
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. Rozwiązywanie układów równań liniowych	36
2.4. Przestrzenie wektorowe	44
2.5. Niezależność liniowa	49
2.6. Baza i rząd	53
2.7. Przekształcenia liniowe	56
2.8. Przestrzenie afiniczne	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