

VERSÃO INTERVALAR PARA SISTEMAS DE INFERÊNCIA FUZZY

Maria Mônica Macêdo Torres Silveira¹
Benjamín René Callejas Bedregal²

Resumo

Em sistemas de inferência fuzzy, a especificação do grau de pertinência é feita pelo mapeamento do grau de incerteza no intervalo $[0, 1]$. No entanto, esse intervalo muitas vezes não é suficiente para mapear determinados casos em que a precisão dos dados é muito importante para o problema. Para isso, é necessária a especificação de sub-intervalos do intervalo $[0, 1]$ para o grau de pertinência, permitindo desta forma a obtenção de resultados mais precisos. Neste trabalho, é apresentado um sistema de inferência fuzzy intervalar através de um exemplo.

Palavras-Chaves: *Lógica Fuzzy; Matemática Intervalar; Inferência Fuzzy Intervalar.*

1 INTRODUÇÃO

Para o mapeamento de problemas que tratam do raciocínio aproximado, a modelagem fuzzy (Zadeh, 1965; Cox, 1996; Bojadziev; Bojadziev, 1996; Nguyen; Walker, 1999) vem sendo utilizada, sem nenhuma sombra de dúvida, com sucesso desde os anos 80. A crescente utilização desta abordagem tem proporcionado a observação de suas deficiências. Uma delas é que com o mapeamento das informações nebulosas o especialista precisa construir uma função de pertinência fuzzy atribuindo aos valores do domínio, por exemplo, um número real para seu grau de certeza. Algumas vezes é difícil para o especialista determinar se o grau de certeza é 0.5 ou 0.501, por exemplo (YAM, 1999).

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos no sentido de utilizar intervalos no mapeamento das incertezas (Turksen, 1986; Rocha; Kreinovich, 1996;

¹ Mestre em Sistemas e Computação, DIMAp-UFRN, 2002. Doutoranda na Universidade de Auckland, Nova Zelândia. E-mail: m3ts@ig.com.br

² Doutor em Ciências da Computação, CIN-UFPE, 1996. Professor do DIMAp-UFRN E-mail: bedregal@dimap.ufrn.br

Rocha, 1997a; Rocha, 1997b; Yam; Mukaidono; Kreinovich, 1999; Kreinovich; Mukaidono, 2000; Kreinovich et al, 2000), assim, como em trabalhos anteriores dos próprios autores (Silveira; Bedregal, 2001a; Silveira e Bedregal, 2001b; Silveira; Bedregal, 2001c; Silveira; Bedregal, 2001d; Silveira; Bedregal, 2001e; Silveira; Bedregal, 2001f; Silveira; Bedregal, 2001g; Silveira; Bedregal, 2001h). Neste trabalho, propomos a utilização de intervalos na construção do sistema de inferência fuzzy, o que chamamos de sistema de inferência fuzzy intervalar. Para tanto é definido na seção 2 o conceito de conjunto fuzzy intervalar, função de pertinência fuzzy intervalar e também é mostrado o teorema da continuidade que dá suporte a esses conceitos. Na seção 3, é apresentado o Sistema de inferência fuzzy intervalar e na seção 4 um estudo de caso, e, finalmente, na seção 5, as considerações finais.

2 CONJUNTOS FUZZY INTERVALAR

A principal diferença entre um conjunto fuzzy e um conjunto fuzzy intervalar está no grau de pertinência: no primeiro, o grau de pertinência é um *número real* pertencente ao intervalo $[0,1]$; no segundo, o grau de pertinência é um *subintervalo* do intervalo $[0,1]$.

Um conjunto fuzzy é definido como:

$$A = \{ (x, \mu_A(x)) / x \in U \}, \quad (1)$$

onde $\mu_A(x) \in [0,1]$ e U é o universo de discurso de A .

Analogamente, um conjunto fuzzy intervalar é definido como:

$$A = \{ (x, \varphi_A(x)) / x \in U \}, \quad (2)$$

onde U é o universo de discurso de A e $\varphi_A(x) \in I[0,1] = \{ [a, b] \in \mathbb{R} / 0 \leq a \leq b \leq 1 \}$. φ_A é a função de pertinência para o conjunto fuzzy intervalar A .

Para o conjunto fuzzy intervalar temperatura “quente”, pode-se ver sua representação na figura 1, com os graus de pertinência intervalares para 40°C, 50°C e 60°C, respectivamente os intervalos $[0.1, 0.25]$, $[0.18, 0.65]$ e $[0.4, 0.8]$.

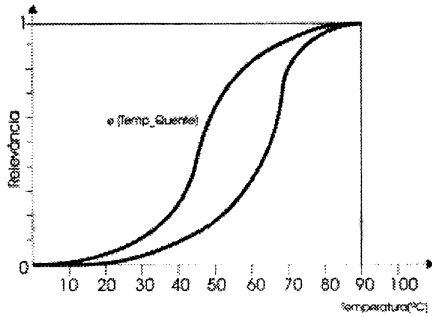


Figura 1 -- Conjunto Fuzzy Intervalar Temperatura "Quente"

Se a função de pertinência intervalar φ_A for contínua, então, segundo o *teorema da continuidade*, mostrado em (Silveira e Bedregal, 2001g), existem funções $\varphi_{Ai}, \varphi_{As}: U \rightarrow [0, 1]$ contínuas, tais que $x \in U, \varphi_A(x) = [\varphi_{Ai}(x), \varphi_{As}(x)]$, portanto $\varphi_{Ai}(x) \leq \varphi_{As}(x)$, onde φ_{Ai} é chamada de função de limite inferior e φ_{As} de função de limite superior (Silveira; Bedregal, 2001a).

O grau de pertinência intervalar para um determinado valor x é dado pelo intervalo formado pelo grau de pertinência da função de limite inferior e pelo grau de pertinência da função de limite superior desse valor x , ou seja:

$$\varphi_A(x) = [\varphi_{Ai}(x), \varphi_{As}(x)] \quad (3)$$

3 SISTEMAS DE INFERÊNCIA FUZZY INTERVALAR

Como o sistema de inferência fuzzy intervalar é baseado no sistema de inferência fuzzy, ele possui basicamente os mesmos componentes, sendo que todo o tratamento é feito em cima de intervalos. Como ilustra a figura 2.

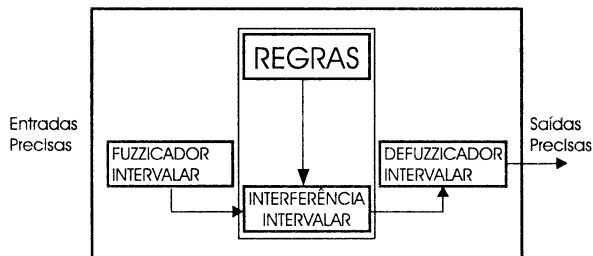


Figura 2 – Sistema de Inferência Fuzzy Intervalar

O sistema de inferência fuzzy intervalar funciona igualmente ao sistema de inferência fuzzy: os dados de entradas são capturados pelo fuzzificador intervalar, mapeando-o nos conjuntos fuzzy intervalar, na fase de *fuzzificação*

intervalar. As regras fuzzy intervalar são executadas e através do processo de *inferência fuzzy intervalar*, os conjuntos fuzzy solução são gerados, para só então poder ser extraído o resultado final do sistema através da *defuzzificação intervalar*.

3.1 FUZZIFICAÇÃO INTERVALAR

Durante a fuzzificação intervalar, os valores de entradas do sistema são mapeados nos conjuntos fuzzy intervalar relevantes para o problemas. São produzidos os graus de pertinência para cada conjunto em questão. Neste caso, serão produzidos dois graus de pertinência para cada conjunto fuzzy, o grau de pertinência intervalar inferior $\varphi_i(x)$ e o grau de pertinência intervalar superior $\varphi_s(x)$.

3.2 INFERÊNCIA FUZZY INTERVALAR

Assim como nos sistemas fuzzy, o mecanismo de inferência fuzzy intervalar utiliza a generalização da inferência modus ponens.

3.2.1 MODUS PONENS GENERALIZADO

A inferência fuzzy intervalar utiliza uma generalização da inferência modus ponens (GMP) e uma regra de inferência composicional. Assim, a inferência fuzzy é definida como:

Premissa 1: $x \text{ is } A \rightarrow y \text{ is } B$

Premissa 2: $x \text{ is } A'$

Consequente: $y \text{ is } B'$

Logo, $B' = A' \circ R(x, y) = A' \circ (A \rightarrow B)$, onde A, A', B e B' são conjuntos fuzzy, x e y são variáveis fuzzy, $R(x, y)$ é a relação binária fuzzy de implicação e \circ é o operador de composição. O conjunto fuzzy B' também é chamado de região fuzzy solução B' .

3.2.2 INFERÊNCIA FUZZY INTERVALAR

A inferência fuzzy intervalar é dada através da utilização das definições fuzzy intervalar. A equação 4 é generalizada para:

$$B' = A' \Theta R(x, y) = A' \Theta (A \rightarrow B) \quad (4)$$

onde A , $A' \cdot B$ e B' são conjuntos fuzzy intervalar, x e y são variáveis fuzzy intervalar, $\mathfrak{R}(x, y)$ é a relação fuzzy intervalar, e Θ é o operador de composição intervalar. A interpretação gráfica para a inferência fuzzy min-max intervalar é similar à interpretação fuzzy, sendo que neste caso se trabalha com as funções de limite inferior (φ_i) e superior (φ_s), gerando duas regiões fuzzy solução, como pode ser visto no estudo de caso.

3.3 DEFUZZIFICAÇÃO FUZZY INTERVALAR

O processo de defuzzificação intervalar é obtido através da defuzzificação dos conjuntos soluções inferior (d_i) e superior (d_s), através de qualquer dos métodos de defuzzificação fuzzy tradicionais. O resultado é um intervalo formado pelo valor da defuzzificação da função inferior (d_i) e superior (d_s):

$$DI = [\min(d_i, d_s), \max(d_i, d_s)]. \quad (5)$$

Caso se deseje calcular um único valor como solução para a defuzzificação intervalar, pode-se extrair o ponto médio do intervalo encontrado, isto é:

$$d = (d_i + d_s) / 2 \quad (6)$$

4 ESTUDO DE CASO: CONTROLA DOR DE TEMPERATURA FUZZY INTERVALAR

Considere o exemplo de um sistema para controlar o termostato do aquecedor de um ventilador ilustrado na figura 3, adaptada do exemplo mostrado em (APTRONIX, 1999). A temperatura da sala é detectada através de um sensor, o qual é uma das entradas do controlador de temperatura. Outro sensor detecta a umidade relativa da sala, a qual também é uma entrada para o controlador de temperatura. O controlador tem como saída a velocidade do ventilador, ou seja, quando o ventilador deve ser ajustado para deixar a sala na temperatura desejada.

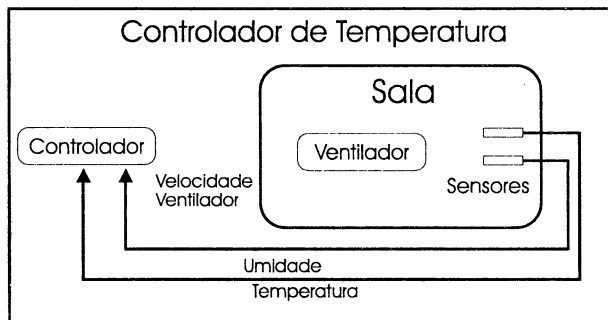


Figura 3 – Controlador de Temperatura Fuzzy

Um termostato fuzzy intervalar funciona semelhante ao termostato fuzzy, porém, os valores capturados pelos sensores de entrada, umidade e temperatura, serão melhores tratados através de conjuntos fuzzy intervalar, pois, possuem uma margem de erro para os valores fornecidos pelos especialistas na construção desses conjuntos. Assim os valores de entrada do sistema serão melhor definidos, pois, permitem considerar a opinião de vários especialistas ao mesmo tempo (SILVEIRA; BEDREGAL, 2001h); desta forma, aumenta a precisão dos dados de saída. A seguir, será especificado o suficiente para ser analisado o desenvolvimento de um sistema fuzzy intervalar.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS OU CONJUNTOS FUZZY INTERVALAR

A variável lingüística de entrada é a *temperatura* que possui os seguintes atributos: gelado, frio, morno e quente e a variável *umidade* que tem como atributos: alto, médio e baixo. A variável de saída é a *velocidade do ventilador* que possui os atributos: parado, baixo, médio e alto.

4.2 FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA

A escolha da função de pertinência é muito importante para o desempenho do sistema. Funções não lineares podem ser utilizadas, no entanto quando se têm muitas variáveis, a utilização destas funções pode requerer grande quantidade de memória no seu processamento. Uma alternativa para amenizar o esforço de processamento é a interpolação das funções de pertinência mais complexas, transformando-as em funções lineares. Desta forma, os conjuntos fuzzy intervalar são baseados em funções triangulares, adicionando uma margem de erro de 0.5 para os valores de maior incerteza e essa margem vai diminuindo à medida que os valores se aproximam da extremidade, visto que são regiões que possuem um maior grau de certeza sobre os valores. O domínio do conjunto fuzzy intervalar temperatura é a temperatura em graus Fahrenheit (°F) e seu universo de discussão está entre 0°F e 100°F (figura 4). O domínio do conjunto fuzzy intervalar umidade é a porcentagem de vapor d'água contida no ar e o universo compreende entre 0% e 100% (figura 5).

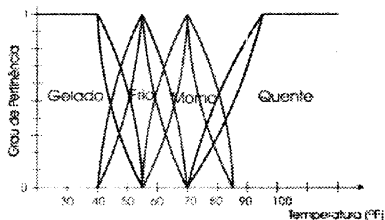


Figura 4 – Conjunto Fuzzy Intervalar Temperatura

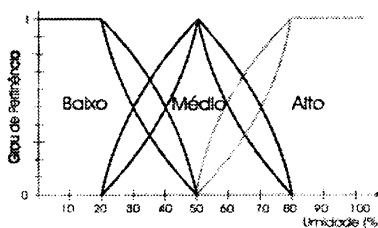


Figura 5 – Conjunto Fuzzy Intervalar Umidade

Enquanto o domínio do conjunto fuzzy intervalar velocidade do ventilador é a velocidade em rotações por minutos (RPM) e seu universo está entre 0 RPM e 50 RPM (figura 6).

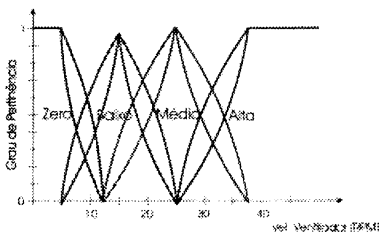


Figura 6 – Conjunto Fuzzy Intervalar Velocidade do Ventilador

4.3 REGRAS E MECANISMOS DE INFERÊNCIA FUZZY INTERVALAR

As regras são elaboradas baseadas nos conjuntos fuzzy intervalar definidos anteriormente e servirão para gerar as conclusões a partir das entradas do sistema. O controlador de temperatura descrito acima pode ser definido pelas seguintes regras:

R1: *If* temperatura *is* gelada *and* umidade *is* alta *Then* vel_ventilador *is* alta.

R2: *If* temperatura *is* fria *and* umidade *is* alta *Then* vel_ventilador *is* media.

R3: *If* temperatura *is* morna *and* umidade *is* alta *Then* vel_ventilador *is* baixa.

R4: *If temperatura is quente and umidade is alta Then vel_ventilador is parado.*

R5: *If temperatura is gelada and umidade is média Then vel_ventilador is média.*

R6: *If temperatura is fria and umidade is média Then vel_ventilador is baixa.*

R7: *If temperatura is morna and umidade is média Then vel_ventilador is parado.*

R8: *If temperatura is quente and umidade is média Then vel_ventilador is parado.*

R9: *If temperatura is gelada and umidade is baixa Then vel_ventilador is média.*

R10: *If temperatura is fria and umidade is baixa Then vel_ventilador is baixa.*

R11: *If temperatura is morna and umidade is baixa Then vel_ventilador is parado.*

R12: *If temperatura is quente and umidade is baixa Then vel_ventilador is parado.*

Estas regras serão utilizadas tanto pela função e limite inferior como pela função de limite superior. Será utilizada a inferência min-max intervalar (Silveira e Bedregal, 2001b).

5 EXECUÇÃO DO SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY INTERVALAR

Um controlador fuzzy intervalar trabalha semelhante a um sistema convencional: ele aceita um valor de entrada, desenvolve alguns cálculos e gera um valor de saída. Este processo é chamado de sistema de inferência fuzzy intervalar e trabalha com as três etapas distintas. A execução do sistema de inferência fuzzy intervalar é semelhante à execução do sistema de inferência fuzzy. A diferença está na utilização das funções de limite inferior e superior, que serão tratadas como duas funções separadamente conforme garante o teorema da continuidade discutido anteriormente.

5.1 FUZZIFICAÇÃO INTERVALAR

Primeiramente, os dados de entradas são fornecidos ao sistema. Neste caso, os dados são capturados pelos sensores de temperatura e umidade que serão transformados em valores fuzzy. As entradas fornecidas ao sistema serão fuzzificadas em intervalo de pertinência, determinados pela função de limite inferior e superior, respectivamente. Para o valor da temperatura igual a 78°F, tem-se o grau de pertinência intervalar para quente igual a $[0.2; 0.38]$ e para morno igual a $[0.38; 0.74]$. Conforme mostra a figura 7, para a umidade de 70%, obtém-se o grau de pertinência intervalar para médio de $[0.2; 0.5]$ e o grau de pertinência intervalar para alto de $[0.5; 0.8]$, como mostra a figura 8.

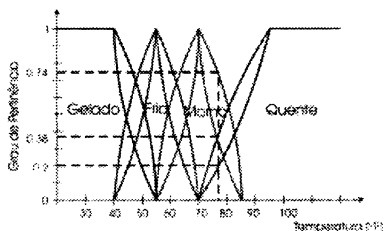


Figura 7 – Fuzzificação Intervalar para 78°F

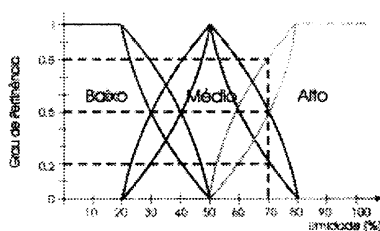


Figura 8 – Fuzzificação Intervalar para 70% de umidade

5.2 AVALIAÇÃO DAS REGRAS OU INFERÊNCIA FUZZY INTERVALAR

Durante a etapa de inferência fuzzy intervalar, a função de pertinência intervalar será desmembrada nas funções de limite inferior e de limite superior, para serem trabalhadas separadamente.

Para a função de limite inferior, as regras são avaliadas e algumas são disparadas aplicadas e obtém-se como resultado o seguinte:

Pela R3: A *vel_ventilador* é *baixa* com um grau de pertinência intervalar inferior que é o mínimo entre o grau de pertinência inferior para ter temperatura morna (0.38) e umidade alta (0.5). Ou seja $\min(0.38; 0.5)$

Pela R4: A *vel_ventilador* é *parado* com grau de pertinência inferior $\min(0.2; 0.5)$.

Pela R7: A *vel_ventilador* é *parado* com grau de pertinência inferior $\min(0.38; 0.2)$.

Pela R8: A vel_ventilador é *parado* com grau de pertinência inferior $\min(0.2; 0.2)$.

Como resultado, o mínimo de cada regra é projetado no conjunto fuzzy inferior do conseqüente das regras, conjunto fuzzy inferior da velocidade do ventilador. Como mostra a figura 9.

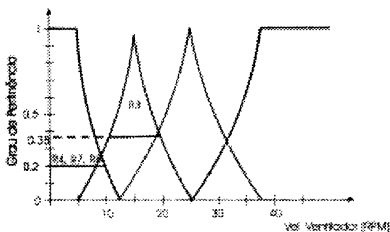


Figura 9 -- Inferência Fuzzy Intervalar Min-Max Inferior

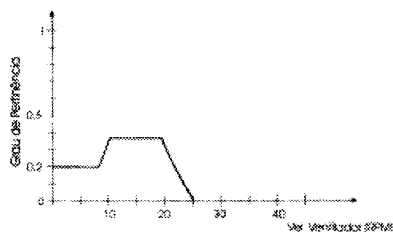


Figura 10 -- Região Fuzzy Solução Inferior

Ficando-se com a região máxima da projeção das regras ilustrada na figura 10, a região fuzzy solução inferior. Para a função de limite superior procede-se semelhantemente.

Pela R3: A vel_ventilador é *baixa* com um grau de pertinência intervalar superior que é o mínimo entre o grau de pertinência superior para temperatura morna (0.74) e umidade alta (0.8). Ou seja $\min(0.74; 0.8)$

Pela R4: A vel_ventilador é *parado* com grau de pertinência superior $\min(0.38; 0.8)$

Pela R7: A vel_ventilador é *parado* com grau de pertinência superior $\min(0.74; 0.5)$

Pela R8: A vel_ventilador é *parado* com grau de pertinência superior $\min(0.38; 0.5)$

Como resultado o mínimo de cada regra é projetada no conjunto fuzzy superior do conseqüente das regras, conjunto fuzzy superior da velocidade do ventilador. Como mostra a figura 11.

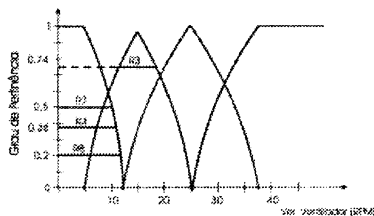


Figura 11 – Inferência Fuzzy Intervalar Min-Max Superior Superior

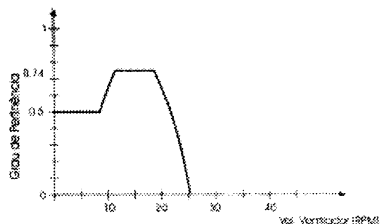


Figura 12 - Região Fuzzy Solução Superior

Obtendo-se a região fuzzy solução superior ilustrada na figura 12.

5.3 DEFUZZIFICAÇÃO INTERVALAR

A defuzzificação intervalar D é um intervalo obtido pela defuzzificação da região fuzzy inferior e superior, respectivamente, de acordo com a equação:

$$D = [\min(d_i, d_s); \max(d_i, d_s)]$$

Defuzzificação da região fuzzy inferior é um valor aproximadamente igual a 12.56 RPM, (ilustrado na figura 13).

A defuzzificação centróide é dada por

$$x^* = \frac{\sum x_i \mu_{OUT}(x_i)}{\sum \mu_{OUT}(x_i)}$$

$$d_i = (0 \cdot 0.2 + 8.1 \cdot 0.2 + 11 \cdot 0.38 + 19 \cdot 0.38 + 21.9 \cdot 0.2 + 25 \cdot 0) / (0.2 + 0.2 + 0.38 + 0.38 + 0.2 + 0)$$

$$d_i = 12.79 \text{ RPM}$$

E a defuzzificação da região fuzzy de limite superior é aproximadamente igual a 12.33 RPM, (ilustrado na figura 14).

$$d_s = (0 \cdot 0.5 + 8.5 \cdot 0.5 + 11.2 \cdot 0.74 + 18.4 \cdot 0.74 + 21.2 \cdot 0.5 + 25 \cdot 0) / (0.5 + 0.5 + 0.74 + 0.74 + 0.5 + 0)$$

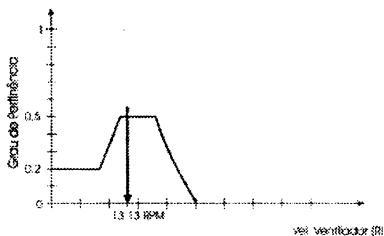


Figura 13–Defuzzificação Intervalar Inferior

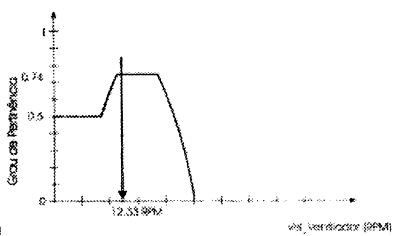


Figura 14–Defuzzificação Intervalar Superior

Assim a defuzzificação intervalar é o intervalo $D = [12.33; 12,79]$

Encontrando o ponto médio do intervalo acima, encontra-se um valor final para a defuzzificação, igual a:

$$D = 12.56$$

Este valor possui um grau de precisão maior que o fuzzy, pois foi dado uma margem de erro aos valores durante a construção da função de pertinência, assim como não foram descartados valores com interpolação ou simplificações que perdem valores importantes para o desenvolvimento do sistema.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de muitos trabalhos estarem sendo produzidos utilizando intervalos na determinação do grau de pertinência, este foi desenvolvido com o objetivo principal de obter um sistema de inferência fuzzy intervalar, que é o produto final deste artigo.

O estudo de caso foi desenvolvido empiricamente, sem a ajuda de especialista na área, assim como a margem de erro utilizada no exemplo.

Os resultados na defuzzificação são bastante próximos com relação aos sistemas fuzzy (12.56 e 12.76). Este exemplo, em particular, não possui um impacto grande mas, certamente, terá se for aplicado em situações onde a precisão de décimos ou até milésimos sejam relevantes, como em problemas de economia ou extração de petróleo, onde uma pequena diferença na fusão de um barril faz uma grande diferença quando se tem milhares de barris de petróleo.

REFERÊNCIAS

APTRONIX. **Fuzzy Inference Development Environment**. Disponível em: <<http://www.aptronix.com/index-fuzzy.htm>> Acesso em: 30 maio 1999.

BOJADZIEV, G.; BOJADZIEV, M. **Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Applications**. Singapore: World Scientific Publishing, 1996.

COX, E. **The Fuzzy Systems Handbook: the practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems**. Canada: Academic Press Professional, 1994.

KREINOVICH, V.; MUKAIDONO, M. Intervals (Pairs of Fuzzy Values), Triples, etc.: Can We Thus Get an Arbitrary Ordering?. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS, 2000, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio, 2000. v.1, p. 234-238.

KREINOVICH, V. et al. From Interval Methods of Representing Uncertainty to a General Description of Uncertainty. In: Mohanty, Hrushiksha; Baral, Chitta (eds.). **Trends in Information Technology**. Tata McGraw-Hill, 2000.

NGUYEN, H.T.; WALKER, E. A. **A First Course in Fuzzy Logic**. Florida: Chapman and Hall, 1999.

ROCHA L. M.; KREINOVICH, V. Computing Uncertainty in Interval Based Sets. In: Keartfott, R. B.; Kreinovich, V. (Eds.) **Applications of Interval Computer**. Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1996. p. 337-380.

ROCHA, L. M. Evidence Sets: Contextual Categories. In: **meeting on control mechanisms for complex systems**, 1997, New México. **Proceedings...** New Mexico: NMSU Press, 1997. p. 339-357.

_____. Evidence Sets: modelling subjective categories. **International Journal of General Systems**, London, v.27, p.457-494, 1997.

SILVEIRA, M. M. M. T.; BEDREGAL, B. R. C. Toward an Interval Fuzzy System. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE. Las Vegas. **Proceedings...** Las Vegas, 2001. V.1, p. 931-937.

_____. Um Método de Inferência Min Max Fuzzy Intervalar. In: ENCONTRO NACIONAL DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 2001, Fortaleza.

_____. Conjunto Fuzzy Intervalar. In: ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA A COMPUTAÇÃO, 2001, Recife. **Anais...** Recife, 2001.

_____. Versões intervalares de alguns métodos de inferência e defuzzificação fuzzy. In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA COMPUTACIONAL, 2001, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: Sociedade de Matemática Aplicada e Computacional, 2001.

_____. Concepção de um Sistema Fuzzy Intervalar. **Bate Byte Magazine**, n. 113, p. 4-5. Companhia de Informática do Paraná, Brasil, 2001.

_____. A Method of Inference and Defuzzification Fuzzy Interval. In: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND APPLICATION, 2001, Marbella. **Proceedings...** Marbella: IASTED, p.4-7, 2001.

_____. Uma teoria de conjuntos fuzzy intervalar. In: JORNADAS CHILENAS DE COMPUTAÇÃO, Chile. **Anais ...** Chile, 2001. 1 CD-ROM.

_____. Um método de simplificação de conjuntos fuzzy usando intervalos. In: CONGRESS OF LOGIC APPLIED TO TECHNOLOGY, 2001, São Paulo. **Anais ...** São Paulo, 2001. v.2, p. 247-254.

TURKSEN, I. B. "Interval value fuzzy sets based on normal form. **Fuzzy Sets and Systems**, Amsterdam, 1986. n.20, p. 191-210.

YAM, Y.; MUKAIDFONO, M.; KREINOVICH, V. Beyond [0,1] to interval and further: do we all new fuzzy values?. In: IFSA WORLD CONGRESS, 1999, Taiwan. **Proceedings ...** Taiwan: IFSA, 1999. p. 143-146.

ZADEH, L.A. Fuzzy Sets. **Information Control**, [s.l.], n.8, 1965.

Abstract

In fuzzy inference systems, the specification of membership degree is made by the mapping of the uncertainty degree in the interval $[0,1]$. However, that interval many times it is not enough modelling cases in that the precision of the data is very important for the problem. For that, it is necessary the specification of sub-intervals of the interval $[0,1]$ for the membership degree, allowing obtaining of more necessary results. In this work, a fuzzy intervallic inference system is presented, and also an example.

Key words: *Fuzzy Logic; Interval Mathematics; Interval Fuzzy Inference.*

