

Procesamiento del tiempo en el cerebro en una tarea de finger tapping

Al contrario de lo que sucede con la información espacial, el conocimiento sobre cómo el cerebro procesa la información temporal es muy escaso a pesar de ser crítico para una gran variedad de funciones y comportamientos. En particular, nos interesa la sincronización sensomotora (sincronizarse a un estímulo periódico como siguiendo el pulso de la música), donde la persona debe estimar un tiempo futuro y producir una respuesta temporal acorde. La tarea más simple para estudiarla es finger tapping con metrónomo y sus mecanismos subyacentes son mayormente desconocidos. En este proyecto proponemos analizar datos experimentales de registros de EEG simultáneos con finger tapping donde el metrónomo sufrió perturbaciones de período y la persona tuvo que resincronizarse. Para resaltar, en este proyecto no se estudia el comportamiento estacionario sino el transitorio que se desarrolla entre el momento de la perturbación y la recuperación de la sincronía. El objetivo es encontrar los correlatos neurales de dicha resincronización.

Palabras clave: Procesamiento del tiempo, Ciencias cognitivas, Datos de alta dimensión, Sistemas dinámicos

Conocimientos deseables

Buen manejo de Python y bases de Algebra Lineal Computacional. Deseables pero no excluyentes: R, Dinámica No Lineal/Sistemas Dinámicos, bases de Estadística (se aprende todo lo necesario durante la tesis).

¿Qué podría aprender quien realice esta tesis?

Se sumará a un proyecto en desarrollo para trabajar en análisis de datos reales de EEG. Aprenderá a trabajar, entre otras cosas, con técnicas de reducción de la dimensionalidad como PCA e ICA, análisis de series temporales, ajuste de modelos lineales mixtos, testeo estadístico de hipótesis y bootstrapping/test de permutaciones. Todo orientado a la reproducibilidad y replicabilidad de los resultados (open code and data).

Dirección de la tesis

*Laje, Rodrigo
Departamento de Computación*

Contacto: rlaje@unq.edu.ar

Procesamiento del tiempo en el cerebro en una tarea de finger tapping

Dirección: Rodrigo Laje (UNQ-UBA-CONICET)

Resumen

El cerebro interactúa con un cuerpo cuya dinámica espaciotemporal se desarrolla en el mundo físico. Los aspectos espaciales de dicha interacción son bien conocidos pero los aspectos temporales no (Krakauer et al., 2019), y en particular falta entendimiento sobre cómo el cerebro procesa la información temporal en las escalas intermedias (Balasubramaniam et al., 2021). Este proyecto se enmarca en el estudio de los mecanismos de procesamiento del tiempo en el rango de las centenas de milisegundos, con el objetivo general de entender la actividad motora asociada y los modelos que el cerebro construye sobre la biomecánica de los efectores (por ejemplo, el dedo). Tomamos como modelo la sincronización sensomotora (SSM): la capacidad de sincronizarse a una secuencia periódica de estímulos como cuando golpeteamos con el dedo al pulso de la música (paced finger tapping) (Repp & Su, 2013). La SSM, al contrario que la mera reacción, involucra la predicción del tiempo de ocurrencia del siguiente estímulo y el inicio anticipado de la acción motora para coincidir temporalmente con dicho estímulo. La tarea puede realizarse con estímulos de cualquier modalidad (auditiva, visual, táctil) y respondiendo con cualquier efector (dedo, pie, cabeza), lo que pone en evidencia su naturaleza intrínsecamente temporal. Analizaremos datos de EEG registrados previamente en un experimento de sincronización con perturbaciones de período donde también medimos comportamiento. Buscaremos establecer el correlato neural de la resincronización, y en particular la supuesta señal de error. Para esto hemos desarrollado con un marco teórico-experimental desarrollado en trabajos previos (Bavassi et al., 2013; Laje & Buonomano, 2013; Bavassi et al., 2017; González et al., 2019; López & Laje, 2019; Versaci & Laje, 2021). La estrategia que proponemos para estudiar estos datos, basada en la teoría de sistemas dinámicos y en el análisis del comportamiento transitorio en lugar del estacionario, está produciendo grandes avances en un área de investigación tradicional que típicamente utiliza medidas estacionarias y modelos lineales, como se describe explícitamente en (Balasubramaniam et al., 2021).

Objetivo

Se analizarán datos reales de EEG durante una tarea de finger tapping con metrónomo y perturbaciones. Se implementarán técnicas de reducción de la dimensionalidad como PCA e ICA para establecer relaciones entre las trazas de voltaje registradas en el EEG y el comportamiento de resincronización medido (tiempos de respuesta y errores de sincronización producidos por la perturbación de período), tanto en modo exploratorio como confirmatorio (ajuste de modelos lineales mixtos, testeo estadístico de hipótesis, bootstrapping/test de permutaciones).

Referencias

- Balasubramaniam, R., Haegens, S., Jazayeri, M., Merchant, H., Sternad, D., & Song, J.-H. (2021). Neural Encoding and Representation of Time for Sensorimotor Control and Learning. *Journal of Neuroscience*, 41(5), 866-872. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1652-20.2020>
- Bavassi, L., Kamienkowski, J. E., Sigman, M., & Laje, R. (2017). Sensorimotor synchronization: Neurophysiological markers of the asynchrony in a finger-tapping task. *Psychological Research*, 81(1), 143-156. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0721-6>
- Bavassi, L., Tagliazucchi, E., & Laje, R. (2013). Small perturbations in a finger-tapping task reveal inherent nonlinearities of the underlying error correction mechanism. *Human Movement Science*, 32(1), 21-47. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2012.06.002>
- González, C. R., Bavassi, M. L., & Laje, R. (2019). Response to perturbations as a built-in feature in a mathematical model for paced finger tapping. *Physical Review E*, 100(6), 062412. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.100.062412>
- Krakauer, J. W., Hadjiosif, A. M., Xu, J., Wong, A. L., & Haith, A. M. (2019). Motor Learning. En R. Terjung (Ed.), *Comprehensive Physiology* (1.a ed., pp. 613-663). Wiley. <https://doi.org/10.1002/cphy.c170043>

- Laje, R., & Buonomano, D. V. (2013). Robust timing and motor patterns by taming chaos in recurrent neural networks. *Nature Neuroscience*, 16(7), 925-933. <https://doi.org/10.1038/nn.3405>
- López, S. L., & Laje, R. (2019). Spatiotemporal perturbations in paced finger tapping suggest a common mechanism for the processing of time errors. *Scientific Reports*, 9(1), 17814. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54133-x>
- Repp, B. H., & Su, Y.-H. (2013). Sensorimotor synchronization: A review of recent research (2006–2012). *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(3), 403-452. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0371-2>
- Versaci, L., & Laje, R. (2021). Time-oriented attention improves accuracy in a paced finger-tapping task. *European Journal of Neuroscience*, 54(1), 4212-4229. <https://doi.org/10.1111/ejn.15245>