

II Encuentro Matemático del Caribe

Universidad Tecnológica de Bolívar & Universidad del Sinú Seccional Cartagena

Septiembre 09 - 12, 2020, Cartagena de Indias - Colombia

ENTROPÍA DE PERMUTACIÓN SOBRE SEÑALES ELECTROENCEFALOGRÁFICAS (EEG) DE PROCESOS COGNITIVOS

Tipo: Ponencia

FABIÁN ELÍAS TAFUR RAAD*

Resumen

En la experticia clínica, la comparación y la lectura de un electroencefalograma EEG (electrocardiograma) muchas veces es insuficiente y demoran mucho tiempo. Las técnicas de la entropía y de la complejidad de los sistemas no lineales, se han presentado como herramientas para disminuir y precisar el tiempo y la lectura de los EEG, por su modelaje matemático, lo que permite tener mejor evidencia de sus complejidades. En este proyecto, presentamos la comparación entre la entropía de permutación PE y la entropía de permutación ponderada WPE aplicadas a los registros EEG de 36 estudiantes universitarios los cuales estaban fisiológicamente sanos y sin incapacidades para pertenecer a la muestra, teniendo en cuenta el comportamiento de los EEG antes de la actividad cognitiva y durante esta, con el fin de detectar la variabilidad que no es evidente con los métodos tradicionales clínicos. Estos métodos permiten comparar dichos estados que apoyándonos en el análisis estadístico podemos inferir cual método con sus parámetros adecuados se puede apreciar mejor dicha complejidad.

electroencephalogram, permutation entropy, weighted permutation entropy. .

1. Introducción

EL cerebro humano se estudia con gran interés debido a su complejidad y su capacidad de adaptación a los estímulos externos. En los últimos años ha sido notorio el avance significativo, dado que se han generado nuevas teorías y herramientas tecnológicas que se utilizan para tal fin.

Algunos recientes descubrimientos procedentes del campo de las neurociencias están arrojando luz sobre el complejo problema de cómo comprendemos y ejecutamos mentalmente tareas matemáticas[1].

Por otro lado, una pregunta que ha rondado por la mente de filósofos y psicólogos durante algunos años ha sido la de cuál es el origen de nuestra capacidad para pensar sobre el mundo en términos numéricos. El psicólogo suizo Jean Piaget [2] en uno de sus estallidos de pensamiento creía que esta capacidad aparecía alrededor de los 5 años de edad y necesitaba la presencia previa de algunas habilidades de razonamiento lógico, tales como la capacidad de razonar utilizando la propiedad transitiva y la llamada ‘conservación del número’, es decir, la capacidad de establecer correspondencias biunívocas entre dos conjuntos. Sin embargo, hoy se cuenta con gran cantidad de resultados que apoyan la hipótesis de que los niños, ya en el primer año de vida, cuentan con un conocimiento numérico rudimentario e independiente del lenguaje [3] [4].

*Universidad Tecnológica de Bolívar, e-mail: fabiantafur27@gmail.com

Starkey y Cooper [3] fueron los primeros en demostrar que los niños de 6-7 meses de edad podían detectar cambios en el número de objetos presentados visualmente. Posteriormente, estos hallazgos se han replicado y ampliado.

En este sentido, se desglosa el paso a paso que conllevó a los autores de esta técnica de la entropía a su formulación e inmersión en el universo como una evidencia medible y comprobable en los sistemas dinámicos, como método de corroboración de complejidad en dichos sistemas.

$$H(m, \tau) = - \sum_{i=1}^N p(\pi_i) \log p(\pi_i) \quad (1)$$

La PE se puede utilizar para analizar datos arbitrarios del mundo real y es adecuado para capturar dinámicas complejas y abundante estructura temporal incrustada en sistemas biológicos, además por su ausencia de modelo y robusto al ruido y los artefactos, se puede aplicar para analizar datos biológicos. Y se ha aplicado con éxito al análisis EEG [24].

Por otro lado, comparamos la PE con WPE que viene dada como:

$$H_w(m, \tau) = - \sum_{i=1}^N p_w(\pi_i) \log p_w(\pi_i). \quad (2)$$

Se ha sugerido como una variante de entropía que utiliza un experimento probabilístico cuyos eventos primarios se caracterizan por sus pesos w_k [12].

Luego, puntualizar en la metodología de la investigación donde se describe la población y la selección de la muestra a la que se les aplicará las técnicas de entropía, como fueron seleccionadas las variables y la explicación del tratamiento de los datos.

Finalmente, detallaremos los resultados evidenciando la técnica adecuada para determinar y responder a nuestros objetivos planteando y justificar estadísticamente las diferentes discusiones presentadas y conclusiones.

Referencias

- [1] C. P. Muñoz, «Humanidades y Educación» de Humanidades y Educación, Almería, Universidad de Almería- Servicios de Publicaciones, 2001, pp. 189-202.
- [2] J. Piaget, The Childs Conception of Numbers, London: Routledge & Kegan Paul, 1952.
- [3] P. Starkey & RG Cooper, «Perception of numbers by Human Infants,» APAPsycNET, vol. 210, n° 4473, pp. 1033-1035, 1980.
- [4] K. Winn, «Addition and Subtraction by Human Infants» Nature, vol. 358, # 85721, pp. 749-50, 1992.
- [5] J. Goñi, El Desarrollo de la Competencia Matemática, Barcelona: GRAÓ, 2008.
- [6] Á. Alsina, Matemáticas Intuitivas e Informales de 0 a 3 años, Madrid: Narceas, S.A. de Ediciones, 2015.
- [7] C. Nagy, «The Psychology of Gender» de The Psychology of Gender, New York, 1992, pp. 168 - 188.
- [8] C. Band & B. Pompe, «Permutation Entropy: A Natural Complexity Measure for Time Series» Physical Review Letter, vol. 88, # 17, pp. 174102-1-4, 2002.

- [9] B. Fadlallah, «Weighted-permutation entropy: A complexity measure for time series incorporating amplitude information» *Phys. Rev. E* 87, vol. 87, # 022911, Feb. 2013 .
- [10] F. Sella, «Rendimientos numéricos básicos y experiencia matemática» *Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition.*, vol. 42, n° 9, p. 1458–1472., 2016.
- [11] S. Dehaene, «Cambio en el desarrollo de la agudeza del "sentido numérico": el sistema numérico aproximado en adultos y niños de 3, 4, 5 y 6 años.» *APA PsycNET*, vol. 44, n° 5, p. 1457–1465, 1997.
- [12] S. Dehaene, «La trayectoria del desarrollo de la agudeza numérica revela un deterioro grave en la discalculia del desarrollo.» *Elsevier: cognición*, vol. 116, n° 1, pp. 33-41, 2010.
- [13] S. Ashkenazi. & A. Henik, «A DISASSOCIATION BETWEEN PHYSICAL AND MENTAL NUMBER BISECTION IN DEVELOPMENTAL DYSCALCULIA,» *Elsevier:NEUROPSICOLOGÍA*, vol. 48, n° 10, pp. 2861-2868, 2010.
- [14] E. Olophen, «Permutation entropy of the electroencephalogram: a measure of anaesthetic drug effect.» *BJA: British Journal of Anesthesia* , Volumen 101, Número 6, diciembre de 2008., vol. 101, n° 6, pp. 810-821, 2008.
- [15] Bin Deng.; Lihui Cai.; Shunan Li.; Ruofan Wang.; Haitao Yu.; YingYuan Chen.; Jiang Wang, «Multiple scale multivariate weighted permutation entropy analysis of EEG complexity for Alzheimer's disease,» *cognitive neurodynamics*, vol. 11, pp. 217 - 231, 2016.
- [16] L Hussain.; W Aziz.; S Saeed.; SA Shah, «analysis of the complexity of EEG motor movement with open and close eye subjects using the multiscale permutation entropy technique,» *biomedical research*, vol. 16, n° 28, 2017.
- [17] Lucie Tylová.; Jaromir Kukal.; Václav Hubata-Vacek.; Oldrich Vysata, «Impartial Estimation of Permutation Entropy in EEG Analysis for Classification of Alzheimer's Disease,» *Biomedical signal processing and control*, vol. 39, pp. 424 - 430, 2018.
- [18] N. Arunkumar.; Ram Kumar.; V. Venkataraman, «automatic detection of epileptic seizures by Tsallis permutation entropy and Kolmogorov complexity,» *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*, vol. 6, n° 2, pp. 526 - 531, 2016.
- [19] Juan Diaz.; Diego Mateos.; Carina Boyallian, «complexity-entropy maps as a tool to characterize the clinical electrophysiological evolution of patients under pharmacological treatment with psychotropic drugs,» *MDPI*, vol. 19, n° 10, p. 540, 2017.
- [20] N. Braidot, *Cómo Funciona tu Cerebro para Dummies*, Bogotá: Planeta Colombiana S.A., 2013.
- [21] D. Mateos, *Medidas de Complejidad y de Información como Herramientas para el Análisis de Series Temporales*, Cordoba, Argentina, 2016.
- [22] A. Bermúdez., E. Spinelli. y C. Muravchik, «Detección de eventos en Señales de EEG Mediante Entropía,» de XVIII Congreso Argentino de Bioingeniería SABI 2011 - VII Jornadas de Ingeniería Clínica , Mar del Plata - Argentina, 2011.
- [23] J. MURILLO, A. TREJOS y P. CARVAJAL, «ESTUDIO DEL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA, UTILIZANDO MODELOS DE SERIES DE TIEMPO,» *Scientia et technica*, vol. 3, n° 23, 2003.
- [24] Y. Cao, W. Tung, J. Gao, V. Protopopescu y L. Hively, «Detecting dynamical changes in time series,» *Physical*, vol. 70, n° 046217, 2004.
- [25] C. Shannon, «Una Teoría Matemática de la Comunicación.» *Bell System Technical Journal*, pp. 1-79, 1948.
- [26] C. Shannon, «A mathematical theory of communication.» *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications* , vol. 5, n° 1, pp. 3-55, 2001.
- [27] F. Traversaro, *Propiedades del Estimador de la Entropía de Permutación y su Aplicación en Problemas de Ingeniería*, Buenos Aires, 2018.

- [28] E. Jaynes, «Information theory and statistical mechanics.,» Physical, vol. 108, n° 2, p. 171, 1957b.
- [29] B. Frieden, «Fisher information, disorder, and the equilibrium distributions of physics.,» Physical A, vol. 41, n° 8, pp. 42-65, 1990.
- [30] A. Kolmogorov, «A new metric invariant of transient dynamical systems and automorphisms in lebesgue spaces.,» SSSR(NS), vol. 119, p. 2, 1958
- [31] I. Sinai, «On the concept of entropy for a dynamic system,» Doklady Akademii Nauk SSSR, vol. 124, n° 4, pp. 768-771, 1959.
- [32] F. T. Varela, Propiedades del Estimador de la Entropía de Permutación y su Aplicación en Problemas de Ingeniería, Buenos Aires, 2018.
- [33] I. Zyma., S. Tukaev., I. Seleznov., K. Kiyono. y A. Popov., «Electroencephalograms during Mental Arithmetic,» MDPI, vol. 4, n° 14, 2019.
- [34] C. Castro, Taller de Modelos Estadísticos con R, Buenos Aires, 2019.