

# Fuzzy-Navigation

1<sup>st</sup> Daniel Felipe Ardila Ariza  
Facultad de Ingeniería Electrónica)  
Universidad Santo Tomás)  
Bogotá D.C., Colombia

2<sup>nd</sup> Corredor Cely Jorge Luis  
Facultad de Ingeniería Electrónica  
Universidad Santo Tomás  
Bogotá D.C., Colombia

3<sup>rd</sup> García Carrillo Juan Camilo  
Facultad de Ingeniería Electrónica  
Universidad Santo Tomás  
Bogotá D.C., Colombia

**Abstract**—Fuzzy logic is one of the most used mathematical disciplines today due to its versatility to quantify qualified data sets, resembling the way of human thought.

**Index Terms**—Fuzzy logic, ControlRemoteAPI, Fuzzy sets, Navigation

## I. INTRODUCCIÓN

La lógica difusa actúa como un dictamen en el cual las afirmaciones no tienen porque ser ciertas y falsas, sino que en cambio estas deben ser verificadas. Es decir, se aplica a conceptos que pueden adquirir cualquier valor de veracidad dentro de un conjunto de afirmaciones que pueden oscilar dentro de dos extremos: veracidad total o falsedad total. Es por esto que se dice, lo difuso no es la lógica aplicada, el objeto que se estudia si lo es. La lógica difusa permite tratar con información imprecisa y modelarla en conjuntos borrosos que se combinan en reglas para definir las acciones y decisiones a tomar. A partir de esta definición, los sistemas de control combinan las entradas, definidas en conjuntos difusos, por medio de conjuntos de reglas que producen salidas específicas. De esta forma, se plantea el desarrollo de la estrategia de navegación con evasión de obstáculos para un robot Pioneer por medio de lógica difusa en Coppelia y Python. Para esto se adquirió los datos desde el simulador y procesaron en Python mediante el uso de la API proporcionado por el mismo simulador.

## II. PROCEDIMIENTO

### A. Lógica de navegación

Para la navegación del vehículo, se plantea el uso de una lógica difusa. En la cual se tienen como entradas la posición de la meta, y la posición del obstáculo, y como salida se tiene la acción del vehículo. En la siguiente tabla se muestra la lógica propuesta.

Table I  
GLOSARIO

<b>PG</b>	Posición goal
<b>PO</b>	Posición del obstáculo
<b>A</b>	Adelante
<b>AD</b>	Adelante derecha
<b>AI</b>	Adelante izquierda
<b>D</b>	Derecha
<b>I</b>	Izquierda
<b>R</b>	Reversa atrás
<b>N</b>	No hay nada
<b>MI</b>	Motor izquierdo
<b>MD</b>	Motor derecho
<b>VL</b>	Velocidad lenta
<b>VM</b>	Velocidad media
<b>VR</b>	Velocidad rápida

Con la notación establecida, se plantea la lógica a desarrollar en el diseño de la estrategia de navegación.

Tabla II  
LÓGICA PLANTEADA

<b>PG/PO</b>	<b>A</b>	<b>AD</b>	<b>AI</b>	<b>D</b>	<b>I</b>	<b>R</b>
<b>A</b>	I	AD	AI	D	I	D
<b>AD</b>	AI	A	AI	D	I	D
<b>AI</b>	A	AD	A	D	I	D
<b>D</b>	A	AI	AI	AD	I	I
<b>I</b>	A	AD	AI	D	AI	D
<b>R</b>	A	AD	AI	D	I	D
<b>N</b>	A	AD	AI	D	I	D

De esta forma, se plantea que dependiendo de la posición del obstáculo y el goal con respecto al vehículo, se toma una decisión de acuerdo a como debe actuar el vehículo para llegar a la meta. En ejemplo a esta lógica se tiene que si el goal está adelante a la derecha del vehículo, mientras que el obstáculo se encuentra adelante, el vehículo debería moverse adelante a la derecha. Es decir que a partir de esto se plantea el conjunto de reglas difusas por las cuales se rige el accionar de los motores del vehículo y por ende su movimiento y dirección de acuerdo a la meta. Sin embargo, los actuadores del vehículo, son los motores, por lo que, se debe plantear una lógica de salida respecto a ellos. Es por esto que, que se presentará la siguiente tabla, en la cual se tienen en cuenta las velocidades de los motores, para obtener la dirección necesaria.

Tabla III  
CONVERSIÓN DIRECCIÓN A MOTORES

Dirección	Salida motores
A	(MI(VR),MD(VR))
AD	(MI(VR),MD(VM))
AI	(MI(VM),MD(VR))
D	(MI(VR),MD(VL))
I	(MI(VL),MD(VR))

Ahora, para los rangos de los posiciones tanto de la meta, como del obstáculo detectado, se proponen los siguientes valores, mostrados en la siguiente figura.

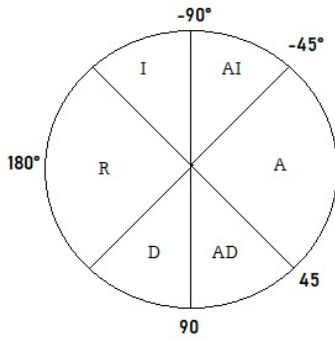


Figura 1. Diagrama posiciones

Para estos rangos, se propone usar una función gaussiana, para definir los conjuntos difusos. A continuación se muestra un ejemplo.

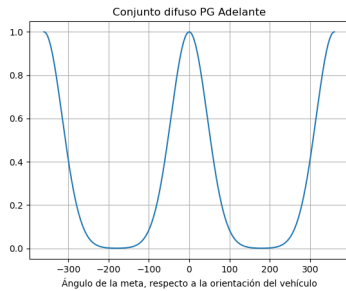


Figura 2. Conjunto difuso PG Adelante

Para el conjunto difuso de salida, se propusieron los rangos de velocidades de cada uno de los motores.

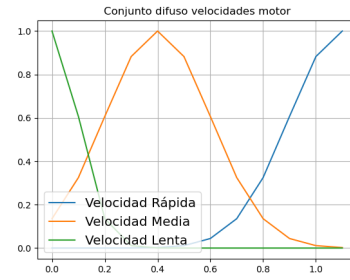


Figura 3. Conjunto difuso acción adelante

### B. Adquisición de datos

Para la obtención de las direcciones, tanto de la meta, como la del obstáculo, se debe realizar el siguiente procedimiento.

Primero, se debe obtener la posición en X y en Y, tanto del vehículo, como del obstáculo o meta.

A partir de la resta de los dos puntos, se obtiene un vector. Utilizando la siguiente ecuación, se obtiene el ángulo del mismo.

$$\theta = \arctan(Y/X) \quad (1)$$

Sin embargo al obtener el ángulo de esta manera se crean ángulos espejos, que no permiten realizar un buen tratamiento de los datos, es por esto que se deben eliminar estos ángulos espejos de la siguiente manera.

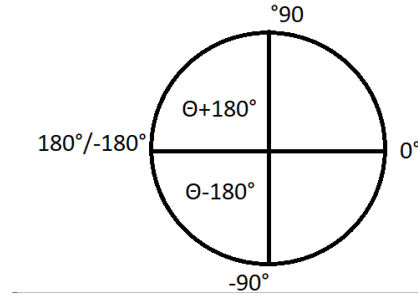


Figura 4. Gráfica de ángulos

Como se observa en la anterior figura, a partir de los 90 grados, se debe sumar 180 grados, y a partir de los 180 grados, se deben restar 180 grados, de esta manera, se obtiene un rango de ángulos que va, desde 0 grados, hasta 180 grados, y desde -180 grados a 0 grados.

A partir de este ángulo, se debe obtener la dirección respecto a la orientación del vehículo. Es decir, a qué ángulo se encuentra la meta, o el obstáculo, respecto al frente del vehículo. Esto se obtiene, con la resta del ángulo de orientación del vehículo, con el ángulo en el que se encuentra el objeto o la meta. En la siguiente figura, se muestra unos ejemplos.

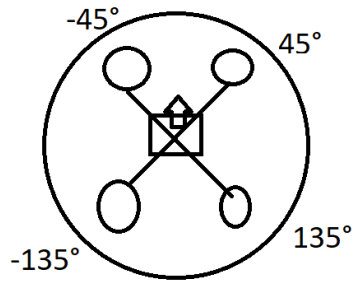


Figura 5. Ejemplo de ángulos, respecto a la orientación del vehículo

Con la obtención de las direcciones, se reemplazan estos valores, por las entradas de la lógica difusa. Y con esto se obtienen las salidas, en la siguiente sección, se muestran ejemplos de funcionamiento de la lógica difusa.

### C. Ejemplos de toma de decisiones

Para la comprensión de los datos mostrados en esta sección, se debe aclarar la enumeración de las reglas. El numero de la regla, se obtiene a través de la posición en la que se encuentra en la tabla. de la siguiente manera:

Tabla IV  
ENUMERACIÓN DE LAS REGLAS

PG/PO	A	AD	AI	D	I	R
<b>A</b>	0	1	2	3	4	5
<b>AD</b>	6	7	8	9	10	11
<b>AI</b>	12	13	14	15	16	17
<b>D</b>	18	19	20	21	22	23
<b>I</b>	24	25	26	27	28	29
<b>R</b>	30	31	32	33	34	35
<b>N</b>	36	37	38	39	40	41

Para el primer ejemplo, se plantea el siguiente escenario.

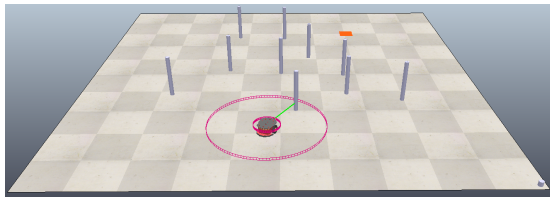


Figura 6. Escenario de ejemplo 1

En este ejemplo el sistema detecta que, el estado en el que se encuentra el vehículo está dado por la regla 0.

Regla# 0  
Regla# 0  
Regla# 0

Figura 7. Regla detectada para el ejemplo 1

La regla 0 dicta que el vehículo debe girar a la izquierda.

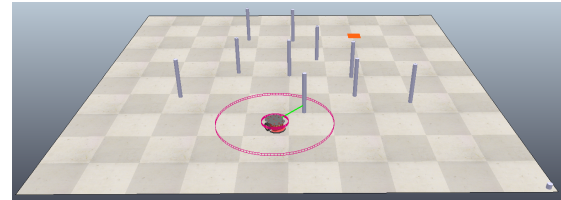


Figura 8. Acción tomada para el ejemplo 1

En la anterior figura se comprueba la toma de decisión del sistema.

Ahora se presentarán 2 ejemplos más.

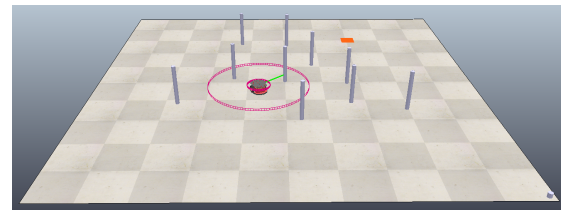


Figura 9. Escenario de ejemplo 2

Regla# 21  
Acción: Adelante Derecha

Figura 10. Regla detectada para el ejemplo 2 y acción a tomar

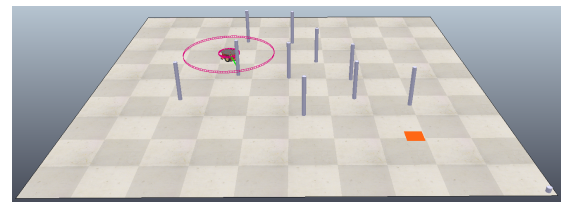


Figura 11. Escenario de ejemplo 3

Regla# 6  
Acción: Adelante Izquierda

Figura 12. Regla detectada para el ejemplo 3 y acción a tomar

### III. CONCLUSIONES

- Se determina la importancia de definir cada una de las salidas del sistema, con respecto a las entradas del mismo, dado que esto contribuye con el correcto desarrollo de la lógica difusa para el funcionamiento apropiado del sistema.
- Se determina la importancia de definir el conjunto difuso, referente a los rangos de operación del sistema, dado que esto corresponde a la correcta identificación de funcionamiento de entradas para las salidas del sistema.
- Se evidencia que Coppelia corresponde a un programa cuya contribución permite desarrollar sistemas de robótica con flexibilidad en sus procesos, permitiendo así usar API's para el uso de programas como Python.

### REFERENCIAS

- [1] Bello Elena, "Fuzzy Logic" Diciembre 2021.
- [2] Mohammed Faisal, Ramdane Hedjar, Mansour Al Sulaiman,, Fuzzy Logic Navigation and Obstacle Avoidance by a Mobile Robot in an Unknown Dynamic Environment, 2013.
- [3] Rosanna,"Mohammed Faisal\*, Ramdane Hedjar, Mansour Al Sulaiman,".
- [4] CoppeliaRobotics Remote API functions (Python)", <https://www.coppeliarobotics.com/helpFiles/en/remoteApiFunctionsPython>