

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

3010476



Lógica Difusa

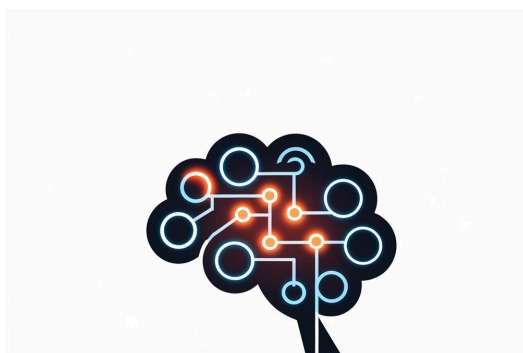
PROFESOR: JAIME ALBERTO GUZMAN LUNA

2025-1

Índice

1. Operaciones sobre Conjuntos Difusos
2. Inferencia Difusa con Mamdani
3. Lógica Difusa en Python (Scikit-Fuzzy)

1. Operaciones sobre Conjuntos Difusos.



Objetivo Educativo:

Comprender y aplicar las operaciones básicas sobre conjuntos difusos, como complemento, intersección y unión, utilizando funciones de pertenencia definidas sobre un mismo universo. A través de este ejercicio, el estudiante desarrollará habilidades para interpretar gráficamente los conjuntos difusos y calcular sus combinaciones empleando T-normas y T-conormas, fortaleciendo así su comprensión del álgebra difusa.

Se tienen dos conjuntos difusos definidos sobre el universo $U = [0, 10]$:

- **Conjunto A:** Representa la noción de "Temperatura Fría".
- **Conjunto B:** Representa la noción de "Temperatura cálida".

Las funciones de pertenencia se definen como:

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 4 \\ \frac{x-4}{4}, & 4 < x < 8 \\ 1, & x \geq 8 \end{cases}$$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 2 \\ \frac{6-x}{4}, & 2 < x < 6 \\ 0, & x \geq 6 \end{cases}$$

Dadas las funciones de pertenencia anteriores, se deben realizar los siguientes ejercicios:

Grafique y calcule manualmente (Señale el área correspondiente e incluya la imagen):

1. El complemento de A y B.
2. La intersección $A \cap B$ usando la T-norma del mínimo.
3. La unión $A \cup B$ usando la T-conorma del máximo

2. Inferencia Difusa con Mamdani



Objetivo Educativo:

Aplicar el modelo de inferencia difusa de Mamdani para resolver un problema de decisión basado en conocimiento experto, integrando las etapas de fuzzificación, evaluación de reglas, agregación y defuzzificación. Este ejercicio permite al estudiante comprender cómo se combinan las funciones de pertenencia (gaussianas, trapezoidales y triangulares) para modelar entradas, reglas y salidas, utilizando operadores lógicos difusos y el método del centroide para obtener una decisión final interpretable.

El conocimiento experto de un comensal de un restaurante se modela mediante un sistema de reglas difusas. El sistema cuenta con dos variables de entrada: **Servicio** (Calidad del Servicio, que se evalúa de 0 a 10) y **Comida** (Calidad de la Comida, que se evalúa igualmente de 0 a 10). El porcentaje de propina se modela con la variable **Propina** (definida entre 5 % y 25 % del precio total). A la variable de entrada **Servicio** le asociaremos tres conjuntos difusos asociados a las etiquetas lingüísticas: Pobre, Bueno y Excelente. Estos conjuntos se definirán empleando una **función Gaussiana Simple**, con la siguiente especificación:

$$\text{Pobre} = m = 0, \sigma = 1,5$$

$$\text{Bueno} = m = 5, \sigma = 1,5$$

$$\text{Excelente} = m = 10, \sigma = 1,5$$

La calidad de la comida tendrá asociada dos conjuntos difusos, con las etiquetas Rancia y Deliciosa. Estos conjuntos se definirán mediante **funciones trapezoidales**, con la siguiente especificación según sus vectores de ajuste:

- **Rancia** $a = 0, b = 0, c = 1, d = 3$

- **Deliciosa** $a = 7, b = 9, c = 10, d = 10$

De forma análoga, la Propina estaría definida sobre tres conjuntos difusos con las etiquetas Tacaña, Promedio y Generosa. Estos conjuntos se definirán mediante **funciones triangulares**, con la siguiente especificación según sus vectores de ajuste:

- **Tacaña** $a = 0, m = 5, b = 10$

- **Promedio** $a = 5, m = 15, b = 25$

- **Generosa** $a = 20, m = 25, b = 30$

El sistema de reglas que modela el conocimiento experto del comensal está basado en tres reglas, con la siguiente especificación:

- **R1:** Si servicio es pobre \vee comida es rancia \Rightarrow propina es tacaña.

- **R2:** Si servicio es bueno \Rightarrow propina es promedio.

- **R3:** Si servicio es excelente \vee comida es deliciosa \Rightarrow propina es generosa.

Nota

- Cuando usamos **O** (\vee), tomamos el máximo de los valores de pertenencia.
- Cuando usamos **Y** (\wedge), tomamos el mínimo de los valores de pertenencia.

Inferencia Mandani

Realiza este ejercicio en Excel, implementando las fórmulas vistas en clase.

Dada una calificación de Servicio = 3 y Comida = 8, determine la propina para el camarero utilizando un modelo de Inferencia de Mamdani con el centroide como método de defuzzificación.

- Dibuje el proceso de fuzzificación.
- Dibuje la evaluación de las reglas.
- Dibuje la agregación de los consecuentes.
- Dibuje el proceso de defuzzificación.
- Con Servicio = 3 y Comida = 8, la propina para el camarero es:

Gaussiana	$e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$
-----------	----------------------------------

Enlace de actividad: [Punto_2.xlsx](#)

3. Lógica Difusa en Python



Objetivo Educativo:

Desarrollar competencias prácticas en la implementación de sistemas basados en lógica difusa utilizando Python y la biblioteca *Scikit-Fuzzy*, mediante la creación de un modelo que evalúe el nivel de satisfacción del cliente en una cafetería. Este ejercicio permite al estudiante aplicar conocimientos sobre funciones de pertenencia, reglas difusas, inferencia y des-fuzzificación en un contexto real, fomentando la capacidad de modelar procesos subjetivos y tomar decisiones inteligentes a partir de entradas imprecisas. Además, promueve la interpretación de resultados mediante visualizaciones gráficas, fortaleciendo la conexión entre teoría y práctica en sistemas inteligentes.

En el competitivo mundo de las cafeterías especializadas, ofrecer un excelente producto ya no es suficiente. Los clientes actuales valoran una experiencia integral: el sabor del café, la interacción con el personal y la rapidez con la que reciben su pedido. Por este motivo, la gerencia de una cafetería gourmet busca desarrollar un sistema inteligente que permita estimar el **nivel de satisfacción del cliente** de forma automatizada, con el fin de tomar decisiones sobre calidad del servicio, estrategias de fidelización y mejoras operativas.

El objetivo es implementar un **sistema difuso** capaz de evaluar diversos aspectos de la experiencia del cliente y generar una estimación del **nivel de satisfacción general**, expresado en una escala de 0 a 100. Esta salida permitirá a los responsables del negocio identificar áreas críticas de mejora en tiempo real y aplicar acciones correctivas cuando el sistema detecte experiencias deficientes.

El sistema considerará como variables de entrada los siguientes factores clave:

- **Calidad del café:** Valoración sensorial del producto (sabor, temperatura, presentación).
- **Atención del barista:** Nivel de cortesía, conocimiento, disposición y amabilidad del personal.
- **Rapidez del servicio:** Tiempo transcurrido entre la realización del pedido y su entrega.

A través de un conjunto de reglas difusas, el sistema simulará la forma subjetiva y gradual en que un cliente forma su percepción general sobre su visita, permitiendo una evaluación más humana y flexible que los sistemas tradicionales de puntuación rígida.

Implementación del Sistema Difuso

Definición del Universo y Variables

El universo de discurso de cada variable está definido de la siguiente manera:

- **Calidad del café:** valores entre 0 y 10, con incrementos de 0.1.
- **Atención del barista:** valores entre 0 y 10, con incrementos de 0.1.
- **Rapidez del servicio:** valores entre 0 y 10, con incrementos de 0.1.
- **Satisfacción del cliente** (salida): valores entre 0 y 100, con incrementos de 1.

Definición de Funciones de Pertenencia

Calidad del Café

Mala: [0, 1.5] # Gaussiana

Aceptable: [1.5, 3, 5] # Bell

Excelente: [8, 2] # Sigmoidal ascendente

Muy excelente: # Es el resultado de la concentración (con potencia 2) de **Excelente**

Atención del Barista

Deficiente: [2, 4] # Z-shaped

Normal: [5, 1.2] # Gaussiana

Más o menos Normal: # Es el resultado de la Dilatación de **Normal**

Excelente: [6, 8] # S-shaped

Rapidez del Servicio

Lenta: [0, 0, 2, 4] # Trapezoidal

Moderada: [1.5, 2.5, 5] # Bell

Rápida: [7, 3] # Sigmoidal ascendente

Satisfacción del Cliente

Baja: [0, 0, 20, 35] # Trapezoidal

Media: [50, 10] # Gaussiana

Alta: [65, 80, 100, 100] # Trapezoidal

Reglas del Sistema

El sistema tomará decisiones según las siguientes reglas:

- Si la calidad del café es excelente y la atención del barista es excelente, entonces la satisfacción es alta.
- Si la calidad del café es aceptable y la atención del barista es excelente, entonces la satisfacción es alta.
- Si la calidad del café es aceptable y la atención del barista es normal, entonces la satisfacción es media.
- Si la calidad del café es mala o la atención del barista es deficiente, entonces la satisfacción es baja.
- Si la rapidez del servicio es lenta, entonces la satisfacción es baja.
- Si la rapidez del servicio es moderada, entonces la satisfacción es media.
- Si la rapidez del servicio es rápida, entonces la satisfacción es alta.

Pruebas y Validación

Deben probar su sistema con los siguientes valores de entrada:

Calidad del café = 7.5

Atención del barista = 8

Rapidez del servicio = 6

El sistema debe calcular y mostrar la satisfacción estimada del cliente en una escala de 0 a 100. Además, deben generar las gráficas necesarias para visualizar y analizar los resultados, asegurándose de que la representación gráfica facilite la interpretación del comportamiento del sistema difuso.

¿Cuál es la satisfacción del cliente con estas pruebas de validación?

Enlace de la actividad:

[Punto 3.ipynb](#)