

# SPIS TREŚCI

|           |   |
|-----------|---|
| PRZEDMOWA | 9 |
|-----------|---|

|               |    |
|---------------|----|
| PODZIĘKOWANIA | 11 |
|---------------|----|

## 1

|       |    |
|-------|----|
| WSTĘP | 13 |
|-------|----|

## 2

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| PODSTAWOWE WŁAŚCIWOŚCI UKŁADU NERWOWEGO<br>CZŁOWIEKA | 18 |
|------------------------------------------------------|----|

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 2.1. Wiadomości wstępne               | 18 |
| 2.2. Budowa i działanie neuronu       | 20 |
| 2.3. Sieć neuronowa                   | 26 |
| 2.4. Właściwości pamięciowe mózgu     | 29 |
| 2.5. Metody badania sieci neuronowych | 31 |

## 3

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| MODELOWANIE NEURONU I SIECI NEURONOWEJ | 33 |
|----------------------------------------|----|

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 3.1. Modele pojedynczego neuronu         | 33 |
| 3.2. Opis neuronu z uwzględnieniem szumu | 37 |
| 3.3. Sztuczna sieć neuronowa             | 39 |

## 4

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| EWOLUCJA CZASOWA SZTUCZNYCH SIECI<br>NEURONOWYCH | 42 |
|--------------------------------------------------|----|

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Działanie sieci neuronowej                                       | 42 |
| 4.2. Podstawowe rodzaje dynamiki sztucznych sieci neuronowych         | 46 |
| 4.3. Porównanie dynamiki biologicznych i sztucznych sieci neuronowych | 48 |
| 4.4. Funkcja energetyczna sieci                                       | 48 |
| 4.5. Krajobraz energetyczny sieci                                     | 51 |
| 4.6. Porównanie efektywności różnych rodzajów dynamiki sieci          | 53 |

## 5

### SIECI NEURONOWE HOPFIELDA 56

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1. Model Hopfielda                                               | 56 |
| 5.2. Opis właściwości pamięciowych sieci neuronowej                | 58 |
| 5.3. Właściwości pamięciowe sieci Hopfielda                        | 59 |
| 5.4. Stabilność zapamiętanych wzorców                              | 62 |
| 5.5. Połączenia synaptyczne z szumem                               | 65 |
| 5.6. Sieci z rozrzedzeniem połączeń synaptycznych                  | 66 |
| 5.7. Sieci z połączeniami synaptycznymi ograniczonymi              | 68 |
| 5.8. Zapamiętywanie wzorców skorelowanych                          | 71 |
| 5.9. Oszacowanie pojemności pamięciowej sieci neuronowej człowieka | 73 |

## 6

### SIECI NEURONOWE KOMÓRKOWE 74

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 6.1. Wiadomości wstępne                       | 74 |
| 6.2. Struktura i dynamika sieci               | 74 |
| 6.3. Zastosowania sieci komórkowych           | 77 |
| 6.4. Właściwości pamięciowe sieci komórkowych | 80 |

## 7

### MECHANIKA STATYSTYCZNA SIECI NEURONOWYCH 84

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 7.1. Wiadomości wstępne                            | 84  |
| 7.2. Układy magnetyczne                            | 84  |
| 7.3. Opis ewolucji czasowej sieci neuronowej       | 92  |
| 7.4. Teoria pola średniego dla modelu Hopfielda    | 94  |
| 7.5. Obliczenie energii swobodnej modelu Hopfielda | 101 |
| 7.6. Pojemność pamięciowa sieci Hopfielda          | 103 |

## 8

### WYBRANE METODY BADANIA NIELINIOWYCH UKŁADÓW DYNAMICZNYCH 110

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 8.1. Nieliniowe układy dynamiczne i chaos    | 110 |
| 8.2. Ogólny opis układów nieliniowych        | 112 |
| 8.3. Atraktory układów nieliniowych          | 113 |
| 8.4. Przekroje Poincarégo                    | 114 |
| 8.5. Wykładniki Lapunowa                     | 115 |
| 8.6. Transformata Fouriera i widmo mocy      | 117 |
| 8.7. Diagramy przestrzenno-czasowe           | 118 |
| 8.8. Entropia wzorca                         | 121 |
| 8.9. Odchylenie średnie i aktywność neuronów | 123 |
| 8.10. Drogi do chaosu                        | 124 |
| 8.11. Stany przejściowe                      | 128 |

## 9

### DYNAMIKA NIELINIOWA SIECI NEURONOWYCH 130

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 9.1. Wiadomości wstępne           | 130 |
| 9.2. Dynamika małych sieci        | 131 |
| 9.3. Łańcuch neuronów             | 134 |
| 9.4. Sieć komórkowa z pobudzeniem | 142 |
| 9.5. Rezonans stochastyczny       | 150 |

## 10

### ZASTOSOWANIA CHAOTYCZNYCH UKŁADÓW NEURONOWYCH 156

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| 10.1. Właściwości pamięciowe sieci chaotycznych           | 156 |
| 10.2. Modelowanie zjawisk fizycznych w układach złożonych | 164 |
| 10.3. Optymalizacja w sieciach chaotycznych               | 170 |

## 11

### PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA SIECI KOMÓRKOWYCH – SYSTEM ANALIZY BEZPIECZEŃSTWA 177

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 11.1. Bezpieczeństwo pracy robota                | 177 |
| 11.2. System analizy bezpieczeństwa              | 179 |
| 11.3. Układ sieci komórkowych do ekstrakcji cech | 182 |
| 11.4. Lokalizacja położenia ramienia robota      | 184 |
| 11.5. Oprogramowanie systemu                     | 186 |

## 12

### MÓZG A SZTUCZNE SIECI NEURONOWE 188

### LITERATURA 193

### SKOROWIDZ 201