

NEUROCIENCIA DE SISTEMAS



PROFESOR

- Dr. Guillermo Cecchi

- IBM Research Computational
Biology Center T.J. Watson
Research Center
1101 Kitchawan Rd., Yorktown
Heights New York 10598 – USA

- Phone: (914) 945-1815
Email: gcecchi@us.ibm.com
Homepage: <http://www.research.ibm.com/people/g/gcecchi>

DESCRIPCIÓN DEL CURSO

Este curso consta de un análisis crítico del sistema nervioso humano fundamentado en modelos teóricos y computacionales de su funcionamiento (clásicos como recientes) en los que fenómenos microscópicos dan origen a comportamientos macroscópicos y globales, compatibles con las necesidades funcionales del cerebro y sus funciones cognitivas. Al mismo tiempo se presentará una aproximación a las técnicas experimentales que permiten observar este tipo de fenómeno, la estructura y complejidad de los datos obtenidos, y los conceptos analíticos empleados para su estudio. Finalmente, este curso presenta un abordaje de temas de alto interés práctico en la actualidad (inteligencia artificial y aprendizaje automático) inspirado en investigaciones sobre el sistema nervioso humano en combinación con métodos clásicos compartidos con la física estadística y la teoría de sistemas complejos. Se enfatizará como estos métodos se inspiran en arquitecturas cognitivas típicas del cerebro humano y al mismo tiempo pueden ser utilizados para comprender al mismo, analizando datos obtenidos por distintos medios (desde neuroimágenes hasta lenguaje natural hablado o escrito) y ser también aplicados al diagnóstico de enfermedades neuropsiquiátricas. Se mantendrá por lo tanto un balance entre una perspectiva teórica y las aplicaciones prácticas, enfatizando la creciente necesidad de nuevas herramientas conceptuales para abordar la enorme complejidad de los sistemas neurales.

PROGRAMA DETALLADO

Primera clase: Física estadística de las redes complejas y organización del sistema nervioso.

Organización estructural del sistema nervioso humano y su modelado utilizando técnicas de redes complejas. Analogías con otros sistemas físicos, biológicos y tecnológicos. Distintos tipos de redes, propiedades computacionales asociadas, tolerancia a fallos. Uso de técnicas de teoría de grafos y redes complejas en problemas de clasificación del lenguaje natural.

Segunda clase: Dinámica cerebral multiescala.

Dinámica neuronal en múltiples escalas espaciales y temporales: introducción a la dinámica de células aisladas, modelado de redes neuronales y de dinámica neuronal mesoscópica.

Criticalidad dinámica y estadística en modelos del sistema nervioso humano. Algoritmos de aprendizaje automático inspirados en la arquitectura neuronal del cerebro humano: redes neuronales artificiales multicapa y el algoritmo de *backpropagation*, redes neuronales convolucionales y *deep learning*.

Tercera clase: Enfoques empíricos para investigar la dinámica cerebral humana como un sistema complejo.

Aproximación empírica a la neurociencia de sistemas. Métodos para investigar la dinámica y conectividad cerebral en diferentes escalas espacio-temporales. Modelado y análisis de datos de neuroimágenes adquiridos en humanos. Aplicación de técnicas de aprendizaje automático para el diagnóstico y pronóstico de enfermedades neuropsiquiátricas a partir de datos no-invasivos de resonancia magnética funcional (fMRI) y electroencefalografía (EEG).

Cuarta clase: Desde la neurobiología y la física estadística a la inteligencia artificial

Arquitecturas computacionales inspiradas en el cerebro humano. Aprendizaje automático, y redes complejas, algoritmos basados en *kernels* (e.g. *support vector machines*), métodos de tipo *ensemble*, aprendizaje no-supervisado y técnicas de agrupamiento de datos. Métodos de tipo Bayesiano y teorías cognitivas basadas en el algoritmo de Bayes (e.g. toma de decisiones e integración sensorial multimodal de tipo Bayesiano).

Quinta clase: Análisis automático del discurso humano y su aplicación en psiquiatría y neurología.

Modelado del lenguaje humano, producción y comprensión, utilizando análisis semántico latente (LSA). Técnicas para la normalización y reducción de rango de la matriz de ocurrencia de palabras e implementación práctica del algoritmo LSA. Otros algoritmos basados en redes neuronales (e.g. *word2vec*). Psiquiatría computacional y aplicación de estos algoritmos para el diagnóstico y pronóstico de enfermedades neuropsiquiátricas.

PREREQUISITOS

Este curso está orientado a estudiantes avanzados de la Lic. en Cs. Físicas y carreras afines y estudiantes de doctorado. Los prerequisites teóricos incluyen familiaridad con herramientas matemáticas del álgebra lineal y análisis matemático, y preferentemente conocimientos de física estadística y dinámica no lineal. Los prerequisites prácticos incluyen familiaridad básica con algún lenguaje de programación (e.g. Matlab, Python) y la lógica asociada.

FECHA PROPUESTA

Octubre 2018.

CARGA HORARIA

30 horas, distribuidas en 5 clases diarias durante una semana (3 horas teóricas + 3 horas práctico).

FORMA DE APROBACIÓN

Entregar ejercicios teóricos por clase y realización de un trabajo práctico final.



BIBLIOGRAFÍA

Bullmore, Ed, and Olaf Sporns. "Complex brain networks: graph theoretical analysis of structural and functional systems." *Nature reviews. Neuroscience* 10.3 (2009): 186.

Eguiluz, Victor M., et al. "Scale-free brain functional networks." *Physical review letters* 94.1 (2005): 018102.

Magnasco, Marcelo O., Oreste Piro, and Guillermo A. Cecchi. "Self-tuned critical anti-Hebbian networks." *Physical review letters* 102.25 (2009): 258102.

Solovey, Guillermo, et al. "Self-regulated dynamical criticality in human ECoG." *Frontiers in integrative neuroscience* 6 (2012).

Pereira, Francisco, Tom Mitchell, and Matthew Botvinick. "Machine learning classifiers and fMRI: a tutorial overview." *Neuroimage* 45.1 (2009): S199-S209.

Poldrack, Russell A. "Inferring mental states from neuroimaging data: from reverse inference to large-scale decoding." *Neuron* 72.5 (2011): 692-697.

Zdeborová, Lenka, and Florent Krzakala. "Statistical physics of inference: Thresholds and algorithms." *Advances in Physics* 65.5 (2016): 453-552.

MacKay, David JC. *Information theory, inference and learning algorithms*. Cambridge university press, 2003.

Bedi, Gillinder, et al. "Automated analysis of free speech predicts psychosis onset in high-risk youths." *npj Schizophrenia* 1 (2015): 15030.

Bedi, Gillinder, et al. "A window into the intoxicated mind? Speech as an index of psychoactive drug effects." *Neuropsychopharmacology* 39.10 (2014): 2340.

Diuk, Carlos G., et al. "A quantitative philology of introspection." *Frontiers in integrative neuroscience* 6 (2012).

Landauer, Thomas K., Peter W. Foltz, and Darrell Laham. "An introduction to latent semantic analysis." *Discourse processes* 25.2-3 (1998): 259-284.



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Ref. Expte. N° 498.506/10

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, -2 JUL 2018

VISTO

La nota a foja 36 presentada por la Dirección del Departamento de Física, mediante la cual eleva la información del curso de posgrado **Neurociencia de Sistemas**, para el año 2018.

CONSIDERANDO

Lo actuado por la Comisión de Doctorado,

Lo actuado por la Comisión de Posgrado,

Lo actuado por este Cuerpo en la sesión realizada en el día de la fecha,

En uso de las atribuciones que le confiere el Artículo 113° del Estatuto Universitario,

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: Autorizar el dictado del curso de posgrado **Neurociencia de Sistemas**, de 30 hs de duración, que será dictado por los Dres. Guillermo Cecchi, Gabriel Mindlin, Pablo Valenzuela y Enzo Tagliazuchi.

ARTÍCULO 2°: Aprobar el programa del curso de posgrado **Neurociencia de Sistemas**, obrante a fojas 45/46 (anverso y reverso) del expediente de referencia, para su dictado durante el segundo cuatrimestre de 2018.

ARTÍCULO 3°: Aprobar un puntaje máximo de uno y medio (1,5) puntos para la Carrera del Doctorado.

ARTÍCULO 4°: Comuníquese a la Dirección del Departamento de Física, la Dirección de Alumnos, la Biblioteca de la FCEyN y la Secretaría de Posgrado, con fotocopia del programa incluido. Cumplido archívese.

Resolución CD N° 1622
ga/ 26/06/2018

Dr. PABLO J. PAZOS
Secretario Adjunto de Posgrado
FCEyN - UBA

Dr. JUAN CARLOS REBOREDA
DECANO