng, xác định giá trị điều khiển thực..

2.5. Xây dựng phép ngữ nghĩa hóa và phép giải nghĩa mở rộng.

Những nghiên cứu trong thời gian gần đây [3], [4], [5] chỉ ra rằng tiếp cận đại số gia tử (ĐSGT) [1], [2] ứng dụng trong nhiều lĩnh vực đã tỏ ra khá hiệu quả. Việc xây dựng đường cong ngữ nghĩa định lượng mô tả hệ luật là một sự thay đổi lớn về phép suy luận mờ, từ đó mang lại khả năng ứng dụng ngày càng mở rộng trong nhiều bài toán thực tế. Tuy nhiên phép ngữ nghĩa hóa và phép giải nghĩa trong bộ điều khiển dựa trên ĐSGT đơn giản vẫn chỉ là những biến đổi tuyến tính. Vấn đề này làm hạn chế phần nào tính mềm dẻo và độ chính xác trong các ứng dụng hiện nay của ĐSGT. Phần này đặt ra mục tiêu xây dựng phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa mở rộng nhằm mở rộng cho những ứng dụng như xấp xỉ hàm và điều khiển với độ chính xác cao hơn.

Trong ĐSGT, để thuận tiện cho việc biểu diễn ngữ nghĩa của các giá trị ngôn ngữ, miền tham chiếu thông thường của các biến ngôn ngữ X là đoạn [a, b], còn miền tham chiếu ngữ nghĩa Xs là đoạn $[a_s,b_s]$ ($0 \leq. a_s < b_s \leq 1$). Việc chuyển đổi tuyến tính từ [a, b] sang $[a_s,b_s]$ được gọi là phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính (linear semantization) còn việc chuyển ngược lại từ đoạn $[a_s,b_s]$ sang [a, b] được gọi là phép giải nghĩa tuyến tính (linear desemantization).

Trong nhiều ứng dụng của ĐSGT, đã sử dụng miền ngữ nghĩa là đoạn $[a_s=0, b_s=1]$, khi đó phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính được gọi là phép chuẩn hóa (linear Semantization = Normalization) và phép giải nghĩa tuyến tính được gọi là phép giải chuẩn (Linear Desemantization = Denormalization). Như vậy có thể biểu diễn phép ngữ nghĩa hóa như sau:

Linear Semantization (x) = $x_s = a_s + (b_s – a_s) (x – a) / (b – a)$ (2.1)

Normalization (x) = $x_s = (x – a) / (b – a)$ (2.2)

Nonlinear Semantization (x) = $f(x_s, sp)$ (2.3)

Với điều kiện: $0 \leq f(x_s, sp) \leq 1$; $f(x_s = 0, sp) = 0$ và $f(x_s = 1, sp) = 1$ (2.4)

Trong đó $sp \in [-1\ 1]$ là tham số ngữ nghĩa hóa phi tuyến.

Để đảm bảo thứ tự ngữ nghĩa, hàm f(.) được chọn tùy theo từng ứng dụng (tuyến tính hóa từng đoạn, đa thức từng đoạn…) nhưng phải là hàm liên tục và đồng biến. Ví dụ có thể chọn $f(x_s, sp)$ như sau:

Nolinear Normalization (x) = $x_s + sp.x_s(1-x_s)$ (2.5)

Tương tự có thể biểu diễn phép giải nghĩa như sau:

Linear Desemantization (x_s) = $x = a + (b – a) (x_s – a_s) / (b_s – a_s)$ (2.6)

Denormalization (x_s) = $x = a + (b – a)x_s$ (2.7)

Nonlinear Desemantization (x_s) = $g(x, dp)$ (2.8)

Với điều kiện: $a \leq g(x,dp) \leq b$; $g(x = a, dp) = a$ và $g(x = b, dp) = b$ (2.9)

Trong đó $dp \in [-1\ 1]$ là tham số giải nghĩa mở rộng.

Để đảm bảo thứ tự ngữ nghĩa, hàm g(.) được chọn tùy theo từng ứng dụng (tuyến tính hóa từng đoạn, đa thức từng đoạn…) nhưng phải là hàm liên tục và đồng biến. Ví dụ có thể chọn g(x,dp) như sau:

Nonlinear Denormalization ($f(x_s, sp)$) = Denormalization (f(xs, sp)) +

+dp((Denormalization (f(xs,sp))–a)(b–Denormalization(f(xs,sp)))/(b-a) (2.10)

Lưu ý rằng:

Denormalization ($f(x_s, sp)$) = $(sp.x(1-x)+x)(b-a) + a$ (2.11)

Hàm $f(x_s, sp)$ là hàm biểu diễn phép ngữ nghĩa hóa phi tuyến, $g(x, dp)$ là hàm biểu diễn phép giải nghĩa mở rộng chưa được sử dụng trong các ứng dụng của ĐSGT. Với cách chọn trên đây, khi $sp = dp = 0$, phép ngữ nghĩa hóa phi tuyến và phép giải nghĩa mở rộng trở thành tuyến tính và biểu thức (2.5) trở thành (2.2) và (2.8) trở thành (2.7).

2.6. Kết luận

Trong chương này, luận văn đã trình bày những vấn đề tối thiểu của lý thuyết ĐSGT và một số yếu tố cần thiết cho các ứng dụng của ĐSGT. Phần trình bày này nhấn mạnh ý nghĩa của phép ngữ nghĩa hóa và phép giải nghĩa mở rộng. Tính mềm dẻo và hiệu quả của việc ứng dụng mô hình mở rộng này được tiếp tục trình bày trong chương tiếp theo.

CHƯƠNG 3. PHÉP NGỮ NGHĨA HÓA VÀ GIẢI NGHĨA MỞ RỘNG ỨNG DỤNG TRONG XẤP XỈ HÀM VÀ ĐIỀU KHIỂN

3.1. Mở đầu

Một lớp bài toán khá rộng liên quan đến điều khiển là lớp bài toán xấp xỉ hàm. Đặc điểm quan trọng của quá trình xấp xỉ hàm là "khả năng xấp xỉ mô hình" trên cơ sở thông tin của cặp Đầu vào - Đầu ra. Đối với mô hình dựa trên luật, các phương pháp xấp xỉ hàm truyền thống không còn sử dụng được nữa, đơn giản vì cặp Đầu vào – Đầu ra không phải là những số liệu định lượng cụ thể, mà là một hệ luật được xây dựng từ tri thức, hiểu biết đầy trực cảm của con người.

Để vượt qua khó khăn này, lí thuyết mờ đã mô phỏng tri thức định tính thông qua khái niệm "tập mờ". Như vậy, đối với bài toán xấp xỉ hàm sử dụng tiếp cận mờ, cần phải chọn dạng hàm thuộc và tham số hóa một cách hợp lí. Giải pháp này khá cồng kềnh và bị gắn cứng vào một loại hàm thuộc được chọn ban đầu. Hơn thế nữa, điều khó nhất là phải chọn được phép kéo theo mờ hợp lí và một chiến lược giải mờ đủ tốt để có thể nhận được kết quả như mong muốn.

Những bước thực hiện này luôn kèm theo rất nhiều "rủi ro" và có thể dẫn đến những sai lầm nghiêm trọng do hiệu ứng " không chỉnh " gây ra cho loại bài toán ngược như xấp xỉ hàm. Vì vậy, khi nào tiếp cận mờ còn chưa giải quyết được những vướng mắc nêu trên, khi đó còn chưa có được tính thuyết phục thực sự liên quan đến " tính thực tế " của nó đối với nhiều vấn đề ứng dụng nói chung và bài toán xấp xỉ hàm nói riêng. Muốn vượt qua thách thức này cần phải xây dựng được một lí thuyết cho phép xử lí chính xác các mô hình định tính mà không bị ảnh hưởng bởi hậu quả của việc sử dụng tập mờ và vẫn có khả năng mô phỏng tốt tính bất định, mơ hồ, không chắc chắn… hàm chứa trong tri thức và hiểu biết thông qua ngôn ngữ của con người.

Có thể lí thuyết ĐSGT đáp ứng được yêu cầu khắt khe này chăng? Tuy nhiên, qua các kết quả ứng dụng cụ thể đã và đang được thực hiện, có thể hi vọng rằng câu trả lời sẽ mang tính tích cực. Riêng đối với bài toán xấp xỉ hàm, lí thuyết ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa , giải nghĩa mở rộng sẽ giải quyết như thế nào và liệu có thể tốt hơn so với tiếp cận mờ hay không? Sau đây sẽ xét một trường hợp cụ thể.

Bài toán xấp xỉ hàm dựa trên luật

Xét hệ n đầu vào 1 đầu ra với tri thức về hàm được biết dưới dạng tập hợp các luật R (r) có dạng sau:

IF x_1 is $A_1(r)$ and x_2 is $A_2(r)$…and x_n is $A_n(r)$ THEN y = B(r) (3.1)

trong đó x_i, i = 1, 2,.. n là các giá trị đầu vào; y là giá trị đầu ra; $A_i(r)$ là tập mờ của biến ngôn ngữ đầu vào i trong luật thứ r, r = 1, 2,…,m; B(r) là tập mờ của biến ngôn ngữ đầu ra trong luật thứ r.

<u>Xấp xỉ hàm sử dụng tiếp cận mờ</u>

Quá trình xấp xỉ hàm dựa trên luật sử dụng tiếp cận mờ như sau:

Bước 1: Mờ hóa không gian đầu vào, đầu ra: Xây dựng các phân hoạch đầu vào và đầu ra tương ứng với các biến ngôn ngữ.

Bước 2: Xây dựng hệ luật từ tri thức về hàm.

Bước 3: Giải mờ từ điều kiện ban đầu và FAM, tính toán đầu ra rõ.

Để thấy rõ bản chất vấn đề và không mất tính tổng quát, xét bài toán về xấp xỉ hàm phi tuyến dựa trên luật có dạng 1 đầu vào 1 đầu ra sau đây:

$$y = 10\sin(x). \tag{3.2}$$

Với điều kiện ban đầu

$$x_0 = (-135^o, -45^o, 45^o, 135^o). \tag{3.3}$$

Tri thức về hàm được cho dưới dạng 4 luật trong bảng 3.1 như sau:

***Bảng 3.1*. Luật tăng, giảm**

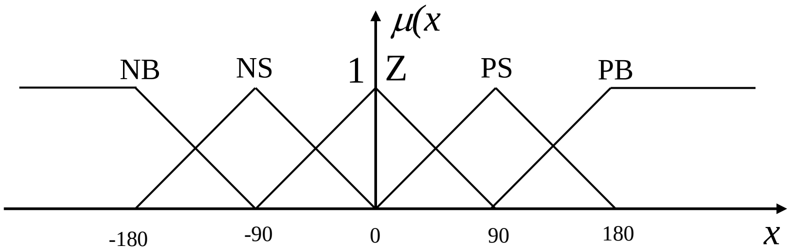
Luật 1	IF x is Z or PB, THEN y is Z
Luật 2	IF x is PS THEN y is PB
Luật 3	IF x is Z or NB, THEN y is Z
Luật 4	IF x is NS THEN y is NB

trong đó: NB – Negative Big; NS – Negative Small; Z – Zero; PS – Positive Small và PB – Positive Big.

Bài toán được giải quyết như sau:

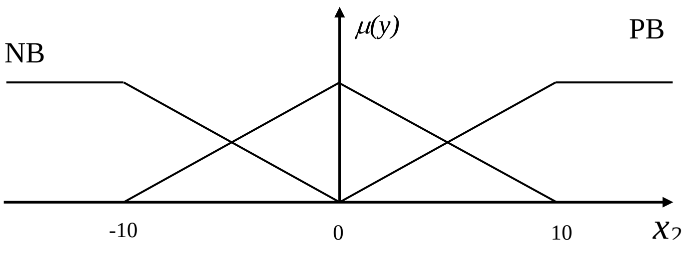
***Bước 1*:** Mờ hóa tập nền đối với biến vào x trên khoảng [-180^o, 180^o] và tập nền đối với biến ra y trên khoảng [-10, 10].

Phân hoạch không gian đầu vào thành 5 đoạn với 5 tập mờ tương ứng: NB, NS, Z, PS và PB như hình 3.1.



Hình 3.1: Phân hoạch đầu vào x

Phân hoạch không gian đầu ra thành 3 đoạn với 3 tập mờ tương ứng: NB, Z và PB như hình 3.2.



Hình 3.2: Phân hoạch đầu ra y

Bước 2: Xác định FAM từ 4 luật của bảng 3.1 và tổng hợp vào bảng 3.2.

***Bảng 3.2*. FAM**

x	NB	NS	Z	PS	PB
y	Z	NB	Z	PB	Z

Bước 3: Trên cơ sở điều kiện ban đầu x_o (3.3) tính toán đầu ra được thực hiện theo phương pháp giải mờ trọng tâm và kết quả nhận được trong bảng 3.3.

***Bảng 3.3*. Kết quả xấp xỉ hàm y = 10 sin(x) dựa trên luật của tiếp cận mờ**

x_o	-135^o	-45^o	45^o	135^o
y	-7	-7	7	7

Xấp xỉ hàm dựa trên luật sử dụng tiếp cận đại số gia tử

Tiếp cận ĐSGT là tiếp cận mới cho bài toán xấp xỉ hàm dựa trên luật. Quá trình xấp xỉ hàm được thể hiện qua các bước sau:

Bước 1: Chọn bộ tham số gốc với các gia tử và gắn ngữ nghĩa hợp lí cho giá trị của các biến ngôn ngữ vào và biến ngôn ngữ ra.

Bước 2: Xây dựng ngữ nghĩa đầu vào và ngữ nghĩa đầu ra từ không gian đầu vào và không gian đầu ra tương ứng trên cơ sở phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính hoặc phi tuyến.

Bước 3: Trên cơ sở FAM, xây dựng SAM (Simantic Associative Memory) và đường cong ngữ nghĩa định lượng theo các luật – điểm ngữ nghĩa.

Bước 4: Sử dụng điều kiện ban đầu và đường cong ngữ nghĩa định lượng, tính toán các giá trị đầu ra trên cơ sở phép giải nghĩa tuyến tính hoặc phi tuyến

Đối với mô hình y = 10sin(x) với FAM được biết tại bảng 3.2, bài toán xấp xỉ hàm dựa trên luật sử dụng tiếp cận ĐSGT được giải quyết như sau:

Bước 1: Chọn bộ tham số C = { 0, Small,θ, Big,1 }; θ = 0,5; α = β = 0,5;

Như vậy fm(Small) = θ = 0,5; fm(Big) = 1- fm(Small) = 0,5.

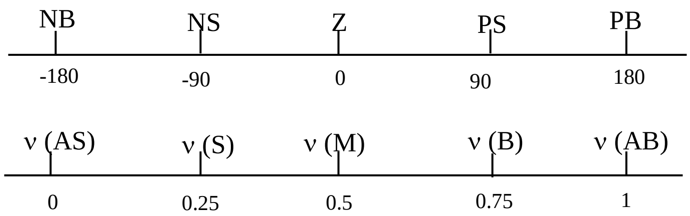
Bước 2: Ngữ nghĩa được gắn cho các biến ngôn ngữ vào và biến ngôn ngữ ra như sau:NB = Absolute Small (AS); NS = Small (S); Z = Medium (M); PS = Big (B) và PB = Absolute Big (AB).

Từ lý thuyết đại số gia tử tính được các giá trị ngữ nghĩa định lượng:

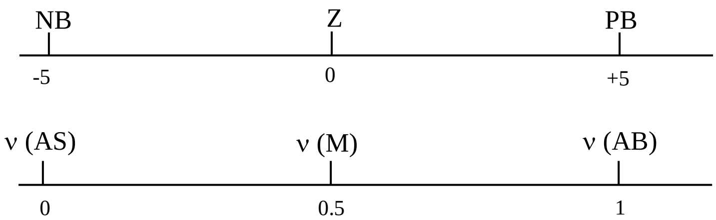
$\nu(S) = \nu(Small) = \theta - \alpha fm(Small) = 0,25$; $\nu(B) = \nu(Big) = \theta + \alpha fm(Bigl) = 0,75$.

Lưu ý rằng: $\nu(M) = \nu(Medium) = 0,5$; $\nu(AS) = \nu(Absolute\ Small) = 0$; $\nu(AB) = \nu(Absolute\ Big) = 1$.

Các kết quả của bước 1 và bước 2 để đơn giản, chọn phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính. Kết quả được thể hiện trên hình 3.3 và hình 3.4 dưới đây:



Hình 3.3: Ngữ nghĩa đầu vào x_s



Hình 3.4: Ngữ nghĩa đầu ra y_s

Bước 3: Xây dựng SAM từ hệ luật FAM và được tập hợp vào bảng 3.4.

***Bảng 3.4.* Hệ luật SAM**

x_s	0,00	0,25	0,50	0,75	0,50
y_s	0,50	0,00	0,50	1,00	0,50

Bước 4: Các giá trị đầu ra được tính toán trên cơ sở đường cong ngữ nghĩa định lượng xây dựng được ở bước 3 với điều kiện ban đầu x_0. Để xem xét khả năng xấp xỉ hàm của phương pháp đề xuất, các đường cong ngữ nghĩa

định lượng C1, C2, C12 lần lượt được xây dựng như trên hình 3.5 với phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa đơn giản là tuyến tính. Trong đó:

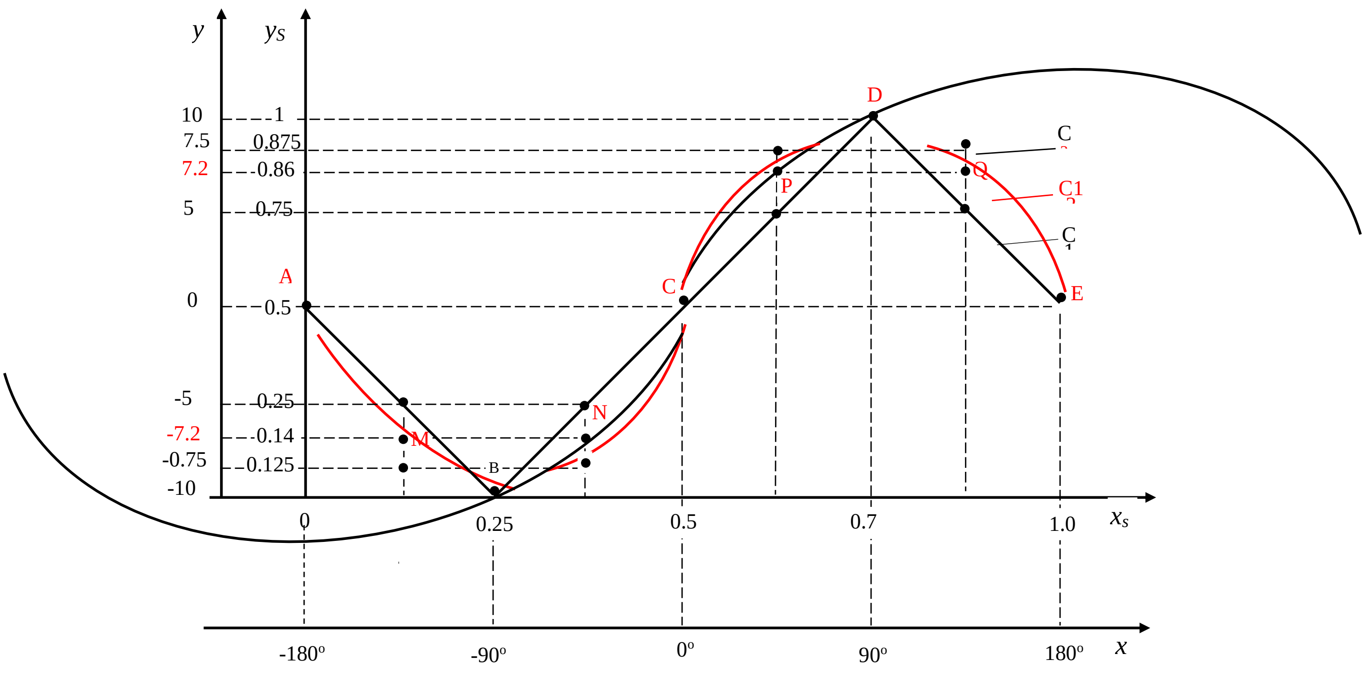
C1 gồm 4 đoạn tuyến tính đi qua 4 cặp luật – điểm AB, BC, CD, DE;

C2 gồm 2 đường cong parabol đi qua 2 bộ ba luật – điểm ABC, CDE (ví dụ đường parabol đi qua ABC có dạng $y_s = 8x_s^2 - 4x_s + 0{,}5$);

C12 gồm 4 đường cong parabol đi qua 4 bộ ba luật – điểm AMB, BNC, CPD và DQE. Ngữ nghĩa các luật điểm trên các đường cong ngữ nghĩa định lượng được tổng hợp tại bảng 3.5. Toàn bộ kết quả tính toán đầu ra trên cơ sở phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa tuyến tính được đúc kết trong bảng 3.6 và được so sánh với tiệm cận mờ.

***Bảng 3.5.* Ngữ nghĩa các luật điểm trên các đường cong ngữ nghĩa định lượng**

	A	M	B	N	C	P	D	Q	E
x_s	0,00	0,125	0,25	0,375	0,50	0,625	0,75	0,875	1,00
y_s	0,50	0,14	0,00	0,14	0,50	0,86	1,00	0,86	0,50



Hình 3.5: Các đường cong ngữ nghĩa định lượng C1 C2, C12

***Bảng 3.6*. Tiếp cận ĐSGTvới phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa tuyến tính**

	Tiếp cận đại số gia tử với phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa tuyến tính							Tiếp cận mờ	Hàmphi tuyến
		C1		C2		C12			
x	x_s	y_s	y	y_s	y	y_s	y	y_f	10sinx
-135^o	0,125	0,25	-5	0,125	-7,5	0,14	-7,2	-7,0	-7,14
-45^o	0,375	0,25	-5	0,125	-7,5	0,14	-7,2	-7,0	-7,14
45^o	0,625	0,75	5	0,875	7,5	0,86	7,2	7,0	7,14
135^o	0,875	0,75	5	0,875	7,5	0,86	7,2	7,0	7,14

Như vậy, độ chính xác của quá trình xấp xỉ hàm bằng tiếp cận ĐSGT phụ thuộc vào việc chọn dạng đường cong ngữ nghĩa. Các đường C1, C2 là những đường cong ngữ nghĩa chưa phù hợp với bài toán xấp xỉ hàm cụ thể nêu trên và kết quả thu được tồi hơn so với tiếp cận mờ. Duy chỉ có đường cong ngữ nghĩa C12 cho phép xấp xỉ hàm phi tuyến tốt hơn so với tiệm cận mờ truyền thống.

Ở đây, việc chọn dạng đường cong ngữ nghĩa sao cho kết quả xấp xỉ tốt nhất lại là vấn đề phức tạp. Chính vì vậy cần có một giải pháp khác, đơn giản hơn cho phép giải quyết vấn đề này. Đó có thể là giải pháp chọn phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa mở rộng. Cụ thể cho bài toán xấp xỉ hàm phi tuyến y = 10sinx, có thể chọn phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính như đã nêu ở trên**, nhưng phép giải nghĩa mở rộng được chọn với dạng hàm phi tuyến** có tham số dp sau đây:

y_d=y+dp.y(ymax–y)(y–ymin)/(ymax–(ymax–ymin)/2)((ymax–ymin)/2–ymin)

dp ϵ [-1 1] được chọn theo phép *thử* - *sai* hoặc tối ưu; ymax = 10; ymin = -10.

Việc chọn dp theo phép *thử* - *sai* trong tính toán đơn giản hơn nhiều so với việc chọn dạng đường cong ngữ nghĩa. Ví dụ khi dp=0.58, y=5 ta có:

y_d=5+0.58.5(10–5)(5–(-10))/(10–(10–(-10))/2)((10–(-10))/2–(-10))=7.175

Kết quả tính toán theo tiếp cận ĐSGT với phép giải nghĩa mở rộng trên đây được so sánh với tiếp cận mờ và được trình bày trong Bảng 3.7

***Bảng 3.7*. Tiếp cận ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính sp = 0, nhưng phép giải nghĩa mở rộng với dp=0.58**

	Tiếp cận ĐSGT dp=0.58	Tiếp cận mờ	Giải nghĩa mở rộng
X	y_d	y_f	10sinx
-135^o	-7.175	-7,0	-7,14
-45^o	-7.175	-7,0	-7,14
45^o	7.175	7,0	7,14
135^o	7.175	7,0	7,14

Rõ ràng rằng phép giải nghĩa mở rộng đã tạo ra khả năng xấp xỉ (Bảng 3.7) tốt hơn so với phép giải nghĩa tuyến tính (Bảng 3.6).

Xấp xỉ hàm là lớp bài toán khá rộng. Sử dụng tiếp cận ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa mở rộng giải quyết lớp bài toán này là một tiếp cận mới nhằm tìm hiểu khả năng xấp xỉ hàm phi tuyến dựa trên luật và so sánh với tiếp cận mờ truyền thống để thấy rõ tính ưu việt cũng như hạn chế của phương pháp đề xuất. Qua ví dụ xấp xỉ một hàm phi tuyến, có thể thấy rằng: Tiếp cận ĐSGT cho kết quả tốt hơn tiếp cận mờ khi xây dựng được phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa mở rộng hợp lí. Từ đây có thể tiến đến việc giải bài toán xấp xỉ tối ưu hàm phi tuyến.

3.2. Bài toán điều khiển hạ độ cao mô hình bay

Phần trình bày sau đây dựa trên kết quả nghiên cứu mới trong [9].

Mô hình động học bay tối giản được mô tả trong [6] như sau:

$$h_{i+1} = h_i + v_i \qquad (3.4)$$

$$v_{i+1} = v_i + f_i \qquad (3.5)$$

Trong đó $v_i$là tốc độ; $h_i$là độ cao và f_i là lực điều khiển tại chu kỳ điều khiển i với i=0, 1, 2…. Quỹ đạo mong muốn được thể hiện bằng quan hệ parabol giữa vận tốc mong muốn v_{0i} và độ cao h_i như sau:

v_{0i}=((-20)/1000^2)*h_i^2 (3.6)

Vấn đề đặt ra là: Trên độ cao1000 ft , cần phải điều khiển hạ thấp mô hình bay (3.4), (3.5) với vận tốc ban đầu của mô hình bay là –20 ft/s. Chất lượng điều khiển được đánh giá qua sai số tốc độ hạ thấp độ cao.

Gọi e là sai số tốc độ hạ thấp độ cao qua kchu kỳ điều khiển:

$$e = (\sum_{i=1}^{k}(v_{0i} - v_i)^2)^{1/2} \qquad (3.7)$$

trong đó v_{0i}, v_i là tốc độmong muốn và tốc độ thực tế tại chu kỳ i.

Tiếp cận điều khiển mờ [6]

Hệ luật điều khiển mờ được cho trong Bảng 3.8, Bảng FAM (Fuzzy Associative Memory).

Bảng 3.8. **Bảng FAM**

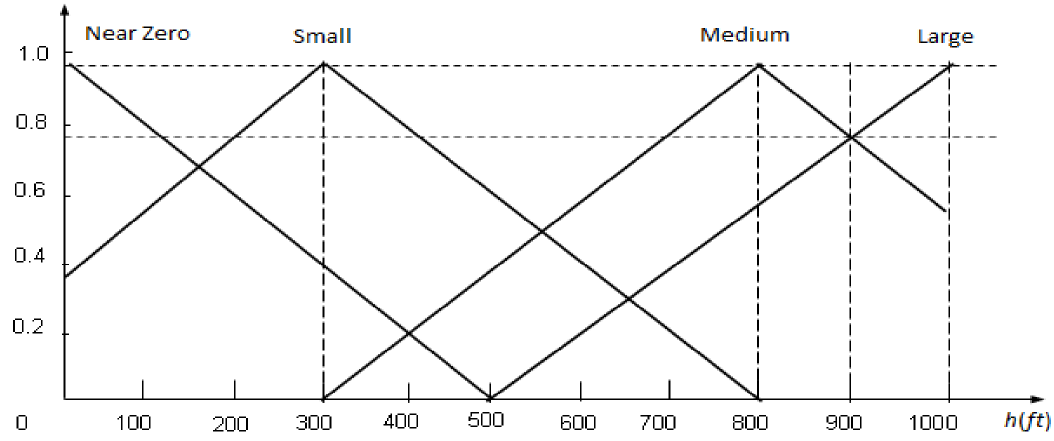
Độ cao h	*Tốc độ v*				
	DL	DS	Z	US	UL
L	Z	DS	DL	DL	DL
M	US	Z	DS	DL	DL
S	UL	US	Z	DS	DL
NZ	UL	UL	Z	DS	DS

Trong đó biến ngôn ngữ *Độ caoh*∈ [0 1000] và có các giá trị ngôn ngữ: Large (L), Medium (M), Small (S), Near Zero (NZ).

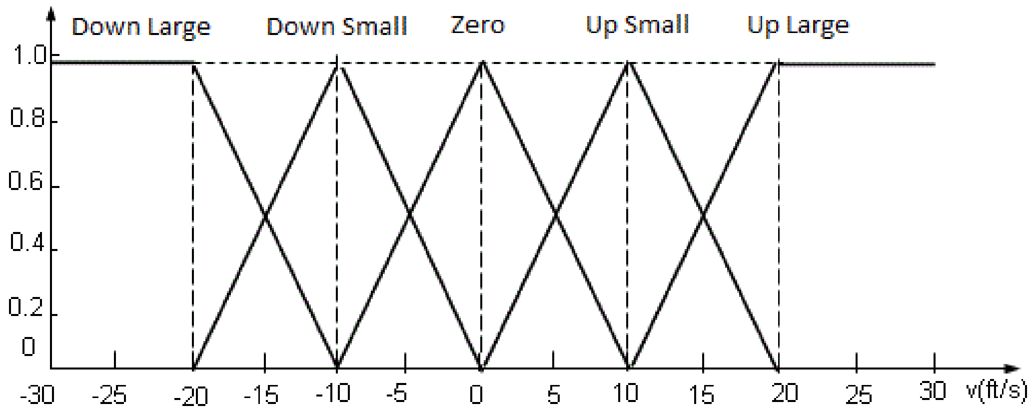
Biến ngôn ngữ *Tốc độv*∈ [-20 20] và có các giá trị ngôn ngữ: Down Large (DL), Down Small (DS), Zero (Z), Up Small (US), Up Large (UL).

Biến ngôn ngữ *Lực điều khiển f*∈ [-20 20] và có các giá trị ngôn ngữ: Down Large (DL), Down Small (DS), Zero (Z), Up Small (US), Up Large (UL).

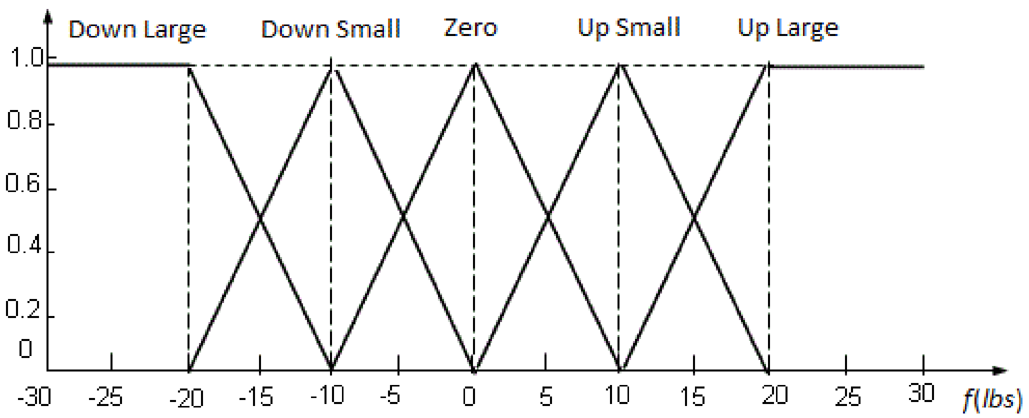
Hàm thuộc của các tập mờ của các biến ngôn ngữ *h*, *v*, và *f* được biểu thị trong các Hình 3.6, 3.7, 3.8.



Hình 3.6: Hàm thuộc của các tập mờ của biến h



Hình 3.7: Hàm thuộc của các tập mờ của biến v



Hình 3.8: Hàm thuộc của các tập mờ của biến f

Cho điều kiện ban đầu h_0 = *1000 ft*; v_0 = *-20 ft/s*, kết quả của điều khiển mờ trong [6] được trình bày trong Bảng 3.9 với AND = MIN dưới đây:

Bảng 3.9. **Kết quả điều khiển sử dụng tiếp cận mờ**

Chu kỳ	***Độ cao h***	***Tốc độ thực tế v***	***Tốc độ mong muốn v_{0i}***	***Lực điều khiển f***
1	1000	-20	-20.00	5.8
2	980.0	-14.2	-19.20	0.5
3	965.8	-14.7	-18.46	-0.4
4	951.1	-15.1	-17.76	0.3
e_F		7.15		

Sai số tốc độ hạ thấp độ cao $e_F$sau 4 chu kỳ điều khiển của bộ điều khiển mờ được xác định như sau:

$$e_F= \left(\sum_{i=1}^{4}(v_{0i}(F)-v_i(F))^2\right)^{1/2} = 7.15 \qquad (3.8)$$

Trong đó:

$v_{0i}(F)$: Tốc độ mong muốn tại chu kỳ i của bộ điều khiển mờ

$v_i(F)$: Tốc độ thực tế tại chu kỳ i của bộ điều khiển mờ

Trong bài toán điều khiển hạ độ cao mô hình bay (3.4), (3.5), các giá trị ngôn ngữ của các biến ngôn ngữ độ cao *h*, *tốc độ v* và *lực điều khiển f* chuyển sang các hạng từ tương ứng của ĐSGT được trình bầy trong Bảng 3.10

Bảng 3.10. **Các giá trị ngôn ngữ tương ứng với các hạng từ của ĐSGT**

Độ cao h [0,1000]	Tốc độ v [-20, 20]	Lực điều khiển f [-20,20]
NZ => Absolute Small	DL => Absolute Small	DL => Absolute Small
S => Small	DS => Small	DS => Small
M => Medium	Z => Medium	Z => Medium
L => Absolute Large	US => Large	US => Large
	UL => Absolute Large	UL => Absolute Large

Trong [8] đã đưa ra bảng SAM có điều kiện mô tả đúng đắn quan hệ định lượng parabol (đảm bảo hạ thấp độ cao mô hình bay) giữa *tốc độ v* và *độ cao h* với các tính chất sau:

P1. 1 giá trị tốc độ *v* tương ứng với 1 và chỉ 1 giá trị độ cao *h*.

P2. Nếu tốc độ *v* giảm, Thì độ cao *h* cũng giảm.

Phương trình động học (3.4), (3.5) có các tính chất sau:

P3. 1 giá trị *tốc độ v* và 1 giá trị *độ cao h* tương ứng với 1 và chỉ 1 giá trị *lực điều khiển f.*

P4.Mô hình bay bắt đầu hạ thấp độ cao với tốc độ ban đầu *v(0)* là giá trị tốc độ lớn nhất của khoảng xác định về tốc độ và với độ cao ban đầu *h(0)* là giá trị lớn nhất của khoảng xác định về độ cao.

P5. Nếu *tốc độ v* tiến đến 0 và *độ cao h* tiến đến 0 Thì *lực điều khiển f* tiến đến 0.

Bảng 3.11. **Bảng SAM thỏa quan hệ parabol giữa *tốc độ v* và *độ cao h***

h_s \ v_s	0.00	0.25	0.50
1.00	0.50		
0.50		0.50	
0.00			0.50

Như vậy hệ luật điều khiển trong bảng SAM (Bảng 3.11) đơn giản hơn, nhưng hợp lý hơn do thỏa mãn ràng buộc về quan hệ parabol giữa *tốc độ v* và *độ cao h* so với hệ luật điều khiển trong bảng FAM (Bảng 3.4). Chính vì vậy các kết quả thu được trong [8] được mô tả trong Bảng 3.8 chính xác hơn rất nhiều so với kết quả của tiếp cận mờ [6] trong Bảng 3.5.

***Bảng 3.12.* Kết quả sử dụng ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa tuyến tính khi AND=MIN và AND=PRODUCT] [8]**

Chu kỳ	***Độ cao h***		***Tốc độ v***		***Tốc độ Mong muốn***	***Lực điều khiển f***	
	MIN	PRODUCT	MIN	PRODUCT		MIN	PRODUCT
1	1000	1000	-20	-20	-20	0.8	1.20
2	980.0	980.0	-19.2	-18.8	-19.20	0.77	1.06
3	960.8	961.2	-18.43	-17.7	-18.46	0.74	1.02
4	942.4	943.5	-17.69	-16.6	-17.76	0.71	0.95
e_{HAC}			0.13	0.93			

Sai số tốc độ hạ thấp độ cao e_{HAC}sau 4 chu kỳ điều khiển của bộ điều khiển sử dụng ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa tuyến tính [8] được xác định như sau:

$$e_{HAC} = (\sum_{i=1}^{4}(v_{0i}(HAC) - v_i(HAC))^2)^{1/2} \quad (3.9)$$

AND = MIN :e_{HAC}= 0.13

AND = PRODUCT :e_{HAC}= 0.93

Tuy nhiên các phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa trong [8] hoàn toàn tuyến tính. Ưu điểm của chúng là tính toán đơn giản, nhưng tuyệt đối không có khả năng nào ảnh hưởng nào đến quá trình điều khiển. Hạn chế này sẽ được khắc phục khi sử dụng *phép giải nghĩa mở rộng* trong bài toán điều khiển hạ thấp độ cao mô hình bay. Ngoài ra, để tính toán đơn giản, ở đây giữ nguyên phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính. Cụ thể như sau:

a. Phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính các biến ngôn ngữ *độcao h*, *tốc độ v* và *lực điều khiển f*

$$h_s= h/1000 \quad (3.10)$$

$$v_s = (v +20)/40 \quad (3.11)$$

$$f_s= (f +20)/40 \quad (3.12)$$

b. Phép giải nghĩa mở rộng theo

$f_d = f + dp(20 - f).(f - f_{min})/(f_{max} - f_{min})$ (3.13)

$f = 40f_s - 20$ (3.14)

Trong đó $f_{max} = 20$ và $f_{min} = -20$

Kết quả tính toán với AND = MIN và AND = PRODUCT

Đối với bài toán hạ thấp độ cao mô hình bay [6], mô hình tính toán của tiếp cận ĐSGT được xây dựng cho các biến ngôn ngữ *độ cao h*, *tốc độ v* và *lực điều khiển f* tương tự [7, 8] với các điều kiện ban đầu như sau:

C = { *0, Small, θ, Large, 1*}; H^- = { *Little*} = {h_{-1}} ; H^+ = {*Very*} = { h_1}

Cho trước θ∈ [0.25 0.75] ;α∈ [0.25 0.75]; β = 1- α

μ(Very) = 1- α; μ(Little) = α;

Sai số tốc độ hạ thấp độ cao e_{HACdp} sau 4 chu kỳ điều khiển của bộ điều khiển sử dụng ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính và phép giải nghĩa mở rộng được xác định như sau:

$$e_{HA\,Cdp} = \left(\sum_{i=1}^{4}(v_{0i}(HAC) - v_i(HACdp))^2\right)^{1/2} \quad (3.15)$$

Trong đó:

$v_{0i}(HAC) = v_{0i}(F)$: Tốc độ mong muốn tại chu kỳ i của bộ điều khiển sử dụng ĐSGT cũng như điều khiển mờ.

$v_i(HACdp)$: Tốc độ thực tế tại chu kỳ i của bộ điều khiển sử dụng ĐSGT với phép giải nghĩa mở rộng.

Trên cơ sở các biểu thức (3.10), (3.11)…., (3.14), chương trình tính toán tối ưu bộ tham số θ, α của ĐSGT và tham số giải nghĩa mở rộng dp(i) cho 4 chu kỳ điều khiển i= 1, 2, 3, 4 theo nghĩa:

$$e_{HA\,Cdp} = \left(\sum_{i=1}^{4}(v_{0i}(HAC) - v_i(HACdp))^2\right)^{1/2} \rightarrow \min \quad (3.16)$$

Bài toán tối ưu hóa (3.16) được giải bằng thuật toán GA trong MATLAB. Phần Phụ Lục mô tả chương trình hạ thấp độ cao mô hình bay tối ưu.

Kết quả điều khiển qua 4 chu kỳ điều khiển được mô tả trong Bảng 3.13. Bộ tham số tối ưu của ĐSGT tìm được trên cơ sở thuật toán GA như sau: $\theta^* = 0.352$, $\alpha^* = 0.417$ (AND=PRODUCT và AND=MIN)

Tham số ngữ nghĩa hóa phi tuyến tối ưu trên từng chu kỳ điều khiển cũng được tìm được trên cơ sở thuật toán GA như sau:

dp*(1) = 0.0881, dp*(2)= 0.0734, dp*(3) = 0.0640, dp*(4) = 0.0562

Bảng 3.13. **Kết quả sử dụng ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính và giải nghĩa mở rộng**

Chu kỳ	***Độ cao h***		***Tốc độ v***		***Tốc độ Mong muốn***	***Lực điều khiển f***	
	MIN	PRODUCT	MIN	PRODUCT		MIN	PRODUCT
1	1000	1000	-20	-20	-20	0.831	0.831
2	980.0	980.0	-19.17	-19.17	-19.21	0.734	0.734
3	960.8	960.8	-18.44	-18.44	-18.46	0.639	0.639
4	942.4	942.4	-17.79	-17.79	-17.76	0.562	0.562
e_{HACdp}			0.0591	0.0591			

Sai số tốc độ hạ thấp độ cao e_{HACdp}

Khi AND = MIN :e_{HACdp}= 0.0591

Khi AND = PRODUCT :e_{HACdp}= 0.0591

Bộ điều khiển sử dụng ĐSGT cho bài toán hạ thấp độ cao mô hình bay (3.3), (3.4) với phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính (3.10), (3.11), (3.12) và phép giải nghĩa mở rộng (3.13), (3.14) được so sánh với bộ điều khiển mờ [6], bộ điều khiển sử dụng ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa nghĩa hoàn toàn tuyến tính [7, 8].

Kết quả so sánh được trình bày trong Bảng 3.14.

***Bảng 3.14.* So sánh các phương pháp điều khiển hạ độ cao mô hình bay**

Phương pháp	**Điều khiển mờ [6]**	**Điều khiển sử dụng ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa tuyến tính [7]**	**Điều khiển sử dụng ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa tuyến tính [8]**	**Điều khiển sử dụng ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính và giải nghĩa mở rộng**
Sai số tốc độ	AND = MIN $e_F = 7.15$	AND=MIN $e_{HAC} = 2.92$ AND=PRODUCT $e_{HAC} = 0.89$	AND=MIN $e_{HAC} = 0.13$ AND=PRODUCT $e_{HAC} = 0.93$	AND = MIN $e_{HACdp} = 0.0591$ AND = MIN $e_{HACdp} = 0.0591$

Bài toán điều khiển được xem xét giải quyết theo quan điểm mở rộng phép ngữ nghĩa hóa và phép giải nghĩa từ tuyến tính sang phi tuyến. Kết quả điều khiển hạ độ cao mô hình bay được tổng hợp tại Bảng 3.14. Rõ ràng rằng: Bộ điều khiển sử dụng ĐSGT được thử nghiệm trên quan điểm này đối với bài toán điều khiển hạ độ cao mô hình bay có độ chính xác cao hơn rất nhiều so với bộ điều khiển mờ hay bộ điều khiển sử dụng ĐSGT với các phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa thuần túy tuyến tính.

Phương pháp điều khiển dựa trên ĐSGT với quan điểm mới này cho phép điều khiển với khả năng mềm dẻo hơn trên cơ sở tham số hóa các phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa mở rộng. Hơn nữa có rất nhiều cách chọn hàm phi tuyến cho các phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa. Điều này mở ra hướng ứng dụng rộng rãi ĐSGT trong các bài toán điều khiển với mức độ thông minh hơn, nhưng đồng thời đảm bảo độ chính xác cao hơn.

3.3. So sánh phương pháp lập luận mờ và lập luận sử dụng ĐSGT trong điều khiển

Động học hệ thống phức tạp được mô tả bằng một hệ mờ do không thể mô tả bằng mô hình toán học truyền thống như phương trình vi phân. Có nghĩa là động học được biểu diễn bằng mô hình ngôn ngữ dưới dạng tập hợp các luật. Gọi R là một quan hệ được tạo ra bởi tập luật, X là vectơ đầu vào mờ và Y là vectơ đầu ra mờ. Khi đó quan hệ vào-ra của hệ mờ được hình thành bởi phương trình quan hệ mờ sau đây:

$$Y = X \circ R \tag{3.17}$$

Hoặc: $x_i \xrightarrow{R_i} y_i$; $X = [x_1, x_1, ..., x_n]^T$; $Y = [y_1, y_1, ..., y_n]^T$

Phương pháp lập luận bằng logic mờ trong điều khiển	Phương pháp lập luận bằng đại số gia tử trong điều khiển
Khó mô tả được rõ ràng hành vi, động học của hệ thống vì:	Hành vi, động học của hệ thống được thể hiện qua đường cong (hàm) ngữ nghĩa định lượng. Mỗi luật là một điểm trên đường cong này.
Có nhiều hàm kéo theo mờ để tính quan hệ mờ R_i,	Phép kéo theo được thể hiện bằng một điểm trên đường cong ngữ nghĩa.
Có nhiều cách kết nhập @R_i với nhiều t - chuẩn (t - đối chuẩn) làm cho quan hệ R khá tuỳ tiện,	Có thể xây dựng chỉ một vài t - chuẩn (t - đối chuẩn) cụ thể.
Có nhiều cách hợp thành với các kết quả đa dạng.	Phép hợp thành là phép nội suy đơn giản.
Có nhiều cách mờ hóa và giải mờ phức tạp với các kết quả khác nhau.	Phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa đơn giản.
Việc lựa chọn các khâu ở trên là hoàn toàn dựa trên trực cảm, kinh nghiệm. Như vậy từ cặp (X, Y) có rất nhiều quan hệ R khác nhau thoả mãn (*).	Có tính hệ thống cho việc chọn các khâu ở trên thông qua bộ tham số. Không bị ảnh hưởng bởi những yếu tố chủ quan tùy tiện như tiếp cận mờ
Các tập mờ đặt trên tập nền không có một tiêu chí thống nhất để có thể sắp thứ tự tương tự như thứ tự vốn có của tập nền.	Ngữ nghĩa có thứ tự và quan hệ mềm dẻo với nhau thông qua bộ tham số. Đây là tính chất có lợi cho những ứng dụng. đòi hỏi độ chính xác cao.
Hình dáng các hàm thuộc đa dạng có thể làm tăng sai số suy luận của các luật.	Không sử dụng hàm thuộc.
Tập mờ không có thứ tự tương ứng 1:1 trên tập nền.	Ngữ nghĩa có phân bố theo thứ tự trên tập nền và có tương ứng 1:1.
Khó định nghĩa chính xác tính mờ	Định nghĩa tính mờ khá trực quan dựa trên kích cỡ của tập H(x) do quan niệm biến ngôn ngữ là một đại số gia tử.

Từ những phân tích, so sánh trên, có thể thấy rằng phương pháp lập luận dùng đại số gia tử trong điều khiển có rất ít các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lập luận và bài toán lập luận mờ được chuyển về bài toán nội suy thông thường nhờ hàm ngữ nghĩa định lượng. Vì vậy phương pháp lập luận dùng đại số gia tử có độ chính xác cao hơn trong một số ứng dụng cụ thể của điều khiển [3, 4, 5] so với phương pháp lập luận dùng lôgic mờ.

3.4. Kết luận

Trong chương này, luận văn đã trình bày 2 ứng dụng cụ thể sử dụng ĐSGT trong xấp xỉ hàm và điều khiển mô hình hạ thấp độ cao đối tượng bay với phép ngữ nghĩa hóa tuyến tính nhưng phép giải nghĩa mở rộng. Hiệu quả được đánh giá qua sự so sánh với trường hợp ĐSGT với các phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa thuần túy tuyến tính và cũng so sánh với cách giải quyết của tiếp cận mờ. Kết quả thu được khẳng định hiệu quả tốt hơn khi ứng dụng phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa mở rộng trong các bài toán nêu trên.

Những hướng nghiên cứu tiếp theo

Điều khiển sử dụng đại số gia tử là một hướng nghiên cứu mới trong khoa học điều khiển. Kết quả đã được chứng minh cụ thể trong luận văn "Điều khiển dựa trên Đại số gia tử với phép ngữ nghĩa hóa và phép giải nghĩa mở rộng" rõ ràng rằng phương pháp điều khiển dùng lý thuyết đại số gia tử cho phép đạt được kết quả tốt hơn hẳn so với phương pháp điều khiển mờ truyền thống trong một số ứng dụng cụ thể.

Mở rộng bài toán ứng dụng ĐSGT với phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa mở rộng cho những lĩnh vực Điều khiển dự báo.

Với những ưu điểm trên có thể đưa đại số gia tử vào nhiều bài toán điều khiển thông minh khác nhau như điều khiển thích nghi, điều khiển bền vững.

Điều khiển sử dụng đại số gia tử hiện đang là một hướng nghiên cứu nhiều tiềm năng ứng dụng và có thể xem xét lại hàng loạt vấn đề liên quan như nhận dạng mô hình, ước lượng trạng thái, dự báo chuỗi thời gian mờ, … trên quan điểm đại số gia tử.

Những kết quả đã đạt được trong luận văn cho phép ứng dụng đại số gia tử trong kỹ thuật điều khiển các đối tượng phức tạp trong công nghiệp.

KẾT LUẬN CHUNG

Như đã trình bày trong phần mở đầu luận văn, đề tài "Nghiên cứu ứng dụng đại số gia tử trong điều khiển" là một đề tài còn mở. Những ứng dụng của ĐSGT cho đến nay, chủ yếu dựa trên phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa tuyến tính. Điều này hạn chế tính mềm dẻo của ĐSGT. Luận văn dựa trên nghiên cứu trong [9] đã trình bày đơn giản, cụ thể và rõ ràng vấn đề mở rộng phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa từ tuyến tính sang phi tuyến. Từ đó tạo tiền đề cho tính thông minh trong các ứng dụng nói chung và điều khiển nói riêng.

Trong bản luận văn này, tập trung vào một số vấn đề sau:

- Nghiên cứu lý thuyết mờ, bộ điều khiển mờ và ứng dụng của nó trong bài toán điều khiển.
- Nghiên cứu lý thuyết đại số gia tử và ứng dụng đại số gia tử trong bài toán điều khiển.
- Xây dựng phương pháp điều khiển sử dụng đại số gia tử trong bài toán " Điều khiển mô hình hạ thấp độ cao đối tượng bay " với phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa mở rộng.
- Hiệu quả của phương pháp điều khiển nêu trên được thể hiện qua việc so sánh với phương pháp điều khiển mờ truyền thống.

Tuy nhiên với trình độ và thời gian có hạn nên luận văn không tránh khỏi sai sót. Vì vậy tôi rất mong nhận được sự giúp đỡ của các thầy giáo, cô giáo và cộng tác của đồng nghiệp.

Cuối cùng, một lần nữa tôi xin chân thành bày tỏ lòng biết hơn sâu sắc đến thầy giáo hướng dẫn **TS. Vũ Như Lân**, các thầy giáo, cô giáo Viện Công nghệ thông tin, các thầy cô giáo trường Đại học Công nghệ thông tin và truyền thông Thái Nguyên và các anh, chị, bạn bè, đồng nghiệp đã giúp đỡ tôi hoàn thành luận văn này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] N.C. Ho, W. Wechler Hedge algebras : *An algebraic approach to structure of sets of linguistic truth values*, Fuzzy Set and Systems 35 , 281-293, 1990.

[2] N.C. Ho, W. Wechler *Extended Hedge algebras and their application to fuzzy logic*, Fuzzy Set and Systems 52, 259-281, 1992.

[3] Dinko Vukadinović, Mateo Bašić, Cat Ho Nguyen, Nhu Lan Vu, Tien Duy Nguyen, Hedge-Algebra-Based Voltage Controller for a Self-Excited Induction Generator, Control Engineering Practice, 30, 78–90, 2014.

[4] Hai-Le Bui , Cat-Ho Nguyen, Nhu-Lan Vu, Cong-Hung Nguyen, *General design method of hedge-algebras-based fuzzy controllers and an application for structural active control*. Applied Intelligence, Vol 43, N 2, 251-275, 2015.

[5] Nguyen Cat Ho, Vu Nhu Lan, Le Xuan Viet, Optimal hedge-algebras-based controller: *Design and Application*, Fuzzy Sets and Systems 159, 968– 989, 2008.

[6] T.J.Ross *Fuzzy logic with Engineering Applications*, McGraw-Hill, Inc. Third Edition 2010.

[7] P.T. Ha, *Phát triển các phương pháp lập luận mờ sử dụng đại số gia tử và ứng dụng*. Luận án tiến sỹ toán học. Viện công nghệ thông tin, 2010.

[8] N.D.Minh, *Tiếp cận đại số gia tử trong điều khiển mờ*. Luận án tiến sỹ toán học. Viện công nghệ thông tin, 2012.

[9] Nguyễn Tiến Duy, Vũ Như Lân, Ứng dụng đại số gia tử với phép ngữ nghĩa hóa và giải nghĩa phi tuyến trong bài toán hạ độ cao mô hình bay. Tạp chí KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ Đại học Thái Nguyên. Tập 151, Số 6, 165-172, 2016.

PHỤ LỤC

CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN HẠ THẤP ĐỘ CAO MÔ HÌNH BAY TỐI ƯU

```
function [ y ] = HacanhDphituyenOHAP3moitot(x)
fmax=20
fmin=-20
h(1)=1000
v(1)=-20
teta=x(1)
anpha=x(2)
for i=1:n
    hs(i)=h(i)/1000
    vs(i)=(v(i)+20)/40
    dp(i)=x(3)*(i+1)/((i+2)^2+1)
    if (teta-anpha*teta)*teta>=hs(i)*vs(i)>=0
  fs(i)=0.5;
  f(i)=40*fs(i)-20;
  fd(i)=f(i)+dp(i)*(fmax-f(i))*(f(i)-fmin)/(fmax-fmin)
    end
       h(i+1)=h(i)+v(i)
       v(i+1)=v(i)+fd(i)
       vop(i)=(-20/1000^2)*(h(i)^2)
       e(i)= vop(i)-v(i)
       e2(i)=e(i)^2
       TBP=sum(e2)
       y=TBP^(1/2)
       fd
       fs
       f
    plot(h,v)
    plot(fd)
end
```