



SISTEMAS INTELIGENTES

Prática 8 – Sistemas de Inferência Fuzzy (Processo de Inferência)

Ivan Nunes da Silva



Objetivos da Aula

- Implementação dos procedimentos computacionais que visam explorar o mecanismo de inferência fuzzy a partir da aplicação do operador de implicação de Mamdani.
- Delinear os aspectos práticos dos procedimentos computacionais quando os mesmos devem ser implementados em hardware dedicado.



Resumo do Processo de Inferência (I)

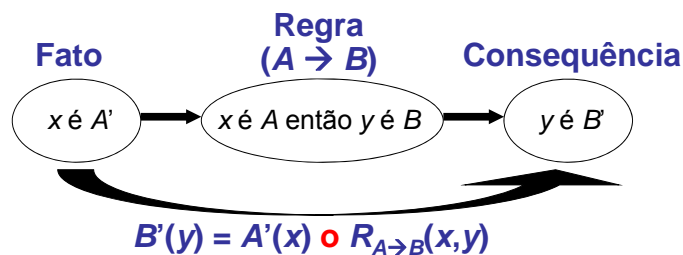
➤ De posse de conjunto de “fato”, “regra” e “consequência”, tem-se:

Fato: $x \text{ é } A'$

Regra: **Se** $x \text{ é } A$ **então** $y \text{ é } B$

Consequência: $y \text{ é } B'$

Este processo pode ser interpretado geometricamente por:



Onde: “ \circ ” indica uma operação de composição Max-Min, e $R_{A \rightarrow B}$ é uma função de implicação, tipicamente aquela proposta por Mamdani.

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

Implicação “Min” de Mamdani

3



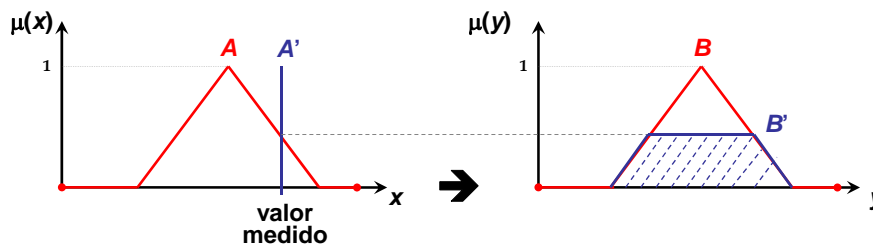
Resumo do Processo de Inferência (II)

➤ Interpretação geométrica do processo de inferência:

Fato: $x \text{ é } A'$

Regra: **Se** $x \text{ é } A$ **então** $y \text{ é } B$

Consequência: $y \text{ é } B'$

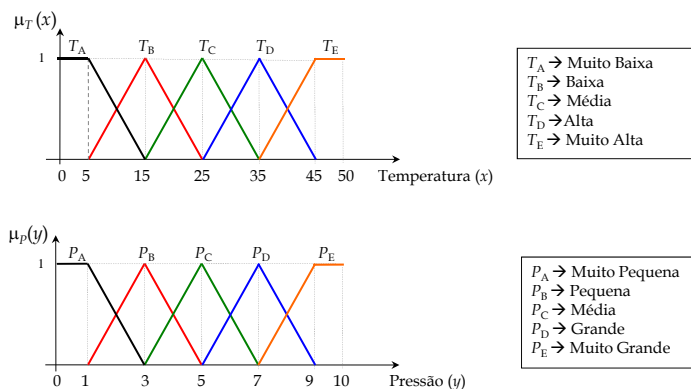


4



Introdução ao Problema Prático (I)

Considere as funções de pertinência abaixo as quais estão descrevendo duas variáveis fuzzy T e P . A variável T está associada à temperatura (entrada) de um processo industrial, enquanto a variável P está representando a pressão (saída) do mesmo.



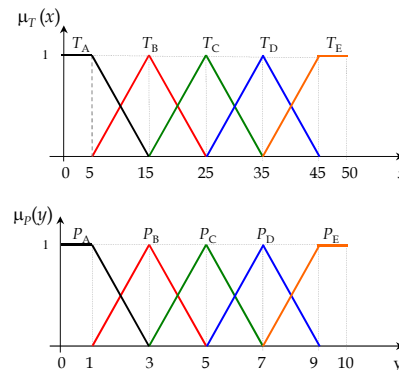
5



Introdução ao Problema Prático (II)

Sabe-se que o processo de inferência é do tipo Mamdani, sendo que a partir de valores de temperatura se deseja obter valores de pressão. O conjunto de regras fuzzy é dado pelas seguintes sentenças:

1. Se (Temperatura é T_A) **então** (Pressão é P_B)
2. Se (Temperatura é T_B) **então** (Pressão é P_C)
3. Se (Temperatura é T_C) **então** (Pressão é P_D)
4. Se (Temperatura é T_D) **então** (Pressão é P_E)
5. Se (Temperatura é T_E) **então** (Pressão é P_A)



6

Implementação Computacional {Parte I} (Avaliação do Singleton)



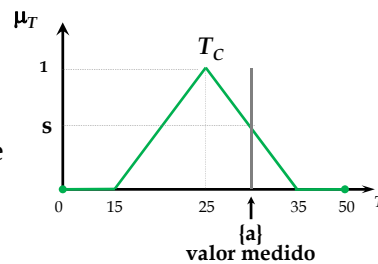
1. Implemente uma função “singleton” que, dado um vetor $\{y\}$ contendo os graus de pertinência de um **antecedente** {entrada} no universo de discurso discretizado $\{x \leftrightarrow T\}$, retorne o grau de pertinência $\{s \leftrightarrow \mu_T\}$ associado ao sinal de entrada $\{a\}$.

$$s = \text{singleton}(x, y, a)$$

Exemplo: Para $a = 30 \rightarrow s = 0.5$

Para a função de pertinência triangular $\{T_C\}$, obtenha os valores de “s” para os seguintes valores de “a”:

- Temperatura $T = a = 13.3^\circ\text{C}$.
- Temperatura $T = a = 18.8^\circ\text{C}$.
- Temperatura $T = a = 30.0^\circ\text{C}$.
- Temperatura $T = a = 47.3^\circ\text{C}$.



Obs. Utilize a função **vetTriang** (aula anterior) para obter os valores de “x” e “y”, adotando 500 pontos de discretização.

7

Implementação Computacional {Parte II} (Obtenção do Conjunto Fuzzy de Saída B')

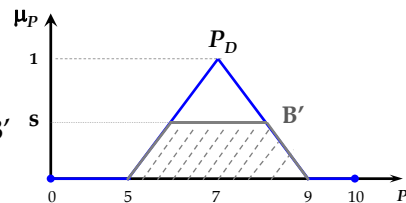


2. Implemente uma função que, dado um vetor $\{y\}$ contendo os graus de pertinência de um **consequente** {saída}, retorne um vetor que represente a função de pertinência $B' \{b\}$ inferida a partir do valor do singleton $\{s\}$.

$$b = \text{saida}(y, s)$$

Para o consequente $\{P_D\}$ referente ao antecedente $\{T_C\}$, plote os conjuntos B' $\{b\}$ para os seguintes valores de “T”:

- Temperatura $T = 13.3^\circ\text{C}$.
- Temperatura $T = 18.8^\circ\text{C}$.
- Temperatura $T = 30.0^\circ\text{C}$.
- Temperatura $T = 47.3^\circ\text{C}$.



Obs. Utilize a função **vetTriang** (aula anterior) para obter os valores de “x” e “y”, adotando 500 pontos de discretização.

8



3. Determine e plote num mesmo gráfico, para cada um dos valores abaixo, as regiões fuzzy individuais de saída relativas à aplicação de cada regra fuzzy ativada (em relação ao slide 6).

- a) Temperatura $T = 13.3$ °C.
- b) Temperatura $T = 18.8$ °C.
- c) Temperatura $T = 30.0$ °C.
- d) Temperatura $T = 47.3$ °C.

Observações:

- Imprima todos os gráficos deste exercício em uma mesma tela gráfica.
- Utilizar 500 pontos de discretização para ambos os universos de discurso.
- Utilizar como regra de implicação o operador de Mamdani.

