

## Temario

### 1. Introducción

- .1 Conceptos de sistemas inteligentes
- .2 Sistemas con base en el conocimiento
- .3 Tipos de técnicas de cómputo suave

### 2. Redes Neuronales

- .1 Fundamentos
- .2 Primeras arquitecturas
- .3 Perceptron multicapa y el algoritmo de propagación hacia atrás
- .4 Red neuronal de base radial
- .5 Redes recurrentes de Hopfield

### 3. Lógica difusa

- .1 Fundamentos
- .2 Lógica multivalente
- .3 Propiedades de lógica difusa

### 4. Metaheurísticas

- .1 Clasificación
- .2 Algoritmos implícitos inspirados en la naturaleza
- .3 explícitos

### 5. Casos de estudio

- .1 Red neuro-difusa
- .2 Aprendizaje para redes neuronales usando metaheurísticas

Clase 1 28/09/2020

Sistemas Difusos

Redes Neuronales

• Metaheurísticas

Sistemas inteligentes

Temas

• Se basan en la naturaleza

↳ Algoritmos genéticos

→ Levy flight

↓  
Enjambre de partículas

→ Colonia de hormigas

↳ Optimización

Evaluación

70% Tareas

30% Proyecto

Aplicaciones de cancelación

↳ Filtros pasabajas

↓  
Cancelación de ruido

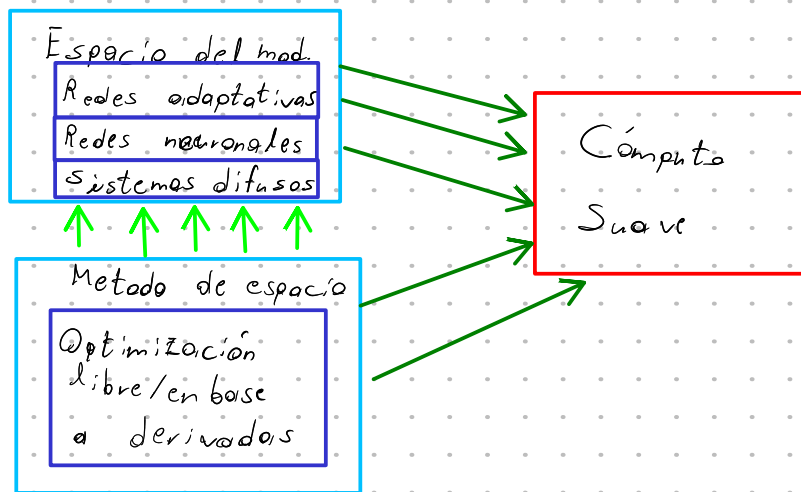
↳ Cómputo suave

↳ Vehículos automáticos

↳ Medicina

↳ Física

## Modelo de cómputo suave



### Método de espacio:

- Optimización / Modelo a aplicar para dar solución

### Espacio del modelo:

- Qué va procesar?
- Como lo va a procesar?
- Qué tan preciso es?

James Clark Bezdek

Claramente el futuro es difuso

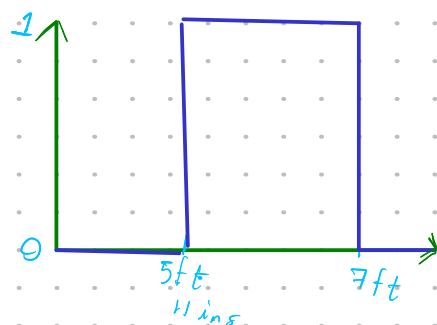
## Conjuntos difusos

### Conjunto certero

↳ Sistema de clasificación (pertenece o no pertenece)

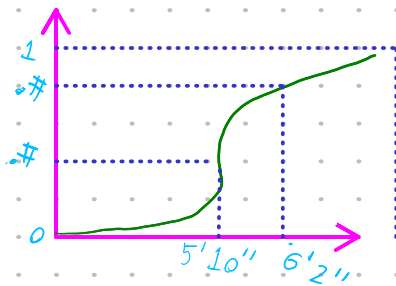
### Ejemplo

Si usted es una persona alta y se considera rápido, se considera un jugador de basketball



Una forma certera de modelar una persona alta.

## Conjunto difuso



Ejemplo de  
Conjunto difuso

Función de membresía

## Definición formal

Sea  $A$  un C difuso en  $X$  es expresado como un conjunto de pares ordenados

$$A = \{ (x, \mu_A(x)) \mid x \in X \}$$

↑  
C difuso

↑  
Función de  
membresía  
(FM)

↑  
Universo o  
Universo de discurso

es. Un sistema difuso te permite trabajar bajo estimaciones decimales, que a diferencia de un sistema certero esto es muy robusto por lo que algunos datos con los que alimentamos el sistema certero pueden ser discriminados.

Mientras que en el sistema difuso los datos tienen mayor lugar de que esos datos

$$y \in \mu_A(x)$$

Clase 2: 30/09/2020

## Conjunto Difuso continuo

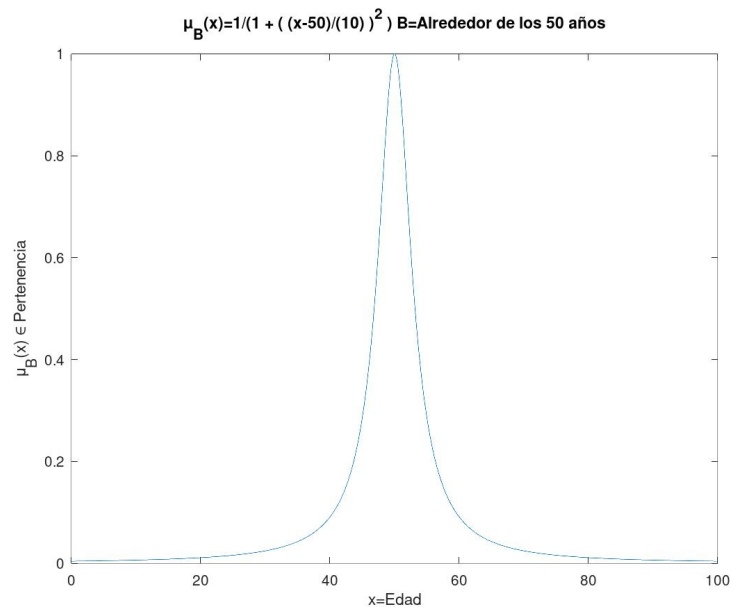
Sea  $B$  conjunto difuso donde  $B =$  "alrededor de 50 años"

$X =$  Conjunto de números reales continuos

$$B = \{ (x, \mu_B(x)) \mid x \in X \}$$

$$\mu_B(x) = \frac{1}{1 + \left( \frac{x-50}{10} \right)^2}$$

Gráfica  $\mu_B(x)$

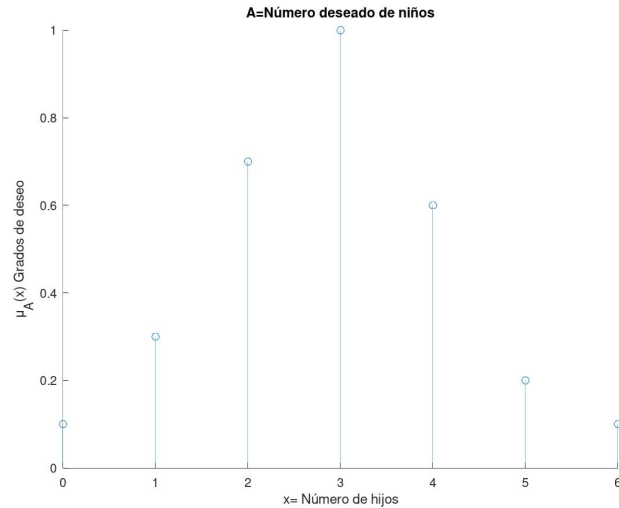


Conjunto difuso discontinuo

Sea A C difuso donde A = "número deseado de niños"

$$x \in \mathbb{N} \text{ y } x \in [0, 6]$$

$$A = \{(0, 0.1), (1, 0.3), (2, 0.7), (3, 1), (4, 0.6), (5, 0.2), (6, 0.1)\}$$



## Notación alternativa de C difusas

Sea  $A$  C difuso

$x$  es discreto

$$A = \sum_{x_i \in X} \mu_A(x_i) / x_i$$

$x$  es continuo

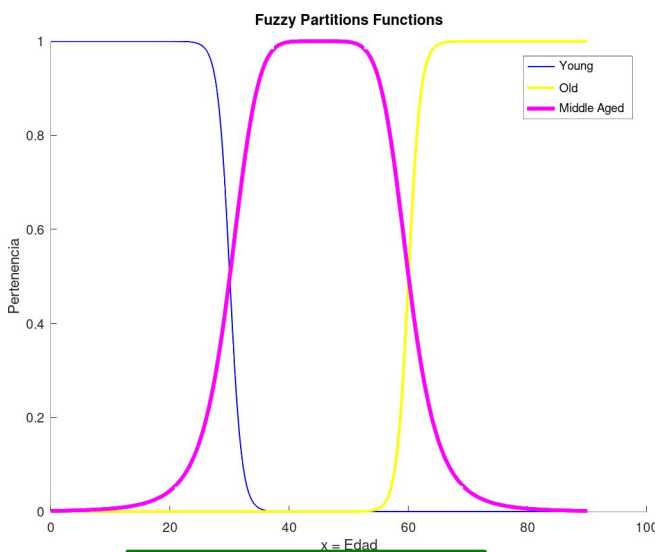
$$A = \int_X \frac{\mu_A(x)}{x}$$

Nota: Solo es notación no es suma " $\Sigma$ " ni integral " $\int$ "

## Partición Difusa

Son formadas por las etiquetas " $X$ ", " $Y$ " & " $Z$ " en el cual existen intersecciones graficas de  $\mu_x(x)$ ,  $\mu_y(x)$  &  $\mu_z(x)$ .

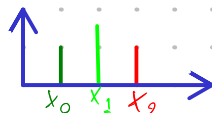
### Ejemplo



Gráficamente podemos ver que en las intersecciones pertenecen los valores  $x = \text{"Edad"}$

### Otros conceptos

- Soporte  $\text{Support}(A) = A_0' \quad A_0' \geq 0$
- Nucleo  $\text{Core}(A_0) = A_1 \quad A_1 = \{x_i, 1\}$
- Normalidad (Simetrico en la función) (Gauss Bell)
- Puntos de cruce  $\text{crosspoint}(A) = x_i \quad \mu_A(x_i) = 0.5$
- Singletón difuso



- Corte  $\alpha$ , Corte  $\alpha$ -fuerte

$$A_\alpha = \{x \mid \mu_A(x) \geq \alpha\}$$

$$A_\alpha' = \{x \mid \mu_A(x) > \alpha\}$$

- Convexidad  $A((1-\lambda)x_1 + \lambda x_2) \geq \min[A(x_1), A(x_2)]$

- Números difusos

- Ancho de Banda  $x_f - x_i \mid x_f, x_i \in X$

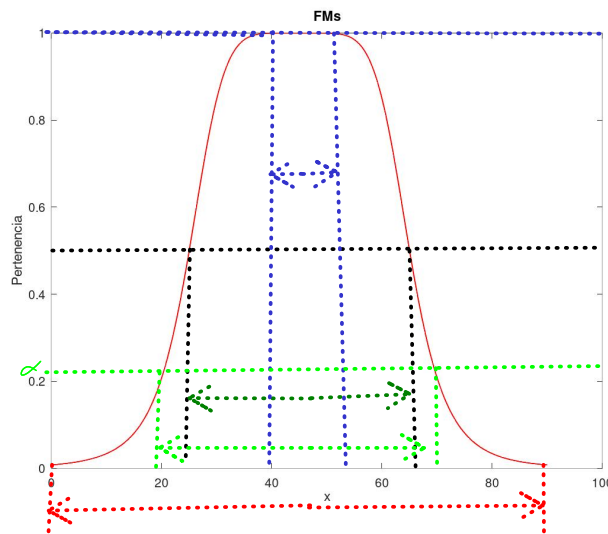
$$x_f = \max(X)$$

$$x_i = \min(X)$$

- Simetría

- Abierto a la izquierda o a la derecha, y cerrado

### Terminología para FM's



- Nucleo

- Punto de Cruce

- Corte  $\alpha$

- Soporte

### Operaciones teóricas utilizando C difusos

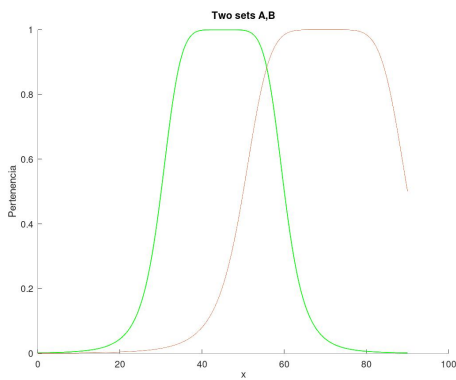
- Subconjunto  $A \subseteq B \Leftrightarrow \mu_A \leq \mu_B$

- Complemento  $\bar{A} = X - A \Leftrightarrow \mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$

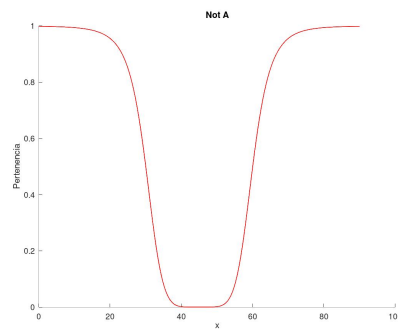
- Unión  $C = A \cup B \Leftrightarrow \mu_C(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] = \mu_A(x) \vee \mu_B(x)$

- Intersección  $C = A \cap B \Leftrightarrow \mu_C(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x)$

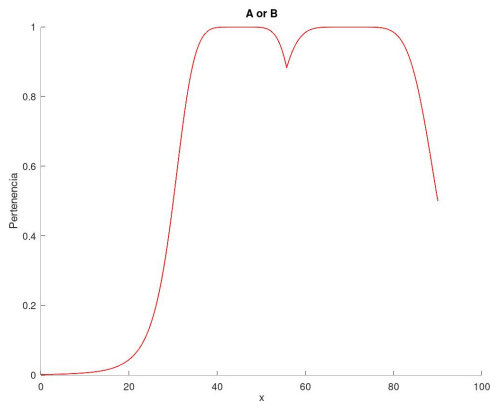
## Gráficamente



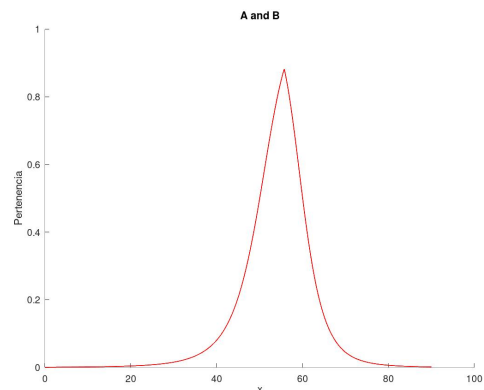
$A \& B \in C\text{-difuso}$



$$\bar{A} = 1 - A$$



$$A \cup B \Leftrightarrow A \vee B$$



$$A \cap B \Leftrightarrow A \wedge B$$

Clase 3

5/10/2020

Formulación de Funciones de membresía FM's

FM Triángulo

$$\text{trimf}(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right)$$

FM Trapezoidal

$$\text{trapf}(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right)$$

FM Gaussiano

$$\text{gaussf}(x; c, \sigma) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2}$$

FM Bell

$$\text{bellf}(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}}$$

FM Sigmoidal

$$\text{sigmf}(x; a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}$$



## Derivada en FM's

$$y = \text{Bell}(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}}$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \begin{cases} -\frac{2b}{x-c} y(1-y) & x \neq c \\ 0 & x = c \end{cases} \quad \frac{\partial y}{\partial c} = \begin{cases} \frac{2b}{x-c} y(1-y) & x \neq c \\ 0 & x = c \end{cases}$$

$$\frac{\partial y}{\partial a} = \frac{2b}{a} y(1-y)$$

$$\frac{\partial y}{\partial b} = \begin{cases} -2 \ln \left| \frac{x-c}{a} \right| y(1-y) & x \neq c \\ 0 & x = c \end{cases}$$

## FM Iq-Der

$$y_R(x; c, a, \alpha, \beta) = \begin{cases} F_L\left(\frac{c-x}{a}\right) & x < c \\ F_R\left(\frac{x-c}{\beta}\right) & x \geq c \end{cases}$$

Tarea funciones difusas

## Complemento Difuso

### Requerimientos Generales

Frontera  $N(0) = 1$  &  $N(1) = 0$

Monotonía  $N(a) > N(b)$  si  $a < b$

Involución  $N(N(a)) = a$

$\exists$  2 Complementos difusos

$\hookrightarrow$  Sugeno

$$N_s(a) = \frac{1-a}{1+sa}$$

$$a \neq 0$$

$$s \neq -\frac{1}{a}$$

$\hookrightarrow$  Yager

$$N_w(a) = (1-a^w)^{1/w}$$

$$w > 0$$