

Resumen de...

Dinámica de Redes Neuronales

Alvaro Jorge

Seminario de Ing. Biomédica 1998

Dinámica de Redes Neuronales

El Sistema Nervioso está compuesto por el conjunto de los órganos que organizan la conducta de los animales. Está formado por dos tipos de células: las neuronas y las células gliales. Aparentemente, las neuronas y sus interrelaciones son determinantes en esta conducta. El tamaño (número de neuronas) y complejidad del Sistema Nervioso depende de la cantidad y sofisticación del repertorio de conductas del animal: los invertebrados (como por ejemplo un caracol) que prácticamente sólo tienen conductas estereotipadas de exploración, huida y reproductivas, tienen un sistema nervioso compuesto por miles de neuronas. Por otro lado, los humanos tienen un sistema nervioso compuesto por cerca de 10^9 neuronas. En consecuencia, para entender la conducta animal es necesario conocer como funcionan las neuronas y como se interrelacionan para generar el repertorio de conductas características de la especie. Se ha intentado alcanzar este objetivo en forma exclusivamente experimental, haciendo descripciones cada vez más precisas del comportamiento de neuronas específicas y de sus conexiones. Pero, este enfoque no ha sido exitoso: no se puede tratar de comprender el comportamiento de un sistema extremadamente complicado a partir de una descripción meticulosa. Por el contrario, la manera más adecuada de encarar este tipo de problemas es estudiar un modelo muy simplificado, pero que incluya las características esenciales del sistema. Evidentemente, el valor del trabajo depende de la adecuada elección del modelo.

En esta presentación revisaremos algunos resultados teóricos que refieren al comportamiento dinámico de estructuras compuestas por modelos muy sencillos de neurona. En primer lugar, daremos una descripción completa del comportamiento de redes de dos neuronas, cuando el comportamiento de las neuronas es descrito por un modelo relativamente general. Pero, antes de considerar los resultados pertinentes al encare de este trabajo, haremos una breve introducción al sistema biológico objeto de estos estudios.

Las Neuronas

La descripción del comportamiento de una neurona puede hacerse en varias escalas temporales. La respuesta ante estímulos breves (como por ejemplo, la de neuronas auditivas ante un trueno) o la generación de patrones motores (como la marcha) puede hacerse en escalas que van desde varios milisegundos a segundos. Los procesos de habituación y adaptación ante estímulos sostenidos (como por ejemplo, cuando dejamos de percibir un sonido monótono o demoramos en poder ver al entrar en un lugar oscuro) se realizan en escalas de minutos hasta horas. Finalmente, procesos plásticos como el aprendizaje y la memoria se realizan en escalas de días y años. En esta presentación nos restringimos a la escala de los milisegundos o segundos, y en consecuencia no consideramos los procesos de aprendizaje, habituación o similares. Esto nos permitirá reducir la galería de comportamientos de las neuronas, y consecuentemente el estudio de los mecanismos que los soportan en forma sustancial. **FIGURA 1**

Las neuronas son células que usualmente tienen prolongaciones (varias dendritas y un axón) mucho más largas que su cuerpo (el soma). La figura 1 presenta el dibujo (hecho con cámara clara) de neurona de la corteza cerebral de un ser humano. Puede observarse que además de una región central amplia (soma), tiene una prolongación con pocas ramificaciones que se dirige abajo en la figura (axón) y otras prolongaciones que se ramifican como las ramas de un árbol (dendritas).

La descripción del comportamiento de las neuronas no puede hacerse en forma genérica. En primer lugar, cada tipo de neurona tiene una forma característica: algunas prácticamente carecen de axón o dendritas y otras tienen un axón que puede llegar a medir más de un metro o un árbol dendrítico muy extendido y ramificado. Paralelamente, cada tipo de neurona tiene un comportamiento característico: responden a estímulos (ya sea producidos por el investigador o por variaciones espontáneas del medio ambiente) en forma específica.

Sin embargo, desde que Santiago Ramón y Cajal a principios del siglo propuso la teoría neuronal, los neurobiólogos aceptan un modelo paradigmático de neurona: La neurona recibe información acerca del estado del medio ambiente o de otras neuronas a través de sus dendritas. El soma procesa la información recibida. El axón informa sobre las conclusiones de tal procesamiento a otras neuronas o a efectores (como por ejemplo, músculos y glándulas). La transferencia de información entre neuronas se realiza a través de una estructura altamente especializada llamada sinapsis.

Posteriormente (en 1934), basándose en los trabajos de Kato se introduce una nueva simplificación: la neurona transmite información a otras sólo mediante la generación de pulsos (espigas o potenciales de acción) que son siempre iguales y que se propagan a lo largo del axón. Posteriormente, Hodgkyn y Huxley (en 1952) dan una descripción matemática (mediante un sistema de ecuaciones diferenciales) del comportamiento de las neuronas.