

# Trí tuệ nhân tạo



Tuần 10

Giảng viên: TS. Trần Đức Minh

# Nội dung trình bày



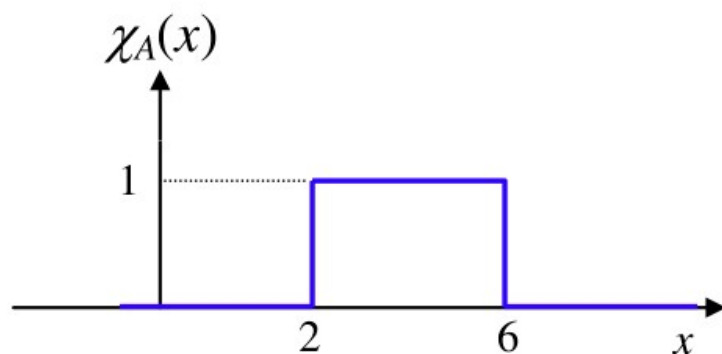
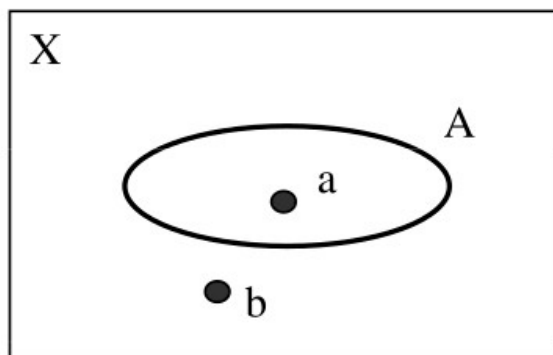
- Giới thiệu về mờ
- Tập hợp mờ
- Các phép toán trên tập mờ
- Logic mờ
- Suy luận mờ
- Hệ mờ
- Ví dụ



# Khái niệm tập hợp mờ

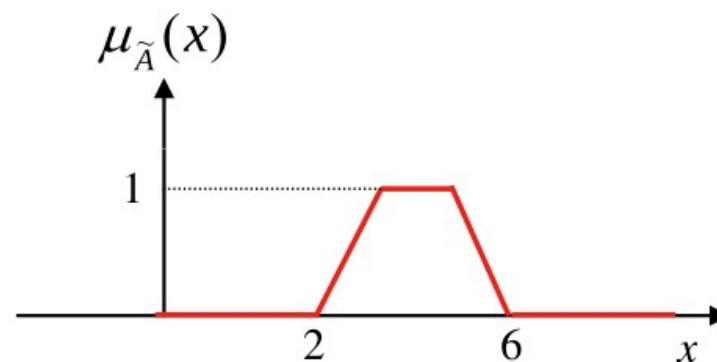
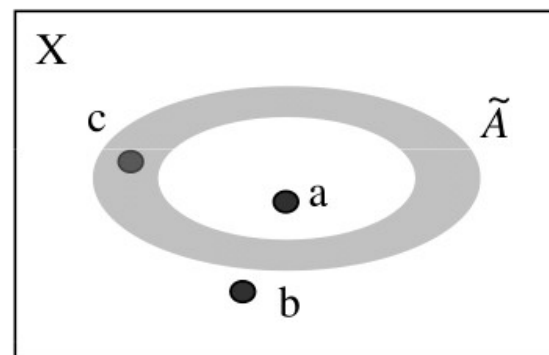


**Tập rõ**



- Tập rõ có biên rõ ràng
- Tập rõ được định nghĩa thông qua hàm đặc trưng

**Tập mờ**



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

# Khái niệm tập hợp mờ



- Ví dụ:
  - Tập rõ:  $A = \{x \in \mathbb{R}, -1 \leq x \leq 5\}$   
 $B = \{x \in \mathbb{R}, x \leq 7\}$   
 $C = \{\text{người có chiều cao } h > 1.65\text{m}\}$   
 $D = \{\text{giá trị nhiệt độ } T < 40^\circ\text{C}\}$
  - Tập mờ:  $\tilde{A} = \{x \in \mathbb{R}, x \approx 3\}$   
 $\tilde{B} = \{x \in \mathbb{R}, x \ll 7\}$   
 $\tilde{C} = \{\text{người cao}\}$   
 $\tilde{D} = \{\text{nhiệt độ thấp}\}$
  - Không thể xác định được tập mờ nếu không định nghĩa hàm liên thuộc mô tả tập mờ đó.

# Định nghĩa tập 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 ánh xạ:

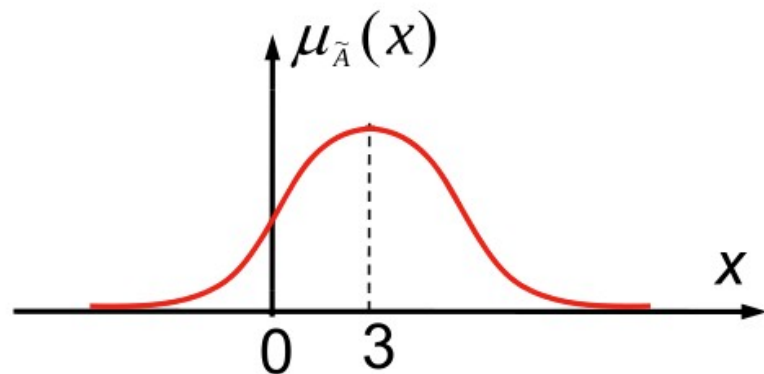
$$\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0, 1]$$

- Ánh xạ  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  được gọi là hàm liên thuộc của tập mờ  $\tilde{A}$
- Hàm liên thuộc đặc trưng cho độ phụ thuộc của một phần tử 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.**

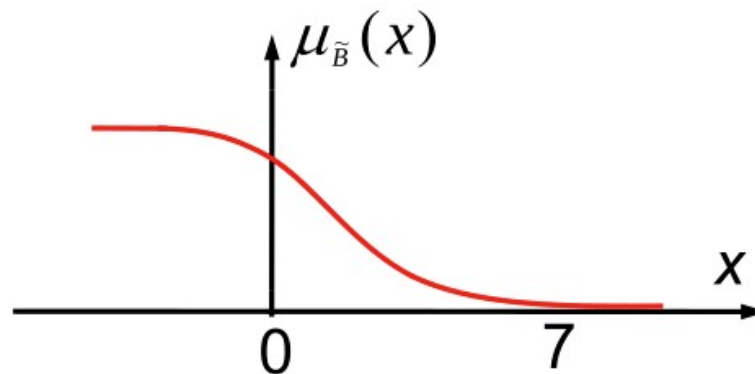
# Ví dụ hàm liên thuộc mô tả tập mờ



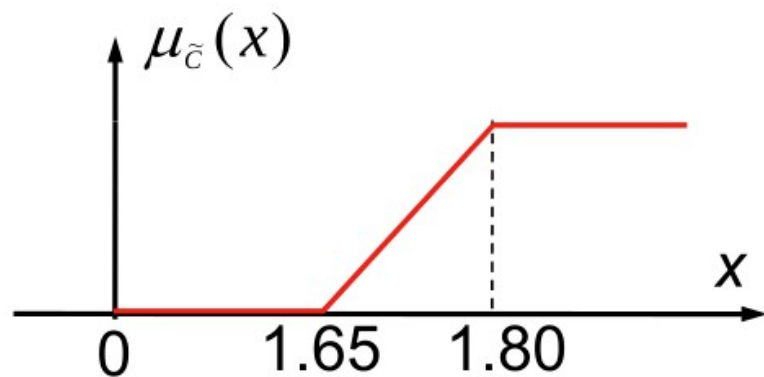
$$\tilde{A} = \{x \in \mathbb{R}, x \approx 3\}$$



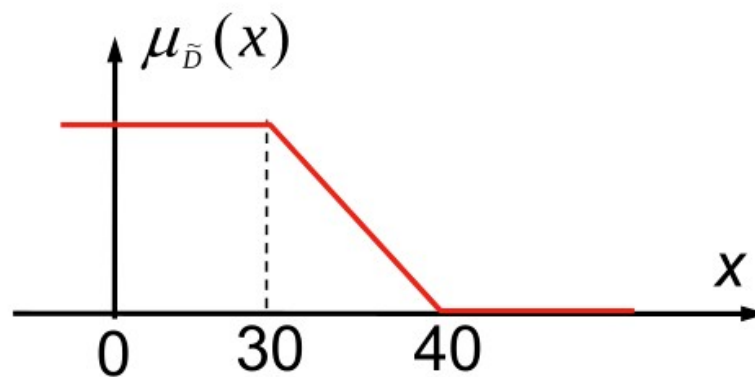
$$\tilde{B} = \{x \in \mathbb{R}, x \ll 7\}$$



$$\tilde{C} = \{\text{người cao}\}$$



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



# Ký hiệu tập mờ



- 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

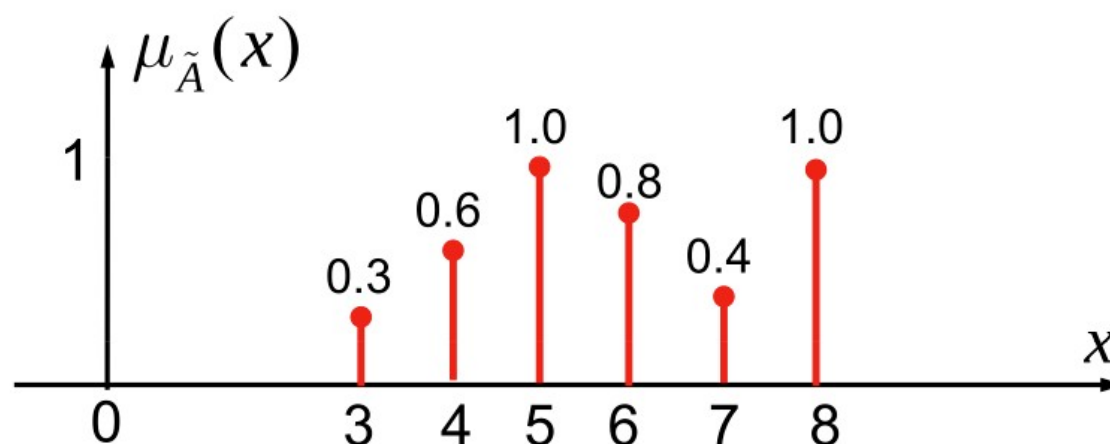
$$\tilde{A} = \int_X \frac{\mu(x)}{x}$$



# Ký hiệu tập mờ



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



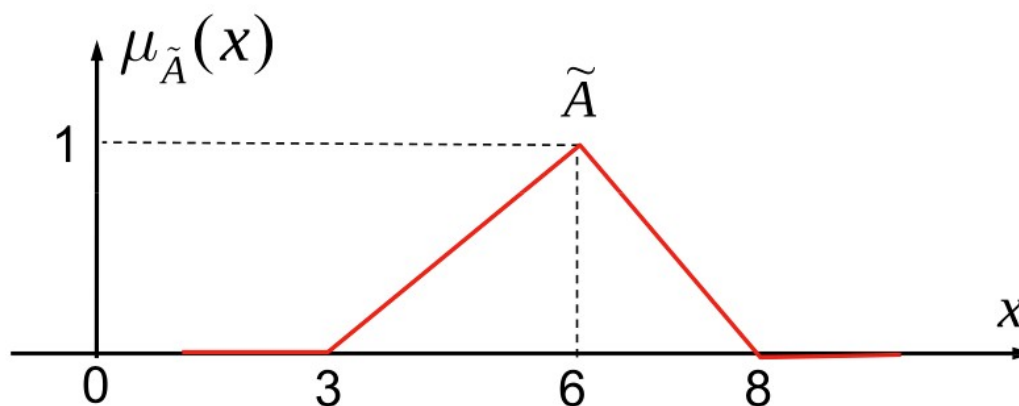
$$\tilde{A} = \frac{0.3}{3} + \frac{0.6}{4} + \frac{1.0}{5} + \frac{0.8}{6} + \frac{0.4}{7} + \frac{1.0}{8}$$



# Ký hiệu tập mờ



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



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

# Bài tập



- Vẽ hàm liên thuộc của tập mờ

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

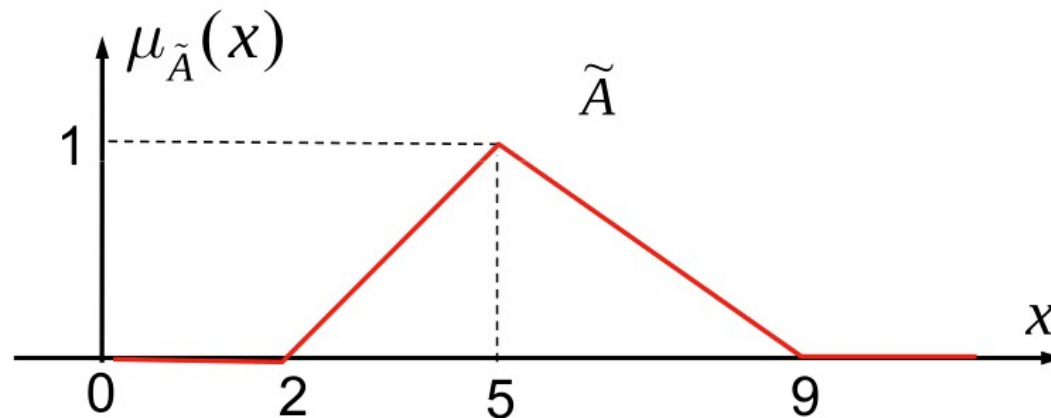
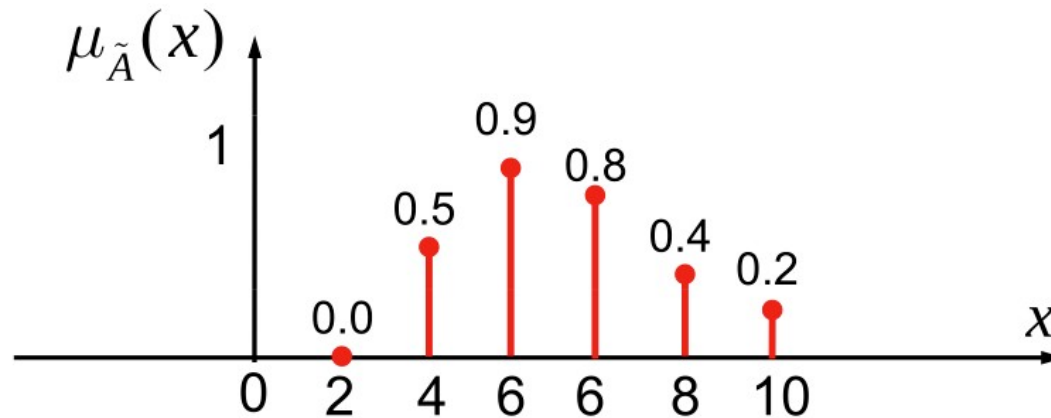
- Vẽ hàm liên thuộc của tập mờ  $\tilde{A}$ , biết rằng:

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

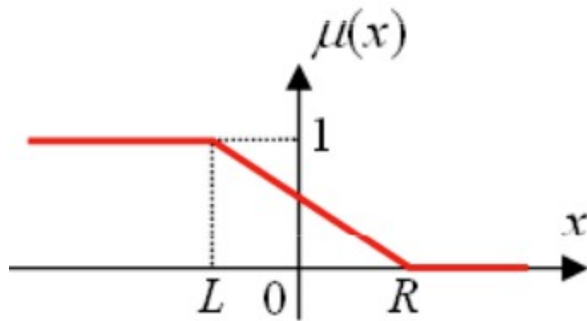
# Bài tập



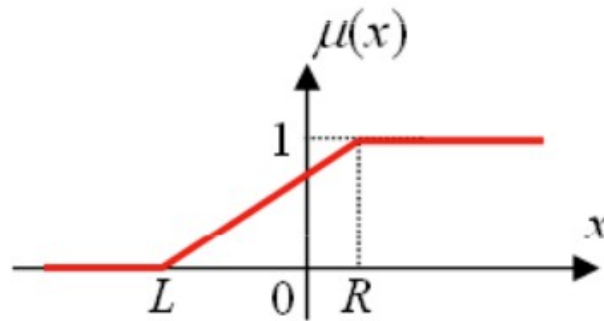
- Viết biểu thức biểu diễn tập mờ từ hàm liên thuộc:



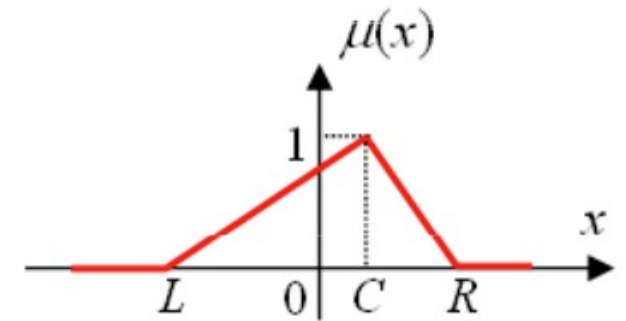
# Một số dạng hàm liên thuộc



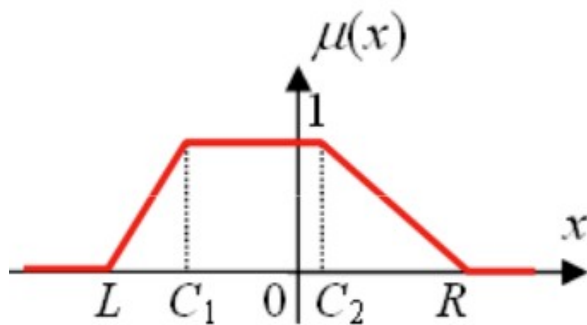
(a)



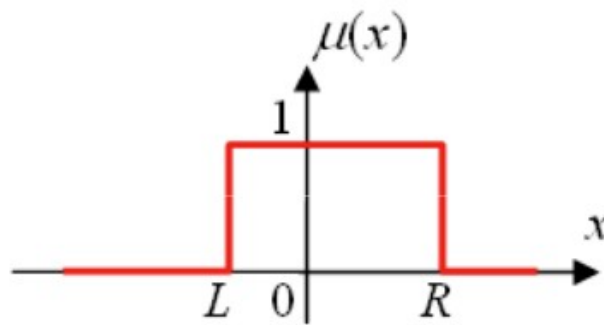
(b)



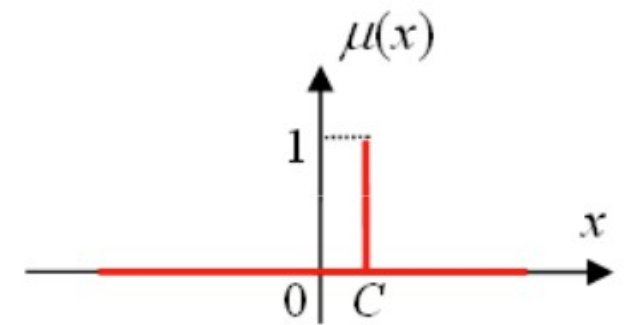
(c)



(d)

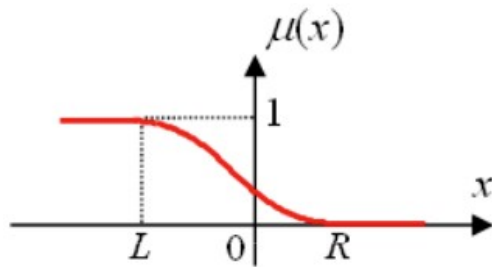


(e)

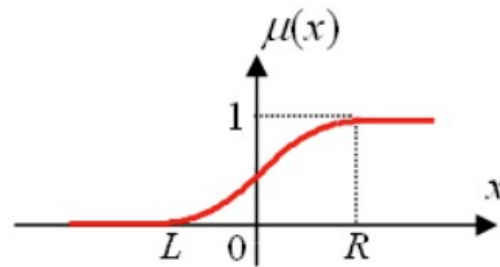


(f)

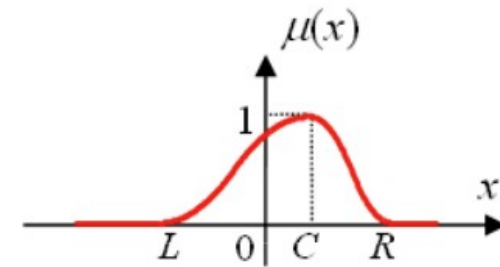
# Một số dạng hàm liên thuộc



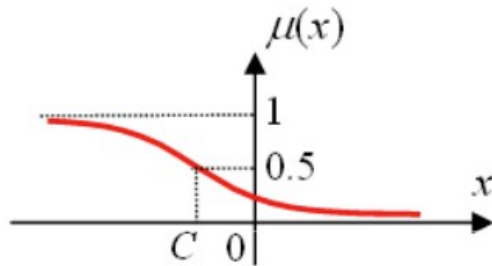
(g)



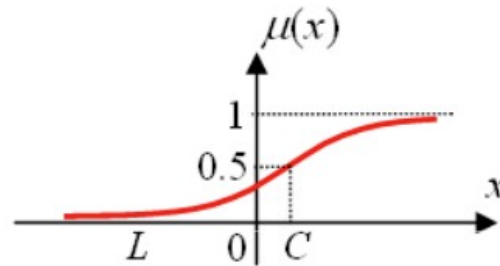
(h)



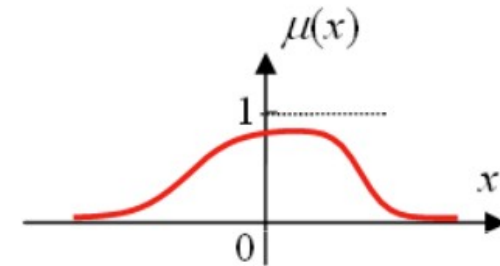
(i)



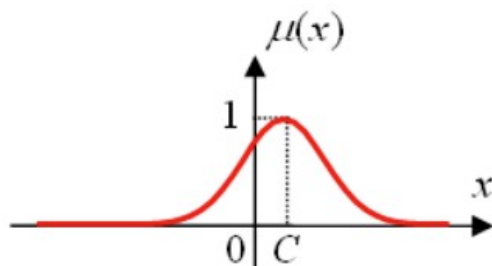
(j)



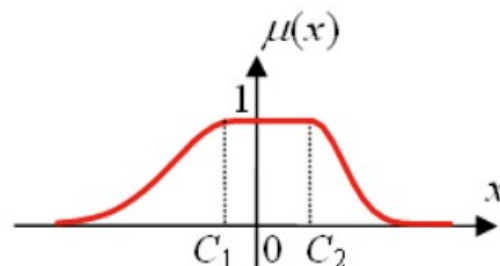
(k)



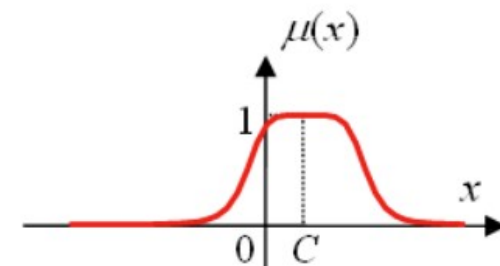
(l)



(m)

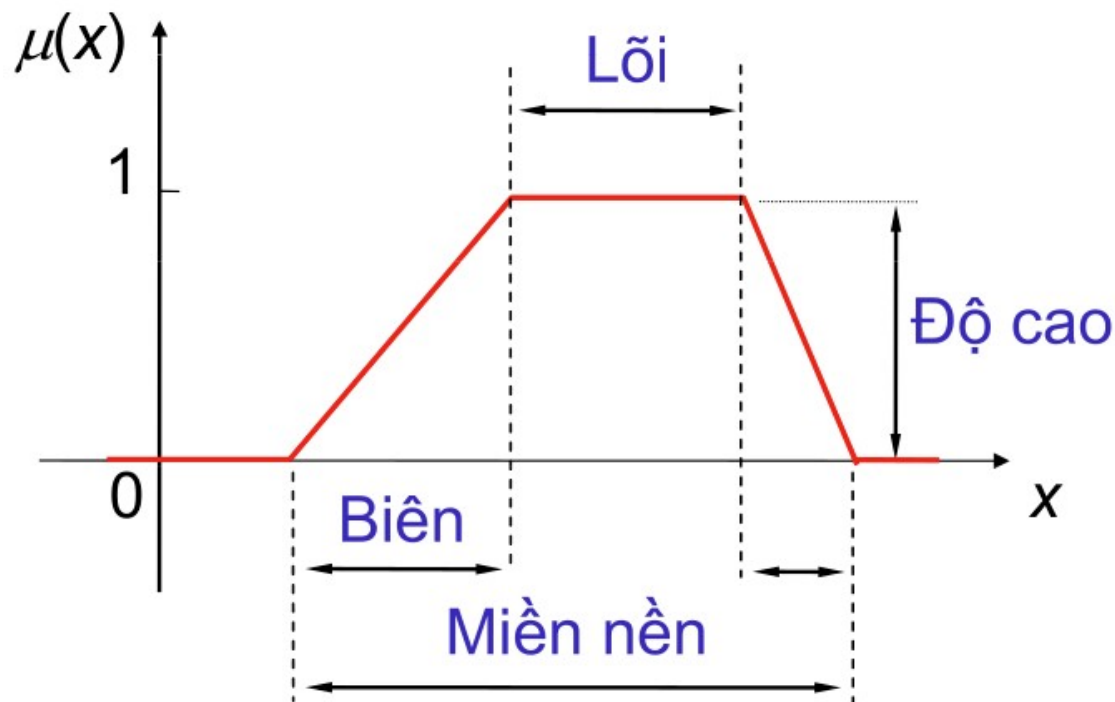


(n)



(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 liên thuộc  $hgt(\tilde{A}) = \sup_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x)$

# Tập cắt ngưỡng $\alpha$



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

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

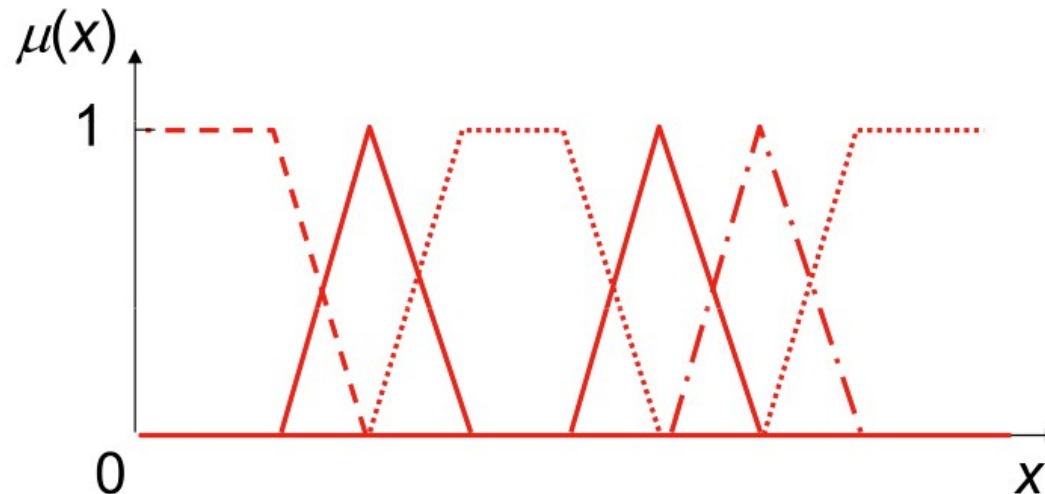


# Phân hoạch mờ



- 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  $\tilde{A}_i \neq \phi, \tilde{A}_i \neq X$  và:

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

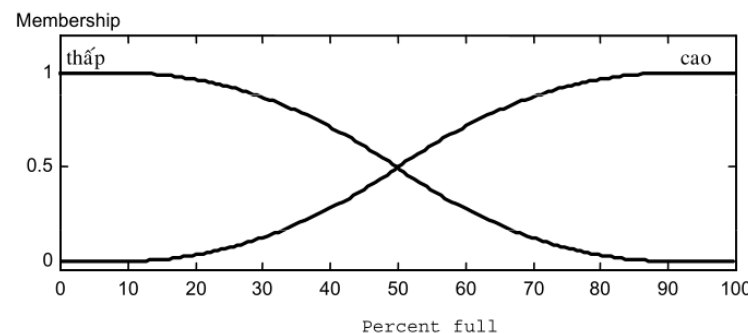




# Biến ngôn ngữ và giá trị ngôn ngữ



- **Biến ngôn ngữ** là biến chỉ nhận các giá trị ngôn ngữ.
  - Ví dụ: Biến ngôn ngữ “nhiệt độ phòng học” 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"

# Biến ngôn ngữ và giá trị ngôn ngữ



- Bài tập ví dụ:
  - Cho biến ngôn ngữ “chiều cao” của một người trưởng thành, 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 chiều cao nằm trong miền  $140\text{cm} < x < 220\text{cm}$

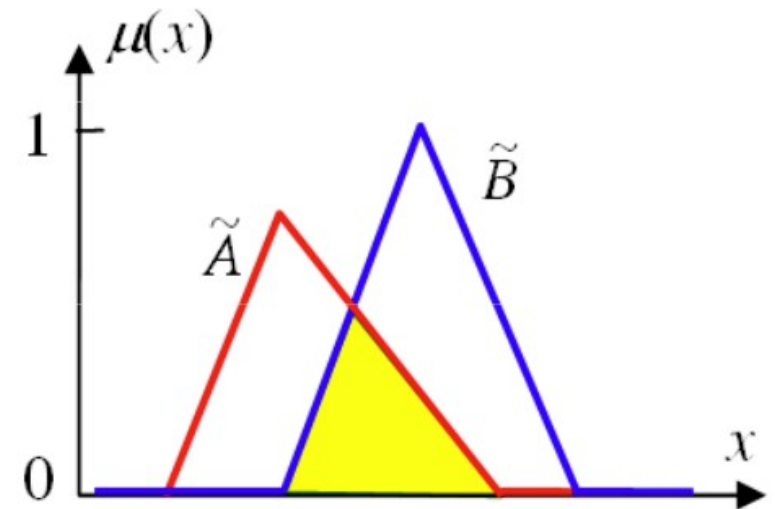
# Phép toán trên tập mờ



- **Phép giao:** Giao của hai tập mờ  $\tilde{A}$  và  $\tilde{B}$  có cùng cơ sở  $X$  là một tập mờ xác định trên 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), ...
- Ví dụ: Giao của hai tập mờ cùng toán tử MIN



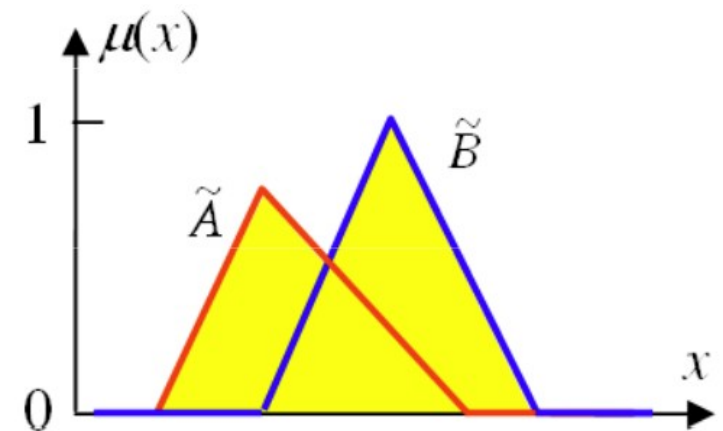
# Phép toán trên tập mờ



- **Phép hợp:** Hợp của hai tập mờ  $\tilde{A}$  và  $\tilde{B}$  có cùng cơ sở  $X$  là một tập mờ xác định trên 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).
- Ví dụ: Hợp của hai tập mờ cùng toán tử MAX

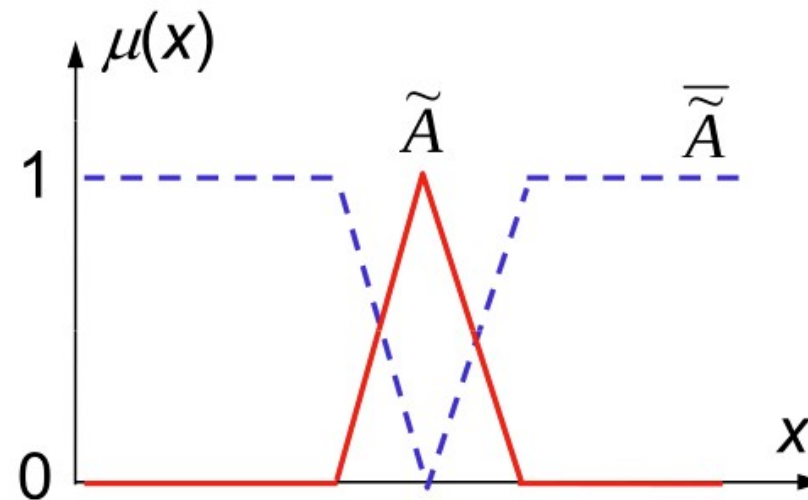


# Phép toán trên tập mờ

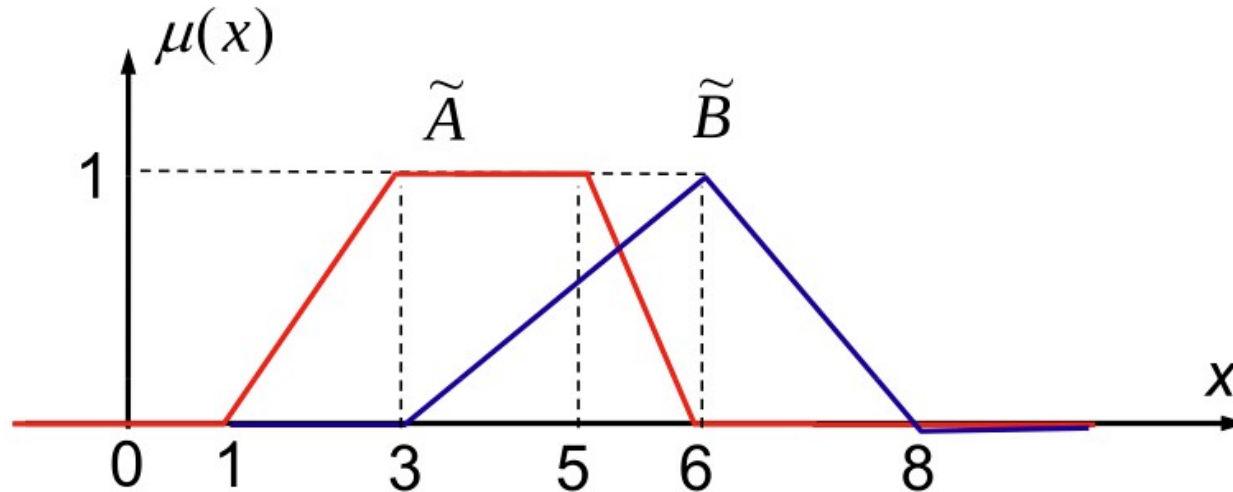


- **Phép bù:** Bù của tập mờ  $A$  trên tập cơ sở  $X$  là một tập mờ xác định trên cơ sở  $X$  có hàm liên thuộc:

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



# Bài tập



- Vẽ hàm liên thuộc của các tập mờ
  - $\tilde{A} \cup \tilde{B}$  dùng toán tử MAX
  - $\tilde{A} \cap \tilde{B}$  dùng toán tử MIN
  - $\overline{\tilde{A} \cup \tilde{B}}$  dùng toán tử MAX

# 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
  - “Độ ẩm” là “cao”
  - “Chiều cao” là “thấp”
  - “Sức bật” 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 của mệnh đề mờ là một giá trị bất kỳ nằm trong đoạn  $[0,1]$ .
- Giá trị thật của mệnh đề mờ  $\tilde{P}: x \in \tilde{A}$  bằng độ phụ thuộc của  $x$  vào tập mờ  $\tilde{A}$  và ký hiệu là  $T(\tilde{P})$

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



# Các phép toán trên mệnh đề mờ



- **Phép phủ định**

- 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

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



# Các phép toán trên mệnh đề mờ



- **Phép giao**

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

$$\begin{aligned} & \tilde{P} \wedge \tilde{Q}: x \in \tilde{A} \text{ và } x \in \tilde{B} \\ \Rightarrow & \tilde{P} \wedge \tilde{Q}: x \in (\tilde{A} \cap \tilde{B}) \end{aligned}$$

- Giá trị thật của mệnh đề giao là

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



# Các phép toán trên mệnh đề mờ



- **Phép hợp**

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

$$\begin{aligned} & \tilde{P} \vee \tilde{Q}: x \in \tilde{A} \text{ và } x \in \tilde{B} \\ \Rightarrow & \tilde{P} \vee \tilde{Q}: x \in (\tilde{A} \cup \tilde{B}) \end{aligned}$$

- Giá trị thật của mệnh đề hợp là

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



# Các phép toán trên mệnh đề mờ



- **Phép kéo theo**

- Mệnh đề kéo theo

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

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

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

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

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

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

# Quy tắc mờ và hệ quy tắc mờ



- **Quy 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 quy tắc mờ:  
Nếu  $(x_1 \text{ là } \tilde{A}_1)$  và  $(x_2 \text{ là } \tilde{A}_2)$  thì  $(y \text{ là } \tilde{B})$
- **Hệ quy tắc mờ** chứa nhiều quy tắc mờ

# Suy luận mờ



- Giả sử ta có quy tắc

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

- Nếu biết  $x$  là  $x'$ , ta cần suy ra giá trị  $y$
- Quá trình suy ra giá trị ở mệnh đề kết luận khi biết **quy tắc mờ** và **giá trị cụ thể** ở mệnh đề điều kiện được gọi là **suy luận mờ**.



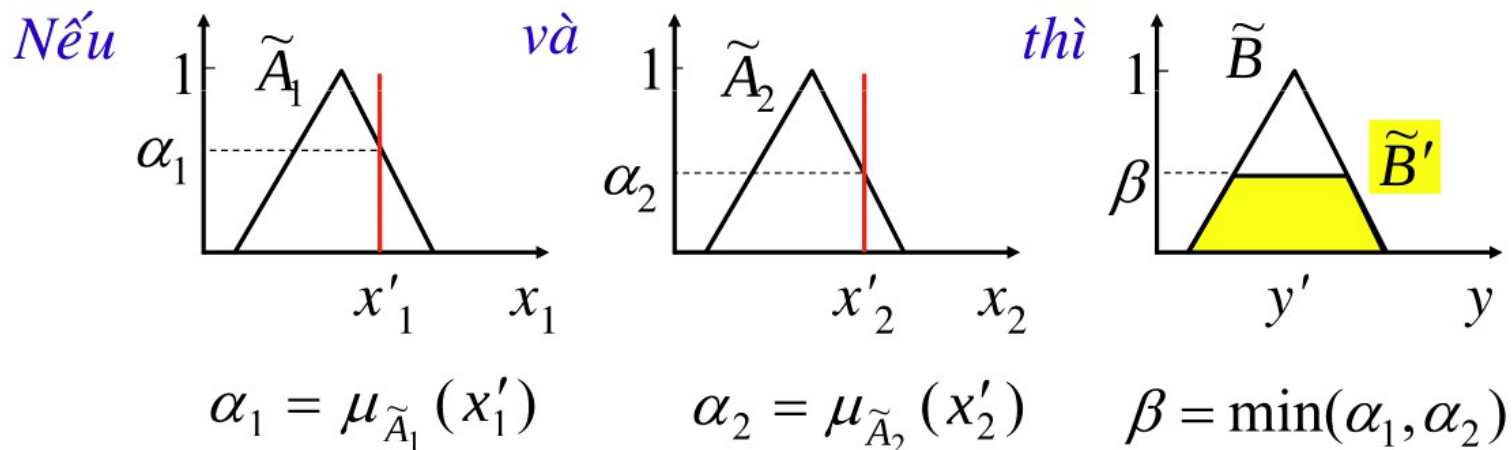
# Phương pháp suy diễn MAX-MIN



- Xét quy tắc mờ

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

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



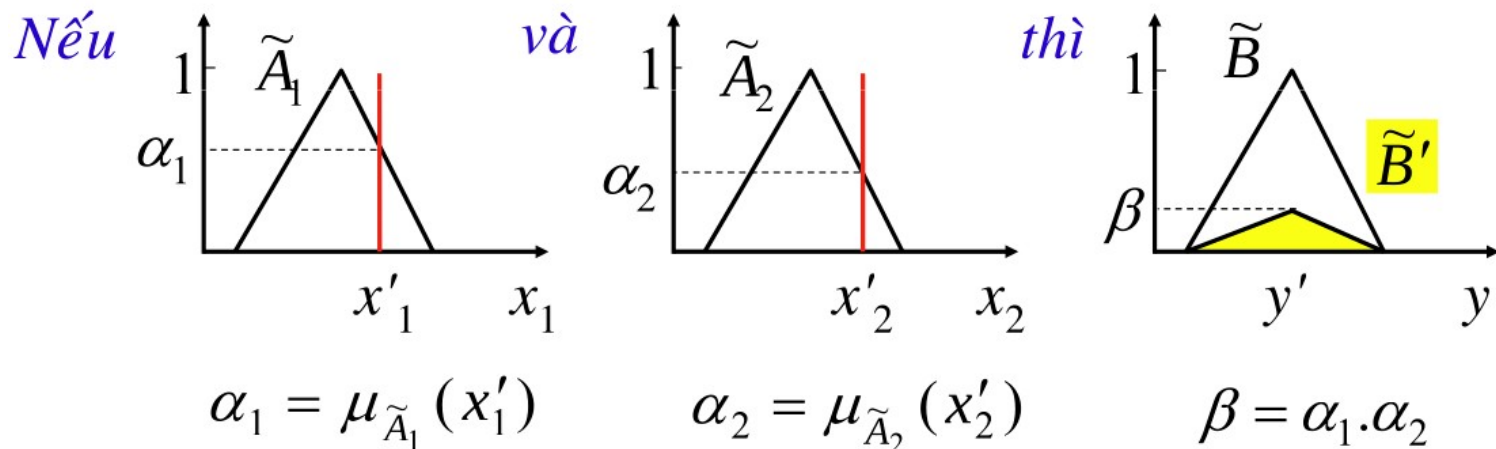
# Phương pháp suy diễn MAX-PROD



- Xét quy tắc mờ

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

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





# Suy luận từ hệ quy tắc mờ

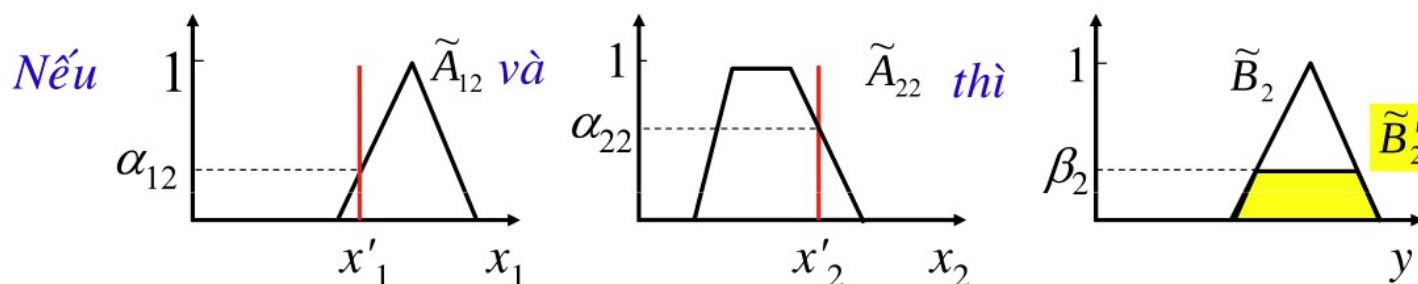
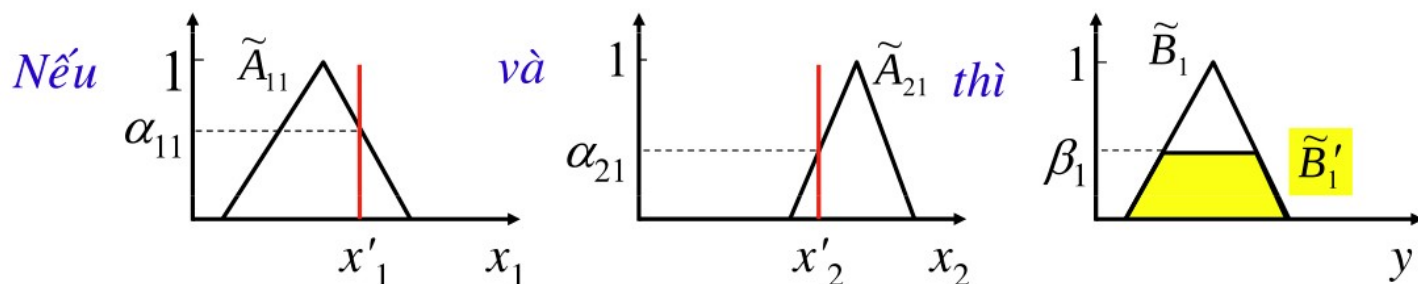


- Kết quả suy luận của hệ quy tắc mờ bằng hợp kết quả suy luận của từng quy tắc.
- Ví dụ:
  - Xét hệ gồm 2 quy tắc mờ
    - r1: Nếu ( $x_1$  là  $\tilde{A}_{11}$ ) và ( $x_2$  là  $\tilde{A}_{21}$ ) thì ( $y$  là  $\tilde{B}_1$ )
    - r2: Nếu ( $x_1$  là  $\tilde{A}_{12}$ ) và ( $x_2$  là  $\tilde{A}_{22}$ ) thì ( $y$  là  $\tilde{B}_2$ )

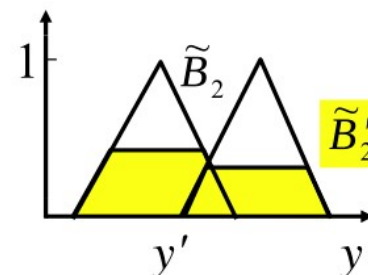
# Suy luận từ hệ quy tắc mờ



- Giả sử đầu vào  $x_1$  là  $x'_1$  và  $x_2$  là  $x'_2$ . Ta có:



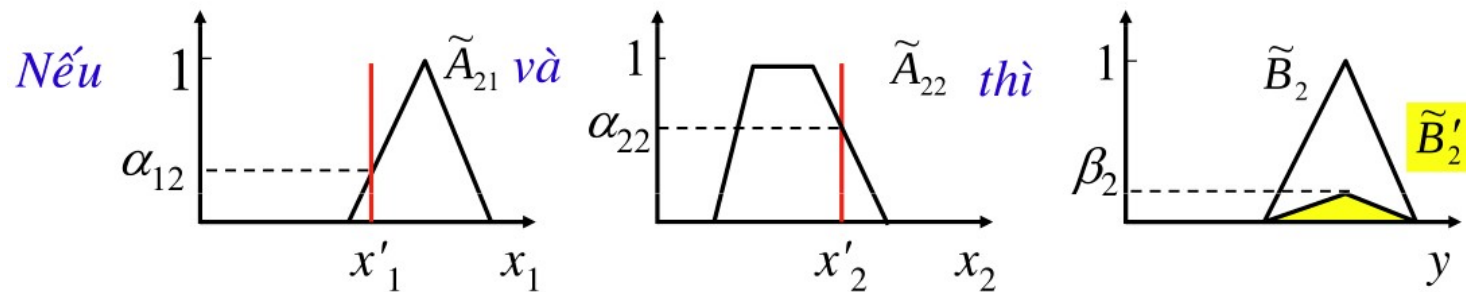
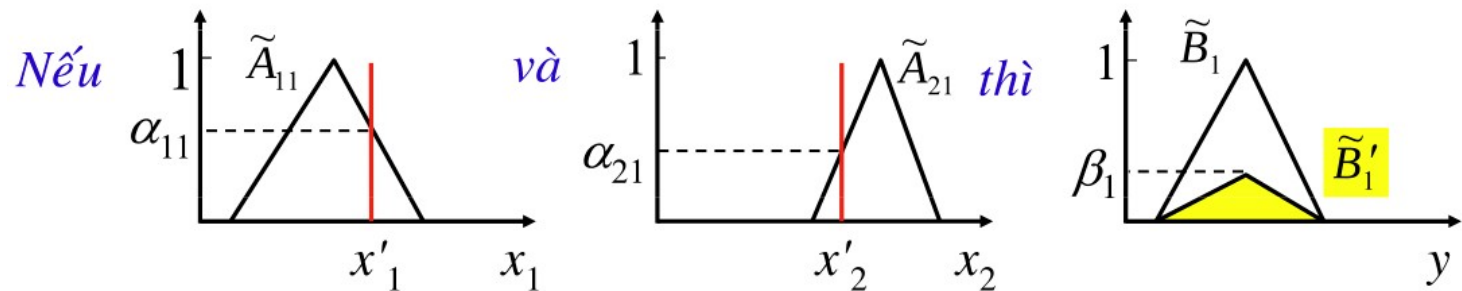
Luật hợp thành MAX-MIN



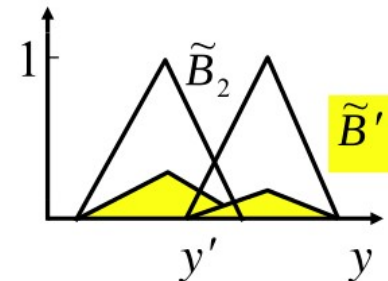
# Suy luận từ hệ quy tắc mờ



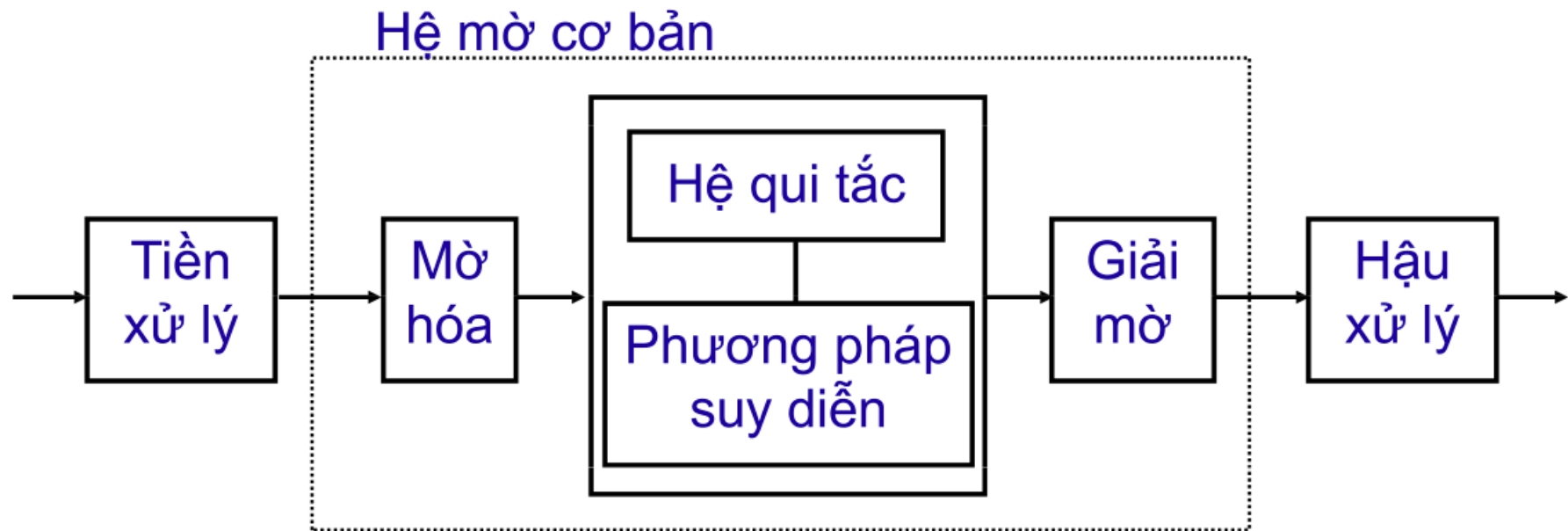
- Giả sử đầu vào  $x_1$  là  $x'_1$  và  $x_2$  là  $x'_2$ . Ta có:



Luật hợp thành MAX-PROD



# Hệ mờ



# Hệ mờ - Tiền xử lý



- Tín hiệu vào bộ điều khiển thường là giá trị rõ (giá trị thực tế), bộ tiền xử lý có chức năng xử lý các giá trị rõ 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.



# Hệ mờ - Mờ hóa



- **Mờ hóa** là quá trình chuyển các giá trị rõ thành các 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 mờ - Hệ quy tắc mờ



- **Hệ quy 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 quy tắc mờ thường dùng:
  - Quy tắc mờ Mamdani
  - Quy tắc mờ Sugeno



# Hệ mờ - Hệ quy tắc mờ



- **Quy tắc Mamdani**

- Quy tắc Mamdani là quy tắc mờ trong đó **mệnh đề kết luận là các mệnh đề mờ**.
- Quy 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 “thời tiết” là “nóng” và “độ ẩm” là “cao” thì “thiết bị” là “nhanh hỏng”



# Hệ mờ - Hệ quy tắc mờ



- **Quy tắc Sugeno**

- Quy tắc Sugeno là quy tắc mờ trong đó **mệnh đề kết luận là hàm của các biến vào.**

- Quy tắc Sugeno có dạng:

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

**thì  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$**

- Quy 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  $\tilde{A}_n$**

**thì  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$**

# Hệ mờ - Giải mờ



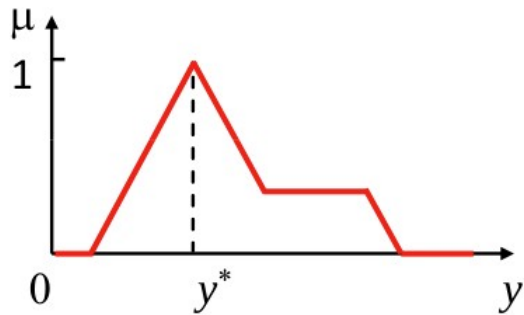
- **Giải mờ** (defuzzification) là chuyển đổi giá trị mờ ở đầu ra của hệ mờ thành giá trị rõ.
- Các phương pháp giải mờ được đưa về hai nhóm
  - **Giải mờ dựa vào độ cao**: thường dùng trong các bài toán phân nhóm.
  - **Giải mờ dựa vào điểm trọng tâm**: thường dùng trong các bài toán điều khiển.



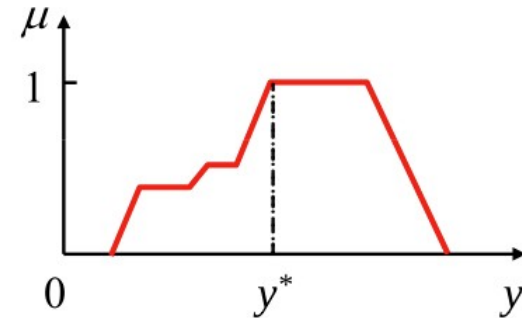
# Hệ mờ - Giải mờ



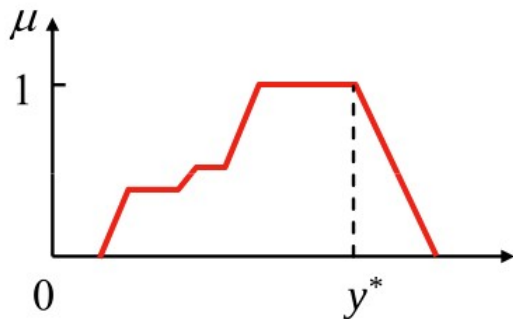
- Các phương pháp giải mờ dựa vào độ cao



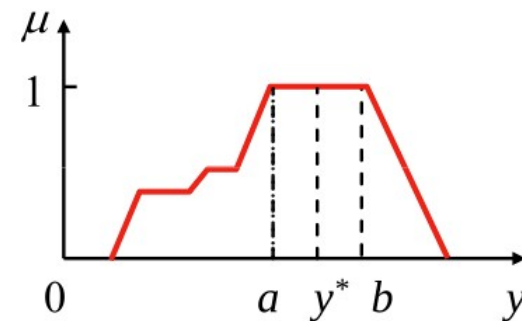
PP độ cao



PP cận trái (LOM) cực đại



PP cận phải (ROM) cực đại

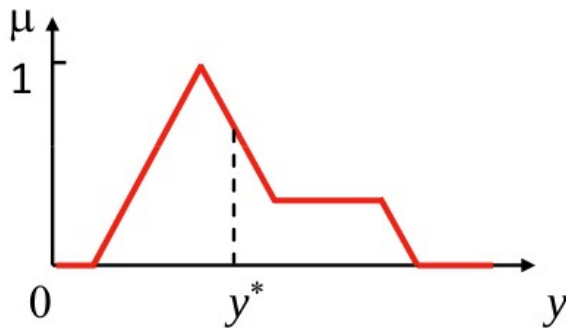


PP trung bình của giá trị cực đại

# Hệ mờ - Giải mờ

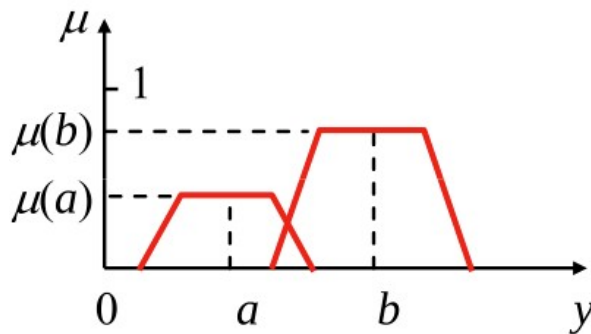


- Các phương pháp giải mờ dựa vào trọng tâm



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 có trọng số

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

# Hệ mờ - Hậu xử lý



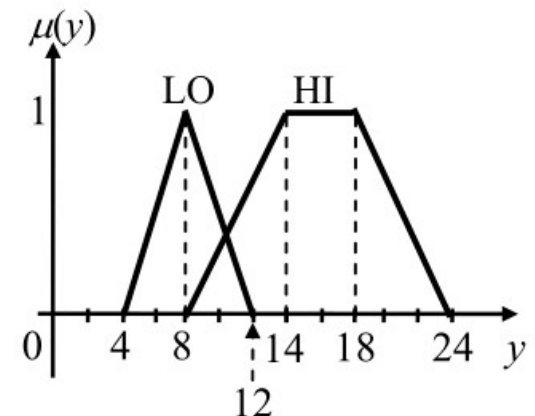
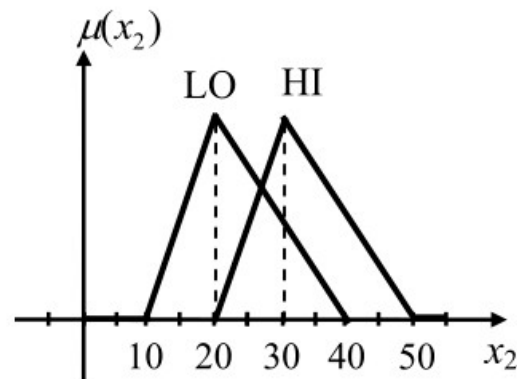
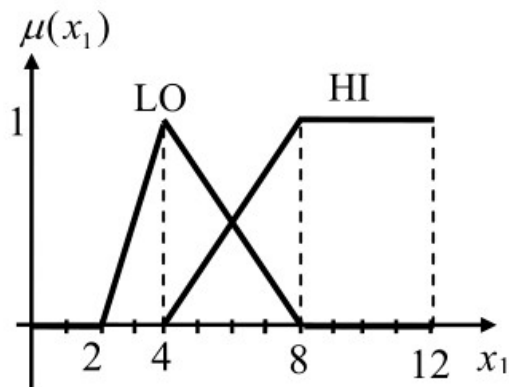
- Đây là bước xử lý các giá trị rõ sau khi giải mờ.
- Ví dụ:
  - Thông tin về dự báo một vấn đề nào đó (điểm ảnh)
  - Thông tin về điều khiển



# Bài tập ví dụ



- Đầu bài:
  - Cho hệ mờ gồm 2 quy tắc
    - Nếu  $x_1$  là THẤP (LO) và  $x_2$  là THẤP thì  $y$  là CAO (HI)
    - Nếu  $x_1$  là CAO và  $x_2$  là CAO thì  $y$  là THẤP
  - Trong đó các giá trị ngôn ngữ của các biến được định nghĩa như sau:



# Bài tập ví dụ



- Đầu bài:
  - Cho tín hiệu vào  $x_1 = 5$ ,  $x_2 = 25$ 
    - 1) Hãy vẽ kết quả suy luận mờ dùng phương pháp suy diễn MAX\_MIN
    - 2) Hãy tính giá trị rõ suy luận được sử dụng 2 phương pháp
      - Sử dụng phương pháp giải mờ trung bình có trọng số.
      - Sử dụng phương pháp giải mờ trọng tâm

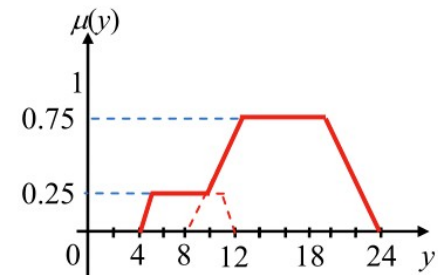
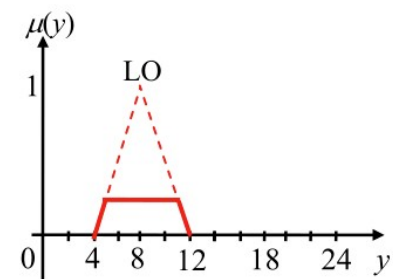
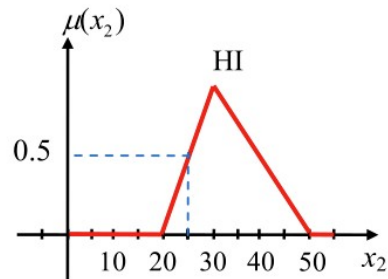
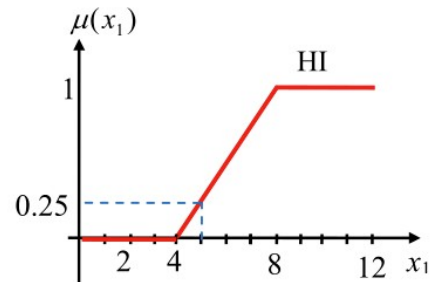
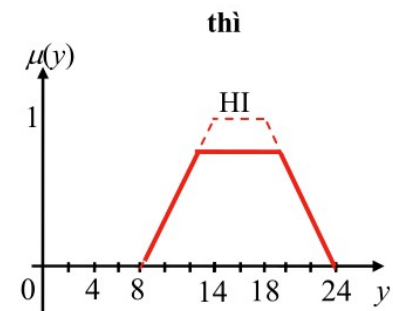
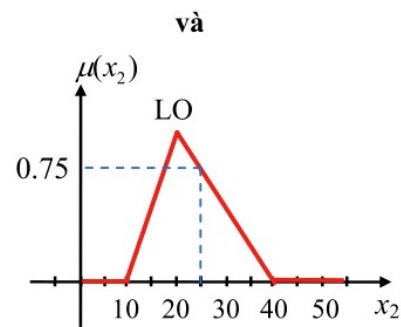
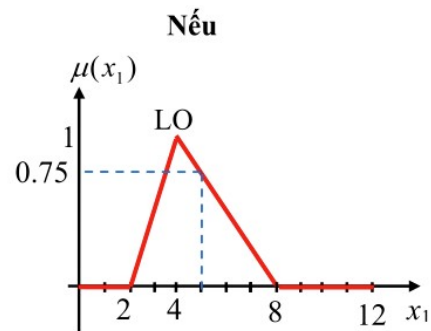


# Bài tập ví dụ



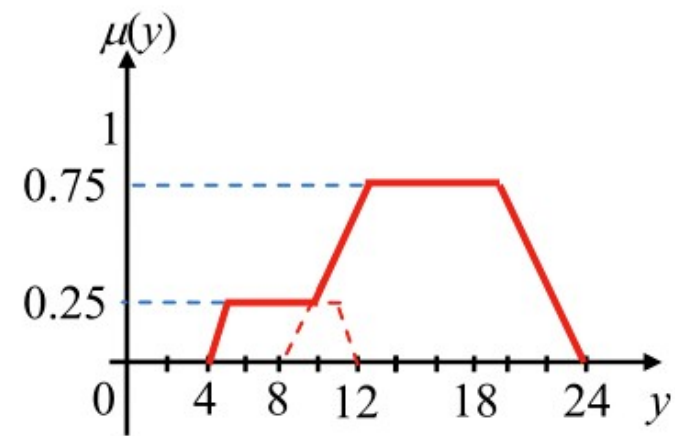
- Bài giải:

– 1)





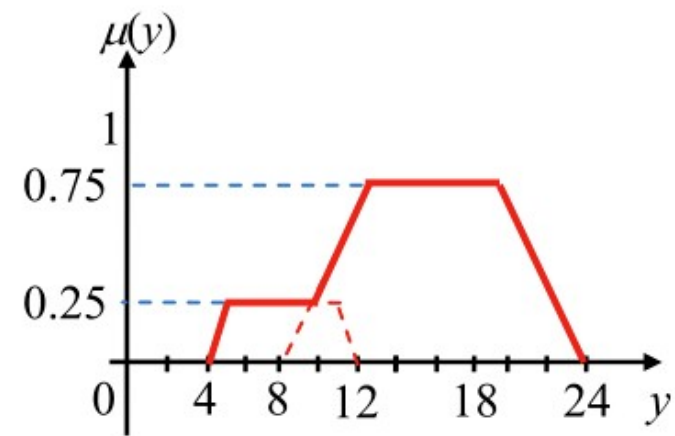
## Bài tập ví dụ



- Bài giải:
  - 2) Giải mờ dùng phương pháp trung bình có trọng số:

$$y^* = \frac{8 \times 0.25 + 16 \times 0.75}{0.25 + 0.75} = 14$$

## Bài tập ví dụ



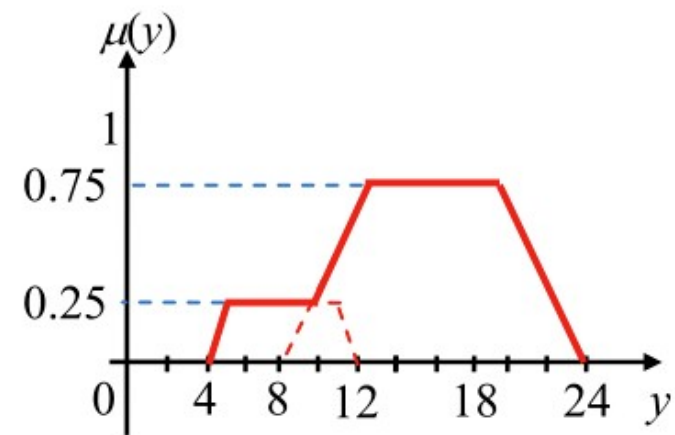
- Bài giải:

- 2) Giải mờ dùng phương pháp trọng tâm

- Biểu thức hàm liên thuộc của tập mờ ở đầu ra

$$\mu(y) = \begin{cases} 0 & (y < 4 \text{ or } y > 24) \\ \frac{y-4}{4} & (4 \leq y \leq 5) \\ 0.25 & (5 \leq y \leq 9.5) \\ \frac{y-8}{6} & (9.5 \leq y \leq 12.5) \\ 0.75 & (12.5 \leq y \leq 19.5) \\ \frac{24-y}{6} & (19.5 \leq y \leq 24) \end{cases}$$

# Bài tập ví dụ



- Bài giải:
  - 2) Giải mờ dùng phương pháp trọng tâm
    - Giải mờ trọng tâm

$$\begin{aligned}
 y^* &= \frac{\int_4^{24} y\mu(y)dy}{\int_4^{24} \mu(y)dy} \\
 &= \frac{\int_4^5 y\left(\frac{y-4}{4}\right)dy + \int_5^{9.5} 0.25ydy + \int_{9.5}^{12.5} y\left(\frac{y-8}{6}\right)dy + \int_{12.5}^{19.5} 0.75ydy + \int_{19.5}^{24} y\left(\frac{24-y}{6}\right)dy}{\int_4^5 \left(\frac{y-4}{4}\right)dy + \int_5^{9.5} 0.25dy + \int_{9.5}^{12.5} \left(\frac{y-8}{6}\right)dy + \int_{12.5}^{19.5} 0.75dy + \int_{19.5}^{24} \left(\frac{24-y}{6}\right)dy} \\
 &= \frac{\left(\frac{y^3}{12} - \frac{y^2}{2}\right)\Big|_4^5 + \left(0.25\frac{y^2}{2}\right)\Big|_5^{9.5} + \left(\frac{y^3}{18} - \frac{2y^2}{3}\right)\Big|_{9.5}^{12.5} + \left(0.75\frac{y^2}{2}\right)\Big|_{12.5}^{19.5} + \left(2y^2 - \frac{y^3}{18}\right)\Big|_{19.5}^{24}}{\left(\frac{y^2}{8} - y\right)\Big|_4^5 + (0.25y)\Big|_5^{9.5} + \left(\frac{y^2}{12} - \frac{4y}{3}\right)\Big|_{9.5}^{12.5} + (0.75y)\Big|_{12.5}^{19.5} + \left(4y - \frac{y^2}{12}\right)\Big|_{19.5}^{24}} \\
 &= \frac{0.583 + 8.156 + 16.875 + 84 + 37.437}{0.125 + 1.125 + 1.5 + 5.25 + 1.688} = 15.179
 \end{aligned}$$

# Bài tập ứng dụng



- Hệ thống cửa thông minh
  - 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.

# Bài tập ứng dụng

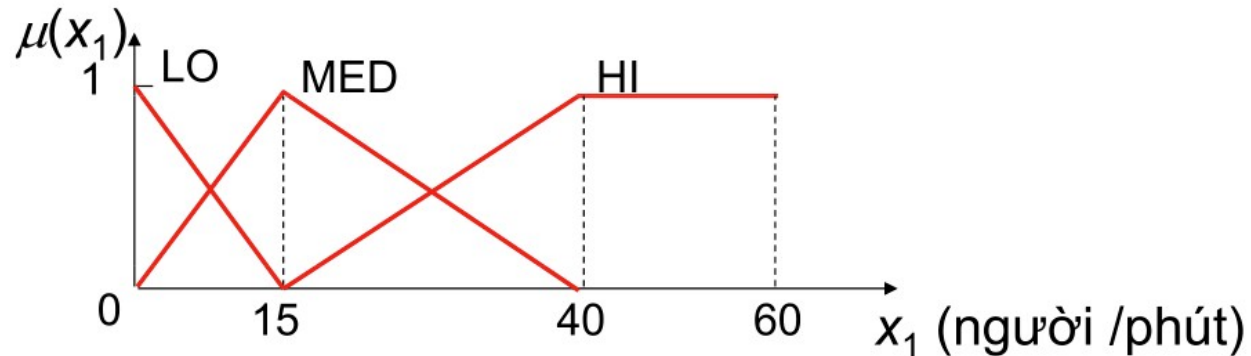


- Hệ thống cửa thông minh
  - Hệ mờ điều khiển thời gian mở cửa
    - Đầu vào:
      - $x_1$ : Lưu lượng người (số người / phút) ( $0 \leq x_1 \leq 60$ )  
 $x_1$  có các giá trị ngôn ngữ “LO”, “MED”, “HI”
      - $x_2$ : Chênh lệch nhiệt độ ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $0 \leq x_2 \leq 30$ )  
 $x_2$  có các giá trị ngôn ngữ “LO”, “MED”, “HI”, “VH”
    - Đầu ra:
      - $y$ : Thời gian mở cửa (giây)
      - $y$  có các giá trị ngôn ngữ “VS”, “S”, “MED”, “L”, “VL”

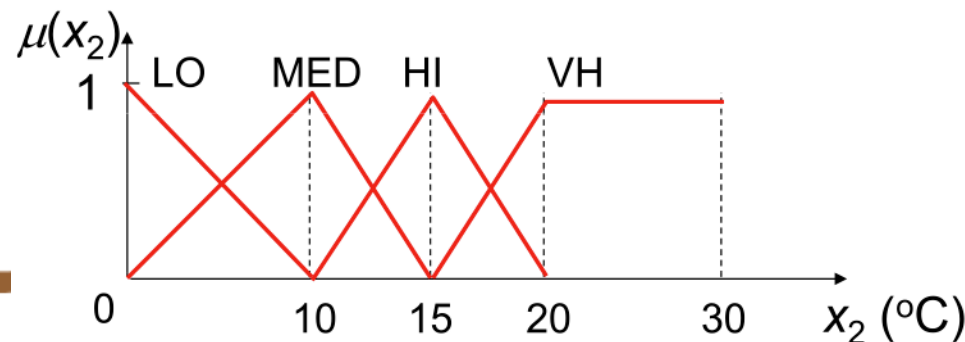
# Bài tập ứng dụng



- Hệ thống cửa thông minh
  - Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ của biến lưu lượng người:



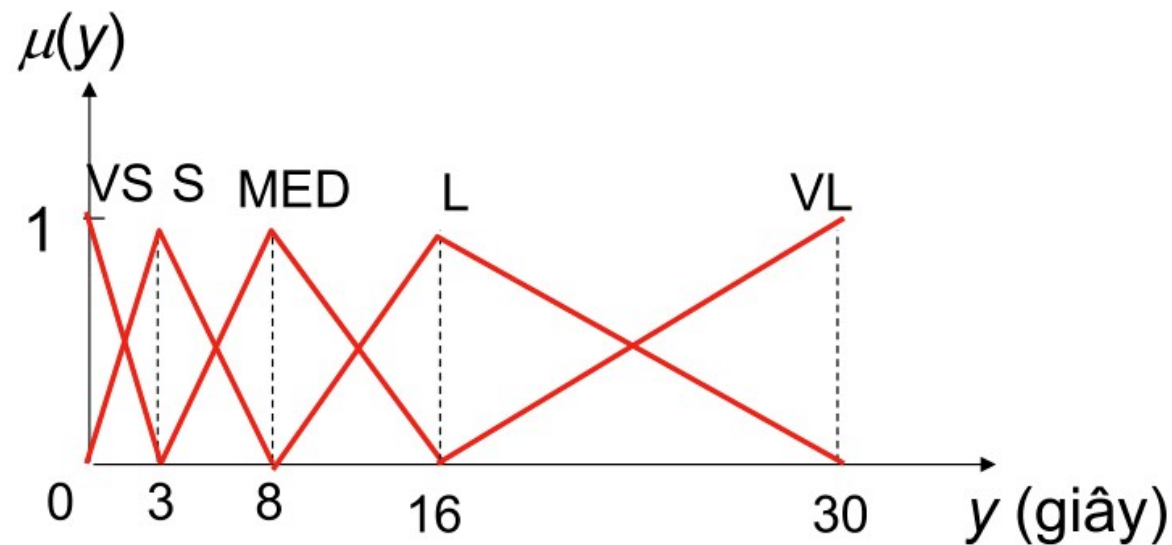
Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ của biến chênh lệch nhiệt độ:



# Bài tập ứng dụng



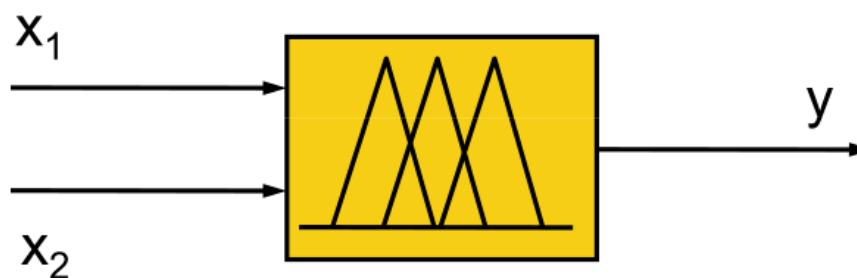
- Hệ thống cửa thông minh
  - Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ của biến thời gian mở cửa:



# Bài tập ứng dụng



- Hệ thống cửa thông minh
  - 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



# Bài tập ứng dụng



- Hệ thống cửa thông minh
  - 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:  $x_1 = 20$  (người / phút)
    - Chênh lệch nhiệt độ:  $x_2 = 6$  ( $^{\circ}\text{C}$ )
  - Tính thời gian mở cửa với giá trị  $x_1$  và  $x_2$  như trên.

# Hết Tuần 10



Cảm ơn các bạn đã chú ý lắng nghe !!!