



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA
FUNDAMENTOS DE INTELIGENCIA COMPUTACIONAL
TRABAJO 1 – MODULO LOGICA DIFUSA**

Fecha de entrega: 6 de Marzo de 2018

METODOLOGÍA

Los resultados se deben entregar en formato de artículo IEEE (un ejemplo lo encuentran en: http://www.ieee.org/conferences_events/conferences/publishing/templates.html).

El documento impreso se debe entregar en clase, este documento no debe pasar de 5 páginas.

La entrega debe ser puntual, si no se entrega a tiempo el trabajo será calificado sobre 4 y si se entrega después de 2 días de la fecha de entrega, es decir a partir del 8 de Marzo, se calificará sobre 3.

Para resolver el problema, necesita Matlab – SIMULINK y el toolbox de fuzzy (este software se encuentra disponible en las salas de cómputo de la Universidad).

Vía correo electrónico, antes del día 6 de marzo, deben enviar los archivos de Matlab que hayan empleado. El envío de este correo electrónico debe hacerse antes de entregar el trabajo impreso.

EVALUACION

El 50% de la nota corresponde al informe que entregan por escrito, el otro 50% se califica de manera individual y corresponde a la sustentación del trabajo.

Cada uno de los puntos del trabajo se evaluará de la siguiente manera: El punto 1 tiene un valor del 5%, el punto 2 tiene un valor del 5% y el punto 3 un valor del 40% sumando así el 50% correspondiente al informe escrito.

OBJETIVOS

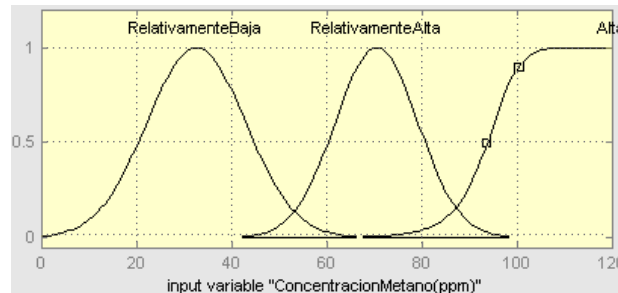
- Afianzar los conceptos de la teoría de lógica difusa.
- Aplicar los conceptos de lógica difusa para la solución de un caso particular de control a un sistema no lineal.
- Fortalecer los conceptos de sistemas difusos tipo Mamdani y tipo T-K Sugeno.

PUNTOS

1. La concentración de metano (CH₄) en un transformador es indicativo de la existencia de descargas parciales o recalentamientos locales internos en las bobinas. Para hacer inferencias con base en los análisis de gases del transformador, un experto en el proceso ha hecho las siguientes apreciaciones:

Rango de la variable: [0, 120] ppm, 80 ppm indica concentración relativamente alta, 40 ppm: una concentración relativamente baja y 120 ppm una concentración alta.

Una persona que está diseñando un sistema difuso para representar las diferentes concentraciones de metano, y propone las funciones de pertenencia que se presentan a continuación:



1. Haga un listado de las variables lingüísticas que la persona (quien diseñó el sistema difuso) tuvo en cuenta
2. Los conjuntos difusos que eligió esta persona son correctos? Por qué?
3. Pensando en las opciones que se puedan presentar cuando se implemente el sistema de inferencia difuso, usted agregaría otro conjunto difuso? Si es así, proponga una función de pertenencia parametrizada, dando los parámetros más adecuados de acuerdo con su propio criterio.

2. En un almacén de venta de vehículos se requiere un sistema que ayude a los usuarios a elegir el carro a comprar. El criterio de compra es:

Costo de repuestos bajo o buena representación de la marca en la región (número de talleres propios de la marca del vehículo en Colombia) **pero** precio medio

Defina el sistema difuso que permita tomar la decisión del carro que se va a comprar. Tenga en cuenta que este sistema sólo tiene una regla que corresponde al criterio de compra.

El problema se debe solucionar para 4 modelos diferentes de autos, de tal manera que el sistema difuso permita elegir el auto que se va a comprar entre los 4 (el que tenga mayor grado de pertenencia al criterio de compra). Usted elije los modelos de autos que prefiera. De cada uno debe dar la evaluación (en números del 1 al 5) de cada uno de los tres criterios de decisión, y luego presentar los grados de pertenencia al conjunto difuso que use en cada variable para evaluar la regla de decisión.

Para la definición de los universos de discurso, el costo de los repuestos y precio; se asigna en una escala de 1 a 5, donde 1 es costo bajo y 5 es el más alto. En cuanto a la representación de la marca puede trabajar la misma escala, donde 1 es muy pocos talleres-concesionarios propios de la marca del vehículo y 5 es muchos talleres.

Debe aclarar cuáles son los universos de discurso para cada variable, cuáles son los valores lingüísticos para cada variable que se tiene en cuenta. Debe representar gráficamente las funciones de pertenencia elegidas.

Usted elije la T-Norma y S-norma a usar para implementar el sistema.

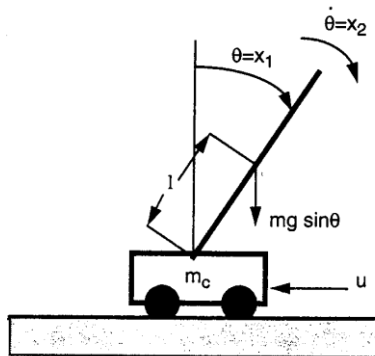
El sistema se debe plantear y solucionar de la misma manera que se trabajó en clase el sistema de decisión para ascenso de una persona en una empresa.

3. Diseño de controladores difusos

El objetivo de control en un péndulo invertido es, mediante la aplicación de una fuerza U (control) sobre el carro en el que pivota el péndulo, lograr la estabilización del mismo en posición vertical. En este caso es importante tener en cuenta que la referencia del sistema de control es cero radianes y esta no se modifica, pues se pretende que el péndulo se mantenga en posición vertical.

Inicialmente el péndulo está en una posición X_1 y se debe lograr $X_1=0$.

A continuación se presenta el diagrama del péndulo a controlar.



Se debe diseñar un controlador difuso tipo Mamdani, de tal manera que a partir de las entradas (al controlador) de posición y velocidad angular del péndulo, se genere la fuerza U (salida del controlador) que logre la estabilización.

El modelo del sistema no lineal ya está implementado en Simulink (bloque Péndulo Invertido del archivo ControlFuzzyPendulo.mdl) y su dinámica corresponde a las siguientes ecuaciones de

estado, tomando $X_1 = \theta$ (Posición Angular) y $X_2 = \dot{\theta}$ (Velocidad Angular):

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= \frac{g \sin x_1 - \frac{m l x_2^2 \cos x_1 \sin x_1}{m_c + m}}{l \left(\frac{4}{3} - \frac{m \cos^2 x_1}{m_c + m} \right)} + \frac{\frac{\cos x_1}{m_c + m}}{l \left(\frac{4}{3} - \frac{m \cos^2 x_1}{m_c + m} \right)} u \end{aligned}$$

Los parámetros del modelo pueden modificarse directamente desde Simulink y por defecto están configurados así:

Longitud media del péndulo (l , en metros) : 0.5

Masa del péndulo (m , en Kg): 0.1

Masa del carro (M_c , en Kg): 1

Gravedad (g , en m/s^2): 9.8

Diferentes pruebas realizadas muestran que convencionalmente el péndulo puede llevarse a la posición vertical a partir de un rango restringido de ángulos de partida, según la fuerza aplicada disponible. En este caso los rangos para las dos variables de entrada al controlador y la variable de salida corresponden a:

Posición Angular θ : [-0.4 a 0.4] radianes

Velocidad Angular $\dot{\theta}$: [-0.5 a 0.5] rad/s

Fuerza U : [-10 a 10] Newton

Los valores iniciales de la posición, velocidad angular, posición del carro y velocidad del carro también se pueden modificar en el bloque “Péndulo Invertido”, los valores por defecto corresponden a:

Angulo (radianes):0.4

Velocidad angular (rad/s):0

Posición del carro (m): 0

Velocidad del carro (m/s): 0

A continuación se presenta el esquema Simulink a controlar:

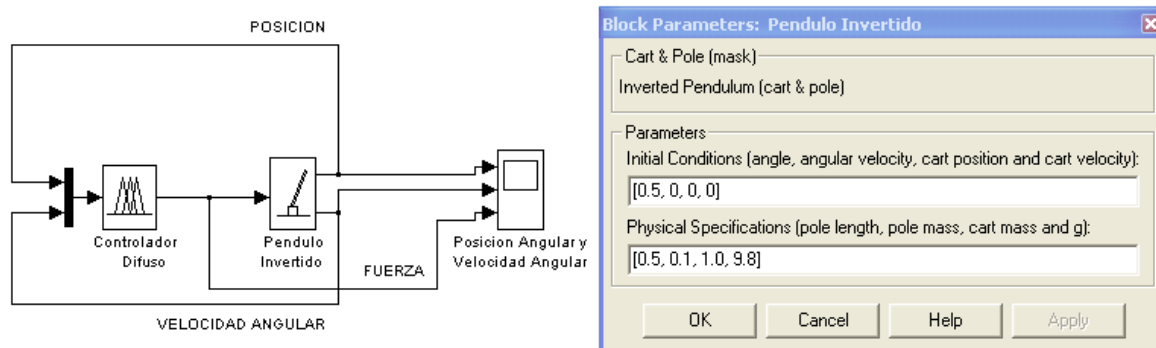


DIAGRAMA DE BLOQUES CONTROL FLC DEL PENDULO INVERTIDO

Para el diseño del controlador se debe tener en cuenta el orden de las entradas al multiplexor del “Controlador Difuso”. Tal como se presenta en el esquema, la primera variable de entrada será la POSICIÓN ANGULAR, y la segunda variable debe ser VELOCIDAD ANGULAR.

Como se comentó anteriormente, no se requiere la aplicación de una señal de referencia externa pues el objetivo del control es estabilizar el péndulo en posición vertical, y por lo tanto la referencia es cero ($x_1=0$).

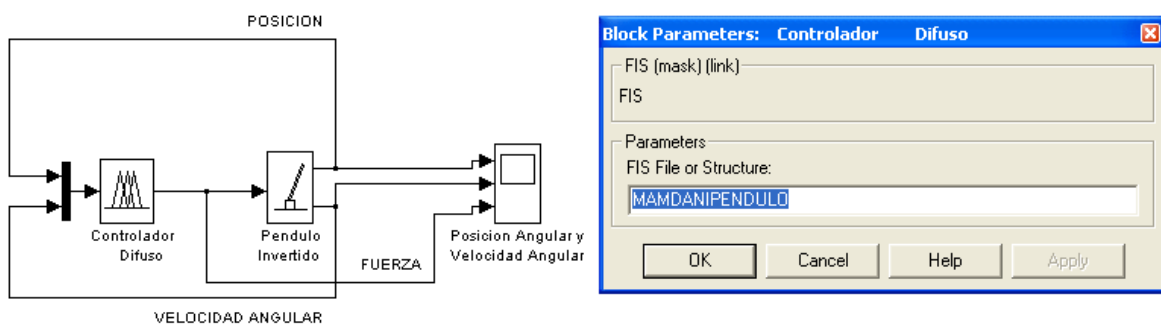
IMPLEMENTACION DEL CONTROLADOR DIFUSO Para la implementación del FLC debe utilizar el Toolbox de Fuzzy Logic desde Matlab mediante el comando

```
>> fuzzy
```

Este comando desplegará en pantalla la estructura básica de un FLC. Allí podrá implementar el sistema difuso tipo Mamdani que usted diseñe. La implementación se realiza de la misma manera que se ha visto en los ejemplos de clase.

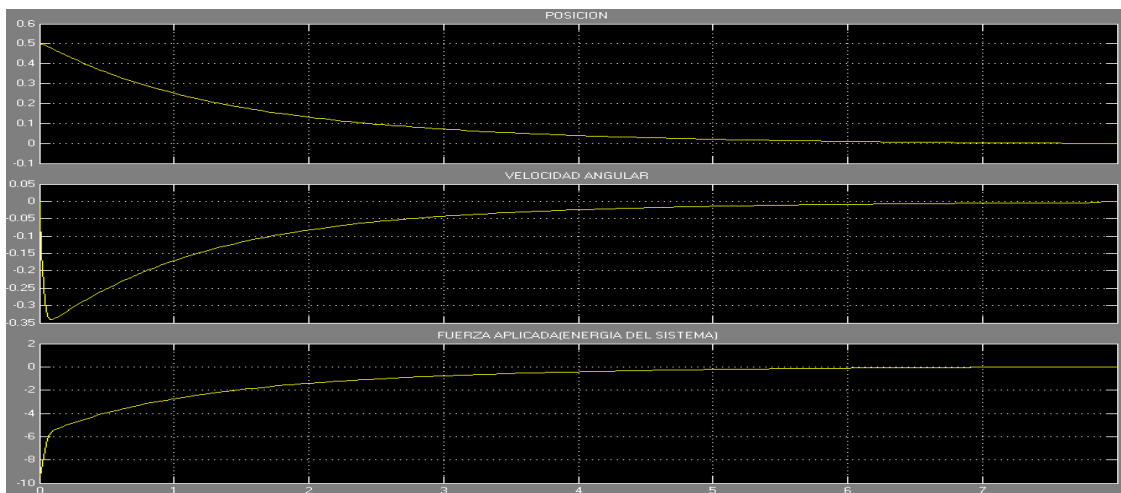
Una vez implementado el FLC, deberá salvarse con un nombre al que Matlab asigna la extensión fis. Deberá así mismo ejecutarse el comando “readfis” desde Matlab para cargar el controlador difuso en el diagrama de bloques mdl de Simulink y realizar la simulación y análisis de resultados. Por ejemplo si el archivo del controlador se llama “MAMDANIPENDULO” y en el bloque de control de simulink se emplean las características del controlador MAMDANIPENDULO, la instrucción que debe realizarse antes de emplear el modelo Simulink es:

```
>> MAMDANIPENDULO = readfis('MAMDANIPENDULO.fis')
```



Debido a que el diseño del controlador se realiza a partir de la experiencia, es importante hacer ajustes para sintonizarlo de tal manera que se logre el resultado esperado. A partir de los resultados puede probar con diferentes tipos de funciones de pertenencia, cantidad de reglas, etc.

A continuación se presenta la respuesta esperada del sistema.



Tareas a realizar:

Implementar el control tipo MAMDANI con las funciones de pertenencia y base de reglas que considere adecuadas para lograr el objetivo de control (Busque un sistema con tiempo de respuesta corto, bajo consumo de energía, etc.). Esto implica hacer la construcción del controlador difuso con el toolbox de lógica difusa e implementar todo el sistema en Simulink. En el informe debe presentar las etapas del diseño, los conjuntos difusos que creó tanto para las entradas y salida, la superficie de control y la base de reglas que utilizó.

Diseñe un controlador tipo Takagi-Sugeno y compare los resultados. Si considera necesario, los consecuentes del controlador tipo Takagi-Sugeno puede establecerlos a partir de los consecuentes del sistema Mamdani.

Comparar los resultados obtenidos.

Nota: Los archivos suministrados para la tarea se probaron en la edición 2013 de Matlab (Versión de la que la UdeA posee licencia).