

Lógica Difusa

Modelación y Simulación

Alberto Suriano, MSc, MBA

Departamento CC y TI U.V.G

2022

Agenda

1. Introducción
2. Elementos a Analizar
3. Algoritmo de Control Difuso
4. Actividad :)

Introducción

- Esta técnica fue concebida hace más de 40 años por Lofti Zadeh, de la universidad de la Universidad de California Berkley
- Es una metodología de control, o de procesamiento de datos, en los cuales las funciones de membresía no son absolutas
- ¿Qué quiere decir esto?
 - Un elemento puede permanecer parcialmente a un grupo

- La idea detrás de este concepto se basa en tratar de modelar el hecho que nosotros, los humanos, somos capaces de interpretar y tomar decisiones a partir de información imprecisa, a medias, o con simples ideas sobre algún tema.
- La lógica difusa permite usar sensores que aceptan información ruidosa y análoga, a partir de la cual se toman decisiones de control

- La lógica difusa permite usar sensores que aceptan información ruidosa y análoga, a partir de la cual se toman decisiones de control
- Estos métodos proveen una forma sencilla de obtener **conclusiones definidas basadas en información vaga, imprecisa y ruidosa**

- La diferencia entre la Lógica Difusa y los sistemas de control basados en casos
 - Los sistemas de control basados en casos recaen en el expertise de un operador, para definir cada caso y cada output
 - IF (Temp < 50deg): heat_up(10deg).
 - En el caso de la lógica difusa, la condición sería:
 - IF (el agua está muy fría): caliéntela un poco

- El resultado es mucho más parecido a lo que sucede al momento de bañarse con agua del calentador
 - Si el agua está muy fría, calculan subir un poco la temperatura.
 - Si se pasan, regresan un poco, hasta que queda en un punto agradable.

Elementos a Analizar

- Variables de Entrada (o Crisp)
- Universo del discurso
- Conjuntos difusos
- Función de pertenencia (o variables lingüísticas)
- Operaciones entre conjuntos difusos
- Cláusulas de Horn
- Defuzzicación

Variables de Entrada (Crisp Input)

- Considérese como cualquier elemento medible del ambiente, que afectará la inferencia, clasificación o acciones de control que tomará su sistema.
- Ejemplos clásicos
 - Temperatura
 - Distancia
 - Intensidad de sonido
 - Orientación

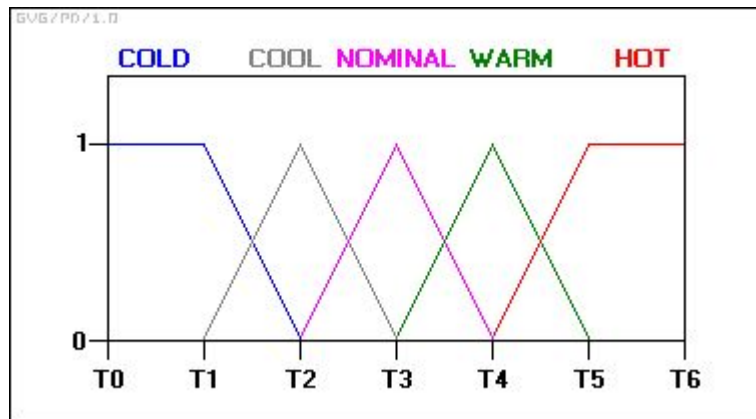
- Conjunto difuso
- Conjunto de todos los posibles valores que una variable de entrada (variable de sistema) puede obtener
- Si estuviéramos tratando de clasificar a las personas con la característica “juventud”, el universo del discurso sería el conjunto de todas las personas.

Conjuntos Difusos

- Un conjunto **NO difuso** A, y un elemento cualquiera del universo x, definen una función de pertenencia sencilla:
 - **pertenece(x, A)**, ó **x pertenece A**, como una función booleana, que regresa Verdadero, si x es un elemento de A, o Falso en caso contrario.
- Un **conjunto difuso** B, y un elemento del universo x, también definen una función de pertenencia, pero el rango de la misma no es el conjunto {0, 1} (verdadero / falso), sino que el conjunto [0, 1]
 - A los conjuntos, cuya función de pertenencia es el rango real [0, 1], se les conoce como conjuntos difusos

Grado de Pertenencia (Variables Lingüísticas)

- El grado de pertenencia, o valor de **verdad**(x) es el valor asignado por una función de pertenencia específica al elemento x. El grado de pertenencia se interpreta como un input difuso, una variable difusa o lingüística.



- También conocidos como operadores de Zadeh, se definen como sigue:
 - **verdad(NOT x)** = $1 - \text{verdad}(x)$
 - **verdad(x AND y)** = $\min(\text{verdad}_1(x), \text{verdad}_2(y))$
 - **verdad(x OR y)** = $\max(\text{verdad}_1(x), \text{verdad}_2(y))$

- Programáticamente, y para los fines de la lógica difusa, una cláusula de Horn se ve como sigue:
- **IF (entradas difusas o antecedente) THEN (salidas difusas o consecuente)**
- No son literalmente implicaciones (\Rightarrow)

Cláusulas de Horn

- Estas nos permiten obtener resultados difusos a partir de variables lingüísticas.
- El resultado de una cláusula de Horn será tan cierto como cierto sean sus variables lingüísticas.
- El resultado del conjunto de cláusulas de Horn, es tan cierto como la unión de los resultados de cada cláusula por separado

- Dada una función de pertenencia de una **variable de salida lingüística**, el proceso de defuzzificación consiste en obtener una variable Crisp de salida que mejor represente a la función de pertenencia
- La defuzzificación es el proceso de convertir una variable de salida difusa, en una variable de salida Crisp.

Algoritmo de Control Difuso

Algoritmo de control difuso

1. Medir las variables de entrada crisp
2. Obtener las variables lingüísticas
3. Aplicar las cláusulas de Horn para obtener las funciones de pertenencia compuestas, y las variables de salida difusas.
4. Combinar las variables de salida difusas de cada cláusula para obtener la variable de salida difusa general.
5. Defuzzificar esta variable de salida para obtener la variable de salida crisp

Ejemplo

- Considere el caso en que queremos aplicar un algoritmo de control difuso para determinar la propina que debemos dar en un restaurante
- Las variables a considerar son
 - La apreciación personal de su acompañante, sobre el servicio, en la escala de $[0, 10]$
 - La apreciación personal de su acompañante, sobre la calidad de la comida, en la escala de $[0, 10]$

Ejemplo Parte 2

- Las variables lingüísticas de entrada son:
 - Sobre el servicio:
 - El servicio es malo
 - El servicio es bueno
 - El servicio es excelente
 - Sobre la calidad de la comida:
 - La comida está podrida
 - La comida es deliciosa

Seguimos con el ejemplo

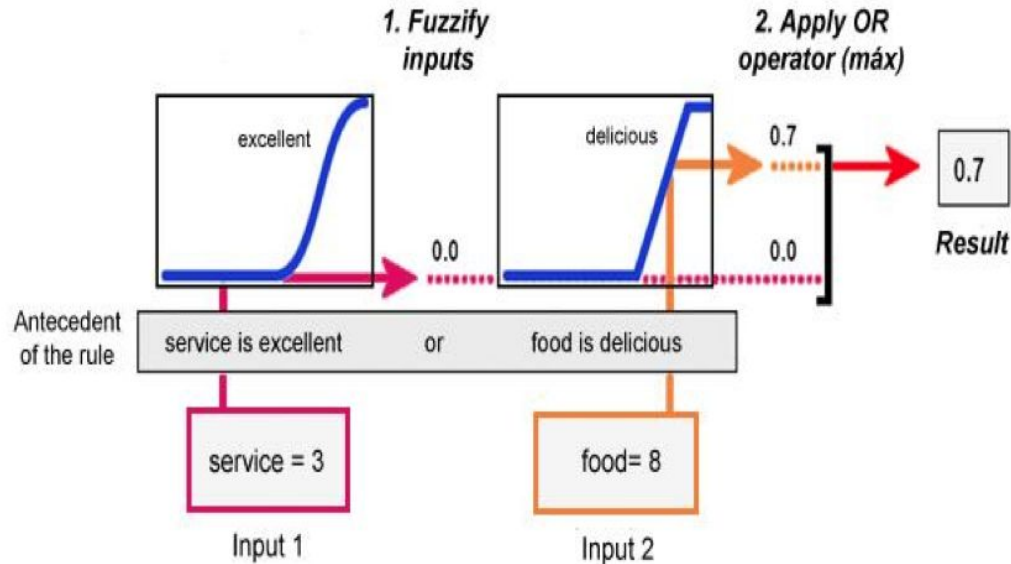
- Las variables lingüísticas de salida serán sobre la propina a dar
 1. La propina será baja
 2. La propina será normal
 3. La propina será generosa

Seguimos con el ejemplo aún

- Las reglas, o cláusulas de Horn a usar serán:
 - Si el servicio es pobre, o la comida está podrida, daré una propina baja
 - Si el servicio es bueno, daré una propina normal
 - Si el servicio es excelente, o la comida es deliciosa, daré una propina generosa

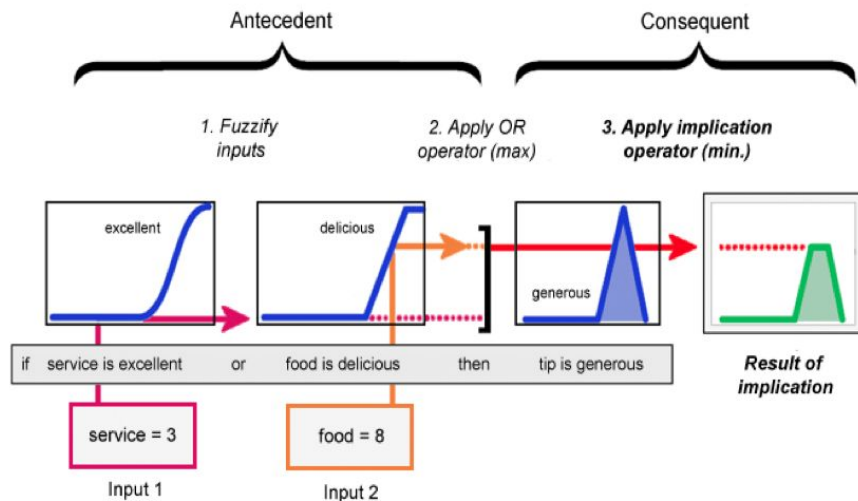
Más del ejemplo

- Ahora veamos un caso específico sobre el antecedente en la cláusula de Horn:

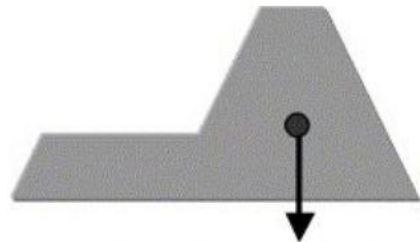


¿Alguien sigue leyendo los títulos?

- El consecuente de la cláusula de Horn representa un peso de la verdad sobre la acción que se tomará, por tanto, es tan cierto como el antecedente lo sea:



- Existen varios criterios para hacer una defuzzificación, su uso depende de la aplicación.
- En general, el más aceptado y estándar es conocido como cálculo de centroide.

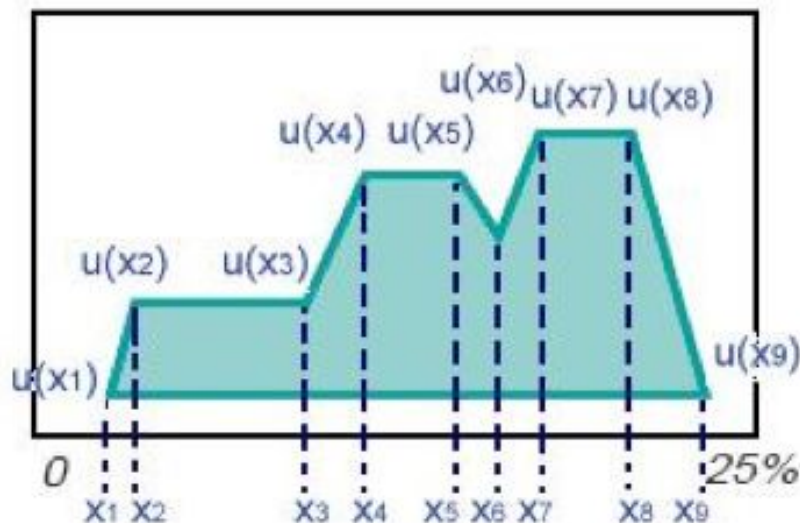


Precise Output (Result of defuzzification)

$$z_{COA} = \frac{\int_Z \mu_A(z)zdz}{\int_Z \mu_A(z)dz} .$$

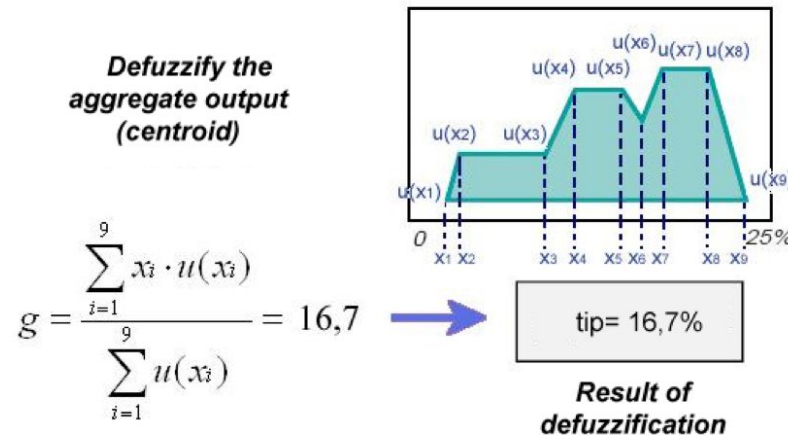
Defuzzificación

- Una simplificación de este cálculo se presenta a continuación (con pérdida de precisión):

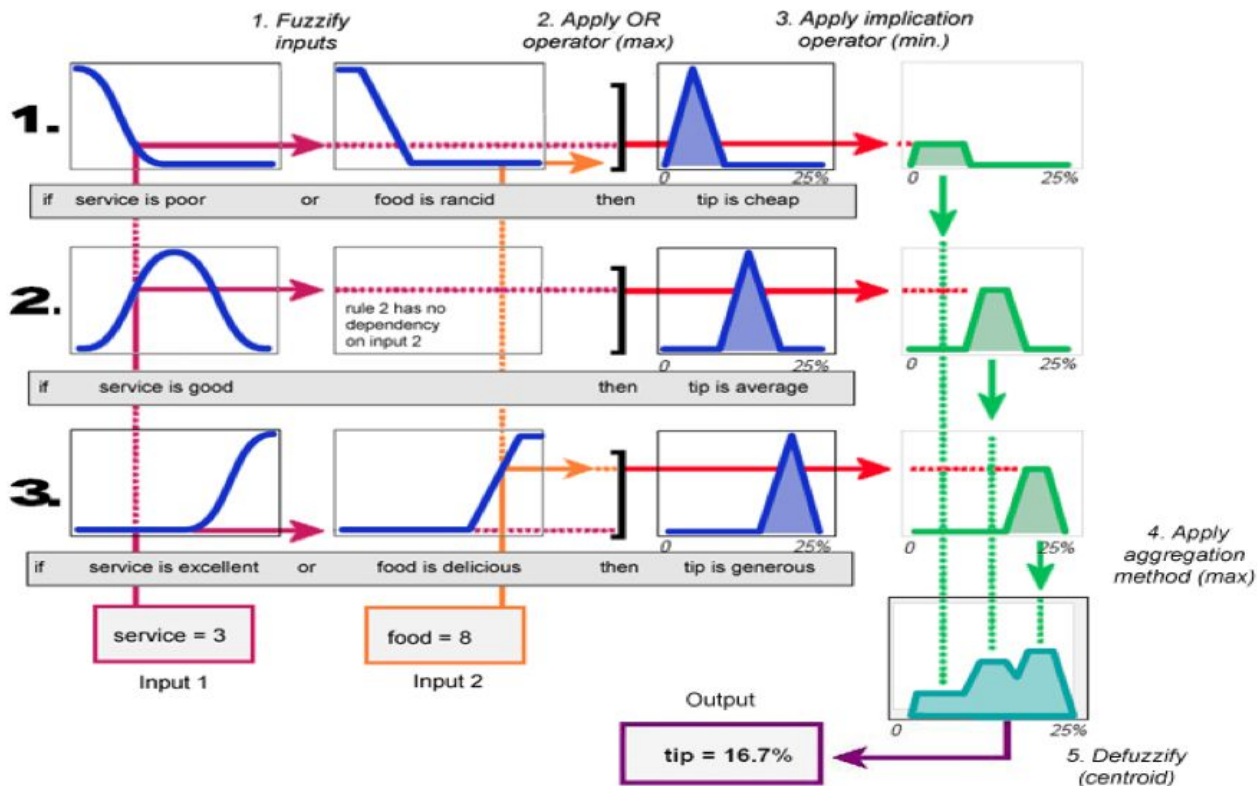


Regresando al ejemplo...

- Luego de evaluar el peso de la verdad de cada una de las cláusulas, obtenemos la variable de salida difusa que representa la propina a dar, y finalmente defuzzificamos:

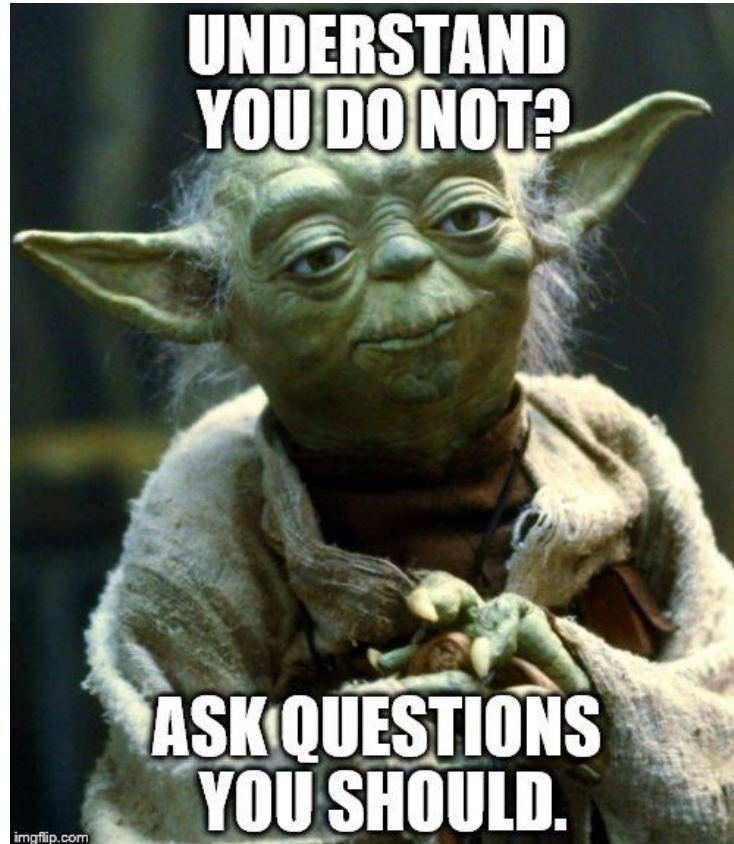


Regresando al ejemplo...



Lectura Recomendadas

- Si quieren leer un poco más sobre este tema
 - Material en Canvas





ARE YOU
READY?



Kahoot!

Gracias por su atención



Referencias

- Samuel Chávez. 2014. Modelación y Simulación CC3039 - Universidad del Valle de Guatemala