UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-022-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Integración de la plasticidad a corto plazo de Tsodyks-Markram en el modelo de Kuramoto

Descripción general (resumen y metodología):

Este trabajo introduce un marco computacional que integra la plasticidad sináptica a corto plazo por ejemplo tipo Tsodyks-Markram en un modelo de osciladores de fase de Kuramoto acoplados. Mediante este enfoque on puede reducir el coste computacional de simular microscópicamente redes neuronales realistas, considerando un sistema dinámico con dimensionalidad menor que simula la actividad de diferentes regiones del cerebro en vez de la dinámica de neuronas individuales. Se estudiarán diferentes tipos de topologías de conexiones entre regiones cerebrales, y en particular se simulará una topología de red no local en anillo, donde la fuerza de conexión efectiva se autorregula dinámicamente según la frecuencia de disparo aparente. Entre los resultados esperados estaría ver si la fatiga biológica producida por la plasticidad sináptica puede inducir de forma espontánea una rotura de la simetría, fracturando la red en dos poblaciones coexistentes con diferentes estados de sincronización (los llamados estados quimera). Se tendría así un marco teórico que permitiría modelar la homeostasis y la formación de ritmos cerebrales macroscópicos a gran escala de manera matemáticamente eficiente y altamente reproducible.

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

Objetivo 1: Desarrollar un modelo matemático híbrido que integre la plasticidad de Tsodyks-Markram en osciladores de Kuramoto, reduciendo drásticamente el coste computacional.

Objetivo 2: Demostrar que la fatiga sináptica es capaz de generar estados quimera por sí sola en un anillo no local, sin necesidad de usar desfases matemáticos artificiales.

Objetivo 3: Evaluar cómo este mecanismo de plasticidad actúa como un freno homeostático natural para evitar la hipersincronía patológica (como la epilepsia).

Bibliografía básica:

1. Tsodyks, M. V., & Markram, H. (1997). The neural code between neocortical pyramidal neurons depends on neurotransmitter release probability. Proceedings of the National Academy of Sciences, 94(2), 719-723.
2. Kasatkin, D. V., Yanchuk, S., Schöll, E., & Nekorkin, V. I. (2017). Self-organized emergence of multilayer structure and chimera states in dynamical networks with adaptive couplings. Physical Review E, 96(6), 062211.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

1. Altos conocimientos en Física, Matemáticas y en Teoría de Sistemas Dinámicos
2. Dominio de lenguajes de programación de alto nivel y de métodos numéricos.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: JOAQUÍN TORRES AGUDO

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

Correo electrónico: jtorres@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: RAFAEL GARCIA MILLAN

Correo electrónico: rgm220703@correo.ugr.es