



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

PROYECTO DOCENTE CURSO: 2005/06

12706 - TEORÍA DE LA COMPUTACIÓN NEURONAL

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

Descriptor B.O.E.

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

Temario

MÓDULO I. INTRODUCCIÓN. (4 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. (10 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

1.1.- Introducción

1.2.- Redes de Autómatas

- 1.3.- Conceptos Matemáticos Básicos para la Computación con Redes de Automatas:
 - 1.3.1.- Espacios Vectoriales.
 - 1.3.2.- Calculo Matricial.
 - 1.3.3.- Análisis PCA.
- 1.4.- Computación sobre Redes de Automatas

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) 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

MAPAS AUTO-ORGANIZATIVOS: RED DE KOHONEN

- 2.1.- Introducción.
- 2.2.- Aprendizaje No Supervisado mediante Competición
- 2.3.- Análisis de Convergencia para Aprendizaje Competitivo.
- 2.4.- Análisis de Componentes Principales
- 2.5.- Mapas de Características del Cerebro.
- 2.6.- Modelo de Kohonen.
- 2.7.- Mapas Topológicos de Características Autoorganizados de Kohonen.
- 2.8.- Red Neuronal de Kohonen para el Reconocimiento Fonético del Habla.

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.

Conocimientos Previos a Valorar

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

Objetivos

El Objetivo global y general de esta asignatura es la introducción y formación rigurosa del alumno en un nuevo enfoque de Computación distinto de la Computación Programada. Estudiar la computación por redes neuronales artificiales. La obtención de este objetivo global se consigue mediante objetivos específicos y operativos. El primero de estos objetivos es que el alumno alcance un conocimiento de los fundamentos teóricos de la computación neuronal que le permitan entenderla así como participar en su construcción y su aplicación como futuro ingeniero en informática. Alcanzar un conocimiento adecuado de los elementos básicos del principal elemento de proceso de la computación neuronal, las redes neuronales artificiales (RNAs). Es decir tener conocimiento y manejo de la neurodinámica, topología de conexiones y mecanismos de adaptabilidad (aprendizaje) de las RNAs. Por último poseer capacidad de manejo de las principales arquitecturas neuronales, tanto sus conceptos teóricos como su capacidad de aplicación, así como la capacidad de saber discernir el tipo de enfoque computacional óptimo para cada aplicación. 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 "conocer cómo continuará" [Wittgenstein/58]. 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 in-formativos) y que el alumno sea capaz de comprender, asociar, integrar, aplicar, y transformar la información recibida (objetivos formativos).

Metodología de la Asignatura

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.

Evaluación

Realizaremos una evaluación continua lo que prepara de forma más global, completa y compacta al estudiante, lo cual además lo motiva y le proporciona mayor rendimiento a su esfuerzo. Esta consta de la realización y superación, simultáneamente, de ejercicios prácticos, prácticas de laboratorio y una evaluación mediante examen. La nota se obtendrá con la asignación porcentual especificada en el párrafo siguiente:

Ejercicios prácticos: 10%, Prácticas: 25%, Examen: 65%

Las Prácticas deben ser realizadas para poder aprobar la Asignatura.

En el Examen, así como en la parte práctica, se debe obtener un mínimo de un 45% de la nota total para poder aprobar la Asignatura.

Cuando un alumno sólo supere la parte práctica de la asignatura, el tiempo de validez de la superación de esta parte se ajustará a normativa.

Descripción de las Prácticas

Práctica n°1 Implementación Software de las Redes Neuronales Artificiales (RNAs: Estudio y manejo de distintas herramientas). 9 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. Distinción con los Simuladores neuronales. Aplicación con Redes Neuronales Supervisadas y de Base Radial.

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

Práctica n°2. Redes Neuronales Artificiales Monocapa y Multicapa: Resolución de la Función OR-EXCLUSIVO. 3 Horas

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

Objetivos:

1) Estudiar el método de aprendizaje del tipo corrección de errores. Regla Delta. Profundización en el método base de los algoritmos de aprendizaje de arquitecturas mono y multicapa supervisadas.

2) Estudiar la arquitectura ACL sus limitaciones y las capacidades de las arquitecturas multicapa.

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

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

Práctica n°3. Reconocimiento de Patrones Visuales Simples mediante un Perceptrón Monocapa. 4 Horas.

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: Estudio de las redes neuronales artificiales supervisadas monocapa. Análisis del Perceptrón de Rosenblatt, aplicación en el reconocimiento de formas. Estudio de un caso simple. Diferencia entre redes monocapa y multicapa. 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, SNNS, Neural Network Toolbox MATLAB, INTERNET.

Práctica n°4. Clasificación y Reconocimiento con BackPropagation. 4 Horas.

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

b) Reconocimiento de diversos tipos de patrones, con y sin ruido, utilizando el Backpropagation.

Ambas implementaciones deben ser realizadas con el SNNS.

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, N° de Iteraciones, N° de elementos neuronales en la capa oculta, N° de capas ocultas, etc. Estudiar el decrecimiento del error de la red.

2) Estudio geométrico 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) Familiarización con la implementación de redes neuronales artificiales usando simuladores de RNAs.

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

Práctica nº 5. Análisis de las arquitecturas neuronales no supervisadas: Mapas Auto-Organizativos de Kohonene, RNA con aprendizaje Hebiano competitivo, Red Neural Gas, Redes de crecimiento. 2 Horas.

Descripción: Análisis de las arquitecturas neuronales citadas mediante la utilización de grupos de patrones con diferentes distribuciones de probabilidad, y diferentes características de estructura entre cada grupo en sí. Realizar el análisis frente al conjunto de valores parametrizables de cada red. Usar la herramienta DemoGNG.

Objetivos: Estudiar y familiarizarse con el aprendizaje no supervisado. Entender la diferencia de funcionamiento entre aprendizaje supervisado y no supervisado. Adquirir capacidad para distinguir los tipos de información y de problemas que pueden y deben ser tratados por arquitecturas neuronales no supervisadas.

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

Práctica nº 6. Clasificación de letras de un Alfabeto usando una Red de KOHONEN (SOM). 4 Horas.

Descripción: Obtener un mapa espacial de 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 y entender la capacidad de auto-organización espacial de la misma. Plausibilidad biológica.

Saber discernir cuándo se debe usar un entorno de desarrollo y cuando un lenguaje de alto nivel desarrollando una implementación propia.

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

Práctica nº7. Recuperación de Caracteres Alfanuméricos Ruidosos. 4 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 sincrónica y asincrónica.

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.

Relación entre RNAs y Física Estadística.

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

Bibliografía

[1] SNNS [

: *Stuttgart neural network simulator.*

University of Stuttgart,, Stuttgart : (2008)

[2] Neural networks in C++: an objects-oriented framework for building connectionist systems.

Blum, Adam

John Wiley & Sons., New York : (1992)

[3] Understanding Neural Networks: Computer Explorations

Caudill, M. and Butler, Ch.

M.I.T. Press - (1992)

[4] Building neural networks /

David M. Skapura.

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

0201539217

[5] Neural Network Architectures. An Introduction

Dayhoff, J

Van Nostrand Reinhold - (1990)

[6] Neurocomputing: algorithms, architectures and applications /

edited Françoise Fogelman Soulié, Jeanny Hérault.

Springer-Verlag., Berlin : (1990)

3-540-53278-1

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

Gérard Weisbuch.

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

0-201-62732-9(pbk)

[8] Neurocomputing

Hecht-Nielsen, R

Addison-Wesley Company - (1990)

[9] Neural network design and the complexity of learning /

J. Stephen Judd.

, Cambridge, Massachusetts, (1990)

0-262-10045-2

[10] Simulating neural networks with Mathematica /

James A. Freeman.

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

020156629X

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

James A. Freeman, David M. Skapura.

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

0201513765

[12] Introduction to the theory of neural computation /

John Hertz, Anders Krogh, Richard G. Palmer.

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

0201515601

[13] Foundations of Neural Networks

Kahanna, T.
Addison-Wesley. - (1990)

[14] The mathematical foundations of learning machines /

Nils J. Nilsson.
Morgan Kaufmann,, San Mateo (California) : (1990)
1558601236

[15] Artificial neural networks: concepts and theory /

Pankaj Mehra and Benjamin W. Wah.
IEEE Computer Society Press,, Los Alamitos, California : (1992)
0818689978

[16] Artificial neural systems: foundations, paradigms, applications, and implementations /

Patrick K. Simpson.
Pergamon Press,, New York : (1990)
0080378943

[17] Neural Networks - A Systematic Introduction

Raul Rojas
Springer Verlag - (1996)

[18] Reinforcement learning: an introduction.

Sutton, Richard S.
MIT,, Cambridge (Massachusetts) : (1998)
0262193981

[19] Digital neural networks /

S.Y. Kung.
Prentice-Hall,, Englewood Cliffs, N. J : (1993)
0136123260

[20] Self-Organizing Map

T. Kohonen
Springer-Verlag - (1997)

[21] Feedforward Neural Network Methodology

Terrence L. Fine
Springer-Verlag - (1999)
: 0-387-98745-2

Equipo Docente

CARMEN PAZ SUÁREZ ARAUJO

(COORDINADOR)

Categoría: TITULAR DE UNIVERSIDAD

Departamento: INFORMÁTICA Y SISTEMAS

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