

SIMULACIONES EN ORDENADOR DE LOS PROCESOS DEL CEREBRO

25 de Marzo de 2008

Un grupo de investigadores de la Universidad de Granada, coordinados por Joaquín Marro van a estudiar modelos físicomatemáticos de procesos cooperativos en el cerebro y sus aplicaciones en biología, neurociencia y computación. Se trata de un proyecto de excelencia financiado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa con 114.636,30 euros.

Madián Martínez Lázaro

El proyecto de excelencia que desarrolla el equipo de científicos de Joaquín Marro, financiado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa con 114.636,30 euros, se trata de un estudio matemático y mediante simulaciones en ordenador de procesos cooperativos en el cerebro, relacionados con las funciones de reconocimiento, memoria, discriminación, clasificación y computación. Se proponen un análisis fundamental hasta llegar a aplicaciones prácticas, particularmente relacionadas con la clasificación de patrones, con la resolución de problemas de optimización y con estrategias en neuroinformática.

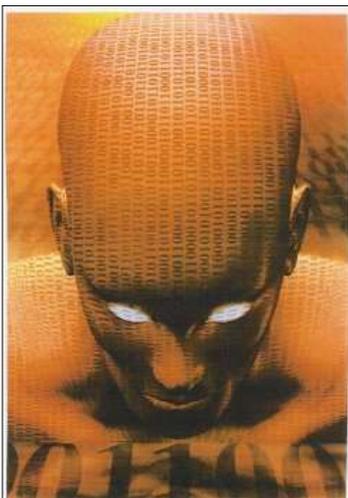
El sistema nervioso es hoy objeto de intenso estudio mediante técnicas poco agresivas (que no dañan al cerebro y por lo tanto se pueden practicar en humanos), incluyendo resonancia magnética, magneto-encefalografía y tomografía por emisión de positrones (partículas fundamentales de la materia), y la implantación de minúsculos electrodos que detectan los campos magnéticos generados por los más débiles impulsos eléctricos.

El cerebro se muestra en estos estudios como un "sistema complejo", de modo que muchas de sus tareas involucran estados fuera del equilibrio, esto es, estados que no pueden describirse por las técnicas más familiares, como la *termodinámica* o la *mecánica estadística* usuales, que son consecuencia de una eficaz cooperación entre sus elementos. En particular, la inteligencia y sus bases (aprendizaje, memoria, asociación, reconocimiento, discriminación, clasificación, etc.) parecen ser manifestaciones diversas de la cooperación entre muchas unidades relativamente sencillas, esto es, de neuronas y sinapsis (conexiones entre neuronas).

Los ordenadores digitales más rápidos, en manos de los mejores especialistas, sólo emulan pobremente estas funciones. Sin embargo, como ya notó su creador John von Neumann, la arquitectura de las máquinas usuales difiere esencialmente de la del cerebro. Se sabe que el conocimiento profundo, matemático, de aquellos procesos cooperativos en el cerebro, aparte de su interés evidente en neurología, debería permitir, por una parte, abordar retos importantes de la investigación científica y técnica que hoy están planteados como problemas computacionales y, por otra parte, proporcionar pautas para mejorar la estrategia de la misma computación.

El estudio de fenómenos cooperativos tiene una larga historia en física estadística y disciplinas afines, de modo que una metodología adecuada para perseguir estos objetivos consiste en mezclar los métodos de éstas con información proveniente del análisis de las grandes series de datos que ponen a nuestro alcance las nuevas técnicas arriba mencionadas. Esta estrategia viene, de hecho, produciendo sustanciales contribuciones en neurociencia, y ha originado un importante campo emergente de investigación multidisciplinar en el que cooperan neurólogos, fisiólogos, químicos, médicos, biólogos, informáticos, físicos y matemáticos.

Es notable a este respecto el reciente reconocimiento de que las sinapsis, además de transmitir señales, almacenan información y tienen su propia dinámica, de modo que llegan a determinar el complejo procesado de información en el cerebro. De hecho, los sistemas biológicos muestran, en escalas de tiempo pequeñas comparadas con las típicas para la evolución neuronal, significativos cambios sinápticos (consecuencia de aleatoriedad en los procesos involucrados y de fluctuaciones locales en la concentración de los neurotransmisores) que hoy día se asocian, por ejemplo, con fenómenos como la llamada *depresión sináptica*. Estas circunstancias son aparentemente capaces de producir fenomenología muy complicada que se conoce como *resonancia estocástica*, *hiper-sincronización* y *comportamiento caótico*, lo que ha de tener importantes consecuencias tanto en computación como en el tratamiento de desórdenes del sistema nervioso. En particular, en relación con esto último, es claro que una mejor comprensión del cerebro podría ayudar en la prevención y curación de desórdenes tales como las enfermedades de Parkinson, Alzheimer, depresión y esquizofrenia.



Cerebro bit



Bioman

En este contexto multidisciplinar y actual, se proponen conseguir un doble objetivo. Por una parte, se espera seguir contribuyendo al estudio de los fenómenos complejos y procesos cooperativos que fundamentan algunas de las tareas más relevantes del cerebro y, por otra parte, se espera aplicar los conocimientos así adquiridos al planteamiento de nuevas estrategias teóricas de computación y al desarrollo de soluciones para algunos problemas científicos y técnicos concretos.

Aspectos relevantes

Algunos aspectos fundamentales del proyecto son: que los elementos que constituyen el cerebro se organizan formando una red, es decir, en el cerebro, las funciones más complicadas son consecuencia de la cooperación entre las neuronas a través de la sinapsis, que guardan información. Esos procesos cooperativos son los que producen la funcionalidad del cerebro.

Se sabe hoy que la sincronía es generalmente fundamental para un correcto funcionamiento del sistema, mientras que se asocia en algunos casos con efectos nocivos como, por ejemplo, la epilepsia, el Parkinson o la enfermedad de Huntington. La sincronización es también relevante en las fibras musculares, que han de contraerse coherentemente para dar lugar a movimientos colectivos del aparato locomotor, y puede producir saturación, colapso o bloqueo del tráfico en una red de ordenadores en la que constantemente se emiten paquetes de comunicación.

Se están estudiando las consecuencias de la inclusión de mecanismos dinámicos sinápticos en las propiedades cooperativas de una red de neuronas. Interesa el efecto de diferentes descripciones de la dinámica sináptica en las correlaciones entre las neuronas e interesa también el desarrollo de topologías para conseguir capacidades óptimas en redes neuronales artificiales y en problemas diversos de computación.

Algunos de los aspectos comentados pueden aplicarse a otros tipos de sistemas, como ejemplo, el sistema inmunológico, que puede comprenderse como un sistema complejo de células y moléculas, distribuido por todo el organismo, que trata de proporcionar una defensa básica contra organismos patógenos. Como el sistema nervioso, el inmunológico ha de reconocer patrones, aprender, retener información y recordar propiedades de los antígenos que tiene que combatir. Esto implica procesos de cooperación, mediante contacto directo entre células y secreción de moléculas, lo que invita a usar los mismos métodos.

Más información:

Joaquín Marro Borau
Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia
Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.
Teléfono: 958 243 385

Email: jmarro@ugr.es