Go Back

Goto Page

Full Screen

Close

Quit

UAEH

Lógica Difusa

Oscar Zatarain Vera

18 de mayo de 2011

First Page

Go Back

Goto Page

Full Screen

Close

Quit

Índice

1. Introducción

El desarrollo de modelos matemáticos de sistemas reales es un tópico importante en diferentes disciplinas. Desgraciadamente la mayoría de problemas del mundo real pueden ser demasiado complejos para ser considerados en un modelo formal basado en técnicas tradicionales.

Además de que existe imprecisión en nuestro lenguaje cuando tratamos de describir fenómenos que no están bien delimitados. Enunciados como “Maria es medio lista” o “Agita la varilla con mucha fuerza” son algunos ejemplos.

La lógica difusa (fuzzy logic) permite tratar información imprecisa, como medio lista, temperatura baja o mucha fuerza, en términos de conjuntos difusos.

La teoría de conjuntos difusos provee una herramienta matemática para aproximar el razonamiento de estos enunciados cuando la información disponible es incierta, incompleta, imprecisa o vaga.

En Lógica Difusa, se utilizan conceptos relativos de la realidad, definiendo grados, variables de pertenencia y siguiendo patrones de razonamiento similares a los del pensamiento humano.

First Page

◀ ▶

◀◀ ▶▶

Go Back

Goto Page

Full Screen

Close

Quit

2. Algo de Historia acerca de Lógica Difusa

La Teoría difusa fue introducida por Lofti A. Zadeh en su trabajo de tesis “Conjuntos Difusos”, Antes de trabajar en la teoría difusa Zadeh se dedicó a la teoría de Control. A principios de los 60s Zadeh pensó que la teoría de control clásico puso demasiado énfasis en la precisión y por tanto no podía manejar los sistemas complejos.

First Page
◀ ▶
◀◀ ▶▶
Go Back
Goto Page
Full Screen
Close
Quit

Al comienzo las ideas publicadas por Zadeh no fueron seguidas por la comunidad científica del momento, pero con el tiempo comenzó a tener seguidores lo que produjo que sus teorías fuesen ampliadas y se asentaran sus conocimientos.

La intención de Zadeh era la creación de un formalismo para manejar de forma más eficiente la imprecisión del razonamiento humano. Es en 1971, cuando realiza la publicación de ”Quantitative Fuzzy Semantics.“en donde aparecen los elementos formales que dan lugar a la metodología de la Lógica Difusa y de sus aplicaciones tal y como se conocen en la actualidad.

A partir de 1973 otros investigadores comenzaron a aplicar la Lógica Difusa a diversos procesos haciendo grandes aportaciones tanto al desarrollo de la teoría de la Lógica Difusa como al estudio de sus aplicaciones.

En 1974 Assilian y Mamdani en el Reino Unido desarrollaron el primer controlador difuso diseñado para la máquina de vapor. La implantación real de un controlador de este tipo no fue realizada hasta 1980 por F.L. Smidth&Co. en una planta cementera en Dinamarca.

En 1987 Hitachi usa un controlador fuzzy para el control del tren de Sendai, el cual usa uno de los sistemas más novedosos creados por el hombre.

En 1993, Fuji aplica la Lógica Borrosa para el control de inyección química en plantas depuradoras de agua por primera vez en Japón. Ha sido precisamente aquí, en donde más apogeo ha tenido la Lógica Difusa.

De forma paralela al desarrollo de las aplicaciones de la lógica difusa, Takagi y Sugeno desarrollan la primera aproximación para construir reglas difusas a partir de datos de entrenamiento (observación).

3. Conceptos básicos de Lógica Difusa

3.1. ¿Qué es un predicado?

Un predicado es lo que se afirma o niega de un objeto.

Ejemplos:

- Alto
- Tener más de 40 años

Para expresar nuestras ideas nos ayudamos de predicados y con ellos construimos enunciados.

Ejemplos:

- Mi amigo Miguel es alto.
- Hay que reformar el tejado de la casa de verano ya que tiene más de 40 años.

El universo es el conjunto de los elementos a los que se puede aplicar un predicado.

Ejemplos:

- El predicado “ser par” se puede aplicar en el caso del universo A = { Números naturales menores que 10 }
- El predicado “ser rubios” o el predicado ”tener más de 2 hijos”se puede aplicar en el caso del universo
  B = { Habitantes de un país}

3.2. Predicados clásicos

Un predicado clásico, es aquél que al aplicarlo a los elementos de un universo, lo divide en dos subconjuntos: el de los elementos que verifican dicho predicado, y el de los que no lo verifican.

Ejemplo:

Dado el universo A = {Números naturales menores que 10} y el predicado clásico P = "ser par", podemos realizar la división en dos conjuntos claramente diferenciados:

- Subconjunto de elementos de A que verifican el predicado P. $\widetilde{P}$={2,4,6,8}
- Subconjunto de elementos de A que no verifican el predicado P. $\sim\widetilde{P}$={1,3,5,7,9}

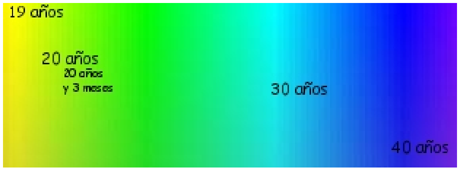
3.3. Predicados difusos

Hay predicados P que, al aplicarlos a los elementos de un universo, no lo dividen perfectamente en dos subconjuntos, el de los que cumplen dicho predicado y el de los que no lo cumplen. A este tipo de predicados se les denomina predicados difusos.

Ejemplo:

Tenemos el predicado P = "joven", y lo aplicamos al conjunto A = {Jugadores de baloncesto}.

En este caso para representar el predicado "joven" hacemos uso de los colores, partimos de los tonos amarillos que representarán a un jugador de baloncesto joven, hasta llegar en la escala a los tonos azules, que representarán a un jugador de baloncesto no joven.



3.4. Conjuntos Clásicos

Un conjunto clásico es una colección de elementos. Por ejemplo, puede ser el conjunto de elementos que verifican un predicado clásico. Como sabemos dado un subconjunto clásico A de X, le podemos asociar su función característica.

3.5. Conjuntos Difusos

Los conjuntos difusos son aquéllos cuyos elementos no tienen por qué pertenecer (grado de pertenencia 1) o no pertenecer (grado de pertenencia 0), sino que pertenecen según un cierto grado entre 0 y 1, donde el grado esta dado por la función de pertenencia del conjunto.

3.6. Función de Pertenencia

La función de pertenencia de un conjunto nos indica el grado en que cada elemento de un universo dado, pertenece a dicho conjunto. Es decir, la función de pertenencia de un conjunto A sobre un universo X será de la forma: $\mu_A : X \to [0, 1]$, donde $\mu_A(x) = r$ si r es el grado en que x pertenece a A.

Un conjunto difuso A en X puede representarse como un conjunto de pares ordenados de un elemento arbitrario x y su función de pertenencia, del siguiente modo

$$A = \{(x, \mu_A(x))|x \in X\}$$

Las funciones de pertenencia son una forma de representar gráficamente un conjunto difuso sobre un universo.

A la hora de determinar una función de pertenencia, normalmente se eligen funciones sencillas, para que los cálculos no sean complicados. En particular, en aplicaciones en distintos entornos, son muy utilizadas las triangulares y las trapezoidales.

First Page

Go Back

Goto Page

Full Screen

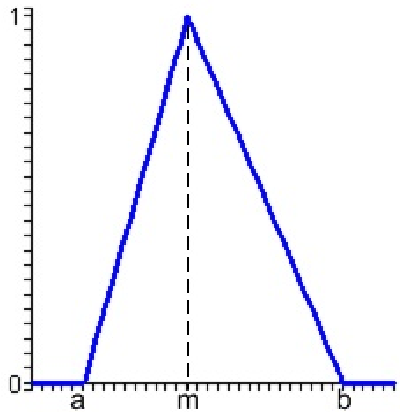
Close

Quit

- Función Triangular

Definida mediante el límite inferior a, el superior b y el valor modal m, tal que a<m<b.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{m-a} & \text{si a} \leq \text{x} \leq \text{m} \\ \frac{x-b}{m-b} & \text{si m} \leq \text{x} \leq \text{b} \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$$

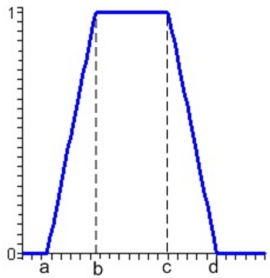


La función no tiene porqué ser simétrica.

- Función Trapezoidal

Definida por sus límites inferior a, superior d, y los límites de soporte inferior b y superior c, tal que a<b<c<d. En este caso, si los valores de b y c son iguales, se obtiene una función triangular.

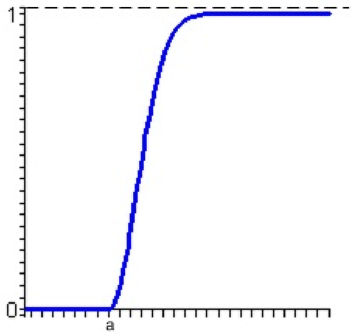
$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{si a} \leq \text{x} \leq \text{b} \\ 1 & \text{si b} \leq \text{x} \leq \text{c} \\ \frac{x-d}{c-d} & \text{si c} \leq \text{x} \leq \text{d} \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$$

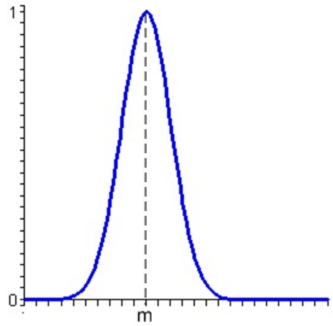


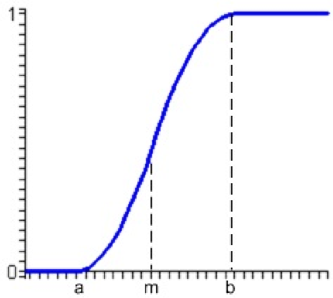
La función no tiene porqué ser simétrica.

First Page
◀ ▶
◀◀ ▶▶
Go Back
Goto Page
Full Screen
Close
Quit

También existen otras funciones de pertenencia, solamente ponemos su representación gráfica como referencia.







3.7. Operaciones con conjuntos difusos

Considere los conjuntos difusos A y B en el conjunto universo X.

$$A = \{(x, \mu_A(x)), \mu_A(x) \in [0,1]\}$$

$$B = \{(x, \mu_B(x)), \mu_B(x) \in [0,1]\}$$

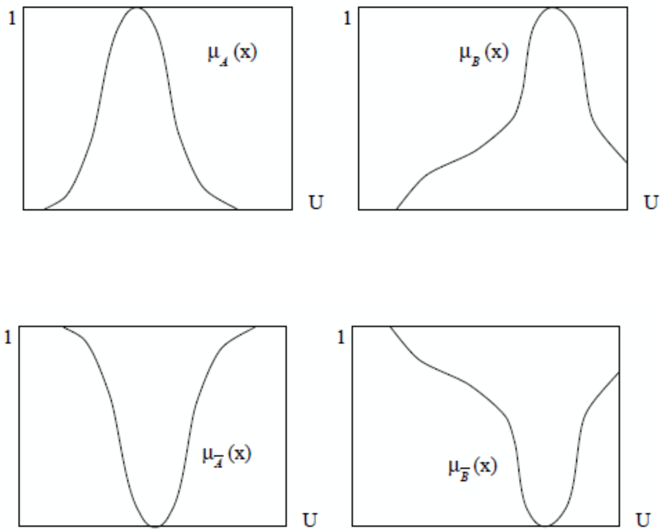
Podemos introducir operaciones entre los conjuntos A y B vía operaciones en sus funciones de pertenencia $\mu_A(x)$ y $\mu_B(x)$.

Complemento

El conjunto difuso $\overline{A}$ denota al complemento del conjunto difuso A y se tiene que

$$\mu_{\overline{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \text{ ó } \mu_A(x) + \mu_{\overline{A}}(x) = 1$$

First Page
Go Back
Goto Page
Full Screen
Close
Quit



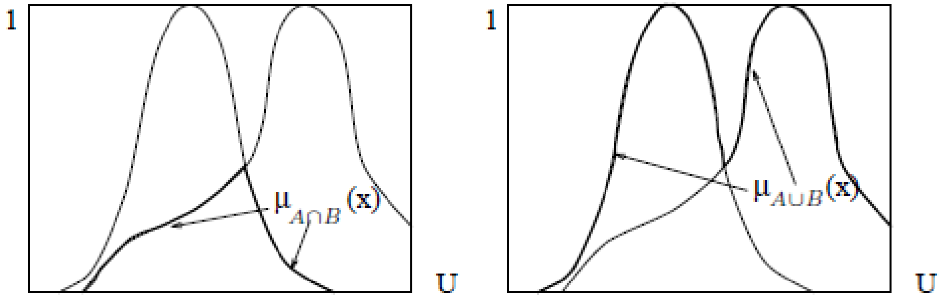
Intersección

La operación intersección de A y B se define como

$$\mu_{A \cap B}(x) = min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, x \in X$$

Si $a1 < a2$, $min(a1, a2) = a1$. Por ejemplo min(0.5,0.7) $=$ 0.5

Notación: $A \cap B$



Unión

La operación unión de A y B se define como

$$\mu_{A\cup B}(x) = max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, x \in X$$

Si $a1 < a2$, $max(a1, a2) = a2$. Por ejemplo max(0.5,0.7) = 0.7

Notación: $A \cup B$

4. Sistemas Difusos

En nuestra vida diaria, las palabras en ocasiones nos sirven para describir variables. A las variables que toman palabras o sentencias en un lenguaje natural o artificial son llamadas variables lingüísticas.

Para ilustrar el concepto de variable lingüística consideremos la palabra edad en un lenguaje natural; debido a la experiencia de una larga lista de personas, sabemos que esta no puede ser caracterizada precisamente. Empleando conjuntos difusos, podemos describir a la palabra edad aproximadamente.

Edad es una variable lingüística que toma como valores palabras como muy joven, joven, adulto, viejo, muy viejo. Estos términos son llamados letreros de la variable lingüística edad y pueden ser expresados por conjuntos difusos en un conjunto universal X llamado dominio de operación.

First Page
Go Back
Goto Page
Full Screen
Close
Quit

Una regla difusa SI - ENTONCES es una declaración expresada por medio de:
$SI <$ Proposición Difusa $> ENTONCES$
$<$ Proposición Difusa $>$
donde una proposición difusa es:

- una declaración simple, x es A donde x es la variable lingüística y A es una valor lingüístico de x, es decir, A es un conjunto difuso definido en un dominio físico de x.
- una composición de declaraciones simples usando los conectores "y", "o" y "no", los cuales son representados mediante la intersección difusa, unión difusa y complemento difuso, respectivamente.

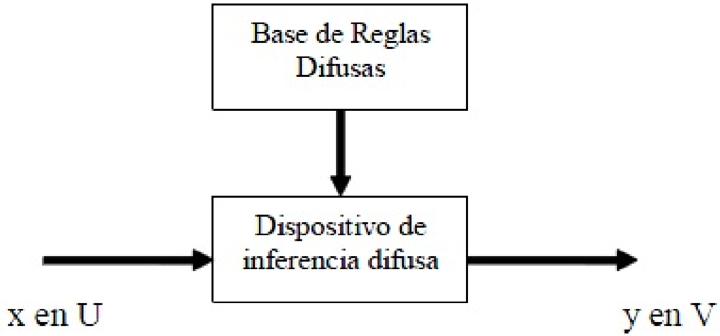
Una de las principales aplicaciones de la lógica difusa es el diseño de sistemas de control que, a partir de unas entradas, deben generar unas salidas para actuar sobre determinados mecanismos. Podemos citar como ejemplo, el sistema de control para regular la velocidad de un ventilador.

El punto de inicio para construir un sistema difuso es obtener una colección de reglas difusas basadas en el conocimiento humano. El siguiente paso es combinar estas reglas en un sistema simple. Los diferentes sistemas difusos emplean diferentes principios de esta combinación.

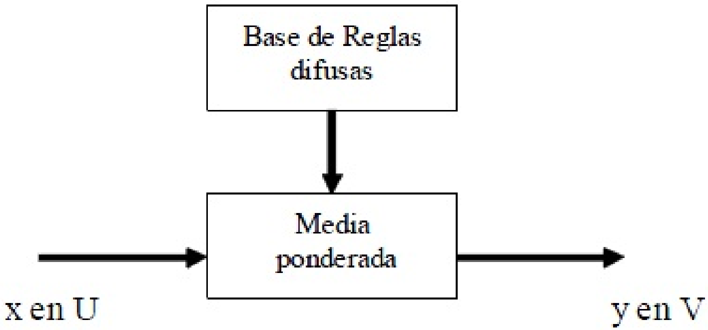
Existen tres tipos de sistemas difusos empleados comúnmente:

- sistemas difusos puros o de Mamdani,
- sistemas difusos Takagi-Sugeno-Kang (TSK), y
- sistemas difusos con fuzzyficador y defuzzyficador.

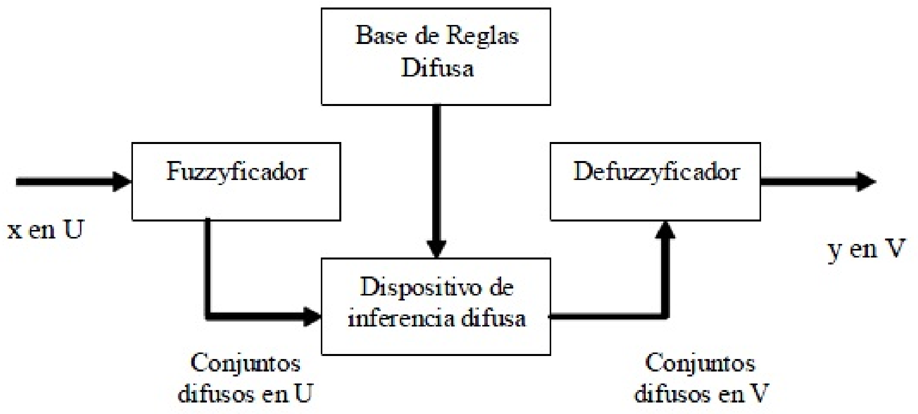
La configuración básica de un sistema difuso puro es la siguiente:



La configuración básica de un sistema Takagi-Sugeno-Kang es la siguiente:



La configuración básica de un sistema difuso con fuzzyficador y defuzzyficador es la siguiente:



5. Mas aplicaciones

Pero no solo tenemos como aplicación a los sistemas de control, ya que la Lógica Difusa se ha utilizado en distintos tipos de instrumentos, máquinas y en diversos ámbitos de la vida cotidiana.

Así, podemos realizar una división de los ejemplos en tres grandes grupos:

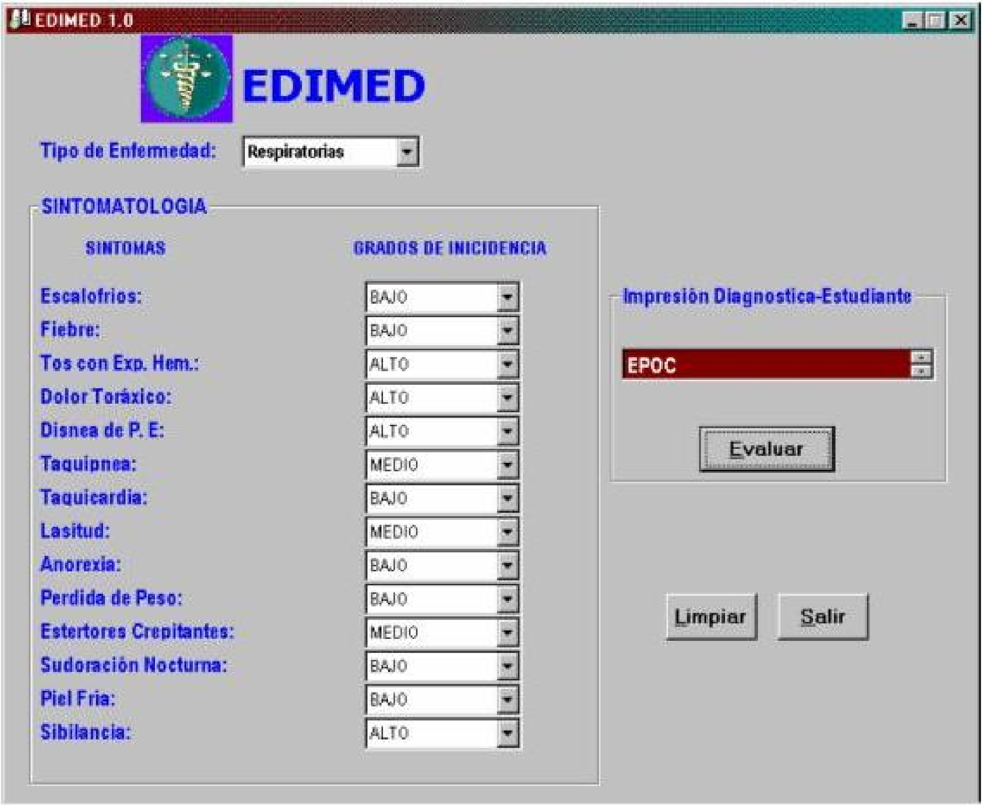
- Productos creados para el consumidor: Lavadoras difusas (Matsuhita Electronic Industrial), hornos microondas, sistemas térmicos, traductores lingüísticos, cámaras de vídeo, televisores, estabilizadores de imágenes digitales (Matsuhita) y sistemas de foco automático en cámaras fotográficas.

- Sistemas: Elevadores, trenes, automóviles (caso de los sistemas de transmisiones, de frenos y mejora de la eficiencia del uso de combustible en motores), controles de tráfico, sistemas de control de acondicionadores de aire que evitan las oscilaciones de temperatura y sistemas de reconocimiento de escritura, entre otros.
- Software: Diagnóstico médico, seguridad, comprensión de datos, tecnología informática y bases de datos difusas para almacenar y consultar información imprecisa (uso del lenguaje FSQL).

Ejemplo de un software difuso.

A continuación se muestra una interfaz que está en desarrollo realizada mediante Lógica Difusa, EDIMED. EDIMED es una herramienta software para la realización de diagnósticos médicos, el cual puede formar parte del aprendizaje y evaluación de los estudiantes de Medicina.

El estudiante selecciona el tipo de enfermedad y dependiendo de los síntomas que el sistema tenga registrados más los síntomas que el paciente de dicho alumno le exponga, el sistema debería dar un diagnóstico apropiado según el tipo de enfermedad del paciente.


EDIMED 1.0
EDIMED
Tipo de Enfermedad:
Respiratorias
SINTOMATOLOGIA
SINTOMAS
GRADOS DE INICIDENCIA
Escalofrios: BAJO
Fiebre: BAJO
Tos con Exp. Hem.: ALTO
Dolor Toráxico: ALTO
Disnea de P. E: ALTO
Taquipnea: MEDIO
Taquicardia: BAJO
Lasitud: MEDIO
Anorexia: BAJO
Perdida de Peso: BAJO
Estertores Crepitantes: MEDIO
Sudoración Nocturna: BAJO
Piel Fria: BAJO
Sibilancia: ALTO
Impresión Diagnostica-Estudiante
EPOC
Evaluar
Limpiar
Salir

A continuación se muestran aplicaciones en las que se pueden consultar a través de la página web algunas de las características, uso y una información más detallada:

- Gestión de recursos humanos mediante Lógica Difusa.
  http://www.uv.es/asepuma/recta/ordinarios/6/6-2.pdf
- Algoritmo de control borroso usando el dispositivo MSP430x14x (chip Texas Instrument).
  http://focus.ti.com/lit/an/slaa235/slaa235.pdf
- Sistema experto para evaluar daños postsísmicos en edificios.
  http://dspace.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/413/1/mi_798.pdf

- Modelización de magulladuras por disparos en armaduras con un sistema adaptativo de sistema difuso.
  http://sipi.usc.edu/∼kosko/SMCFinal.D05.pdf
- Diseño de bases de datos difusa modelada con UML.
  http://www.inf.udec.cl/∼mvaras/papers/2003/fuzzy-IDEAS-2003.pdf
- Software para diagnóstico médico.
  http://espejos.unesco.org.uy/simplac2002/Ponencias/Inforedu

First Page

◀ ▶

◀◀ ▶▶

Go Back

Goto Page

Full Screen

Close

Quit

Referencias

[1] L.A.Zadeh, *Fuzzy Sets, Information and Control*, Vol 8, pp. 338-356, 1965.

[2] L.A.Zadeh, *Fuzzy Algorithm, Information and Control* , Vol.12, No.2, pp. 94-102, 1968.

[3] E.H.Mamdani, Application of fuzzy algorithm for simple dynamic plant, IEEE Proceedings-Control Theory and Applications, Vol. 121, No.12, 1585-1588, 1974.

[4] George J. Klir / Bo Yuan, Fuzzy Sets And Fuzzy Logic, Theory and Applications, Prentice-Hall, 1995.

[5] L.X.Wang, A course in Fuzzy Systems and Control, Englewood Cliffs NJ: Prentice-Hall, 1997.

Referencias

[1] L.X.Wang, Adaptive Fuzzy Systems and Control, Englewood Cliffs NJ: Prentice-Hall, 1994.

[2] Hung T. Nguyen / Nadipuram R. Prasad / Carol L. Walker / Elbert A. Walker, A First Course in Fuzzy and Neural Control, Chapman & Hall/CRC, 2003.

[3] George Bojadziev / Maria Bojadziev, Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management, World Scientific, 2007.

[4] Tomohiro Takagi / Michio Sugeno, Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol SMC-15, No.1, 116-132, 1985.

GRACIAS