

Física de sistemas complejos y neuroimágenes

Dante R. Chialvo - Conicet/UNR
www.chialvo.org
dchialvo@gmail.com

Martes y Jueves 16:00 – 19:00.
Comienza el martes 29 de Mayo 2012.
Aula Federman - Departamento de
Física Pab. I - Ciudad
Universitaria

Resultados de la última década en el área de física estadística muestran semejanzas no triviales entre el comportamiento de sistemas complejos de diverso origen, sea biológico, social, conductual, político, ecológico o tecnológico. Uno de estos aspectos es la aparición de estructuras o redes por donde la información fluye y por donde las interacciones ocurren. Del análisis de estas redes complejas se puede avanzar en el entendimiento de cómo funcionan sistemas altamente complejos en disciplinas muy variadas. Otro de estos aspectos es como reducir los grados de libertad del sistema sin perder la descripción de las propiedades emergentes del mismo. Todo esto ha generado un creciente interés en el uso de estas herramientas para el análisis de imágenes de resonancia magnética funcional del cerebro, conducentes

a comprender mas detalladamente la organización espacio-temporal del cerebro a gran escala en salud y enfermedad.

El curso propuesto es de carácter teórico-práctico intensivo destinado a discutir principios de la física de sistemas complejos y técnicas de análisis computacional de imágenes cerebrales obtenidas con Resonancia Magnética. El material es apropiado para estudiantes graduados de carreras afines a las Ciencias Exactas y Medicas. El curso comenzará con una revisión critica de los resultados mas relevantes en sistemas complejos. Luego se focalizara en los mas recientes avances de estas técnicas para el estudio de la función cerebral en salud y enfermedad.

Programa Tentativo

Unidad 1: Introducción a las ciencias de la complejidad con énfasis en aplicaciones en biología, ciencias sociales y de la conducta. Transiciones de fase. Como emerge la complejidad desde la simplicidad. Criticalidad auto-organizada como generador de complejidad en sistemas.

Unidad 2: Las redes complejas como "esqueleto" de los sistemas complejos. Como definir a partir del flujo de las interacciones los nodos y los enlaces de una red en sistemas sociales, biológicos, lingüísticos entre otros. Distintos tipos de redes homogeneas, inhomogeneas y de "pequeño mundo". Como construir una red sólida y como destruir una red. Concepto de Fragilidad y Robustez en redes. Redes estáticas y redes que evolucionan. Aspectos estructurales y topológicos de las redes.

Unidad 3: Introducción a la resonancia magnética: física de la adquisición de imágenes estructurales y funcionales. Introducción a la fisiología de la señal BOLD: qué mide la resonancia magnética funcional?

Ventajas y desventajas del fMRI como medio de registrar actividad cerebral. Posibles artefactos, necesidad de un postproceso de las imágenes. Métodos "hipótesis-driven o data-driven". Introducción de la suite de herramientas FSL.

Unidad 4: Preprocesado de imágenes "crudas" de fMRI: segmentación hueso/tejido cerebral, corrección de movimiento, suavizado espacial, filtros temporales, registración espacial, etc. Análisis estadístico de experimentos de fMRI con diseño por bloques: modelo general lineal (GLM). Ejemplo: obtención de mapas de activación en una tarea motora sencilla (finger-tapping) - introducción de FSL-FEAT.

Unidad 5: Métodos para el análisis global de la actividad cerebral: análisis probabilístico de componentes independientes (PICA, FSL-MELODIC). Componentes independientes artefactuales y su eliminación (denoising). Componentes independientes que reflejan activación coordinadas similares a patrones de activación. Ejemplo: obtención de redes funcionales asociadas a sitios en distintos sistemas con funciones bien definidas (motor, modo "default", auditivo, visual, etc).

Unidad 6: Estudio de la Conectividad Funcional y Estructural del cerebro humano. Mapas de correlación lineal basados en semillas, promedios gatillados (método de rBeta). Correspondencia entre métodos de perturbación y métodos de estudio del cerebro en reposo: obtención de redes de estado de reposo y comparación con resultados obtenidos en la unidad anterior. Conectividad estructural: introducción al tensor de difusión. Anisotropía fraccional y tractografías.

Unidad 7: Formulación de modelos neuronales y de poblaciones. Modelos discretos y modelos continuos. Caracterización de procesos emergentes, parámetros de orden y de control. Estudio numérico de transiciones de

fase en modelos de neural mass. Comparación con resultados experimentales obtenidos con Resonancia magnética.