

Roberto Marmo

Algoritmi per l'intelligenza artificiale

Progettazione,
Machine Learning,
Neural Network,
Deep Learning,
ChatGPT, Python

SECONDA EDIZIONE

HOEPLI



ROBERTO MARMO

Algoritmi per l'intelligenza artificiale

Progettazione, Machine Learning,
Neural Network, Deep Learning,
ChatGPT, Python

SECONDA EDIZIONE



EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO

SOMMARIO

Introduzione	XIX
L'autore	XXV
Ringraziamenti	XXVII

CAPITOLO 1

Intelligenza artificiale e umana **1**

Che cos'è l'intelligenza	1
Differenze tra intelligenza e intelligence	4
Dall'intelligenza umana a quella artificiale	5
Definire l'intelligenza artificiale	6
Confronti tra intelligenza umana e artificiale	8
Intelligenza generativa	9
Intelligenza aumentata	9
Cognitive computing	9
Soft computing	10
Il test di Turing	10
Timori e problematiche	12
Cenni storici	13
Oltre l'hype	18
Rapporti con altre tecnologie	18
Big data	18
Cibernetica	19
Cloud computing	19
Data mining	20
IoT	20
Robotica	21

Figure professionali	21
Mapa mentale per riepilogare	22
Rassegna di applicazioni	22
Ulteriori letture consigliate	23
Qualcosa di simpatico	25
Prompt per ChatGPT	26
Riferimenti bibliografici	26
Note	29

CAPITOLO 2

Framework normativi 33

Tematiche legali	33
LegalTech	35
Interventi dell'Unione Europea	35
Norme ISO	37
Prompt per ChatGPT	38
Bibliografia	38
Note	39

CAPITOLO 3

Progettazione dell'algoritmo 41

Alcune domande iniziali	41
Percorso di sviluppo	43
Definizione del problema	45
Analisi dati input e output	49
Categoria della soluzione	49
Scelta del paradigma	51
Adeguare input e output	55
Scrittura software	55
Ottimizzare parametri	55
Messa in esercizio	55
Errore in esercizio	55
AI driven enterprise	56
Rasoio di Ockham	57
Problematiche di scalabilità	57
Scrivere la documentazione	57
Scrivere un PoC	58
Consigli per comunicare	59
Ulteriori letture consigliate	60

Prompt per ChatGPT	60
Riferimenti bibliografici	61
Note	62

CAPITOLO 4

Agente intelligente 63

Che cos'è un agente	63
Struttura dell'agente	64
Metodologia di creazione	65
Agente con riflessi semplici	66
Agente con riflessi e stato	67
Agente basato su obiettivi	68
Agente basato su utilità	68
Agente che apprende	68
Prompt per ChatGPT	69

CAPITOLO 5

Evolutionary algorithm 71

Idea di fondo	71
Meccanismo di funzionamento	71
Inizializzazione	72
Valutazione	73
Selezione	73
Riproduzione	73
Sostituzione	73
Genetic algorithm	74
Algoritmo di creazione	75
Inizializzazione	76
Valutazione	76
Selezione	77
Riproduzione	79
Sostituzione	80
Esempi	80
Selezione	80
Codice Gray	81
Ottimizzazione	81
Trading	82
Rapporti con altri modelli	82
Controllo fuzzy	82

Neural network	83
Libreria DEAP	83
Funzionamento sul browser	87
Altri approcci evolutivi	87
Ulteriori letture consigliate	88
Prompt per ChatGPT	89
Riferimenti bibliografici	89
Note	91

CAPITOLO 6

Expert system 93

Idea di fondo	93
Meccanismo di funzionamento	93
Rappresentazione della conoscenza	94
Motore di inferenza	95
Logica proposizionale	95
Approccio probabilistico	97
Bayesian network	97
Fuzzy logic	98
Algoritmo di creazione	99
Trasparenza del funzionamento	99
Difficoltà nella creazione	100
Ruolo dell'interfaccia utente	100
Tipologie di applicazioni	101
Libreria Experta	101
Ulteriori letture consigliate	106
Prompt per ChatGPT	106
Riferimenti bibliografici	106
Note	107

CAPITOLO 7

Fuzzy logic 109

Idea di fondo	109
Meccanismo di funzionamento	109
Insieme fuzzy	110
Variabile linguistica	112
Proprietà degli insiemi fuzzy	113
Operazioni sugli insiemi fuzzy	114

Regole fuzzy	115
Inferenza fuzzy	115
Creazione del sistema fuzzy	118
Svantaggi della fuzzy logic	119
Fuzzy logic e probabilità	119
Trasparenza del ragionamento fuzzy	119
Rapporti con altri modelli	120
Neural network	120
Sistemi esperti	120
Tipologie di applicazioni	120
Sistema di controllo fuzzy	121
Fuzzy clustering	123
Libreria Scikit-fuzzy	127
Fuzzy c-means clustering	127
Sistema di decisione fuzzy	131
Altri esempi	133
Ulteriori letture consigliate	133
Prompt per ChatGPT	134
Riferimenti bibliografici	134
Note	136

CAPITOLO 8

Machine learning 137

Idea di fondo	137
Meccanismo di funzionamento	137
Vantaggi e svantaggi	138
Differenza rispetto ad altri approcci	139
Programmazione esplicita	139
Data mining	140
Data science	141
Statistica	141
Intelligenza artificiale	142
Deep learning	142
Categorie di soluzioni	143
Classificazione	143
Clustering	145
Regressione	145
Trovare anomalie	145
Forme di apprendimento	145
Supervised learning	145

Unsupervised learning	149
Semi-supervised	149
Reinforcement	149
Transfer	149
Canvas	150
Fogli di riepilogo	151
Algoritmo di creazione	151
Definizione del problema	152
Pre-elaborazione dati, estrazione feature	152
Scelta del modello e del learning	152
Scrittura software	153
Training e test del modello	153
Errore ammissibile	154
Messa in esercizio	154
Errore in esercizio	154
Un semplice esempio	156
Ensemble machine learning	156
Machine learning pipeline	159
Machine learning con API	160
Machine learning distribuito	161
Machine learning su larga scala	162
Machine learning nel browser	162
Consigli operativi	163
Prompt per ChatGPT	164
Riferimenti bibliografici	165
Note	166

CAPITOLO 9

Pre-elaborazione dei dati 167

Preparare il giusto input	167
Formato dei file	168
Formati numerici	169
Dataset	172
Raccolte online	172
Creazione	173
Aggiungere altri dati	174
Verificare il bilanciamento del dataset	176
Dataset famosi	177
Esplorazione preliminare	178
Verificare la fonte	178

Verificare il formato del file	178
Visualizzare i dati	179
Formato dei dati	179
Ordine di grandezza	180
Valori minimo, massimo, media	180
Dati mancanti	180
Esplorare i dati	181
Altri strumenti utili	186
Selezione delle feature	186
Trasformare date in numeri	188
Trasformare stringhe in numeri	189
Codice ASCII	189
Stringhe	189
Elenco di opzioni	191
Testo	191
Altre trasformazioni numeriche	193
Combinare in grande input	193
Discretizzazione	193
Binarizzazione	194
Trasformazione generica	195
Gestire valori anomali	195
Ridimensionamento delle feature	197
Standard Scaler	197
MinMaxScaler	198
MaxAbsScaler	199
RobustScaler	199
Normalizzazione	200
Riduzione della quantità di feature	203
PCA	203
LDA	205
Algoritmo di pre-elaborazione	207
Ulteriori letture consigliate	207
Prompt per ChatGPT	207
Riferimenti bibliografici	207
Note	209

CAPITOLO 10

Valutazione del modello 211

Idea di fondo	211
Importanza della valutazione	211

Quando fare la valutazione	212
Definire gli obiettivi	212
Scelta dei dati da provare	213
Scelta delle metriche da usare	213
Confrontare vari modelli	214
Valutare la classificazione	214
Accuratezza	214
Log-Loss	215
Confusion matrix	216
Curva ROC	223
Valutare il clustering	227
Adjusted Rand index	227
Mutual Information based scores	228
Homogeneity, completeness e V-measure	229
Valutare la regressione	229
MAE	230
MSE	230
RMSE	231
R ²	231
Analisi critica dei risultati	232
Scrittura del rapporto	233
Algoritmo per valutare	233
Ulteriori letture consigliate	234
Prompt per ChatGPT	234
Riferimenti bibliografici	234
Note	235

CAPITOLO 11

k-Nearest Neighbors **237**

Idea di fondo	237
Meccanismo di funzionamento	237
Libreria Scikit-learn	239
Ulteriori letture consigliate	243
Prompt per ChatGPT	243
Riferimenti bibliografici	243
Note	244

CAPITOLO 12**Linear regression****245**

Idea di fondo	245
Meccanismo di funzionamento	245
Libreria Scikit-learn	246
Note	250

CAPITOLO 13**Logistic regression****251**

Idea di fondo	251
Meccanismo di funzionamento	251
Libreria Scikit-learn	253
Classificatore binario	253
Classificatore multi-classe	254
Note	255

CAPITOLO 14**Support Vector Machine****257**

Idea di fondo	257
Meccanismo di funzionamento	257
SVM lineare	257
SVM non lineare	259
SVM con molte classi	260
Classi sbilanciate	260
Una sola classe	260
Support Vector Regression	261
Algoritmo di creazione	261
Vantaggi e svantaggi	262
Rapporti con neural network	262
Libreria Scikit-learn	263
Grafico dei vettori di supporto	263
Multi-classificazione	264
Classi sbilanciate	267
Con cross validation	268
Regressione	268
Trovare outlier	270
Ulteriori letture consigliate	271

Prompt per ChatGPT	271
Riferimenti bibliografici	271
Note	272

CAPITOLO 15

Decision tree **273**

Idea di fondo	273
Meccanismo di funzionamento	273
Foreste di alberi	276
Libreria Scikit-learn	276
Classificazione	276
Regressione	279
Random Forest	280
Ulteriori letture consigliate	282
Prompt per ChatGPT	282
Riferimenti bibliografici	282
Note	284

CAPITOLO 16

Bayes e naive Bayes **285**

Idea di fondo	285
Meccanismo di funzionamento	285
Teorema di Bayes	286
Alcuni esempi	287
Classificazione	288
Naive Bayes	288
Bayesian network	289
Librerie Scikit-learn e Pgmpy	292
Naive Bayes	292
Bayesian network	293
Ulteriori letture consigliate	295
Prompt per ChatGPT	295
Riferimenti bibliografici	295
Note	297

CAPITOLO 17**Neural network****299**

Idea di fondo	299
Neurone biologico e matematico	299
Funzione a gradino	301
Funzione lineare	301
Funzione logistica	301
Funzione ReLU	302
Funzione softmax	302
Neural network	302
Vantaggi e svantaggi	303
Differenza rispetto ad altri approcci	304
Training	304
Perceptron	304
Libreria Scikit-learn	305
Multi Layer Perceptron	307
Funzione di errore	309
Discesa del gradiente	310
Algoritmo back propagation	311
Evitare overfitting	312
MLP auto-associativa	313
Radial Basis Function	313
Algoritmo di creazione	314
Visualizzare i pesi	316
Libreria Scikit-learn	316
Libreria Keras	321
Self Organized Map	323
Unsupervised training	324
Visualizzare la SOM	326
Algoritmo di creazione	327
Codice	327
Recurrent Neural Network	331
Codice	333
Altri modelli	334
Hopfield	335
Boltzmann	335
Risonanza adattiva ART	336
Algoritmo per la creazione	336
Neural network nel browser	337
Ulteriori letture consigliate	337

Prompt per ChatGPT	338
Riferimenti bibliografici	338
Note	340

CAPITOLO 18

Deep Neural Network **343**

Deep learning	343
Tensore	343
Framework e librerie	344
TensorFlow	344
Keras	348
CAFFE	349
Pytorch	349
Convolutional Neural Network	349
Idea di fondo	349
Meccanismo di funzionamento	350
Vantaggi e svantaggi	354
Differenza rispetto ad altri approcci	356
Uso come estrattore di feature	356
Modalità di training	356
Transfer training	357
Rassegna di modelli	358
Algoritmo di creazione	359
Libreria Keras	359
GAN	368
Deep learning nel browser	370
Ulteriori letture consigliate	371
Riferimenti bibliografici	372
Note	374

CAPITOLO 19

Reinforcement learning **377**

Idea di fondo	377
Meccanismo di funzionamento	377
Algoritmo di creazione	381
Codice	381
Ulteriori letture consigliate	386
Prompt per ChatGPT	386

Riferimenti bibliografici	387
Note	388

CAPITOLO 20

Artificial vision **389**

Idea di fondo	389
Principali librerie	390
Keras	390
OpenCV	390
VGGNet	391
Yolo	392
Prompt per ChatGPT	393
Bibliografia	393
Note	394

CAPITOLO 21

Time Series Analysis **395**

Idea di fondo	395
Prophet	396
Esempio sales forecast	397
L'autore	397
Scenario	398
Approccio al problema	399
Codice	399
Prompt per ChatGPT	404
Bibliografia	405
Note	406

CAPITOLO 22

OpenAI API **407**

Idea di fondo	407
Esempi di chiamate API	407
LangChain	412
Prompt per ChatGPT	412
Note	414

Indice analitico

- accuracy; 216
- Accuratezza; 211
- activation function; 296
- agente; 60
- AI driven enterprise; 54
- AI mindset; 159
- AI Washing; 18
- Alan Turing; 10; 13
- albero; 270
- albero di decisione; 271
- algoritmi genetici; 50; 72
- algoritmo; 39
- Aliasker Zadeh; 10
- allele; 72
- ambiente; 69
- anomalie; 141
- API; 156; 401
- apprendimento; 47
- apprendimento automatico; 51; 133
- apprendimento competitivo; 321
- apprendimento con rinforzo; 145; 371
- apprendimento con trasferimento; 145
- apprendimento non supervisionato; 145
- apprendimento per trasferimento; 351
- apprendimento profondo; 337
- apprendimento supervisionato; 141
- Aristotele; 13
- arresto anticipato; 143
- ART; 332
- artificial neural network; 298
- artificial vision; 383
- augmented intelligence; 9
- back propagation; 307
- bagging; 153
- base di conoscenza; 89
- batch; 44
- Bayesian network; 93; 287
- ben addestrato; 142
- bias; 143
- big data; 18
- Boltzmann Machine; 331
- boosting; 153
- business analyst; 44
- canvas; 146
- categorical data; 185
- chatbot; 11
- cheat sheet; 147
- Chief Artificial Intelligence Officer; 22
- Chief Robotics Officer; 22
- cibernetica; 15; 19
- classificatore bayesiano; 285
- classificazione; 44; 139; 273; 285; 312; 354
- cloud computing; 19
- cluster; 141
- clustering; 45
- Clustering; 141
- codice Gray; 79
- cognitive computing; 10
- Commissione Europea; 33
- competitive training; 321
- completeness; 226
- componenti principali; 199
- computational graph; 339
- computazione evolutiva; 69
- confusion matrix; 213
- continuous learning; 53
- convalida incrociata; 144
- convolutional layer; 346
- Convolutional Neural Network; 343
- creatività; 45
- cross validation; 144
- CSV; 165
- curva ROC; 220
- data augmentation; 170
- data engineer; 44
- data mining; 20; 136
- data science; 137
- data scientist; 44
- database dei fatti; 89
- dataset; 168

dataset bilanciato; 172
DEAP; 81
decision tree; 271
deep learning; 52; 138; 337
deliverable; 56
dense network; 298
deploy; 53; 150
developer; 44
distributed machine learning; 157
documentazione; 55
dropout; 308
E.R. Caianiello; 15
early stopping; 143; 313
elaboRazione del linguaggio; 356
ELIZA; 11
ensemble machine learning; 152
epoca; 307
epoch; 307
error function; 305
eVolutionaRy algoRithM; 50
expert system; 50; 89
Experta; 97
Exploratory Data Analysis; 174
F1; 217
Fall-out; 217
feature; 182
feature engineering; 164
feature extraction; 183
feature selection; 183
feature space; 183
Federico Faggin; 24
fenotipo; 72
fine-tuning; 352
fitness; 69
flessibilità; 40
foglio di riepilogo; 147
foreste di alberi; 273
formula di errore; 305
frame; 91
Frank Rosenblatt; 15; 300
Funzione a gradino; 296
funzione di appartenenza; 107
funzione di attivazione; 296
funzione di perdita; 305
funzione lineare; 243; 297
funzione logistica; 249; 297
funzione ReLU; 297
Funzione softmax; 297
Fuzzy Approximation Theorem; 117
fuzzy clustering; 119
Fuzzy c-means; 119
fuzzy logic; 51; 80; 94; 106
fuzzy rule; 111
fuzzy set; 106
GDPR; 31
gene; 72
Generative Adversarial Network; 362
Generative AI; 9
genetic algorithm; 72
genotipo; 72
George Boole; 13
GIGO; 163
Gottfried Leibniz; 13
Gottlob Frege; 13
gradiente; 306
grafo computazionale; 339
Homogeneity; 226
HTML5; 84
hype; 18
Il Modus Tollens; 92
ImageNet; 173
inference engine; 89
informatica; 41
ingegneria delle caratteristiche; 164
insieme di validazione; 143
insieme fuzzy; 106
Intelligence; 5
intelligenza; 1
Intelligenza Artificiale; 6
intelligenza artificiale generativa; 401
IoT; 20
Iris; 152; 155; 173; 174; 175; 176; 190; 201;
202; 238; 240; 262; 263; 301; 313; 327
Isaac Asimov; 21
IT; 46
JavaScript; 84; 333; 339; 364

John McCarthy; 14
John Searle; 7
Joseph Weizenbaum; 11
JSON; 167
Keras; 317; 342; 384
k-Nearest Neighbors; 235
knowledge base; 89
LangChain; 406
Large Language Model; 401
large scale machine learning; 158
learning batch; 53
learning rate; 308
linear regression; 243
linear SVM; 254
linguistic variable; 108
livello di convoluzione; 346
livello di raggruppamento; 347
logica deduttiva; 91
logica proposizionale; 91
logistic regression; 250
Log-Loss; 212
Long Short Term Memory; 328
loss function; 305
LSTM; 393
machine learner; 134
machine learning; 51; 133
MAE; 227
mappa auto-organizzata); 319
mappa mentale; 22
mapping; 133
Marvin Minsky; 6
mating pool; 77
membership function; 107
messa in uso; 150
metriche; 210
MLP auto-associativa; 309
MNIST; 173
model checkpointing; 160
Modus Ponens; 92
motore di inferenza; 89; 91
MSE; 227
Multi Layer Perceptron; 303
Mutual Information based scores; 225
naive Bayes; 285
neural network; 52; 81
neurone biologico; 295
neurone matematico; 295
neuroscienze; 4
niching; 71
nominal data; 186
non-linear SVM; 256
Norbert Wiener; 15
normalizzazione; 196
norme ISO; 35
OpenAI; 401
OpenCV; 384
ordinal data; 185
outlier; 267
outlier detection; 191
over sampling; 173
overfitting; 142; 308
ownership; 39
path; 270
Perceptron; 15; 152; 300
pianificazione; 47
Piero Angela; 6
pooling layer; 347
popolazione; 69
precision; 216
prediction; 150
predizione; 150
pre-elaborazione; 164
pre-processing; 164
privacy; 31; 39
problema; 41
problema è ben formulato; 43
programmazione evolutiva; 84
programmazione genetica; 84
prompt; 9
prompt engineering; 9
Proof of Concept; 56
Prophet; 390
PyTorch; 343
Q-learning; 373
R2; 228
Radial Basis Function; 309

ragionamento automatico; 47
random forest; 273; 277
Rappresentazione della conoscenza; 90
Rasoio di Ockham; 55; 349
real time; 44
ReCall; 216
Recurrent Neural Network; 327
regola fuzzy; 111
regressione; 45; 141; 276; 316
regressione lineare; 243
regressione logistica; 250
reinforcement learning; 52; 145; 364; 371
rete Bayesiana; 287
rete densa; 298
rete di convoluzione; 383
rete neurale artificiale; 298
rete neurale convoluzionale; 343
reti di Bayes; 93
reti semantiche; 91
ricerca; 47
RMSE; 228
robot; 21
Roger Penrose; 14
sales forecast; 391
scalabilità; 40; 55
Scikit-fuzzy; 123
Scikit-learn; 154; 155; 210; 211; 224; 237;
244; 251; 260; 273; 289; 301; 312
Self Organized Map; 319
semantic network; 91
semi-supervised; 145
sentiment analysis; 356
serie temporale; 389
shuffle; 308
silosed AI application; 54
Singularity Institute Europe; 13
sistema di controllo; 117
sistema esperto; 89
sistemi esperti probabilistici; 93
soft computing; 10
soft skills; 45
sotto-apprendimento; 142
sottocampionamento; 172
sottoproblemi; 45
sovra-apprendimento; 142
sovracampionamento; 173
specificity; 217
stacking; 153
standardizzazione; 193
strong AI; 7
Super Artificial Intelligence; 8
SuperQuark; 6
supervised learning; 141; 372
Support Vector Machine; 254
SVM non lineare; 256
tensore; 337
TensorFlow; 338
Teorema di Bayes; 283
test di Turing; 10
The Imitation Game; 11; 13
Thomas Bayes; 282
time series; 389
timestamp; 184
transfer learning; 145; 351
Travelling Salesman Problem; 74
tree; 270
Tuevo Kohonen; 319
U-matrix; 322
under sampling; 172
underfitting; 142
unsupervised learning; 145; 320
validation set; 143
value proposition; 146
valutazione; 208
variabile linguistica; 108
varianza; 143
VGGNet; 385
visione artificiale; 383
V-measure; 226
Walter Pitts; 15
Warren McCulloch; 15
weak AI; 7
well fitted; 142
YOLO; 386

INTRODUZIONE

La diffusione dell'intelligenza artificiale ha conosciuto una rapida crescita negli ultimi anni, grazie alla disponibilità di hardware potente, piattaforme di sviluppo, abbondante documentazione e numerosissimi dati. Cominciano a diffondersi applicazioni con ottimi risultati e a costi contenuti. I mass media ne raccontano i progressi tecnologici e le applicazioni di massa. Le aziende ne aumentano l'impiego per risolvere problemi tecnici, analizzare i dati riguardanti il business ecc. I centri di formazione aumentano la disponibilità di corsi. I governi cominciano a interessarsi agli investimenti da attuare. Aumentano le discussioni sulle implicazioni etiche, sulle ricadute nel mondo del lavoro, sul rapporto con la mente umana. Le persone cominciano a percepire l'intelligenza artificiale come parte integrante della loro vita, in grado di risolvere problemi pratici. Dopo tanti decenni di studi e ricerche, promesse e delusioni, l'intelligenza artificiale è arrivata nella nostra vita quotidiana e intende restarci.

Tutto ciò ha generato un grande interesse in molte persone, tanto da spingerle ad approfondire questa tematica, per saperne di più, per trovare nuove possibilità di lavoro, per avere la possibilità di creare qualcosa con le proprie mani grazie alle semplificazioni introdotte dalla tecnologia informatica.

Chi decide di muovere i primi passi nell'intelligenza artificiale perché vuole realizzare qualcosa potrebbe sentirsi confuso dall'enorme disponibilità di materiale da studiare, codice da scaricare, librerie da installare, luoghi da frequentare e tante altre necessità.

Chi dovrebbe leggere questo libro

Questo libro si rivolge principalmente a chi comincia a muoversi nell'intelligenza artificiale; obiettivo primario dell'autore è aumentare la quantità di persone in grado di comprendere e applicare queste tecnologie avanzate. In particolare, il volume è rivolto agli sviluppatori di software che devono risolvere problemi computazionali aventi una complessità più elevata, tanto da non essere risolvibili con il tipico approccio di programmazione.

La lettura è utile per esperti che vogliono riepilogare le idee e completare le conoscenze.

La conoscenza della programmazione con il linguaggio Python è necessaria per comprendere gli algoritmi presentati e per modificarli secondo le proprie esigenze. Il libro può essere letto anche da chi conosce altri linguaggi; sostanzialmente gli algoritmi sono ormai implementati in quasi tutti i linguaggi, bisogna solo trovare il nome corrispondente nella libreria preferita. Non sono necessarie conoscenze di statistica e probabilità, perché non vengono spiegate le dimostrazioni matematiche del funzionamento degli algoritmi, quanto piuttosto le modalità di scelta e di applicazione.

I docenti in corsi di formazione possono contattare l'autore per avere materiale di supporto nelle loro lezioni.

Approccio presentato

Questo libro intende offrire una panoramica delle principali tematiche che bisogna affrontare per avviare l'uso degli algoritmi con cui costruire una soluzione basata sull'intelligenza artificiale. Una sorta di mappa del territorio da esplorare senza correre il rischio di perdersi nelle tante strade esistenti.

I codici e gli esempi possono essere eseguiti da chi ha conoscenze di programmazione, per cominciare subito a vedere i risultati del proprio studio.

Il libro presenta un approccio pragmatico, fornendo strumenti per cominciare subito a programmare; non intende entrare nei dettagli matematici per dimostrare come funziona un certo meccanismo.

Si è preferito approfondire l'approccio metodologico, specificando come ragionare e come organizzarsi, e dare meno importanza al dettaglio realizzativo sulla specifica istruzione di una libreria, perché le librerie subiscono frequenti cambiamenti e sono disponibili molte descrizioni su internet.

Nel libro vengono riportati suggerimenti operativi, criticità, capacità richieste e ciò che serve per realizzare soluzioni a problemi medio-piccoli e per cominciare a comprendere il funzionamento delle soluzioni per i problemi più grandi.

Le problematiche da affrontare sono state suddivise in diversi capitoli, così chi deve risolvere uno specifico problema può individuare subito cosa leggere senza impegnarsi in materiale che non gli serve.

Che cosa non contiene questo libro

Ogni autore di un libro deve decidere che cosa non scrivere per evitare al lettore un discorso troppo lungo da seguire, dispersivo nella realizzazione pratica, con un prezzo di acquisto elevato e un numero di pagine che potrebbe scoraggiarne la lettura. La scelta migliore consiste nell'inserire il libro nell'ambito di altre fonti di informazione, nel fornire i collegamenti necessari per raggiungerle al termine di ogni capitolo e nel giustificare le scelte.

L'approccio fornito è rivolto al software, non vengono trattati gli aspetti di progettazione dell'hardware, il collegamento di sensori elettronici ecc.

Non vengono spiegate le interfacce grafiche dei sistemi per sviluppare il software, perché esistono tanti sistemi diversi, la cui scelta dipende anche dalle preferenze personali. Non viene spiegato il dettaglio di programmazione per la specifica istruzione di una libreria, perché, come già detto, le librerie subiscono frequenti cambiamenti e sono disponibili molte descrizioni su internet.

Per lo stesso motivo, non viene spiegata in dettaglio la sintassi di una funzione presa da una libreria.

Le questioni etiche, le ricadute sulla società e le implicazioni economiche derivanti dall'utilizzo di certi strumenti non vengono discusse in dettaglio, perché non è il luogo adatto ed esistono altri libri per approfondirle.

Conoscenze richieste

Gli esempi nel libro sono scritti con il linguaggio di programmazione Python 3.0, con esclusione dell'Appendice D disponibile online, in cui viene presentata la piattaforma software RapidMiner.

Python è stato scelto perché è molto diffuso nell'intelligenza artificiale e sono disponibili varie librerie. Pertanto, occorre già conoscere la programmazione con Python, di cui esistono svariate fonti librarie e online.

Gli esempi in RapidMiner permettono di creare soluzioni senza programmare, il che può essere utile per un primo approccio. Non viene spiegata in dettaglio l'interfaccia grafica, perché è semplice da usare e ne viene fornita ampia documentazione.

Non sono stati scelti i famosi linguaggi R, MatLab, Java, C solo per mancanza di spazio. Conoscere la lingua inglese è utile per leggere fonti più dettagliate. Conoscenze avanzate di statistica e probabilità sono necessarie per comprendere a fondo il funzionamento degli algoritmi ed, eventualmente, pensare a come crearne di nuovi.

Organizzazione del libro

Il testo è suddiviso idealmente in tre parti e ventuno capitoli, dedicati a uno specifico problema da affrontare. In tal modo, l'indice dei capitoli suggerisce il percorso di realizzazione di una soluzione.

La prima parte è una panoramica sull'intelligenza artificiale, con le definizioni necessarie per comprendere le pagine successive e le tematiche collegate.

Capitolo 1: definizione di intelligenza artificiale e semplice confronto con l'intelligenza umana.

Capitolo 2: indicazioni tematiche legislative e norme ISO per avere qualità e fiducia.

Capitolo 3: sequenza di operazioni per passare dalla definizione del problema alla scelta dell'algoritmo tra quelli forniti dall'AI, alla programmazione, fino alla documentazione e alla messa in esercizio.

Capitolo 4: definizione di un agente per dargli l'autonomia necessaria con cui affrontare un contesto tramite percezione e azione.

La seconda parte spiega i modelli di AI più importanti.

Capitolo 5: algoritmi evolutivi e genetici, in grado di evolversi secondo regole analoghe a quelle della selezione naturale.

Capitolo 6: come realizzare un sistema basato su expert system.

Capitolo 7: come realizzare un sistema basato su fuzzy logic.

Capitolo 8: come funziona il machine learning per imparare dai dati, metodologie di creazione.

Capitolo 9: pre-elaborazione dei dati per estrarre numeri dal dominio del problema da risolvere e per adattarli all'input richiesto dal modello di machine learning.

Capitolo 10: valutazione delle prestazioni del modello addestrato, con cui decidere se accettarlo o modificarlo.

Capitolo 11: k-Nearest Neighbors, in grado di decidere in base alla situazione dei punti più vicini.

Capitolo 12: linear regression, per una serie storica di dati da cui calcolare il valore successivo o intermedio.

Capitolo 13: logistic regression, che fornisce la probabilità che un dato valore di ingresso appartenga a una classe scelta tra due o più alternative.

Capitolo 14: Support Vector Machine, per decidere in base a punti scelti come supporto e con spazi delle feature con dimensione maggiore.

Capitolo 15: decision tree, in grado di prendere una decisione in base a una serie di domande e risposte.

Capitolo 16: teorema di Bayes per risolvere problemi di classificazione quando si può ragionare in termini di probabilità a priori e condizionali.

Capitolo 17: neural network ispirata al cervello umano, modelli Perceptron, MLP, SOM, RNN.

Capitolo 18: deep learning per realizzare neural network più sofisticate con grandi quantità di dati.

Capitolo 19: reinforcement learning, in cui un agente deve imparare ad agire in modo intelligente in ambiente dinamico.

Nella terza parte vengono descritte alcune applicazioni.

Capitolo 20: artificial vision per riconoscere oggetti nell'immagine digitale.

Capitolo 21: time series analysis per calcolare il valore futuro in base al passato.

Capitolo 22: usare API di OpenAI per generare testo e immagine.

Sul sito web <http://www.algoritmiia.it/> sono disponibili le Appendici:

A: Che cos'è un algoritmo;

B: Consigli per imparare Python;

C: Link per imparare l'intelligenza artificiale;

D: Creare algoritmi con l'ambiente visuale RapidMiner.

Percorsi di lettura

La lettura completa è consigliata a tutti, per scoprire problematiche non conosciute e avere una visione d'insieme su tutti gli aspetti.

Chi non conosce questo settore potrebbe leggere tutti i capitoli nell'ordine di scrittura, attività comunque consigliata almeno una volta.

Chi deve risolvere un problema specifico può leggere il singolo capitolo di interesse, con particolare riferimento alle tabelle riassuntive indicanti le risposte alle principali operazioni da svolgere.

La bibliografia è indicata alla fine di ogni capitolo, per comodità di lettura.

Per impostare un progetto, oppure per verificare cosa è stato già fatto, si possono leggere solo i capitoli della seconda parte.

Un percorso di lettura sconsigliato consiste nell'andare direttamente alle sezioni di programmazione per usare subito gli algoritmi, ritenendo che tutte le pagine precedenti contengano soltanto inutili discussioni teoriche. Giustamente, Leonardo da Vinci affermava che: "Quelli che s'innamoran di pratica senza scienza son come 'l nocchier ch'entra in navilio senza timone o bussola, che mai ha certezza dove si vada. Sempre la pratica deve essere edificata sopra la bona teorica".

Le prime righe di ogni capitolo ne riassumono il contenuto, permettendo di sapere subito cosa viene trattato e se conviene leggere il seguito. In alcuni capitoli si comincia con la descrizione di una metafora, per capire a cosa ci si è ispirati quando è stato creato il modello proposto. Esempi e codice sono indicati alla fine del capitolo.

I termini tecnici più importanti vengono evidenziati con il grassetto alla prima occorrenza nel testo; in tale occasione ne viene fornita la definizione per facilitarne l'individuazione. Nel sito web associato al libro viene fornito l'indice analitico aggiornato, per trovare velocemente il significato delle parole importanti. In tal modo, questo libro propone un piccolo dizionario delle parole da conoscere.

Per brevità di scrittura, vengono usate queste sigle: AI per Artificial Intelligence, ML per Machine Learning, NN per Neural Network, DL per Deep Learning.

Tutti i siti web citati sono stati controllati nel giugno 2024 e sono disponibili in un file formato Adobe PDF da scaricare presso il sito web associato al libro, per seguire eventuali modifiche.

Conviene eseguire tutti i codici proposti almeno una volta, per rendersi conto delle loro potenzialità e dei punti critici.

Nel codice proposto sono presenti vari commenti, per far comprendere il percorso da seguire e cosa cambiare secondo le necessità. La freccia \leftarrow a fine riga indica che il codice prosegue nella riga successiva.

Il paragrafo "Prompt per ChatGPT" in fondo ai capitoli contiene prompt da scrivere nel famoso sito web <https://chatgpt.com/> per: ottenere approfondimenti degli argomenti, trovare spunti di ragionamento, migliorare le soluzioni. Inoltre, i seguenti prompt possono migliorare la programmazione in Python (vanno completati con i dettagli dopo i due punti):

- ▶ Commenta il seguente codice Python:
- ▶ Trova gli errori nel seguente codice Python:
- ▶ Scrivi il codice Python per risolvere questo problema:

Criteri di scelta dei servizi citati

Tutti i nomi dei servizi descritti nel libro sono marchi registrati e appartengono alle rispettive società che li hanno sviluppati. Sono stati selezionati per dare un ampio insieme di scelta su vari fronti al lettore. Tale scelta è avvenuta per conseguire l'obiettivo editoriale, con beneficio delle rispettive società in termini di comunicazione.

Non è stato possibile contattare i responsabili di tutte le realtà citate nel libro. In tali casi, i loro testi nel libro sono stati ripresi senza nessuna alterazione dal materiale disponibile sul sito web aziendale. Chi volesse segnalare altri servizi o rettifiche può contattare l'autore tramite email info@robertomarmo.net.

Strumentazione necessaria

Un computer collegato a internet permette di realizzare la maggior parte delle tecniche e di comprendere le potenzialità dei vari approcci.

Nel libro viene usato Python 3.0, ambiente Google Colab, che offre un servizio di cloud hosting di Jupyter Notebooks su <https://colab.research.google.com> a chi ha un account Google; nel codice vengono indicate le righe da modificare per chi usa altri ambienti.

Dove trovare gli aggiornamenti

I siti <https://www.algoritmiia.it> e www.robertomarmo.net/libro-algoritmi-ia.html contengono le appendici da scaricare gratis, istruzioni per scaricare il codice, modifiche al testo, nuovi casi di studio e soluzioni, link ai siti web citati in ogni capitolo per evitare di doverli riscrivere.

L'AUTORE

ROBERTO MARMO



Roberto Marmo è laureato in Scienze dell'Informazione (vecchio nome del corso di laurea in Informatica) e ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Informatica. Sito web <https://www.robertomarmo.net>, email info@robertomarmo.net, profilo LinkedIn <https://www.linkedin.com/in/robertomarmo>; su GitHub con <https://github.com/robertomarmo>.

Consulente per aziende interessate allo sviluppo di applicazioni software con l'intelligenza artificiale. Professore a contratto di Informatica alla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pavia, presso il Laboratorio di Computer Vision and Multimedia, sito <https://vision.unipv.it>. Docente in Master e corsi di formazione sulle tematiche dell'intelligenza artificiale per analizzare immagini, testo, video presi da varie fonti come internet, social media, telecamere ecc.

Per Amazon ha pubblicato *Informatica per il tradimento sentimentale*. Per Hoepli Editore ha pubblicato *Social Media Mining*, dedicato all'estrazione di informazioni dai social media, e *La matematica di Facebook*, dedicato alle formule matematiche per descrivere le dinamiche nei social media.

Per Edizioni FAG ha pubblicato *Vendere con il Social Commerce, Creare applicazioni per Facebook* (prima e seconda edizione), *Promuoversi con i business social network, TV Connessa. Tecniche e business*. Per GiveMeAChance Editrice ha pubblicato *Social Network per il Non profit*, per Il Rostro Editrice ha pubblicato *Introduzione alla visualizzazione scientifica*.

RINGRAZIAMENTI

Prima di tutto, come autore del libro ringrazio il lettore per l'acquisto e il tempo dedicato alla lettura, augurandogli un utilizzo con ampia soddisfazione delle tecniche descritte. Ringrazio il pubblico delle conferenze in cui ho spiegato le tecniche, la cui partecipazione con vivo interesse ha permesso di realizzare una piccola indagine per stabilire come organizzare questo libro. Ringrazio i professori Roberto Tagliaferri, Edoardo Caianiello, Roberto Cordeschi dell'Università di Salerno; Eliano Pessa, Virginio Cantoni, Luca Lombardi e Marco Piastra dell'Università di Pavia per avermi fatto conoscere l'intelligenza artificiale con vari punti di vista. Ringrazio il personale del Laboratorio di Computer Vision and Multimedia della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pavia, per il supporto fornito nelle attività di ricerca e divulgazione. Ringrazio i curatori: Rodolfo Baggio e Filippo Carone Fabiani dell'Appendice D fornita sul sito web del libro.

Cosa è l'intelligenza artificiale? Quali problemi computazionali può risolvere? Quali passi fare per creare un algoritmo? Come organizzare i dati di input e interpretare l'output? Quale modello matematico scegliere e come programmarlo in linguaggio Python?

La nuova edizione del volume di Marmo intende rispondere a queste domande in modo pragmatico, per capire come funziona l'algoritmo, risolvere problemi tecnici e creare nuovi utilizzi. Ricca di esempi, consigli, link scelti, codice in linguaggio Python, l'opera è stata aggiornata inserendo alla fine di ogni capitolo una **raccolta di prompt da usare in ChatGPT**, con i quali sarà possibile approfondire di volta in volta l'argomento trattato.

Il libro tratta diversi temi, tra cui:

- definizioni e storia dell'intelligenza artificiale;
- progettazione dell'algoritmo;
- algoritmo evolutivo, logica fuzzy, sistema esperto;
- modelli di machine learning;
- neural network e deep learning;
- computer vision;
- contesto normativo;
- analisi serie temporali;
- programmare ChatGPT per creare testo e immagine.

RISORSE ONLINE

Su <https://www.algoritmia.it/> materiali gratuiti, integrazioni, codice in linguaggio Python.

ROBERTO MARMO è professore a contratto di informatica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pavia, consulente e formatore sulla intelligenza artificiale per cercare e analizzare informazioni estratte da internet, social media, sensori, IoT e altre fonti. È autore di vari libri, fra cui *La matematica di Facebook* (Hoepli 2019).
Sito web www.robortomarmo.net

Ulrico Hoepli Editore S.p.A.
via Hoepli, 5 - 20121 Milano
www.hoeplieditore.it

€ 39,90

ebook disponibile

ISBN 978-88-360-1727-0



9 788836 017270