Tópicos em Controle Inteligente

Prof. Joilson B. A. Rego
joilson.rego@ufrn.br

Dep. de Engenharia Elétrica – DEE,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Natal - RN, Brasil

Aula 02 – 29/08/2022

Recapitulando a Aula 01

- $X \rightarrow$ universo de discurso, $x \in X$ e $A \subset X$.
- $A = \{(x, \mu_A(x)) \,|x \in X\}$ um conjunto fuzzy;
- $\mu_A(x) = \begin{cases} 1, se \;\; x \in A \\ 0, se \;\; x \notin A \end{cases}$, função pertinência;
- $\mu_{A \cap B}(x) = min\,\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$;
- $\mu_{A \cup B}(x) = max\,\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$;
- $\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$

Ex: $x =$ estatura (variável linguística).

Funções de pertinência (exemplos)

1. Triangular: $\mu(x; a, b, c), \quad a < b < c.$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & se\ x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & se\ a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & se\ b \leq x \leq c \\ 0, & se\ c < x \end{cases}$$

ou,

$$\mu(x) = max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right)$$

Ex: $\mu(x) = (x; 10, 20, 30)$

Funções de pertinência (exemplos)

1. Trapezoidal $\mu(x; a, b, c, d), \quad a < b < c < d.$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & se \ x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & se \ a \leq x \leq b \\ 1, & se \ \ b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & se \ c \leq x \leq d \\ 0, & se \ d < x \end{cases}$$

ou,

$$\mu(x) = max\left(min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right)$$

Ex: $\mu(x; 10, 20, 60, 95)$

Funções de pertinência

1. Gaussiana: Especificada por dois parâmetros c e σ.

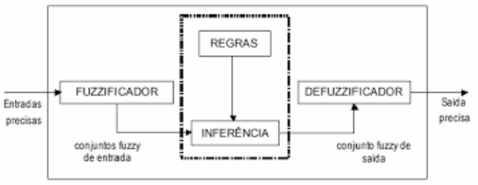
$$\mu(x) = exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(x-c)^2\right)$$

   Ex: $\mu(x) = (x; 50, 20)$

2. Bell: Especificada por três parâmetros $\{a,\ b,\ c\}$.

$$\mu(x) = \frac{1}{1+\left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}}, \quad b > 0.$$

Sistemas de Controle Fuzzy



- Fuzzificação;
- Motor de inferência;
- Defuzzificação.

Etapa de Fuzzificação - Modelo de Mandami

Dado um conjunto de regras,

- Se $\mathbf{x} \in A_i$ então $B_i, \;\; i = 1, 2, \cdots, n$, onde $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \cdots, x_k)$,

que são combinadas no modo de Mandami como:

$$R(\mathbf{x}, y) = \bigcup_{i=1}^{n} (A_i(\mathbf{x}) \cap B_i(y))$$

para cada vetor $\mathbf{x}$ gerando um conjunto fuzzy $R_{\mathbf{x}}$ definido por:

$$R_{\mathbf{x}} = \bigcup_{i=1}^{n} A_i(\mathbf{x}) \cap B_i(y)$$

Etapa de Fuzzificação - Modelo de Mandami

Expandindo o conjunto de regras, temos:

R_1 : Se $(A_{11} \wedge A_{12} \wedge \cdots \wedge A_{1k})$ então B_1

R_2 : Se $(A_{21} \wedge A_{22} \wedge \cdots \wedge A_{2k})$ então B_2

$\vdots$

R_n : Se $(A_{n1} \wedge A_{n2} \wedge \cdots \wedge A_{nk})$ então B_n

onde, $\wedge$ representa o operador lógico $E(AND)$.

Controle de velocidade utilizando lógica fuzzy - Fuzzificação

1. Variáveis de entrada
    - Velocidade (V);
    - Aceleração (A).

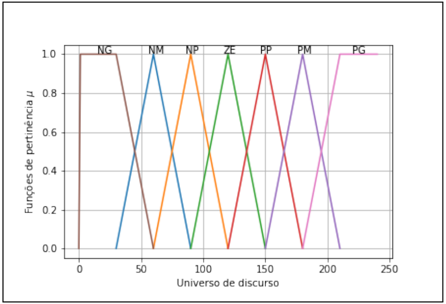
1. Variável de saída
    - Torque no acelerador (TA).

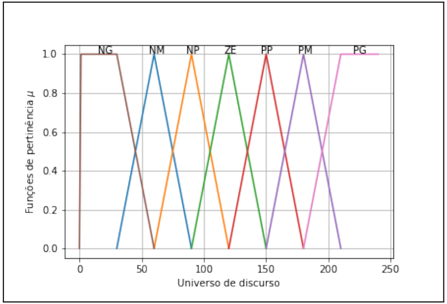
Considere, $X \in [0, 240]$ com sendo o universo de discurso e as seguintes variáveis linguísticas:
NG - Negativo grande, NM - Negativo médio, NP - Negativo pequeno, ZE - Zero, PP - Positivo pequeno, PM - Positivo médio, PG - Positivo grande.

Conjunto de Regras de Inferência

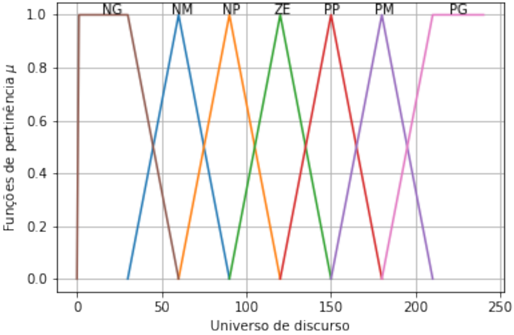
- R_1: Se (V é NG) $\wedge$ (A é ZE) então TA é PG;
- R_2: Se (V é ZE) $\wedge$ (A é NP) então TA é PG;
- R_3: Se (V é NM) $\wedge$ (A é ZE) então TA é PM;
- R_4: Se (V é NP) $\wedge$ (A é PP) então TA é PP;
- R_5: Se (V é PP) $\wedge$ (A é NP) então TA é NP;
- R_6: Se (V é PG) $\wedge$ (A é ZE) então TA é NG;
- R_7: Se (V é ZE) $\wedge$ (A é NP) então TA é PP;
- R_8: Se (V é ZE) $\wedge$ (A é NM) então TA é PM.

Universo de discurso - Entradas





Universo de discurso - Saída



Ex: Considere $V = 80$ e $A = 105$.