

Stuart
Russell
Peter
Norvig

Inteligência Artificial

Tradução da Terceira Edição

*Referência Completa para Cursos de Computação
Adotado em mais de 750 Universidades em 85 Países*

Tradução:

Regina Célia Simille de Macedo

Consultoria Editorial e Revisão Técnica:

Flávio Soares Corrêa da Silva, Dr.

Leliane Nunes de Barros, Dra.

Renata Wassermann, Dra.

10ª tiragem

ELSEVIER

Sumário

PARTE I Inteligência artificial

1. Introdução	3
1.1 O que é IA?	3
1.2 Os fundamentos da inteligência artificial	7
1.3 História da inteligência artificial	16
1.4 O estado da arte	26
1.5 Resumo	27
Notas bibliográficas e históricas	28
Exercícios	28
2. Agentes inteligentes	31
2.1 Agentes e ambientes	31
2.2 Bom comportamento: o conceito de racionalidade	33
2.3 A natureza dos ambientes	36
2.4 A estrutura de agentes	41
2.5 Resumo	51
Notas bibliográficas e históricas	52
Exercícios	53

PARTE II Resolução de problemas

3. Resolução de problemas por meio de busca	59
3.1 Agentes de resolução de problemas	59
3.2 Exemplos de problemas	63
3.3 Em busca de soluções	68
3.4 Estratégias de busca sem informação	73
3.5 Estratégia de busca informada (heurística)	82
3.6 Funções heurísticas	91
3.7 Resumo	95
Notas bibliográficas e históricas	96
Exercícios	99

4. Além da busca clássica	105
4.1 Algoritmos de busca local e problemas de otimização	105
4.2 Busca local em espaços contínuos	113
4.3 Busca com ações não determinísticas	115
4.4 Pesquisando com observações parciais	119
4.5 Agentes de busca on-line em ambientes desconhecidos	127
4.6 Resumo	132
Notas bibliográficas e históricas	133
Exercícios	136
5. Busca competitiva	139
5.1 Jogos	139
5.2 Decisões ótimas em jogos	141
5.3 Poda alfa-beta	144
5.4 Decisões imperfeitas em tempo real	147
5.5 Jogos estocásticos	152
5.6 Jogos parcialmente observáveis	155
5.7 Programas de jogos de última geração	159
5.8 Abordagens alternativas	162
5.9 Resumo	163
Notas bibliográficas e históricas	164
Exercícios	168
6. Problemas de satisfação de restrições	175
6.1 Definição de problemas de satisfação de restrições	175
6.2 Propagação de restrição: inferência em PSRs	180
6.3 Busca com retrocesso para PSRs	186
6.4 Busca local para PSRs	191
6.5 A estrutura de problemas	192
6.6 Resumo	196
Notas bibliográficas e históricas	196
Exercícios	199

PARTE III

Conhecimento, pensamento e planejamento

7. Agentes lógicos	205
7.1 Agentes baseados em conhecimento	206
7.2 O mundo de wumpus	207
7.3 Lógica	210
7.4 Lógica proposicional: uma lógica muito simples	213
7.5 Prova de teoremas proposicionais	218
7.6 Verificação de modelos proposicionais eficientes	227
7.7 Agentes baseados em lógica proposicional	231
7.8 Resumo	239
Notas bibliográficas e históricas	240
Exercícios	244

8. Lógica de primeira ordem	249
8.1 Uma revisão da representação	249
8.2 Sintaxe e semântica da lógica de primeira ordem	253
8.3 Utilização da lógica de primeira ordem	262
8.4 Engenharia de conhecimento em lógica de primeira ordem	268
8.5 Resumo	273
Notas bibliográficas e históricas	274
Exercícios	275
9. Inferência em lógica de primeira ordem	281
9.1 Inferência proposicional <i>versus</i> inferência de primeira ordem	281
9.2 Unificação e elevação	284
9.3 Encadeamento para a frente	288
9.4 Encadeamento para trás	295
9.5 Resolução	302
9.6 Resumo	312
Notas bibliográficas e históricas	313
Exercícios	315
10. Planejamento clássico	321
10.1 Definição do planejamento clássico	321
10.2 Algoritmos de planejamento como busca em espaço de estados.....	327
10.3 Grafos de planejamento	332
10.4 Outras abordagens clássicas de planejamento	339
10.5 Análise das abordagens de planejamento	343
10.6 Resumo	344
Notas bibliográficas e históricas	344
Exercícios	347
11. Planejamento e ação no mundo real	351
11.1 Tempo, escalonamentos e recursos	351
11.2 Planejamento hierárquico	355
11.3 Planejamento e ação em domínios não determinísticos	363
11.4 Planejamento multiagente	371
11.5 Resumo	375
Notas bibliográficas e históricas	376
Exercícios	379
12. Representação de conhecimento	381
12.1 Engenharia ontológica	381
12.2 Categorias e objetos	383
12.3 Eventos	389
12.4 Eventos mentais e objetos mentais	393
12.5 Sistemas de raciocínio para categorias	396
12.6 Raciocínio com informações default	400
12.7 O mundo de compras da internet	403
12.8 Resumo	408
Notas bibliográficas e históricas	408
Exercícios	412

PARTE IV

Conhecimento incerto e pensamento

13. Quantificando a incerteza	421
13.1 Como agir em meio à incerteza	421
13.2 Notação básica de probabilidade	424
13.3 Inferência com o uso de distribuições conjuntas totais	430
13.4 Independência	433
13.5 A regra de Bayes e seu uso	434
13.6 De volta ao mundo de wumpus	438
13.7 Resumo	441
Notas bibliográficas e históricas	441
Exercícios	443
14. Raciocínio probabilístico	447
14.1 Representação do conhecimento em um domínio incerto	447
14.2 A semântica das redes bayesianas	449
14.3 Representação eficiente de distribuições condicionais	453
14.4 Inferência exata em redes bayesianas	457
14.5 Inferência aproximada em redes bayesianas	464
14.6 Modelos de probabilidade relacional e de primeira ordem	472
14.7 Outras abordagens para raciocínio incerto	478
14.8 Resumo	482
Notas bibliográficas e históricas	483
Exercícios	488
15. Raciocínio probabilístico temporal	495
15.1 Tempo e incerteza	495
15.2 Inferência em modelos temporais	499
15.3 Modelos ocultos de Markov	506
15.4 Filtros de Kalman	511
15.5 Redes bayesianas dinâmicas	516
15.6 Manutenção e controle de muitos objetos	524
15.7 Resumo	527
Notas bibliográficas e históricas	527
Exercícios	529
16. Tomada de decisões simples	533
16.1 Combinação de crenças e desejos sob incerteza	533
16.2 A base da teoria da utilidade	534
16.3 Funções utilidade	537
16.4 Funções utilidade multiatributo	543
16.5 Redes de decisão	547
16.6 O valor da informação	549
16.7 Sistemas especialistas de teoria da decisão	553
16.8 Resumo	555
Notas bibliográficas e históricas	556
Exercícios	558

17. Tomada de decisões complexas	563
17.1 Problemas de decisão sequencial	563
17.2 Iteração de valor	569
17.3 Iteração de política	572
17.4 MDPs parcialmente observáveis	574
17.5 Decisões com vários agentes: teoria dos jogos	581
17.6 Projeto de mecanismos	592
17.7 Resumo	596
Notas bibliográficas e históricas	597
Exercícios	599
 PARTE V Aprendizagem 	
18. Aprendendo a partir de exemplos.....	605
18.1 Formas de aprendizagem	605
18.2 Aprendizagem supervisionada	607
18.3 Aprendizagem em árvores de decisão	609
18.4 Avaliação e escolha da melhor hipótese	617
18.5 Teoria da aprendizagem	622
18.6 Regressão e classificação com modelos lineares	626
18.7 Redes neurais artificiais	634
18.8 Modelos não paramétricos	643
18.9 Máquinas de vetores de suporte	648
18.10 Aprendizagem por agrupamento	652
18.11 Aprendizagem de máquina na prática	656
18.12 Resumo	659
Notas bibliográficas e históricas	660
Exercícios	664
19. Conhecimento em aprendizagem	669
19.1 Uma formulação lógica da aprendizagem	669
19.2 Conhecimento em aprendizagem	677
19.3 Aprendizagem baseada na explanação	679
19.4 Aprendizagem com o uso de informações de relevância	683
19.5 Programação em lógica indutiva	686
19.6 Resumo	694
Notas bibliográficas e históricas	695
Exercícios	697
20. Aprendizagem de modelos probabilísticos	699
20.1 Aprendizagem estatística	699
20.2 Aprendizagem com dados completos	702
20.3 Aprendizagem com variáveis ocultas: o algoritmo EM	711
20.4 Resumo	718
Notas bibliográficas e históricas	719
Exercícios	721

21. Aprendizagem por reforço	723
21.1 Introdução	723
21.2 Aprendizagem por reforço passiva	724
21.3 Aprendizagem por reforço ativa	730
21.4 Generalização da aprendizagem por reforço	735
21.5 Busca de políticas	738
21.6 Aplicações de aprendizagem por reforço	740
21.7 Resumo	742
Notas bibliográficas e históricas	742
Exercícios	746

PARTE VI

Comunicação, percepção e ação

22. Processamento de linguagem natural.....	751
22.1 Modelos de linguagem	751
22.2 Classificação de texto	755
22.3 Recuperação de informação	757
22.4 Extração de informação	762
22.5 Resumo	770
Notas bibliográficas e históricas	771
Exercícios	773
23. Linguagem natural para comunicação.....	775
23.1 Gramática com estrutura frasal	775
23.2 Análise sintática	777
23.3 Gramáticas aumentadas e interpretação semântica	782
23.4 Tradução automática	790
23.5 Reconhecimento de voz	795
23.6 Resumo	800
Notas bibliográficas e históricas	801
Exercícios	804
24. Percepção.....	809
24.1 Formação de imagens	810
24.2 Operações iniciais de processamento de imagens	815
24.3 Reconhecimento de objeto por aparência	821
24.4 Reconstrução do mundo em 3-D	825
24.5 Reconhecimento de objetos a partir de informação estrutural	833
24.6 Utilização da visão	837
24.7 Resumo	840
Notas bibliográficas e históricas	840
Exercícios	843
25. Robótica.....	845
25.1 Introdução	845
25.2 Hardware de robôs	847
25.3 Percepção robótica	851

25.4 Planejamento do movimento	858
25.5 Planejamento de movimentos incertos	864
25.6 Movimento	867
25.7 Arquiteturas de software para robótica	872
25.8 Domínios de aplicação	875
25.9 Resumo	878
Notas bibliográficas e históricas	879
Exercícios	881

PARTE VII

Conclusão

26. Fundamentos filosóficos.....	889
26.1 IA fraca: as máquinas podem agir com inteligência?	889
26.2 IA forte: as máquinas podem realmente pensar?	894
26.3 A ética e os riscos de desenvolver a inteligência artificial	900
26.4 Resumo	906
Notas bibliográficas e históricas	906
Exercícios	908
27. IA, presente e futuro	909
27.1 Componentes de agentes	909
27.2 Arquiteturas de agentes	912
27.3 Estamos indo na direção correta?	913
27.4 E se a IA tiver sucesso?	915
A. Fundamentos matemáticos	917
A.1 Análise de complexidade e notação $o()$	917
A.2 Vetores, matrizes e álgebra linear	919
A.3 Distribuições de probabilidade	921
Notas bibliográficas e históricas	923
B. Notas sobre linguagens e algoritmos	925
B.1 Definição de linguagens com a forma de Backus–Naur (BNF)	925
B.2 Descrição de algoritmos com pseudocódigo	926
B.3 Ajuda on-line	927
Bibliografia	929
Índice.....	957