

"Vínculos entre neurociencia y sistemas dinámicos"

Sesión de los DDDAYS 2004, 29 de Septiembre, La Manga del Mar Menor

Presentación:

El objetivo de esta sesión era dar a conocer problemas de investigación en neurociencia computacional, abrir un debate sobre los vínculos entre sus temas de investigación y los de los grupos de sistemas dinámicos y estimular ámbitos de colaboración entre ellos. Con el fin de dar una visión integrada, las presentaciones incluían un preámbulo con los prerequisites biológicos. Como coordinador de esta sesión, quiero agradecer esta oportunidad al Comité Científico y, a los tres invitados, el interés por participar en este encuentro y su acierto en la exposición.

Conferenciantes y conferencias:

- [José M. Amigó](#) (Universidad Miguel Hernández, Elx). Es Doctor en Física Teórica y trabaja tanto en temas relacionados con las comunicaciones (criptología, sincronización del caos, aplicaciones de los sistemas dinámicos, teoría de códigos, pseudo-caos) como en problemas de neurociencia computacional -básicamente, aplicando teoría de la información a las señales neuronales y, más recientemente, ecuaciones diferenciales estocásticas-.

La conferencia de José M. Amigó se tituló "La entropía de las señales neuronales". Empezó con una introducción descriptiva de las señales neuronales y con un repaso de definiciones básicas sobre entropía; nos habló también de codificación de señales, estimación de la entropía y undersampling. Nos explicó cómo se aplican propiedades entrópicas a trenes de impulsos de neuronas, encontrando la manera de aplicar una medida de la complejidad (usando la versión de Lempel-Ziv) a los trenes d'espigas (spike-train) de neuronas. La ventaja del método propuesto radica en que no es necesario promediar sobre muchos experimentos, consiguiéndose así estimaciones de cotas de la entropía a partir de un menor número de datos.

- [Albert Compte](#) (Instituto de Neurociencia, Universidad Miguel Hernández, Sant Joan d'Alacant). Es Doctor en Física (Estadística) y, en el campo de la neurociencia computacional, ha trabajado principalmente en problemas de *spatial working memory* y de atención visual.

Albert Compte nos habló de un problema "en cartera" que suscita el estudio de atractores en ecuaciones integrodiferenciales, lanzando así una propuesta de colaboración. El título de su conferencia era "Atractores continuos y biestabilidad en la corteza cerebral". Empezó hablando de la codificación de estímulos continuos y presentando tres casos de biestabilidad en diferentes colectivos de neuronas. Las preguntas subyacentes son ¿tiene la corteza cerebral mecanismos que puedan generar dicha biestabilidad? ¿si los hay, cuáles? Una vez planteado el problema, nos explicó el modo de construir modelos con neuronas integrate&fire, atendiendo a los diferentes tiempos de respuesta individuales. El modelo que presentó es capaz de atribuir la biestabilidad a mecanismos biológicos ya que la retirada de ciertos neuroreceptores debilita dicha biestabilidad. Finalmente, nos mostró otro de los pasos más habituales en el tratamiento de colectivos de neuronas: la reducción a un modelo de campo medio (mean-field). Simplificaciones posteriores permiten acotar el modelo a una ecuación integrodiferencial en el espacio tridimensional, sobre el que dejó preguntas abiertas acerca de su dinámica.

- [Alfonso Renart](#) (Instituto de Neurociencia, Universidad Miguel Hernández, Sant Joan d'Alacant). Es Doctor en Física y especialista en modelos de mean-field de redes de spiking neurons. También trabaja en modelos sobre spatial working memory y cronometraje (timing). A modo de ejemplo de cómo se impulsan áreas emergentes en otros países, es de destacar que tanto Albert Compte como Alfonso Renart han disfrutado de una "Alfred P. Sloan Fellowship for Theoretical Neurobiology", ambos en Brandeis University. Estas fellowships están destinadas a físicos y matemáticos que se deciden a empezar una carrera en neurociencia computacional.

En su conferencia, Alfonso Renart nos habló de "Un mecanismo robusto para el cronometraje de intervalos", reflexionando de entrada sobre cómo el cerebro percibe el tiempo y comparando características (rango, precisión, firma estadística,...) de sistemas de cronometraje biológico conocidos (cronometraje de intervalos y ritmos circadianos). El objetivo de la charla era presentar cómo se reproduce el hecho "robusto" (en el sentido de que se da en multitud de especies) de la medición de intervalos. Para ello construye un sistema de ecuaciones diferenciales estocásticas que trata por métodos de mean-field theory.

Conclusiones:

La investigación en neurociencia computacional/matemática se basa muy a menudo en modelos de redes de neuronas ya que se intentan explicar los mecanismos que dan lugar propiedades emergentes del cerebro. Este enfoque, tal como se vió en las conferencias, implica una fuerte componente estocástica, a la que los especialistas en sistemas dinámicos deterministas estamos en general poco avezados. De todos modos, el espíritu de debate y de amplitud de miras con el que se plantean los DDAYS se vió presente al final de las charlas y las intervenciones del público generaron discusiones interesantes. Aparte de este enfoque "multineuronal", hay una línea más "matemática" que trata de estudiar a muy pequeña escala como pueden producirse fenómenos como sincronización de fases en *gap junctions* (conexiones eléctricas entre neuronas), fenómenos de *bursting* (ráfagas), análisis de registros obtenidos de una sola neurona,... En este ámbito, los métodos que se utilizan se acercan más a los sistemas dinámicos deterministas (ecuaciones diferenciales con distintas escalas de tiempo, averaging theory, ciclos límite y bifurcaciones,...).

Espero que esta sesión haya contribuido a abrir una ventana a la neurociencia y, muy especialmente, a su tratamiento más teórico y, por lo tanto, más cercano a la Matemática. Aunque la "neurociencia computacional" no es aún un área de conocimiento reconocida en nuestro entorno más próximo, en algunas universidades europeas están saliendo ya puestos de trabajo con esta etiqueta. Para los interesados en una perspectiva más general del tema, son recomendables los textos de [P. Dayan-L. Abbott, "Computational Neuroscience"](#) y de [C. Koch, "Biophysics of Computation: Information Processing in Single Neurons"](#), que contienen el enfoque más teórico de la neurociencia computacional. Asimismo, existen revistas muy específicas del tema, como *Journal of Computational Neuroscience*, *Neurocomputing*,..., aunque algunos artículos muy teóricos se publican también en revistas de matemática aplicada o de física y muchos de los trabajos conjuntos con experimentalistas, en revistas generales de neurociencia.

Toni Guillamon
Universitat Politècnica de Catalunya
Octubre de 2004