



# Sistemas Fuzzy

## AULA 07 – Estimadores Fuzzy Linguísticos (Aplicação em Classificação de Padrões)

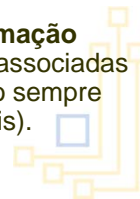
Prof. Ivan Nunes da Silva



### 1. Introdução

*Conceitos relacionados à classificação de padrões*

- O objetivo da **Classificação de Padrões** consiste de associar uma amostra (padrão de entrada) para uma das classes (categorias) previamente definidas.
- Neste caso, o problema a ser aqui tratado possui um **conjunto discreto** (conhecido) das possíveis saídas desejadas.
- Nos casos mais elementares, as respostas do sistema poderiam indicar **valores binários**, em que se tem apenas duas classes como possíveis saídas, sendo que estas poderiam estar representando, por exemplo, a “presença” ou “ausência” de determinado atributo, a “ligar” ou “desligar” um dispositivo, etc.
- Diferentemente dos problemas envolvendo **Aproximação Funcional** (saídas reais/analógicas), as respostas associadas aos problemas de **Classificação de Padrões** estão sempre relacionadas com grandezas discretas (enumeráveis).



## 1. Introdução

### *Exemplos de aplicações em classificação de padrões*

- Algumas das possíveis áreas de aplicação de Classificação de Padrões (CP) são as seguintes:
  - Processamento de sinais
  - Reconhecimento de imagens/caracteres
  - Visão computacional
  - Tratamento de impressões digitais
  - Análise de manuscritos
  - Classificação de voz
  - Classificação de sinais de radar
  - Reconhecimento de fisionomia
  - Bioinformática



3

## 2. Abordagem Fuzzy em CP

### *Classificação fuzzy de padrões*

- A classificação fuzzy pode ser entendida como um processo pelo qual se buscam estruturas nos dados e classificam-se essas estruturas de acordo com **categorias**.
- O grau de associação é **maior** entre as estruturas de mesma categoria e **menor** entre as categorias de estruturas diferentes.
- Nesse contexto, um padrão pode ser definido como um conjunto de valores de características associadas a uma **classe de representação**, os quais estão imersos em ambientes de incerteza e imprecisão.
- Em projetos de sistemas fuzzy para classificação de padrões, a única fase que possui diferenciação, considerando-se os outros tipos de problemas que podem ser resolvidos por abordagens fuzzy, é aquela relacionada à definição dos **consequentes das regras**.
- O processo de inferência pode ser realizado tanto por métodos linguísticos (Mamdani, Larsen, Zadeh) como aqueles paramétricos (TS, TSK).



4

### 3. Técnicas de Especificação

#### Método para especificação dos consequentes

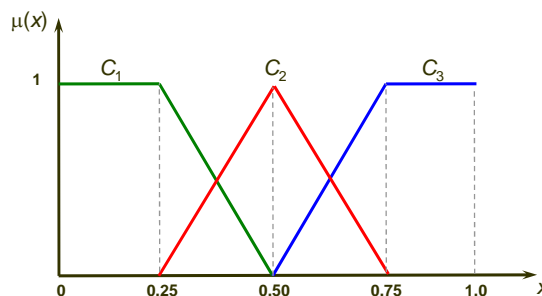
- Em virtude do número de possíveis categorias em problemas de classificação de padrões ser conhecido à priori, pode-se então adotar um **universo de discurso normalizado** para os consequentes das respectivas regras.
- Tais universo de discurso estará representando as **saídas esperadas** para o sistema.
- Para sintetizar o processo de especificação do consequentes, e com nenhuma perda de generalidade, considera-se um problema composto de duas variáveis de entrada  $x$  e  $y$ , definidas respectivamente no conjunto de termos  $\{A_1, A_2\}$  e  $\{B_1, B_2\}$ , tendo-se ainda **3 classes possíveis** como saídas  $\{C_1, C_2, C_3\}$ .
- Para tanto, assume-se os seguinte conjunto de regras:
  - $R_1 \rightarrow \text{Se } (x \text{ é } A_1) \text{ e } (y \text{ é } B_1) \text{ então } (\text{Classe é } C_1)$
  - $R_2 \rightarrow \text{Se } (x \text{ é } A_1) \text{ e } (y \text{ é } B_2) \text{ então } (\text{Classe é } C_2)$
  - $R_3 \rightarrow \text{Se } (x \text{ é } A_2) \text{ e } (y \text{ é } B_1) \text{ então } (\text{Classe é } C_3)$
  - $R_4 \rightarrow \text{Se } (x \text{ é } A_2) \text{ e } (y \text{ é } B_2) \text{ então } (\text{Classe é } C_2)$

5

### 3. Técnicas de Especificação

#### Universo de discurso normalizado

- Adotando-se um universo de discurso normalizado entre 0 e 1, uma possível configuração para os consequentes das regras seria aquela dada pelas funções de pertinência seguintes.



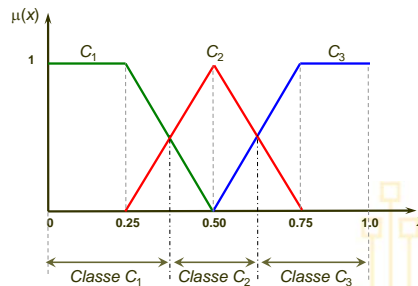
- Nota-se que o universo de discurso sempre estará normalizado entre 0 e 1, independentemente da quantidade de termos (classes) de saída.

6

### 3. Técnicas de Especificação

#### Definição da classe como resultado final

- Após o procedimento de defuzzificação da região fuzzy final, considerando-se todas as contribuições individuais frente a cada regra ativada, a referida classe a ser fornecida como resposta será dada pelo termo que **produzir o maior grau de ativação** em relação àquele valor defuzzificado  $\{z\}$ .
- Para a ilustração anterior, ter-se-ia então os seguintes intervalos para seleção de classe:
  - Classe  $C_1 \rightarrow 0 \leq z \leq 0.375$
  - Classe  $C_2 \rightarrow 0.375 \leq z \leq 0.625$
  - Classe  $C_3 \rightarrow 0.625 \leq z \leq 1.0$



- No caso do valor defuzzificado implicar no mesmo grau de pertinência para dois ou mais termos de saída, a classe será então assumida como indefinida.

### Fim da Apresentação

### EPC-5 ###

(Data de Entrega  $\rightarrow$  18/10/2019)

