

## ATIVIDADE PRÁTICA III

---

Prof. Cristiano Leite de Castro

16 de fevereiro de 2021

### 1 TAREFAS PRELIMINARES

1. Ler o Capítulo 12 “Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System” do livro texto: Jyh-Shing Roger Jang and Chuen-Tsai Sun. 1996. Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence.
2. Resolver os problemas a seguir.

### 2 PROBLEMA: APROXIMAÇÃO DE UMA FUNÇÃO (REGRESSÃO)

Projete um sistema nebuloso adaptativo (ANFIS) para realizar a aproximação da função  $\text{seno}(x)$ , para  $x$  definido no intervalo de  $[0, 2\pi]$ .

O sistema nebuloso adaptativo deve ser do tipo *Takagi-Sugeno* de ordem 1 e deve usar, a princípio, o mesmo conjunto de regras definidas no Trabalho II. Use funções de pertinência do tipo Gaussiana para os conjuntos nebulosos do antecedente das regras.

Mostre o gráfico da aproximação em relação à função original e calcule o MSE (*Mean Squared Error*).

### 3 PROBLEMA: PREVISÃO DE UMA SÉRIE TEMPORAL

Observações da série temporal de *Mackey-Glass* são produzidas por uma equação diferencial com atrasos de tempo, como segue

$$\dot{x} = \frac{0.2x(t - \Delta)}{1 + x^1(t - \Delta)} - 0.1x(t), \quad (3.1)$$

A equação acima pode ser usada para modelar a dinâmica de produção de células brancas no corpo humano. Pelo fato das taxas de ploriferação destas células envolverem um atraso de tempo, dinâmicas periódicas e caos podem ser verificados. *Mackey and Glass* sugeriram que flutuações de longo prazo no número de células observadas em certas formas de leucemia apresentam uma dinâmica semelhante à observada por essa equação.

O método de *Runge-Kutta* de quarta ordem foi usado para resolver numericamente a equação acima e os valores da série temporal resultante estão disponíveis no arquivo “mg.mat”.

O objetivo nesta tarefa é usar valores passados da série até o instante  $t$  para prever o valor da série em um instante futuro  $(t + P)$ .

Para isso, gere um sistema ANFIS do tipo Takagi-Sugeno de ordem 1 com quatro entradas, correspondendo aos valores  $[x(t - 18), x(t - 12), x(t - 6), x(t)]$ . A saída do modelo é  $ys = x(t + 6)$ , i.e., previsão com 6 passos a frente. O número de funções de pertinência associados a cada variável de entrada deve ser igual a 2. Considerando todas as combinações possíveis tem-se então um total de 16 regras. Use, preferencialmente, funções de pertinência do tipo Gaussiana para os conjuntos nebulosos do antecedente das regras.

Separe os primeiros 80% dos pontos da série para treinar o sistema ANFIS e teste o desempenho de previsão com os 20% restantes (conjunto de teste). Mostre um gráfico ilustrando os valores previstos e reais em relação aos conjuntos de treinamento e teste. Calcule o MSE (*Mean Squared Error*) produzido para cada um desses conjuntos.