



dr hab. Elżbieta Gawrońska, prof. PCz
Katedra Informatyki
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki
Politechnika Częstochowska

Częstochowa, 04 stycznia 2024

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Automatyzacja procesu interpretacji wyników optymalizacji topologicznej

mgra inż. Konrada ŁYDUCHA

Zakład Inżynierii Wirtualnej
Instytut Mechaniki Stosowanej
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Poznańska

Promotor: prof. dr hab. inż. Michał NOWAK

Podstawa opracowania recenzji: pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej, dra hab. inż. Olafa Ciszaka, prof. PP z dnia 03.11.2023 roku o powołaniu przez Radę Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej na recenzenta pracy doktorskiej mgra inż. Konrada Łyducha zatytułowanej "Automatyzacja procesu interpretacji wyników optymalizacji topologicznej".

Cel i zakres rozprawy

Praca doktorska "Automatyzacja Procesu Interpretacji Wyników Optymalizacji Topologicznej" zapowiada się jako ambitne przedsięwzięcie w dziedzinie optymalizacji konstrukcji, zwracając szczególną uwagę na aspekty praktyczne związane z interpretacją wyników w środowisku CAD.

W pierwszym rozdziale autor szczegółowo omawia ewolucję optymalizacji topologicznej, zwracając uwagę na istotne momenty rozwoju tej dziedziny, począwszy od wprowadzenia mikroprocesorów do jednostek komputerowych po definiowanie metody SIMP w 1989 roku. Podkreśla także istotne kwestie dotyczące braków w dotychczasowych rozwiązaniach, zwłaszcza w kontekście automatyzacji procesu interpretacji wyników optymalizacji.

Autor trafnie zauważa problem manualnego odtwarzania geometrii w środowisku CAD na wczesnym etapie komercjalizacji optymalizacji topologicznej, co znacząco zwiększało pracochłonność konstruktorów. Przywołuje również pojawienie się komercyjnych oprogramowań oraz prac naukowych, które próbowały rozwiązać ten problem, ale jednocześnie wskazuje na dalsze potrzeby w zakresie automatyzacji, ergonomii i jakości uzyskiwanych wyników.

Kluczowym punktem jest wskazanie braku drzewa operacji, które umożliwiłoby podgląd poszczególnych operacji CAD odpowiedzialnych za odtworzenie wyników optymalizacji topologicznej. Autor wskazuje, że obecność takiego drzewa może znacząco wpłynąć na wygodę pracy konstruktora i szybkość adaptacji rozwiązania do jego potrzeb.

Praca wyznacza cel – zaprezentowanie metody automatycznego odtwarzania wyników procesu optymalizacji topologicznej oraz możliwość modyfikacji geometrii przy użyciu drzewa operacji CAD. To obiecujące podejście, szczególnie biorąc pod uwagę potrzeby branży konstrukcyjnej.

Rozprawa doktorska pt. "Automatyzacja procesu interpretacji wyników optymalizacji topologicznej" autorstwa mgr inż. Konrada Łyducha skupia się na opracowaniu i testowaniu nowej metody automatyzacji przekształcania wyników optymalizacji topologicznej do środowiska CAD.

Krótką charakterystyką rozdziałów pracy

1. Wstęp:

- Wprowadzenie: Omówienie znaczenia optymalizacji topologicznej w kontekście postępu technologicznego i wyzwań związanych z jej implementacją w środowisku CAD.
- Omówienie rozdziałów pracy: Przedstawienie struktury pracy i zarysowanie głównych zagadnień poruszanych w poszczególnych rozdziałach.

2. Podstawy teoretyczne:

- Zagadnienie optymalizacji: Opis ogólnego podejścia do optymalizacji.
- Optymalizacja strukturalna i jej rodzaje: Szczegółowe omówienie różnych rodzajów optymalizacji strukturalnej, w tym wymiaru, kształtu i topologicznej.
- Typy algorytmów optymalizacji topologicznej: Przegląd różnych algorytmów stosowanych w optymalizacji topologicznej.
- Metoda SIMP: Opis metody Solid Isotropic Material with Penalization.
- Zastosowanie optymalizacji topologicznej w przemyśle: Przegląd praktycznych zastosowań optymalizacji topologicznej.
- Komercyjne systemy optymalizacji topologicznej: Analiza komercyjnych narzędzi do optymalizacji topologicznej.
- Rodzaje metod interpretacji wyników optymalizacji topologicznej: Przegląd metod interpretacji wyników, z podziałem na podejścia jedno-, dwu- i trójwymiarowe.

3. Cel i zakres pracy: Definicja celów badawczych i zakresu pracy, ustanowienie ram badań.

4. Istota pomysłu na oryginalne rozwiązanie postawionego problemu badawczego: Prezentacja oryginalnego podejścia do problemu automatyzacji interpretacji wyników optymalizacji topologicznej.
5. Budowa algorytmu interpretacji wyników optymalizacji topologicznej: Szczegółowy opis procesu tworzenia i działania algorytmu, podzielony na kilka etapów, od wstępnej filtracji danych do odtworzenia modelu w środowisku CAD.
6. Wyniki działania opracowanej procedury: Prezentacja i analiza wyników uzyskanych przy użyciu opracowanej procedury, w tym porównanie charakterystyk geometrii, masy, właściwości wytrzymałościowych oraz bezwładnościowych modeli.
7. Zestawienie wyników dla modyfikowanych modeli: Omówienie modyfikacji i ich wpływu na wyniki, w kontekście zmniejszenia nadmiarowych naprężeń i poprawy właściwości mechanicznych modeli.
8. Dyskusja i wnioski: Dyskusja nad uzyskanymi wynikami, ich znaczeniem oraz potencjalnymi obszarami dalszych badań.
9. Podsumowanie: Ogólne podsumowanie pracy, w tym zalety i wady opracowanego algorytmu oraz perspektywy na jego przyszły rozwój.

Analiza i ocena pracy

Praca doktorska mgr inż. Konrada Łyducha jest imponującym osiągnięciem w dziedzinie automatyzacji procesów inżynierskich. Autor skutecznie opracował i przetestował metodę automatyzacji interpretacji wyników optymalizacji topologicznej, która nie tylko usprawnia proces przenoszenia tych wyników do środowiska CAD, ale także umożliwia efektywne modyfikacje i dostosowania modeli.

Metoda opisana w pracy jest nowatorska i wykazuje duży potencjał w kontekście przyszłych zastosowań inżynierskich. Autor wykazał się głębokim zrozumieniem problemów związanych z interpretacją wyników optymalizacji topologicznej oraz umiejętnością ich przekształcania w praktyczne rozwiązania. Jego podejście do problemu jest systematyczne, a opis algorytmu szczegółowy i klarowny.

Pomimo wielu zalet, praca ta posiada również pewne ograniczenia. Została skoncentrowana głównie na środowisku SolidWorks, co może ograniczać jej uniwersalność. Dodatkowo, choć autor przedstawił skuteczne metody modyfikacji modeli, to nadal istnieje pole do dalszego rozwoju i optymalizacji algorytmu, zwłaszcza w kontekście zwiększenia jego wydajności i redukcji czasu pracy.

Rozdział pierwszy

Wstęp do rozdziału koncentruje się na przedstawieniu podstawowych koncepcji i znaczenia optymalizacji topologicznej. Omawia jej zastosowanie w kontekście obniżenia masy elementów konstrukcyjnych przy jednoczesnym zachowaniu ich wytrzymałości i funkcjonalności. Rozdział podkreśla również wyzwania związane z interpretacją wyników optymalizacji topologicznej oraz ich praktyczne wdrażanie w środowisku CAD (Computer-Aided Design). Zwraca uwagę na potrzebę automatyzacji tego procesu, aby zwiększyć efektywność i ergonomię pracy konstruktorów.

W kolejnej części tego rozdziału autor omawia strukturę oraz zawartość poszczególnych rozdziałów pracy. Każdy rozdział jest szczegółowo opisany w kontekście swojego wkładu do ogólnego tematu pracy. Ta sekcja zawiera omówienie głównych punktów, metodologii, badań i wniosków każdego rozdziału, ukazując, jak współgrają one ze sobą, aby przedstawić kompleksowe i spójne badanie nad wybranym tematem. Jest to istotne dla zrozumienia struktury pracy i sposobu, w jaki poszczególne elementy przyczyniają się do ogólnego celu i tezy badawczej.

Streszczenie tego rozdziału można ująć w kilku kluczowych punktach:

- **Tematyka pracy:** praca skupia się na automatyzacji procesu interpretacji wyników optymalizacji topologicznej, co jest istotne w kontekście postępu technologicznego, zwłaszcza w obszarze mikroprocesorów i mocy obliczeniowej.
- **Wstęp:** wstępne sekcje przedstawiają podstawy teoretyczne optymalizacji topologicznej, jej historyczny rozwój oraz znaczenie w różnych dziedzinach, takich jak CAD (Computer-Aided Design). Poruszasz tu istotne problemy i wyzwania związane z optymalizacją topologiczną, w tym wpływ na pracę konstruktorów i potrzebę automatyzacji.
- **Struktura pracy:** praca jest podzielona na rozdziały, które sukcesywnie omawiają różne aspekty optymalizacji topologicznej, w tym metody, zastosowania i wyniki badań. Szczególny nacisk położono na metodę SIMP (Solid Isotropic Material with Penalization) oraz na praktyczne zastosowanie optymalizacji w różnych dziedzinach.
- **Zakres pracy:** zadanie przeznaczone do realizacji jest jasno określone, jako rozwój metody automatyzującej interpretację wyników optymalizacji i może przyczynić się do poprawy efektywności pracy konstruktorów.

Ogólnie, na tym etapie recenzji można stwierdzić, że praca zapowiada się jako solidny wkład w dziedzinę optymalizacji topologicznej z naciskiem na jej praktyczne aspekty i potrzebę automatyzacji oraz wyznacza kontekst dla dalszej pracy.

Rozdział drugi

Rozdział drugi pracy doktorskiej to przegląd literatury. Jest on obszernym przeglądem istniejącej literatury związanej z tematem pracy. Autor dokonuje omówienia szerokiej gamy źródeł i publikacji, co jest godne uznania, ponieważ ukazuje pełny kontekst badawczy i stan wiedzy w tej dziedzinie.

Przegląd literatury Doktorant rozpoczyna od przedstawienia ogólnego problemu związanego z interpretacją wyników optymalizacji topologicznej i przenoszeniem ich do środowiska CAD, co jest ważnym wyzwaniem w inżynierii. Przywołuje również motywację do podjęcia tego tematu, wskazując na brak dostępnych narzędzi w komercyjnych aplikacjach, co jest istotnym kontekstem dla zaproponowanego rozwiązania. Autor analizuje różne metody i podejścia do automatyzacji procesu interpretacji wyników optymalizacji topologicznej, co jest kluczowe dla ułatwienia pracy inżynierów i projektantów.

Przedstawia różne podejścia do problemu, wskazując na ich ograniczenia, co pomaga czytelnikowi zrozumieć, dlaczego proponowane rozwiązanie jest istotne. Najważniejszym aspektem tego rozdziału jest przedstawienie różnych podejść i metod związanych z problemem interpretacji wyników optymalizacji topologicznej i przenoszenia ich do środowiska CAD. Autor wskazuje na różnice między podejściami automatycznymi a manualnymi oraz na ograniczenia i wyzwania z nimi związane. Recenzując ten rozdział, można wskazać na kilka jego mocnych stron:

1. Obszerność i różnorodność źródeł: autor przytacza wiele źródeł literaturowych, co sprawia, że czytelnik ma pełniejszy obraz stanu wiedzy w dziedzinie.
2. Krytyczne podejście: autor nie tylko przedstawia istniejące metody, ale również stara się krytycznie je ocenić, wskazując na ich ograniczenia. To pomaga czytelnikowi zrozumieć, dlaczego zaproponowane rozwiązanie jest potrzebne.
3. Struktura rozdziału: rozdział jest logicznie zorganizowany, z podziałem na różne aspekty problemu.

Jednakże, jest kilka obszarów, które mogłyby być ulepszone:

1. Aby ten rozdział był jeszcze bardziej kompletny, można byłoby dodać krótkie wprowadzenie do samego procesu optymalizacji topologicznej.
2. Przegląd literatury powinien być tak zorganizowany, aby łatwo można było śledzić rozwój dyskusji i zrozumieć, jak poszczególne jego części przyczyniają się do postawienia i rozwiązania głównego problemu.
3. Podsumowanie rozdziału mogłoby być bardziej klarowne i skoncentrowane na kluczowych wnioskach z literatury. Pomocne byłoby tutaj przeprowadzenie analizy SWOT.
4. We wzorze (1) brak jest wyjaśnienia czym jest $\varepsilon_{kl}(v)$, brak jest również wyjaśnienia czym są indeksy dolne.
5. Jak należy interpretować wzory (3) i (4) – ich zapis jest mało czytelny. Czym jest U w tym wzorze?
6. Dlaczego we wzorze (8) gęstość oznaczona jest, jako ρ , a we wzorze (9) jako x ?
7. Brak jednoznaczności zapisu macierzy i wektorów we wzorach (w niektórych wzorach występuje zapis kursywą, a w innych czcionką prostą).
8. Czym jest n we wzorze (10)? Jaka jest różnica pomiędzy tym n , a N we wcześniejszym tekście? Sam zapis wzoru jest mało czytelny.
9. Co oznaczają linie na rysunku 12a?
10. Uwaga na stronie 33 – proszę o wyjaśnienie czym jest wspomniany autorski algorytm inspirowany naturą? Na czym polega i jakie elementy zawiera, że został nazwany „autorskim”?

Mimo tych sugestii, rozdział drugi stanowi solidny przegląd literatury, który pomaga czytelnikowi zrozumieć kontekst i potrzebę zaproponowanego rozwiązania w pracy doktorskiej. Autor wykazuje się głęboką znajomością literatury z tej dziedziny, co przekłada się na wiarygodność jego analizy.

Rozdział trzeci

Rozdział trzeci skupia się na motywacji, celach i zakresie badawczym pracy. Głównym celem pracy jest opracowanie algorytmu automatyzacji procesu przeniesienia wyników optymalizacji topologicznej do środowiska CAD. Autor zauważa brak odpowiednich narzędzi w dostępnych komercyjnych aplikacjach i przedstawia doświadczenia z pracy z systemami optymalizacji topologicznej, które skłoniły go do podjęcia tego zadania. Zakres pracy obejmuje analizę istniejących metod i narzędzi, a także rozwój nowych rozwiązań w tym obszarze oraz ma na celu przyspieszenie pracy z elementami poddanymi optymalizacji topologicznej i umożliwienie łatwego dostępu do drzewa operacji w środowisku CAD.

Mam jednak kilka uwag krytycznych do tego rozdziału:

- **Jasność Celów:** chociaż cele pracy są zdefiniowane, mogą być one przedstawione w sposób bardziej szczegółowy. Szczególnie przydatne byłoby lepsze wyjaśnienie, w jaki sposób opracowany algorytm będzie różnił się od istniejących rozwiązań i jakie konkretne problemy ma rozwiązywać (ponieważ nie jest uniwersalny w pełni tego słowa znaczeniu).
- **Zakres Pracy:** zakres pracy jest szeroki, co jest pozytywne, ale wymaga również jasnego zdefiniowania granic badania i wyjaśnienia, jak poszczególne elementy przyczyniają się do osiągnięcia głównych celów. Warto byłoby w tym miejscu również podkreślić, jak teoretyczne aspekty pracy przekładają się na praktyczne zastosowania i wpływają na istniejące systemy CAD.
- **Brak tezy pracy:** w mojej opinii postawienie tezy pracy, a później jej udowodnienie jest punktem wyjścia do naukowego aspektu pracy. Jasno przedstawione cel i teza pracy stanowią swoisty kontrakt i pozwalają zrozumieć, czego można się spodziewać na ostatnim jej etapie (udowodnienia lub obalenia postawionej tezy).

Rozdział czwarty

Rozdział czwarty koncentruje się na przedstawieniu innowacyjnego podejścia do interpretacji wyników optymalizacji topologicznej. Kluczowym elementem w opisanym przypadku jest iteracyjny naprzemienny proces dodawania i usuwania materiału do domeny odtwarzanego modelu. Autor opisuje, jak część usuniętych węzłów jest przywracana do domeny w ramach realizowanych operacji CAD, szczególnie w kontekście otworów przelotowych i nieprzelotowych. Doktorant przedstawia zaawansowane i szczegółowe podejście do optymalizacji topologicznej, wykorzystujące innowacyjne techniki i algorytmy w kontekście pracy z modelami CAD.

Podsumowując, rozdział ten nakreśla kluczowe aspekty i metodykę wykorzystywaną w procesie interpretacji wyników optymalizacji topologicznej, koncentrując się na iteracyjnym dodawaniu i usuwaniu materiału oraz na uzupełnianiu pustych przestrzeni w odtwarzanym modelu CAD.

Rozdział piąty

Rozdział piąty koncentruje się na praktycznym zastosowaniu i ocenie skuteczności algorytmu. Prezentuje on analizę różnych modeli i geometrii, oceniając zmiany w charakterystykach wytrzymałościowych, przemieszczeniach i naprężeniach. Dane są przedstawione w formie tabel i wykresów, co ułatwia zrozumienie efektów modyfikacji geometrycznych i ich wpływu na właściwości strukturalne modeli. Ten rozdział demonstrowuje, jak algorytm TOCRIM może być użyteczny w praktycznym zastosowaniu, szczególnie w kontekście inżynierii mechanicznej i projektowania. W rozdziale tym autor skupił się na opisie opracowanego algorytmu interpretacji wyników optymalizacji topologicznej. Algorytm ten dzieli się na dwie główne części: „definiującą” i „wykonawczą”. Kluczowymi aspektami tego rozdziału są:

- **Budowa algorytmu:**
 - Część definiująca: obejmuje przetwarzanie węzłów siatki elementów skończonych zoptymalizowanego modelu w celu wydzielenia elementów niezbędnych do operacji CAD. Zastosowano konwersję węzłów z siatki czworokątnej do sześciokątnej, co ułatwia przetwarzanie danych. Ta część została zaimplementowana w Pythonie.
 - Część wykonawcza: jest to makro napisane w VB.NET dla systemu CAD SolidWorks, służące do odtworzenia modelu. SolidWorks został wybrany ze względu na jego popularność oraz możliwość wykorzystania jego API.
- **Obszary zastosowania:** algorytm radzi sobie z różnymi aspektami modelu, takimi jak otwory przelotowe i nieprzelotowe oraz szablony geometrii. To podkreśla jego zdolność do klasyfikacji i przypisywania węzłów do odpowiednich geometrii.
- **Detale techniczne:** rozdział zawiera szczegółowe wyjaśnienia dotyczące konwersji i redukcji węzłów, co ma na celu uproszczenie i optymalizację modelu dla środowiska CAD.

- Integracja z pracą: rozdział jest dobrze zintegrowany z resztą pracy, w tym z przeglądem literatury i celami pracy. Algorytm wpisuje się w cel automatyzacji procesu przenoszenia wyników optymalizacji topologicznej do środowiska CAD.

Całość podzielona jest cztery główne etapy, które szczegółowo opisują proces tworzenia algorytmu interpretacji wyników optymalizacji topologicznej:

1. Etap 0 – Operacja wstępnej filtracji danych wejściowych:

- Wczytywanie danych: opisuje proces ładowania danych, co jest podstawowym krokiem w algorytmie.
- Konwersja węzłów z siatki czworościennej do postaci sześciociennej: operacja kluczowa dla zgodności danych z formatem wymaganym przez kolejne etapy algorytmu.

2. Etap I – Określenie wycinanego materiału:

- Definiowanie otworów przelotowych i nieprzelotowych: kluczowy krok w projektowaniu strukturalnym, gdzie określa się, które części materiału zostaną usunięte.
- Przypisanie pozostałego materiału do szablonów geometrii: operacja pozwalająca na efektywne wykorzystanie materiału, minimalizując jego straty.

3. Etap II – Definicja obrysów szkiców dla wycinanego materiału:

- Określenie obrysów zewnętrznych i wstępna dwustronna redukcja węzłów: operacje istotne dla precyzyjnego modelowania i redukcji złożoności obliczeniowej.
- Końcowa redukcja węzłów obrysu: krok finalizujący definicję obrysów, co jest ważne dla dokładności modelu.

4. Etap III – Odtworzenie modelu w środowisku CAD:

- Różne operacje CAD: w tym etapie algorytm integruje wyniki optymalizacji z narzędziami CAD, co jest kluczowe dla praktycznego zastosowania wyników badania.

Autor przedstawił kompleksowy i szczegółowy proces, w jaki algorytm przetwarza wyniki optymalizacji topologicznej do postaci użytecznej w środowisku CAD, wykorzystując oprogramowanie SolidWorks. Zastosowanie algorytmu TOCRIM pozwoliło mu na automatyzację procesu interpretacji wyników optymalizacji topologicznej. Każdy etap jest logicznie strukturyzowany i przemyślany (choć mocno złożony), co pozwala na efektywną interpretację wyników, jak i samego procesu optymalizacji w środowisku CAD. Podsumowując, algorytm prezentuje innowacyjne podejście do interpretacji wyników optymalizacji topologicznej, oferując interoperacyjność z systemami CAD. Jednakże jego skomplikowanie i specyficzność narzędzi mogą stanowić wyzwanie. Możliwości dalszego rozwoju i komercyjnego zastosowania są obiecujące, ale wymagają ciągłego dostosowywania się do szybko zmieniających się technologii i konkurencji rynkowej.

Do mocnych stron tego rozdziału można zaliczyć:

1. Kompleksowość: algorytm obejmuje szeroki zakres operacji, od wczytywania danych po zaawansowane operacje CAD.
2. Praktyczne zastosowanie: integracja z narzędziami CAD stanowi o praktycznej użyteczności algorytmu, umożliwiając jego zastosowanie w rzeczywistych projektach inżynierskich.
3. Schematy: wykorzystanie dobrze sporządzonych schematów jest bardzo pomocne w lepszym zrozumieniu działania algorytmu, ponieważ często schemat mówi więcej niż wiele linijek tekstu.

Nie mogę jednak nie zauważyć słabszych stron tej części pracy, jakimi są:

1. Macierz przekształceń: brak informacji na temat macierzy przekształceń związanej z konwersją siatki elementów czworościennych na sześciocienne, co w przypadku korzystania z siatek elementów skończonych jest dość istotne.
2. Złożoność: wysoka szczegółowość i złożoność techniczna opisów przypomina instrukcję obsługi dla osób mniej doświadczonych w korzystaniu z narzędzi CAD lub zapis kolejnych kroków postępowania w pracy inżynierskiej, co osłabia walory naukowe tego rozdziału.
3. Wymagania sprzętowe: brak informacji o wymaganiach sprzętowych, a zaawansowane operacje, szczególnie w środowisku CAD, mogą wymagać wysokiej mocy obliczeniowej, co może stanowić ograniczenie w niektórych zastosowaniach.
4. Oryginalność: brak jasnego wskazania przez autora, w jaki sposób i/lub w których elementach opracowany i przedstawiony tutaj algorytm różni się od istniejących rozwiązań, a po skrupulatnej analizie tego rozdziału można wyłonić kilka takich punktów.
5. Uwaga do wzoru (14) strona 60 – jak prezentuje się na tle literatury uzyskana wartość w kontekście zaproponowanego (rozumiejąc, że własnego) równania? Czy to jest dużo, czy mało, dobrze czy przeciętnie lub słabo?
6. Uwaga na stronie 61 – co oznacza sformułowanie "wartość siatki elementów skończonych"? Jak można ją określić? A w konsekwencji w jakich jednostkach jest ta wielkość?

Podsumowując, rozdział piąty oferuje cenne informacje i narzędzia dla specjalistów zainteresowanych optymalizacją topologiczną. Głębokie zrozumienie prezentowanych koncepcji i metod może prowadzić do znaczących innowacji i usprawnień w projektowaniu inżynierskim. Zatem, rozdział ten jest znaczącym wkładem w dziedzinę optymalizacji topologicznej, choć wymaga on również dostępu do zaawansowanych narzędzi komputerowych i specjalistycznej wiedzy technicznej.

Rozdział szósty

Rozdział szósty rozprawy skoncentrowany jest na kluczowym aspekcie jakim jest walidacja opracowanego algorytmu TOCRIM w celu określenia jego skuteczności w kontekście osiągnięcia głównych celów pracy.

Rozdział szósty skupia się na testowaniu algorytmu TOCRIM w różnych scenariuszach. Wykonano testy na 14 różnych modelach, które charakteryzowały się różnym stopniem rozbudowy geometrii oraz odmiennymi warunkami brzegowymi. Rozdział ten obejmuje analizę takich parametrów jak masa bezwładności oraz właściwości wytrzymałościowe modeli. W rozdziale tym można wyróżnić kilka kluczowych kwestii:

1. Walidacja i praktyczne zastosowanie: autor skupia się na praktycznym zastosowaniu algorytmu, dostarczając solidnych dowodów na jego skuteczność. Analiza różnych modeli i ich charakterystyk wytrzymałościowych po modyfikacjach geometrycznych dostarcza cennych informacji na temat praktycznego zastosowania i ograniczeń algorytmu.
2. Wnioski i dalsze kierunki badań: autor skutecznie łączy wyniki badań z możliwościami dalszego rozwoju i ulepszenia algorytmu. Podkreśla potencjalne obszary, w których algorytm mógłby zostać udoskonalony, co jest kluczowe dla dalszych badań i rozwoju w tej dziedzinie.
3. Wizualne porównanie wyników: autor przeprowadził wizualne porównanie modeli wygenerowanych za pomocą algorytmu TOCRIM z modelami wyeksportowanymi bezpośrednio z systemu optymalizacji topologicznej. Takie porównanie, choć nie dostarcza wartości liczbowych, jest ważne dla oceny jakościowej i wizualnej zgodności wyników algorytmu z optymalizacją topologiczną.
4. Ocena parametrów masy: w pracy uwzględniono dwa kluczowe parametry – prawdziwie pozytywną frakcję (PPF) i współczynnik masy nadmiarowej (mn). Te parametry są istotne, ponieważ optymalizacja topologiczna często koncentruje się na zmianie kształtu i redukcji masy obiektów.

5. Kompromis między masą nadmiarową a ergonomią: autor zauważa, że wartość masy nadmiarowej na poziomie 80% może budzić wątpliwości. Jednakże, zwrócono uwagę na fakt, że algorytm TOCRIM ma nie tylko odtwarzać wynik optymalizacji topologicznej, ale również umożliwiać jego edycję. Zbyt niska wartość masy nadmiarowej mogłaby wymagać zwiększenia liczby operacji CAD, co byłoby sprzeczne z ideą efektywności algorytmu.
6. Wpływ na właściwości wytrzymałościowe: odwzorowanie kształtu w algorytmie TOCRIM ma pozytywne przełożenie na właściwości wytrzymałościowe modeli. Z 14 przetestowanych geometrii, 10 nie wykazuje przyrostu przemieszczeń, a 12 nie przekracza 14% bazowych wartości. W kwestii naprężeń, ponad połowa przypadków ma wartości poniżej 22% przyrostu.
7. Udowodniona skuteczność algorytmu: wyniki wskazują na skuteczność algorytmu TOCRIM w przenoszeniu wyników optymalizacji topologicznej do środowiska CAD, biorąc pod uwagę różne stopnie rozbudowy geometrii wejściowej i warunki brzegowe.

Rozdział szósty rozprawy stanowi znaczące zwięźczenie pracy autora nad algorytmem interpretacji wyników optymalizacji topologicznej. Metodologiczne podejście Doktoranta charakteryzuje się wysokim stopniem precyzji. Użycie operacji CAD w analizie wyników jest szczególnie godne uwagi, ponieważ pozwala na praktyczne zastosowanie teoretycznych modeli w rzeczywistych warunkach inżynierskich. Jednakże, ograniczenie się do wybranych narzędzi CAD i specyficznych scenariuszy testowych może rzutować na uniwersalność i skalowalność wyników. W tym kontekście, rozszerzenie zakresu dalszych badań o inne narzędzia i scenariusze w celu określenia bardziej wszechstronnego obrazu skuteczności i aplikowalności opracowanego algorytmu.

Analiza wytrzymałościowa i bezwładnościowa modeli zoptymalizowanych obiektów jest szczególnie interesująca, ponieważ dostarcza istotnych informacji o potencjalnej wydajności i bezpieczeństwie tych obiektów w praktycznych zastosowaniach. Porównanie ilości usuniętej masy w zależności od zastosowanej operacji CAD rzuca światło na efektywność materiałową, co jest kluczowe w kontekście zrównoważonego projektowania i inżynierii.

Do mocnych stron tej części pracy należy:

1. Wszechstronność analizy: różnorodność porównań i analiz zapewnia wszechstronny ogląd na efektywność algorytmu.
2. Integracja z CAD: algorytm TOCRIM zwiększa kontrolę nad kształtem modelu, umożliwiając użytkownikowi dostęp do operacji CAD w drzewie operacji, co jest znaczącym ulepszeniem w kontekście edytowalności i adaptacji wyników optymalizacji topologicznej.
3. Wysoka prawdziwie pozytywna frakcja (PPF): uzyskane średnie wyniki PPF na poziomie 84% wskazują na wysoką skuteczność algorytmu w odtwarzaniu zoptymalizowanych modeli.
4. Ocena charakterystyk bezwładnościowych i wytrzymałościowych: przeprowadzona analiza własności bezwładnościowych i wytrzymałościowych modeli dodaje wartości merytorycznej pracy.
5. Praktyczne zastosowanie: autor podkreśla praktyczne aspekty użycia algorytmu w realnych projektach inżynierskich.

Mimo swoich licznych zalet, rozdział nie jest pozbawiony ograniczeń. Do słabszych stron tej części pracy można też zaliczyć:

1. Ograniczenia metodologiczne: autor mógłby uwzględnić bardziej zróżnicowane metody badawcze, w tym analizy porównawcze z innymi istniejącymi algorytmami i podejściami w dziedzinie optymalizacji topologicznej. Ponadto, zastosowanie bardziej zróżnicowanych scenariuszy testowych i przypadków użycia mogłoby pomóc w lepszym zrozumieniu uniwersalności i ograniczeń algorytmu w różnych kontekstach inżynierskich. Takie rozszerzenie metodologiczne nie tylko wzbogaciłoby analizę, ale także zwiększyłoby wiarygodność i aplikowalność wyników.

2. Kompromis między dokładnością a użytecznością: dążenie do maksymalnej precyzji w przenoszeniu zoptymalizowanych kształtów niekoniecznie jest priorytetem, biorąc pod uwagę potrzebę edycji i dostosowania przez konstruktorów. Może to być postrzegane jako ograniczenie, zwłaszcza w kontekście bardziej skomplikowanych zastosowań.
3. Zależność od ręcznej korekty: w niektórych przypadkach, konieczność ręcznej korekty wyników przez użytkownika może być postrzegana jako niedogodność, zwłaszcza w środowiskach, gdzie oczekuje się większej automatyzacji.
4. Wizualizacja: wizualne porównanie wyników uzyskanych za pomocą algorytmu TOCRIM z modelami wyeksportowanymi bezpośrednio z systemu optymalizacji topologicznej jest mało czytelne z uwagi na zastosowanie tylko odcieni szarości.
5. Złożoność analizy: w rozdziale tym autor umieścił bardzo duży wynik w postaci tabel oraz wykresów niezbędnych do walidacji opracowanego algorytmu, jednakże nie poświęcił zbyt dużo miejsca na wyciągnięcie wniosków płynących z tej analizy i jednoznacznie wskazujących na skuteczność algorytmu w kontekście osiągnięcia celów pracy.
6. Analiza ilościowa i jakościowa: w części poświęconej analizie porównawczej z wględu na różne charakterystyki autor wykorzystuje wzory matematyczne bez ich umiejscowienia w literaturze, co w jest powodem dylematu w rozstrzygnięciu, czy uzyskane za ich pomocą wyniki są zawsze poprawnie interpretowane.
7. Kody źródłowe: umieszczenie zasadniczych części kodów źródłowych jako dodatek do pracy lub udostępnienie ich na licencji open source zdecydowanie podniosłoby wartość pracy, jak również dałoby możliwość innym naukowcom weryfikacji uzyskanych wyników. Ponadto brak jest informacji na temat wykorzystanych algorytmów i bibliotek (Python) z zakresu zastosowań obliczeń równoległych i rozproszonych.
8. Uwaga na stronie 90 – co rozumie Pan pod pojęciem „rozmiar siatki elementów skończonych” i w jakich jednostkach jest wyrażany?

Mimo swoich ograniczeń, rozdział ten stanowi istotny krok naprzód w zrozumieniu i wykorzystaniu optymalizacji topologicznej w realnych zastosowaniach inżynierskich, zachęcając do dalszego eksplorowania tej dynamicznie rozwijającej się dziedziny.

Podsumowując, rozdział szósty rozprawy doktorskiej jest wartościowym i ważnym wkładem w dziedzinę optymalizacji topologicznej. Autor dostarcza dokładnych, dobrze ustrukturyzowanych i technicznie zaawansowanych analiz, które są znaczące zarówno dla środowiska akademickiego, jak i mogą być przydatne dla praktyków inżynierii. Wyniki te nie tylko wskazują na potencjał algorytmu TOCRIM, ale także otwierają nowe możliwości dla przyszłych badań w tej dziedzinie. Jednakże, aby maksymalnie wykorzystać potencjał prezentowanych wyników, ważne jest wyciągnięcie wniosków do dalszego badania i rozwijanie prezentowanych koncepcji.

Rozdział siódmy

W rozdziale siódmym omówiono wyniki dla modyfikowanych modeli, w tym zmiany w wytrzymałości, masie i innych parametrach. Zostały przedstawione różnice pomiędzy modelami przed i po modyfikacji. Autor podkreśla, że metoda TOCRIM jest skuteczna, ale wymaga dalszych prac w zakresie dokładności modeli i adaptacji do różnych środowisk CAD. Po analizie tekstu rozdziału, można zauważyć, że z jednej strony zaprezentowana metoda pozwala na łatwą edycję i dostosowanie wyników, co jest kluczowe dla użytkowników końcowych. Z drugiej strony jednak, autor zwraca uwagę na dokładność modeli i ograniczenia w stosowaniu różnych programów CAD. Te aspekty wskazują na potrzebę dalszego rozwoju i udoskonalenia metody.

Rozdział siódmy dobrze rezonuje z poprzednimi rozdziałami. Kluczowe punkty tego rozdziału to:

1. Analiza własności wytrzymałościowych: autor skupia się na porównaniu wyników własności wytrzymałościowych różnych modeli, zarówno przed jak i po modyfikacjach. Zwraca uwagę na istotne zmiany w wartościach naprężeń i przemieszczeń.

2. Modyfikacje modeli: doktorant dokonał analizy i modyfikacji wybranych modeli, które wykazywały znaczne wartości naprężeń oraz przemieszczeń w wynikach optymalizacji topologicznej. Zmodyfikowane modele obejmowały graniastosłup, wahacz, dźwignię korbowa, most oraz wspornik rurowy. Modyfikacje polegały na zmianie szkiców części operacji w drzewie operacji CAD, co pozwoliło na usunięcie lub pogrubienie cienkich fragmentów brył. Proces ten miał na celu poprawę własności wytrzymałościowych modeli.
3. Analiza wyników:
 - Przedstawione zmiany: zmodyfikowane modele wykazały istotne zmiany w zakresie własności wytrzymałościowych. Na przykład, uzyskanie zmniejszenia maksymalnej wartości zredukowanych naprężeń Hubera-Misesa wpłynęło na poprawę wytrzymałości.
 - Analiza tabel i rysunków: w tabelach (Tablica 12 - Tablica 14) przedstawiono szczegółowe porównanie parametrów masy i wytrzymałości przed i po modyfikacjach. Zmniejszenie parametrów masy nadmiarowej i zwiększenie prawdziwie pozytywnej frakcji PPF świadczy o efektywniejszym rozkładzie materiału w modelach. Rysunki (Rys. 179 - Rys. 183) ilustrują zmiany w geometrii modeli, co pozwala na bezpośrednią wizualizację wprowadzonych modyfikacji.
4. Metodyka modyfikacji: Zastosowane metody modyfikacji są adekwatne do celów pracy. Wykorzystanie drzewa operacji CAD do edycji modeli pozwoliło na precyzyjne dostosowanie geometrii i usunięcie słabych punktów konstrukcyjnych.
5. Znaczenie wyników dla pracy: rozdział ten skutecznie łączy teorię z praktyką, demonstrując jak teoretyczne koncepcje mogą być zastosowane do rzeczywistych problemów inżynierskich.

Uwagi dające pole dla działań doskonalących:

1. Brak eksperymentalnego potwierdzenia: chociaż analiza komputerowa jest przekonująca, brak jest eksperymentalnego potwierdzenia wprowadzonych zmian, co mogłoby jeszcze bardziej wzmocnić wiarygodność wyników.
2. Ograniczenie do wybranych modeli: analiza skupiła się na kilku wybranych modelach, z czego część wykazała poprawę wyników bez ponoszenia znaczących skutków ubocznych. Rozszerzenie zakresu badań na inne konstrukcje w przyszłości mogłoby zapewnić bardziej kompleksowe zrozumienie skuteczności metody.
3. Brak szczegółowej analizy wpływu zmian na inne właściwości konstrukcji: oprócz własności wytrzymałościowych, w przyszłości warto byłoby przeanalizować, jak modyfikacje wpływają na inne aspekty konstrukcji, takie jak stabilność czy wibracje.
4. Praca mogłaby być wzbogacona o bardziej szczegółową analizę przyczyn i skutków zmian wprowadzonych w modelach. Choć dane i wykresy są bogate, dodatkowe dyskusje na temat ich implikacji w szerszym kontekście inżynierskim i optymalizacyjnym mogłyby jeszcze bardziej wzmocnić wartość pracy.

Rozdział siódmy efektywnie prezentuje proces modyfikacji modeli w celu poprawy ich własności wytrzymałościowych. Metodyka jest dobrze przemyślana, a wyniki są obiecujące, choć istnieje kilka obszarów, w których praca mogłaby zostać wzbogacona o dodatkowe analizy lub eksperymentalne potwierdzenie wyników.

Rozdział ósmy i dziewiąty

W rozdziałach ósmym i dziewiątym rozprawy doktorskiej autor skupia się na wnioskach wynikających ze stosowania algorytmu TOCRIM, który automatyzuje przenoszenie wyników optymalizacji topologicznej do środowiska CAD w SolidWorks. Wymienia kluczowe zalety metody, które obejmują pełną automatyzację procesu, prostotę edycji operacji CAD oraz dostępność drzewa operacji CAD umożliwiającego edycję przez użytkownika. Autor zwraca uwagę na ograniczenia i potencjalne

obszary rozwoju, jak poprawa dokładności modeli oraz adaptacja metody do różnych programów CAD. Podkreśla również konieczność interdyscyplinarnej współpracy dla dalszego rozwoju metody.

Podsumowanie analizy i oceny pracy

Rozprawa doktorska w swojej zasadniczej części prezentuje zaawansowaną analizę modyfikacji modeli w kontekście optymalizacji topologicznej. Kluczowe punkty tej pracy obejmują analizę własności wytrzymałościowych, modyfikacje modeli, porównanie charakterystyk geometrii, a także szczegółowe dane i wykresy ilustrujące zmiany parametrów modeli. Jako wstępne podsumowanie implementacji i walidacji proponowanego algorytmu oraz na podstawie uzyskanych wyników można pokusić się o przeprowadzenie analizy SWOT:

Mocne Strony:

- Poprawa własności wytrzymałościowych: znaczące redukcje naprężeń i przemieszczeń w zmodyfikowanych modelach pokazują, że modyfikacje miały pozytywny wpływ na wytrzymałość konstrukcji.
- Szczegółowe dane i analizy: bogactwo danych liczbowych, tabel i wykresów dostarcza jasnego obrazu efektów modyfikacji, pozwalając na lepsze zrozumienie wpływu modyfikacji na ogólną wydajność i funkcjonalność modeli.
- Praktyczne zastosowanie teorii: praca skutecznie łączy teoretyczne aspekty optymalizacji topologicznej z praktycznymi zastosowaniami w inżynierii, demonstrując realne korzyści z tych metod.

Słabe Strony:

- Brak eksperymentalnego potwierdzenia: pomimo przekonujących analiz komputerowych, brak jest eksperymentalnego potwierdzenia wprowadzonych zmian.
- Ograniczenia w skali badań: analiza skupia się tylko na kilku wybranych modelach, co może ograniczać ogólne wnioski na temat efektywności metody.
- Ograniczona analiza wpływu zmian: brakuje dogłębnych wniosków z już przeprowadzonej analizy oraz analizy wpływu zmian na inne właściwości konstrukcji (takie jak stabilność czy wibracje).

Możliwości:

- Dalszy rozwój i optymalizacja: wyniki i uwagi autora wskazują możliwości do dalszego rozwoju i optymalizacji metod modyfikacji modeli, zwiększając ich aplikowalność w różnych dziedzinach inżynierii.
- Eksperymentalne badania: możliwość przeprowadzenia eksperymentalnych badań potwierdzających skuteczność teoretycznych modeli.

Zagrożenia:

- Szybkie zmiany w technologii: Dynamicznie rozwijające się technologie w dziedzinie optymalizacji topologicznej, w tym wykorzystanie AI, mogą szybko uczynić prezentowane metody przestarzałymi.
- Kompleksowość i koszty: złożoność modyfikacji modeli wpływa na czas i koszty procesu projektowania, co może być ograniczeniem w niektórych zastosowaniach przemysłowych.

Rozprawa prezentuje przekonujące dane dotyczące wpływu modyfikacji modeli na ich własności wytrzymałościowe. Znaczące zmniejszenie naprężeń i przemieszczeń w zmodyfikowanych modelach sugeruje, że metoda ta ma duży potencjał w praktycznych zastosowaniach inżynierskich. Jednakże, brak eksperymentalnego potwierdzenia i ograniczenie analizy do kilku wybranych modeli stawia pytania co do uniwersalności i pełnej skuteczności prezentowanych metod. Mimo że

teoretyczne podejście jest solidne, praktyczne zastosowanie tych metod w szerszym zakresie różnorodnych projektów inżynierskich pozostaje otwartym polem do badań.

Autor wykazał znaczący wkład w dziedzinę optymalizacji topologicznej, demonstrując efektywność modyfikacji modeli w poprawie ich własności wytrzymałościowych oraz automatyzację interpretacji wyników. Prezentowane wyniki ilustrują skuteczność wprowadzonych zmian, zwracając uwagę na potencjalne korzyści w praktycznym zastosowaniu tych metod. Eksperymentalne potwierdzenie efektywności tych metod mogłoby znacznie wzmocnić ich wiarygodność i zastosowanie w praktyce. Ponadto, rozszerzenie zakresu badań na szerszą gamę modeli i konstrukcji mogłoby dostarczyć bardziej kompleksowego zrozumienia skuteczności zastosowanych metod.

Podsumowując, rozprawa doktorska jest ważnym krokiem w kierunku zrozumienia i zastosowania optymalizacji topologicznej w praktycznych projektach inżynierskich. Doktorant prezentuje znaczące osiągnięcia, ale również wskazuje na potrzebę dalszych badań i rozwoju w tej dynamicznie rozwijającej się dziedzinie.

Poprawność redakcyjna rozprawy

Analiza redakcyjna i edytorska stanowi ważny element w ocenie jakości akademickiej tekstu. Przedmiotem analizy w tej części recenzji są aspekty takie jak jasność wyrazu, struktura, spójność, a także błędy stylistyczne, interpunkcyjne i ortograficzne.

Ocena strony redakcyjnej i edytorskiej

Praca charakteryzuje się dobrą jakością redakcyjną. Doktorant demonstruje zdolność do kompleksowego i szczegółowego omówienia różnorodnych aspektów optymalizacji strukturalnej, łącząc teorię z praktycznymi zastosowaniami, co ułatwia czytelnikowi śledzenie toku rozumowania. Styl pisania jest zgodny z akademickimi standardami. Jednakże należy zwrócić uwagę na nieprawidłowe umiejscowienie rozwinięcia skrótów. Rozwinięcie takie powinno pojawiać się przy pierwszym wystąpieniu skrótu.

Błędy stylistyczne, gramatyczne i interpunkcyjne

W kontekście błędów gramatycznych, stylistycznych i interpunkcyjnych, tekst w dużej mierze wydaje się być dobrze skorygowany, a interpunkcja jest stosowana w sposób umiemy – pomimo braku istotnych błędów zauważono ich nieliczne wystąpienia (liczba/ilość). Mając jednak na uwadze płynność czytania i zrozumienie tekstu należy zwrócić uwagę na bardzo liczne błędy fleksyjne w tekście powodujące dyskomfort w analizie materiału. Wszystkie zauważone błędy zawarte są w edytowalnej wersji pracy.

Błędy ortograficzne

Doktorant zadbał o wysoką jakość ortograficzną, co jest kluczowe dla zachowania wiarygodności naukowej i profesjonalnego wizerunku pracy.

Spójność i koherencja

Autor utrzymuje dobrą spójność tematyczną i koherencję argumentacji na przestrzeni całej dysertacji. Informacje i koncepty są przedstawiane w sposób uporządkowany, co pozwala czytelnikowi na łatwe śledzenie rozwoju idei i argumentów. Należy jednak podkreślić, że brak odwołań do numeracji rysunków w jednym z początkowych rozdziałów pracy (przegląd literatury) powoduje skonfundowanie czytającego i trudności w odbiorze.

Zastosowanie języka technicznego

Użycie terminologii technicznej i specjalistycznej jest adekwatne do tematu i celów pracy. Autor umiejętnie balansuje pomiędzy fachowym językiem a przystępnym wyjaśnieniem skomplikowanych koncepcji.

Podsumowanie

Ogólna jakość redakcyjna i edytorska rozprawy doktorskiej jest na dobrym poziomie. Tekst charakteryzuje się jasnością, logiczną strukturą oraz brakiem znaczących błędów stylistycznych, interpunkcyjnych i gramatycznych. Taka jakość prze-

kładu jest niezbędna do zapewnienia czytelności, zrozumienia oraz naukowej wiarygodności pracy. Biorąc pod uwagę te aspekty, praca stanowi przyzwoicie przygotowany materiał.

Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska w kontekście celów i zakresu pracy pokazuje, w jaki sposób algorytm TOCRIM (Topology Optimization CAD Result Interpretation Method) odpowiada na wyzwania stawiane przez autora oferując skuteczne i uniwersalne rozwiązanie dla problemu automatyzacji procesu przeniesienia wyników optymalizacji topologicznej do środowiska CAD. Wyniki te wskazują na znaczący postęp w dziedzinie inżynierii wspomaganą komputerowo i otwierają drogę do dalszych badań i rozwoju w tej dziedzinie.

Ogólna ocena prezentowanej rozprawy doktorskiej wskazuje, że jest to praca wyróżniająca się w dziedzinie optymalizacji topologicznej, głównie ze względu na kilka istotnych aspektów:

1. **Innowacyjność algorytmu TOCRIM:** przedstawiony algorytm TOCRIM stanowi znaczący postęp w automatyzacji interpretacji wyników optymalizacji topologicznej. Jego zdolność do efektywnego przenoszenia tych wyników do środowiska CAD, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiego stopnia odwzorowania kształtu i umożliwieniu łatwej edycji, jest innowacyjna i odpowiada na istotne wyzwania inżynierii wspomaganą komputerowo.
2. **Skuteczna walidacja:** autor dobrze przetestował algorytm na różnych modelach, demonstrując jego skuteczność w praktycznym zastosowaniu. Weryfikacja algorytmu TOCRIM w różnych warunkach i z różnymi geometriami podkreśla jego praktyczną użyteczność.
3. **Uniwersalność:** Algorytm TOCRIM jest niezależny od użytego systemu optymalizacji topologicznej, co czyni go uniwersalnym narzędziem przydatnym w różnorodnych środowiskach inżynierskich. Jego zdolność do upraszczania złożonego procesu interpretacji wyników optymalizacji, przy jednoczesnym zachowaniu ergonomiczności i efektywności edycji, jest szczególnie cenna.
4. **Wkład w literaturę naukową:** Praca wnosi istotny wkład w literaturę naukową w dziedzinie optymalizacji topologicznej. Przedstawione podejście i rozwiązania są nowatorskie i mogą stanowić podstawę do dalszych badań i rozwoju w tej dziedzinie.

Podsumowując, prezentowana rozprawa doktorska wyróżnia się na tle innych prac z dziedziny optymalizacji topologicznej dzięki swojej innowacyjności, skutecznej walidacji, uniwersalności i praktycznej użyteczności. Jest to praca, która może mieć znaczący wpływ na przyszłe badania i rozwój w dziedzinie inżynierii wspomaganą komputerowo, szczególnie w kontekście automatyzacji i optymalizacji procesów projektowych. Praca jest ona dobrze zorganizowana i udokumentowana, z odpowiednim poziomem szczegółowości. Rezultaty badań są przekonujące i mają znaczenie dla praktycznych zastosowań inżynierskich, zwłaszcza w kontekście przemysłowym. Praca ta bez wątpienia zasługuje na uznanie i stanowi dobry kierunek rozwoju naukowego.

Doktoranta proszę o udzielenie pisemnych odpowiedzi i/lub wyjaśnień odnośnie uwag krytycznych i słabszych stron wyszczególnionych w recenzji poszczególnych rozdziałów pracy:

1. Rozdział drugi – uwagi 1, 3 i 4-10.
2. Rozdział piąty – uwagi 1, 3, 4, 5 i 6.
3. Rozdział szósty – uwagi 5, 6, 7 i 8.

4. Rozdział siódmy – uwagi 3 i 4.

Konkluzja

Przedstawiona do recenzji praca doktorska pt. "Automatyzacja procesu interpretacji wyników optymalizacji topologicznej" w pełni potwierdziła posiadanie przez mgra inż. Konrada Łyducha umiejętności dostrzegania, sformułowania i rozwiązania problemu badawczego, a w szczególności planowania i prowadzenia badań. Świadczy ona o tym, że Doktorant opanował metody badawcze i potrafi się nimi sprawnie posługiwać, posiada pogłębioną wiedzę teoretyczną i specjalistyczną, jest samodzielny i dojrzały intelektualnie. Praca ta, pomimo przedstawionych wcześniej uwag krytycznych, spełnia warunki stawiane pracom doktorskim w dyscyplinie INŻYNIERIA MECHANICZNA, w związku z czym wnioskuję o dopuszczenie mgra inż. Konrada Łyducha do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

