*Introducción a la Lógica Difusa II[1]*

*Introducción*

Hace más de 30 años de la primera publicación de ***Lotfi Asker Zadeh[[1]](#footnote-1)***, Conjuntos difusos, la cual sienta las bases de una nueva forma de lógica. El ser humano muestra dificultad para tomar decisiones cuando se tiene información imprecisa. La lógica difusa fue creada para emular la lógica humana y tomar decisiones acertadas a pesar de la información. Es una herramienta flexible que se basa en reglas lingüísticas dictadas por expertos. Por ejemplo, la velocidad de un automóvil es una variable que puede tomar distintos valores lingüísticos, como **“alta”**, **“media”** o **“baja”**. Estas variables lingüísticas están regidas por reglas que dictan la salida del sistema.

En otras palabras, la lógica difusa es un conjunto de principios matemáticos basados en grados de membresía o pertenencia, cuya función es modelar información. Este modelado se hace con base en reglas lingüísticas que aproximan una función mediante la relación de entradas y salidas del sistema (composición). Esta lógica presenta rangos de membresía dentro de un intervalo entre 0 y 1, a diferencia de la lógica convencional, en la que el rango se limita a dos valores: el cero o el uno.

Mediante el uso de lógica difusa se puede representar la forma de la lógica humana, por ejemplo en afirmaciones como “el día es caluroso”, “el automóvil va muy rápido”, etc. En el primer caso, se sabe que hay alta temperatura, pero no se sabe a qué temperatura exactamente nos estamos refiriendo; en el segundo caso, se dice que “el automóvil va rápido”, sin embargo nunca se especifica su velocidad. ¿Por qué usar un sistema difuso? Si se requiere automatizar un proceso que controla un trabajador, el sistema difuso tendrá la tarea de emular a dicho trabajador. Además, si se toma en cuenta que el trabajador hace juicios con base en su criterio y experiencia, y que estos juicios y decisiones se realizan en forma lingüística (como “alto”, “lento”, etc.), se puede notar que un sistema convencional no maneja este tipo de entradas, mientras que el sistema difuso sí lo hace.

Otra ventaja del sistema de control basado en lógica difusa es que no es necesario conocer un modelo matemático del sistema real, pues se puede ver como una caja negra a la cual se le proporcionan entradas, y a través del sistema esta planta generará la salida deseada. En el control convencional sí es necesario conocer la planta del sistema.

|  |
| --- |
| ***Que es una variable lingüística*** |
| *Una variable lingüística adopta valores con palabras que permiten describir el estado de un objeto o fenómeno; estas palabras se pueden representar mediante conjuntos difusos. Una variable numérica toma valores numéricos, por ejemplo: edad 5 = 65, mientras que una variable lingüística toma valores lingüísticos: edad es “viejo”.*  *Todos los valores lingüísticos forman un conjunto de términos o etiquetas.* |

Para desarrollar un control con estas características, es necesario un experto, en este caso el trabajador, del cual se tomará un registro de las situaciones que se le presentan, así como de la solución que él les da. Esta experiencia se traduce en reglas que usan variables lingüísticas.

Para hacer este control es necesario tener las entradas del sistema y éstas se van a mapear a variables lingüísticas. A este mapeo se le llama difusificación. Con estas variables se forman reglas, las cuales serán las que regirán la acción de control que será la salida del sistema.

La anatomía básica de un controlador difuso consta de tres partes:

**Reglas:** estas son reglas que dictan la acción de control que se va a tomar. Éstas se derivan de un experto. Dichas reglas tiene la estructura de relaciones. La lógica difusa se basa en relaciones, las cuales se determinan por medio de cálculo de reglas “SI-ENTONCES” (con las cuales se puede modelar aspectos cualitativos del conocimiento humano, así como los procesos de razonamiento sin la necesidad de un análisis cuantitativo de precisión). Un ejemplo de una regla sería:

*Si la temperatura es alta entonces se debe de encender el ventilador.*

**Difusificador:** es el nexo entre las entradas reales y difusas. Todas las entradas necesitan ser mapeadas a una forma en que las reglas puedan utilizarlas.

**Desdifusificador:** toma un valor difuso de las reglas y genera una salida real.

*Aplicaciones*

Las aplicaciones de la lógica difusa se realizan en áreas multidisciplinarias que van desde la evolución tecnológica de los electrodomésticos, hasta programas computacionales para tomar decisiones y se han extendido a diversas áreas específicas que se mencionan a continuación.

*Cámaras de video*

La lógica difusa se emplea en los electrodomésticos con dos variantes: software y hardware. Las aplicaciones que contemplan el hardware incluyen el uso de tres sensores para lograr un enfoque automático del lente para captar al objeto indicado.

*Reconocimiento*

En áreas de seguridad que requiere la identificación, por ejemplo, de actividad volcánica a partir del monitoreo de anomalías en líneas largas de registro, o en el reconocimiento de caracteres y en los sistemas de vigilancia de video han sido analizados y probados para ofrecer alternativas paralelas a las tradicionales, mediante el almacenamiento de conocimiento de imágenes. Debido a que el criterio para determinar actividad volcánica peligrosa es vago, algoritmos basados en la lógica difusa permiten el reconocimiento automático de la actividad, así como la identificación de la morfología respectiva.

En la actualidad se han diseñado diversos dispositivos para el reconocimiento de caracteres impresos, denominados Asociadores Ópticos de Caracteres (OCA), los cuales clasifican entradas de tipo óptico en letras, números y otros caracteres mediante dispositivos de difusificación e inferencias. En el reconocimiento aplicado en cámaras de vigilancia se emplea conocimiento de expertos o aprendido a partir de imágenes previamente grabadas, para determinar mediante la función de asociación cuáles píxeles agrupados en una zona pertenecen a un objeto.

*Controladores*

De la misma manera, la lógica difusa se aplica a través de controladores difusos para la calidad del agua, los sistemas de operación automática de trenes, los sistemas automáticos de operación de contenedores, los elevadores, los reactores nucleares, las transmisiones de automóviles y las computadoras, por mencionar diversos ejemplos interesantes.

|  |
| --- |
| ***Sistemas de control en lazo abierto*** |
| *Son aquellos en que la variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control).*   * *No se compara la salida del sistema con el valor deseado de la salida del sistema (referencia).* * *Para cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fijada.* * *La exactitud de la salida del sistema depende de la calibración del controlador.* * *En presencia de perturbaciones estos sistemas de control no cumplen su función adecuadamente.* * *Suele aparecer en dispositivos con control secuencial, en el que no hay una regulación de variables sino que se realizan una serie de operaciones de una manera determinada. Esa secuencia de operaciones puede venir impuesta por eventos (event-driven) o por tiempo (timedriven). Se programa utilizando PLC (controladores de lógica programable).*   *Ejemplo: Una lavadora de ropa*  *http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itielec/tema1\_trasp.pdf* |

|  |
| --- |
| ***Sistemas de control en lazo cerrado*** |
| *Son aquellos en que la señal de salida del sistema (variable controlada) tiene efecto directo sobre la acción de control (variable de control). Cuando opera en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia. Esta reducción se logra manipulando alguna variable de entrada del sistema, siendo la magnitud de dicha variable de entrada función de la diferencia entre la variable de referencia y la salida del sistema.* |

*Uso de lógica difusa en el Transporte*

La aplicación más famosa es el controlador del tren subterráneo usado en Sendai, que supera a operadores humanos y a controladores automatizados convencionales. Los reguladores convencionales encienden o paran un tren reaccionando a los marcadores de la posición que demuestran qué tan lejos está el tren de una estación. Dado que los reguladores son programados rígidamente, el trayecto puede ser desigual; el regulador automatizado aplicará la misma presión de los frenos cuando un tren está, por ejemplo, a 100 metros de una estación, incluso si el tren va cuesta arriba o cuesta abajo.

A mediados de los años ochenta, ingenieros de Hitachi utilizaron reglas difusas Hitachi para acelerar, retardar y frenar los trenes de subterráneo de manera más suave que un operador humano hábil. Las reglas abarcaron una amplia gama de variables sobre el funcionamiento en curso del tren, tales como con qué frecuencia y por cuánto cambió su velocidad y qué tan cercana está la velocidad real a la velocidad máxima.

En pruebas simuladas el controlador difuso venció a un controlador automático en cuanto a la comodidad de los pasajeros, en trayectos más cortos y en la reducción del 10% del consumo de energía del tren. Hoy en día el sistema difuso funciona en el subterráneo de Sendai durante horas pico y controla algunos trenes de Tokio también. Los seres humanos operan el subterráneo durante las horas de poco tráfico, para continuar con el desarrollo de sus habilidades.

*Uso de lógica difusa en los sistemas de control*

Este conjunto de aplicaciones ha sido motivado por el deseo satisfacer uno o más de los siguientes objetivos:

* Mejorar la robustez que se obtiene con los métodos clásicos de control lineales.
* Diseño de control simplificado para modelos complejos.
* También se obtiene una implementación simplificada.
* Autonomía.
* Adaptabilidad.
* En el caso del control difuso, no es necesario un modelo matemático de la planta. La aplicación más famosa es el controlador del tren subterráneo

Una de las bondades de los sistemas difusos es que no necesitan el modelado de una planta ni la ejecución de la identificación en tiempo real. La esencia del control difuso es que convierte la estrategia de control lingüístico, la cual se basa en el conocimiento de un experto, en una estrategia de control automático.

Es muy importante tener presente el hecho de que los controles difusos se basan en reglas de control empíricas, ya que el objetivo de esta sección es esbozar de una manera generalizada la lógica difusa.

Para este punto es bien sabido que el modelado difuso es un método para describir las características de un sistema usando reglas de inferencia difusas. Se hace especial referencia en el manejo de las reglas de control difuso, comúnmente extraídas de un experto, y de la sintonización de éstas. Para una mejor idea de por qué se suscitan algunos problemas en estos aspectos, en la siguiente sección se ofrece un panorama general de lo que es la lógica difusa usando como medio de explicación algunas comparaciones con la lógica tradicional.

*Bibliografía*

[1] Ponce Cruz Pedro. “Inteligencia Artificial con Aplicaciones a la Ingeniería”. Editorial Alfaomega. 2010. Biblioteca “Francisco Mora Díaz” Universidad Santo Tomas Tunja. Cód. 621.399 P55I 1A.ED.

1. Matemático azerbaiyano, profesor de la Universidad de Berkeley, nació en 1921 en Bakú, una ciudad en el mar Caspio de la antigua República Soviética de Azerbaiyán. Después de emigrar a Irán y de estudiar en la Universidad de Teherán, llegó a Estados Unidos donde continuó sus estudios en el MIT, en la Universidad de Columbia y finalmente en la Universidad de Berkeley. Es famoso por introducir en

   1965 la teoría de conjuntos difusos o lógica difusa. Se le considera el padre de la teoría de la posibilidad, campo en el que ha recibido varios galardones, entre los que destaca la Medalla Richard W. Hamming en 1992 y doctorados honoris causa en varias instituciones del mundo, entre ellas la Universidad de Oviedo (1995), la Universidad de Granada (1996) y la Universidad Politécnica de Madrid (2007). [↑](#footnote-ref-1)