

Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

Tutor/a: Eduardo Ros Vidal

Departamento y Área de Conocimiento: Dept. Arquitectura y Tecnología de Computadores. **Área de conocimiento:** Arquitectura y Tecnología de Computadores.

Cotutor/a: Richard Carrillo Sánchez

Departamento y Área de Conocimiento: Dept. Arquitectura y Tecnología de Computadores. **Área de conocimiento:** Arquitectura y Tecnología de Computadores.

Título del Trabajo:

Modelo del hipocampo a nivel de neurociencia computacional. Estudio experimental.

Tipología del Trabajo:

(Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14)

(Marcar con X)

1. Revisión bibliográfica		4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio	
2. Estudio de casos teórico-prácticos		5. Elaboración de un proyecto	
3. Trabajos experimentales	X	6. Trabajo relacionado con prácticas externas	

Breve descripción del trabajo:

En el campo de neurociencia computacional se realizan simulaciones de neuronas y sistemas neuronales biológicamente plausibles (centros nerviosos) para comprender su funcionamiento interno. Es decir, identificar primitivas computacionales a nivel neuronal y cómo se basan en características del sustrato neurofisiológico (como dinámica neuronal, topología/estructura de la red y mecanismos de adaptación sináptica o aprendizaje).

En este marco se realizará un trabajo de simulación a nivel neuronal del hipocampo. Para ello se partirá de modelos descritos en la literatura y se adaptará a un entorno experimental para realizar pruebas de funcionamiento que permitan estudiar su dinámica interna y cómo se relacionan sus características con la función que realiza ese centro nervioso.

El hipocampo juega un papel fundamental en el aprendizaje de secuencias y desarrollo de mapas en tareas de navegación. Se puede simular en distinto grado de detalle; con modelos neuronales muy complejos compuestos por cientos de ecuaciones diferenciales acopladas o modelos más simplificados para centrarnos en cómo la estructura neuronal de la red (el microcircuito) soporta ciertas tareas de procesamiento como el aprendizaje de secuencias o tareas de navegación.

El trabajo experimental incluirá un breve estudio del campo científico en el que se desarrolla, aprendizaje de metodología y herramientas de simulación en este campo como etapas previas al trabajo experimental. En una segunda fase se realizará el desarrollo del modelo (o adaptación de modelos descritos en la literatura) y la integración con un entorno experimental (para integrar entradas neuronales al sistema y extraer la respuesta del sistema, en el marco de la realización de una tarea). En la siguiente fase realizarán las simulaciones que representan el objetivo experimental central del estudio y se analizarán sus resultados.

Por lo tanto se trata de un trabajo experimental en un campo científico como es neurociencia experimental. El trabajo se realizará en colaboración con el grupo de investigación CASIP que participa en el Human Brain Project a nivel internacional por lo que se fomentará la colaboración con integrantes del grupo de investigación y colaboradores internacionales.

Objetivos planteados:

Se trata de un trabajo experimental que contendrá objetivos de aprendizaje de herramientas, así como objetivos experimentales.

1. Comprensión de la utilidad de simulaciones neuronales para el estudio de cómo se basa la función que realizan los centros nerviosos en sus características internas. (Objetivo de aprendizaje dentro del campo de neurociencia computacional).
2. Aprendizaje de herramientas de simulación neuronal (simuladores neuronales). (Objetivo de aprendizaje de



- metodología de trabajo y herramientas ampliamente utilizadas en este campo).
3. *Relación de la estructura neuronal del hipocampo y mecanismos de plasticidad sináptica con su capacidad de procesamiento. (Objetivo experimental).*
 4. *Validación del modelo en un marco experimental (mediante la realización de simulaciones neuronales empotradas en un agente para el estudio en el marco de un ciclo cerrado de percepción-acción). (Objetivo experimental).*

Metodología:

Se trata de un proyecto de trabajo experimental. Para su realización práctica son necesarias varias etapas:

1. Estudio de modelos del hipocampo a distintos niveles de detalle.

En esta etapa se estudian los modelos del centro nervioso a nivel funcional y a nivel de estructura de la red neuronal. Se estudian artículos científicos en los que se describa cómo se relaciona la estructura del centro nervioso con su capacidad de procesamiento o para realizar una función. Es decir se estudian artículos científicos en los que se describa cómo la función de ese centro nervioso está soportada por las características del sustrato neurofisiológico.

2. Estudio y aprendizaje de herramientas de simulación neuronal (por ejemplo NEST o EDLUT como simuladores neuronales para modelos neuronales sencillos o modelos descritos directamente en código en algún lenguaje de programación).

Las simulaciones de sistemas neuronales se pueden realizar a distinto nivel de abstracción: a) de forma abstracta (como una caja negra con la función descrita directamente como una función de transferencia), b) con modelos neuronales sencillos y analógicos (señales de estado neuronal analógicas) y mecanismos de plasticidad descritos también como funciones locales y globales de las entradas/salidas neuronales, c) con modelos neuronales sencillos (dinámica neuronal definida por unas pocas ecuaciones diferenciales acopladas) basados en impulsos nerviosos y mecanismos de plasticidad neuronal dependientes de los tiempos de los impulsos de entrada/salida neuronal, d) modelos neuronales complejos a nivel molecular (dinámica neuronal definida por cientos de ecuaciones diferenciales acopladas) basada en modelos de canales iónicos, etc. Para simulaciones neuronales a distinto nivel de detalle se utilizan herramientas distintas o directamente código en algún lenguaje de programación. Se aprenderá el uso herramientas de simulación ampliamente utilizadas.

3. Desarrollo de configuración experimental. Integración de simulador neuronal con un entorno experimental que genere las entradas neuronales para el sistema y reciba las salidas neuronales del sistema.

4. Desarrollo de modelo neuronal de centro nervioso.

Nos basaremos en un modelo de centro nervioso descrito en un artículo científico. Se desarrollará y adaptará el modelo descrito al simulador neuronal que se utilice. Se “calibrará” el modelo adaptando los distintos parámetros que definan su dinámica interna.

5. Realización de simulaciones. Extracción de resultados experimentales.

Utilizando las herramientas de simulación e integrando el modelo del centro nervioso con el entorno experimental se realizarán distintas simulaciones para caracterizar la dinámica interna del modelo y la capacidad de realizar la función en el marco de una tarea de navegación o similar que requiera aprendizaje de secuencias.

6. Análisis de resultados experimentales.

Se realizarán distintas representaciones de los resultados y se analizará cómo el centro nervioso realiza una función como su contribución a la realización de movimientos complejos utilizando los mecanismos internos del modelo (procesamiento neuronal y adaptación sináptica).

7. Redacción de la memoria y presentación del Trabajo y elaboración de discusión y conclusiones.

Se elaborará una memoria del trabajo conteniendo distintas secciones que describan al campo de neurociencia computacional en el que se desarrolla el trabajo, los objetivos, la metodología y herramientas utilizadas, los resultados y las conclusiones.

8. Presentación y defensa del trabajo.

Se elaborará el material necesario para su defensa.

Bibliografía:



W. Gerstner and W. Kistler. Spiking Neuron Models: Single Neurons, Populations, Plasticity. Cambridge University Press 2002. ISBN-13: 978-0521890793. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815706>

B. Nashman. Modeling Your Brain On A Computer With Computational Neuroscience. 2019. <https://medium.com/@bennashman/modeling-your-brain-on-a-computer-with-computational-neuroscience-57596c919c70>

Kandel, E.R., Schwartz, J.H., Jessell, T.M. Principles of Neural Science. McGraw-Hill. 2000 (4rd Ed).

C. Simone, M. Migliore. Sequence learning in a single trial: a spiking neurons model based on hippocampal circuitry. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. 2020. (doi: <https://doi.org/10.1101/2020.01.09.898064>).

I. Abadía, F. Naveros, J.A. Garrido, E. Ros, N.R. Luque. On Robot Compliance: A Cerebellar Control Approach. IEEE Transactions on Cybernetics. 2019. doi: 10.1109/TCYB.2019.2945498

A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG
Alumno/a propuesto/a: José Requena Martínez

Granada, 19 de Mayo 2021



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Facultad de Ciencias
Sección de Físicas

*Campus Fuentenueva
Avda. Fuentenueva s/n
18071 Granada
Tfno. +34-958242902
fisicas@ngr.es*

Comisión Docente de Físicas
Facultad de Ciencias