

INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL [2COP229]

Sylvio Barbon Jr
barbon@uel.br

Mestrado em Ciência da
Computação



Aula 2

Sistemas com Inferência Fuzzy



1 Introdução

2 FIS - Mamdani

3 FIS - Sugeno

4 FIS - Modelos Adaptados

5 Referências



Sistemas com Inferência Fuzzy

- ▶ Fuzzy Inference System (FIS)
- ▶ Fuzzy: Difuso ou Nebuloso
- ▶ Utiliza a teoria dos conjuntos nebulosos (Fuzzy) para mapear as entradas discretas (Crisp) e saídas discretas por meio de inferências Fuzzy.
- ▶ Existem dois principais modelos Fuzzy:
 - ▶ Mandani
 - ▶ Sugeno



Sistemas com Inferência Fuzzy - Mamdani

- ▶ Um FIS pode ser desenvolvido utilizando a abordagem Mamdani por meio de seis passos:
 1. Determinar um grupo de regras Fuzzy
 2. Inferência Difusa (fuzzifying) as entradas usando uma função de pertinência (membership function)
 3. Combinar as entradas inferidas (fuzzified) de acordo com as regras nebulosas que estabelecem a força da regra (fuzzy rule) IF-THEN
 4. Encontrar a combinação de regra e saída da função de pertinência
 5. Transformar os resultados em nítidos (crisp) por meio da defuzzificação.



1. Criando Regras Fuzzy

- ▶ As regras fuzzy são coleções de regras linguísticas que descrevem como um FIS tomará uma decisão considerando a classificação de uma entrada para uma saída nítida (crisp).
- ▶ As regras fuzzy podem ser escritas da seguinte forma:
IF att1 = MF_1 **AND/OR** att2 = MF_2 **THEN** classe = MF_n
- ▶ Exemplo:
IF pH = Alto **AND** CO_2 = Baixo **THEN** classe = Bom
- ▶ Neste exemplo considera-se “pH Alto” e “ CO_2 Baixo”, assim como “Classe Bom”, como já processadas em forma de Membership Functions (funções de pertinência) que considera “Alto”, “Baixo” e “Bom” como variáveis fuzzificadas.



2. Fuzzificação

- ▶ O propósito da fuzzificação é mapear as entradas discretas/nítidas e, valores entre 0 e 1 com base em funções de pertinência.
- ▶ Os valores $[0,1]$ são números nebulosos obtidos pela MF no ponto de interseção com o input.
- ▶ As MF são representadas por conceitos nebulosos como “grande”, “baixo”, “frio”, “novo”.



3. Combinações Fuzzy (T-norms)

- ▶ Combinações Fuzzy utilizam os conceitos de "E" e "OU", as vezes "Não".
- ▶ A regra **E** (and) apresenta duas maneiras de interpretação, Zadeh e Produto. As duas técnicas resultam no mesmo produto:
$$T(0,0) = T(a,0) = T(0,a) = 0$$
$$T(a,1) = T(1,a) = a$$
- ▶ A regra **OU** (or), também apresenta dois mecanismos de calculo, tendo o seguinte resultado:
$$T(a,0) = T(0,a) = a$$
$$T(a,1) = T(1,a) = 1$$

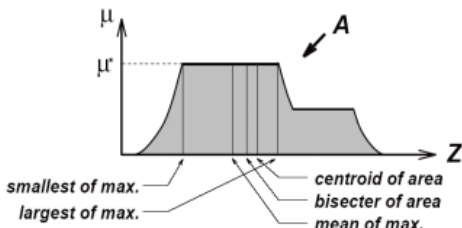


3. Consequência

- ▶ A consequência das regras fuzzy são computadas da seguinte maneira:
 1. Combinando as entradas fuzzificadas;
 2. Avaliando a saída da segundo a “rule strength”

4. Defuzzificação e Saída do Sistema

- ▶ Na maioria dos sistemas é esperado uma saída crisp de um FIS.
- ▶ Um valor crisp oriundo de um FIS é realizado com base no processo de defuzzificação, que entre as diversas técnicas, destacam-se:
 - ▶ Centro de Massa;
 - ▶ Média do Máximo;
 - ▶ Maior valor do Máximo;
 - ▶ Menor valor do Máximo;

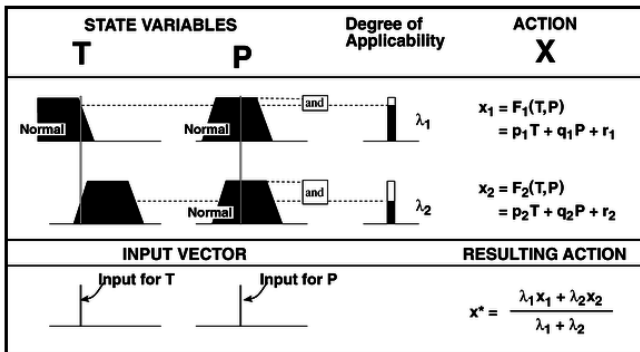




Sistemas com Inferência Fuzzy - Sugeno

- ▶ Um FIS baseado na técnica Sugeno é similar a Mandani, sendo as diferenças:
 - ▶ A saída não é computada relacionando a MF à rule strength;
 - ▶ A saída é um modelo matemático.
 - ▶ O valor é obtido aplicando as entradas ao modelo matemático criado pela técnica.
- ▶ Um dos problemas mais discutidos por esta técnica é a saída pouco intuitiva.
- ▶ Outro problema está relacionado a escolha da solução. Quando escolhida uma abordagem fuzzy, espera-se uma saída com este mesmo comportamento.

Sistemas com Inferência Fuzzy - Sugeno





Sistemas com Inferência Fuzzy

- ▶ Muitas abordagens, como por exemplo o Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS), podem ser usados para implementar:
 - ▶ Membership Functions;
 - ▶ Fuzzy Rule;
 - ▶ Defuzificação;
- ▶ Outras abordagens incluem modelos estatísticos e com inteligência computacional como Algoritmos Genéticos.



Lista de Referências

1. C.M. Bishop, "Pattern Recognition and Machine Learning", Springer, 2006
2. R. Duda, P. Hart, D. Stork, "Pattern Classification", second edition, 2000.
3. T. Hastie, R. Tibshurani, and J.H. Friedman, "The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction", Springer Series in Statistics, 2001.
4. N. Cristianini and J. Shawe-Taylor, "An Introduction to Support Vector Machines", Cambridge Univ. Press, 2000.
5. B. D. Ripley, "Pattern Recognition and Neural Networks", Cambridge University Press, 1996.