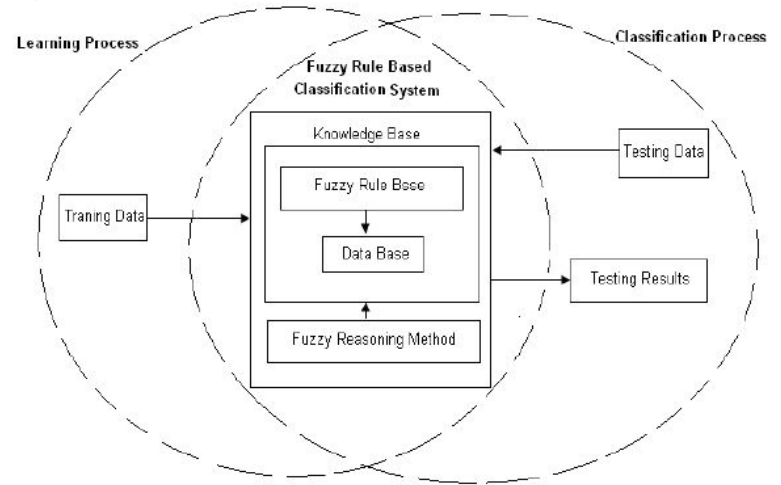
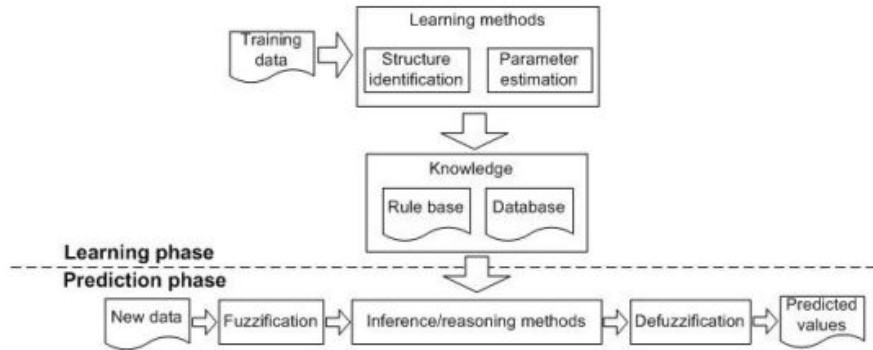




# Fuzzy Reasoning Method

# Contexto de Utilização



# Introdução ao FRM -Fuzzy Reasoning Method ou Método de Raciocínio Fuzzy

- É a seção dos classificadores baseados em regra fuzzy que **de fato** realiza a classificação dos dados;
- É um procedimento de inferência, a partir das conclusões das regras de associação fuzzy *if-else* construídas na Rule-Base (RB) e os padrões analisados de cada classe;
- Utiliza de ferramentas da Lógica Fuzzy, tais como operadores e conceitos, para poder prever novos dados em algum dataset;
- Esse poder de raciocínio fuzzy torna capaz de alcançar resultados precisos mesmo quando não existem um relacionamento concreto entre o antecedente das regras de associação fuzzy com o sistema de observação dos dados;
- A utilização desses métodos melhora a capacidade de generalização do sistema, por exemplo o **FRBCS**;

# Como Funciona

- Existem duas abordagens de métodos de raciocínio fuzzy
  - Método de Raciocínio Fuzzy Clássico;
  - Método de Raciocínio Fuzzy Geral;
- O mais utilizado na prática e mais desenvolvido nos artigos que tratam do tema é o Método de Raciocínio Fuzzy Geral, porém existem modelos que utilizam do Clássico;
- Há outras variações, principalmente do Geral, para resolução de determinadas situações e para pesquisas no geral.

# Método de Raciocínio Fuzzy Geral

- Neste método existem 3 abordagens para a classificação dos dados, a partir de 3 diferentes cálculos para a função de agregação. A princípio vamos considerar um novo exemplo  $x_p = x_{p1}, \dots, x_{pn}$ , que precisa ser classificado, dado que o modelo já está treinado.
- Nele iremos aplicar o FRM, onde  $M$  é o número de classes e  $L$  é o número de regras que compõem o RB.
- São 4 etapas que o método segue:
  - Grau Correspondente;
  - Grau de Associação;
  - Classificação do padrão com o grau de certeza para todas as classes;
  - Classificação do dado;

# Método de Raciocínio Fuzzy Geral: Etapas

- Grau Correspondente -> Nesta etapa será calculado e representado a importância da ativação da *if-part*(antecedente) da regra para o exemplo a ser classificado  $x_p$ , utilizando a t-norma como o operador de conjunção:
  - $\mu_{A_j}(x) = T(\mu_{A_{j1}}(x_1), \dots, \mu_{A_{jn}}(x_n))$ , sendo  $j = 1, \dots, L$  ;
- Grau de associação -> Para cada regra, o grau correspondente, da etapa anterior, será “pesado”, pela regra de peso:
  - $b_j^k(x) = \mu_{A_j}(x) \cdot RW_j^k$  , sendo  $k = \text{Classe}(R_j)$  e  $j = 1, \dots, L$  ;

# Método de Raciocínio Fuzzy Geral: Etapas

- Classificação do exemplo, com o grau de confiança para todas as classes -> Nesta etapa, para cada classe  $k$ , a informação positiva, ou seja  $b_j^k(x) > 0$ , dado pelas regras fuzzy disparadas no passo anterior, é agregada por uma função de agregação,  $A$ :
  - $S_k(x) = A_k(b_1^k(x), \dots, b_L^k(x))$ , sendo  $k = 1, \dots, M$ ;
  - Nesta etapa existem 3 possíveis abordagens para a função de agregação, como foi citado anteriormente:
    - A Regra do Vencedor (WR) -> Para cada classe, é considerada apenas aquela que teve a máxima compatibilidade com o exemplo:

$$S_k(x) = \max_{R_{jk} \in RB_j} b_j(x)$$

# Método de Raciocínio Fuzzy Geral: Etapas

- (continuação da Etapa 3)
  - Combinação Aditiva (AC) -> Agrega todas as regras disparadas, para cada classe k, utilizando da soma normalizada:

$$S_k(x) = \frac{\sum_{j=1}^{R_{jk} \in RB} b_j(x)}{f_{l_{max}}}, \quad \text{onde} \quad f_{l_{max}} = \max_{k=1, \dots, M} \sum_{j=1}^{R_{jk} \in RB} b_j(x)$$

- Outra, utilizada mais recentemente, é a integral de Choquet para performar a agregação:

$$S_k(x) = \sum_{j=1}^{R_{jk} \in RB} \mathfrak{C}_{\mathfrak{m}}(b_j(x)), \quad \text{onde o símbolo "C" identifica a integral de Choquet e } \mathfrak{m} \text{ a medida fuzzy}$$



# Método de Raciocínio Fuzzy Geral: Etapas

- Classificação -> Esta é a etapa final, em que o dado será de fato classificado. Para isso, é utilizada uma função  $F:[0,1]^M \rightarrow \{1, \dots, M\}$  é aplicada nos resultados obtidos pela etapa anterior:

$$F((S_1, \dots, S_M)) = \arg \max_{k=1, \dots, M} (S_k).$$

# Método de Raciocínio Fuzzy Geral: Exemplo

Nesta tabela temos 3 classes (C1, C2, C3) e 3 regras fuzzy genéricas (R1, R2, R3);

Os números inseridos na tabela já são referentes a etapa 2 de todo o processo da FRM, ou seja, já são os graus de associação positivos obtidos de cada regra disparada.

A partir disso podemos desenvolver melhor a etapa 3. Iremos calcular, para praticidade será computada apenas os cálculos para a combinação aditiva;

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
R <sub>a</sub>	0.94	0.15	0.89
R <sub>b</sub>	0.1	0.4	0.88
R <sub>c</sub>	0.25	0.1	0.85

# Método de Raciocínio Fuzzy Geral: Exemplo

Nesta etapa devem ser calculados os valores de AC para cada classe:

- $C1 \rightarrow AC = (0.94+0.1+0.25) / 2.62 = 0.49$ ;
- $C2 \rightarrow AC = (0.15+0.4+0.1) / 2.62 = 0.24$
- $C3 \rightarrow AC = (0.89+0.88+0.85) / 2.62 = 1.0$

Realizando o passo 4 temos que:

$AC = \arg \max[0.49, 0.24, \mathbf{1.0}] = \mathbf{C3}$

Dessa forma, é possível notar que esse modelo pode não ser muito preciso para identificar dados referentes a classe C1, pois ela tem apenas uma regra com alto grau de compatibilidade. Já a C3 tem as 3 regras com alto grau de compatibilidade.

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
R <sub>a</sub>	0.94	0.15	0.89
R <sub>b</sub>	0.1	0.4	0.88
R <sub>c</sub>	0.25	0.1	0.85

# REFERÊNCIAS

LUCCA, Giancarlo. **Aggregation and pre-aggregation functions in fuzzy rule-based classification systems**. 2018. 184 p. Dissertação de Doutorado — Universidad Pública de Navarra, Pamplona, 2018.

CINTRA, M. E.; DE ARRUDA CAMARGO, H. Fuzzy rules generation using genetic algorithms with self-adaptive selection. 2007 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration. Anais...IEEE, 2007.

CORDÓN, O.; DEL JESUS, M. J.; HERRERA, F. A proposal on reasoning methods in fuzzy rule-based classification systems. International journal of approximate reasoning: official publication of the North American Fuzzy Information Processing Society, v. 20, n. 1, p. 21–45, 1999.

CORDÓN, O.; JOSÉ DEL JESUS, M.; HERRERA, F. Genetic learning of fuzzy rule-based classification systems cooperating with fuzzy reasoning methods. International journal of intelligent systems, v. 13, n. 1011, p. 1025–1053, 1998.