



prof. dr hab. inż. Michał Nowak
Zakład Inżynierii Wirtualnej
Instytut Mechaniki Stosowanej
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Poznańska
tel. + 48 665 2041
e-mail: michal.nowak@put.poznan.pl

Poznań 16.05.2023

OPINIA

promotora dotycząca rozprawy doktorskiej mgr inż. Jana Polaka zatytułowanej “Building parametric geometric models for CAD systems based on topological optimization results” (“Budowa parametrycznych modeli geometrycznych dla systemów CAD na podstawie wyników optymalizacji topologicznej”)

Rozprawa doktorska magistra inżyniera Jana Polaka, zatytułowana “Building parametric geometric models for CAD systems based on topological optimization results” (“Budowa parametrycznych modeli geometrycznych dla systemów CAD na podstawie wyników optymalizacji topologicznej”) wpisuje się w obszar badawczy inżynierii wirtualnej. Szczegółowo badany jest problem budowy geometrycznych modeli parametrycznych dla systemów CAD na podstawie wyników optymalizacji topologicznej. Optymalizacja topologiczna jest obecnie jednym z standardowych etapów procesu projektowania elementów mechanicznych. Możliwość zamiany wyniku na model parametryczny, który można dalej przetwarzać w systemach CAD, znacząco poprawia efektywność projektowania wirtualnego. Drugim, istotnym czynnikiem decydującym o istotności podjętej tematyki jest intensywny rozwój technik wytwarzania addytywnego, który dopuszcza zdecydowanie większą różnorodność form, znacznie zwiększając możliwości kształtowania złożonych kształtów. Ze względu na brak dostępnych metod parametryzacji wiodącą techniką przygotowania wyników optymalizacji do wytwarzania technikami addytywnymi jest wygładzanie siatki i ręczna obróbka danych. Podjęcie tematu ma więc istotne znaczenie użytkowe.

Na podstawie szczegółowego przeglądu literatury doktorant sformułował tezę, że problem parametryzacji wyników optymalizacji topologicznej, jeżeli klasę rozwiązań zostanie ograniczona do układów belkowych, można rozwiązać budując modele przy



pomocy rozpoznawania brył. Do szczegółowych badań wytypowano dwa podejścia: rozpoznawanie cech przy użyciu transformacji Hougha oraz podejście bazujące na operacji szkieletyzacji siatki. Doktorant zaproponował efektywny sposób wdrożenia wyników w ramach projektu badawczego Bioniamoto, dotyczącego realizacji zadania wirtualnego projektowania obiektu od etapu optymalizacji topologicznej aż do addytywnego procesu produkcji. W toku pracy doktorant zweryfikował hipotezę implementując obie zaproponowane metody oraz przeprowadzając testy na danych laboratoryjnych oraz rzeczywistych wynikach optymalizacji strukturalnej. Testowe wdrożenie wyników zostało przeprowadzone we współpracy z podmiotem komercyjnym.

System optymalizacji topologicznej, użyty przez doktoranta, to biomimetyczny system optymalizacji strukturalnej opracowany na Politechnice Poznańskiej, oparty na zjawisku wzrostu kości beleczkowej. W pracy doktorant wykorzystał generator siatki elementów skończonych będący zasadniczą częścią systemu. Aby w pełni wykorzystać jego możliwości doktorant dokonał szczegółowej analiza bieżącego stanu, a następnie zaproponował oraz wdrożył ulepszenia pozwalające zwiększyć jakość generowanej siatki, co okazało się konieczne dla realizacji postawionego zadanie parametryzacji wyników optymalizacji strukturalnej.

Do rozwiązania problemu zostały użyte nowoczesne technologie oraz narzędzia. Wszystkie stworzone rozwiązania zostały wytworzone jako niezależne oprogramowanie, działające zarówno na systemach Windows oraz Linux (wykorzystano języki programowania to Python, C++ oraz C#.Net, oprogramowanie zostało stworzone przy zachowaniu najwyższych rynkowych standardów i praktyk wliczając w to testy jednostkowe oraz wykorzystanie systemu kontroli wersji git do przechowywania kodu źródłowego, a otrzymane wyniki obliczeń zostały opracowane i zweryfikowane przy pomocy oprogramowania ParaView oraz przy użyciu środowiska R).

Unikatową cechą przeprowadzonych badań jest wykonanie testów porównawczych przy wykorzystaniu analizy strukturalnej z użyciem oprogramowania FrontISTR. Wiele opisanych w literaturze badań ogranicza się do matematycznych miar jakościowych przy analizie budowanych modeli parametrycznych, takich, jak dokładność odwzorowania powierzchni, bądź objętości geometrii wejściowej. W swojej pracy doktorant przeprowadziły pomiary rozkładu gęstości energii oraz naprężeń Hubera-Misesa dla danych wejściowych oraz zbudowanych modeli parametrycznych. Wyciągnięte na tej podstawie wnioski posłużyły do stworzenia innowacyjnego, hybrydowego procesu przygotowania danych do produkcji metodami wytwarzania addytywnego, łącząc zalety badanego podejścia parametrycznego oraz klasycznego wygładzania siatki.



Przedstawione w pracy zagadnienia wpisują się w aktualne badania naukowe prowadzone na świecie w zakresie optymalizacji strukturalnej oraz wytwarzania addytywnego. Badania dostarczają brakującego ogniwa w procesie projektowania i wytwarzania, które pozwala na automatyczne dostosowanie wyników optymalizacji strukturalnej do ograniczeń technologii wytwarzania. Opracowane przez doktoranta podejście ma wymierny aspekt praktyczny oraz duży potencjał wdrożeniowy.

W trakcie prowadzenia badań, w szczególności w ramach realizacji projektu BioniAMoto, doktorant wykazał się umiejętnościami współpracy z naukowcami z innych jednostek badawczych oraz podmiotami komercyjnymi. O jego ponadprzeciętnych umiejętnościach programistycznych, badawczych oraz komunikacyjnych świadczy jego zatrudnienie poza uczelnią, gdzie wykorzystuje kompetencje z zakresu IT, realizując projekty rozwojowe, wymagające opracowywania złożonych algorytmów obliczeniowych.

Podsumowując, mgr inż. Jan Polak sformułował problem badawczy istotny z praktycznego punktu widzenia oraz zaproponował jego oryginalne rozwiązanie. Jest ono kompleksowe, to znaczy zawiera część analityczną, numeryczną i eksperymentalną. Wyniki zostały przedstawione w czasopismach naukowych. Do realizacji pracy użyto współczesnych narzędzi badawczych, a otrzymane wyniki stanowią oryginalny oraz istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna w obszarze inżynierii wirtualnej. Ponadto zaproponowane podejścia mogą znaleźć zastosowanie w przemysłowym procesie projektowania mechanicznego.

Uważam, że złożona praca spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim i jest gotowa do przedłożenia recenzentom.

Michał Nowak