Universidad Veracruzana

Maestría en Inteligencia Artificial

Lógica difusa

Tarea 6. Problema del mesero con lógica difusa usando el método de Sugeno con FuzzyToolbox y en código matlab.

Ángel García Báez

Dr. Sergio Hernández Méndez

9 de abril de 2025

Índice

1. Introducción

En el presente reporte se plantea el problema de la propina que se le sugiere dejar al mesero en base a la calidad de la comida y a la calidad de la atención del servicio con lógica difusa y usando el método de Sugeno. Para ello, se retomo gran parte de este problema que se ah venido trabajando desde la tarea 1, aplicando ciertas modificaciones a las funciones de membresía, cambiando algunas reglas y modificando las salidas. Para ello, se diseño con ayuda del fuzzytoolbox de matlab y posteriormente se hizo la implementación del codigo en matlab. Se muestra la comparativa de los resultados obtenidos tanto con el fuzzy toolbox como con el código hecho en matlab paso a paso para 3 escenarios distintos:

Cuando las 2 condiciones son mínimas, cuando son medias y cuando son máximas.

2. Problema 1: Problema del mesero

2.1. Explicación del Problema

Se tiene el problema de determinar cuanta propina dejarle a un mesero en un restaurante después de comer. Para ello, se toman en cuenta las variables de Servicio y la Comida.

En la tarea 1, se hizo la labor de probar con distintas combinaciones de funciones de membresía y parámetros para suavizar lo más posible la curva. Debido a la implementación del problema con el método de Sugeno, las funciones de membresia de las variables COMIDA y SERVICIO fueron re-hechas como funciones triangulares. Ademas, se agrego otra posible salida al conjunto de la propina, siendo ahora 4 posibles niveles de propina: Nula, baja, media y alta, dichos niveles se modelador como singletons. Finalmente, se modifico la primer regla donde la comida es mala y el servicio es malo para dar como resultado que entonces, la propina es nula.

2.2. Variables y sus codificaciones

A continuación se listan los valores de las variables lingüísticas que se propusieron para SERVICIO, COMIDA y PROPINA como sigue:

MF1='Malo':'trimf',[0 0 5] MF2='Regular':'trimf',[0.8333 5 9.167] MF3='Bueno':'trimf',[4 10 10]

1. Servicio: Malo $[0, 0, 5]$, Regular $[0{,}8333, 5, 9{,}167]$ y Bueno $[4, 10, 10]$.

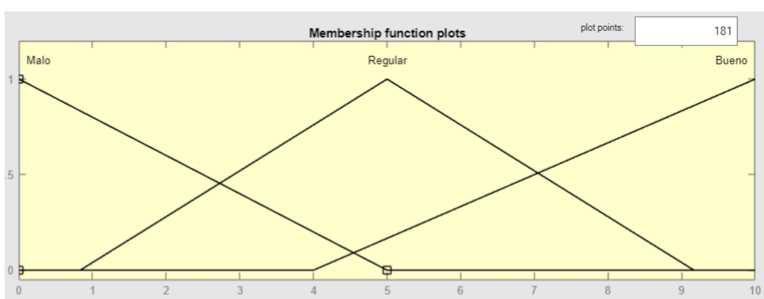


Figura 1: Funciones de pertenencia triangulares para la variable de entrada Servicio

2. Comida: Mala $[0, 0, 45]$, Normal $[15, 45, 80]$, Buena $[40, 70, 95]$ y Excelente $[60, 100, 100]$.

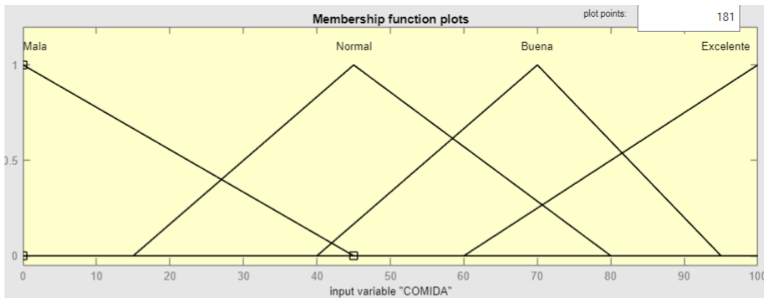


Figura 2: Funciones de pertenencia triangulares para la variable de entrada Comida

3. Propina: Nula (valor constante de 0), Baja (valor constante de 5), Normal (valor constante de 12) y Alta (valor constante de 20).

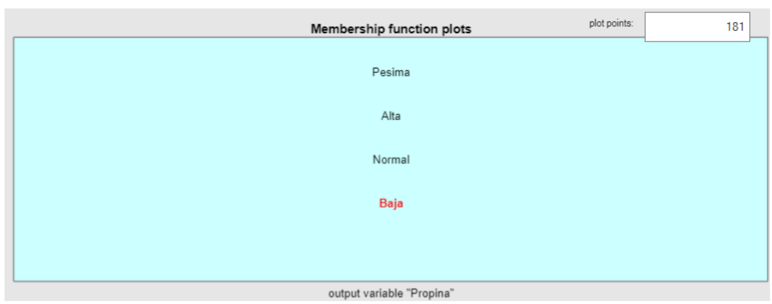


Figura 3: Valores constantes para la variable de salida Propina (método Sugeno)

Las funciones de membresía de SERVICIO y COMIDA fueron modeladas con triangulares, mientras que la salida de PROPINA fue modelada con singletons (una triangular modificada en 1 solo valor) para mantener el sistema *sencillo* y por su naturaleza discreta.

Se aplico el método de Sugeno para el procesado de las variables de entrada.

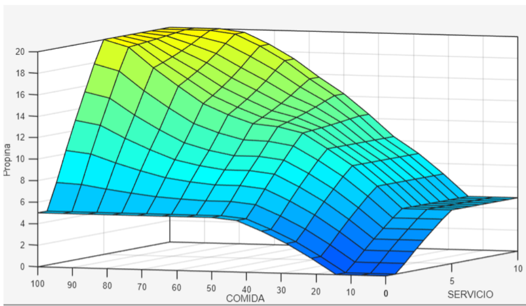
2.3. Reglas de inferencia.

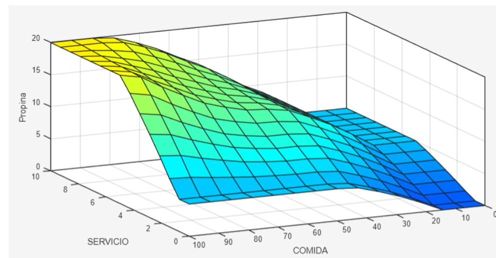
A continuación se muestran las doce reglas que se construyeron para este problema:

1. R1: Si **SERVICIO** es ***MALO*** y la **COMIDA** es ***MALA***, la **PROPINA** es ***NULA***.
2. R2: Si **SERVICIO** es ***BUENO*** y la **COMIDA** es ***NORMAL***, la **PROPINA** es ***NORMAL***.
3. R3: Si **SERVICIO** es ***REGULAR*** y la **COMIDA** es ***NORMAL***, la **PROPINA** es ***NORMAL***.
4. R4: Si **SERVICIO** es ***REGULAR*** y la **COMIDA** es ***BUENA***, la **PROPINA** es ***NORMAL***.
5. R5: Si **SERVICIO** es ***BUENO*** y la **COMIDA** es ***EXCELENTE***, la **PROPINA** es ***ALTA***.
6. R6: Si **SERVICIO** es ***MALO*** y la **COMIDA** es ***EXCELENTE***, la **PROPINA** es ***BAJA***.
7. R7: Si **SERVICIO** es ***BUENO*** y la **COMIDA** es ***MALA***, la **PROPINA** es ***BAJA***.
8. R8: Si **SERVICIO** es ***MALO*** y la **COMIDA** es ***NORMAL***, la **PROPINA** es ***BAJA***.
9. R9: Si **SERVICIO** es ***MALO*** y la **COMIDA** es ***BUENA***, la **PROPINA** es ***BAJA***.
10. R10: Si **SERVICIO** es ***BUENO*** y la **COMIDA** es ***BUENA***, la **PROPINA** es ***ALTA***.
11. R11: Si **SERVICIO** es ***REGULAR*** y la **COMIDA** es ***MALA***, la **PROPINA** es ***BAJA***.
12. R12: Si **SERVICIO** es ***REGULAR*** y la **COMIDA** es ***EXCELENTE***, la **PROPINA** es ***ALTA***.

2.4. Gráficos del problema del mesero

La gráfica de superficie resultante de todo lo descrito previamente, es la siguiente:





La gráfica de superficie muestra un comportamiento suave en el descenso que va teniendo conforme van variando los valores, de aquí cabe señalar 2 cosas: La gráfica logra abarcar todo el rango posible para los valores de la propina y la inclusión de la regla donde la propina es nula produce un cambio drástico que mueve la superficie de golpe hacia 0.

2.5. Implementación del problema del mesero paso a paso

Como se menciono en un inicio, el principal objetivo de esta actividad aparte de mostrar los resultados con el método de Sugeno, es implementar uno mismo el sistema de lógica difusa para comparar los resultados con respecto de los mostrados por el fuzzy toolbox de matlab.

El primer paso identificar las variables de discurso SERVICIO, COMIDA y PROPINA para inicializarlas en 0.

Con referencia a lo explicado en el libro de Cisneros Parra (2004), se implemento la función de membresía tiangular tal y como la define a continuación:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases}$$

Posteriormente, se definieron los rangos de cada una de las funciones de membresía, dado que solo se usan funciones triangulares y singletons, se dejaron los rangos tal cual se había presentado anteriormente:

1. Servicio: Malo $[0, 0, 5]$, Regular $[0{,}8333, 5, 9{,}167]$ y Bueno $[4, 10, 10]$.
2. Comida: Mala $[0, 0, 45]$, Normal $[15, 45, 80]$, Buena $[40, 70, 95]$ y Excelente $[60, 100, 100]$.
3. Propina: Nula (valor constante de 0), Baja (valor constante de 5), Normal (valor constante de 12) y Alta (valor constante de 20).

Siguiendo con el proceso, fueron implementadas cada una las 12 reglas que ya se mostraron previamente y utilizando los resultados de las funciones de membresía como se describe a continuación:

El valor de activación de la regla:

$$w_i = \mu_{A_i}(x_1) \cdot \mu_{B_i}(x_2)$$

La contribución de la regla de salida:

$$contribucion_i = w_i \cdot z_i$$

Por ultimo, ya que se contaban con las funciones de membresía y el sistema de reglas, dado que se van a trabajar con salidas singleton, la forma de deffuzificar las entradas para generar las salidas es mediante el método del promedio ponderado:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^{N} w_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^{N} w_i}$$

donde:

- x_i son los valores discretos de la variable de salida.
- $\mu(x_i)$ es el grado de pertenencia de x_i en la función de pertenencia de la salida difusa.
- n es el número total de puntos discretos en el dominio de salida.

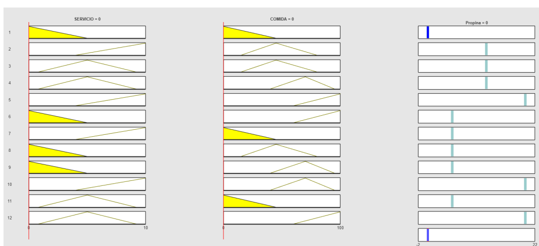
Una vez que el sistema esta listo y programado, se procede a hacer la comparativa con el toolbox de matlab.

2.6. Comparativa para el problema del mesero

A continuación se presentan los resultados que da el sistema programado paso a paso en matlab contra el resultado para el mismo sistema por parte del fuzzy toolbox en 3 escenarios distintos.

2.6.1. Caso mínimo

Para el caso mínimo, se propone un $SERVICIO = 0$ y una $COMIDA = 0$ para ver como se comportan ambas versiones ante situaciones tan extremas.



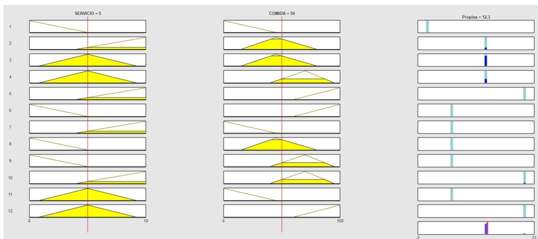

```
ans =

     0
```

A la izquierda se muestran los resultados del toolbox y a la derecha el resultado del sistema programado paso a paso. El toolbox reporta un valor de 0 para el caso planteado, mientras que el sistema programado paso a paso muestra un valor de 0. La diferencia entre ambos casos es nula, por lo que se puede afirmar que llegan al mismo resultado. Un servicio de 0 y una comida de 0 llegan a dar como resultado una propina de 0 % (nula).

2.6.2. Caso medio

Para el caso mínimo, se propone un $SERVICIO = 5$ y una $COMIDA = 50$ para ver como se comportan ambas versiones ante situación media.



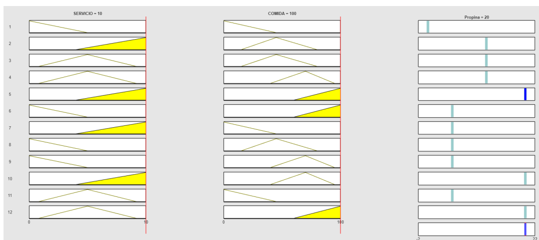
```
ans =

   12.3200
```

A la izquierda se muestran los resultados del toolbox y a la derecha el resultado del sistema programado paso a paso. El toolbox reporta un valor de 12.32 para el caso planteado, mientras que el sistema programado paso a paso muestra un valor de 12.32. La diferencia entre ambos casos es nula, por lo que se puede afirmar que llegan al mismo resultado. Un servicio de 5 y una comida de 50 llegan a dar como resultado una propina de 12.32 % (media).

2.6.3. Caso máximo

Para el caso mínimo, se propone un $SERVICIO = 10$ y una $COMIDA = 100$ para ver como se comportan ambas versiones ante situaciones tan extremas.




```
ans =

    20
```

A la izquierda se muestran los resultados del toolbox y a la derecha el resultado del sistema programado paso a paso. El toolbox reporta un valor de 20 para el caso planteado, mientras que el sistema programado paso a paso muestra un valor de 20. La diferencia entre ambos casos es nula, por lo que se puede afirmar que llegan al mismo resultado. Un servicio de 20 y una comida de 100 llegan a dar como resultado una propina del 20 % (Alta).

3. Conclusiones

A rasgos generales, los resultados del sistema programado paso a paso y del toolbox de matlab resultan practicamente iguales, almenos en los casos donde se hizo la comparación.

Si bien, no se esta explotando al máximo las bondades del método de Sugeno, como lo es generar salidas a partir de polinomios de grado 1, el método arroja mejores resultados que los encontrados por el método de Mandami de la tarea 2.

4. Referencias

Referencias

Cisneros Parra, J. U. (2004). *Introducción a la lógica difusa.* Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, San Luis Potosí.

5. Anexos

Este reporte se envía con los códigos anexos que corresponden a:

1. Archivo .fiz del sistema difuso para el problema del mesero con método de Sugeno.
2. Código en matlab para ejecutar el sistema difuso programado para el problema del mesero con método de Sugeno.