

# Spis treści

O książce	v
Notacja	vii
<b>1 O sztucznej inteligencji</b>	<b>1</b>
JAROSŁAW CHUDZIAK, TOMASZ GAMBIN, PIOTR GAWRYSIAK, MIECZYSLAW MURASZKIEWICZ	
<b>2 Przeszukiwanie i optymalizacja</b>	<b>21</b>
RAFAŁ BIEDRZYCKI, WIKTOR DASZCZUK, ROBERT NOWAK, PAWEŁ WAWRZYŃSKI	
2.1 Wstęp	21
2.2 Metody klasyczne w SI	23
2.2.1 Metoda Newtona	23
2.2.2 Metoda Levenberga	24
2.2.3 Metoda gradientu prostego	24
2.2.4 Metoda stochastycznego najszybszego spadku	27
2.3 Przeszukiwanie przestrzeni stanów	29
2.3.1 Strategie ślepe	30
2.3.2 Strategie heurystyczne	35
2.3.3 Gry dwuosobowe, algorytm MiniMax	38
2.4 Algorytmy ewolucyjne i inne metaheurystyki	43
2.4.1 Algorytm genetyczny	43
2.4.2 Algorytm ewolucyjny	45
2.4.3 Strategia ewolucyjna $ES(1 + 1)$	48
2.4.4 Strategie ewolucyjne $ES(\mu + \lambda)$ , $ES(\mu, \lambda)$	50
2.4.5 Inne metaheurystyki	51
2.5 Uwagi bibliograficzne	59
<b>3 Uczenie maszynowe</b>	<b>61</b>
PAWEŁ CICHOSZ	
3.1 Systemy uczące się	61
3.1.1 W stronę definicji uczenia się	61
3.1.2 Rodzaje informacji trenującej	62
3.1.3 Wprowadzenie do uczenia indukcyjnego	63
3.2 Drzewa decyzyjne	71
3.2.1 Drzewa decyzyjne jako reprezentacja modelu	71
3.2.2 Zstępująca budowa drzewa	74

3.2.3	Kryterium stopu . . . . .	75
3.2.4	Kryterium wyboru podziału . . . . .	76
3.2.5	Przycinanie drzewa . . . . .	79
3.2.6	Predykcja probabilistyczna . . . . .	81
3.2.7	Drzewa regresji . . . . .	82
3.2.8	Właściwości drzew decyzyjnych . . . . .	83
3.3	Modele liniowe . . . . .	83
3.3.1	Regresja liniowa . . . . .	84
3.3.2	Klasyfikacja liniowo-progowa . . . . .	88
3.3.3	Regresja logistyczna . . . . .	92
3.3.4	Obsługa atrybutów dyskretnych . . . . .	97
3.3.5	Klasyfikacja wieloklasowa . . . . .	97
3.3.6	Właściwości modeli liniowych . . . . .	98
3.4	Naiwny klasyfikator bayesowski . . . . .	99
3.4.1	Wnioskowanie bayesowskie . . . . .	99
3.4.2	Estymacja prawdopodobieństw . . . . .	100
3.4.3	Prawdopodobieństwa zerowe i prawie zerowe . . . . .	101
3.4.4	Atrybuty ciągłe . . . . .	102
3.4.5	Predykcja . . . . .	104
3.4.6	Właściwości naiwnego klasyfikatora bayesowskiego . . . . .	105
3.5	Las losowy . . . . .	105
3.5.1	Modele zespołowe . . . . .	106
3.5.2	Tworzenie modeli bazowych . . . . .	107
3.5.3	Łączenie predykcji . . . . .	107
3.5.4	Budowa lasu losowego . . . . .	108
3.5.5	Predykcja lasu losowego . . . . .	110
3.5.6	Ocena predykcyjnej użyteczności atrybutów . . . . .	111
3.5.7	Właściwości lasów losowych . . . . .	112
3.6	Algorytm SVM . . . . .	112
3.6.1	Udoskonalenie klasyfikacji liniowo-progowej . . . . .	113
3.6.2	Maksymalizacja marginesu klasyfikacji . . . . .	114
3.6.3	Twardy margines . . . . .	116
3.6.4	Miękki margines . . . . .	118
3.6.5	Postać dualna . . . . .	120
3.6.6	Funkcje jądrowe . . . . .	123
3.6.7	Właściwości algorytmu SVM . . . . .	125
3.7	Ocena jakości modeli . . . . .	125
3.7.1	Miary jakości klasyfikacji . . . . .	125
3.7.2	Miary jakości regresji . . . . .	132
3.7.3	Procedury oceny . . . . .	134
3.8	Elementy teorii uczenia się . . . . .	137
3.8.1	Klasy pojęć i przestrzenie modeli . . . . .	138
3.8.2	PAC-nauczalność . . . . .	139
3.8.3	PAC-uczenie się dla algorytmów spójnych . . . . .	142
3.8.4	Uczenie agnostyczne . . . . .	144

3.8.5	Wymiar Vapnika-Chervonenkisa . . . . .	146
3.8.6	Podsumowanie wniosków z teorii . . . . .	148
3.9	Uwagi bibliograficzne . . . . .	149
<b>4</b>	<b>Sieci neuronowe</b>	<b>151</b>
	<small>KAROL PICZAK, PAWEŁ WAWRZYŃSKI</small>	
4.1	Perceptron wielowarstwowy . . . . .	151
4.1.1	Model neuronu . . . . .	151
4.1.2	Perceptron dwuwarstwowy . . . . .	153
4.1.3	Własność uniwersalnej aproksymacji . . . . .	154
4.1.4	Perceptron wielowarstwowy . . . . .	154
4.2	Uczenie sieci neuronowej . . . . .	156
4.2.1	Uczenie jako rozwiązanie problemu optymalizacji . . . . .	156
4.2.2	Skalowanie wejść i wyjść, inicjacja wag . . . . .	158
4.2.3	Wsteczna propagacja gradientu . . . . .	158
4.2.4	Algorytmy optymalizacji . . . . .	162
4.3	Rekurencyjne sieci neuronowe . . . . .	165
4.3.1	Uczenie rekurencyjnej sieci neuronowej . . . . .	167
4.3.2	Sieci LSTM . . . . .	167
4.3.3	Sieci GRU . . . . .	169
4.4	Hiperparametry struktury i procesu uczenia sieci . . . . .	170
4.4.1	Funkcje aktywacji neuronów . . . . .	171
4.4.2	Inicjacja wag . . . . .	174
4.4.3	Normalizacja . . . . .	175
4.4.4	Dobór wielkości sieci . . . . .	176
4.4.5	Wczesne zatrzymanie uczenia . . . . .	177
4.4.6	Regularyzacja . . . . .	177
4.4.7	Inne techniki poprawy generalizacji . . . . .	179
4.5	Modele spłotowe . . . . .	180
4.5.1	Operacja spłotu . . . . .	181
4.5.2	Warstwy spłotowe . . . . .	181
4.5.3	Złożone architektury spłotowe . . . . .	188
4.6	Uwagi bibliograficzne . . . . .	195
<b>5</b>	<b>O związkach etyki i sztucznej inteligencji</b>	<b>197</b>
	<small>KATARZYNA BUDZYŃSKA, MIECZYSLAW MURASZKIEWICZ</small>	
5.1	Wybrane dylematy i problemy . . . . .	197
5.2	Sztuczna inteligencja godna zaufania . . . . .	201
5.3	Uwagi bibliograficzne . . . . .	205
<b>6</b>	<b>Podsumowanie</b>	<b>207</b>
	<small>JAROSŁAW ARABAS, MIECZYSLAW MURASZKIEWICZ, ROBERT NOWAK</small>	
	<b>Bibliografia</b>	<b>211</b>
	<b>Skorowidz</b>	<b>219</b>