Procesamiento y Clasificación de Bioseñales I

Catedráticos
Dr. Alejandro A. Torres García y Dr. Humberto Pérez Espinosa
Primavera 2025

Este curso forma parte de los tópicos avanzados de la línea de procesamiento de bioseñales y computación médica de los programas de maestría en ciencias computacionales y de la maestría en ciencias y tecnologías biomédicas del INAOE.

El curso, en formato de seminario, está orientado a analizar diferentes aspectos, particularidades y aplicaciones del procesamiento de bioseñales. Esto incluye temas sobre diagnóstico no invasivo y detección de emociones a partir de ondas acústicas, interfaces cerebro-computadora (BCI), músico-terapia, etc.

OBJETIVO: El objetivo del curso es desarrollar en el alumno una visión general de las vastas aplicaciones del procesamiento de señales biomédicas, con especial énfasis en los temas que se investigan actualmente en el laboratorio o que se desarrollan como trabajo de tesis.

En cada tema, el énfasis no se centra en las operaciones de bajo nivel, sino en el panorama general de los problemas abiertos, las estrategias de análisis, los resultados y los beneficios.

Objetivos particulares

- Brindar un amplio panorama sobre aspectos importantes, particularidades a tomar en cuenta y aplicaciones de cada tipo de bioseñal
- Proporcionar a los estudiantes herramientas computacionales y metodológicas para diseñar sus propias estrategias de análisis e interpretación ante diferentes aplicaciones biomédicas.
- Introducir conceptos biomédicos que son fundamentales en diferentes aplicaciones, y capturar los puntos en común subyacentes en todas las aplicaciones.

CONTENIDO DEL CURSO

1. Introducción al procesamiento y análisis de bioseñales

- Señales Digitales
- Teorema de muestreo
- Bioseñales
- Tipos de bioseñales
- Perspectivas generales del procesamiento y clasificación de bioseñales

- Consideraciones éticas del registro de bioseñales
- Diseño de experimentos: consideraciones iniciales.

2. Preprocesamiento y extracción de características

Objetivo: Introducir las técnicas para identificar y eliminar la "corrupción" de las bioseñales provocada por el proceso técnico de registro, principalmente el ruido causado ya sea por el dispositivo utilizado para recopilar los datos, o por artefactos (información no deseada en la señal causada por movimientos naturales, como parpadeo, latido del corazón o movimiento muscular inconsciente para el caso de EEG).

- Preprocesamiento
    - Normalización
    - Estandarización
    - Referencia media común
    - Filtrado
    - Eliminación de artefactos
        - Análisis de componentes independientes
- Técnicas de extracción de características en el dominio del tiempo
    - Características extraídas de la forma de onda
    - Valores estadísticos
    - Características de la teoría del caos y de fractales
    - Modelos autorregresivos
- Técnicas de extracción de características en el dominio de la frecuencia
    - Transformada de Fourier discreta
    - Densidad espectral de potencia
    - Estimación de espectro basada en modelos autorregresivos
- Técnicas de extracción de características en el dominio tiempo-frecuencia
    - Transformada de Fourier de tiempo corto (STFT)
    - Morlet wavelet (MW)
    - Transformada de Hilbert basada en filtros (FHT)
- Transformada Wavelet
    - Transformada wavelet continua (CWT)
        - Aplicaciones de la CWT
    - Transformada wavelet discreta (DWT)
        - Extracción de características basado en la DWT
            - Energía wavelet relativa (RWE)
            - Energía wavelet instantánea (IWE)
            - Energía wavelet teager (TWE)
            - Energía wavelet jerárquica (HWE)
- Descomposición modal empírica
    - Selección de IMF
    - Transformada de Hilbert-Huang

3. Procesamiento de bioseñales acústicas

Objetivo: Proporcionar un panorama general de diferentes áreas de aplicación del procesamiento de bioseñales no eléctricas, en particular las acústicas, así como las particularidades básicas del procesamiento y aprovechamiento de cada una de ellas

- Introducción al análisis inteligente de audio
- Arquitectura clásica del análisis de audio
- Retros, tendencias
- Ejemplos de bases de datos
- Representación de la señal de audio
- Análisis de la señal
- Segmentación
- Características de audio
- Tipos de características acústicas
- Caracterización temporal
- Caracterización espectral
- Coeficientes Cepstrales de la Frecuencia de Mel (MFCCs)
- Descriptores musicales
- Selección de características

4. Procesamiento de Electrocardiogramas (ECG)

Objetivo: Introducir al alumno en la teoría que sustenta la captura de la señal cardiaca, así como en las principales técnicas para su procesamiento, interpretación y aplicación en sistemas computacionales para el apoyo médico

- Fundamentos de ECG
- Estado del arte de los sistemas de ECG
- Extracción de características de ECG
- Aplicaciones principales del ECG
- Datasets y herramientas disponibles

5. Técnicas de neuroimagen

Objetivo: Introducir al alumno al conocimiento de las técnicas de neuroimagen como EEG y fNIRS. Se estudiarán los principios de captura, procesamiento, clasificación de las señales cerebrales con ambas técnicas teniendo un especial énfasis en las señales de EEG, y su aplicación en el desarrollo de Interfaces Cerebro Computadora (BCI) y apoyo en el diagnóstico médico.

- Introducción
- El electroencefalograma (EEG)
- Registro de señales de EEG

    - Principales características del EEG
- Integración de Interfaces Cerebro-Computadora (BCI)
    - Características más adecuadas para las BCI
    - Reconocimiento y clasificación de señales
    - Ejecutando acciones (aplicaciones principales)
- Espectroscopia funcional del infrarrojo cercano (fNIRS)
    - Introducción a la imagen óptica
    - Registro
    - Análisis de datos
- Aplicaciones clínicas

6. Otras bioseñales

Objetivo: proporcionar un panorama general sobre el procesamiento, caracterización y aprovechamiento de otras bioseñales.

- **Principios de sistemas olfativos artificiales**
    - Tipos de narices artificiales
    - Fundamentos de señales aromáticas
    - Extracción de características de señales aromáticas
    - Estado del arte de los sistemas de procesamiento de señales aromáticas
    - Aplicaciones principales del procesamiento de señales aromáticas
    - Herramientas Principales Disponibles

EVALUACIÓN

- **Tareas, Prácticas y Trabajos 40%**
- **Presentación de Trabajos 25%**
- **Proyecto Final 35%**

ADICIONALES

- **Abstract o participación en concursos del área 10%**
- **Artículo para congreso 20%**
- **Artículo para Journal 30%**

REFERENCIAS

1. Bernal, J., Bobadilla, J. y Gomez, P., “Reconocimiento de Voz y Fonética Acustica”, Ed. Alfaomega ra-ma, México, 2000.
2. Huang, X., Acero, A., y Hon, H-W, “Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm, and System Development”, Prentice Hall PTR, New Jersey, 2001.

3. Jurafsky, D., y Martin, J., “Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition”, Prentice Hall, New Jersey, 2000.
4. Alejandro A. Torres-García, Carlos A. Reyes-García, Luis Villaseñor-Pineda, Omar Mendoza-Montoya (Editors), **Biosignal Processing and Classification Using Computational Learning and Intelligence,** Published by Academic Press, Editorial Elsevier, London, UK, ISBN: 978-0-12-820125-1, 2021.
5. Jhon L. Semmlow, Biosignal and Biomedical Image Processing, Marcel Dekker Inc., New York, 2004.
6. Selzer M et al (2014) “Textbook of Neural Repair and Rehabilitation” (2 volumes).2nd Ed. Cambridge University Press.
7. Dietz V and Ward N (2015) “Oxford Textbook of Neurorehabilitation ” Oxford University Press, 480 pgs.
8. Reyes Garcia, C. A., Torres Garcia, A. A., Villaseñor Pineda, L., Leybon Ibarra, J., Introducción a las Interfaces Cerebro-Computadora (Brain-Computer Interfaces - BCI) en
9. Libro La interacción Humano-Computadora en Mexico, Editado por Jaime Muñoz Arteaga et al, Editorial Pearson Education, Mexico 2015, pp 255-280, ISBN 978-607-2720-9.
10. Naseer, Noman, and Keum-Shik Hong. "fNIRS-based brain-computer interfaces: a review." *Frontiers in human neuroscience* 9 (2015): 3.
11. Aghajani, Haleh, Marc Garbey, and Ahmet Omurtag. "Measuring mental workload with EEG+ fNIRS." Frontiers in human neuroscience 11 (2017): 359.
12. Tan, Juzhong, and Jie Xu. "Applications of electronic nose (e-nose) and electronic tongue (e-tongue) in food quality-related properties determination: A review." Artificial Intelligence in Agriculture 4 (2020): 104-115.
13. Brooks, D. J., et al. "Assessment of neuroimaging techniques as biomarkers of the progression of Parkinson's disease." Experimental neurology 184 (2003): 68-79.

Algunas Ligas Útiles en Internet:

1. **http://www.speech.cs.cmu.edu/comp.speech/SpeechLinks.html**
2. **http://cslu.ece.ogi.edu/**
3. **http://www.acm.org/sigsound/sigsoundlinks.html#Speech**
4. **http://cslr.colorado.edu/**