

## Spis treści

1. Wstęp .....	7
2. Sztuczne sieci neuronowe .....	13
2.1. Wprowadzenie .....	13
2.2. Wybrane algorytmy uczenia .....	34
2.2.1. Algorytm wstecznej propagacji błędów .....	34
2.2.2. Algorytm wstecznej propagacji błędów z członem momentum .....	36
2.2.3. Algorytm zmiennej metryki .....	37
2.2.4. Algorytm Levenberga-Marquardta .....	39
2.2.5. Porównanie algorytmów uczenia .....	40
2.2.6. Projektowanie architektury sieci .....	41
2.3. Sieci rekurencyjne .....	45
2.3.1. Sieć Hopfielda .....	46
2.3.2. Sieć Hamminga .....	47
2.3.3. Sieci wielowarstwowe ze sprzężeniem zwrotnym .....	48
2.3.4. Sieć BAM .....	49
2.4. Sieci samoorganizujące się z konkurencją .....	50
2.4.1. Sieci typu WTA .....	51
2.4.2. Sieci typu WTM .....	52
2.5. Sieci typu ART .....	54
2.6. Sieci radialne .....	57
2.7. Probabilistyczne sieci neuronowe .....	59
2.8. Sieci CNN .....	60
2.9. Sieci LSTM .....	63
3. Logika rozmyta .....	65
3.1. Wprowadzenie do logiki rozmytej .....	65
3.1.1. Podwójny zbiór rozmyty .....	69
3.1.2. Intuicjonistyczny zbiór rozmyty .....	70
3.1.3. Przedziałowy zbiór rozmyty .....	71
3.1.4. Zbiór niejasny .....	71

3.2. Liczby rozmyte .....	72
3.2.1. Liczby typu L-R .....	73
3.2.2. Liczby rozmyte zbudowane na dystrybuantach .....	75
3.2.3. Trójkątne liczby rozmyte .....	75
3.3. Skierowane liczby rozmyte .....	76
3.3.1. Operacje arytmetyczne na skierowanych liczbach rozmytych .....	77
3.3.2. Wyostrzanie skierowanych liczb rozmytych .....	84
3.3.3. Przykład praktyczny zastosowania wyostrzania skiero- wanych liczb rozmytych .....	86
3.3.4. Normalizacja skierowanych liczb rozmytych .....	92
4. Rozmyte sieci neuronowe .....	95
4.1. Sieć rozmyta FALCON .....	97
4.2. Sieć rozmyta ANFIS .....	99
4.3. Sieć rozmyta ze skierowanymi liczbami rozmytymi .....	101
4.3.1. Zasada działania sieci .....	101
4.3.2. Przykład i porównanie użycia rozmytej sieci neuro- nowej z tradycyjną siecią głęboką .....	106
4.3.3. Klasa skierowanych liczb rozmytych .....	111
4.4. Kod rozmytej sieci neuronowej w języku Python .....	122
4.4.1. Przykłady użycia opracowanej rozmytej sieci neuronowej ...	128
5. Podsumowanie .....	141
6. Bibliografia .....	145
7. Spis rycin .....	157
8. Spis tabel .....	159
Abstract .....	161