PSI-3260 Aplicações de Álgebra Linear

Experiência 7

Autovalores e Autovetores 2 – Desafio

A análise preditiva linear de sinais de voz é usada predominantemente para estimar os parâmetros do modelo de tempo discreto para produção de voz (período de *pitch*, frequências formantes, espectro de curto prazo, funções de área do trato vocal). Por ter um custo computacional relativamente baixo, é amplamente usada para representar sinais voz em transmissão com baixa taxa de bit. Também é usada em reconhecimento automático de voz e locutor. A análise preditiva se baseia no modelo de produção de voz, em que uma amostra do sinal de voz $x(n)$ é obtida a partir da equação de diferenças

$$x(n) = \sum_{k=1}^{p} \gamma_k x(n-k) + b(n). \tag{1}$$

Neste exercício, vamos usar esse modelo para gerar um sinal de voz e analisar a estabilidade do sistema descrito pela equação de diferenças (1).

Vamos supor que um determinado fonema é descrito pelos seguinte coeficientes

$$\begin{bmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \gamma_3 \\ \vdots \\ \gamma_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,5140 \\ -1,4571 \\ 1,6761 \\ -1,6290 \\ 1,6807 \\ -1,7975 \\ 1,4043 \\ -1,4143 \\ 0,9738 \\ -0,3373 \\ 0,3221 \\ -0,1685 \end{bmatrix} \tag{2}$$

e que a entrada $b(n)$ é um trem de pulsos definido como

$$b(n) = \begin{cases} 0,7033, & n = 1,\ \ 93,\ \ 2(93),\ \ 3(93),\ \ \cdots \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases} \tag{3}$$

Faça um programa em Matlab para obter o sinal $x(n)$ com os parâmetros descritos em (2) e (3). **O programa não deve iterar diretamente a equação de diferenças** (1) e sim um sistema de equação de diferença de ordem um do tipo $\mathbf{x}(n) = \mathbf{A}\mathbf{x}(n-1) + \mathbf{b}(n)$ (ver Apêndice B) da Revisão Teórica.

Pede-se:

a) Obtenha um gráfico da sequência $x(n)$ para $n = 0, 1, \ldots, 1000$. Considere como inicialização $\mathbf{x}(0) = \mathbf{0}$. Ouça o sinal $x(n)$ usando a função `sound.m` do Matlab com frequência de amostragem $\mathrm{f_s} = 8000$ Hz. Você consegue descobrir que fonema foi produzido?

b) Verifique se o sistema de tempo discreto é estável por meio da análise dos autovalores da matriz $\mathbf{A}$.

b) Some um ruído com distribuição uniforme, média zero e variância igual a 0,0075 aos coeficientes $\gamma_1, \gamma_2, \cdots, \gamma_p$. Um ruído desse tipo pode aparecer quando se faz a quantização dos coeficientes para uma implementação em um processador de sinais, por exemplo. Compare os novos coeficientes com os dados em (2). Gere novamente um gráfico de $x(n)$. O acontece neste caso? O sistema continua estável? Verifique os autovalores da matriz $\mathbf{A}$ e justifique sua resposta.