

# Sistemas Nebulosos - ANFIS

Letícia Alvarenga Machado, Olga Camila Teodoro de Rezende Lara

Engenharia de Sistemas - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - Brasil

**Abstract**—O objetivo deste trabalho é colocar em prática conhecimentos sobre lógica fuzzy aplicada a aprendizado, com o ANFIS - Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, em tratamentos de dados.

**Index Terms**—Fuzzy, fuzzy logic, nebulosos, anfis, takagi-sugeno

## I. INTRODUÇÃO

O ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) é um modelo que se assemelha a uma rede neural artificial, por possuir diversas entradas, com as quais são calculados os valores de parâmetros de camadas escondidas, para que então esses parâmetros possam ser usados com outras entradas com caráter preditivo. Especificamente neste trabalho, o ANFIS será rodado de maneira que os parâmetros serão adaptados de acordo com o aprendizado ao longo do treinamento. A aplicação em questão se dá com um *dataset* que simula informações sobre a produção de células brancas no corpo humano, de forma que são modeladas as flutuações de longo prazo vistas em alguns tipos de leucemia.

## II. METODOLOGIA

O objetivo do trabalho é treinar o sistema anfis, com base no *dataset* disponibilizado. O trabalho foi realizado em matlab e para isso foram utilizadas duas bibliotecas:

Fuzzy Logic Toolbox: trazia métodos para aplicação do sistema anfis, cálculo e ajuste dos parâmetros

Deep Learning Toolbox: trazia a função *sumsq* que nos permitiu calcular correta e facilmente o erro a cada amostra de  $y_c$  e  $y_d$

Com isso, para a parametrização do sistema anfis, foram usadas as funções:

- *genfis1*: gera a estrutura FIS, fornecendo o conjunto de dados a ser trabalhado, o número e seu tipo de funções de pertinência de entrada e o tipo de função de pertinência de saída
- *anfis*: retorna o treinamento do sistema anfis modelado, com a saída de *genfis1* passada como parâmetro, o conjunto de dados e o número de gerações para treinamento. Tanto para *anfis* quanto para *genfis1*, foram usadas apenas 80% das amostras, para que 20% pudessem ser usadas como teste
- *evalfis*: calcula o valor final de  $y_c$  do nosso sistema, para cada amostra, com base no conjunto de dados e no sistema anfis obtido. Este cálculo já foi o cálculo de verificação, isto é, utilizou apenas os 20% dos dados que não haviam sido usados no treinamento.

Com o valor de  $y_c$  calculado, foi possível compará-lo com  $y_d$ , que é o valor realmente passado pelo *dataset*, de maneira que  $y_d = x(t + 6)$ . Essa comparação foi feita também com os 20% correspondentes aos testes. Nesse caso, foi obtida a comparação que pode ser verificada na figura 1

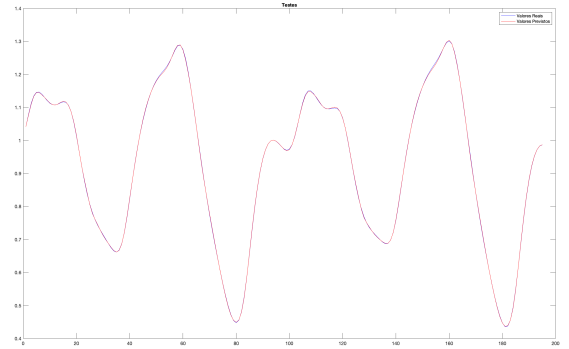


Fig. 1. Comparação de  $y_c$  e  $y_d$ , na verificação de teste após o treinamento. A linha vermelha representa  $y_c$  e a azul  $y_d$

Para esse teste, foi obtido erro final no valor de  $2.78 \cdot 10^{-4}$ .

Depois desse teste, foi rodado também o mesmo algoritmo para avaliar a saída gerada pelo sistema ANFIS com a própria entrada usada no treinamento também foi avaliada. Ela pode ser verificada na figura

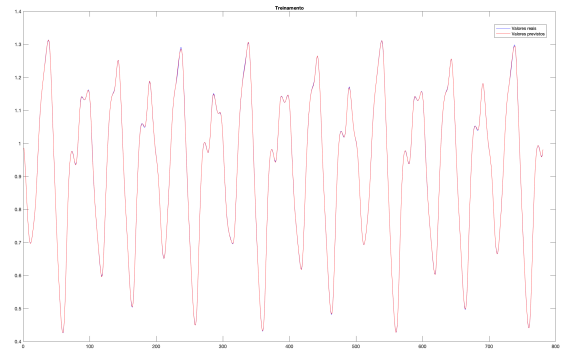


Fig. 2. Comparação de  $y_c$  e  $y_d$ , na verificação com as próprias variáveis de treinamento. A linha vermelha representa  $y_c$  e a azul  $y_d$

Para esse caso, foi obtido o erro final no valor de  $9.62 \cdot 10^{-4}$ .

### III. CONCLUSÃO

Podemos ver que o resultado se assemelha ao esperado. O erro obtido no teste com as variáveis de verificação foi muito pequeno, e o gráfico apresentou muita similaridade entre a saída real e a que foi prevista pelo sistema ANFIS.

O teste com as variáveis de treinamento ainda apresentou um resultado muito bom, com erro também na escala de  $10^{-4}$ . O que pode levar a crer que o resultado tenha sido equivocado, pelo erro pequeno. Contudo, vale ressaltar que esse erro foi mais de três vezes maior que o erro encontrado após o treinamento completo, com as variáveis de teste, de maneira que o valor é condizente, pois o modelo é muito melhor ajustado ao final do treinamento.

### REFERENCES

- [1] An Introduction to Fuzzy Logic. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rln.kZbYaWc>. Acesso em 28/06/2021