

# Sommario

## Prefazione

9

## Capitolo 1 Introduzione

11

|     |                                    |    |
|-----|------------------------------------|----|
| 1.1 | Introduzione                       | 11 |
| 1.2 | Principali aspetti dei modelli PDP | 17 |
| 1.3 | Conclusioni                        | 22 |
| 1.4 | Letteratura consigliata            | 23 |

## Capitolo 2 La memoria associativa

25

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.1   | Introduzione  | 25 |
| 2.2   | Rappresentazione dell'informazione tramite stati collettivi               | 26 |
| 2.3   | Il modello matematico   | 27 |
| 2.4   | Richiamo associativo  | 29 |
| 2.4.1 | Modello matematico del richiamo associativo                               | 29 |
| 2.4.2 | Componente di novità  | 32 |
| 2.4.3 | Approccio stocastico al richiamo associativo in operazioni su ampia scala |    |
| 2.5   | La memoria come filtro adattivo   | 33 |
| 2.5.1 | Basi biologiche del modello   | 35 |
| 2.5.2 | Modello matematico  | 36 |
| 2.6   | Il modello di Sutton-Barto  | 37 |
| 2.7   | L'eterostato  | 39 |
| 2.7.1 | Modello matematico  | 41 |
| 2.7.2 | Confronto tra l'eterostato e i modelli neurali alternativi                | 44 |
| 2.8   | Letteratura consigliata   | 46 |
|       |   | 48 |

## 6 Sommario

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Capitolo 3 Il percettrone</b>  | <b>41</b> |
| 3.1 Introduzione  | 41        |
| 3.2 Struttura di un percettrone   | 41        |
| 3.3 La natura parallela del processo computazionale del percettrone               | 53        |
| 3.4 Fondamenti matematici delle superfici di decisione                            | 56        |
| 3.4.1 La macchina lineare   | 57        |
| 3.4.2 Tecniche di gradiente discendente   | 60        |
| 3.5 Il teorema di convergenza del percettrone                                     | 62        |
| 3.6 Scopo della metodologia della superficie di decisione                         | 66        |
| 3.7 Confronto tra il percettrone e altri meccanismi di apprendimento              | 70        |
| 3.8 Letteratura consigliata   | 76        |
| <b>Capitolo 4 La regola delta e l'apprendimento mediante propagazione inversa</b> | <b>79</b> |
| 4.1 Introduzione  | 79        |
| 4.2 La regola delta (regola di Widrow-Hoff)                                       | 79        |
| 4.2.1 Cambiamento di base   | 80        |
| 4.2.2 Gradiente discendente nella regola delta ordinaria                          | 82        |
| 4.2.3 Estensione della regola delta all'apprendimento statistico                  | 84        |
| 4.3 La regola delta generalizzata: apprendimento con propagazione inversa         | 85        |
| 4.4 Applicazioni dell'apprendimento con propagazione inversa                      | 89        |
| 4.4.1 Stima di titoli finanziari  | 89        |
| 4.5 Intrattabilità dell'apprendimento   | 90        |
| 4.6 Letteratura consigliata   | 92        |
| <b>Capitolo 5 Paradigmi di apprendimento</b>                                      | <b>93</b> |
| 5.1 Introduzione  | 93        |
| 5.2 L'apprendimento competitivo   | 94        |
| 5.2.1 L'apprendimento competitivo rispetto agli altri paradigmi di apprendimento  | 95        |
| 5.2.2 L'architettura di un sistema con apprendimento competitivo                  | 95        |
| 5.3 Un esempio di apprendimento competitivo: il modello di Linsker                | 98        |
| 5.3.1 Modello matematico  | 99        |
| 5.3.2 Analisi del componente principale   | 101       |
| 5.3.3 Informazione di Shannon e il principio di informazione massima              | 101       |
| 5.4 Un altro esempio di apprendimento competitivo: i modelli di Fukushima         | 103       |
| 5.4.1 Conseguenze di una regola di Hebb modificata                                | 106       |

|  |            |
|--|------------|
| 5.4.2 Il cognitron   | 107        |
| 5.4.3 Il neocognitron  | 109        |
| 5.5 Il paradigma dell'attivazione interattiva  | 110        |
| 5.6 Confronto tra i paradigmi di apprendimento competitivo e attivazione interattiva             | 114        |
| 5.7 Una versione stabilizzata dell'apprendimento competitivo: la teoria della risonanza adattiva | 115        |
| 5.8 Confronto tra la risonanza adattiva e la propagazione inversa                                | 119        |
| 5.9 Letteratura consigliata  | 122        |
| <b>Capitolo 6 I modelli di Hopfield e Hoppensteadt</b>   | <b>123</b> |
| 6.1 Introduzione   | 123        |
| 6.2 Il modello di Hopfield-Tank  | 124        |
| 6.2.1 Basi biologiche  | 124        |
| 6.2.2 Implementazione elettronica  | 125        |
| 6.2.3 Elementi neurali discreti e continui   | 126        |
| 6.2.4 Il concetto di energia minima  | 129        |
| 6.2.5 Un'applicazione delle reti di Hopfield: il problema del commesso viaggiatore               | 129        |
| 6.2.6 Un'applicazione delle reti di Hopfield a problemi di visione                               | 133        |
| 6.2.7 Riduzione dei fenomeni oscillatori nelle reti di Hopfield                                  | 135        |
| 6.2.8 Rappresentazione dei numeri nello spazio neurale   | 137        |
| 6.2.9 Complessità computazionale e di programmazione   | 139        |
| 6.2.10 Implementazione ottica di reti neurali  | 140        |
| 6.3 Il modello di Hoppensteadt   | 144        |
| 6.3.1 Introduzione   | 144        |
| 6.3.2 Alcuni cenni di fisiologia del neurone   | 144        |
| 6.3.3 Oscillatore neurale controllato in tensione  | 146        |
| 6.3.4 Orologi e aggancio di fase   | 147        |
| 6.4 Alcuni commenti sulle tecniche di rilassamento   | 153        |
| 6.5 L'algoritmo di apprendimento della macchina di Boltzmann                                     | 156        |
| 6.6 Letteratura consigliata  | 158        |
| <b>Glossario</b>   | <b>159</b> |
| <b>Bibliografia</b>  | <b>169</b> |
| <b>Indice analitico</b>  | <b>175</b> |