

Propuesta de Trabajo Fin de Máster

Datos identificativos

Título tentativo
Estudio para detección de zonas afectadas por Epilepsia usando la información contenida en los EEG mediante técnicas de aprendizaje profundo
Estudiante
Alejandro Enrique Gutierrez Gouverneur
Fecha de propuesta/revisión
30 de septiembre de 2021

Breve introducción

El cerebro, la médula espinal y los nervios forman el sistema nervioso. Juntos controlan todo el funcionamiento del cuerpo. Cuando algo sale mal con una parte del sistema nervioso, se pueden tener problemas para moverse, hablar, tragar, respirar o aprender. Muchos de estos trastornos se pueden detectar analizando las señales cerebrales producidas por las neuronas cerebrales. Las neuronas están conectadas entre sí de una manera compleja para comunicarse con los órganos humanos y generar señales. La monitorización de estas señales cerebrales se realiza habitualmente mediante medios de electroencefalograma (EEG), que representa la herramienta principal para el registro de ondas cerebrales. Esta prueba clínica se encarga de registrar el campo eléctrico que producen las neuronas piramidales del cerebro, dando lugar a registros de la actividad cerebral a lo largo del tiempo [1]. Un EEG consta de varios electrodos distribuidos por la cabeza del paciente, de modo que cada uno de dichos electrodos proporcionará una serie temporal que contiene la información de la actividad cerebral de una región concreta del cerebro. Entre las propiedades de esta técnica destacan que es una técnica no invasiva para el paciente, de rápida ejecución, alta reproducibilidad, alta resolución temporal y bajo coste en comparación con otras pruebas comúnmente utilizadas en el campo de la neurología. Sin embargo, estas ventajas quedan eclipsadas por las características de las señales de electroencefalografía, estas son, estocasticidad y alto nivel de ruido. Las técnicas convencionales de análisis de EEGs llevan consigo procesos de limpieza de artefactos y minimización del nivel de ruido, junto con análisis estadísticos complejos para obtener la información deseada [2-4].

En este contexto, los métodos de inteligencia artificial y más específicamente de aprendizaje profundo de última generación son capaces de manejar estas señales de EEG [5]. Además, dichas técnicas han demostrado ser suficientemente potentes como para poder omitir el preprocesamiento de las señales de EEG y obtener resultados con una alta precisión y eficacia.

Objetivos

- Identificar, por medio de técnicas de aprendizaje profundo aplicadas a grafos los pacientes sanos de los pacientes enfermos.
- Identificar, por medio de técnicas de aprendizaje profundo aplicadas a grafos las zonas más afectadas del cerebro en distintas etapas de un trastorno neurológico.

Alcance de los datos y las técnicas a utilizar

La base de datos consta de registros de EEG de 14 pacientes adquiridos en la Unidad de Neurología y Neurofisiología de la Universidad de Siena publicados en agosto de 2020. Los sujetos incluyen 9 hombres (edades 25-71) y 5 mujeres (edades 20-58), fueron monitoreados con un Video-EEG con una frecuencia de muestreo de 512 Hz con electrodos dispuestos con un sistema 10-20 internacional. El diagnóstico de epilepsia y la clasificación de los episodios es según los criterios de la Liga Internacional Contra la Epilepsia y fueron realizados por un médico experto tras una cuidadosa revisión de los datos clínicos y electrofisiológicos de cada paciente. Utilizaremos como medidas de conectividad entre electrodos:

- Coherencia
- Correlación de Pearson
- Entropía espectral
- Entropía de Shannon

Son dos medidas relacionadas con el análisis de series temporales y dos medidas relacionadas con el espectro de frecuencias de las series temporales.

En este proyecto utilizaremos las Graph Convolutional Neural Networks (GCNN), una nueva técnica para obtener resultados por medio de grafos. Los grafos son un tipo de estructura de datos que modela un conjunto de objetos (nodos) y sus relaciones (aristas). Recientemente, investigaciones sobre analizar gráficos con aprendizaje automático han recibido más y más atención por el gran poder expresivo de los gráficos [7]. Este modelo permite resolver tanto problemas de clasificación a nivel de grafo, como identificar las regiones del cerebro más afectadas por la enfermedad, clasificación a nivel de nodo. Por ello, en un primer paso, se abarcará el problema de clasificación binaria (Enfermo-Sano) a nivel de grafo [6], para después generalizar el resultado y buscar los patrones característicos a través de clustering a nivel de nodo, de cada estado de la enfermedad que es lo que, a nuestro conocimiento, no se ha realizado anteriormente. Para ello se utilizará la librería EEGraph de Python creada por el CEIEC, que se encarga de modelar los EEGs como grafos, y se introducirán al modelo cuyo resultado nos proporcionará un grafo con las conexiones intrínsecas de cada estado de la enfermedad.

Bibliografía

- [1] Feyissa, A.M., Tatum, W.O. 2019. Chapter 7 - Adult EEG. In: Handbook of Clinical Neurology, Volume 160, Elsevier, pp 103-124. Editors: Kerry H. Levin, Patrick Chauvel. DOI: 10.1016/B978-0-444-64032-1.00007-2
- [2] Bigdely-Shamlo, N.; Mullen, T.; Kothe, C.; Su, K.-M.; Robbins, K.A. The PREP pipeline: Standardized preprocessing for large-scale EEG analysis. *Front. Neuroinform.* 2015, 9, 1–20. DOI: 10.3389/fninf.2015.00016
- [3] Cole, S.; Voytek, B. Cycle-by-cycle analysis of neural oscillations. *J. Neurophysiol.* 2019, 122, 849–861. DOI: 10.1152/jn.00273.2019
- [4] Sorensen, G.L.; Jennum, P.; Kempfner, J.; Zoetmulder, M.; Sorensen, H.B.D. A Computerized Algorithm for Arousal Detection in Healthy Adults and Patients with Parkinson Disease. *J. Clin. Neurophysiol.* 2012, 29, 58–64. DOI: 10.1097/WNP.0b013e318246b74e
- [5] Sezer, E., Işik, H. & Saracoğlu, E. Employment and Comparison of Different Artificial Neural Networks for Epilepsy Diagnosis from EEG Signals. *J Med Syst* 36, 347–362 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10916-010-9480-5>
- [6] Zhang, X., He, L., Chen, K., Luo, Y., Zhou, J., & Wang, F. (2018). Multi-view graph convolutional network and its applications on neuroimage analysis for parkinson's disease. In *AMIA Annual Symposium Proceedings* (Vol. 2018, p. 1147). American Medical Informatics Association.
- [7] Zhou, J., Cui, G., Hu, S., Zhang, Z., Yang, C., Liu, Z., ... & Sun, M. (2020). Graph neural networks: A review of methods and applications. *AI Open*, 1, 57-81.

Autoevaluación del grado de innovación.

El TFM debe ser original en su totalidad, pero el estudiante puede decidir los aspectos en los que su trabajo es innovador sobre el estado del arte. En la siguiente Tabla el estudiante debe autoevaluar su propuesta en cada uno de los aspectos. No es obligatorio que el TFM sea innovador en todos ellos, pero sí al menos en uno de ellos de manera significativa.

Aspecto	Descripción	Grado de innovación
Datos utilizados	El dataset/datasets es único y no ha sido analizado previamente, y tiene características que lo hacen más interesante que los que se pueden encontrar en estudios precedentes.	[1] Vamos a utilizar una base de datos abierta.
Objetivos analíticos	Los objetivos del estudio no se han perseguido anteriormente, y aportan una utilidad, aplicación o perspectiva completamente novedosa.	[5] El objetivo de las zonas más afectadas del cerebro en distintas etapas de un trastorno neurológico es nuevo, anteriormente solo se ha cubierto el problema de clasificación.
Técnicas aplicadas para la preparación de datos	Las técnicas aplicadas a la preparación de los datos son diferentes a las utilizadas en estudios precedentes y aportan una riqueza adicional que puede llevar a mejores análisis o modelos. El impacto de esas técnicas innovadoras frente a su omisión debe formar parte explícita de la evaluación.	[4] No es común el análisis de electroencefalogramas (EEG) como grafos, por lo que su análisis, así como las medidas de conectividad entre diferentes áreas del cerebro generadas por EEGraph es novedoso
Técnicas aplicadas analíticas	Las técnicas analíticas aplicadas son innovadoras respecto a los estudios existentes, y se incluye la comparación rigurosa con esas técnicas existentes como parte de la evaluación.	[5] Las GNN son una técnica relativamente nueva, cuyo poder en el modelado de estructuras gráficas complejas es realmente asombroso.
Visualización avanzada	Se utilizan técnicas de visualización dinámicas que aportan una perspectiva no apreciable con técnicas más simples.	[3] Se intentará en lo posible utilizar Tableau para crear visualizaciones apropiadas con la buena calidad que se espera del trabajo