

# Streszczenie

Wpływ przeciążeń oraz siedzącego trybu życia na stan stawów kolanowych jest związany z zależnością struktury stawu od sił działających na jego powierzchnie oraz od regularnego ruchu. Zarówno nadmierne obciążanie powierzchni stawowych, jak i brak aktywności fizycznej może prowadzić do degradacji chrząstki i redukcji ilości i jakości płynu stawowego. Małe uszkodzenia niepowodujące bólu mogą z czasem przyczyniać się do poważniejszych zaburzeń stawu kolanowego. Wibroartrografia (VAG) jest metodą obrazowania jakości funkcjonowania stawu poprzez pomiar wibracji generowanych podczas ruchu, tworząc sygnał VAG. Pomimo znacznej liczby badań dotyczących przetwarzania sygnału VAG, w literaturze nadal brakuje zgody co do niektórych metod przetwarzania i cech ekstrahowanych z sygnału VAG.

W niniejszej dysertacji przedstawione zostały badania sygnałów VAG zarejestrowanych ze stawów kolanowych należących do pięciu klas: trzech stopni chondromalacji rzepki, choroby zwyrodnieniowej oraz grupy kontrolnej zawierającej zdrowe stawy kolanowe. W tezie pracy zawarto, że metody cyfrowego przetwarzania sygnałów w kontekście analizy sygnałów VAG, szczególnie w dziedzinie czasu, częstotliwości oraz czasowo-częstotliwościowej, umożliwią ekstrakcję cech prowadzących do wyższej niż obecnie (0.69) dokładności klasyfikacji. Teza została udowodniona poprzez szczegółową analizę wyodrębnionych cech sygnału, optymalizację cech parametrycznych oraz wybór najbardziej informatywnego zestawu cech. Najdokładniejszym klasyfikatorem okazała się Liniowa Maszyna Wektorów Nośnych uczona z wykorzystaniem 110 cech, osiągając dokładność klasyfikacji na poziomie 0.80.

Ograniczenia badań obejmują zastosowanie stosunkowo prostych metod przetwarzania wstępnego, potencjalnie ograniczając informatywność sygnału. Ponadto, informatywne cechy zostały wybrane na podstawie ich *średniej* możliwości różnicowania par klas. Wykorzystanie informacji o konkretnych parach klas mogłoby poprawić wyniki klasyfikacji. Ograniczeniem jest także ekstrakcja cech czasowo-częstotliwościowych przeprowadzona na całym spektrum. Ograniczenie analiz tylko do informatywnych zakresów częstotliwości mogłoby poprawić wyniki. Wreszcie, brak informacji o fazie ruchu stawu kolanowego zsynchronizowanych z sygnałem VAG może być uznany za ograniczenie, ponieważ w poprzednich badaniach, segmentacja sygnału prowadziła do podniesienia informatywności ekstrahowanych cech.

Z przeprowadzonych badań wyciągnięte zostały następujące wnioski. Cechy wyekstrahowane z dziedziny czasu sygnału filtrowanego, z azwyczaj są bardziej informatywne niż te obliczone na sygnale surowym lub pochodnej sygnału. Najbardziej informatywny zakres częstotliwości to ok. 10 Hz do 350 Hz. Algorytm Maximum Relevance Minimum Redundancy dostarcza bardziej informatywnego zestawu cech, w porównaniu z Analizą Głównych Składowych. Postępująca degeneracja stawu kolanowego zwykle prowadzi do wzrostu mocy, zmienności i złożoności sygnału VAG, oraz spadku cech mierzących efekt długiej pamięci. W przyszłych badaniach wartościami byłoby rozważenie niższych częstotliwości próbkowania, rozszerzenie sygnału informacjami o fazie ruchu i przeprowadzania analizy czasowo-częstotliwościowej w ściśle określonym zakresie częstotliwości.

**Słowa kluczowe:** wibroartrografia, VAG, przetwarzanie sygnału, ekstrakcja cech, analiza czasowo-częstotliwościowa, system ekspercki, klasyfikacja, automatyczna diagnostyka.