

Wrocław, 06.09.2019 r.

dr hab. Agnieszka Tubis, prof. PWr
Politechnika Wrocławska
Wydział Mechaniczny
Katedra Eksploatacji Systemów Logistycznych,
Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych
Wyb. Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Oleny Stryhunivskiej
pt.: „Integracja wizualizacji 3D z metodami projektowania procesów wytwarzania”

Podstawa formalna recenzji: pismo Pana Dziekana Wydziału Zarządzania dr. hab. inż. Piotra Łebkowskiego, prof. AGH z dnia 10 lipca 2019 r.

1. Charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Oleny Stryhunivskiej pt.: „Integracja wizualizacji 3D z metodami projektowania procesów wytwarzania” została wydana na Wydziale Zarządzania Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie w 2019 r. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Marek Karkula, prof. AGH.

Praca zawiera 153 strony maszynopisu plus 14 dodatków. Spis literatury zawiera 112 pozycji źródłowych.

2. Tematyka pracy

Tematyka rozprawy doktorskiej dotyczy problematyki efektywnego planowania zmian w układzie przestrzennym zakładu przemysłowego w połączeniu z metodami projektowania procesów wytwarzania. Z tego też względu Autorka rozprawy w swoich badaniach skoncentrowała się nie tylko na metodach planowania przestrzeni opartych na trójwymiarowej (3D) wizualizacji układów i planów, ale również na redukcję kosztów przeplanowania oraz odwzorowania kluczowych procesów zakładu przemysłowego z jednoczesną identyfikacją wąskich gardeł w procesie przeplanowania.

Omawiana problematyka ma duże znaczenie zarówno poznawcze, jak i użytkowe.

Podjęta tematyka nawiązuje do aktualnych potrzeb praktyki gospodarczej. Obecna realizacja projektów budowlanych wymaga zintegrowanego podejścia do planowania i realizacji prac, w szczególności gdy projekt dotyczy przeplanowania obecnych obiektów przemysłowych. W tym przypadku powiązanie działań rozwoju infrastruktury zakładu przemysłowego z działaniami w obszarze ochrony środowiska, budownictwa i architektury wydaje się wymaganą koniecznością. Należy również zauważyć, iż działania przedsiębiorstw, ukierunkowane na doskonalenie realizowanych procesów, coraz częściej wymagają zintegrowanego podejścia do przeprojektowywania dysponowanej przestrzeni przemysłowej. Zasadna jest więc przyjęta w pracy doktorskiej koncepcja planowania synergetycznego. Zgodnie z nią „planowanie obiektu” oraz „planowanie procesów produkcyjnych” jest integrowane w model synergetyczny, który opisuje cykl życia zakładu przemysłowego od przygotowania koncepcji i planowania szczegółowego obiektu, poprzez proces jego eksploatacji. Koncepcja ta wymaga również indywidualnego podejścia w planowaniu każdego zakładu produkcyjnego, które uwzględniać powinno różnorodność produktów, przebiegu procesów, ale również uwarunkowań prawnych i biznesowych, którym przedsiębiorstwo podlega. Podejście to jest dzisiaj wysoce wymagane przez inwestorów.

Planowanie przestrzeni zakładów przemysłowych zależy od czynników zewnętrznych i wewnętrznych, które stanowią wytyczne dla tworzonego projektu. W pracy wyróżniono trzy kierunki możliwego planowania w tym obszarze – planowanie nowego budynku, przeplanowanie istniejącego obiektu oraz rozbudowa istniejącego budynku. Tematyka pracy skoncentrowała się przy tym na rozpatrzeniu najtrudniejszego z tych przypadków, a mianowicie przeplanowania istniejącego obiektu, na przykładzie istniejącego zakładu poligraficznego. Problematyka planowania w przypadku przeprojektowania istniejącego obiektu jest bardziej złożona, niż w pozostałych dwóch przypadkach. Przeplanowanie wiąże się bowiem z szeregiem dodatkowych ograniczeń, które mogą mieć istotny i nieusuwalny charakter. Ograniczenia te muszą więc być uwzględniane w przygotowywanym planie obiektu. Jednocześnie w tym przypadku konieczne jest nie tylko przeplanowanie samego układu rozmieszczenia poszczególnych elementów systemu produkcyjno-logistycznego, ale również reorganizacja dotychczasowych procesów. W obliczu występujących ograniczeń wynikających z dotychczasowych warunków funkcjonowania obiektu, jego otoczenia oraz wymogów procesu produkcji, poszukiwanie rozwiązania optymalnego może być bardzo utrudnione lub bardzo kosztowne.

W przedstawionych wynikach badań zwrócono również uwagę na potrzebę wykorzystania w procesie planowania modeli wirtualnych. Modele te nie tylko pozwalają na wizualizację wyników przeprowadzonego przeplanowania obiektu, ale mogą być wykorzystywane jeszcze na etapie przygotowywanych analiz. Pozwalają one bowiem na identyfikację wad i słabych stron koncepcji szczegółowej zarówno w fazie analizy, jak i oceny. Wizualizacja 3D stanowi w związku z tym kluczowe narzędzie pracy zwłaszcza w zakresie tworzenia układu przestrzennego, jak i umożliwia podejmowanie racjonalnych decyzji o minimalnym ryzyku poprzez redukcję kosztów i potencjalnych zakłóceń. W pracy doktorskiej, ze względu na indywidualne podejście do procesów wytwarzania w badanym obiekcie, zastosowano tzw. trójwymiarowe technologiczne obiekty elementarne (TTOE), jak również stworzone własne biblioteki w wirtualnym środowisku. Wdrożenie przez Autorkę w prowadzonych badaniach narzędzi projektowania zakładów przemysłowych z wykorzystaniem wizualizacji 3D umożliwiło przeprowadzenie oceny przyjętego nowego układu opartego na określonych kryteriach i ograniczeniach.

Ostatecznie należy stwierdzić, iż sformułowany przez doktorantkę główny cel pracy, którym jest *opracowanie i zbadanie metod tworzenia układu i wizualizacji 3D w zależności od bieżących zmian w procesach przemysłowych* spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, a jego zrealizowanie oraz potwierdzenie przyjętych tez badawczych dotyczących *umożliwienia efektywnego tworzenia układu docelowego z redukcją kosztów według akceptowalnej koncepcji zakładu przemysłowego poprzez implementację metody OLESTR* może stanowić podstawę do wnioskowania o nadanie stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie „inżynieria mechaniczna”.

3. Wartość naukowa pracy

Osiągnięcie głównego celu naukowego pracy oraz potwierdzenie sformułowanych tez badawczych wymagało zrealizowania szeregu celów szczegółowych, związanych z opracowaniem:

- usystematyzowanej wiedzy w zakresie ewolucji zmian w projektowaniu obiektów przemysłowych,
- analizy procesu projektowania technologicznego,
- autorskiej metody planowania obiektów przemysłowych OLESTR

oraz weryfikacją praktycznej użyteczności opracowanej metody w wybranym środowisku przemysłowym.

W tym kontekście, za najważniejsze z punktu widzenia oceny osiągnięć naukowych doktorantki, uważam rozdział 5 zawierający opis opracowanej przez Autorkę metody OLESTR oraz jej implementację w wybranym środowisku przemysłowym (54 strony).

Istotą proponowanej metodyki planowania obiektów przemysłowych jest racjonalna organizacja przestrzeni produkcyjno-logistycznej, uwzględniająca koszty przeplanowania oraz ograniczająca marnotrawstwo w postaci wydłużonych dróg transportowych. Za istotne osiągnięcie doktorantki uważam, w tym miejscu, zastosowanie wizualizacji 3D oraz koncepcji wirtualnego przedsiębiorstwa w doskonaleniu planowania działalności obiektów przemysłowych. Opracowana autorska metoda OLESTR zakłada bowiem tworzenie modeli 3D, opracowanie danych obrazowych, pomiar danych konstrukcyjnych modelu 3D oraz kompleksowe modelowanie badanych procesów.

Podstawowe założenia dla metody OLESTR wynikają z przeprowadzonej przez doktorantkę krytycznej analizy ewolucji zmian w podejściu do planowania zakładu przemysłowego (rozdział 2). Wnioski z przedstawionej analizy wskazują, że ewolucja zmian w podejściu do planowania prowadzi do poszukiwania synergii pomiędzy etapami planowania produkcyjnego i planowania obiektu, w celu wygenerowania wspólnego podejścia planistycznego. Z tego też względu doktorantka oparła metodę OLESTR na koncepcji *Synergetic Factory Planning*. Jest to zintegrowane podejście do planowania, które w swej istocie łączy planowanie procesów logistyki i produkcji z planowaniem obiektu oraz z zarządzaniem projektem. Przyjęcie tego podejścia do projektu w implementowanej metodzie OLESTR umożliwia skuteczną kontrolę przebiegu planowania oraz pozwala uniknąć potencjalnych błędów popełnianych przez autonomicznie działające zespoły projektowe. Integracja etapów planowania synergetycznego z etapami metody OLESTR uznać można za oryginalne założenie przyjęte przez doktorantkę. Drugim założeniem wprowadzonym do metody OLESTR, na podstawie krytycznej analizy literatury, jest „zwinność” procesów. Założenie to powoduje zmianę sposobu myślenia w kontekście modernizacji obiektu przemysłowego. Na pierwszy plan w prezentowanej metodzie wysuwają się istotne cechy proponowanego rozwiązania, które umożliwiają wdrożenie zmian w obiektach przemysłowych. Są to: uniwersalność, skalowalność, modułowość i kompatybilność. Cechy te charakteryzujące metodę OLESTR powodują efektywność jej zastosowania ukierunkowaną na minimalizację kosztów oraz dróg transportowych.

Istotną wartość pracy stanowi również przedstawiona w pracy implementacja metody OLESTR w rzeczywistym środowisku przemysłowym. Doktorantka na podstawie wybranego obiektu przemysłowego przedstawiła możliwości zastosowania opisywanej metody w procesie

przeprojektowania funkcjonującego zakładu poligraficznego. Przeprowadzone badania uwzględniały wszystkie występujące w obiekcie ograniczenia przestrzenne, które dodatkowo zostały uporządkowane według ich złożoności oraz charakteru (możliwości usunięcia). W wyniku przeprowadzonego postępowania utworzone zostały 3 układy docelowe, które zostały poddane dalszej analizie. Układy te zostały przedstawione w formie wizualizacji 2D i 3D. Przeprowadzona analiza wielokryterialna każdego układu ukierunkowana była na osiągnięcie jednego z głównych celów metody OLESTR, jakim jest minimalizacja kosztów przeplanowania infrastruktury hali produkcyjnej. Ostateczny wybór docelowego wariantu przeplanowania został przeprowadzony z wykorzystaniem metody AHP. Przyjętymi kryteriami oceny były: koszty przeplanowania, możliwości skrócenia dróg transportowych oraz zwiększenie pojemności magazynów. Przyjęte kryteria oceny odpowiadały postawionej w pracy hipotezie, iż *metoda planowania OREST umożliwia efektywne tworzenie układu docelowego z redukcją kosztów według akceptowanej koncepcji zakładu przemysłowego.*

Wobec powyższego za najważniejszy dorobek naukowy doktorantki uważam:

- opracowanie własnej metody planowania aktualnego układu przestrzennego z uwzględnieniem obowiązujących kryteriów oraz występujących ograniczeń,
- opracowanie modelu zgodnego z założeniami koncepcji trójwymiarowej rzeczywistości dla badanego obiektu przemysłowego,
- pozytywne zweryfikowania poprawności opracowanego modelu w środowisku przemysłowym wraz z wdrożeniem opracowanych metod tworzenia układu przestrzennego i wizualizacji 3D.

Główny naukowy cel pracy został zatem osiągnięty a cele szczegółowe pozytywnie zrealizowane. Sformułowana przez doktorantkę hipoteza badawcza została w zasadzie pozytywnie zweryfikowana.

4. Uwagi krytyczne

Zagadnieniem wymagającym wyjaśnienia są cele stawiane metodzie OLESTR. Wśród najważniejszych celów (str. 67-68) wyróżniono m.in. zwiększenie bezpieczeństwa na skrzyżowaniach. Aspekt ten nie był jednak przedmiotem badań i oceny na etapie implementacji metody w wybranym obiekcie przemysłowym. Dodatkowo we wnioskach końcowych pracy stwierdzono (str. 146), że „... *metoda OLESTR umożliwia efektywne tworzenie układu przestrzennego, redukcję wąskich gardeł procesów wytwarzania oraz zmniejszenie liczby operacji transportowych ...*”. O ile efektywność tworzenia układu oraz zmniejszenie liczby

operacji transportowych została przedstawiona w prezentowanych wynikach badań, o tyle aspekty redukcji wąskich gardeł zostały pominięte, a stanowią istotny element ograniczanego marnotrawstwa, które wpływa na efektywność działań. Z tego też powodu trudno jest przyjąć przedstawione wnioskowanie za wiarygodne. Proszę również o wskazanie w jaki sposób i na którym etapie postępowania metoda OLESTR uwzględnia normy projektowe, co zostało zadeklarowane w opisie tej metody.

Za słabość przedstawionej pracy uznaję brak kompleksowego przeglądu literatury dotyczącego metod projektowania obiektów przemysłowych. Szczególnie, że sama Autorka stwierdza w pracy, iż „*Idea tworzenia metody powstała z uwagi na brak praktycznych metod odnośnie przeplanowania układu przestrzennego ...*”. Brak ten powinien być poparty szczegółową analizą metod opisywanych w literaturze z danego obszaru. W pracy przedstawiono w sposób ogólny jedynie trzy metody projektowania. Zakładam, że są to metody, które Autorka uznała za najbardziej istotne z punktu widzenia prowadzonych badań. Nie zwalnia to jednak badacza z krótkiego przedstawienia wszystkich najważniejszych trendów badawczych pojawiających się w danym obszarze. Brak kompleksowo przygotowanego przeglądu literatury uniemożliwia również jednoznaczne określenie występującej luki badawczej w danym obszarze, która powinna być wypełniona przez badacza. Przedstawienie opisywanych w literaturze koncepcji planowania obiektów przemysłowych umożliwiłoby doktorantce umiejscowienia opracowanej metody OLESTR na tle pozostałych metod planowania. Dzięki temu możliwe byłoby jednoznaczne określenie jej przewagi nad pozostałymi koncepcjami oraz udowodnienie jej większej użyteczności w środowisku przemysłowym. Uzupełnienie to jest szczególnie wymagane ze względu na jeden z celów postawionych przez Autorkę w pracy, a mianowicie „*...opracowanie metody przeplanowania układu przestrzennego i procesów umożliwiającej skrócenie czasu planowania i redukcji kosztów w stosunku do aktualnie stosowanych metod*”. Ten aspekt nie został przedstawiony w pracy w oczekiwanym przeze mnie wymiarze.

Oczywiście powyższe uwagi nie kwestionują omówionych wcześniej pozytywnych osiągnięć poznawczych i badawczych doktorantki. Wskazują tylko na pewne słabości przedstawionego materiału badawczego i są propozycją do lepszego przygotowania tekstu do ewentualnej publikacji.

5. Sposób napisania i zredagowania pracy.

Praca jest napisana poprawnym językiem naukowym. Pojawiają się w niej jednak błędy stylistyczne i gramatyczne. Nie wpływa to jednak na merytoryczną stronę pracy.

Praca jest zredagowana starannie. Rysunki i tabele są celowo dobrane, dobrze dopracowane graficznie. W tekście zauważono tylko drobne błędy edycyjne.

Dobrze dobrano aktualną literaturę zagadnienia – 112 pozycji źródłowych, w tym 96 publikacji oraz źródła internetowe oraz rozporządzenia i dyrektywy prawne. Na uwagę zasługuje duża liczba publikacji zagranicznych, w tym w szczególności niemieckojęzycznych. 2 cytowane pozycje są współautorstwa doktorantki, opublikowane w latach 2017 – 2018.

6. Podsumowanie

Mimo przedstawionych powyżej uwag krytycznych, które – jak podkreśliłem – nie dotyczą zasadniczego dorobku doktorantki, uważam, że cel pracy ma charakter naukowy i został konsekwentnie zrealizowany. Rozprawa doktorska charakteryzuje się celowo dobraną i ważną, szczególnie do zastosowań w praktyce, tematyką. Dzięki umiejętnemu zastosowaniu wizualizacji 3D dla bieżących zmian w procesach przemysłowych oraz planowania synergetycznego przedstawione wyniki badań wnoszą istotne poszerzenie wiedzy w obszarze planowania i przeprojektowywania obiektów przemysłowych.

Podsumowując ocenę rozprawy doktorskiej stwierdzam, że:

- praca stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego,
- doktorantka wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowo-badawczej,
- doktorantka opanowała ogólną wiedzę teoretyczną w zakresie planowania obiektów przemysłowych.

Wobec powyższego uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Oleny Stryhunivskiej pt.: „Integracja wizualizacji 3D z metodami projektowania procesów wytwarzania” spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim oraz mieści się w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Wnoszę, więc o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.