

dr hab. inż. Norbert Chamier-Gliszczyński, prof. PK
Politechnika Koszalińska
Wydział Technologii i Edukacji

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

pt. „*Integracja wizualizacji 3D z metodami projektowania procesów wytwarzania*”,

autor rozprawy **mgr inż. Olena Stryhunivska**

1. Uwagi wstępne

Podstawę opracowania recenzji stanowi uchwała Rady Wydziału Zarządzania Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie z dnia 04 lipca 2019 roku oraz pismo Dziekana Wydziału Zarządzania dr. hab. inż. Piotra Łebkowskiego, prof. AGH z dnia 10 lipca 2019 roku.

Recenzowana praca poświęcona jest problematyce zastosowania modelowania układów przestrzennych w projektowaniu i reorganizacji obiektów przemysłowych, a w szczególności poszukiwaniu wydajnego rozwiązania, które pozwoli szybko i efektywnie opracować modele wirtualne. Rozprawa została zawarta na 204 ponumerowanych stronach formatu A4.

Promotorem rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Marek Karkula, prof. AGH.

2. Ocena doboru tematu rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska koncentruje się na zagadnieniach ukierunkowanych na efektywne planowanie zmian w układzie przestrzennym zakładu przemysłowego w połączeniu z metodami projektowania procesów wytwarzania. Dynamiczny rozwój gospodarki generuje zapotrzebowanie na nowe koncepcje rozwojowe przedsiębiorstw oparte na narzędziach, które umożliwią minimalizować czasy między wprowadzeniem nowych produktów i technologii. Gwarancją sukcesu na rynku jest skrócenie czasu potrzebnego na wdrożenie innowacyjnych rozwiązań, do których można zaliczyć m.in. konfigurację rozmieszczenia maszyn lub przeplanowanie powierzchni w celu modernizacji zakładu produkcyjnego. Natomiast w większości przedsiębiorstw czas wprowadzenia koniecznych zmian wciąż pozostaje długi. Zatem współczesna działalność zakładów przemysłowych wymaga redukcji czasu, kosztów oraz zwiększenia wydajności procesów planowania. Istotnym elementem na tym etapie jest efekt synergii w planowaniu polegający na współpracy zespołów produkcyjnych, logistycznych, architektonicznych oraz służb odpowiedzialnych za utrzymanie ruchu. Osiągnięcie takiego stanu wymaga innowacyjnego, zintegrowanego modelu planowania, wykorzystania właściwych narzędzi i instrumentów. Zaproponowane w pracy narzędzie oparte na trójwymiarowej wizualizacji układów i planów, w którym główny nacisk położono na redukcję kosztów przeplanowania i odwzorowania kluczowych procesów zakładu przemysłowego z jednoczesną identyfikacją wąskich gardeł w procesie planowania jest takim instrumentem. Tym samym nie ulega wątpliwości, że podjęta tematyka rozprawy doktorskiej wpisuje się w aktualne potrzeby praktyki gospodarczej. Zaproponowane zintegrowane podejście uwzględniające po-

wiązanie działań rozwoju infrastruktury zakładu przemysłowego z działaniami w obszarze ochrony środowiska, budownictwa, architektury stanowi klucz sukcesu dla przedsiębiorstw funkcjonujących w realiach współczesnej gospodarki. Na pokreślenie zasługuje również fakt, że podjęta tematyka rozprawy ma duże znaczenie pod względem naukowym jak i użytecznym. W ujęciu naukowym jest opracowanie metody planowania obiektów przemysłowych, a użytecznym jest dostarczenie nowego narzędzia wspierającego proces podejmowania decyzji w obszarze zarządzania przedsiębiorstwem przemysłowym.

Reasumując stwierdzam, że temat recenzowanej rozprawy doktorskiej jest aktualny i odpowiadający na zapotrzebowanie teoretyków oraz praktyków zajmujących się powyższym problemem. Tak więc podjęty przez Doktorantkę problem badawczy jest jak najbardziej uzasadniony, a sformułowanie tematu właściwe.

3. Ogólna charakterystyka treści i ocena poszczególnych części rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska składa się ze spisu treści, streszczenia w języku polskim i angielskim, ośmiu logicznie usystematyzowanych i ponumerowanych rozdziałów oraz czternastu dodatków.

W rozdziale **pierwszym** Doktorantka dokonała identyfikacji obszaru badawczego obejmującego efektywne planowanie zmian w układzie przestrzennym zakładu przemysłowego w połączeniu z metodami projektowania procesów wytwarzania. Główny nacisk położono na redukcję kosztów przeplanowania oraz odwzorowanie kluczowych procesów zakładu przemysłowego z jednoczesną identyfikacją wąskich gardeł w procesie przeplanowania. Zaakcentowano, że dostępne w literaturze metody przeplanowania są metodami przybliżonymi, modularnymi oraz iteracyjnymi. W dodatku nie uwzględniają odległości między punktami, a generowanie układu odbywa się na podstawie sąsiedztwa licząc na skupienie w zadanych punktach odpowiedniej ilości przepływu materiałów. Ponadto planowanie realizowane jest bez uwzględnienia norm projektowych i ograniczeń przestrzennych występujących w zadanym obiekcie. Istotnym jest również brak możliwości wprowadzenia ograniczeń, które określają ogólny kształt pomieszczenia. W rezultacie uzyskany układ przestrzenny może mieć nierealistyczne zarysy i dlatego istotnym celem jest wdrożenie innowacyjnej metody z integracją technik wizualizacji 3D dla ułatwienia zmiany układu przestrzennego w krótkim czasie wraz z redukcją kosztów przeplanowania.

Realizując przyjęte założenie Doktorantka w recenzowanej rozprawie doktorskiej przyjęła trzy cele, tj. 1) cel główny, *opracowanie i zbadanie metod tworzenia układu i wizualizacji 3D w zależności od bieżących zmian w procesach przemysłowych*, 2) cel teoretyczny, *opracowanie metody tworzenia aktualnego układu przestrzennego w zależności od uwzględnionych kryteriów i ograniczeń*, 3) cel praktyczny, *budowa modelu zgodnego z założeniami koncepcji trójwymiarowej rzeczywistego zakładu poligraficznego, weryfikacja tego modelu w badanym zakładzie wraz z wdrożeniem opracowanych metod tworzenia układu i wizualizacji 3D*.

Uwzględniając powyższe cele Doktorantka sformułowała następujący problem badawczy: *czy układ badawczy autorskiej metody OLESTR odpowiada wymaganiom praktycznym i czy może on zostać zweryfikowany w badanym zakładzie?* Przyjęła także następującą hipotezę badawczą: *proponowana w pracy metoda planowania OLESTR umożliwia efektywne tworzenie układu docelowego z redukcją kosztów według akceptowanej koncepcji zakładu przemysłowego*.

Uważam, że sformułowane cele pracy są właściwe oraz w pełni odzwierciedlają przedmiot badań. Zadany problem badawczy został skonkretyzowany, uściślony i w pełni stanowi odzworowanie prac badawczych przedstawionych w rozprawie doktorskiej. Również przyjęta hipoteza badawcza w przytoczonym powyżej brzmieniu zostało prawidłowo postawiona i jest adekwatna do rozwiązywanego w rozprawie problemu badawczego.

Rozdział **drugi** stanowi przegląd literatury dotyczącej problematyki rozwoju projektowania obiektów przemysłowych. W rozdziale tym Doktorantka przedstawiła ewolucję zmian w podejściu do planowania zakładu przemysłowego oraz ewolucję rozwoju produkcji i produktu. Kontynuacją tych rozważań jest rozdział **trzeci**, w którym Doktorantka dokonała analizy procesu projektowania technologicznego. Scharakteryzowała etapy procesu planowania technologicznego i planowanie synergetyczne. Przedstawiona została sekwencja procesu projektowania obiektu z uwzględnieniem etapów powstawania projektu technologicznego. Pokazano możliwości zastosowania w projektowaniu modeli 2D lub 3D oraz wizualizacji danych przestrzennych. Wyszczególniono elementy koncepcji technologicznej jak i elementy projektu techniczno-technologicznego. Przedstawiono kryteria opracowania szczegółowego projektu przeplanowania, kryteria dotyczące każdego pomieszczenia, kryteria dotyczące indywidualnego procesu technologicznego i kryteria dobrego rozmieszczenia obiektów. Następnie przedstawiono podejście do planowania synergetycznego i poszczególne etapy tego planowania.

Podsumowując stwierdzam, że rozdział drugi i trzeci stanowią ważny element części teoretycznej recenzowanej rozprawy doktorskiej. Analiza treści zawartych w analizowanych dwóch rozdziałach pozwala na podkreślenie wysokiego nakładu pracy Doktorantki nad rozważaniami literatury w zakresie planowania zakładu produkcyjnego, planowania procesu produkcyjnego oraz planowania synergetycznego.

Z kolei w rozdziale **czwartym** Doktorantka dokonała analizy metod, które pozwalają na szybkie i efektywne tworzenie szczegółowego układu przestrzennego według koncepcji projektowania synergetycznego. Zaakcentowała, że proces tworzenia układu przestrzennego według zaakceptowanych zmian jest pracochłonny i nie zawsze po jego zakończeniu uzyskane wyniki są wartościowe. Tym samym jednym z kierunków rozwoju planowania przestrzennego jest tworzenie innowacyjnych metod pozwalających nie tylko na przyspieszenie analizy oraz przybliżone planowanie w celu wyliczenia kosztów, lecz także uwzględnienie norm projektowych, gabarytów maszyn oraz występujących ograniczeń technologicznych, architektonicznych, procesowych w danym procesie przeplanowania. W rozdziale dokonano analizy możliwości wykorzystania różnych metod projektowania przestrzennego umożliwiające zmiany przeplanowania w toku działania zakładu przemysłowego. Omówiono zalety i wady każdej z metod oraz przedstawiono zakres możliwości zastosowania danej metody. W zakończeniu rozdziału Autorka przedstawiła koncepcję autorskiej metody *OLESTR* na bazie praktycznego badania w zakładzie poligraficznym.

Reasumując należy podkreślić wysoki nakład pracy Doktorantki w przygotowanie rozdziału czwartego. Struktura rozdziału jest prawidłowa, a interpretacja metodyki badań na wysokim poziomie.

Zasadniczym elementem recenzowanej rozprawy doktorskiej jest rozdział piąty i szósty. W rozdziale **piątym** Doktorantka przedstawiła autorską metodę planowania obiektów przemysłowych *OLESTR*. Zaproponowana metoda to rozwiązanie do szacowania kosztów przeplanowania otrzymanych na podstawie redukcji najdłuższych ścieżek transportowych proce-

sów produkcyjnych. Metoda ta również umożliwia przedstawienie efektywnego sposobu tworzenia docelowego układu przestrzennego zgodnie z postawionymi celami przedsiębiorstwa oraz ekonomiczną oceną korzyści przeplanowania. Dodatkowo warunkiem przeplanowania jest uzupełnienie baz danych informacjami kosztowymi dotyczącymi demontażu, relokacji maszyn oraz kosztu montażu nowych maszyn, wdrożenie nowych narzędzi i pomocy warsztatowych oraz wspomagających maszyn biorących udział w procesie przeplanowania. Z powyższych względów w metodzie *OLESTR* wyszczególniono siedem podstawowych etapów, tj. zbiór i analiza danych wejściowych (etap 1), tworzenie kanwy układu przestrzennego (etap 2), analiza modyfikacji układu (etap 3), obliczenie algorytmu rozmieszczenia TTOE (etap 4), ocena alternatywnych układów (etap 5), wybór i wdrożenie układu (etap 6), nadzór nad wdrożeniem (etap 7). Opracowana autorska metoda planowania obiektów przemysłowych została zweryfikowana na danych rzeczywistych udostępnionych przez zakład poligraficzny. W rozdziale piątym Doktorantka przedstawiła warianty przeplanowania układów przestrzennych dla badanego zakładu poligraficznego. Zdefiniowała algorytm przeplanowania dla układu N1, N2 i N3. Z kolei w rozdziale **szóstym** Doktorantka opracowała model bazujący na wielokryterialnej metodzie AHP, którego celem był wybór docelowego wariantu przeplanowania i szybkiej oceny układu N1, N2 i N3 przeplanowania badanego zakładu poligraficznego.

Reasumując należy podkreślić wysoki wkład pracy Doktorantki w przygotowanie rozdziału piątego oraz szóstego. Wymienione rozdziały stanowią część użyteczną rozprawy doktorskiej, a autorska metoda planowania obiektów przemysłowych *OLESTR* stanowi specjalistyczne narzędzie efektywnego wsparcia procesów planowania w zakładach przemysłowych. Uważam, że układ poszczególnych rozdziałów w pełni odzwierciedla użyteczny charakter recenzowanej pracy. Na podkreślenie zasługuje szczegółowa interpretacja wyników badań.

W rozdziale **siódmym** Doktorantka przedstawiła podsumowanie, w którym zawarła wnioski szczegółowe oraz możliwości dalszego rozwoju zakładów przemysłowych bazujących na integracji wizualizacji 3D z nowoczesnymi metodami projektowania. Zaakcentowała, że przedstawiona autorska metoda *OLESTR* stanowi praktyczne podejście do przeplanowania układu przestrzennego danego zakładu przemysłowego. Badania z zastosowaniem autorskiej metody *OLESTR* zostały przeprowadzone w funkcjonującym zakładzie poligraficznym zgodnie z określonymi celami biznesowymi przedsiębiorstwa. Autorka recenzowanej pracy podkreśliła, że główną zaletą zaproponowanej metody jest jej praktyczny aspekt oraz innowacyjne podejście do przeplanowania zakładu przemysłowego. Przedstawiła również kierunki dalszych badań nad kontynuowaniem prac nad rozwojem i wdrożeniem opracowanej metody.

Praca kończy się wykazem literatury liczącym 112 pozycje, w którym starannie dobrano i zestawiono pozycje polskie i obcojęzyczne oraz akty prawne. Zbiór ten stanowi cenne kompendium wiedzy w zakresie problematyki planowania zmian w układzie przestrzennym zakładu przemysłowego w połączeniu z metodami projektowania procesów wytwarzania.

Uzupełnieniem recenzowanej rozprawy jest pakiet czternastu dodatków stanowiących integralną część pracy.

Podsumowując powyższy układ recenzowanej rozprawy doktorskiej należy stwierdzić, że Doktorantka w sposób wnikliwy przeanalizowała dane konieczne do opracowania autorskiej metody planowania obiektów przemysłowych *OLESTR*. Opracowany układ pracy jest logiczny i wyrazisty, a wywód prowadzony jest konsekwentnie, co świadczy o dojrzałości naukowej Doktorantki.

4. Ocena rozprawy doktorskiej

Recenzowaną rozprawę doktorską oceniam bardzo pozytywnie. Zaproponowany przez Doktorantkę układ pracy, format i podział treści na rozdziały i podrozdziały w sposób całościowy ujmuje wszystkie elementy istotne dla tematu dysertacji. Równocześnie nie ulega wątpliwości, że recenzowana rozprawa stanowi autorskie ujęcie problematyki zastosowania modelowania układów przestrzennych w projektowaniu i reorganizacji obiektów przemysłowych, a w szczególności poszukiwaniu wydajnego rozwiązania, które pozwoli szybko i efektywnie opracować modele wirtualne.

W procesie oceny recenzowanej rozprawy doktorskiej za główne osiągnięcia, które Doktorantka przedstawiła w pracy uważam:

1. Przeprowadzenie szczegółowej analizy literatury ujmującej problematykę projektowania obiektów przemysłowych, ewolucję zmian w podejściu do planowania zakładu przemysłowego oraz ewolucję rozwoju produkcji i produktu. Autorka na bazie tych analiz zaproponowała własne systemowe rozwiązanie w postaci autorskiej metody planowania obiektów przemysłowych.
2. Opracowanie autorskiej metody planowania obiektów przemysłowych *OLESTR*, która z uwagi na brak w literaturze praktycznych metod dotyczących przeplanowania układu przestrzennego może uzupełnić tę lukę.
3. Możliwość digitalizacji, wizualizacji i animacji 3D zakładu przemysłowego na podstawie rozwiązań uzyskanych dzięki opracowanej autorskiej metodzie planowania obiektów przemysłowych.
4. Przeprowadzenie weryfikacji opracowanej metody planowania obiektów przemysłowych i budowa modelu zgodnego z założeniami koncepcji trójwymiarowej dla istniejącego zakładu poligraficznego z wdrożeniem opracowanych metod tworzenia układu oraz wizualizacji 3D.

Na podkreślenie zasługuje przedstawienie graficzne wyników badań i wizualizacje przeplanowania hali produkcyjnej i przeplanowania powierzchni dla poszczególnych układów N1, N2 i N3. Zaznaczyć należy również wysoki poziom opracowania czternastu dodatków stanowiących załącznik do recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Istotną zaletą recenzowanej rozprawy jest jej znaczny potencjał aplikacyjny. Potwierdza to weryfikacja praktyczna autorskiej metody planowania obiektów przemysłowych *OLESTR*. Doktorantka przedstawiła możliwości zastosowania opracowanego narzędzia na przykładzie zakładu poligraficznego.

Podsumowując uważam, że konstrukcja dysertacji, sposób opracowania materiału empirycznego oraz forma przeprowadzonej analizy i podjęta metodyka badań są właściwe dla prac doktorskich. Ponadto analizując recenzowaną rozprawę doktorską stwierdzam, że Doktorantka opracowując dysertację wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną, dobrą znajomością przedmiotu badań, jak również opanowaniem metod eksperymentalnych i analitycznych stosowanych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

5. Uwagi krytyczne

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest napisana poprawnym językiem na dobrym poziomie edytorskim. Niemniej jednak w kilku miejscach wystąpiły drobne błędy językowe, stylistyczne i redakcyjne. Poniżej umieszczono tylko wybrane uwagi szczegółowe:

- rozmieszczenie nieuzasadnionych pustych miejsc na końcu strony, np. na str. 34, 94, 109, 118, 131, 133 i 138,
- brak opisu osi i jednostek na wykresach umieszczonych w pracy, np. na rys. 5.21, 5.27, 5.31, 5.34,
- niekonsekwencja w oznaczeniach poszczególnych algorytmów przeplanowania, np. w tytule podrozdziału 5.4 jest zapis układu 1 a powinno być układu N1, na rysunku 5.34 i w tabeli 5.5 w opisie jest układ 1, układ 2, układ 3 a powinno być układ N1, układ N2, układ N3.

Reasumując stwierdzam, że Doktorantka sprawnie posługuje się językiem naukowym, a praca jest napisana w sposób przejrzysty oraz czytelny. Natomiast drobne potknięcia językowe, stylistyczne oraz formalne nie obniżają wartości dysertacji. Równocześnie uwagi krytyczne nie obniżają wartości merytorycznej recenzowanej rozprawy doktorskiej, powinny one pomóc Doktorantce uniknąć podobnych usterek w przyszłych pracach.

6. Wnioski końcowe oceny rozprawy doktorskiej

Na podstawie przeprowadzonej recenzji pracy doktorskiej pt. „Integracja wizualizacji 3D z metodami projektowania procesów wytwarzania” uważam, że Doktorantka dokonała trafnego wyboru tematyki swoich badań, a praca stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego. Tak przedstawiona dysertacja nawiązuje do aktualnej wiedzy i praktyki, wnosząc do nich nowe treści. Przyjęte w rozprawie cele pracy zostały osiągnięte a postawiona hipoteza badawcza potwierdzona. Wykazane wcześniej drobne uwagi krytyczne w żadnym stopniu nie osłabiają pozytywnego odbioru pracy i jej wartości merytorycznej. Na tej podstawie stwierdzam, że Doktorantka posiada odpowiedni poziom wiedzy teoretycznej, dobrą znajomość przedmiotu badań, zdolność do analitycznego spojrzenia na rozpatrywany problem badawczy oraz posiada kompetencje w zakresie samodzielnego prowadzenia badań w reprezentowanej dyscyplinie naukowej.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska pt. „Integracja wizualizacji 3D z metodami projektowania procesów wytwarzania”, której autorką jest mgr inż. Olena Stryhunivska, spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. 2003, Nr 65, poz. 595). Stawiam zatem wniosek o przyjęcie rozprawy przez Radę Wydziału Zarządzania Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Ponadto, mając na uwadze wysoką wartość merytoryczną recenzowanej rozprawy doktorskiej i jej aspekty użytkowe wnioskuję również o wyróżnienie dysertacji.

dr hab. inż. Norbert Charnier-Gliszczyński, prof. PK