

Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo

Ingeniería en Sistemas Computacionales
Ing. Bruno López Takeyas

Inteligencia Artificial: Lógica Difusa

Equipo:

Lidia Ramos Guzmán

Marcos Alejandro Barrios Pérez

Manuel Alejandro Nájera Gallegos

Mario Luna Ávila

Jorge Llorente

Nuevo Laredo, Tamaulipas a agosoto de 2003

¿Qué es la Lógica Difusa?

- ✍ Es la rama de la inteligencia artificial que le permite a una computadora analizar información del mundo real en una escala entre falso y verdadero.
- ✍ Cuando los matemáticos carecen de algoritmos que representan cómo un sistema debe responder a ciertas entradas, en la lógica difusa se puede controlar o describir el sistema usando reglas de sentido común que se refieren a cantidades no determinadas.
- ✍ Surge como propuesta para la formalización de razonamiento aproximado, para tratar conocimiento de sentido común.

Breve historia...

ANO	EVENTOS OCURRIDOS
380 A.C.	Aristóteles propone la existencia de grados de verdad o falsedad.
Siglo XVIII	Es inventada la teoría de conjuntos clásicos formada por unos y ceros
1920	Se propone la primera lógica de vaguedad.
1962	Se cuestiona la efectividad de las matemáticas tradicionales.
1964	Aparecen nociones de conjuntos difusos
1971	Se publica un artículo que muestra el cuerpo de la doctrina difusa.
1974	Se demuestra la aplicabilidad de la Lógica difusa
A fines de los 70's	Se desarrolla el primer sistema de control difuso comercial, destinado a una planta de cemento.
1986	Se desarrollan controladores fuzzy en circuitos integrados.
1987	Se inaugura en Japón el subterráneo de Sendai.
1987	"FUZZY BOOM"

Características

- ✍ La representación de los conocimientos se expresa de una manera cercana a la representación coloquial de los humanos.
- ✍ La lógica utilizada es una lógica multivaluada, denominada "difusa", en lugar de la lógica binaria o booleana.
- ✍ Es la lógica fundamental de los modos de razonamiento que son aproximados antes que exactos.
- ✍ El razonamiento exacto es considerado como un caso límite del razonamiento aproximado.
- ✍ Cualquier sistema lógico puede ser llevado a términos difusos.
- ✍ El conocimiento está interpretado como una colección de restricciones elásticas.
- ✍ Todo es materia de grados.

Algunos conceptos

Variable lingüística

Es aquella noción o concepto que vamos a calificar de forma difusa.

Universo de discurso

Rango de valores que pueden tomar los elementos que poseen la propiedad expresada por la variable lingüística.

Valor lingüístico

Son las diferentes clasificaciones que efectuamos sobre la variable lingüística

Función de pertenencia

Aquella aplicación que asocia a cada elemento de un conjunto difuso el grado con que pertenece al valor lingüístico asociado.

Conjuntos difusos

Son caracterizados por sus funciones de pertenencia.

Un conjunto es difuso cuando el concepto al que representa tiene una función de pertenencia difusa asociada a él. La imprecisión puede estar asociada con su forma, posición, momento, color, textura, o incluso en la semántica que describe lo que son. Este tipo de imprecisión o difusidad asociado continuamente a los fenómenos es común en todos los campos de estudio: Sociología, Física, Biología, Finanzas, Ingeniería, Oceanografía, Psicología, etc.

Operaciones que se pueden realizar con los conjuntos difusos

- Intersección
- Complemento
- Producto
- Normalización
- Concentración
- Dilatación
- Combinación convexa
- Difusificación

Las etiquetas lingüísticas pueden clasificarse en dos categorías:

- ☞ Las que pueden representarse como operadores que actúan en un conjunto difuso: "muy", "más o menos", "mucho", "ligeramente", "altamente", "bastante", etc.
- ☞ Las que requieren una descripción de cómo actúan en los componentes del conjunto difuso (operando): "esencialmente", "técnicamente", "estrictamente", "prácticamente", "virtualmente", etc...

Descripción de la Tecnología

La lógica difusa es una teoría que se ha implantado en el campo científico-técnico y que en definitiva nos resulta realmente útil si nos interesa que un determinado dispositivo (máquina, programa, aplicación, ...) "piense" tal y como lo haría la mente humana. Esta lógica se basa fundamentalmente en crear una relación matemática entre un elemento y un determinado conjunto difuso con el fin de que una computadora sea capaz de realizar una valoración similar a como lo hacemos nosotros.

Supongamos que estamos hablando de la mediana edad, al escuchar este termino mentalmente lo asociamos a un determinado tipo de imágenes y personas que a una máquina le sería imposible realizar porque es incapaz de razonar y comprender un aspecto abstracto o impreciso.

Para conseguirlo la lógica difusa utiliza una función de pertenencia $[0,1]$ entre un elemento (en nuestro caso serán los años) y un determinado conjunto que a priori será confuso para el computador (para nosotros la mediana edad).

Partimos de la base que la mediana edad son los 45 años, en ese caso la función de pertenencia entre los años y la mediana edad será máxima y valdrá 1. Sin embargo no podemos descartar a las personas de 35 o 55 años como mediana edad.

Por otro lado, los menores de 35 años y los mayores de 55 tampoco se pueden considerar radicalmente que no pertenecen a la mediana edad aunque el grado de pertenencia a la misma será mucho menor y cada vez más cercano a cero.

Con esta teoría conseguimos que esa relación matemática que hemos obtenido, gracias a la función de pertenencia, forme la base para que una máquina sea capaz de interpretar si un elemento pertenece o no a un conjunto difuso y lo que es más importante, que pueda evaluar si ese grado de pertenencia es elevado (cercano a 1) o en cambio es despreciable (cercano a 0).

Aplicaciones

Gracias a que la lógica difusa se enfrenta con éxito a situaciones del mundo real, ha encontrado aplicaciones en una gran variedad de campos, de las cuales las más trascendentales se han dado en el área de control con el diseño e implementación de controladores difusos (Fuzzy Logic Control), iniciado por los trabajos de Mamdani y Assilian en los años setenta.

Ejemplos de sistemas de control y productos comerciales cuyo funcionamiento se basa en un razonamiento aproximado (difuso), son:

- ? Control de un horno de cemento.
- ? Estabilización de imágenes en cámaras de video.
- ? Lavatrastes y lavadoras de ropa.
- ? Conducción automática de trenes metropolitanos.
- ? Control de aire acondicionado.

NIVELES EN LA APLICACIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA

Nivel uno: Control mediante lógica difusa.

Reemplazar un operador humano por un sistema de difuso basado en reglas:

- ✍ Metro Sendai (Hitachi)
- ✍ Cemento Kiln (F.L. Smidth)
- ✍ Control de elevador (Fujitec, Hitachi, Toshiba)
- ✍ Carro de Sugeno
- ✍ Robot de Hirota
- ✍ Péndulo invertido de Yamakawua.
- ✍ Reactor nuclear (Hitachi, Bernard)
- ✍ Transmisión automática (Nissan, Subaru)
- ✍ Control Bulldozer (Terano)

- ✍ Producción de ethanol (Filev)

Nivel dos: Análisis de decisión basado en lógica difusa.

Reemplazo de un operador humano por un sistema experto basado en lógica difusa

- ✍ Medicina ((CADAG, Adlssnig), Arita, OMRON)
- ✍ Seguridad (Yamaichi, Hitachi)
- ✍ Comprobante de crédito (Zimmermann)
- ✍ Asignación de daños (Yao, Hadipriono)
- ✍ Diagnostico de fallas (Guangzhou)
- ✍ Planeación de producción (Turksen)

Algunas aplicaciones:

Productos al consumidor:

- Lavadoras
- Hornos de microondas
- Procesadores de arroz
- Limpiadores al vacío
- Cámaras de video
- Televisores
- Sistemas térmicos
- Traductores

Sistemas:

- Elevadores
- Trenes
- Automóviles (máquinas, transmisiones, frenos)
- controles de tráfico

Software:

- Diagnóstico Médico
- Seguridad
- Compresión de datos

	Problemas de interfaces Hombre/máquina	Problemas no lineales variantes en el tiempo	Clasificación de problemas
Problemas de los métodos convencionales	? Dificultad para expresar numéricamente los objetivos del control ? Evaluación del control por interpretación humana	? La dinámica de la planta varia con el tiempo. ? Plantas no lineales Sobreflujo oscilación	? La acción a tomar no es clara ? No es posible describir todas las trayectorias de solución Limitaciones hardware/velocidad
Aplicaciones	? Control de suspensión ? Transmisiones automáticas ? Metro de Sendai	? Control de temperatura ? Control de posición de las cabezas de un disco duro ? Pilotos automáticos	? Auto ZOOM ? Reconocimiento de patrones escritos a mano ? Transmisiones automáticas

Aplicaciones reales

1. PREDICCIÓN DEL CLIMA EN UN AEROPUERTO

Predicción del Clima usando razonamiento Case-Base y la Teoría de Conjuntos Difusos.

Una metodología basada en la lógica difusa para la adquisición de conocimientos es desarrollada y usada para recuperar de casos temporales un sistema de razonamiento case-base (CBR, Case-Base Reasoning). La metodología es usada para adquirir conocimientos acerca de los componentes sobresalientes de un vector continuo, casos temporales únicos indican un significado similar entre casos.

Tal conocimiento es codificado en una función de medida similar y por medio de ésta recuperar k vecinos más cercanos de una gran base de datos. Las predicciones para un caso presente son hechas de una medición media de los resultados de casos pasados análogos. Los casos pasados son medidos de acuerdo con su grado de similaridad con el caso presente.

Un sistema llamado WIND-1 el cual fue probado con una base de datos que provenía de un aeropuerto en la cual se encontraba información sobre observaciones hechas sobre el clima (aproximadamente unos 36 años de

apuntes). Cabe mencionar que WIND-1 es más exacto en simulaciones reales, aproximadamente le toma un minuto para producir un pronóstico.

Los CBR y la teoría de conjuntos difusos tienen cada una por su lado sus probadas ventajas. Pero ahora, si estos dos sistemas se combinan, entonces también se adhieren sus ventajas. Un reciente incremento en el número de estos sistemas híbridos es muestra de la efectividad de dicha combinación.

Los CBR son recomendados para desarrolladores quienes quieren reducir las tareas de adquisición de conocimientos, evitar repetir errores hechos en el pasado, razonar en campos que no han sido entendidos o modelados, aprender en menos tiempo, razonar con incompletos o imprecisos datos y conceptos, etc.

La lógica difusa da al CBR la perspectiva y la habilidad discriminadora de un campo experto. La técnica Knn difusa recupera casos similares a través de la emulación de un campo experto, quien entiendo e interpreta casos similares. La principal contribución de la lógica difusa es que se pueden usar palabras comunes para adquirir un conocimiento directamente de un campo de conocimiento acerca de un componente específico. El conocimiento hace que se recuperen los casos similares de una gran base de datos.

Un sistema de predicción de clima de K-nn difuso, nos puede dar lo que se llama la técnica de Climatología Persistente (PC), la cual consiste en comparar a detalle casos pasados con casos presentes de clima.

Predicción del clima.

La predicción del clima se basa en dos técnicas, la aproximación empírica y la aproximación dinámica.

La aproximación empírica se basa en casos análogos, o sea en situaciones similares de clima, es decir se comparan casos pasados con presentes, pero por lo regular se llegan también a "Conclusiones Análogas".

La aproximación dinámica está basada sobre ecuaciones y promueven la simulación de la atmósfera, todo referido en un modelado computacional. Por lo regular estas simulaciones solo se hacen sobre sistemas a gran escala, por ejemplo, el viento sobre una gran área).

El problema de predicción de clima en el Aeropuerto.

La predicción del clima en un aeropuerto siempre ha sido un reto, ya que implica gran precisión. Un Pronóstico de Terminal Aérea (TAF, Terminal Aerodrome Forecast) es lo que se usa para conocer el clima y precisar detalles de vuelo. Los TAF's son hechos por meteorólogos expertos los cuales tienen gran conocimiento sobre el comportamiento del clima, así como una escala general para referir resultados.

Existen varios tipos de pronósticos, pero los más comunes son los TAF's, pronósticos públicos y pronósticos marinos. Estos especifican con precisión muchos de los detalles que debe tomar en cuenta un piloto o alguna nave que necesite hacer movimientos o cálculos precisos, unos cuantos metros pueden ser la diferencia.

El Sistema.

El sistema de predicción de clima (WIND-1) consiste de dos partes principales, una gran base de datos de observaciones de clima y un algoritmo k-nn difuso.

La gran base de datos de observaciones de Clima.

La base de datos es un archivo de 315,576 horas consecutivas de aeropuerto de observaciones de clima hechas en el aeropuerto Internacional de Halifax, durante el periodo de 1961 a 1996, 36 años.

Para saber como reconocer casos similares de clima se llevo a cabo una entrevista con un sistema experto, el cual da los atributos que se toman en cuenta para indicar similaridad, así como los grados de similaridad entre dichos atributos. Doce son los atributos: fecha, hora, cantidad nubosidad, altura de la nubosidad, visibilidad, dirección del viento, velocidad del viento, tipo de precipitación, intensidad de precipitación, temperatura de punto de condensación, resequedad, y tendencia de presión. Todos esos atributos son continuos, excepto por la precipitación, la cual es nominal (rain, snow).

Algoritmo K-nn difuso.

El algoritmo K-nn difuso mide la similaridad entre casos temporales, intervalos pasados y presentes de observaciones de clima.

Los tres pasos para construir y usar el algoritmo son:

1. Configurar una función de medida de similitud.
2. Recorrer el Caso Base para encontrar k-nn.
3. Hacer predicciones basadas en una medida estándar de K-nn.

El paso 1 sólo se ejecuta una sola vez mientras que el paso 2 y tres se usan cada que se hace una predicción.

Experimentos

A WIND-1 se le probó con un conjunto de diferentes parámetros y medidos los efectos resultantes en la exactitud del pronóstico. Lo que se hizo fue meter casos pasados, dar todos sus características y dejar que WIND-1 diera un pronóstico, entonces se comparaban estos resultados con los que ya se tenían, y se medía su grado de exactitud.

Se pudo comprobar que el grado de exactitud crecía al momento de aumentar los atributos de comparación y pronosticación, esto en el primer conjunto de experimentos.

Se llegó a la conclusión de que al combinar el CBR y la lógica difusa, se puede llegar a obtener de una forma más rápida información y parámetros de comparación para poder hacer un pronóstico más exacto en menos tiempo.

2. HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DOCENTE, SOBRE UN SISTEMA DE CONSULTAS DIFUSAS

Actualmente, la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela busca mejorar la calidad de la enseñanza por medio de encuestas de evaluación del desempeño docente. La aplicación que presentamos busca apoyar el análisis producto de los resultados de la encuesta por medio de la discriminación de las respuestas y de la flexibilidad que proveen los sistemas de consultas difusas a bases de datos.

Esta herramienta es una aplicación real que ha sido desarrollada usando el lenguaje estructurado de consultas difusas SQLf, para lo cual se usó un prototipo experimental construido sobre un manejador comercial de bases de datos relacionales. La aplicación ha sido concebida como una intranet que permite tanto a estudiantes como a profesores realizar todas las operaciones sobre las encuestas, según su perfil de usuario. El aporte del trabajo es en dos sentidos: primero, la provisión de una herramienta práctica para la medición de desempeño docente y, segundo, una muestra de aplicabilidad real de un sistema de consultas difusas a bases de datos.

3. SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA

La demanda de energía eléctrica es uno de los problemas mas difíciles de satisfacer en cualquier región del mundo, ya que se debe determinar que cantidad de energía utiliza la población de dicha región.

Para poder generar suficiente energía eléctrica para la población, las compañías eléctricas han implementado un sistema de control hidrotérmico y control de unidades termogas, ambos basados en una base de conocimientos (Case-Base) y la utilización de lógica difusa.

El sistema de control hidrotérmico se encarga de determinar, en base a la estadística recopilada en su base de conocimientos, la cantidad de energía que utilizara la población de dicha región. Una vez determinada la cantidad de energía se encarga de controlar las turbinas; es decir cuando deben prenderse o apagarse, y por cuanto tiempo.

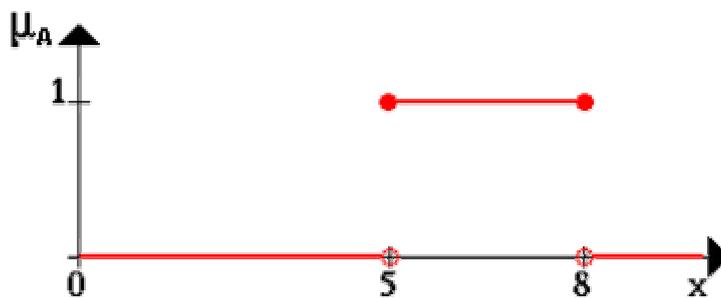
Ejemplos

Ejemplo 1

Sea un conjunto X , formado por todos los números reales entre 0 y 10 (Universo de Discurso).
Sea un conjunto A (subconjunto de X) definido como sigue,

$$A = \{ x \mid 5 \leq x \leq 8 \}$$

El conjunto A se puede representar mediante su Función de Pertenencia (Función que asigna a cada elemento de X [1] ó [0] dependiendo si el elemento pertenece o no pertenece al conjunto) como se ilustra en la siguiente figura:



El conjunto A es un conjunto clásico (Crisp). Aunque este tipo de conjuntos tiene mucha aplicabilidad en distintas áreas, hay ocasiones en donde la falta de flexibilidad de estos conjuntos los hacen inapropiados, como se muestra a continuación.

Sea $B = \{\text{conjunto de la gente joven}\}$.

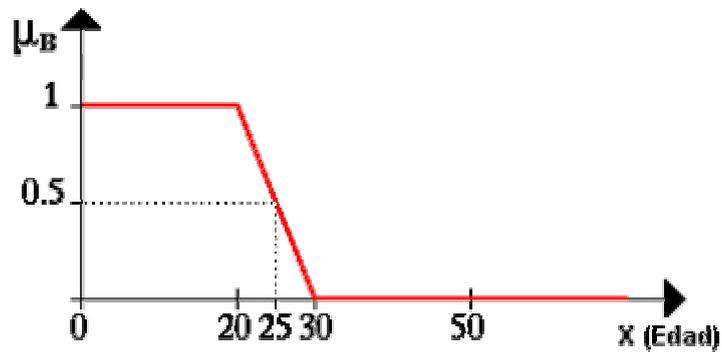
Un intento para construir este conjunto es definir un intervalo en años (conjunto clásico) de la siguiente manera:

$$B = [0, 20] = \{ x \mid 0 \leq x \leq 20 \}$$

Lo anterior implicaría que una persona sería joven hasta el día de su cumpleaños número 20, pero al siguiente día ya no lo sería. Ahora, si se cambiase el límite superior del intervalo el problema persistiría.

Una forma más natural de construir el conjunto B , es eliminando esa estricta separación entre ser joven y no serlo, admitiendo grados de pertenencia intermedios entre [0] y [1]. Por lo tanto el conjunto B será un Conjunto Difuso.

La función de pertenencia que podría describir el conjunto B sería la siguiente:



$$B = \left\{ (x, \mu_B(x)), \begin{cases} \mu_B(x) = 1 & 0 \leq x \leq 20 \\ \mu_B(x) = -0.1x + 3 & 20 < x < 30 \\ \mu_B(x) = 0 & x \geq 30 \end{cases} \right\}$$

De esta manera una persona de 25 años es todavía joven pero con un grado del 50%.

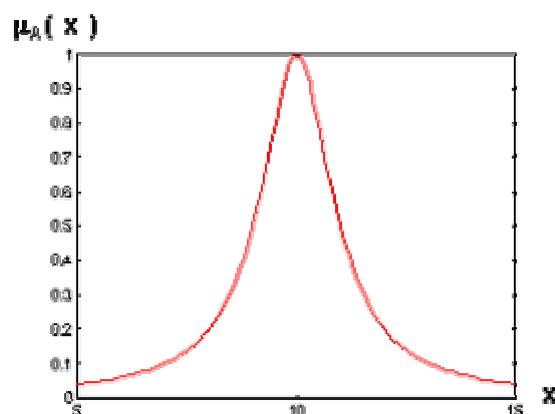
En términos generales una **Función de Pertenencia o Membership Function (MF)**, es una curva que determina el grado de pertenencia de los elementos de un conjunto. Se denota generalmente por μ y puede adoptar valores entre 0 y 1.

Finalmente, se denomina **Universo de Discurso** al conjunto de valores que puede tomar una variable.

Ejemplo 2

Sea el conjunto, $A =$ Los números reales cercanos a 10. Ese conjunto podría estar representado de la siguiente forma:

$$A = \{ (x, \mu_A(x)), \mu_A(x) = [1 + (x-10)^2]^{-1} \}$$

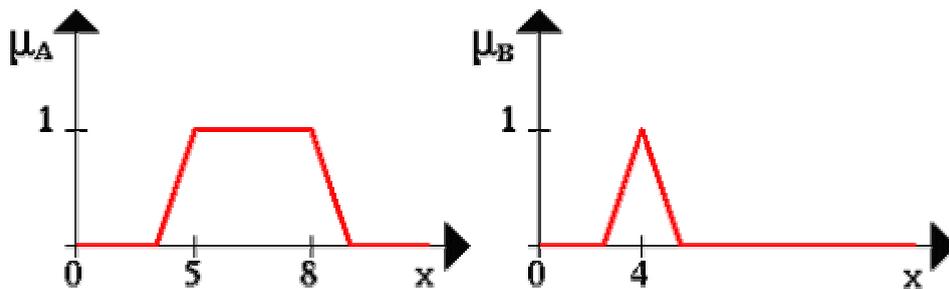


OPERACIONES BÁSICAS ENTRE CONJUNTOS DIFUSOS

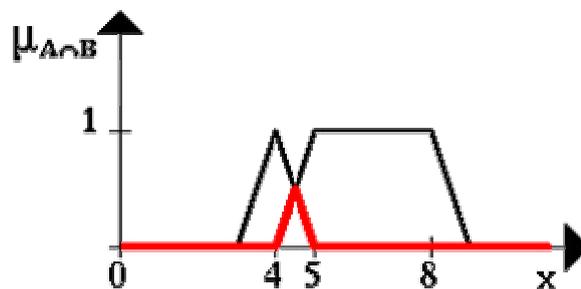
Al igual que en los conjuntos clásicos, se define básicamente la intersección, la unión y el complemento para los conjuntos difusos.

- ? Intersección: $\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
- ? Unión: $\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
- ? Complemento: $\mu_{\text{not } A}(x) = 1 - \mu_A(x)$

Sean Los conjuntos difusos A y B que se muestran en la siguiente figura:



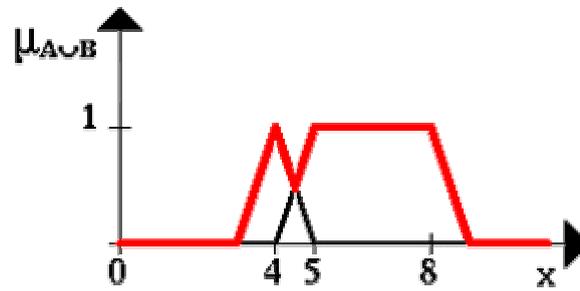
La intersección entre A y B se define de la siguiente manera:



$$C = A \cap B \quad \forall x \in U$$

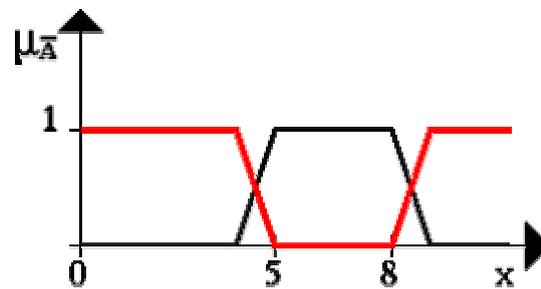
$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

La unión entre A y B se define de la siguiente manera:



$$C = A \cup B \quad \forall x \in U$$
$$\mu_{A \cup B} = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

El complemento de un conjunto se define como sigue :



$$\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A$$