



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: La emergencia de la criticidad en redes neuronales mediante el aprendizaje

Descripción general (resumen y metodología):

El proyecto se enmarca dentro de la hipótesis de criticidad en el cerebro, la cual propone que las redes neuronales obtienen ventajas funcionales al operar en el límite de una transición entre una fase ordenada y una desordenada. Las señales de criticidad en el cerebro incluyen la invariancia de escala en los patrones espacio-temporales de actividad neuronal y dinámicas complejas con múltiples modos dinámicos relevantes. Sin embargo, aún se debate cómo el cerebro alcanza este punto tan especial (de medida nula en el espacio de parámetros) [RMP].

La primera parte del TFG consistirá en entender cómo identificar indicios de una dinámica crítica en el cerebro. A continuación, el estudiante aprenderá a modelar el cerebro como una red de nodos (las neuronas) y enlaces (las sinapsis). Se parametrizará el conjunto de matrices de conectividad (sináptica), se dotará a los nodos de una dinámica simple (lineal) y se estudiará el diagrama de fases en función del parámetro sináptico [BC].

Posteriormente, el estudiante introducirá una dinámica de aprendizaje anti-Hebbiana en las sinapsis y analizará bajo qué condiciones el sistema se autoorganiza hacia el punto crítico [PRL], mediante el estudio de las propiedades estadísticas del espectro de autovalores del conjunto de matrices de conectividad después del aprendizaje.

Opcionalmente, se explorarán dinámicas de aprendizaje alternativas, con el objetivo de recuperar propiedades de la matriz de conectividad que sean más plausibles desde el punto de vista biológico [FF].

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

Objetivos planteados:

Primero, el estudiante aprenderá nociones básicas sobre fenómenos críticos y teoría de grafos. Luego, estudiará e implementará un algoritmo para simular el modelo de tasa lineal, y aprenderá a identificar las señales de criticidad en dicho sistema. A continuación el estudiante, explorará las ideas de aprendizaje (en línea y no supervisado) y la posibilidad de que el sistema se autoorganice hacia un punto crítico mediante el aprendizaje. Finalmente analizará las propiedades estadísticas del sistema después del aprendizaje y las comparará con datos experimentales.

Bibliografía básica:

[RMP] Munoz, M. A. (2018). Colloquium: Criticality and dynamical scaling in living systems. *Reviews of Modern Physics*, 90(3), 031001.

[BC] Morales, G. B., Di Santo, S., & Muñoz, M. A. (2023). Unveiling the intrinsic dynamics of biological and artificial neural networks: from criticality to optimal representations. *arXiv preprint arXiv:2307.10669*.

[PRL] Magnasco, M. O., Piro, O., & Cecchi, G. A. (2009). Self-tuned critical anti-Hebbian networks. *Physical review letters*, 102(25), 258102.

[FF] Cirunay, M., Ódor, G., Papp, I., & Deco, G. (2025). Scale-free behavior of weight distributions of connectomes. *Physical Review Research*, 7(1), 013134.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: SERENA DI SANTO

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

Correo electrónico: serenadisanto@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: Olmo Viviens Blázquez

Correo electrónico: olmoviviens@gmail.com