

SISTEMAS DE CONTROL DIFUSO

Eduardo Estrada Kassir

kassir@javeriana.edu.co

eduardo.estrada@utadeo.edu.co

El hombre es por naturaleza la bestia paradójica.

Un animal absurdo que necesita lógica.

Creo de la nada un mundo y su obra terminada.

Ya estoy en el secreto — se dijo — todo es nada

Antonio Machado. Proverbios y cantares XVI

Abstract

In this writing an introduction it is presented to one of the applications but interesting of the fuzzy logic, the systems of fuzzy control. The systems of fuzzy control are constituted from some entrances to which are associated vague predicates by means of fuzzy sets, a database used to govern the behaviour of the systems constituted by implications, an inference motor to evaluate the rules of the system that were activated in the face of the entrance values and they generated some exits starting from some vague predicates by means of fuzzy sets.

Resumen

En este artículo se presenta una introducción a una de las aplicaciones más interesantes de la lógica difusa, los sistemas de control difuso. Los sistemas de control difuso están constituidos de unas entradas a las cuales se les asocian predicados vagos por medio de conjuntos difusos, una base de datos utilizada para gobernar el comportamiento del sistema constituida por implicaciones, un motor de inferencia para evaluar las reglas del sistema que se activaran ante los valores de entrada y generaran unas salidas a partir de unos predicados vagos por medio de conjuntos difusos.

INTRODUCCION

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. El propósito de los sistemas de control difuso es simplemente el uso de estrategias de control que realiza el ser humano. Los sistemas de control difuso hacen uso del conocimiento humano y de su experiencia, por lo tanto también se pueden llamar sistemas de control inteligente. su empleo en la construcción de sistemas que reproduzcan esquemas de razonamiento aproximado. Las estrategias en sistemas de control convencional PID (proporcional integral derivativo) son expresadas por medio de funciones matemáticas, los sistemas basados en lógica difusa pueden controlar más adecuadamente procesos que estén gobernados por reglas intuitivas que difícilmente pueden expresarse por medio de constructores matemáticos complejos y su gran ventaja es la fácil modificación. Los sistemas de control difuso son el foco de interesantes aplicaciones de la teoría de conjuntos difusos y la lógica difusa, en el reciente desarrollo de sistemas tecnológicos e industriales.

CONJUNTOS DIFUSOS

Un predicado enuncia lingüísticamente determinada propiedad de los objetos de un conjunto. La teoría de los conjuntos difusos se fundamenta en predicados imprecisos donde sus elementos se obtienen en forma gradual y no abrupta, por medio de una función de pertenencia, la cual debe determinarse primero. Cabe destacar que un conjunto difuso puede depender tanto del universo sobre el que se considera como de los observadores que lo constituyen. Pueden aplicarse varios métodos aprendidos de la adquisición de conocimiento, por ejemplo, uno de los acercamientos más prácticos para formar conjuntos difusos es confiar en el conocimiento de un experto. Otro acercamiento útil es adquirir el conocimiento de múltiples expertos. Una nueva técnica para formar conjuntos difusos fue introducida recientemente y esta basada en redes neuronales artificiales que aprenden a partir de los datos de funcionamiento del sistema.

Si X es un conjunto universal y A un predicado definido en X , se dice que A es un conjunto difuso si existe una función de pertenencia μ que representa adecuadamente el valor de cualquier x de X en A .

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

Cuando el universo $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ es discreto y finito, entonces un conjunto difuso A se representa en notación de Zadeh por medio de

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}$$

su gráfica son puntos.

Cuando el universo X es continuo, entonces un conjunto difuso A se representa en notación de Zadeh por medio de

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

su gráfica suele tener forma funcional, ele, ese, pi, triangular, gaussiana, etc.

VARIABLES LINGÜÍSTICAS Y MODIFICADORES

Una variable lingüística es una variable difusa, el rango de posibles valores de una variable lingüística representa el universo de discurso de esa variable. Una variable lingüística lleva consigo el concepto de modificadores difusos. Estos calificadores son condiciones que modifican la forma de los conjuntos difusos. Ellos incluyen los adverbios como: mismo, un poco, realmente, más o menos y ligeramente. Pueden modificar verbos, adjetivos, adverbios o incluso las frases enteras, los más usados son:

Los modificadores universales, como: mismo, realmente o sumamente.

Los verdad-valores, como: bastante verdadero o principalmente falso.

Las probabilidades, como: probable o no muy probablemente

Las posibilidades, como: casi imposible o bastante posible.

RAZONAMIENTO DIFUSO

Para realizar razonamiento difuso se utilizan proposiciones condicionales difusas denominadas reglas difusas, de la forma

SI x es A ENTONCES y es B

Donde el antecedente A es un conjunto difuso definido en X y el consecuente es un conjunto difuso B definido en Y . Además x y y son las variables lingüísticas, y A y B son valores lingüísticos determinados por los conjuntos difusos en los universos de discursos X y Y , respectivamente.

La evaluación de una proposición condicional difusa se hace utilizando una relación denominada implicación difusa. Algunos tipos de implicaciones son:

Implicación Kleene-Dienes: $\mu_{R_k}(x, y) = \max(1 - \mu_A(x), \mu_B(y))$

Implicación Lukasiewicz: $\mu_{R_L}(x, y) = \min(1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y))$

Implicación de Zadeh: $\mu_{R_Z}(x, y) = \max[\min(\mu_A(x), \mu_B(y)), 1 - \mu_A(x)]$

Implicación de Mandani: $\mu_{R_M}(x, y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$

Implicación de Goguen: $\mu_{R_G}(x, y) = \min\left[1, \frac{\mu_A(x)}{\mu_B(y)}\right]$

Implicación estocástica: $\mu_{R_E}(x, y) = \max(\mu_A(x)\mu_B(y), 1 - \mu_A(x))$

Las proposiciones condicionales difusas determinan las reglas de inferencia de la lógica difusa. Los métodos del razonamiento difuso se clasifican en métodos directos y métodos indirectos, los más populares son los directos. El más popular de los métodos directos fue propuesto primero por Mamdani como una simple estructura de las operaciones mínimo y máximo, además es muy popular en aplicaciones.

Método directo de Mandani

Utiliza reglas de inferencia de la forma: SI x es A y y es B ENTONCES z es C

Las variables x y y son llamadas variables de las premisas y la variable z es llamada variable de la consecuencia.

Método directo de Takagy Sugeno (Modelamiento difuso).

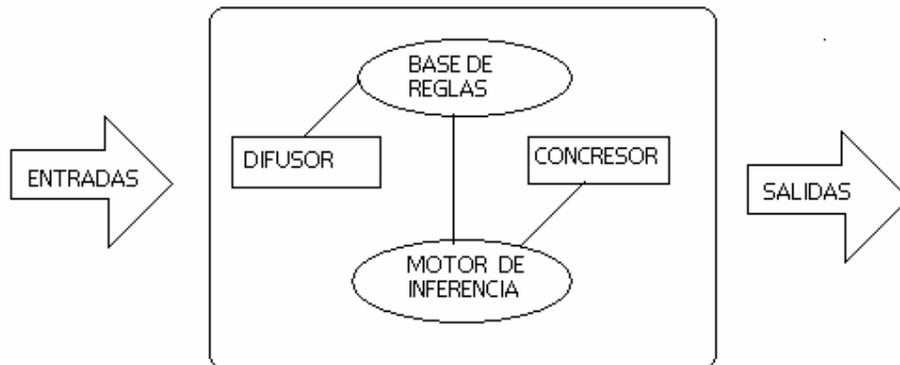
Utiliza reglas de inferencia de la forma: SI x es A y y es B ENTONCES $z=ax+by+c$
La variable z de la consecuencia es una función lineal y a , b y c se denominan parámetros de la consecuencia.

Método directo simplificado.

Es una modificación del método anterior y utiliza reglas de inferencia de la forma:
SI x es A y y es B ENTONCES $z=c$
Donde c es un valor real considerado como un conjunto difuso especial sin vaguedad llamado singleton difuso y solamente contiene el término constante de la función lineal del método anterior.

SISTEMAS DE CONTROL DIFUSO

Los sistemas de control difuso están constituidos de cuatro módulos:



Modulo de fuzificación (Difusor)

Consiste en recibir unos valores numéricos y asociarles predicados vagos por medio de unos conjuntos borrosos.

Modulo de base de reglas

Es una base de datos generada por experiencia, sentido común o intuición y es utilizada para gobernar el comportamiento del sistema, son de la forma SI – ENTONCES.

Modulo de inferencia

Evalúa que regla (o reglas) del sistema se activará ante determinado valor de entrada.

Modulo de defuzificación (Concesor)

Consiste en obtener un valor numérico para cada una de las salidas del sistema a partir de los conjuntos borrosos a los que pertenece.

Existen varias técnicas de defuzificación, las más utilizadas son método del centroide, método de semifallo y método de la media ponderada.

Método del centroide (Centro de gravedad)

Consiste en crear para la salida del sistema una función de pertenencia a un nuevo conjunto obtenido como unión de aquellos a los que pertenece parcialmente el valor de salida. Esta nueva función puede calcularse mediante la suma de las funciones de pertenencia de estos conjuntos, pero multiplicadas aritméticamente por el grado de pertenencia de la salida al conjunto que ya fue calculado en la fase anterior de evaluación de las reglas de control.

Método de semifallo (singleton)

Consiste en calcular un promedio de los centroides de las funciones de pertenencia de los conjuntos de salida activados. Al ser funciones simétricas, los centroides coinciden con el punto medio. Para la ponderación se utilizan los pesos de las reglas activadas, o grados de pertenencia de la salida a los conjuntos correspondientes.

Método de la media ponderada.

Se trata de un sencillo cálculo promedio entre los valores de salida que se obtendrían para cada uno de los conjuntos borrosos multiplicados ponderadamente por el peso de la correspondiente regla o grado de pertenencia del conjunto.

En el año 1974 Ebrahim Mandani del Queen Mary College de la Universidad de Londres aplica la lógica difusa por primera vez a un controlador para un motor a vapor. En 1978 aparece la primera aplicación industrial en Dinamarca por L.P. Holmblad y J.J. Ostergaard para controlar un horno de cemento de la compañía Smidth & Company. En los 80s Fuji Electric de Japón aplica la lógica difusa a un purificador de agua e Hitachi desarrolla un control para el metro de la ciudad de Sendai con lógica difusa. Entre 1987 y 1989 Sujeno desarrollo con la compañía Matsushita Panasonic el primer producto mundial de consumo con la etiqueta Fuzzy Logic, la llamada “unidad suministradora de agua caliente”. Entre 1898 y 1995 Sugeno y sus colaboradores desarrollaron uno de los proyectos más audaces del campo de la inteligencia artificial, el control por radio, a distancia y voz humana, de todas las maniobras de un helicóptero no tripulado, mediante instrucciones muy simples de voz humana, tratadas por inferencia con reglas representadas mediante lógica difusa. Hoy en día más de cincuenta empresas japonesas, realizan investigación y desarrollo de tecnologías difusas y, en 1992 Japón poseía unas 1500 patentes al respecto, de las que más de 400 se hallaban en explotación.

BIBLIOGRAFIA

Eduardo Estrada Kassir. Fundamentos de lógica difusa. 2002.

Conrado G. Liliana y Cruz R. Luz C. Aritmética de números borrosos. Tesis de licenciatura en matemáticas Pontificia Universidad Javeriana Colombia. Director Eduardo Estrada Kassir, 1998.

Pérez Gustavo. Sistemas de Lógica Difusa. Universidad Nacional de Colombia. 2002.

Trillas Enric. Introducción a la lógica borrosa. Editorial Ariel, 1996.

Negnevitsky Michael. Artificial intelligence. Editorial Adisson Wesley. 2002.

Del Rio Bonifacio Martin y Sans Molina Alfredo. Redes neuronales y sistemas difusos. 2a. edición. Editorial Alfaomega. 2002.

Klirk George J and Yuan Bo. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic. Editorial Prentice Hall, 1995.

Klirk George and T. Folger. Fuzzy Sets, Uncertainty and Information. Editorial Prentice Hall, 1988.

Kazuo Tanaka. An introduction to Fuzzy logic for Practical Applications. Editorial Springer.

Giarratano Joseph, Riley Gary. Sistemas expertos. Principios y programación. Internacional Thomson Editores. 2001.

Ross Timothy J. Fuzzy Logia with Engineering Applications. Editorial Mc Graw-Hill, 1997.

Duarte Oscar G. Unfuzzy programa bajo Windows para sistemas de control difuso. Universidad Nacional de Colombia.