

dr hab. inż. Ireneusz Wróbel, prof. UBB

Katedra Podstaw Budowy Maszyn

Wydział Budowy Maszyn i Informatyki

Uniwersytet Bielsko-Bialski

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Świaczego

pod tytułem

**Metodyka optymalizacji struktury asocjatywnych modeli CAD**

**promotor pracy: dr hab. inż. Marek Wyleźoł, prof. nzw. Pol. Śl.**

Recenzję opracowano na podstawie zlecenia Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Mechanicznej Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Ewy Majchrzak.

RD (IMe) – 512.16.2022 z dnia 28.09.2023

### 1. Wprowadzenie, formalna prezentacja rozprawy

Rozprawa doktorska zawiera 206 stron, składa się z sześciu rozdziałów, bibliografii oraz streszczenia w języku polskim i w języku angielskim. W pracy doktorskiej podjęto temat związany z opracowaniem odpowiedniej metodyki budowy asocjatywnych modeli CAD w systemie Catia v5. Jest on bardzo ważny dla inżynierów i konstruktorów projektujących duże i złożone struktury mechaniczne w szczególności w branży samochodowej, lotniczej i morskiej. Praca doktorska jest rozpatrywana jako osiągnięcie w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna.

**Biurowo Dziekana**

wpłynęło dnia 11.12.2023  
RD JMe/33015/12023  
of ..... zał. ....

Rozdział pierwszy to wprowadzenie do zagadnienia. Doktorant przedstawił motywację do zajęcia się tematyką, którą zrealizował w pracy doktorskiej. Wynikała ona z osobistej pasji i zainteresowaniami systemami do komputerowego wspomaganie konstruowania oraz wieloletniej praktyki zawodowej autora na stanowiskach konstruktorskich podczas realizacji międzynarodowych projektów. Doktorant szczegółowo przedstawił problem badawczy i zdefiniował pojęcie modelowania jednoznaczego. Zaprezentował cel, tezę i zakres rozprawy doktorskiej.

W rozdziale drugim przedstawiono historię rozwoju systemów CAD od ich powstania w 1959 roku, poprzez ewolucję związaną z rozwojem przemysłu, który wykorzystywał te systemy i był źródłem innowacji. Rozdział ten kończy się prezentacją aktualnego stanu wiedzy w zakresie rozwoju systemów CAD. Aktualnie obserwuje się integrację tych systemów z systemami CAM, CAE, bazami danych tworząc w ostateczności systemy typu PLM. Rozdział ten został podsumowany przez autora ciekawymi wnioskami.

Rozdział trzeci pt. *Techniki tworzenia modeli CAD w Modelowaniu Jednoznacznym* definiuje pojęcie Modelowania Jednoznacznego. Zaprezentowane zostały odpowiednie metody budowy modeli CAD uwzględniając ich podział na metody wchodzące w bezpośredni i pośredni skład Modelowania Jednoznacznego. Przedstawiono genezę modeli CAD, które można uzyskać wykorzystując Modelowanie Jednoznaczne (modele 2D, krawędziowe, powierzchniowe bryłowe i hybrydowe). Wskazano trzy techniki, które wchodzą w skład Modelowania Jednoznacznego: modelowanie w oparciu o cechy geometryczne, modelowanie poziome i modelowanie wieloobiektowe.

W rozdziale czwartym przedstawiono technikę Modelowania Jednoznacznego opracowaną przez autora rozprawy. Technika ta zapewnia rozwiązanie problemu dwuznaczności geometrii zorientowanej we współczesnych systemach modelowania CAD. Opracowana technika modelowania została oparta na odpowiednim przygotowaniu danych wejściowych struktury modeli CAD, tak aby wyeliminować wpływ zmiany zwrotu wektorów geometrii wejściowej na zmianę zwrotu wektorów geometrii podrzędnej i ryzyko błędnej jej interpretacji podczas budowy i aktualizacji modelu CAD w komputerowym systemie modelowania. Rozdział czwarty został podzielony na pięć podrozdziałów:



- Konsekwencje zastosowania geometrii zorientowanej w systemach CAD,
- Wytyczne modelowania Jednoznacznego – Procedura Jednoznaczności,
- Wytyczne modelowania Jednoznacznego – Procedura Neutralności,
- Implementacja Modelowania Jednoznacznego do topologii modelu CAD,
- Implementacja Modelowania Jednoznacznego do badań nad efektywnością technik tworzenia modeli CAD.

Doktorant przedstawił wyniki własnych badań nad efektywnością technik tworzenia modeli CAD i udowodnił, że implementacja Modelowania Jednoznacznego wyrównuje skuteczność i niweluje różnice w stabilności tworzonych topologii modeli CAD.

W rozdziale piątym pod tytułem Wyniki badań zamieszczono stabelaryzowane wyniki badań weryfikacyjnych zawartych w punkcie 4. Tym samym autor rozprawy potwierdził celowość i skuteczność zastosowania autorskiej metodyki Modelowania Jednoznacznego.

Praca została podsumowana odpowiednimi wnioskami i propozycją dalszych badań nad rozwojem technik tworzenia modeli CAD.

Bibliografia rozprawy doktorskiej to 69 pozycji z szerokiego zakresu dotyczącego wykorzystania komputerowych systemów modelowania do budowy modeli CAD. Zestaw źródeł literaturowych uważam za poprawny.

## **2. Ocena merytoryczna pracy**

Tematyka rozprawy doktorskiej magistra inż. Grzegorza Świaczego jest związana z zagadnieniami metodyki budowy modeli CAD w komputerowych systemach do projektowania. Współczesny inżynier podczas projektowania różnego typu wytworów powszechnie wykorzystuje komputerowe systemy CAD. Szczególnie ma to miejsce przy projektowaniu obiektów złożonych z kilku tysięcy części. W tego typu przypadkach bardzo ważne jest zastosowanie odpowiednich technik modelowania projektowanych obiektów, tak aby w czasie procesu tworzenia cyfrowego odwzorowania projektowanego wytworu możliwa była ich częsta aktualizacja i przebudowa. Przykładowo podczas projektowania elementów karoserii samochodowej równolegle pracują różne zespoły inżynierów na tym samym modelu



CAD. Są to inżynierowie konstruktorzy, którzy pracują nad postacią konstrukcyjną karoserii, inżynierowie obliczeniowcy pracujący nad wytrzymałością konstrukcji, inżynierowie technolodzy pracujący nad opracowaniem technologii wykonania projektowanych elementów karoserii i opracowaniem konstrukcji narzędzi do ich wytwarzania. W tym czasie modele CAD poszczególnych elementów projektowanej karoserii zmieniają swój kształt, wymiary i inne cechy techniczne. Pojawiają się nowe wersje tego samego elementu. Aby skrócić i uprościć pracę całej grupy inżynierów nad projektowaną karoserią należy w odpowiedni sposób modelować projektowane części. Bardzo ważne jest zapewnienie automatycznej i szybkiej aktualizacji powiązanych z modelowaną częścią innych modeli CAD takich jak: modele narzędzi (tłoczników), oprzyrządowania (np. spawalniczego czy zgrzewalniczego), programów obróbczych czy programów pomiarowych. Zaproponowana przez Doktoranta metodyka pozwala na spełnienie tego postulatu. Z wyżej wymienionych względów podjęcie tematyki związanej z zagadnieniami opracowania odpowiedniej metodyki budowy modeli CAD w pracy doktorskiej jest aktualne, bardzo ważne i cenne.

W rozdziale pierwszym sformułowano cztery tezy pracy doktorskiej. Miały one następującą postać:

1. Jednoznaczne zdefiniowanie orientacji danych wejściowych modelu CAD, jego podmiotu lub dowolnej jego operacji modelowania zapewnia stabilność topologiczną i geometryczną podczas jego transformacji geometrycznych.
2. Podmiana danych wejściowych modelu CAD, jego podmiotu lub dowolnej jego operacji modelowania w ramach przyjętych kryteriów wyboru może mieć bezpośredni wpływ na błędną interpretację przez system CAD jego topologii.
3. Każda metodyka tworzenia topologii modelu CAD lub jego podmiotu zapewnia jego stabilność geometryczną, jeśli orientacja danych wejściowych tej topologii jest zdefiniowana w sposób jednoznaczny,
4. Rodzaj wybranej metodyki tworzenia topologii modelu CAD lub jego podmiotu ma pomijalny wpływ na czas potrzebny na aktualizację tej topologii, jeśli orientacja danych wejściowych tej topologii jest zdefiniowana w sposób jednoznaczny.

Cel pracy doktorskiej został zdefiniowany jako przedstawienie nowej, skutecznej metodyki optymalizacji struktury asocjatywnych modeli CAD, dzięki której możliwe jest



wyeliminowanie dwuznaczności geometrycznej tych modeli bez potrzeby wykorzystywania zaawansowanych modułów systemów CAD.

Uważam, że przedstawiony w rozprawie doktorskiej cel został osiągnięty a postawioną tezę udowodniono.

Należy zauważyć, że Doktorant wykazał się dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy naukowej i technicznej w zakresie analizowanej tematyki. Sam autor określa się jako pasjonat systemów do komputerowego wspomagania prac inżynierskich, ma duże doświadczenie zawodowe w tym zakresie. Szeroki zakres prowadzonych prac badawczych związanych z opracowaniem nowej autorskiej metodyki budowy modeli CAD świadczy o dojrzałości naukowej Doktoranta.

Do głównych osiągnięć i zalet pracy doktorskiej zaliczyć można:

- trafny dobór tematyki badań, która związana jest z metodyką budowy modeli CAD dużych i skomplikowanych obiektów,
- zaproponowanie autorskiej metodyki budowy modeli CAD dzięki której możliwe jest wyeliminowanie dwuznaczności geometrycznej,
- zweryfikowanie swoich prac badawczych z pracami prowadzonymi przez Gerharda Tecklenburga,
- trafne zmodyfikowanie oceny badania procedur konstrukcyjnych w kategorii dotyczącej stabilności strukturalnej modelu 3D zaproponowanych przez Gerharda Tecklenburga,
- duża liczba (84) przeprowadzonych testów transformacji geometrycznych w celu wykazania poprawności opracowanych technik budowy modeli CAD,

### **3. Uwagi redakcyjne**

W treści rozdziałów można znaleźć drobne błędy redakcyjne nie mające istotnego wpływu na merytoryczną ocenę pracy doktorskiej. W treści pracy często używane są bardzo długie zdania wielokrotnie złożone (nawet 9 linii tekstu), co utrudnia czytanie tekstu ze zrozumieniem.

#### 4. Uwagi krytyczne

Wątpliwości moje budzi użycie pojęcia optymalizacji w tematyce pracy doktorskiej. Czy opracowano optymalną strukturę asocjatywnych modeli CAD? Optymalizacja najczęściej definiowana jest jako zadanie polegające na znalezieniu takich wartości zmiennych decyzyjnych dla których funkcja celu osiąga minimum lub maksimum w zbiorze dopuszczalnym. We wstępie doktorant przedstawił kryteria optymalizacyjne (funkcję celu) jak minimalizację nakładów i maksymalizację efektów. Tym samym zdefiniowano optymalizację wielokryterialną. W jaki sposób rozwiązano tego typu zadanie optymalizacyjne. Jakie przyjęto ograniczenia? Uważam, że cel prac badawczych powinien być zdefiniowany jako opracowanie efektywnej, zapewniającej stabilność geometryczną metodyki budowy modeli CAD, bez użycia słowa optymalizacja.

W pracy doktorskiej autor nie odniósł się do powszechnie wykorzystywanych przez współczesnych inżynierów technik modelowania bezpośredniego (CATIA Live Shape, NX Synchronous Modeling), które znacznie uprościły i przyspieszyły proces modelowania w systemach CAD.

Autor oceniając opracowaną metodykę budowy asocjatywnych modeli CAD posługuje się wskaźnikami efektywności i skuteczności modelowania i ocenia je w sposób jakościowy. Uważam, że w dysertacji brakuje propozycji w jaki sposób ilościowo ocenić te wskaźniki.

Doktorant cel pracy doktorskiej zdefiniował jako opracowanie nowej, skutecznej metodyki optymalizacji struktury asocjatywnych modeli CAD, dzięki której możliwe jest wyeliminowanie dwuznaczności geometrycznej tych modeli bez potrzeby wykorzystywania zaawansowanych modułów systemów CAD. Nie wymienił jednak tych nazwy tych modułów. Czy zastosowanie tych modułów nie byłoby bardziej efektywne i skuteczne od zaproponowanej metodyki?



## 5. Wnioski końcowe

Rozprawa doktorska mgra inż. Grzegorza Świaczego dotyczy bardzo interesujących badań nad opracowaniem nowej, skutecznej metodyki optymalizacji struktury asocjatywnych modeli CAD, dzięki której możliwe jest wyeliminowanie dwuznaczności geometrycznej tych modeli. W ramach realizacji pracy Doktorant opracował technikę modelowania opartą na odpowiednim przygotowaniu danych wejściowych struktury modeli CAD, tak aby wyeliminować wpływ zmiany zwrotu wektorów geometrii wejściowej na zmianę zwrotu wektorów geometrii podrzędnej i ryzyko błędnej jej interpretacji podczas budowy i aktualizacji modeli CAD. Doktorant trafnie sformułował problem naukowy i przedstawił jego autorskie rozwiązanie.

Rozprawa zawiera oryginalną metodykę modelowania, którą można zaimplementować w praktyce inżynierskiej. W szczególności wynikami pracy powinni być zainteresowani inżynierowie z szeroko pojętej branży samochodowej, w której projektuje się bardzo złożone obiekty i narzędzia. Należy to zaliczyć do cennych osiągnięć Doktoranta. W zakresie prowadzonych badań Doktorant wykazał się doświadczeniem oraz dużą wiedzą teoretyczną i praktyczną.

Recenzowana dysertacja spełnia ustawowe wymagania stawiane pracy doktorskiej w zakresie nauk technicznych. Biorąc pod uwagę wskazane powyżej konkluzje, wnioskuję o dopuszczenie mgra inż. Grzegorza Świaczego do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Bielsko-Biała, 25.11.2023

