

# Spis treści

---

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ROZDZIAŁ 1. Definicja pojęcia „sztuczna inteligencja” .....</b>         | <b>11</b> |
| <b>ROZDZIAŁ 2. Silna i słaba sztuczna inteligencja .....</b>               | <b>13</b> |
| <b>ROZDZIAŁ 3. Przegląd klasycznych metod sztucznej inteligencji .....</b> | <b>16</b> |
| 3.1. Metody heurystyczne i metaheurystyczne .....                          | 16        |
| 3.2. Sztuczne sieci neuronowe .....                                        | 17        |
| 3.3. Uczenie maszynowe .....                                               | 18        |
| 3.4. Przetwarzanie języka naturalnego .....                                | 19        |
| 3.5. Algorytmy genetyczne i ewolucyjne .....                               | 20        |
| 3.6. Algorytmy mrówkowe i inteligencja roju .....                          | 20        |
| 3.7. Sztuczne życie .....                                                  | 22        |
| 3.8. Sztuczna inteligencja w procesach wydobywania wiedzy z danych .....   | 23        |
| 3.9. Metody hybrydowe .....                                                | 24        |
| 3.10. Metody na pograniczu sztucznej inteligencji .....                    | 24        |
| 3.11. Co dalej ze sztuczną inteligencją? Możliwości i zagrożenia .....     | 25        |
| <b>ROZDZIAŁ 4. Algorytmy genetyczne i ewolucyjne .....</b>                 | <b>27</b> |
| 4.1. Idea algorytmów genetycznych i ewolucyjnych .....                     | 27        |
| 4.2. Klasyczny algorytm genetyczny .....                                   | 29        |
| 4.3. Operatory genetyczne .....                                            | 30        |
| 4.4. Przykłady operacji krzyżowania i mutacji .....                        | 30        |
| 4.5. Przykłady wykorzystania algorytmu genetycznego .....                  | 32        |
| 4.5.1. Szukanie ekstremum funkcji jednej zmiennej .....                    | 32        |
| 4.5.2. Rozwiązanie problemu plecakowego ....                               | 36        |
| 4.6. Strategie ewolucyjne .....                                            | 39        |
| 4.7. Eksploracja i eksploatacja .....                                      | 40        |
| 4.8. Porównanie metod selekcji .....                                       | 41        |
| 4.9. Metody skalowania funkcji dostosowania .....                          | 42        |
| 4.10. Specjalne procedury reprodukcji .....                                | 44        |

|                                                   |                                                                                               |           |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.11.                                             | Programowanie genetyczne .....                                                                | 46        |
| 4.12.                                             | Poszukiwanie ekstremum funkcji<br>wielu zmiennych z dużą dokładnością .....                   | 47        |
| <b>ROZDZIAŁ 5. Algorytm mrówkowy .....</b>        |                                                                                               | <b>50</b> |
| 5.1.                                              | Główne różnice w zachowaniu „sztucznych<br>mrówek” w porównaniu z rzeczywistymi .....         | 50        |
| 5.2.                                              | Podstawowe parametry wejściowe<br>algorytmu mrówkowego .....                                  | 51        |
| 5.3.                                              | Wpływ ilości pozostawionego feromonu<br>w punktach grafu .....                                | 53        |
| 5.4.                                              | Wpływ liczby mrówek biorących udział<br>w eksperymencie .....                                 | 54        |
| 5.5.                                              | Wpływ liczby punktów do wyboru<br>przez mrówki .....                                          | 55        |
| 5.6.                                              | Wpływ metody wyboru kolejnego<br>punktu grafu przez mrówkę .....                              | 55        |
| 5.7.                                              | Stopień nasycenia feromonem<br>poszczególnych punktów grafu<br>po zakończeniu symulacji ..... | 56        |
|                                                   | Podsumowanie .....                                                                            | 56        |
| <b>ROZDZIAŁ 6. Sztuczne sieci neuronowe .....</b> |                                                                                               | <b>58</b> |
| 6.1.                                              | Sieci neuronowe biologiczne .....                                                             | 58        |
| 6.2.                                              | Budowa i działanie sztucznego neuronu .....                                                   | 59        |
| 6.3.                                              | Funkcje aktywacji .....                                                                       | 61        |
| 6.4.                                              | Perceptron .....                                                                              | 62        |
| 6.5.                                              | Model neuronu sigmoidalnego .....                                                             | 66        |
| 6.6.                                              | Dlaczego sieci neuronowe? .....                                                               | 66        |
| 6.7.                                              | Topologie sieci neuronowych .....                                                             | 68        |
| 6.7.1.                                            | Sieci jednokierunkowe .....                                                                   | 68        |
| 6.7.2.                                            | Algorytm wstecznej<br>propagacji błędów .....                                                 | 69        |
| 6.7.3.                                            | Sieci rekurencyjne .....                                                                      | 70        |
| 6.7.4.                                            | Sieci komórkowe<br>samoorganizujące się .....                                                 | 73        |
| 6.7.5.                                            | Sieci samoorganizujące<br>z konkurencją .....                                                 | 74        |
| 6.7.6.                                            | Wykorzystanie sieci<br>samoorganizujących .....                                               | 76        |

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ROZDZIAŁ 7. Uczenie maszynowe .....</b>                               | <b>77</b>  |
| 7.1. Modele uczenia maszynowego .....                                    | 77         |
| 7.1.1. Uczenie nadzorowane<br>(z nauczycielem) .....                     | 77         |
| 7.1.2. Uczenie nienadzorowane<br>(bez nauczyciela) .....                 | 78         |
| 7.1.3. Uczenie ze wzmocnieniem .....                                     | 78         |
| 7.2. Głębokie uczenie się .....                                          | 79         |
| 7.3. Zautomatyzowane uczenie maszynowe<br>(AutoML) .....                 | 80         |
| <b>ROZDZIAŁ 8. Sztuczne życie .....</b>                                  | <b>82</b>  |
| 8.1. Definicja sztucznego życia .....                                    | 82         |
| 8.2. Model Lotki-Volterry .....                                          | 83         |
| 8.3. Autorski model pełzacze i bakterie .....                            | 85         |
| 8.4. Symulacja choroby i leczenia organizmu .....                        | 93         |
| <b>ROZDZIAŁ 9. Metody wykorzystujące zbiory<br/>rozmyte typu 1. ....</b> | <b>96</b>  |
| 9.1. Podstawowe pojęcia<br>teorii zbiorów rozmytych typu 1. ....         | 96         |
| 9.2. Operacje na zbiorach rozmytych .....                                | 100        |
| 9.3. Relacje rozmyte .....                                               | 101        |
| 9.4. Przykłady zastosowań<br>teorii zbiorów rozmytych .....              | 103        |
| 9.4.1. Rozmyta metoda Delphi .....                                       | 103        |
| 9.4.2. Rozmyta metoda PERT .....                                         | 103        |
| 9.5. Podejmowanie decyzji<br>w otoczeniu rozmytym .....                  | 104        |
| 9.5.1. Przydział dywidendy .....                                         | 105        |
| 9.5.2. Polityka zatrudnienia .....                                       | 105        |
| 9.6. Przybliżone wnioskowanie .....                                      | 105        |
| 9.6.1. Wnioskowanie w logice<br>dwuwartościowej .....                    | 105        |
| 9.6.2. Wnioskowanie w logice rozmytej .....                              | 106        |
| 9.7. Sterowanie rozmyte .....                                            | 108        |
| <b>ROZDZIAŁ 10. Systemy ekspertowe.<br/>Metody wnioskowania .....</b>    | <b>111</b> |
| 10.1. Definicja systemu ekspertowego .....                               | 111        |
| 10.2. Ogólna budowa systemu ekspertowego .....                           | 112        |

|                                                           |                                                                                                          |            |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 10.3.                                                     | Drzewa decyzyjne .....                                                                                   | 117        |
| 10.4.                                                     | Metodologia wnioskowania .....                                                                           | 122        |
| 10.4.1.                                                   | Wnioskowanie dedukcyjne<br>a indukcyjne .....                                                            | 122        |
| 10.4.2.                                                   | Wnioskowanie dedukcyjne<br>(udowodnienie celu) .....                                                     | 125        |
| 10.4.3.                                                   | Wnioskowanie indukcyjne<br>(od danych do celu) .....                                                     | 132        |
| 10.4.4.                                                   | Wnioskowanie mieszane .....                                                                              | 137        |
| <b>ROZDZIAŁ 11. Inteligentna analiza danych .....</b>     |                                                                                                          | <b>138</b> |
| 11.1.                                                     | Eksploracja danych .....                                                                                 | 138        |
| 11.2.                                                     | Analityczne przetwarzanie danych .....                                                                   | 139        |
| 11.3.                                                     | Klasyczne metody eksploracji danych .....                                                                | 140        |
| 11.4.                                                     | Inteligentne metody eksploracji danych .....                                                             | 141        |
| 11.5.                                                     | Podstawowe własności analizy skupień .....                                                               | 144        |
| 11.6.                                                     | Metoda k-średnich (k-means) .....                                                                        | 145        |
| 11.7.                                                     | Przykładowa aplikacja analizy danych<br>metodą k-means .....                                             | 149        |
| <b>ROZDZIAŁ 12. Metody hybrydowe i koewolucyjne .....</b> |                                                                                                          | <b>151</b> |
| 12.1.                                                     | Metody hybrydowe .....                                                                                   | 151        |
| 12.1.1.                                                   | Algorytmy ewolucyjne<br>w projektowaniu<br>sieci neuronowych .....                                       | 151        |
| 12.1.2.                                                   | Algorytmy ewolucyjne w uczeniu<br>wag sieci neuronowych .....                                            | 152        |
| 12.1.3.                                                   | Algorytmy ewolucyjne do uczenia<br>wag i określania architektury<br>sieci neuronowych jednocześnie ..... | 153        |
| 12.1.4.                                                   | Adaptacyjne rozmyte<br>algorytmy ewolucyjne .....                                                        | 154        |
| 12.1.5.                                                   | Algorytmy ewolucyjne<br>w projektowaniu systemów<br>rozmytych .....                                      | 156        |
| 12.1.6.                                                   | Dopasowanie funkcji<br>przynależności za pomocą<br>algorytmu genetycznego .....                          | 157        |
| 12.2.                                                     | Algorytmy koewolucyjne .....                                                                             | 157        |
| 12.3.                                                     | Algorytmy koewolucyjne — podsumowanie ....                                                               | 160        |
| 12.4.                                                     | Podsumowanie rozdziału 12. ....                                                                          | 161        |

**ROZDZIAŁ 13. Przetwarzanie języka naturalnego ..... 162**

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 13.1. Języki naturalne i formalne .....                                    | 162 |
| 13.2. Historia rozwoju NLP .....                                           | 163 |
| 13.3. Poziomy analizy języka naturalnego .....                             | 164 |
| 13.4. Analiza składniowa (syntaktyczna) .....                              | 165 |
| 13.4.1. Gramatyki generatywne<br>Chomsky'ego .....                         | 165 |
| 13.5. Analiza semantyczna (znaczeniowa) .....                              | 169 |
| 13.5.1. Podejście strukturalne<br>do opisu semantyki .....                 | 169 |
| 13.5.2. Symetryczna macierz<br>współwystępowania słów .....                | 171 |
| 13.5.3. Reprezentacja wektorowa słowa<br>(metody Word2vec i Doc2vec) ..... | 172 |
| 13.5.4. Podobieństwo cosinusowe<br>wektorów słów .....                     | 174 |
| 13.5.5. Modelowanie językowe BERT .....                                    | 175 |
| 13.6. Model GPT-3 .....                                                    | 177 |
| 13.7. Analiza sentymentu .....                                             | 182 |

**Podsumowanie ..... 185****Bibliografia ..... 189**