

TEMA 0

PRESENTACIÓN DEL CURSO

REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y SUS APLICACIONES



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y SUS APLICACIONES

- Curso de 3º ciclo de la UPV-EHU
- Programa:
 - TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
 - TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA Y CONTROL

1 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

PRESENTACIÓN DEL CURSO

- PROFESOR
- ASIGNATURA
- ALUMNOS

2 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y SUS APLICACIONES

- ENFOQUE:

- CONTEXTO:

3 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

OBJETIVOS

- 1º: COMPRENSIÓN de PARADIGMAS
- 2º: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

4 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

CONTENIDO TEÓRICO

- Tema 1.- Introducción a la Computación Neuronal
- Tema 2.- Fundamentos de las Redes Neuronales Artificiales
- Tema 3.- Selección de las Redes Neuronales Artificiales
- Tema 4.- Las Primeras Redes Neuronales Artificiales
- Tema 5.- Red Backpropagation
- Tema 6.- Red Self Organizing Map y Red Counterpropagation
- Tema 7.- Red Hopfield y Red Bidirectional Associative Memory
- Tema 8.- Red Adaptive Resonance Theory
- Tema 9.- Aplicaciones de las Redes Neuronales Artificiales
- Tema 10.- Lógica Difusa y Redes Neuronales Artificiales

5 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

CONTENIDO PRÁCTICO

- SIMULADOR NWORKS
- PARADIGMAS

6 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

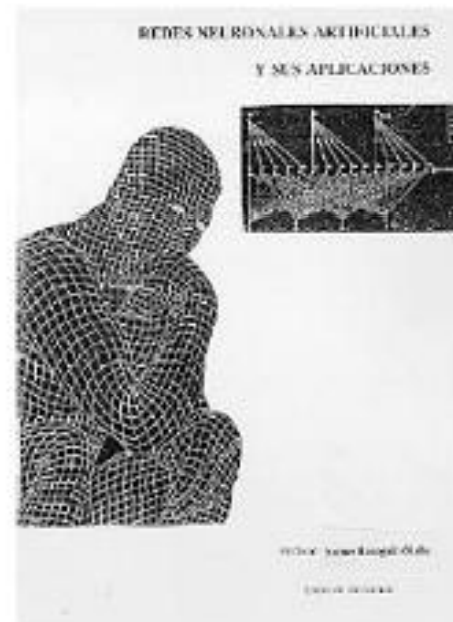
Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

DOCUMENTACIÓN

- LIBRO DEL CURSO
- BIBLIOGRAFÍA
- RECURSOS INTERNET



7 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

EVALUACIÓN

- ASISTENCIA
- TRABAJO MONOGRÁFICO

8 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

EDUCACIÓN BIMODAL

- MODELO
 - MÉTODOS CLÁSICOS
 - MÉTODOS BASADO EN LAS 'TIC'
- GRUPO INVESTIGACIÓN MULTIMEDIA
 - EXPERIENCIA
 - Proyecto UPV-EHU: Educación Bimodal: soporte tecnológico y académico para la distribución de cursos sobre Internet. UPV/EHU/00148.345-FA0005/2000

9 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ENTORNO EDUCACIONAL

- Herramientas:
 - CONTENIDO DE LA ASIGNATURA
 - COMUNICACIÓN
 - EVALUACIÓN

10 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU

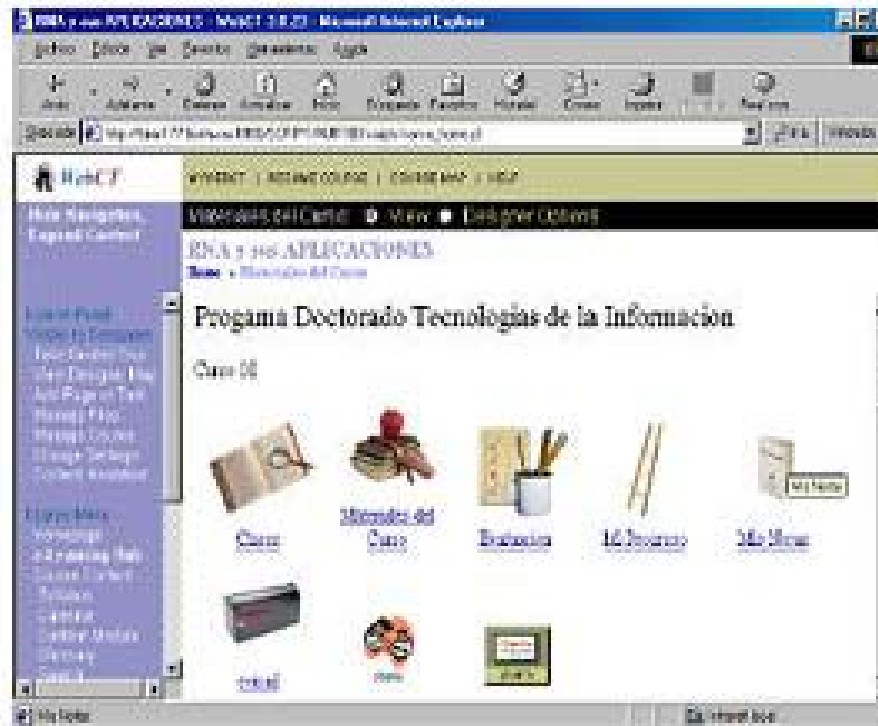
© X.B.O.

Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ENTORNO EDUCACIONAL



11 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU  Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

RESULTADOS

- CONOCIMIENTO DE UNA ALTERNATIVA A LA COMPUTACIÓN TRADICIONAL
- FAMILIARIZARSE CON UN CONJUNTO DE PARADIGMAS Y APLICACIONES
- EDUCACIÓN BIMODAL

12 de 13



ALUMNOS

- NOMBRE
- FORMACIÓN
- ACTIVIDAD PROFESIONAL
- INTERÉS/CONOCIMIENTO DE LA MATERIA

13 de 13

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

Presentación del Curso



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

TEMA 1

INTRODUCCIÓN

A LA COMPUTACIÓN NEURONAL



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

TEMA 1.- Introducción a la Computación Neuronal

- Introducción
- Características de las Redes Neuronales Artificiales
- Estructura Básica de una Red Neuronal
- Computación Tradicional y Computación Neuronal
- Historia de la Computación Neuronal
- Aplicaciones de las Redes Neuronales Artificiales
- Implementación y Tecnologías Emergentes



Introducción

- El sistema de Cálculo más complejo: el Cerebro Humano
- Ordenador/Hombre
- Computación Neuronal
- Técnica/Tecnología Interdisciplinaria
- Términos equivalentes



Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

TEMA 1



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

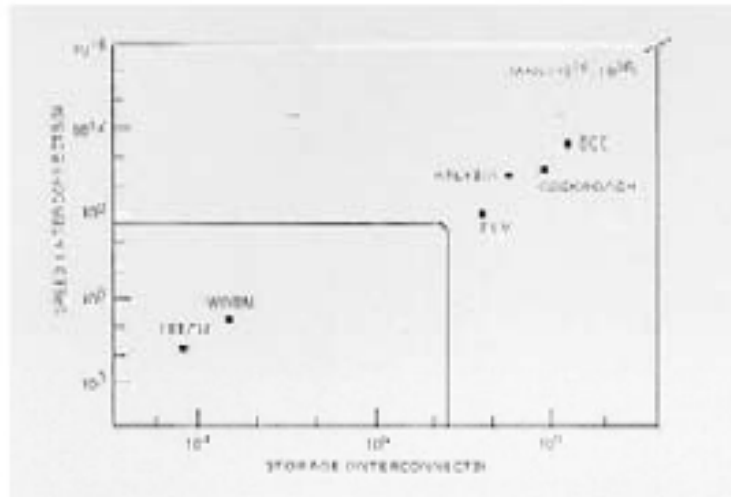
Características de las Redes Neuronales Artificiales

- Origen del nombre
- Similitud/Diferencia
- Características:
 - APRENDER
 - GENERALIZAR
 - ABSTRER



Características de las Redes Neuronales Artificiales

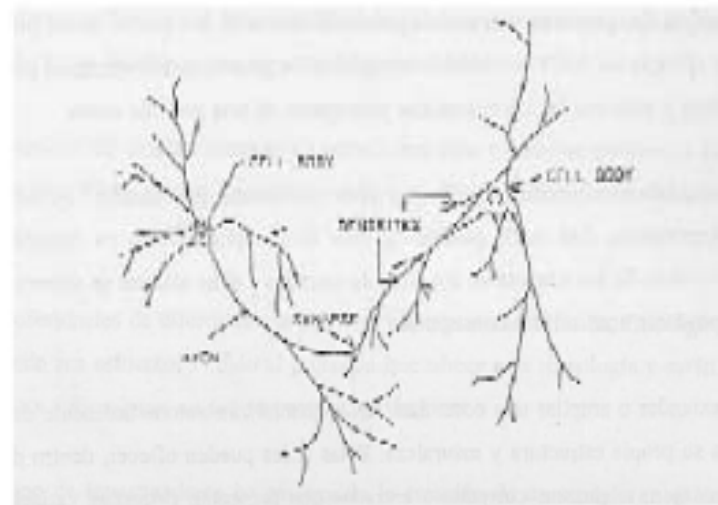
- Aplicabilidad
- Inteligencia Artificial



Estructura Básica de una Red Neuronal

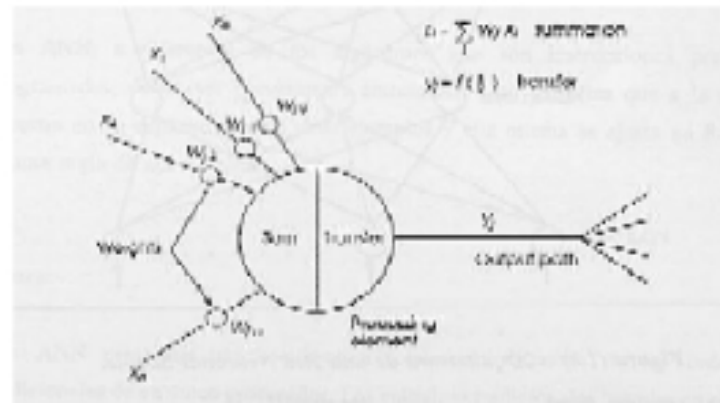
- Modelo Biológico:

- Dendrita
- Axón
- Sinapsis
- Núcleo
- Interconexión



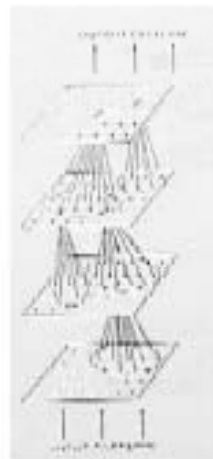
Estructura Básica de una Red Neuronal

- Modelo Artificial:
 - Unidad Procesadora



Computación Tradicional y Computación Neuronal

- Programación Algorítmica / Aprendizaje a partir de Ejemplos
- Arquitectura Von Neuman / Interconexión masiva de Unidades Procesadoras



Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

TEMA 1

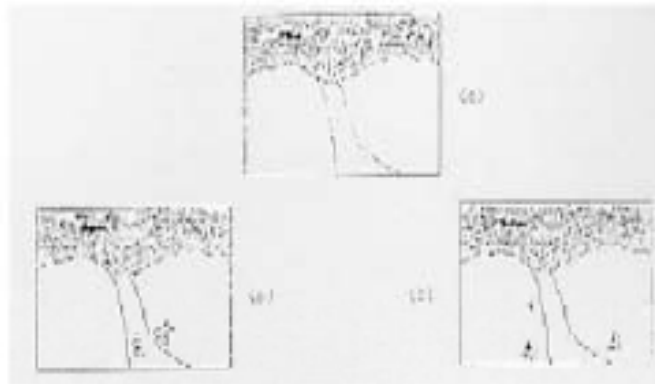


Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones
Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

Computación Tradicional y Computación Neuronal

- Representación y Procesado del Conocimiento

- Sistemas Expertos
- Redes Neuronales
- Lógica Difusa



Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

TEMA 1



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

Computación Tradicional y Computación Neuronal

- Características de las Redes Neuronales Artificiales
 - Memoria Asociativa
 - Generalización
 - Tolerancia
 - Fiabilidad

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

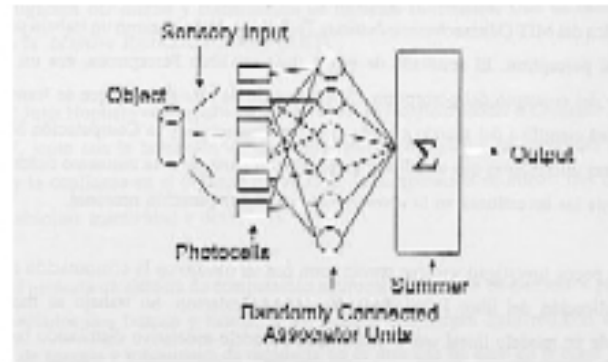
TEMA 1



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

Historia de la Computación Neuronal

- 1943: McCulloch & Pitts
- 1949: Hebb
- 1956: 1º Conferencia de Inteligencia Artificial
- 1957: Rosenblatt - "Perceptron"
- 1959: Widrow - "Adaline&Madaline"



Historia de la Computación Neuronal

- 60's: Minsky & Papert
- 70's: Kohonen & Grossberg
- 80's: Parker, Rumelhart, Hopfield
- 90's: Universidades & Centros de Investigación



Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

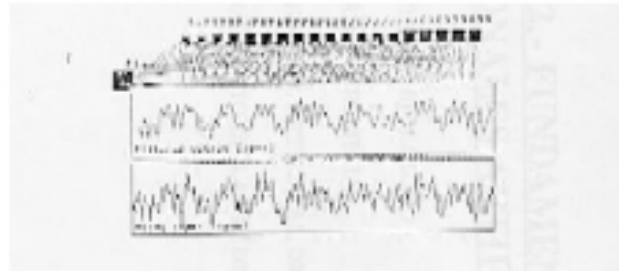
TEMA 1



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

Aplicaciones de las Redes Neuronales Artificiales

- Diagnóstico Médico, Industrial y Financiero
- Control de Procesos y Robótica
- Predicción de variables, Filtrado



Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

TEMA 1

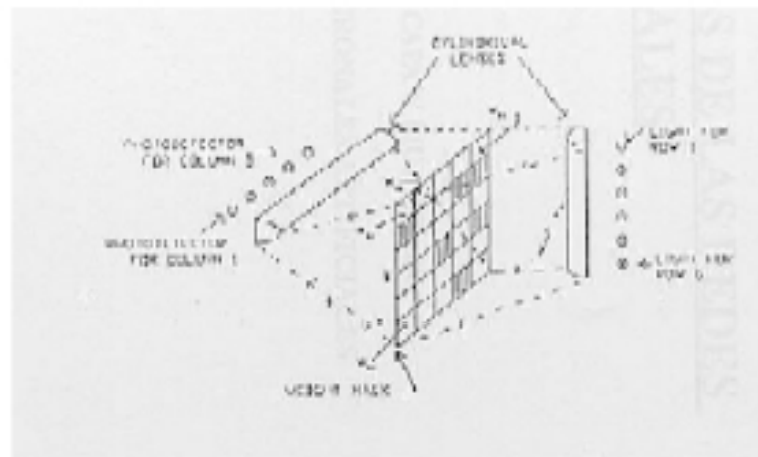


Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones



Implementación y Tecnologías Emergentes

- Procesado Paralelo Hardware
- Circuitos Integrados
- Procesadores Ópticos



Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

TEMA 1



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

TEMA 2

FUNDAMENTOS DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

TEMA 2.- FUNDAMENTOS DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES

- EL PROTOTIPO BIOLÓGICO
- LA NEURONA ARTIFICIAL
- RED NEURONAL ARTIFICIAL DE UNA CAPA Y MULTICAPA
- ENTRENAMIENTO DE LAS REDES NEURONALES



EL PROTOTIPO BIOLÓGICO

- ORGANIZACIÓN DEL CEREBRO HUMANO
 - CORTEX
 - FUNCIONES SENSORIALES Y MOTRICES
 - FUNCIONES SUPERIORES
 - ENERGÍA

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O. TEMA 2



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

- NÚCLEO
- DENDRITA
- AXON

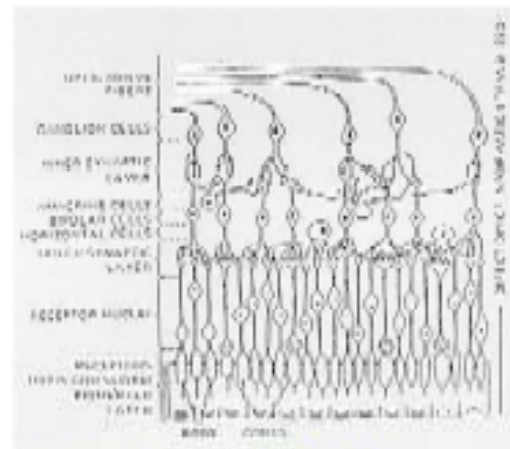
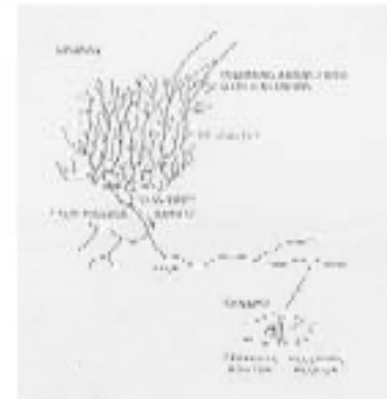


TEMA 2



EL PROTOTIPO BIOLÓGICO

- DIVERSIDAD DE NEURONAS



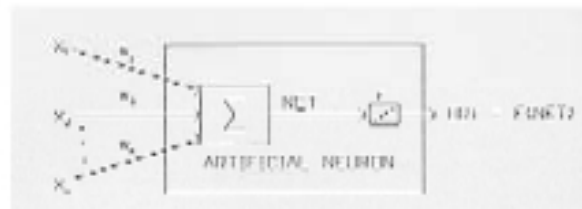
Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O. TEMA 2



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

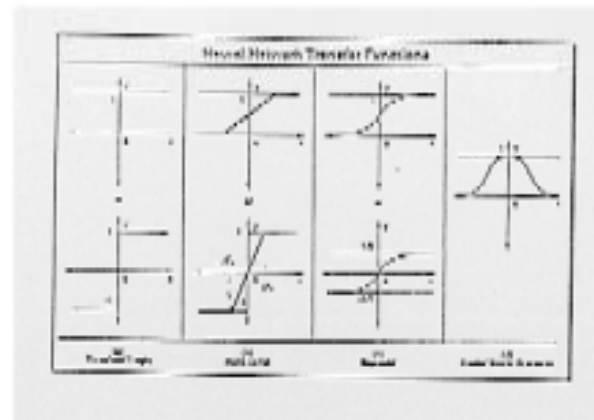
- $NET = XW$
- $OUT = F(NET)$



LA NEURONA ARTIFICIAL

- FUNCIÓN DE ACTIVACIÓN

- UMBRAL LÓGICO
- SIGMOIDAL
- GAUSSIANA



LA NEURONA ARTIFICIAL

- ARTIFICIALES vs. BIOLÓGICA



Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

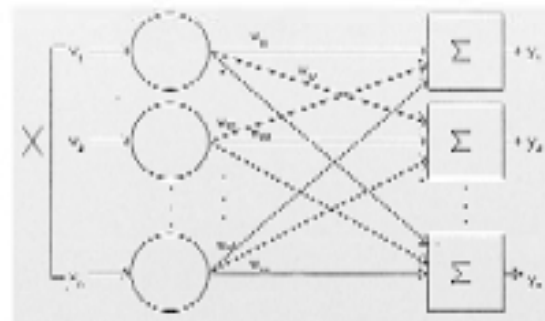
TEMA 2



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones
Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

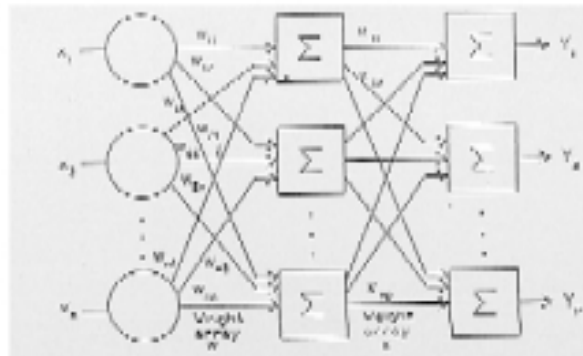
REDES NEURONALES ARTIFICIALES DE UNA CAPA Y MULTICAPA

- RED DE UNA CAPA
 - ENTRADA
 - SALIDA
 - CAPA DE NEURONAS PROCESADORAS



REDES NEURONALES ARTIFICIALES DE UNA CAPA Y MULTICAPA

- RED MULTICAPA
 - CASCADA DE CAPAS SIMPLES
 - FUNCIÓN DE ACTIVACIÓN
 - REGLA DE APRENDIZAJE



ENTRENAMIENTO DE LAS A.N.N.

- APRENDIZAJE: AJUSTE DE LAS CONEXIONES
- TIPOS:
 - SUPERVISADO
 - NO SUPERVISADO



ENTRAMAMIENTO DE LAS A.N.N.

- REGLAS
 - HEBB
 - GROSSBERG (INSTARS & OUTSTARS)
 - ROSENBLAT, WIDROW-HOFF, EXTENSIÓN
 - MÉTODO ESTADÍSTICO
 - SELF ORGANIZING



ENTRENAMIENTO DE LAS A.N.N.

- HEBB

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

TEMA 2



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ENTRENAMIENTO DE LAS A.N.N.

- GROSSBERG (INSTARS & OUTSTARS)



ENTRENAMIENTO DE LAS A.N.N.

- ROSENBLAT, WIDROW-HOFF, EXTENSIÓN



ENTRENAMIENTO DE LAS A.N.N.

- MÉTODO ESTADÍSTICO

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

TEMA 2



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ENTRAMAMIENTO DE LAS A.N.N.

- SELF ORGANIZING

Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

TEMA 2



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

TEMA 4

LAS PRIMERAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

TEMA 4.- LAS PRIMERAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES

- INTRODUCCIÓN
- PERCEPTRON
- ADALINE-MADALINE

Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 4



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

INTRODUCCIÓN

- **CONCEPTOS INTRODUCIDOS EN LAS REDES NEURONALES ACTUALES**
- **GENERALIZACIÓN DE LAS PRIMERAS REDES**
- **IMPLEMENTACIÓN**

Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 4



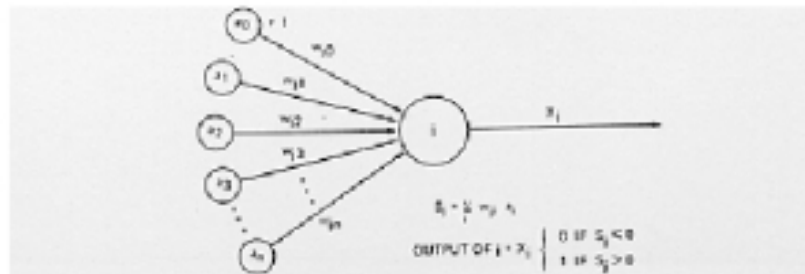
Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

- SUMA PONDERADA $\sum W \cdot X$
- FUNCIÓN TRANSFERENCIA F
- APRENDIZAJE SUPERVISADO
- REGLA de APRENDIZAJE ΔW_{ij}



PERCEPTRON

- Autor: ROSENBLATT 1959
- UNIDAD PROCESADORA (P.E..)



Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 4



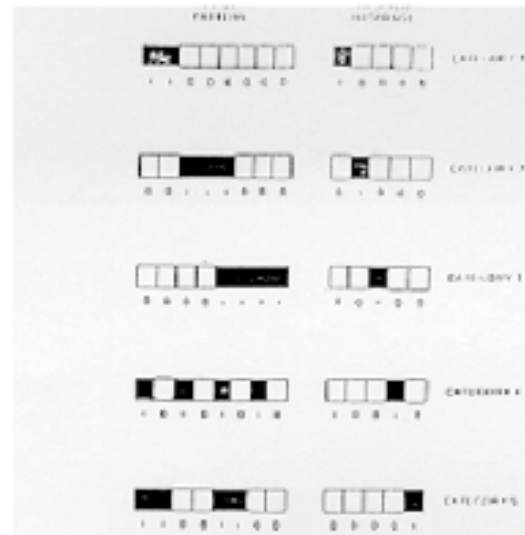
Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

-
- The diagram illustrates a neural network architecture. It features an **INPUT LAYER** at the bottom with eight nodes, each receiving an external input (indicated by upward arrows). These nodes are fully connected to an **ADJUSTABLE WEIGHTS** layer in the middle, represented by a dense web of lines. The output of this layer is then passed to an **OUTPUT LAYER** at the top, which consists of three nodes. Each output node produces an external output (indicated by upward arrows).

-
- The diagram illustrates a simple neural network architecture for handwritten digit recognition. It consists of the following components and connections:
- SENSORY GRID:** A 10x10 grid of squares representing the input image. The digit '3' is shown in black on a white background.
 - INPUT LAYER:** A vertical column of 10 nodes, each connected to one row of the sensory grid.
 - FEATURE DETECTOR LAYER:** A vertical column of 10 nodes. Each node is connected to all 10 nodes in the input layer. These connections are labeled **NON-ADJUSTABLE WEIGHTS**.
 - ADJUSTABLE WEIGHTS:** A vertical column of 10 nodes. Each node is connected to all 10 nodes in the feature detector layer. These connections are labeled **ADJUSTABLE WEIGHTS**.
 - OUTPUT LAYER:** Two nodes labeled **CLASS 1** and **CLASS 2**. Each node is connected to all 10 nodes in the adjustable weights layer.

ENTRENAMIENTO

- REGLA DE APRENDIZAJE
- EJEMPLO



Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 4



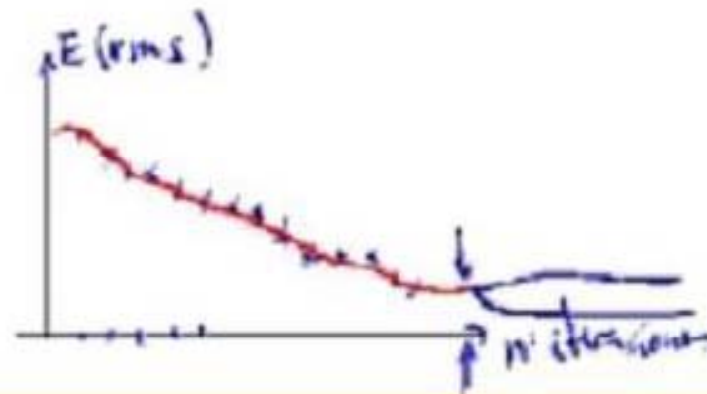
Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ENTRENAMIENTO

Entrada X Salida Y Error $(T - y)$

$$\text{Error (R.M.S.)} = \sqrt{\frac{\sum_p \sum_i (t_{pi} - a_{pi})^2}{n, n_p}}$$

p - pattern
 n_p - number of patterns
 i - index (layer index)
 n_i - number of neurons



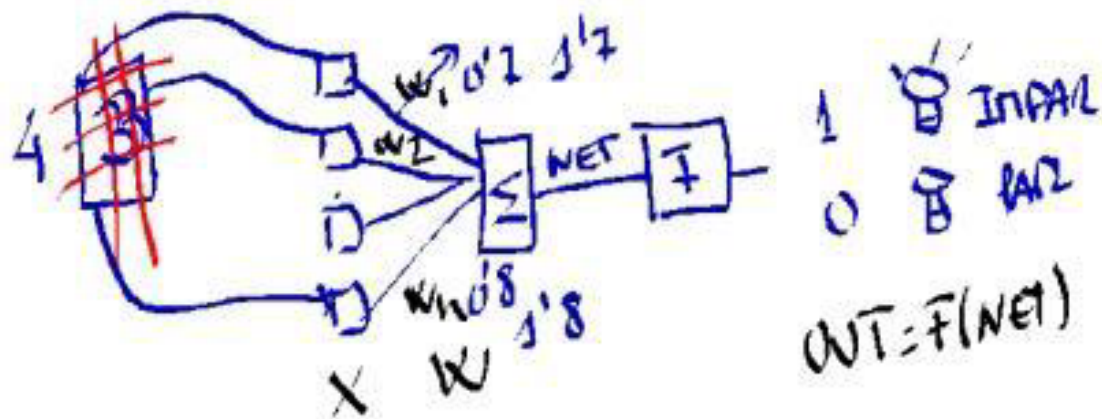
MÉTODO DE APRENDIZAJE

- Ejemplo: Sistema RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES
- DISEÑO INTUITIVO

Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 4



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones



1^{er}. X OUT
 2^{er}. OUT igual T volver 1^{er}
 OUT INCORRECTA y $\Rightarrow \uparrow \uparrow$ pesos
 OUT " y $\Rightarrow \downarrow \downarrow$ pesos



MÉTODO DE APRENDIZAJE

- Regla del PERCEPTRON
- Regla DELTA RULE

Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 4

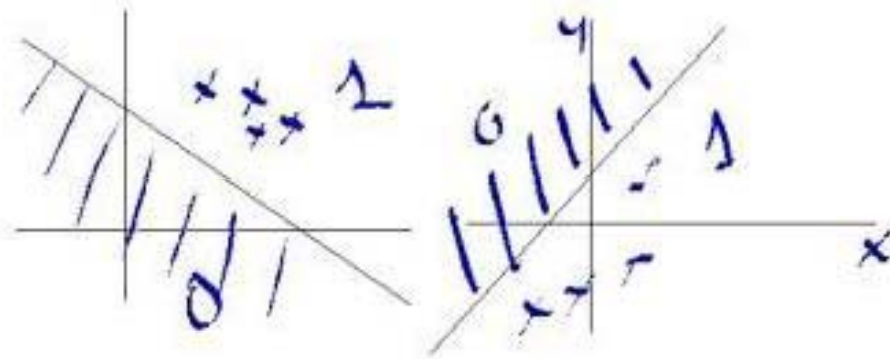


Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

SEPARABILIDAD LINEAL

- INCONVENIENTES:
- Problema XOR
- PRINCIPAL LIMITACIÓN:



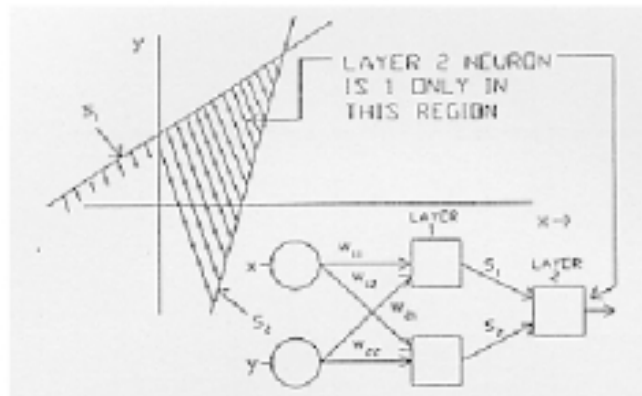


$n=1$ I $[0,1]$ $[0,1]$
 $n=2$ $F = 16$ $2^{2^2} = 16 \Rightarrow 14 \text{ lines}$
 $n=3$ 256 104
 $n=4$ 644 1800



SOLUCIÓN A LIMITACIÓN

- REDES MULTICAPA



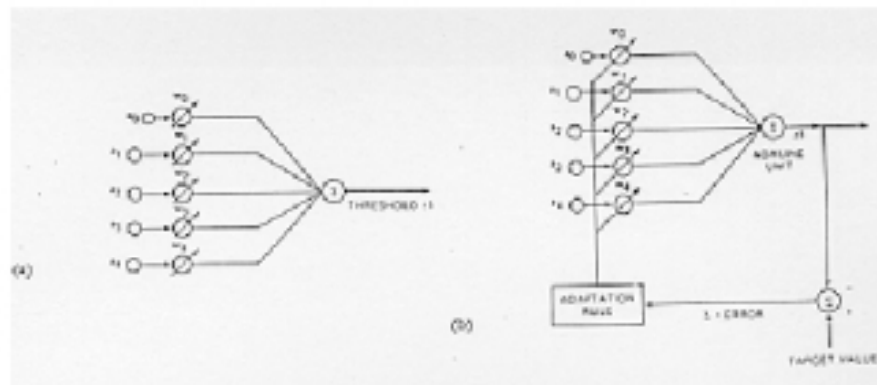
Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 4



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ADALINE

- UNIDAD PROCESADORA (P.E.)



SIMILITUD Y DIFERENCIAS CON PERCEPTRON

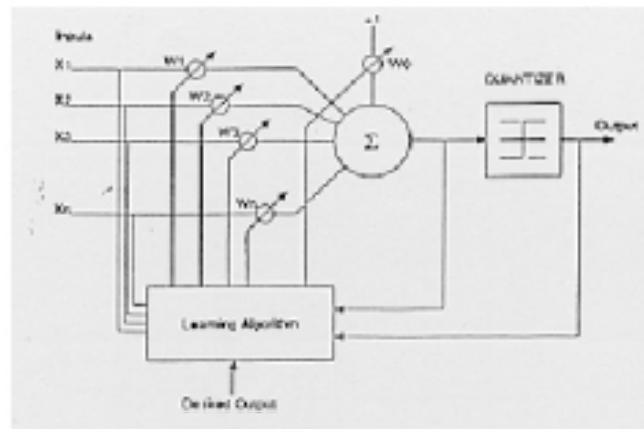
Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 4



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

REGLA DE APRENDIZAJE

- LEAST MEAN SQUARE



LAS

ADALINE

x^p - Entrada patron p

a^p - Salida

d^p - Deseado (T^p)

$$\delta = (d^p - a^p)$$

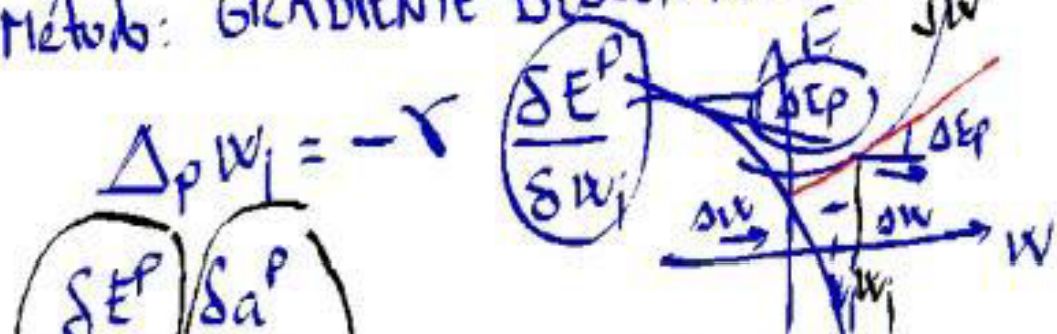
- DEFINICION COSTE o ERROR ΔW
 $\delta = d^p - a^p$



$$E = \sum_p E^p = \frac{1}{2} \sum_p (d^p - a^p)^2 \quad \text{ADALINE}$$

$$\text{Net } k = \sum x_i \cdot w_i$$

Método: GRADIENTE DESCENDENTE $\frac{da}{dw} = x$



$$\Delta_p w_i = -\gamma \left(\frac{\delta E^p}{\delta a^p} \cdot \frac{\delta a^p}{\delta w_i} \right)$$

$$\Delta_p w_i = +\gamma \underbrace{(d^p - a^p)}_{\delta} x_i$$

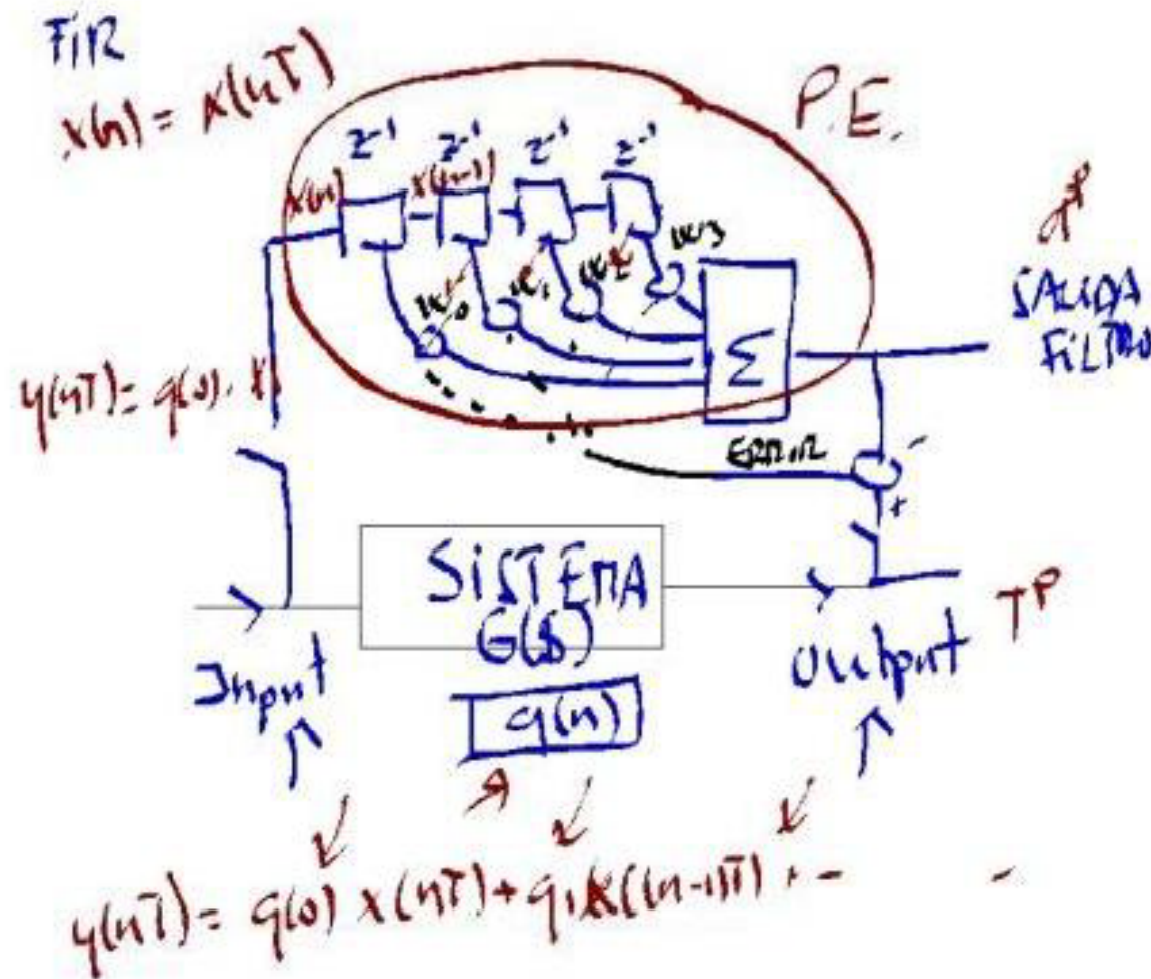
$c(t-x)/a$
PERCEPTRON



APLICACIONES

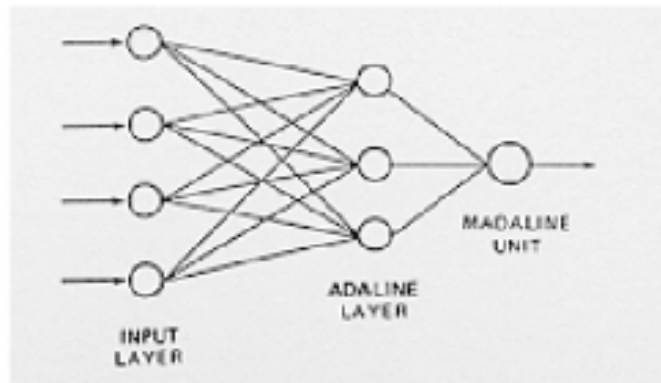
- Predicción Tiempo Lluvias
- RECONOCIMIENTO VOZ
- FILTRO ADAPTATIVO
- CANCELAR RUIDO
- IDENTIFICAR SIST. DIN.





MADALINE

- **AGRUPACIÓN DE ADALINES**



Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 4



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

MADALINE

- REGLA DE APRENDIZAJE: MAYORÍAS
- AGRUPACIÓN DE MADALINES
- CODIFICACIÓN DE ENTRADAS

Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 4



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

APRENDIZAJE → PLAYBACKS

	ADALINE	NET	OUT	ADALINE	DESEADA
↓	1	0.7	1		
↘	2	0.1	1(-1)	1	-1
	3	-0.9	-1	-1	=

ADALINE ELIMINADA PROXIMA 0
 ΔW



MADALINE

- REGLA DE APRENDIZAJE: MAYORÍAS
- AGRUPACIÓN DE MADALINES
- CODIFICACIÓN DE ENTRADAS

Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 4



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

TEMA 5

RED BACKPROPAGATION



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

- INTRODUCCIÓN
- ARQUITECTURA DE LA RED BACKPROPAGATION
- ALGORITMO DE ENTRENAMIENTO
- APLICACIONES DE LA RED BACKPROPAGATION
- VENTAJAS E INCONVENIENTES



TEMA 5

Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

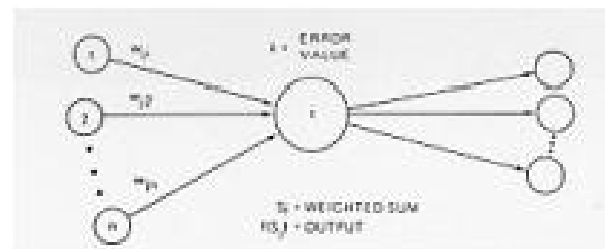
INTRODUCCIÓN

- LIMITACIÓN de PRIMERAS REDES NEURONALES
- WERBOS(1974), PARKER(1982), RUMELHART(1986)
- NOMBRE: ALGORITMO Y RED
- EXTENSA UTILIZACIÓN



ARQUITECTURA de la RED BACKPROPAGATION

- UNIDAD PROCESADORA



- FUNCIÓN de TRANSFERENCIA: DIFERENCIABLE
- DELTA para cada P.E .





TEMA 5

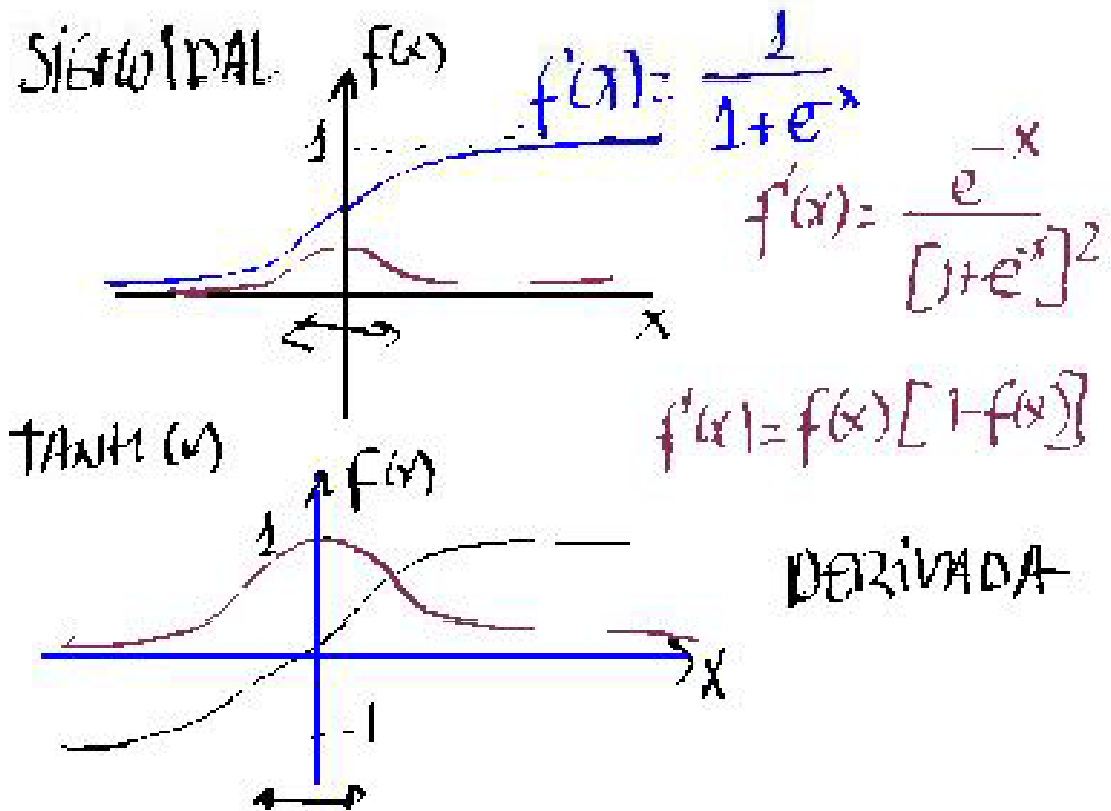
Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

- **BIAS (P.E.)**
- **FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA**
 - * SIGMOIDAL
 - * TANGENTE HIPERBÓLICA
 - * FUNCIÓN GENÉRICA NO LINEAL



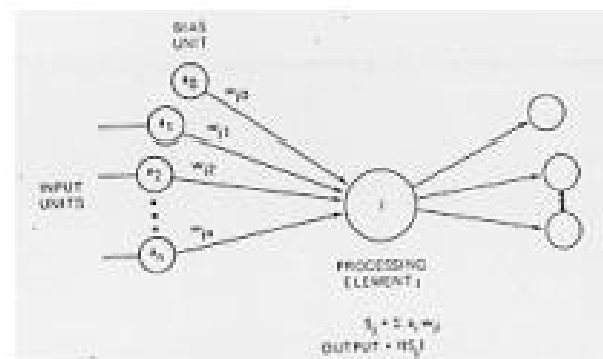
TEMA 5

Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones



ALGORITMO de ENTRENAMIENTO

- Método SUPERVISADO
- FASES:
 - * PROPAGACIÓN HACIA ADELANTE
 - * PROPAGACIÓN HACIA ATRÁS



REGLA DE APRENDIZAJE

- GENERALIZACIÓN DE DELTA RULE

$$\Delta w_{ji} = \eta \delta_j a_i$$

- DESARROLLO MATEMÁTICO



(L.N.S.) $\boxed{\Delta_p w_{ij} = \gamma \delta^p x_j}$ / NOTAN $a/x/a$

- GRADIENT DESCENDENTE

$$\Delta_p w_{ij} = -\gamma \frac{\delta E^p}{\delta w_{ij}} \Rightarrow \gamma \delta^p x_j$$

$$\rightarrow E^p = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_p} (d_i^p - a_i^p)^2$$

$$\frac{\delta E^p}{\delta w_{ij}} = \underbrace{\frac{\delta E^p}{\delta a_i^p}}_{-(d_i^p - a_i^p)} \underbrace{\frac{\delta a_i^p}{\delta w_{ij}}}_{x_j}$$

L.N.S.
 $a_i^p = \sum w_{ij} a_j + \theta_i$
 LINEAL
 $f(x)$ NET



BACKPROPAGATION

$$\frac{\delta E^P}{\delta W_{ij}} = \frac{\delta E^P}{\delta u_i^P} \frac{\delta u_i^P}{\delta W_{ij}}$$

$$(1) \begin{cases} a_i^P = F(u_i^P) \\ u_i^P = \sum_j W_{ij} a_j^P + \theta \end{cases}$$

↑
LOS

Def $\downarrow$ $\delta_i^P = - \frac{\delta E^P}{\delta u_i^P}$ (2)

$$\Delta W_{ij} = \delta \cdot \delta_i^P a_j^P \quad (3) \text{ REGULA DELTA}$$

CALCULAR δ_i^P (1)

Calcular recursivo
 $\delta_{\text{salida}} \rightarrow \delta_{\text{ocultas}}$
BACKPROPAGATION



$$\delta_i^p = -\frac{\partial E^p}{\partial a_i^p} = -\left(\frac{\partial E^p}{\partial a_i^p}\right) \left(\frac{\partial a_i^p}{\partial u_i^p}\right) \quad (4)$$

a) Capa SALIDA
 b) Capas Ocultas

$F'(u_i^p)$ NOTA: Derivada F

a) Neurone (i) SALIDA

$$\frac{\partial E^p}{\partial a_i^p} = -(d_i^p - a_i^p) \rightarrow \text{resultado igual LHS}$$

$$(4) \quad \delta_i^p = (d_i^p - a_i^p) \underline{F'(u_i^p)} \quad (5)$$



3) Neuronas (i) OLTA δ^P (función δ de CAPA PASADENAZ)

$$\begin{aligned} \frac{\delta_i^P}{\delta a_i^P} &= \sum_{h=1}^{N_h} \frac{\delta E^P}{\delta u_h^P} \frac{du_h^P}{\delta a_i^P} = \sum_{h=1}^{N_h} \frac{\delta E^P}{\delta u_h^P} \frac{\delta}{\delta a_i^P} \sum_{k=1}^{N_k} w_{hk} a_k^P = \\ &= \sum_{h=1}^{N_h} \left(\frac{\delta E^P}{\delta u_h^P} \right) w_{hi} \Rightarrow - \sum_{h=1}^{N_h} \delta_h^P w_{hi} \end{aligned}$$

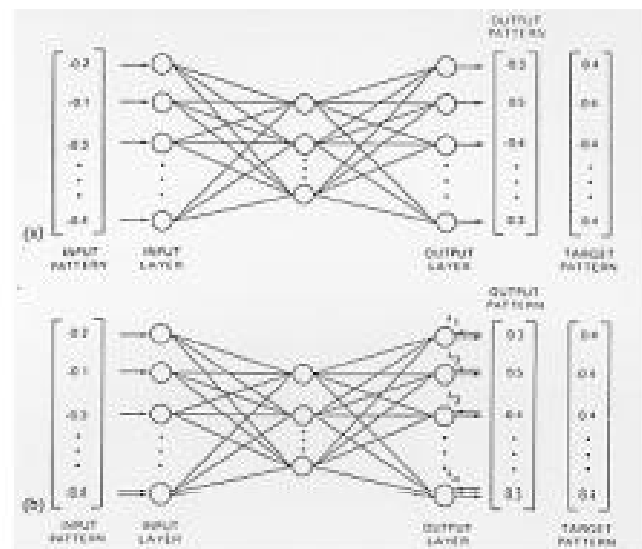
$$(4) \quad \delta_i^P = F'(u_i^P) \sum_{h=1}^{N_h} \delta_h^P w_{hi} \quad (6)$$



MÉTODO DE APRENDIZAJE

- CÁLCULO DE DELTA en Capa de SALIDA

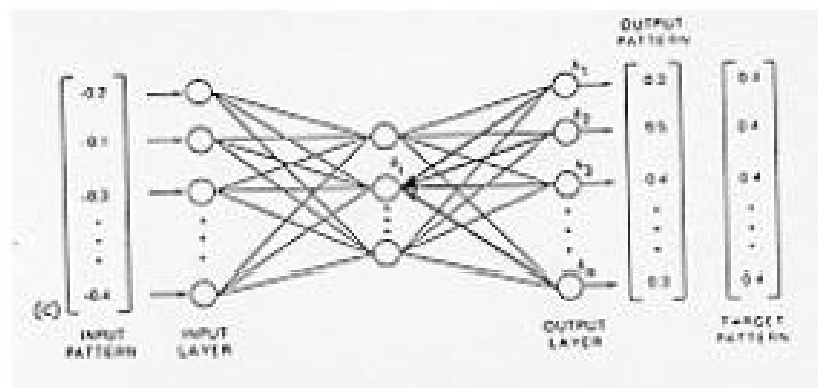
$$\delta_i = (t_i - a_i)f'(S_i)$$



MÉTODO DE APRENDIZAJE

- CÁLCULO DE DELTA en Capas de OCULTAS

$$\delta_j = \left[\sum_k \delta_k w_{kj} \right] f'(S_j)$$

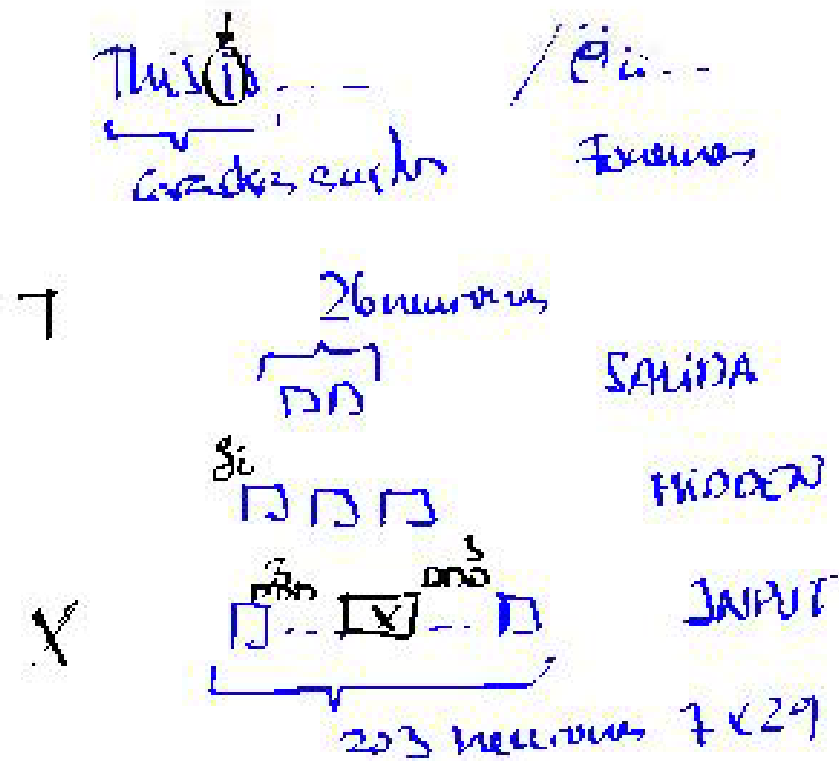


- MAPEO DE PATRONES
- RECONOCIMIENTO DE CARACTERES
- COMPRESIÓN DE IMÁGENES
- FILTRADO DE RUIDO
- PROBLEMA XOR



TEMA 5

Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones



- CAPACIDAD de MAPEO GENÉRICO
- TIEMPO DE CONVERGENCIA
- PARÁLISIS
- MÍNIMOS LOCALES



MEJORAS

- **MOMENTUM**

- **ALGORITMOS AVANZADOS:**

- * PARKER(1987)

- * STORNETTA Y HUBERMAN(1987)



- ALGORITMO Y N° de ITERACIONES
- N° de EJEMPLOS del Conjunto de Entrenamiento
- N° de NEURONAS OCULTAS

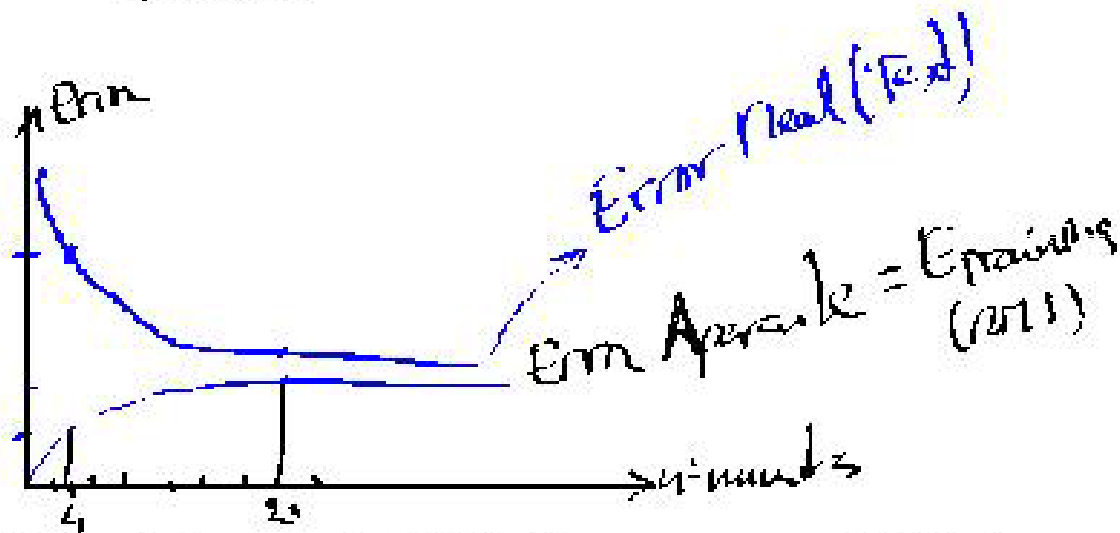
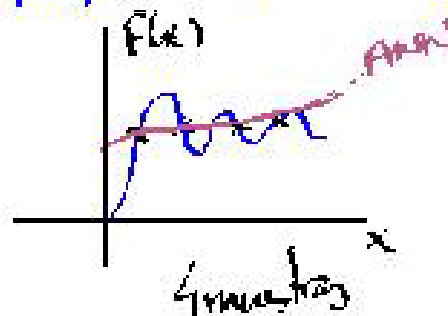


TEMA 5

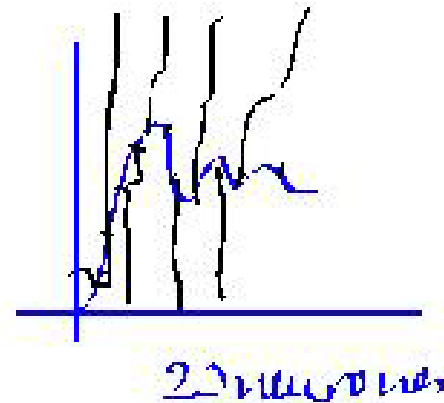
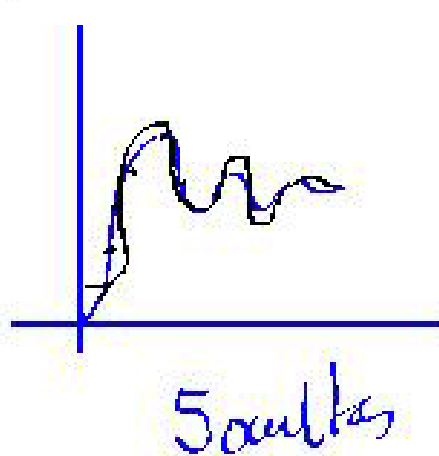
Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

Nº de EJEMPLOS del Conjunto de Entrenamiento

-Ejemplo: Max capas 'f'



Nº de EJEMPLOS del Conjunto de Entrenamiento



TEMA 6

RED S.O.M. y

RED COUNTERPROPAGATION



TEMA 6.- RED SELF ORGANIZING MAP y RED COUNTERPROPAGATION

- **INTRODUCCIÓN a la RED S.O.M.**
- **ARQUITECTURA BÁSICA Y MODO DE OPERACIÓN**
- **APLICACIONES RED S.O.M.**

- **INTRODUCCIÓN a la RED COUNTERPROPAGATION**
- **ARQUITECTURA Y FUNCIONAMIENTO**
- **APLICACIONES RED COUNTERPROPAGATION**

Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β. Ο. **TEMA 6**



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

INTRODUCCIÓN a la RED S.O.M

- **APLICACIONES sin CONJUNTO de SALIDAS DESEADAS**
 - * **Clustering**
 - * **Vector Quantisation**
 - * **Reducción de Dimensiones**
- **NO SUPERVISADO**
 - * **Competitive learning (Rumelhart & Zisper 1985)**
 - * **Kohonen (1988)**
 - * **ART(1976)**

Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β.Ο. TEMA 6



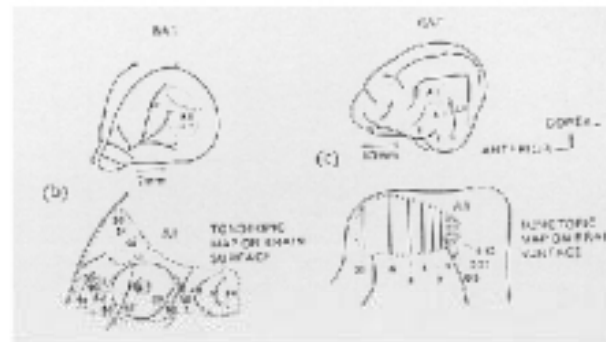
Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

-
- Figure 1 consists of two maps. Map (a) is a map of the study area showing the location of the study site (S) and the location of the study site (S) in the study area. Map (b) is a map of the study area showing the location of the study site (S) and the location of the study site (S) in the study area.

Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

INTRODUCCIÓN

- **MAPA TOPOLÓGICO BIOLÓGICO**



- **APLICACIONES:**

- * **Visualizar Topologías**
- * **Redes Híbridas**

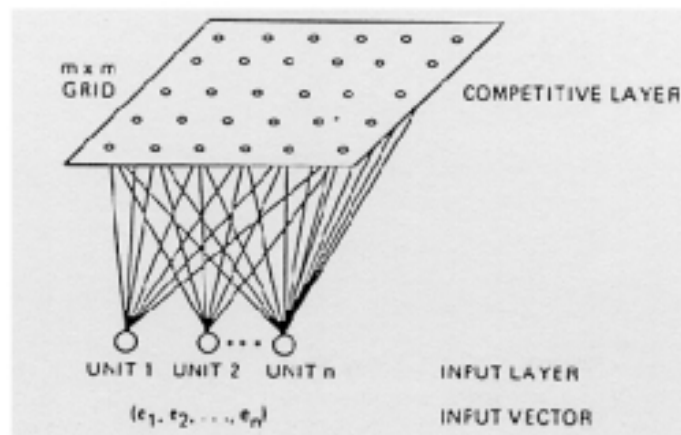
Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β. Ο. **TEMA 6**



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ARQUITECTURA BÁSICA

- **RED de DOS CAPAS:**
 - * **Entrada**
 - * **Kohonen o Competitiva**



Curso de Doctorado UPV/EHU I.X.B.O. TEMA 6

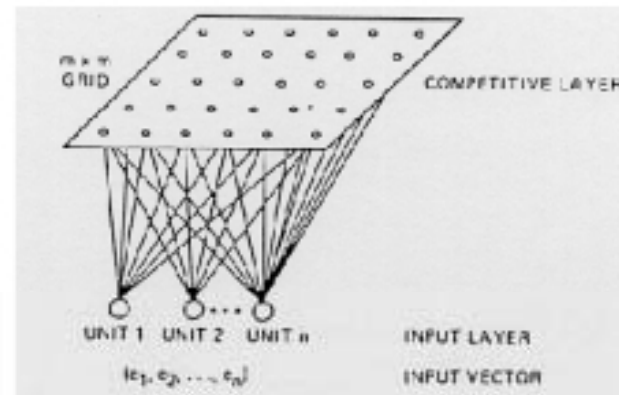


Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

MODO de OPERACIÓN

- **APRENDIZAJE COMPETITIVO:**

- * Neurona Ganadora
- * Neuronas Vecinas



- * Regla: $\Delta w = \alpha(x - w)$
- * Mejora: Consciencia



MODO DE OPERACIÓN

- **PARÁMETROS**
 - * **Coeficiente de Aprendizaje**
 - * **Forma y Tamaño del Vecindario**
- **INTERPOLACIÓN de los valores de PE's.**

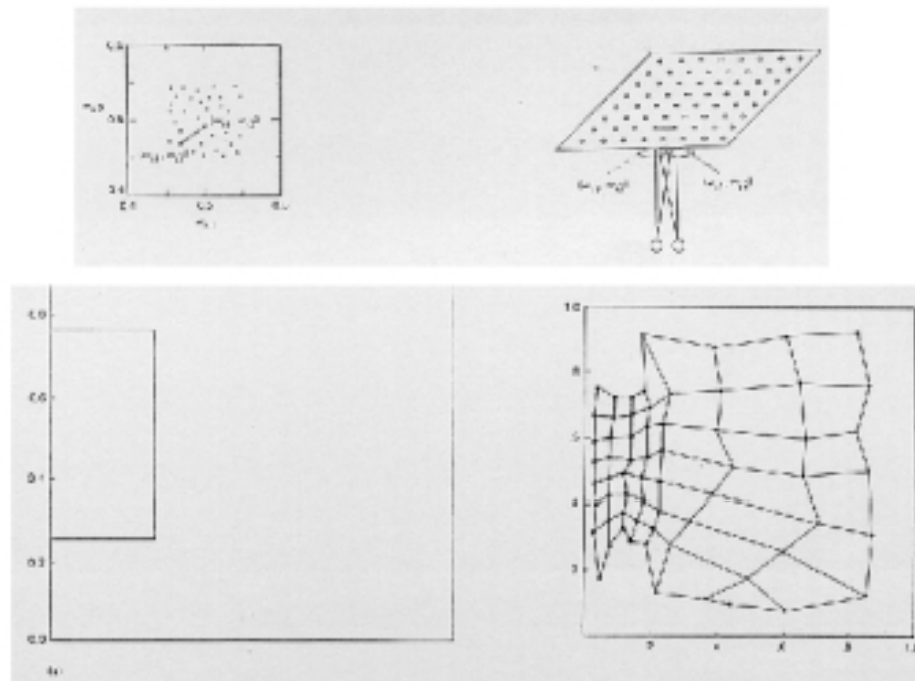
Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β.Ο. TEMA 6



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

APLICACIONES de la RED S.O.M.

- VISUALIZAR TOPOLOGÍAS

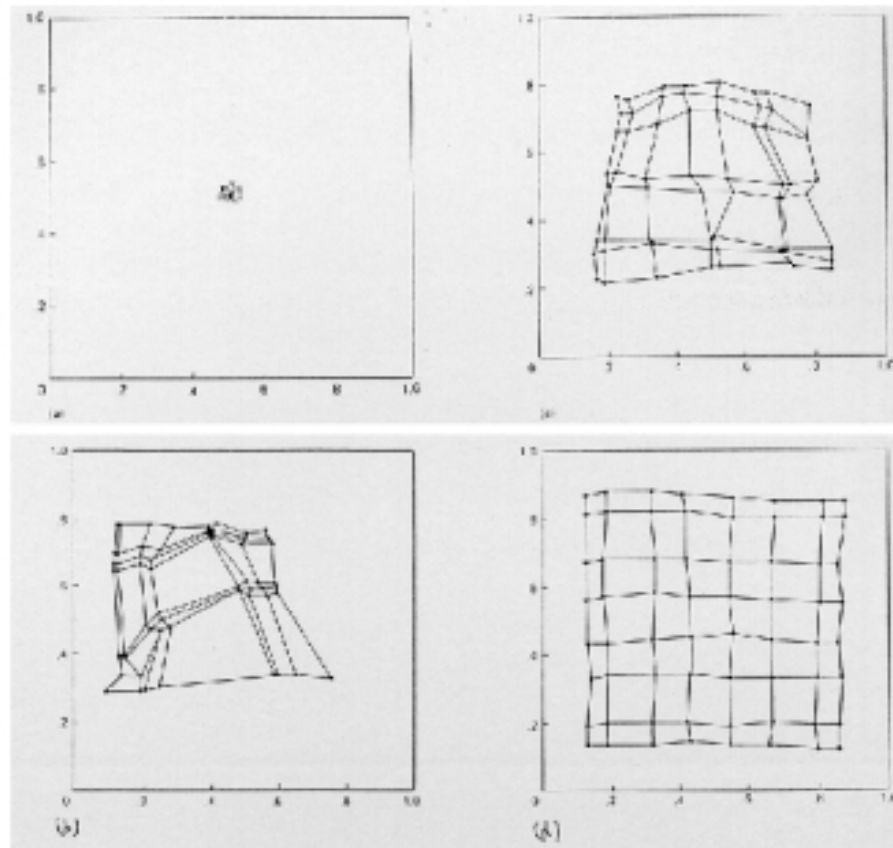


Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β. Ο. TEMA 6



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

VISUALIZAR TOPOLOGÍAS



Curso de Doctorado UPV/EHU ΠΧΒ.Ο. TEMA 6



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

APLICACIONES RED S.O.M.

- **MAPEO de DIFERENTES DIMENSIONES**



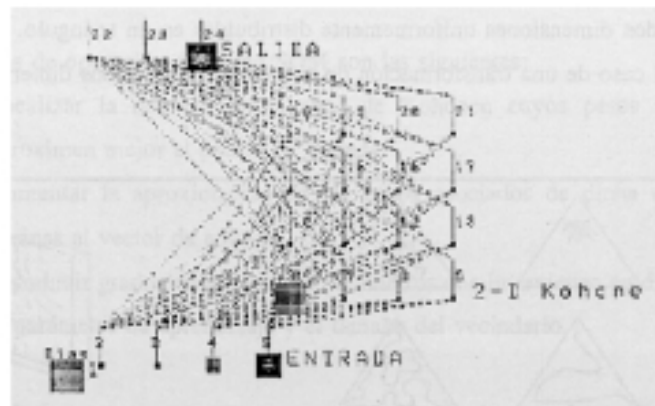
- **RECONOCIMIENTO DE VOZ**

Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β. Ο. TEMA 6



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

- **RED HÍBRIDA:**
 - * CAPA COMPETITIVA
 - * CAPA BACKPROPAGATION



Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ.Β.Ο. TEMA 6

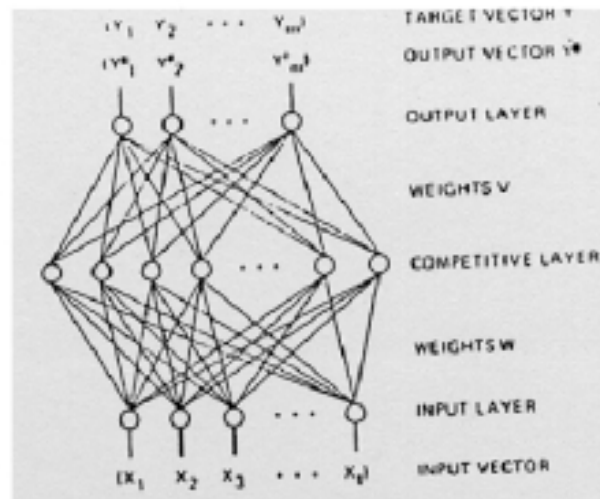


Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

- **HECHT-NIELSEN(1987)**
- **COMBINACIÓN de DIFERENTES ALGORITMOS**
- **COMPLEMENTARIA a la BACKPROPAGATION**
- **LOOK-UP TABLE**

ARQUITECTURA

- **RED de TRES CAPAS**
 - * Entrada (normalizada)
 - * Kohonen (competitiva)
 - * Salida (outstart)



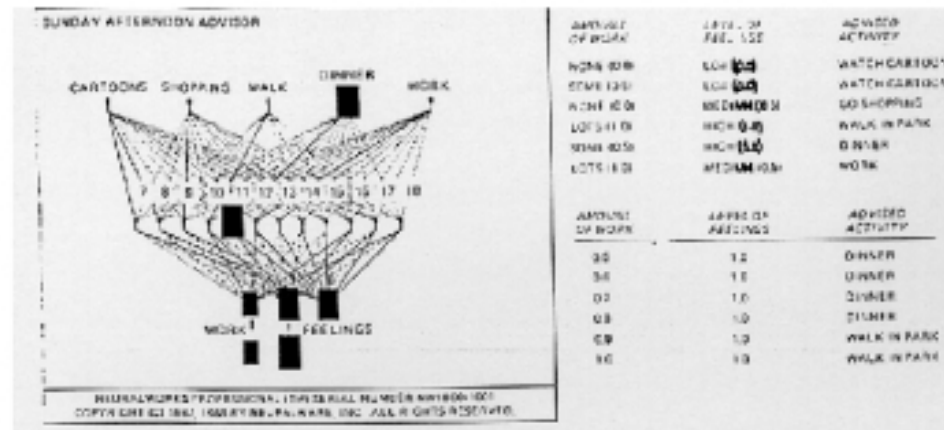
Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β.Ο. TEMA 6



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

APLICACIONES Red COUNTERPROPAGATION

- SISTEMA BASADO EN REGLAS**



Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β. Ο. TEMA 6



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

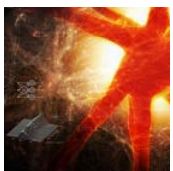
SOTWARE DE SIMULACIÓN

- NEURALWARE v. EXPLORER
- DISEÑO Y SIMULACIÓN
- EJEMPLO.- CLASIFICACIÓN DE FLORES IRIS



DISEÑO

- APLICACIÓN
- ARQUITECTURA
- EXPERIENCIA/DATOS



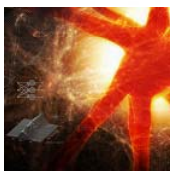
SIMULACIÓN

- CREAR RED NEURONAL ARTIFICIAL
- ENTRENAMIENTO/APRENDIZAJE.



SIMULACIÓN

- TEST
- IMPLEMENTACIÓN





© X.B.O. TEMA DISEÑO Y SIMULACIÓN

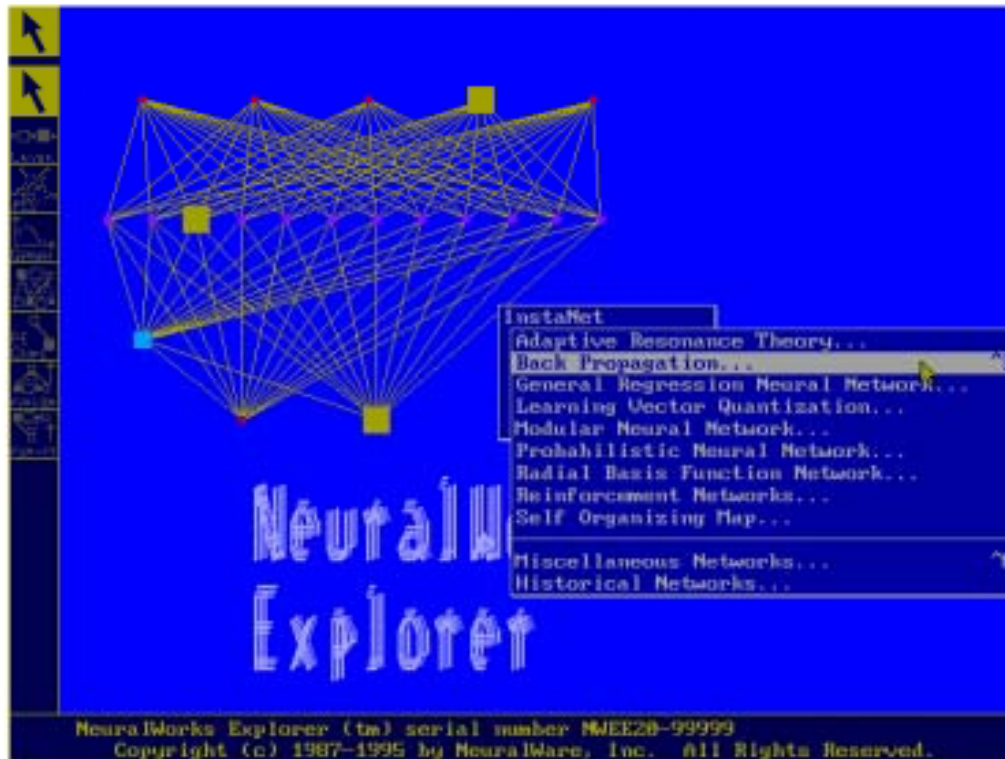




TEMA DISEÑO Y SIMULACIÓN



CONSTRUCCIÓN BACKPROPAGATION



Curso de Doctorado UPV/EHU

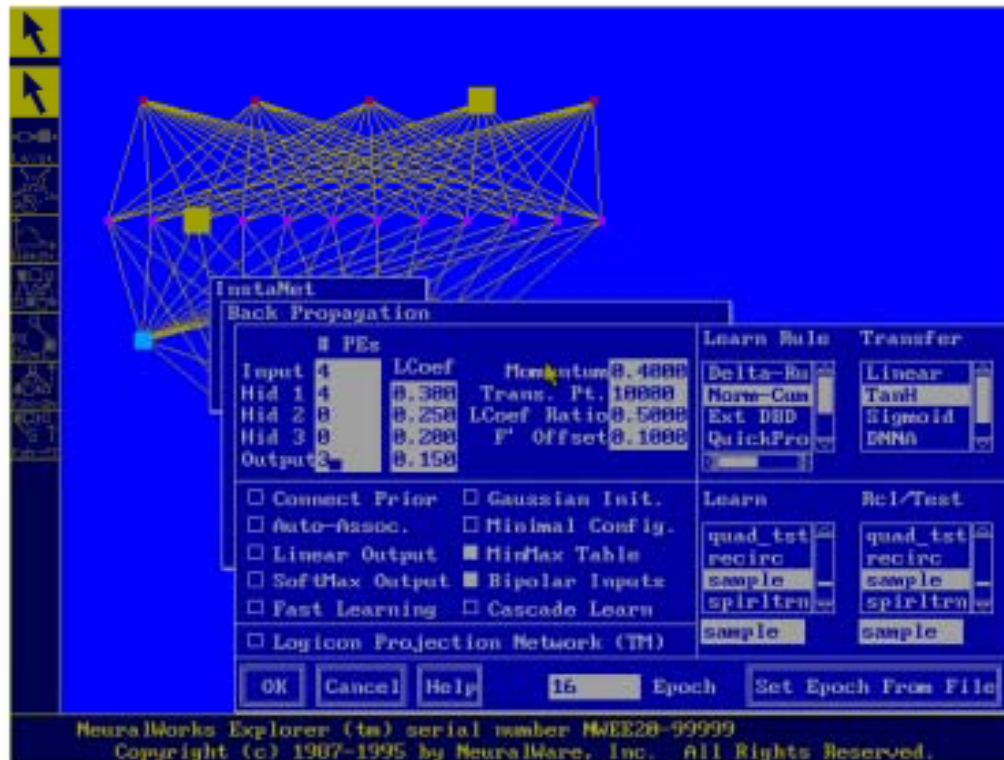
© X.B.O.

TEMA DISEÑO Y SIMULACIÓN



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ARQUITECTURA 4/4/3



Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

TEMA DISEÑO Y SIMULACIÓN



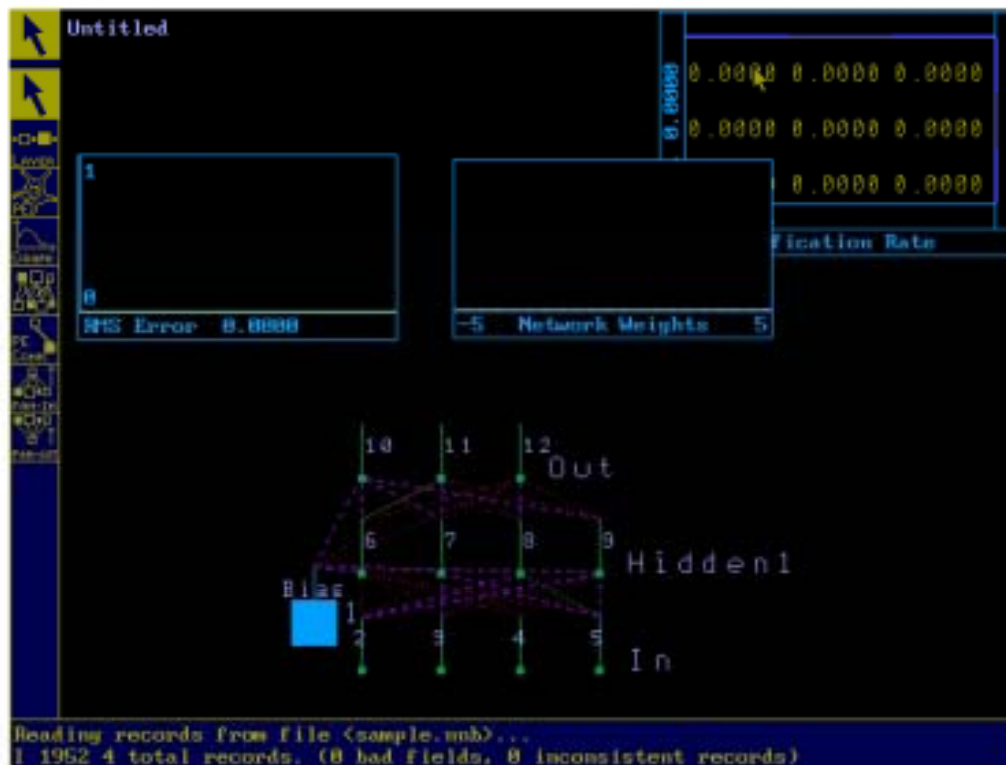
Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones



TEMA DISEÑO Y SIMULACIÓN



R.N.A. Clasificador Flores Iris



Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

TEMA DISEÑO Y SIMULACIÓN



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones



EDICIÓN P.E.: NEURONA n° 9

Untitled

1

0

MS Error 0.0000

Act. 0.0000

Desired

Classification Rate

PE	Name	Bias	+1.0000	+0.1000	U-r	+0.0000
2	Sum	+0.0000	+0.3944	U-r	+0.0000	
3	Tran	+0.0000	-0.0783	U-r	+0.0000	
4	Output	+0.0000	-0.3967	U-r	+0.0000	
5	Desired	+0.0000	+0.1618	U-r	+0.0000	
6	Error					
7	Cur Err					
8	Err Fac					

☐ Disable PE

☐ Disable Learn

Weight Type: Delta Wt

OK Cancel Help

1 1952 4 total records. (0 bad fields, 0 inconsistent records)

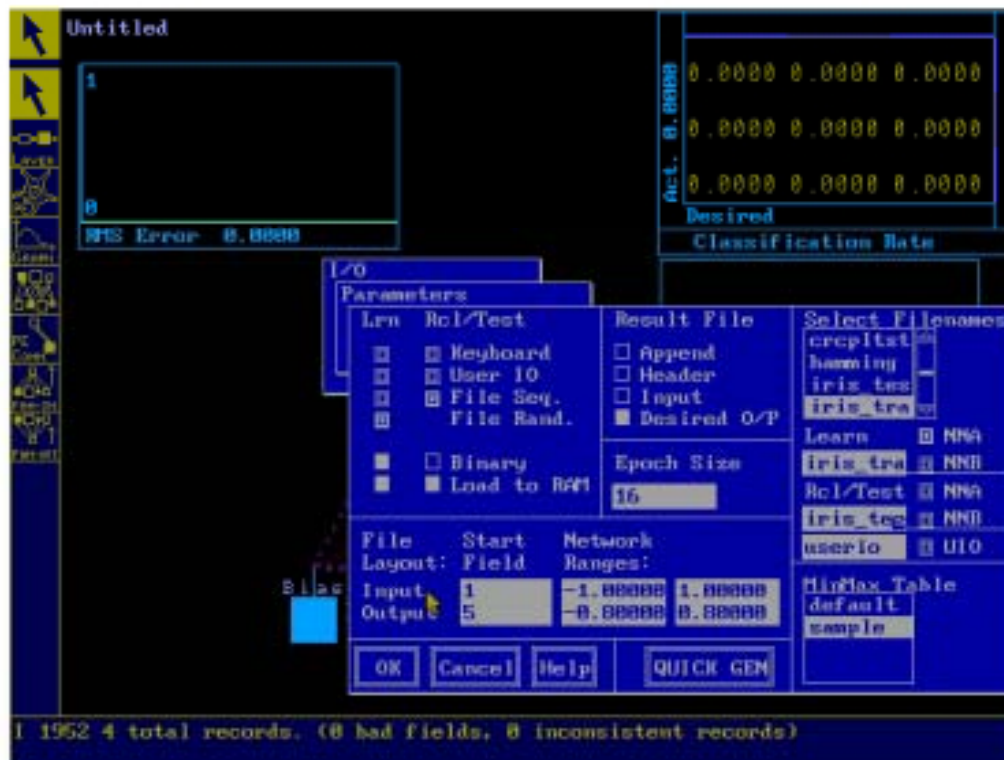


FICHERO ENTRENAMIENTO

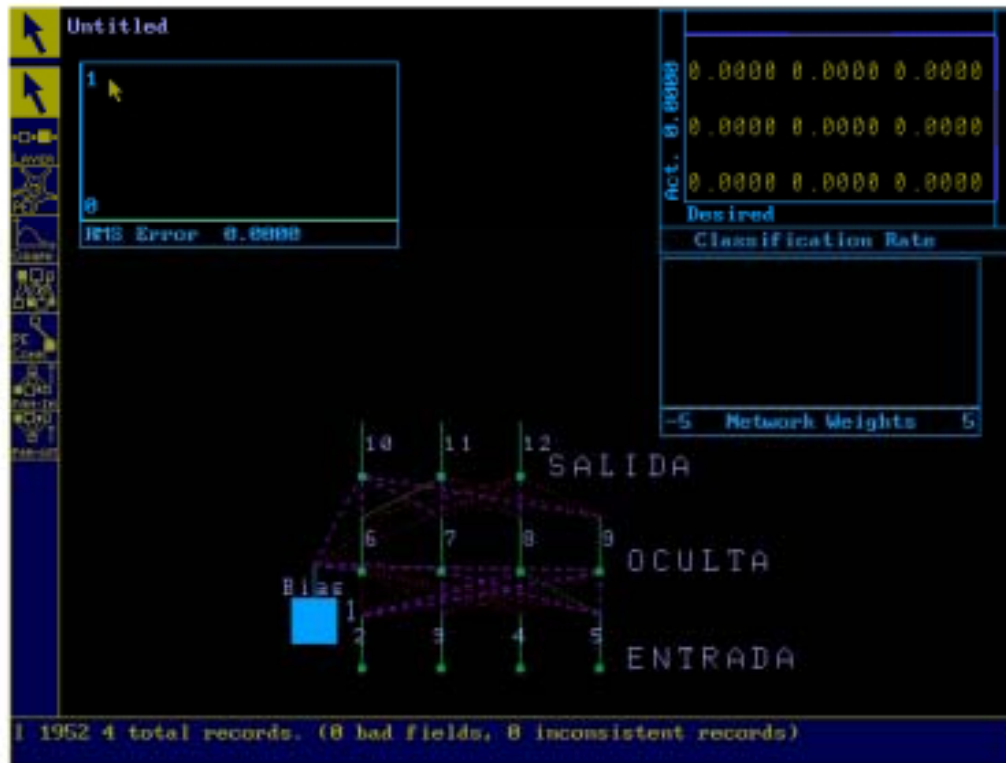
leja_ba Bloque de notas				
Archivo Edición Buscar Ayuda				
0	0.224	0.424	0.067	0.043
0	1.0	0.0	0.0	0.0
0	0.749	0.502	0.027	0.541
0	0.0	1.0	0.0	0.0
0	0.557	0.541	0.047	1.000
0	0.0	0.0	1.0	0.0
0	0.110	0.502	0.051	0.043
0	1.0	0.0	0.0	0.0
0	0.722	0.450	0.068	0.584
0	0.0	1.0	0.0	0.0
0	0.776	0.416	0.001	0.001
0	0.0	0.0	1.0	0.0
0	0.106	0.467	0.067	0.043
0	1.0	0.0	0.0	0.0
0	0.612	0.333	0.612	0.584
0	0.0	1.0	0.0	0.0
0	0.612	0.416	0.012	0.075
0	0.0	0.0	1.0	0.0
0	0.055	0.584	0.067	0.002
0	1.0	0.0	0.0	0.0
0	0.557	0.541	0.027	0.624
0	0.0	1.0	0.0	0.0
0	0.105	0.200	0.592	0.667
0	0.0	0.0	1.0	0.0
0	0.027	0.375	0.067	0.043
0	1.0	0.0	0.0	0.0
0	0.609	0.375	0.612	0.490
0	0.0	1.0	0.0	0.0
0	0.667	0.200	0.012	0.710
0	0.0	0.0	1.0	0.0
0	0.006	0.710	0.006	0.043
0	1.0	0.0	0.0	0.0
0	0.196	0.000	0.024	0.075
0	0.0	1.0	0.0	0.0



PARÁMETROS I/O: ENTRENAMIENTO/RECALL



R.N.A. SIN ENTRENAR



Curso de Doctorado UPV/EHU

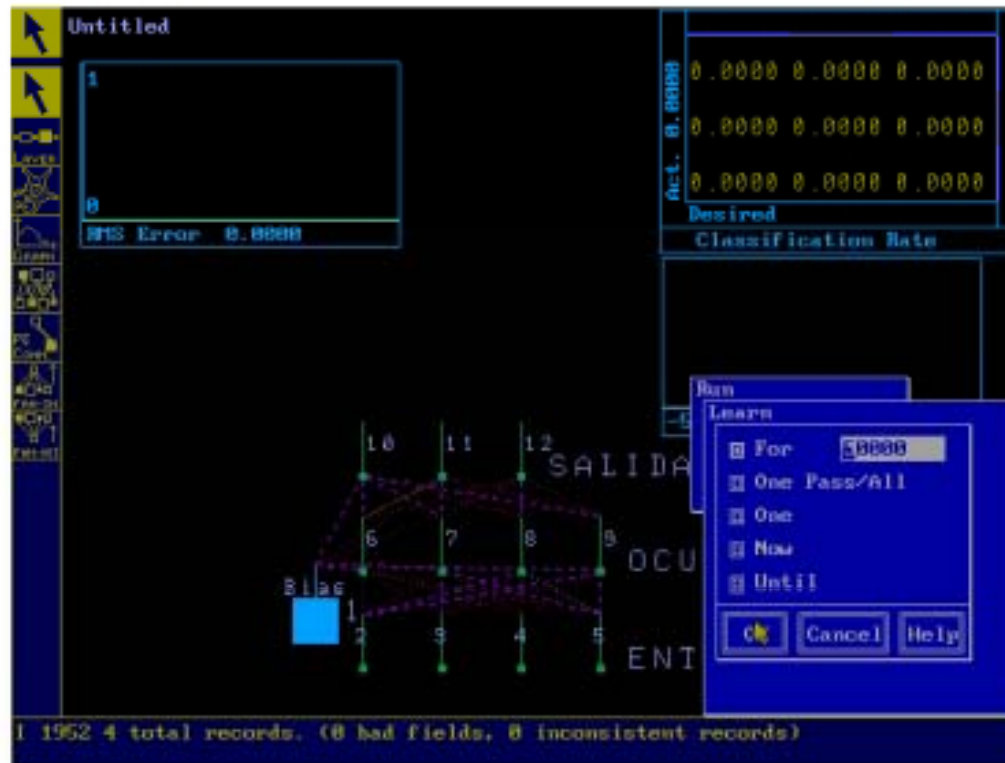
© X.B.O.

TEMA DISEÑO Y SIMULACIÓN



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ENTRENAMIENTO: APRENDIZAJE



Curso de Doctorado UPV/EHU

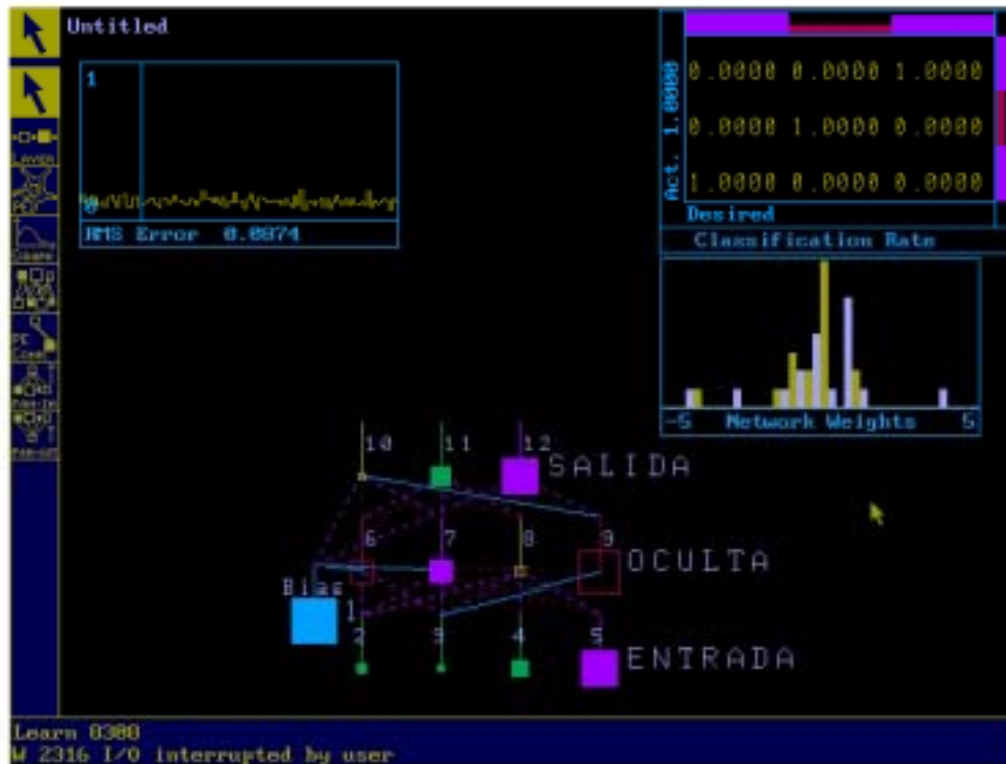
© X.B.O.

TEMA DISEÑO Y SIMULACIÓN



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

R.N.A. ENTRENADA



Curso de Doctorado UPV/EHU

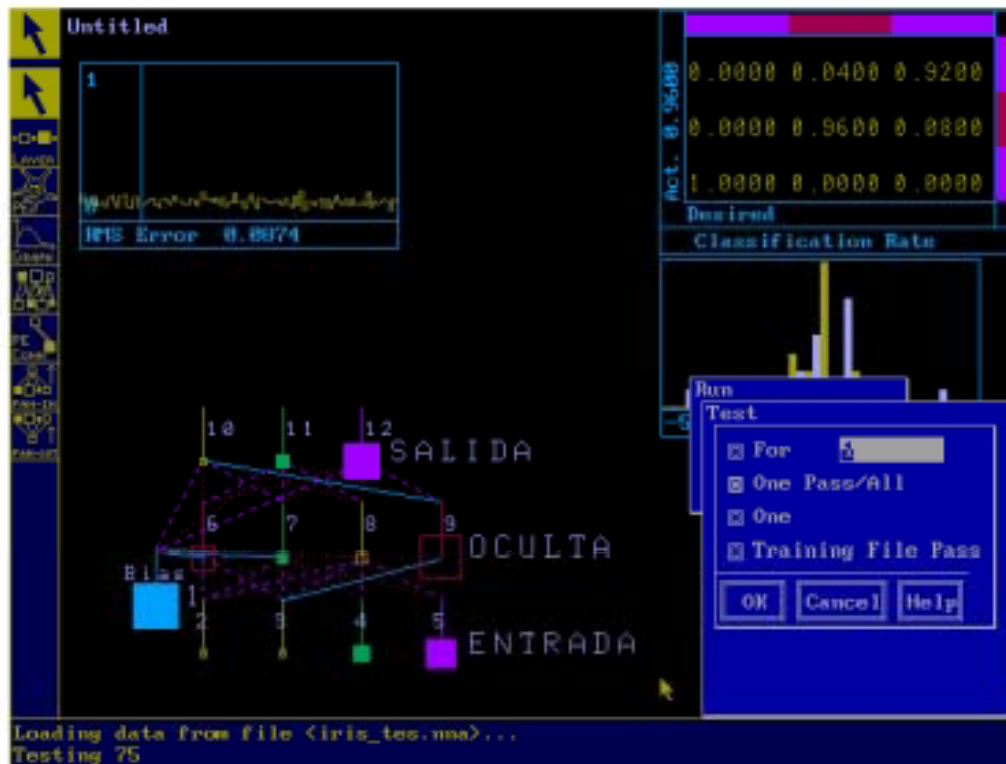
© X.B.O.

TEMA DISEÑO Y SIMULACIÓN

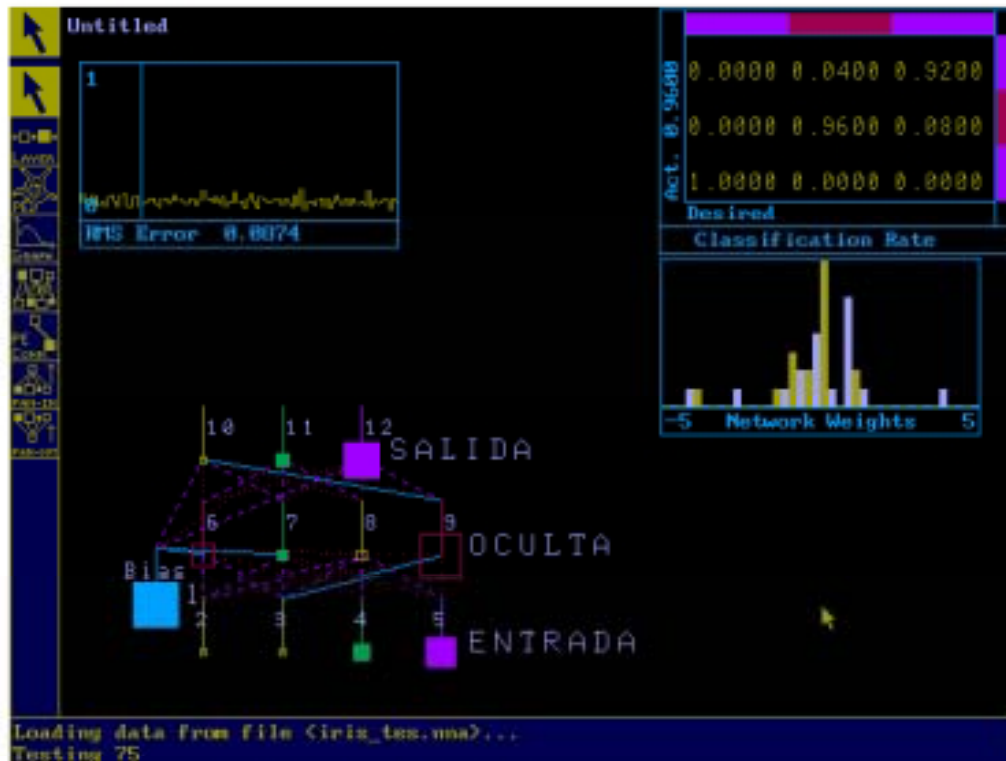


Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

FASE de TEST



R.N.A. TESTEADA



Curso de Doctorado UPV/EHU

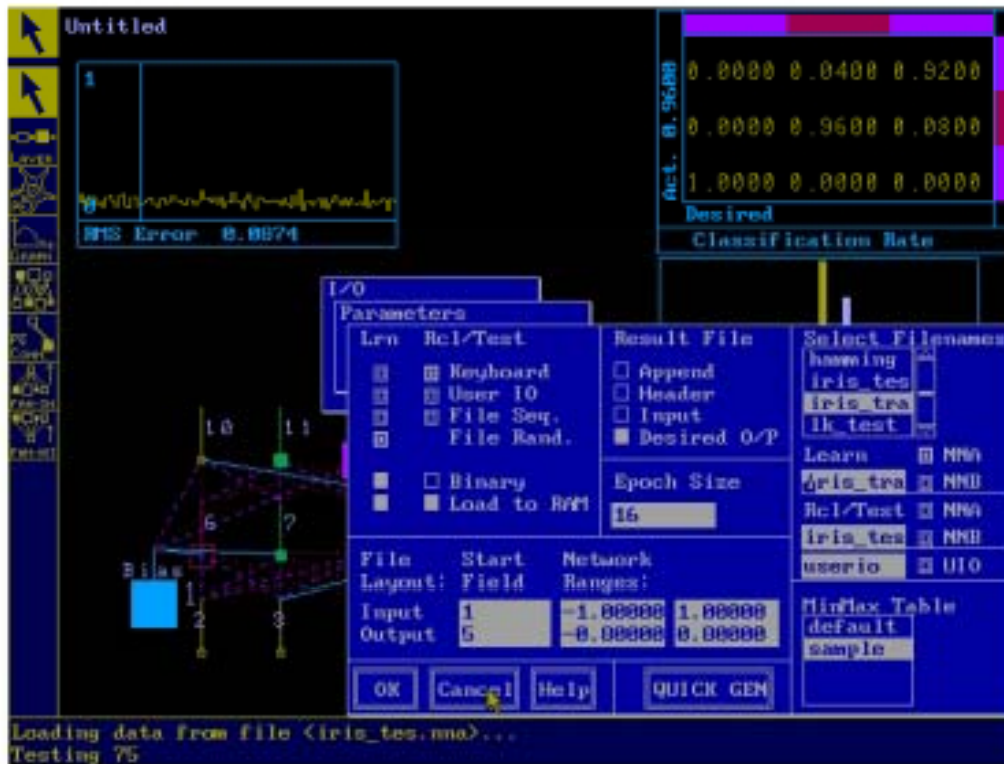
© X.B.O.

TEMA DISEÑO Y SIMULACIÓN

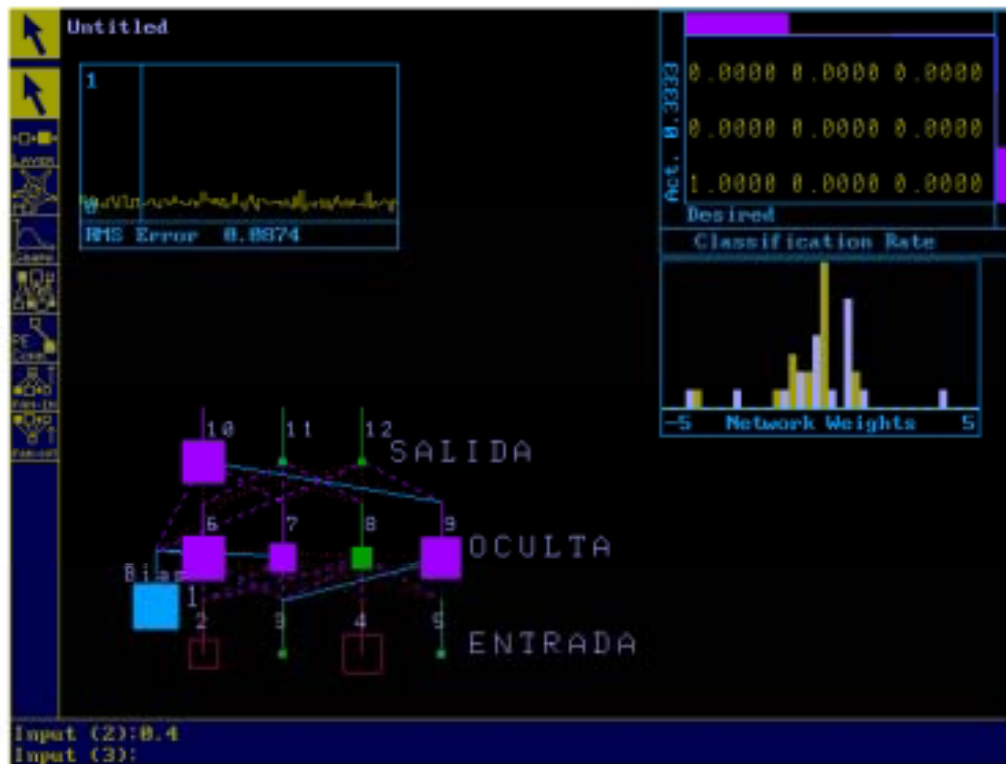


Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

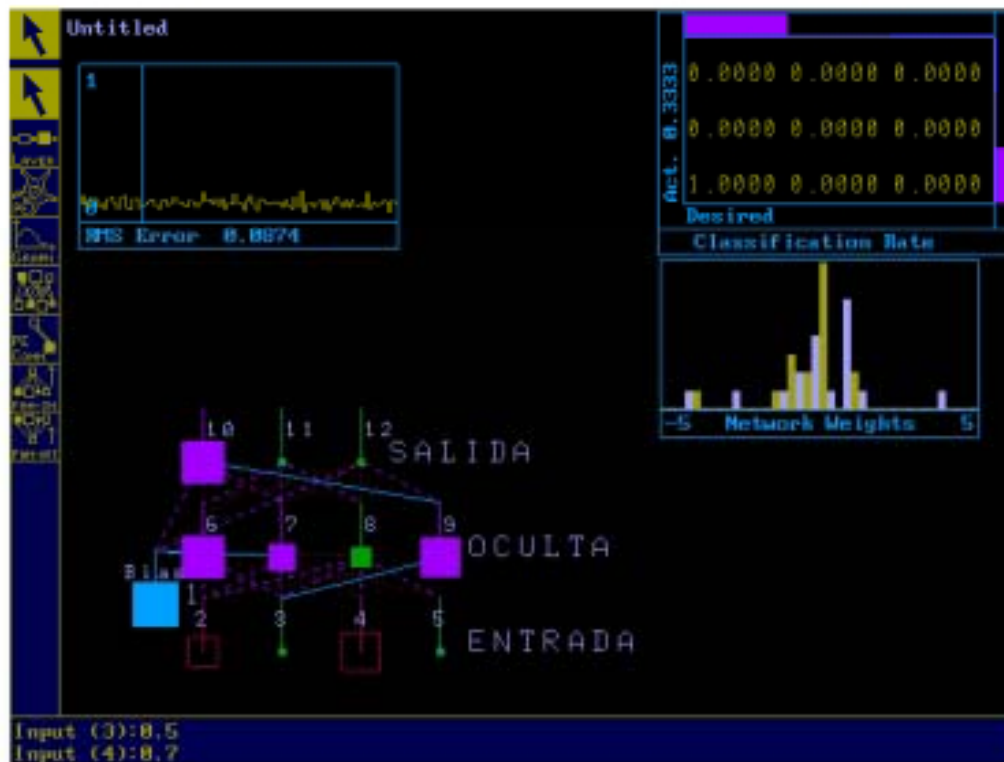
TESTEO desde Teclado



Entrada Primera (P.E. 2)



Entrada Primera (P.E. 4)



RESULTADOS: FICHERO *.NNR

lin tes.nnr - Bloc de notas					
Archivo	Edición	Formato	Ayuda		
1.000000	0.000000	0.000000	0.982699	0.029551	-0.000113
0.000000	1.000000	0.000000	-0.033074	0.036220	-0.136610
0.000000	0.000000	1.000000	-0.021966	0.133945	0.894671
1.000000	0.000000	0.000000	0.983751	0.012300	0.010005
0.000000	1.000000	0.000000	-0.054526	0.921107	-0.077111
0.000000	0.000000	1.000000	0.002704	0.154984	0.095122
1.000000	0.000000	0.000000	0.984889	0.029338	-0.048336
0.000000	1.000000	0.000000	0.039892	0.912738	0.000414
0.000000	0.000000	1.000000	-0.010181	0.074132	0.914564
1.000000	0.000000	0.000000	0.985004	0.018020	0.022175
0.000000	1.000000	0.000000	0.050258	0.927255	-0.190000
0.000000	0.000000	1.000000	0.005175	0.107250	0.902593
1.000000	0.000000	0.000000	0.983596	0.024988	-0.007407
0.000000	1.000000	0.000000	-0.033869	0.918660	-0.009985
0.000000	0.000000	1.000000	-0.028946	0.003863	0.912108
1.000000	0.000000	0.000000	0.985002	-0.000567	-0.013714
0.000000	1.000000	0.000000	-0.029576	0.038505	-0.113575
0.000000	0.000000	1.000000	-0.010776	0.223921	0.877856
1.000000	0.000000	0.000000	0.986175	-0.009379	0.045641
0.000000	1.000000	0.000000	-0.036296	0.900805	0.007964
0.000000	0.000000	1.000000	-0.033193	0.008702	0.913606
1.000000	0.000000	0.000000	0.985651	0.005366	-0.056011
0.000000	1.000000	0.000000	-0.035151	0.052241	-0.277995
0.000000	0.000000	1.000000	-0.011693	0.093150	0.908511
1.000000	0.000000	0.000000	0.985527	0.004597	-0.026783
0.000000	1.000000	0.000000	-0.013031	0.948878	-0.269885
0.000000	0.000000	1.000000	-0.037867	0.132857	0.906656
1.000000	0.000000	0.000000	0.985044	-0.002224	-0.005753
0.000000	1.000000	0.000000	-0.028629	0.941509	-0.224578
0.000000	0.000000	1.000000	-0.041970	0.583241	0.709749
1.000000	0.000000	0.000000	0.985499	0.005906	-0.003632
0.000000	1.000000	0.000000	-0.022683	0.948971	-0.269095
0.000000	0.000000	1.000000	-0.024871	0.114835	0.998051
1.000000	0.000000	0.000000	0.979510	0.114290	-0.004433



IMPLEMENTACIÓN: CÓDIGO C



Curso de Doctorado UPV/EHU

© X.B.O.

TEMA DISEÑO Y SIMULACIÓN



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

TEMA 7

RED HOPFIELD y RED B.A.M.



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

TEMA 7.- RED HOPFIELD y RED B.A.M. *(REDES RECURSIVAS)*

- **RED HOPFIELD**
- **APLICACIONES**
- **VENTAJAS E INCONVENIENTES**

- **INTRODUCCIÓN a la RED B.A.M**
- **ARQUITECTURA**

Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β. Ο. **TEMA 7**



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

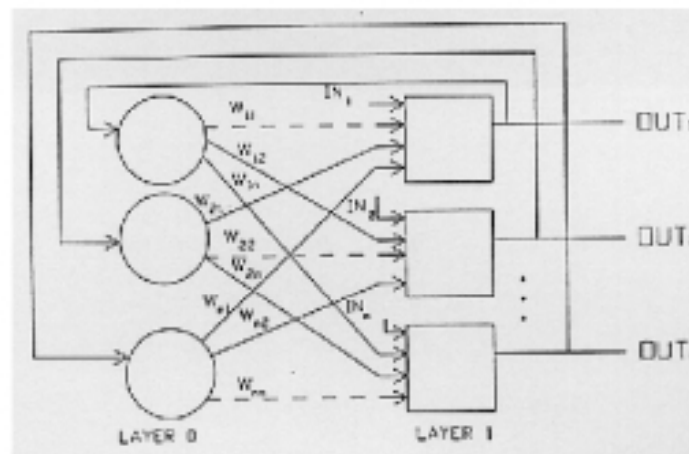
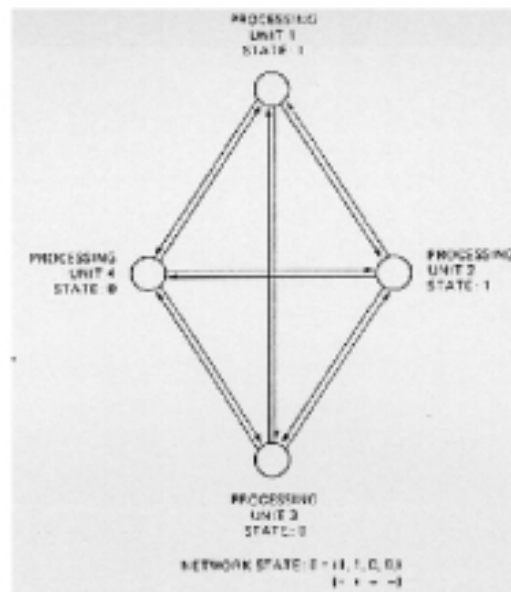
- Curso de Doctorado UPV/EHU II X.B.O. TEMA 7



-

Diferentes REPRESENTACIONES

UNA CAPA DE NEURONAS



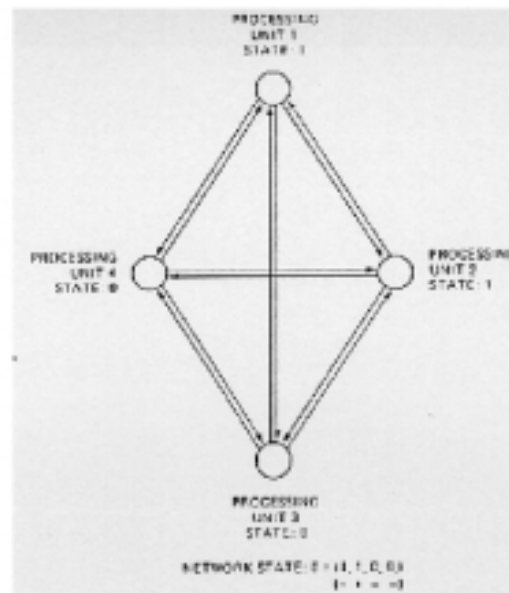
Curso de Doctorado UPV/EHU I.I.X.B.O. TEMA 7



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ESTADO DE LA RED HOPFIEL

- **CONCEPTO ESTADO:**



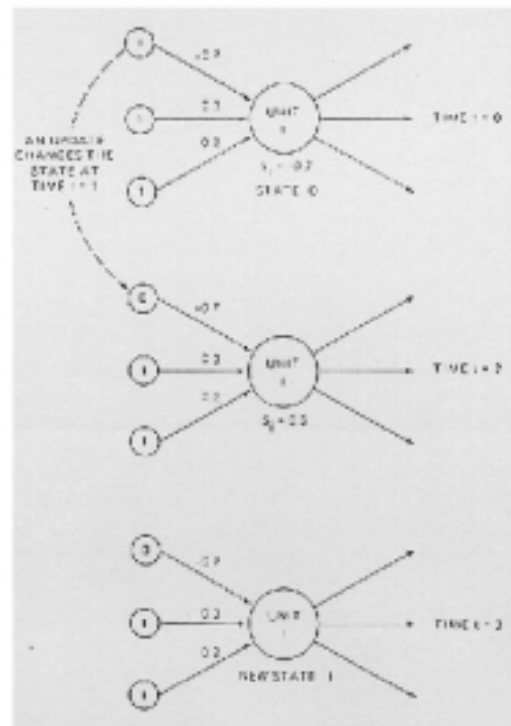
Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ.Β.Ο. TEMA 7



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

MODO de OPERACIÓN

- Procedimiento de Actualización del Estado



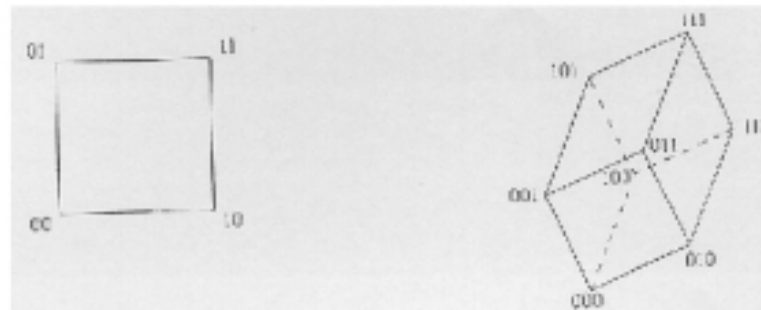
Curso de Doctorado UPV/EHU I.X.B.O. TEMA 7



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

MODO DE OPERACIÓN

- **Visualización Geométrica: hipercubo 2^n**



Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β. Ο. TEMA 7



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones
 Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

MODO DE OPERACIÓN

- **CONVERGENCIA / ESTABILIDAD**
- **ENERGÍA DE UN ESTADO DE LA RED**

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{j \neq i} \sum_i w_{ij} OUT_i OUT_j$$

$$\Delta E_i = -\frac{1}{2} \Delta OUT_i \sum_j (w_{ij} OUT_j)$$

Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β. Ο. TEMA 7



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

APLICACIONES de la RED HOPFIELD

- MEMORIA ASOCIATIVA

10 ASSOCIATED PATTERNS

KAREN	-----	GREEN
GEORGE	-----	RED
PAUL	-----	BLUE

11 PARTIAL DATA PRESENTED

CASEY	-----	YELLOW
-------	-------	--------

RECALL AFTER CONVERGENCE

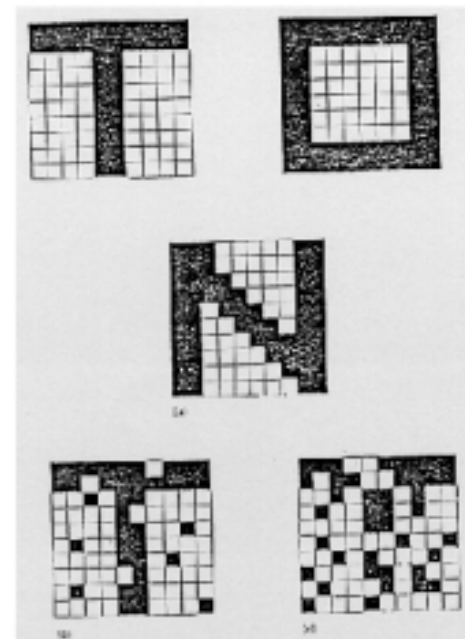
KAREN	-----	GREEN
-------	-------	-------

12 NOISY DATA PRESENTED

FIGURE PAIR	-----	BLACK/WHITE
-------------	-------	-------------

RECALL AFTER CONVERGENCE

PAIR	-----	BLUE
------	-------	------



$$w_{ij} = \sum_{p=1}^m (2x_{ip} - 1)(2x_{jp} - 1)$$

Curso de Doctorado UPV/EHU I.I.X.B.O. TEMA 7



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

APLICACIÓN: OPTIMIZACIÓN

- *TRAVELER SALES PERSON*

- **MATRIZ DE PESOS**

CITY	POSITION IN TOUR									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
B	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
G	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
J	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

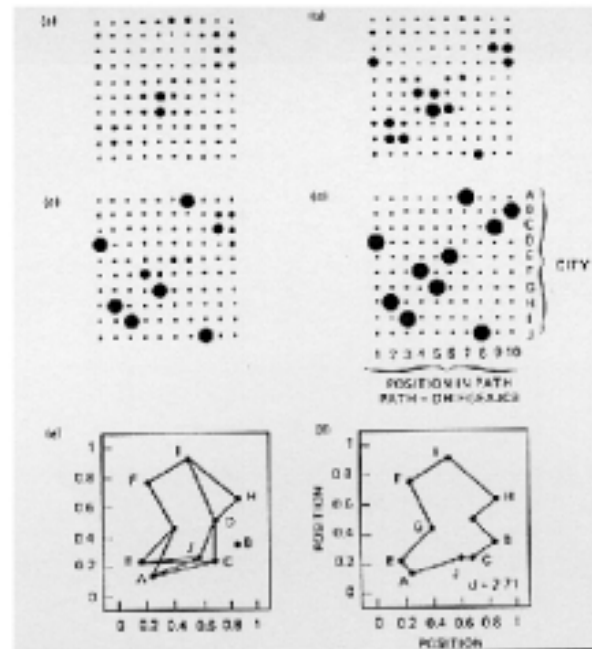
- **ENERGÍA**

Curso de Doctorado UPV/EHU ΠΧΒ.Ο. TEMA 7



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

SOLUCIÓN TSP



Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β.Ο. TEMA 7



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

VENTAJAS Y LIMITACIONES

- **VELOCIDAD DE CONVERGENCIA**
- **CAPACIDAD DE LA RED**
- **MÍNIMOS LOCALES**
- **DEF. FUNCIÓN DE ENER**

POSITION IN TOUR

CITY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
B	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
G	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
J	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

TOUR: G B J A D H C F E

Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β. Ο. TEMA 7



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

INTRODUCCIÓN a la RED B.A.M.

- **BIDIRECTIONAL ASSOCIATIVE MEMORY(1987)**
- **MEMORIA HUMANA: ASOCIATIVA**
- **RED RECURSIVA**
- **RED HETEROASOCIATIVA**

Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β.Ο. TEMA 7

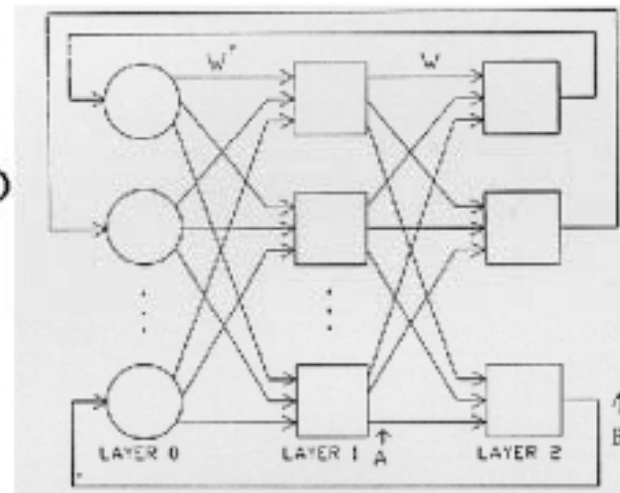


Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ARQUITECTURA

- **RED de DOS CAPAS INTERCONECTADAS**

* RECURSIVIDAD



- **PESOS BIDIRECCIONALES: NO SIMÉTRICOS**

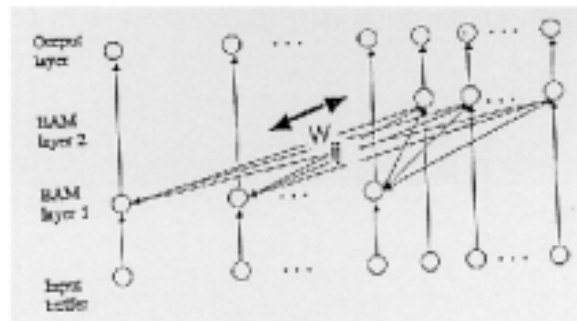
Curso de Doctorado UPV/EHU I X B.O. TEMA 7



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

MODO DE OPERACIÓN

- **ALMACENAMIENTO DE PAREJAS A- B**
- **ESTABILIDAD: VECTORES SIN CAMBIOS**



Curso de Doctorado UPV/EHU Π Χ Β. Ο. TEMA 7



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

APLICACIONES Red B.A.M.

- CODIFICACIÓN DE LAS ASOCIACIONES**



StOutPlace Object

Original Vector	Associated Vector	Dipolar Weights
$A_1 = (1, 0, 0)$	$B_1 = (0, 0, 1)$	$A_1' = (1, -1, -1)$ $B_1' = (-1, -1, 1)$
$A_2 = (0, 1, 0)$	$B_2 = (0, 1, 0)$	$A_2' = (-1, 1, -1)$ $B_2' = (-1, 1, -1)$
$A_3 = (0, 0, 1)$	$B_3 = (1, 0, 0)$	$A_3' = (-1, -1, 1)$ $B_3' = (1, -1, -1)$

$$W = A_1' B_1' + A_2' B_2' + A_3' B_3'$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

Input vector $A_1 = (1, 0, 0)$

$$A_1 \cdot W = (1, 0, 0) \cdot \begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix} = (-1, 1, -1)$$

$$B_1' = (0, 0, 1)$$

$$B_1' \cdot W = (0, 0, 1) \cdot \begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix} = (1, -1, -1)$$



- **INTRODUCCIÓN**
- **ARQUITECTURA**
- **MODO DE OPERACIÓN**
- **ENTRAMAMIENTO**

INTRODUCCIÓN

- RED RECURSIVA
- APRENDIZAJE NO SUPERVISADO
- GROSSBERG (1976)
 - * CLASIFICADOR de VECTORES
 - * ESTABILIDAD-PLASTICIDAD

Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 8



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

INTRODUCCIÓN

- RED RECURSIVA
- APRENDIZAJE NO SUPERVISADO
- GROSSBERG (1976)
 - * CLASIFICADOR de VECTORES
 - * ESTABILIDAD-PLASTICIDAD

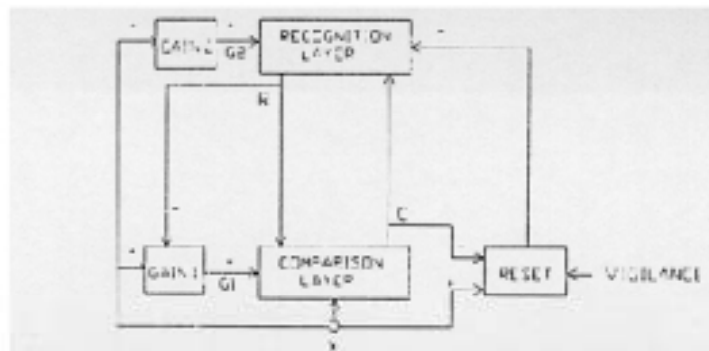
Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 8



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

ARQUITECTURA

- DOS CAPAS INTERCONECTADAS**



- BLOQUES: Entrenamiento y Clasificación**

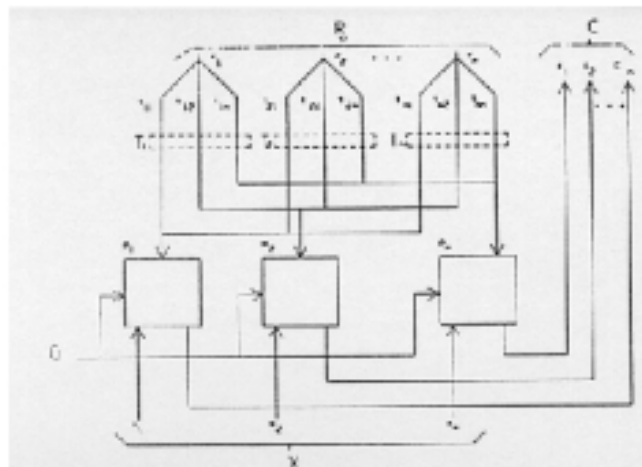
Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 8



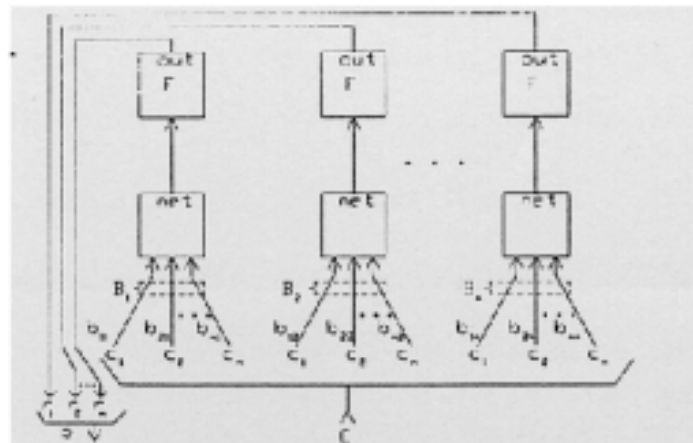
Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

CAPA DE COMPARACIÓN

- NEURONA: TRES ENTRADAS
- REGLA: 'DOS TERCIOS'



- CLASIFICACIÓN DEL VECTOR DE ENTRADA
- NEURONA GANADORA



MODO de OPERACIÓN

- INICIALIZACIÓN
- RECONOCIMIENTO
- COMPARACIÓN
- BÚSQUEDA
- ENTRENAMIENTO

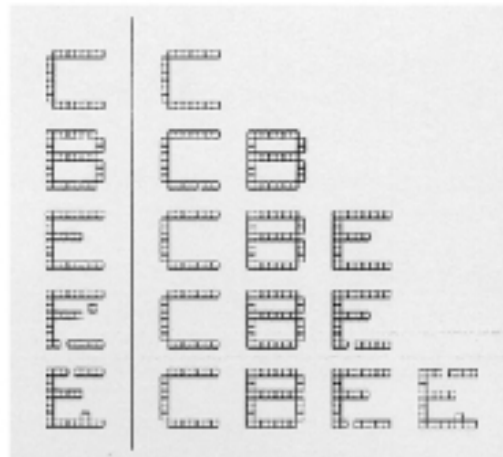
Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 8



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

EJEMPLO DE ENTRENAMIENTO

- REGLA APRENDIZAJE: NO SUPERVISADO



Curso de Doctorado UPV/EHU © X.B.O. TEMA 8



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

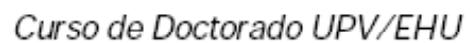
TEMA 9

APLICACIONES de las RNA



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

- **INTRODUCCIÓN**
- **DISEÑO DE UNA RED PARA UNA APLICACIÓN**
- **ÁREAS DE APLICACIÓN**
- **EJEMPLOS**



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

INTRODUCCIÓN

- TÉCNICA/TECNOLOGÍA INTERDISCIPLINARIA
- DESARROLLO TEÓRICO/PRÁCTICO
- APLICACIONES
 - * CANDIDATA
 - * DESARROLLO
 - * DEMOSTRADA



- 

The diagram illustrates two applications of the Hopfield network:

- Application: Financial Analysis**: Financial trends and data are input into a Hopfield network, which produces financial forecasts or assessments.
- Application: Mortgage Loan Evaluation**: Loan application information is input into a Hopfield network, which produces loan approval or disapproval.

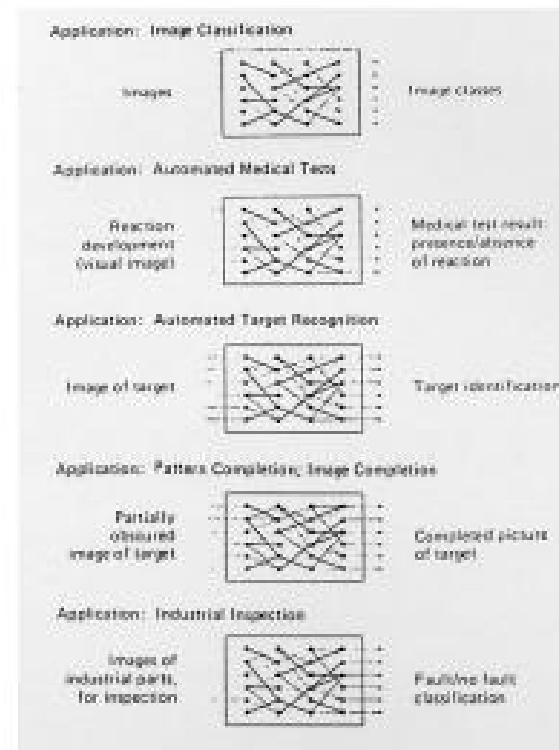


TEMA 9

Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

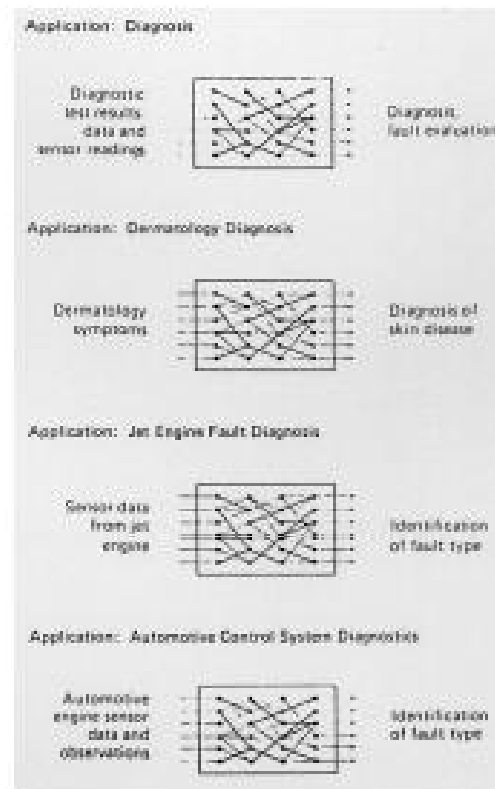
ÁREAS DE APLICACIÓN

● PROCESADO DE IMÁGENES



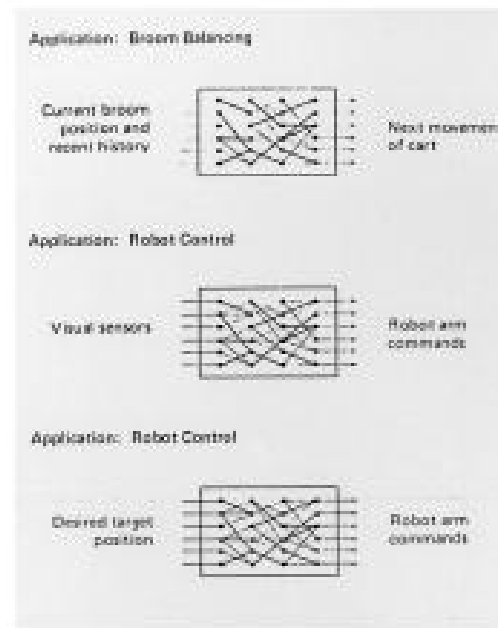
ÁREAS DE APLICACIÓN

◆ DIAGNÓSTICO



ÁREAS DE APLICACIÓN

● CONTROL Y ROBÓTICA



The diagram illustrates the application of Hidden Markov Models (HMMs) in three domains:

- Application: Phoneme Recognition**
 Individual phonemes are input into a model, which performs phoneme recognition and classification.
- Application: Speech Recognition**
 Spoken words are input into a model, which performs identification of words and written text.
- Application: Text To Speech**
 Written Text is input into a model, which generates phonetic character strings for pronunciation.



TEMA 9

Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

Application: Sequence Recall

Current pattern in sequence

Next pattern in sequence

Application: Artificial Cerebrum

Environmental stimuli

Next movements



TEMA 9

Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

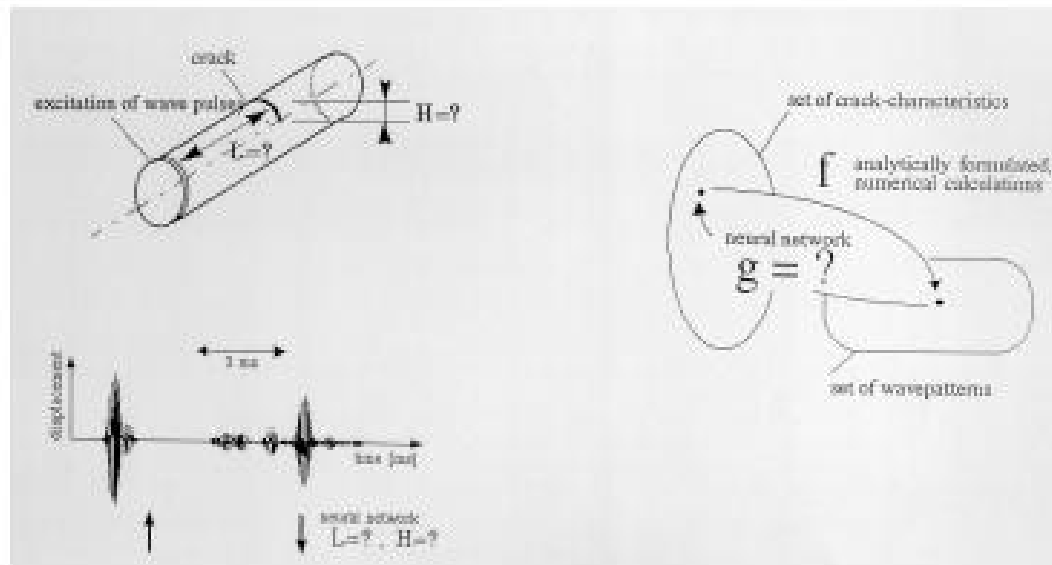
EJEMPLOS

- 1- "Sistema de Análisis del Funcionamiento de Redes de Comunicación de Paquetes mediante Técnicas Usadas en el Conocimiento"
 EFC ETSII-IT Bilbao 1996
- 2- "Counterpropagation Network Approach to Routing and Flow Control in Communication Systems"
 NEURAP96 Marsella
- 3- "Application of Neural Networks to Quantitative Non-Destructive Evaluation"
 IFM-Zürich 96
- 4- "Stimulation Initiative for European Neural Applications" SIENA
 Esprit Project 9811 96
- 5- "Residual Stresses and Hardening Depth Measurements: an On Line Approach to Mechanical Part 100% Production Testing"
 Proto-Finram 4178 96



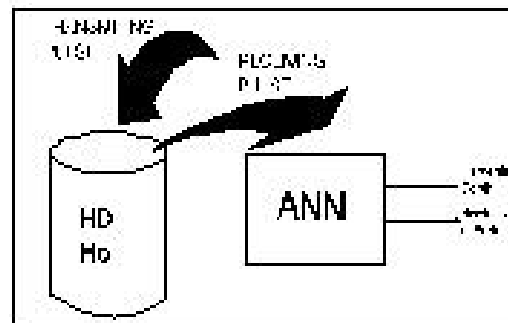
Ejemplo 2

• BACKPROPAGATION

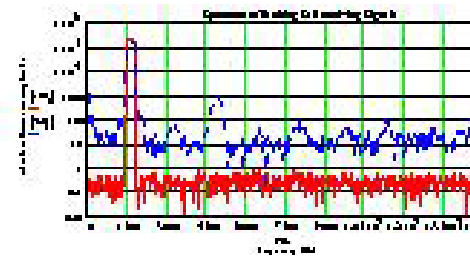
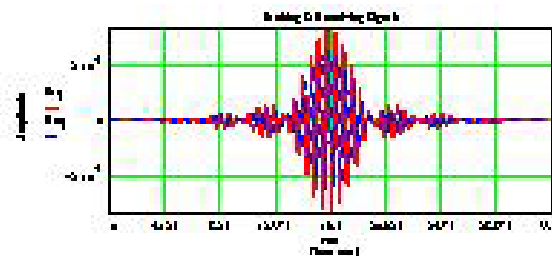


Ejemplo 3

- EVALUACIÓN NO DESTRUCTIVA

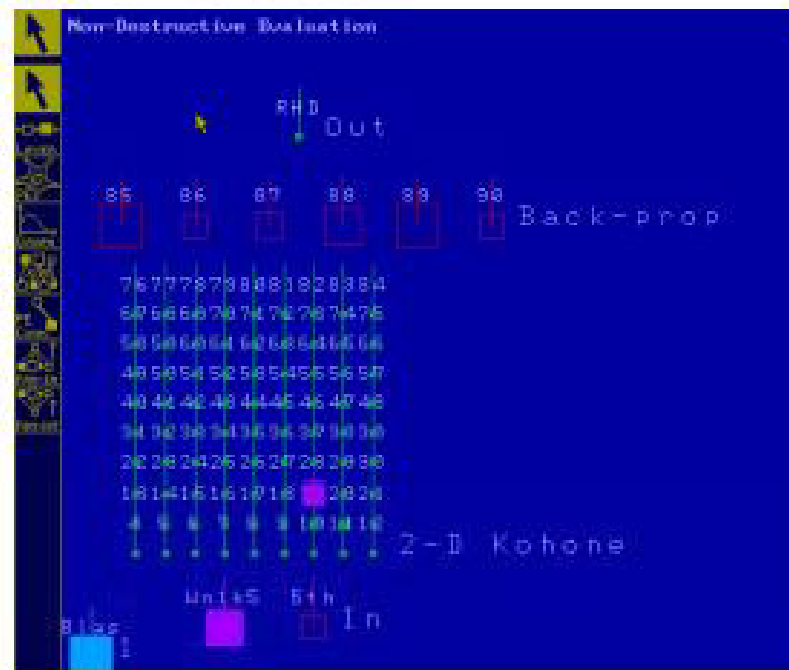
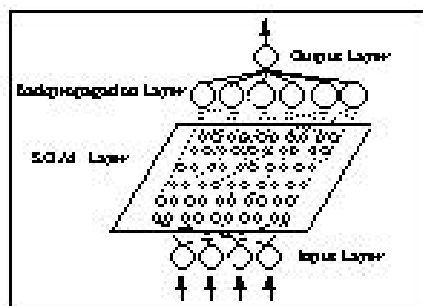


- SEÑAL : TIEMPO & FRECUENCIA



ARQUITECTURA

• SOM + BACK



EVALUACIÓN

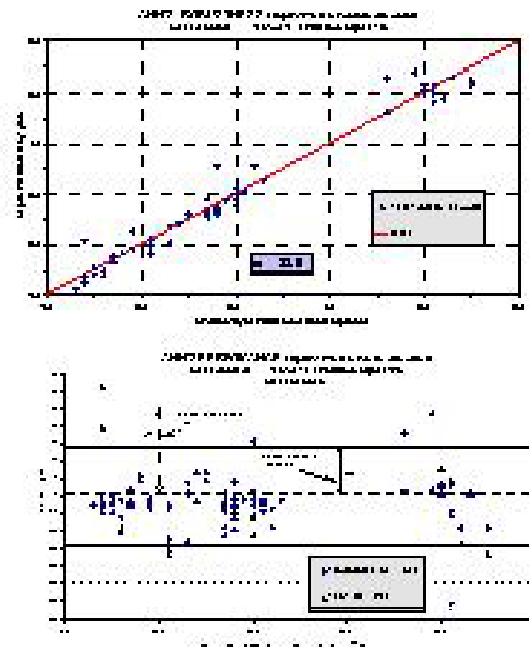
• VALIDACIÓN ESTADÍSTICA

NAME (id)	SEN_10			SUP_10		
Unit	set_10			set_10		
Q (K)	set_10			set_10		
Sensor	10			10		
Signal	1kS			1kS		
INPUTS	V _{in} , S _{in}			V _{in} , S _{in}		
OUTPUTS	HD			HD (thickness 50µm)		
TRAIN/TEST	45a+45c\ 9a+9c		54b	45a+45c\ 9a+9c		54b
PERFORMANCE	Training	Test	Robustness	Training	Test	Robustness
Differences (µm)						
Average	-3.35	-4.75	1.37	-1.52	-17.14	-6.57
Maximal diff	48.00	63.19	76.89	32.57	57.36	39.46
Minimal diff	-61.38	-33.89	-33.27	-65.92	-67.11	-75.86
Absolute Min	0.05	4.70	0.17	0.03	9.25	0.15
Standard Dev	13.86	26.07	23.68	12.73	36.28	21.06
Statistics of Correlation						
SSEN ¹⁰ (µm)	14.19	25.75	23.50	12.15	38.20	21.60
Regression ²	0.988	0.989	0.97	0.91	0.88	0.74
COMMENTS	Data Dec-96 Label II			Data Dec-96 Label II		



EVALUACIÓN

• REPRESENTACIÓN GRÁFICA



TEMA 10

LÓGICA DIFUSA y REDES NEURONALES ARTIFICIALES



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

- INTRODUCCIÓN A LA LÓGICA BORROSA
- TEORÍA DE CONJUNTOS BORROSOS
- ESTRUCTURA GENERAL SISTEMA BORROSO
- SISTEMAS NEURO-DIFUSOS



TEMA 10

Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

- HISTORIA DEL CONTROL
- CONTROL INTELIGENTE
- LÓGICA BORROSA
 - * ¿Cuándo utilizarla?
 - Variables continuas
 - No existe Modelo Matemático
 - Sensores y Microprocesadores sencillos
 - * Concepto: Precisión Clásica



TEMA 10

Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

TEORÍA DE CONJUNTOS BORROSOS

- Zadeh 1965
- Teoría Clásica
 - * Función de Pertenencia

$$\mu_A : X \rightarrow \{0, 1\} \quad \mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in A \\ 0 & \text{si } x \notin A \end{cases}$$

- * Bipartición del Universo X
 - 'Pertenece o No Pertenece'

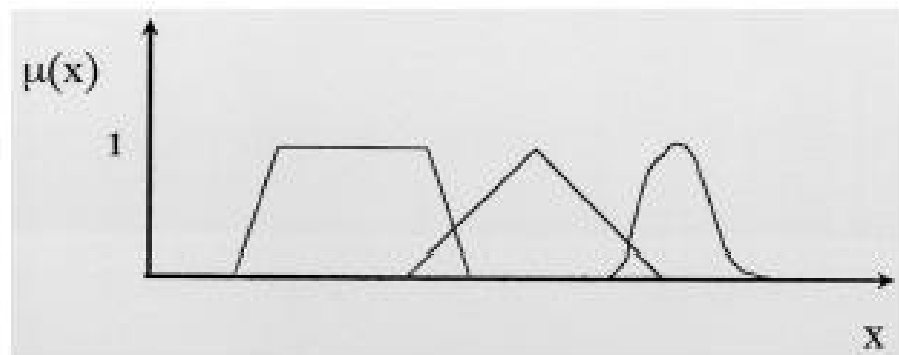


NUEVA DEFINICIÓN F.de PERTENENCIA

- RAZONAMIENTO HUMANO:
 - * Predicados Borrosos/Difusos
 - * No existe Bipartición del Universo X

- FUNCIÓN DE PERTENENCIA

$$\mu_a: X \rightarrow [0, 1]$$



RAZONAMIENTO APROXIMADO

- **LÓGICA CLÁSICA:**
 - * **ANTECEDENTE** comparado **CONDICIONANTE**
 - * Si cumple la regla: **INFERENCIA** del **CONSECUENTE**
- **LÓGICA BORROSA:**
 - * **ANTECEDENTES BORROSOS**
 - * Si cumple parcialmente la regla: **INFERENCIA** de un **CONSECUENTE BORROSO**



APLICACIONES

- CONTROL DE SISTEMAS
- MODELADO
- SISTEMAS DE INFORMACIÓ INTELIGENTE
- RECONOCIMIENTO DE FORMAS
- TRATAMIENTO DE SEÑAL
- ANÁLISIS DE DECISIONES
- SISTEMAS DE VEHÍCULOS INTELIGENTES



LÓGICA DIFUSA

- TIENE LA CAPACIDAD DE OPERAR CON CONCEPTOS VAGOS O AMBIGÜOS (razonamientos cualitativo)
- SE BASA EN UN SOPORTE MATEMÁTICO QUE PERMITE EXTRAER CONCLUSIONES CUANTITATIVAS
- A PARTIR DE UN CONJUNTO DE OBSERVACIONES (ANTECEDENTES) Y REGLAS CUALITATIVAS

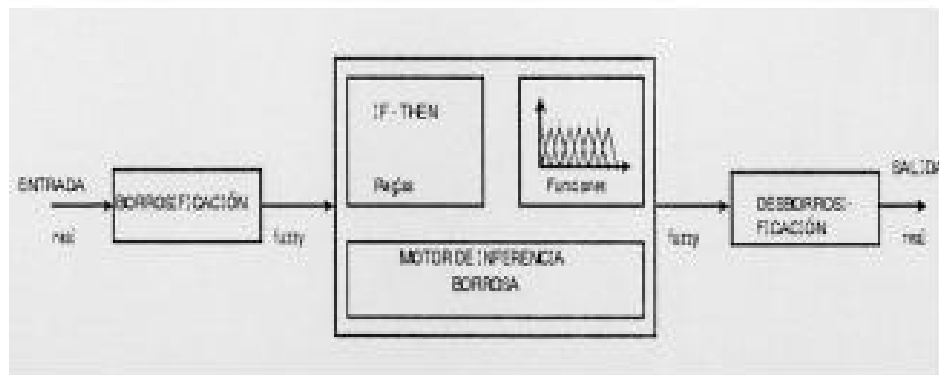


- **EXPERTO EN EL SISTEMA ($\exists$ /MODELO)**
 - * Definir Rango Variables Entrada/Salida
 - * Definir Funciones de Pertenencia
 - * Definir Base de REGLAS
- **MEDICIÓN DE VARIABLES**
 - * VALORES Deterministas ('CRISP') vs. VALORES BORROSOS
 - * $\Rightarrow$ TRANSFORMACIÓN de VALORES



ESTRUCTURA SISTEMA BORROSO

- BORROSIFICACIÓN
- INFERENCIA BORROSA
- DESBORROSIFICACIÓN



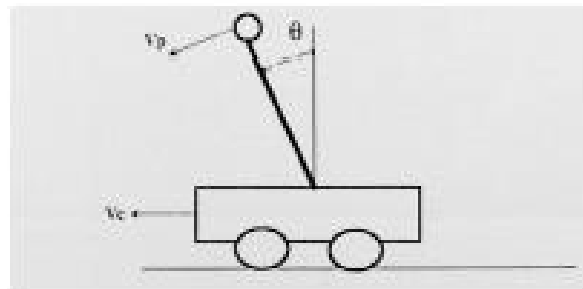
EJEMPLO: PÉNDULO INVERTIDO

- CONTROL CLÁSICO:

- * MODELO

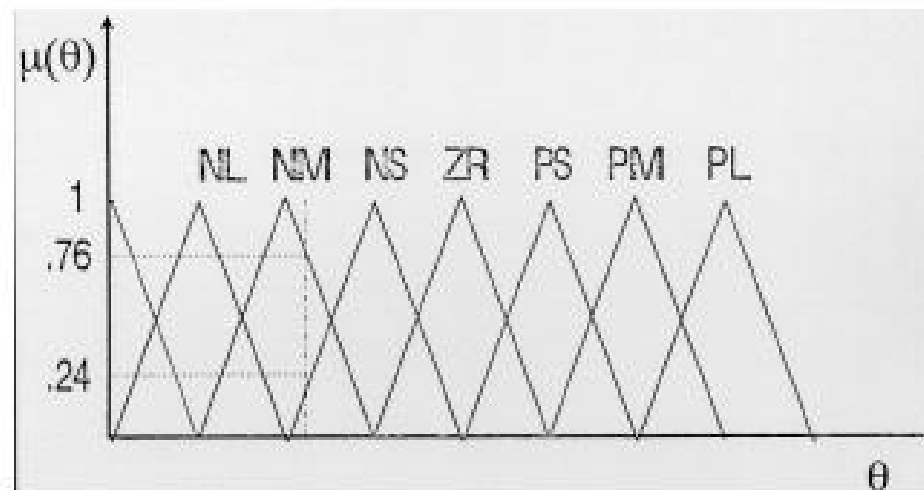
$$\left[m \frac{d^2}{dt^2} (x + l \sin \theta) \right] l \cos \theta - \left[m \frac{d^2}{dt^2} (l \cos \theta) \right] l \sin \theta = mgl \sin \theta$$

- * Microprocesador 32 bits + Coprocesador



BORROSIFICACIÓN

- Variable de Entrada θ



INFERENCIA BORROSA

• CONJUNTO DE REGLAS

- 1º IF (θ es NM AND V_1 es NL) THEN V_t es NM
- 2º IF (θ es NM AND V_1 es NS) THEN V_t es NS
-
- 6º IF θ es ZR THEN V_t es ZR

• ACTIVACIÓN de REGLAS

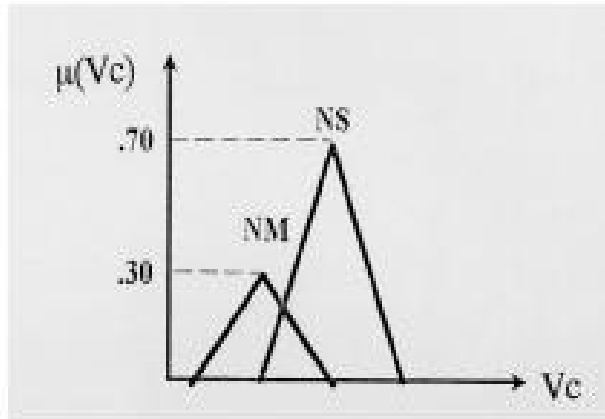
Regla	θ	Grado		V_1	Grado	V_t	Grado
1º	NM	0,76	&	NL	0,30	NM	0,30
2º	NM	0,76	&	NS	0,70	NS	0,70
3º	NS	0,24	&	NL	0,30	NM	0,24
4º	NS	0,24	&	NS	0,70	NS	0,24



DESBORROSIFICACIÓN

- SALIDA DIFUSA

- * 1ª y 3ª $\Rightarrow$ NM 0.3
- * 2ª y 4ª $\Rightarrow$ NS 0.7



- MÉTODOS:

- * CENTRO DE GRAVEDAD
- * MÁXIMA PERTENENCIA



- COLABORACIÓN INTERDISCIPLINARIA
- SISTEMAS HÍBRIDOS
- RNA:
 - * CAPACIDAD APRENDER
- LÓGICA DIFUSA:
 - * CONOCIMIENTO EXPLÍCITO



TEMA 10

Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones

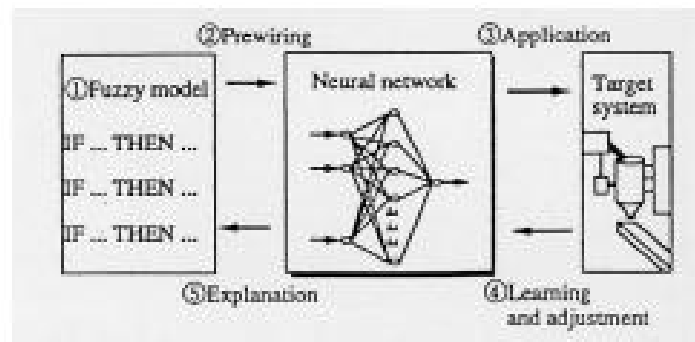
APLICACIONES de SISTEMAS HÍBRIDOS

- **Mejorar la precisión del Modelo Difuso** (a partir del aprendizaje de las redes neuronales artificiales)
- **Interpretar el Conocimiento** (adquirido por la red neuronal artificial en el formato del modelo difuso)
- **Extracción automática de reglas difusas** (utilizando arquitecturas especiales de redes neuronales artificiales)
- **Modelado difuso** (utilizando redes neuronales difusas que son redes que facilitan la comprensión de los modelos obtenidos)



EJEMPLO de SISTEMA HÍBRIDO

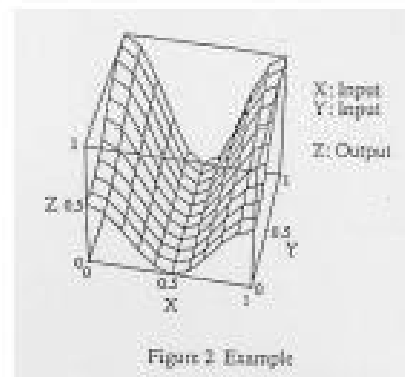
- SISTEMA DE COOPERACIÓN**



- APLICACIÓN:**

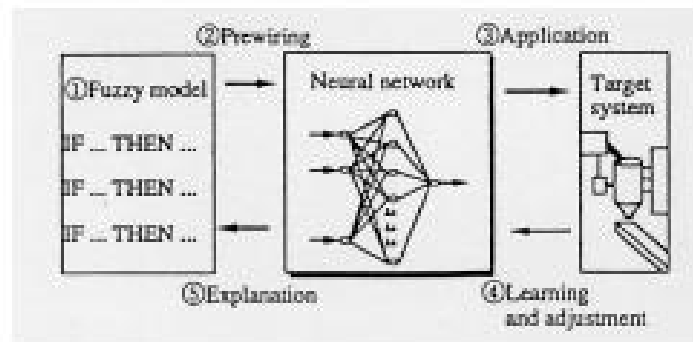
- ✧ **Relación I/O**

- ✧ **(X,Y) Z**



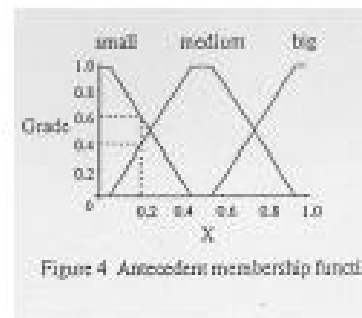
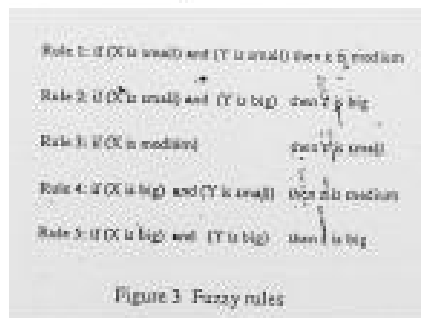
DESCRIPCIÓN GENERAL

- 1º MODELO FUZZY: EXPERTO
- 2º RNA: ARQUITECTURA MODELO FUZZY
- 3º APLICACIÓN: OPERACIÓN REAL
- 4º RNA: APRENDE DATOS OPERACIÓN
- 5º PASO RNA $\Rightarrow$ Nuevo MODELO FUZZY

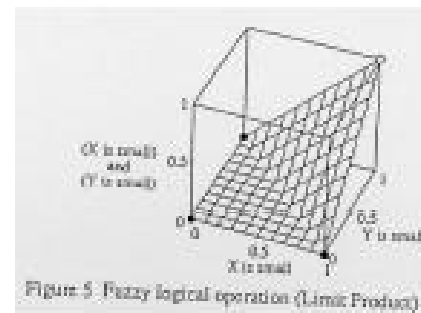


DEFINICIÓN DEL MODELO FUZZY

- REGLAS, FUNCIÓN PERTENENCIA**

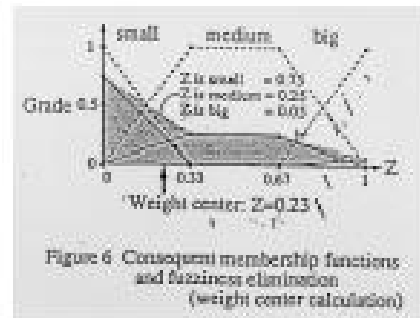


- OPERACIÓN 'AND' BORROSA**

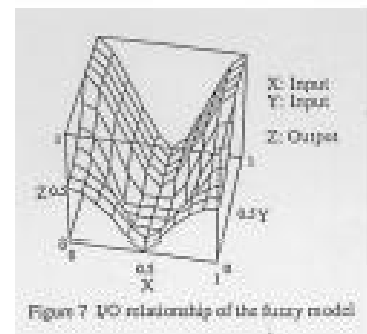


DEFINICIÓN DEL MODELO FUZZY

- **DESBORROSIFICACIÓN**

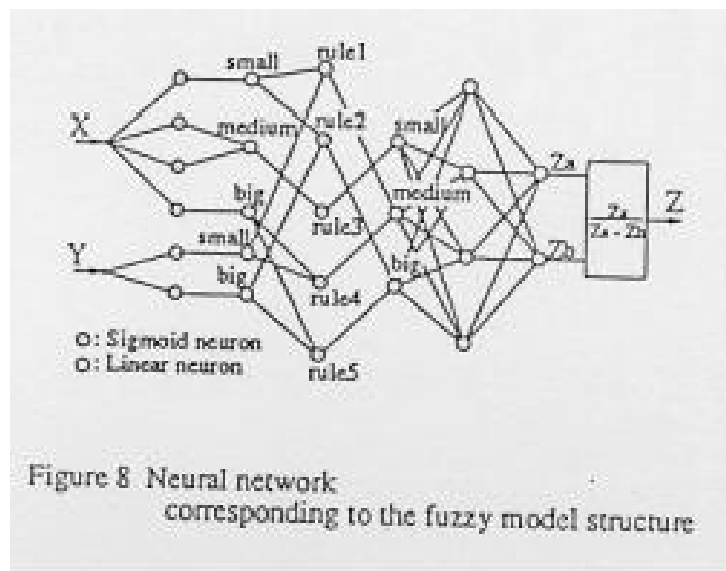


- **RELACIÓN I/O del MODELO FUZZY**



CONSTRUCCIÓN RNA del MODELO FUZZY

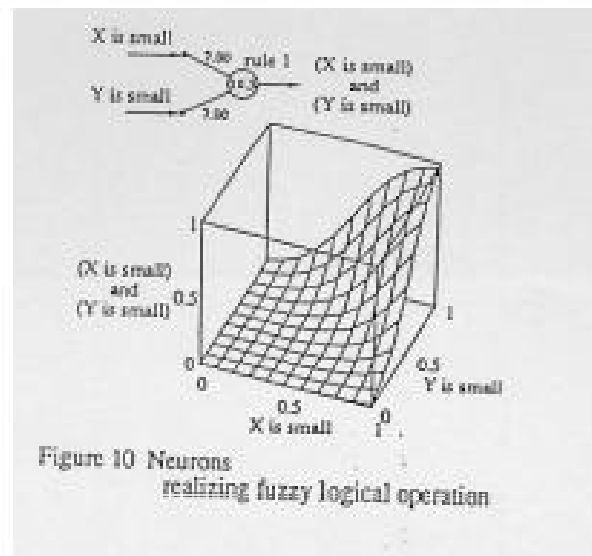
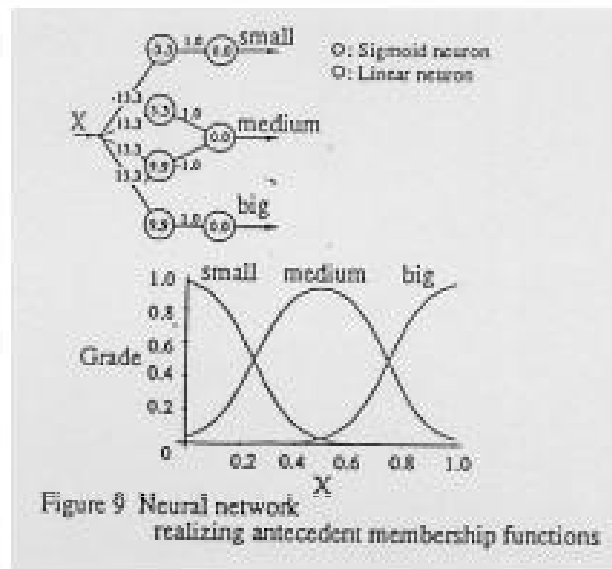
- RNA con ESTRUCTURA MODELO FUZZY



CONSTRUCCIÓN RNA del MODELO FUZZY

• F. PERTENENCIA

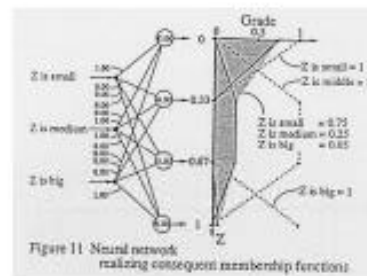
OPERACIÓN 'AND'



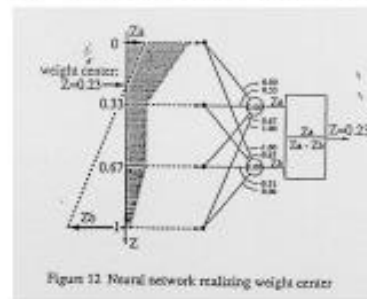
Construcción RNA (3)

CONSTRUCCIÓN RNA del MODELO FUZZY

- INFERENCIA CONSECUENTE**

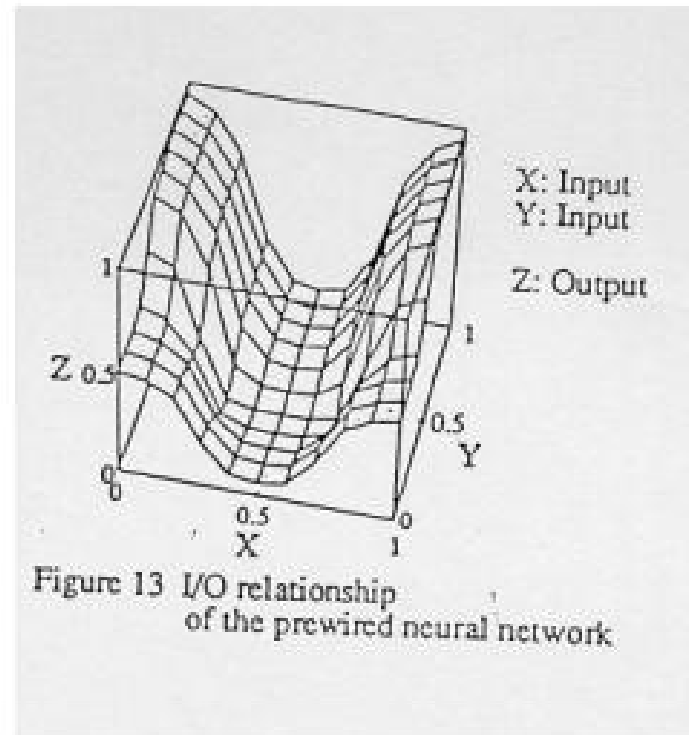


- DESBORROSIFICACIÓN: CENTRO GRAVEDAD**



RELACION I/O de la RNA

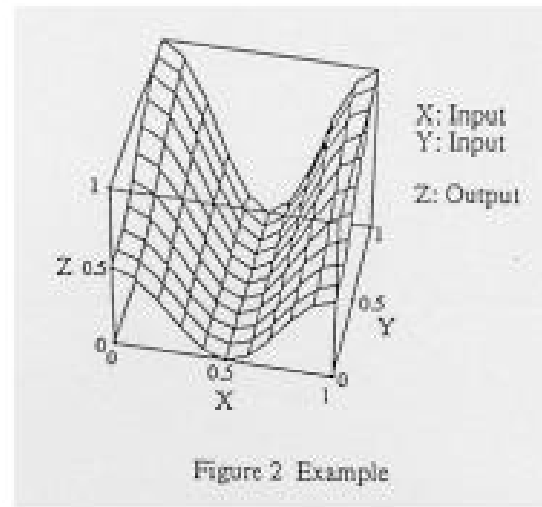
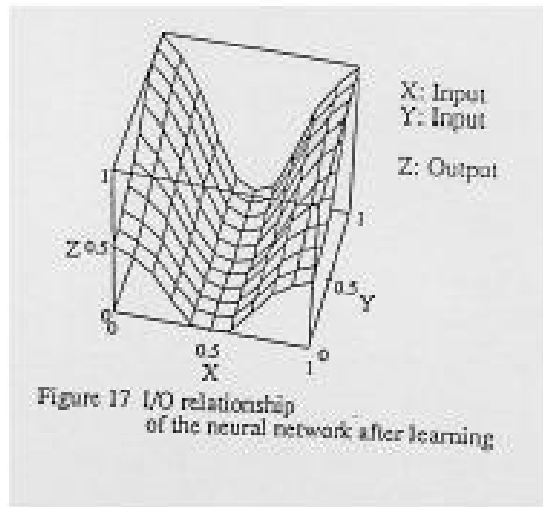
- **ANTES del ENTRENAMIENTO**



RELACION I/O de la RNA

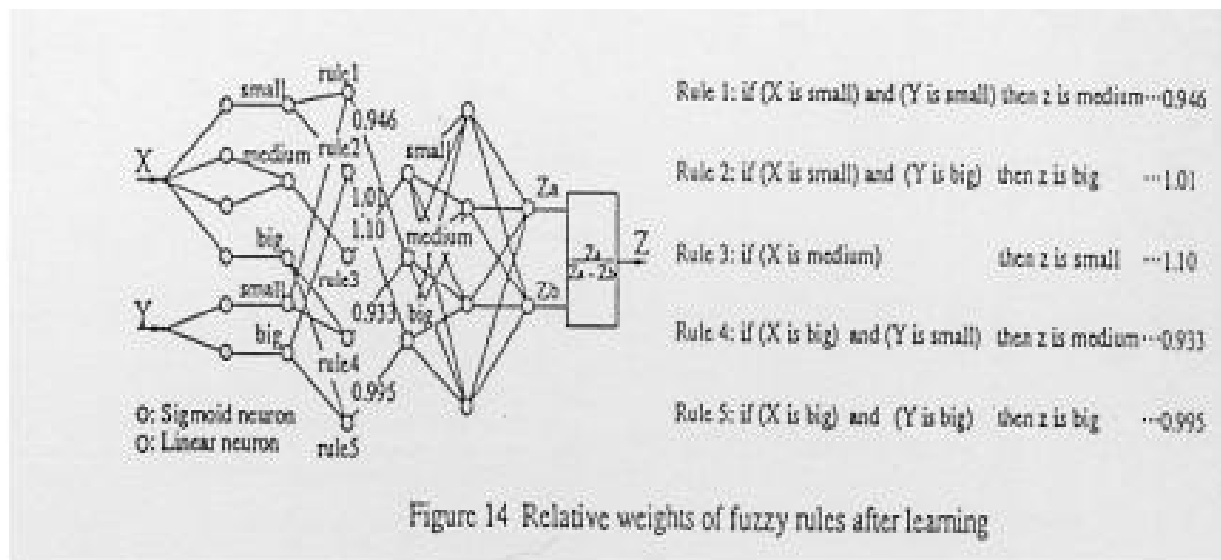
• DESPÚES

APLICACIÓN



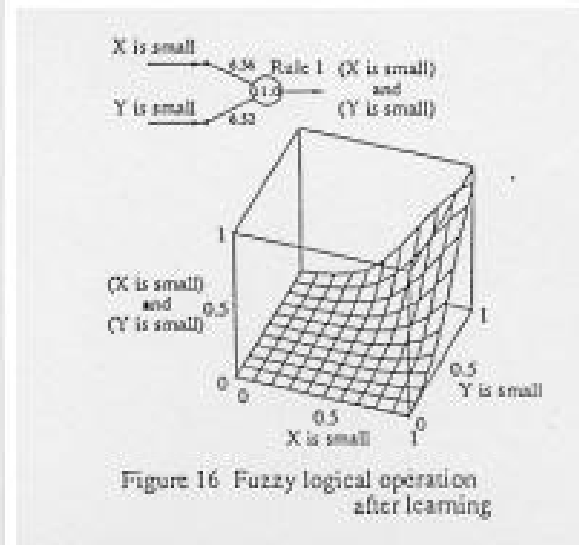
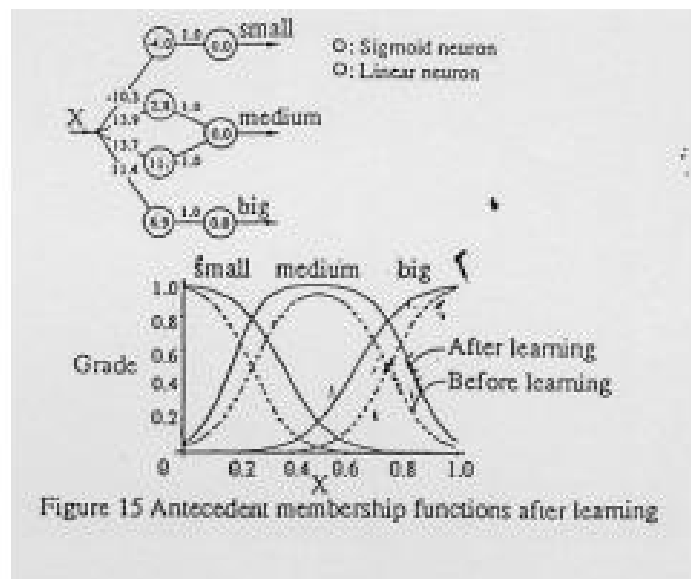
INTERPRETACIÓN DEL APRENDIZAJE

- **SINTONIZACIÓN de REGLAS**



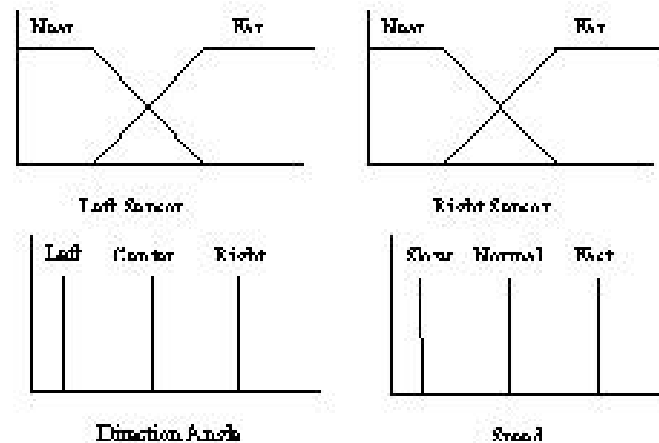
INTERPRETACIÓN DEL APRENDIZAJE

• FUNCIÓN PERTENENCIA OPERACIÓN 'AND'



Ejemplo: GUIADO DE UN VEHÍCULO

- MODELO FUZZY**



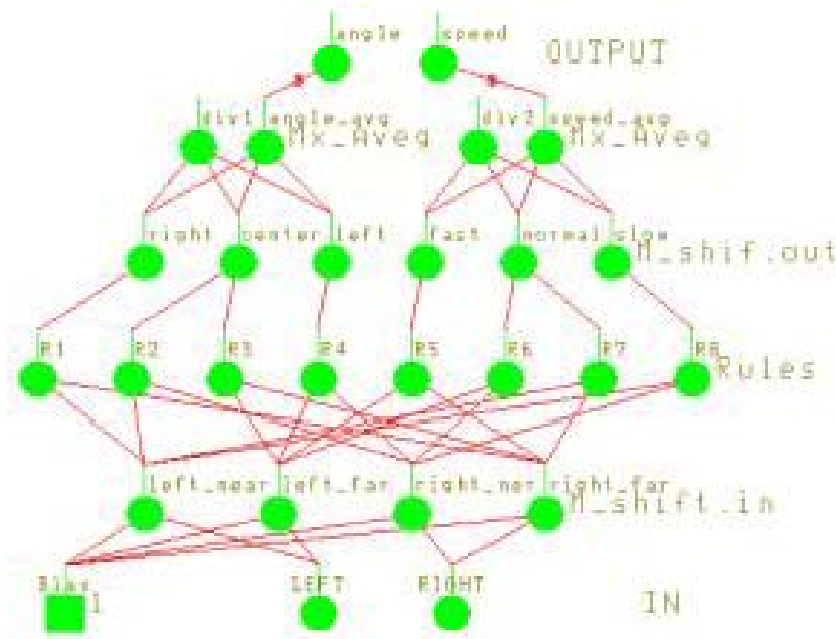
		Sensor_Right	
		NEAR	FAR
Sensor_Left	NEAR	Direction Angle: CENTER Speed: SLOW	Direction Angle: RIGHT Speed: NORMAL
	FAR	Direction Angle: LEFT Speed: NORMAL	Direction Angle: CENTER Speed: FAST



Ejemplo: GUIADO DE UN VEHÍCULO

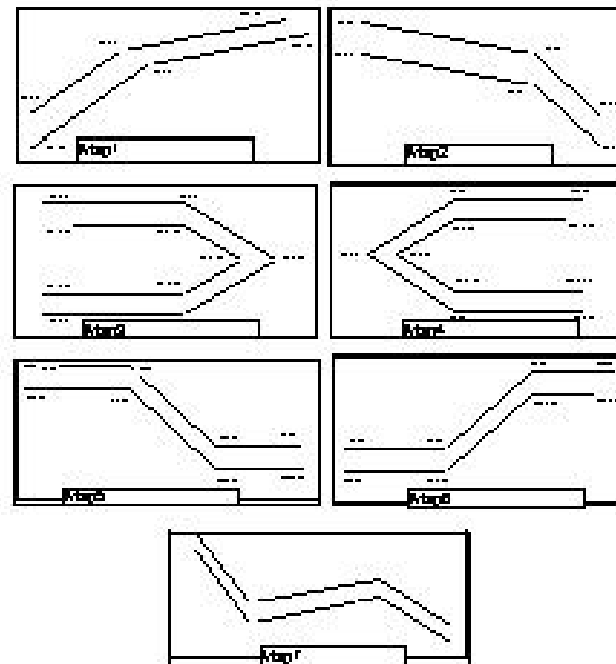
- RNA con ESTRUCTURA MODELO FUZZY

Neural Fuzzy Model



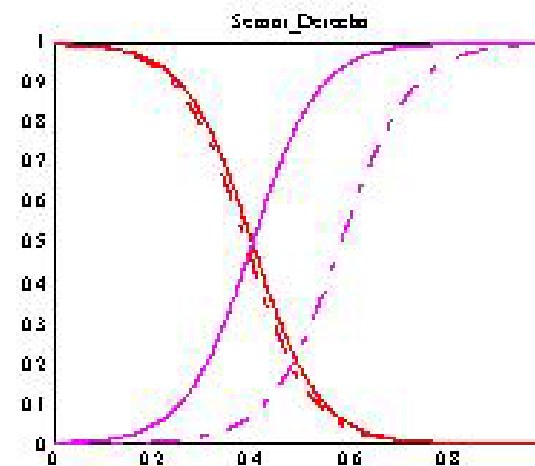
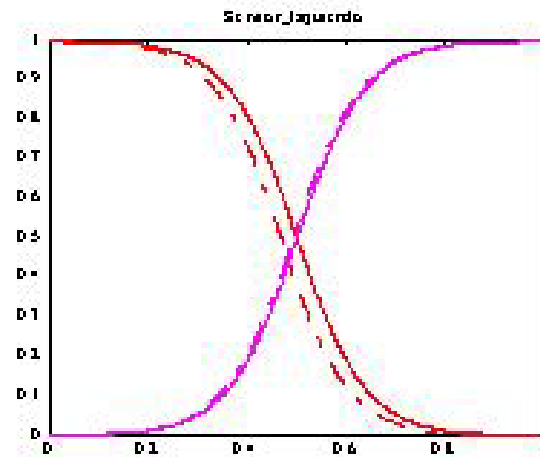
Ejemplo: GUIADO DE UN VEHÍCULO

- **CONJUNTO de DATOS de ENTRENAMIENTO**



Ejemplo: GUIADO DE UN VEHÍCULO

- **SINTONIZACIÓN F. PERTENENCIA**



REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y SUS APLICACIONES

- Curso de 3º ciclo de la UPV-EHU
- Programa:
 - * TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
 - * TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA Y CONTROL



CONTENIDO TEÓRICO

- Tema 1.- Introducción a la Computación Neuronal
- Tema 2.- Fundamentos de las Redes Neuronales Artificiales
- Tema 3.- Selección de las Redes Neuronales Artificiales
- Tema 4.- Las Primeras Redes Neuronales Artificiales
- Tema 5.- Red Backpropagation
- Tema 6.- Red Self Organizing Map y Red Counterpropagation
- Tema 7.- Red Hopfield y Red Bidirectional Associative Memory
- Tema 8.- Red Adaptive Resonance Theory
- Tema 9.- Aplicaciones de las Redes Neuronales Artificiales
- Tema 10.- Lógica Difusa y Redes Neuronales Artificiales



Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones