



ASIGNATURA: 12706 - TEORÍA DE LA COMPUTACIÓN NEURONAL

CENTRO: Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: Ingeniero en Informática

DEPARTAMENTO: INFORMÁTICA Y SISTEMAS

ÁREA: Ciencia De La Comp. E Intel. Artificial

PLAN: 10 - Año 199 **ESPECIALIDAD:**

CURSO: Tercer curso **IMPARTIDA:** Primer semestre **TIPO:** Obligatoria

CRÉDITOS: 6 **TEÓRICOS:** 3 **PRÁCTICOS:** 3

Descriptorios B.O.E.

Fundamentos y Herramientas Matemáticas. Redes de Autómatas. Autómatas Celulares. Neurodinámica. Formalismos de Adaptación: Aprendizaje. Arquitecturas de Redes Neuronales

Temario

MÓDULO I. INTRODUCCIÓN. (4.5 Horas).

Bibliografía: [Rojas-96], [Simpson-90], [Hecht-Nilssen-90a], [Hertz-91], [Dayhoff-90], [Crick-86], [McClelland-86b], [Kahanna-90]

TEMA I.1

COMPUTACIÓN NEURONAL: PARADIGMA BIOLÓGICO Y ARTIFICIAL

1.1. Introducción.

1.2. La Computación Neuronal (CN): Concepto, y Descripción.

1.3.- Inspiración desde la Neurociencia.

1.4.- Evolución Histórica de las Redes Neuronales Artificiales.

1.5.- Interés, Ventajas y Aplicabilidad de la Computación Neuronal.

1.6.- Computación y Computabilidad: La Computación Neuronal.

1.7.- Modelos de Computación.

1.8.- Sistema Biológico: La Neurona.

1.9.- Transmisión de Información.

1.10.- La Neurona: Un Sistema Auto-Organizativo.

1.11.- Las Redes Neuronales Artificiales como Aproximación de Funciones.

MÓDULO II. FUNDAMENTOS Y HERRAMIENTAS MATEMÁTICAS Y DE MODELADO. (9 Horas).

Bibliografía: [Fogelman-87], [Rojas-96], [Wolfram-94], [Weisbuch-90], [Hertz-91], [Simpson-90], [Skapura-96], [Freeman-91], [Freeman-94], [FINE-99], [Hecht-Nilssen-90a], [Kohonen-97], [Rumelhart-86b].

TEMA II. 1

COMPUTACIÓN SOBRE REDES DE AUTÓMATAS: HERRAMIENTAS FORMALES

1.1.- Introducción

1.2.- Conceptos Matemáticos Básicos para la Computación con Redes de Autómatas:

- 1.2.1.- Espacios Vectoriales.
- 1.2.2.- Calculo Matricial.
- 1.2.3.- Análisis PCA.
- 1.3.- Computación sobre Redes de Autómatas

TEMA II.2

FUNDAMENTOS DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES

- 2.1. Antecedentes.
- 2.2.- Redes Neuronales Artificiales y Lógica de Umbral
- 2.3.- Caracterización General de las Redes Neuronales Artificiales.
- 2.4.- Sobre las Unidades de Proceso en las Redes Neuronales Artificiales.
- 2.5.- Arquitectura de Red.
 - 2.5.1.- Topología de Conexiones
 - 2.5.2.- Neurodinámica: Modelos de Computación Local Lineales y de Base Radial.
 - 2.5.3.- Proposito de la Red.
- 2.6.- Paradigmas y Organización de las Redes Neuronales Artificiales.
- 2.7.- Estabilidad y Convergencia.
- 2.8.- Simulación de las RNAs.

TEMA II.3

MECÁNICA ESTADÍSTICA FORMAL DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES

- 3.1.- Antecedentes.
- 3.2.- La Distribución de Boltzmann-Gibbs
- 3.3.- Energía Libre y Entropía
- 3.4.- Mecánica Estadística de Sistemas de Materiales Magnéticos
- 3.5.- Redes Estocásticas

MÓDULO III. APRENDIZAJE: PROCESOS, LEYES Y ALGORITMOS. (4.5 Horas).

Bibliografía: [Rojas-96], [Hertz-91], [Nilsson-90], [Simpson-90], [Judd-90], [Sutton-98], [Arbib-98], [Eggermont/90], [Hecht-Nielsen/90a], [Kohonen/89a], [Dayhoff/90], [Rumelhart/86c], [Maren/90], [Nelson/91], [Hebb/49], [Widrow/85] [Carling/92], [Kung/93], [Caudill-92], [Haykin/94], [Diamantaras/96].

TEMA III.1

CONCEPTOS, FUNCIONES, METODOS Y LEYES DE APRENDIZAJE EN REDES NEURONALES ARTIFICIALES: BASES BIOLÓGICAS

- 1.1.- Antecedentes.
- 1.2.- Plasticidad en la Red Neuronal Biologica. Aprendizaje
- 1.3.- Aspectos Sobre Funciones y Adaptación en las Redes Neuronales Artificiales.
- 1.4.- Modelo y Protocolo de Aprendizaje
- 1.5.- Aprendizaje por Coincidencia.
- 1.6.- Aprendizaje de Realización.
- 1.7.- Algoritmo de Aprendizaje Supervisado: Convergencia y Complejidad
- 1.8.- Aprendizaje Competitivo.
- 1.9.- Aprendizaje Espaciotemporal.

MÓDULO IV. ARQUITECTURAS DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES. (12 Horas).

Bibliografía: [Rojas-96], [Hertz-91], [Nilsson-90], [Simpson-90], [Arbib-98], [Skapura-96], [Freeman-91], [Freeman-94], [Hecht-Nielsen-90a], [Kohonen-97], [Rumelhart-86b], [Dayhoff-90], [Carling/92], [Wasserman/89], [Davalos/90], [Lippman/87], [Khanna/90], [Maren/90], [Widrow/60], [Jian-Kang Wu/94], [Kung/93], [Haykin/94], [Kohonen/88a], [Kohonen/88b], [Kohonen/89a], [Hopfield/82], [Mehra/92].

TEMA IV.1

REDES NEURONALES ARTIFICIALES SUPERVISADAS MULTICAPA

- 1.1. Introducción.
- 1.2. Redes Neuronales de Mapping.
- 1.3. Teorema del Kolmogorov.
- 1.4. El Madaline
- 1.5. El Perceptrón.
- 1.6.- Convergencia y Complejidad del Algoritmo del Perceptrón.
- 1.7. Red Neuronal Backpropagation

TEMA IV.2

REDES NEURONALES NO SUPERVISADAS. MAPAS AUTO-ORGANIZATIVOS DE KOHONEN

- 2.1.- Introducción.
- 2.2.- Aprendizaje no Supervisado mediante Competición
- 2.3.- Análisis de Convergencia para Aprendizaje Competitivo.
- 2.4.- Redes Neuronales para Análisis de Componentes Principales
- 2.6.- Modelo de Kohonen.
- 2.7.- Mapas Topológicos de Características Autoorganizados de Kohonen.
- 2.8.- Aplicaciones de las Redes Neuronales no supervisadas estudiadas.

TEMA IV.3

REDES NEURONALES ASOCIATIVAS Y ESTOCÁSTICAS

- 3.1.- Introducción.
- 3.2.- El Asociador Lineal.
- 3.3.- Redes Neuronales Asociativas Recurrentes (Red de Hopfield).
- 3.4.-La Máquina de Boltzman.

Requisitos Previos

Ecuaciones Diferenciales Ordinarias. Cálculo Multivariante. Probabilidad y Estadística Básica. Álgebra Lineal. Teoría de Autómatas y Redes Neuronales. Programación. Conocimientos básicos de estructura de datos.

Objetivos

El objetivo global de esta asignatura es conocer, comprender, manejar y aplicar, de forma rigurosa, el nuevo enfoque de computación distinto de la computación programada, LA computación por redes neuronales artificiales.

La obtención de este objetivo global se consigue mediante objetivos específicos siguientes:

- Comprender los fundamentos teóricos de la computación neuronal
- Conocer, comprender, analizar y manejar los elementos básicos de las redes neuronales artificiales (RNAs): neurodinámica, topología de conexiones y mecanismos de adaptabilidad (aprendizaje).
- Comprender y analizar las principales arquitecturas neuronales.
- Discernir el tipo de enfoque computacional óptimo para usar en cada aplicación de distintos dominios de conocimiento.
- Diseñar, probar y validar arquitecturas neuronales, de forma cooperativa.
- Analizar los resultados obtenidos por diferentes grupos de diseñadores. Valorar los diseños realizados por otros grupos, en comparación con el propio.
- Aplicar y practicar con los diseños de distintos grupos de la clase diferente al propio.
- Discutir las innovaciones de los diseños realizados

- Presentar de forma escrita y oral los diseños realizados.

La teoría construida alrededor de las RNAs es inmensa y no podemos esperar cubrirla toda en un curso de ingeniería informática de reducida dedicación temporal. Así, nosotros procuraremos imprimir a nuestros alumnos un entendimiento de la materia de acuerdo con el sentimiento de que dicho entendimiento consistirá no sólo en conocer el qué, sino también conocer el cómo, especialmente y conocer cómo continuará. Con esto como lema en nuestro programa no nos conformaremos, normalmente, con presentar o deducir un resultado determinado, sino intentar mostrar al alumno cómo pensar acerca de él cómo manejarlo y cómo mantenerlo y validarlo.

Con lo expuesto conseguiremos que el alumno obtenga la información adecuada (objetivos informativos) y que el alumno sea capaz de comprender, asociar, integrar, aplicar, y transformar la información recibida (objetivos formativos).

Metodología

La metodología, método = camino hacia, empleada pretende encontrar las vías más adecuadas que conduzcan a los objetivos propuestos. Asimismo será una metodología motivacional, ya que la motivación es la condición emocional que despierta y mantiene el aprendizaje.

Usamos esencialmente métodos germinales combinados con los expositivos y activos puros. El protagonismo es compartido por profesor-alumno, según el momento del proceso educativo. Esta metodología se desarrolla en las distintas actividades docentes que conforman el proceso educativo, en nuestro caso:

Clases de Teoría. El tipo de actividad didáctica desarrollada es Exponer ---> Captar, Plantear ---> Investigar, Orientar ---> Ejecutar . Por último, una actividad didáctica que aunque es más propiamente evaluativa que formativa, también puede tener un efecto de realimentación tanto en la actuación docente del profesor como en los propios conocimientos adquiridos y comprensiones obtenidas por el alumno en la clase, Evaluar <--- Ejecutar.

Clases Abiertas. Constituyen un buen complemento a las clases de Teoría y de Ejercicios. Fomentan el trabajo en equipo del profesor y los alumnos, y de los alumnos entre sí. Las actividades didácticas usadas por nosotros como marco operativo de las clases abiertas son:

Plantear ---> Debatir y Comentar <---> Comentar.

Clases de Ejercicios. Las actividades didácticas propias de esta clase son: Orientar ---> Ejecutar, Demostrar ---> Practicar y Plantear ---> Investigar.

Clases Prácticas. Entendemos por tales aquellas en las que se plantean un conjunto de actividades prácticas o proyectos, a realizar por el alumno, que responden a dos propuestas básicas, por un lado los trabajos de encargo por parte del profesor, y por otro, los de propia iniciativa que realice el estudiante para completar su formación, basados en la formación recibida a través de las clases citadas en líneas anteriores sobre la materia a profundizar en su conocimiento y entendimiento. Debemos encargar trabajos para conseguir que el alumno adquiera agilidad en la resolución de problemas, sin la monotonización del profesor. Las actividades didácticas usadas en estas clases serán: Plantear ---> Investigar, Comentar <---> Comentar y Plantear ---> Debatir, esta última esencialmente usada en las defensas de las prácticas desarrolladas.

Criterios de Evaluación

Al tratarse de una asignatura en extinción la evaluación de la misma se centrará en un proceso evaluativo mediante examen. Este constará de una parte teórica y una parte de orientación práctica. La asignatura será superada por el alumno cuando en ambas partes se obtenga un mínimo de un 45% de la nota total.

La nota final se obtendrá con la asignación porcentual siguiente:

Parte Práctica: 30% NF; Parte Teórica: 70%NF, así,

$NF = 0.7 \times \text{Parte Teórica} + 0.3 \times \text{Parte Práctica}$. Para superar la asignatura la nota final (NF) debe alcanzar un valor de 5 o mayor de 5. Cuando el valor de NF sea inferior a 5, la asignatura no se

habrá superado y ese valor será la calificación obtenida por el alumno. Cuando, a pesar de obtener una nota = o > 5 no cumpla la condición anterior de obtener el 45% de la nota en ambas partes, la asignatura estará suspendida con una calificación de suspenso 4.

Descripción de las Prácticas

Práctica nº1 Implementación Software de las Redes Neuronales Artificiales (RNAs: Estudio y manejo de distintas herramientas). 7 Horas.

Descripción: Familiarización y manejo de varias herramientas software de RNAs:

Objetivos: Adquirir conocimiento, habilidades de manejo y distinción de los distintos tipos de Herramientas Software de RNAs, como son: Entornos de Desarrollo, Neurosoftware, Lenguajes de alto nivel, Simuladores neuronales. Estudio y diseño de aplicaciones.

Material de laboratorio recomendado: PC-ALTAS PRESTACIONES EN VELOCIDAD Y MEMORIA. Windows XP, LINUX, SNNS-JNNS, Neural Network Toolbox MATLAB, INTERNET

Práctica nº2. Desde las Redes Neuronales Artificiales Monocapa hasta la estructura Multicapa. 5 Horas.

a) Resolución de la Función OR-EXCLUSIVO usando ACL.

Descripción: Resolver el problema XOR usando ACL (Adaptive Linear Combiner) mediante una Red Neuronal Multicapa. Implementación utilizando lenguaje de alto nivel (LAN).

b) Reconocimiento de Patrones Visuales Simples mediante un Perceptron Monocapa

Descripción: Discriminación de patrones simples usando un perceptrón monocapa. Diseñar un Perceptrón Monocapa para discriminar líneas verticales de líneas horizontales. Proponer diseños de perceptrones monocapas con capacidad de generalización en el reconocimiento de líneas simples. Implementación con LANs.

Objetivos:

1) Estudiar el método de aprendizaje del tipo corrección de errores. Regla de convergencia del perceptrón y Regla Delta.

2) Estudiar el ACL y las capacidades y limitaciones de las arquitecturas neuronales mono y multicapa.

3) Familiarizarse con la implementación software de redes neuronales artificiales mediante LANs.

4) Estudio de las redes neuronales artificiales supervisadas monocapa. Análisis del Perceptrón de Rosenblatt. Diferencia entre redes monocapa y multicapa. 5) Estudio de la capacidad de generalización de las redes neuronales artificiales (RNAs) supervisadas. Entendimiento de la necesidad de la RNA BackPropagation.

Material de laboratorio recomendado: PC-ALTAS PRESTACIONES EN VELOCIDAD Y MEMORIA. Windows XP, LINUX, INTERNET.

Práctica nº3. Clasificación y Reconocimiento con BackPropagation. 5 Horas.

Descripción:

a) Resolver el problema XOR mediante un Back-Propagation.

b) Reconocimiento de diversos tipos de patrones, utilizando conjuntos de datos bien estructurados y testeados.

Ambas implementaciones deben ser realizadas con el SNNS (JNNS).

Objetivos:

1) Estudio y análisis de la Arquitectura Backpropagation: Estudiar el comportamiento de una Backpropagation frente al conjunto de parámetros de la red: Ratio de aprendizaje, Nº de Iteraciones, Nº de elementos neuronales en la capa oculta, Nº de capas ocultas, etc. Estudiar el decrecimiento del error de la red.

2) Estudio del proceso de aprendizaje, comparando las superficies de error de un ALC y un Backpropagation.

- 3) Estudio de la influencia de la representación de la información en el aprendizaje de la Backpropagation así como en su capacidad de realización.
- 4) Análisis del sobreentrenamiento y la capacidad de generalización de la red.
- 5) Familiarización con la implementación de redes neuronales artificiales usando simuladores de RNAs, y con el uso de repositorios de datos.

Material de laboratorio recomendado: PC-ALTAS PRESTACIONES EN VELOCIDAD Y MEMORIA. Windows XP, LINUX, SNNS-JNNS, Neural Network Toolbox MATLAB, INTERNET.

Práctica nº4. Clusterización de distintos conjuntos de datos usando una Red de KOHONEN (SOM). 5 Horas.

Descripción: Obtener un mapa espacial de distintos conjuntos de datos reales estricturados y testeados, bien procedentes de repositorios de datos u otros generados como las letras de distintos alfabetos. Optimización del mapa mediante la optimización de los parámetros configurables de la red. Implementación de la Red con patologías determinadas y/o con problemas en la entrada de la información. Estudiar la implementación a realizar: Con lenguaje de alto nivel y con un simulador de Redes Neuronales Artificiales (SNNS).

Objetivos: Estudiar la Red Neuronal de Kohonen (SOM): Funcionamiento, topología, neurodinámica, aprendizaje y aplicabilidad. Estudiar comportamiento de la SOM frente a los procesos de inicialización. Plausibilidad biológica.

Usar un entorno de desarrollo o lenguaje de alto nivel desarrollando una implementación propia.

Material de laboratorio recomendado: PC-ALTAS PRESTACIONES EN VELOCIDAD Y MEMORIA. Windows XP, LINUX, SNNS-JNNS, Neural Network Toolbox MATLAB, INTERNET.

Práctica nº5. Reducción de dimensionalidad de un entorno de información mediante redes neuronales tipo Sanger. 3 Horas.

Descripción: Análisis de la obtención de componentes principales de un conjunto de patrones estructurados reales utilizando una red de Sanger. Desarrollo monitorizado.

Objetivos: Estudiar la Red Neuronal de Sanger y distintas implementaciones neuronales para PCA. Estudiar y entender su capacidad de compactación de información.

Material de laboratorio recomendado: PC-ALTAS PRESTACIONES EN VELOCIDAD Y MEMORIA. Windows XP, LINUX.

Práctica nº6. Recuperación de Caracteres Alfanuméricos Ruidosos. 5 Horas.

Descripción: Diseño, implementación y utilización de una red de Hopfield para la Recuperación de Caracteres Alfanuméricos Ruidosos utilizando el SNNS y la red de hopfield sincrona y asincrona.

Objetivos: Estudio del comportamiento de la red de Hopfield

Alcanzar conocimiento de su potencialidad en problemas de optimización. Análisis de la característica de sincronía y asincronía en las RNAs.

Relacion entre RNAs y Física Estadística.

Material de laboratorio recomendado: PC-ALTAS PRESTACIONES EN VELOCIDAD Y MEMORIA. Windows XP, LINUX, SNNS-JNNS, Neural Network Toolbox MATLAB, INTERNET.

Bibliografía

[1 Básico] SNNS [

: Stuttgart neural network simulator.

University of Stuttgart., Stuttgart : (2008)

[2 Básico] Building neural networks /

David M. Skapura.

Addison-Wesley,, Reading (Massachusetts) : (1996)

0201539217

[3 Básico] Neural network architectures: an introduction.

Dayhoff, Judith F.

Van Nostrand Reinhold,, New York : (1990)

0442207441

[4 Básico] Neurocomputing.

Hecht-Nielsen, Robert

Addison-Wesley,, Reading, Mass : (1990)

0201093553

[5 Básico] Neural networks: algorithms, applications and programming techniques /

James A. Freemsn, David M. Skapura.

Addison-Wesley,, Reading, Mass : (1991)

0201513765

[6 Básico] Introduction to the theory of neural computation /

John Hertz, Anders Krogh, Richard G. Palmer.

Addison-Wesley,, Redwood City (California) : (1991)

0201515601

[7 Básico] Neural Networks: a systematic introduction.

Rojas, Raúl

Springer,, Berlin : (1996)

3540605053

[8 Básico] Foundations of neural networks /

Tarun Khanna.

Addison-Wesley,, Reading (Massachusetts) : (1990)

0201500361

[9 Básico] Neural networks and simulation methods.

Wu, Jian-Kang

Marcel Dekker,, New York : (1994)

0824791819

[10 Recomendado] Principles of artificial neural networks /

Daniel Graupe.

World Scientific,, Singapore : (1997)

981-02-2516-4

[11 Recomendado] Neural networks: theoretical foundation and analysis /

edited by Clifford Lau.

Institute of Electrical and Electronics Engineers,, New York : (1992)

0879422807

[12 Recomendado] Self-organizing map formation: foundations of neural computation /

edited by Klaus Obermayer and Terrence J. Sejnowski.

MIT Press,, Cambridge, Massachusetts : (2001)

0-262-65060-6

[13 Recomendado] Neurocomputing: algorithms, architectures and applications /

edited Françoise Fogelman Soulié, Jeanny Hérault.

Springer-Verlag,, Berlin : (1990)

3-540-53278-1

[14 Recomendado] Complex systems dynamics: an introduction to automata networks /

Gérard Weisbuch.

Addison-Wesley,, Redwood City (California) : (1991)

0-201-62732-9(pbk)

[15 Recomendado] Simulating neural networks with Mathematica /

James A. Freeman.

Addison-Wesley,, Reading (Massachusetts) : (1994)

020156629X

[16 Recomendado] Principal component neural networks: theory and applications /

K. I. Diamantaras, S. Y. Kung.

John Wiley & Sons,, New York [etc.] : (1996)

0471054364

[17 Recomendado] Artificial neural networks: concepts and theory /

Pankaj Mehra and Benjamin W. Wah.

IEEE Computer Society Press,, Los Alamitos, California : (1992)

0818689978

[18 Recomendado] Reinforcement learning: an introduction.

Sutton, Richard S.

MIT,, Cambridge (Massachusetts) : (1998)

0262193981

[19 Recomendado] Feedforward neural network methodology /

Terrence L. Fine.

Springer,, New York : (1999)

0-387-98745-2

[20 Recomendado] Self-organizing maps /

Teuvo Kohonen.

Springer,, Berlin : (2001) - (3rd ed.)

3540679219

[21 Recomendado] Neurocomputing applications [Vídeo].

IEEE,, Piscataway, NJ :

Equipo Docente

CARMEN PAZ SUÁREZ ARAUJO

(COORDINADOR)

Categoría: TITULAR DE UNIVERSIDAD

Departamento: INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Teléfono: 928458725 **Correo Electrónico:** carmenpaz.suarez@ulpgc.es

The course of Theory of Neural Computation emphasizes in the theoretical aspects of the neural computation. The neural computation is a parallel and distributed computation, adaptive and self-programming, and it is the first alternative to the programmed computation or Von Neumann type computation. Its main structure of information processing are the artificial neural networks (ANN) which are constituted by many computational elements (neurons) highly interconnected. Its behaviour emerges from learning processes.

The subject covers, essentially, two paradigms; Theory and Modelling. The theory is supported by the mathematics and the modelling (abstraction) by the scientific method. This course includes the following: The foundations and mathematical tools of the neural computation, the structural and functional elements of ANN, connection topology, neurodynamic and learning and a theoretical and practical study of a paradigmatic set of neural architectures.

The global objective of this course is to introduce and to supply a rigorous formation to the student in the Neural Computation, the computation using ANN. We could reach this general objective by means of a set of operative objectives:

1. To get knowledge on the theoretical foundations of the neural computation
2. To provide to the student a suitable knowledge of the basic elements of the artificial neuronal networks. To understand and to use the neurodynamic, topology of connections and mechanisms of adaptability of the ANN.
3. To get knowledge about the main neural architectures from a theoretical and practical point of view.
4. Capacity for using these architectures, and to decide about the most suitable ANN and even to most appropriate computational approach for each application.
5. To design and to validate neural architectures in a cooperative way.
6. To analyse the results obtained for different student's groups.
7. Discussions about the neural architectures designed by the different students groups.
8. Discussion on the innovations in the neural architectures
9. Oral and written presentations of the different designs.

We will try to give to our students an understanding of the subject concerning with knowledge of what, how and will how continue. With this idea we will try to show a result to the student and how to think about such result, how to use it and how to validate it.