

CONTENIDO

Lista de figuras	IX
Lista de tablas	XIV
Lista de variables	XV
Introducción	XIX

1. Conceptos sobre redes neuronales artificiales y aprendizaje profundo

Introducción	1
Objetivos del capítulo	1
Inteligencia artificial, redes neuronales artificiales y Deep Learning	1
Breve reseña histórica	3
La neurona biológica	6
La neurona artificial	9
Procesamiento matemático en la neurona artificial	10
Red neuronal artificial	12
Arquitecturas de redes neuronales artificiales	13
De acuerdo con la cantidad de capas	14
Redes multicapa superficial o de una capa oculta	14
Redes multicapa profundas	15
De acuerdo con el flujo de la información	15
Redes Feedforward	15
Redes recurrentes	16
El aprendizaje en las redes neuronales artificiales	16
Aprendizaje supervisado	18
Aprendizaje no supervisado	19
Aprendizaje por refuerzo	20
Ejemplo de procesamiento de la información en una red neuronal	20
Aplicaciones	22
Visión por computador	22
Procesamiento de voz	25
Reconocimiento de sonido	25
Procesamiento de texto	26
Otras aplicaciones	26

2. Los principios del aprendizaje profundo: redes monocapa

Introducción	27
Red Neuronal Perceptron	28
Arquitectura y funcionamiento	28
Algoritmo de aprendizaje	31

Red Neuronal Adaline (ADaptative LINear Element)	34
Arquitectura	34
Algoritmo de aprendizaje	35
Limitaciones del Perceptron	37
Proyectos de aplicación	39
Solución de la función lógica AND con un Perceptron	39
Reconocimiento de caracteres usando el Perceptron	42
Filtro adaptativo usando una red Adaline	46
Filtrado de señales de voz	49
Filtro adaptativo usando una red Adaline implementada en Arduino	49
<i>Ejercicios propuestos</i>	54

3. Superando las dificultades con la propagación inversa en las redes

Introducción	59
Arquitectura general de un Perceptron multicapa superficial	60
Entrenamiento de un MLP superficial	61
Nomenclatura para las redes superficiales	61
Algoritmo de entrenamiento	62
Gradiente descendente estocástico y gradiente descendente	62
Gradiente descendente estocástico (GDE)	62
Procesamiento de datos hacia adelante “feedforward”	63
Actualización de pesos para la capa de salida	64
Actualización de los bias para la capa de salida	65
Actualización de pesos para la capa oculta	65
Backpropagation	66
Actualización de los bias para la capa oculta	67
Variaciones del gradiente descendente	67
Algoritmo gradiente descendente con alfa variable	69
Algoritmo gradiente descendente con momentum clásico	69
Algoritmos de segundo orden para redes neuronales MLP	70
Método de Newton aplicado a redes neuronales	72
Levenberg Marquardt	74
Gradiente conjugado	74
Consideraciones de diseño	77
Conjuntos de aprendizaje y de validación	77
Dimensión de la red neuronal	78
Funciones de activación	79
Pre y posprocesamiento de datos	79
Regularización	81
Regularización por parada temprana	81
Regularización por limitación de la magnitud de los pesos L2	83
Proyectos de aplicación	84
Solución del problema de la función XOR con Matlab	84
Aprendizaje de una función seno con Matlab	86
Aprendizaje de una superficie (función de dos variables) Silla de Montar con Matlab	86

Identificación de sistemas usando redes neuronales MLP	89
Diseño del experimento y muestreo de datos	91
Modelo a usar y estimación de parámetros (Entrenamiento de la red)	93
Validación del modelo obtenido con la RNA	95
Aplicación a la clasificación de patrones (el problema del IRIS)	95
Reconocimiento de caracteres mano escritos (conjunto de datos MNIST) con una red superficial	97
Generador de ondas senoidales implementado con una red neuronal MLP en Arduino	102
Emulación de un sistema dinámico implementado con una red neuronal MLP en Arduino	104
<i>Ejercicios propuestos</i>	106

4. Aprendizaje profundo (*Deep Learning*) o las redes de muchas capas

Introducción	117
Problemas para entrenar redes neuronales profundas	118
Desvanecimiento del gradiente	118
Se requiere muchos datos	121
Se requiere una alta capacidad de cómputo	122
¿Cómo solucionar el problema del desvanecimiento del gradiente?	123
Cambio en funciones de activación	123
Cambio en la función de pérdida o de costo	124
Reconocimiento de patrones convencional vs Deep Learning	125
Extracción de características automático en una imagen	126
Algoritmos de entrenamiento para redes profundas	126
Algoritmo gradiente descendente con momentum Nesterov	127
Algoritmo gradiente descendente tipo AdaGrad	127
Algoritmo gradiente descendente tipo RMSProp	128
Algoritmo gradiente descendente tipo AdaDelta	129
Algoritmo gradiente descendente tipo Adam	130
Arquitecturas de Deep Learning	130
Autocodificadores apilados	130
Redes neuronales convolucionales (Convolutional Neural Networks, CNN)	132
Redes recurrentes tipo Long Short Term Memory (LSTM)	132
Redes generativas profundas	134
Autocodificadores Variacionales (VAE)	134
Redes Generadoras Adversarias (GAN)	134
Aprendizaje por Refuerzo Profundo (Deep Reinforcement Learning, DRL)	136
Proyectos de aplicación	139
Aplicación a la clasificación del problema del Iris con una red profunda	139
Reconocimiento de caracteres mano escritos (MNIST data set) con una red profunda	140
Disminución de la dimensionalidad con un autocodificador para el data set MNIST	144
Reconocimiento de caracteres mano escritos (MNIST) con un autocodificador disperso	155
<i>Ejercicios propuestos</i>	159

5. Redes convolucionales

Introducción	163
Breve introducción al procesamiento de imágenes	163
¿Cómo ve un computador?	164
Inspiración biológica de una CNN	167
Funcionamiento de una red convolucional	167
Convolución	167
Zero-Padding	169
Convolución con imágenes a color	170
Función de activación	171
Pooling	172
Capa clasificadora	172
Otros procesos comunes en CNN	172
Arquitectura general de una CNN	177
Dimensionamiento de una red neuronal convolucional	177
Algunas arquitecturas de redes convolucionales representativas	179
LetNet-5	179
AlexNet	180
VGG16 net	180
Resnet	180
Inception	182
De Alexnet a Inception	182
Proyectos de aplicación	184
Uso de una red preentrenada en Matlab	184
Entrenamiento de una CNN para reconocimiento de caracteres mano escritos del data set MNIST	184
Entrenamiento de una CNN para reconocimiento de imágenes Data set CIFAR-10	186
Transfer Learning con Matlab	200
Deep Dream	204
<i>Ejercicios propuestos</i>	213
Bibliografía	217