

PSI-3531 Aplicações de Filtragem Adaptativa
Experiência 2: Curvas de aprendizado

Nesta experiência vamos verificar experimentalmente o modelo teórico desenvolvido para o algoritmo LMS. Primeiramente, vamos considerar sinais senoidais, depois ruído branco.

1. Crie uma simulação com os parâmetros
 - (a) $x[n] = \cos(\omega_0 n + \Theta)$, em que $\Theta \sim \text{Unif}(0, 2\pi)$;
 - (b) $v[n] = A \cos(\omega_I n + \Psi)$, em que $\Psi \sim \text{Unif}(0, 2\pi)$;
 - (c) $\omega_0 = 0,5\pi$, $\omega_I = 0,01\pi$, $A = 0,001$.
 - (d) $H(z) = 1 - 0,5z^{-1}$, use dois coeficientes para o vetor \mathbf{W} .
 - (e) Escolha um valor de passo adequado, e desenhe as curvas $e[n]$, $\Delta w_0[n]$ e $\Delta w_1[n]$, em que $\Delta w_i[n] = w_{o,i} - w_i[n]$.
 - (f) Calcule a matriz \mathbf{R}_ϕ , e seus autovalores.
 - (g) Determine a taxa de convergência das curvas de $e[n]$, $\Delta w_0[n]$ e $\Delta w_1[n]$ e compare com os autovalores de \mathbf{R}_ϕ .
 - (h) Repita para $\omega_0 = 0,1\pi$.

Para ver o resultado de maneira melhor, vamos calcular as *curvas de aprendizado* experimentais, isto é, vamos calcular uma aproximação

$$\mathbb{E}\{\Delta w_0[n]\} \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta w_0^{(i)}[n],$$

em que os $\Delta w_0^{(i)}[n]$ são diferentes realizações do experimento (ou seja, as curvas obtidas escolhendo-se valores diferentes para Θ e Ψ). Verifique que neste caso $e_o[n] = v[n]$.

2. Compare a curva obtida com a curva teórica vista em aula

$$\mathbb{E}\{\Delta \mathbf{w}[n+1]\} = (\mathbf{I} - \mu \mathbf{R}_\phi) \mathbb{E}\{\Delta \mathbf{w}[n]\}.$$

3. Repita os exercícios anteriores, agora supondo que $x[n]$ é ruído branco Gaussiano com média nula e variância 1, e $v[n]$ é outro ruído branco Gaussiano, com média nula e variância 0,01, independente de $x[n]$.

4. Para os sinais do item anterior, calcule experimentalmente a variância dos termos $\Delta w_0[n]$ e $\Delta w_1[n]$ e de $e_a[n] = e[n] - v[n]$ depois do filtro convergir, e compare com os valores teóricos.