



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

**PTC5890 – Filtros adaptativos**

Profs. Maria D. Miranda e Magno T. M. Silva

Parte computacional da Provinha 4 – 07/08/2019

Nome: \_\_\_\_\_ N.º USP: \_\_\_\_\_

Utilize os algoritmos NLMS e RLS para identificar o seguinte sistema

$$H(z) = -0,34 - 1,00z^{-1} - 0,97z^{-2} + 0,82z^{-3} - 0,33z^{-4} + 0,61z^{-5} + 0,72z^{-6} + 1,20z^{-7} + 0,39z^{-8} - 0,69z^{-9}$$

Considere que:

- ◇ O sinal de entrada  $u(n)$  do filtro adaptativo é obtido a partir da filtragem de um ruído branco gaussiano de média nula e variância unitária por  $\sqrt{1-b^2}/(1-bz^{-1})$  (modelo autorregressivo de primeira ordem). Use  $b = 0,8$ .
- ◇ O sinal desejado satisfaz o modelo  $d(n) = \mathbf{u}^T(n)\mathbf{w}_o + v(n)$ , sendo  $\mathbf{w}_o$  o vetor de coeficientes ótimos correspondentes aos coeficientes do sistema que se deseja identificar e  $v(n)$  um ruído branco gaussiano de média nula e variância  $\sigma_v^2 = 10^{-4}$ .

Nas simulações considere um número de coeficientes  $M$  adequado. Além disso, adote:

- ◇  $\tilde{\mu} = 0,1$ ;
- ◇  $\delta = 10^{-5}$  (fator para evitar divisão por zero no NLMS);
- ◇  $\delta = 0,1$  (inicialização do RLS);
- ◇  $N = 5000$  iterações;
- ◇ média de 50 realizações.

Pede-se:

- (a) Faça um gráfico da média de conjunto dos coeficientes adaptados com os algoritmos NLMS e RLS ao longo das iterações. Inclua no gráfico patamares correspondentes a cada um dos coeficientes ótimos. Compare e comente as curvas observadas.
- (b) Determine uma expressão para o fator de esquecimento do algoritmo RLS para que ele convirja para o mesmo valor de erro quadrático médio em excesso (EMSE) do algoritmo NLMS quando  $n \rightarrow \infty$ .

Dica: Utilize as seguintes aproximações para o EMSE em regime desses algoritmos:

$$\text{EMSE}_{\text{RLS}} \approx \frac{(1-\lambda)M\sigma_v^2}{2} \quad \text{e} \quad \text{EMSE}_{\text{NLMS}} \approx \frac{\tilde{\mu}\sigma_v^2}{2}.$$

- (c) Trace curvas de EMSE ao longo das iterações para o NLMS e para o RLS com o fator de esquecimento calculado no item (b). Compare as curvas obtidas com os valores teóricos de EMSE em regime. Os algoritmos convergiram para o mesmo valor de EMSE em regime? Justifique adequadamente sua resposta.

**Observações:**

- Em cada realização, gere uma nova sequência de entrada  $\{u(n)\}$  e uma nova sequência de sinal desejado  $\{d(n)\}$ , ambas de comprimento  $N$ ;
- A precisão dos valores de EMSE obtidos na simulação pode ser melhorada se for considerado um número maior de iterações e de realizações;
- Não se esqueça de entregar as listagens dos programas usados para a solução dessa questão.