



## Lista 11 – Regra Composicional de Inferência e a Consistência de um Método de Inferência

**Exercício 1.** Considere os conjuntos (números) *fuzzy* triangulares

$$A_1(x; -20, -10, 0), \quad A_2(x; -10, 0, 10) \quad \text{e} \quad A_3(x; 0, 10, 20). \quad (1)$$

Esboce, num mesmo gráfico, os três conjuntos *fuzzy*. Determine se esses conjuntos *fuzzy* são sup- $\Delta$  ortonormais considerando:

- (a) A t-norma do mínimo:  $\Delta_M$ .
- (b) A t-norma do produto:  $\Delta_P$ .
- (c) A t-norma de Lukasiewicz:  $\Delta_L$ .
- (d) A t-norma drástica:  $\Delta_D$ .

**Exercício 2.** Com base nos conjuntos *fuzzy* definidos em (1), defina a seguinte base de regras *fuzzy*:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{SE } x \text{ é } A_1, \text{ ENTÃO } y \text{ é } A_2, \\ \text{SE } x \text{ é } A_2, \text{ ENTÃO } y \text{ é } A_3, \\ \text{SE } x \text{ é } A_3, \text{ ENTÃO } y \text{ é } A_1. \end{array} \right. \quad (2)$$

Considerando

- (i) O conjunto unitário  $A = \{2\}$ .
- (ii) O intervalo fechado  $A = [0, 4]$ .
- (iii) O conjunto *fuzzy* triangular  $A(x; 0, 2, 4)$ .

determine o conjunto *fuzzy* deduzido pela base de regras acima usando

- (a) O método de inferência de Mamdani.
- (b) O método de inferência disjuntivo baseado na t-norma do produto.
- (c) O método de inferência disjuntivo baseado na t-norma de Lukasiewicz.

Para cada um dos itens anteriores, aplique o método de defuzzificação “centro de área” para determinar um número  $\tilde{y}$  que representa o conjunto *fuzzy* obtido em cada um dos itens anteriores.

**Exercício 3.** Considere a base de regras em (4), construída usando os conjuntos *fuzzy* apresentados em (1). Determine se os seguintes métodos de inferência são consistentes:

- (a) O método de inferência de Mamdani.
- (b) O método de inferência disjuntivo baseado na t-norma do produto.
- (c) O método de inferência disjuntivo baseado na t-norma de Lukasiewicz.

**Exercício 4.** Esboce, num mesmo gráfico, as funções definidas pela base de regras em (4), com os conjuntos *fuzzy* em (1), o centro de área como método de defuzzificação, e os métodos de inferência dos itens (a)-(c) da questão anterior.

**Exercício 5.** Com base nos conjuntos *fuzzy* definidos em (1), defina a seguinte base de regras *fuzzy*:

$$\begin{cases} \text{SE } x \text{ é } A_1 \text{ E } y \text{ é } A_2, \text{ ENTÃO } z \text{ é } A_3, \\ \text{SE } x \text{ é } A_2 \text{ E } y \text{ é } A_3, \text{ ENTÃO } z \text{ é } A_1, \\ \text{SE } x \text{ é } A_3 \text{ E } y \text{ é } A_1, \text{ ENTÃO } z \text{ é } A_2. \end{cases} \quad (3)$$

Considerando

- (i)  $x = 2$  e  $y = 3$ ,
- (ii) Os intervalos  $[0, 4]$  e  $[0, 5]$  para as variáveis  $x$  e  $y$ , respectivamente.
- (iii) Os conjuntos *fuzzy* triangulares  $X(x; 0, 2, 4)$  e  $Y(y; 0, 3, 5)$  para as variáveis  $x$  e  $y$ , respectivamente.

determine o conjunto *fuzzy* deduzido pela base de regras acima usando

- (a) O método de inferência de Mamdani.
- (b) O método de inferência disjuntivo baseado na t-norma do produto.
- (c) O método de inferência disjuntivo baseado na t-norma de Lukasiewicz.

Para cada um dos itens anteriores, aplique o método de defuzzificação “centro de área” para determinar um número  $\tilde{z}$  que representa o conjunto *fuzzy* obtido em cada um dos itens anteriores.

**Exercício 6.** Considere a base de regras em (3), construída usando os conjuntos *fuzzy* apresentados em (1). Determine se os seguintes métodos de inferência são consistentes:

- (a) O método de inferência de Mamdani.
- (b) O método de inferência disjuntivo baseado na t-norma do produto.
- (c) O método de inferência disjuntivo baseado na t-norma de Lukasiewicz.

**Exercício 7.** Esboce e compare as superfícies das funções definidas pela base de regras em (3), com os conjuntos *fuzzy* em (1), o centro de área como método de defuzzificação, e os métodos de inferência dos itens (a)-(c) da questão anterior.

**Exercício 8.** Considere a base de regras *fuzzy*

$$\begin{cases} \text{SE } x \text{ é } A_1, \text{ ENTÃO } y \text{ é } B_1, \\ \text{SE } x \text{ é } A_2, \text{ ENTÃO } y \text{ é } B_2, \\ \text{SE } x \text{ é } A_3, \text{ ENTÃO } y \text{ é } B_1, \end{cases} \quad (4)$$

em que  $A_1, A_2, A_3$  são os conjuntos *fuzzy* triangulares

$$A_1(x; -1, 0, 7), \quad A_2(2, 5, 8) \quad \text{e} \quad A_3(3, 10, 11), \quad (5)$$

e  $B_1, B_2 \in \mathcal{F}(\{0, 1, 2, 3\})$  são os conjuntos *fuzzy* dados por

$$B_1 = \left\{ \underbrace{0.1}_0, \underbrace{0.8}_1, \underbrace{1.0}_2, \underbrace{0.1}_3 \right\} \quad \text{e} \quad B_2 = \left\{ \underbrace{1.0}_0, \underbrace{0.5}_1, \underbrace{0.5}_1, \underbrace{0.0}_3 \right\}. \quad (6)$$

Suponha que observou-se o conjunto *fuzzy* triangular  $A(x; 5, 6, 7)$ . Use o método de defuzzificação do centro de área para determinar um número real  $\tilde{y}$  que representa o conjunto *fuzzy* deduzido por:

- (a) O método de inferência de Mamdani.
- (b) O método de inferência disjuntivo baseado na t-norma do produto.
- (c) O método de inferência disjuntivo baseado na t-norma de Lukasiewicz.