

1) DATOS SOBRE EL CURSO:

1.1 Nombre completo del curso: Fundamentos para el Procesamiento de Señales de Electromiografía de Superficie

1.2 Nombre abreviado: Procesamiento-EMG

1.3 Subárea/s proponente/s: Ciencias Fisiológicas, Biofísica

1.4 Otras subáreas potencialmente interesada/s: Neurociencias

1.5 Cupo de estudiantes: 15

1.6 Número estimado de estudiantes: 10

1.7 Fechas previstas para la realización del curso: Última semana de setiembre

1.8 Duración total del curso: 1 semana

Carga horaria total: 50 horas

Carga horaria de clases teóricas: 15 horas

Carga horaria de clases prácticas: 15 horas (más 20 horas de proyecto final)

1.9 Actividades a realizar dentro del curso:

Clases expositivas teóricas: 15 horas

Trabajo de laboratorio: 15 horas

Actividades no presenciales: 20

Actividades no presenciales (Proyecto final): 20 horas

1.10. Evaluación del curso: Defensa oral del proyecto final.

1.11. Especifique si el curso admite a estudiantes de grado y de otras carreras de posgrado: Admite estudiantes de posgrado de otras carreras

1.12. Modalidad de dictado: Presencial con transmisión simultánea por zoom

2) DATOS SOBRE EL/LOS COORDINADOR/ES y DOCENTES PARTICIPANTES DEL CURSO.

2.1 Coordinador/es del curso: Carlo Biancardi (cbiancardi@cup.edu.uy) , Germán Pequera (gpequera@cup.edu.uy)

2.2 Docentes participantes (PEDECIBA): Germán Pequera, Carlo Biancardi

2.3 Docentes participantes invitados: No hay

2.4 Estudiantes de posgrado colaboradores: No hay

4) FICHA DE RESUMEN DEL CURSO:

Título del curso: Fundamentos para el Procesamiento de Señales de Electromiografía de Superficie

Coordinador/es responsables: Germán Pequera, Carlo Biancardi

Subáreas a las que está dirigido: Ciencias Fisiológicas, Biofísica

Fechas de realización y duración total: 1 semana (curso intensivo)

Carga horaria total, teórica y práctica: 50

Contenido del curso:

El curso está orientado a estudiantes que se enfrentan al análisis de datos de electromiografía de superficie (EMGs) para su primer proyecto de investigación. En este sentido se espera, en primer lugar, que el estudiante sea capaz de entender el valor de configurar un entorno virtual de trabajo. Además, se pretende que el estudiante comprenda las características básicas de la señal de EMGs, así como los procedimientos estándar para la extracción de características. También serán realizados procedimientos de tipo avanzado como el análisis de sinergias musculares y la transformada de Wavelet.

Palabras claves: sEMG, Python, Procesamiento de señales, Electromiografía

Programa

Sesión 1: Configuración del entorno de trabajo y Jupyter Notebook

Sesión 2: Origen de la señal y adquisición de datos. Visualización y exploración de datos.

Teoría: Fisiología de las unidades motoras; el Potencial de Acción; Trenes de Potenciales de Acción de Unidades Motoras (MUAPTs). Introducción a la EMG de superficie (sEMG).

Laboratorio: Visualización y exploración de datos reales de sEMG en Jupyter. Análisis de los metadatos del archivo (frecuencia de muestreo, unidades, canales) y manipulación de arreglos de datos (*arrays*).

Sesión 3: Identificación de ruido y artefactos. Caracterización espectral.

Teoría: Fuentes de contaminación en sEMG: interferencia de la línea eléctrica (50/60 Hz), deriva de la línea base, artefactos de movimiento y *crosstalk*.

Laboratorio: Identificación y caracterización espectral de los diferentes tipos de ruido

Sesión 4: Estrategias de filtrado digital.

Teoría: Diseño de filtros específicos para sEMG. Filtros Pasa-altas (eliminación de movimiento), Pasa-bajas (antialiasing y ruido de alta frecuencia) y filtros Notch/Rechaza-banda.

Laboratorio: Implementación de una etapa completa de preprocesamiento utilizando *scipy.signal* para limpiar y dejar lista una señal cruda.

Sesión 5: Medidas de amplitud y la envolvente lineal

Teoría: Estimación de la amplitud de la señal. Fundamentos de la normalización de amplitud según la Máxima Contracción Isométrica Voluntaria (%MVIC). Rectificación de onda completa vs. media onda. Técnicas de suavizado: media móvil (Moving Average), Raíz Cuadrada Media (RMS) y el diseño de la Envolvente Lineal mediante filtrado pasa-bajas.

Laboratorio: Construcción del pipeline para extraer la envolvente lineal. Experimentación con diferentes longitudes de ventana y frecuencias de corte para ver cómo afectan el seguimiento de la activación muscular.

Sesión 6: Segmentación de la señal y tiempos de activación

Teoría: Lógica algorítmica para la identificación automática del comienzo (*onset*) y cese (*offset*) del activación muscular. Aplicación de umbrales estadísticos y del Operador de Energía de Teager-Kaiser (TKEO).

Laboratorio: Desarrollo de un sistema de detección de *onset* basado en TKEO para la cuantificación automatizada de latencias musculares en respuesta a estímulos específicos.

Sesión 7: Análisis espectral y seguimiento de la fatiga

Teoría: Implementación de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) en sEMG. Estimación de la Densidad Espectral de Potencia (PSD). Correlato fisiológico de la fatiga muscular y su impacto en la señal: migración del espectro hacia componentes de baja frecuencia. Índices de fatiga: Frecuencia Media (MNF) y Frecuencia Mediana (MDF).

Laboratorio: Procesamiento de registros obtenidos durante contracciones isométricas mantenidas. Determinación de la PSD mediante ventanas de tiempo y representación gráfica del descenso en la MDF para la cuantificación del proceso de fatiga.

Sesión 8: Introducción al análisis tiempo-frecuencia

Teoría: La limitación de Fourier: Por qué la FFT falla en contracciones dinámicas (marcha, saltos, fatiga en movimiento). El concepto de no-estacionariedad. Fundamentos del Análisis Tiempo-Frecuencia.

Transformada de Fourier de Tiempo Corto (STFT) vs. Transformada Wavelet Continua (CWT). El método de Von Tschärner (2000): Diseño del banco de filtros biológicamente escalados (típicamente de 10 a 12 filtros que cubren el rango de 10 Hz a 500 Hz).

Laboratorio: Implementación de un banco de filtros Wavelet basado en el paper de Von Tschärner (2000) y generar un mapa de intensidad tiempo-frecuencia.

Sesión 9: Coordinación intermuscular y sinergias musculares

Teoría: Dinámica de la interacción muscular mutua y cálculo del Índice de Co-contracción (CCI). Las Sinergias Musculares entendidas como el mecanismo del sistema nervioso central orientado a simplificar los grados de libertad. Técnicas de reducción de dimensionalidad aplicadas mediante la Factorización de Matrices No Negativas (NMF).

Laboratorio: Implementación de algoritmos NMF sobre registros de marcha o movimientos de alcance (empleando entre 6 y 8 canales de sEMG) con el fin de identificar componentes espaciales y determinar sus respectivos patrones de activación cronológica. Librería `musclesyneRgies`.

Sesión 10: Control de versiones (Git) y presentación del proyecto final.

Bibliografía

Merletti, R., & Farina, D. (Eds.). (2016). Surface Electromyography: Physiology, Engineering, and Applications. Wiley-IEEE Press.

Santuz, A. (2022). `musclesyneRgies`: factorization of electromyographic data in R with sensible defaults. Journal of Open Source Software, 7(74), 4439. <https://doi.org/10.21105/joss.04439>.

Stergiou, N. (2020). Biomechanics and Gait Analysis. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813372-9.00007-5>

von Tschärner, V. (2000). Intensity analysis in time-frequency space of surface myoelectric signals by wavelets of specified resolution. Journal of Electromyography and Kinesiology, 10(6), 433-455.

DOI: 10.1016/S1050-6411(00)00030-4