

# MÉTODOS NEURONALES BIOINSPIRADOS

Curso 2011/2012

(Código:31101201)

## 1.PRESENTACIÓN

El objetivo del curso es proporcionar al alumno una visión global de los cuatro tipos de mecanismos neuronales (de percepción, acción motora, asociación y adaptación-aprendizaje) que subyacen al comportamiento adaptativo de un sistema biológico que interactúa con su medio. A la vez se explora la utilidad de estos mecanismos bio-inspirados en visión artificial y en robótica. El contenido del curso se estructura en torno al lazo de realimentación medio-sistema que integra la percepción con la acción, tal como corresponde a una visión de la inteligencia "de abajo hacia arriba", dejando explícitos los mecanismos conexionistas de los que emerge el comportamiento adaptativo al que un observador externo llama inteligente.

## 2.CONTEXTUALIZACIÓN

Esta asignatura optativa de 6 créditos se encuadra en el módulo "Métodos de solución de problemas en IA" dentro de la especialidad "IA.1: Sistemas Inteligentes de diagnóstico, planificación y control" de la titulación de posgrado "Master de IA Avanzada. Fundamentos Métodos y Aplicaciones".

## 3.REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

No hay requisitos previos diferentes de los generales de acceso a este programa de postgrado orientado a la investigación. Sin embargo, dada la orientación bio-inspirada y metodológica de esta asignatura sería conveniente que el alumno conociera los distintos paradigmas, la distinción entre los distintos niveles y dominios en los que se puede describir un cálculo y algunas bases neurofisiológicas de la computación neuronal.

## 4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Tener una visión amplia de la evolución histórica de la IA.
- Distinguir los distintos tipos de métodos usados para abordar la solución de tareas en IA en términos de su carácter simbólico o conexionista y saber cuándo son adecuados unos u otros en función del balance entre datos y los conocimientos declarativos explícitos disponibles y en función también del tipo de interfaz con el medio (un humano a un robot).
- Tener argumentos para defender el carácter no excluyente, ni reduccionista, de la aproximación basada en mecanismos.
- Conocer al modelo general de computación neuronal y la forma de codificar las señales de entrada y salida en términos de líneas etiquetadas.
- Conocer los modelos más usados en funciones de cálculo local analógicas estáticas y dinámicas (sumadores seguidos de sigmoides, funciones de base radial, integradores "con pérdidas", ...).
- Conocer los modelos discretos más usuales en redes determinísticas y probabilísticas.
- Conocer los algoritmos básicos de aprendizaje (retropropagación del gradiente de una función del error y métodos Hebbianos).
- Saber usar algunos de los neurosimuladores básicos.
- Conocer algunas de las propuestas más representativas de arquitecturas para la cognición y su relación con las propuestas computacionales en torno a los sistemas multiagentes y a la robótica.
- Saber distinguir entre función de un circuito o un tejido con una localización muy concreta (un fotorreceptor que detecta luz) y un sistema funcional completo que involucra la cooperación de distintas estructuras neuronales.
- Comprender las enormes dificultades que arrastra el asociar funciones externas a la actividad coordinada de un



conjunto de redes neuronales (problema de la ingeniería inversa).

- Entender el problema de la representación del medio y las tres fases usadas por la biología: sensación (repetida para cada modalidad sensorial), percepción (primer nivel de semántica) y conceptualización (a través de la asociación plurisensorial).
- Ser consciente de los procesos espacio-temporales que son necesarios realizar sobre un conjunto de señales físicas para dotarlas de la capacidad de abstraer, de forma económica y eficiente, la mejor representación de un medio concreto, por un animal concreto en vistas a conseguir una reacción eficiente.
- Enlazar neurofisiología y robótica considerando estos mecanismos sensoriales como fuente de inspiración para el diseño de robots a partir de las limitaciones específicas de sus sensores y efectores.
- Saber seguir el flujo de información en circuitos anatómicos para formular los esquemas de conectividad subyacentes e identificar los mecanismos asociados (realimentación, inhibición mútua, convergencia-divergencia, retardo y/o modulación).
- Entender la diferencia entre circuito anatómico y modelo formal. Entender las exigencias de invariancia espacial para usar la convolución.
- Saber asociar la forma y tamaño de un núcleo en diferencias con el cálculo realizado por la red.
- Poder abstraer el nivel de conocimiento del lenguaje de señales propio del nivel físico.
- Tener la opción de usar métodos de Inhibición Lateral en la solución de problemas de visión activa y de cooperación.
- Tener una idea razonablemente completa del conjunto de mecanismos y principios de organización que nos ofrece la biología como fuente de inspiración para el diseño de nuevos robots y para fundamentar el concepto de inteligencia "de abajo hacia arriba".
- El alumno deberá también tener argumentos para defender la visión "situada" de la IA y para distinguirla y combinarla con la visión simbólica en función de la tarea y del conocimiento disponible.
- Saber distinguir la idea de plasticidad cuando se describe en el dominio propio del sistema físico que la soporta de cuando se describe en el dominio del observador externo.
- Entender que los mecanismos del dominio propio son realmente "sencillos" (asociación, cambio de eficacia sináptica, síntesis de proteínas) y que las dificultades están en encontrar materiales y arquitecturas para construir nuestros computadores y robots con esa plasticidad.
- Entender la diferencia entre la arquitectura de un sistema adaptativo y la de un programa en una máquina de propósito general.

## 5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

El contenido de la asignatura se estructura en 5 temas. A continuación se incluye una breve descripción de los objetivos de los mismos:

### 1. El paradigma conexionista en IA. Aspectos metodológicos.

El objetivo global del tema es situar la visión del conexionismo basado en mecanismos neuronales en el contexto general de la IA, estableciendo la distinción y el carácter complementario de los dos tipos básicos de aproximaciones: descripciones *externas*, en lenguaje natural de las tareas y comportamientos que deseamos automatizar y descripciones *internas* basadas en los mecanismos neuronales de los que emergen esos comportamientos en los seres vivos.

### 2. Arquitectura y funciones de cálculo local en el conexionismo convencional.

El objetivo de este tema es resumir los aspectos conceptuales y formales del conexionismo convencional (RNAs). En particular se resumen las funciones de cálculo local analógicas y lógicas, haciendo énfasis en su carácter paramétrico. También se resumen los dos tipos básicos de aprendizaje supervisado y no supervisado usados para modificar la conectividad (el valor de los parámetros de las funciones de cálculo local). La enseñanza práctica asociada se focaliza en el diseño de clasificadores numéricos adaptativos. No es difícil de probar, aunque queda fuera del alcance de este tema, que otras tareas tales como el control o la predicción de series temporales, siempre pueden reescribirse en forma de clasificadores.

### 3. Espacios de representación sensorial.

Los objetivos de este tema son: (1) plantear el concepto de "espacio de representación" como generalización de los espacios de señales propios de la Física, (2) resumir las dos aproximaciones dominantes en Neurociencia y en Computación sobre cómo construyen los animales y los humanos sus espacios de representación (Marr y Gibson), (3) plantear el problema del enorme salto semántico que hay entre las señales y los conceptos (entre las magnitudes físicas y numéricas y las magnitudes cognitivas) y (4) resumir algunos de los mecanismos neuronales básicos para ir



asociando significados a las señales en su camino ascendente, desde los receptores sensoriales (extracción de características espacio-temporales locales, detección de contrastes, movimiento, etc.) y para la percepción directa (filtros sintonizados y otros mecanismos de resonancia). Haremos énfasis a lo largo del tema en la necesidad de comprender la dificultad asociada a la construcción automática (robot con sensores) de espacios de representación como fase previa a la programación de sistemas automáticos de interpretación de escenas.

#### 4. Mecanismos de acción.

Los objetivos del tema son: (1) conocer las bases neurofisiológicas del acto motor voluntario, (2) formular las enseñanzas que ofrece la biología al mundo de la IA y la robótica a la hora de diseñar planificadores, programas y controles de actos motores en robots concretos con sensores y efectores concretos y (3) desarrollar algunas actividades prácticas encaminadas a ilustrar el carácter preprogramado de los patrones motores y el resto de los conceptos descritos en la parte teórica.

#### 5. Funciones de asociación y de aprendizaje.

El tema tiene dos objetivos globales que después se desdoblán en otros de alcance más limitado. El primer objetivo global es que el alumno entienda el concepto de conducta como secuencia temporal de asociaciones percepción-acción y la formulación de estas conductas como secuencias de transiciones de estados y producción de salidas en un autómata finito determinista o probabilístico. Le recordamos al alumno que ya hemos visto en los dos temas anteriores que estos patrones sensoriales y motores, cuya asociación estudiamos ahora, están en gran medida precalculados. Esta es también la recomendación que hacemos para el diseño de nuestros sistemas artificiales. El segundo objetivo de este tema es formular el aprendizaje como un proceso de modificación del patrón de asociaciones percepción-acción en función de la experiencia del animal (o del robot) en un medio concreto. Aquí estudiamos los distintos tipos de aprendizaje y su implementación neuronal, basándonos siempre en la generación de una señal de control,  $z(t)$ , que hace que aumente o disminuya la eficacia de una determinada sinapsis en función de que su participación en una serie de asociaciones percepción-acción haya sido premiada o castigada.

## 6.EQUIPO DOCENTE

- [ANA ESPERANZA DELGADO GARCIA](#)
- [JOSE MANUEL CUADRA TRONCOSO](#)
- [JOSE RAMON ALVAREZ SANCHEZ](#)

## 7.METODOLOGÍA

La metodología es la general del programa de postgrado adaptada a las directrices del EEES, de acuerdo con las recomendaciones del Instituto Universitario de Educación a Distancia de la UNED. La asignatura no tiene clases presenciales. Los contenidos teóricos se impartirán a distancia, de acuerdo con las normas y estructuras de soporte telemático de la enseñanza en la UNED. Tratándose de un máster orientado a la investigación, las actividades de aprendizaje se estructuran en torno al estado del arte en cada una de las materias del curso y a los problemas en los que se van a focalizar las actividades asociadas a cada uno de los temas sobre las que se realizará la evaluación final.

Habrà un material didáctico elaborado por el propio equipo docente que incluye un resumen de los contenidos de cada tema y distintos tipos de actividades relacionadas con la simulación e implementación de diversos ejemplos de los distintos mecanismos descritos en la teoría. Junto a las actividades y enlaces con fuentes de información externas y otros materiales también elaborados por el equipo docente.

## 8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

### Comentarios y anexos:

El equipo docente ha elaborado un Guía Didáctica específica donde se detalla todo el material de estudio recomendado y necesario. Esa guía contiene las indicaciones de los materiales adecuados para preparar la asignatura, así como material complementario necesario. Cuando se requiera material externo a esa guía, se indicará su forma de obtención, aunque en la mayoría de los casos (al igual que la propia Guía Didáctica) habrá una copia disponible para descarga en el repositorio de material de la asignatura "Métodos Neuronales Bio-inspirados" de cursos de posgrado en la plataforma aLF de comunidades



virtuales de la UNED <http://www.innova.uned.es/dotlrn/>.

## 9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Comentarios y anexos:

En la Guía Didáctica específica elaborada por el equipo docente se incluyen para cada tema gran cantidad de referencias bibliográficas para consultar y ampliar conocimientos, así como también recomendaciones de software para hacer otras prácticas adicionales.

## 10.RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

La [plataforma de e-Learning aLF](#), proporcionará la adecuada interfaz de interacción entre el alumno y sus profesores. aLF es una plataforma de e-Learning y colaboración que permite impartir y recibir formación, gestionar y compartir documentos, crear y participar en comunidades temáticas, así como realizar proyectos online. En esta plataforma se incluirá como documento específico la Guía Didáctica elaborada por el equipo docente y los materiales necesarios.

## 11.TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

La tutorización de los alumnos se llevará a cabo principalmente a través del [curso virtual](#) en la plataforma de e-Learning [aLF](#), que proporciona foros y chats para comunicación, almacenes de material y mecanismos para la recogida de las actividades de evaluación. Por supuesto, adicionalmente el equipo docente también atenderá por correo electrónico y teléfono los problemas particulares de los alumnos sobre la asignatura.

## 12.EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

La evaluación total de la asignatura se realizará por la acumulación de las evaluaciones correspondientes a las actividades indicadas en cada capítulo como evaluables, y que el alumno debe realizar de forma individual (no se admiten grupos) por sí mismo, y entregar por los medios y en los formatos descritos en la Guía Didáctica específica (normalmente a través del curso virtual). Los plazos de entrega se especificarán en cada tema y corresponden con la planificación temporal apropiada a la cantidad de horas de dedicación requerida.

Las actividades del contenido principal de cada capítulo en la Guía Didáctica son “necesarias”, lo cual significa que es necesario que el alumno las realice para progresar en los conocimientos de la asignatura y tendrá que realizarlas para poder completar con éxito las actividades evaluables. Sólo las actividades indicadas específicamente como *evaluables* son de entrega obligatoria para todos los alumnos y son un requisito necesario para aprobar la asignatura. La valoración en puntos indicada en cada una de las actividades evaluables de cada capítulo, será utilizada por el equipo docente para la evaluación y nota final.

Las actividades voluntarias al final de cada capítulo no son evaluables ni obligatorias, aunque se recomienda al alumno la realización de algunas de ellas para ayudarle a una mejor comprensión de los temas.

## 13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.

