



La Neurociencia Computacional hoy: I. Qué es y por qué es difícil su estudio

Jesús Cortés

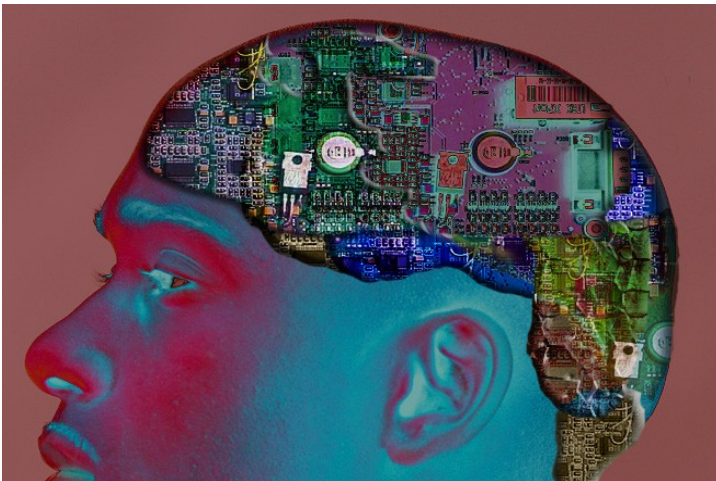
Institute for Adaptive and Neural Computation, University of Edinburgh, UK

Tipo de artículo: Actualidad.

Disciplinas: Neurociencia, Inteligencia Artificial.

Etiquetas: Neurociencia Computacional, simulación por ordenador, procesos neurales, cerebro.

La Neurociencia Computacional es una disciplina consolidada, con más de 20 años de desarrollo, y que emplea técnicas muy diversas para entender diferentes computaciones cerebrales. Aquí se introduce brevemente mediante dos artículos. En el primero, "Qué es y por qué es difícil su estudio", se introducen de forma muy general cuáles son sus objetivos como ciencia y los problemas con los que se encuentra. En el segundo, mediante "Un ejemplo muy representativo en el campo" abordamos su metodología y destacamos la trascendencia que la Neurociencia Computacional está teniendo y tendrá dentro de las Neurociencias.



(cc) Office of Naval Research

Alan Turing quiso entender cómo el cerebro realizaba operaciones complejas y acabó fabricando el primer ordenador. Desde aquí, los ordenadores han evolucionado muchísimo. Por ejemplo, desde la década de los 70 se ha observado un crecimiento exponencial en varias de sus características: el número de transistores integrados por micro-procesador, la velocidad de cómputo y el abaratamiento del coste por transistor. Si comparamos la velocidad de cómputo, cualquier ordenador convencional es mucho más rápido que nosotros mismos. Supongamos una multiplicación larga, por ejemplo 8 factorial, que es $8 * 7 * 6 * 5 * 4 * 3 * 2 * 1$. Si somos

capaces de hacerla en, digamos, 5 minutos, estaremos computando a una velocidad de $8/(5*60)$ que es aproximadamente 0.03 operaciones de coma flotante por segundo (su unidad de medida es en FLOPS). Comparativamente, un Pentium IV de los que tenemos en casa, y que opera a unos pocos gigaFLOPS, computa varios cientos de millones de veces más rápido.

Evidentemente, nuestro cerebro no está sólo programado para realizar operaciones en coma flotante. Todo el mundo sabe que los ordenadores de hoy en día funcionan de forma muy diferente a como lo hace nuestro cerebro. La campaña publicitaria del “Yo no soy tonto” de MediaMarkt es un ejemplo muy claro. Ningún ordenador hoy en día (programado con una serie de secuencias que son del tipo “Si A entonces B”) es capaz de captar su significado. Al menos, no después de un simple vistazo. “Que no te tomen el pelo. Somos los más baratos”. ¿Cómo es capaz el cerebro de procesar tal información y darnos un significado tan unívoco? Si ocurre en todas las personas (o en la mayoría de ellas), ¿debe haber un circuito alojado físicamente en nuestro cerebro que procesa e interpreta esta información? Para la Neurociencia Computacional, sí. Su principio paradigmático número 1 es que cualquier computación o proceso cognitivo (función) que tiene lugar en nuestro cerebro tiene un determinado circuito físico o “cableado” que lo procesa (estructura).

Hasta aquí podríamos pensar que estos objetivos no se diferencian mucho de los de la Neurociencia en general. Sin embargo, la Neurociencia Computacional enfatiza su papel como nexo entre varias disciplinas. Pongamos un ejemplo en el que hemos estado trabajando los dos últimos años en Edimburgo. Las neuronas en la corteza visual primaria son capaces de codificar determinadas características del estímulo. Así, por ejemplo, algunas neuronas responden específicamente a la orientación del estímulo, la frecuencia espacial y el color (Johnson, Hawken y Shapley, 2008, y las citas que incluye). La adaptación visual es un fenómeno en el cual la respuesta de la neurona se atenúa o debilita ante un estímulo repetitivo o no cambiante ¿Cómo cambia la codificación de estas propiedades durante la adaptación? Para responder a esta cuestión, usando electrofisiología con pequeños electrodos de aproximadamente una micra de diámetro es posible medir la respuesta de una sola neurona en presencia del estímulo (Dragoi, Sharma y Sur, 2000). Si hacemos registros de medida de poblaciones de neuronas, como electroencefalogramas (EEG) o invasivamente con matrices de electrodos, podremos inferir algunas propiedades sobre la estructura del circuito o su conectividad (Gutnisky y Dragoi, 2008). Sin embargo, si queremos explicar las ilusiones ópticas que ocurren después de la adaptación, ninguno de los dos métodos por separado funciona. Ambos, conectividad y respuesta individual de cada neurona, cambian después de la adaptación. A fecha de hoy, no existe ninguna técnica experimental que permita medir ambos simultáneamente. Por lo tanto, a fecha de hoy es un problema sin solución experimental. Combinando ambos datos por separado, un modelo computacional sí permite cuantificar los cambios después de la adaptación en poblaciones de neuronas (Cortés, Marinazzo, Oram, Series, Sejnowski y van Rossum, en revisión).

Usando la Neurociencia Computacional como nexo entre disciplinas, existen diferentes razones por las que se hace imprescindible su uso. En primer lugar, la conectividad en los circuitos corticales es bastante recurrente (Douglas, Koch, Mahowald, Martin y Suarez, 1995). A grosso modo, podríamos decir que existen en promedio unas mil conexiones por neurona. Esta conectividad hace que sea difícil aislar partes de la corteza cerebral para su análisis, lo cual a su vez hace muy difícil la interpretación y generalización de los datos experimentales. Por si fuera poco, existen diferentes jerarquías en el cerebro, operando a muy diferentes escalas de tiempo y espacio e interaccionando entre sí. Así, en la escala de tiempo, la memoria a corto plazo opera desde unos pocos milisegundos a horas; la potenciación y depresión a largo plazo (long term potentiation, long term depression) ocurre desde algunas horas a incluso días, y la memoria a largo plazo está presente desde días a decenas de años. En la escala espacial, las moléculas difundidas y transmitidas entre neuronas ocupan aproximadamente una milésima de micra, las sinapsis (conexiones entre neuronas) algunas micras, las neuronas cientos de micras, las redes de neuronas algunos milímetros, los mapas corticales algunos centímetros y, finalmente, la Neurociencia Cognitiva, en la escala más macroscópica utiliza medidas de casi un metro. (Para más detalle sobre diferentes procesos cognitivos operando a diferentes escalas de tiempo y espacio véase Churchland y Sejnowski, 1992.)

Esta multitud de neuronas conectadas abundantemente unas a otras, y a tan diferentes escalas temporales y espaciales, hace que el estudiar el cerebro sea hoy en día uno de los retos más importantes en ciencia. La Neurociencia Computacional ha contribuido enormemente en los últimos años a su estudio. En el

siguiente artículo, continuación de éste, comento un ejemplo muy representativo dentro de la Neurociencia Computacional: el super proyecto Blue-Brain.

Referencias

Churchland, P. y Sejnowski, T. J. (1992). *The Computational Brain*. The MIT Press.

Cortés, J. M., Marinazzo, D., Oram, M., Series, P., Sejnowski, T. J. y van Rossum, M. C. W. (en revisión). Invariant population coding accuracy after visual adaptation.

Douglas, R. J., Koch, C., Mahowald, M., Martin, K. A. y Suarez, H. H. (1995). Recurrent excitation in neocortical circuits. *Science*, 269, 981-985.

Dragoi, V., Sharma, J. y Sur, M. (2000). Adaptation-Induced Plasticity of Orientation Tuning in Adult Visual Cortex. *Neuron*, 28, 287 – 298.

Gutnisky, D. A. y Dragoi, V. (2008). Adaptive coding of visual information in neural populations. *Nature*, 452, 220-224.

Johnson, E. N., Hawken, M. J. y Shapley, R. (2008). The Orientation Selectivity of Color-Responsive Neurons in Macaque V1. *The Journal of Neuroscience*, 28, 8096-8106.