

Spis treści

Przedmowa ▷ 11

1. Wprowadzenie ▷ 15

1.1. Inteligencja a proces myślenia ▷ 15

1.2. Podstawowe zagadnienia sztucznej inteligencji ▷ 16

2. Podstawowe wiadomości o systemach
ekspertowych ▷ 20

2.1. Podstawowe koncepcje systemów ekspertowych ▷ 20

2.1.1. Struktura systemów ekspertowych ▷ 23

2.1.2. Rodzaje systemów ekspertowych ▷ 25

2.2. Właściwości systemów ekspertowych ▷ 28

2.2.1. Poprawność systemu ▷ 28

2.2.2. Uniwersalność ▷ 29

2.2.3. Złożoność ▷ 29

2.2.4. Autoanaliza ▷ 30

2.2.5. Zdolność udoskonalania bazy wiedzy ▷ 30

2.3. Baza wiedzy ▷ 31

2.3.1. Rodzaje baz wiedzy ▷ 31

2.3.2. Programy redakcyjne do tworzenia baz wiedzy ▷ 33

2.3.3. Przebudowa bazy wiedzy ▷ 33

2.3.4. Automatyzacja procesu tworzenia bazy wiedzy ▷ 34

2.4. Narzędzia do tworzenia systemów ekspertowych ▷ 34

2.5. Systemy ekspertowe czasu rzeczywistego ▷ 38

2.5.1. Charakterystyka systemów

ekspertowych czasu rzeczywistego ▷ 38

2.5.2. Podstawowe wymagania stawiane systemom czasu rzeczywistego	▷ 40
2.5.2.1. Reguły wyzwalane co pewien czas	▷ 40
2.5.2.2. Wnioskowanie czasowe	▷ 40
2.5.2.3. Koncentracja uwagi	▷ 42
2.5.2.4. Działanie ciągle	▷ 42
3. Metody reprezentacji wiedzy	▷ 43
3.1. Wiedza oraz sposoby jej reprezentacji	▷ 43
3.2. Rachunek zdań	▷ 46
3.3. Stwierdzenia	▷ 47
3.4. Regułowa reprezentacja wiedzy	▷ 49
3.4.1. Rodzaje reguł	▷ 50
3.4.2. Wektory wiedzy	▷ 52
3.5. Rachunek predykatów	▷ 54
3.5.1. Podstawy rachunku predykatów	▷ 54
3.5.2. Język rachunku predykatów pierwszego rzędu	▷ 54
3.6. Sieci semantyczne	▷ 57
3.7. Reprezentacja wiedzy za pomocą ram	▷ 58
3.7.1. Struktura ramy	▷ 59
3.7.2. Podstawowe właściwości ram	▷ 62
3.7.3. Wnioskowanie w systemach ramowych	▷ 65
3.7.4. Rozszerzona reprezentacja ramowa	▷ 66
3.8. Modele obliczeniowe	▷ 67
3.8.1. Reprezentacja zadań obliczeniowych	▷ 67
3.8.2. Koncepcja modeli obliczeniowych	▷ 68
3.8.3. Proste modele obliczeniowe	▷ 70
4. Heurystyki i metody przeszukiwania	▷ 72
4.1. Heurystyki	▷ 72
4.2. Reprezentacja zadań i przestrzeni przeszukiwań	▷ 73
4.3. Strategie przeszukiwania grafów	▷ 74
4.3.1. Strategia w głąb	▷ 75
4.3.2. Strategia z powracaniem	▷ 76
4.3.3. Strategia wszerek	▷ 77
4.3.4. Strategia zachłanna	▷ 77
4.3.5. Strategia „najpierw najlepszy”	▷ 77

4.3.6. Strategia A* ▷ 78

4.3.7. Przykład wyznaczania funkcji heurystycznych ▷ 79

5. Metody wnioskowania ▷ 81

5.1. Wnioskowanie w przód ▷ 81

5.2. Sterowanie wnioskowaniem ▷ 83

5.3. Wnioskowanie wstecz ▷ 84

5.4. Wnioskowanie mieszane ▷ 86

5.5. Wnioskowanie rozmyte ▷ 88

5.5.1. Wstęp do zbiorów i liczb rozmytych ▷ 88

5.5.2. Koncepcja wnioskowania rozmytego ▷ 91

6. Pozyskiwanie wiedzy ▷ 97

6.1. Podstawowe zagadnienia uczenia się maszyn ▷ 97

6.2. Strategie uczenia się ▷ 98

6.3. Metody realizacji symbolicznych

algorytmów uczących się na przykładach ▷ 101

6.3.1. Generowanie reguł za pomocą drzew decyzyjnych ▷ 101

6.3.2. Metoda pozyskiwania wiedzy za pomocą
generowania pokryć ▷ 106

6.3.3. Pozyskiwanie wiedzy za pomocą sieci semantycznych ▷ 108

6.4. Metodyka tworzenia bazy wiedzy ▷ 109

6.4.1. Etapy konstruowania bazy wiedzy ▷ 109

6.4.2. Sposoby pozyskiwania wiedzy eksperta ▷ 110

6.5. Badanie poprawności bazy wiedzy ▷ 111

6.5.1. Spójność ▷ 111

6.5.1.1. Sprzeczność reguł ▷ 112

6.5.1.2. Reguły pochłaniające ▷ 112

6.5.1.3. Niepotrzebne warunki ▷ 112

6.5.1.4. Zapętlenie reguł ▷ 113

6.5.1.5. Wielokrotne odwołanie do jednego atrybutu ▷ 113

6.5.2. Kompletność bazy reguł ▷ 114

7. Architektura systemów ekspertowych ▷ 115

7.1. Architektura maszyny wnioskującej progresywnie ▷ 115

7.2. Architektura maszyny wnioskującej regresywnie ▷ 116

7.2.1. Opis działania maszyny wnioskującej	▷ 117
7.2.2. Struktury danych	▷ 120
7.3. System z rozbudowanym sposobem sterowania wnioskowaniem	▷ 123
7.4. System objaśniający	▷ 125
8. Systemy hybrydowe	▷ 127
8.1. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem systemów uczących się	▷ 127
8.1.1. Podstawowe paradygmaty uczenia się maszyn	▷ 128
8.1.1.1. Uczenie się bez nadzoru	▷ 129
8.1.1.2. Uczenie się z nadzorem	▷ 129
8.1.1.3. Uczenie się ze wzmocnieniem	▷ 130
8.1.2. Algorytmy uczenia się ze wzmocnieniem	▷ 131
8.1.2.1. Algorytm czasowego przypisania zasługi	▷ 131
8.1.2.2. Metody różnic czasowych	▷ 132
8.1.3. Zastosowania systemów uczących się	▷ 133
8.1.4. Problem predykcji szeregów czasowych	▷ 134
8.2. Podstawy sztucznych sieci neuronowych	▷ 136
8.2.1. Ogólne właściwości sieci neuronowych	▷ 136
8.2.2. Sieć Hopfielda	▷ 141
8.2.3. Sieć Hamminga	▷ 143
8.2.4. Perceptron wielowarstwowy	▷ 144
8.2.4.1. Ustawianie wartości wag dla neuronów warstwy wyjściowej	▷ 146
8.2.4.2. Ustawianie wartości wag w warstwach ukrytych	▷ 147
8.2.4.3. Metody poprawy zbieżności algorytmu BP	▷ 147
8.3. Przykładowy szkieletowy system ekspertowy wykorzystujący sieć neuronową	▷ 148
8.3.1. Opis systemu ekspertowego opartego na sieci Hamminga	▷ 149
8.3.2. Przykłady realizacji systemów z wykorzystaniem sieci neuronowej	▷ 150
8.4. Techniki współpracy systemów ekspertowych z sieciami neuronowymi	▷ 151
8.5. Algorytmy ewolucyjne	▷ 153
8.5.1. Ogólne właściwości algorytmów genetycznych	▷ 153
8.5.2. Strategie ewolucyjne	▷ 156

8.6. Przykłady rozwiązywania problemu komiwojażera z wykorzystaniem sieci neuronowych i algorytmów genetycznych ▷ 158

8.6.1. Rozwiązywanie problemu komiwojażera za pomocą sieci Hopfielda ▷ 158

8.6.2. System hybrydowy z wykorzystaniem sieci neuronowej i algorytmu genetycznego ▷ 160

8.6.2.1. Funkcja dopasowania ▷ 161

8.6.2.2. Wyniki eksperymentów ▷ 162

9. Języki do tworzenia systemów ekspertowych ▷ 165

9.1. Podstawy języka Prolog ▷ 166

9.1.1. Podstawowe elementy składni języka Turbo Prolog ▷ 166

9.1.2. Formułowanie opisu w języku predykatów ▷ 168

9.1.3. Mechanizm wnioskowania ▷ 170

9.1.4. Przykład prostego systemu ekspertowego w Prologu ▷ 172

9.2. Przetwarzanie symboliczne w języku Lisp ▷ 176

9.2.1. Metody reprezentacji struktur listowych ▷ 176

9.2.1.1. Reprezentacja CONS ▷ 176

9.2.1.2. Reprezentacja list metodą kodowania wektora ▷ 177

9.2.1.3. Reprezentacja list metodą kodowania struktury ▷ 179

9.2.1.4. Utrzymanie pamięci ▷ 181

9.2.2. Rachunek λ -wrażeń ▷ 181

9.2.3. Podstawowe funkcje przetwarzania list ▷ 182

9.2.4. Przykład prostego systemu ekspertowego w Lispie ▷ 184

9.3. Tworzenie systemów ekspertowych w języku Clips ▷ 188

9.3.1. Podstawowe elementy składni języka Clips ▷ 188

9.3.1.1. Fakty ▷ 188

9.3.1.2. Reguły ▷ 190

9.3.1.3. Kontrola wykonywania programów ▷ 191

9.3.1.4. Zmienne ▷ 192

9.3.2. Maszyna wnioskująca ▷ 194

9.3.3. Wyrażenia matematyczne ▷ 195

9.3.4. Budowa reguł ▷ 197

9.3.5. Pliki i operacje dyskowe ▷ 200

9.3.6. Przykład prostego systemu ekspertowego w Clipsie ▷ 202

Dodatek 1. Właściwości niektórych dedykowanych systemów ekspertowych ▷ 205

Dodatek 2. Przykładowy prosty system ekspertowy w języku Turbo Pascal	▷ 211
Dodatek 3. Przykładowy prosty system ekspertowy w języku Gclisp	▷ 214
Dodatek 4. Przykładowy system ekspertowy w języku Clips	▷ 219
Literatura	▷ 224
Skorowidz	▷ 231