Fundamentos da Lógica Fuzzy

Fundamentos da Lógica Fuzzy

Estudo do trabalho pioneiro de Lotfi Zadeh na década de 1960

A Lógica Fuzzy é uma extensão da lógica clássica que lida com o raciocínio aproximado e incerteza

1965. "Fuzzy sets. Information and Control".

1965. "Fuzzy sets and systems". In: Fox J, editor. "System Theory". Brooklyn, NY: Polytechnic Press, 1965: 29–39.

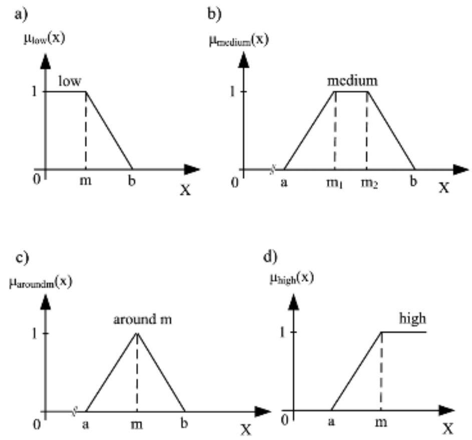
Fundamentos da Lógica Fuzzy

Lógica clássica vs lógica fuzzy

Introduz a noção de pertencimento parcial (valores entre 0 e 1)

Grau de Pertinência

Amplamente utilizada em sistemas de controle, modelagem de incertezas e tomadas de decisão em ambientes complexos

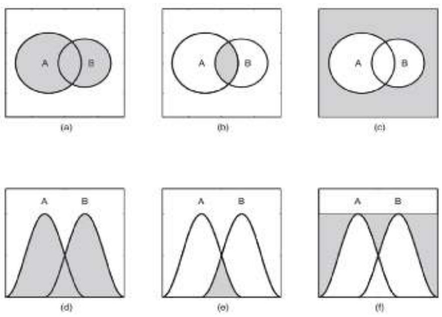


Conjuntos Fuzzy

Definição de Conjuntos Fuzzy:
Caracterização dos conjuntos através de funções de pertinência.

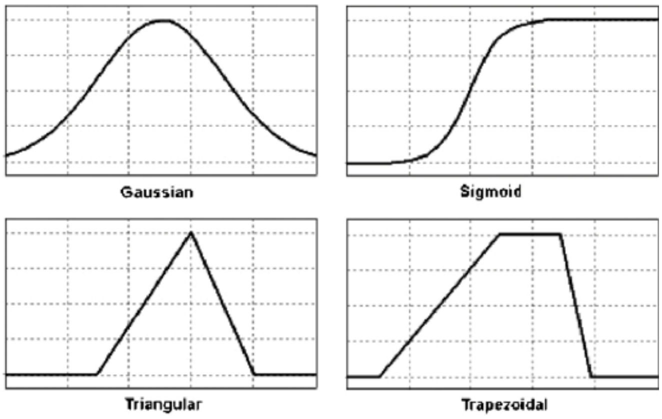
Operações com Conjuntos Fuzzy:
União, interseção, complemento e outras operações fuzzy.

Relações Fuzzy:
Estudo das relações entre conjuntos fuzzy, incluindo composição e relações de equivalência.



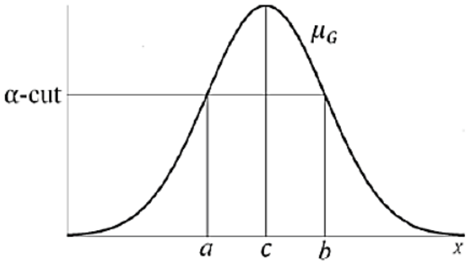
Funções de Pertinência

Os tipos usuais



Gaussiana

$$\mu(x) = \exp\left(-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}\right)$$



Onde:

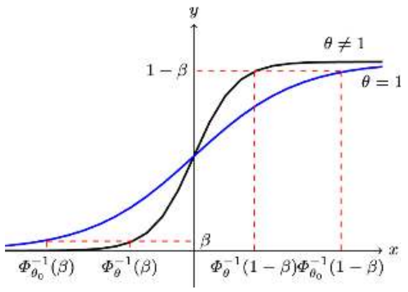
$\mu(x)$ é o grau de pertinência do valor

c é o ponto central da função, ou seja, o valor onde a pertinência é máxima (geralmente igual a 1).

σ é o desvio padrão, que controla a largura da curva; quanto maior o valor de

Sigmoid

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}$$



Onde:

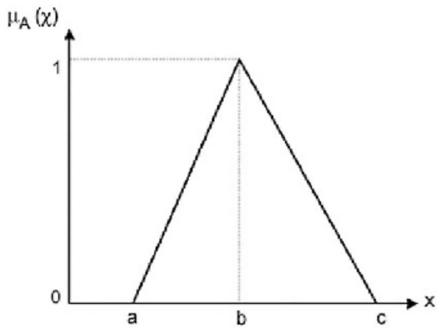
$\mu(x)$ é o grau de pertinência do valor x ao conjunto fuzzy.

a é um parâmetro que controla a inclinação da curva.

c é o ponto de inflexão da curva, ou seja, o valor de x onde a pertinência é 0,5.

Triangular

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq a \text{ ou } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{se } a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{se } b < x < c \end{cases}$$



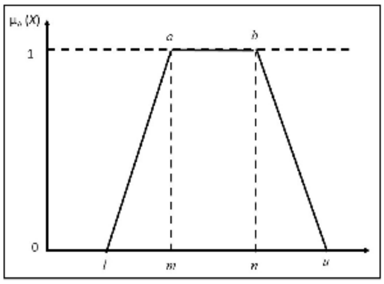
Onde:

$\mu(x)$ é o grau de pertinência do valor x ao conjunto fuzzy.

a, b e c são os parâmetros que definem a forma triangular.

Trapezoidal

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq a \text{ ou } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{se } a < x \leq b \\ 1 & \text{se } b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{se } c < x < d \end{cases}$$



Onde:

μ(x) é o grau de pertinência do valor x ao conjunto fuzzy.

a, b, c e d são os parâmetros que definem a forma triangular.

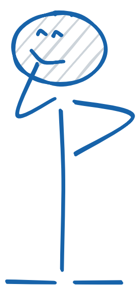
Função de Pertinência Adequada

Análise do Domínio e Escolha da Função

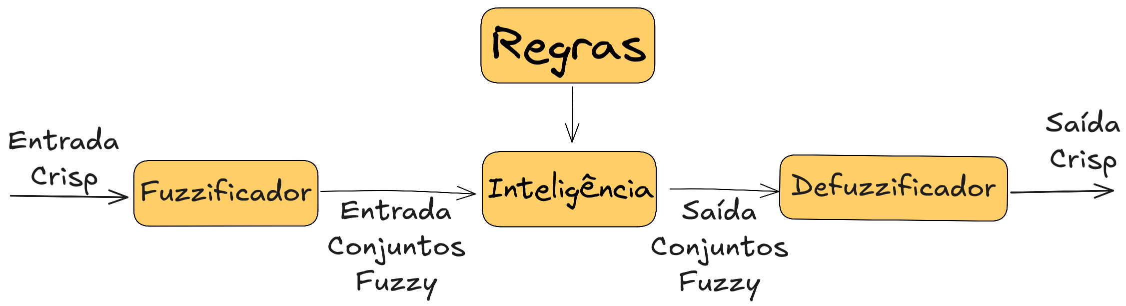
Funções Simples (Triangular, Trapezoidal)

Funções Suaves (Gaussiana, Sigmoide)

Funções Complexas (Bell, Polinomial)



Visão Geral do Sistema



Linguagem Natural e Regras Fuzzy

Fuzzificação: Conversão de valores precisos em valores fuzzy.

Inferência Fuzzy: Estudo de regras "SE-ENTÃO" (If-Then) e mecanismos de inferência fuzzy.

Desfuzzificação: Técnicas para converter resultados fuzzy em valores precisos.

Conjunto de Regras

Estrutura das Regras Fuzzy

"SE (condição) ENTÃO (ação)"

Por exemplo:

SE temperatura é alta E umidade é baixa ENTÃO ventilador é rápido

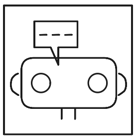
Técnicas e Algoritmos

Dois principais algoritmos de inferência

Mamdani

Takagi Sugeno

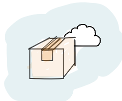
Aplicações



Controle de Sistemas Industriais

Automação e Robótica

Sistemas de Apoio à Decisão

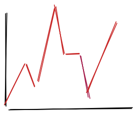


Eletrônica de Consumo

Agricultura e Gestão de Recursos Naturais

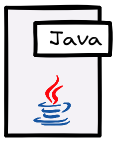
Veículos e Transportes

Finanças e Economia



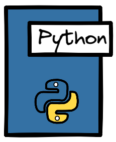
Prática

jFuzzyLogic



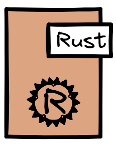
Java

thefuzz (fuzzywuzzy) ou scikit-fuzzy



Python

fuzzywuzzy



Rust