



Kraków, 16.10.2016

dr hab. inż. Marek Karkula  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. Stanisława Staszica  
Wydział Zarządzania  
ul. Gramatyka 10, 30-067 Kraków  
☎ 12 617 43 30  
✉ mkarkula@zarz.agh.edu.pl

## RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgra inż. Sławomira Tkaczyka, pt.:  
**Dobór środków transportu do realizacji procesów technologicznych**

Promotor rozprawy doktorskiej: Prof. dr hab. Tomasz Ambroziak

Dziedzina: nauki techniczne

Dyscyplina: transport

Podstawa formalna opracowania recenzji: pismo Pani Prof. dr hab. inż. Marianny Jacyny, Prodziekana Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej z dnia 12 sierpnia 2016 roku).

### 1. Uwagi wstępne oraz ocena wyboru tematu

Praca doktorska mgra inż. Sławomira Tkaczyka jest poświęcona istotnej i aktualnej problematyce doboru środków transportu do realizacji zadań i procesów technologicznych oraz procesów realizacji inwestycji. Tematykę pracy należy uznać za ważną ponieważ racjonalizacja i obniżanie kosztów działalności transportowej oraz podejmowane decyzje w tej sferze nabierają szczególnego znaczenia, jeżeli weźmie się pod uwagę znaczny udział kosztów transportu w kosztach ogólnych współczesnych przedsiębiorstw. Należy także zwrócić uwagę na fakt, iż odpowiednio zorganizowany transport może być czynnikiem współtworzącym przewagę konkurencyjną przedsiębiorstwa. O aktualności problematyki poruszanej w pracy może świadczyć fakt, że coraz więcej organizacji i podmiotów realizujących inwestycje i procesy technologiczne zauważa potrzebę szczegółowej analizy nakładów na infrastrukturę transportową oraz zwiększenie efektywności procesów transportowych.

Rozprawa doktorska mgra inż. Sławomira Tkaczyka stanowi próbę wzbogacenia metodyki w obszarze zagadnień planowania i harmonogramowania zadań inwestycyjnych z uwzględnieniem infrastruktury transportu. Opracowane w ramach pracy modele oraz sformułowane zadania optymalizacyjne mogą przyczynić się do podniesienia skuteczności i efektywności funkcjonowania podmiotów gospodarczych i organizacji realizujących projekty i inwestycje oraz przedsiębiorstw przemysłowych. Wobec powyższego należy uznać decyzję Doktoranta o wyborze tematu i sposobie rozwiązania badanych problemów za trafną i w pełni uzasadnioną.

## 2. Charakterystyka treści i ocena merytoryczna rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa została wydana w formie książki i zawiera 168 stron. Składają się na nią: streszczenia w języku polskim i angielskim, wykaz ważniejszych oznaczeń stosowanych w pracy (co znacznie ułatwia lekturę pracy), wstęp, siedem rozdziałów zasadniczych, podsumowanie oraz bibliografia załącznikowa (136 pozycji polsko i obcojęzycznej, w tym pięć pozycji autorstwa Doktoranta). Dobór literatury jest właściwy i świadczy o dobrej znajomości piśmiennictwa polskiego i zagranicznego. Treść pracy została wzbogacona przez 46 rysunków oraz 17 tabel.

W poszczególnych rozdziałach, Doktorant oprócz omówienia aktualnego stanu wiedzy w obszarze zrealizowanych badań, dokonania przeglądu literatury, przedstawił wyniki badań oraz własną metodę rozwiązania problemu doboru środków transportu do realizacji procesów technologicznych. Zaproponowane modele zostały zweryfikowane dla dwóch rzeczywistych problemów.

**We wstępie** Autor zwięźle przedstawił genezę pracy, zwracając uwagę na istotną potrzebę racjonalizacji decyzji dotyczących realizacji procesów transportowych oraz inwestycji infrastruktury transportu. Zaobserwował również, że w literaturze przedmiotu istnieje luka metodyczna, a założenia dostępnych instrumentów i modeli planowania realizacji operacji technologicznych uwzględniają wykorzystanie z góry ustalonych środków i urządzeń o określonych parametrach.

W **pierwszym rozdziale** Doktorant przeprowadził analizę literaturową, obejmującą charakterystykę metod planowania i harmonogramowania operacji inwestycyjnych procesów technologicznych. Odniósł się tutaj do ich historycznych początków (według mnie trochę zbyt obszernie), metod programowania i planowania sieciowego (m.in.: PERT, CPM, CPS, MPM), metod szeregowania zadań i/lub rozdziału zasobów oraz metod przybliżonych (przeszukiwanie losowe, heurystyki, algorytmy ewolucyjne). Autor, oprócz analizy istniejącego stanu wiedzy, krytycznie zidentyfikował założenia, uwarunkowania stosowania i główne ograniczenia opisanych metod. Moim zdaniem należałoby także uwzględnić pominięty w pracy aktualny i bogaty dorobek literaturowy w zakresie zastosowań metod symulacyjnych, metod sztucznej inteligencji, czy metaheurystyk w odniesieniu do przedmiotu badań.

W świetle powyższego w podsumowaniu pierwszego rozdziału Autor sformułował następujący cel dystertacji:

*... zostanie przedstawiona odmienna metoda poszukiwania rozwiązania, polegająca na doborze zestawów środków technicznych i środków transportu do realizacji operacji technologicznych (wykonawczych i transportowych) inwestycyjnych procesów technologicznych w oparciu o przyjęte kryteria oceny planu realizacji inwestycji infrastruktury transportu.*

Pomimo zgłoszonych wyżej uwag stwierdzam, że Autor wykazał, iż posiada wiedzę na temat aktualnego stanu wiedzy i jest dobrze przygotowany do podjęcia badań w wybranym obszarze.

W **rozdziale drugim** mgr inż. Sławomir Tkaczyk sprecyzował zakres badań własnych oraz określił tezę badawczą w brzmieniu:

*...można dokonać optymalnego doboru zestawu środków technicznych i/ oraz doboru środków transportu do realizacji operacji inwestycyjnych procesów technologicznych*

*infrastruktury transportu w wyniku sformułowania oraz rozwiązania zadań optymalizacyjnych adekwatnych do rozważanej sytuacji decyzyjnej.*

Uważam, że Doktorant w jasny i jednoznaczny sposób określił cel badań, a teza pracy w przytoczonym powyżej brzmieniu została sformułowana prawidłowo. Należy również podkreślić, że rozważania podjęte przez Autora rozprawy bazują na poprawnie dobranych podstawach teoretycznych.

**Rozdział trzeci** zatytułowany „Formalny opis inwestycyjnych procesów technologicznych infrastruktury transportu” stanowi wprowadzenie do formułowanych w kolejnych rozdziałach modeli matematycznych. W podrozdziale 3.1 przedstawiono definicje kluczowych dla dysertacji pojęć. W kolejnych podrozdziałach (3.2–3.5) przedstawiono podstawowe założenia formalnego opisu operacji inwestycyjnych procesów technologicznych, przyjmując dwie kategorie operacji: wykonawcze oraz transportowe. Struktury omawianych procesów odwzorowano za pomocą grafów.

Podobny charakter ma **rozdział czwarty** rozprawy pt. „Formalizacja zapisu charakterystyk inwestycyjnych procesów technologicznych infrastruktury transportu”. Autor skoncentrował się na przedstawieniu charakterystyk operacji wykonawczych i transportowych, będących elementami inwestycyjnych procesów technologicznych. Należały do nich m.in.: czasy realizacji operacji, liczba środków technicznych i transportowych wymaganych do wykonania operacji technologicznych, intensywności zużycia zasobów materiałowych oraz koszty operacji. Moim zdaniem można było połączyć rozdziały trzeci oraz czwarty w jeden rozdział – przedstawiono w nich aparat badawczy i opis formalny stosowany do zapisu charakterystyk operacji technologicznych w funkcji planu.

W **rozdziale piątym** zatytułowanym „Zadania optymalizacyjne doboru technologii realizacji inwestycyjnych procesów technologicznych infrastruktury transportu” Doktorant podjął się sformułowania modeli optymalizacyjnych dla rozpatrywanych zagadnień. Jako kryterium oceny doboru środków technicznych i środków transportu do realizacji przedsięwzięcia przyjęto czas jej wykonania oraz koszt realizacji procesów technologicznych inwestycji infrastruktury transportu. Autor sformułował założenia dla modelu, a następnie przedstawił modele matematyczne uwzględniające jedno kryterium optymalizacji oraz ograniczenia zadań. Należy podkreślić wysoki nakład pracy Autora w przygotowanie tego rozdziału, natomiast pewnym mankamentem jest brak podsumowującego komentarza i wniosków odnośnie sformułowanych modeli.

**Rozdział szósty** pt. „Implementacja komputerowa zadań optymalizacyjnych doboru technologii inwestycyjnych procesów technologicznych infrastruktury transportu” stanowi konsekwentną kontynuację badań własnych Autora dysertacji. Doktorant zaprezentował w nim jeden ze sposobów implementacji komputerowej przedstawionych w poprzednim rozdziale modeli. W tym celu zastosował specjalistyczne oprogramowanie LINGO (pakiet optymalizacji dyskretnej), umożliwiające formułowanie i rozwiązywanie zadań optymalizacyjnych o liniowym, nieliniowym i całkowitoliczbowym charakterze. We wstępie do rozdziału Autor niepotrzebnie powtórzył cel pracy (w pierwszym akapicie) oraz omówił sposób odwzorowania problemu (w trzecim akapicie), gdyż informacje te były przedstawione we wcześniejszych rozdziałach. Przedstawiony w rozdziale materiał ilustracyjny, w postaci zrzutów ekranów aplikacji powinien być moim zdaniem rozszerzony o zwięzły opis składni języka, w którym implementowane są zadania optymalizacyjne.

W kolejnym, **siódmym rozdziale** pt. „Aplikacje metody doboru środków transportu do realizacji inwestycyjnych procesów technologicznych inwestycji infrastruktury transportu” zaprezentowano dwa przykłady zastosowania przedstawionych wcześniej modeli. Ich podstawowym celem była weryfikacja zaproponowanego w rozprawie podejścia, zakładającego optymalizację doboru zestawu środków technicznych oraz środków transportu do realizacji procesów technologicznych. Przedmiotem pierwszego z zaprezentowanych przykładów jest rzeczywisty projekt budowy obiektu magazynowo-produkcyjnego. Dla projektu wyróżniono sześć procesów technologicznych oraz przypisane do nich listy operacji wykonawczych. Skonstruowano odpowiadający im graf operacji wykonawczych i transportowych oraz graf alternatywny. Dla przyjętych założeń zbudowano modele w środowisku LINGO, które następnie rozwiązano. Wynikiem przeprowadzonych obliczeń były plany realizacji operacji wykonawczych i transportowych budowy budynku, uwzględniające kryterium czasu realizacji przedsięwzięcia oraz kryterium kosztu. Autor wyznaczył minimalne i maksymalne czasy realizacji inwestycji oraz minimalne i maksymalne koszty przedsięwzięcia. Moim zdaniem mankamentem tej części pracy są niezbyt czytelne zrzuty z ekranów aplikacji komputerowej, w której zaimplementowano modele optymalizacyjne. Lepszym rozwiązaniem byłoby zamieszczenie listingów z kodem programu dla poszczególnych zadań optymalizacyjnych. Uważam także, że interpretacja części wyników mogłaby być łatwiejsza, gdyby zwizualizowano otrzymane plany przedsięwzięć np. w postaci wykresów Gantta. Drugi z zaprezentowanych przykładów dotyczył aspektów organizacyjnych doboru środków transportu do realizacji procesów technologicznych. Rezultatami przeprowadzonych obliczeń był wyznaczony plan wykonania inwestycji infrastruktury transportu oraz minimalne i maksymalne liczby środków transportu do realizacji operacji dowozu zasobów materiałowych inwestycji infrastruktury transportu. Do tego przykładu mam podobne jak w pierwszym przypadku uwagi dotyczące sposobu prezentacji wyników.

Dysertacja kończy się **rozdziałem podsumowującym**. Autor przedstawił w nim najważniejsze wnioski wynikające z przeprowadzonych badań oraz podkreślił własne dokonania. Stwierdził również, że zaproponowana w rozprawie metoda ma charakter uniwersalny i może być wykorzystana m.in. do:

- badania i oceny istniejących planów realizacji obiektów infrastruktury transportu,
- wspomaganie decyzji dotyczących wyboru technologii stosowanej w danym przedsięwzięciu z uwzględnieniem czasu i kosztu ich wykonania,
- projektowania i wymiarowania nowych inwestycji infrastruktury transportu.

Po lekturze pracy mogę zgodzić się z opinią Doktoranta i uważam, że zaproponowane modele mogą być zastosowane w rozwiązywaniu szerszego spektrum problemów, w których pojawia się popyt na usługi transportowe.

Doktorant dostrzegł również potrzebę kontynuacji badań własnych oraz określił ich kierunki. Mają one obejmować opracowanie metod i algorytmów wielokryterialnej oceny planowania realizacji inwestycji infrastruktury transportu oraz modeli stochastycznej optymalizacji planów wykonania tych przedsięwzięć.

### 3. Uwagi krytyczne

Niewątpliwie pozytywne wrażenie, które można odnieść się po lekturze dysertacji nie zwalnia mnie od sformułowania krytycznych uwag, czy wskazania usterek i dyskusyjnych elementów pracy. Powinny one zostać odczytane przez Doktoranta jako pewna sugestia do wykorzystania w dalszej pracy naukowej. Pojawiają się także pewne pytania, na które oczekiwałbym odpowiedzi podczas publicznej obrony.

#### Pytania i spostrzeżenia ogólne

- 1) Moim zdaniem pewnym mankamentem pracy jest brak porównania uzyskanych wyników z wynikami otrzymanymi przy zastosowaniu innych metod rozwiązania badanego problemu. W tym celu często dla zadań optymalizacyjnych określa się złożoność obliczeniową rozpatrywanego problemu oraz szacuje jakość zaproponowanego modelu przez np. pomiar czasu wykonania algorytmu. Tego elementu w pracy brakuje. Autor nie podaje także metody rozwiązania sformułowanego zadania w pakiecie komputerowym. Prosiłbym o odniesienie się do tej kwestii w trakcie publicznej obrony.
- 2) Na stronie 66 dysertacji Autor podaje, że „Liczba środków technicznych eksploatowanych podczas realizacji operacji wykonawczych procesów technologicznych zależy od wydajności oraz dostępności środków technicznych, co warunkuje czas rozpoczęcia realizacji wykonawczych”. Zdanie nie jest zbyt jasne, stąd prośba o wyjaśnienie sformułowania.
- 3) Prosiłbym o doprecyzowanie informacji w jaki sposób dokonano walidacji zbudowanych modeli oraz czy przeprowadzono analizę ich wrażliwości (ang. *sensitivity analysis*), tj. zbadania zachowania modeli przy zmieniających się parametrach.
- 4) Jak według Doktoranta mogłaby wyglądać adaptacja zaproponowanych rozwiązań do wykorzystania ich w środowisku przedsiębiorstw, np. w formie niezależnej aplikacji komputerowej wspierającej podejmowanie decyzji?

W recenzowanej pracy Doktorant nie ustrzegł się usterek i błędów przede wszystkim redakcyjnych i stylistycznych. Również jakość kilku rysunków (będących zrzutami z aplikacji komputerowych) budzi zastrzeżenia. Mam również uwagę natury edytorskiej. Zgodnie z polskimi zasadami typograficznymi nie powinno dzielić się wyrazów będących w tytułach rozdziałów, podrozdziałów, paragrafów itp.

#### Uwagi szczegółowe

- 1) Na str. 7, w streszczeniu w języku angielskim (w. 7g) zamiast „The article concerns...” powinno być raczej „The work concerns...” lub „The thesis concerns”.
- 2) Autor nagminnie używa w tekście frazy „i/oraz”, chodzi chyba o „i/lub”.
- 3) Na str. 13, w. 13g zamiast „,tzw. Plan Realizacyjny...” powinno być „,tzw. plan realizacyjny...”.
- 4) Na str. 22, w. 2d – zamiast „do realizacjo...” powinno być „do realizacji...”.

- 5) Stwierdzenie na str. 30, w. 10–11d „Zdarzenie zaistnieje, jeżeli wszystkie operacje wchodzące do tego zdarzenia zostaną zrealizowane” jest niejasne i powinno zostać sprecyzowane.
- 6) Na str. 32, w. 6g oraz w. 8g w wyrażeniach matematycznych powinno być odpowiednio  $\bar{I}(i)$  oraz  $\bar{K}(i)$ .
- 7) Na str. 33, w. 8d – zamiast „tchnologicznego” powinno być „technologicznego”.
- 8) Na str. 33, w. 1d w wyrażeniu matematycznym powinno być  $\bar{K}(i)$ .
- 9) Str. 46 w. 14g – zamiast „Aby określić normy wydajność...” powinno być „Aby określić normy wydajności...”.
- 10) Str. 60 we wzorze (4.1.2) zamiast „jesli” powinno być „jeśli” (dwa razy).
- 11) Podobnie na stronie 63 we wzorze (4.1.13).
- 12) Str. 68 we wzorze (4.1.28) brak jednego nawiasu po lewej stronie równania.
- 13) Str. 96 we wzorze (4.2.32) zamiast „jesli” powinno być „jeśli” (dwa razy).
- 14) Str. 101 w. 3g – zamiast „... o interpretacji:wielkości” powinno być „... o interpretacji wielkości”.
- 15) Str. 110 w. 8g – zdublowane słowo środków.
- 16) Str. 116 w. 5d – [ ] – puste nawiasy z powołaniem literaturowym.
- 17) Str. 119 należy zmienić tytuł paragrafu „Prezentacja wynikowych”, chyba najlepiej na „Prezentacja wyników”.
- 18) Str. 121 w. 6d – literówka „przedstawiono” zamiast „przedstawiono”.
- 19) Str. 122 – schemat z rysunku 6.2.7 jest nieczytelny.
- 20) Str. 122 – pomyłka w numeracji rysunku, zamiast Rys. 6.8 powinno być Rys. 6.2.8.
- 21) Rysunki 7.1.1 (str. 124) oraz 7.2.1 (str. 148) są identyczne. Wystarczy jeden rysunek, w późniejszym tekście można się na niego powołać.
- 22) Str. 125 w. 2g – zamiast „...procesy technologiczne składając się...” powinno być „...procesy technologiczne składające się...”.
- 23) Str. 138 – błędne powołanie na tabelę 7.1.10, w której przedstawiono koszty, a nie czasy realizacji operacji.
- 24) Str. 151 w. 7g – zamiast „... zależy od objętość...” powinno być „... zależy od objętości...”.
- 25) Str. 159 w podpisie rysunku 7.2.9 zamiast „... rozwiązanie ...” powinno być „... rozwiązanie ...”.
- 26) Str. 163 w. 2g zamiast „... srodow technicznych oraz srodkow ...” powinno być „... środków technicznych oraz środków ...”.
- 27) Str. 163 w. 8g zamiast „...weryfikacja metody...” powinno być „...weryfikację metody...”.
- 28) W spisie literatury popełniono błąd w nazwisku autora pozycji [27] – zamiast Idżkiewicz powinno być Idzikiewicz.

Uwagi zamieszczone powyżej nie obniżają ogólnej oceny pracy, powinny one pomóc Doktorantowi uniknąć podobnych usterek w przyszłych pracach.

#### 4. Podsumowanie recenzji i ocena końcowa rozprawy

Ogólna ocena pracy jest pozytywna. Przedstawiona do recenzji rozprawa podejmuje tematy istotne i aktualne. Należy także podkreślić dużą złożoność tematu. Doktorant podjął się trudnego zadania formalizacji zadań optymalizacyjnych, a wymienione pozytywy wyraźnie przeważają dostrzeżone braki, które zasygnalizowano w recenzji.

Rozprawa została przygotowana z dużym nakładem pracy, potwierdza wysoki poziom wiedzy i umiejętności Autora w rozwiązywaniu złożonych problemów decyzyjnych w obszarze obiektów magazynowych. Autor dysertacji wykazał się znajomością i poprawnością w doborze aktualnej i reprezentatywnej literatury dotyczącej tematu pracy oraz umiejętnością krytycznej analizy podstawowych tez odnośnie tematu pracy.

Należy także podkreślić poprawność przyjęcia przez mgra inż. Sławomira Tkaczyka założeń metodycznych zgodnych z rodzajem pracy i przyjętą orientacją badawczą. Rozprawa została napisana poprawnym językiem z użyciem właściwej terminologii. Struktura pracy jest logiczna, a objętości poszczególnych rozdziałów są proporcjonalne do ich zawartości. Rozprawa doktorska charakteryzuje się celowo dobraną i ważną, szczególnie do zastosowań w praktyce, tematyką.

Do najważniejszych osiągnięć Doktoranta w recenzowanej rozprawie zaliczam:

- 1) opracowanie autorskich modeli opisu procesów technologicznych;
- 2) ścisłość i poprawność zapisu matematycznego stosowanego przez Autora jako języka opisu badanych procesów;
- 3) implementacja przygotowanych modeli w komputerowym pakiecie optymalizacji dyskretnej;
- 4) weryfikacja opracowanej metody na podstawie rzeczywistych problemów i danych.

Uważam, że mgr inż. Sławomir Tkaczyk opanował na wysokim poziomie współczesne metody i narzędzia badawcze, niezbędne do prowadzenia prac naukowych i rozwiązywania złożonych, wielowariantowych problemów badawczych. Opiniowana rozprawa doktorska zawiera oryginalne cechy nowości i znaczące walory użytkowe i mieści się w dyscyplinie transport wzbogacając obszar prac naukowo-badawczych tej dyscypliny.

Biorąc pod uwagę sformułowane powyżej opinie wyrażam jednoznaczne stanowisko, że rozprawa doktorska **mgr inż. Sławomira Tkaczyka** pt.: *Dobór środków transportu do realizacji procesów technologicznych* **spełnia wymagania Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym** (Dz. U. Nr 0365595 z 16.04.2003 r. Art. 16, pkt. 2, ust. 1) wraz z późniejszymi zmianami i Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. w zakresie nauk technicznych w dyscyplinie transport. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie Autora dysertacji do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

dr hab. inż. Marek Karkula