

SUMÁRIO



Capítulo 1	Introdução	1
1.1	Dados	2
1.2	Tarefas de Aprendizado	3
1.3	Aprendizado de Máquina e Indução de Modelos	5
1.4	Viés Indutivo	6
1.5	Estrutura do Livro	6
1.6	Exercícios	7
PARTE I	DADOS	9
Introdução		11
Capítulo 2	Análise	13
2.1	Caracterização de Dados	13
2.1.1	Categorizações	14
2.1.2	Alguns tipos específicos	16
2.2	Caracterização de Dados Estruturados	18
2.2.1	Tipo	18
2.2.2	Escala	19
2.3	Exploração de Dados	21
2.3.1	Dados Univariados	21
2.3.2	Dados Multivariados	27
2.4	Considerações Finais	30
2.5	Exercícios	30
Capítulo 3	Pré-processamento	33
3.1	Integração	33
3.2	Eliminação Manual de Atributos	34
3.3	Amostragem	35
3.4	Dados Desbalanceados	36
3.5	Limpeza	38
3.5.1	Dados Incompletos	38
3.5.2	Dados Inconsistentes	40

3.5.3	Dados Redundantes	40
3.5.4	Dados com Ruídos	42
3.6	Transformação	44
3.6.1	Conversão Simbólico-Numérico	45
3.6.2	Conversão Numérico-Simbólico	47
3.6.3	Transformação de Atributos Numéricos	47
3.7	Redução de Dimensionalidade	48
3.7.1	Agregação	49
3.7.2	Seleção de Atributos	49
3.7.3	Técnicas de Ordenação	51
3.7.4	Técnicas de Seleção de Subconjunto	51
3.8	Considerações Finais	53
3.9	Exercícios	53
 PARTE II MODELOS PREDITIVOS		55
 Introdução		57
 Capítulo 4 Métodos Baseados em Distâncias		61
4.1	Algoritmo 1-Vizinho Mais Próximo	62
4.1.1	Superfícies de Decisão	63
4.1.2	Distâncias	63
4.2	Algoritmo <i>k</i> -NN	64
4.3	Análise do Algoritmo	65
4.3.1	Aspectos Positivos	65
4.3.2	Aspectos Negativos	66
4.4	Desenvolvimentos	66
4.5	Raciocínio Baseado em Casos	68
4.5.1	Representação de Casos	68
4.5.2	Ciclo de Raciocínio Baseado em Casos	69
4.6	Considerações Finais	70
4.7	Exercícios	70
 Capítulo 5 Métodos Probabilísticos		73
5.1	Aprendizado Bayesiano	74
5.2	Classificador <i>Naive Bayes</i>	76
5.2.1	Detalhes de Implementação	77
5.2.2	Um Exemplo Ilustrativo	77
5.2.3	Análise do Algoritmo	79
5.2.4	Desenvolvimentos	80
5.3	Redes Bayesianas para Classificação	81
5.4	Regressão Logística	83
5.5	Considerações Finais	85
5.6	Exercícios	85
 Capítulo 6 Métodos Simbólicos		89
6.1	Árvores de Decisão e Regressão	89

6.2	Indução de Árvores de Decisão e Regressão	90
6.2.1	Regras de Divisão para Classificação	91
6.2.2	Regras de Divisão para Regressão	96
6.2.3	Valores Desconhecidos	96
6.3	Estratégias de Poda	97
6.3.1	Pré-poda	97
6.3.2	Pós-poda	98
6.4	Análise do Algoritmo	99
6.4.1	Aspectos Positivos	99
6.4.2	Aspectos Negativos	100
6.5	Regras de Decisão	101
6.5.1	Por que Regras de Decisão?	101
6.5.2	De Árvores de Decisão às Regras de Decisão	102
6.5.3	Algoritmo da Cobertura	103
6.6	Outros Modelos para Árvores de Previsão	107
6.6.1	Árvores de Modelos	107
6.6.2	Árvores de Opção	108
6.7	Considerações Finais	108
6.8	Exercícios	109
Capítulo 7 Métodos Conexionistas		113
7.1	Redes Neurais Artificiais	113
7.1.1	Sistema Nervoso	114
7.1.2	Componentes Básicos das RNAs	115
7.2	Redes Perceptron e Adaline	119
7.3	Perceptron Multicamadas	120
7.3.1	Algoritmo <i>Back-propagation</i>	121
7.3.2	Projeto da Arquitetura de uma RNA	124
7.4	Redes Profundas e Aprendizado Profundo	125
7.5	Redes Neurais Convolucionais	127
7.5.1	Arquitetura	127
7.5.2	Aplicações	128
7.5.3	Vantagens e Limitações	128
7.6	Redes Neurais Recorrentes	129
7.6.1	Arquitetura	129
7.6.2	Vantagens e Limitações	130
7.6.3	Variações	130
7.7	Transformadores	130
7.7.1	Arquitetura	130
7.7.2	Aplicações	131
7.7.3	Vantagens e Limitações	132
7.8	Redes Adversárias Generativas	132
7.8.1	Arquitetura	133
7.8.2	Aplicações	133
7.8.3	Vantagens e Limitações	134
7.9	Análise Geral das Redes Neurais Artificiais	134
7.9.1	Aspectos Positivos	135
7.9.2	Aspectos Negativos	135

7.10	Considerações Finais	135
7.11	Exercícios	136
Capítulo 8	Métodos de Maximização de Margens	139
8.1	Teoria de Aprendizado Estatístico	139
8.1.1	Considerações sobre a Escolha do Classificador	139
8.1.2	Limites no Risco Esperado	140
8.2	SVMs Lineares	142
8.2.1	SVMs com Margens Rígidas	142
8.2.2	SVMs com Margens Suaves	144
8.3	SVMs Não Lineares	146
8.4	SVMs em Problemas de Regressão	148
8.5	Análise do Algoritmo	150
8.5.1	Aspectos Positivos	150
8.5.2	Aspectos Negativos	151
8.6	Considerações Finais	151
8.7	Exercícios	151
Capítulo 9	Modelos Múltiplos Preditivos	153
9.1	Condições para Boas Combinações	153
9.2	Combinando Previsões de Classificadores	155
9.2.1	Métodos de Votação <i>versus</i> Métodos de Seriação	156
9.2.2	Métodos Dinâmicos <i>versus</i> Métodos Estáticos	157
9.3	Combinando Classificadores Homogêneos	159
9.3.1	Métodos Baseados em Amostragem dos Exemplos de Treinamento	159
9.3.2	Métodos Baseados na Amostragem do Conjunto de Atributos	163
9.3.3	Métodos Baseados na Injeção de Aleatoriedade	163
9.3.4	Métodos Baseados na Perturbação dos Exemplos de Teste	164
9.4	Combinando Classificadores Heterogêneos	164
9.4.1	Generalização em Pilha	164
9.4.2	Generalização em Cascata	166
9.4.3	Meta-Aprendizado	168
9.4.4	Sistemas Híbridos	169
9.5	Decomposição de Problemas Multiclasse	169
9.5.1	Fase de Decomposição	170
9.5.2	Fase de Reconstrução	171
9.6	Considerações Finais	171
9.7	Exercícios	172
Capítulo 10	Avaliação de Modelos Preditivos	175
10.1	Métricas de Erro	175
10.1.1	Métricas para Classificação	176
10.1.2	Métricas para Regressão	176
10.2	Amostragem	177
10.2.1	<i>Holdout</i> e Amostragem Aleatória	178
10.2.2	Validação Cruzada	178
10.2.3	<i>Bootstrap</i>	179
10.3	Outras Medidas de Desempenho	179

10.3.1	Medidas de Desempenho	180
10.3.2	Análise ROC	181
10.4	Testes de Hipóteses	183
10.4.1	Comparando Dois Modelos	184
10.4.2	Comparando Mais Modelos	185
10.4.3	Outros Testes	187
10.5	Decomposição Viés-Variância da Taxa de Erro	188
10.5.1	Definição de Viés e Variância	189
10.5.2	Medindo os Componentes Viés-Variância	190
10.6	Considerações Finais	190
10.7	Exercícios	191
 PARTE III MODELOS DESCRITIVOS		193
 Introdução		195
 Capítulo 11 Mineração de Padrões Frequentes		197
11.1	Mineração de Conjuntos de Itens Frequentes	197
11.1.1	Espaço de Busca	198
11.2	Algoritmo Apriori	199
11.2.1	Regras de Associação	200
11.2.2	Discussão	201
11.3	Algoritmo FP-growth	202
11.4	Sumarização de <i>Itemsets</i>	204
11.4.1	Heurísticas para Seleção de Regras de Associação	204
11.5	Considerações Finais	206
11.6	Exercícios	206
 Capítulo 12 Análise de Agrupamentos		207
12.1	Definições Básicas	208
12.2	Etapas da Análise de Agrupamento	211
12.2.1	Preparação dos Dados	212
12.2.2	Proximidade	213
12.2.3	Agrupamento	217
12.2.4	Validação	217
12.2.5	Interpretação	220
12.3	Considerações Finais	220
12.4	Exercícios	221
 Capítulo 13 Algoritmos de Agrupamento		225
13.1	Algoritmos Hierárquicos	226
13.2	Algoritmos Particionais Baseados em Erro Quadrático	229
13.3	Algoritmos Baseados em Densidade	230
13.4	Algoritmos Baseados em Grafo	231
13.5	Algoritmos Baseados em Redes Neurais	231
13.6	Algoritmos Baseados em <i>Grid</i>	232
13.7	Considerações Finais	232

13.8 Exercícios	233
Capítulo 14 Modelos Múltiplos Descritivos	237
14.1 Comitês de Agrupamentos	239
14.1.1 Geração dos Agrupamentos Iniciais	240
14.1.2 Determinação da Função Consenso	240
14.1.3 Exemplos detalhados de Comitês	243
14.2 Agrupamento com AEs Multiobjetivo	247
14.2.1 Técnicas Baseadas em AEs Multiobjetivo	249
14.3 Outras Técnicas	252
14.4 Considerações Finais	253
14.5 Exercícios	254
Capítulo 15 Avaliação de Modelos Descritivos	255
15.1 Critérios de Validação	256
15.2 Critérios Relativos	259
15.2.1 Índices Empregados em Critérios Relativos	260
15.2.2 Outras Abordagens de Validação Relativa	262
15.3 Critérios Internos	265
15.3.1 Estatística <i>Gap</i>	265
15.4 Critérios Externos	266
15.4.1 Índice Rand	268
15.4.2 Índice Jaccard	268
15.4.3 Índice de Fowlkes e Mallows	268
15.4.4 Índice Hubert normalizado	269
15.4.5 Índice Rand Corrigido	269
15.4.6 Índice Variação de Informação	269
15.4.7 Comparação dos Índices para Validação Externa	270
15.5 Considerações Finais	270
15.6 Exercícios	270
PARTE IV APLICAÇÕES	273
Introdução	275
Capítulo 16 Dados Dinâmicos	277
16.1 Desafios no Aprendizado em Fluxos Contínuos de Dados	277
16.2 Algoritmos Ilustrativos para Aprendizado em Fluxos de Dados	278
16.2.1 Algoritmo <i>Árvore de Decisão Muito Rápida</i>	278
16.2.2 Análise de Agrupamentos em Séries Temporais Contínuas	280
16.2.3 Redes Neurais	282
16.3 Avaliação de Algoritmos Preditivos de Fluxos de Dados	282
16.4 Detecção de Mudança	283
16.5 Considerações Finais	284

Capítulo 17	Grafos	287
17.1	Sistemas de Recomendação	289
17.2	Análise de Redes Sociais	290
17.3	Considerações Finais	292
Capítulo 18	Imagens	293
18.1	Representação de Imagens Digitais	293
18.2	Pré-Processamento e Tratamento de Imagens	294
18.2.1	Redimensionamento	294
18.2.2	Normalização	295
18.2.3	Ajuste de Contraste e Brilho	295
18.2.4	Remoção de Ruído	295
18.2.5	Aumento de Dados	295
18.2.6	Padronização de Formato e Canais de Cor	295
18.3	Tarefas no Processamento de Imagens	296
18.3.1	Classificação	296
18.3.2	Detecção de Objetos	296
18.3.3	Segmentação de Imagens	296
18.3.4	Geração de Imagens	297
18.3.5	Super-Resolução	297
18.3.6	Reconhecimento Facial	297
18.4	Avanços Recentes e Desafios	297
18.5	Aplicações em Diferentes Setores	298
18.6	Considerações Finais	298
Capítulo 19	Textos	299
19.1	Categorização de Textos	299
19.2	Coleta e Preparação do Texto	300
19.3	Representação Computacional	300
19.3.1	Representação Distribuída	301
19.4	Métodos de Classificação e Tipos de Problemas	302
19.5	Aprendizado <i>Online</i> e <i>Offline</i>	303
19.6	Aprendizado Profundo e Modelos de Linguagem	303
19.6.1	Redes de Transformadores e Modelos Pré-Treinados	303
19.6.2	<i>Embeddings</i> Contextuais	304
19.6.3	Redes Recorrentes e Variantes	304
19.6.4	Perspectivas Futuras	304
19.7	Considerações Finais	305
PARTE V		307
Tendências & Perspectivas		309
Referências Bibliográficas		317
Índice Alfabético		349