

Detecção de ataques epilépticos através da análise espectral multivariada

Carlos A. O. Pinheiro^{1,2*} (PG), Valter de Senna² (PQ)

¹Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

²Faculdade SENAI CIMATEC

*email@carlospinheiro.com.br

Palavras chave: *Análise espectral multivariada, epilepsia, sinais*

Introdução

Classificada como uma desordem neurológica que afeta o cérebro, a epilepsia, atinge cerca de 2% da população mundial conduzindo a redução da produtividade e impondo restrições na vida diária, segundo o Instituto Nacional de Distúrbios Neurológicos e Derrame (INDNR), sendo a Epilepsia do Lobo Temporal (ELT) a mais frequente (Hermann et al., 2009). O diagnóstico da epilepsia é feito através da análise das flutuações rítmicas do cérebro descritas no eletroencefalograma (EEG). Essas flutuações rítmicas são representadas pela amplitude (flutuações em milionésimo de volt) numa dada frequência (ciclos por segundo), constituindo o sinal.

Os sinais são obtidos pela aplicação de eletrodos no couro cabeludo ou por aplicação intracraniana. Os eletrodos colocados no couro cabeludo fazem uso de gel condutor, a fim de diminuir a impedância resultante das células mortas, depois que a área do couro cabeludo é tratada com uma leve abrasão. Os eletrodos, conforme explica Almeida (2013), são colocados sobre o couro cabeludo de acordo com as especificações do Sistema Internacional de Posicionamento de Eletrodos 10-20, responsável pelo mapeamento das posições onde os mesmos serão fixados para registro. Por outro lado, os eletrodos com aplicação intracraniana são colocados diretamente sobre a superfície exposta do cérebro durante uma cirurgia para gravar os sinais a partir do córtex cerebral.

Pesquisas acadêmicas para detecção da epilepsia (Panda et al., 2010; Liu et al., 2012; Rutkowski et al., 2013; Li et al., 2013) sugerem o uso dos sinais cujos eletrodos são aplicados no couro cabeludo por ser uma técnica não invasiva. O processo de detecção pode ser feito com base nos sinais obtidos a partir de um eletrodo (canal único) ou de alguns eletrodos (multi canal). A detecção requer a seleção daquele(s) canal(is) que contenha(m) o(s) sinal(is) mais representativo(s) da epilepsia, ou

seja, daquelas flutuações rítmicas anormais, descritas por um traçado com forma de onda aguda pelo EEG.

Acontece que, conforme descrito em Bajaj e Pachori (2013) e em Scolaro (2014), a detecção da epilepsia através da análise visual das formas de ondas agudas, além de ser um processo trabalhoso, demorado e impreciso pode, por conta da subjetividade, apresentar diferentes análises (domínio do tempo) quando realizada por dois neurofisiologistas. Deste modo, modelos de processamento de sinais desempenham papel importante no diagnóstico clínico de epilepsia.

Para Akay (1997) outra possibilidade é que o processamento dos sinais do EEG seja no domínio da frequência. Assim, ao realizar a detecção da epilepsia no domínio da frequência os modelos devem tratar os sinais, a partir dos quais as características de tendência, periodicidade e ruído sejam identificadas. Neste sentido, o processamento de sinal tem mostrado avanços com a evolução de transformações discretas e de decomposição de sinal através da Transformada Discreta de Fourier (TDF), da Transformada Discreta de Wavelet (TDW), da Decomposição em Valor Singular (DVS) e Decomposição em Modo Empírico (DME) de acordo com Orosco et al. (2009).

Algumas tentativas (McSharry et al., 2002; Sakkalis, et al., 2013) são apresentadas para classificar os modelos de detecção da epilepsia em linear e não-linear. A primeira classificação considera os modelos que fazem uso da correlação à base de variância e dos espectros de potência simples enquanto os demais são não lineares. Além disso, os sinais de EEG são considerados como não estacionários (Adeli et al., 2003; Tzallas et al., 2007). Se para Orosco et al. (2009), a TDW decompõe o sinal em uma combinação linear de funções de base predefinidas o que caracteriza uma desvantagem por serem os sinais obtidos no EEG gerados por sistemas não lineares, para Pachori (2008) a TDF é limitada por assumir que os sinais sejam estacionários.

Além dos aspectos de não linearidade e não estacionariedade o tratamento adequado para o problema de detecção da epilepsia requer que a incorporação das características dos sinais e extração do ruído tenham base num processamento multi canal (Hunyadi et al, 2012). Sobre o processamento multi canal a literatura dispõe de pesquisas com foco na detecção da epilepsia com base na Decomposição em Modo Empírico Multivariada (DMEM) conforme os trabalhos realizados por Wei et al., 2013; Huang et al, 2013 e Li et al., 2013.

Outras pesquisas (Patterson et al., 2011; Hassani; Mahmoudvand, 2013) disponibilizam o modelo não paramétrico denominado Análise Espectral Singular Multivariada (AESM) que além de considerar as relações existentes entre variáveis (análise multivariada) econômicas não requer as hipóteses de linearidade e estacionariedade para as séries temporais. Definido pelos passos: incorporação, DVS, agrupamento e diagonalização, o modelo na realização do passo agrupamento separa as matrizes elementares, obtidas em DVS, para formação das subséries tendência e periodicidade num grupo e ruído em outro. Com isso, a metodologia do passo agrupamento é dada pela separação dessas matrizes em grupos com base na análise gráfica (cujo critério é o declínio das correlações acumuladas) para posterior verificação da qualidade do ruído. Espera-se na verificação que a separação atenda aos requisitos de serem os dados independentes e identicamente distribuídos, caracterizando o que a literatura define por ruído branco.

Então, visando contribuir com o estudo da detecção da ELT com base nos sinais do EEG obtidos pelos eletrodos dispostos no couro cabeludo, o objetivo da pesquisa é propor metodologia ao passo agrupamento do modelo AESM dada a importância da extração do ruído num processamento multi canal. Na pesquisa proposta a avaliação da qualidade dos dados quanto à independência e distribuição passa a ser critério de separação das matrizes elementares em grupos. Depois de eliminado o grupo que representa o ruído branco, o grupo que representa as subséries tendência e periodicidade será útil para o cálculo da energia do sinal e realização da detecção da epilepsia, baseada num limite de energia de mínima duração, não sendo necessário que a detecção seja realizada através da seleção visual dos sinais.

Resultados e Discussão

A pesquisa proposta realiza o levantamento do referencial teórico sobre os trabalhos de pesquisa que investigam a detecção da epilepsia, com base nos sinais do EEG obtidos pelos eletrodos dispostos

no couro cabeludo identificando na literatura os modelos de processamento de sinais no domínio do tempo e frequência. Além do levantamento do referencial teórico a pesquisa proposta apresenta resultados favoráveis ao uso da metodologia ao passo agrupamento do modelo AESM (Senna; Pinheiro, 2014), cuja qualidade dos dados quanto à independência e distribuição constitui-se como critério de separação das matrizes elementares. Através dos resultados verifica-se que a metodologia extrai o ruído branco e identifica o grupo que representa as subséries tendência e periodicidade, numa análise multivariada. Isto é fundamental, uma vez que, no contexto da pesquisa proposta, a identificação desse grupo será útil para o cálculo da energia do sinal e realização da detecção da ELT, baseada num limite de energia de mínima duração.

Conclusões

Através do levantamento do referencial teórico realizado sobre os modelos de processamento de sinais que investigam a detecção da epilepsia com base nos sinais do EEG, obtidos pelos eletrodos dispostos no couro cabeludo, identifica-se a necessidade do uso de modelos não requerem hipóteses de linearidade e estacionariedade para os sinais analisados. Além disso, os modelos devem ser capazes de lidar com o processamento multi canal. Essas condições são necessárias para o cálculo da energia do sinal e detecção da ELT, baseada num limite de energia de mínima duração, evitando que a detecção seja realizada através da seleção visual dos sinais no domínio do tempo. Assim, o processo de detecção da epilepsia deixa de ser trabalhoso, demorado e impreciso. Através da proposta ao passo agrupamento do modelo AESM, que não requer hipóteses de linearidade e estacionariedade, os resultados indicam a extração do ruído branco num contexto de análise multivariada. Com isso, a pesquisa contribuirá para aqueles que investigam os sinais biomédicos ao permitir a incorporação das características dos sinais com base num processamento multi canal.

Referências

- ADELI, H.; ZHOU, Z.; DADMEHR, N . Analysis of EEG records in an epileptic patient using wavelet transform. *Journal of Neuroscience Methods* v. 123, n. 1, p. 69–87, 2003.
- ALMEIDA, C. C. S . Análise técnicas separação cega de fontes para remoção de artefatos em interfaces cérebro-máquina 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Informação) – Universidade Federal do ABC, São Paulo, 2013.
- AKAY, M . Time frequency and wavelets in biomedical signal Processing. New York: Wiley -IEEE Press, 1997.

Faculdade SENAI CIMATEC
Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial
II Workshop de Gestão, Tecnologia Industrial e Modelagem Computacional.
ISSN 2446-5372

- BAJAJ, V.; PACHORI, R. B. Epileptic seizure detection based on the instantaneous æa of analytic intrinsic mode functions of EEG signals. *Biomedical Engineering Letters* v. 3, n. 1, p. 17–21, 2013.
- HASSANI, H.; MAHMOUD VAND, R. Multivariate singular spectrum analysis: a general view and new vector forecasting approach. *International Journal of Energy and Statistics*, v. 1, n. 1, p. 55–83, 2013.
- HERMANN, B. P.; LIN, J. J.; JONES, J. E.; SEIDENBERG, M. The emerging architecture of neuropsychological impairment in epilepsy. *Neurologic Clinics*, v. 27, n. 4, p. 881–907, 2009.
- HUANG, J -R.; FAN, S -Z.; ABBOD, M. F.; JEN, K -K; WU, J -F.; SHIEH, J -S. Application of multivariate empirical mode decomposition and sample entropy in EEG signals via artificial neural networks for interpreting depth of anesthesia. *Entropy*, v. 15, n. 9, p. 3325–3339, 2013.
- HUN YADI, B.; SIGNORETTO, M.; PAESSCHEN, W. V.; SUYKENS, J. A. K.; HUFFEL, S. V.; VOS, M. D. Incorporating structural information from the multichannel EEG improves patient-specific seizure detection. *Clinical Neurophysiology*, v. 123, n. 12, p. 2352–2361, 2012.
- INDNR. Disponível em: < <http://www.ninds.nih.gov/>>. Acesso em: out. 2015.
- LI, S.; ZHOU, W. ; YUAN, Q.; LIU, Y. Seizure prediction using spike rate of intracranial EEG. *IEEE Transaction Neural Systems Rehabilitation Engineering* v. 21, n. 6, p. 880–886, 2013.
- LIU, Y.; ZHOU, W.; YUAN, Q.; CHEN, S. Automatic seizure detection using wavelet transform and SVM in long-term intracranial EEG. *IEEE Transaction Neural Systems Rehabilitation Engineering* v. 20, n. 6, p. 749–755, 2012.
- MCSHARRY, P. E.; HE, T.; SMITH, L. A.; TARASSENKO, L. Linear and nonlinear methods for automatic seizure detection in scalp electroencephalogram recordings. *Medical & Biological Engineering & Computing* v. 40, n. 4, p. 447–461, 2002.
- OROSCO, L.; LACIAR, E.; CORREA, A. G.; TORRES, A.; GRAFFIGNA, J. P. An epileptic seizures detection algorithm based on the empirical mode decomposition of EEG. In: *PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE EMBS, 2009*, Minneapolis. Annals... Minneapolis, 2009. p. 2651-2654.
- PANDA, R.; KHOBRA, P. S.; JAMBHULE, P. D.; JENGTHE, S. N.; PAL, P. R.; GANDHI, T. K. Classification of EEG signal using wavelet transform and support vector machine for epileptic seizure detection. In: *PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS IN MEDICINE AND BIOLOGY, 2010*, Kharagpur. Annals... Kharagpur, 2010. p. 405-408.
- PATTERSON, K.; HASSANI, H.; HERAVI, S.; ZHIGLJAVSKY, A. Multivariate singular spectrum analysis for forecasting revisions to real time data. *Journal of Applied Statistics*, v. 38, n. 10, p. 2183–2211, 2011.
- RUTKOWSKI, T. M.; STRUZIK, Z.R.; MANDIC, D. P. EEG epileptic seizures separation with multivariate empirical mode decomposition for diagnostic purposes. In: *PROCEEDINGS OF THE ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE EMBS, 2013*, Osaka. Annals... Osaka, 2013. p. 7128-7131.
- SAKKALIS, V.; GIANNAKAKIS, G.; FARMAKI, C.; MOUSAS, A.; PEDIADITIS, M.; VORGIA, P.; TSIGNAKIS, M. Absence seizure epilepsy detection using linear and nonlinear EEG analysis methods. In: *PROCEEDINGS OF THE ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE EMBS, 2013*, Osaka. Annals... Osaka, 2013. p. 6333-6336.
- SENNA, V.; PINHEIRO, C. A. O. Aplicação da análise espectral singular para previsão de preços de produtos agrícolas: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 38, 2014, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2014. p. 1-13.
- SCOLARO, G. R. Sistema computacional automatizado para a identificação e contagem de eventos epileptiformes em sinais de eletroencefalografia de longa duração 2014. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- TZALLAS, T.; TSIPOURAS, M. G.; FOTIADIS, D. I. Automatic seizure detection based on timefrequency analysis and artificial neural networks. *Computational intelligence and neuroscience*. 2007, p. 1-13, 2007.
- WEI, Q.; LIU, Q.; FAN, S-Z.; LU, C -W.; LIN, T -Y.; ABBOD, M. F.; SHIEH, J -S. Analysis of EEG via multivariate empirical mode decomposition for depth of anesthesia based on sample entropy. *Entropy*, v. 15, n. 9, p. 3458–3470, 2013.