

Kraków 15.11.2023

Dr hab. inż. Jan Duda Prof. PK  
Katedra Inżynierii Produkcji i Automatykacji  
Politechniki Krakowskiej  
31-864 Kraków  
Al. Jana Pawła II 37  
[jan.duda@pk.edu.pl](mailto:jan.duda@pk.edu.pl)  
tel. 12 628-32-84, 12 628-32-50  
tel. kom. 515105689

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej autorstwa mgr. inż. Grzegorza Świaczego pt.:  
**Metodyka optymalizacji struktury asocjatywnych modeli CAD**

### podstawa opracowania:

Pismo oraz umowa o dzieło z dnia 28.09 2023 r. z Politechniki Śląskiej reprezentowanej przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Prof. dr hab. inż. Ewę Majchrzak.

### 1. Uwagi ogólne, ocena struktury i zawartości pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa mgr inż. Grzegorza Świaczego składa się z sześciu numerowanych rozdziałów oraz załącznika przedstawiającego w czterech punktach przykład implementacji technik modelowania poziomego i wieloobiektowego, wykazu literatury oraz streszczeń w języku polskim i angielskim. W treści rozprawy zawarto 149 rysunków, 11 tabel. Pracę poprzedzono spisem treści.

Recenzowana praca przedstawia propozycję metodyki optymalizacji asocjatywnych modeli CAD będącej rezultatem wieloletniej praktyki zawodowej Autora na stanowiskach inżyniera konstruktora w zespołach projektowych wykorzystujących systemy komputerowego wspomaganie prac inżynierskich. W punkcie 1.2 przedstawiono problem badawczy dotyczący sposobu generowania tworzonej przez użytkownika tzw. geometrii zorientowanej, która nie jest przez niego w pełni kontrolowana i wynika z orientacji danych przy tworzeniu modelu 3D. W celu rozwiązania postawionego problemu badawczego sformułowano cele szczegółowe prowadzące do zdefiniowania uniwersalnych procedur konstrukcyjnych eliminujących dwuznaczność geometryczną. Autor założył wykorzystanie narzędzi programowych wybranego systemu CAD bez użycia modułów KBD projektowania bazującego na wiedzy, z możliwością

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia ..... 21. 11. 2023 .....  
RD 57e 1305/51/2023  
nr ..... zał. ....

zaimplementowania zdefiniowanych procedur do już istniejących topologii modeli CAD. W punkcie 1.3 zdefiniowano cel rozprawy: opracowanie metodyki optymalizacji struktury asocjatywnych modeli CAD oraz jej implementację do topologii modelu 3D z zastosowaniem procedury neutralności i jednoznaczności. Dla sformułowanego problemu badawczego sformułowano 4 tezy rozprawy wprowadzając nie zdefiniowane wcześniej pojęcie topologii modelu 3D (ważne w kontekście optymalizacji topologii-metody matematycznej, za pomocą której można optymalizować rozkład materiału w danej przestrzeni projektowej) i stwierdzenia na str. 122), podmiotu modelu CAD, operacji modelowania oraz podmioty danych wejściowych. W punkcie 1.5 przedstawiono zawartość a nie zakres poszczególnych rozdziałów rozprawy.

W punkcie 2 przedstawiono rys historyczny i genezę powstania systemów CAD będący ciekawą formą analizą literatury, ich ewolucję i wpływ na rozwój w innych obszarach planowania i wytwarzania wyrobów oraz w punkcie 3 przegląd technik modelowania CAD. Taki układ tekstu zakłóca logiczny ciąg wynikania. Moim zdaniem tezy pracy powinny być sformułowane na podstawie przeprowadzonej krytycznej analizy dokonań w świetle tematu pracy i sformułowanych na tej podstawie wniosków. Analiza literatury jest rozproszona w tekście pracy i zawarta w punktach: 2. pt. Historia systemów CAD i 3.1 pt. Od modelowania Geometrycznego do modelowania jednoznacznego. W tej części pracy Autor wprowadził nazwę **modelowania jednoznacznego** dla zaproponowanej przez siebie metodyki optymalizacji struktury asocjatywnych modeli CAD, aby użyć tej formy w opracowanym podziale technik tworzenia modeli przedstawionym na schemacie 1. W punkcie 3.2 przedstawiono genezę modeli CAD a w punkcie 3.3 techniki modelowania w oparciu o cechy, modelowania poziomego oraz modelowania wieloobiektowego, które zdaniem Autora spełniają w większym stopniu niż inne założenia modelowania jednoznacznego. W punkcie 4 przedstawiono autorską technikę modelowania jednoznacznego a w kolejnym 5-tym tabelaryzowane wyniki badań weryfikacyjnych opisanych w punktach 4.4 i 4.5. Rozdzielenie opisu przeprowadzonych badań nad implementacją techniki modelowania jednoznacznego od uzyskanych wyników zakłóca logiczny ciąg wynikania, zmusza czytelnika do ciągłego odwoływania się do wcześniejszych fragmentów pracy.

W podsumowaniu, zbyt ogólnie, filozoficznie odniesiono się do sformułowanych tez pracy. Z uwagi na logiczny ciąg wyводу w punkcie tym powinny znajdować się wnioski z pracy o charakterze poznawczym, użytecznym ujmujące stopień potwierdzenia tez pracy. Pomimo powyższych uwag do układu pracy, który może utrudniać skuteczne jej studiowanie praca zawiera niezbędne elementy rozprawy doktorskiej.

## 2. Ocena tematu, założeń, zakresu, celu i tezy pracy

Temat rozprawy pt. "Metodyka optymalizacji struktury asocjatywnych Modeli CAD" sformułowany jest poprawnie i jednoznacznie wskazuje na główny cel pracy jakim jest: ... **przedstawienie nowej, skutecznej metodyki optymalizacji struktury asocjatywnych modeli CAD**". Asocjatywność modeli CAD ma istotne znaczenie w środowisku zintegrowanego konstruowania i projektowania, w którym realizowany jest zintegrowany rozwój wyrobu. Wyrób reprezentowany modelem CAD jest doskonalony w iteracyjnych procedurach projektowych. Model podlega transformacjom geometrycznym dokonywanym często współbieżnie przez geograficznie rozproszone zespoły projektowe wykorzystujące do realizacji zadań systemy komputerowego wspomaganie stosowane w fazach cyklu życia wyrobu. Z tego też względu wyeliminowanie dwuznaczności geometrycznej tych modeli w celu zapewnienie stabilności topologicznej i geometrycznej modelu 3D podczas jego transformacji geometrycznych, niezamierzonej zmiany orientacji jego danych wejściowych, czy też podmiiany jego danych wejściowych ma istotne znaczenie. Należałoby także zadać pytanie czy nie bardziej adekwatnym do treści rozprawy byłoby użycie w tytule w miejsce optymalizacji sformułowania doskonalenia. Optymalizacja to metoda wyznaczania najlepszego rozwiązania z punktu widzenia określonego kryterium przy zdefiniowanych ograniczeniach. Jakie kryteria zostały przyjęte i jakie metody optymalizacji jedno czy wielokryterialnej zostały zastosowane? Autor dalej stwierdza, że istnieje możliwość uzyskiwania struktury topologicznej w sposób powtarzalny i kontrolowalny pod względem topologicznym, wykorzystując do tego celu tylko podstawowe funkcjonalności systemów CAD. Czy będą to struktury optymalne w kontekście powyższej definicji? W sformułowanych dalej czterech tezach pracy nie wskazano jakimi metodami optymalizacyjnymi będzie osiągnany sformułowany cel pracy. Dla precyzji wypowiedzi wskazane byłoby wcześniejsze zdefiniowanie pojęć: orientacja danych wejściowych modelu CAD, operacji modelowania i podmiotu modelu. Tezy pracy powinny wynikać z analizy i wniosków z analizy literatury w kontekście tematu pracy.

### 3. Ocena merytoryczna

W punkcie 4 Autor przedstawił autorską technikę modelowania jednoznaczego. Została opracowana przy założeniu, że kluczowym czynnikiem umożliwiającym optymalizację struktury asocjatywnych modeli CAD jest przygotowanie danych wejściowych tej struktury dla wyeliminowania ryzyka błędnej interpretacji przez system CAD topologii modelu 3D. Taka błędna interpretacja może się pojawić w efekcie niezamierzonej zmiany zwrotu danego elementu wejściowego powodującej zmianę wektorów geometrii podrzędnej. W punkcie 4.1 Autor przedstawił, na prostym przykładzie operacji przycinania, konsekwencje zastosowania geometrii zorientowanej proponując eliminację dwuznaczności geometrii zorientowanej, pozostawiając jednocześnie możliwość świadomego definiowania zwrotu wektora tej geometrii. Zaproponował wprowadzenie do topologii modelu procedury jednoznaczności, która umożliwia konstruktorowi świadomy i kontrolowany wybór interpretacji działania operacji modelowania tej topologii przez system CAD. Uogólniona postać realizowanej w pięciu krokach procedury odnosi się do powierzchni a po wprowadzonych zmianach także do krzywych. Aby zapewnić pełną funkcjonalność procedury Autor wprowadził do niej procedurę neutralności polegającą na uzależnieniu lokalnego układu współrzędnych, przeznaczonego do definiowania elementów referencyjnych od stałego odniesienia np. kartezjańskiego układu każdego pliku CAD. Realizowana w pięciu krokach procedura neutralności, prowadzi do utworzenia lokalnego układu współrzędnych pełniącego rolę neutralnej operacji modelowania do wyznaczania elementu referencyjnego dla procedury jednoznaczności. Przedstawione wytyczne modelowania w postaci procedury jednoznaczności wymagają zapewne od konstruktora większego nakładu pracy i dyscypliny podczas budowy modelu CAD, które mogą być jednak rekompensowane możliwością uzyskiwania i modyfikacji tej struktury w sposób kontrolowany w iteracyjnym procesie rozwoju wyrobu. Przeprowadzone przez Autora badania nad implementacją opracowanej metody budowy modelu CAD polegały na weryfikacji skuteczności metody w odniesieniu do dwóch wersji przykładowego modelu – trzpienia pozycjonującego zbudowanego przy użyciu modelowania hybrydowego, poziomego wieloobiektowego i modelowania w oparciu o cechy geometryczne. W I wersji dane wejściowe występowały w drzewie struktury modelu w formie geometrii dwuznacznej. W II były reprezentowane przez zbiór geometrii dwuznacznej i zbiór geometrii jednoznacznej z

zaimplementowanymi procedurami neutralności i jednoznaczności. Na tak przygotowanych wersjach przeprowadzono transformację zmiany lokalizacji modelu wzdłuż głównych osi kartezjańskiego układu współrzędnych, obrotu wokół tych osi oraz podmiany danych wejściowych. W transformacjach zmiany lokalizacji i obrotu dane we wszystkich przeprowadzonych próbach „dostosowywały się” do swojej geometrii nadrzędnej. W transformacji podmiany danych Autor przeprowadził serię trzech prób w której dane wejściowe różniły się położeniem przy stałej orientacji oraz serię trzech prób ze zmienioną orientacją. Uzyskane wyniki badań prezentowane w punkcie 5.1 potwierdziły skuteczność zastosowanego podejścia. Tym samym Autor stwierdził, że na podstawie przeprowadzonych badań (na przykładowym modelu CAD trzpienia pozycjonującego), udowodnił pierwszą i drugą tezę pracy. Należy jednak zadać pytanie: czy zaproponowana procedura będzie skuteczna w przypadku innych przykładów modeli 3D i czy uzasadnionym jest stwierdzenie, że uzyskane rozwiązanie będzie optymalne a jeżeli tak to przy jakich przyjętych kryteriach optymalizacji (np. czasu tworzenia modelu jednoznacznego, stabilizacji topologii)? Z tego też względu uzasadniona była próba implementacji proponowanej metody do topologii modelu wykonanego innymi technikami. Autor odniósł się do badań G. Teckleburga, których opis i ocena wraz z innymi prowadzonymi w obszarze wyznaczonym zakresem pracy, powinien znaleźć się w analizie literatury przed sformułowaniem tezy pracy. Rolą takiej analizy jest określenie stanu badań w kontekście tematu i sformułowanego celu pracy. Jest to także uzasadnione faktem, że w swojej dysertacji Teckleburg sformułował grupy kryteriów oceny: łatwości użycia procedury konstrukcyjnej, czytelności topologicznej, stabilności strukturalnej i redukcji nakładów poprzez powielanie danej procedury konstrukcyjnej zastosowanych w ocenie efektywności stosowania różnych technik modelowania. Bazując na wynikach tych badań Autor przygotował siedem procedur konstrukcyjnych w oparciu o zasady stosowane przez Teckleburga uwzględniając implementację do nich modelowania jednoznacznego w odniesieniu do jednej ze stref odtworzonej procedury modelowania karoserii samochodu -tylnego słupka C, opisanej w tekście cytowanej pracy. Autor w prezentowanych procedurach wykorzystał możliwości dodatkowej funkcjonalności systemów CAD polegającej na tworzeniu szablonów konstrukcyjnych, aby zautomatyzować proces implementacji modelowania jednoznacznego do modeli CAD. Weryfikacja polegała na zmianie orientacji danej wejściowej – powierzchni bazowej we wszystkich topologiach przygotowanych zgodnie z zasadami, modyfikacji głównych parametrów tych topologii oraz podmianie powierzchni bazowej lub jej krawędzi w tych topologiach. Aby uzyskać referencyjne wyniki Autor w pierwszej kolejności przeprowadził po jednej próbie zmiany orientacji powierzchni dla każdej z siedmiu zasad bez implementacji modelowania jednoznacznego, które zakończyły się

brakiem stabilności przygotowanych topologii wymagających interwencji. W następnej kolejności Autor przeprowadził osiemdziesiąt cztery próby, po 12 dla każdej zasady, w których zaimplementował procedury neutralności i jednoznaczności. W konsekwencji Autor stwierdza (str.137) że wykorzystanie autorskiej metodyki modelowania pozwoliło zoptymalizować badania Teckleburga. Czy też udoskonalić topologię modelu? Na podstawie uzyskanych wyników weryfikacyjnych Autor zaproponował zmianę oceny na najwyższą badanych procedur konstrukcyjnych w kategorii stabilności modelu 3D ze względu na brak komunikatów i błędów wynikających z dwuznaczności geometrycznej i niewystąpienia niestabilności strukturalnej. Dowiódł tym samym, przeprowadzoną weryfikacją badań nad efektywnością technik tworzenia modeli CAD, spełnienie trzeciej i czwartej tezy pracy.

W podsumowaniu pracy Autor potwierdził osiągnięcie celu pracy i wskazał na możliwość dalszego rozwoju technik modelowania w systemach CAD. Na podstawie opisanych w recenzowanej pracy badań i rzeczowej dyskusji osiągniętych wyników stwierdzam, że Autor potwierdził skuteczność proponowanej metody modelowania jednoznacznego i udowodnił postawionych tez pracy.

#### **4. Ocena redakcyjna**

Recenzowany tekst pracy napisany jest starannie chociaż miejscami jego lekturę utrudniają zbyt rozbudowane zdania.

Niemniej zauważyłem kilka błędów formalnych i niezręczności językowych. Do najważniejszych zaliczam:

- str.17 niezręcznie sformułowane zdania: ... Dodatkowi operatorzy stojący wcześniej na linii między konstruktorem, a końcową fazą procesu wytwarzania zostali zastąpieni przez komputer. ... Funkcjonalność ta pozwalała mu na śledzenie kolejnych faz wytwarzania elementu i reagowania na ewentualne powstałe przeszkody jeszcze na etapie wirtualnego modelu, a nie tak jak wcześniej – na etapie produkcyjnym.
- str.24 zbędne powtórzenie ze str. 19,
- str.59 w.18 g. może lepiej będzie ...efektu,
- str.59 w.3d niezręcznie sformułowane zdanie- ...w procesie projektowo-konstrukcyjnym gałęzi przemysłu motoryzacyjnego.,
- str.93 w.6g. powinno być: element,

- str.137 w.6d zdanie: W konsekwencji wykorzystanie autorskiej metodyki modelowania pozwoliło zoptymalizować badania G. Tecklenburga i zakończyć je wynikiem pozytywnym” sugeruje, że zoptymalizowany był proces badawczy”.
- str.144 Tabela 9 niewyjaśniony skrót nd.
- str.177 w. 3g zdanie: Powierzchniowa topologia Trzpienia Pozycjonującego została zakończona, ale nie oznaczało to, że jego model 3D został zakończony. Lepiej będzie: Topologia Powierzchniowa Trzpienia Pozycjonującego została zdefiniowana, ale nie oznaczało to, że tworzenie modelu 3D zostało zakończone.,
- str.184 w.9d W zdaniu: Obiekt podstawa trzpienia, będąca jak sama nazwa wskazuje podstawą Trzpienia Pozycjonującego, składała się z (lepiej będzie: jest tworzony za pomocą następujących operacji (rys. Z42):....,
- str.200 w.11d ...w znacznie większej topologii... lepiej będzie ...w bardziej złożonej....

Podane w punkcie 2 recenzji uwagi do układu pracy, sprawiają, że jej lektura jest utrudniona. Przedstawione nieliczne uwagi formalne nie wpływają w sposób zasadniczy na moją pozytywną ocenę.

## 5. Wnioski końcowe

Pomimo uwag krytycznych co do układu pracy w dużej części o charakterze dyskusyjnym stwierdzam, że sformułowane przez Autora cele zostały osiągnięte. Tematyka prowadzonych badań nad doskonaleniem technik tworzenia modeli CAD oraz zastosowane metody badawcze mieszczą się w dziedzinie nauk technicznych i dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Na podstawie przygotowanej recenzji pozytywnie oceniam rozprawę doktorską Pana Grzegorza Świaczego pt.: Metodyka optymalizacji struktury asocjatywnych modeli CAD. Stwierdzam, że praca spełnia wymagania zawarte w nowej ustawie z dnia 20.07.2018 i może być dopuszczona do publicznej obrony.

