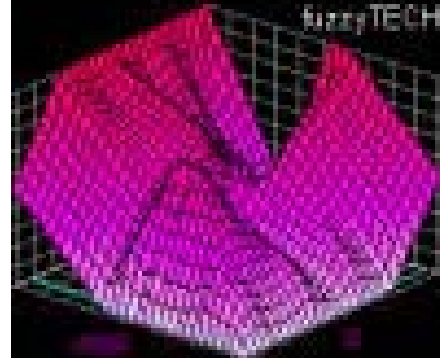




CAPÍTULO VIII – LÓGICA DIFUSA o MATEMÁTICA BORROSA

Temas:

- Introducción
- Historia
- Diferencia entre azar e incertidumbre
- ¿Qué es la lógica difusa?
- Conjuntos difusos
- Operaciones entre Conjuntos Difusos
- Variables Lingüísticas
- Ejemplos
- Conclusiones
- Referencias Bibliográficas



«Hasta donde las leyes de la matemática se refieren a la realidad, ellas no son ciertas. Y cuando son ciertas, no se refieren a realidad. " ALBERT EINSTEIN

"En el futuro, en el mundo occidental se emplearán los conceptos Fuzzy, tal como se ha utilizado la lógica booleana en los tiempos de Aristóteles" .



Introducción

El mundo es un lugar borroso. Si combinamos el término "fuzzy" (borrosa) con "lógica" se consigue una contradicción de ideas. Desgraciadamente, la palabra inglesa "fuzzy" tiene connotaciones muy negativas. Significa incierto, impreciso, pensamiento errado. Cuando las personas piensan en lógica, es el último en precisión, roca-sólida, indiscutible. Ser lógico es quizás el cumplido más alto que se puede dar a un científico o ingeniero.

Cuando decimos "lógica", normalmente nos estamos refiriendo a la lógica de Aristóteles, primera descubierta en 300 A. D. La lógica Aristotélica es la base de mucho del pensamiento Occidental. Se ha estudiado y ha sido explorado por miles de científicos y filósofos desde su comienzo. Está basada sobre una idea sencilla, simple pero comprendida por todos: Una declaración es verdadera o falsa. Es una lógica binaria que permite sólo dos valores, cualquiera es verdadera o no lo es. No hay posición intermedia entre dos extremos.

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, tal que emigrando un simple grado la temperatura del ambiente sea 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.

Aceptamos la imprecisión como una consecuencia natural de "la forma de las cosas en el mundo". La dicotomía entre el rigor y la precisión del modelado matemático en todo los campos y la intrínseca incertidumbre de "el mundo real" no es generalmente aceptada por los científicos, filósofos y analistas de negocios. Nosotros simplemente aproximamos estos eventos a funciones numéricas y escogemos un resultado, en lugar de hacer un análisis del conocimiento empírico. Sin embargo fácilmente procesamos y entendemos de manera implícita la imprecisión de la información. Estamos capacitados para formular planes, tomar decisiones y reconocer conceptos compatibles con altos niveles de vaguedad y ambigüedad. Considere las siguientes sentencias:

- La temperatura del ambiente está caliente
- La inflación actual aumenta rápidamente
- Los grandes proyectos generalmente tardan mucho
- Nuestros precios están por abajo de los precios de la competencia



"Implicancias del Data Mining"

- XYZ es una compañía grande y agresiva
- Alejandro es alto pero Ana no es bajita

Estas proposiciones forman el núcleo de nuestras relaciones con "la forma de las cosas en el mundo". Sin embargo, son incompatibles con el modelado tradicional y el diseño de sistemas de información. Si podemos incorporar estos conceptos, logramos que los sistemas sean potentes y se aproximen más a la realidad.

Pero, es la imprecisión un concepto artificial utilizado para aumentar o disminuir en uno o más las propiedades de los fenómenos? o es una parte intrínseca del fenómeno en sí mismo?.

Esta es una pregunta importante ya que es la parte fundamental de las medidas de la teoría difusa. Como veremos la fusión es independiente de cualquier capacidad para medir, ya que un conjunto difuso es un conjunto que no tiene límites bien definidos. Un conjunto difuso tiene muchas propiedades intrínsecas que afectan la forma del conjunto, su uso y como participa en un modelo.

La Lógica Difusa es particularmente útil en sistemas expertos y otras aplicaciones de inteligencia artificial. Es también utilizada en algunos correctores de voz para sugerir una lista de probables palabras a reemplazar en una mal dicha. La Lógica Difusa, que hoy en día se encuentra en constante evolución, nació en los años 60 como la lógica del razonamiento aproximado, y en ese sentido podía considerarse una extensión de la Lógica Multivaluada. La Lógica Difusa actualmente está relacionada y fundamentada en la teoría de los Conjuntos Difusos. Según esta teoría, el grado de pertenencia de un elemento a un conjunto va a venir determinado por una función de pertenencia, que puede tomar todos los valores reales comprendidos en el intervalo $[0,1]$.

No hay nada impreciso o borroso sobre la lógica borrosa. Es matemática, natural y simple, 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 específico. 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.

La **lógica borrosa** es entonces definida como un **sistema matemático** que modela funciones no lineales, que convierte unas entradas en salidas acordes con los planteamientos lógicos que usan el razonamiento aproximado.



"Implicancias del Data Mining"

Se fundamenta en los denominados conjuntos borrosos y un sistema de inferencia borroso basado en reglas de la forma " SI..... ENTONCES..... ", donde los valores lingüísticos de la premisa y el consecuente están definidos por conjuntos borrosos, es así como las reglas siempre convierten un conjunto borroso en otro.

Historia

Los conjuntos difusos fueron introducidos por primera vez en 1965, por Zadeh; 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 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.

La idea de que la lógica produce contradicciones fue popularizada por el filósofo y matemático británico Bertrand Russell, a principios del siglo XX. Estudió las vaguedades del lenguaje, concluyendo con precisión que la vaguedad es un grado. El filósofo austríaco Ludwig 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 sesenta, 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.



Diferencia entre azar e incertidumbre

"Medidas y valuaciones no deben oponerse. Se las toma donde se encuentran disponibles y se realiza un tratamiento con las técnicas más adecuadas para elaborar la información y prepararla para una buena decisión". Kaufmann

AZAR	INCERTIDUMBRE
<ul style="list-style-type: none">• Datos estadísticamente mensurables• Objetivos• Probable• Medida• Teoría de la probabilidad	<ul style="list-style-type: none">• Datos inciertos• Subjetivos• Posible• Valuación• Modelos para el tratamiento de la incertidumbre

Tabla 1 - Comparación azar/incertidumbre

Valuación

La valuación es un dato numérico subjetivo dado en una escala adecuada de valores que afectamos a un fenómeno percibido por nuestros sentidos o por nuestra experiencia.

Si una valuación expresa un valor entre 0 (Falso) y 1 (Verdadero) se pueden elegir correspondencias semánticas de la verdad a la falsedad:

Sistema Binario: 0 Falso
1 Verdadero

Sistema Ternario: 0 Falso
0.5 Ni Falso ni Verdadero
1 Verdadero

Sistema Endecadario: 0 Falso
0.1 Prácticamente Falso
0.2 Casi Falso
0.3 Bastante Falso
0.4 Más Falso que Verdadero
0.5 Ni Falso ni Verdadero
0.6 Más Verdadero que Falso
0.7 Bastante Verdadero
0.8 Casi Verdadero
0.9 Prácticamente Verdadero
1.0 Verdadero

Problemas de gestión en un ambiente incierto

- Análisis de rentabilidad (punto de equilibrio)
- Selección con objetivos múltiples



"Implicancias del Data Mining"

- Presupuesto de gestión
- Programación
- Costo de capital
- Cash flow
- Evaluación de proyectos
- Matrices de incidencia
- Recuperación de efectos olvidados
- Planeamiento estratégico

¿Qué es la Lógica Difusa?

Un tipo de lógica que reconoce más que simples valores verdaderos y falsos. Con lógica difusa, las proposiciones pueden ser representadas con grados de veracidad o falsedad. Por ejemplo, la sentencia "hoy es un día soleado", puede ser 100% verdad si no hay nubes, 80% verdad si hay pocas nubes, 50% verdad si existe neblina y 0% si llueve todo el día.

La Lógica Difusa (llamada también Lógica Borrosa por otros autores) es básicamente una lógica con múltiples valores, que permite definir valores en las áreas oscuras entre las evaluaciones convencionales de la lógica precisa: Si / No, Cierto / Falso, Blanco / Negro, etc. Se considera un súper conjunto de la Lógica Booleana. Con la Lógica Difusa, las proposiciones pueden ser representadas con grados de certeza o falsedad. La lógica tradicional de las computadoras opera con ecuaciones muy precisas y dos respuestas: Si o no, uno o cero. Ahora, para aplicaciones de computadores muy mal definidas o sistemas imprecisos se emplea la Lógica Difusa.

Por medio de la Lógica Difusa pueden formularse matemáticamente nociones como un poco caliente o muy frío, para que sean procesadas por computadoras y cuantificar expresiones humanas vagas, tales como "Muy alto" o "luz brillante". De esa forma, es un intento de aplicar la forma de pensar humana a la programación de los computadores. Permite también cuantificar aquellas descripciones imprecisas que se usan en el lenguaje y las transiciones graduales en electrodomésticos como ir de agua sucia a agua limpia en un lavarropas, lo que permite ajustar los ciclos de lavado a través de sensores. La habilidad de la Lógica Difusa para procesar valores parciales de verdad ha sido de gran ayuda para la ingeniería. En general, se ha aplicado a:

- Sistemas expertos.
- Control de sistemas de trenes subterráneos.

El grado de pertenencia de un elemento a un conjunto va a venir determinado por una función de pertenencia, que puede tomar todos los valores reales comprendidos en el intervalo $[0,1]$. La representación de la función de pertenencia de un elemento a un Conjunto Difuso se representa según la figura 1.

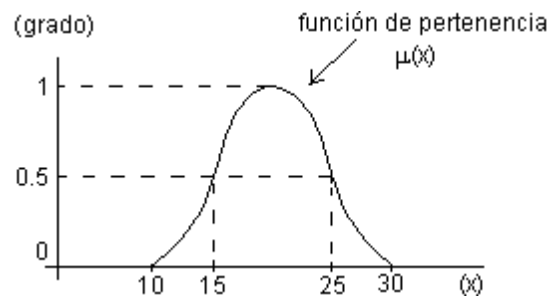


Figura 1 - Ejemplo de una función de pertenencia a un Conjunto Difuso

Los *operadores lógicos* que se utilizarán en Lógica Difusa (AND, OR, etc.) se definen también usando tablas de verdad, pero mediante un "principio de extensión" por el cual gran parte del aparato matemático clásico existente puede ser adaptado a la manipulación de los Conjuntos Difusos y, por tanto, a la de las variables lingüísticas.

La operación más importante para el desarrollo y creación de Reglas Lógicas es la implicación, simbolizada por " \rightarrow " que representa el "Entonces" de las reglas heurísticas: Si (...) Entonces (\rightarrow) (...).

Así, en la Lógica Difusa hay muchas maneras de definir la implicación. Se puede elegir una "función (matemática) de implicación" distinta en cada caso para representar a la implicación.

La última característica de los sistemas lógicos es el *procedimiento de razonamiento*, que permite inferir resultados lógicos a partir de una serie de antecedentes. Generalmente, el razonamiento lógico se basa en silogismos, en los que los antecedentes son por un lado las proposiciones condicionales (nuestras reglas), y las observaciones presentes por otro (serán las premisas de cada regla).

Los esquemas de razonamiento utilizados son "esquemas de razonamiento aproximado", que intentan reproducir los esquemas mentales del cerebro humano en el proceso de razonamiento. Estos esquemas consistirán en una generalización de los esquemas básicos de inferencia en Lógica Binaria (silogismo clásico).

Tan importante será la selección de un esquema de razonamiento como su representación material, ya que el objetivo final es poder desarrollar un procedimiento analítico concreto para el diseño de controladores difusos y la toma de decisiones en general.

Una vez que dispongamos de representaciones analíticas de cada uno de los elementos lógicos que acabamos de enumerar, estaremos en disposición de desarrollar formalmente un controlador "heurístico" que nos permita inferir el control adecuado de un determinado proceso en función de un conjunto de reglas "lingüísticas", definidas de antemano tras la observación de la salida y normas de funcionamiento de éste.



Predicados Vagos y Conjuntos Difusos.

El concepto de conjuntos borrosos fue propuesto primero por Dr. Lotfi Zadeh, entonces el principal del Departamento de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de California de Berkeley, en 1965. Había una reacción fuerte de otros científicos contra la lógica borrosa. Algo de esto era una reacción a la etiqueta, y en algún sentido es infortunada la elección de Zadeh que tomó el término "fuzzy".

Los conjuntos borrosos de Zadeh están basados en una extensión simple de los conjuntos binarios standards. Para entender los conjuntos borrosos, en los que se construyen la lógica borrosa y reglas borrosas, primero repasemos la teoría estándar.

Un conjunto consiste en un grupo de ítems u objetos. Un objeto está o no en el conjunto.

En conjuntos borrosos, Zadeh introdujo la idea que un objeto puede ser miembro parcial en un conjunto. En los extremos, la lógica borrosa es equivalente a la lógica binaria.

Los conjuntos clásicos se definen mediante un predicado que da lugar a una clara división del Universo de Discurso X en los valores "Verdadero" y "Falso". Sin embargo, el razonamiento humano utiliza frecuentemente predicados que no se pueden reducir a este tipo de división: son los denominados *predicados vagos*.

Por ejemplo, tomando el Universo de Discurso formado por todas las posibles temperaturas ambientales en la ciudad de Huelva, se puede definir en dicho universo el conjunto A como aquél formado por las temperaturas "cálidas".

Por supuesto, es imposible dar a A una definición clásica, ya que su correspondiente predicado no divide el universo X en dos partes claramente diferenciadas. No podemos afirmar con rotundidad que una temperatura es "cálida" o no lo es. El problema podría resolverse en parte considerando que una temperatura es "cálida" cuando su valor supera cierto umbral fijado de antemano. Se dice que el problema tan sólo se resuelve en parte, y de manera no muy convincente, por dos motivos: de una parte el umbral mencionado se establece de una manera arbitraria, y por otro lado podría darse el caso de que dos temperaturas con valores muy diferentes fuesen consideradas ambas como "cálidas". Evidentemente, el concepto "calor" así definido nos daría una información muy pobre sobre la temperatura ambiental.

La manera más apropiada de dar solución a este problema es considerar que la pertenencia o no pertenencia de un elemento x al conjunto A no es absoluta sino gradual. En definitiva, definiremos A como un Conjunto Difuso. Su función de pertenencia ya no adoptará valores en el conjunto discreto $\{0,1\}$ (lógica booleana), sino en el intervalo cerrado $[0,1]$. En conclusión podemos observar que los Conjuntos Difusos son una generalización de los conjuntos clásicos.

Mediante notación matemática se define un Conjunto Difuso B como:



$$B = \{ (x, \mu_B(x)) / x \in X \}$$

$$\mu_B: X \rightarrow [0,1]$$

La función de pertenencia se establece de una manera arbitraria, lo cual es uno de los aspectos más flexibles de los Conjuntos Difusos. Por ejemplo, se puede convenir que el grado de pertenencia de una temperatura de "45° C" al conjunto A es 1, el de "25° C" es 0.4 , el de "6° C" es 0, etc.: cuanto mayor es el valor de una temperatura, mayor es su grado de pertenencia al conjunto B.

Para operar en la práctica con los Conjuntos Difusos se suelen emplear funciones de pertenencia del tipo representado en la figura 2:

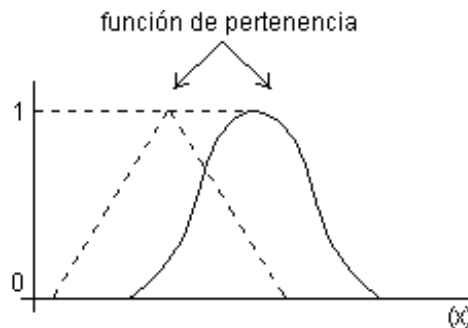


Figura 2 - Tipos de funciones de pertenencia

En la figura se pueden observar dos tipos de funciones de pertenencia de todos los posibles: el tipo triangular, que puede ser un caso concreto del trapezoidal en el que los dos valores centrales son iguales, y el de forma de campana gaussiana.

Tómese ahora el Universo de Discurso de la edad. El Conjunto Difuso "Joven" representa el grado de pertenencia respecto al parámetro juventud que tendrían los individuos de cada edad. Es decir, el conjunto expresa la posibilidad de que un individuo sea considerado joven. Un Conjunto Difuso podría ser considerado como una distribución de posibilidad, que es diferente a una distribución de probabilidad.

Se puede observar que los Conjuntos Difusos de la figura 3 se superponen, por lo que un individuo x_i podría tener distintos grados de pertenencia en dos conjuntos al mismo tiempo: "Joven" y "Maduro". Esto indica que posee cualidades asociadas con ambos conjuntos. El grado de pertenencia de x en A, como ya se ha señalado anteriormente, se representa por $\mu_A(x)$. El Conjunto Difuso A es la unión de los grados de pertenencia para todos los puntos en el Universo de Discurso X, que también puede expresarse como:

$$A = \int_X \frac{\mu_A(x)}{x}$$



"Implicancias del Data Mining"

Bajo la notación de los Conjuntos Difusos, $\mu_A(x)/x$ es un elemento del conjunto A. La operación \int_x representa la unión de los elementos difusos $\mu_A(x)/x$. Los Universos de Discurso con elementos discretos utilizan los símbolos "+" y "Σ" para representar la operación unión.

Veamos un ejemplo:

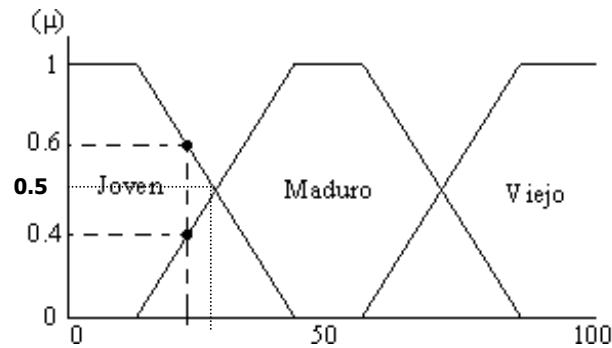


Figura 3 - Ejemplo de Conjuntos Difusos en el universo de la edad

Tómese un individuo x cuya edad sea de 20 años. Como se puede observar en la figura, pertenece al Conjunto Difuso "Joven" y al Conjunto Difuso "Maduro". Se puede observar que posee un grado de pertenencia $\mu_A(x)$ de 0,6 para el Conjunto Difuso "Joven" y un grado de 0,4 para el Conjunto Difuso "Maduro"; también posee un grado de 0 para "Viejo". De este ejemplo se puede deducir que un elemento puede pertenecer a varios Conjuntos Difusos a la vez aunque con distinto grado. Así, nuestro individuo x tiene un grado de pertenencia mayor al conjunto "Joven" que al conjunto "Maduro" ($0,6 > 0,4$), pero no se puede decir, tratándose de Conjuntos Difusos, que x es joven o que x es maduro de manera rotunda.

Ejemplos de subconjuntos borrosos

- En el conjunto de los empresarios argentinos, el subconjunto borroso de los empresarios exitosos o el subconjunto borroso de los empresarios muy jóvenes.
- En el conjunto de las inversiones de una empresa, el subconjunto borroso de las inversiones altamente rentables.
- En el conjunto de los artículos de la canasta familiar, el subconjunto borroso de los artículos de mucha demanda.

Operaciones entre Conjuntos Difusos.

Los Conjuntos Difusos se pueden operar entre sí del mismo modo que los conjuntos clásicos. Puesto que los primeros son una generalización de los segundos, es posible definir las operaciones de intersección, unión y complemento haciendo uso de las mismas funciones de pertenencia:



$$\begin{aligned}\mu_{A \cap B}(x) &= \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \\ \mu_{A \cup B}(x) &= \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \\ \mu_{\neg A}(x) &= 1 - \mu_A(x)\end{aligned}$$

En realidad, estas expresiones son bastante arbitrarias y podrían haberse definido de muchas otras maneras. Esto obliga a considerar otras definiciones más generales para las operaciones entre los Conjuntos Difusos. En la actualidad se considera correcto definir el operador intersección mediante cualquier aplicación t-norma y el operador unión mediante cualquier aplicación s-norma.

Variables Lingüísticas

La Teoría de Conjuntos Difusos puede utilizarse para representar expresiones lingüísticas que se utilizan para describir conjuntos o algoritmos. Los Conjuntos Difusos son capaces de captar por sí mismos la vaguedad lingüística de palabras y frases comúnmente aceptadas, como "gato pardo" o "ligero cambio". La habilidad humana de comunicarse mediante definiciones vagas o inciertas es un atributo importante de la inteligencia.

Una Variable Lingüística es aquella variable cuyos valores son palabras o sentencias que van a enmarcarse en un lenguaje predeterminado. Para estas variables lingüísticas se utilizará un nombre y un valor lingüístico sobre un Universo de Discurso. Además, podrán dar lugar a sentencias generadas por reglas sintácticas, a las que se les podrá dar un significado mediante distintas reglas semánticas.

Los Conjuntos Difusos pueden utilizarse para representar expresiones tales como:

- x es PEQUEÑO.
- La velocidad es RÁPIDA.
- El ganso es CLARO.

Las expresiones anteriores pueden dar lugar a expresiones lingüísticas más complejas como:

- x no es tan PEQUEÑO.
- La velocidad es RÁPIDA pero no muy RÁPIDA.
- El ganso es CLARO y muy ALEGRE.

Así, se pueden ir complicando las expresiones. Por ejemplo, la expresión "x no es PEQUEÑO" puede calcularse a partir de la original calculando el complemento de la siguiente forma:

$$\mu_{\text{no_PEQUEÑO}}(x) = 1 - \mu_{\text{PEQUEÑO}}(x)$$

Tratando de esta forma los distintos modificadores lingüísticos (muy, poco, rápido, lento...) pueden ir calculándose todas las expresiones anteriores.

Zadeh también considera que las etiquetas lingüísticas pueden clasificarse en dos categorías que informalmente se definen como sigue:



"Implicancias del Data Mining"

Tipo I: las que pueden representarse como operadores que actúan en un conjunto difuso: "muy", "más o menos", "mucho", "ligeramente", "altamente", "bastante", etc. y,

Tipo II: las que requieren una descripción de cómo actúan en los componentes del conjunto difuso (operando): "esencialmente", "técnicamente", "estrictamente", "prácticamente", "virtualmente", etc...

En otras palabras, las etiquetas lingüísticas pueden ser caracterizadas como operadores más que construcciones complicadas sobre las operaciones primitivas de conjuntos difusos.

Ejemplos de etiquetas tipo I.

De acuerdo a éste punto de vista y sabiendo que el lenguaje natural es muy rico y complejo, tomamos el operador "muy" que podemos caracterizar con un significado de que aún cuando no tenga validez universal sea sólo una aproximación.

Más y menos

Se pueden definir etiquetas lingüísticas artificiales, por ejemplo: más, menos, que son instancias de lo que puede llamarse acentuador y desacentuador respectivamente, cuya función es proporcionar ligeras variantes de la concentración y la dilatación.

Los exponentes se eligen de modo que se de la igualdad aproximada: mas mas x = menos muy x, y que, además, se pueden utilizar para definir etiquetas lingüísticas cuyo significado difiere ligeramente de otras, ejemplo:

Mas o menos

Otra etiqueta lingüística interesante es "más o menos" que en sus usos más comunes como "más o menos inteligente", "más o menos rectangular" etc, juega el papel de difusificador.

Ligeramente

Su efecto es dependiente de la definición de proximidad u ordenamientos en el dominio del operando. Existen casos, sin embargo, en los que su significado puede definirse en términos de etiquetas lingüísticas tipo I, bajo la suposición de que el dominio del operando es un conjunto ordenado linealmente.



Clase de

Es una etiqueta lingüística que tiene el efecto de reducir el grado de pertenencia de los elementos que están en el "centro" (grados de pertenencia grandes) de una clase x e incrementa el de aquellos que están en su periferia (grados de pertenencia pequeños).

Regular

Es una etiqueta que tiene el efecto de reducir el grado de pertenencia de aquellos elementos que tienen tanto un alto grado de pertenencia al conjunto como de aquellos que lo tienen pequeño, y sólo aumenta el grado de pertenencia de aquellos elementos que tienen un grado de pertenencia cercano.

Etiquetas tipo II.

Su caracterización envuelve una descripción de forma que afectan a los componentes del operando, y por lo tanto es más compleja que las del tipo I. En general, la definición de una etiqueta de este tipo debe formularse como un algoritmo difuso que envuelve etiquetas tipo I. Su efecto puede describirse aproximadamente como una modificación de los coeficientes de ponderación de una combinación convexa. Como la magnitud de las ponderaciones es una medida del atributo asociado, intuitivamente una etiqueta de este tipo tiene el efecto de aumentar las ponderaciones de los atributos importantes y disminuir los que relativamente no lo son.

Ejemplo: Selección de personal

La teoría de los conjuntos borrosos resulta un adecuado medio para plantear y resolver problemas referidos a la selección de recursos humanos.

Analizaremos primero un problema muy simple en el cual se desea seleccionar entre cinco aspirantes a aquel que reúna en mayor grado las tres cualidades requeridas.

En el segundo problema analizado suponemos que para el puesto a cubrir se ha definido un perfil, correspondiente al grado de cumplimiento de cada una de las siete cualidades requeridas. Se debe elegir entre cuatro postulantes. La selección se realizará de acuerdo al criterio: adecuación de cada aspirante al perfil. La elección del criterio a utilizar en un problema real dependerá de la naturaleza del mismo.

Selección de personal (1)

$C = \{x_1, x_2, x_3\}$

Cualidades



"Implicancias del Data Mining"

$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}$ Aspirantes

Grado de cumplimiento de cada una de las cualidades:

$$\mu_P(x_1) = \{(p_1/.4), (p_2/.9), (p_3/.2), (p_4/.1), (p_5/.6)\}$$

$$\mu_P(x_2) = \{(p_1/.3), (p_2/.2), (p_3/1), (p_4/.8), (p_5/.4)\}$$

$$\mu_P(x_3) = \{(p_1/.6), (p_2/1), (p_3/0), (p_4/.5), (p_5/.7)\}$$

Asociando cualidades:

$$\mu_P(x_1) \sqcap \mu_P(x_2) \sqcap \mu_P(x_3) = \{(p_1/.3), (p_2/.2), (p_3/0), (p_4/.1), (p_5/.4)\}$$

p_5 reúne en mayor grado las cualidades requeridas.

Selección de personal (2)

Cualidades: $M = \{a, b, c, d, e, f, g\}$

Perfil:

$$\mu_T = \{(a/.6), (b/.9), (c/.7), (d/1), (e/.8), (f/.3), (g/0)\}$$

Aspirantes: $P = \{p_1, p_2, p_3, p_4\}$

Los organismos técnicos adjudican el grado de cumplimiento de las cualidades requeridas:

$$\mu_{p_1} = \{(a/0), (b/.9), (c/.8), (d/1), (e/.5), (f/.4), (g/0)\}$$

$$\mu_{p_2} = \{(a/.3), (b/.8), (c/.7), (d/.4), (e/1), (f/.9), (g/.6)\}$$

$$\mu_{p_3} = \{(a/.4), (b/.8), (c/.6), (d/1), (e/.9), (f/.3), (g/.3)\}$$

$$\mu_{p_4} = \{(a/.6), (b/1), (c/.9), (d/.5), (e/.7), (f/.5), (g/.8)\}$$

I. Adecuación de cada aspirante al perfil

Coefficiente de adecuación de μ_B a μ_T :

$$K(\mu_B, \mu_T) = \min [1, 1 - \mu_T(x) + \mu_B(x)]$$

$$K(\mu_{p_1}, \mu_T) = (.4 + 1 + 1 + 1 + .7 + 1 + 1)/7 = .87$$

$$K(\mu_{p_2}, \mu_T) = (.7 + .9 + 1 + .4 + 1 + 1 + 1)/7 = .85$$

$$K(\mu_{p_3}, \mu_T) = (.8 + .9 + .9 + 1 + 1 + 1 + 1)/7 = .94$$

$$K(\mu_{p_4}, \mu_T) = (1 + 1 + 1 + .5 + .9 + 1 + 1)/7 = .91$$

p_3 es el aspirante que mejor se adapta al puesto por tener mayor coeficiente de adecuación.

El orden de los postulantes es: $p_3 \gg p_4 \gg p_1 \gg p_2$ (siendo \gg "preferido a")



Conclusiones

La Lógica Difusa, que hoy en día se encuentra en constante evolución, nació en los años 60 como la lógica del razonamiento aproximado, y en ese sentido podía considerarse una extensión de la Lógica Multivaluada, como ya se dijo. La Lógica Difusa actualmente está relacionada y fundamentada en la teoría de los Conjuntos Difusos.

La lógica borrosa es un acercamiento matemático a tratar con la naturaleza imprecisa del lenguaje cotidiano y del mundo que nos rodea. La teoría del conjunto borroso extiende los conceptos del conjunto de miembros de la lógica tradicional binaria a uno más natural, donde los objetos pueden tener grados de pertenencia que va de 0.0 a 1.0. Se han redefinido el conjunto de operaciones básicas de unión, intersección y complemento para trabajar en conjuntos borrosos.

Los sistemas de regla borrosas son una tecnología híbrida que combina el buen conocimiento si-entonces, la representación de conocimiento de sistemas expertos tradicionales con los conceptos de variables lingüísticas y las inferencias de la lógica borrosa. Pueden usarse reglas borrosas para representar conocimiento inicial que puede convertirse entonces en la forma de la red neuronal. Esta técnica puede tomar la ventaja de red neuronal que aprende a poner a punto las funciones borrosas de los individuos usadas en las reglas, o como un método de inicializar las redes neuronales con algún nivel mínimo de competencia para una tarea.



Referencias Bibliográficas

[1]

LUKASIEWICZ, J. "Estudios de Lógica y Filosofía". Alianza - 1976.

[2]

ZADEH L. A. "A Fuzzy-Set-Teoretic Interpretation of Linguistic Hedges", *Journal of Cybernetics*, 2 p.4-34 – 1972.