

Atividade Prática 2 – Interfaces cérebro-computador baseadas em potenciais visualmente evocados em regime estacionário

Objetivos

- Familiarização com a construção de uma BCI baseada no paradigma de potenciais visualmente evocados em regime estacionário (SSVEP, do inglês *Steady-State Visually Evoked Potentials*).
- Implementação de uma BCI usando a análise de correlação canônica (CCA, do inglês *Canonical Correlation Analysis*) [Lin et al., 2006].
- Verificação da influência da duração da janela de EEG e do número de harmônicas no desempenho do sistema.

Base de dados

Vamos usar a mesma base de dados pública empregada na atividade anterior, a *Benchmark Dataset*, que está disponível em <https://bci.med.tsinghua.edu.cn/download.html>. Considere apenas os eletrodos da região occipital e proximidades, Pz, PO5, PO3, POz, PO4, PO6, O1, Oz, e O2, para gerar os resultados dessa atividade, pois são os mais relevantes segundo [Wang et al., 2017]. Não é necessário aplicar filtragem passa-banda nos dados antes do processamento.

Janelamento do EEG

Os dados de cada voluntário estão divididos em 6 blocos, cada um contendo 40 *trials*, um para cada estímulo alvo. Para realizar a atividade, será necessário extrair janelas com uma certa duração do EEG. Cada *trial* representa 6 s de aquisição, sendo que a estimulação é ativada no instante 0,5 s e desativada no instante 5,5 s, ou seja, não há estimulação no primeiro e nem no último 0,5s da *trial*. Existe um atraso para que o potencial comece a ser evocado (latência de evocação) que deve ser considerado na extração da janela. Em [Wang et al., 2017], a latência média foi estimada em 140 ms. Desse modo, o início da evocação se dá somente após 0,64 s (0,5 s para que a estimulação comece mais 0,14 s de latência) e por isso o início das janelas extraídas do EEG deve ser sempre o instante 0,64 s. Por exemplo, uma janela de 1 s se inicia no instante 0,64 s e termina no instante 1,64 s. Extraia apenas uma janela de cada *trial* para realizar os experimentos computacionais, ou seja, independentemente da duração da janela do EEG a ser considerada, sempre serão extraídas 240 janelas no total (40 *trials* × 6 blocos).

Cálculo da taxa de transferência de informação

A ITR, em bits por minuto, é calculada a partir da expressão

$$ITR = \frac{\log_2 P + (1 - P) \log_2 \frac{1 - P}{M - 1}}{\log_2(M) + P - P \log_2 \frac{1 - P}{M - 1}} \times \frac{60}{T},$$

em que M é o número de estímulos visuais presentes no sistema, P é a acurácia e T é o tempo necessário para a interface gerar um comando em segundos. T deve considerar o tempo necessário para o usuário mudar seu foco de atenção de um estímulo para o próximo, o chamado *gaze shifting time*, que é arbitrário e deve ser adequado ao usuário. Considere um *gaze shifting time* de 0,55 s, de modo que, nos cálculos da ITR,

$$T = 0,55 + \text{duração da janela [segundos]}.$$

Atividades

- (a) Considere o voluntário 3 da base de dados. Use a CCA para obter os valores das correlações (ρ_m) entre uma janela de 3 s do EEG e os sinais de referência construídos para todos os 40 estímulos. Use a

frequência fundamental e a primeira harmônica na construção dos sinais de referência. Escolha um caso em que a maior correlação coincide com o estímulo ativo na janela analisada. Exiba o resultado em um gráfico (*stem plot*) ρ_m vs frequência de estimulação e comente os resultados.

(b) Implemente o algoritmo CCA no modo não-supervisionado (veja as notas de aula) e obtenha as curvas de acurácia e ITR para o voluntário 3 em função da duração da janela do EEG. A duração deve variar de 0,5 s a 5 s em incrementos de 0,25 s. Varie também o número de harmônicas usadas na análise: obtenha as curvas considerando apenas a frequência fundamental dos estímulos (nenhuma harmônica), uma, duas, três, quatro e cinco harmônicas. Para cada configuração de duração e de número de harmônicas, obtenha a acurácia com base nas 240 janelas disponíveis do EEG (número de acertos dividido pelo número total de *trials*, que é 240). As curvas devem se assemelhar às observadas na Figura 5 de [Wang et al., 2017]. Discuta os resultados.

(c) Repita o procedimento do item anterior para o voluntário 21 e compare os resultados.

Referências

- [Lin et al., 2006] Z. Lin, C. Zhang, W. Wu, X. Gao, “Frequency recognition based on canonical correlation analysis for SSVEP-based BCIs”, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 53, no. 12, pp. 2610–2614, 2006.
- [Wang et al., 2017] Y. Wang, X. Chen, X. Gao, S. Gao, “A Benchmark Dataset for SSVEP-Based Brain–Computer Interfaces”, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 25, no. 10, pp. 1746–1752, 2017.