

Spis treści

Lista symboli 9

Wstęp 13

Podziękowania 16

Część I. Podstawy matematyczne 19

1 Wprowadzenie i motywacje 21

1.1. Znajdowanie słów dla intuicji 21

1.2. Dwa sposoby na przeczytanie tej książki 23

1.3. Ćwiczenia i informacje zwrotne 25

2 Algebra liniowa 26

2.1. Układy równań liniowych 28

2.2. Macierze 31

2.3. Rozwiązanie układów równań liniowych 36

2.4. Przestrzeń wektorowa 44

2.5. Niezależność liniowa 49

2.6. Baza i rząd 53

2.7. Przekształcenia liniowe 56

2.8. Przestrzeń afiniczna 69

2.9. Materiały dodatkowe 71

Ćwiczenia 71

3 Geometria analityczna 78

3.1. Normy 79

3.2. Iloczyny wewnętrzne 80

3.3. Długości i odległości 83

3.4. Kąty i ortogonalność 84

3.5. Baza ortonormalna 87

3.6. Dopełnienie ortogonalne 88

3.7. Iloczyn wewnętrzny funkcji 89

3.8. Rzuty ortogonalne 90

3.9. Obroty 99

3.10. Materiały dodatkowe 103

Ćwiczenia 103

4 Rozkłady macierzy 106

4.1. Wyznacznik i ślad 107

4.2. Wartości i wektory własne 113

4.3. Rozkład Choleskiego 122

4.4. Rozkład według wartości własnych i diagonalizacja 124

4.5. Rozkład według wartości osobliwych 127

4.6. Przybliżenie macierzy 139

4.7. Filogeneza macierzy 144

4.8. Materiały dodatkowe 145

Ćwiczenia 146

5 Rachunek wektorowy 149

5.1. Różniczkowanie funkcji jednowymiarowych 151

5.2. Pochodne cząstkowe i gradienty 156

5.3. Gradienty funkcji o wartościach wektorowych 160

5.4. Gradienty macierzy 165

5.5. Tożsamości przydatne w obliczeniach gradientów 169

5.6. Propagacja wsteczna i różniczkowanie automatyczne 170

5.7. Pochodne wyższych rzędów 175

5.8. Linearyzacja i wielowymiarowe szeregi Taylora 176

5.9. Materiały dodatkowe 181

Ćwiczenia 182

6 Prawdopodobieństwo i jego rozkłady 184

6.1. Struktura przestrzeni prawdopodobieństwa 184

6.2. Prawdopodobieństwo ciągłe i dyskretne 190

6.3. Reguły dodawania i mnożenia oraz twierdzenie Bayesa 195

6.4. Statystyki podsumowujące i niezależność 198

6.5. Rozkład Gaussa 208

6.6. Sprzężenie i rodzina wykładnicza 216

6.7. Zmiana zmiennych/przekształcenie odwrotne 225

6.8. Materiały dodatkowe 231

Ćwiczenia 232

7 Optymalizacja ciągła 235

7.1. Optymalizacja za pomocą metody gradientu prostego 238

7.2. Optymalizacja z ograniczeniami i mnożniki Lagrange'a 243

7.3. Optymalizacja wypukła 246

7.4. Materiały dodatkowe 256

Ćwiczenia 257

Część II. Centralne problemy uczenia maszynowego 259

8 Gdy model spotyka dane 261

8.1. Dane, modele i uczenie 261

8.2. Minimalizacja ryzyka empirycznego 268

8.3. Estymacja parametrów 274

8.4. Modelowanie probabilistyczne i wnioskowanie 282

8.5. Modele digrafowe 286

8.6. Wybór modelu 291

9 Regresja liniowa 298

9.1. Sformułowanie problemu 300

9.2. Estymacja parametrów 301

9.3. Bayesowska regresja liniowa 313

9.4. Estymacja metodą maksymalnej wiarygodności jako rzut ortogonalny 323

9.5. Materiały dodatkowe 325

10 Redukcja wymiarowości za pomocą analizy głównych składowych 327

10.1. Sformułowanie problemu 328

10.2. Perspektywa maksymalizacji wariancji 330

10.3. Perspektywa rzutowania	335
10.4. Znajdowanie wektora własnego i aproksymacja za pomocą macierzy niskiego rzędu	343
10.5. PCA w dużej liczbie wymiarów	345
10.6. Najważniejsze kroki algorytmu PCA z praktycznego punktu widzenia	346
10.7. Perspektywa zmiennej ukrytej	350
10.8. Materiały dodatkowe	353
11 Szacowanie gęstości za pomocą modeli mieszanin rozkładów Gaussa	358
11.1. Model mieszaniny rozkładów Gaussa	359
11.2. Uczenie parametrów za pomocą metody maksymalnej wiarygodności	360
11.3. Algorytm EM	371
11.4. Perspektywa zmiennej ukrytej	373
11.5. Materiały dodatkowe	379
12 Klasyfikacja za pomocą maszyny wektorów nośnych	381
12.1. Hiperpłaszczyzny rozdzielające	383
12.2. Pierwotna maszyna wektorów nośnych	385
12.3. Dualna maszyna wektorów nośnych	393
12.4. Jądra	398
12.5. Rozwiązanie numeryczne	401
12.6. Materiały dodatkowe	402
Bibliografia	405