

**WYDZIAŁ MECHANICZNY TECHNOLOGICZNY  
KATEDRA MECHANIKI  
I INŻYNIERII OBLICZENIOWEJ**

Mgr inż. Tomasz Schlieter

**OPTYMALNE PROJEKTOWANIE UKŁADÓW MECHANICZNYCH  
DLA WIELU KRYTERIÓW  
Z WYKORZYSTANIEM METOD OBLICZEŃ MIĘKKICH**

Promotor:

**Dr hab. inż. Adam Długosz, prof. PŚ**

Gliwice, 2021

## STRESZCZENIE

W rozprawie podjęto tematykę optymalnego projektowania układów mechanicznych z uwzględnieniem wielu kryteriów. W przeglądzie literatury przedstawiono podstawowe informacje na temat procesu projektowania ze szczególnym uwzględnieniem zadań optymalizacyjnych. Dokonano przeglądu metody elementów skończonych jako narzędzia symulacyjnego z punktu widzenia optymalizacji układów mechanicznych. Dokonano przeglądu metryk i funkcji testowych w kontekście oceny wydajności algorytmów optymalizacji. Opisano techniki wizualizacji usprawniające proces podejmowania decyzji po optymalizacji.

W następnej części rozprawy przedstawiono opracowany algorytm optymalizacji wielokryterialnej należący do grupy metod obliczeń miękkich. Proponowany algorytm oparty jest na ewolucji różnicowej oraz elementach teorii gier. Proponowany algorytm wykorzystuje kooperacyjne podejście teorii gier i eliminuje niektóre wady innych metod obliczeń miękkich. Omówiono podstawy teorii gier i ewolucji różnicowej. Ogólna idea zaproponowanego algorytmu została opisana i przedstawiona za pomocą schematu blokowego, pseudokodu oraz uzupełniona przykładem. Krótko opisano implementację algorytmu w języku programowania C++. Omówiono metody wymiany informacji pomiędzy opracowanym algorytmem a oprogramowaniem MES odpowiedzialnym za numeryczne wyznaczanie wartości funkcji celu w trakcie optymalizacji.

W dalszej części rozprawy algorytm jest kompleksowo przetestowany z wykorzystaniem opisanych wcześniej funkcji testowych oraz metryk. Wykorzystywany jest zestaw matematycznych funkcji testowych wykazujących cechy charakterystyczne dla układów mechanicznych. Jakość wyników oceniana jest za pomocą wskaźnika hiperobjętości. Średnia i odchylenie standardowe metryk są obliczane dla 30 przebiegów algorytmu i porównywane z wynikami uzyskanymi przez inne algorytmy optymalizacji wielokryterialnej: NSGA-II i NSGA-III. Badane są problemy testowe o różnej liczbie zmiennych projektowych (do 20) i funkcji celu (do 8). Udowodniono skuteczność i konkurencyjność zaproponowanego algorytmu.

W dalszej części rozprawy przedstawiono przykłady zastosowania opracowanego narzędzia w optymalnym projektowaniu układów mechanicznych. Analizie poddano zestaw trzech problemów analitycznych: projekt zbiornika ciśnieniowego, projekt przekładni oraz projekt belki wspornikowej o zmiennym przekroju. Problemy te powstały w wyniku transformacji jednokryterialnych zadań optymalizacyjnych z ograniczeniami w zadania wielokryterialne. Ponadto, algorytm jest użyty do rozwiązywania złożonych zadań numerycznych: optymalizacji profilu lotniczego, optymalizacji mikroaktuatorów elektrotermicznych oraz optymalizacji wieloskalowych materiałów porowatych. W tych zadaniach wartości funkcji celu są uzyskiwane za pomocą metody elementów skończonych w oparciu o modele parametryczne. Dla każdego z analizowanych problemów algorytm znalazł zbiór nowych, zróżnicowanych rozwiązań. Wyniki przedstawiono w postaci tabel, wykresów i rysunków. Na podstawie dodatkowo ustalonych preferencji oraz przy wykorzystaniu zaproponowanych narzędzi wizualizacyjnych wspomagano proces podejmowania decyzji po optymalizacyjnych, w wyniku którego otrzymano zawężony zbiór rozwiązań.