INTRODUCCION

La mayoría de los fenómenos que encontramos cada día son imprecisos, es decir, tienen implícito un cierto grado de difusidad en la descripción de su naturaleza. Esta imprecisión puede estar asociada con su forma, posición, momento, color, textura, o incluso en la semántica que describe lo que son. En muchos casos el mismo concepto puede tener diferentes grados de imprecisión en diferentes contextos o tiempo. Un día cálido en invierno no es exactamente lo mismo que un día cálido en primavera. La definición exacta de cuando la temperatura va de templada a caliente es imprecisa -no podemos identificar un punto simple de templado, así que emigramos a un simple grado, la temperatura es ahora considerada caliente. 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.

La lógica difusa es una rama de la inteligencia artificial que se funda en el concepto "Todo es cuestión de grado", lo cual permite manejar información vaga o de difícil especificación si quisiéramos hacer cambiar con esta información el funcionamiento o el estado de un sistema especifico. Es entonces posible con la lógica borrosa gobernar un sistema por medio de reglas de 'sentido común' las cuales se refieren a cantidades indefinidas.

Las reglas involucradas en un sistema borroso, pueden ser aprendidas con sistemas adaptativos que aprenden al ' observar ' como operan las personas los dispositivos reales, o estas reglas pueden también ser formuladas por un experto humano. En general la lógica borrosa se aplica tanto a sistemas de control como para modelar cualquier sistema continuo de ingeniería, física, biología o economía.

LOGICA DIFUSA

Historia

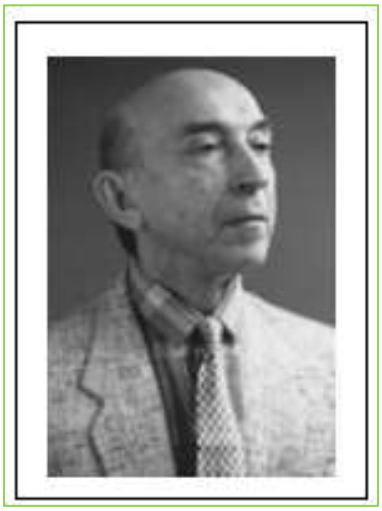
Los conjuntos difusos fueron introducidos por primera vez en 1965; la creciente disciplina de la lógica difusa provee por sí misma un medio para acoplar estas tareas. En cierto nivel, la lógica difusa puede ser vista como un lenguaje que permite trasladar sentencias sofisticadas en lenguaje natural a un lenguaje matemático formal. Mientras la motivación original fue ayudar a manejar aspectos imprecisos del mundo real, la práctica temprana de la lógica difusa permitió el desarrollo de aplicaciones prácticas. Aparecieron numerosas publicaciones que presentaban los fundamentos básicos con aplicaciones potenciales. Esta frase marcó una fuerte necesidad de distinguir la lógica difusa de la teoría de probabilidad. Tal como la entendemos ahora, la teoría de conjuntos difusos y la teoría de probabilidad tienen diferentes tipos de incertidumbre.

En 1994, la teoría de la lógica difusa se encontraba en la cumbre, pero esta idea no es nueva, para muchos, estuvo bajo el nombre de lógica difusa durante 25 años, pero sus orígenes se remontan hasta 2,500 años. Aún Aristóteles consideraba que existían ciertos grados de veracidad y falsedad. Platón había considerado ya grados de pertenencia.

En el siglo XVIII el filósofo y obispo anglicano Irlandés, George Berkeley y David Hume describieron que el núcleo de un concepto atrae conceptos similares. Hume en particular, creía en la lógica del sentido común, el razonamiento basado en el conocimiento que la gente adquiere en forma ordinaria mediante vivencias en el mundo. En Alemania, Immanuel Kant, consideraba que solo los matemáticos podían proveer definiciones claras, y muchos principios contradictorios no tenían solución. Por ejemplo la materia podía ser dividida infinitamente y al mismo tiempo no podía ser dividida infinitamente. Particularmente la escuela americana de la filosofía llamada pragmatismo fundada a principios de siglo por Charles Sanders Peirce,

cuyas ideas se fundamentaron en estos conceptos, fue el primero en considerar "vaguedades", más que falso o verdadero, como forma de acercamiento al mundo y a la forma en que la gente funciona.

Lofti Zadeh



La idea de que la lógica produce contradicciones fue popularizada por el filósofo y matemático británico Bertrand Russell, a principios del siglo XX. Estudio las vaguedades del lenguaje, concluyendo con precisión que la vaguedad es un grado. El filosofo austríaco Ludwing Wittgenstein estudió las formas en las que una palabra puede ser empleada para muchas cosas que tienen algo en común. La primera lógica de vaguedades fue desarrollada en 1920 por el filósofo Jan Lukasiewicz, visualizó los conjuntos con un posible grado de pertenencia con valores de 0 y 1, después los extendió a un número infinito de valores entre 0 y 1. En los años sesentas, Lofti Zadeh inventó la lógica difusa, que combina los conceptos de la lógica y de los conjuntos de Lukasiewicz mediante la definición de grados de pertenencia.

Concepto

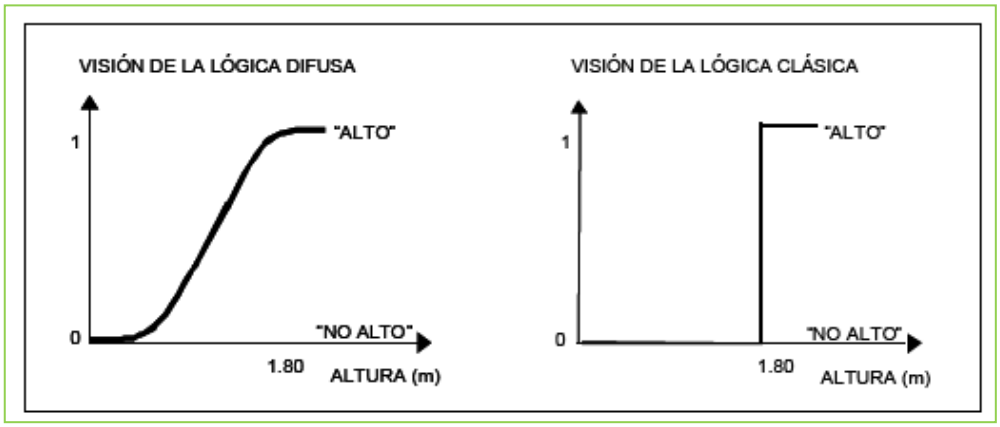
- **En Psicología:** Resolución de problemas que implica cierto grado de inferencia e intuición para lograr la conclusión propia; vista como una distinción crucial entre la inteligencia humana y la mecánica.

- **En Inteligencia Artificial:** Método de razonamiento de maquina similar al pensamiento humano, que puede procesar información incompleta o incierta, característico de muchos sistemas expertos.
- La Lógica Fuzzy o Difusa, es una lógica basada en la teoría de conjuntos que posibilita imitar el comportamiento de la lógica humana. La facilidad que esto constituye alumbrara los próximos años espectaculares mejoras técnicas en los sistemas de control de nuestra sociedad.

El termino "difuso" procede de la palabra inglesa "fuzz" que sirve para denominar la pelusa que recubre el cuerpo de lo polluelos al poco de salir del huevo. Este termino ingles significa "confuso, borroso, indefinido o desenfocado". Este termino se traduce por "flou" en francés y "aimai" en japonés. Aunque la teoría de conjuntos difusos presente cierta complejidad, el concepto básico es fácilmente comprensible.

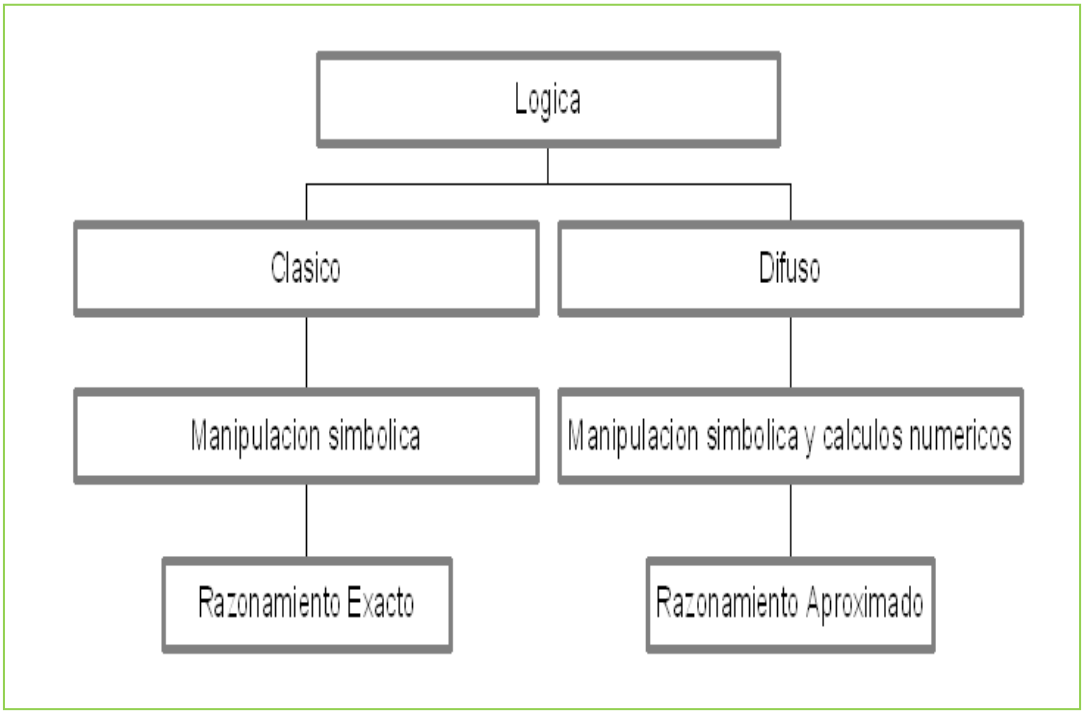
- **Lógica Difusa vs Lógica Clásica:**

Mientras que la teoría de conjuntos tradicional (pertenece o no pertenece a un determinado conjunto) define ser miembro de un conjunto como un predicado booleano, la teoría de conjunto difusa permite representar el ser miembro de un conjunto como una distribución de posibilidades.



La Lógica Difusa, es una lógica matemática basada en la teoría de conjuntos que posibilita imitar el comportamiento de la lógica humana.

La lógica difusa se utiliza para representar la información imprecisa, ambigua, o vaga. Se utiliza para realizar operaciones en los conceptos que están fuera de las definiciones de la lógica boleana. Un tipo de lógica que reconoce valores verdaderos y falsos más que simples. Con lógica difusa, los subconjuntos se pueden representar con grados de la verdad y de la falsedad. Por ejemplo, la declaración, es hoy soleado, pudo ser el 100% verdad si no hay nubes, 80% verdad si hay algunas nubes, 50% verdad si esta nublado y 0% verdad si llueve todo el día.



Difusividad

- Es una incertidumbre deterministica.
- Esta relacionada al grado con el cual los eventos ocurren sin importar la probabilidad de su ocurrencia.
- Por ejemplo, el grado de juventud de una persona es un evento difuso sin importar que sea un elemento aleatorio.

❖ **Difusividad contra probabilidad**

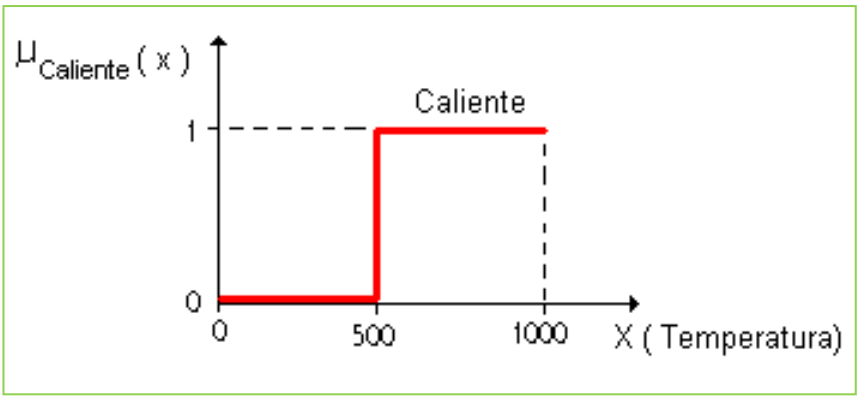
- La difusividad es una incertidumbre deterministica, la probabilidad no es deterministica.
- La incertidumbre probabilística se disipa con el número de ocurrencias y la difusividad no.

- La difusividad describe eventos ambiguos, la probabilidad describe eventos que ocurren. Si un evento ocurre es aleatorio. El grado con el que ocurren es difuso.

Conjuntos Difusos:

- **Conjuntos Difusos:** Es un conjunto que puede contener elementos con grados parciales de pertenencia, a diferencia de los conjuntos clásicos en los que los elementos pueden "pertenecer" o "no pertenecer" a dichos conjuntos.
  Desde el punto de vista de que se aplican palabras a la definición de cualquier propiedad por ejemplo: mujeres altas, edificios viejos, hombres bajos, elevada inteligencia, baja velocidad, viscosidad moderada… Desde este punto de vista estos valores no podrían ser definidos solo con 2 valores, 0 y 1, se ha de establecer un peso para la característica estableciendo valores intermedios (ejemplo entre 0 y 1 tomando todos los valores intermedios, o bien estableciendo una escala de 0 a 100).

- **Función de Pertenencia:** 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.
  Por ejemplo, para un conjunto clásico tendríamos lo siguiente:

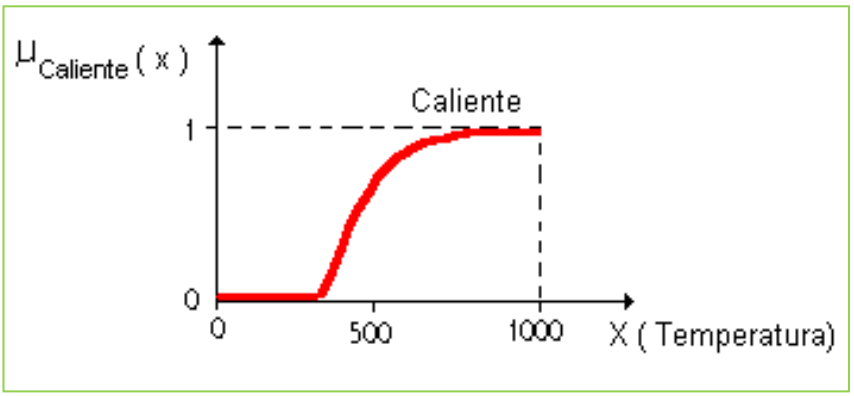


El conjunto se definiría así: **Caliente = { x | x > 500 }** , Temp [°C]

$\mu_{Caliente}(x) = 1,\ x \in$ **Caliente** $\mu_{Caliente}(x) = 0,\ x \notin$ **Caliente**

$\mu_{Caliente}(x) = \{0, 1\}$ ➔ **Solo toma estos valores.**

Para un Conjunto Difuso tendríamos lo siguiente:



El conjunto se definiría así: **Caliente = { (x, $\mu_{Caliente}$(x)) | x ∈ U }**

U = [0 , 1000] ➔ Universo de Discurso.

$\mu_{Caliente}$(x) = [0 , 1] ➔ Rango de Valores. Temp [°C]

- **Universo de Discurso:** Conjunto de valores que puede tomar una variable. Este es el conjunto de elementos que vamos a tener en consideración, por ejemplo si se considera que las personas de una comunidad, este universo estará formado por las personas bajas, las personas altas, los hombre con gafas, etc.

  - **Variable difusa**: es cualquier valor que esta basado en la percepción humana más que en valores precisos de medición (Ej. un color, que esta compuesto en realidad por varias tintas, si la presión de la caldera es excesiva, si la temperatura del agua es la adecuada, si la cantidad de sal que lleva la tortilla es excesiva, si la velocidad de un tren es elevada…) todas estas dependen de la percepción y están vinculadas con el uso del lenguaje y pueden ser usadas en estructuras del tipo if-then, como por ejemplo: *if* velocidad es excesiva *then* reducir la presión sobre el acelerador.

Operaciones entre Conjuntos Difusos:

Las operaciones básicas entre conjuntos difusos son los siguientes:

- El conjunto complementario Ā de un conjunto difuso A es aquel cuya función característica viene definida por:

$$\mu_A(x) = 1 - \mu_A(x)$$

- La unión de conjuntos difusos A y B es un conjunto difuso AUB en U cuya función de pertenencia es:

$$\mu_{AUB}(x) = max[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

- La intersección de dos conjuntos difusos A y B es un conjunto difuso A∩B en U con función característica:

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

En estas tres operaciones definidas para conjuntos difusos cumplen, al igual que en la teoría clásica de conjuntos, asociatividad, conmutatividad y distribuidad así como las leyes de Morgan.

Sin embargo, también hay que destacas que existen dos leyes fundamentales de la teoría clásica de conjuntos como son el Principio de Contradicción: AUĀ=U, y el Principio de Exclusión: A∩Ā=Φ, que no se cumplen en la teoría de conjuntos difusos.

Las funciones que definen la unión y la intersección de conjuntos difusos pueden generalizarse, a condición de cumplir ciertas restricciones. Las funciones que cumplen con estas condiciones se conocen como Conorma Triangular (T-Conorma) y Norma Triangular (T-Norma). En la mayoría de las aplicaciones de la ingeniería de la lógica se usan como tconorma el operador máximo y como tnorma los operadores mínimos o productos.

- **Relaciones Difusas:**

Una relación difusa representa el grado de presencia o ausencia de ausencia, interacción o interconexión entre elementos de dos o mas conjuntos difusos, por ejemplo: "x es mayor que y". Supongamos U y V dos universos de discurso, la relación difusa R(U,V) es un conjunto difuso en el espacio producto UxV que se caracteriza por la función de pertenencia $\mu_R(x,y)$ donde x pertenece a U e y pertenece a V, es decir:

$$R(U,V) = \{[(x,y), \mu_R(x,y)] | (x,y) \epsilon U \times V\}$$

En el caso de las relación difusas $\mu_R(x,y) \in [0,1]$ y en caso de las relaciones clásicas $\mu_R(x,y) = 0\ o\ 1$

Como las relaciones difusas son en si mismas un conjunto difuso en el espacio producto, las operaciones entre conjuntos y las operaciones definidas anteriormente también pueden ser aplicas a ellas.

- **Inferencia Difusa**

Se llama reglas difusas al conjunto de proposiciones IF-THEN que modelan al problema que se quiere resolver. Una regla difusa simple tiene la forma:

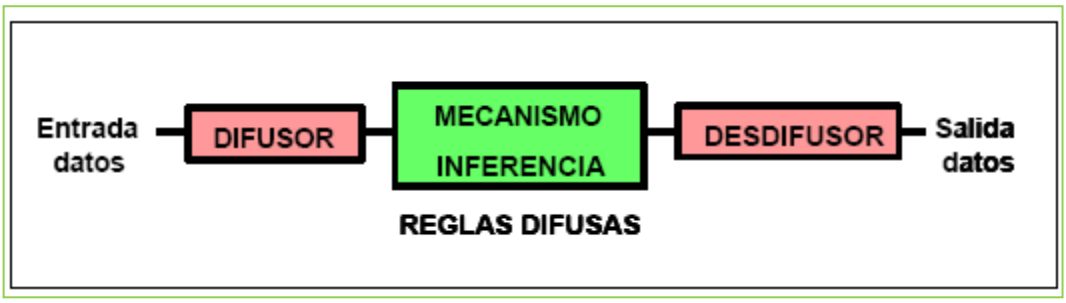
"Si u es A entonces v es B"

donde A y B son conjuntos difusos definidos en los rangos "u" y "v" respectivamente. Una regla expresa un tipo de relación entre los conjuntos A y B cuya función característica seria $\mu_{A \to B}(x,y)$ y representa lo que conocemos como implicación lógica. La elección apropiada de esta función característica esta sujeta a las reglas de la lógica proposicional

Como es bien sabido se puede establecer un isomorfismo entre la teoría de conjuntos, la lógica proposicional y el algebra booleana que garantiza que cada teorema enunciado en una de ellas tiene un homologo en las otras dos. La existencia de estos isomorfismos nos permitirá traducir las reglas difusas a relaciones entre conjuntos difusos y estos a términos de operadores algebraicos con los que podremos trabajar.

Sistema basado en técnicas de Lógica Difusa

El esquema de un sistema basado en técnicas de lógica difusa se presenta en la siguiente figura:



Esta compuesto por los siguientes bloques:

- **Bloque Difusor:** Bloque en el que a cada variable de entrada se le asigna un grado de pertenencia a cada uno de los conjuntos difusos que se ha considerado, mediante las funciones características asociadas a estos conjuntos difusos. La entrada a este bloque son valores concretos de las variables de entrada y las salidas son grados de pertenencia a los conjuntos difusos considerados.
- **Bloque de Inferencia:** Bloque que, mediante los mecanismos de inferencia, relaciona conjuntos difusos de entrada y de salida y que representa a las reglas que definen el sistema. Las entrada a este bloque son conjuntos difusos (grados de pertenencia) y las salidas son también conjuntos difusos, asociados a la variable de salida.
- **Desdifusor:** Bloque en el cual a partir del conjunto difuso obtenido en el mecanismo de inferencia y mediante los métodos matemáticos de desdifusion, se obtiene un valor concreto de la variable de respuesta, es decir, el resultado.

- **Mecanismo de Inferencia:**

Los mecanismos de inferencia son aquellos en los que se usan los principios de la lógica difusa para realizar un mapeo de los conjuntos difusos de entrada a los conjuntos difusos de salida. Cada regla es interpretada como una implicación difusa. Es decir, el bloque de inferencia es aquel en el cual se realiza la traducción matemática de las reglas difusas; esta reglas modelan el sistema pero para poder trabajar con ellas y extraer un resultado se debe evaluar matemáticamente la información que reflejan. Como ya se ha mencionado, las reglas utilizadas para diseñar un sistema basado en la lógica difusa toman la forma:

"Si u_1 es A_1 y u_2 es A_2 y u_3 es A_3 ENTONCES v es B"

- **Sistemas expertos en la Ingeniería Química**

La inteligencia artificial ha empezado a invadir las industrias de procesos químicos; ya son conocidas aplicaciones de sistemas expertos, redes neuronales, lógica difusa y algoritmos genéticos. Estas tecnologías tienen aplicaciones en la simulación, optimización y diseño de procesos, en sistemas de entrenamiento de personal, en programación de producción y personal, en gerencia de proyectos, en sistemas soportes para el mejoramiento de la calidad o para ayudar a operadores y técnicos en la toma de mejores decisiones para el desempeño de la planta, en sistemas de diagnóstico de problemas en equipos y plantas, y en sistemas de control más riguroso y eficiente.

Los sistemas basados en conocimientos se crean usando conocimientos de expertos humanos, así como de las ciencias básicas y la ingeniería. La base de conocimientos se puede mejorar continuamente con la entrada continua de información por las personas que usan el sistema o por el conocimiento adicional ganado por inferencia que hace el sistema a través de su propia "experiencia". Estos sistemas son útiles, por ejemplo, en la síntesis y diseño de procesos, en el que proveen no sólo información sino herramientas para hacer mejores juicios.

Otra aplicación está en el análisis de alarma y manejo de situaciones anormales de operación en planta. Un operario puede tomar decisiones cruciales rápidamente si está auxiliado por un sistema experto que le anticipa al operador condiciones anormales mucho antes de que suene una alarma. El sistema le puede proveer información soporte para la decisión, tales como posibles causas del problema y opciones para su decisión. Un sistema experto también puede diseñarse para monitorear un proceso en tiempo real, interpretar las condiciones de alarma, y alertar a operarios y técnicos sobre posibles acciones de corrección. Más aún, un sistema de éstos puede usarse para hacer control proactivo de un proceso, si está diseñado para recoger datos y calcular tendencias estadísticas, suministrar una interpretación y alertar sobre tendencias estadísticas de variables claves del proceso antes de que ocurra una perturbación en el sistema.

- ***Redes Neuronales:***

Las redes neuronales son excelentes candidatas para resolver un amplio rango de problemas en la industria química. Entre ellos se puede mencionar la clasificación de materias primas multicomponentes, reconocimiento de patrones y análisis de composición química, interpretación cualitativa de datos de procesos, control adaptativo, detección de fallas de sensores, modelación, caracterización y optimización de unidades de procesos -por ejemplo reactores-, modelación de fenómenos escasamente comprendidos como el flujo turbulento. Las redes neuronales imitan procesos de aprendizaje humano. Los humanos generalmente aprenden por ensayo y error. Las redes neuronales operan en forma análoga.

La red neuronal es una arquitectura de programa de computador para cómputo no-lineal, que consiste en un arreglo de elementos de procesamiento en bloque altamente interconectado asemejando las redes mucho más complejas de neuronas biológicas. Las redes neuronales analizan datos de un sistema y a través de un proceso de "aprendizaje" genera un modelo interno que relaciona los datos. Este modelo interno no está basado en ninguna especificación del mecanismo subyacente para el proceso. Para la generación del modelo no se requiere de una comprensión

previa de los fundamentos de los procesos o los fenómenos que se modelan. Esta característica las hace ideales para modelar sistemas complejos en los que convergen fenómenos de transferencia de calor, mecánica de fluídos, transferencia de masa, fenómenos cinéticos y catalíticos, que aunque puedan ser descritos mediante ecuaciones diferenciales pueden tener problemas de solución por su no-linealidad. Ellas también permiten una inversión en la operación de los modelos de simulación, mientras los convencionales determinan condiciones de salida o valores de variables dependientes a partir de un conjunto de datos de entrada o de variables independientes, las redes neuronales permiten el cálculo de condiciones de entrada dado un conjunto de datos de salida del sistema.

- ***Lógica Difusa:***

La lógica difusa es una alternativa de control valiosa para procesos que no pueden describirse con un modelo matemático o su desarrollo es muy complejo. El control lógico difuso utiliza una descripción del proceso mediante reglas, o heurística, que son desarrolladas a partir de un conocimiento seguro del proceso. También se utiliza esta tecnología en los sistemas expertos basados en conocimiento.

- ***Algoritmos Genéticos:***

La inteligencia artificial también ofrece los algoritmos genéticos como rutinas de búsqueda en optimización. Los algoritmos genéticos pueden compararse con el proceso biológico de la evolución natural de ciertas características de una especie que pasan de generación en generación y contribuyen a su supervivencia y mejoramiento de la población a medida que ciclo evolutivo avanza; de la misma manera funcionan los algoritmos genéticos para encontrar soluciones adaptativas en ambientes dinámicos. El algoritmo arranca con una muestra de solución aleatoria y a través de su proceso genera nuevas generaciones de soluciones hasta cumplir los criterios de optimización.

Aplicaciones

- Ejemplo de Aplicación humana de la Lógica Difusa

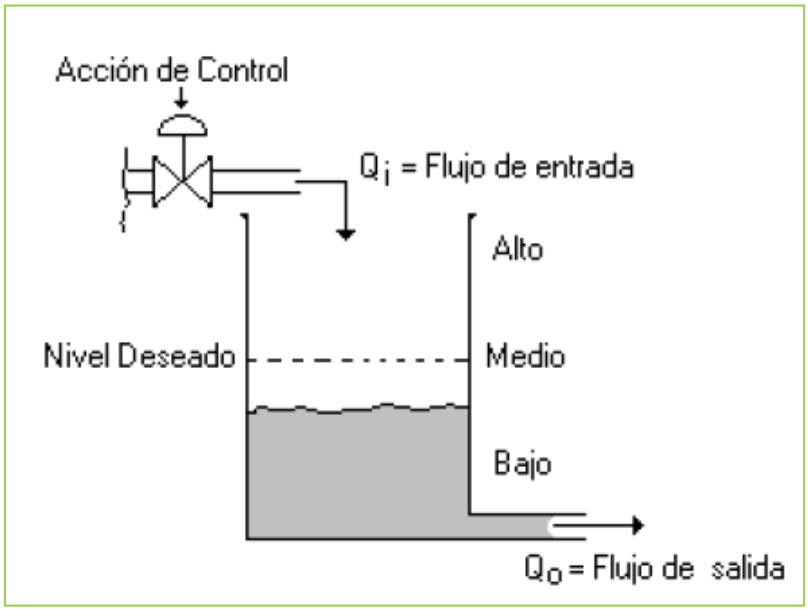
Pongámonos en situación, estas conduciendo por la típica vía con múltiples carriles, en la cual hay un limite de velocidad establecido de 70 por hora y no se encuentran semáforos mas que cada kilómetro. Lo mas normal y seguro en esta situación es conducir siguiendo el trafico, es decir siguiendo el ritmo que se marca de forma conjunta entre todos los vehículos, esto situara la velocidad media probablemente algo mas que el limite (78-80 km/h). Definir lo que se seguir el trafico es algo bastante difuso ya que hay muchos aspectos que se han de tener en cuenta. En la situación antes descrita habrá muchos conductores que viajaran a una velocidad de que ronde los 80 km/h oscilando por arriba o por abajo (la gran mayoría), pero habrá unos pocos que se mantengan todo el rato a 70 km/h. Para llevar a cabo la conducción los conductores van a estar usando la lógica difusa innata que todos los seres humanos poseemos, esto se basa en la observación de la situación para la posterior evaluación de esta, para ello la información obtenida del medio deberá ser resumida, ponderada y evaluada en conjunto para la toma de la decisión. Entre los aspectos a evaluar están el número de vehículos que hay por delante, si hay algún pedazo de chatarra avanzando lentamente por alguna de las vías, si el asfalto esta mojado o se ve afectado por alguna otra situación climática adversa, si hay algún camión u otro vehículo largo, si existe la posibilidad de que haya radares en la zona (sabiendo también el margen entre la velocidad limite y una posible sanción por exceso de velocidad)...

A pesar de todos estos factores, todos los conductores acabarán llevando a cabo una conducción a una velocidad similar.

- Aplicación en un sistema de control

En muchos procesos complejos, el control que ejerce un operador humano es más efectivo que el que proporciona un controlador automático convencional. Para esto el operador se basa en su experiencia (heurística). Usualmente, el operador expresa

sus estrategias de control Lingüísticamente como un conjunto de reglas de toma de decisiones. Por ejemplo para un sistema de control de nivel de un tanque se podría tener,



"SI el nivel es muy bajo **ENTONCES** abra bastante la válvula"
"**SI** el nivel es bajo **ENTONCES** abra poco la válvula"
"**Si** el nivel es medio **ENTONCES** no abra ni cierre la Válvula"
"SI el nivel es alto **ENTONCES** cierre un poco la válvula"
"**SI** el nivel es muy alto **ENTONCES** cierre bastante la válvula"

"Por tanto, en síntesis y desde una perspectiva amplia, un controlador Difuso proporciona un algoritmo que puede convertir una estrategia de control lingüística, generalmente basada en la experiencia de un operador humano, en una estrategia de control automático."

- Mas aplicaciones

Una de las principales ventajas de la Lógica difusa o también llamado Control Difuso es la velocidad en obtener una salida con una gran fiabilidad. Nos permiten

solucionar gran parte de los problemas de control automático de una manera sencilla sin necesidad de conocer un modelo matemático que lo pueda controlar.

Un ejemplo básico puede ser el de la ducha. Nosotros somos los sensores de temperatura y el control de la temperatura lo hacemos sobre los grifos. Inicialmente abrimos el agua caliente, a medida que empieza a salir agua caliente vamos cerrando el grifo del agua caliente y vamos abriendo el del agua fría en este proceso se producen subidas y bajadas de temperatura bruscas. El caso de la ducha no es un proceso crítico, pero si estamos en un laboratorio de química y los grifos son de los reactivos no podemos tolerar esas fluctuaciones en la salida. En este caso tendremos que usar un modelo matemático fiable: Regulador PID, Control multivariable.

Se ha de aclarar que la Lógica difusa no es una tecnología de futura aplicación, si no que existen ya en el mercado muchos productos basados en esta tecnología, habiéndose vendido ya cientos de millones de Euros de estos productos. Muchas de estas aplicaciones de la Lógica difusa están siendo desarrolladas y aplicadas en países como Japón y Alemania. Entre los productos más comunes que llegan al ciudadano de a pies basados en la Lógica difusa se pueden citar los siguientes:

- ✓ Lavadoras inteligentes que regulan el uso del agua y el detergente en función del nivel de suciedad de la ropa.
- ✓ El metro Senday en Japón.
- ✓ Medidores de presión sanguínea.
- ✓ Aspiradoras, Ascensores, neveras, microondas... y múltiples electrodomésticos.
- ✓ Cámaras de video y fotográficas con auto foco.
- ✓ Aire acondicionado inteligente, al cual se le indica si uno tiene calor o mucho calor y ya ajusta la temperatura en función de la actual.

La aplicación de la Lógica difusa a un nivel comercial, ha hecho practicas la teoría en ella expuesta, demostrando los resultados de su uso, aun así hoy en día gran parte de la comunidad científica mira con cierto recelo las teorías en ella expuestas.

En la actualidad gran cantidad de patentes de productos se basa en la Lógica difusa, siendo esta en origen una idea de libre aplicación que ha resultado de gran utilidad para el desarrollo de tecnologías comerciales propietarias

En la actualidad estas aplicaciones no se están llevando a cabo de forma efectiva en Estados Unidos, muchas veces motivadas por el impacto del propio nombre la tecnología "fuzzy", el cual podría generar rechazo en el público en general.

Otras aplicaciones:

- ✓ Control luminosidad.
- ✓ Control de humedad.
- ✓ Control de temperatura.
- ✓ Sistemas de reconocimiento
- ✓ Sistemas basados en Inteligencia Artificial.

Boom de la Lógica Difusa en Japón

A comienzos de los años 80, especialmente en Japón, empezaron a aparecer múltiples aplicaciones comerciales relacionadas con la Lógica Difusa. Es por esto que Japón se convirtió en el centro de investigación tanto académica como industrial de los sistemas difusos. Ejemplos claros del desarrollo que indicamos los podemos observar en controles de la manufactura del cemento, en procesos de purificación del agua, incluso en Sendai, Japón (como no podía ser de otra manera) los ingenieros de Hitachi desarrollaron y pusieron en marcha un controlador difuso que conducía los metros.

Durante toda esa década, los japoneses siguieron fabricando multitud de productos basados o compuestos de elementos basados en lógica difusa. Ejemplos de estos últimos podrían ser las televisiones que ajustaban el volumen y la luminosidad según fuera el volumen de ruido ambiental o la luz existente en los alrededores; lavadoras inteligentes que seleccionaban el mejor programa de lavado según la cantidad de ropa (y de lo sucia que estaba); microondas que se ajustaban según la humedad ambiente, etc.

Lógica difusa y operaciones eficientes sin intervención humana eran sinónimos en aquella época. Sin embargo, la locura por los productos difusos decayó, aunque actualmente siga estando muy presente en cantidad de productos consumidos. Como ejemplo podríamos poner algunas de las nuevas transmisiones de los coches, que contienen un componente difuso que detecta el tipo de pilotaje y las revoluciones del motor para seleccionar la mejor marcha.

Ventajas

- ✓ La principal ventaja de este sistema de control es su facilidad de implementación.
- ✓ Este tipo de sistemas están dando muy buenos resultados en procesos no lineales y de difícil modelización.
- ✓ El modo de funcionamiento es similar al comportamiento humano.
- ✓ Es una forma rápida y económica de resolver un problema.
- ✓ No se necesita conocer el modelo matemático que rige su funcionamiento.

Desventajas

- ✓ En las redes neuronales se precisa de un tiempo de aprendizaje para obtener los mejores resultados en la salida. (Al igual que ocurre con los humanos).
- ✓ Ante un problema que tiene solución mediante un modelo matemático, obtenemos peores resultados usando Lógica Difusa.

Bibliografía

- http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%B3gica_difusa
- http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0207105-105056//04Rpp04de11.pdf
- http://campusvirtual.unex.es/cala/epistemowikia/index.php?title=L%C3%B3gica_difusa
- http://74.125.47.132/search?q=cache:iMAWMZsS8X8J:www.itq.edu.mx/vidatec/espacio/aiee/fuzzy.ppt+logica+difusa&cd=6&hl=es&ct=clnk&gl=pe
- http://www.electronicafacil.net/archivo-noticias/ciencia/Article6498.html
- http://maxsilva.bligoo.com/content/view/207388/Logica-Difusa.html
- http://www.galeon.com/casanchi/casanchi_2001/difusa01.htm