

IA753 Análise de Sinais Biológicos

Segundo Teste Computacional

Primeira Tarefa (Valor 7,5)

O arquivo “tc2ex1.mat” possui o registro da atividade de uma população de neurônios motores, bem como a força gerada durante uma determinada tarefa. Deseja-se com esta atividade avaliar o grau de variabilidade da saída motora (força e atividade neuronal), bem como o grau de correlação entre os diferentes sinais envolvidos neste experimento.

(a) (*Valor 1,0*) Primeiramente, utilize o vetor contendo os instantes de disparos de potenciais de ação para selecionar aleatoriamente 10 neurônios que tenham índices menores que 100. Os índices dos neurônios estão registrados na segunda coluna da matriz “spikes”. Descarte o neurônio caso ele possua menos que 50 disparos. Mostre o código utilizado para fazer esta seleção. **Observação: Não será aceita a seleção arbitrária de neurônios.**

(b) (*Valor 2,0*) Quantifique a variabilidade da força e dos intervalos entre disparos (ISIs, do inglês *Interspike Intervals*). Meça: *i*) a força média neste registro; *ii*) o desvio-padrão e o coeficiente de variação da força; *iii*) os ISIs médios para os 10 neurônios selecionados; *iv*) os desvios-padrão e os coeficientes de variação dos ISIs para os 10 neurônios selecionados; *v*) os coeficientes de assimetria e curtose dos ISIs para os 10 neurônios selecionados; *vi*) os histogramas dos ISIs para os 10 neurônios selecionados. **Observação: Note que há um transitório no sinal de força, que deverá ser desconsiderado para todos os cálculos deste item (inclusive ISIs).**

(c) (*Valor 2,0*) Uma forma de se estimar a frequência instantânea de disparos é fazendo a convolução entre o trem de disparos de potenciais de ação de um dado neurônio e uma função de suavização com área unitária [vide (SHINOMOTO, 2010)]. Pode-se utilizar uma janela do tipo *Hanning* para se fazer esta estimação. Neste item, crie inicialmente os vetores contendo os trens de disparos de potenciais de ação para os 10 neurônios selecionados. Suponha que na ocorrência de um *spike* você tenha uma aproximação de um delta de Dirac. Em seguida, faça a estimação da frequência instantânea de disparos usando uma janela com duração de 500ms.

(d) (*Valor 2,5*) Por fim, usando trechos estacionários dos sinais de força e frequências instantâneas de disparos, calcule: *i*) as funções de correlação cruzada entre a força e cada uma das frequências estimadas para os 10 neurônios selecionados. *ii*) As funções de correlação cruzada entre pares de frequências estimadas para cada um dos neurônios da sua seleção. Discuta sobre os possíveis mecanismos envolvidos nos seus achados [vide (DE LUCA; ERIM, 1994) para uma referência sobre este assunto]. **Observação: Nesta análise o nível médio**

dos sinais não é relevante. Portanto, remova qualquer tendência linear nos dados, bem como o nível médio das séries temporais.

Segunda Tarefa (Valor 2,5)

Diversos estudos têm mostrado que os músculos esqueléticos possuem a característica dinâmica de um sistema de segunda ordem criticamente amortecido [vide (BAWA; STEIN, 1976)], que pode ser representado pela função de transferência mostrada na Equação 1. Nesta atividade o objetivo é identificar, por meio da análise espectral, a resposta em frequência de um músculo. Para tanto, o seguinte experimento é realizado (vide diagrama de blocos mostrado na Figura 1): *i*) isola-se o músculo, fixando-o em um aparato para medição da força de contração; *ii*) o músculo é, então, estimulado eletricamente utilizando-se um sinal aleatório estacionário no sentido amplo (ruído branco Gaussiano); *iii*) em seguida, mede-se a força produzida em resposta ao sinal de entrada.

$$H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\omega_n s + \omega_n^2} \quad (1)$$



Figura 1. Diagrama de blocos do experimento. O sinal $\eta(t)$ é um ruído branco Gaussiano utilizado como entrada para o músculo. O sinal $f(t)$ é a força de contração do músculo em resposta a uma dada excitação.

Os sinais de entrada e saída (bem como a frequência de amostragem) são fornecidos no arquivo “tc2ex2.mat”.

(a) (Valor 0,5) Usando os conceitos vistos em sala de aula, prove que:

$$H(j\omega) = \frac{S_{xy}(j\omega)}{S_{xx}(j\omega)}$$

em que, x e y são os sinais de entrada e saída do sistema, respectivamente; $S_{xy}(j\omega)$ é o espectro cruzado entre a entrada e a saída; e $S_{xx}(j\omega)$ é o autoespectro da entrada.

(b) (Valor 1,0) Utilizando análise espectral, faça uma estimativa da função resposta e frequência do músculo $\hat{H}(j\omega)$. Mostre a resposta em magnitude e fase utilizando a representação por Diagrama de Bode até uma frequência de 100Hz.

(c) (Valor 1,0) Usando o resultado do item (b), faça uma estimativa do parâmetro ω_n . Mostre explicitamente como você chegou a este valor. Usando este valor e o resultado do item (b) mostre que a sua estimativa para a função resposta em frequência é uma boa estimativa para a dinâmica do músculo.

Referência

BAWA, P.; STEIN, R. B. Frequency-response of human soleus muscle. **Journal of Neurophysiology**, v. 39, n. 4, p. 788–793, 1976.

DE LUCA, C. J.; ERIM, Z. Common drive of motor units in regulation of muscle force. **Trends in neurosciences**, v. 17, n. 7, p. 299–305, 1994. DOI:10.1016/0166-2236(94)90064-7.

SHINOMOTO, S. Estimating the Firing Rate. In: GRÜN, S.; ROTTER, S. (Eds.). . **Analysis of Parallel Spike Trains**. Boston, MA: Springer US, 2010. p. 21–35. DOI:10.1007/978-1-4419-5675-0_2.