

Contenido

Agradecimientos	V
Sobre los anglicismos incluidos	VII
Lista de algoritmos	XIII
Índice de figuras	XVII
Introducción	1
Material web	3
1. Introducción al aprendizaje automático	5
1.1. Sistemas inteligentes y paradigmas de aprendizaje	5
1.1.1. Aprendizaje supervisado	6
1.1.2. Aprendizaje no supervisado	7
1.2. Conjuntos de datos	8
1.2.1. Tipos de datos	8
1.2.2. Tipos de atributos	10
1.3. Representación de los datos	10
1.3.1. Vector de características	11
1.3.2. Vector de salida	12
1.3.3. Matriz de características	12
1.4. Visualización de datos	13
1.5. Vectores y matrices en MATLAB	13
1.5.1. Fundamentos de MATLAB	13
1.5.2. Scripts vs. funciones	15
1.5.3. Creación y manipulación de vectores y matrices	16
1.6. Operaciones con vectores y matrices	18
1.6.1. Multiplicación de un escalar por una matriz	18
1.6.2. Suma de matrices	18
1.6.3. Multiplicación de matrices	19
1.7. Gráficos en MATLAB	19
1.8. Preguntas teóricas	20
1.9. Ejercicios propuestos	22
1.10. Práctica en MATLAB	24
2. Evaluación de algoritmos de machine learning	31
2.1. Métricas para clasificación	31
2.1.1. Error de clasificación	31
2.1.2. Matriz de confusión	33
2.1.3. Métricas para clasificación binaria	34
2.2. Métricas para regresión	39
2.2.1. Error absoluto medio	40
2.2.2. Error cuadrático medio	41
2.2.3. Error porcentual absoluto medio	42
2.2.4. Coeficiente de determinación	42
2.2.5. Error máximo	43
2.3. Métricas para agrupamiento	43

2.3.1.	Métricas de validación interna	43
2.3.2.	Métricas de validación externa	48
2.4.	Validación de modelos	50
2.4.1.	Subajuste vs. sobreajuste	51
2.4.2.	Partición del conjunto de datos	53
2.4.3.	Técnicas de regularización	53
2.4.4.	Ajuste de hiperparámetros	54
2.4.5.	Técnicas de validación	54
2.5.	Preguntas teóricas	56
2.6.	Ejercicios propuestos	57
2.7.	Práctica en MATLAB	61
3.	Aprendizaje supervisado I	71
3.1.	Regresión lineal	71
3.1.1.	Coefficiente de correlación de Pearson	73
3.1.2.	Método de los mínimos cuadrados	75
3.1.3.	Regresión no lineal	80
3.2.	Regresión logística	81
3.2.1.	Estimación de parámetros	82
3.2.2.	Algoritmo de regresión logística	82
3.3.	k-vecinos más cercanos	85
3.3.1.	El algoritmo kNN	85
3.3.2.	Código en MATLAB	87
3.3.3.	Interpretación gráfica	87
3.3.4.	Diagrama de codo	88
3.4.	Máquinas de soporte vectorial	88
3.4.1.	Conjuntos de datos linealmente separables	89
3.4.2.	Slab y vectores de soporte	89
3.4.3.	Kernels	90
3.4.4.	La función de MATLAB para SVM	91
3.4.5.	Salida de una SVM	91
3.4.6.	Caso bidimensional	92
3.5.	Preguntas teóricas	92
3.6.	Ejercicios propuestos	95
3.7.	Práctica en MATLAB	98
4.	Aprendizaje supervisado II	111
4.1.	Naive Bayes	111
4.1.1.	Probabilidad conjunta y marginal	111
4.1.2.	Probabilidad condicional	114
4.1.3.	Teorema de Bayes	115
4.1.4.	Asunción <i>naive</i>	116
4.1.5.	Clasificador Naive Bayes	118
4.2.	Árboles de decisión	120
4.2.1.	Nodos y niveles de profundidad	121
4.2.2.	Ramificaciones	121
4.2.3.	Impureza de un nodo	123
4.2.4.	Función de costo CART	125
4.2.5.	Algoritmo de aprendizaje	126

4.2.6.	Salida del árbol de decisión	127
4.3.	Algoritmos ensamblados	128
4.3.1.	Gradient Boosting	130
4.3.2.	Random Forest	130
4.4.	Preguntas teóricas	132
4.5.	Ejercicios propuestos	134
4.6.	Práctica en MATLAB	136
5.	Aprendizaje no supervisado	139
5.1.	Algoritmo k-means	139
5.1.1.	Clustering	140
5.1.2.	Inicialización de centroides	141
5.1.3.	Medidas de distancia	142
5.1.4.	Criterios de parada	143
5.2.	Algoritmo DBSCAN	146
5.3.	Algoritmos jerárquicos	147
5.4.	Análisis de componentes principales	147
5.4.1.	Reducción de la dimensionalidad	148
5.4.2.	El método	148
5.4.3.	La función de MATLAB para PCA	149
5.4.4.	Proyecciones	150
5.4.5.	Conjunto de prueba con PCA	153
5.5.	Escalamiento de características	155
5.5.1.	Normalización	155
5.5.2.	Estandarización	156
5.6.	Curvas de aprendizaje	158
5.6.1.	Detectando overfitting	158
5.6.2.	Detectando underfitting	159
5.6.3.	Modelos good fit	159
5.6.4.	Decisiones con base en curvas de aprendizaje	160
5.7.	Preguntas teóricas	161
5.8.	Ejercicios propuestos	164
5.9.	Práctica en MATLAB	167
6.	Algoritmos pioneros	179
6.1.	Neurona de McCulloch-Pitts	179
6.1.1.	Neuronas biológicas	180
6.1.2.	Disparo de una neurona	180
6.1.3.	Neurona de McCulloch-Pitts	181
6.1.4.	Funciones de activación	182
6.1.5.	Con matrices de características	182
6.1.6.	Clasificador McCulloch-Pitts	182
6.2.	Perceptrón	184
6.2.1.	Neurona artificial para el perceptrón	185
6.2.2.	Suma en el perceptrón	185
6.2.3.	Salida del perceptrón	186
6.2.4.	Suma con matriz de características	186
6.2.5.	Representación gráfica	187
6.2.6.	Salida de un perceptrón	188

6.2.7.	El algoritmo del perceptrón	190
6.3.	Adaline	192
6.3.1.	Suma en el Adaline	193
6.3.2.	Función de activación	193
6.3.3.	Error del Adaline	194
6.3.4.	El algoritmo del Adaline	194
6.3.5.	Deducción de la regla delta	197
6.4.	Preguntas teóricas	200
6.5.	Ejercicios propuestos	202
6.6.	Práctica en MATLAB	205
7.	Redes neuronales	211
7.1.	Arquitectura de la red neuronal	211
7.2.	Propagación hacia adelante	212
7.2.1.	Notación matemática de los pesos	212
7.2.2.	Matrices de pesos	214
7.2.3.	Sumas en la capa oculta	214
7.2.4.	Función de activación	216
7.2.5.	Sumas y activaciones en la capa de salida	217
7.2.6.	Salida de la red neuronal	217
7.3.	Algoritmo de retropropagación	218
7.4.	Validación y test en redes neuronales	219
7.4.1.	Parámetros e hiperparámetros de las redes neuronales	220
7.4.2.	Partición del conjunto de datos	220
7.4.3.	Paso de validación	220
7.4.4.	Paso de test	221
7.5.	Red neuronal de MATLAB	221
7.5.1.	La aplicación	221
7.5.2.	Matriz binaria de clases	222
7.6.	Preguntas teóricas	223
7.7.	Ejercicios propuestos	226
7.8.	Práctica en MATLAB	228
	Respuestas a preguntas, ejercicios y prácticas	237
	Referencias	251

Lista de algoritmos

1.	<i>Mínimos cuadrados para regresión lineal múltiple</i>	78
2.	<i>Regresión logística</i>	83
3.	<i>k-vecinos más cercanos</i>	86
4.	<i>Árboles de decisión</i>	127
5.	<i>Random Forest</i>	131
6.	<i>k-means</i>	141
7.	<i>Perceptrón</i>	190
8.	<i>Adaline</i>	194