



LICENCIATURA EN CIENCIAS DE DATOS
Propuesta de tema de tesis

Redes neuronales profundas como modelos del sistema visual humano

En años recientes, las redes neuronales convolucionales profundas se han consolidado como un posible modelo del procesamiento de información en el cerebro humano, especialmente en el dominio de la percepción visual. La mayoría de la evidencia proviene de estudios de neuroimágenes con resonancia magnética funcional (fMRI) donde se implementan modelos para predecir la respuesta neuronal en base a la representación interna de sucesivas capas de la red, y se observa que la predicción óptima por cada capa está en correspondencia con la jerarquía de regiones en la corteza visual primaria y secundaria. En este trabajo proponemos desarrollar un modelo similar pero en base a datos de electroencefalografía de alta densidad, en el cual se espera observar una correspondencia entre el tiempo de predicción óptima de la respuesta evocada, y la capa de la red, con capas más avanzadas prediciendo componentes más tardíos de la respuesta neuroeléctrica y viceversa.

Palabras clave: neurociencia, redes neuronales, aprendizaje automático, electroencefalografía

Conocimientos deseables

Programación en Python, conocimientos básicos de aprendizaje automático.

¿Qué podría aprender quien realice esta tesis?

Análisis de señales de EEG, implementación y validación de modelos de redes convolucionales, técnicas generales de aprendizaje automático (e.g. cómo medir performance de manera no sesgada, validación cruzada, regularización, etc).

Dirección de la tesis

*Tagliazucchi, Enzo
Laboratorio de Neurociencia Computacional - Instituto de Física Aplicada e Interdisciplinaria (INFINA)*

Contacto: tagliazucchi.enzo@googlemail.com

Más información en el pdf a continuación.

Título del plan: Redes neuronales profundas como modelos del sistema visual

Introducción: En años recientes, las redes neuronales convolucionales profundas se han consolidado como un posible modelo del procesamiento de información en el cerebro humano, especialmente en el dominio de la percepción visual. La mayoría de la evidencia proviene de estudios de neuroimágenes con resonancia magnética funcional (fMRI) donde se implementan modelos para predecir la respuesta neuronal en base a la representación interna de sucesivas capas de la red, y se observa que la predicción óptima por cada capa está en correspondencia con la jerarquía de regiones en la corteza visual primaria y secundaria. En este trabajo proponemos desarrollar un modelo similar pero en base a datos de electroencefalografía de alta densidad, en el cual se espera observar una correspondencia entre el tiempo de predicción óptima de la respuesta evocada, y la capa de la red, con capas más avanzadas prediciendo componentes más tardíos de la respuesta neuroeléctrica y viceversa.

Plan de trabajo: En primer lugar, se procesarán los datos de electroencefalografía (EEG) ya disponibles de acuerdo a criterios estándar en la literatura. Estos datos provienen de un dataset con 50 sujetos percibiendo de forma pasiva una gran cantidad de objetos durante tiempos muy breves (del orden de 200 ms). En segundo lugar, ya se dispone de modelos de redes neuronales entrenados con imágenes similares a las utilizadas en el experimento, por lo que se evaluará la performance de las mismas; en caso de ser esta inferior a los valores típicos reportados en la literatura, se re-entrenará una red con el conjunto de datos usado en el experimento. Posteriormente, se obtendrá la representación intermedia de cada capa para cada imagen y se construirá una matriz de similitud entre pares en base a la similitud (o distancia) entre las capas, por ejemplo, calculando el coeficiente de correlación o la distancia Euclídea entre las mismas. De la misma forma, se construirá una matriz asociada a la similitud de la respuesta de EEG en base a la performance de un discriminador lineal para predecir la categoría del estímulo visual en base al voltaje en todos los electrodos. La similitud de respuesta a EEG estará indexada por el tiempo, es decir, se contará con una matriz dependiente del tiempo, la cual será comparada con la matriz de similitud entre capas interna de la red para cada par de imágenes en la base de datos. Esto resultará en una serie de tiempo de similitud por cada capa de la red. Finalmente, se representará el orden de la capa vs. el pico en la similitud con la respuesta de EEG, esperando una relación lineal entre ambas, tal como fue presentado en las hipótesis del plan.

Factibilidad: Los datos de EEG fueron publicados recientemente (Grootswagers, T., Zhou, I., Robinson, A. K., Hebart, M. N., & Carlson, T. A. (2022). Human EEG recordings for 1,854 concepts presented in rapid serial visual presentation streams. *Scientific Data*, 9(1), 3.) y se encuentran disponibles en una base de datos pública. Los mismos se encuentran descargados en un servidor del laboratorio y propiamente ordenados para su análisis. Los análisis de similitud en base a discriminador lineal pueden desarrollarse rápidamente en los servidores del laboratorio. En caso que hiciese falta entrenar una red neuronal profunda para distinguir categorías de objetos, el laboratorio cuenta con GPUs dedicadas a la tarea (RTX 3090 dual).

Bibliografía:

Grootswagers, T., Zhou, I., Robinson, A. K., Hebart, M. N., & Carlson, T. A. (2022). Human EEG recordings for 1,854 concepts presented in rapid serial visual presentation streams. *Scientific Data*, 9(1), 3.

Kell, A. J., & McDermott, J. H. (2019). Deep neural network models of sensory systems: windows onto the role of task constraints. *Current opinion in neurobiology*, 55, 121-132.

Dwivedi, K., Bonner, M. F., Cichy, R. M., & Roig, G. (2021). Unveiling functions of the visual cortex using task-specific deep neural networks. *PLoS computational biology*, 17(8), e1009267.