

LÓGICA DIFUSA

Autor: John Sebastián Luján Figueroa
 Risaralda, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia
 Correo-e: s.lujan@utp.edu.co

Resumen- *Lógica Difusa (Fuzzy Logic) Solución del sistema experto para el control del aire acondicionado Francisco Antonio Cabezas Vega Universidad tecnológica de Bolívar Cartagena, Bolívar frank_vega25@hotmail.com* **Resumen —** *La Lógica Difusa proporciona un mecanismo de inferencia que permite simular los procedimientos de razonamiento humano en sistemas basados en el conocimiento. La teoría de la lógica difusa proporciona un marco matemático que permite modelar la incertidumbre de los procesos cognitivos humanos de forma que pueda ser tratable por un computador.*

Palabras clave— Lógica difusa, función de pertenencia, sistema experto, conjuntos difusos, universo del discurso, variables lingüísticas.

Abstract— *Fuzzy Logic provides an inference mechanism that allows to simulate the procedures of human reasoning in systems based on knowledge. The theory of fuzzy logic provides a mathematical framework that allows modeling the uncertainty of human cognitive processes so that it can be treated by a computer.*

Key Word — Diffuse logic, belonging function, expert system, fuzzy sets, universe of discourse, linguistic variables.

I. INTRODUCCIÓN

La lógica difusa puede ser descrita como un sistema interpretativo, en el cual los objetos o elementos son relacionados con conjuntos de fronteras no nítidamente definidas, otorgándoles un grado de pertenencia relativa o graduada y no estricta como es de costumbre en la lógica tradicional. En un sentido más amplio se podría decir que existe una especie de interpolación entre una frontera y otra, o bien, ente un conjunto y otro.

Lo anterior ha permitido incorporar sentencias del lenguaje común, las que se caracterizan por ser un tanto indefinidas, para interpretar el estado de las variables de cierto proceso, asignándoles en cada momento un grado de pertenencia a estos conjuntos difusos. Esta interpretación puede ser fácilmente relacionada mediante operadores lógicos tradicionales con ciertas medidas de acción, también de naturaleza no exacta, que son diseñadas de tal manera que produzcan un cambio deseado en las variables de interés. En resumen se puede diseñar un controlador, que interprete en forma intuitiva (y no numéricamente exacta) el estado de ciertas variables, y en base a ello deduzca en forma lógica una

actuación posible que permita llevar la variable al estado deseado.

Sin embargo, la metodología anterior introduce ciertos problemas de índole práctica. Por ejemplo, se puede atravesar por todo el proceso de diseño del controlador (definición de conjuntos, relaciones lógicas, etc.) y obtener resultados pobres, obligando a revisar el diseño en su totalidad. Para contrarrestar esta desventaja, se propone la incorporación de ciertas ganancias, que permiten ponderar el grado de pertenencia de las variables en los conjuntos difusos, incluso para controladores ya diseñados. Ello permite generar medidas correctivas, que pueden mejorar el desempeño del controlador. En particular, se aplican las ganancias a las mismas variables que se utilizan en el control clásico (PID), permitiendo incorporar el vasto conocimiento y sensibilidad que se posee de estos parámetros al control con lógica difusa. Posteriormente la teoría expuesta es puesta a prueba, diseñando un lazo de control difuso, para controlar el ángulo de elevación de un helicóptero prototipo.

II. FUNCIONAMIENTO

La lógica difusa (fuzzy logic, en inglés) se adapta mejor al mundo real en el que vivimos, e incluso puede comprender y funcionar con nuestras expresiones, del tipo «hace mucho calor», «no es muy alto», «el ritmo del corazón está un poco acelerado», etc.

La clave de esta adaptación al lenguaje se basa en comprender los cuantificadores de cualidad para nuestras inferencias (en los ejemplos de arriba, «mucho», «muy» y «un poco»).

En la teoría de conjuntos difusos se definen también las operaciones de unión, intersección, diferencia, negación o complemento, y otras operaciones sobre conjuntos (ver también subconjunto difuso), en los que se basa esta lógica.

Para cada conjunto difuso, existe asociada una función de pertenencia para sus elementos, que indica en qué medida el elemento forma parte de ese conjunto difuso. Las formas de las funciones de pertenencia más típicas son trapezoidal, lineal y curva.

Se basa en reglas heurísticas de la forma SI (antecedente) ENTONCES (consecuente), donde el antecedente y el

consecuente son también conjuntos difusos, ya sea puros o resultado de operar con ellos. Sirvan como ejemplos de regla heurística para esta lógica (nótese la importancia de las palabras «muchísimo», «drásticamente», «un poco» y «levemente» para la lógica difusa):

SI hace muchísimo frío. ENTONCES aumento drásticamente la temperatura.

SI voy a llegar un poco tarde. ENTONCES aumento levemente la velocidad.

Los métodos de inferencia para esta base de reglas deben ser sencillos, versátiles y eficientes. Los resultados de dichos métodos son un área final, fruto de un conjunto de áreas solapadas entre sí (cada área es resultado de una regla de inferencia). Para escoger una salida concreta a partir de tanta premisa difusa, el método más usado es el del centroide, en el que la salida final será el centro de gravedad del área total resultante.

Las reglas de las que dispone el motor de inferencia de un sistema difuso pueden ser formuladas por expertos o bien aprendidas por el propio sistema, haciendo uso en este caso de redes neuronales para fortalecer las futuras tomas de decisiones.

Los datos de entrada suelen ser recogidos por sensores que miden las variables de entrada de un sistema. El motor de inferencias se basa en chips difusos, que están aumentando exponencialmente su capacidad de procesamiento de reglas año a año.

Un esquema de funcionamiento típico para un sistema difuso podría ser de la siguiente manera:



ENTORNO FÍSICO

En la figura, el sistema de control hace los cálculos con base en sus reglas heurísticas, comentadas anteriormente. La salida final actuaría sobre el entorno físico, y los valores sobre el entorno físico de las nuevas entradas (modificado por la salida del sistema de control) serían tomadas por sensores del sistema.

Por ejemplo, imaginando que nuestro sistema difuso fuese el climatizador de un coche que se autorregula según las necesidades: Los chips difusos del climatizador recogen los datos de entrada, que en este caso bien podrían ser la

temperatura y humedad simplemente. Estos datos se someten a las reglas del motor de inferencia (como se ha comentado antes, de la forma SI... ENTONCES...), resultando un área de resultados. De esa área se escogerá el centro de gravedad, proporcionándola como salida. Dependiendo del resultado, el climatizador podría aumentar la temperatura o disminuirla dependiendo del grado de la salida.

III. APLICACIONES

Aplicaciones generales

La lógica difusa se utiliza cuando la complejidad del proceso en cuestión es muy alta y no existen modelos matemáticos precisos, para procesos altamente no lineales y cuando se envuelven definiciones y conocimiento no estrictamente definido (impreciso o subjetivo).

En cambio, no es una buena idea usarla cuando algún modelo matemático ya soluciona eficientemente el problema, cuando los problemas son lineales o cuando no tienen solución.

Esta técnica se ha empleado con bastante éxito en la industria, principalmente en Japón, extendiéndose sus aplicaciones a multitud de campos. La primera vez que se usó de forma importante fue en el metro japonés, con excelentes resultados. Posteriormente se generalizó según la teoría de la incertidumbre desarrollada por el matemático y economista español Jaume Gil Aluja.

A continuación se citan algunos ejemplos de su aplicación:

- Sistemas de control de acondicionadores de aire
- Sistemas de foco automático en cámaras fotográficas
- Electrodomésticos familiares (frigoríficos, lavadoras...)
- Optimización de sistemas de control industriales
- Sistemas de escritura
- Mejora en la eficiencia del uso de combustible en motores
- Sistemas expertos del conocimiento (simular el comportamiento de un experto humano)
- Tecnología informática
- Bases de datos difusas: Almacenar y consultar información imprecisa. Para este punto, por ejemplo, existe el lenguaje FSQL.
- ...y, en general, en la gran mayoría de los sistemas de control que no dependen de un Sí/No.

Lógica difusa en inteligencia artificial

La lógica difusa es una rama de la inteligencia artificial que le permite a una computadora analizar información del mundo real en una escala entre lo falso y lo verdadero, manipula conceptos vagos, como "caliente" o "húmedo", y permite a los ingenieros construir dispositivos que juzgan la información difícil de definir.

En Inteligencia artificial, la *lógica difusa*, o *lógica borrosa* se utiliza para la resolución de una variedad de problemas, principalmente los relacionados con control de procesos industriales complejos y sistemas de decisión en general, la resolución y la compresión de datos. Los sistemas de lógica difusa están también muy extendidos en la tecnología cotidiana, por ejemplo en cámaras digitales, sistemas de aire acondicionado, lavar ropas, etc. Los sistemas basados en lógica difusa imitan la forma en que toman decisiones los humanos, con la ventaja de ser mucho más rápidos. Estos sistemas son generalmente robustos y tolerantes a imprecisiones y ruidos en los datos de entrada. Algunos lenguajes de programación lógica que han incorporado la lógica difusa serían por ejemplo las diversas implementaciones de *Fuzzy PROLOG* o el lenguaje Fril.

Consiste en la aplicación de la lógica difusa con la intención de imitar el razonamiento humano en la programación de computadoras. Con la lógica convencional, las computadoras pueden manipular valores estrictamente duales, como verdadero/falso, sí/no o ligado/desligado. En la lógica difusa, se usan modelos matemáticos para representar nociones subjetivas, como *caliente/tibio/frío*, para valores concretos que puedan ser manipuladas por los ordenadores.

En este paradigma, también tiene un especial valor la variable del **tiempo**, ya que los sistemas de control pueden necesitar retroalimentarse en un espacio concreto de tiempo, pueden necesitarse datos anteriores para hacer una evaluación media de la situación en un período anterior.

IV. VENTAJAS E INCONVENIENTES

Como principal ventaja, cabe destacar los excelentes resultados que brinda un sistema de control basado en lógica difusa: ofrece salidas de una forma veloz y precisa, disminuyendo así las transiciones de estados fundamentales en el entorno físico que controle. Por ejemplo, si el aire acondicionado se encendiese al llegar a la temperatura de 30°, y la temperatura actual oscilase entre los 29°-30°, nuestro sistema de aire acondicionado estaría encendiéndose y apagándose continuamente, con el gasto energético que ello conllevaría. Si estuviese regulado por lógica difusa, esos 30° no serían ningún umbral, y el sistema de control aprendería a mantener una temperatura estable sin continuos apagados y encendidos.

También está la indecisión de decantarse bien por los expertos o bien por la tecnología (principalmente mediante redes neuronales) para reforzar las reglas heurísticas iniciales de cualquier sistema de control basado en este tipo de lógica.