



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN - TESIS DE GRADO

AUTORES : A LIRIO MAYORGA DELGADO Y HECTOR JULIO PEDROZA  
GARZON

FACULTAD: INGENIERIAS

PLAN DE ESTUDIOS: DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

DIRECTOR : NANCY TORCOROMA VELÁSQUEZ

TÍTULO DE LA TESIS: HERRAMIENTA DE SOFTWARE PARA ENTRENAR Y  
SIMULAR REDES NEURONALES ARTIFICIALES.

### RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación fue recopilar y analizar la información existente sobre las redes neuronales artificiales, contemplando todos los aspectos relacionados con la estructura, entrenamiento y formulación matemáticas de los diferentes algoritmos. Se siguió una metodología precisa, acorde con el tipo de investigación, esto con el fin de garantizar la eficacia de los resultados. La investigación concluye con la presentación de una herramienta de software que implementa los algoritmos en practica todos los conocimientos

### CARACTERÍSTICAS

PAGINAS 208 PLANOS        ILUSTRACIONES        CD ROM 1

**HERRAMIENTA DE SOFTWARE PARA ENTRENAR Y SIMULAR REDES  
NEURONALES ARTIFICIALES**

**HECTOR JULIO PEDROZA GARZON**

**ALIRIO MAYORGA DELGADO**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE SISTEMAS**

**SAN JOSE DE CUCUTA**

**2003**

**HERRAMIENTA DE SOFTWARE PARA ENTRENAR Y SIMULAR REDES  
NEURONALES ARTIFICIALES**

**HECTOR JULIO PEDROZA GARZON**

**ALIRIO MAYORGA DELGADO**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar  
el título de Ingeniero de Sistemas**

**Director  
NANCY TORCOROMA VELASQUEZ  
Ingeniero de Sistemas**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE SISTEMAS**

**SAN JOSE DE CUCUTA**

**2003**



## ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA : 28 DE ENERO DE 2003 HORA : 4:00 p. m.

LUGAR : AUDITORIO "JOSE JAIRO MALDONADO" - AULAS SUR

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA DE SISTEMAS

TITULO DE LA TESIS: HERRAMIENTA DE SOFTWARE PARA ENTRENAR Y SIMULAR REDES NEURONALES ARTIFICIALES.

JURADOS : MYRIAM DEISY GARCIA  
MERY YANETH SARMIENTO  
JEFFREY ARDILA

DIRECTOR : INGENIERA TORCOROMA VELASQUEZ.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
ALIRIO MAYORGA DELGADO	151718	4,5	CUATRO, CINCO
HECTOR JULIO PEDROZA GARZON	151721	4,5	CUATRO, CINCO

## MERITORIA

FIRMA DE LOS JURADOS

MERY YANETH SARMIENTO

MYRIAM DEISY GARCIA

JEFFREY ARDILA

Vo.Bo.

OSCAR ALBERTO GALLARDO PEREZ  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

*Primero le doy gracias a Dios por haberme  
dado esta gran oportunidad.*

*Dedicada especialmente a mis padres por su  
gran apoyo tanto en lo económico como en lo moral.*

*A mis hermanos por el apoyo brindado  
A Aleida por brindarme su amistad, su apoyo y por ser  
una persona incondicional.*

*A mi pequeña hija por ser parte importante de mi  
esperanza.*

*A mi amigo y compañero de tesis.*

*Alirio*

*A todos los que siempre estuvieron conmigo...*

*Héctor*

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Dios, por darnos el don de ser profesionales.

Nancy Torcoroma Velásquez, Ingeniera de Sistemas y Directora del proyecto, por sus valiosas orientaciones.

Milton Vera, por su gran orientación en el manejo y uso del lenguaje de programación(JAVA).

Mery Yaneth Sarmiento, Ingeniera de Sistemas y Directora del grupo de investigación en inteligencia artificial de la Universidad Francisco de Paula Santander, por su constante motivación y apoyo en el trabajo realizado.

Los integrantes del grupo de investigación en Inteligencia Artificial (GIIA)

David Gregorio Maurello Rincón, Ingeniero de sistemas.

## CONTENIDO

	Pág.
<u>INTRODUCCION</u>	1
1 <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	3
1.1 <u>TITULO</u>	3
1.2 <u>FORMULACION DEL PROBLEMA</u>	3
1.3 <u>OBJETIVOS</u>	4
1.3.1 <u>Objetivo general</u>	4
1.3.2 <u>Objetivos específicos</u>	4
1.4 <u>JUSTIFICACION</u>	5
1.5 <u>ALCANCES Y LIMITACIONES</u>	6
1.5.1 <u>Alcances</u>	6
1.5.2 <u>Limitaciones</u>	7
2. <u>MARCO CONCEPTUAL</u>	8
2.1 <u>INTELIGENCIA ARTIFICIAL</u>	8
2.2 <u>LA NEURONA BIOLÓGICA</u>	9
2.2.1 <u>Partes de la neurona biológica</u>	10
2.2.1.1 <u>El cuerpo</u>	10
2.2.1.2 <u>Las dendritas</u>	11
2.2.1.3 <u>El axón</u>	11
2.2.1.4 <u>Las sinapsis</u>	12

2.2.1.5	<a href="#">La membrana celular</a>	12
2.2.2	<a href="#">Funcionamiento y comunicación interneuronal</a>	13
2.2.3	<a href="#">Aprendizaje en la neurona biológica</a>	14
2.3	<a href="#">LA NEURONA ARTIFICIAL</a>	16
2.3.1	<a href="#">Elementos fundamentales</a>	17
2.3.1.1	<a href="#">Sinapsis o pesos de interconexión</a>	17
2.3.1.2	<a href="#">Un sumador</a>	17
2.3.1.3	<a href="#">Función de activación o de transferencia</a>	17
2.4	<a href="#">REDES NEURONALES ARTIFICIALES</a>	18
2.4.1	<a href="#">Definición</a>	18
2.4.2	<a href="#">Historia</a>	18
2.4.3	<a href="#">Taxonomía</a>	22
2.4.3.1	<a href="#">Fase de diseño</a>	22
2.4.3.2	<a href="#">Fase de aprendizaje</a>	22
2.4.3.3	<a href="#">Fase de prueba</a>	22
2.4.4	<a href="#">Elementos de una red neuronal artificial</a>	23
2.4.4.1	<a href="#">Neuronas</a>	23
2.4.4.2	<a href="#">Estado de activación</a>	23
2.4.4.3	<a href="#">Función de salida o de transferencia</a>	24
2.4.4.4	<a href="#">Conexiones entre neuronas</a>	27
2.4.4.5	<a href="#">Regla de propagación</a>	28
2.4.4.6	<a href="#">Función o regla de activación</a>	29
2.4.4.7	<a href="#">Regla de aprendizaje</a>	30

2.4.4.8	<a href="#">Representación del ambiente</a>	30
2.4.5	<a href="#">Clasificación de las redes neuronales artificiales</a>	30
2.4.5.1	<a href="#">Según el mecanismo de aprendizaje</a>	30
2.4.5.2	<a href="#">Según su topología</a>	34
2.4.5.3	<a href="#">Según el tipo de asociación entre la información de entrada y salida</a>	35
2.4.5.4	<a href="#">Según su modo de operación</a>	36
2.4.6	<a href="#">Estado del arte de las redes neuronales artificiales</a>	37
2.4.7	<a href="#">Aplicaciones de las redes neuronales artificiales</a>	42
2.4.8	<a href="#">Ventajas y desventajas de las redes neuronales artificiales</a>	42
3	<a href="#">ESTRUCTURA Y FORMULACION MATEMÁTICA DE LOS PRINCIPALES ALGORITMOS DE ENTRENAMIENTO EN REDES NEURONALES ARTIFICIALES</a>	44
3.1	<a href="#">RED TIPO PERCEPTRON</a>	44
3.1.1	<a href="#">Perceptron básico unicapa</a>	45
3.1.1.1	<a href="#">Funcionamiento</a>	46
3.1.1.2	<a href="#">Estructura y aprendizaje</a>	47
3.1.2	<a href="#">Perceptron multicapa</a>	49
3.1.2.1	<a href="#">Funcionamiento perceptron multicapa</a>	49
3.1.2.2	<a href="#">Estructura y aprendizaje perceptron multicapa</a>	50
3.1.2.3	<a href="#">Problemas del perceptron multicapa</a>	53
3.1.3	<a href="#">Problemas generales del perceptron</a>	53
3.2	<a href="#">PROPAGACION INVERSA(BACKPROPAGATION)</a>	54
3.2.1	<a href="#">Regla delta generalizada</a>	55
3.2.1.1	<a href="#">Momentun en la regla delta generalizada</a>	55

3.2.2	<a href="#">Funcionamiento</a>	55
3.2.2.1	<a href="#">Fase hacia delante</a>	56
3.2.2.2	<a href="#">Fase hacia atrás</a>	57
3.2.3	<a href="#">Estructura y aprendizaje</a>	57
3.2.4	<a href="#">Importancia</a>	62
3.2.5	<a href="#">Problemas generales</a>	62
3.3	<a href="#">ALGORITMO DE KOHONEN</a>	65
3.3.1	<a href="#">Funcionamiento</a>	65
3.3.2	<a href="#">Estructura y aprendizaje</a>	67
3.4	<a href="#">MEMORIAS ASOCIATIVAS</a>	70
3.4.1	<a href="#">Red de hopfield</a>	71
3.4.1.1	<a href="#">Funcionamiento</a>	73
3.4.1.2	<a href="#">Aprendizaje de la red de hopfield</a>	75
3.4.1.3	<a href="#">Estabilidad y función de energía</a>	78
3.4.1.4	<a href="#">Algoritmo secuencial (Asíncrono)</a>	79
3.4.1.5	<a href="#">Algoritmo paralelo (Síncrono)</a>	80
3.4.1.6	<a href="#">Problemas de la red de hopfield</a>	82
3.4.2	<a href="#">Memorias asociativas bidireccionales BAM</a>	83
3.4.2.1	<a href="#">Funcionamiento</a>	83
3.4.2.2	<a href="#">Aprendizaje</a>	85
3.4.2.3	<a href="#">Capacidad de memoria en la red BAM</a>	85
3.5	<a href="#">ALGORITMOS GENETICOS</a>	86
3.5.1	<a href="#">Historia</a>	86

3.5.2	<a href="#">Definición</a>	86
3.5.3	<a href="#">Clases de algoritmos genéticos</a>	87
3.5.4	<a href="#">Funcionamiento</a>	88
3.5.5	<a href="#">Componentes y características</a>	90
3.5.5.1	<a href="#">Problema a ser optimizado</a>	90
3.5.5.2	<a href="#">Representación de las soluciones del problema</a>	90
3.5.5.3	<a href="#">Decodificación del cromosoma</a>	91
3.5.5.4	<a href="#">Evaluación</a>	91
3.5.5.5	<a href="#">Selección</a>	91
3.5.5.6	<a href="#">Operadores genéticos</a>	94
3.5.5.7	<a href="#">Inicialización de la población</a>	95
3.5.5.8	<a href="#">Parámetros y criterios de parada</a>	95
3.5.6	<a href="#">Fundamentos matemáticos</a>	96
3.5.6.1	<a href="#">Análisis del efecto de la selección</a>	97
3.5.6.2	<a href="#">Análisis del efecto de cruce</a>	98
3.5.6.3	<a href="#">Análisis del efecto de mutación</a>	98
3.5.7	<a href="#">Aprendizaje</a>	99
3.6	<a href="#">SISTEMAS DIFUSOS</a>	100
3.6.1	<a href="#">Conjuntos difusos</a>	100
3.6.2	<a href="#">Lógica difusa</a>	101
4.	<a href="#">ARQUITECTURA DEL SISTEMA EN LA METODOLOGIA OMT</a>	103
4.1	<a href="#">ANÁLISIS ORIENTADO A OBJETOS</a>	103
4.1.1	<a href="#">Del problema</a>	103

4.1.1.1	<a href="#">Formulación del problema</a>	103
4.1.1.2	<a href="#">Descripción del problema</a>	103
4.1.2	<a href="#">Modelado de objetos</a>	104
4.1.2.1	<a href="#">Objetos y clases</a>	105
4.1.2.2	<a href="#">Diccionario de datos</a>	106
4.1.2.3	<a href="#">Identificación de asociaciones</a>	108
4.1.2.4	<a href="#">Atributos identificativos</a>	109
4.1.3	<a href="#">Modelado dinámico</a>	110
4.1.3.1	<a href="#">Escenarios</a>	111
4.1.3.2	<a href="#">Identificación y seguimiento de sucesos</a>	135
4.1.3.3	<a href="#">Diagramas de estado</a>	145
4.1.4	<a href="#">Modelo funcional</a>	150
4.1.4.1	<a href="#">Listado de valores de entrada y de salida</a>	151
4.1.4.2	<a href="#">Diagramas de flujo de datos (DFD)</a>	151
4.2	<a href="#">DISEÑO ORIENTADO A OBJETOS</a>	155
4.2.1	<a href="#">Diseño del sistema</a>	155
4.2.1.1	<a href="#">Identificación de la concurrencia</a>	155
4.2.1.2	<a href="#">Asignación de subsistemas a procesadores y tareas</a>	155
4.2.1.3	<a href="#">Administración de almacenes de datos</a>	156
4.2.1.4	<a href="#">Manejo de recursos globales</a>	156
4.2.1.5	<a href="#">Selección de una implementación de control de software</a>	157
4.2.1.6	<a href="#">Manejo de condiciones de contorno</a>	158
4.2.1.7	<a href="#">Arquitectura del sistema</a>	159

4.2.2	<a href="#">Diseño de objetos</a>	160
4.2.2.1	<a href="#">Visión general del diseño de objetos</a>	160
4.2.2.2	<a href="#">Diseño de algoritmos para los métodos de las clases</a>	161
4.2.2.3	<a href="#">Diagrama de control en el sistema Intelligent Spider</a>	170
4.3	<a href="#">IMPLEMENTACION Y PRUEBAS</a>	171
4.3.1	<a href="#">IMPLEMENTACION</a>	171
4.3.2	<a href="#">PRUEBAS</a>	177
5.	<a href="#">CONCLUSIONES</a>	178
6.	<a href="#">RECOMENDACIONES</a>	180
	<a href="#">BIBLIOGRAFIA</a>	181
	<a href="#">ANEXOS</a>	184