

## **Môn học**

# **NHẬP MÔN ĐIỀU KHIỂN THÔNG MINH**

**Giảng viên: PGS. TS. Huỳnh Thái Hoàng**  
**Bộ môn Điều Khiển Tự Động**  
**Khoa Điện – Điện Tử**  
**Đại học Bách Khoa TP.HCM**  
**Email: [hthoang@hcmut.edu.vn](mailto:hthoang@hcmut.edu.vn)**

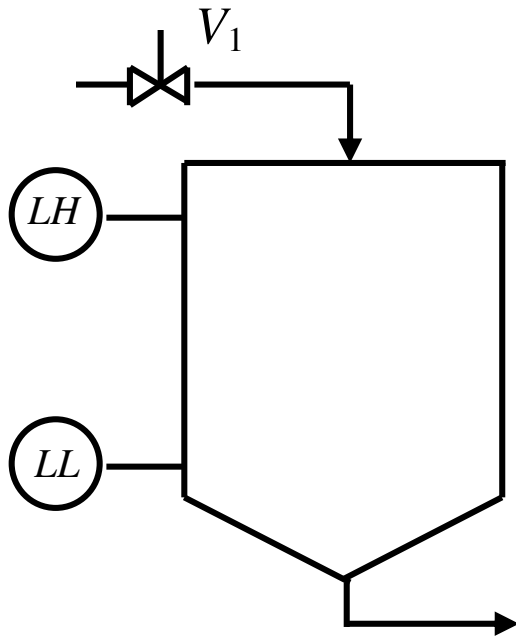
## Chương 2

# LÝ THUYẾT LOGIC MỜ

- ★ Giới thiệu [▶▶](#)
- ★ Tập hợp mờ [▶▶](#)
- ★ Các phép toán trên tập mờ [▶▶](#)
- ★ Logic mờ [▶▶](#)
- ★ Suy luận mờ [▶▶](#)
- ★ Hệ mờ Mamdani và hệ mờ Takagi-Sugeno [▶▶](#)
- ★ Ví dụ ứng dụng hệ suy luận mờ [▶▶](#)
- ★ Giới thiệu bộ công cụ logic mờ của Matlab [▶▶](#)

# GIỚI THIỆU

## Điều khiển mực chất lỏng dùng logic kinh điển



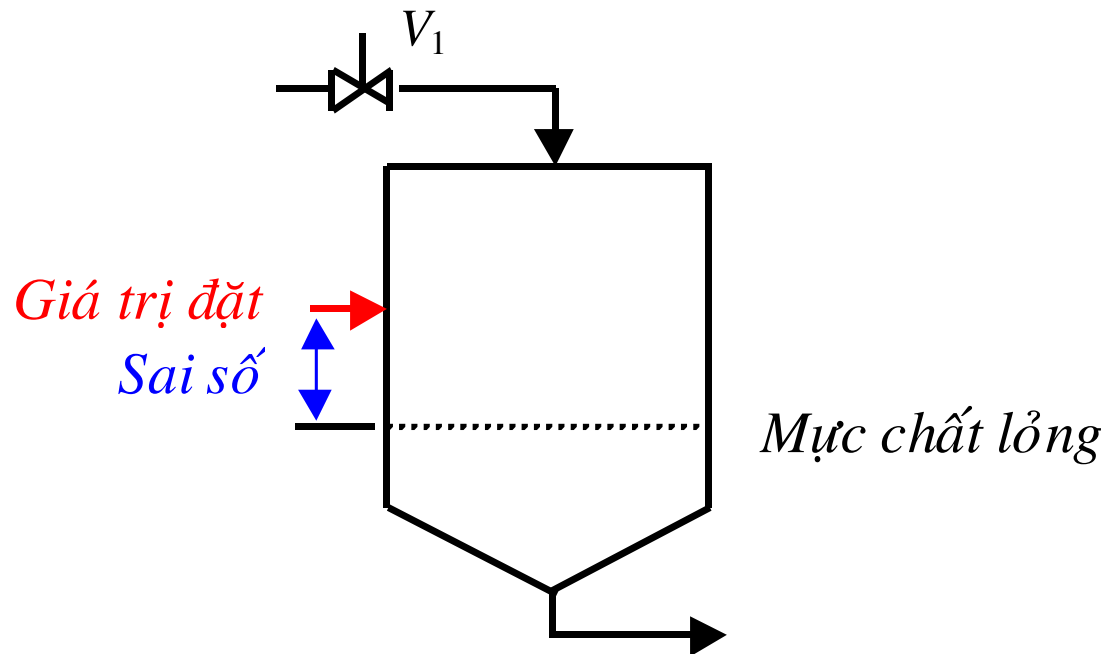
$LH = \begin{cases} 1 & \text{khi mực chất lỏng trên mức cao nhất} \\ 0 & \text{khi mực chất lỏng dưới mức cao nhất} \end{cases}$

$LL = \begin{cases} 1 & \text{khi mực chất lỏng trên mức thấp nhất} \\ 0 & \text{khi mực chất lỏng dưới mức thấp nhất} \end{cases}$

- Bộ điều khiển logic kinh điển**

$$V_1 = \begin{cases} 1, & \text{nếu LL chuyển từ 1 sang 0} \\ 0, & \text{nếu LH chuyển từ 0 sang 1} \end{cases} \quad (1)$$

## Điều khiển mực chất lỏng dùng logic mờ



- **Người vận hành**

$\begin{cases} \text{nếu sai số lớn thì góc mở } V_1 \text{ lớn} \\ \text{nếu sai số nhỏ thì góc mở } V_1 \text{ nhỏ} \end{cases}$

(2)



## Giới thiệu phương pháp điều khiển mờ

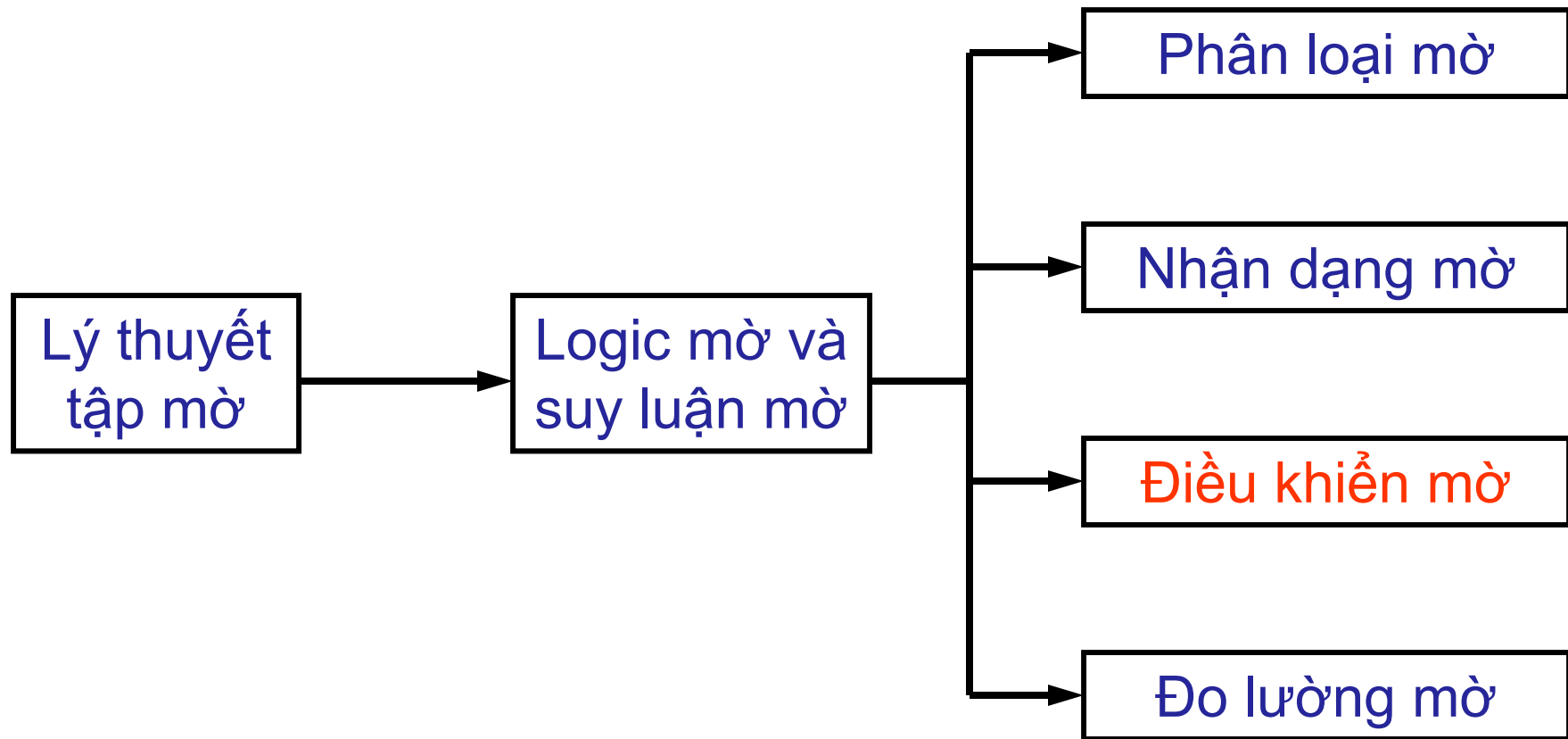
- ★ Phương án điều khiển 1: PLC (Programmable Logic Controller)
- ★ Phương án điều khiển 2: FLC (Fuzzy Logic Controller)

⇒ Phương pháp điều khiển mờ là phương pháp điều khiển bắt chước quá trình xử lý các thông tin không rõ ràng và ra quyết định điều khiển của con người.

## Các ứng dụng của phương pháp điều khiển mờ

- ★ Ứng dụng đầu tiên: ĐK động cơ hơi nước (Mamdani, 1974)
- ★ Ngày càng có càng nhiều hệ thống điều khiển trong công nghiệp và dân dụng áp dụng phương pháp điều khiển mờ.
  - ✧ Điều khiển hệ thống thắng và tăng tốc của xe lửa, hệ thống lái xe
  - ✧ Điều khiển robot
  - ✧ Điều khiển máy giặt, máy ảnh tự động,...





# TẬP HỢP MỜ

## Nhắc lại tập rõ

- ★ Tập hợp rõ là một nhóm đối tượng có cùng tính chất.
- ★ Đối với tập hợp rõ, một phần tử bất kỳ chỉ có một trong hai khả năng: thuộc tập hợp hoặc không thuộc tập hợp.

★ Ví dụ:

$$A = \{x \in \mathbb{R} \mid 2 \leq x \leq 6\}$$

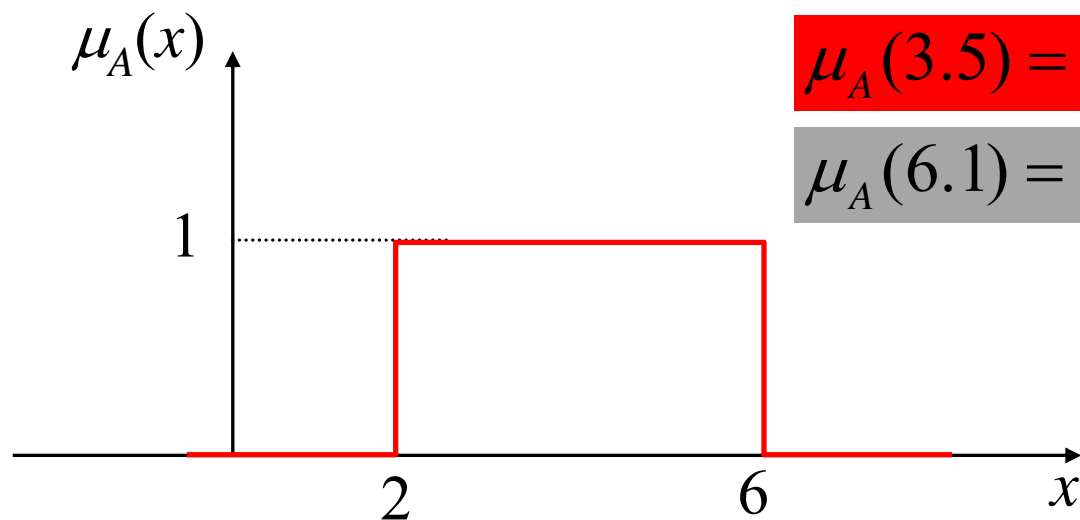
$$3.5 \in A$$

$$6.1 \notin A$$

- ★ Hàm liên thuộc của tập hợp rõ cho biết 1 phần tử thuộc tập hợp hay không thuộc tập hợp
- ★ Hàm liên thuộc của tập rõ chỉ có thể nhận một trong hai giá trị 0 hoặc 1.
- ★ Từ phát biểu mô tả tập rõ, có thể xác định được hàm liên thuộc

# Ví dụ hàm liên thuộc của tập rỗng

$$A = \{x \in \mathbb{R}, 2 \leq x \leq 6\}$$



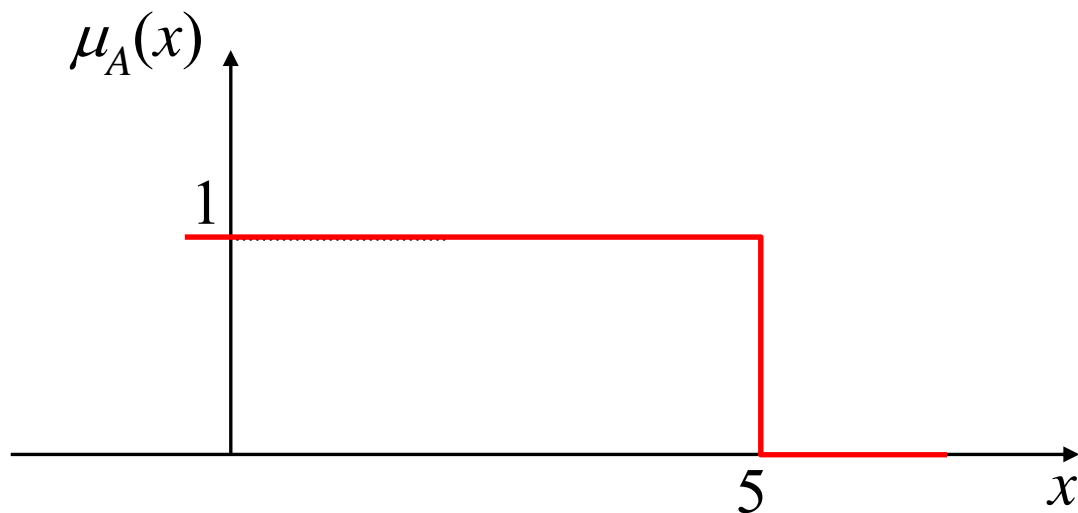
$$\mu_A(3.5) = 1 \Leftrightarrow 3.5 \in A$$

$$\mu_A(6.1) = 0 \Leftrightarrow 6.1 \notin A$$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & (2 \leq x \leq 6) \\ 0 & (x < 2 \text{ hoặc } x > 6) \end{cases}$$

# Ví dụ hàm liên thuộc của tập rỗng

$$B = \{x \in \mathbb{R}, x < 5\}$$



$$\mu_B(x) = \begin{cases} 1 & (x < 5) \\ 0 & (x \geq 5) \end{cases}$$

- ★ Tập mờ là tập hợp có những phần tử ta không biết có thuộc tập hợp hay không.
- ★ Ví dụ:

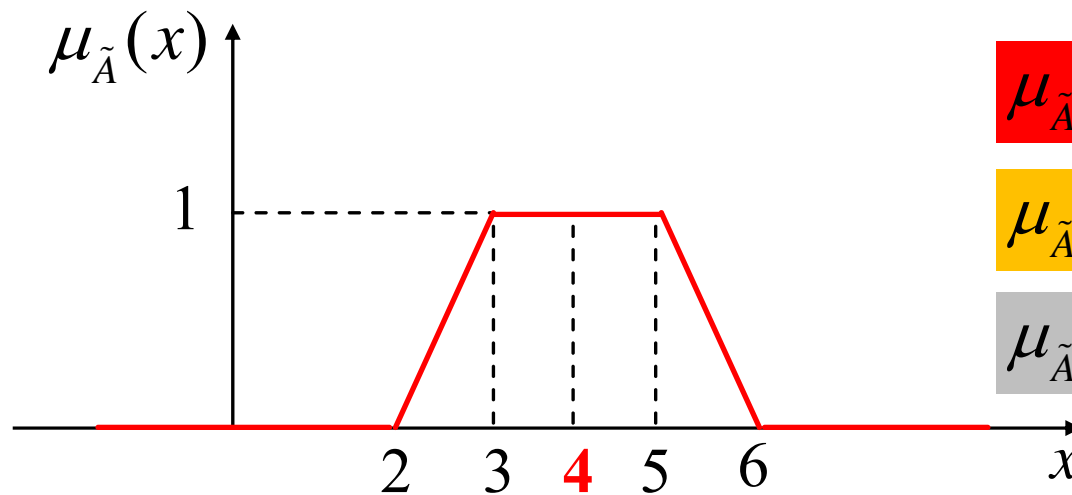
$$\tilde{A} = \{x \in \mathbb{R} \mid x \approx 4\}$$

$$3.5 \in \tilde{A}?$$

$$6.1 \in \tilde{A}?$$

# Ví dụ hàm liên thuộc của tập mờ

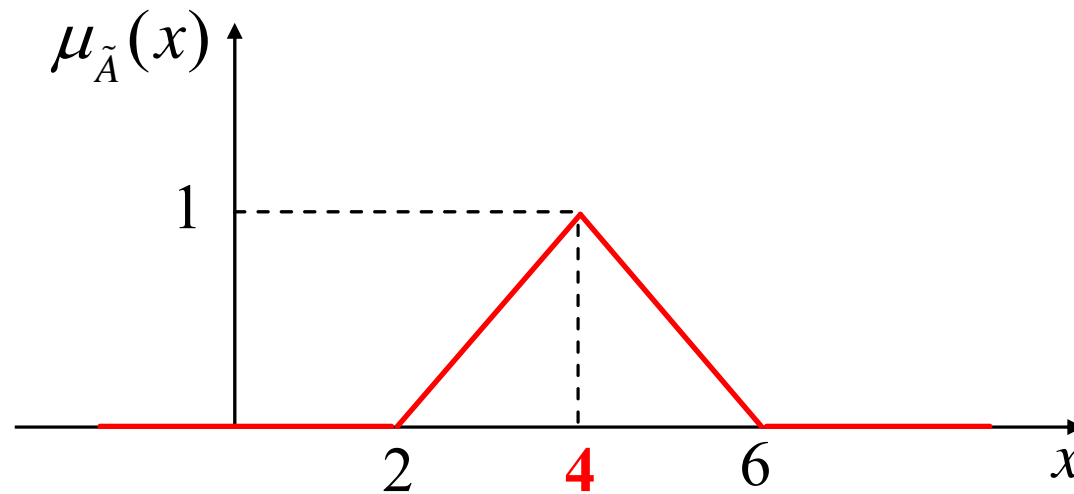
$$\tilde{A} = \{x \in \mathbb{R} \mid x \approx 4\}$$



$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & (x < 2 \text{ hoặc } x \geq 6) \\ x - 2 & (2 \leq x < 3) \\ 1 & (3 \leq x < 5) \\ 6 - x & (5 \leq x < 6) \end{cases}$$

# Ví dụ hàm liên thuộc của tập mờ

$$\tilde{A} = \{x \in \mathbb{R} \mid x \approx 4\}$$

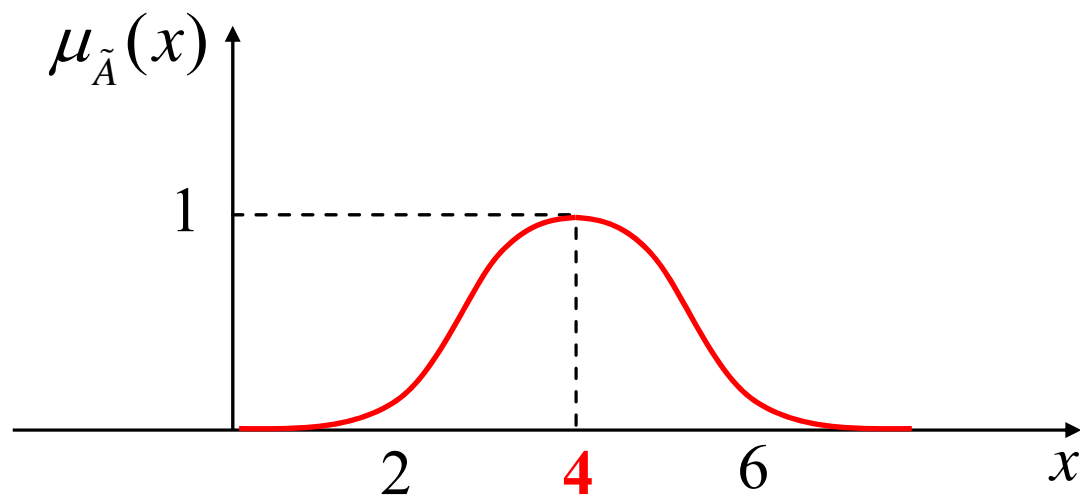


$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & (x < 2 \text{ hoặc } x \geq 6) \\ \frac{x-2}{2} & (2 \leq x < 4) \\ \frac{6-x}{2} & (4 \leq x < 6) \end{cases}$$



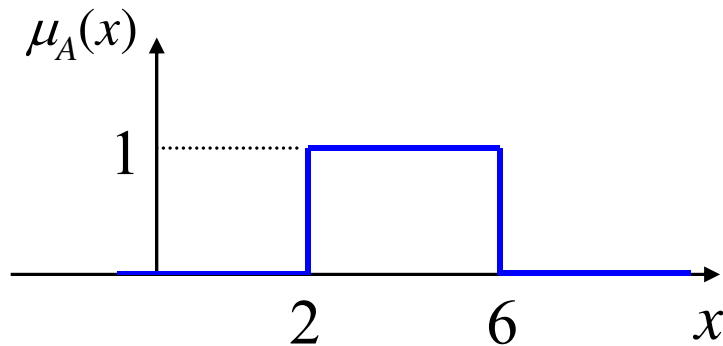
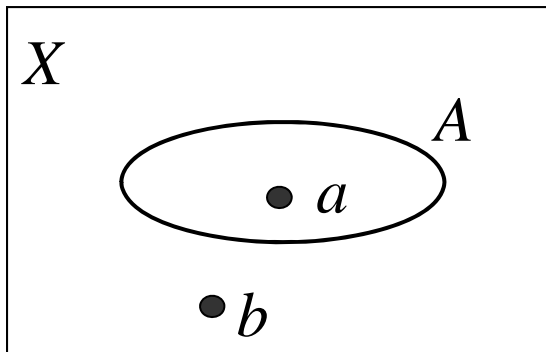
# Ví dụ hàm liên thuộc của tập mờ

$$\tilde{A} = \{x \in \mathbb{R} \mid x \approx 4\}$$



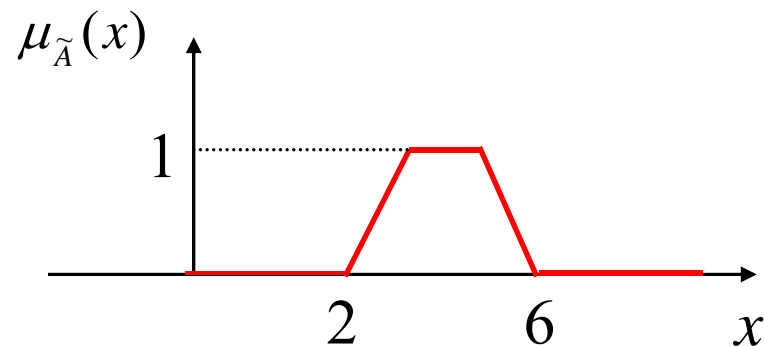
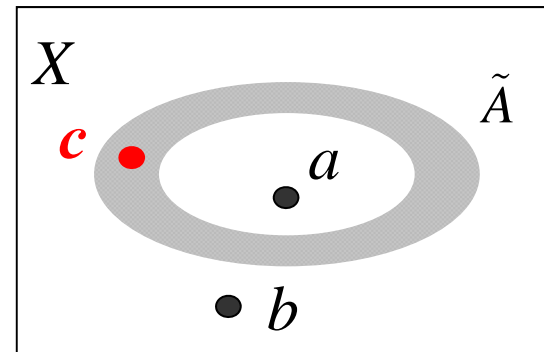
# So sánh giữa tập hợp rõ và tập hợp mờ

Tập rõ



- Tập rõ có biên rõ ràng
- Từ phát biểu mô tả tập rõ có thể suy ra hàm liên thuộc

Tập mờ



- Tập mờ có biên không rõ ràng
- Tập mờ được định nghĩa thông qua hàm liên thuộc

## Một số ví dụ về tập hợp rõ và tập hợp mờ

★ Tập rõ:  $A = \{x \in \mathbb{R}, -1 \leq x \leq 5\}$

$$B = \{x \in \mathbb{R}, x \leq 7\}$$

$$C = \{\text{người có chiều cao } h > 1.65\text{m}\}$$

$$D = \{\text{giá trị nhiệt độ } T < 40^0\text{C}\}$$

★ Tập mờ:  $\tilde{A} = \{x \in \mathbb{R}, x \approx 3\}$

$$\tilde{B} = \{x \in \mathbb{R}, x \ll 7\}$$

$$\tilde{C} = \{\text{người cao}\}$$

$$\tilde{D} = \{\text{nhiệt độ thấp}\}$$

★ **Nhận xét:** Không thể xác định được tập mờ nếu không định nghĩa hàm liên thuộc mô tả tập mờ đó

## Định nghĩa tập hợp mờ

★ Tập mờ  $\tilde{A}$  xác định trên tập cơ sở  $X$  là một tập hợp mà mỗi phần tử của nó là một cặp giá trị  $(x, \mu_{\tilde{A}}(x))$ , trong đó  $x \in X$  và  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  là hàm:

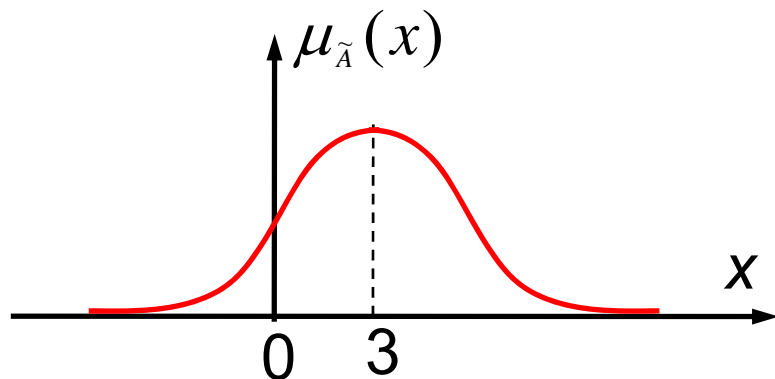
$$\mu_{\tilde{A}}(x) : X \mapsto [0,1]$$

★ Hàm  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  được gọi là hàm liên thuộc của tập mờ  $\tilde{A}$ .

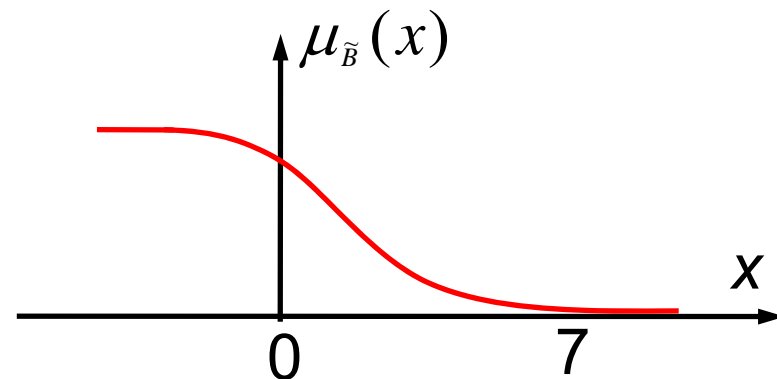
★ Hàm liên thuộc cho biết cho độ phụ thuộc của một phần tử của bất kỳ thuộc tập cơ sở  $X$  vào tập mờ  $\tilde{A}$ . Nói cách khác, *tập mờ xác định bởi hàm liên thuộc của nó.*

# Thí dụ hàm liên thuộc mô tả tập mờ

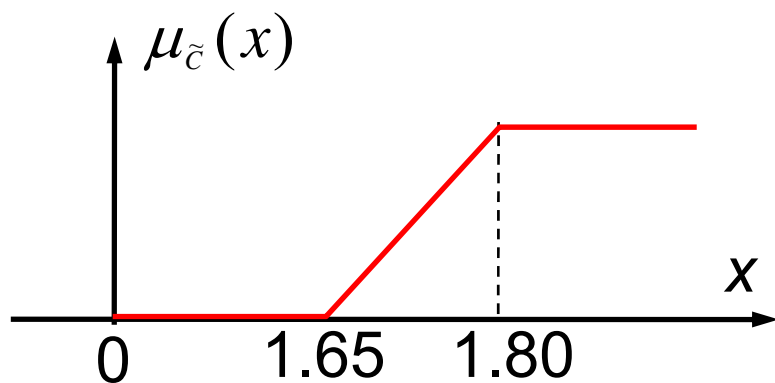
$$\tilde{A} = \{x \in \mathbb{R}, x \approx 3\}$$



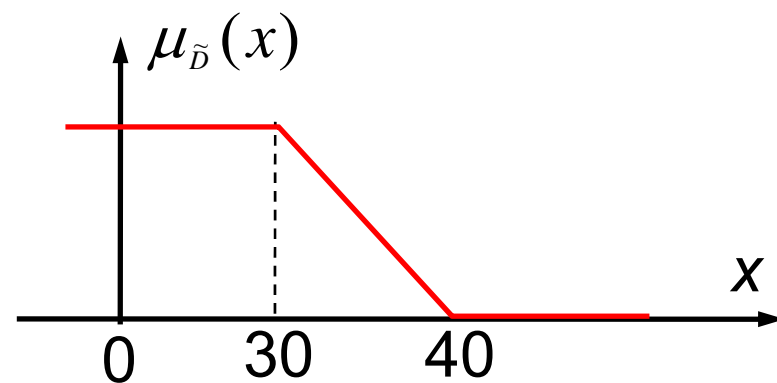
$$\tilde{B} = \{x \in \mathbb{R}, x \ll 7\}$$



$$\tilde{C} = \{\text{người cao}\}$$



$$\tilde{D} = \{\text{nhiệt độ thấp}\}$$



★ Ký hiệu:

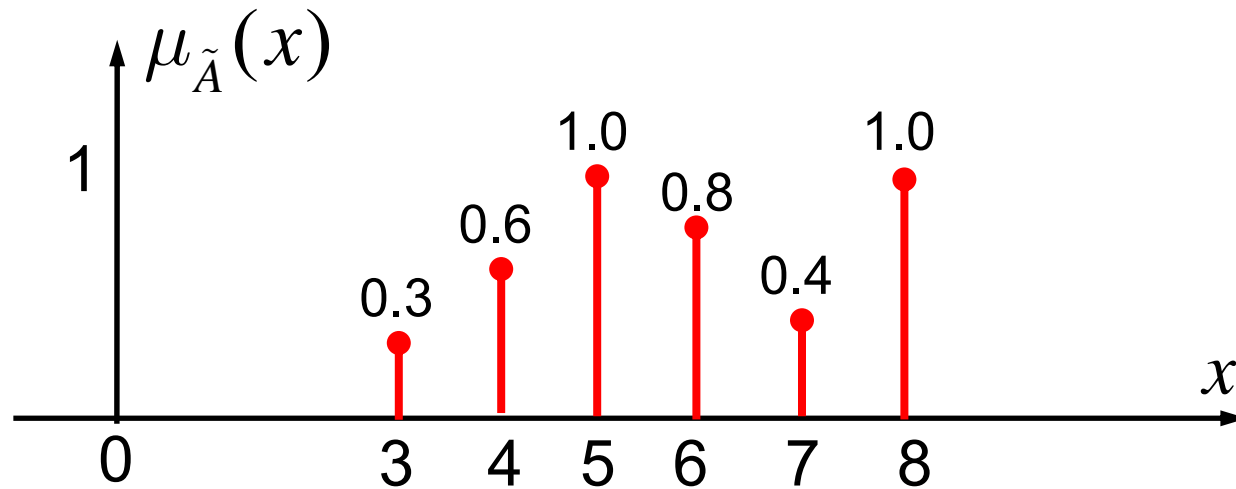
➤ Tập mờ định nghĩa trên tập cơ sở rời rạc:

$$\tilde{A} = \sum_i \frac{\mu(x_i)}{x_i}$$

➤ Tập mờ định nghĩa trên tập cơ sở liên tục:

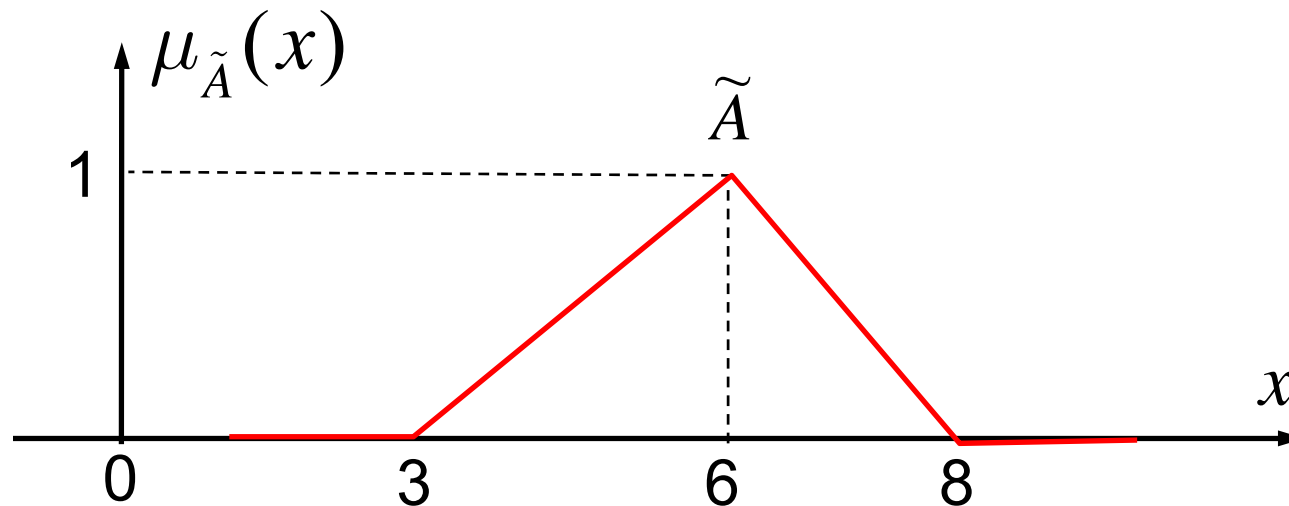
$$\tilde{A} = \int_X \frac{\mu(x)}{x}$$

# Ví dụ biểu diễn tập mờ trên tập cơ sở rời rạc



$$\tilde{A} = \frac{0.3}{3} + \frac{0.6}{4} + \frac{1.0}{5} + \frac{0.8}{6} + \frac{0.4}{7} + \frac{1.0}{8}$$

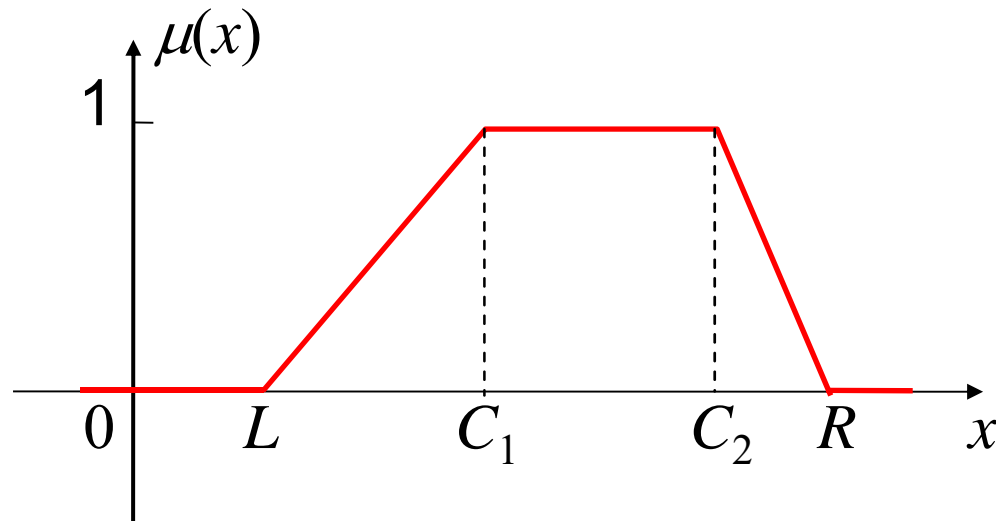
# Ví dụ biểu diễn tập mờ trên tập cơ sở liên tục



$$\tilde{A} = \int_{\mathfrak{R}} \frac{\mu_{\tilde{A}}(x)}{x} \quad \text{với} \quad \mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & (x < 3 \text{ or } x > 8) \\ \frac{x-3}{3} & (3 \leq x < 6) \\ \frac{8-x}{2} & (6 \leq x \leq 8) \end{cases}$$



# Hàm liên thuộc hình thang



$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & (x < L \text{ hoặc } x \geq R) \\ \frac{x-L}{C_1-L} & (L \leq x < C_1) \\ 1 & (C_1 \leq x < C_2) \\ \frac{R-x}{R-C_2} & (C_2 \leq x < R) \end{cases}$$

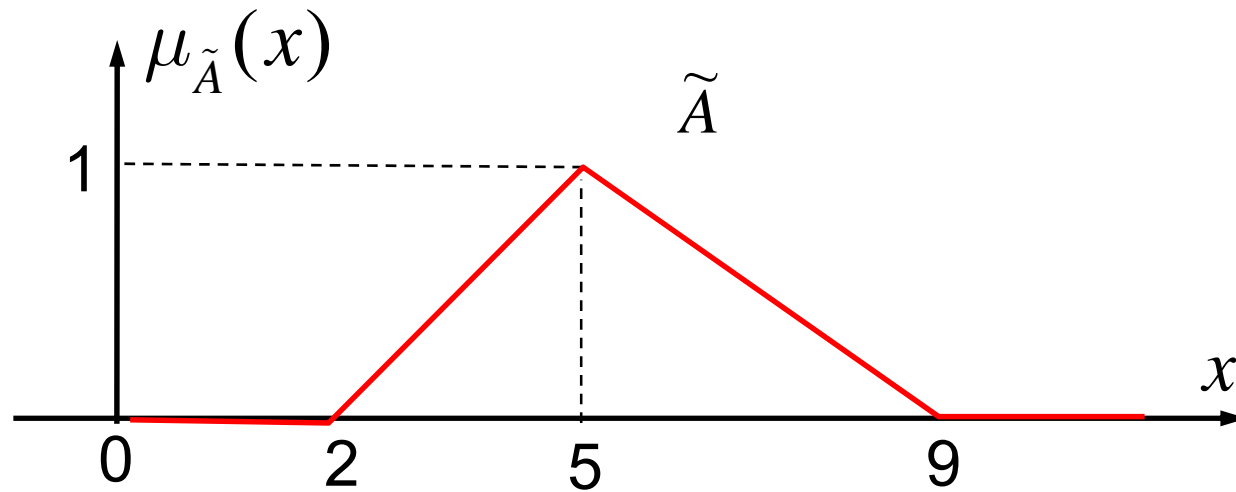
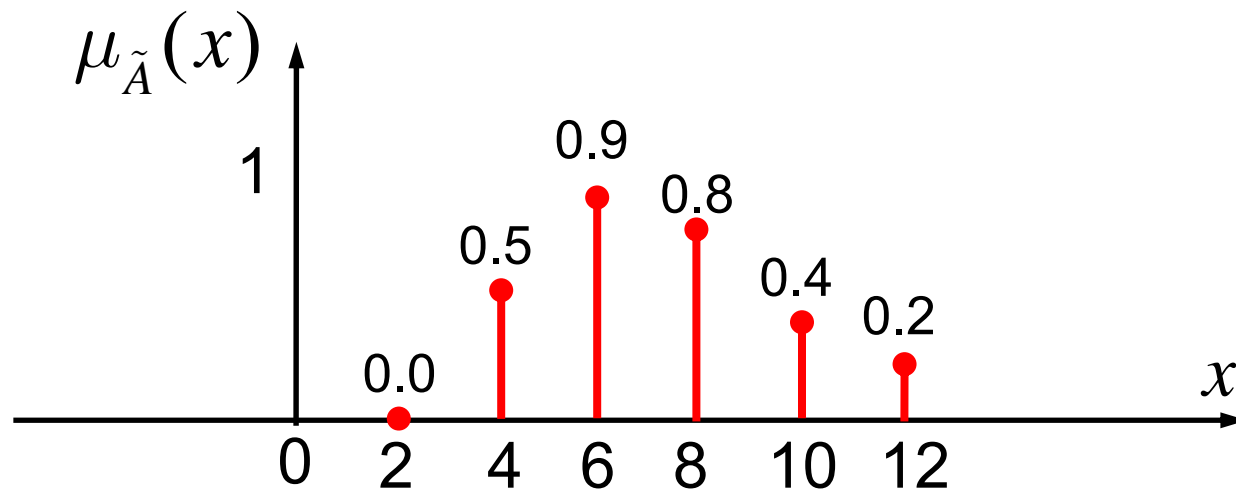
★ Vẽ hàm liên thuộc của tập mờ:

$$\tilde{A} = \frac{0.0}{1} + \frac{0.3}{2} + \frac{0.6}{3} + \frac{1.0}{4} + \frac{1.0}{5} + \frac{0.5}{6} + \frac{0.0}{7}$$

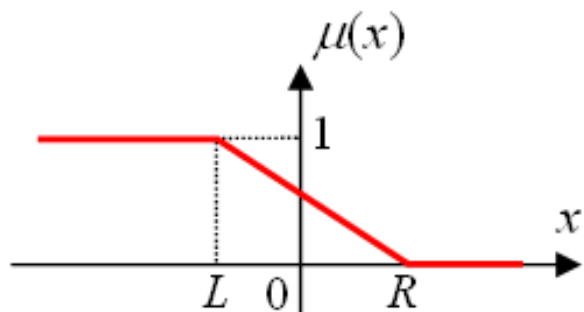
★ Vẽ hàm liên thuộc của tập mờ  $\tilde{A}$  biết rằng:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & (x < 1 \text{ or } x > 7) \\ \frac{x-1}{2} & (1 \leq x < 3) \\ \frac{7-x}{4} & (3 \leq x \leq 7) \end{cases}$$

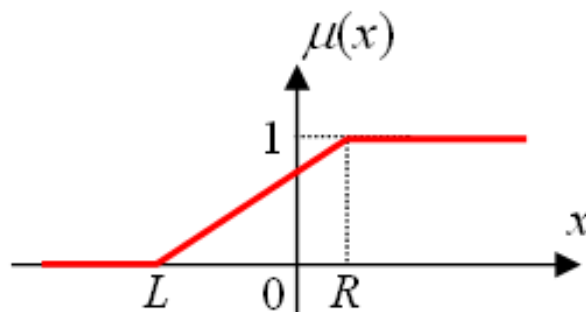
★Viết biểu thức biểu diễn tập mờ từ hàm liên thuộc:



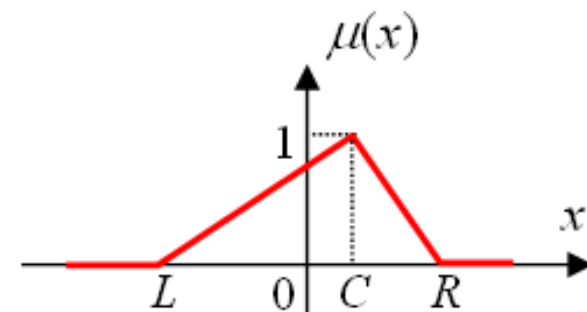
# Các dạng hàm liên thuộc



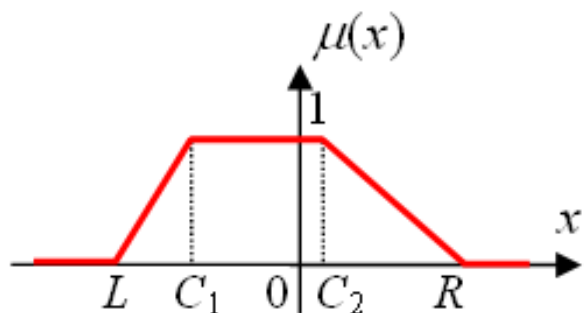
(a)



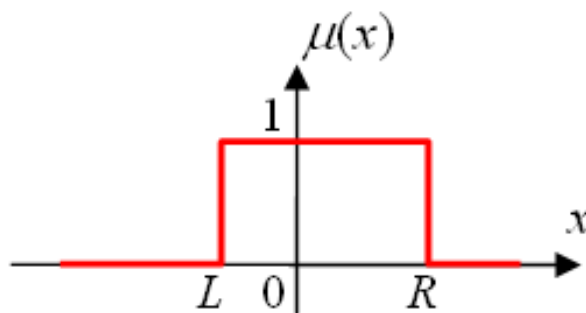
(b)



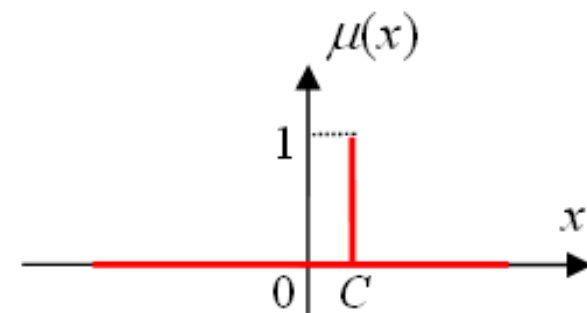
(c)



(d)



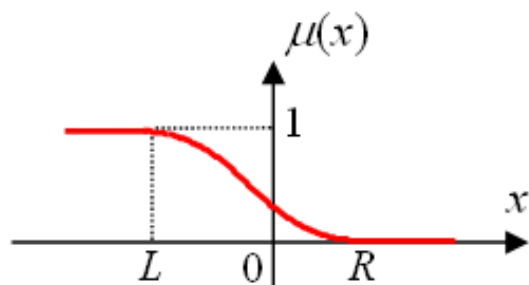
(e)



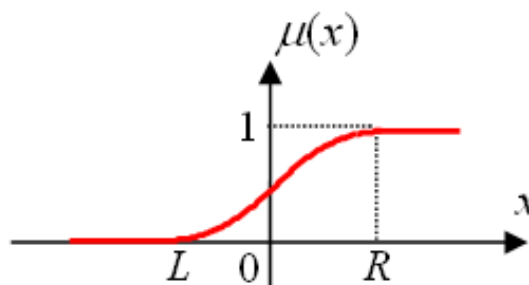
(f)

★ Công thức tính hàm liên thuộc: xem Hệ thống điều khiển thông minh, trang 32-34

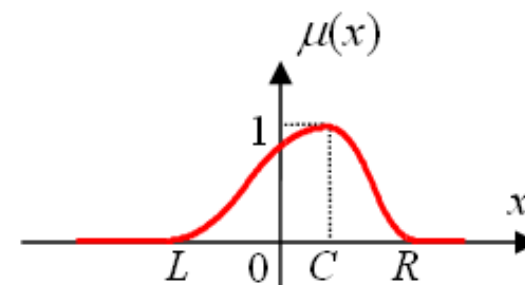
# Các dạng hàm liên thuộc



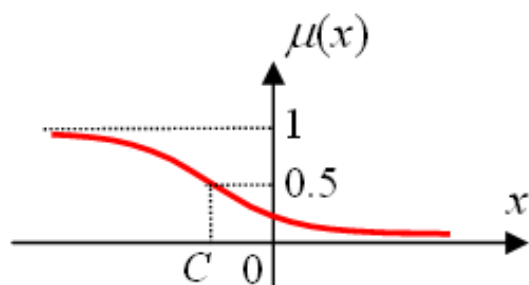
(g)



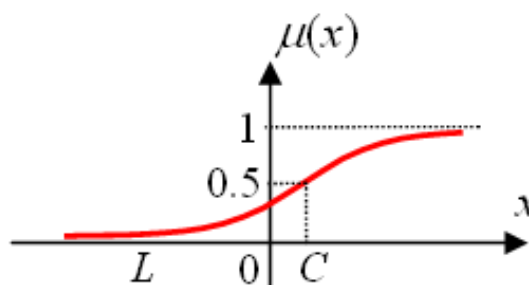
(h)



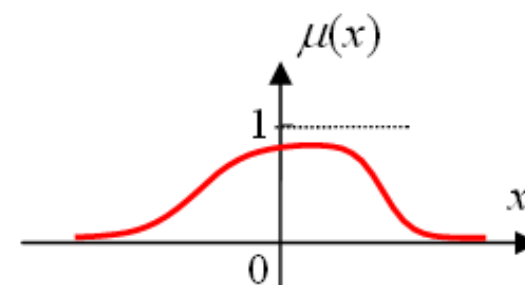
(i)



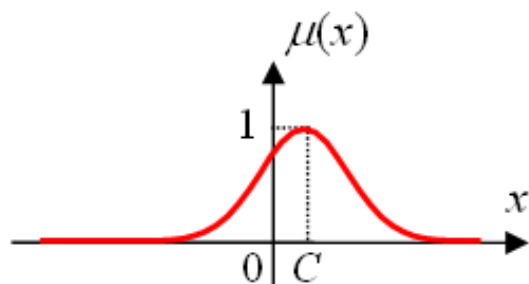
(j)



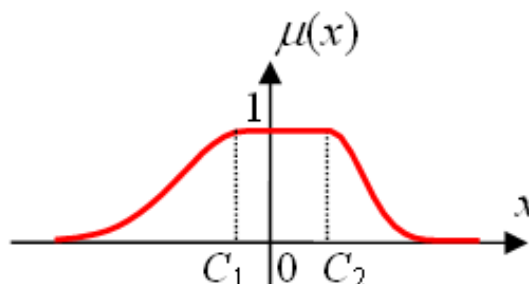
(k)



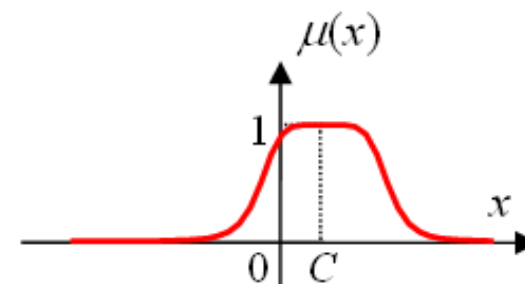
(l)



(m)

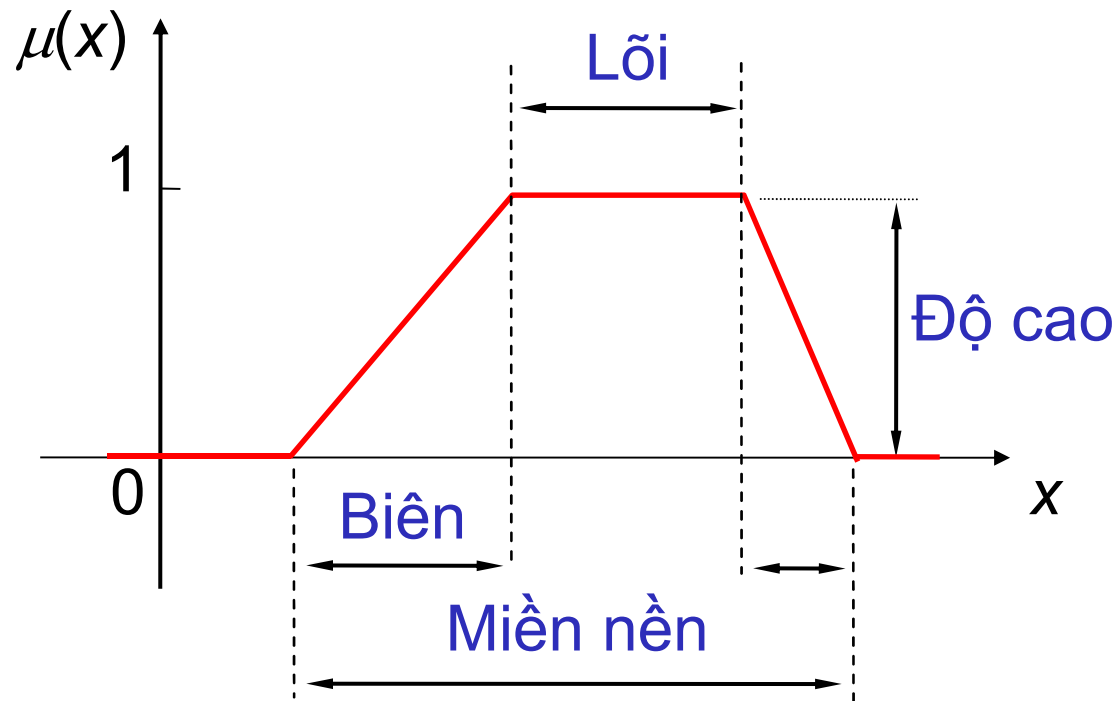


(n)



(o)

# Tính chất của hàm liên thuộc

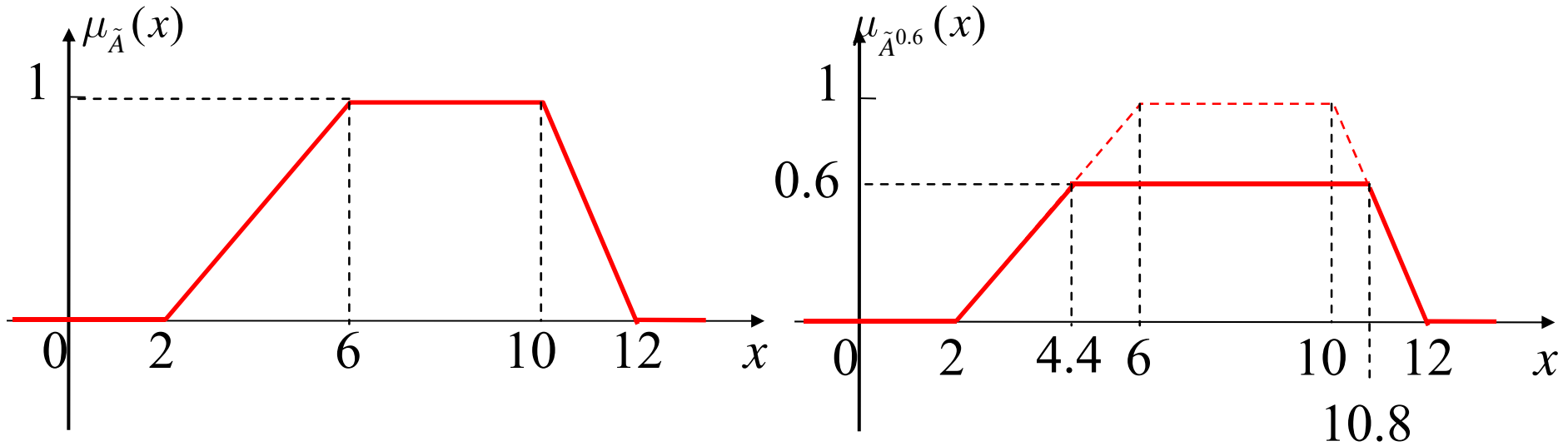


- ★ Miền nền: là miền thuộc tập cơ sở sao cho  $\mu(x) > 0$ .
- ★ Biên: là miền thuộc tập cơ sở sao cho  $0 < \mu(x) < 1$ .
- ★ Lõi: là miền thuộc tập cơ sở sao cho  $\mu(x) = 1$ .
- ★ Độ cao: cận trên nhỏ nhất của hàm l. thuộc:  $\text{hgt}(\tilde{A}) = \sup_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x)$

★ Cho tập mờ  $\tilde{A}$  có hàm liên thuộc là  $\mu_{\tilde{A}}(x)$ . Tập cắt ngưỡng  $\alpha$  của tập mờ  $\tilde{A}$  là tập mờ  $\tilde{A}^\alpha$  có hàm liên thuộc xác định bởi:

$$\mu_{\tilde{A}^\alpha}(x) = \min\{\alpha, \mu_{\tilde{A}}(x)\}$$

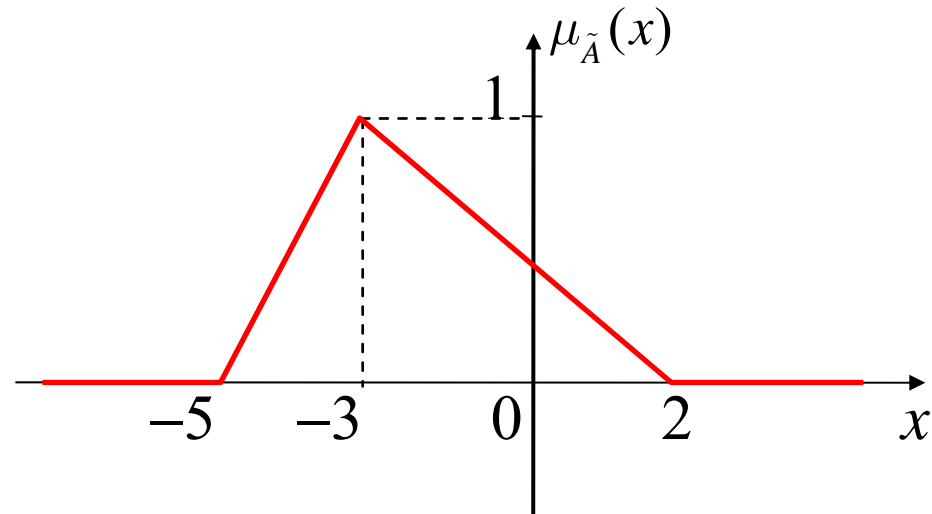
# Ví dụ tập cắt ngưỡng $\alpha$



$$\mu_{\tilde{A}^{0.6}}(x) = \begin{cases} 0 & (x < 2 \text{ hoặc } x \geq 12) \\ \frac{x-2}{4} & (2 \leq x < 4.4) \\ 0.6 & (4.4 \leq x < 10.8) \\ \frac{12-x}{2} & (10.8 \leq x < 12) \end{cases}$$



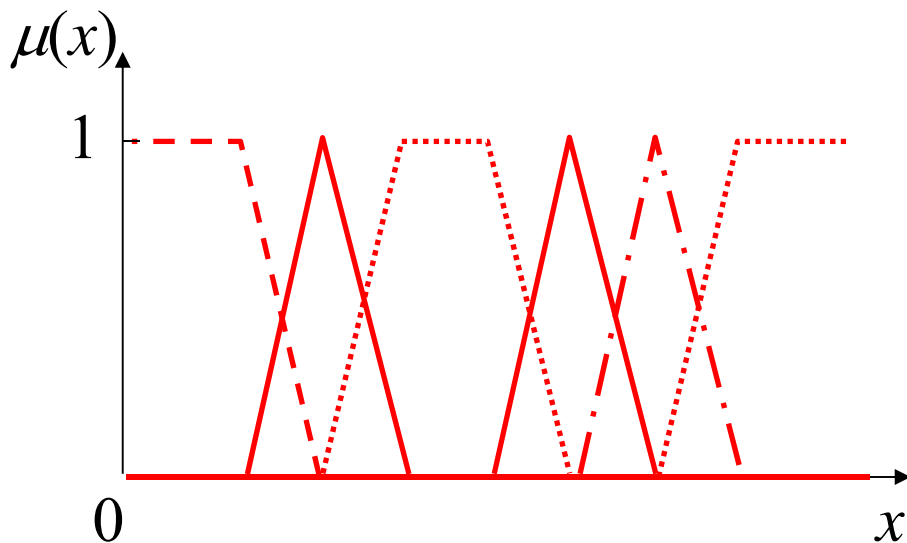
★ Viết biểu thức hàm liên thuộc tập mờ  $\tilde{A}^{0.7}$



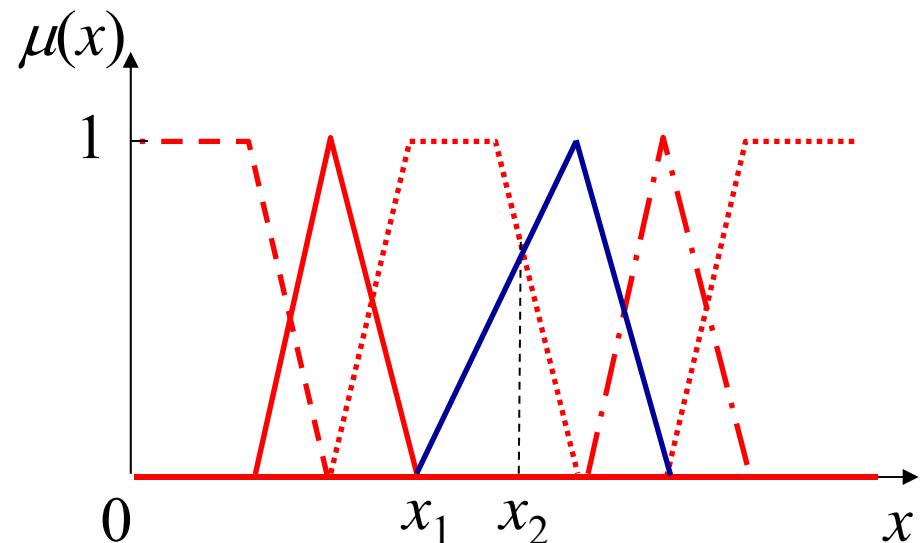
# Sự phân hoạch mờ (Fuzzy partition)

- ★ Các tập mờ  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n$  định nghĩa trên tập cơ sở  $X$  được gọi là phân hoạch mờ nếu  $\tilde{A}_i \neq \emptyset, \tilde{A}_i \neq X$  và:

$$\forall x \in X, \sum_{i=1}^n \mu_{\tilde{A}_i}(x) = 1$$



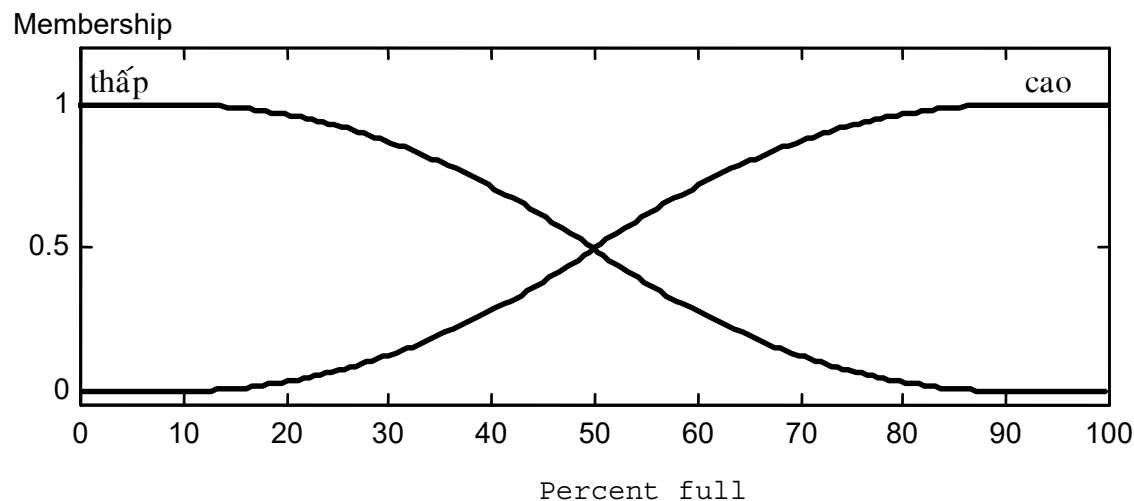
Phân hoạch mờ



Không phân hoạch mờ

# Biến ngôn ngữ và giá trị ngôn ngữ

- ★ Biến ngôn ngữ là biến chỉ nhận các giá trị ngôn ngữ.  
Thí dụ: Biến ngôn ngữ “mức chất lỏng” có thể nhận hai giá trị ngôn ngữ là “thấp” và “cao”
- ★ Giá trị ngôn ngữ là các từ. Giá trị ngôn ngữ chứa đựng thông tin không chính xác, do đó có thể mô tả giá trị ngôn ngữ bằng các tập mờ.



Hàm liên thuộc của hai tập mờ mô tả  
hai giá trị ngôn ngữ "cao", "thấp"

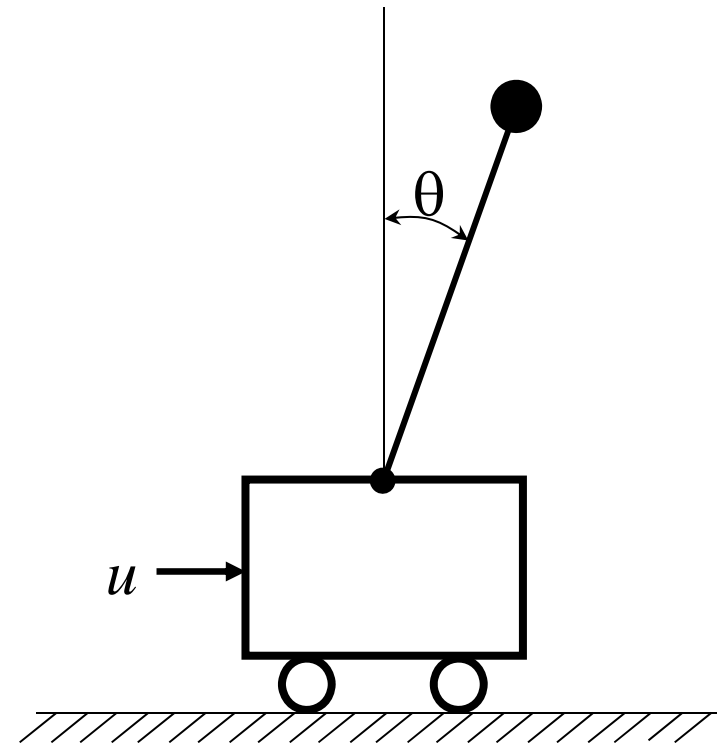


## Bài tập: biến ngôn ngữ và giá trị ngôn ngữ

- ★ Cho biến ngôn ngữ “**hiệt độ**” của một lò sấy, hãy định nghĩa các tập mờ mô tả các giá trị ngôn ngữ: “**rất thấp**”, “**thấp**”, “**trung bình**”, “**cao**”, “**rất cao**”. Biết rằng giá trị vật lý của nhiệt độ lò nằm trong miền  $25 < x < 200^{\circ}\text{C}$

## Bài tập: biến ngôn ngữ và giá trị ngôn ngữ

- ★ Cho biến ngôn ngữ “góc nghiêng” của một con lắc trong hệ con lắc ngược, hãy định nghĩa các tập mờ mô tả các giá trị ngôn ngữ: “NB”, “NS”, “ZE”, “PS”, “PB”. Biết rằng giá trị vật lý của góc nghiêng con lắc nằm trong miền  $-30^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$



# CÁC PHÉP TOÁN TRÊN TẬP MỜ

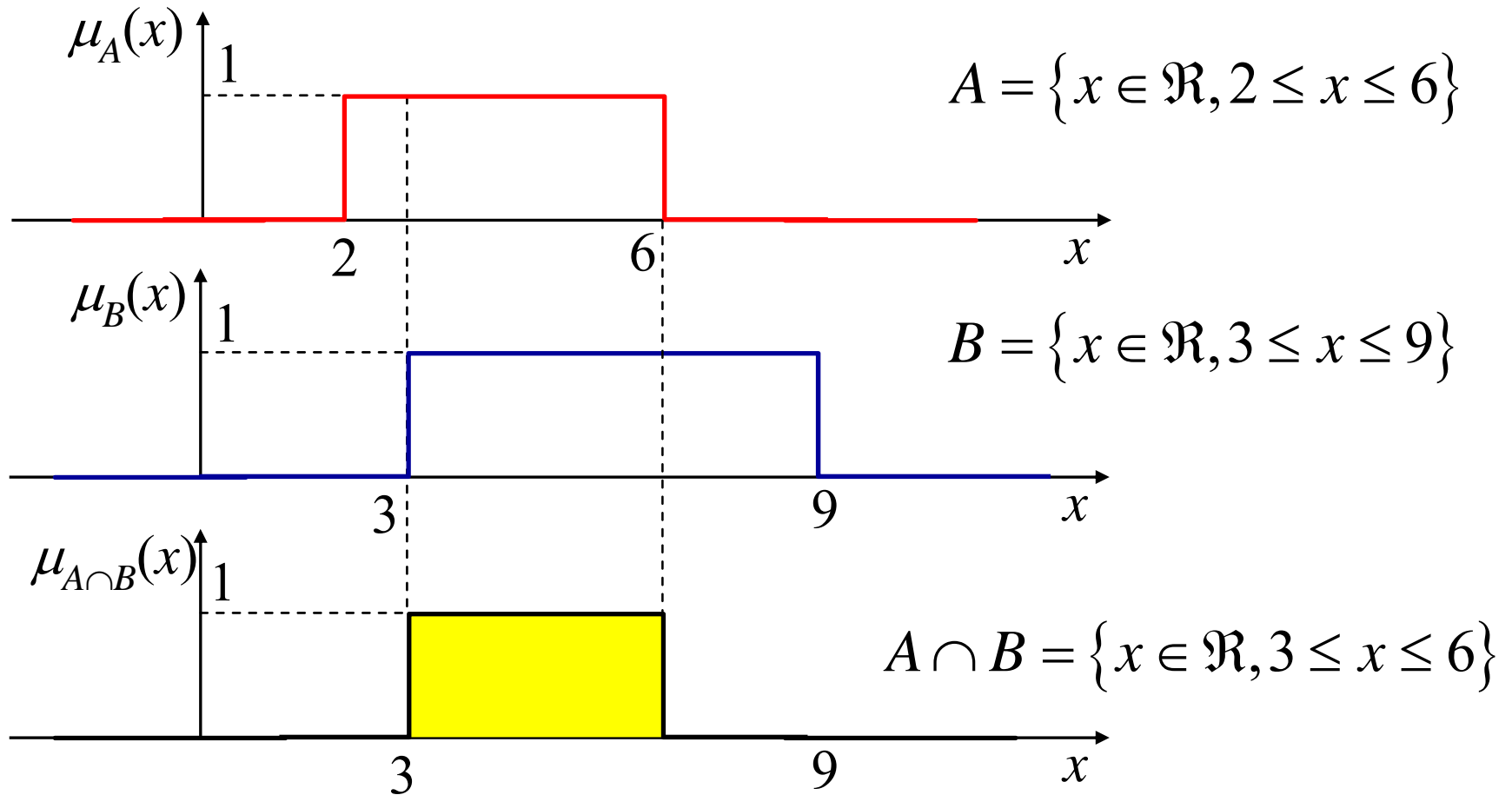
## Nhắc lại giao giữa hai tập rỗng

★ Giao của hai tập rỗng  $A$  và  $B$  là một tập rỗng gồm các phần tử đồng thời thuộc về  $A$  và  $B$ .

★ Ví dụ:

$$A = \{x \in \mathbb{R}, 2 \leq x \leq 6\}$$
$$B = \{x \in \mathbb{R}, 3 \leq x \leq 9\}$$
$$A \cap B = \{x \in \mathbb{R}, 3 \leq x \leq 6\}$$

# Biểu thức hàm liên thuộc của giao hai tập rỗng



$$A \cap B : \mu_{A \cap B}(x) = \text{MIN} \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \}$$

$$A \cap B : \mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)$$

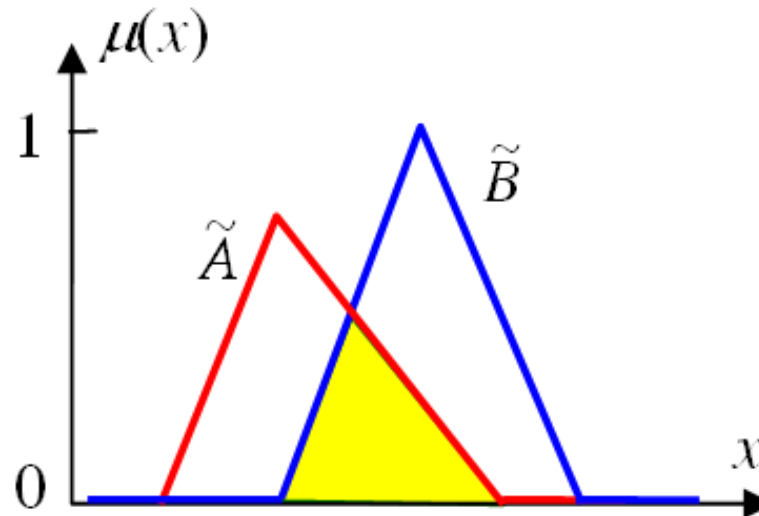


## Giao của hai tập mờ

- ★ Giao của hai tập mờ  $\tilde{A}$  và  $\tilde{B}$  có cùng cơ sở  $X$  là một tập mờ xác định trên tập cơ sở  $X$  có hàm liên thuộc:

$$\tilde{A} \cap \tilde{B} : \mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = T\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\}$$

Toán tử  $T$  có thể là MIN (cực tiểu), PROD (tích), ...



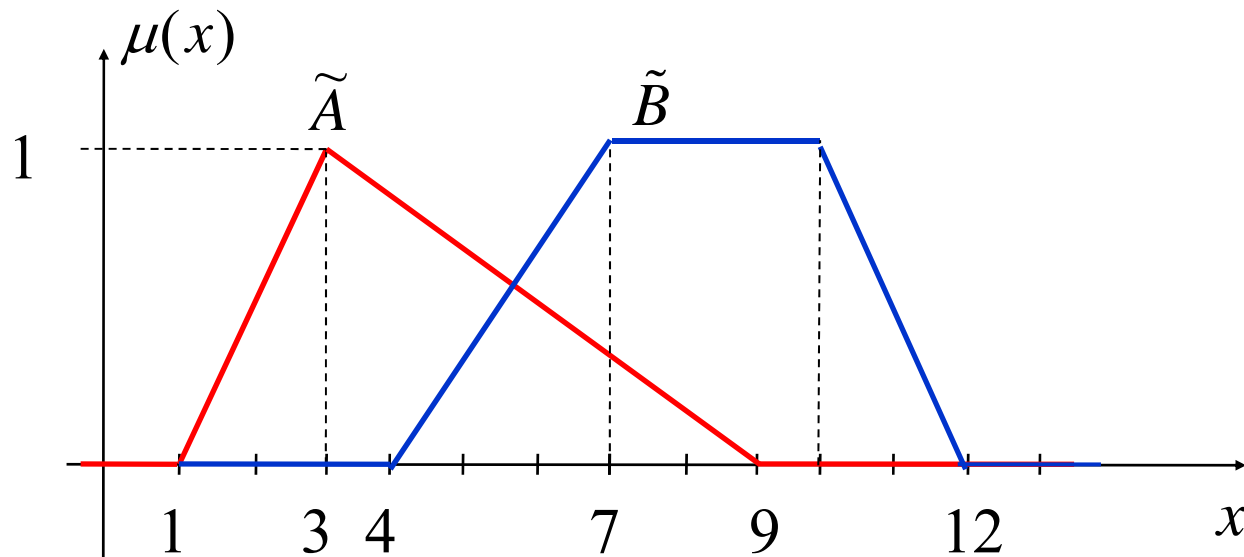
Giao của hai tập mờ dùng toán tử MIN

## Ví dụ tính giao hai tập mờ

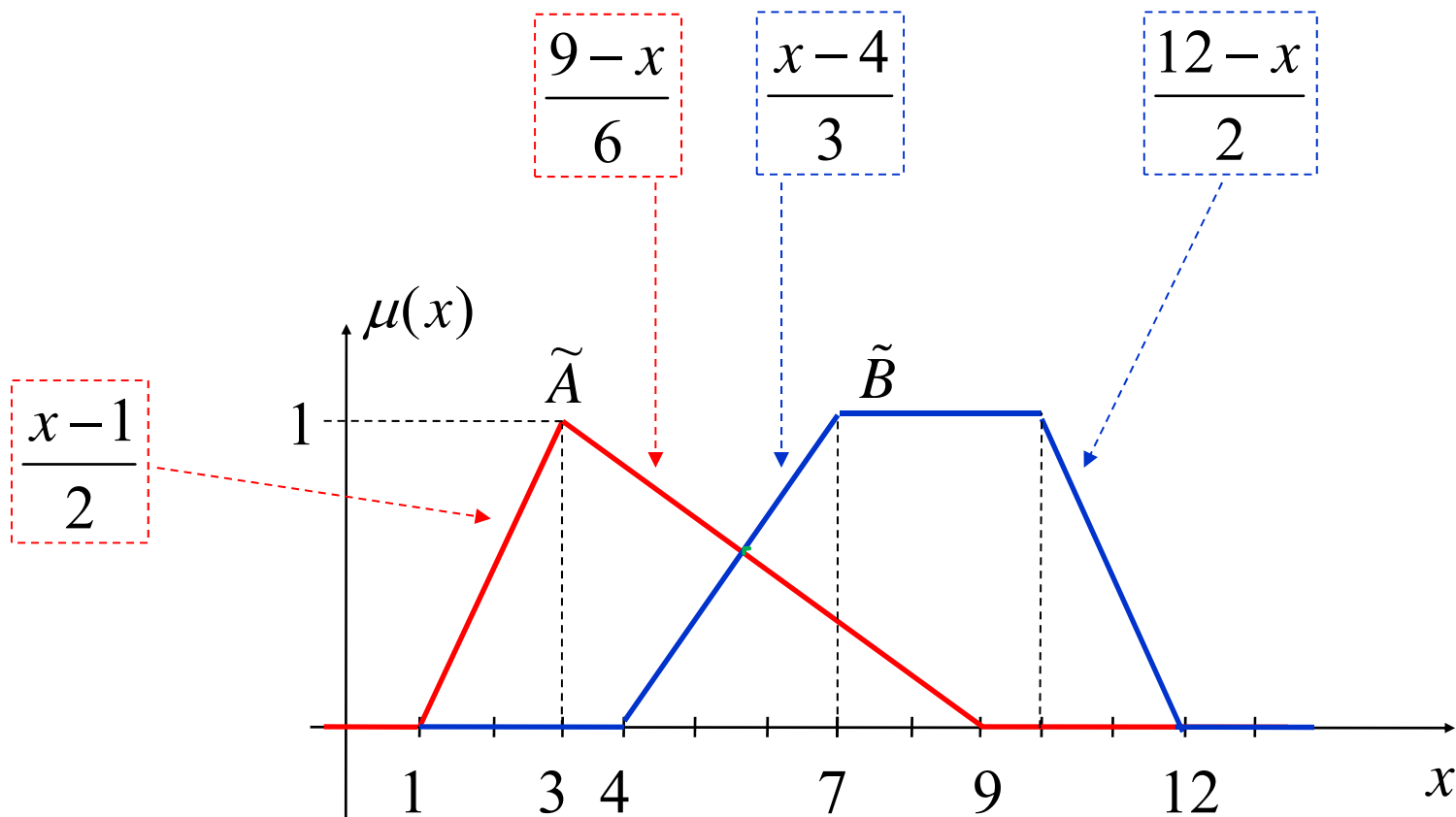
★ Cho hai tập mờ  $\tilde{A}$  và  $\tilde{B}$  có hàm liên thuộc như hình vẽ.  
Hãy vẽ và viết biểu thức hàm liên thuộc các tập mờ :

(a)  $\tilde{A} \cap \tilde{B}$  (sử dụng toán tử T là MIN)

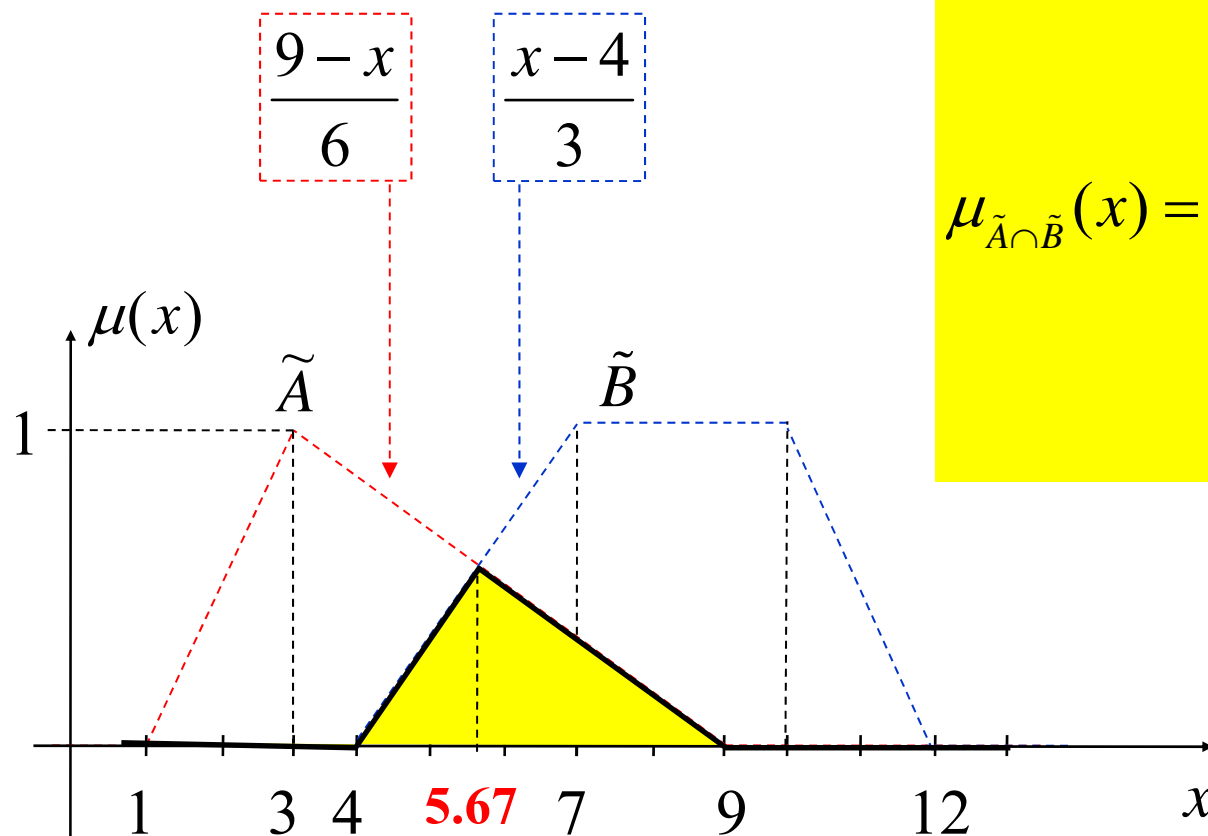
(b)  $\tilde{A} \cap \tilde{B}$  (sử dụng toán tử T là PROD)



★ Xác định biểu thức các hàm liên thuộc:



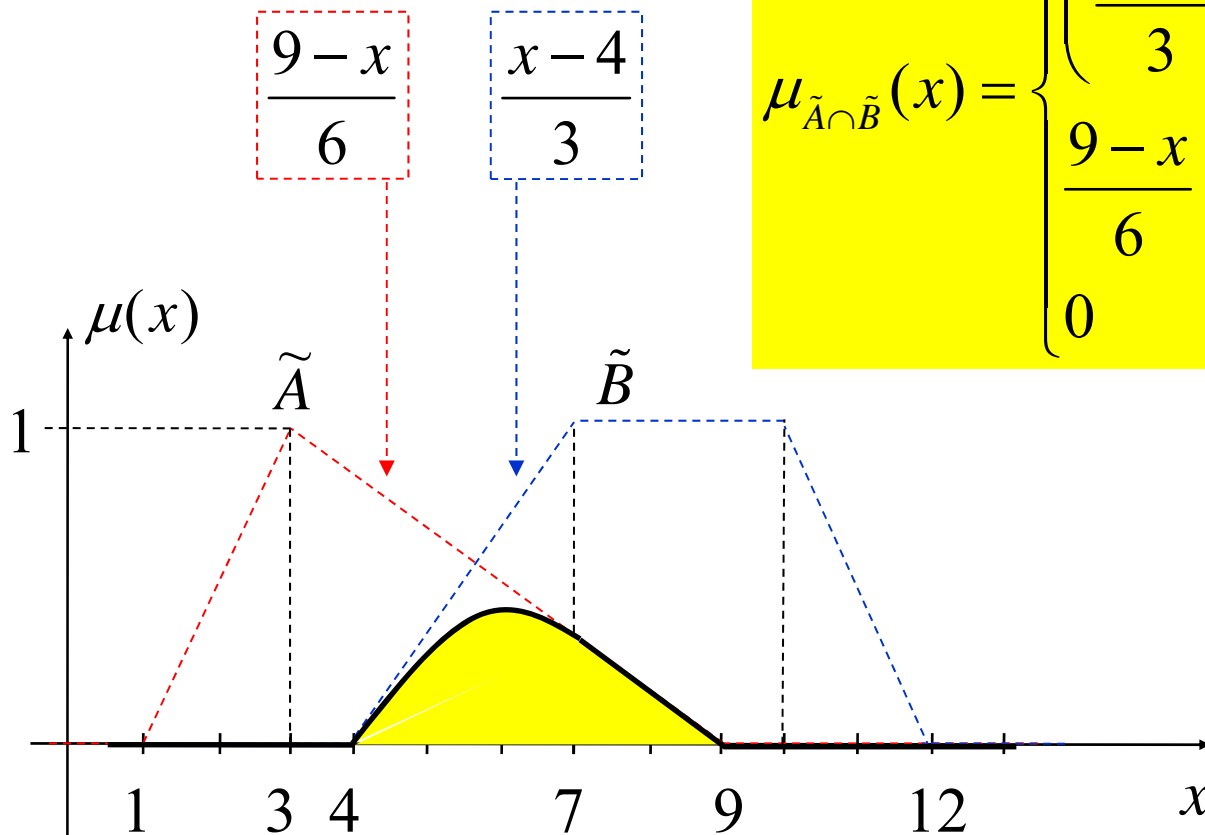
★ Xác định giao hai tập mờ  $\tilde{A} \cap \tilde{B}$  dùng toán tử MIN:



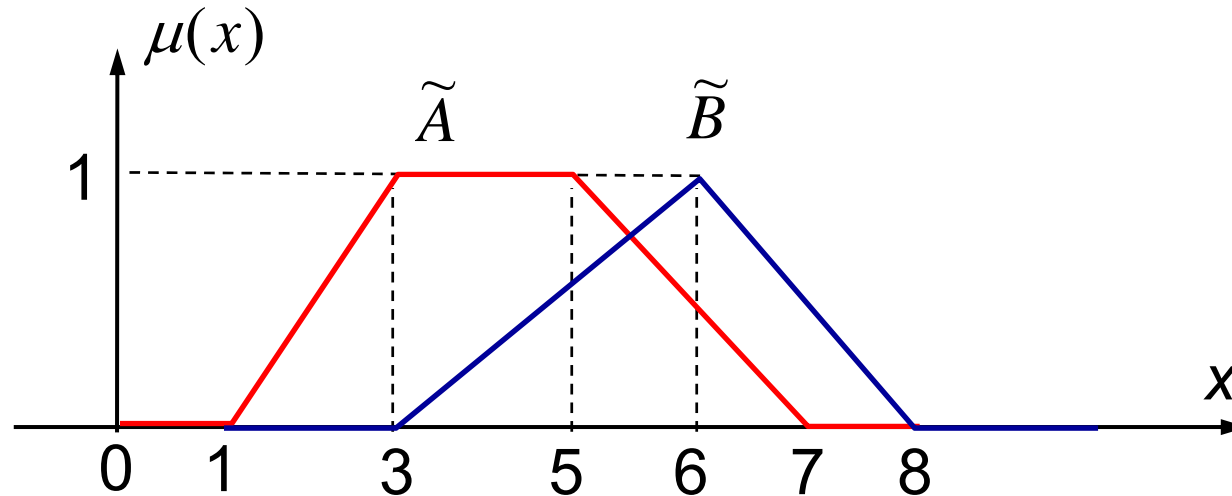
$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \begin{cases} 0 & (x < 4) \\ \frac{x-4}{3} & (4 \leq x < 5.67) \\ \frac{9-x}{6} & (5.67 \leq x < 9) \\ 0 & (x \geq 9) \end{cases}$$

★ Xác định giao hai tập mờ  $\tilde{A} \cap \tilde{B}$  dùng toán tử PROD:

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \begin{cases} 0 & (x < 4) \\ \left( \frac{x-4}{3} \right) \left( \frac{9-x}{6} \right) & (4 \leq x < 7) \\ \frac{9-x}{6} & (7 \leq x < 9) \\ 0 & (x \geq 9) \end{cases}$$



## Bài tập tính giao các tập mờ



★ Vẽ và viết biểu thức hàm liên thuộc tập mờ  $\tilde{A} \cap \tilde{B}$

(a) Sử dụng toán tử  $T$  là MIN

(b) Sử dụng toán tử  $T$  là PROD

## Nhắc lại hợp giữa hai tập rỗng

★ Hợp của hai tập rỗng  $A$  và  $B$  là một tập rỗng gồm các phần tử thuộc về  $A$ , hoặc thuộc về  $B$ .

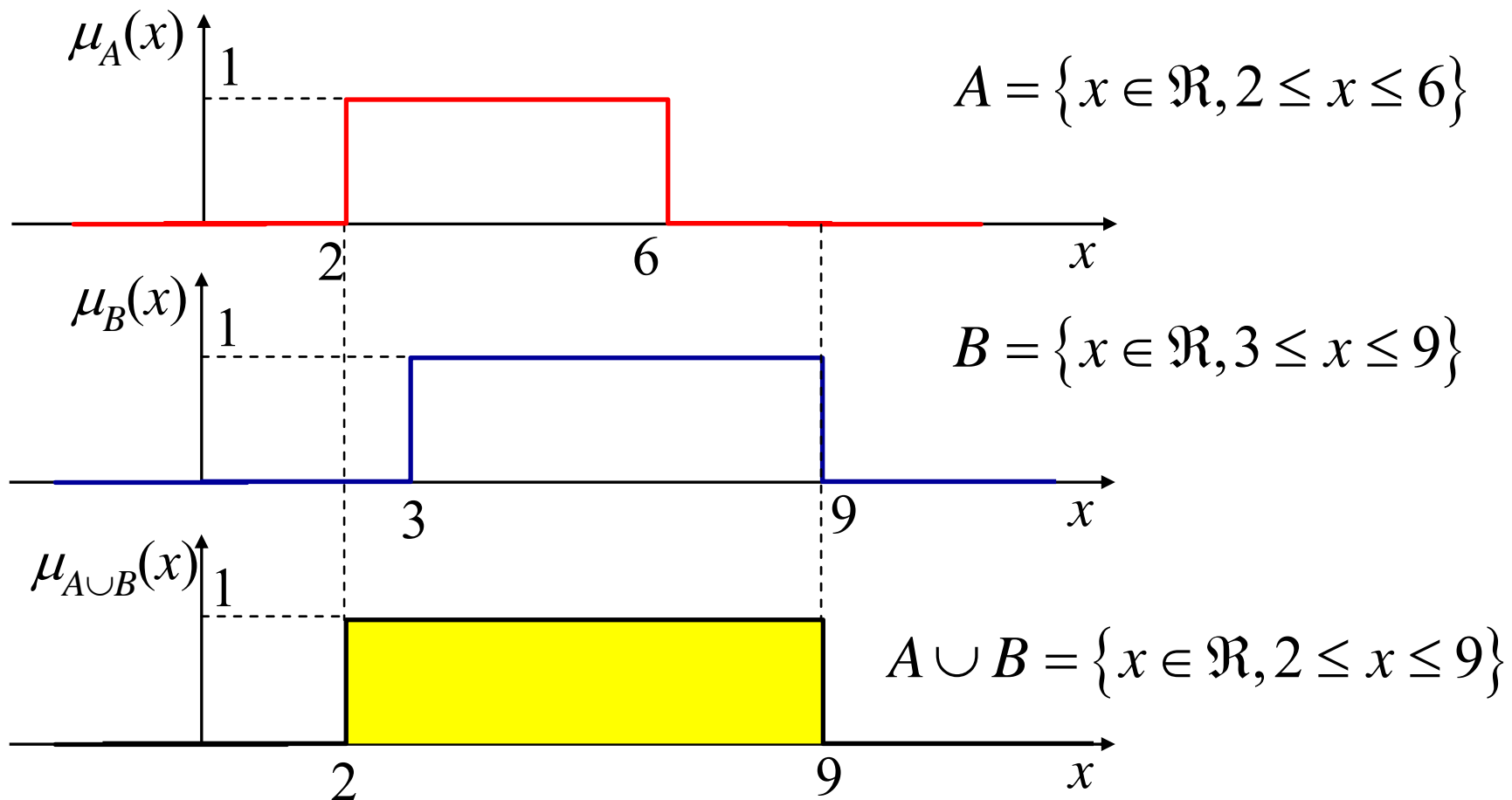
★ Ví dụ:

$$A = \{x \in \mathbb{R}, 2 \leq x \leq 6\}$$

$$B = \{x \in \mathbb{R}, 3 \leq x \leq 9\}$$

$$A \cup B = \{x \in \mathbb{R}, 2 \leq x \leq 9\}$$

# Biểu thức hàm liên thuộc của hợp hai tập rỗng



$$A \cup B : \mu_{A \cup B}(x) = \text{MAX} \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \}$$

$$A \cup B : \mu_{A \cup B}(x) = \text{MIN} \{ \mu_A(x) + \mu_B(x); 1 \} = \text{BSUM} \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \}$$



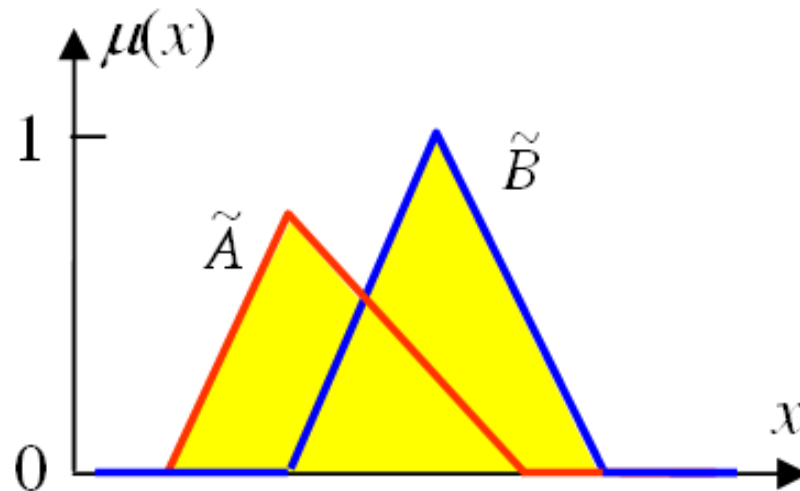
## Hợp của hai tập mờ

★ Hợp của hai tập mờ  $\tilde{A}$  và  $\tilde{B}$  có cùng cơ sở  $X$  là một tập mờ xác định trên tập cơ sở  $X$  có hàm liên thuộc:

$$\tilde{A} \cup \tilde{B} : \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = S\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\}$$

Toán tử  $S$  có thể là MAX (cực đại), BSUM (tổng bị chặn)

$$BSUM\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\} = MIN\{\mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x), 1\}$$



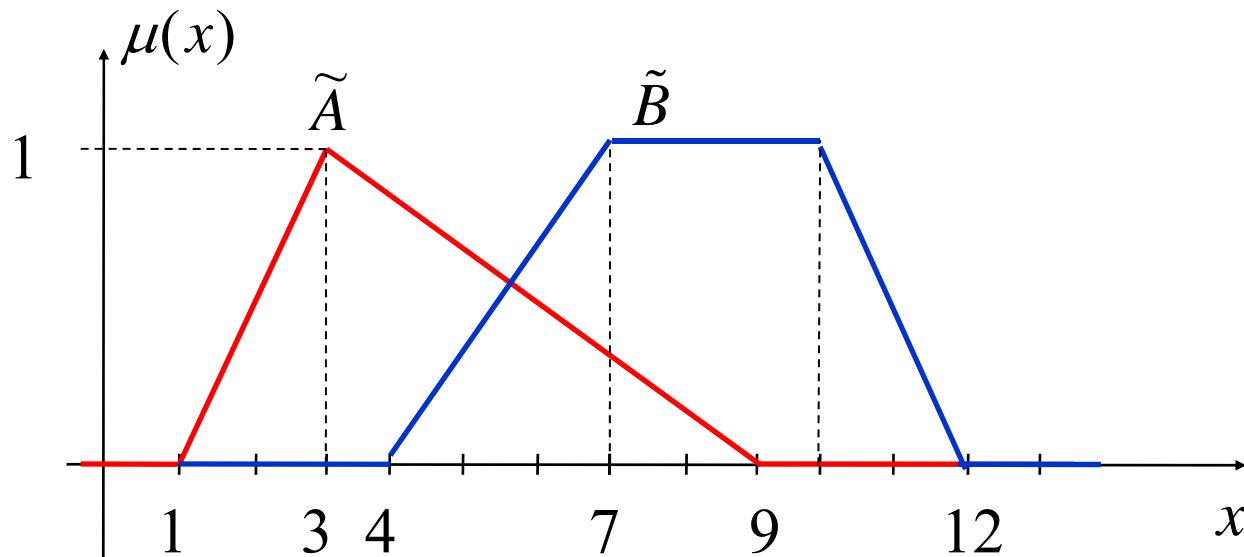
Hợp của hai tập mờ dùng toán tử MAX

## Ví dụ tính hợp hai tập mờ

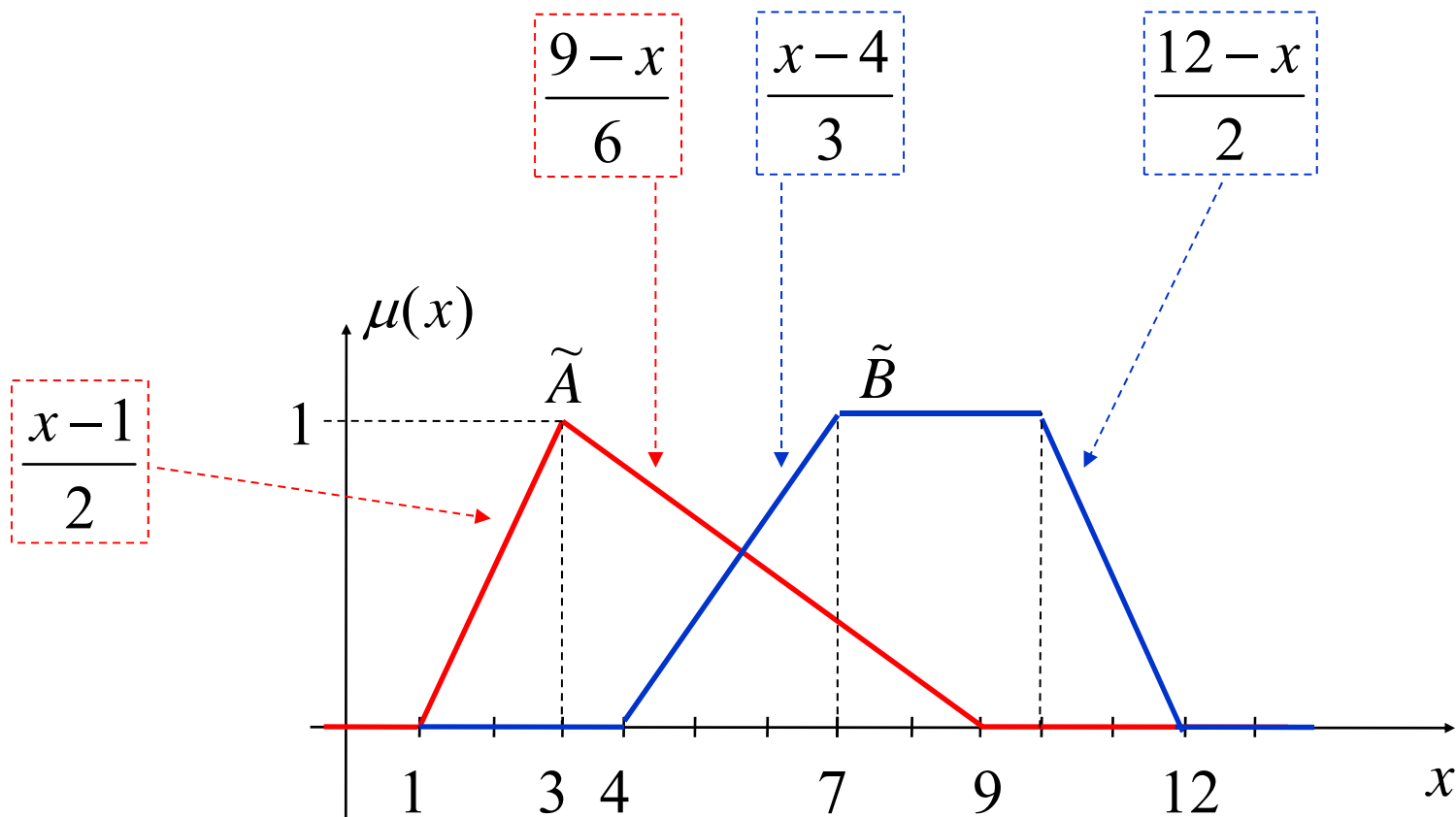
★ Cho hai tập mờ  $\tilde{A}$  và  $\tilde{B}$  có hàm liên thuộc như hình vẽ.  
Hãy vẽ và viết biểu thức hàm liên thuộc các tập mờ :

(a)  $\tilde{A} \cup \tilde{B}$  (sử dụng toán tử S là MAX)

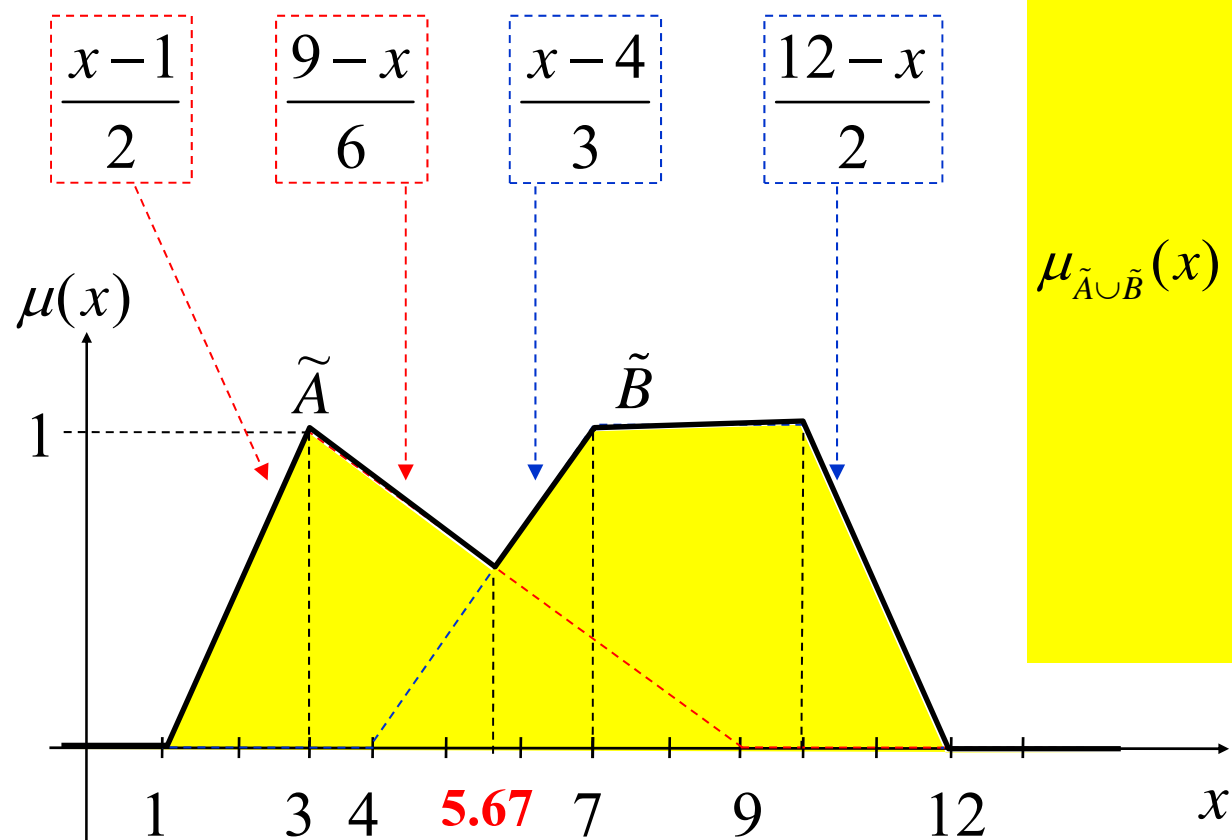
(b)  $\tilde{A} \cup \tilde{B}$  (sử dụng toán tử S là BSUM)



★ Xác định biểu thức các hàm liên thuộc:

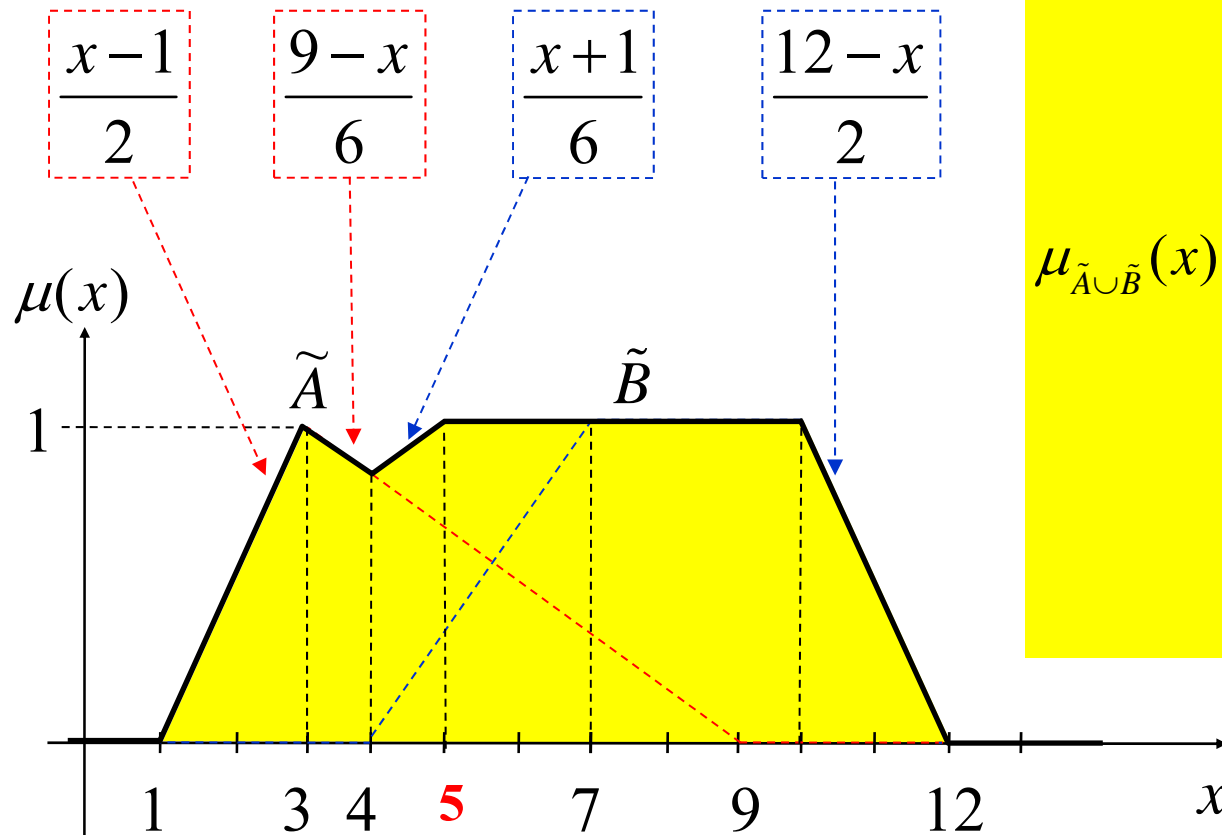


★ Xác định hợp hai tập mờ  $\tilde{A} \cup \tilde{B}$  dùng toán tử MAX:



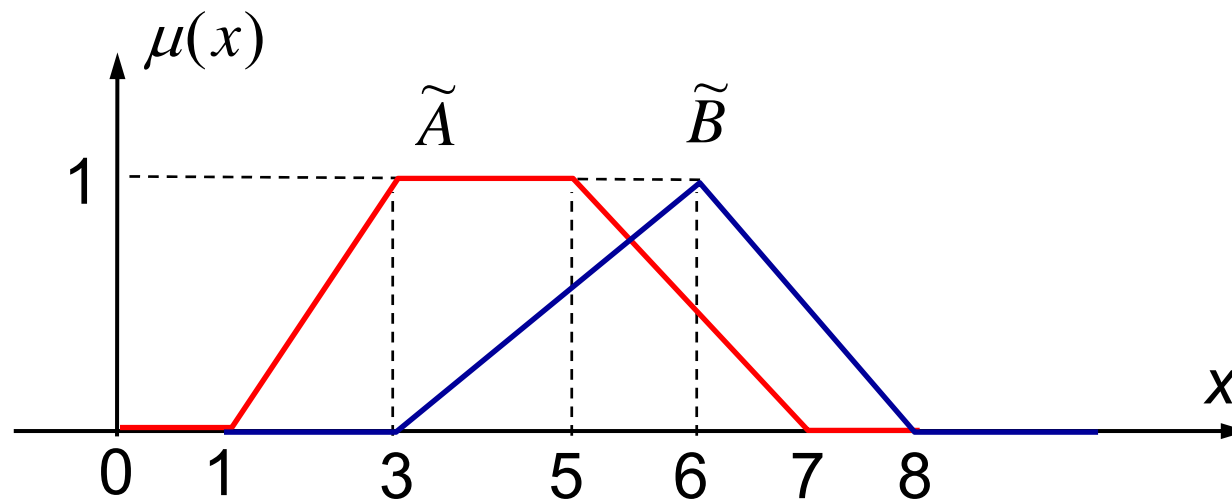
$$\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \begin{cases} 0 & (x < 1 \text{ or } x \geq 12) \\ \frac{x-1}{2} & (1 \leq x < 3) \\ \frac{9-x}{6} & (3 \leq x < 5.67) \\ \frac{x-4}{3} & (5.67 \leq x < 7) \\ 1 & (7 \leq x < 10) \\ \frac{12-x}{2} & (10 \leq x < 12) \end{cases}$$

★ Xác định hợp hai tập mờ  $\tilde{A} \cup \tilde{B}$  dùng toán tử BSUM:



$$\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \begin{cases} 0 & (x < 1 \text{ or } x \geq 12) \\ \frac{x-1}{2} & (1 \leq x < 3) \\ \frac{9-x}{6} & (3 \leq x < 4) \\ \frac{x+1}{6} & (4 \leq x < 5) \\ 1 & (5 \leq x < 10) \\ \frac{12-x}{2} & (10 \leq x < 12) \end{cases}$$

## Bài tập tính hợp các tập mờ



★ Vẽ và viết biểu thức hàm liên thuộc tập mờ  $\tilde{A} \cup \tilde{B}$

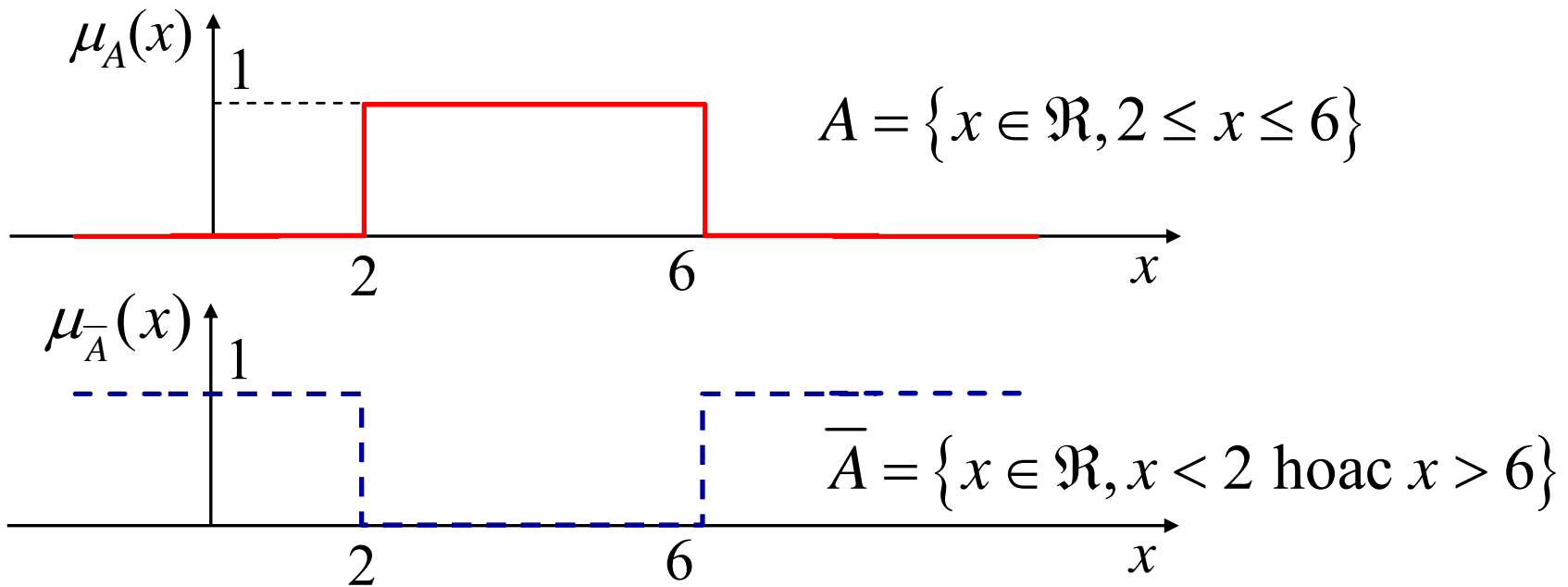
(a) Sử dụng toán tử  $S$  là MAX

(b) Sử dụng toán tử  $S$  là BSUM

## Nhắc lại bù của tập rõ

★ Bù của tập rõ  $A$  là một tập rõ gồm các phần tử không thuộc  $A$ .

★ Ví dụ:  $A = \{x \in \mathbb{R}, 2 \leq x \leq 6\}$   
 $\bar{A} = \{x \in \mathbb{R}, x < 2 \text{ hoặc } x > 6\}$

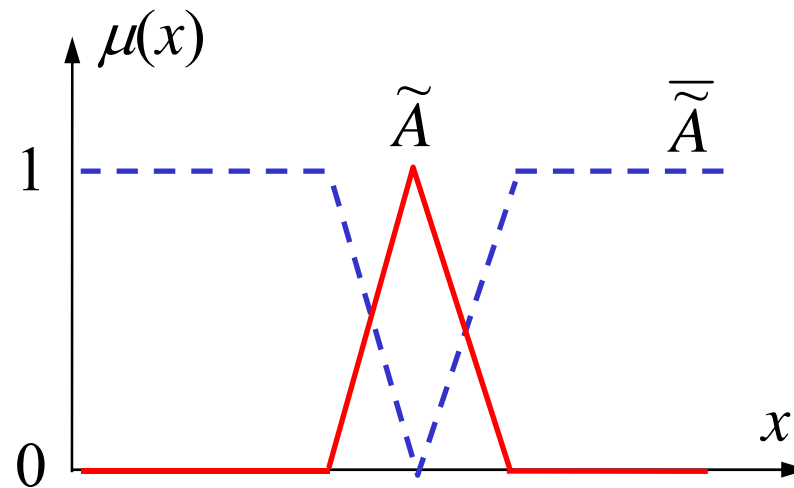


$$\bar{A}: \mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

## Bù của tập mờ

- ★ Bù của tập mờ  $\tilde{A}$  trên tập cơ sở  $X$  là một tập mờ xác định trên tập cơ sở  $X$  có hàm liên thuộc:

$$\overline{\tilde{A}} : \mu_{\overline{\tilde{A}}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x)$$



Bù của tập mờ



# LOGIC MỜ

## Nhắc lại mệnh đề rõ

- ★ Mệnh đề rõ là phát biểu chỉ có một trong hai khả năng đúng hoặc sai.
- ★ Mệnh đề (**P**roposition) được ký hiệu là  $P$
- ★ Độ đúng của mệnh đề (**T**ue value) được ký hiệu là  $T(P)$
- ★ Ví dụ:
  - $P$ : “Nhiệt độ phòng nhỏ hơn  $34^{\circ}\text{C}$ ”,  
Tùy theo giá trị nhiệt độ phòng hiện tại, mệnh đề chỉ có hai khả năng: đúng hoặc sai.
    - Nếu nhiệt độ phòng là  $31^{\circ}\text{C}$  thì mệnh đề đúng:  $T(P)=1$ ;
    - Nếu nhiệt độ phòng là  $35^{\circ}\text{C}$  thì mệnh đề sai:  $T(P)=0$
  - $P$ : “Mực chất lỏng trong bồn cao hơn  $1.5\text{m}$ ”
  - $Q$ : “Tốc độ động cơ nhỏ hơn  $1000$  vòng / phút”

## Định nghĩa mệnh đề mờ

- ★ Mệnh đề mờ là phát biểu có chứa thông tin không rõ ràng.
- ★ Ví dụ: Các phát biểu dưới đây là các mệnh đề mờ
  - “Nhiệt độ” là “cao”
  - “Mức chất lỏng” là “thấp”
  - “Vận tốc động cơ” là “trung bình”
- ★ Tổng quát, mệnh đề mờ là phát biểu có dạng:  
*“biến ngôn ngữ” là “giá trị ngôn ngữ”*
- ★ Ký hiệu mệnh đề mờ là  $\tilde{P}$ , mệnh đề mờ là biểu thức:  
$$\tilde{P} : x \in \tilde{A}$$
Tập mờ  $\tilde{A}$  biểu diễn giá trị ngôn ngữ trong mệnh đề mờ.

## Giá trị thật của mệnh đề mờ

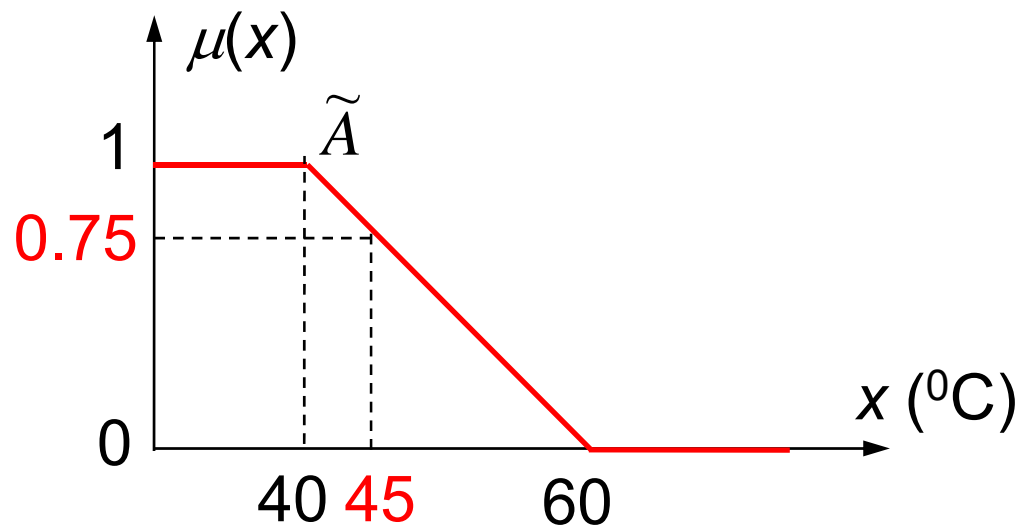
- ★ Khác với mệnh đề kinh điển chỉ có hai khả năng sai hoặc đúng (0 hoặc 1), giá trị thật (true value) của mệnh đề mờ là một giá trị bất kỳ nằm trong đoạn  $[0,1]$ .
- ★ Giá trị thật của mệnh đề mờ  $T(\tilde{P})$  là:

$$T(\tilde{P}) = \mu_{\tilde{A}}(x)$$

⇒ Giá trị thật của mệnh đề mờ  $\tilde{P} : x \in \tilde{A}$  bằng độ phụ thuộc của  $x$  vào tập mờ  $\tilde{A}$

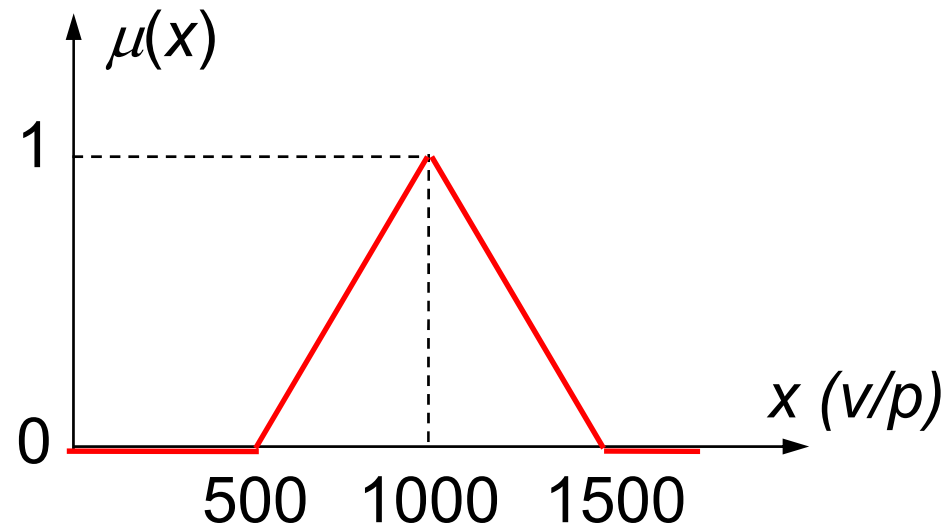
## Ví dụ giá trị thật của mệnh đề mờ

- ★ Mệnh đề mờ:  $\tilde{P}$  : “Nhiệt độ là THẤP”
- ★ Giả sử giá trị ngôn ngữ “THẤP” được định lượng bởi tập mờ:



- ★ Nếu  $x = 45$  °C thì:  $T(\tilde{P}) = \mu_{\tilde{A}}(45) = 0.75$
- ★ Nếu  $x = 55$  °C thì:  $T(\tilde{P}) = \mu_{\tilde{A}}(55) = 0.25$

★  $\tilde{Q}$  : Vận tốc máy bơm là “TRUNG BÌNH”



★ Tính độ đúng của mệnh đề  $\tilde{Q}$  khi

- $x = 900$  (v/p)
- $x = 1400$  (v/p)
- $x = 400$  (v/p)

★ Cho mệnh đề mờ:  $\tilde{P} : x \in \tilde{A}$

Phủ định của mệnh đề  $\tilde{P}$  là:

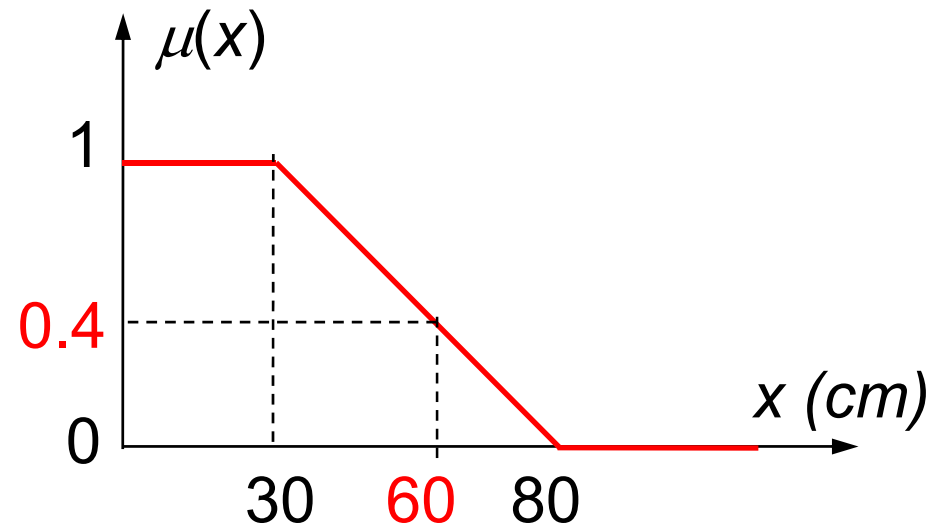
$$\overline{\tilde{P}} : x \notin \tilde{A}$$

★ Giá trị thật của mệnh đề phủ định là:

$$T(\overline{\tilde{P}}) = 1 - T(\tilde{P}) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x)$$

## Ví dụ phép phủ định mệnh đề mờ

- ★  $\tilde{P}$  : Mức chất lỏng là “THẤP”
- ★  $\overline{\tilde{P}}$  : Mức chất lỏng là KHÔNG THẤP



- ★ Giả sử  $x = 60$ :  $T(\tilde{P}) = 0.4 \Rightarrow T(\overline{\tilde{P}}) = 1 - T(\tilde{P}) = 0.6$



- ★ Giao của hai mệnh đề  $\tilde{P} : x \in \tilde{A}$  và  $\tilde{Q} : y \in \tilde{B}$  là mệnh đề xác định bởi:

$$\tilde{P} \wedge \tilde{Q} : x \in \tilde{A} \text{ và } y \in \tilde{B}$$

$$\Rightarrow \tilde{P} \wedge \tilde{Q} : (x, y) \in (\tilde{A} \cap \tilde{B})$$

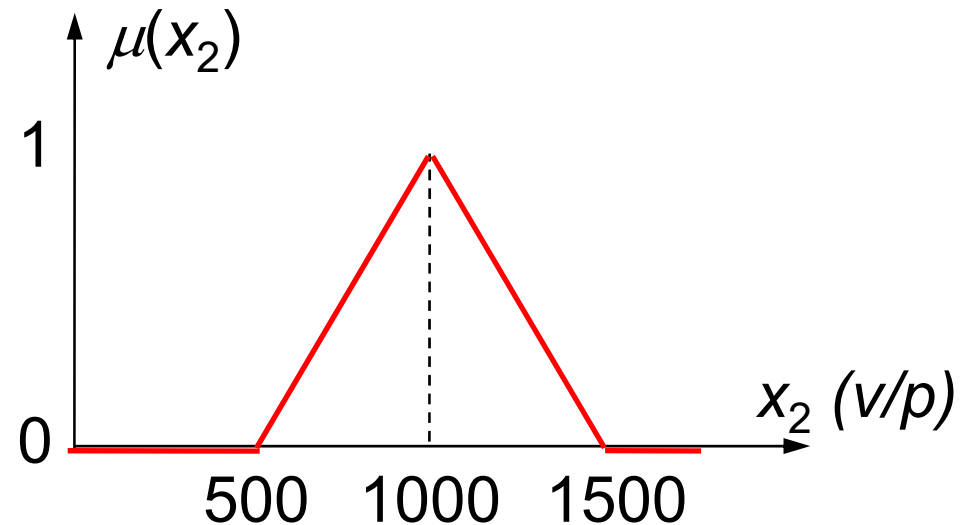
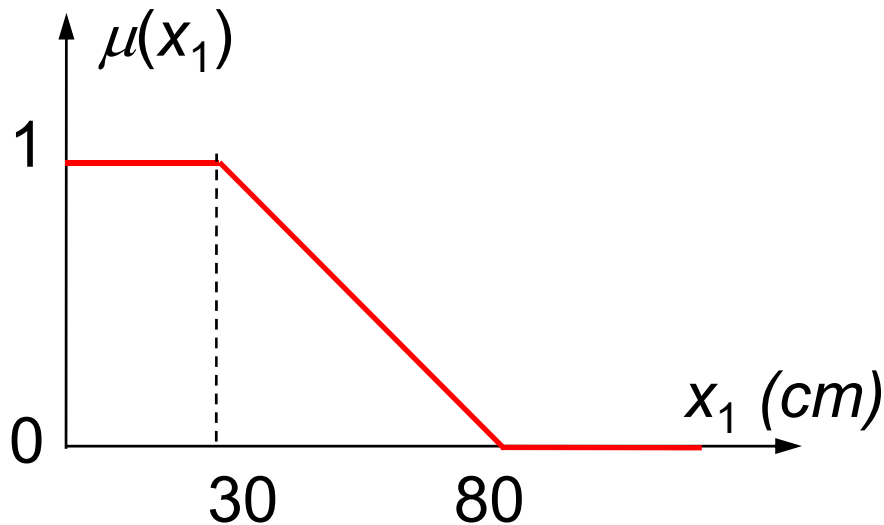
- ★ Giá trị thật của mệnh đề giao là:

$$T(\tilde{P} \wedge \tilde{Q}) = \mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x, y) = T\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y)\}$$

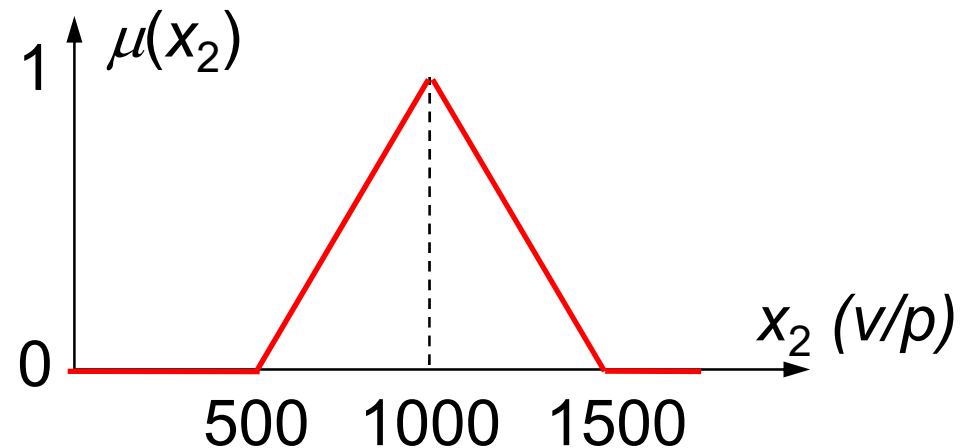
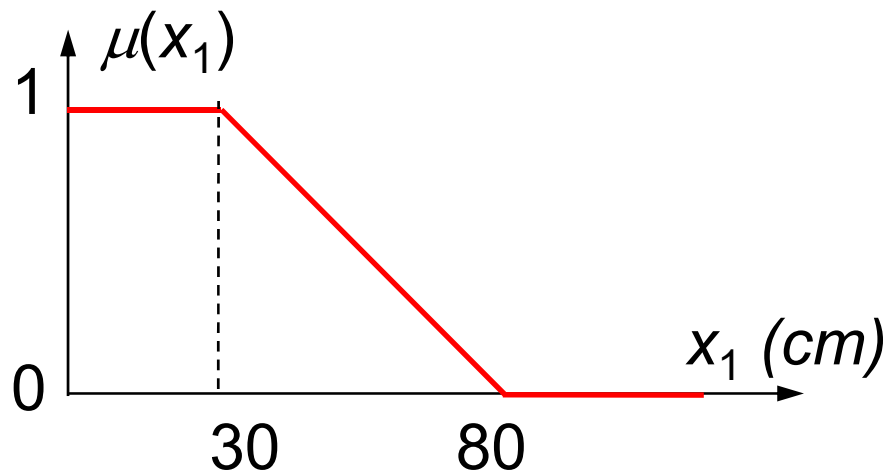
trong đó toán tử  $T$  có thể là MIN hoặc PROD.

## Ví dụ phép giao hai mệnh đề mờ

- ★  $\tilde{P}$  : Mức chất lỏng là “THẤP”
- ★  $\tilde{Q}$  : Vận tốc máy bơm là “TRUNG BÌNH”
- ★  $\tilde{P} \wedge \tilde{Q}$  : Mức chất lỏng là “THẤP” **và** vận tốc máy bơm là “TRUNG BÌNH”



- ★ Giả sử  $x_1 = 40$ ,  $x_2 = 800$ , tính  $T(\tilde{P} \wedge \tilde{Q}) = ?$



$$\star x_1 = 40 \Rightarrow \mu_{THAP}(x_1) = \mu_{THAP}(40) = \frac{80 - 40}{80 - 30} = 0.8$$

$$\star x_2 = 800 \Rightarrow \mu_{TB}(x_2) = \mu_{TB}(800) = \frac{800 - 500}{1000 - 500} = 0.6$$

$$T(\tilde{P} \wedge \tilde{Q}) = T\{\mu_{THAP}(x_1), \mu_{TB}(x_2)\} = MIN\{0.8; 0.6\} = 0.6$$

$$T(\tilde{P} \wedge \tilde{Q}) = T\{\mu_{THAP}(x_1), \mu_{TB}(x_2)\} = 0.8 \times 0.6 = 0.48$$

- ★ Hợp của hai mệnh đề  $\tilde{P} : x \in \tilde{A}$  và  $\tilde{Q} : y \in \tilde{B}$  là mệnh đề xác định bởi:

$$\tilde{P} \vee \tilde{Q} : x \in \tilde{A} \text{ hoặc } y \in \tilde{B}$$

$$\Rightarrow \tilde{P} \vee \tilde{Q} : (x, y) \in (\tilde{A} \cup \tilde{B})$$

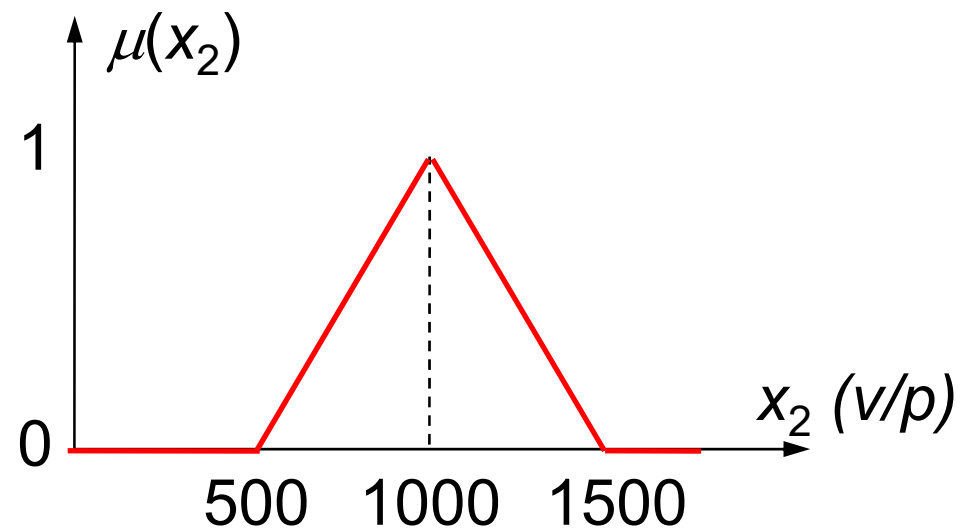
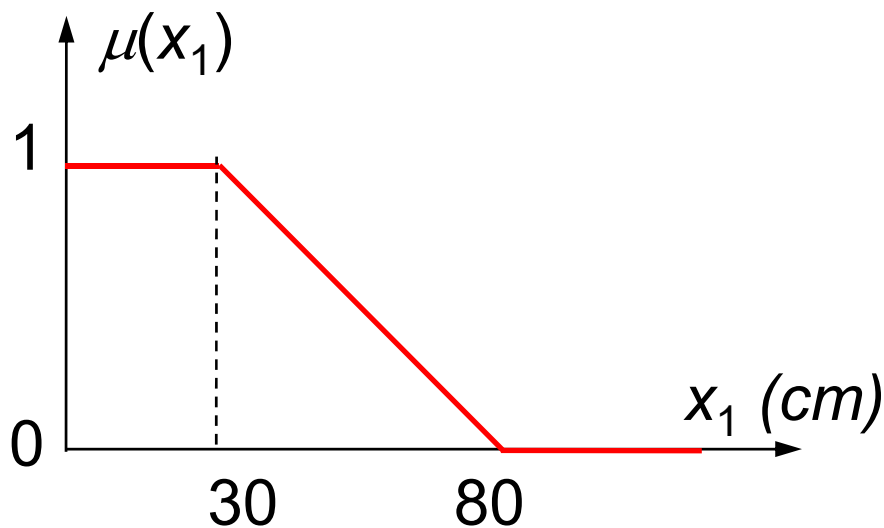
- ★ Giá trị thật của mệnh đề hợp là:

$$T(\tilde{P} \vee \tilde{Q}) = \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x, y) = S\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y)\}$$

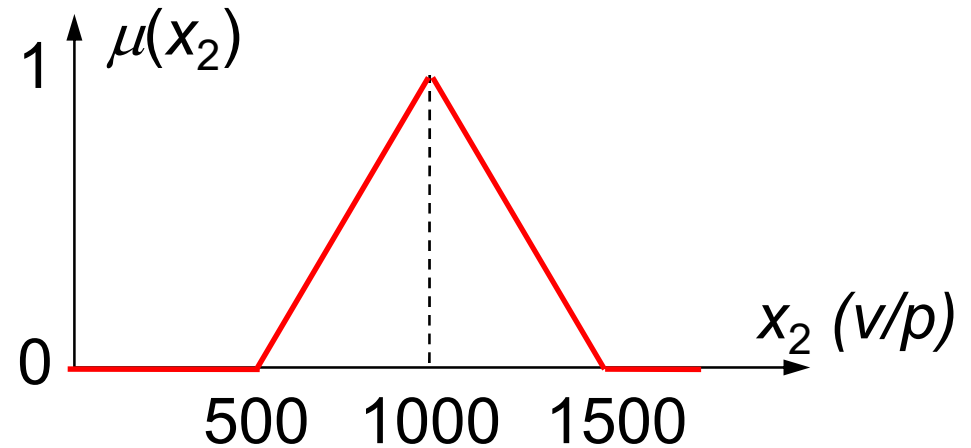
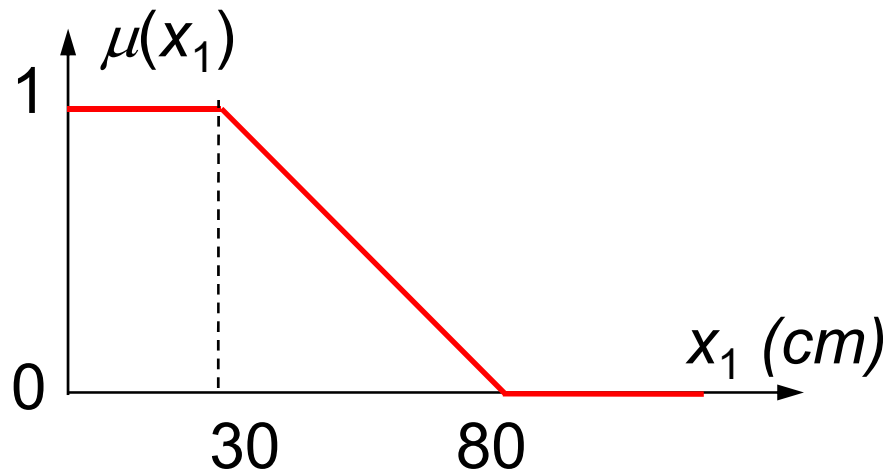
trong đó toán tử  $S$  có thể là MAX hoặc BSUM.

## Ví dụ phép hợp hai mệnh đề mờ

- ★  $\tilde{P}$  : Mức chất lỏng là “THẤP”
- ★  $\tilde{Q}$  : Vận tốc máy bơm là “TRUNG BÌNH”
- ★  $\tilde{P} \vee \tilde{Q}$  : Mức chất lỏng là “THẤP” **hoặc** vận tốc máy bơm là “TRUNG BÌNH”



- ★ Giả sử  $x_1 = 45$ ,  $x_2 = 900$ , tính  $T(\tilde{P} \vee \tilde{Q}) = ?$



$$\star x_1 = 45 \Rightarrow \mu_{THAP}(x_1) = \mu_{THAP}(45) = \frac{80 - 45}{80 - 30} = 0.7$$

$$\star x_2 = 900 \Rightarrow \mu_{TB}(x_2) = \mu_{TB}(900) = \frac{900 - 500}{1000 - 500} = 0.8$$

$$T(\tilde{P} \vee \tilde{Q}) = S\{\mu_{THAP}(x_1), \mu_{TB}(x_2)\} = MAX\{0.7; 0.8\} = 0.8$$

$$T(\tilde{P} \vee \tilde{Q}) = S\{\mu_{THAP}(x_1), \mu_{TB}(x_2)\} = BSUM\{0.7; 0.8\} = 1.0$$

- ★ Mệnh đề kéo theo:

$$\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q} : \text{Nếu } x \in \tilde{A} \text{ thì } y \in \tilde{B}$$

trong đó  $\tilde{P} : x \in \tilde{A}$  là mệnh đề điều kiện

$\tilde{Q} : y \in \tilde{B}$  là mệnh đề kết luận.

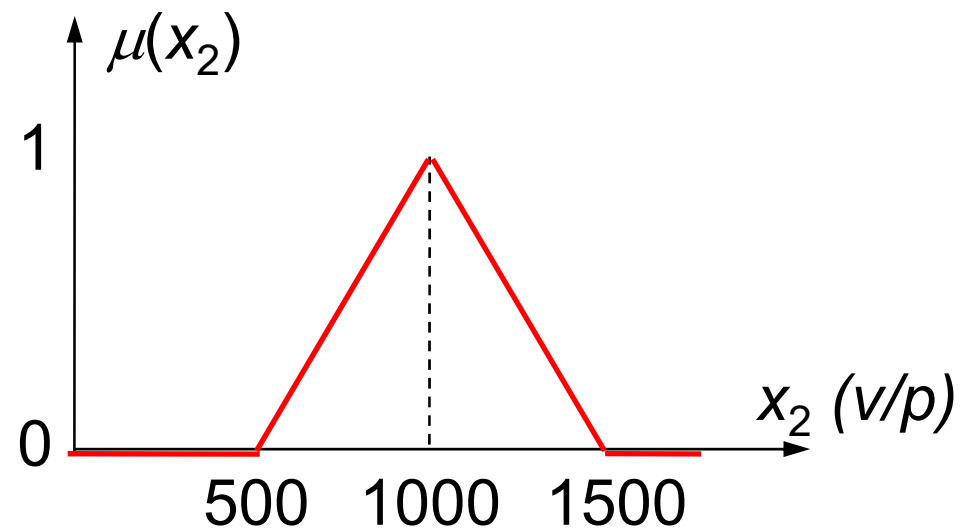
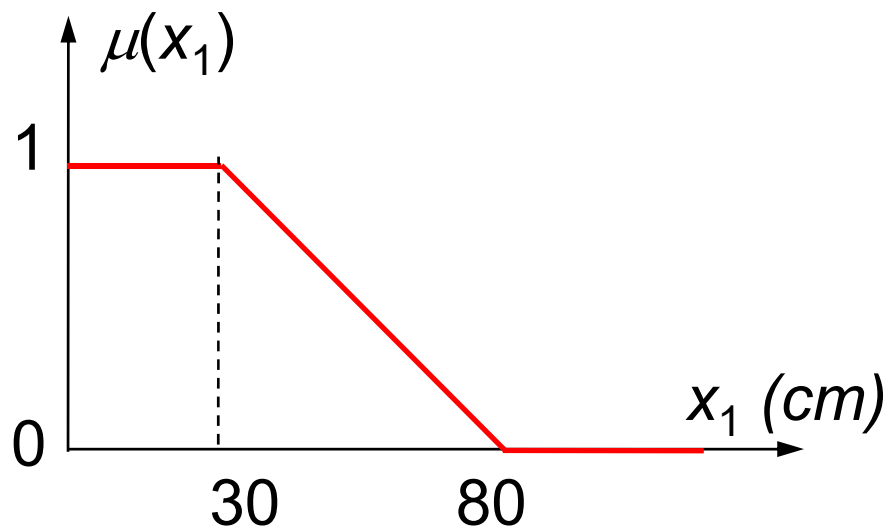
- ★ Giá trị thật của mệnh đề kéo theo được tính bởi toán tử I:

$$T(\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q}) = I(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y))$$

Toán tử I thường được sử dụng là toán tử MIN hoặc PROD

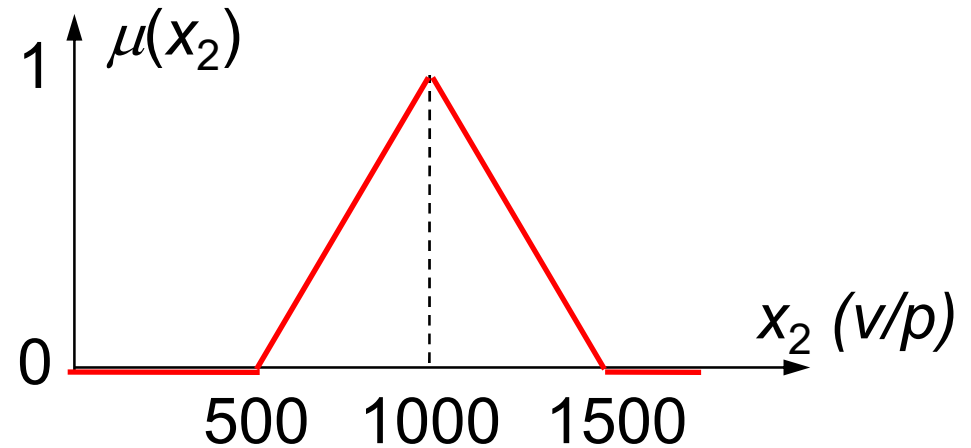
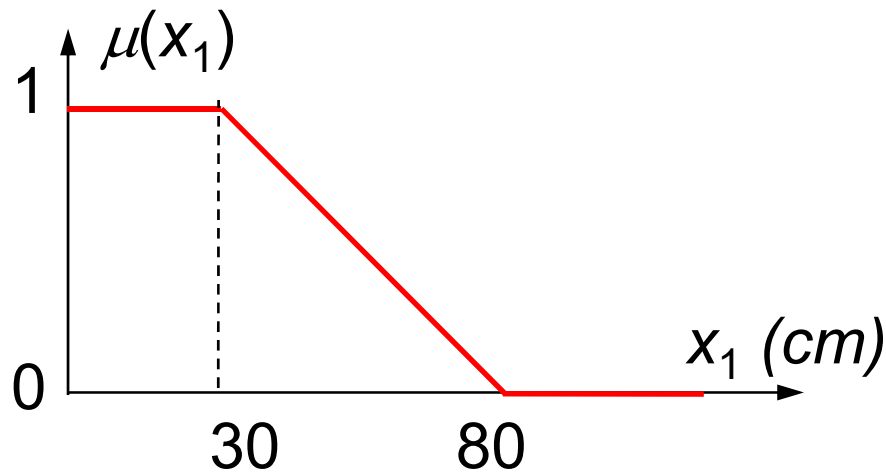
## Ví dụ phép kéo theo hai mệnh đề mờ

- ★  $\tilde{P}$  : Mức chất lỏng là “THẤP”
- ★  $\tilde{Q}$  : Vận tốc máy bơm là “TRUNG BÌNH”
- ★  $\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q}$  : **Nếu** mức chất lỏng là “THẤP”  
**thì** vận tốc máy bơm là “TRUNG BÌNH”



- ★ Giả sử  $x_1 = 55$ ,  $x_2 = 600$ , tính  $T(\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q}) = ?$





$$\star x_1 = 55 \Rightarrow \mu_{THAP}(x_1) = \mu_{THAP}(55) = \frac{80 - 55}{80 - 30} = 0.5$$

$$\star x_2 = 600 \Rightarrow \mu_{TB}(x_2) = \mu_{TB}(600) = \frac{600 - 500}{1000 - 500} = 0.2$$

$$T(\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q}) = I\{\mu_{THAP}(x_1), \mu_{TB}(x_2)\} = MIN\{0.5; 0.2\} = 0.2$$

$$T(\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q}) = I\{\mu_{THAP}(x_1), \mu_{TB}(x_2)\} = 0.5 \times 0.2 = 0.1$$

## Qui tắc mờ (Fuzzy rules)

- ★ Qui tắc mờ là phát biểu nếu–thì, trong đó mệnh đề điều kiện và mệnh đề kết luận là các mệnh đề mờ. Trong mệnh đề điều kiện có thể có các phép giao, phép hợp hoặc phép phủ định.
- ★ Thí dụ phát biểu sau đây là một qui tắc mờ:

Nếu  $(x_1 \text{ là } \tilde{A}_1)$  và  $(x_2 \text{ là } \tilde{A}_2)$  thì  $(y \text{ là } \tilde{B})$

## Ví dụ một số qui tắc mờ

★ Thí dụ qui tắc điều khiển cân bằng hệ con lắc ngược:

**Nếu** (góc nghiêng là zero) **và** (vận tốc góc là zero)  
**thì** (lực tác động vào xe là zero)

**Nếu** (góc nghiêng là âm nhỏ) **và** (vận tốc góc là zero)  
**thì** (lực tác động vào xe là âm nhỏ)

- ★ Hệ qui tắc mờ gồm nhiều qui tắc mờ
- ★ Thí dụ hệ  $k$  qui tắc mờ có  $n$  biến ngõ vào có dạng tổng quát như sau:

$$\begin{aligned} r_1: & \text{ nếu } x_1 \text{ là } \tilde{A}_{1,1} \text{ và ... và } x_n \text{ là } \tilde{A}_{n,1} \text{ thì } y \text{ là } \tilde{B}_1 \\ r_2: & \text{ nếu } x_1 \text{ là } \tilde{A}_{1,2} \text{ và ... và } x_n \text{ là } \tilde{A}_{n,2} \text{ thì } y \text{ là } \tilde{B}_2 \\ & \dots \\ r_k: & \text{ nếu } x_1 \text{ là } \tilde{A}_{1,k} \text{ và ... và } x_n \text{ là } \tilde{A}_{n,k} \text{ thì } y \text{ là } \tilde{B}_k \end{aligned}$$

# SUY LUẬN MỜ

★ Suy luận là quá trình suy ra độ đúng của mệnh đề kết luận khi biết độ đúng của mệnh đề điều kiện.

★ Ví dụ ta có qui tắc:

**Nếu** (nhiệt độ nhỏ hơn  $0^{\circ}\text{C}$ ) **thì** (nước đóng băng)

$P$   $Q$

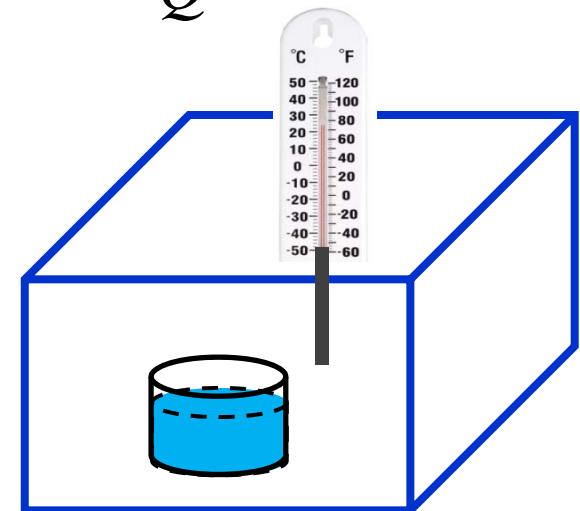
★ Suy luận:

- Nếu trị số nhiệt kế  $-10^{\circ}\text{C}$ , suy ra nước trong hộp sẽ đóng băng

$$T(P) = 1 \Rightarrow T(Q) = 1$$

- Nếu trị số nhiệt kế  $4^{\circ}\text{C}$ , suy ra nước trong hộp không đóng băng

$$T(P) = 0 \Rightarrow T(Q) = 0$$



★ **Nhận xét:** khi suy luận logic, độ đúng của mệnh đề kết luận không lớn hơn độ đúng của mệnh đề điều kiện.

- ★ Giả sử ta có qui tắc:

Nếu ( $x$  là  $\tilde{A}$ ) thì ( $y$  là  $\tilde{B}$ )

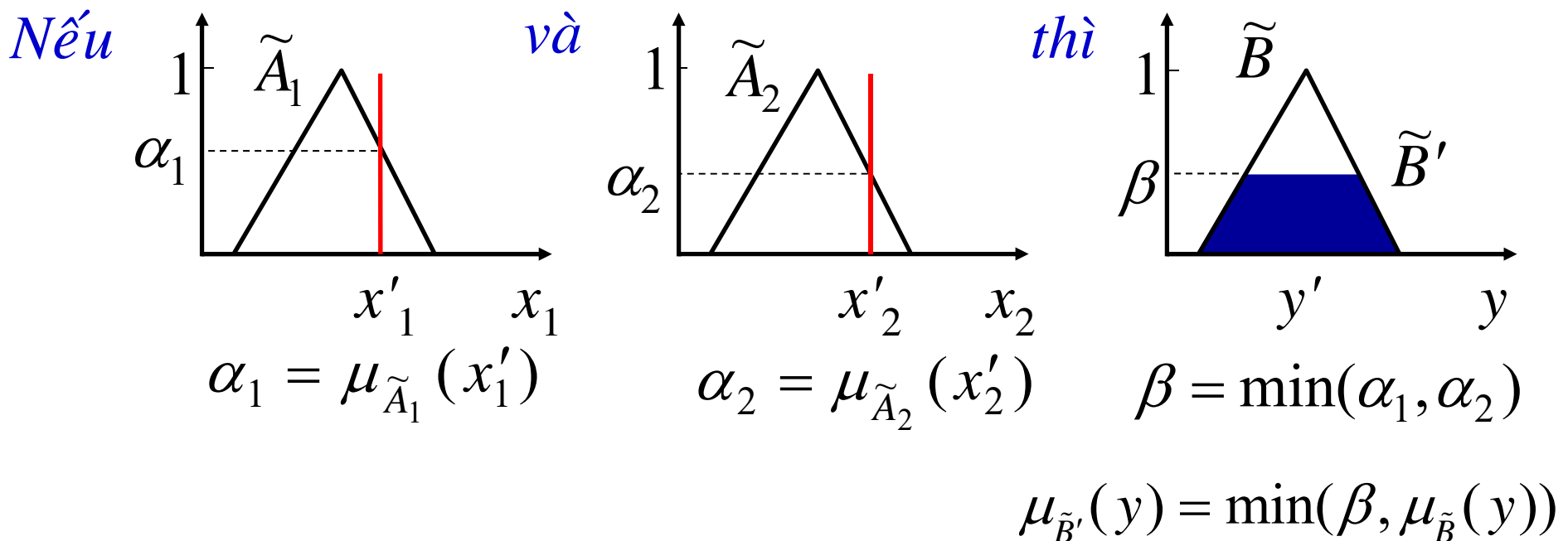
- ★ Nếu biết  $x$  là  $x'$ , cần suy ra giá trị  $y$
- ★ Quá trình suy ra giá trị ở mệnh đề kết luận khi biết qui tắc mờ và giá trị cụ thể ở mệnh đề điều kiện gọi là sự suy luận mờ.
- ★ **Nguyên tắc suy luận mờ:** tính độ đúng của mệnh đề điều kiện, từ đó suy ra độ đúng của mệnh đề kết luận không được lớn hơn độ đúng của mệnh đề điều kiện.
- ★ Hai phương pháp suy luận mờ thường dùng:
  - MAX-MIN
  - MAX-PROD

# Phương pháp suy luận MAX-MIN

★ Xét qui tắc mờ:

Nếu ( $x_1$  là  $\tilde{A}_1$ ) và ( $x_2$  là  $\tilde{A}_2$ ) thì ( $y$  là  $\tilde{B}$ )

★ Giả sử ngõ vào  $x_1$  là  $x'_1$ , và  $x_2$  là  $x'_2$ , ngõ ra  $y$  là được tính theo phương pháp suy luận MAX-MIN như sau:



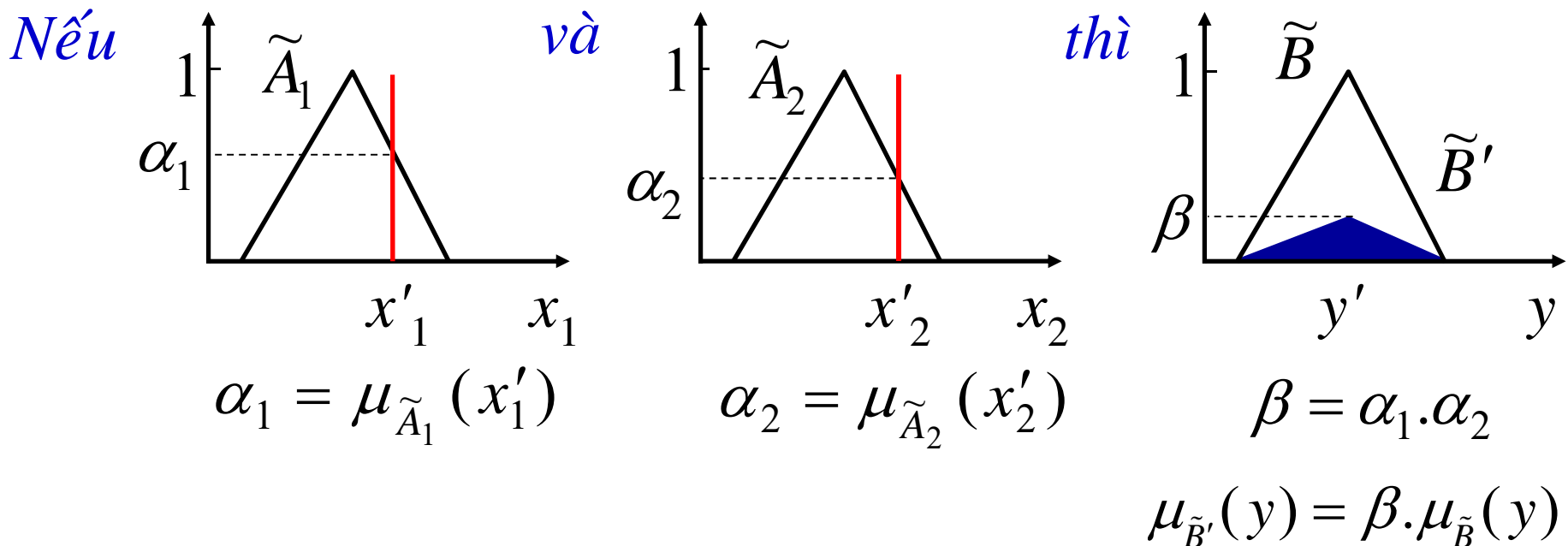


# Phương pháp suy luận MAX-PROD

★ Xét qui tắc mờ:

Nếu ( $x_1$  là  $\tilde{A}_1$ ) và ( $x_2$  là  $\tilde{A}_2$ ) thì ( $y$  là  $\tilde{B}$ )

★ Giả sử ngõ vào  $x_1$  là  $x'_1$ , và  $x_2$  là  $x'_2$ , ngõ ra  $y$  là được tính theo phương pháp suy luận MAX-PROD như sau:



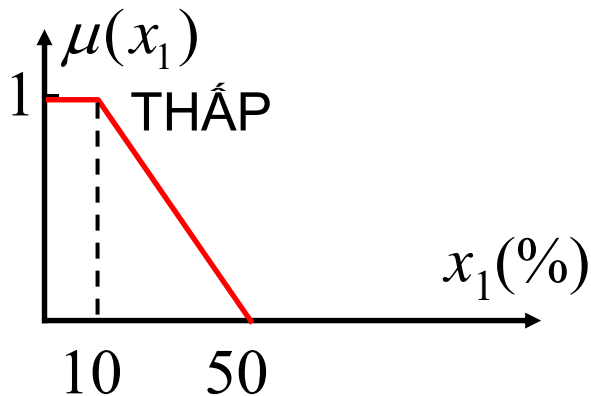
## Ví dụ suy luận mờ

★ Cho qui tắc mờ:

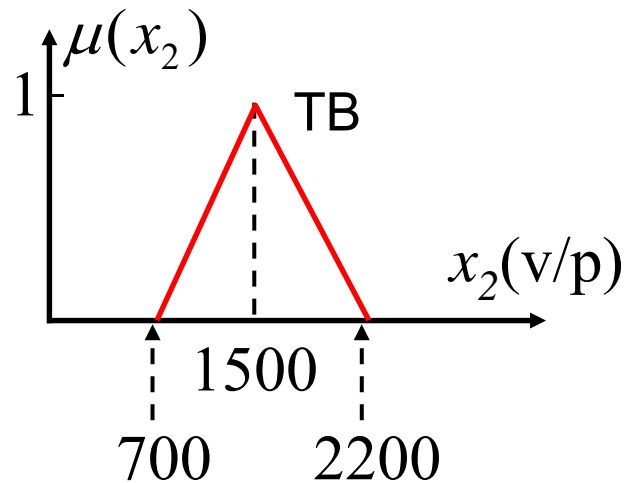
Nếu (mức nước là THẤP) và (vận tốc bơm là TB) thì  
(điện áp điều khiển bơm là CAO)

★ Cho giá trị ngôn ngữ của các biến:

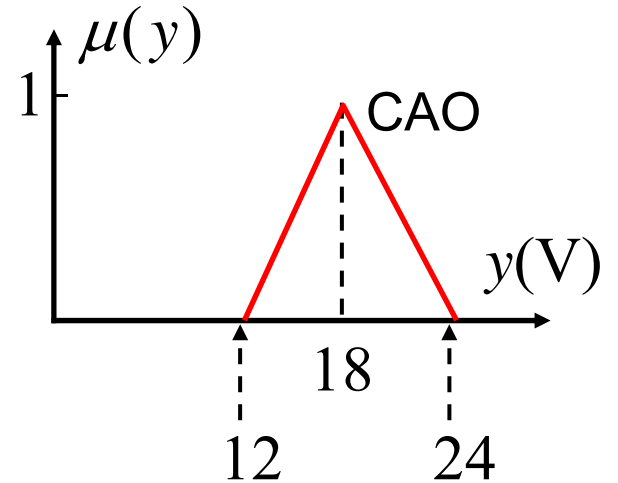
mức nước



vận tốc bơm

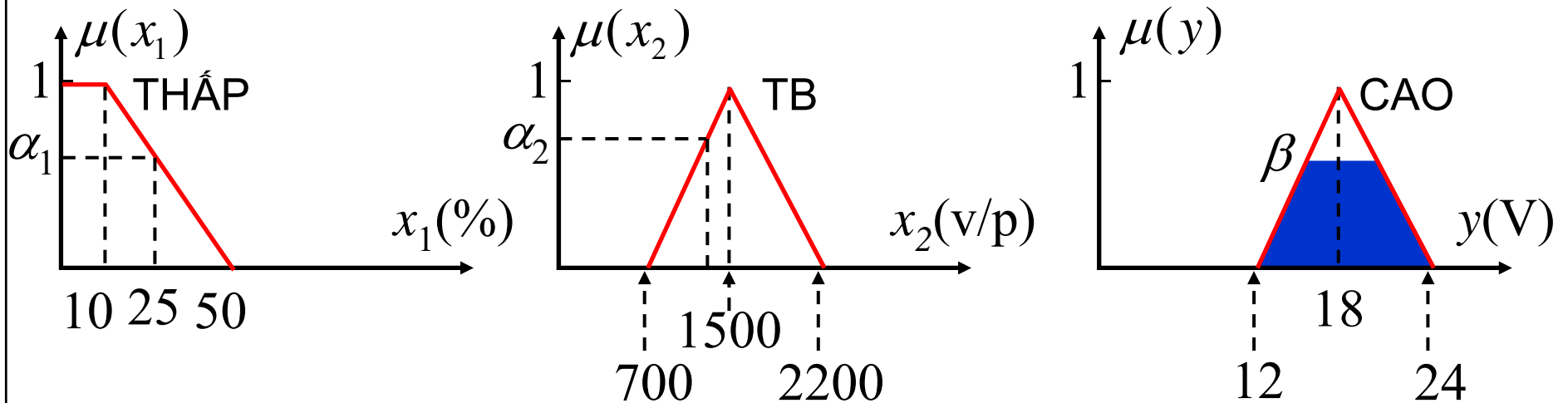


điện áp



★ Vẽ kết quả suy luận mờ sử dụng qui tắc trên nếu mức nước trong bồn là  $x_1 = 25$  (%), vận tốc bơm là  $x_2 = 1400$  (v/p)

## ★ Suy luận MAX-MIN

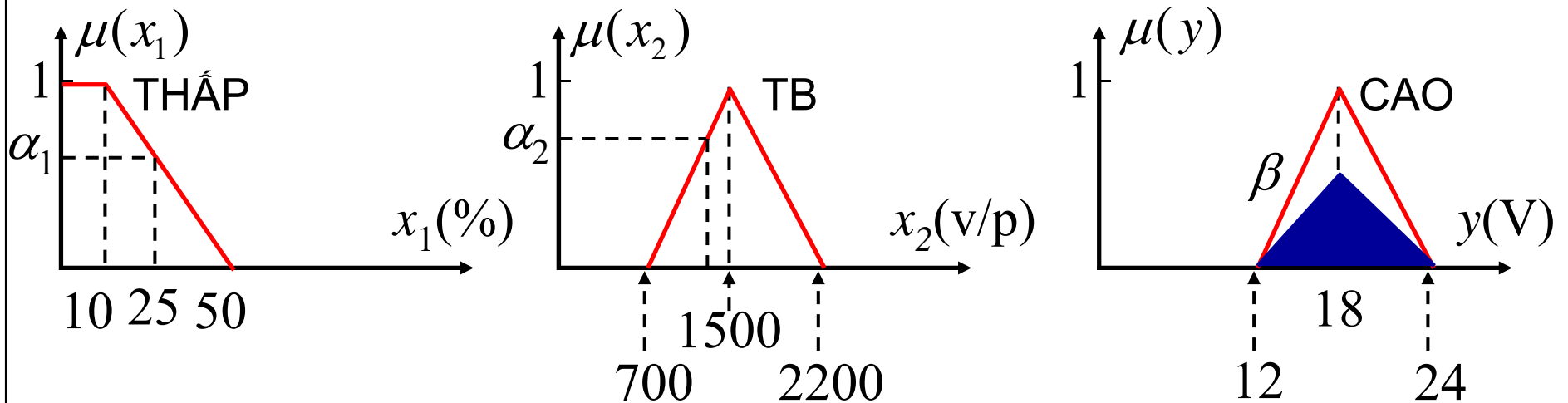


$$\alpha_1 = \mu_{THAP}(25) = \frac{50 - 25}{50 - 10} = 0.625$$

$$\alpha_2 = \mu_{TB}(1400) = \frac{1400 - 700}{1500 - 700} = 0.875$$

$$\beta = \text{MIN} \{ \alpha_1, \alpha_2 \} = \text{MIN} \{ 0.625; 0.875 \} = 0.625$$

## ★ Suy luận MAX-PROD



$$\alpha_1 = \mu_{THAP}(25) = \frac{50 - 25}{50 - 10} = 0.625$$

$$\alpha_2 = \mu_{TB}(1400) = \frac{1400 - 700}{1500 - 700} = 0.875$$

$$\beta = \alpha_1 \cdot \alpha_2 = 0.625 \times 0.875 = 0.547$$

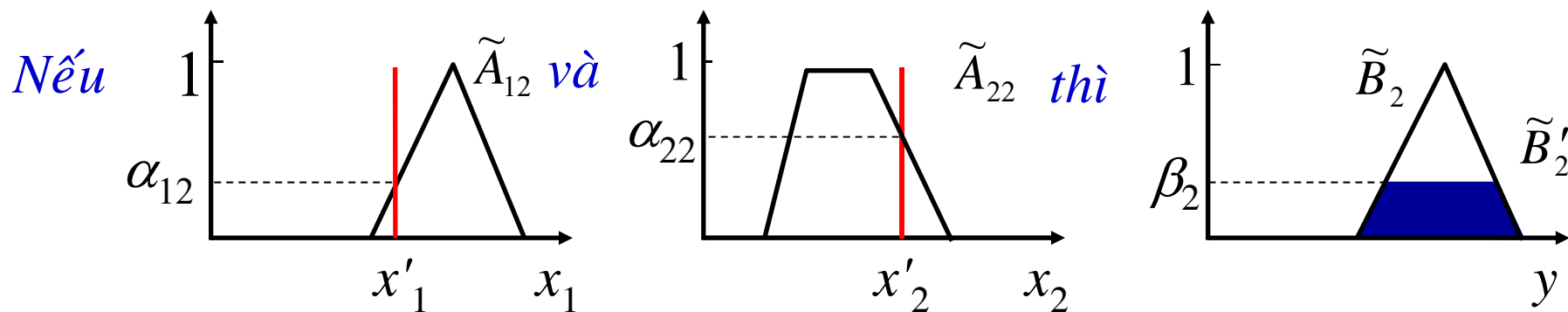
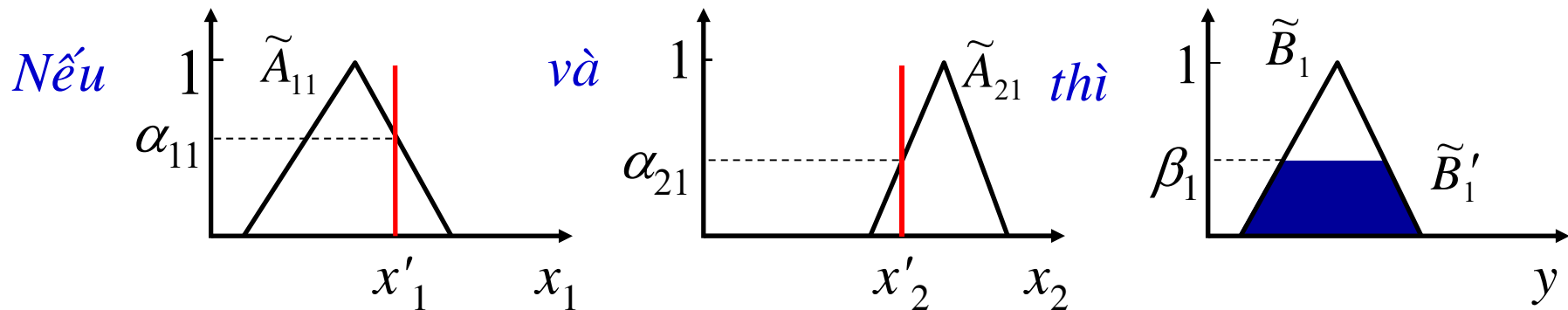
- ★ Kết quả suy luận của hệ qui tắc mờ bằng hợp kết quả suy luận của từng qui tắc.
- ★ Thí dụ xét hệ gồm 2 qui tắc mờ:

$r_1$ : Nếu ( $x_1$  là  $\tilde{A}_{11}$ ) và ( $x_2$  là  $\tilde{A}_{21}$ ) thì ( $y$  là  $\tilde{B}_1$ )

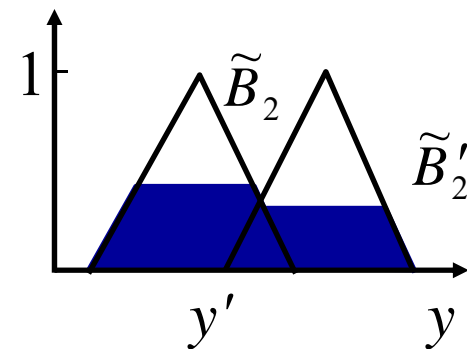
$r_2$ : Nếu ( $x_1$  là  $\tilde{A}_{12}$ ) và ( $x_2$  là  $\tilde{A}_{22}$ ) thì ( $y$  là  $\tilde{B}_2$ )

Giả sử ngõ vào  $x_1$  là  $x'_1$ , và  $x_2$  là  $x'_2$ . Kết quả suy luận MAX-MIN và MAX-PROD được trình bày sau đây:

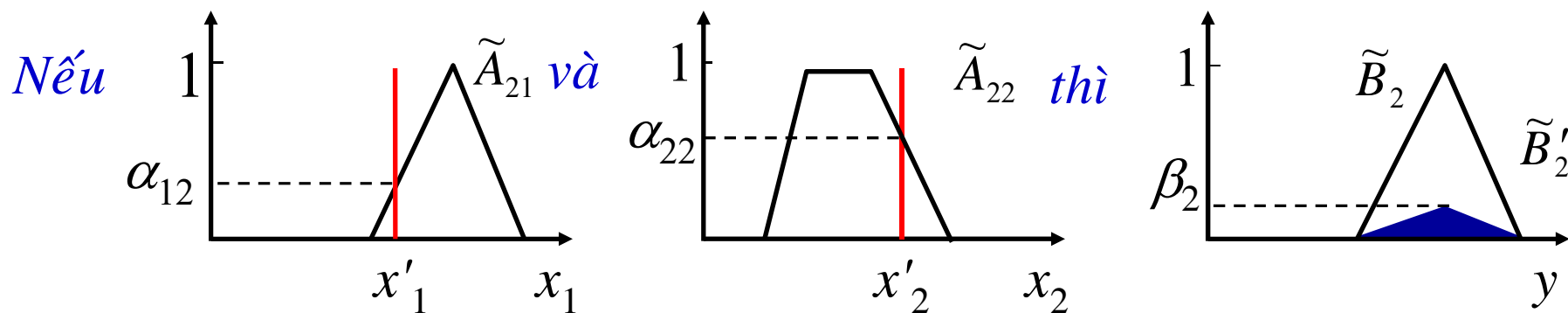
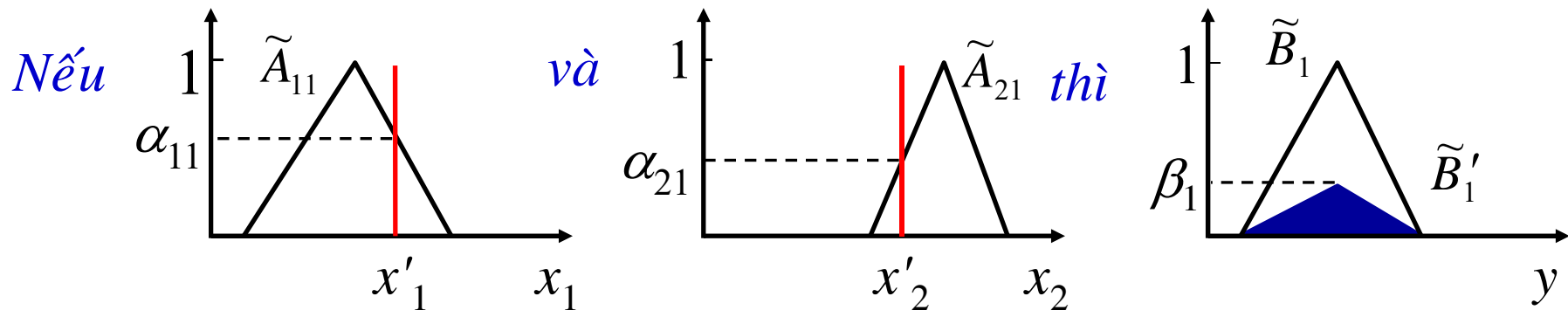
# Suy luận từ hệ qui tắc mờ



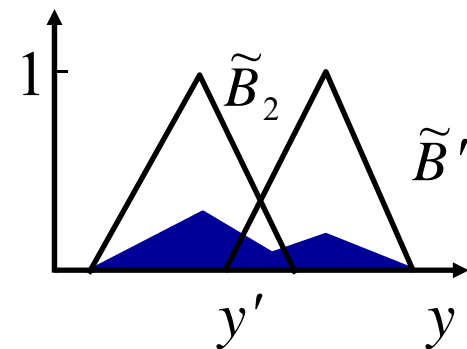
Suy luận MAX-MIN



# Suy luận từ hệ qui tắc mờ



Suy luận MAX-PROD



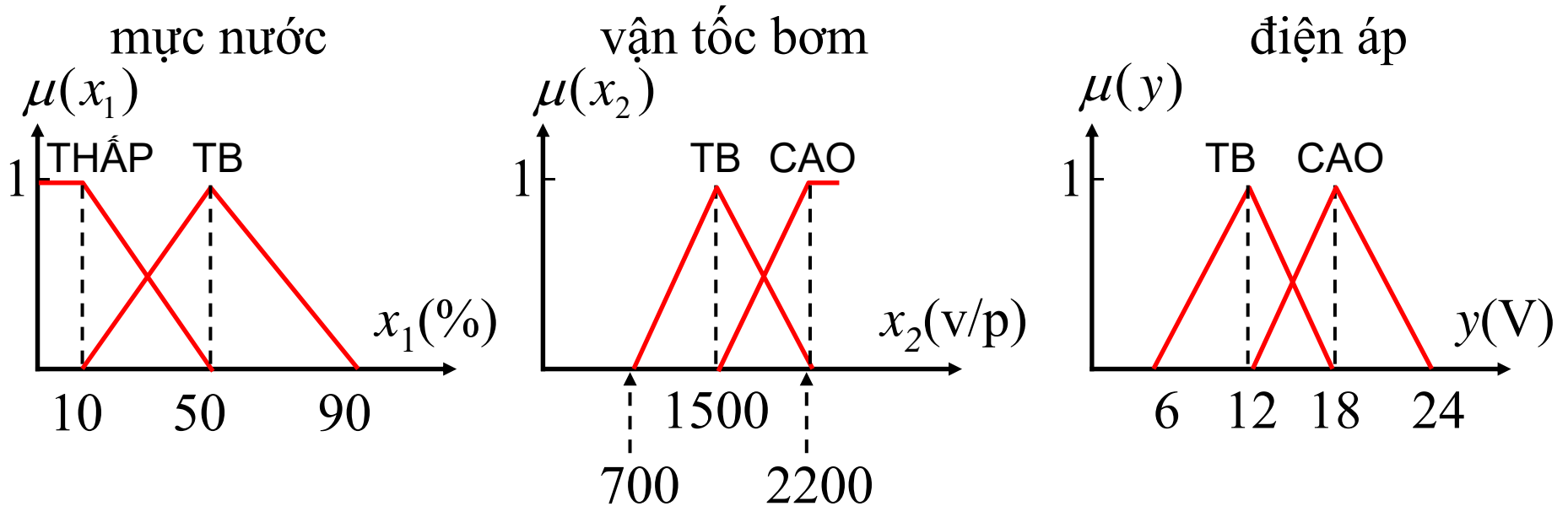
## Ví dụ suy luận mờ

★ Cho hệ gồm hai qui tắc mờ:

1. Nếu ( $x_1$  là THẤP) và ( $x_2$  là TB) thì ( $y$  là CAO)

2. Nếu ( $x_1$  là TB) và ( $x_2$  là CAO) thì ( $y$  là TB)

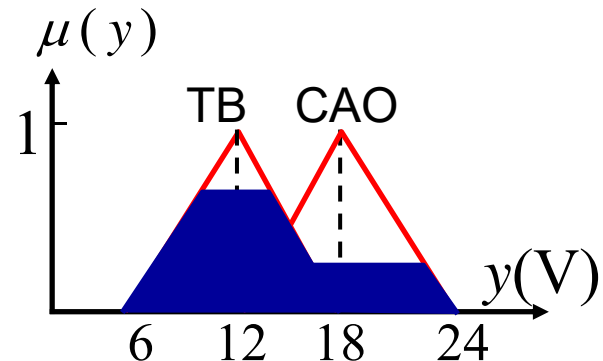
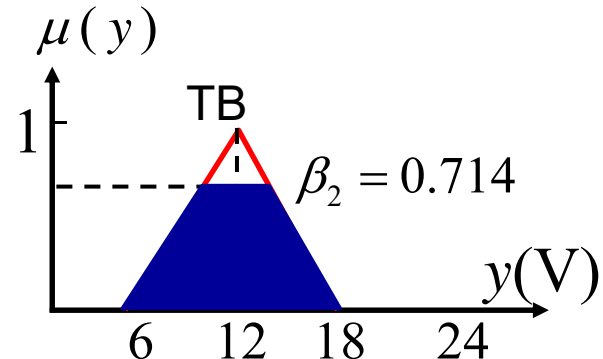
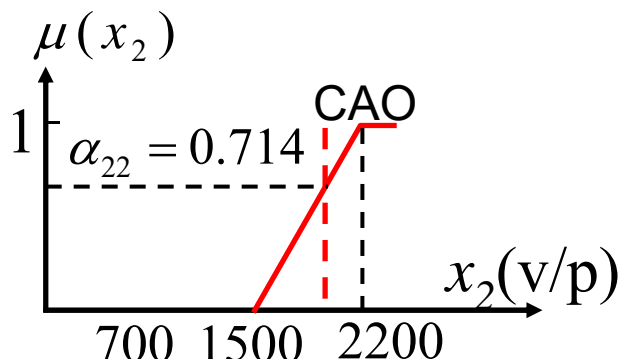
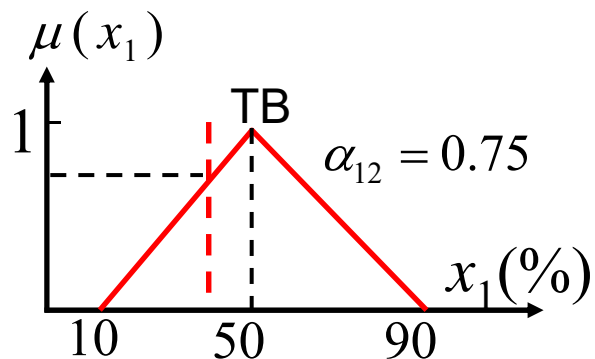
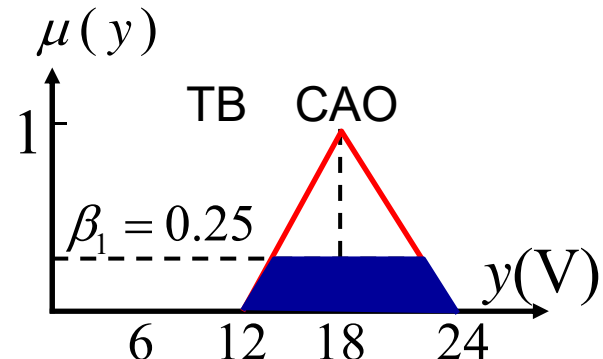
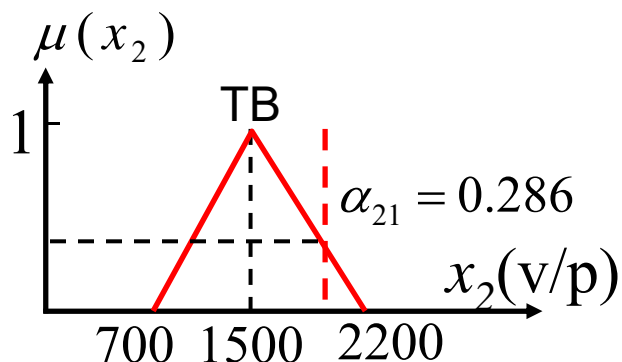
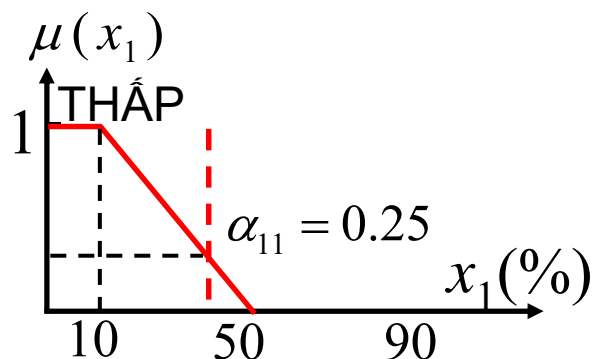
★ Cho giá trị ngôn ngữ của các biến:



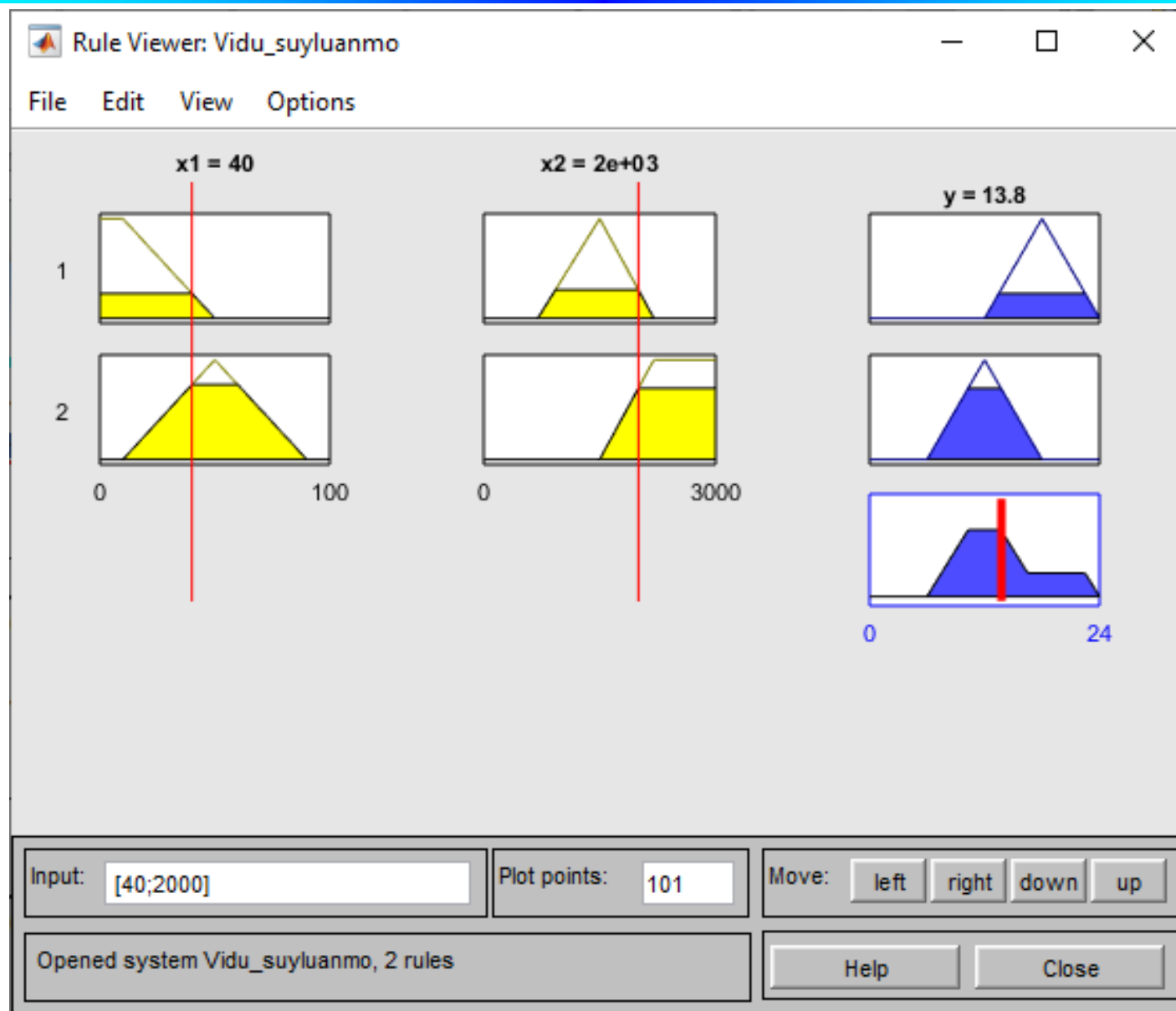
★ Vẽ kết quả suy luận mờ sử dụng qui tắc trên nếu mức nước trong bồn là  $x_1 = 40$  (%), vận tốc bơm là  $x_2 = 2000$  (v/p)



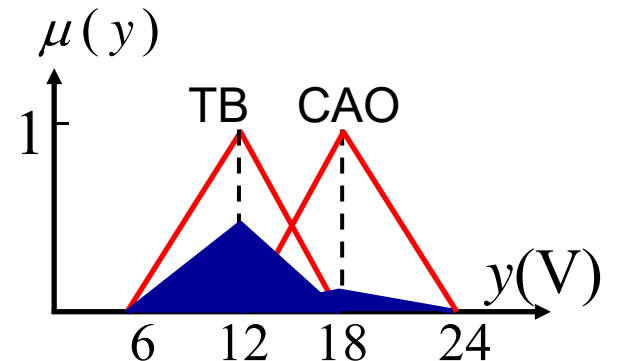
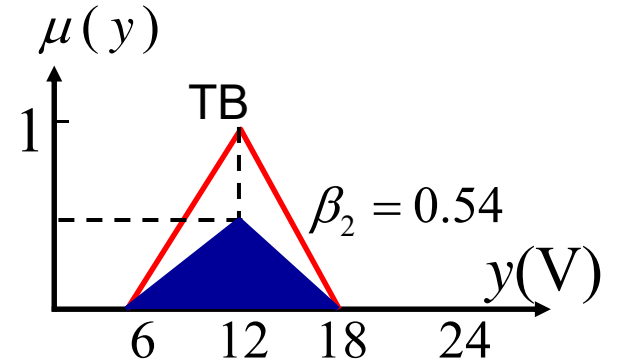
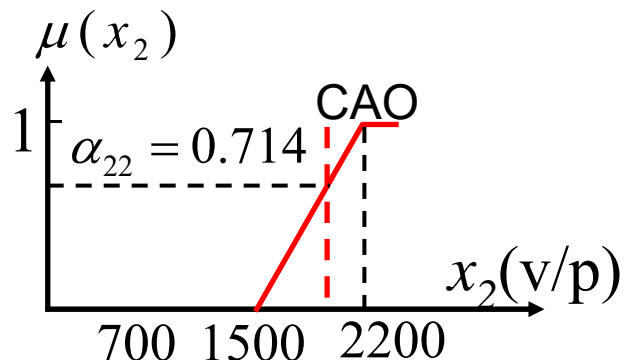
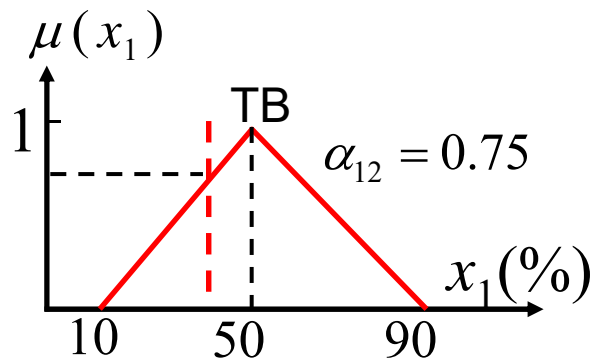
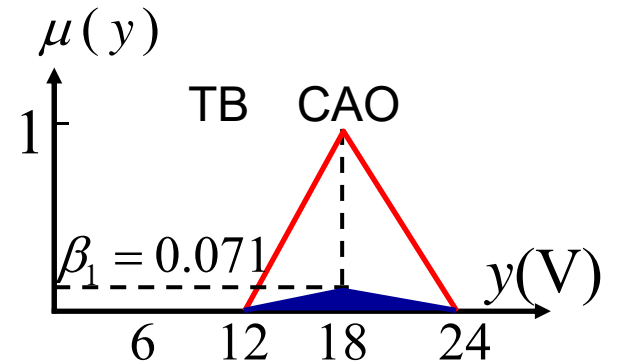
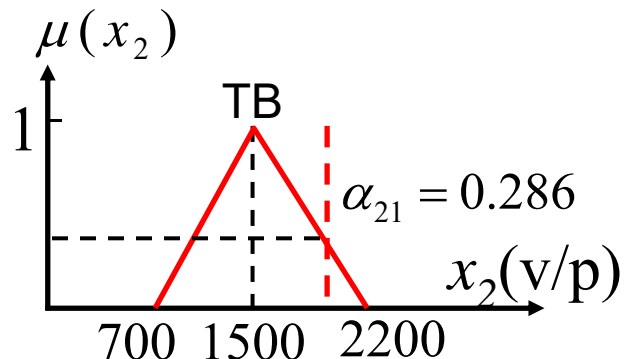
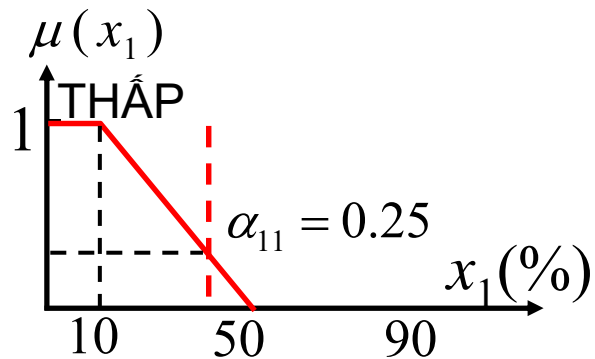
# Lời giải: suy luận MAX-MIN



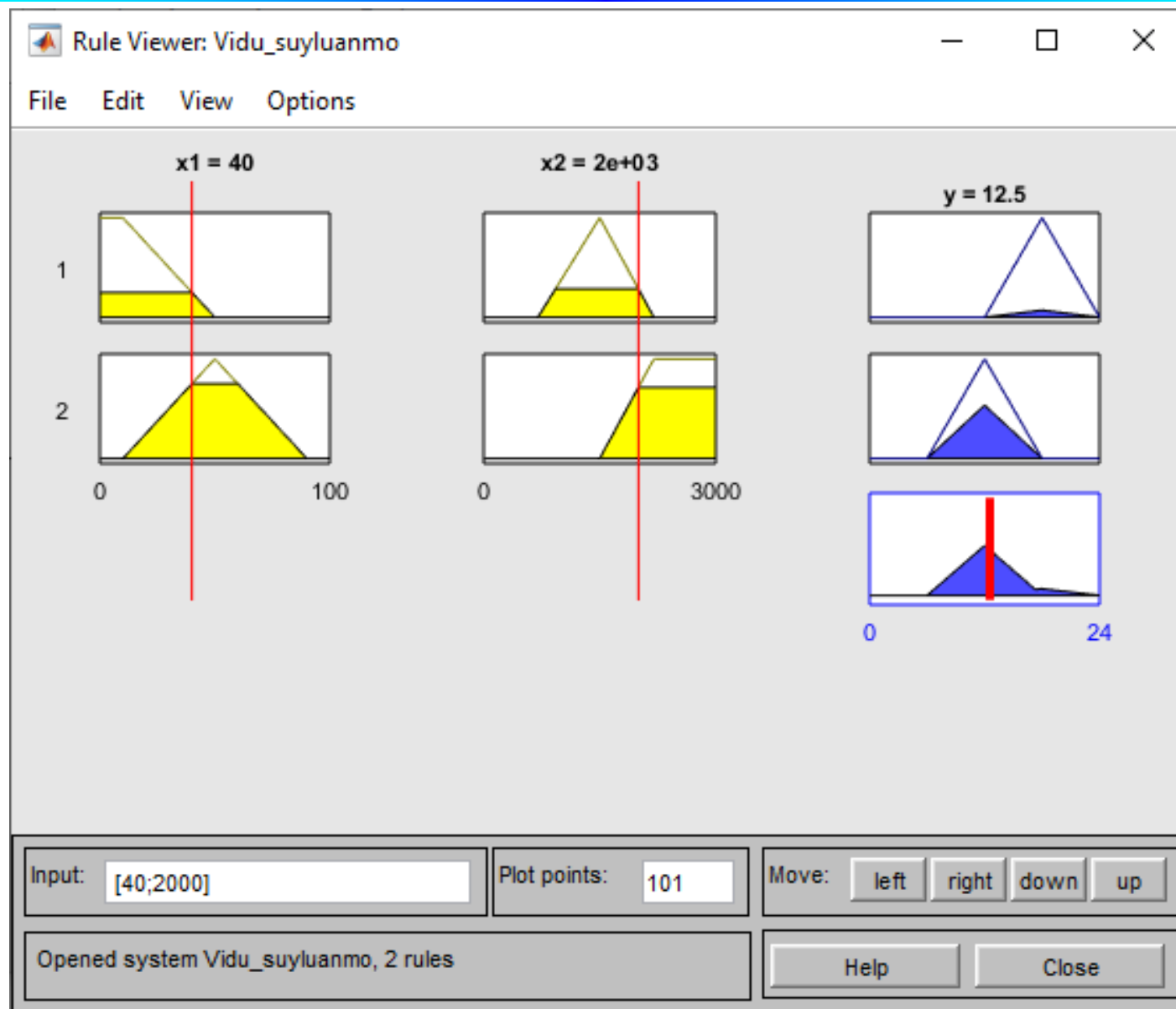
# Kết quả suy luận MAX-MIN dùng Matlab



# Lời giải: suy luận MAX-PROD



# Kết quả suy luận MAX-PROD dùng Matlab



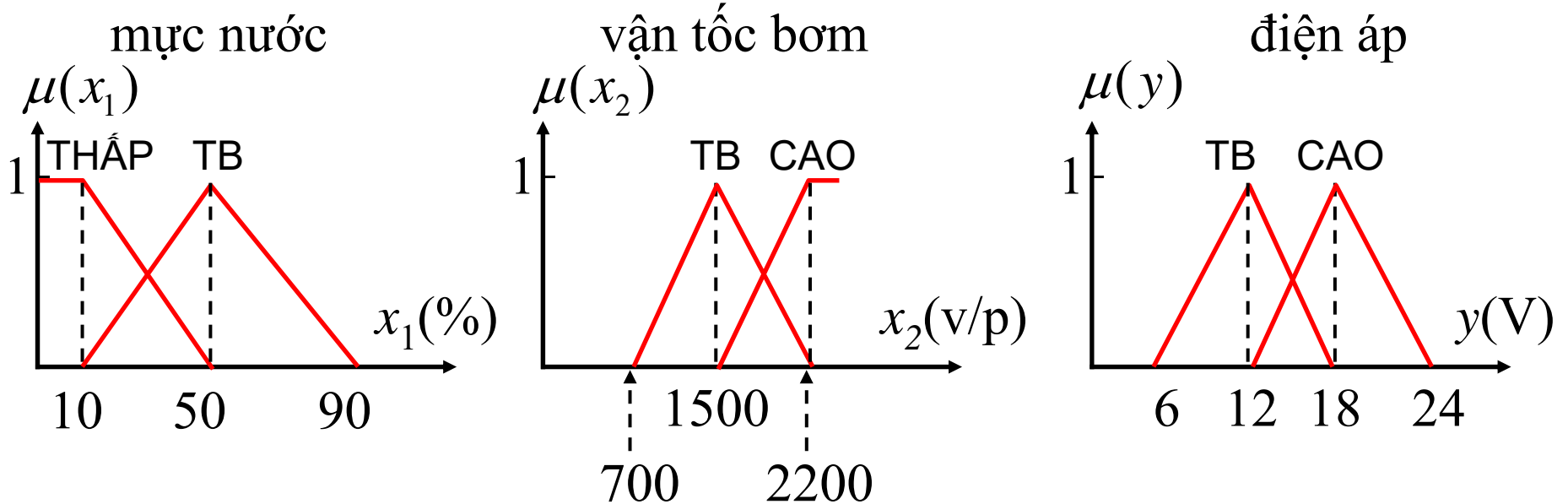
## Bài tập suy luận mờ

★ Cho hệ gồm hai qui tắc mờ:

1. Nếu ( $x_1$  là THẤP) và ( $x_2$  là TB) thì ( $y$  là CAO)

2. Nếu ( $x_1$  là TB) và ( $x_2$  là CAO) thì ( $y$  là TB)

★ Cho giá trị ngôn ngữ của các biến:

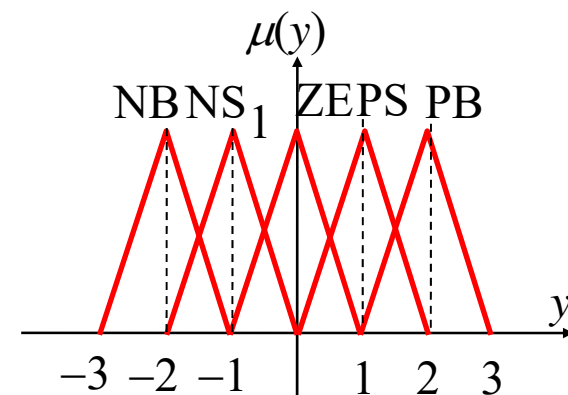
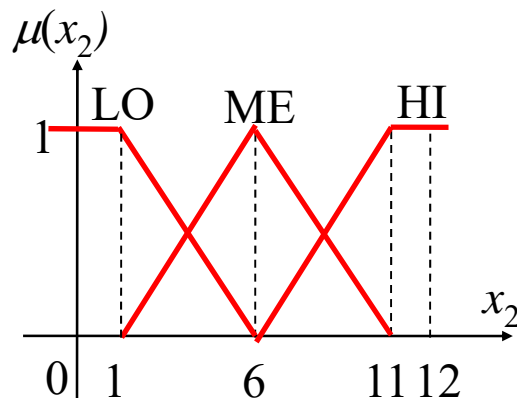
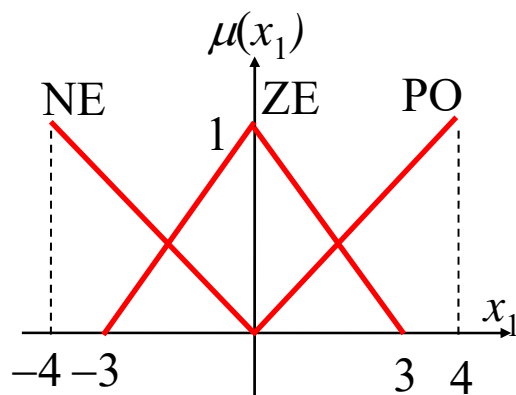


★ Vẽ kết quả suy luận mờ sử dụng qui tắc trên nếu mức nước trong bồn là  $x_1 = 25$  (%), vận tốc bơm là  $x_2 = 1800$  (v/p)

# Suy luận mờ dựa vào các qui tắc tác động

★ Cho hệ mờ gồm 9 qui tắc cho trong bảng sau:

$y$		$x_1$		
		$NE$	$ZE$	$PO$
$x_2$	$LO$	$PB$	$PS$	$ZE$
	$ME$	$PS$	$ZE$	$NS$
	$HI$	$ZE$	$NS$	$NB$



★ Cho  $x_1 = -2$ ,  $x_2 = 8$ . Hãy vẽ kết quả suy luận mờ trong hai trường hợp dùng phương pháp MAX-MIN và MAX-PROD

★ Xác định giá trị các hàm liên thuộc:

$$x'_1 = -2 \rightarrow \begin{bmatrix} \mu_{NE}(x'_1) \\ \mu_{ZE}(x'_1) \\ \mu_{PO}(x'_1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/2 \\ 1/3 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$x'_2 = 8 \rightarrow \begin{bmatrix} \mu_{LO}(x'_2) \\ \mu_{ME}(x'_2) \\ \mu_{HI}(x'_2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3/5 \\ 2/5 \end{bmatrix}$$

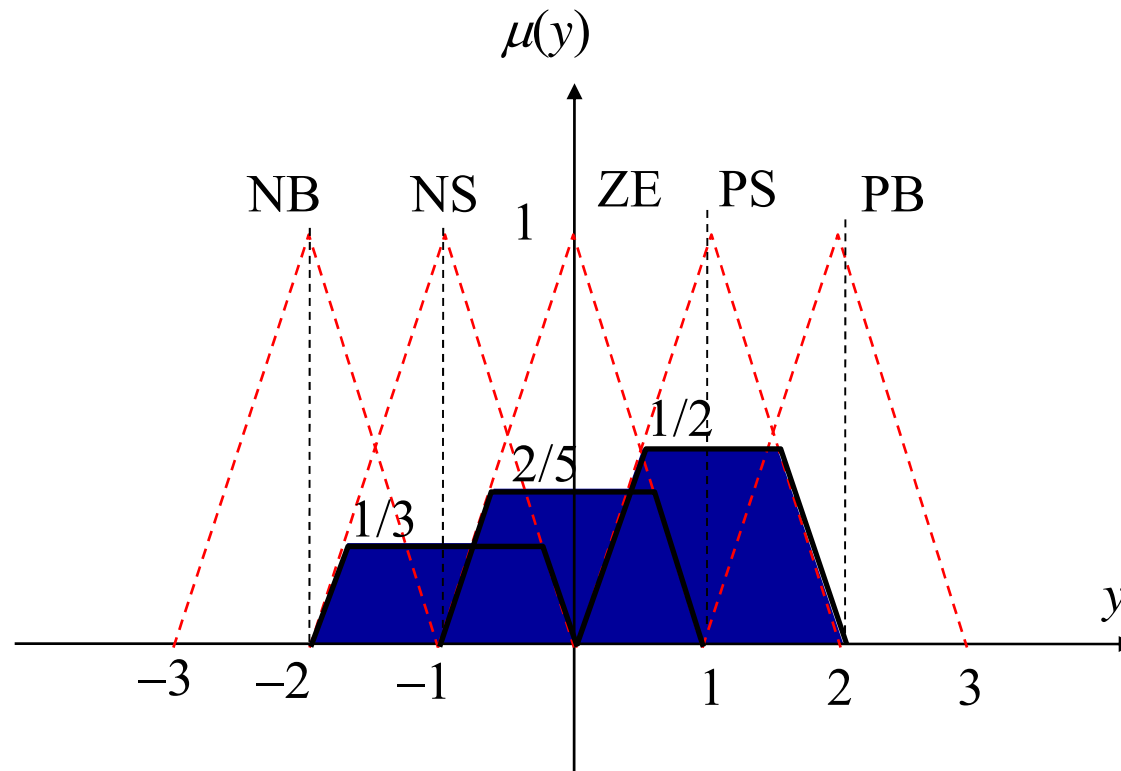
# Suy luận mờ dựa vào các qui tắc tác động

- ★ Các qui tắc tác động theo phương pháp suy luận MAX-MIN (qui tắc có độ đúng mệnh đề điều kiện lớn hơn 0):

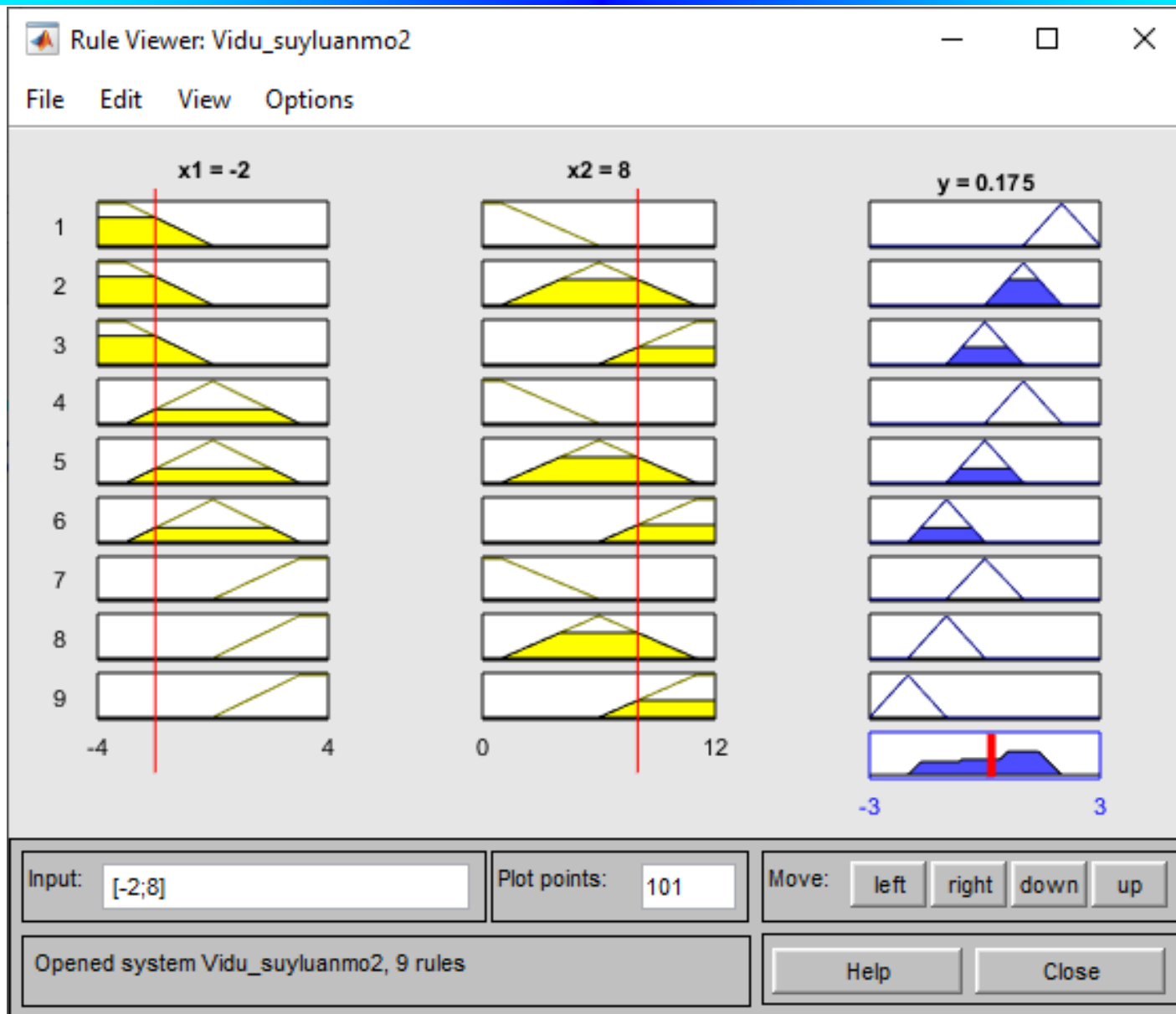
$x_1$	$x_2$	$y$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\beta = \min(\alpha_1, \alpha_2)$
<i>NE</i>	<i>ME</i>	<i>PS</i>	1/2	3/5	1/2
<i>NE</i>	<i>HI</i>	<i>ZE</i>	1/2	2/5	2/5
<i>ZE</i>	<i>ME</i>	<i>ZE</i>	1/3	3/5	1/3
<i>ZE</i>	<i>HI</i>	<i>NS</i>	1/3	2/5	1/3



★ Kết quả suy luận MAX-MIN:



# Kết quả suy luận MAX-MIN dùng Matlab



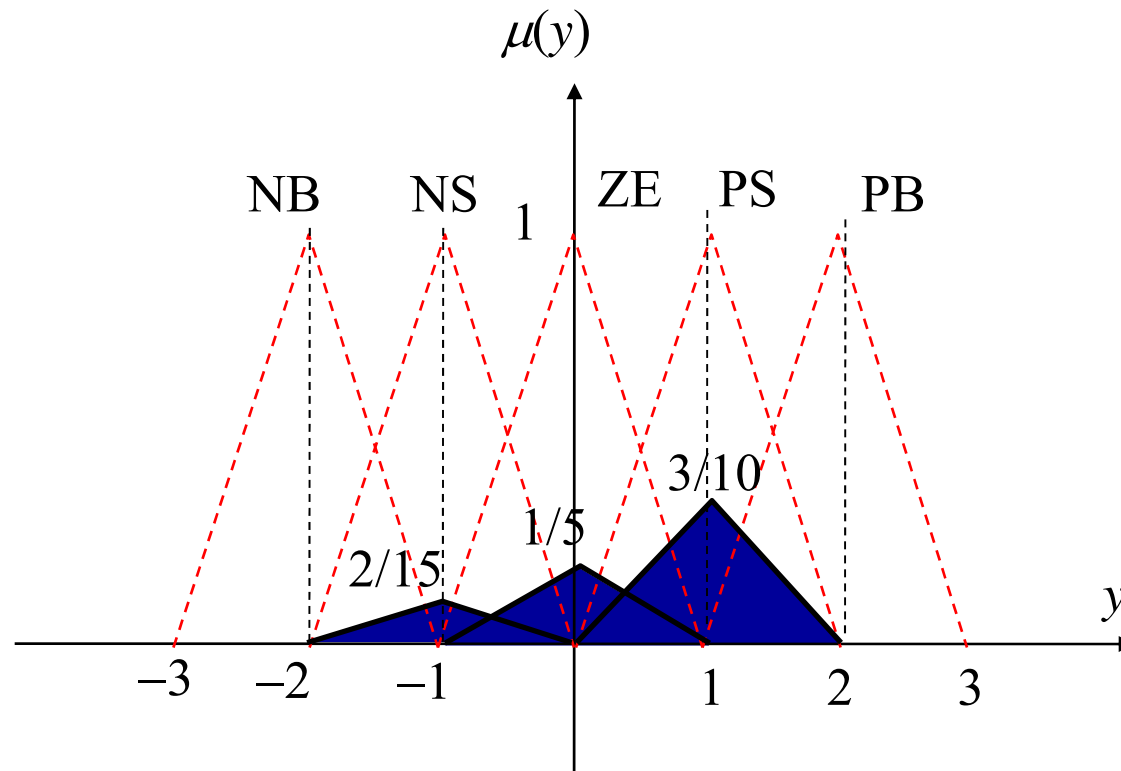
# Suy luận mờ dựa vào các qui tắc tác động

- ★ Các qui tắc tác động theo phương pháp suy luận MAX-PROD (qui tắc có độ đúng mệnh đề điều kiện lớn hơn 0):

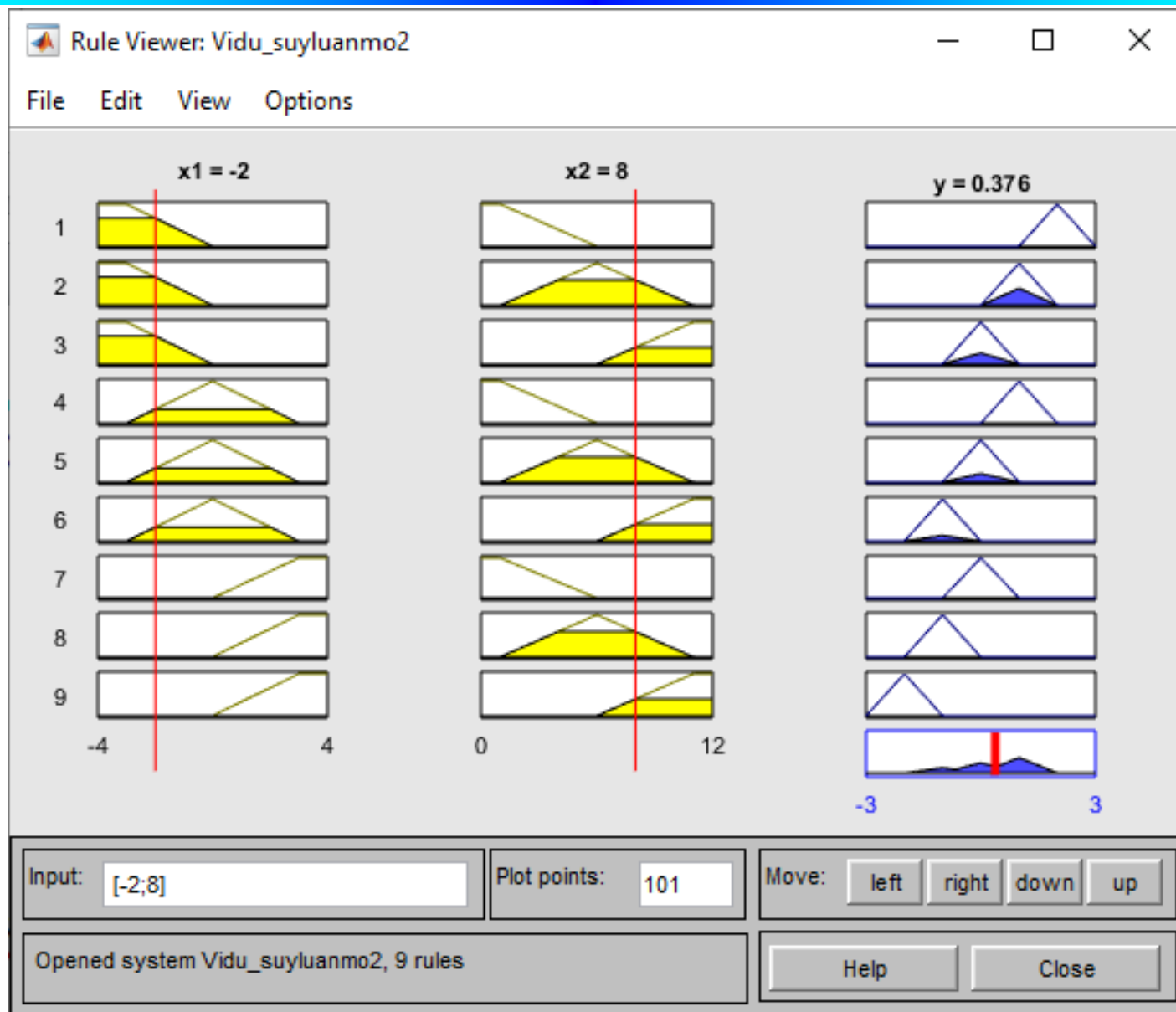
$x_1$	$x_2$	$y$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\beta = \alpha_1 \cdot \alpha_2$
<i>NE</i>	<i>ME</i>	<i>PS</i>	1/2	3/5	3/10
<i>NE</i>	<i>HI</i>	<i>ZE</i>	1/2	2/5	1/5
<i>ZE</i>	<i>ME</i>	<i>ZE</i>	1/3	3/5	1/5
<i>ZE</i>	<i>HI</i>	<i>NS</i>	1/3	2/5	2/15

# Suy luận mờ dựa vào các qui tắc tác động

★ Kết quả suy luận MAX-PROD:



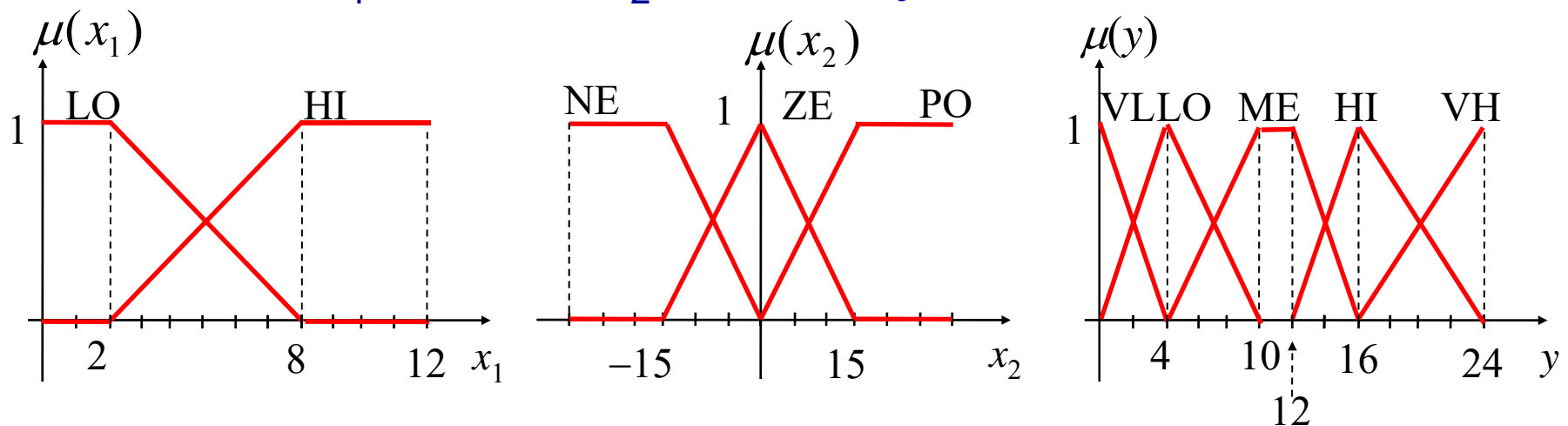
# Kết quả suy luận MAX-PROD dùng Matlab



## Bài tập suy luận mờ

★ Cho hệ gồm 6 qui tắc mờ:

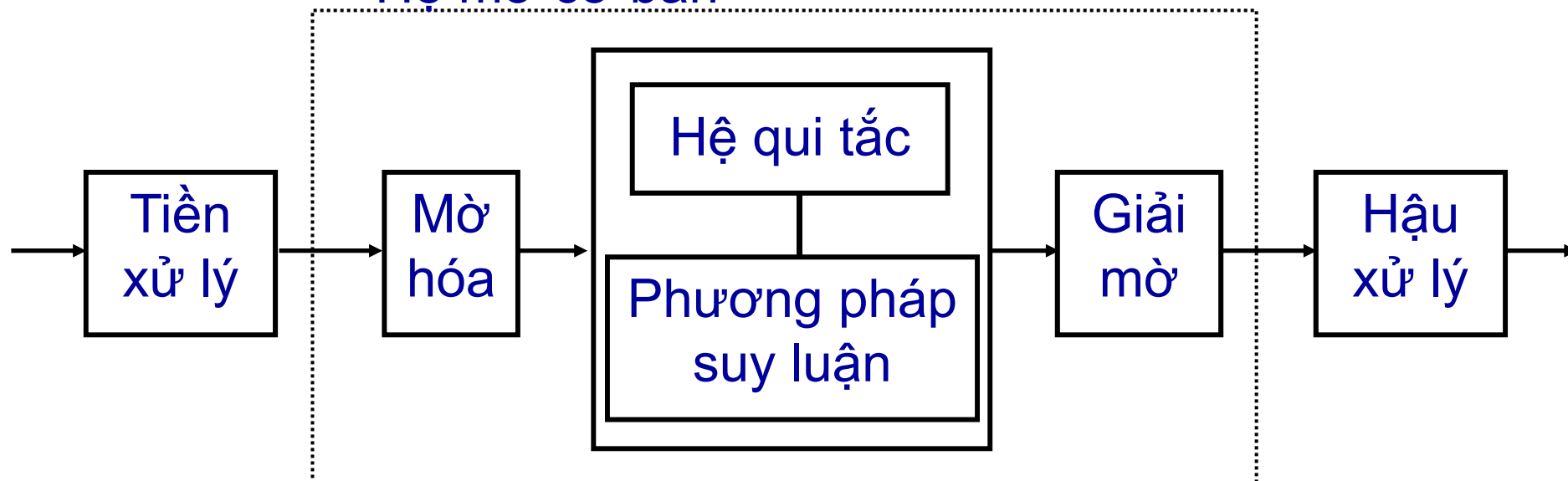
1. Nếu  $x_1$  là LO và  $x_2$  là NE thì  $y$  là VH
2. Nếu  $x_1$  là LO và  $x_2$  là ZE thì  $y$  là HI
3. Nếu  $x_1$  là LO và  $x_2$  là PO thì  $y$  là ME
4. Nếu  $x_1$  là HI và  $x_2$  là NE thì  $y$  là ME
5. Nếu  $x_1$  là HI và  $x_2$  là ZE thì  $y$  là LO
6. Nếu  $x_1$  là HI và  $x_2$  là PO thì  $y$  là VL



★ Cho  $x_1 = 6$ ,  $x_2 = -10$ . Hãy vẽ kết quả suy luận mờ trong hai trường hợp dùng phương pháp MAX-MIN và MAX-PROD

# HỆ MỜ

## Hệ mờ cơ bản





- ★ Tín hiệu vào bộ điều khiển thường là giá trị rõ từ các mạch đo, bộ tiền xử lý có chức năng xử lý các giá trị đo này trước khi đưa vào bộ điều khiển mờ cơ bản.
- ★ Khối tiền xử lý có thể:
  - ✦ Lượng tử hóa hoặc làm tròn giá trị đo.
  - ✦ Chuẩn hóa hoặc tỉ lệ giá trị đo vào tầm giá trị chuẩn.
  - ✦ Lọc nhiễu.

★ Mờ hóa là chuyển giá trị rõ thành giá trị mờ

$$x' \rightarrow \begin{bmatrix} \mu_{\tilde{A}_1}(x') \\ \mu_{\tilde{A}_2}(x') \\ \vdots \\ \mu_{\tilde{A}_n}(x') \end{bmatrix}$$

- ★ Hệ qui tắc mờ có thể xem là mô hình toán học biểu diễn tri thức, kinh nghiệm của con người trong việc giải quyết bài toán dưới dạng các phát biểu ngôn ngữ.
- ★ Có hai loại qui tắc điều khiển thường dùng:
  - ✦ Qui tắc mờ Mamdani
  - ✦ Qui tắc mờ Sugeno

★ Qui tắc Mamdani là qui tắc mờ trong đó mệnh đề kết luận là các mệnh đề mờ.

★ Tổng quát, qui tắc Mamdani có dạng:

Nếu  $x_1$  là  $\tilde{A}_1$  và  $x_2$  là  $\tilde{A}_2$  và .... và  $x_n$  là  $\tilde{A}_n$  thì  $y$  là  $\tilde{B}$

★ Ví dụ:

- Nếu “sai số” là “lớn” và “tốc độ biến thiên sai số” là “nhỏ” thì “điện áp điều khiển” là “trung bình”.
- Nếu “góc lệch” là “âm ít” và “biến thiên góc lệch” là “dương ít” thì “điện áp điều khiển” là “zero”

## Qui tắc Sugeno

★ Qui tắc Sugeno là qui tắc mờ trong đó mệnh đề kết luận là hàm của các biến vào.

★ Tổng quát, qui tắc Sugeno có dạng:

Nếu  $x_1$  là  $\tilde{A}_1$  và  $x_2$  là  $\tilde{A}_2$  và .... và  $x_n$  là  $\tilde{A}_n$

$$\text{thì } y = f(x_1, \dots, x_n)$$

★ Qui tắc Sugeno với hàm tuyến tính ở mệnh đề kết luận:

Nếu  $x_1$  là  $\tilde{A}_1$  và  $x_2$  là  $\tilde{A}_2$  và .... và  $x_n$  là  $\tilde{A}_n$

$$\text{thì } y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_nx_n$$

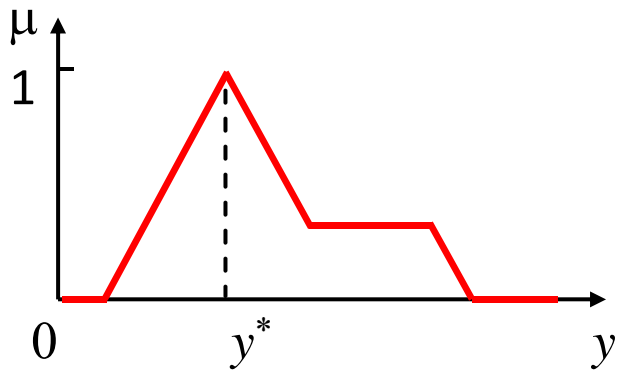
★ Qui tắc Sugeno với hằng số ở mệnh đề kết luận:

Nếu  $x_1$  là  $\tilde{A}_1$  và  $x_2$  là  $\tilde{A}_2$  và .... và  $x_n$  là  $\tilde{A}_n$  thì  $y = b_0$

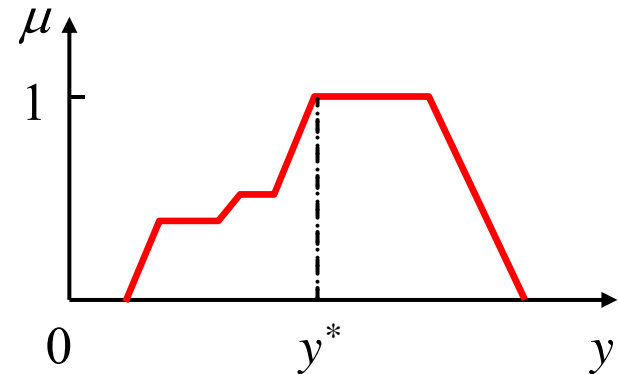
★ **Ví dụ:** Nếu  $e$  là “lớn” và  $\Delta e$  là “nhỏ” thì  $u = 2e + 0.5\Delta e$

- ★ Giải mờ (defuzzification) là chuyển đổi giá trị mờ ở ngõ ra của hệ mờ thành giá trị rõ.
- ★ Các phương pháp giải mờ có thể qui vào hai nhóm:
  - ✦ Giải mờ dựa vào độ cao: thường dùng trong các bài toán phân nhóm
  - ✦ Giải mờ dựa vào điểm trọng tâm: thường dùng trong các bài toán điều khiển

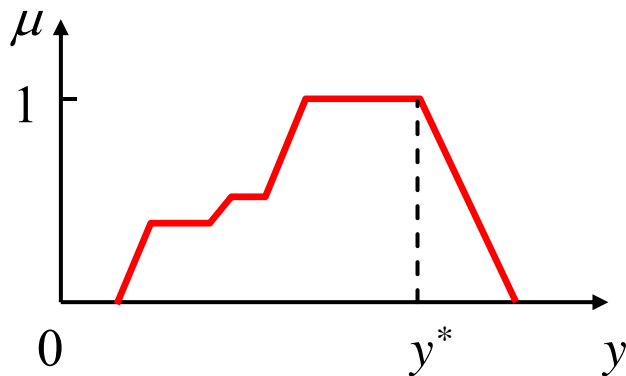
# Các phương pháp giải mờ dựa vào độ cao



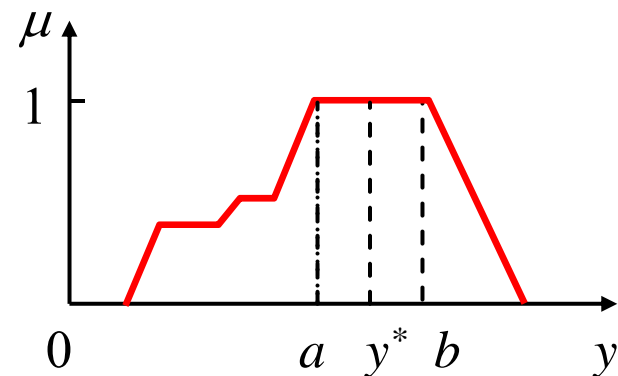
PP độ cao



PP cực đại nhỏ nhất  
(Smallest Of Maximum-SOM)

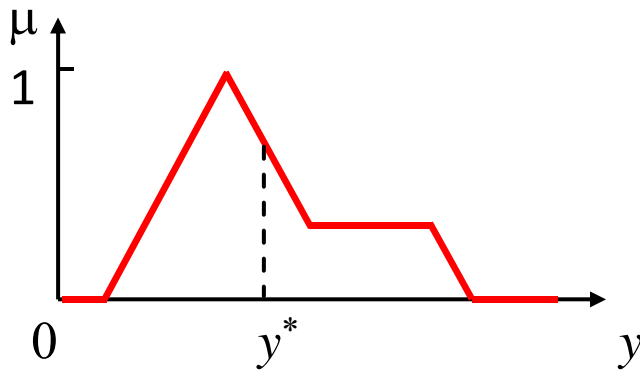


PP cực đại lớn nhất  
(Largest Of Maximum-LOM)



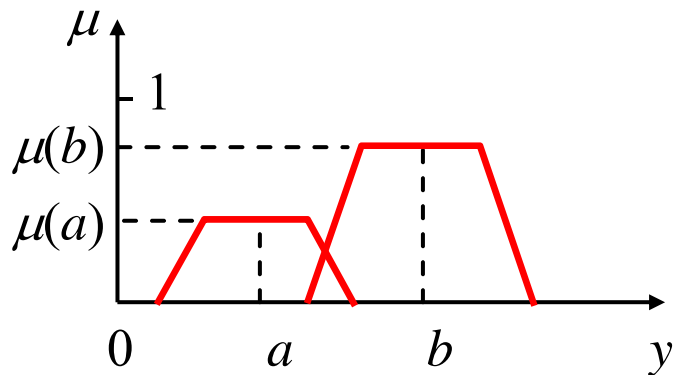
PP trung bình cực đại  
(Mean Of Maximum-MOM)

# Các phương pháp giải mờ dựa vào trọng tâm



PP trọng tâm

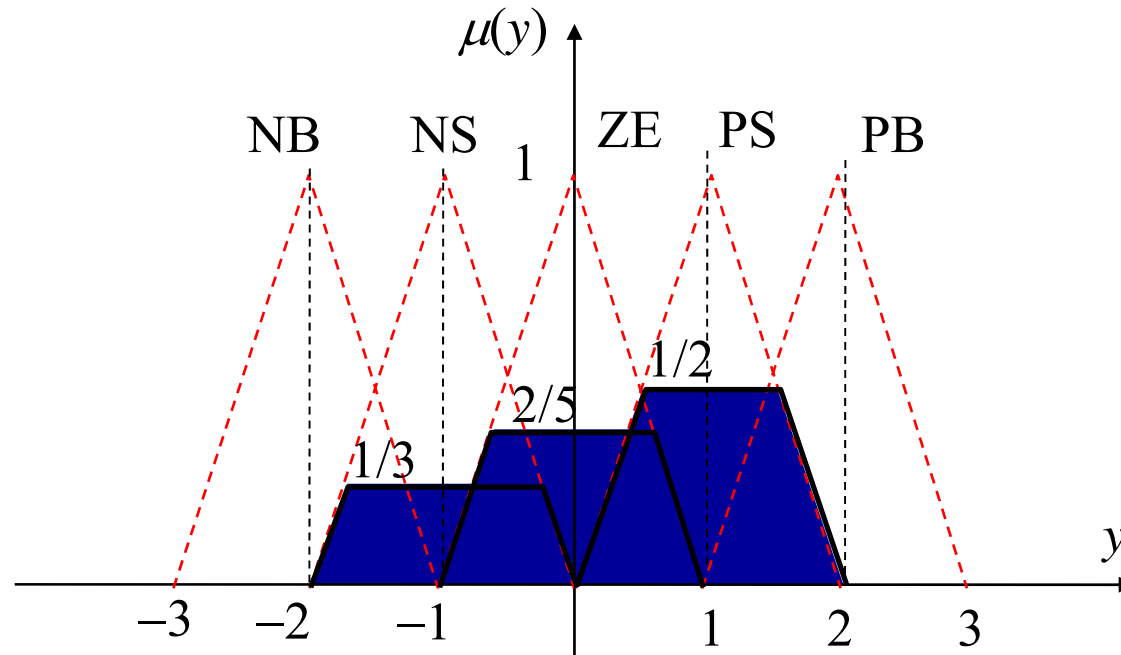
$$y^* = \frac{\int_Y y \mu(y) dy}{\int_Y \mu(y) dy} \approx \frac{\sum_k y_k \mu(y_k)}{\sum_k \mu(y_k)}$$



PP trung bình mờ

$$y^* = \frac{a\mu(a) + b\mu(b)}{\mu(a) + \mu(b)}$$





★ Giả sử ta có kết quả suy luận của hệ mờ như hình trên.

★ Kết quả giải mờ:

➤ SOM:  $y^* = 0.5$

➤ LOM:  $y^* = 1.5$

➤ MOM:  $y^* = 1.0$

➤ Trung bình mờ:

$$y^* = \frac{(-1) \times 1/3 + 0 \times 2/5 + 1 \times 1/2}{1/3 + 2/5 + 1/2} = 0.135$$

## Các phương pháp giải mờ hệ mờ Sugeno

- ★ Xét hệ mờ Sugeno gồm K qui tắc dưới dạng:

Nếu  $x_1$  là  $\tilde{A}_1$  và  $x_2$  là  $\tilde{A}_2$  và .... và  $x_n$  là  $\tilde{A}_n$

thì  $y = y_k = f_k(x_1, \dots, x_n)$  ( $k=1..K$ )

- ★ Phương pháp giải mờ trung bình có trọng số:

$$y^* = \frac{\sum_k \beta_k y_k}{\sum_k \beta_k} \quad (\text{weighted average})$$

- ★ Phương pháp giải mờ tổng có trọng số:

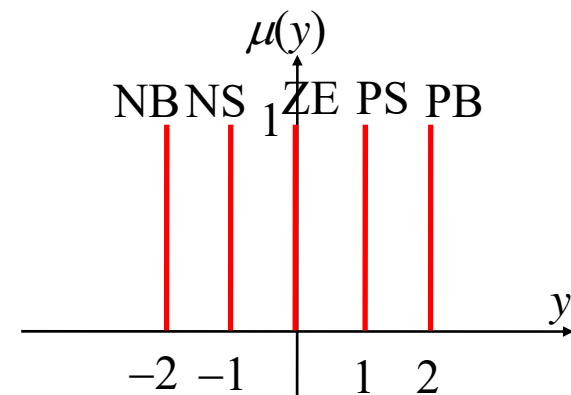
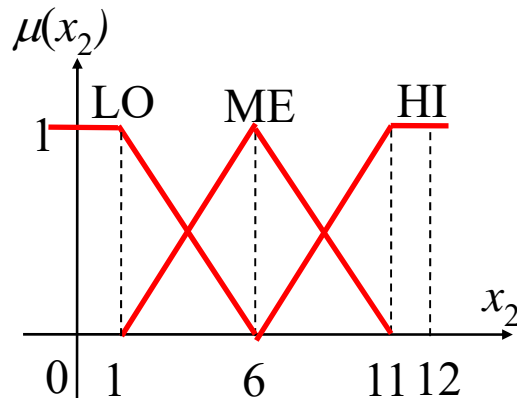
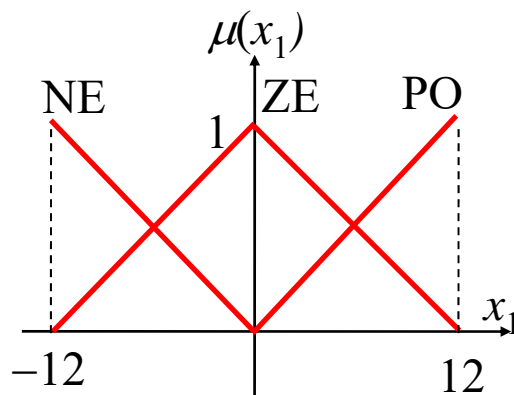
$$y^* = \sum_k \beta_k y_k \quad (\text{weighted sum})$$

với  $\beta_k$  là độ đúng của mệnh đề điều kiện của qui tắc thứ k

- ★ Hệ mờ Mamdani với tập mờ ở mệnh đề kết luận dạng vạch (Singleton) và phương pháp giải mờ trọng tâm **tương đương** hệ mờ Sugeno với hàm ở mệnh đề kết luận là hằng số (constant) và phương pháp giải mờ trung bình có trọng số.

★ Cho hệ mờ gồm 9 qui tắc cho trong bảng sau:

$y$		$x_1$		
		$NE$	$ZE$	$PO$
$x_2$	$LO$	$NB$	$NB$	$ZE$
	$ME$	$NS$	$ZE$	$PS$
	$HI$	$ZE$	$PB$	$PB$

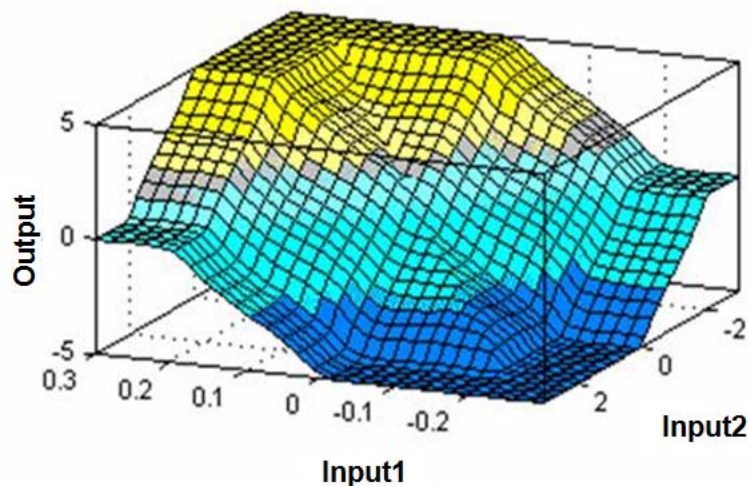


★ Cho  $x_1 = -5$ ,  $x_2 = 9$ . Vẽ kết quả suy luận mờ trong hai trường hợp dùng phương pháp MAX-MIN và MAX-PROD. Tính kết quả giải mờ dùng phương pháp trung bình có trọng số

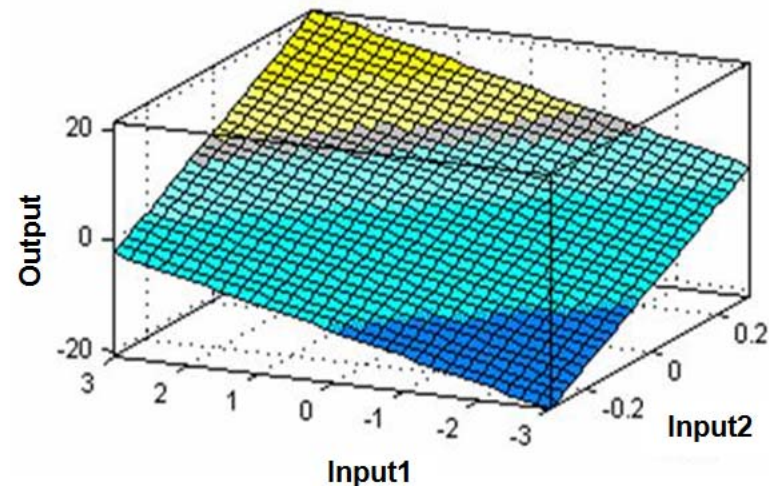
- ★ Chuyển giá trị chuẩn hóa  $[-1, 1]$  (không thứ nguyên) thành giá trị vật lý.
- ★ Khuếch đại.
- ★ Mạch tích phân,...

## Mặt đặc tính của hệ mờ

- ★ Hệ mờ có thể có nhiều ngõ vào và nhiều ngõ ra. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa một ngõ ra theo hai ngõ vào bất kỳ gọi là mặt đặc tính.
- ★ Tổng quát mặt đặc tính của hệ mờ là mặt phi tuyến, tuy nhiên trong một số trường hợp mặt đặc tính có thể là mặt tuyến tính (mặt phẳng).



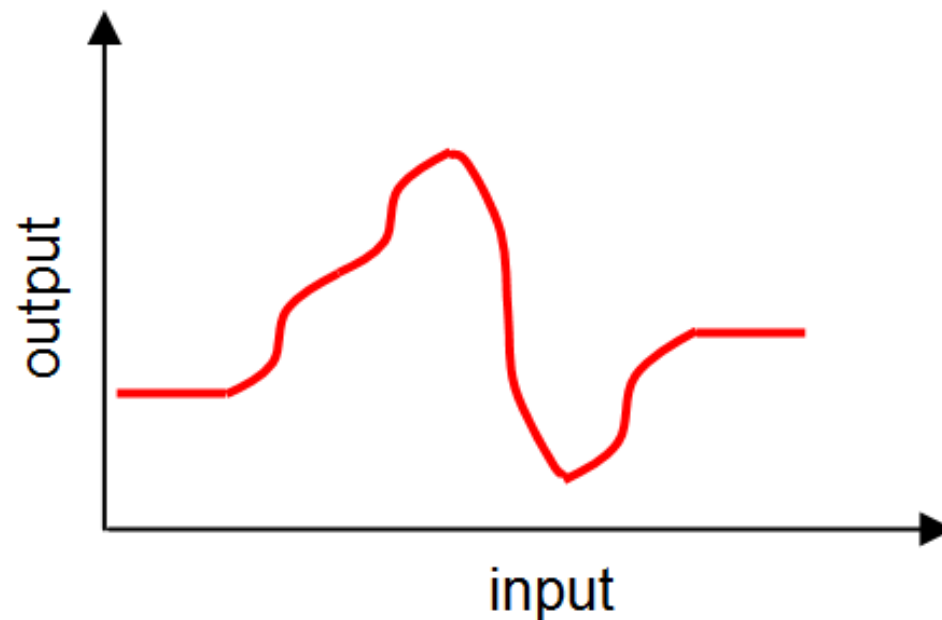
Mặt đặc tính phi tuyến



Mặt đặc tính tuyến tính

## Đường đặc tính của hệ mờ

- ★ Trường đặc biệt khi hệ mờ chỉ có một ngõ vào thì mặt đặc tính trở thành đường đặc tính.



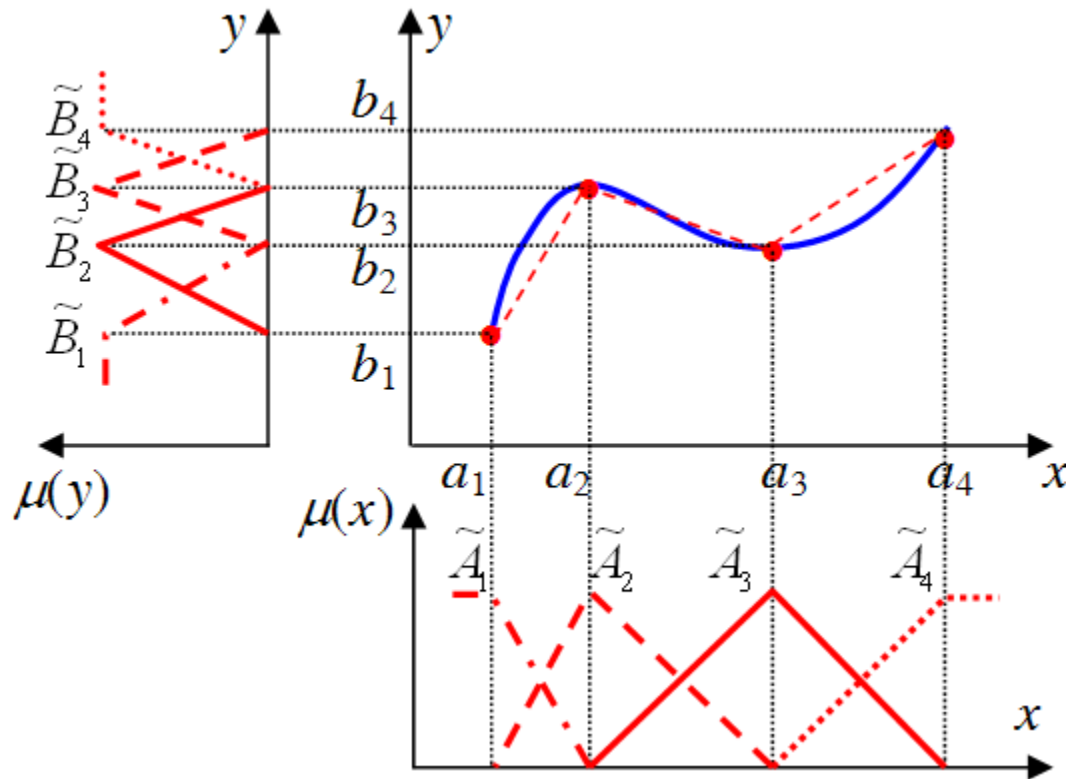
Đường đặc tính của hệ mờ

## Các yếu tố ảnh hưởng đến mặt đặc tính của hệ mờ

- ★ Mặt đặc tính phụ thuộc chủ yếu vào hệ qui tắc mờ vì hệ qui tắc mờ quyết định quan hệ giữa ngõ vào và ngõ ra dưới dạng giá trị ngôn ngữ. Tuy nhiên, hình dạng, vị trí các tập mờ, phương pháp suy diễn, phương pháp giải mờ cũng ảnh hưởng đến mặt đặc tính.
- ★ Mặt đặc tính phải đi qua các điểm đặc tính.
  - Điểm đặc tính là điểm xác định quan hệ vào ra của hệ mờ khi **chỉ có một** qui tắc tác động.
  - Qui tắc tác động là qui tắc có độ đúng của mệnh đề điều kiện lớn hơn 0.



# Quan hệ giữa mặt đặc tính và điểm đặc tính



★ Các qui tắc mờ:

1. Nếu  $x$  là  $\tilde{A}_1$  thì  $y$  là  $\tilde{B}_1$
2. Nếu  $x$  là  $\tilde{A}_2$  thì  $y$  là  $\tilde{B}_3$
3. Nếu  $x$  là  $\tilde{A}_3$  thì  $y$  là  $\tilde{B}_2$
4. Nếu  $x$  là  $\tilde{A}_4$  thì  $y$  là  $\tilde{B}_4$

★ Mặt đặc tính qua các điểm đặc tính. Bằng cách lựa chọn các điểm đặc tính phù hợp, ta có thể định nghĩa được một hệ mờ có quan hệ vào ra phi tuyến bất kỳ.

# VÍ DỤ ỨNG DỤNG HỆ SUY LUẬN MỜ



## Các ứng dụng trong điện tử (Fuzzy Electronics)

- ★ Điều khiển mờ các thiết bị điện tử gia dụng:
  - Máy giặt, máy rửa chén, tủ lạnh, máy điều hòa, nồi cơm điện,...
  - Ti vi, máy ảnh,...
  - Hệ thống đóng mở cửa tự động,...
- ★ Thiết kế vi mạch thực hiện chức năng hệ mờ.

- ★ Xử lý ảnh mờ (fuzzy image processing)
  - Chỉnh độ tương phản mờ (fuzzy contrast adjustment)
  - Phân đoạn ảnh mờ (fuzzy image segmentation)
  - Tách biên mờ (fuzzy edge detection)
  - Lọc nhiễu mờ (Fuzzy Noise Reduction)
- ★ Nhận dạng tiếng nói mờ (Fuzzy Speech Recognition)



## Các ứng dụng trong hệ thống điện (Power System)

- ★ Dự báo phụ tải
- ★ Chuẩn đoán sự cố trong hệ thống điện
- ★ Điều khiển máy điện
- ★ Ứng dụng trong các hệ thống điện mặt trời, điện gió,...



## Các ứng dụng trong điều khiển (Control System)

- ★ Điều khiển PID mờ và các ứng dụng trong điều khiển các quá trình công nghiệp.
- ★ Điều khiển robot, cần trục,
- ★ Điều khiển xe ô tô, tàu điện,...

Các phương pháp thiết kế bộ điều khiển mờ sẽ được trình bày ở chương 3

## Ví dụ 1: Hệ thống cửa thông minh



★ ***Yêu cầu:*** Điều khiển thời gian mở cửa “tối ưu”

## Ví dụ 1: Hệ thống cửa thông minh (tt)

★ **Phân tích:** cần điều khiển thời gian mở cửa sao cho:

- Lượng người qua cửa không bị ứ đọng
- Tối thiểu tổn thất năng lượng điều hòa không khí trong tòa nhà
- Tối thiểu số lần đóng mở cửa

★ **Ý tưởng:**

- Lưu lượng người qua cửa càng cao thì thời gian mở cửa càng dài
- Chênh lệch nhiệt độ trong và ngoài tòa nhà càng cao thì thời gian mở cửa càng ngắn



## Ví dụ 1: Hệ thống cửa thông minh (tt)

### ★ Hệ mờ điều khiển thời gian mở cửa

#### ➤ Biến vào:

- $x_1$ : lưu lượng người (số người / phút) ( $0 \leq x_1 \leq 60$ )

$x_1$  có các giá trị ngôn ngữ “LO”, “MED”, “HI”

- $x_2$ : chênh lệch nhiệt độ ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $0 \leq x_2 \leq 30$ )

$x_2$  có các giá trị ngôn ngữ “LO”, “MED”, “HI”, “VH”

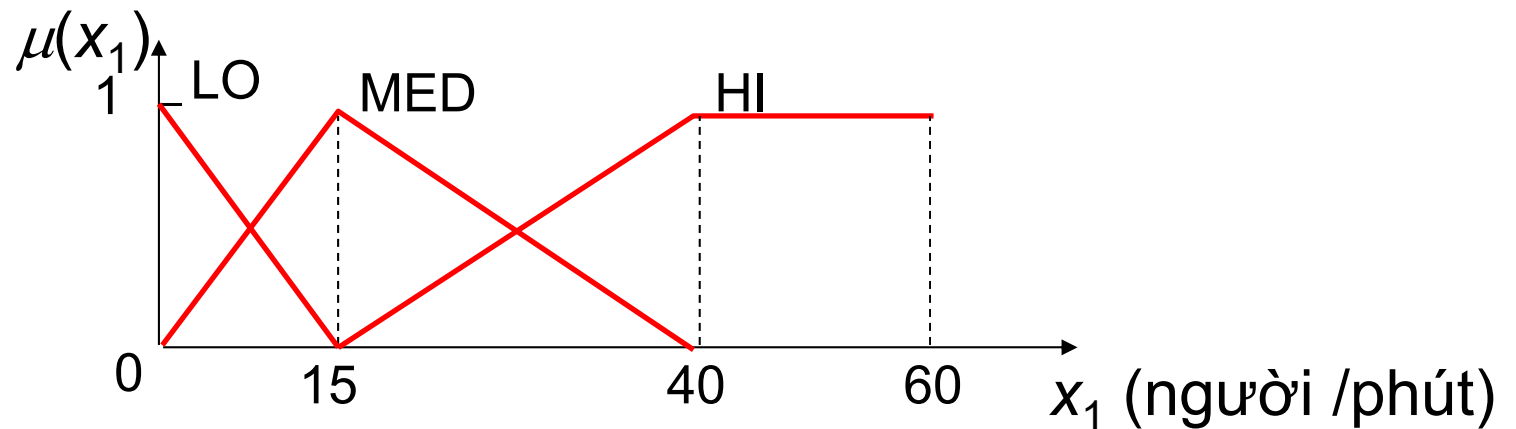
#### ➤ Biến ra:

- $y$ : thời gian mở cửa (giây)

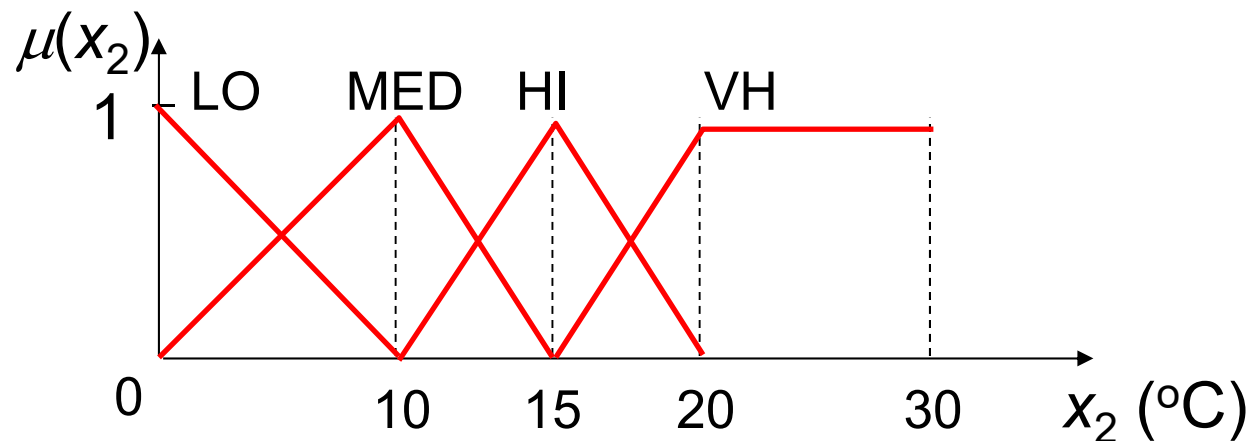
$y$  có các giá trị ngôn ngữ “VS”, “S”, “MED”, “L”, “VL”

## Ví dụ 1: Hệ thống cửa thông minh (tt)

★ Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ của biến lưu lượng người:

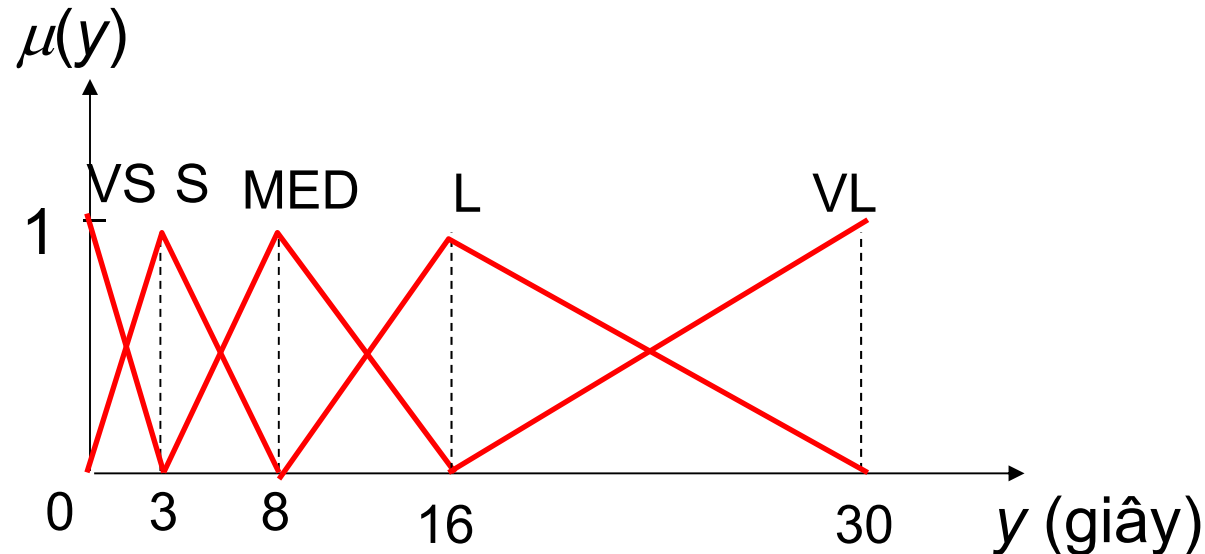


★ Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ của biến chênh lệch  $t^0$ :



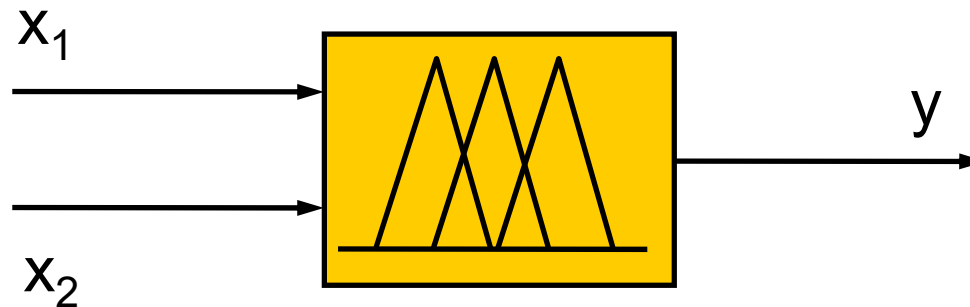
## Ví dụ 1: Hệ thống cửa thông minh (tt)

- ★ Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ của biến thời gian mở cửa:



# Ví dụ 1: Hệ thống cửa thông minh (tt)

★ Các qui tắc mờ: Sử dụng hệ mờ Mamdani



y		x <sub>2</sub>			
		LO	MED	HI	VH
x <sub>1</sub>	LO	VL	MED	S	VS
	MED	VL	L	S	VS
	HI	VL	L	MED	VS

★ Chọn phương pháp suy luận MAX-MIN, phương pháp giải mờ trọng tâm

- ★ Vẽ kết quả suy luận mờ khi giá trị các biến vào là:
  - Lưu lượng người:  $x_1 = 30$  (người / phút)
  - Chênh lệch nhiệt độ:  $x_2 = 8$  (°C)
- ★ Tính thời gian mở cửa với giá trị  $x_1$  và  $x_2$  như trên dùng phương pháp giải mờ trung bình có trọng số
- ★ Sử dụng Fuzzy Logic Toolbox, kiểm chứng lại kết quả suy luận và tính toán ở trên.
- ★ Thiết kế hệ mờ Sugeno thực hiện chức năng tương đương hệ mờ Mamdani đã mô tả ở ví dụ trên.

## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh

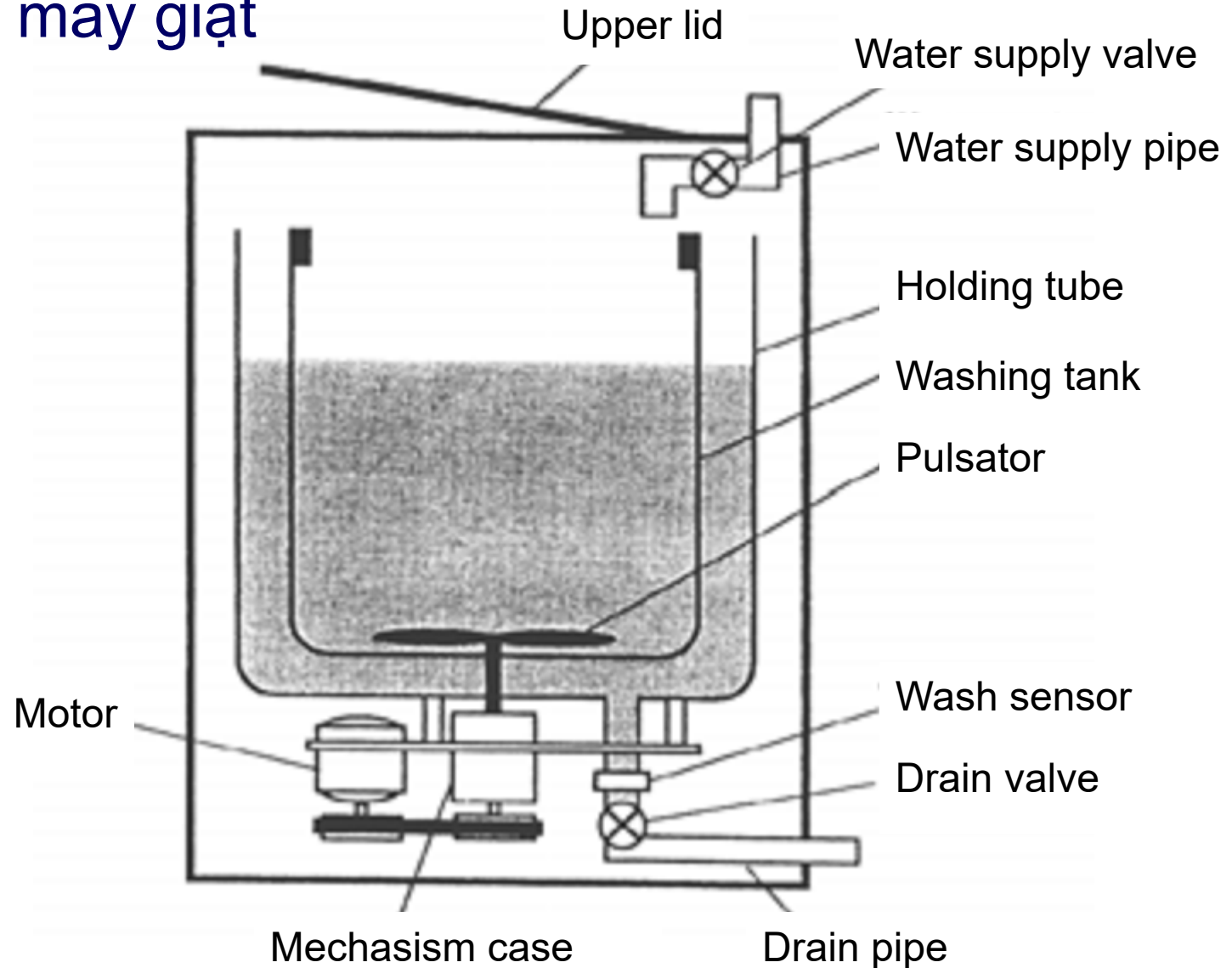
- ★ **Bài toán:** xác định thời gian giặt đồ tùy theo độ bẩn, loại bẩn, và khối lượng đồ cần giặt.
  - Nếu thời gian giặt quá dài → hao năng lượng
  - Nếu thời gian giặt quá ngắn → đồ không sạch
- ★ Biểu thức toán học liên hệ giữa thời gian giặt và độ bẩn, loại bẩn và khối lượng đồ?
  - Quá phức tạp
- ★ **Ý tưởng:** nhiều người có kinh nghiệm giặt đồ → tích hợp cho máy giặt kinh nghiệm của người.

## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

- ★ Kinh nghiệm giặt đồ:
  - Nếu đồ không quá bẩn và loại bẩn không phải là dầu mỡ thì chỉ cần giặt đồ trong khoảng thời gian ngắn.
  - Nếu đồ không quá bẩn và loại bẩn là dầu mỡ thì thời gian giặt đồ cần dài hơn
  - Nếu đồ rất bẩn và loại bẩn là dầu mỡ thì thời gian giặt đồ cần rất dài

## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

### ★ Sơ đồ máy giặt

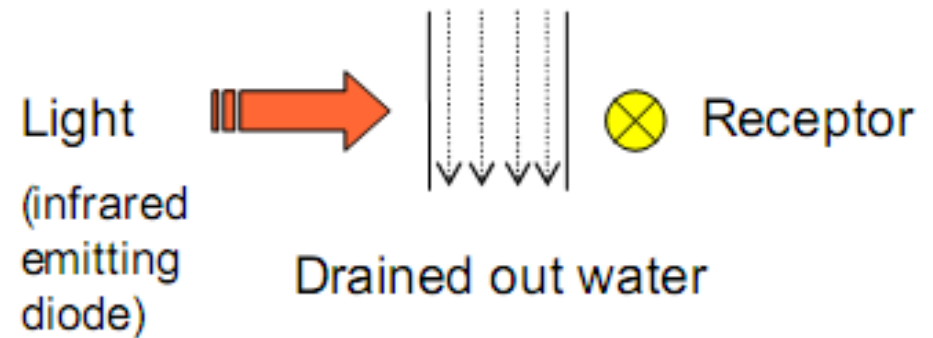
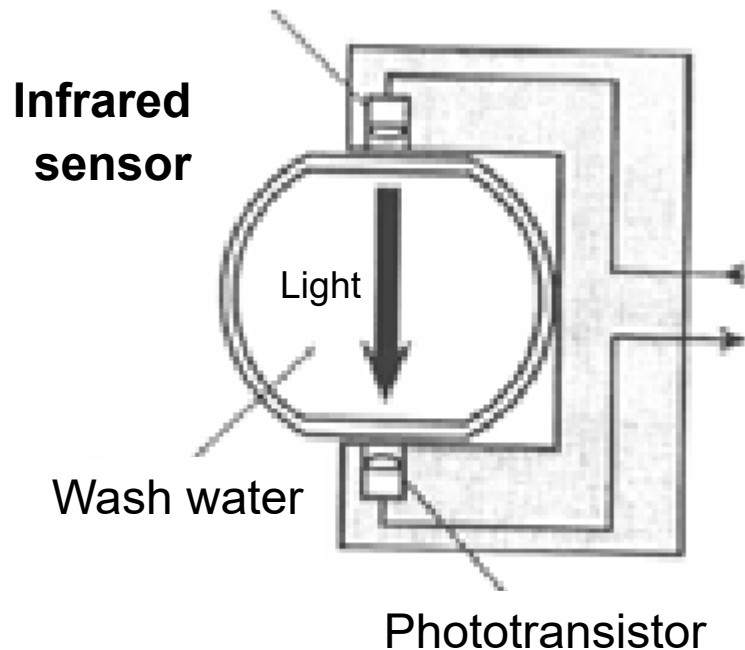




## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

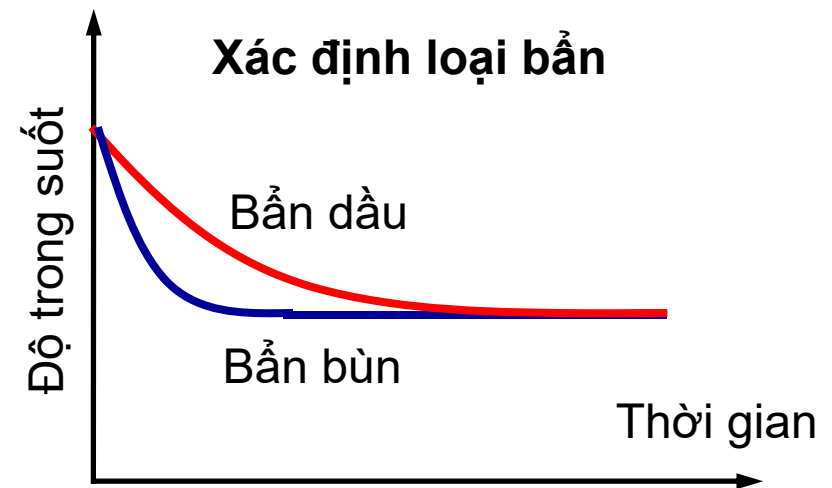
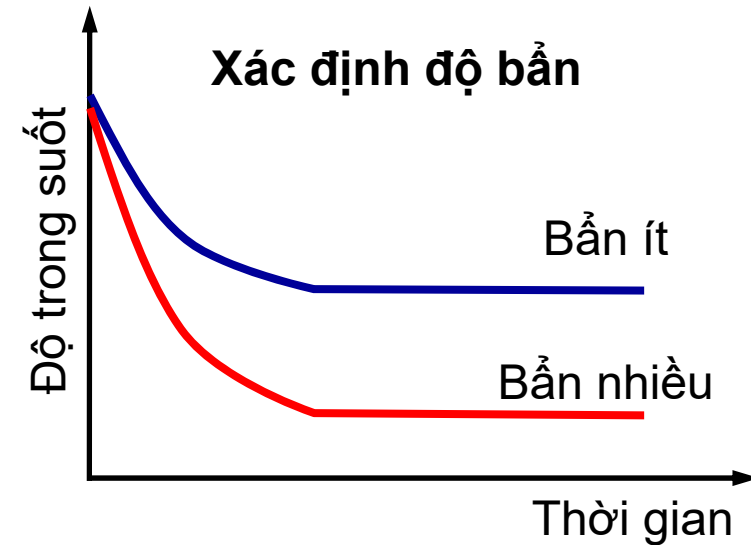
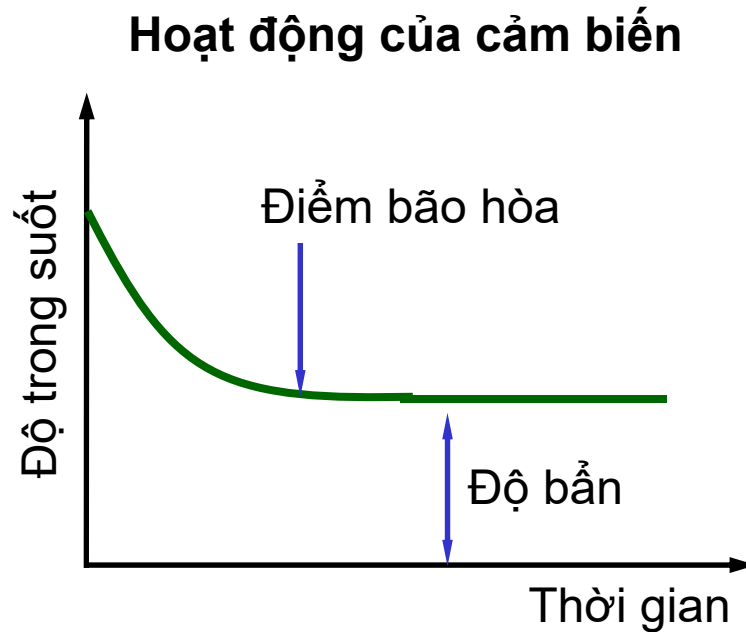
### **Cảm biến:**

- ★ Đo độ bẩn: bằng cách đo độ trong suốt của nước
- ★ Đo loại bẩn: bằng cách đo thời gian bão hòa (thời gian cần thiết để màu của nước không biến đổi nữa)
- ★ Cân khối lượng: loadcell



## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

### ★ Nguyên lý đo độ bẩn và loại bẩn



## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

Các biến ngôn ngữ và giá trị ngôn ngữ

★ Biến vào:

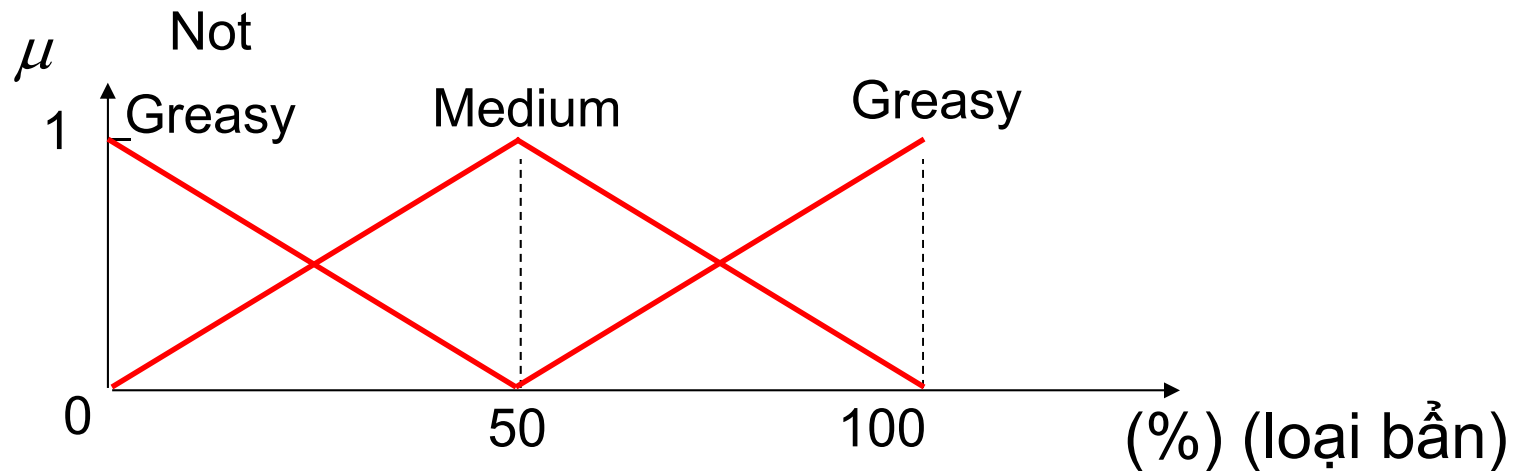
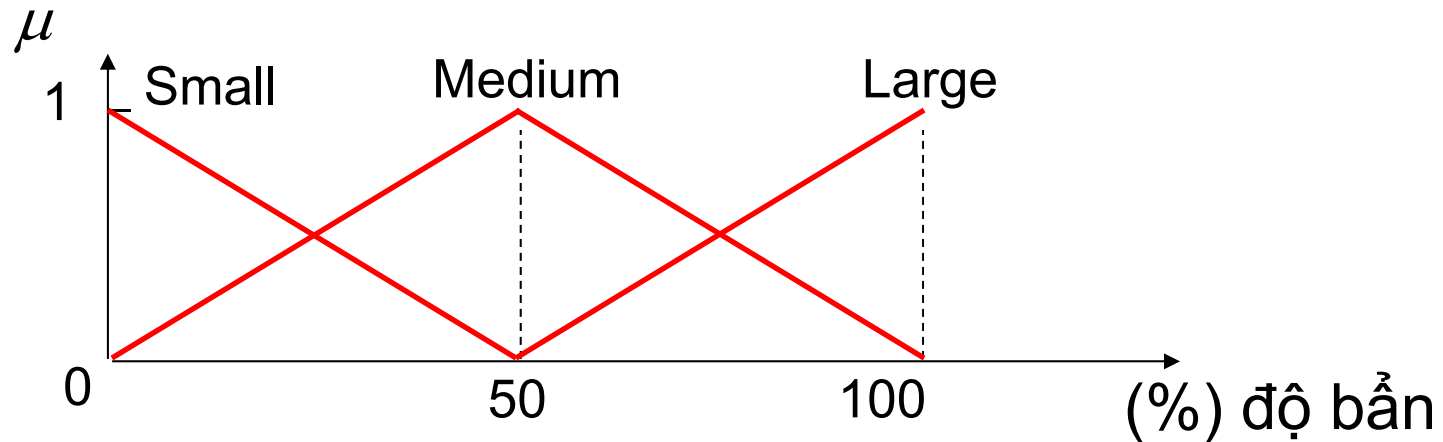
- Độ bẩn: Ít (Small), Trung bình (Medium), Nhiều (Large)
- Loại bẩn: Ít dầu mỡ (Not Greasy), Trung bình (Medium), Nhiều dầu mỡ (Greasy)
- Khối lượng: Nhẹ (Light), Trung bình (Medium), Nặng (Heavy)

★ Biến ra:

- Thời gian giặt: Rất ngắn (Very Short), Ngắn (Short), Trung bình (Medium), Dài (Long), Rất dài (Very Long)

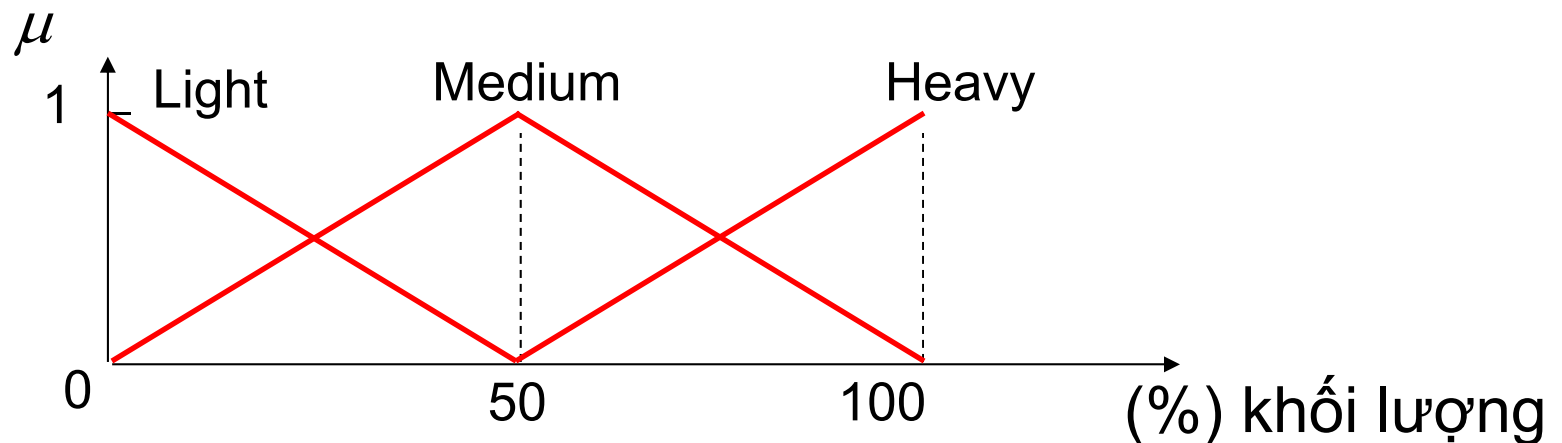
## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

- ★ Hàm liên thuộc mô tả các giá trị ngôn ngữ của biến vào



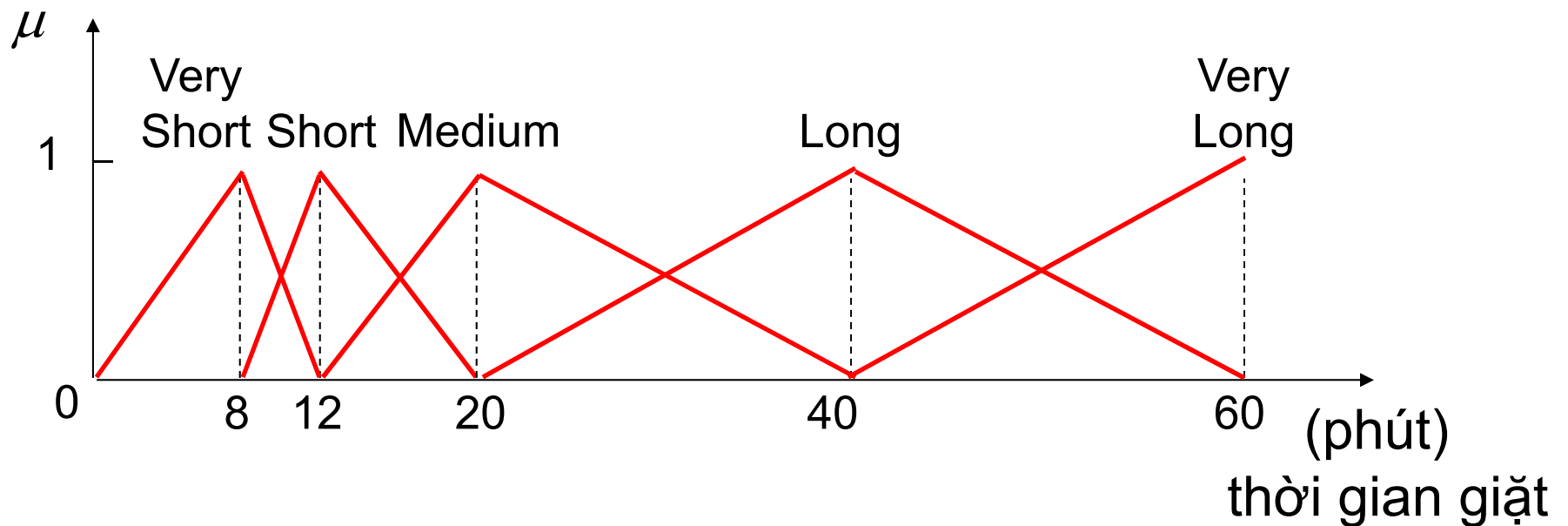
## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

- ★ Hàm liên thuộc mô tả các giá trị ngôn ngữ của biến vào (tt)



## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

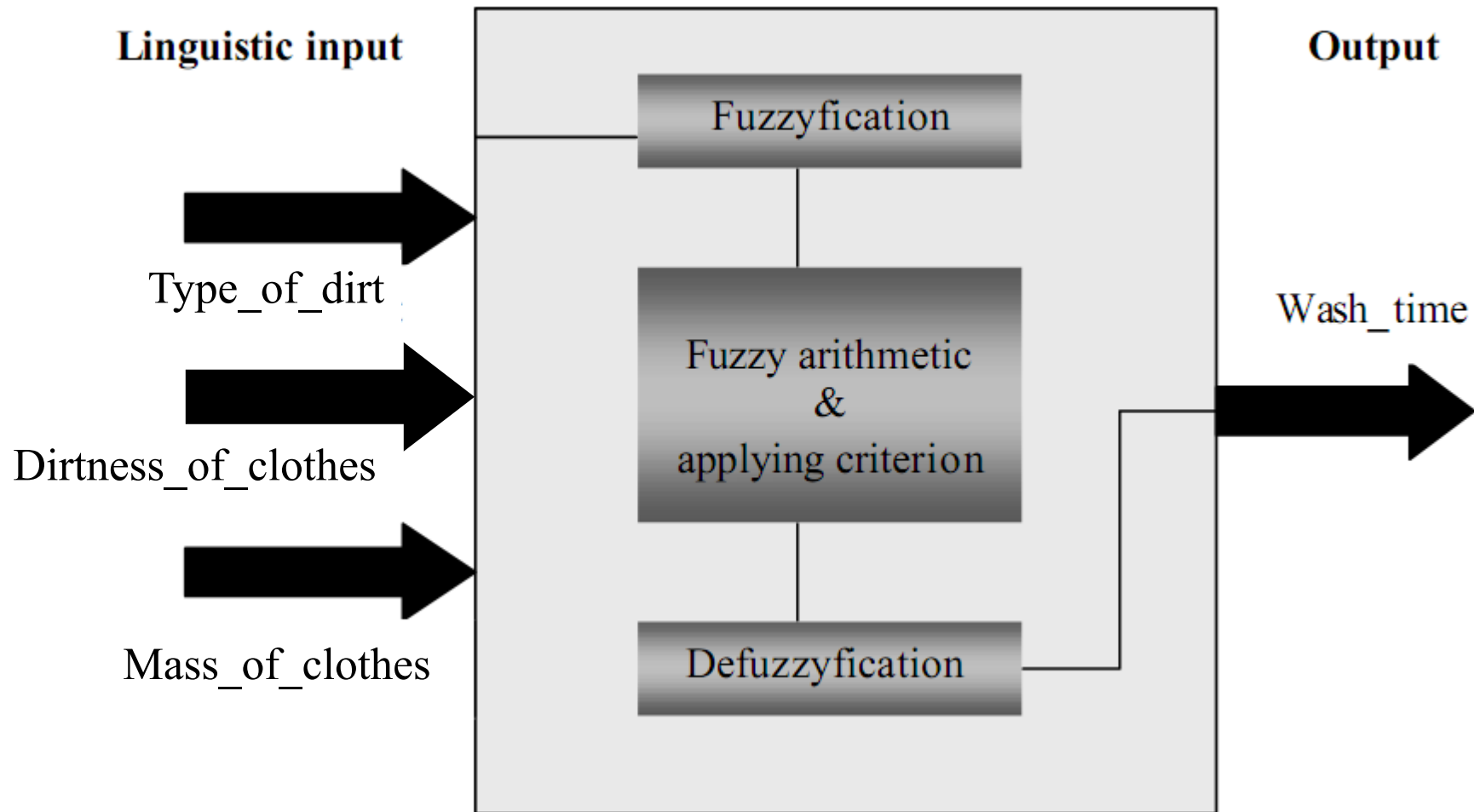
- ★ Hàm liên thuộc mô tả các giá trị ngôn ngữ của biến “Thời gian giặt”



- ★ Chọn phương pháp suy luận MAX-MIN, phương pháp giải mờ trọng tâm

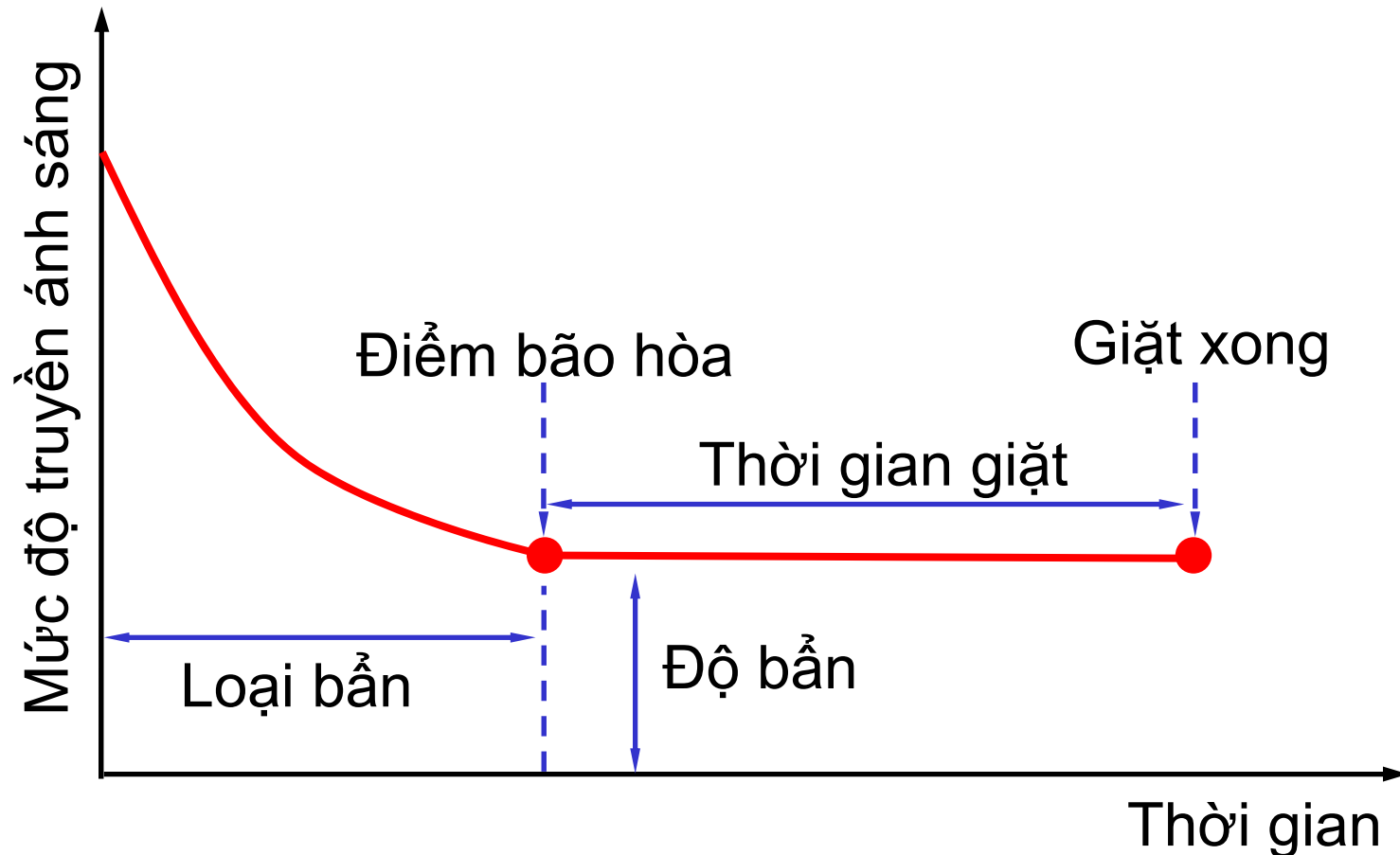
## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

### ★ Hệ suy luận mờ



## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

### ★ Xác định thời gian giặt đồ





## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

### ★ Các qui tắc mờ

Rule	Dirtiness of the clothes	Type of dirt	Mass of the clothes	Wash time
1	Small	Not Greasy	Light	Very Short
2	Small	Not Greasy	Medium	Short
3	Small	Not Greasy	Heavy	Medium
4	Small	Medium	Light	Short
5	Small	Medium	Medium	Short
6	Small	Medium	Heavy	Medium
7	Small	Greasy	Light	Short
8	Small	Greasy	Medium	Medium
9	Small	Greasy	Heavy	Long

## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

### ★ Các qui tắc mờ (tt)

Rule	Dirtiness of the clothes	Type of dirt	Mass of the clothes	Wash time
10	Medium	Not Greasy	Light	Short
11	Medium	Not Greasy	Medium	Short
12	Medium	Not Greasy	Heavy	Medium
13	Medium	Medium	Light	Short
14	Medium	Medium	Medium	Medium
15	Medium	Medium	Heavy	Medium
16	Medium	Greasy	Light	Short
17	Medium	Greasy	Medium	Medium
18	Medium	Greasy	Heavy	Long

## Ví dụ 2: Máy giặt thông minh (tt)

### ★ Các qui tắc mờ (tt)

Rule	Dirtiness of the clothes	Type of dirt	Mass of the clothes	Wash time
19	Large	Not Greasy	Light	Medium
20	Large	Not Greasy	Medium	Medium
21	Large	Not Greasy	Heavy	Long
22	Large	Medium	Light	Medium
23	Large	Medium	Medium	Long
24	Large	Medium	Heavy	Very Long
25	Large	Greasy	Light	Medium
26	Large	Greasy	Medium	Very Long
27	Large	Greasy	Heavy	Very Long

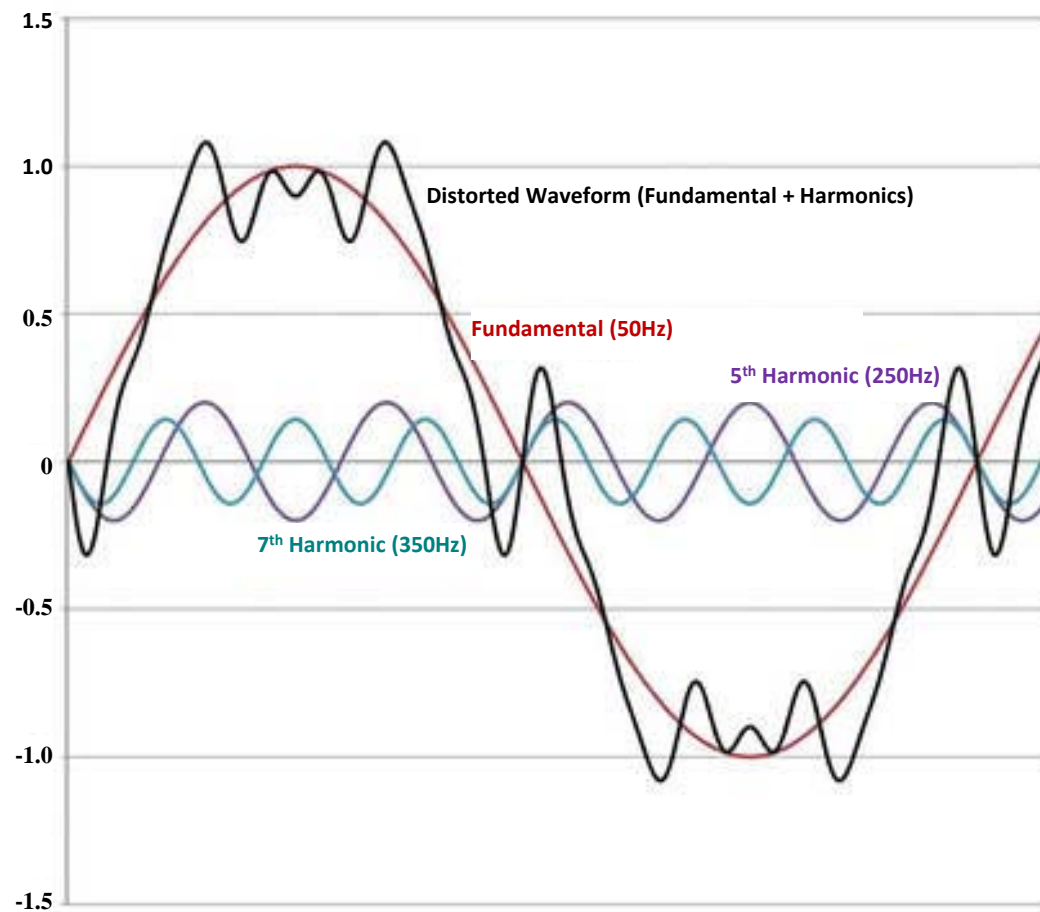
- ★ Vẽ kết quả suy luận mờ khi giá trị các biến vào là:
  - Độ bền: 40 %
  - Độ dầu mỡ: 80%
  - Khối lượng đồ: 75%
- ★ Tính thời gian giặt đồ với giá trị các biến vào như trên
- ★ Sử dụng Fuzzy Logic Toolbox, kiểm chứng lại kết quả suy luận và tính toán ở trên.
- ★ Thiết kế hệ mờ Sugeno thực hiện chức năng tương đương hệ mờ Mamdani đã mô tả ở ví dụ trên.

## Ví dụ 3: Chuẩn đoán sự cố trong hệ thống điện

- ★ Tải phi tuyến: phát sinh sóng hài
- ★ Sóng hài gây tổn hao nhiệt
- ★ Nhiệt độ cao có thể dẫn đến sự cố
- ★ **Bài toán:** chuẩn đoán sự cố



# Sóng hài

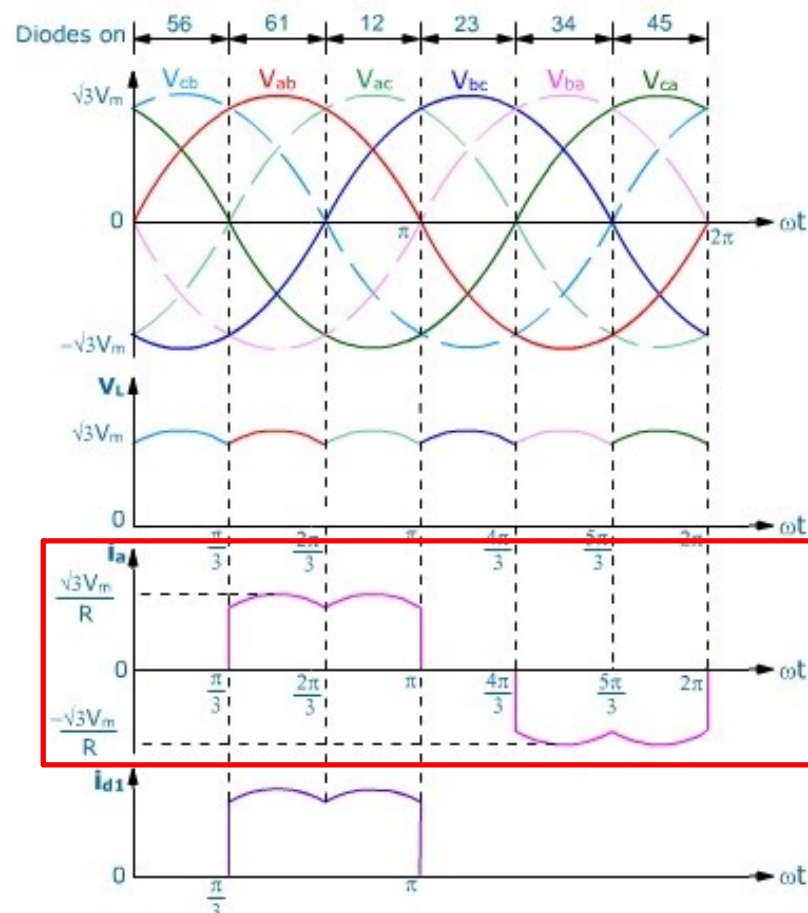
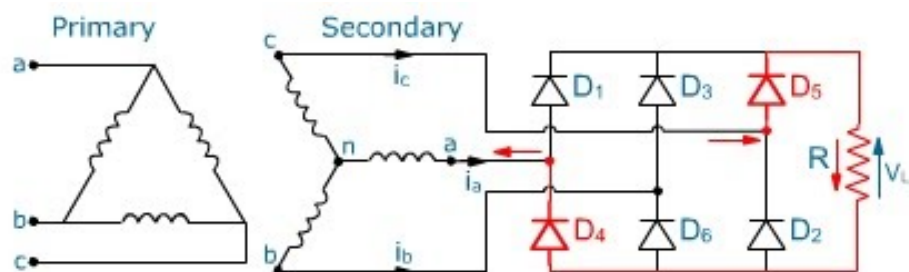


# Nguyên nhân gây ra sóng hài

- ❖ Tải phi tuyến: biến tần, UPS, bộ sạc acquy, bộ nguồn xung...



# Nguyên nhân gây ra sóng hài





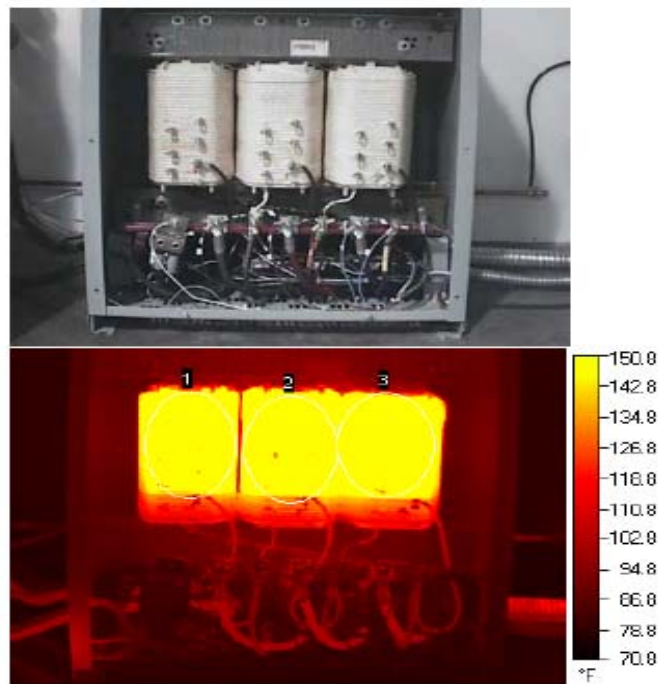
## ❖ Gây hư hỏng tụ bù



$$X_c = \frac{1}{j\omega C}$$

## Tác hại của sóng hài (tt)

- ❖ Gây quá nhiệt, làm hư hỏng, giảm tuổi thọ,, giảm hiệu suất của thiết bị (biến áp, máy phát, động cơ,...).



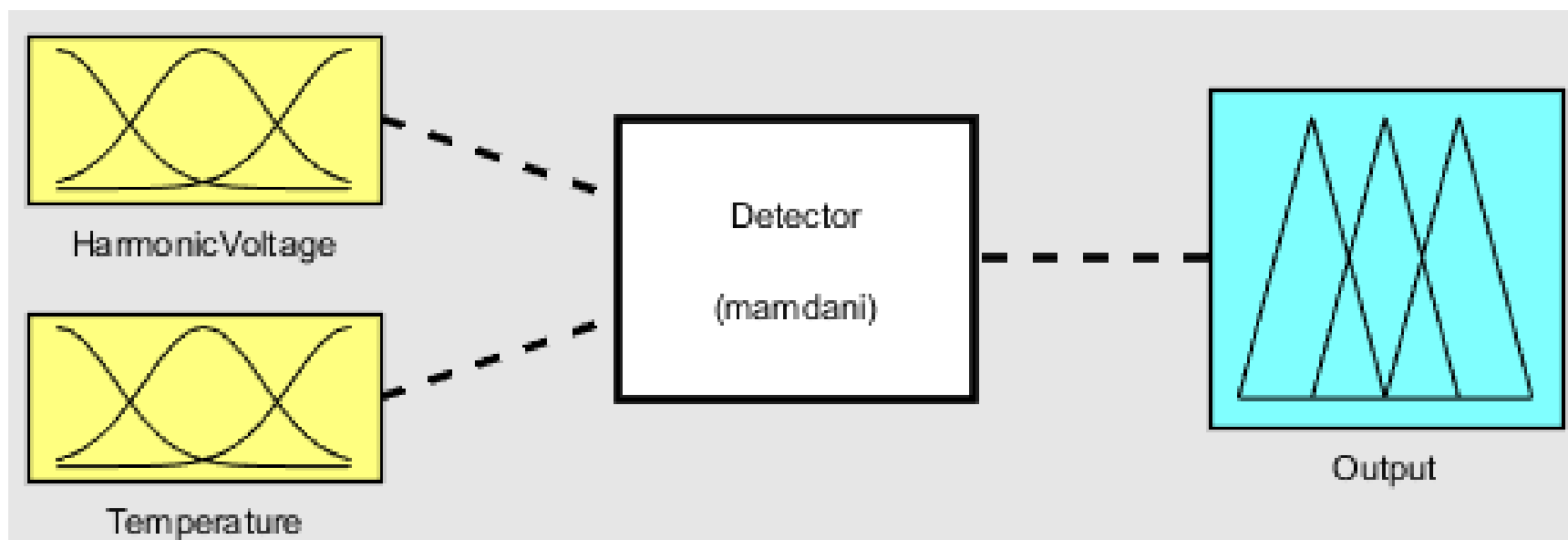


## Ví dụ 3: Chuẩn đoán sự cố trong hệ thống điện

- ★ Hệ mờ chuẩn đoán sự cố quá nhiệt do song hài trong hệ thống điện:
- ★ Tín hiệu vào:
  - Nhiệt độ
  - Biên độ điện áp hài
- ★ Tín hiệu ra: Tín hiệu chuẩn đoán sự cố

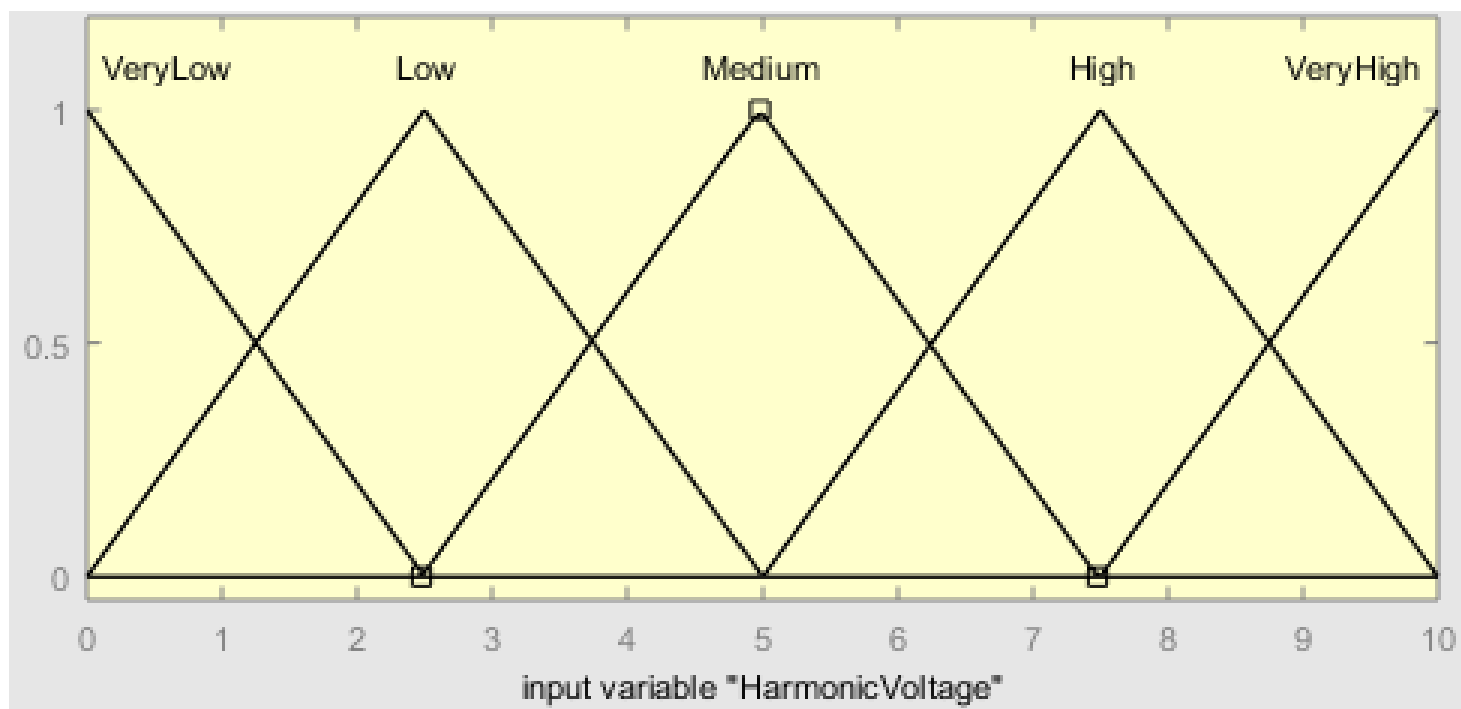
## Ví dụ 3: Chuẩn đoán sự cố trong hệ thống điện (tt)

★ Sơ đồ khối bộ chuẩn chuẩn đoán mờ



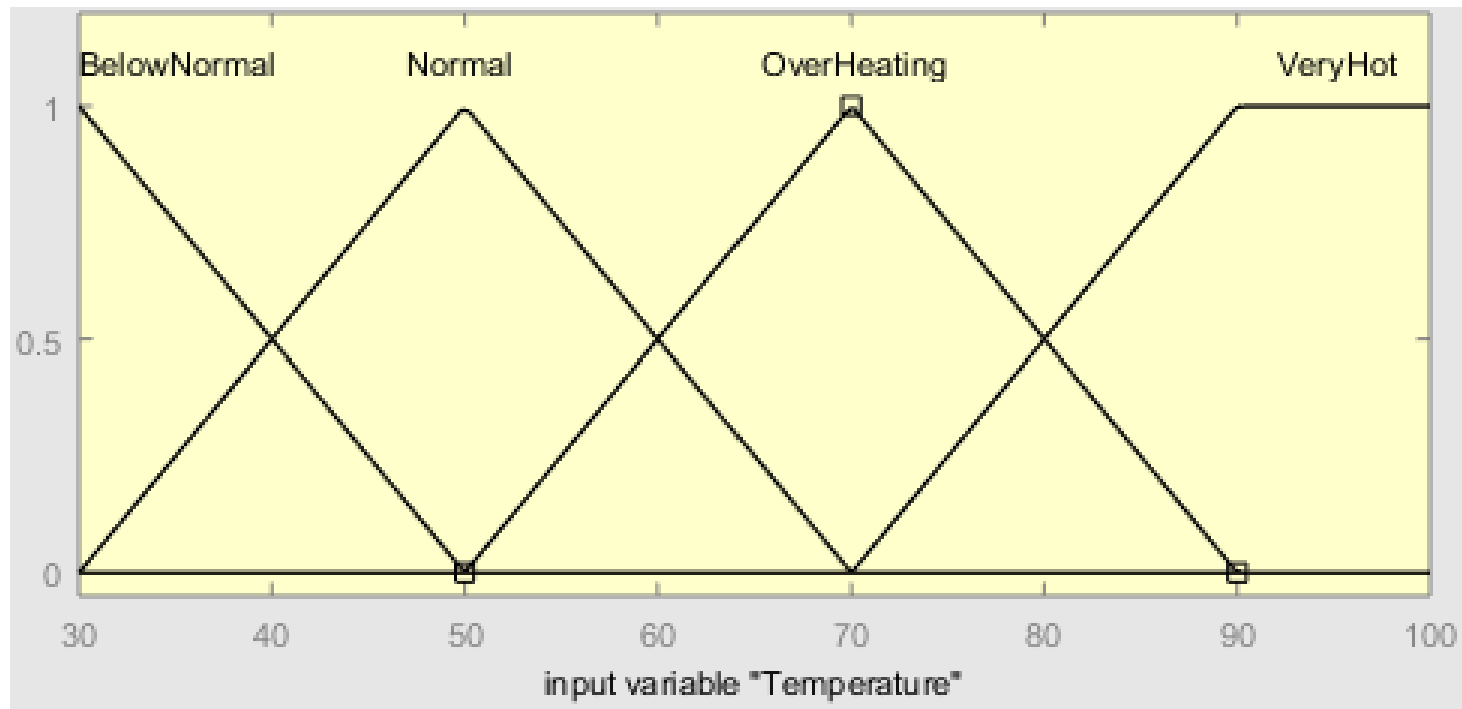
## Ví dụ 3: Chuẩn đoán sự cố trong hệ thống điện (tt)

- ★ Các giá trị ngôn ngữ của biến vào “Điện áp hài”



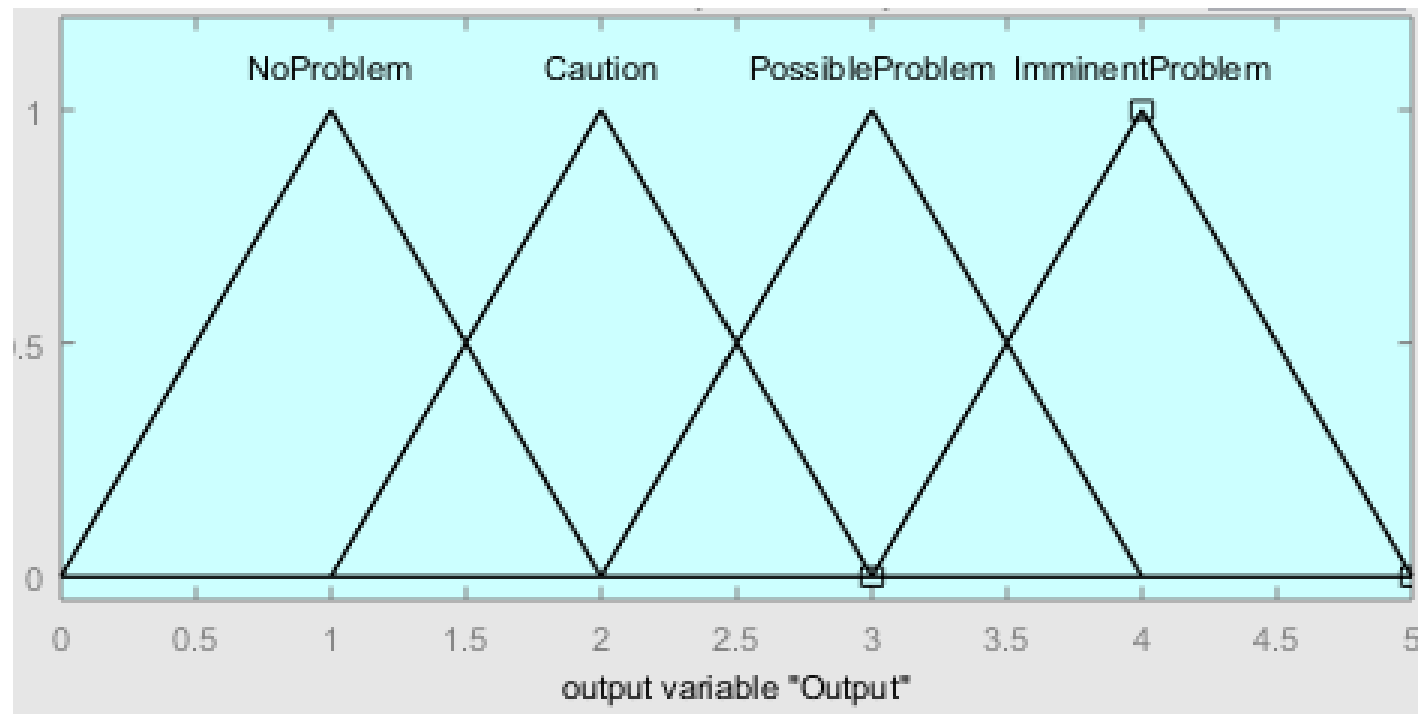
## Ví dụ 3: Chuẩn đoán sự cố trong hệ thống điện (tt)

★ Các giá trị ngôn ngữ của biến vào “Nhiệt độ”



## Ví dụ 3: Chuẩn đoán sự cố trong hệ thống điện (tt)

### ★ Các giá trị ngôn ngữ của biến ra



## Ví dụ 3: Chuẩn đoán sự cố trong hệ thống điện (tt)

### ★ Hệ qui tắc chuẩn đoán sự cố

If Harmonic Voltage is:	And the temperature is:	Then the Output is:
very_low	below_normal	no_problem
very_low	normal	no_problem
very_low	over_heating	no_problem
very_low	very_hot	Caution
low	below_normal	no_problem
low	normal	no_problem
low	over_heating	Caution
low	very_hot	Possible_problems
medium	below_normal	no_problem
medium	normal	Caution
medium	over_heating	Possible_problems
medium	very_hot	Possible_problems



## Ví dụ 3: Chuẩn đoán sự cố trong hệ thống điện (tt)

### ★ Hệ qui tắc chuẩn đoán sự cố (tt)

If Harmonic Voltage is:	And the temperature is:	Then the Output is:
high	below_normal	Caution
high	normal	Possible_problems
high	over_heating	Possible_problems
high	very_hot	Imminent_problems
very_high	below_normal	Possible_problems
very_high	normal	Possible_problems
very_high	over_heating	Imminent_problems
very_high	very_hot	Imminent_problems

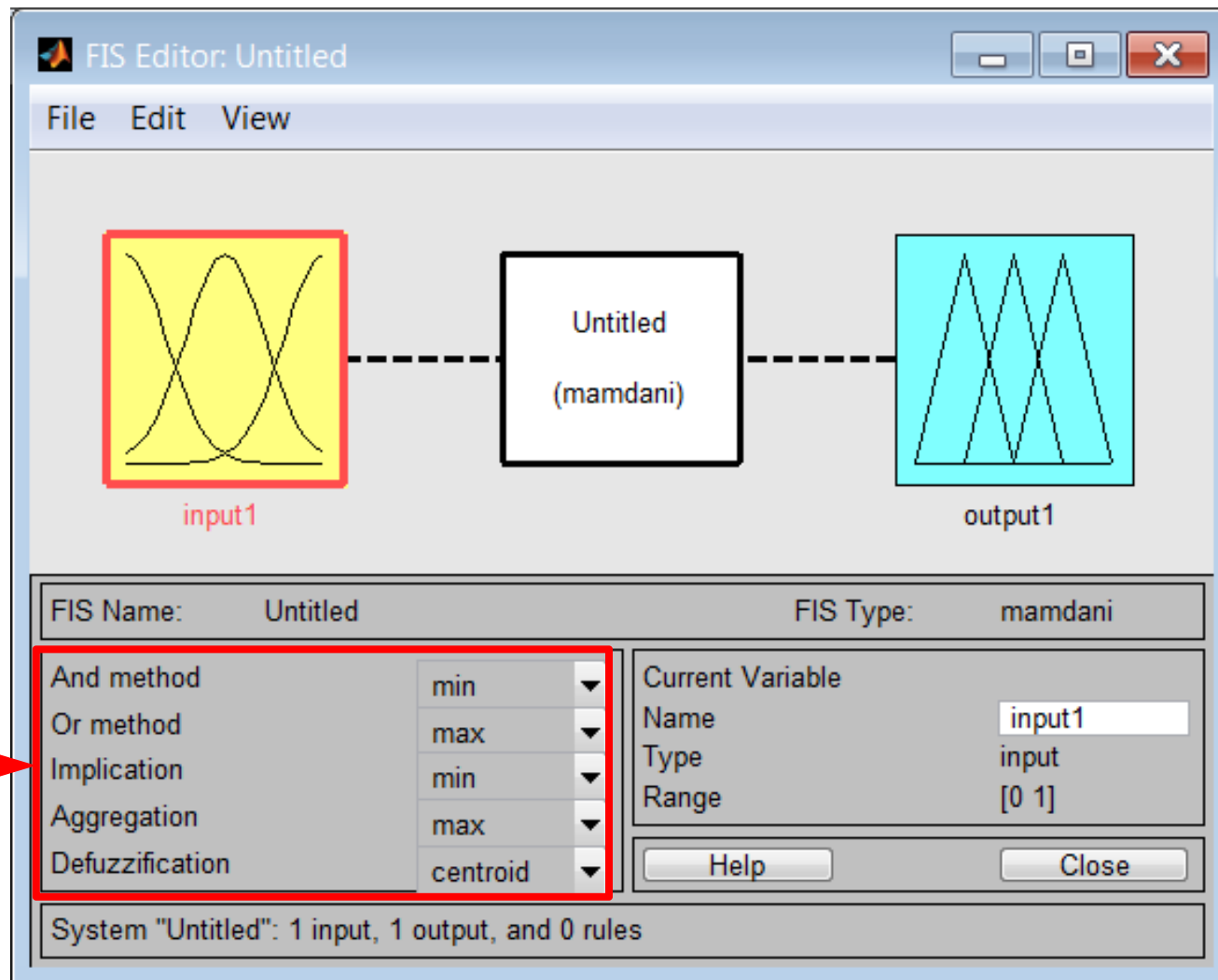
### ★ Chọn phương pháp suy luận MAX-MIN, phương pháp giải mờ MOM (Mean of Maximum)

- ★ Vẽ kết quả suy luận mờ khi giá trị các biến vào là:
  - Điện áp hài: 7 (V)
  - Nhiệt độ: 60 ( $^{\circ}\text{C}$ )
- ★ Tính kết quả suy luận của hệ mờ
- ★ Sử dụng Fuzzy Logic Toolbox, kiểm chứng lại kết quả suy luận và tính toán ở trên.

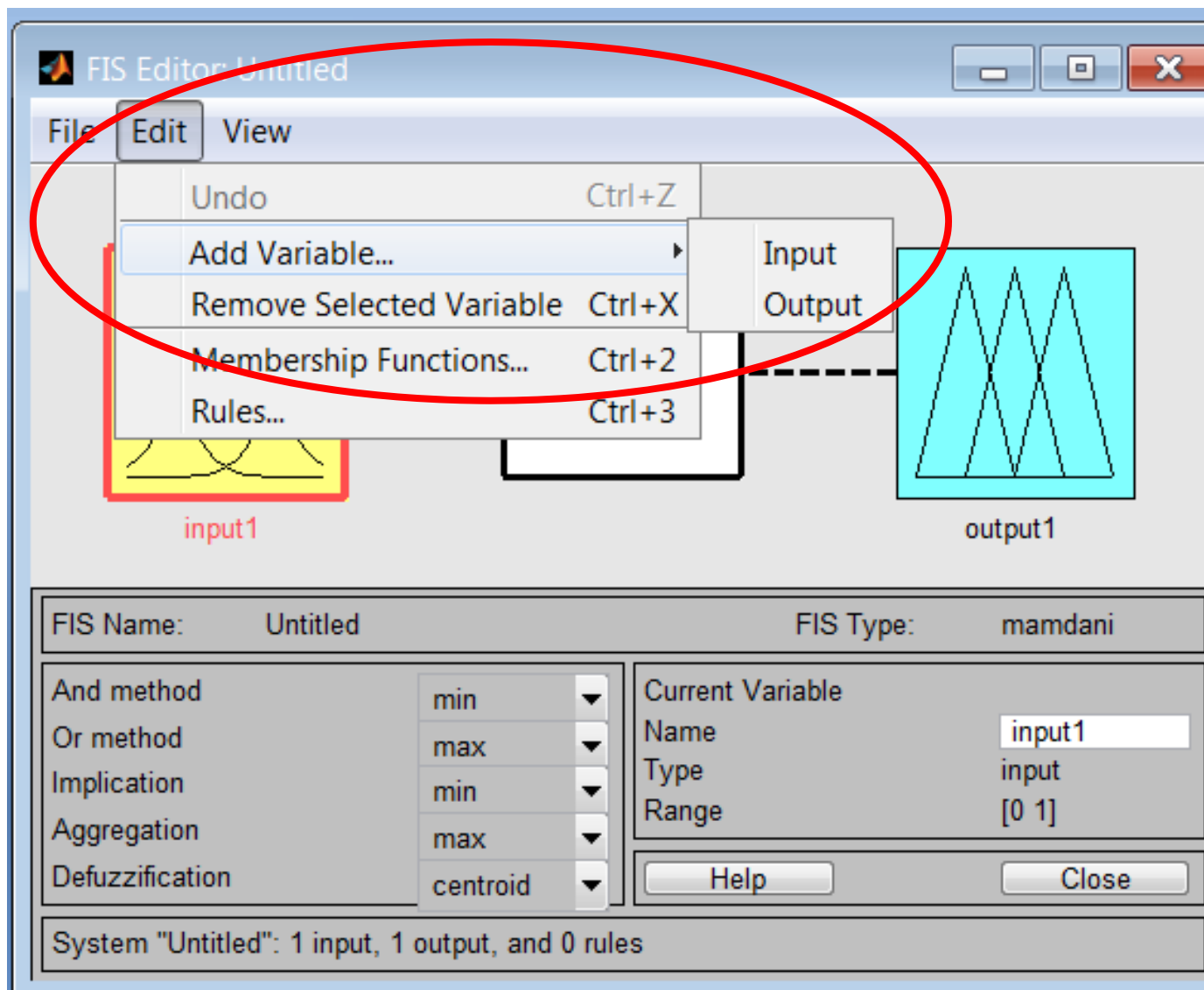
# **GIỚI THIỆU FUZZY TOOLBOX CỦA MATLAB**

# Kích hoạt Fuzzy Toolbox: >> fuzzy [ENTER]

Chọn toán tử thực hiện các phép toán logic mờ

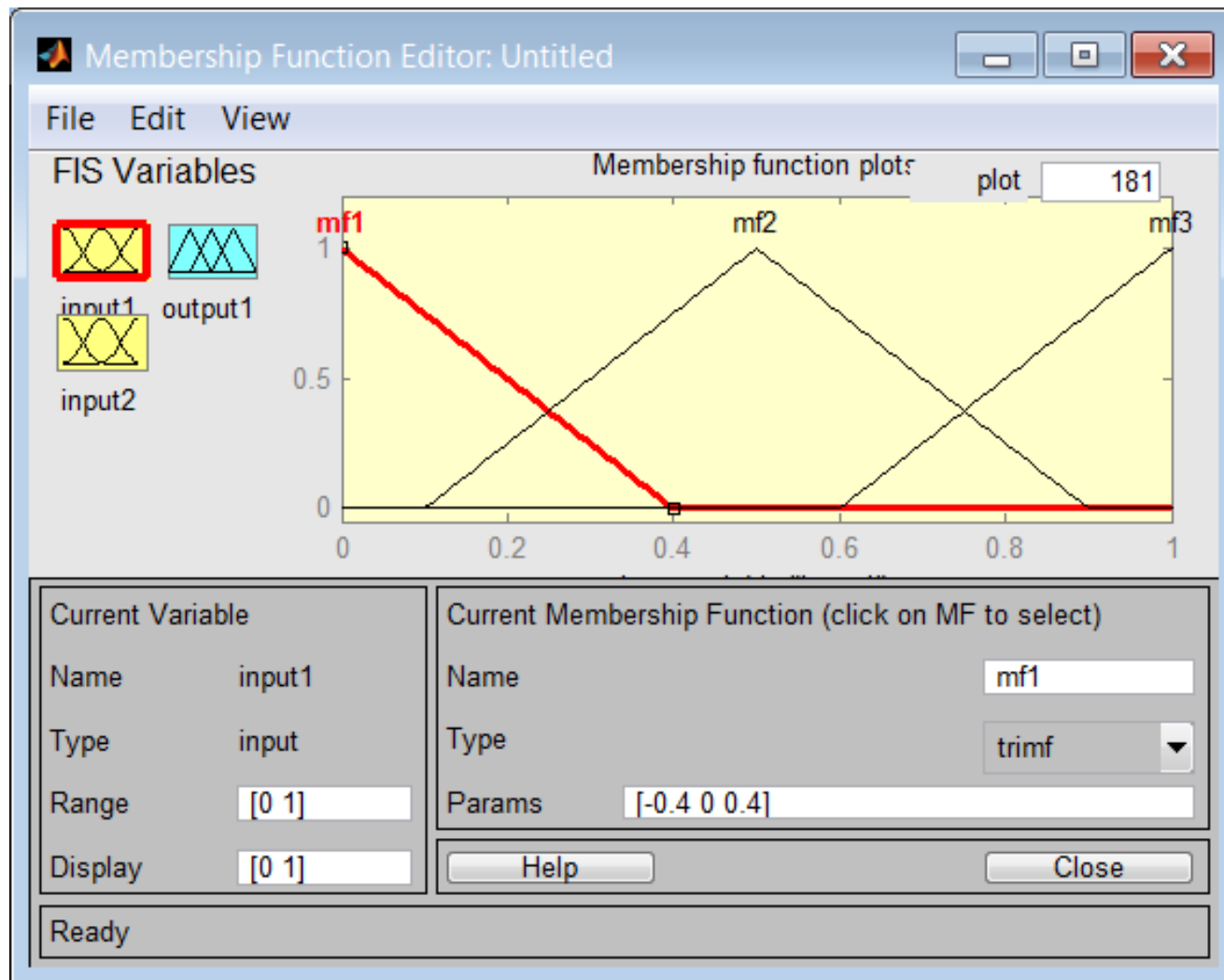


# Thêm ngõ vào hoặc ngõ ra

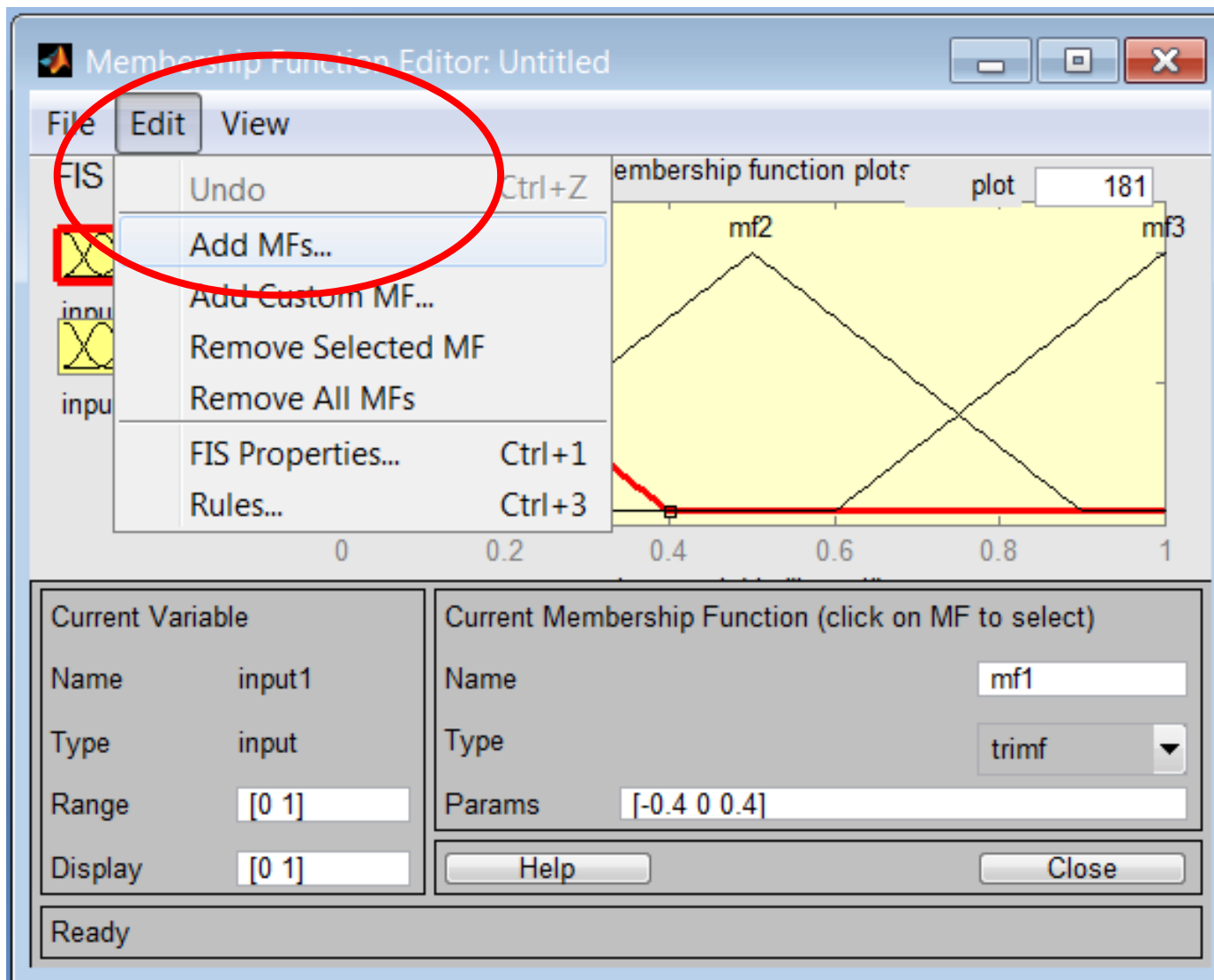


# Kích hoạt cửa sổ soạn thảo hàm liên thuộc

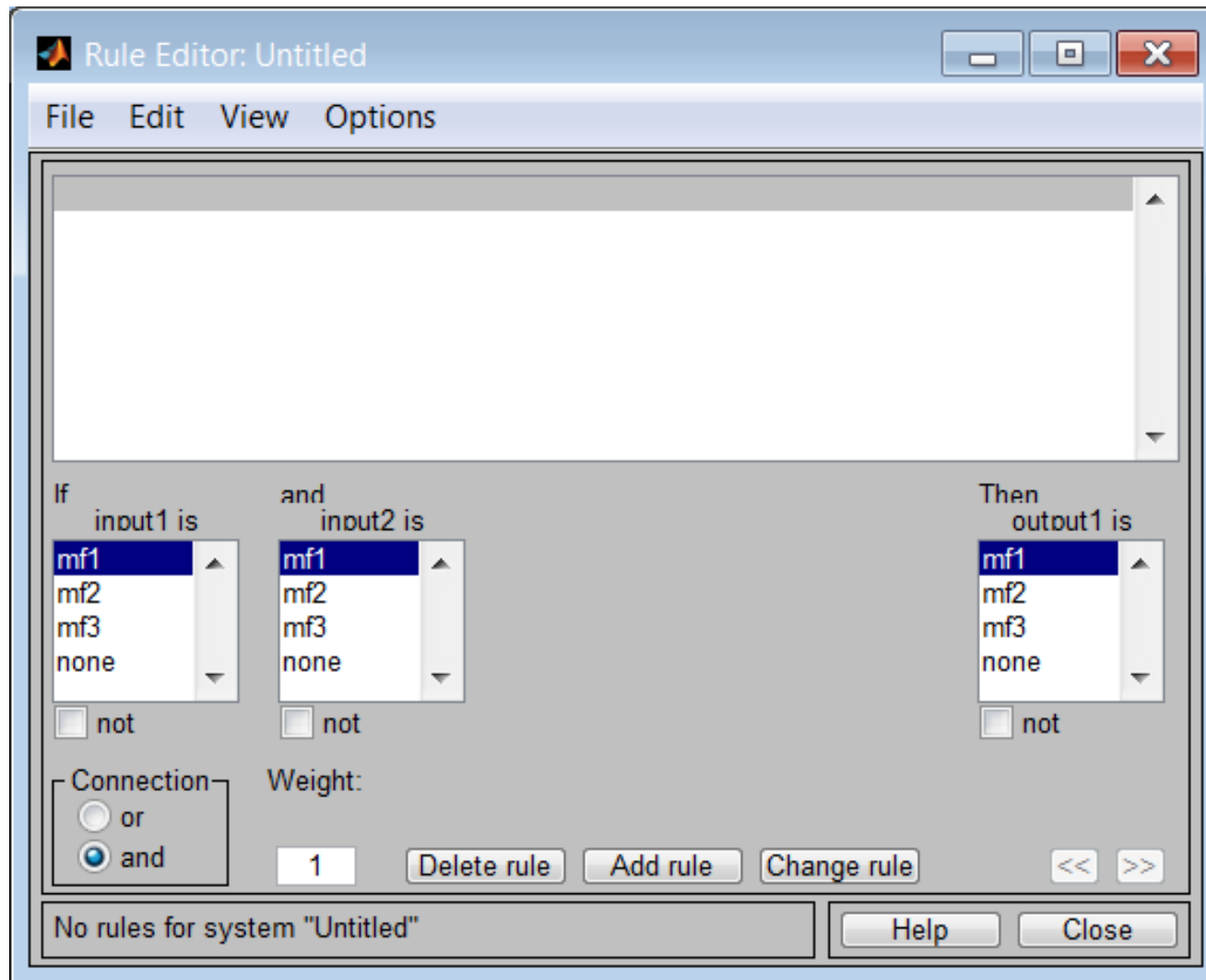
Double-click vào khung chữ nhật Input hoặc Output bất kỳ, cửa sổ Membership Function Editor xuất hiện như hình bên



# Thêm hàm liên thuộc cho biến vào / biến ra

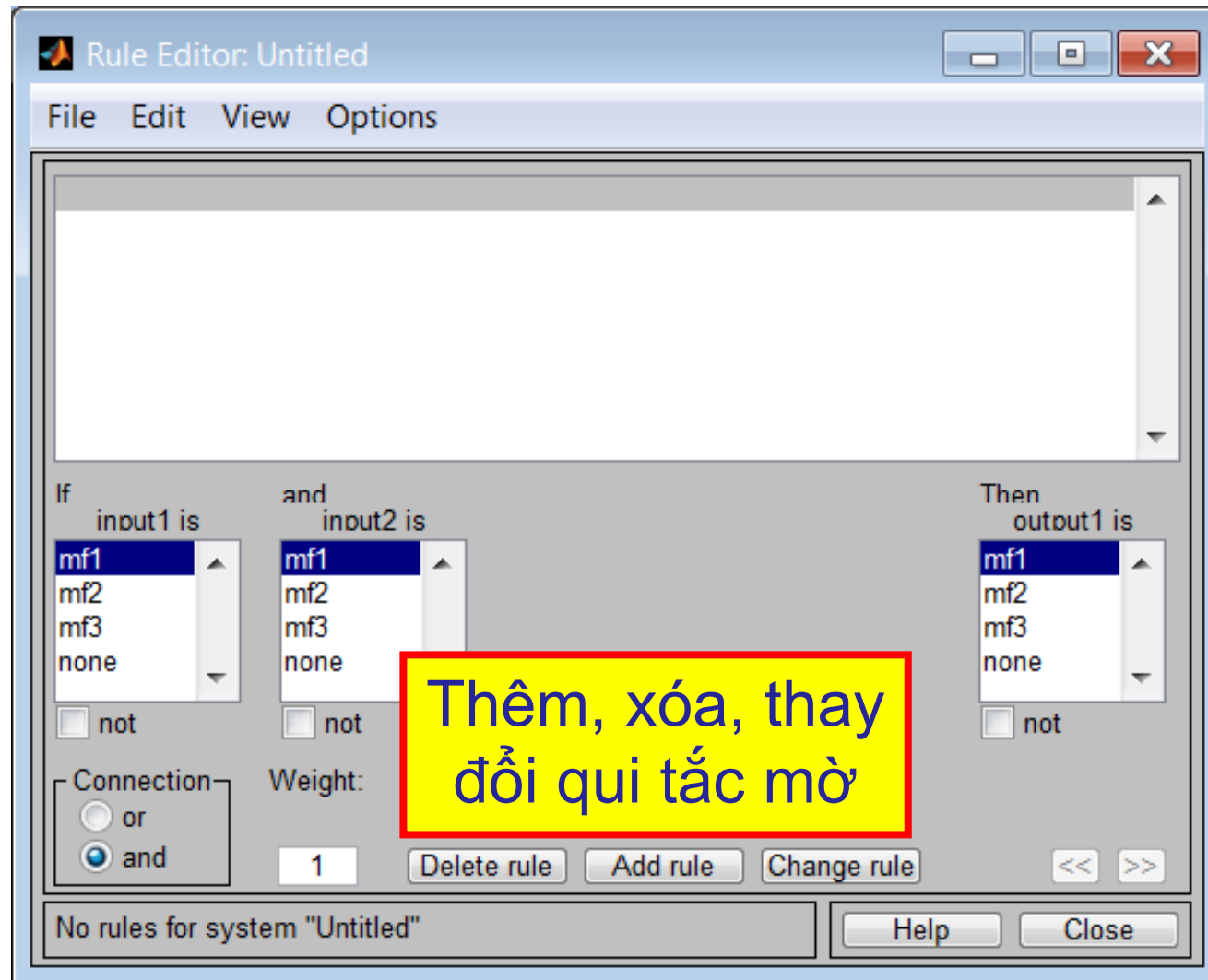


Trở về cửa sổ FIS Editor, double-click vào khối chữ nhật màu trắngUntitled (Mamdani), cửa sổ soạn thảo hệ qui tắc xuất hiện như hình bên





Trở về cửa sổ FIS Editor, double-click vào khối chữ nhật màu trắngUntitled (Mamdani), cửa sổ soạn thảo hệ qui tắc xuất hiện như hình bên



## Các bước khai báo hệ mờ dùng Fuzzy Toolbox

- ★ Khai báo ngõ vào, ngõ ra: số ngõ vào/ra, đặt tên biến vào ra
- ★ Khai báo giá trị ngôn ngữ cho các biến vào/ra: chọn tầm (range), khai báo số hàm liên thuộc, dạng hàm liên thuộc, thông số hàm liên thuộc
- ★ Khai báo các qui tắc
- ★ Chọn phương pháp suy luận, giải mờ
- ★ Xem kết quả suy luận, quan hệ vào-ra của hệ mờ, mô phỏng đánh giá kết quả điều khiển

Sau khi học xong chương 2, SV phải có khả năng:

- ★ Nắm vững khái niệm tập mờ và thực hiện các phép toán trên tập mờ
- ★ Nắm vững khái niệm biến ngôn ngữ và biết cách định nghĩa các giá trị ngôn ngữ cho biến ngôn ngữ
- ★ Tính toán mờ hóa, suy luận mờ, giải mờ
- ★ Phân biệt được hệ mờ Mamdani và hệ mờ Sugeno
- ★ Thiết kế các hệ suy luận mờ
- ★ Sử dụng Fuzzy Logic Toolbox

## Chuẩn đầu ra của môn học

- ★ Hiểu khái niệm về hệ thống điều khiển thông minh
- ★ **Hiểu lý thuyết tập mờ, logic mờ, suy luận mờ và hệ mờ**
- ★ Phân tích và thiết kế bộ điều khiển mờ
- ★ Hiểu khái niệm mạng thần kinh (nhân tạo), cấu trúc mạng và các thuật toán huấn luyện
- ★ Sử dụng mạng thần kinh trong nhận dạng và điều khiển
- ★ Phân tích các hệ thống điều khiển thông minh trong công nghiệp và dân dụng.
- ★ Sử dụng kỹ năng làm việc nhóm và kỹ năng giao tiếp để giải các bài tập lớn, đồ án thiết kế;
- ★ Sử dụng phần mềm Matlab trong mô phỏng và thiết kế hệ thống điều khiển thông minh