

ANÁLISE DE SINAIS APLICADA A SINAIS BIOLÓGICOS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Júlia Bertelli Duarte, Laboratório de Acústica e Vibrações, juliabduarte@gmail.com

Marcus Antonio Viana Duarte, Laboratório de Acústica e Vibrações, mvduarte@mecanica.ufu.br

Resumo. O vertiginoso desenvolvimento tecnológico da eletrônica, acoplado ao crescimento no conhecimento científico sobre as causas orgânicas das doenças humanas possibilitou um grande desenvolvimento de novos equipamentos e técnicas diagnósticas e terapêuticas na Medicina. Uma vez que o organismo humano é considerado o mais completo e a mais “perfeita” máquina do universo, sendo composto por cerca de 100 trilhões de células, quando algo não está ocorrendo bem, o corpo humano emite diferentes sinais e das mais variadas naturezas. Define-se sinal biológico como uma variável medida em organismos vivos, a tempo contínuo ou em amostras periódicas e esses podem ser de natureza elétrica, mecânica, química, térmica, magnética entre outros. Este trabalho consiste em fazer uma revisão da literatura de técnicas não clássicas de análise de sinais a fim de avaliar os sinais biológicos. Foram estudadas as técnicas PCA, ICA e HHT.

Palavras chave: sinais biológicos, análise de componentes principais PCA, análise de componentes independentes ICA, transformada de Hilbert Huang HHT.

1. INTRODUÇÃO

O vertiginoso desenvolvimento tecnológico da eletrônica, acoplado ao crescimento no conhecimento científico sobre as causas orgânicas das doenças humanas neste final de século, possibilitou um grande desenvolvimento de novos equipamentos e técnicas diagnósticas e terapêuticas na Medicina (Salido Engenharia, 2000).

O organismo humano é considerado o mais completo e a mais “perfeita” máquina do universo, sendo composto por cerca de 100 trilhões de células, e, dentre elas, 2 bilhões morrem diariamente e a manutenção dessa máquina é feita pelos sistemas nervoso, circulatório e linfático (Oda, 2013). Quando algo não está ocorrendo bem, o corpo humano emite diferentes sinais e das mais variadas naturezas.

Define-se sinal biológico como uma variável medida em organismos vivos, a tempo contínuo ou em amostras periódicas e esses podem ser de natureza elétrica, ou bioelétricos (sinais cardíacos medidos por eletrocardiograma, sinais sinápticos medidos por Eletroencefalograma EEG, movimento dos olhos medidos por eletro-oculograma EOG, tônus muscular medido por eletromiograma EMG), mecânica (pressão arterial, força da contração muscular), química (PH, glicemia, teor alcoólico no sangue), térmica, magnética (sinais cardíacos medidos por Magnetocardiograma MCG e sinais sinápticos medidos por Magnetoencefalograma MEG) entre outros (Gomes, 2003).

Em função disso, deseja-se neste trabalho fazer uma revisão na literatura de técnicas não clássicas de análise de sinais para aplicação em sinais biológicos.

2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi desenvolvida por Karl Pearson em 1901 para resolver problemas de aplicação em análise estatística multivariada, com o intuito de agregar valores dispersos em medições numéricas (Kolenikov e Angeles, 2004). É, então, uma técnica estatística multivariada que descreve um conjunto de observações correlacionadas em termos de um novo conjunto de variáveis não correlacionadas e ortogonais, chamados de componentes principais, que são combinações lineares das variáveis originais. A transformação dos dados para o domínio PCA é realizada pela decomposição da matriz de covariância em valores e vetores próprios (Abdi e Williams, *apud* Ribeiro *et al*, 2014).

Os componentes principais apresentam propriedades importantes: cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados. A análise de componentes principais é associada à idéia de redução de massa de dados, com menor perda possível da informação (Varela, 2008).

O objetivo de utilizar PCA, ou seja, uma transformação linear, em sinais biológicos é reduzir e compactar os dados obtidos ao mensurar o sinal, por exemplo, de EEG, uma vez que o mesmo contém muita informação e o tempo de coleta é muito longo para cada paciente, ocupando muito espaço computacional.

Ribeiro *et al* (2014) aplica PCA na análise espectral de padrões de laser speckle dinâmico, que é um fenômeno que interpreta padrões ópticos formados iluminando uma superfície sob mudanças com luz coerente. PCA nesse trabalho foi usado para filtrar dados com o objetivo de reduzir tempo computacional e melhorar a robustez da filtragem.

Já Carvalho e Dantas Filho (2014) estudaram a qualidade da gasolina e a composição química utilizando PCA. Uma vez que os resultados de composição química cromatográfica e dos parâmetros físico-químicos das amostras de gasolina constituem dados multivariados e foram interpretados aplicando PCA como ferramenta quimiométrica, para melhor explorar a relação entre amostras e variáveis, possibilitando discriminar sua variabilidade de acordo com a similaridade apresentada pelas amostras coletadas em diferentes distribuidoras de combustíveis.

Ghaedi *et al* (2014) utiliza de PCA combinada com redes neurais artificiais e otimização via algoritmo genético para avaliar os efeitos das variáveis em nanopartículas de sulfeto de cobre em carvão ativado com o intuito de remover corantes da água.

3. ANÁLISE DE COMPONENTES INDEPENDENTES

A Análise de Componentes Independentes pode ser vista como uma extensão da PCA, que só pode impor a independência até segunda ordem e, consequentemente, define direções que são ortogonais. ICA foi inicialmente proposto por Herault e Jutten por volta de 1986 graças a sua semelhança com PCA e consiste em encontrar uma transformação linear que minimiza a dependência estatística entre seus componentes (Comon, 1994), de forma que essa representação linear seja feita para dados não-gaussianos cujos componentes são estatisticamente independentes, ou tão independentes quanto possível (Hyvarinen e Oja, 2000).

ICA foi inicialmente desenvolvido para problemas do tipo “cocktail party”. Hyvarinen e Oja (2000) citam como aplicação de ICA sinais elétricos de atividade cerebral gravados por EEG, que consiste em gravações de potencial elétrico em diferentes posições do escalpo. Estes potenciais são gerados misturando alguns componentes subjacentes de atividades cerebrais, o que seria similar a um problema do tipo “cocktail party”, deseja-se encontrar a componente original da atividade cerebral, mas só podemos observar misturas de componentes. ICA pode revelar informações interessantes sobre a atividade do cérebro, dando acesso a suas componentes independentes.

ICA é largamente utilizado em sinais cerebrais obtidos via EEG com o intuito de se retirar os artefatos, que são alterações nos sinais que não tem nenhuma ligação com anomalias cerebrais, tais como movimento de olho, movimento involuntário muscular, ruído de rede, entre outros.

Shih *et al* (2013) apresenta uma variação de ICA, chamada ORICA que é uma análise de componentes independentes recursiva on-line, uma vez que algoritmos ICA não são adequados para a execução on-line em um ambiente em tempo real. Neste trabalho, os autores apresentam uma metodologia utilizando de controles integrados VLSI como hardware de processador ORICA em tempo real para separação do sinal EEG multicanal.

Shu e Ding (2014) apresentaram um estudo comparativo entre os métodos ICA e CSD da detecção de erros em sinais de EEG espacial-espectral-temporal. Os autores concluem que o método ICA possui desempenho superior em relação ao original e CSD na redução de correlação mútua entre os sinais processados, e também na melhoria da sensibilidade de detecção de sinais relacionados com erros, especialmente em atividades oscilatórias em janelas de pré e pós estímulo.

4. TRANSFORMADA DE HILBERT HUANG (HHT)

A Transformada de Hilbert Huang (HHT) vem sendo largamente utilizada uma vez que é uma técnica de decomposição de sinais utilizada para sinais não-lineares e não-estacionários, que não podem ser resolvidos utilizando da Transformada de Fourier.

HHT é uma boa ferramenta para se decompor sinais em funções de modos intrínsecos (IMF) e obter dados de frequência instantaneamente e é dividido em duas partes: na primeira o Modo de Decomposição Empírico (EMD) é utilizado para decompor o sinal em várias IMF. Feito isso, as IMF selecionadas são transformadas no espectro de Hilbert através da Transformada de Hilbert. A análise espectral de Hilbert (HSA) fornece uma maneira de analisar os dados de frequência da FMI como funções do tempo (Hsu *et al*, 2014). A HHT nada mais é que a implementação de EMD somada a transformada de Hilbert, ou técnica de envelope.

Observa-se muitos trabalhos utilizando de HHT para análise de sinais tanto cerebrais quanto cardíacos, como também de sistemas mecânicos, como por exemplo, rolamentos.

Hsu *et al* (2014) utiliza de HHT para processar sinais de variabilidade da frequência cardíaca com o intuito de associar a frequência cardíaca à sonolência ao dirigir, uma vez que a maioria dos acidentes de trânsito ocorrem devido a cansaço. Zhu e Lin (2014), por sua vez, basearam-se em HHT para explorar as características de tempo-frequência de ondas de pico para os sintomas da epilepsia, analisando principalmente a energia do espectro de Hilbert.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo conhecer técnicas não-clássicas de sinais para aplicação em sinais biológicos. Como conclusões, pode-se destacar:

- O Método de PCA é uma excelente ferramenta para compactação de dados e pode ser utilizado principalmente para reduzir os dados obtidos através de EEG ou ECG;
- O Método ICA é uma boa ferramenta para encontrar as componentes independentes e retirar os artefatos que são encontrados nos sinais de EEG, principalmente;
- O Método HHT é um método para transformar sinais temporais em espectros de frequência, o que o torna uma excelente ferramenta, uma vez que pode ser aplicado a sinais não lineares e não-estacionários e também por ter-se as frequências em EEG e ECG definidas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, Fábio Israel M.; DANTAS FILHO, Heronides A. ESTUDO DA QUALIDADE DA GASOLINA TIPO AE SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA EMPREGANDO ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS. Quim. Nova, v. 37, n. 1, p. 33-38, 2014.
- COMON, Pierre. Independent component analysis, a new concept?. Signal processing, v. 36, n. 3, p. 287-314, 1994.
- GHAEDI, M. et al. Principal component analysis-artificial neural network and genetic algorithm optimization for removal of reactive orange 12 by copper sulfide nanoparticles-activated carbon. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, v. 20, n. 3, p. 787-795, 2014.
- Gomes, W. Z., 2003, “Instrumentação de Sinais Biológicos”, <www.eletr.ufpr.br/marlio/medidas/seminarios >
- HSU, Chih Ming et al. Heart Rate Variability Signal Processing for Safety Driving Using Hilbert-Huang Transform. In: Computer, Consumer and Control (IS3C), 2014 International Symposium on. IEEE, 2014. p. 434-437.
- HYVÄRINEN, Aapo; OJA, Erkki. Independent component analysis: algorithms and applications. Neural networks, v. 13, n. 4, p. 411-430, 2000.
- KOLENIKOV, Stanislav et al. The use of discrete data in PCA: theory, simulations, and applications to socioeconomic indices. Chapel Hill: Carolina Population Center, University of North Carolina, 2004.
- Oda, Shiguo, 2013, “O corpo humano possui um mecanismo automático de manutenção” <<http://www.kotsubantyousei.com.br/doencas/o-corpo-humano-possui-um-mecanismo-automatico-de-manutencao>>
- RIBEIRO, K. M. et al. Principal component analysis in the spectral analysis of the dynamic laser speckle patterns. Journal of the European Optical Society-Rapid publications, v. 9, 2014.
- Salido Engenharia, 2000, “Telemedicina” <http://www.virtual.epm.br/material/tis/curr-med/temas/med5/med5t12000/tele/sinais_digitais.html>
- SHIH, Wei-Yeh et al. An efficient VLSI implementation of on-line recursive ICA processor for real-time multi-channel EEG signal separation. In: Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE. IEEE, 2013. p. 6808-6811.
- SHOU, Guofa; DING, Lei. Detection of EEG Spatial-Spectral-Temporal Signatures of Errors: A Comparative Study of ICA-Based and Channel-Based Methods. Brain topography, p. 1-15, 2014.
- Varela, C. A. A., 2008, “Análise de Componentes Principais”, apostila para curso de Análise Multivariada Aplicada as Ciências Agrárias, UFRRJ.
- ZHU, Jin-De; LIN, Chin-Feng. Analyzing spike I wave electroencephalogram signals for epilepsy based on Hilbert-Huang transformation. In: Bioelectronics and Bioinformatics (ISBB), 2014 IEEE International Symposium on. IEEE, 2014. p. 1-3.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia e a Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC). Agradecem também aos órgãos de fomento CAPES, FAPEMIG e CNPq.