

Spis treści

Przedmowa	11
Rozdział 1. Roboty i ich zastosowania	15
1.1. Klasyfikacja robotów	15
1.2. Roboty przemysłowe	17
1.3. Autonomiczne roboty mobilne	18
1.4. Roboty humanoidalne.....	20
1.5. Roboty edukacyjne	20
1.6. Robot ogólny	23
1.6.1. Napęd różnicowy.....	24
1.6.2. Czujniki zbliżeniowe.....	25
1.6.3. Czujniki podłoża	26
1.6.4. Wbudowany komputer	26
1.7. Formalizm algorytmiczny	27
1.8. Przegląd treści książki	28
1.9. Podsumowanie.....	31
1.10. Literatura uzupełniająca	32
Bibliografia.....	32
Rozdział 2. Czujniki	33
2.1. Podział czujników.....	34
2.2. Czujniki odległości	34
2.2.1. Ultradźwiękowe czujniki odległości	35
2.2.2. Czujniki zbliżeniowe na podczerwień.....	35
2.2.3. Optyczne czujniki odległości	36
2.2.4. Czujniki triangulacyjne	38
2.2.5. Skanery laserowe	39
2.3. Kamery	41
2.4. Pozostałe czujniki	43
2.5. Zakres, rozdzielczość, precyzja, dokładność	44

2.6.	Nieliniowość.....	45
2.6.1.	Czujniki liniowe.....	46
2.6.2.	Czujniki nieliniowe	46
2.7.	Podsumowanie.....	48
2.8.	Literatura uzupełniająca	48
	Bibliografia.....	48

Rozdział 3. Zachowanie reaktywne 49

3.1.	Pojazdy Braitenberga	49
3.2.	Reagowanie na wykrycie obiektu	50
3.3.	Reagowanie i skręcanie	52
3.4.	Podążanie za linią	53
3.4.1.	Podążanie za linią za pomocą dwóch czujników podłoża	54
3.4.2.	Podążanie za linią za pomocą tylko jednego czujnika podłoża	57
3.4.3.	Bezgradientowe podążanie za linią	58
3.5.	Prezentacja pojazdów Braitenberga	60
3.6.	Podsumowanie.....	61
3.7.	Literatura uzupełniająca	61
	Bibliografia.....	61

Rozdział 4. Maszyny stanów skończonych..... 62

4.1.	Maszyny stanowe	62
4.2.	Zachowanie reaktywne sterowane stanem.....	63
4.3.	Szukaj i podjedź	64
4.4.	Implementacja maszyn stanów skończonych.....	65
4.5.	Podsumowanie.....	67
4.6.	Literatura uzupełniająca	67
	Bibliografia.....	67

Rozdział 5. Ruch robota i odometria 68

5.1.	Droga, prędkość i czas	69
5.2.	Przyspieszenie jako zmiana prędkości.....	70
5.3.	Od odcinków do ruchu ciągłego.....	72
5.4.	Nawigacja za pomocą odometrii	73
5.5.	Odometria liniowa.....	74
5.6.	Odometryczne mierzenie zakrętów	75
5.7.	Błędy odometryczne.....	77
5.8.	Kodery (enkodery) kół.....	80
5.9.	Bezwładnościowe systemy nawigacji	81
5.9.1.	Akcelerometry (przyspieszeniomierze).....	82
5.9.2.	Żyroskopy.....	83
5.9.3.	Zastosowania.....	85
5.10.	Stopnie swobody a liczba elementów wykonawczych	85
5.11.	Względna liczba elementów wykonawczych i stopni swobody	87

5.12. Ruch holonomiczny i nieholonomiczny	91
5.13. Podsumowanie	96
5.14. Literatura uzupełniająca	96
Bibliografia	96

Rozdział 6. Sterowanie..... 97

6.1. Modele sterowania.....	97
6.1.1. Sterowanie w pętli otwartej.....	98
6.1.2. Sterowanie w pętli zamkniętej.....	98
6.1.3. Okres algorytmu sterowania.....	99
6.2. Sterowanie typu „on-off”	100
6.3. Regulator proporcjonalny	102
6.4. Regulator proporcjonalno-całkujący	105
6.5. Sterownik proporcjonalno-całkująco-różniczkujący	107
6.6. Podsumowanie	109
6.7. Literatura uzupełniająca	109
Bibliografia	109

Rozdział 7. Nawigacja lokalna: omijanie przeszkód 110

7.1. Unikanie przeszkód.....	111
7.1.1. Podążanie wzdłuż ściany	111
7.1.2. Ukierunkowane podążanie wzdłuż ściany.....	113
7.1.3. Algorytm Pledge’a	114
7.2. Podążanie wzdłuż oznakowanej linii	115
7.3. Mrówki poszukujące źródła pożywienia	117
7.4. Model probabilistyczny zachowania mrówek	119
7.5. Maszyna stanów skończonych dla algorytmu wyszukiwania ścieżki	121
7.6. Podsumowanie	123
7.7. Literatura uzupełniająca	124
Bibliografia	124

Rozdział 8. Lokalizacja 125

8.1. Punkty charakterystyczne.....	125
8.2. Określanie pozycji na podstawie obiektów o znanym położeniu	126
8.2.1. Określanie położenia za pomocą kąta i odległości	126
8.2.2. Określanie położenia za pomocą triangulacji	127
8.3. Globalny system pozycjonowania	128
8.4. Lokalizacja probabilistyczna	129
8.4.1. Pomiar czujników zwiększają pewność.....	130
8.4.2. Niepewność w pomiarach	132
8.5. Niepewność ruchu	135
8.6. Podsumowanie	137
8.7. Literatura uzupełniająca	137
Bibliografia	137

Rozdział 9. Budowanie map	138
9.1. Mapy dyskretne i ciągłe	139
9.2. Zawartość komórek na mapie z siatką współrzędnych	140
9.3. Tworzenie mapy przez eksplorację: algorytm rubieżowy	141
9.3.1. Mapa z siatką współrzędnych i prawdopodobieństwami obłożenia	141
9.3.2. Algorytm rubieżowy	142
9.3.3. Priorytet w algorytmie rubieżowym	146
9.4. Budowanie mapy na podstawie znajomości środowiska	147
9.5. Przykład numeryczny algorytmu SLAM	150
9.6. Czynności ukazujące działanie algorytmu SLAM	155
9.7. Formalizacja algorytmu SLAM	157
9.8. Podsumowanie	158
9.9. Literatura uzupełniająca	158
Bibliografia	159
Rozdział 10. Nawigacja na podstawie map	160
10.1. Algorytm Dijkstry dla map z siatką współrzędnych	160
10.1.1. Algorytm Dijkstry dla map z siatką współrzędnych o stałym koszcie	161
10.1.2. Algorytm Dijkstry dla map z siatką współrzędnych o zmiennych kosztach	163
10.2. Algorytm Dijkstry dla map ciągłych	165
10.3. Planowanie trasy za pomocą algorytmu A*	167
10.4. Podążanie za ścieżką i unikanie przeszkód	171
10.5. Podsumowanie	172
10.6. Literatura uzupełniająca	172
Bibliografia	172
Rozdział 11. Sterowanie za pomocą logiki rozmytej	173
11.1. Rozmycie	174
11.2. Stosowanie reguł	174
11.3. Wyostrzenie	175
11.4. Podsumowanie	177
11.5. Literatura uzupełniająca	177
Bibliografia	177
Rozdział 12. Przetwarzanie obrazów	178
12.1. Otrzymywanie obrazów	179
12.2. Przegląd typów przetwarzania obrazów cyfrowych	180
12.3. Usprawnianie obrazów	181
12.3.1. Filtry przestrzenne	182
12.3.2. Manipulowanie histogramem	184
12.4. Wykrywanie krawędzi	186
12.5. Wykrywanie rogów	188
12.6. Wykrywanie plam	190

12.7. Podsumowanie.....	192
12.8. Literatura uzupełniająca	193
Bibliografia.....	193
Rozdział 13. Sieci neuronowe.....	194
13.1. Biologiczny układ nerwowy	194
13.2. Model sztucznej sieci neuronowej.....	195
13.3. Implementacja pojazdu Braitenberga za pomocą sieci ANN.....	197
13.4. Sztuczne sieci neuronowe: topologie	200
13.4.1. Topologia wielowarstwowa	200
13.4.2. Pamięć.....	201
13.4.3. Filtr przestrzenny	202
13.5. Uczenie.....	204
13.5.1. Rodzaje algorytmów uczących	204
13.5.2. Reguła Hebba w uczeniu sieci neuronowych.....	205
13.6. Podsumowanie.....	209
13.7. Literatura uzupełniająca	209
Bibliografia.....	209
Rozdział 14. Uczenie maszynowe.....	210
14.1. Rozróżnianie dwóch kolorów	211
14.1.1. Wyróżnik otrzymany na podstawie średnich	212
14.1.2. Wyróżnik otrzymany na podstawie średnich i wariancji.....	214
14.1.3. Algorytm służący do nauki rozpoznawania kolorów.....	215
14.2. Liniowa analiza dyskryminacyjna	217
14.2.1. Motywacja	217
14.2.2. Wyróżnik liniowy.....	218
14.2.3. Wybór punktu dla wyróżnika liniowego	219
14.2.4. Wybór współczynnika kierunkowego	220
14.2.5. Obliczanie wyróżnika liniowego: przykład numeryczny.....	223
14.2.6. Porównywanie jakości wyróżników	225
14.2.7. Czynności związane z analizą LDA	226
14.3. Uogólnienie wyróżnika liniowego.....	228
14.4. Perceptrony	228
14.4.1. Wykrywanie zboczy	229
14.4.2. Klasyfikacja za pomocą perceptronów.....	230
14.4.3. Uczenie perceptronu.....	231
14.4.4. Przykład numeryczny	232
14.4.5. Strojenie parametrów perceptronu.....	234
14.5. Podsumowanie.....	235
14.6. Literatura uzupełniająca	235
Bibliografia.....	235

Rozdział 15. Robotyka roju	236
15.1. Strategie koordynowania współpracy robotów	237
15.2. Koordynacja na podstawie lokalnej wymiany informacji	238
15.2.1. Komunikacja bezpośrednia	238
15.2.2. Komunikacja pośrednia	238
15.2.3. Algorytm BeeClust	240
15.2.4. Implementacja algorytmu BeeClust przez projekt ASSISIf	241
15.3. Robotyka roju wykorzystująca oddziaływania fizyczne	242
15.3.1. Współpraca przy fizycznym zadaniu	242
15.3.2. Łączenie sił wielu robotów	243
15.3.3. Zbiorowe przesuwanie z użyciem okluzji	245
15.4. Podsumowanie	247
15.5. Literatura uzupełniająca	248
Bibliografia	248
Rozdział 16. Kinematyka manipulatora robotycznego	249
16.1. Kinematyka prosta	250
16.2. Kinematyka odwrotna	252
16.3. Rotacje	255
16.3.1. Rotacja wektora	256
16.3.2. Rotacja układu współrzędnych	257
16.3.3. Przekształcenie wektora z jednego układu współrzędnych do innego	258
16.4. Rotacja i translacja układu współrzędnych	261
16.5. Przedsmak rotacji trójwymiarowych	263
16.5.1. Rotacje wokół trzech osi	263
16.5.2. Reguła prawej dłoni	265
16.5.3. Macierze trójwymiarowych obrotów	266
16.5.4. Rotacje wielokrotne	266
16.5.5. Kąty Eulera	267
16.5.6. Liczba oddzielnych rotacji kątów Eulera	269
16.6. Zaawansowane zagadnienia związane z przekształceniami trójwymiarowymi	269
16.7. Podsumowanie	270
16.8. Literatura uzupełniająca	270
Bibliografia	270
Dodatek A. Jednostki miary	271
Dodatek B. Podstawy matematyczne	273