

UM ESTUDO SOBRE A ANÁLISE E PROJETO DE CONTROLADORES FUZZY

Géferson Rodrigo Sabino Silva¹, Wallysonn Alves de Souza²

¹Estudante de Engenharia Elétrica – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <geferson.silva@estudante.ifto.edu.br>

²Professor de Matemática – IFTO – Campus Palmas. e-mail: <wallysonn.souza@ifto.edu.br>

Resumo: Acontecimentos cotidianos são observados e nem todos os resultados e respostas são definidos em “sim” ou “não”, “ligado” ou “desligado”. Para as situações com variáveis incertas e imprecisas a lógica fuzzy, pelo método de Mamdani, é aplicada para que se conheça esses valores em resultados numéricos e se interprete as variações nas respostas e comportamentos na dinâmica dos dados integrados ao sistema. Neste trabalho, o objeto de análise é o IMC (Índice de Massa Corporal) apresentando a aplicação do método do centroide na defuzzificação e manipulação dos valores de saída.

Palavras-chave: controladores fuzzy, fuzzy, lógica fuzzy, Mamdani.

1 INTRODUÇÃO

Cotidianamente, ocorrem situações como intensidade da temperatura, tonalidade de vermelho etc., em que os resultados não são perfeitamente definíveis em dois estados, como “sim” ou “não”, “ligado” ou “desligado”, entre outras opções. Para esses dados incertos e imprecisos, há dificuldade, ou impossibilidade, de se obter todas as informações e equacionamentos dessa realidade do mundo, e tal condição, levou alguns cientistas a propor lógicas alternativas que seriam mais propícias à representação do mundo particular em estudo.

Uma das proposições foi a lógica “fuzzy” de Zadeh, apresentada em 1965 através da publicação de um artigo chamado “Fuzzy Sets”. Dessa forma, apresentou-se a lógica fuzzy como uma alternativa para a manipulação de dados imprecisos. Grande parte da problemática está em representar matematicamente esse conhecimento sobre pensamento, sensações ou percepções do mundo físico que nos rodeia, sem perder a precisão (ZADEH, 1965).

A lógica fuzzy é uma teoria que permite expressar as enunciações do pensamento, ou seja, as manifestações da linguagem natural, de forma matemática, sem diminuir a potência expressiva das mesmas. Utilizando a lógica fuzzy, conseguimos realizar operações com palavras, no qual, aos conjuntos fuzzy compete a função de expressar os valores das mesmas, de modo que, a precisão ou imprecisão na saída será expressa por um número indicativo da possibilidade, e não da probabilidade, de que tal afirmação mostra-se correta, a depender do anseio do pesquisador (VAZ, 2006).

A técnica mais comum para se projetar um sistema de controle para plantas não-lineares é, sem dúvida, a linearização da planta em um ponto de operação de interesse. Com este método, o modelo de projeto é, em geral, um sistema linear invariante no tempo e o projeto de controladores é relativamente simples em muitos casos. Entretanto, este modelo de projeto descreve bem a dinâmica do sistema somente em uma certa vizinhança em torno do ponto de operação no qual o sistema foi linearizado.

Assim, para os casos nos quais o sistema pode operar em regiões distantes do ponto de operação, este modelo de projeto não é, geralmente, adequado. Neste caso, devemos adotar um modelo de projeto mais sofisticado que considere adicionalmente a dinâmica da planta em regiões distantes do ponto de operação mencionado.

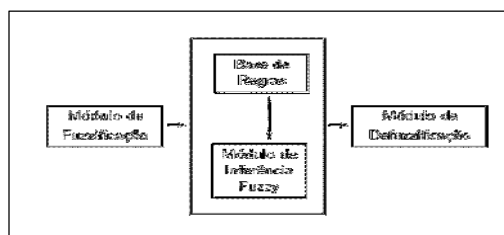
A lógica fuzzy tem a habilidade de entender instruções linguísticas e de gerar estratégias de controle baseadas, a princípio, em comunicação verbal (SAYERS et al., 1998). Estas instruções também conhecidas como variáveis linguísticas, são os nomes dos conjuntos fuzzy, os quais são representados por meio de funções de pertinência. As variáveis linguísticas têm por função o fornecimento de uma forma sistemática para as descrições aproximadas dos fenômenos complexos ou mal definidos utilizando um tipo de descrição linguística similar ao empregado pelos seres humanos (PINTO, 2010). As regras podem ser fornecidas por especialistas, em forma de sentenças linguísticas, e se constituem em um aspecto fundamental no desempenho de um sistema de inferência fuzzy. Novamente tomando o exemplo de um controlador fuzzy, este só terá um bom desempenho se as regras que definem a estratégia de controle forem consistentes.

Com isso, este trabalho objetivou o estudo das principais técnicas de sistema de controle para sistemas não lineares, descritos por modelos fuzzy Mamdani. O método de Mamdani possui a interessante propriedade de aproximar funções contínuas via Sistema Baseado em Regras Fuzzy - SBRF.

2 METODOLOGIA

A arquitetura de um Sistema Baseado em Regras Fuzzy é composta de três módulos interconectados, tal como indicado na Figura 1 (BARROS; BASSANEZI, 2010). O módulo de Fuzzificação é responsável por transformar dados de entrada em fuzzy. O módulo de Inferência é organizado para traduzir o conhecimento do fenômeno/sistema armazenado em uma base de regras fuzzy para uma função matemática. Por fim, quando a saída produzida pelo módulo de Inferência é um conjunto fuzzy, o módulo de Defuzzificação se encarrega de converter a saída fuzzy para valor de saída adequado (WATANABE, 2016).

Figura 1 – Arquitetura do sistema baseado em regras fuzzy



Fonte: BARROS; BASSANEZI, 2010.

A descrição acima permite conhecer o estudo, objeto desta pesquisa, que foi focado em casos reais com a determinação das premissas, modelagem do método, fuzzificação das variáveis de entrada, funções de pertinência, inferência e defuzzificação. Com o suporte do livro “Controle e Modelagem Fuzzy”, de Marcelo Godoy Simões e Ian S. Shaw (2007), e o manuseio do *software* MATLAB o trabalho seguiu para simulações. O material escolhido para o experimento foi o cálculo de IMC (Índice de Massa Corporal), de Tiago Kohagura (2007), cujo intuito foi de analisar as entradas do sistema e as regras (combinações/condições), como mostrados nas figuras a seguir.

Figura 2 - Informações de entrada (peso e altura)



Fonte: Autor.

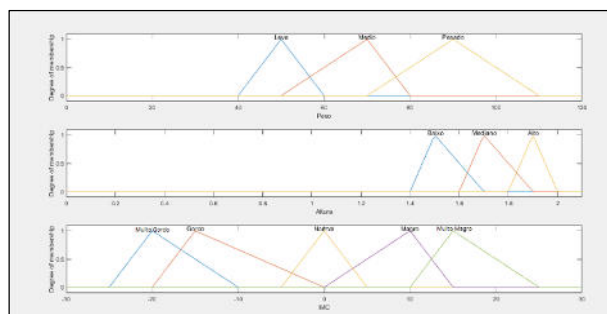
Figura 3 - Sistemas de regras (combinações/condições)

```

1 - clear all; clc;
2 - peso = input('Entre com um peso, em quilogramas (kg): ');
3 - altura = input('Entre com uma altura, em metros (m): ');
4
5 - %% **** PARTE 1 - Definição dos conjuntos fuzzy ****
6 - SistFuzzy= newfis('FuzzyIMC');
7 - %Input 1 = Peso
8 - SistFuzzy= addvar(SistFuzzy,'input','Peso',[0 120]);
9 - SistFuzzy= addmf(SistFuzzy,'input',1,'Leve','trimf',[40 50 60]);
10 - SistFuzzy= addmf(SistFuzzy,'input',1,'Medio','trimf',[50 70 80]);
11 - SistFuzzy= addmf(SistFuzzy,'input',1,'Pesado','trimf',[70 90 110]);
12 - %Input 2 = Altura
13 - SistFuzzy= addvar(SistFuzzy,'input','Altura',[0 2.1]);
14 - SistFuzzy= addmf(SistFuzzy,'input',2,'Baixo','trimf',[1.4 1.5 1.7]);
15 - SistFuzzy= addmf(SistFuzzy,'input',2,'Mediano','trimf',[1.6 1.7 1.9]);
16 - SistFuzzy= addmf(SistFuzzy,'input',2,'Alto','trimf',[1.8 1.9 2]);
17 - %Output = IMC
18 - SistFuzzy= addvar(SistFuzzy,'output','IMC',[-30 30]);
19 - SistFuzzy= addmf(SistFuzzy,'output',1,'Muito Gordo','trimf',[-25 -20 -10]);
20 - SistFuzzy= addmf(SistFuzzy,'output',1,'Gordo','trimf',[-20 -15 0]);
21 - SistFuzzy= addmf(SistFuzzy,'output',1,'Normal','trimf',[-5 0 5]);
22 - SistFuzzy= addmf(SistFuzzy,'output',1,'Magro','trimf',[0 10 15]);
23 - SistFuzzy= addmf(SistFuzzy,'output',1,'Muito Magro','trimf',[10 15 25]);
24 - figure(1)
25 - subplot(3,1,1),plotmf(SistFuzzy,'input',1);
26 - subplot(3,1,2),plotmf(SistFuzzy,'input',2);
27 - subplot(3,1,3),plotmf(SistFuzzy,'output',1);
    
```

Fonte: Autor.

Figura 4 - Exibições das funções de inferências fuzzy

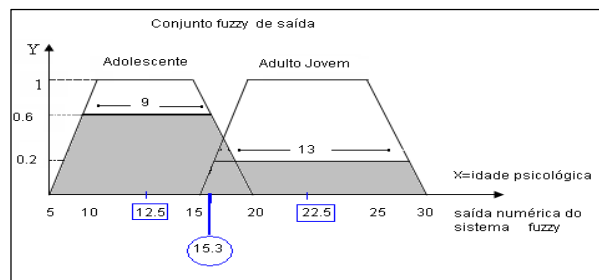


Fonte: Autor.

O método de defuzzificação utilizado para a obtenção dos resultados foi o Centróide ou Centro de Massa (Figura 5), em que o valor numérico obtido representa o centro de gravidade da distribuição de possibilidade de saída do sistema fuzzy, podendo ser desenvolvido da seguinte maneira:

- determinar a abscissa do ponto centróide para cada saída ativada na inferência;
- calcular a área entre o grau de pertinência e o eixo x para cada saída ativada;
- calcular a média ponderada dos pontos centróides pelas respectivas áreas.

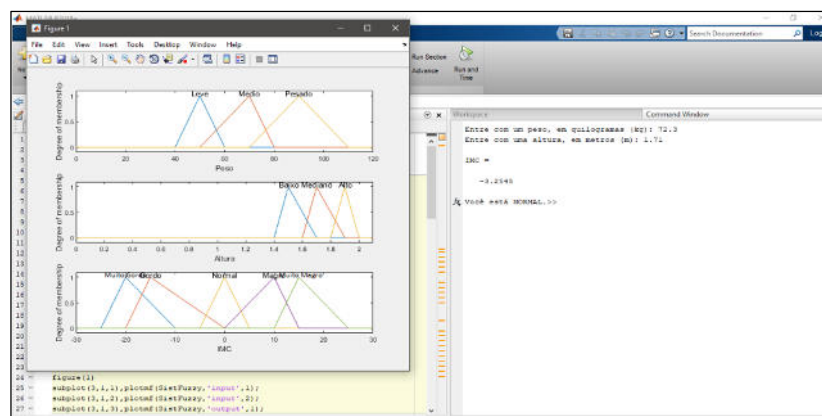
Figura 5 - Defuzzificação utilizando o método do centro de massa



Fonte: Silvia Nassar (Disponível em: <https://bit.ly/2ILQDUx>).

Da simulação computacional, analisou-se o código dessas funções fuzzy e propôs-se modificá-las para que uma nova interação com o usuário ocorresse, não mais operando com valores numéricos nas funções de inferência - padrão das saídas fuzzy -, mas exibindo um resultado em texto que facilitasse a leitura do usuário (Figura 6).

Figura 6 - Informações de saída do IMC



Fonte: Autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A lógica fuzzy se apresenta como uma metodologia para tratamento de dados, principalmente quando os mesmos são imprecisos, como é tradicionalmente o caso das informações prestadas por gestores de negócio quanto a seus empreendimentos. Dessa forma, os fundamentos e propriedades da lógica fuzzy possuem como principais vantagens o alcance de resultados rápidos e aproximados, e o tratamento de incertezas peculiares (LEITE; VITALINO, 2012).

Os controladores fuzzy comandam as tarefas por meio de termos de linguagem usual. Desta forma, é verificado que variáveis linguísticas desempenham papel fundamental neste processo. Os termos que são traduzidos por conjuntos fuzzy, são utilizados para transcrever a base de conhecimentos através de uma coleção de regras fuzzy, denominada base de regras fuzzy (CORCOLL-SPINA, 2010). A partir desta base de regras obtém-se a relação fuzzy, a qual produzirá a saída para cada entrada por meio das funções de inferência (Figura 4).

Uma propriedade deste procedimento de implementação computacional do método de Mamdani é que os resultados são retornados em valores numéricos que podem ser verificados nas funções de inferência (Figura 6), mediante a aplicação matemática do método de defuzzificação escolhido, centroide ou centro de massa. Neste caso, do IMC, retorna-se, finalmente, ao indivíduo sua classificação em “Muito Gordo”, “Gordo”, “Normal”, “Magro” e “Muito Magro”, como uma tradução do valor numérico retornado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem de controladores fuzzy tem importantes aplicações, pois se organiza para tratar de trabalhos com elementos de incertezas, como ponderação de variáveis ambientais, climáticas, análise imobiliária, valoração de empresas, projeção de negócios e investimentos financeiros etc. A lógica fuzzy e suas aplicações têm sido alvo de inúmeros estudos, conhecendo que fornecem uma alternativa promissora para modelagem de determinadas situações em que a utilização de técnicas matemáticas mais sofisticadas tornam-se demasiadamente complexa, seja pelo ferramental a ser utilizado, quer seja pela complexidade do sistema a ser modelado (VAZ, 2006).

O estudo desenvolveu-se em um sistema de baixa complexidade, a fim de simplificar a compreensão do problema, das variáveis, a análise matemática, a programação e a interpretação dos resultados, com base no método de tradução da expressão matemática, a defuzzificação. Propõe-se ainda, um estudo mais aprofundado sobre a modelagem de controladores fuzzy, no intuito de elevar a complexidade do sistema e aplicá-los nos diversos sistemas não lineares e variantes no tempo, como

processos do setor administrativo, agronegócio, indústria, mercado financeiro etc., que são os sistemas reais.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao IFTO pela disponibilização dos recursos materiais e tecnológicos para o desenvolvimento deste trabalho, além do incentivo financeiro.

REFERÊNCIAS

BARROS, L.; BASSANEZI, R. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática**. 2rd. ed. Campinas, SP, Brazil: G. P. Silveira, 2010.

CORCOLL-SPINA, Catharina de Oliveira. **Lógica Fuzzy: reflexões que contribuem para a questão da subjetividade na construção do conhecimento matemático**. São Paulo: USP, 2010.

LEITE, Ricardo Ávila Guterres Pinheiro; VITALINO, Rafael Chagas. **Modelo Fuzzy para Valoração de Pequenas Empresas** – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2012.

PINTO, Raphael Lemos. **Aplicação de um Sistema Especialista Fuzzy para Redução de Manobras de Dispositivos Shunts Chaveados Automaticamente por um Compensador Estático/ Raphael Lemos Pinto**. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

SAYERS, T.; ANDERSON, J.; BELL, M, (1998). **Traffic Control System Optimizations: A Multiobjective Approach**. 3rd IMA International Conference on Mathematics in Transport Planning and Control. Cardiff.

VAZ, A. M. (2006). **Estudos das Funções de pertinência para conjuntos fuzzy utilizados em Controladores Semafóricos Fuzzy**, Publicação T.DM – 005A/2006, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 158p.

WATANABE, Ricardo Augusto. **Um estudo sobre um método de defuzzificação para eventos fuzzy em sistemas baseados em regras** – Campinas, SP: UNICAMP, 2016.

Zadeh, L.A. (1965). "**Fuzzy Sets**". Information and Control, V. 8: 338-353.