

# Proyecto de Lógica Difusa. Simulación.

Antonio Jesús Otaño Barrera  
Grupo C411

A.OTANO@ESTUDIANTES.MATCOM.UH.CU

## 1. Características del sistema de inferencia propuesto

El sistema de inferencia propuesto acepta reglas con múltiples variables de entrada y múltiples variables de salida. Las variables en la entrada pueden ser tanto valores (singleton) como conjuntos difusos. El sistema permite trabajar con funciones de membresía de cualquier tipo definidas por el usuario, y además brinda herramientas para facilitar el uso de funciones membresía de tipo singleton, triangular y trapezoidal. Los métodos de inferencia que tiene implementados son los de Mamdani y Larsen, y los métodos de desdifusificación que brinda son los de Centroide (Center of Area), Bisección (Bisector of Area), y Media de los Máximos (Mean of Maximum).

## 2. Principales ideas seguidas para la implementación del sistema

El sistema fue implementado en Python y consiste en una librería que permite a cualquier otro programador usarla para resolver (siempre y cuando esté bien modelado) cualquier problema cuya solución se obtenga mediante inferencia difusa. El programador puede escoger el método de inferencia y el método de desdifusificación que más se ajuste al problema con que está tratando. Además, dado que el universo de discusión del problema puede ser continuo es necesario discretizar las funciones de membresía provistas por el usuario para poder efectuar tanto los métodos de inferencia como los de desdifusificación. La discretización que se realiza es uniforme y es tarea del programador definir el número de segmentos o niveles en que se divide el universo del problema original. También se puede proveer al sistema de una función para normalizar la entrada en un determinado rango. El sistema trabaja con cuatro entidades fundamentales: conjuntos difusos, variables lingüísticas, reglas difusas y bases de reglas difusas. Estas entidades a su vez deben ser usadas por el programador para modelar su problema. Internamente solo se trabaja con reglas de tipo MISO (multiple input single output), pero como toda regla MIMO (multiple input multiple output) puede ser transformada en un conjunto de reglas de tipo MISO, se brinda una interfaz para modelar el problema con reglas MIMO, las cuales se descomponen internamente en varias reglas de tipo MISO.

## 3. Propuesta de problema a solucionar mediante inferencia difusa

El problema propuesto consiste en simular el movimiento de un robot sobre un espacio en el que existen obstáculos. El robot tiene sensores que le permiten detectar la distancia a la que se encuentra del objeto más cercano así como el ángulo que forma con el mismo. Conocidos estos parámetros el robot debe determinar que dirección tomar para evitar chocar con el obstáculo (Figura 1)

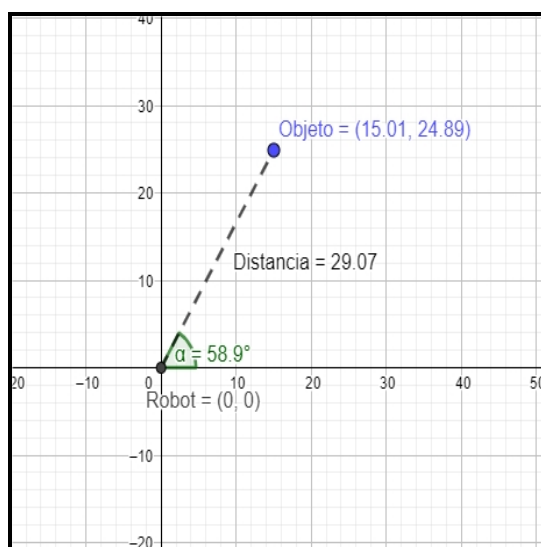


Figura 1: Descripción del problema

### 3.1 Variables lingüísticas definidas

A partir del enunciado anterior podemos definir tres variables lingüísticas que nos permitirán modelar el problema, como se muestra en la Tabla 1.

Variable	Tipo	Dominio	Términos
Distancia	Estado	[0, 100]	muy cerca (PN), cerca (N), un poco lejos (LF), lejos (F), muy lejos (PF)
Ángulo	Estado	[0, 180]	der-grande (RL), der-mediano (RM), der-pequeño (RS), nulo (Z), izq-pequeño (LS), izq-mediano (LM), izq-grande (LL)
Dirección	Control	[0, 180]	izq-cerrado (LS), izq-moderado (LME), izq-leve (LMI), recto (ZT), der-leve (RMI), der-moderado (RME), der-cerrado (RS)

Cuadro 1: Variables lingüísticas del problema

### 3.2 Método de fusificación empleado

No existe incertidumbre en los datos pero como los metodos de inferencia reciben conjuntos difusos como entrada debemos convertir cada valor en un conjunto difuso de tipo singleton, como se muestra en la figura 2.

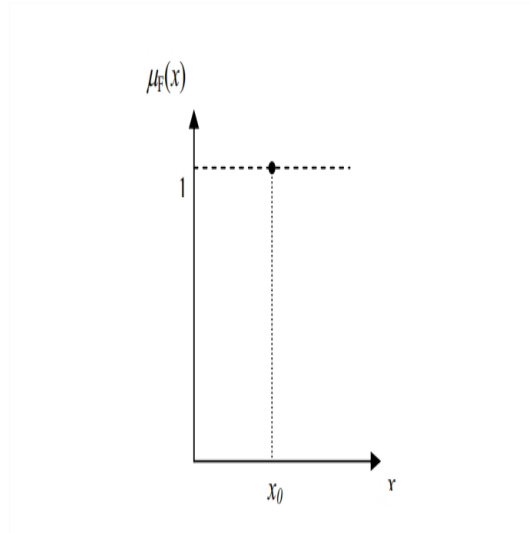


Figura 2: Método de fusificación.

### 3.3 Discretización y normalización de los datos

La cantidad de segmentos en que se dividieron los universos de discusión de las variables, así como la fórmula que se aplicó para normalizarlos a todos en el intervalo [0, 1] se muestran en la Tabla 2.

Variable	No. de segmentos	Ecuación de normalización
Distancia	100	$d' = \frac{1}{d}$
Ángulo	180	$a' = \frac{1}{a}$
Dirección	180	$v' = \frac{1}{v}$

Cuadro 2: Variables lingüísticas del problema

### 3.4 Selección de las funciones de membresía

Las funciones de membresía utilizadas fueron en su mayoría triangulares, excepto para los términos nulo y recto correspondientes a las variables ángulo y dirección respectivamente que están representados por conjuntos singleton. Dada la naturaleza discreta de las computadoras y que las funciones de membresía de los conjuntos singleton tienen un solo valor distinto de 0 en todo su dominio, puede no alcanzarse los resultados esperados si las funciones las implementamos exactamente como están definidas. En su lugar aplicamos una transformación. La función:

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x = a \\ 0 & \text{e.o.c} \end{cases} \quad (1)$$

, la transformamos en:

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in [a - \frac{\epsilon}{2}, b + \frac{\epsilon}{2}] \\ 0 & \text{e.o.c} \end{cases} \quad (2)$$

, donde  $\epsilon$  es el tamaño de un segmento o nivel de la variable.

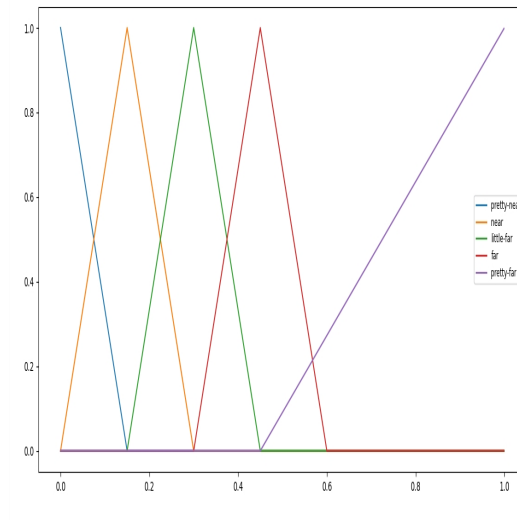


Figura 3: Distancia

### 3.5 Construcción de la base de reglas difusas

Para representar el conocimiento utilizamos reglas difusas de la forma:

“Si la distancia es  $A_i$  y el ángulo es  $B_i$ , entonces la dirección es  $C_i$ .”

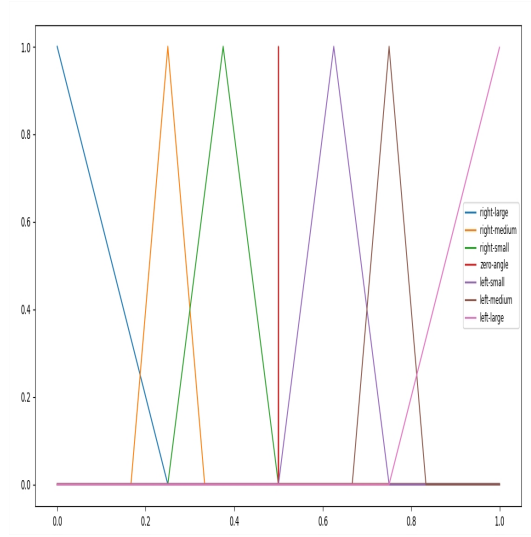


Figura 4: Ángulo

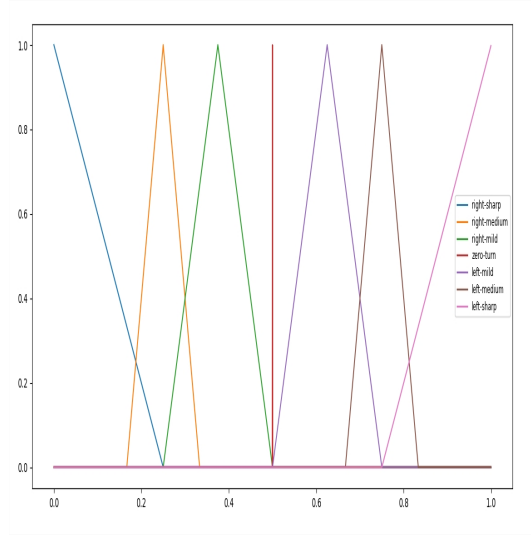


Figura 5: Dirección

A partir de un análisis detallado del problema se pudo construir el siguiente conjunto de reglas difusas representado en la Figura 6. Para leer una regla escogemos una fila para la distancia y una columna para el ángulo y la intersección es la dirección. Por ejemplo, si la distancia es cerca(N) y el ángulo es pequeño a la derecha (RS) entonces la dirección que debemos tomar es doblando a la izquierda cerrado (LS).

## 4. Desarrollo

En esta sección (o secciones) incluya el contenido fundamental del artículo. No es necesario tener una sección nombrada *Desarrollo*, por el contrario, nombre las secciones según el contenido que tratan.

### 4.1 Organización del Documento

Puede agregar secciones y subsecciones según sea necesario para organizar de manera más coherente su artículo. Tenga en cuenta que un documento más plano es más fácil de navegar y entender, pero las subsecciones relacionadas deberían estar agrupadas en una sección común.

Los nombres de las secciones deben ir en mayúsculas, excepto para las preposiciones, conjunciones, y otros vocablos auxiliares.

Empiece un nuevo párrafo cada vez que vaya a comenzar una idea nueva.

	RL	RM	RS	Z	LS	LM	LL
PF	ZT						
F			LMI	RMI			
LF			LME	RME			
N		LMI				RMI	
PN		LME	LS	RS		RME	

Figura 6: Base de reglas difusas

## 4.2 Listas y Descripciones

Para producir listas enumeradas, use el siguiente estilo:

1. Primer Elemento
2. Segundo Elemento
  - (a) Segundo Elemento - Subitem Uno
  - (b) Segundo Elemento - Subitem Dos

Para producir descripciones, use el siguiente estilo:

**Primer Elemento** con su respectiva descripción.

**Segundo Elemento** también con su respectiva descripción.

## 4.3 Figuras

Para producir cuerpos flotantes (figuras ó tablas), asegúrese de numerar y etiquetar correctamente cada figura. Las referencias a las figuras deben estar también correctamente etiquetadas. Por ejemplo, en la Fig. ?? se muestra...

## 4.4 Código Fuente

Para producir código fuente, envuélvalo en una figura flotante y etiquételo correctamente. Por ejemplo, en la Fig. ?? se muestra un código bastante conocido...

## 4.5 Referencias

Las referencias deben estar agrupadas en una sección al final del artículo, y las citas numeradas correctamente, por ejemplo [1] ó [2]. Incluya toda la información importante de cada referencia, incluídos autor, título, y notas de la edición. En caso de citar sitios web, además de la URL, incluya la fecha en que fue consultado, como en [3].

## 5. Conclusiones

En esta sección puede incluir las conclusiones de su investigación y las ideas sobre la continuidad del trabajo, en el caso que aplique.

PF: pretty far (muy lejos)  
F: far (lejos)  
LF: little far (un poco lejos)  
N: near (cerca)  
PN: pretty near (muy cerca)

RL: right-large (der-grande)  
RM: right-medium (der-mediano)  
RS: right-small (der-pequeño)  
Z: zero (nulo)  
LS: left-small (izq-pequeño)  
LM: left-medium (izq-mediano)  
LL: left-large (izq-grande)

RS: right-sharp (der-cerrado)  
RME: right-medium (der-mediano)  
RMI: right-mild (der-leve)  
ZT: zero turn (recto)  
LMI: left-mild (izq-leve)  
LME: left-medium (izq-mediano)  
LS: left-sharp (izq-cerrado)

Figura 7: Leyenda

## 6. Recomendaciones

En esta sección puede incluir recomendaciones sobre posibles formas de continuar la investigación u otros temas relacionados.

## Referencias

- [1] Donald E. Knuth. *The Art of Computer Programming*. Volume 1: Fundamental Algorithms (3rd edition), 1997. Addison-Wesley Professional.
- [2] Kurt Gödel. *Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme, I*. Monatshefte für Mathematik und Physik 38.
- [3] Wikipedia. URL: <http://en.wikipedia.org>. Consultado en 25 de noviembre de 2020.

