

---

# Spis treści

|          |   |    |
|----------|---|----|
| <b>1</b> | <b>Wstęp</b> .....  | 1  |
| <b>2</b> | <b>Reprezentacja danych ruchu</b> .....                             | 5  |
| 2.1      | Podjęcie bezmodelowe .....  | 5  |
| 2.2      | Modele postaci .....  | 7  |
| 2.2.1    | Markerowe systemy pomiaru ruchu .....                               | 9  |
| 2.2.2    | Bezmarkerowe wizyjne systemy pomiaru ruchu .....                    | 11 |
| 2.2.3    | Pozostałe systemy akwizycji danych ruchu .....                      | 13 |
| <b>3</b> | <b>Rozpoznawanie pojedynczej pozy</b> .....                         | 17 |
| 3.1      | Podobieństwo pozy .....   | 17 |
| 3.2      | Zgromadzona baza póz .....  | 18 |
| 3.3      | Zastosowane klasyfikatory .....                                     | 19 |
| 3.3.1    | Optymalny klasyfikator Bayesa .....                                 | 20 |
| 3.3.1.1  | Klasyfikator Bayesa z rozkładem normalnym ..                        | 21 |
| 3.3.1.2  | Naiwny klasyfikator Bayesa .....                                    | 22 |
| 3.3.1.3  | Estymator jądrowy .....   | 22 |
| 3.3.1.4  | Klasyfikator najbliższych sąsiadów .....                            | 24 |
| 3.3.2    | Lasy losowe .....   | 26 |
| 3.3.3    | Wielowarstwowy perceptron .....                                     | 28 |
| 3.4      | Wyniki klasyfikacji .....   | 33 |
| 3.5      | Redukcja wymiarowości przestrzeni pozy .....                        | 36 |
| 3.5.1    | Analiza składowych głównych (PCA) .....                             | 38 |
| 3.5.2    | Analiza składowych głównych w wersji jądrowej<br>(Kernel PCA) ..... | 41 |
| 3.5.3    | Wyniki eksperymentów .....  | 42 |
| 3.6      | Wnioski .....   | 47 |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>4</b> | <b>Identyfikacja chodu</b>   | <b>49</b> |
| 4.1      | Weryfikacja hipotezy o umiejętności człowieka do identyfikacji osobniczej na podstawie chodu | 50        |
| 4.1.1    | Wrażliwość i specyficzność   | 53        |
| 4.1.2    | Uzyskane wyniki  | 54        |
| 4.1.2.1  | Wariant 1  | 54        |
| 4.1.2.2  | Wariant 2  | 55        |
| 4.1.2.3  | Wariant 3  | 55        |
| 4.1.2.4  | Wariant 4  | 56        |
| 4.1.2.5  | Wariant 5  | 57        |
| 4.1.2.6  | Wariant 1 (studenci)   | 57        |
| 4.1.2.7  | Sylwetki wariant 1   | 58        |
| 4.1.2.8  | Sylwetki wariant 2   | 58        |
| 4.1.3    | Wnioski  | 59        |
| 4.2      | Identyfikacja na podstawie ścieżek chodu   | 61        |
| 4.2.1    | Zgromadzona baza przejść   | 61        |
| 4.2.2    | Przetwarzanie wstępne  | 63        |
| 4.2.2.1  | Detekcja pełnego kroku   | 63        |
| 4.2.2.2  | Skalowanie domeny czasowej   | 65        |
| 4.2.3    | Ścieżki chodu  | 65        |
| 4.2.3.1  | Filtracja wstępna  | 67        |
| 4.2.4    | Ekstrakcja cech  | 69        |
| 4.2.4.1  | Prędkości i przyspieszenia   | 70        |
| 4.2.4.2  | Podejście statystyczne   | 73        |
| 4.2.4.3  | Histogram  | 74        |
| 4.2.4.4  | Składowe Fouriera  | 76        |
| 4.2.4.5  | Linia czasowa  | 78        |
| 4.2.5    | Selekcja cech  | 79        |
| 4.2.6    | Przeprowadzone eksperymenty  | 81        |
| 4.2.7    | Zbiorcze wyniki przeprowadzonych eksperymentów i wnioski                                     | 82        |
| 4.2.8    | Identyfikacja na podstawie pozy startowej i końcowej   | 88        |
| 4.2.8.1  | Detekcja pozy startowej  | 89        |
| 4.2.8.2  | Ekstrakcja cech  | 90        |
| 4.2.9    | Wyniki i wnioski   | 91        |
| 4.3      | Ekstrakcja cech generycznych na bazie redukcji wymiarowości danych tensorowych               | 92        |
| 4.3.1    | Rachunek tensorowy   | 93        |
| 4.3.2    | Wieloliniowa analiza składowych głównych   | 96        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 4.3.3    | Tensorowa redukcja danych ruchu w podejściu bezmodelowym . . . . .   | 97         |
| 4.3.4    | Tensorowa redukcja kinematycznych danych ruchu . . . . .   | 101        |
| 4.3.5    | Automatyczna selekcja cech . . . . .   | 102        |
| 4.4      | Klasyfikacja na bazie statystyk kwaternionowych . . . . .  | 108        |
| 4.4.1    | Algebra kwaternionów . . . . .   | 109        |
| 4.4.2    | Statystyki kwaternionowe . . . . .   | 112        |
| 4.4.2.1  | Funkcja odległości rotacji . . . . .   | 112        |
| 4.4.2.2  | Średnia . . . . .  | 117        |
| 4.4.2.3  | Mediana . . . . .  | 119        |
| 4.4.2.4  | Odchylenie standardowe . . . . .   | 119        |
| 4.4.2.5  | Główny kierunek zmian . . . . .  | 120        |
| 4.4.2.6  | Klasyfikacja cech kwaternionowych . . . . .  | 121        |
| 4.5      | Transformata dynamicznego marszczenia czasu . . . . .  | 126        |
| 4.5.1    | Programowanie dynamiczne . . . . .   | 126        |
| 4.5.2    | Modyfikacje podstawowej transformaty dynamicznego marszczenia czasu . . . . .                                    | 129        |
| 4.5.3    | Klasyfikacja danych z zadaniem modelem szkieletowym . . . . .  | 131        |
| 4.5.3.1  | Selekcja stawów . . . . .  | 134        |
| 4.5.4    | Klasyfikacja przejść bazy CASIA . . . . .  | 137        |
| 4.5.4.1  | Redukcja wymiarowości ISOMAP . . . . .   | 138        |
| 4.5.4.2  | Redukcja wymiarowości LLE . . . . .  | 140        |
| 4.5.4.3  | Wyniki identyfikacji . . . . .   | 141        |
| 4.6      | Niejawne modele Markova . . . . .  | 143        |
| <b>5</b> | <b>Klasyfikacja danych ruchu w zastosowaniach medycznych . . . . .</b>   | <b>149</b> |
| 5.1      | Diagnoza coxartrozy na podstawie zredukowanych trajektorii chodu . . . . .                                       | 149        |
| 5.1.1    | Zgromadzona baza przejść . . . . .   | 150        |
| 5.1.2    | Redukcja wymiarowości . . . . .  | 151        |
| 5.1.3    | Analiza widmowa . . . . .  | 154        |
| 5.1.4    | Automatyczna klasyfikacja . . . . .  | 156        |
| 5.2      | Ocena skuteczności leczenia w chorobie Parkinsona na podstawie selekcji charakterystycznych cech chodu . . . . . | 156        |
| 5.3      | Indeksy chodu . . . . .  | 159        |
| 5.4      | Ocena asymetrii chodu z wykorzystaniem korelacji krzyżowej i transformaty DTW . . . . .                          | 161        |
|          | <b>Literatura . . . . .</b>  | <b>163</b> |

## VIII

- A Nazwy segmentów modeli szkieletowych dla oprogramowania Vicon Blade i Vicon Nexus .....171
- B Selekcja stawów na bazie klasyfikacji DTW dla różnych funkcji niepodobieństwa rotacji .....173