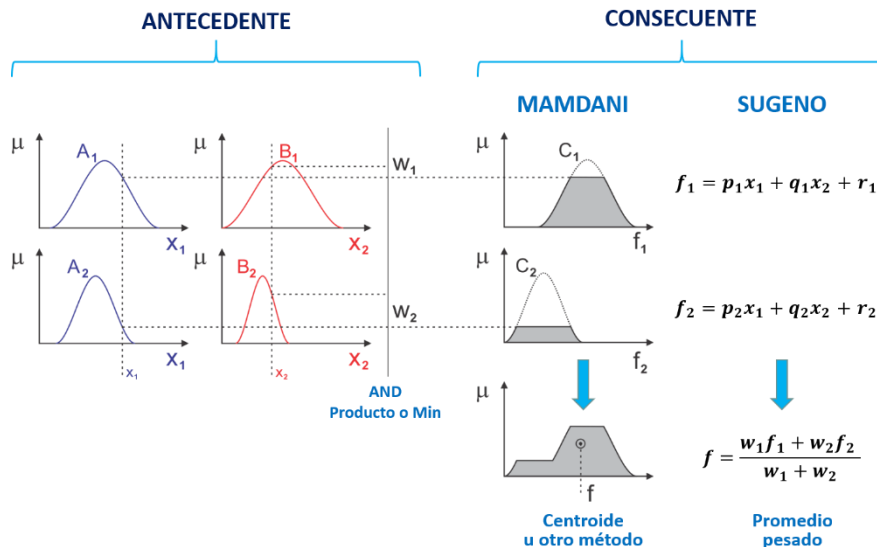


# Inteligencia Computacional

## Unidad 3: Lógica Difusa – FIS Sugeno



*Si bien el modelo de Sugeno (o mencionando a todos sus autores Takagi-Sugeno-Kang (TSK)) tiene muchas similitudes con el modelo de Mamdani, es importante saber reconocer las diferencias fundamentales. La diferencia principal está en los consecuentes de las reglas. Este modelo es posible de generar a partir de un conjunto de datos de entrada y sus respectivas salidas. Con ese enfoque, este método correspondería a un sistema que “aprende” los datos de forma supervisada. Y lo que se logra, en concreto, es un modelo de regresión.*

1. En relación con un sistema de inferencia de tipo Takagi-Sugeno-Kang:
  - a) ¿Con qué información se debe contar para generarlo?
  - b) ¿Cómo se expresa el conocimiento en este modelo?
  - c) ¿Qué hiperparámetros se deben establecer?
  - d) ¿Cuáles podrían ser sus aplicaciones?
2. Dadas las siguientes entradas y salidas esperadas construya y evalúe un sistema Tipo Mamdani y otro tipo Sugeno que las modelice.
  - a)  $x = [0:0.1:10]'$ ;  $y = \exp(-x^{3/5})$ ;
  - b)  $x = [0:.1:3]'$ ;  $y = 0.1x^2 + \frac{x^3}{1000}$ ;
  - c)  $x = [-10:.5:10]'$ ;  $y = -2x - x^2$ ;
  - d) Compare ambos métodos de manera conceptual y con alguna medida de calidad adecuada.
3. **Clustering subtractivo (conceptos):**
  - a) ¿En qué consiste?
  - b) ¿Cuál es su objetivo?
  - c) ¿Cuáles son sus hiperparámetros? ¿Qué representa?
  - d) ¿Cómo se utiliza el resultado de este método para la generación automática de reglas?

#### 4. Clustering subtractivo (cálculos):

- a) Utilizando cualquier software, dado un conjunto de datos entrada – salida (por ejemplo, los del archivo diodo.txt), calcular los potenciales para cada punto utilizando algún software. Elegir el máximo valor, aplicar la función de substracción para los potenciales, y hallar el segundo centro de *cluster*.

#### 5. Métodos de inducción de reglas:

Enuncie las reglas completas y funciones de pertenencia de un sistema de inferencia de Sugeno para aproximación de funciones utilizando los siguientes datos:

$$x = [0:0.1:10]'; y = \exp\left(\frac{x}{5}\right);$$

- a) Realice una partición del espacio en tres intervalos, aproxime la función utilizando tres rectas.  
b) Utilice *Clustering Substractivo* (configure el algoritmo para no generar más de tres reglas).

6. Implemente y evalúe en MATLAB la utilización de un modelo inferencia de Sugeno generado a partir de datos utilizando la función '*genfis*' con la opción 'clustering subtractivo'. Visualice entradas, salidas, reglas y la superficie de inferencia que representa los datos utilizando '*evalfis*'. ¿el modelo generado, ajusta los datos? Justifique.

Utilice los siguientes datos:

- a) Curva del diodo:

```
IS = 10e-12; % corriente de cortocircuito
q = 1.6e-19; % carga del electrón
k = 1.38e-23; % constante de Boltzman
T = 273+25; % Temperatura ambiente
% Conjunto de tensiones de diodo
VD = 0.5:0.01:1; % rango de interés
n = 2; % Diodo de Silicio. Si es Germanio, n=1.
I = IS*(exp(q*VD/(n*k*T))-1);
```

- b) Dinámica de poblaciones:

```
year = (1750:25:2000)';
pob = 1e6*[791 856 978 1050 1262 1544 1650 2532 6122 8170 11560]';
```

- c) Función Transcendente de Paneles Solares

```
y = f(x,y): Paneles.csv
```

7. Un sistema de inferencia difusa de Sugeno (segundo orden) se define con el siguiente conjunto de reglas:

<b>SI X ES pequeño</b>	<b>ENTONCES</b>	<b><math>Y = X^2 + 0.1 X + 6.4</math></b>
<b>SI X ES mediano</b>	<b>ENTONCES</b>	<b><math>Y = X^2 - 0.5 X + 4</math></b>
<b>SI X ES grande</b>	<b>ENTONCES</b>	<b><math>Y = 1.8 X^2 + X - 2</math></b>

Las variables lingüísticas de la entrada se definen mediante:

$$\mu_{pequ\tilde{e}no}(x) = gbellmf(x, [6, 4, -10])$$

$$\mu_{mediano}(x) = gbellmf(x, [4, 4, 0])$$

$$\mu_{grande}(x) = gbellmf(x, [6, 4, 10])$$

Calcular y hacer el gráfico de la curva entrada / salida en el rango de  $x$   $[-10, 10]$ .

Observar los diferentes tramos de la función modelada.

Para este problema no podrá utilizar la toolbox de MATLAB® y, en general, ningún otro software, puesto que no tiene funciones lineales en el consecuente.

8. Generar  $N$  datos simulados de la función  $y = A \exp(-Bx) + C$  para algún conjunto de valores de los parámetros  $A, B, C$  en un rango de valores de  $x$  determinado. Graficarlos en forma de curva.
  - a) Hallar un modelo de Sugeno que los aproxime con no más de 3 reglas. Graficar los puntos aproximados por el mismo. Calcular el error cuadrático medio cometido en el conjunto de datos.
  - b) Agregar ruido a los datos mediante la expresión  $y = y + D \text{ randn}(N, 1)$  y generar el modelo nuevamente, graficar y calcular el error como en el ítem anterior.
  - c) Graficar el comportamiento del modelo interpolando nuevos valores de  $x$  que no hayan sido incluidos en los datos generados para crear el modelo.
  - d) Extraer conclusiones: ¿es conveniente que el modelo aproxime los datos ruidosos exactamente? ¿siempre un modelo cuyo error de entrenamiento es casi nulo es mejor que otro con mayor error? ¿qué ocurre al aumentar el número de reglas del modelo de Sugeno?