

elaine rich, kevin knight

intelligenza artificiale
seconda edizione

McGraw-Hill Libri Italia srl

Milano • New York • St. Louis • San Francisco • Oklahoma City • Auckland
Bogor • Caracas • Frankfurt • Hong Kong • London • Madrid • Mexico • New Delhi
Osaka • San Juan • São Paulo • Singapore • Sydney • Taipei • Toronto

Prefazione xiii

Parte Prima Problemi e Ricerca

Capitolo 1	Che cos'è l'intelligenza artificiale 3
1.1	I problemi dell'IA 3
1.2	L'ipotesi di base 6
1.3	Cos'è una tecnica di IA? 8
1.3.1	Il gioco del filetto 9
1.3.2	Risposta a domande 14
1.3.3	Conclusioni 23
1.4	Il livello del modello 23
1.5	Criteri di successo 25
1.6	Riferimenti bibliografici generali 27
1.7	Conclusioni 28
1.8	Esercizi 29
Capitolo 2	Problemi, spazi di problema, ricerca 31
2.1	Definizione del problema come ricerca nello spazio degli stati 31
2.2	Sistemi di produzioni 37
2.2.1	Strategie di controllo 39
2.2.2	Ricerca euristica 43
2.3	Caratteristiche del problema 46
2.3.1	Il problema è scomponibile? 48
2.3.2	Si possono ignorare o annullare dei passi? 49
2.3.3	L'universo è prevedibile? 51
2.3.4	Una buona soluzione è assoluta o relativa? 53
2.3.5	La soluzione è uno stato o un cammino? 55
2.3.6	Qual è il ruolo della conoscenza? 56
2.3.7	È necessario interagire con una persona? 56

2.3.8	Classificazione dei problemi	57
2.4	Caratteristiche dei sistemi di produzioni	58
2.5	Aspetti del progetto di programmi di ricerca	60
2.6	Altri problemi	63
2.7	Conclusioni	65
2.8	Esercizi	65

Capitolo 3	Tecniche di ricerca euristica	67
3.1	Generazione e verifica	68
3.2	Ricerca in salita	69
3.2.1	Ricerca in salita: versione semplice	70
3.2.2	Ricerca in salita: salita più ripida	71
3.2.3	Simulated annealing	75
3.3	Ricerca lungo il cammino migliore	77
3.3.1	Grafi OR	77
3.3.2	L'algoritmo A*	81
3.3.3	Agende	85
3.4	Riduzione del problema	88
3.4.1	Grafi AND-OR	88
3.4.2	L'algoritmo AO*	93
3.5	Soddisfacimento di vincoli	96
3.6	Analisi mezzi-fini	101
3.7	Conclusioni	105
3.8	Esercizi	105

Parte Seconda

Rappresentazione della conoscenza

Capitolo 4	La rappresentazione della conoscenza	113
4.1	Rappresentazioni e associazioni	113
4.2	Approcci alla rappresentazione della conoscenza	117
4.3	Aspetti della rappresentazione della conoscenza	123
4.3.1	Attributi importanti	124
4.3.2	Relazioni tra attributi	124
4.3.3	Scelta della granularità di rappresentazione	126
4.3.4	La rappresentazione di insiemi di oggetti	131
4.3.5	Come trovare le strutture corrette necessarie	132
4.4	Il problema del contorno	136
4.5	Conclusioni	138

Capitolo 5	L'uso della logica dei predicati	139
5.1	Rappresentazione logica di semplici fatti	140
5.2	Descrivere le relazioni esemplare-di e isa	146
5.3	Funzioni e predicati calcolabili	148
5.4	Risoluzione	154
5.4.1	Trasformazione in forma a clausole	154
5.4.2	Le basi della risoluzione	158

5.4.3	Risoluzione in logica proposizionale	159
5.4.4	L'algoritmo di unificazione	161
5.4.5	Risoluzione in logica dei predicati	163
5.4.6	La necessità di tentare varie sostituzioni	171
5.4.7	Risposta a domande	171
5.5	La deduzione naturale	173
5.6	Conclusioni	175
5.7	Esercizi	176
Capitolo 6	La rappresentazione della conoscenza mediante regole	181
6.1	Conoscenza procedurale e dichiarativa	181
6.2	Programmazione logica	183
6.3	Ragionamento in avanti e all'indietro	187
6.3.1	Sistemi di regole all'indietro	192
6.3.2	Sistemi di regole in avanti	192
6.3.3	Combinazione di ragionamento in avanti e all'indietro	192
6.4	Matching	193
6.4.1	Uso di indici	193
6.4.2	Matching con variabili	195
6.4.3	Matching complesso e approssimato	196
6.4.4	Risoluzione del conflitto	198
6.5	Conoscenza di controllo	200
6.6	Conclusioni	203
6.7	Esercizi	204
Capitolo 7	Ragionamento simbolico sotto incertezza	205
7.1	Introduzione al ragionamento non monotono	205
7.2	Logiche per il ragionamento non monotono	209
7.2.1	Ragionamento per default	211
7.2.2	Ragionamento minimalista	216
7.3	Aspetti realizzativi	219
7.4	Estendere un risolutore di problemi	220
7.5	Questioni realizzative: ricerca in profondità	223
7.5.1	Backtracking diretto dalla dipendenza	223
7.5.2	Sistemi per il mantenimento della verità basati sulle giustificazioni	225
7.5.3	Sistemi per il mantenimento della verità basati sulla logica	233
7.6	Questioni realizzative: ricerca in ampiezza	234
7.7	Conclusioni	238
7.8	Esercizi	239
Capitolo 8	Ragionamento statistico	243
8.1	La probabilità e il teorema di Bayes	243
8.2	Fattori di certezza e sistemi basati su regole	245
8.3	Reti bayesiane	252
8.4	La teoria di Dempster-Shafer	254
8.5	Logica fuzzy	258

- 8.6 Sommario 259
- 8.7 Esercizi 261

Capitolo 9 Strutture a caselle deboli 263

- 9.1 Reti semantiche 264
 - 9.1.1 Ricerca dell'intersezione 264
 - 9.1.2 Rappresentazione di predicati non binari 265
 - 9.1.3 Alcune importanti distinzioni 266
 - 9.1.4 Reti semantiche partizionate 268
 - 9.1.5 L'evoluzione verso i frame 269
- 9.2 Frame 270
 - 9.2.1 Frame come insiemi ed esemplari 270
 - 9.2.2 Altri modi per esprimere relazioni tra classi 275
 - 9.2.3 Caselle come oggetti di prima categoria 277
 - 9.2.4 Valori delle caselle come oggetti 282
 - 9.2.5 L'eredità rivisitata 283
 - 9.2.6 Linguaggi a frame 287
- 9.3 Esercizi 288

Capitolo 10 Strutture a caselle forti 289

- 10.1 La dipendenza concettuale 289
- 10.2 Script 297
- 10.3 CYC 301
 - 10.3.1 Motivazioni 301
 - 10.3.2 CYCL 302
 - 10.3.3 Meta-conoscenza e conoscenza di controllo 304
 - 10.3.4 Ontologia globale 305
 - 10.3.5 Strumenti 307
- 10.4 Esercizi 307

Capitolo 11 Rappresentazione della conoscenza: riepilogo 309

- 11.1 La gamma di rappresentazione: sintassi e semantica 309
- 11.2 La logica e le strutture a caselle 311
- 11.3 Altre tecniche di rappresentazione 313
 - 11.3.1 Rappresentazione della conoscenza mediante vincoli 313
 - 11.3.2 Modelli e ragionamento basato sui modelli 314
 - 11.3.3 Sistemi subsimbolici 314
- 11.4 Conclusioni sul ruolo della conoscenza 315
- 11.5 Esercizi 316

**Parte Terza
Temi avanzati****Capitolo 12 Giochi 321**

- 12.1 Introduzione 321
- 12.2 La procedura di ricerca minimax 324

- 12.3 L'aggiunta di tagli alfa-beta 328
- 12.4 Ulteriori raffinamenti 334
 - 12.4.1 Attesa della quiescenza 335
 - 12.4.2 Ricerca secondaria 336
 - 12.4.3 Uso del libro delle mosse 336
 - 12.4.4 Alternative a minimax 336
- 12.5 Approfondimento iterativo 337
- 12.6 Riferimenti a giochi specifici 340
- 12.7 Esercizi 342

Capitolo 13 Pianificazione 345

- 13.1 Introduzione 345
- 13.2 Un esempio: il mondo dei blocchi 348
- 13.3 Componenti di un sistema di pianificazione 349
- 13.4 Pianificazione con pila di obiettivi 356
- 13.5 Pianificazione non lineare mediante affissione dei vincoli 364
- 13.6 Pianificazione gerarchica 373
- 13.7 Sistemi reattivi 374
- 13.8 Altre tecniche di pianificazione 375
- 13.9 Esercizi 375

Capitolo 14 Comprensione 379

- 14.1 Che cos'è la comprensione 379
- 14.2 Perché la comprensione è difficile 380
- 14.3 La comprensione come soddisfacimento di vincoli 388
- 14.4 Conclusioni 397
- 14.5 Esercizi 397

Capitolo 15 Elaborazione del linguaggio naturale 399

- 15.1 Introduzione 401
 - 15.1.1 I passi del procedimento 402
- 15.2 Elaborazione sintattica 408
 - 15.2.1 Grammatiche ed analizzatori 409
 - 15.2.2 Reti di transizione estese 414
 - 15.2.3 Grammatiche a unificazione 418
- 15.3 L'analisi semantica 421
 - 15.3.1 Le grammatiche semantiche 424
 - 15.3.2 Le grammatiche a casi 427
 - 15.3.3 L'analisi concettuale 430
 - 15.3.4 L'interpretazione semantica quasi composizionale 433
- 15.4 Elaborazione del discorso ed elaborazione pragmatica 439
 - 15.4.1 Come utilizzare il nocciolo del discorso 441
 - 15.4.2 La descrizione delle credenze 442
 - 15.4.3 L'uso di obiettivi e piani nella comprensione 445
 - 15.4.4 Azioni parlate 446
 - 15.4.5 Postulati della conversazione 447
- 15.5 Conclusioni 449

15.6 Esercizi 451

Capitolo 16 IA parallela e distribuita 455

- 16.1 Modelli psicologici 455
- 16.2 Il parallelismo nei sistemi di ragionamento 456
 - 16.2.1 Come rendere parallele le architetture di IA 456
 - 16.2.2 Come rendere paralleli i linguaggi di IA 457
 - 16.2.3 Come rendere paralleli gli algoritmi di IA 459
 - 16.2.4 Hardware parallelo specializzato 459
- 16.3 Sistemi di ragionamento distribuito 459
 - 16.3.1 Coordinazione e cooperazione 461
 - 16.3.2 Comunicazione: lavagne e messaggi 465
 - 16.3.3 Algoritmi per il ragionamento distribuito 471
- 16.4 Conclusioni 472
- 16.5 Esercizi 472

Capitolo 17 Apprendimento 475

- 17.1 Che cos'è l'apprendimento 475
- 17.2 L'apprendimento meccanico 477
- 17.3 L'apprendimento mediante consigli 479
- 17.4 L'apprendimento nella soluzione di problemi 481
 - 17.4.1 L'apprendimento mediante retifica dei parametri 481
 - 17.4.2 L'apprendimento mediante macro operatori 482
 - 17.4.3 L'apprendimento mediante pezzi 485
 - 17.4.4 Il problema dell'utilità 486
- 17.5 L'apprendimento dagli esempi: induzione 487
 - 17.5.1 Il programma di apprendimento di Winston 488
 - 17.5.2 Gli spazi delle versioni 492
 - 17.5.3 Alberi di decisione 500
- 17.6 L'apprendimento basato sulle spiegazioni 502
- 17.7 La scoperta 506
 - 17.7.1 AM: scoperta guidata dalla teoria 506
 - 17.7.2 Bacon: la scoperta guidata dai dati 509
 - 17.7.3 Clustering 510
- 17.8 Analogia 511
 - 17.8.1 Analogia per trasformazione 511
 - 17.8.2 Analogia per derivazione 513
- 17.9 Teoria formale dell'apprendimento 514
- 17.10 Apprendimento con reti neurali ed apprendimento genetico 515
- 17.11 Conclusioni 515
- 17.12 Esercizi 516

Capitolo 18 Modelli connessionisti 519

- 18.1 Introduzione: reti di Hopfield 521
- 18.2 L'apprendimento nelle reti neurali 524
 - 18.2.1 I perceptroni 524
 - 18.2.2 Reti di propagazione all'indietro 533

18.2.3	Generalizzazione	540
18.2.4	Macchine di Boltzmann	542
18.2.5	Apprendimento con rinforzo	543
18.2.6	Apprendimento senza supervisione	544
18.3	Applicazioni delle reti neurali	547
18.3.1	Riconoscimento connessionista del parlato	547
18.3.2	Visione connessionista	549
18.3.3	Problemi combinatori	549
18.3.4	Altre applicazioni	551
18.4	Reti ricorrenti	551
18.5	Rappresentazioni distribuite	553
18.6	IA connessionista ed IA simbolica	557
18.7	Esercizi	559
Capitolo 19	Senso comune	563
19.1	La fisica qualitativa	564
19.1.1	La rappresentazione di informazione qualitativa	565
19.1.2	Ragionare con l'informazione qualitativa	566
19.2	Ontologie di senso comune	567
19.2.1	Tempo	567
19.2.2	Spazio	570
19.2.3	Materiali	572
19.3	Organizzazione della memoria	576
19.4	Ragionamento basato sui casi	578
19.5	Esercizi	580
Capitolo 20	Sistemi esperti	583
20.1	Rappresentazione ed uso della conoscenza sul dominio	583
20.2	Gusci di sistemi esperti	586
20.3	Spiegazione	586
20.4	L'acquisizione della conoscenza	589
20.5	Conclusioni	592
20.6	Esercizi	594
Capitolo 21	Percezione ed azione	595
21.1	Ricerca in tempo reale	597
21.2	Percezione	599
21.2.1	Visione	599
21.2.2	Riconoscimento del parlato	602
21.3	Azione	606
21.3.1	Mobilità	606
21.3.2	Manipolazione	608
21.4	Architetture di robot	611
21.5	Conclusioni	613
21.6	Esercizi	614

Capitolo 22	Conclusioni 617
22.1	I componenti di un programma di IA 617
22.2	Esercizi 618

Bibliografia 621

Indice analitico 643
