

Carrera: Maestría en Ingeniería Biomédica y Doctorado en Ingeniería

Curso de Posgrado: Procesamiento digital avanzado de señales neurofisiológicas

Carga Horaria ¹: 60 horas

Docente/s a cargo: Dr. Bioing. Rubén Acevedo

Semestre: 2º

Año: 2022

Modalidad ²: Curso teórico-práctico

Carácter ³: Electivo

Contenidos Mínimos: Señales electrofisiológicas: generación y acondicionamiento. Señales y sistemas discretos. Análisis frecuencial: transformada discreta de Fourier, estimación espectral. Análisis tiempo frecuencia: espectrograma, transformada ondita, transformada paquetes de onditas. Representación de señales basadas en diccionarios. Análisis de componentes principales, análisis de componentes independientes. Aplicaciones.

Programa Analítico de foja: a foja:

Bibliografía de foja: a foja:

Aprobado Res. C. D.: **Modificado/Anulado/ Res. C. D.:**

Fecha:

Fecha:

Carece de validez sin la certificación de la Comisión de Posgrado:

Unidad I: Generación e instrumentación de biopotenciales

Generación de actividad eléctrica por nervios y músculos. Potencial eléctrico. Teoría del dipolo. Conductor de volumen: registro de campo cercano y campo lejano. Electrodo polarizables y no polarizables. Funcionamiento de los electrodos y circuitos equivalentes. Interfase electrodo-piel. Electrodo superficiales. Electrodo internos. Consideraciones prácticas en el uso de electrodos. Amplificadores para señales bioeléctricas. Técnicas de reducción de interferencias.

Unidad II: Señales neurofisiológicas

Electroencefalograma: Origen. Instrumentación y registro. Descripción de la señal. Análisis de la señal. Introducción al EEG cuantitativo (QEEG). Aplicaciones clínicas y en investigación.
Potenciales evocados: Origen. Instrumentación y registro. Descripción de la señal: potenciales evocados auditivos, visuales y somatosensoriales. Análisis de la señal. Aplicaciones clínicas y en investigación.
Electromiograma: Origen. Instrumentación y registro. Descripción de la señal. EMG de aguja y de superficie. Análisis de la señal. EMG estático, dinámico y evocado. Aplicaciones clínicas y en investigación.

Unidad III: Fundamentos de procesamiento digital de señales

Concepto de señal y ruido. Digitalización de señales. Espacio de señales. Independencia lineal, bases y transformaciones. Producto interno en las transformaciones. Transformada de Fourier: series de Fourier, transformada continua de Fourier, transformada discreta de Fourier y su inversa. Aliasing en el dominio de la frecuencia. Análisis de señales no estacionarias: espectrograma. Sistemas lineales e invariantes en el tiempo (LTI). Convolución: definición, propiedades. Deconvolución: definición. Transformada Z: definición. Relación con la transformada de Laplace y la transformada de Fourier. Funciones de transferencia. Transformaciones conformes.

Unidad IV: Estimación espectral

Densidad espectral de energía. Señales aleatorias: densidad espectral de potencia. Periodograma: definición. Métodos no paramétricos: Welch, Blackman-Tukey, otros. Métodos paramétricos: Yule-Ar, Burg, otros.

Unidad V: Representación tiempo frecuencia

Transformada ondita continua. Familias de onditas. Transformada ondita diádica. Relación con banco de filtros y transformada rápida ondita. Paquetes de onditas. Bancos de filtros y bases estructuradas. Árboles y espacios. Admisibilidad y número de bases. Ejemplos de bases en paquetes y bases coseno.

Unidad VI: Descomposición de señales

Análisis de componentes principales, distintas formulaciones, consideraciones prácticas. Análisis de componentes independientes: formulaciones alternativas, funciones objetivo y métodos de optimización. Representaciones basadas en diccionarios. Representaciones basadas en diccionarios: ralas y/o factoriales. Planteo general. Métodos determinísticos y estocásticos. Relación con el análisis de componentes independientes. Selección de coeficientes o inferencia: caso limpio y ruidoso. Métodos de selección de

subconjuntos. Búsqueda de bases y búsqueda por coincidencia. Búsqueda del diccionario o aprendizaje: Diccionarios fijos o "a medida" y óptimos.

Unidad VII: Procesamiento digital avanzado de EEG y PE

Pre-procesamiento de EEG: selección de bandas de frecuencias, eliminación de artefactos mediante ICA. Conectividad funcional. Clúster espacio temporales.

Unidad VIII: Interfaces cerebro computadoras para rehabilitación

Principio de funcionamiento de las interfaces cerebro-computadora basadas en electroencefalografía. Diagrama en bloques. Paradigmas utilizados para detectar la intención del usuario. Etapas involucradas en la investigación y el desarrollo, y durante el uso. Aplicaciones como tecnología asistiva y para recuperación de funciones. Aprendizaje Maquinal: estrategias y algoritmos para extracción de características y para clasificación.

Unidad IX: Interfaces cerebro computadora relacionadas con el habla

Habla, señales cerebrales y BCI. Producción y percepción del habla. ¿Qué sucede en el cerebro durante el habla? Decodificación a partir de señales cerebrales: auditiva, articuladora, fonológica, semántica, sintáctica, visual y espacial. Análisis/reconocimiento de voz a partir de bioseñales no acústicas. Fusión de bioseñales complementarias. Habla silenciosa. Habla imaginada. Voz interna. Procesamiento del habla mediado por BCI. Reconocimiento y síntesis de voz a partir de señales cerebrales. Otras aplicaciones relacionadas: música imaginada, reconocimiento de emociones a partir de EEG.



BIBLIOGRAFIA

- Proakis, Manolakis , "Tratamiento Digital de Señales: principios y fundamentos"; Prentice Hall; 1998.
- Milone D., Rufiner L., Acevedo R., Di Persia L., Torres H, "Introducción a las señales y sistemas discretos", EDUNER, 2006.
- D. Daly, T. Pedley, "Current Practice of Clinical Electroencephalography". Lippincott-Raven, 1990.
- Misulis K., "Spehlmann's Evoked Potentials: Primer Visual, Auditory and Somatosensory Evoked Potentials in Clinical Diagnosis", Butterworth-Heinemann, 1994.
- Akay M, "Detection and Estimation Methods for Biomedical Signal", Academic Press, 1996.
- Evans J, Abarbanel A, "Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback".. Academic Press, 1999.
- Webster J, "The Measurement, Instrumentation and Sensor Handbook", CRC Press & IEEE Press, USA, 1999.
- Kandel E, Schwartz J, Jessell T, "Principios de Neurociencia", 4º ed., McGraw-Hill Interamericana, 2001.
- Merletti R, Parker P, "Electromyography: physiology, engineering and noninvasive applications", IEEE EMBS, Wiley & Sons Pub., 2004.
- Niedermeyer E, Lopes da Silva F, "Electroencephalography: basic principles, clinical applications and related fields", 5ta. ed., Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
- MATLAB for brain and cognitive scientists. Mike X. Cohen. Description: Cambridge, MA : MIT Press, [2017]
- Bastos André M., Schoffelen Jan-Mathijs. A Tutorial Review of Functional Connectivity Analysis Methods and Their Interpretational Pitfalls. Frontiers in Systems Neuroscience. vol 9, 2016

- Eric Maris, Robert Oostenveld. Non-parametric statistical testing of EEG- and MEG-data. *Journal of Neuroscience Methods*. 164(1), 2007
- Meyer, M., Lamers, D., Kayhan, E., Hunnius, S., and Oostenveld, R. Enhancing Reproducibility in Developmental EEG Research: BIDS, Cluster-Based Permutation Tests, and Effect Sizes. *Developmental Cognitive Neuroscience* 2021; 52 (May): 101036.
- Smith, S.M., and Nichols, T.E. Threshold-Free Cluster Enhancement: Addressing Problems of Smoothing, Threshold Dependence and Localisation in Cluster Inference. *NeuroImage* 2009; 44 (1): 83–98.
- Wolpaw, J. R. and Wolpaw, E. W. “Brain–Computer Interfaces Principles and Practice”, in Wolpaw, J. R. and Wolpaw, E. W. (eds) *Brain–Computer Interfaces Principles and Practice*. Nueva York, pp. 3–12, 2012
- Brunner C, Birbaumer N y Blankertz B. “BNCI Horizon 2020: towards a roadmap for the BCI community. *Brain-Computer Interfaces*”; 1–10, 2015.
- J. R. Wolpaw, J. del R. Millán y N. F. Ramsey, “Brain-computer interfaces: Definitions and principles,” in *Handbook of Clinical Neurology*, vol. 168, Elsevier B.V., pp. 15–23, 2020.
- Nam C., Nijholt A., Lotte F. “Brain–Computer Interfaces Handbook . Technological and Theoretical Advances”. CRC Press, 2018
- Mallat S., *A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way*, Academic Press; 3 edition (23 Jan 2009) .
- Mertins A., *Signal Analysis, Wavelets, Filter Banks, Time-Frequency Transforms and Applications*, John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- Strang, G. Nguyen, T.; *Wavelets and Filter Banks*. Wellesley-Cambridge Press, 1997.
- Elad, M., “*Sparse and Redundant Representations*”, Springer, 2010.
- Starck, J-L., Murtagh, F. y Fadili, J.; “*Sparse Image and Signal Processing*”, Cambridge University Press, 2010.
- Rufiner, H. L.; “*Análisis y modelado digital de la voz: Técnicas recientes y aplicaciones*”, Editorial UNL, 2009.
- Cernak, M., Asaei, A., and Hyal, A. (2018). Cognitive speech coding: Examining the impact of cognitive speech processing on speech compression. *IEEE Signal Processing Magazine*, 35(3):97109.
- Schultz, T., Wand, M., Hueber, T., Krusienski, D. J., Her, C., and Brumberg, J. S. (2017). Biosignal-based spoken communication: A survey. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 25(12):22572271.
- AlSaleh, Mashael M.; Arvaneh, Mahnaz; Christensen, Heidi; Moore, Roger K., *Brain-computer interface technology for speech recognition: A review*. Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference, APSIPA 2016, Jeju, South Korea, December 13-16, 2016.
- Jerrin Thomas Panachakel, Angarai Ganesan Ramakrishnan. *Decoding Covert Speech From EEG-A Comprehensive Review*, *Frontiers in Neuroscience*, April 2021, Volume 15.
- Ciaran Cooney, Raffaella Folli and Damien Coyle. *Review: Neurolinguistics Research Advancing Development of a Direct-Speech Brain-Computer Interface*, *iScience* 2018.

Objetivo General:

- Conocer y aplicar métodos de procesamiento digital avanzado en señales neurofisiológicas.

Objetivos Particulares:

- Brindar los conceptos necesarios para el registro de señales neurofisiológicas tales como el electroencefalograma (EEG), electromiograma (EMG) y potenciales evocados (PE).
- Conocer las bases matemáticas de los métodos de procesamiento digital de señales desarrollados en el curso.
- Aplicar dichos métodos en problemas de interés.

Metodología de Trabajo:

El dictado del curso se organizará en encuentros presenciales de 3 hs de duración, donde se desarrollarán conceptos teórico-prácticos y en instancias de trabajo bajo supervisión tutorial. En los temas relacionados a procesamiento digital las prácticas se realizarán en el laboratorio de computación, mientras que para los registros de señales electrofisiológicas se realizarán en el Centro de Ingeniería en Rehabilitación e Investigaciones Neuromusculares y Sensoriales (CIRINS). Los alumnos deberán presentar informes de los trabajos prácticos, para lo cual podrán consultar al cuerpo docente en las horas de tutoría destinadas para eso.

Equipo docente:

Dr. Bioing. Rubén Acevedo
Dra. Bioing. Yanina Atum
Dr. Bioing. José Biurrun Manresa
Mg. Bioing. Carolina Carrere
Dr. Bioing. Leandro DiPersia
Mg. Bioing. Eduardo Filomena
Dr. Bioing. Christian Mista
Dr. Bioing. Leonardo Rufiner
Dr. Bioing. Luciano Schiaffino
Dra. Bioing. Carolina Tabernig

Cronograma del Curso:

Días de encuentros presenciales: **lunes 09:00 a 12:00 hs** (puede variar en algunas clases)

Fecha de inicio: **22/08/22**

Semana	Fecha	Tema	Profesor
1	22/08	Instrumentación de biopotenciales	Eduardo Filomena
2	29/08	Electroencefalograma y potenciales evocados	Rubén Acevedo
3	05/09	Electromiograma	Carolina Tabernig
4	12/09	Registro de señales electrofisiológicas	José Biurrun Yanina Atum Luciano Schiaffino
5	19/09	Señales discretas y espacios de señales	Rubén Acevedo
6	26/09	Transformada discreta de Fourier	Rubén Acevedo
7	03/10	Sistemas LTI discretos – Convolucion – Funciones de transferencia	Rubén Acevedo
8	17/10	Estimación espectral	Rubén Acevedo
9	24/10	Representaciones tiempo frecuencia	Leonardo Rufiner
10	31/10	Análisis de componentes principales- Análisis de componentes independientes	Leandro Di Persia
11	07/11	Descomposición de señales basadas en diccionarios	Leonardo Rufiner
12	14/11	Preprocesamiento de EEG: selección de bandas de frecuencias, remoción de artefacto mediante ICA. Conectividad funcional. Cluster espacio temporales	Christian Mista
13	21/11	Interfaces cerebro computadoras en rehabilitación	Carolina Carrere Carolina Tabernig Rubén Acevedo
14	28/11	Interfaces cerebro computadora relacionadas con el habla	Leonardo Rufiner
A definir		Evaluación final	

Condiciones de aprobación

Asistencia al 80% de las clases.

Aprobación del 80 % de los trabajos prácticos.

Aprobar la exposición oral de un artículo científico relacionado con los temas desarrollados.

Infraestructura necesaria:

- Aula de posgrado
- Equipamiento para registro de señales instalado disponible en el CIRINS.
- Insumos para registros: electrodos descartables, gel, alcohol.