

Wrocław, 31 maja 2023

Dr hab. inż. Jarosław Konior, prof. uczelni
Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Katedra Budownictwa Ogólnego

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Patrycji Karcińskiej pt. Model planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót w wykonawstwie budowlanym

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest uchwała Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej z dnia 19 kwietnia 2023 oraz pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej z 25 kwietnia 2023.

Podstawę prawną stanowi Ustawa o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Patrycji Karcińskiej pt. „Model planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót w wykonawstwie budowlanym”.

3. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Praca doktorska została zrealizowana w Katedrze Zarządzania w Budownictwie, na Wydziale Inżynierii Lądowej, w Politechnice Krakowskiej pod kierunkiem promotora prof. dr hab. inż. Edyty Plebankiewicz i promotora pomocniczego dr hab. inż. Agnieszki Leśniak, prof. uczelni. Całość opracowania liczy 192 strony wraz z załącznikami. Praca składa się ze wstępu, 6-ciu właściwych rozdziałów oraz podsumowania i streszczenia w językach polskim i angielskim. Tekst jest uzupełniony o wykaz bibliograficzny, zawierający 148 pozycji literaturowych i obrazów graficznych harmonogramów stworzonych w wyniku aplikacji opracowanego modelu na wybranych przypadkach realizacji.

3.1. Tytuł i temat pracy doktorskiej

Praca doktorska o tytule „Model planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót w wykonawstwie budowlanym” została wykonana jako dysertacja wielowątkowa o ujęciu teoretycznym wraz z zastosowaniem praktycznym poruszanych zagadnień w dziedzinie nauk inżynieryjno – technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Rozprawę doktorską osadzono w szeroko pojętej tematyce inżynierii przedsięwzięć budowlanych, w specjalności organizacji i planowania budowy, a w szczególności harmonogramowania robót budowlanych i ich powiązania z poziomem zatrudnienia w trakcie realizacji prac.

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
Wpłynęło dnia 31.05.2023
L. dz. 1051043.2023
podpis *G. G. G.*

3.2. Cel i tezy pracy doktorskiej

Cele pracy doktorskiej zostały określone następująco:

1. „Budowa matematycznego modelu do weryfikacji planowanej liczby roboczogodzin oraz utworzenie narzędzia komputerowego, umożliwiającego praktyczne zastosowanie modelu i wykorzystanie jego wyników w planowaniu zatrudnienia na budowie oraz harmonogramowaniu robót budowlanych”.
2. „Analiza odchyleń, powodowanych wpływem zidentyfikowanych czynników, między planowaną a rzeczywistą liczbą roboczogodzin w przedsięwzięciu budowlanym”.

Postawiono następującą tezę pracy doktorskiej:

„Rozpoznanie i uwzględnienie czynników wpływających na różnice między planowaną a rzeczywistą liczbą roboczogodzin pozwoli na efektywne planowanie zatrudnienia w wykonawstwie budowlanym”.

3.3. Zakres i struktura pracy doktorskiej

Rozprawa doktorska obejmuje swoim zakresem wstęp z uzasadnieniem podjęcia tematu badawczego, przegląd istniejącego stanu wiedzy w rozważanej tematyce, badania własne i modelowanie planowania zatrudnienia na budowie, analizę wrażliwości i weryfikację działania modelu, opis aplikacji komputerowej potwierdzającej działanie modelu na wybranych przykładach oraz podsumowanie pracy ze wskazaniem kierunków dalszych badań.

Struktura rozprawy doktorskiej jest czterostopniowa i została utworzona z siedmiu rozdziałów, w tym czterech części autorskich: badawczej, modelowania, walidacji modelu i programowania z zastosowaniem na wybranych przykładach.

3.4. Podejście naukowe i metody badawcze pracy doktorskiej

Podejście naukowe i zastosowane w rozprawie doktorskiej metody badawcze zasadniczo polegały na szerokim przeglądzie istniejącego stanu wiedzy, badaniach ankietowych oraz analizie danych rzeczywistych z przedsięwzięć budowlanych. Przeprowadzono weryfikację formalną i merytoryczną oraz ocenę zgodności opinii respondentów na podstawie współczynnika dyspersji względnej klasyfikacji. Podczas studiowania danych rzeczywistych, poddawano je na bieżąco weryfikacji merytorycznej w celu wykluczenia przedsięwzięć niereprezentatywnych. Budowa modelu matematycznego została oparta o teorię zbiorów rozmytych, a jego działanie poddano analizie wrażliwości i zweryfikowano na podstawie danych z rzeczywistych przedsięwzięć budowlanych.

Podejście naukowe i zastosowane w rozprawie doktorskiej metody w większym uszczegółowieniu polegały na analizie 12 wybranych czynników, wpływających na proces planowania zatrudnienia na budowie. Poziom zatrudnienia wyrażono w roboczogodzinach jako jednostkach czasu pracy w realizacji robót budowlanych. Wagi wpływu wyselekcjonowanych czynników zostały ustalone na podstawie zweryfikowanych wyników badań ankietowych przeprowadzonych wśród 39 wykonawców robót budowlanych. Indeksy ważności poszczególnych czynników stanowiły ich liczbowo wyrażone indywidualne wagi wpływu. Dla każdego czynnika podano dodatkowo trzy warianty jego sposobu oddziaływania w analizowanym przedsięwzięciu budowlanym, określone jako dodatni, neutralny lub ujemny. Analizie merytorycznej poddano 270 przedsięwzięć budowlanych z lat 2015 - 2018, które były realizowane w sektorze budownictwa przemysłowego przy wznoszeniu przemysłowych obiektów kubaturowych oraz przy wykonywaniu specjalistycznych instalacji technologicznych. Założono, że różnice między planowaną a rzeczywistą liczbą roboczogodzin wynikają z wpływu tychże analizowanych czynników. Przedsięwzięcia podzielono na cztery przedziały wartości. Do opracowania modelu planowania zatrudnienia na budowie

wykorzystano teorię zbiorów rozmytych, a do zdefiniowania problemu wpływu czynników na planowane zatrudnienie zastosowano pojęcie relacji rozmytej. Proces sterowania rozmytego złożono z etapów: fuzyfikacji, wnioskowania oraz defuzyfikacji. Dla etapu fuzyfikacji opracowano funkcje przynależności wejść modelu, które oparto o zweryfikowane wyniki badań ankietowych. Wnioskowanie rozmyte w modelu odniesiono do podejścia Mamdani – Zadeha i reguł modelu z zastosowaniem minimax’owego złożenia relacji rozmytych. Określono funkcję przynależności wyjść modelu, opartą na analizie wskaźników czasowych badanych przedsięwzięć budowlanych. Dla etapu defuzyfikacji przyjęto metodę środka ciężkości. W celu umożliwienia wykorzystania modelu planowania zatrudnienia w praktyce, opracowano aplikację komputerową. Model poddano analizie wrażliwości z uwagi na wagi czynników, sposoby oddziaływania oraz przypisywane funkcje przynależności wyjść. Analiza wykazała, że model jest mało wrażliwy na zmianę wag czynników typu „w” i planowaną liczbę roboczogodzin, ale jest wrażliwy na zmianę sposobów oddziaływania czynników typu „s”. Uzyskane wyniki zweryfikowano na rzeczywistych przypadkach i potwierdzono ich poprawność, realizując tym samym założone cele pracy doktorskiej.

4. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

4.1. Uwagi krytyczne

a. Tytuł pracy

Wydaje mi się, że tytuł pracy sformułowany następująco: „Model planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót w wykonawstwie budowlanym” jest za bardzo i niepotrzebnie skomplikowany. Jestem przekonany, że można go było uprościć merytorycznie i semantycznie, np.: Model planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów robót budowlanych. Wykonawstwo budowlane jest tu za szerokim pojęciem, w którym mieści się np. prefabrykacja budowlana i wszelka wytwórczość budowlana, a przecież zaprezentowane badania ograniczono do przedsięwzięć budowlanych / zadań inwestycyjnych i skoncentrowanych na budowach, na których prowadzone są roboty budowlane. Ponadto uważam, że nie ma potrzeby dopełniać pojęcia „harmonogram” określnikiem „postęp”. Jak podaje PWN harmonogram to „*rozkład, rozplanowanie przebiegu czynności w czasie*”, a więc z istoty rzeczy przedstawia układ powiązanych wzajemnie zadań w upływającym czyli postępującym czasie. Tylko w dwóch przypadkach można mówić o trwającym chwilowo braku postępu: 1. przerwa technologiczna, np. w robotach monolitycznych, 2. wstrzymanie robót budowlanych, np. wskutek decyzji administracyjnej nadzoru budowlanego. Zatem samo pojęcie „harmonogram robót budowlanych” wydaje się być zupełnie wystarczające, zwłaszcza, że w odniesieniu do przedsięwzięć inwestycyjnych ma on zawsze formę graficzną np. Gantt’a, cyklogramu czy sieci zależności, a więc zawsze jest odwzorowany na osi czasu.

b. Teza pracy

Uważam, że teza pracy sformułowana następująco: „Rozpoznanie i uwzględnienie czynników wpływających na różnice między planowaną a rzeczywistą liczbą roboczogodzin pozwoli na efektywne planowanie zatrudnienia w wykonawstwie budowlanym” jest zbyt ogólna i odnosi się tylko do jednego z wyróżników tytułu pracy doktorskiej (zatrudnienia), zupełnie pomijając jej drugi aspekt (harmonogramowanie). Rozprawa doktorska powinna charakteryzować się tym, że na początku formułuje się tezę (bądź hipotezę) pracy, którą w kolejnych rozdziałach dowodzi się lub uzasadnia na podstawie proponowanej teorii, metodach badawczych i modelowaniu w celu transformacji jakościowej rzeczywistości na ilościową analizę z wnioskowaniem. Nie wiadomo o jakie czynniki chodzi – jakościowe czy ilościowe, wewnętrzne czy zewnętrzne, pewne czy niepewne, itd. Może warto było wskazać w

tezie te 3 czynniki dominujące (termin, ilość i rodzaj robót), tym bardziej, że dalej w pracy analizowano ich wpływ na różnice pomiędzy wartością zaplanowaną a rzeczywistą? Może również wskazane było mierzalne określenie racjonalizacji zatrudnienia jako efektu analiz i modelowania, tym bardziej, że dalej w pracy wyliczono przedziały odpowiednich odchyłeń (tylko czy przełożono je na wymierny kosztowo efekt lepszego planowania zatrudnienia?). Niewątpliwie koniecznie trzeba było sformułować drugą tezę pracy doktorskiej w kierunku ulepszenia harmonogramowania robót budowlanych nowym autorskim modelowaniem i narzędziem rachunku zbiorów rozmytych. Przecież tu osiągnięcia przeprowadzonych badań są znaczące i dodatkowo poparte opracowanym programem o zastosowaniu praktycznym, nawet zwalidowanym na wybranych przedsięwzięciach budowlanych. Zatem bogata i wartościowa treść pracy doktorskiej upoważniała do postawienia co najmniej dwóch, określonych bardziej wymiennie tez do udowodnienia (lub zanegowania) w rozprawie.

c. Temat pracy

Wydaje mi się, że w uzasadnieniu podjęcia tematu (p. 1.1 pracy) zostały nieco pomyłone pojęcia tytułu i tematu rozprawy doktorskiej. Praca została zatytułowana "Model planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót w wykonawstwie budowlanym", co odpowiada pojęciu tytuł, nie temat jak błędnie określono na początku tego akapitu. Temat osadzono w szeroko pojętej tematyce inżynierii przedsięwzięć budowlanych, w specjalności organizacji i planowania budowy, a w szczególności harmonogramowania robót budowlanych i ich powiązania z poziomem zatrudnienia w trakcie realizacji prac. Dalszy opis tego rozdziału już właściwie określa temat badawczy: „Procesy planowania zatrudnienia na budowie oraz harmonogramowania robót budowlanych zaliczane są do zagadnień związanych z inżynierią przedsięwzięć budowlanych. Planowanie zatrudnienia i postępu prac (i tu jest dobrze – postępu prac, a nie harmonogramu postępu robót) jest zagadnieniem niezbędnym w procesie tworzenia planów organizacji przedsięwzięć budowlanych, przez co ciągle pozostaje tematem aktualnym, wymagającym uwagi i innowacyjnego podejścia, służącego zarówno nauce jak i praktyce”.

d. Rozpoznanie literaturowe

Przegląd istniejącego stanu wiedzy został przeprowadzony prawidłowo, szeroko i dogłębnie, z odniesieniem do literatury źródłowej, ale powinien ograniczać się wyłącznie do tematu pracy doktorskiej i zmierzać w kierunku wyboru właściwej metodyki przeprowadzonych badań. Zupełnie niepotrzebne jest wprowadzenie w rozdział 2. Przegląd Literatury opisów podręcznikowych zawartych w podrozdziałach 2.1 (Planowanie realizacji budowy) i 2.2. (Podstawowe elementy dokumentacji organizacji budowy), które nie przystają do koncepcji rozprawy doktorskiej. Podsumowanie przeglądu literatury zaprezentowane w podrozdziale 2.6 jest spłycone ze szkodą dla jakości całego, rzetelnie przeprowadzonego rozpoznania literaturowego. Podsumowanie powinno syntetyzować przeprowadzone rozpoznanie analitycznie, zatem wskazane byłoby przedstawienie w nim zwięzłej informacji w postaci tabelarycznej, dotyczącej metod harmonogramowania w warunkach niepewności, które ciekawie zostały pokazane w tablicach 2.2 i 2.3.

e. Badania, metody i modele

Źródłem pozyskania danych do przeprowadzonych badań była ankietyzacja wśród 82 wykonawców budowlanych, z których uzyskano zwrot 39 kwestionariuszy z odpowiedziami respondentów, a 38 zakwalifikowano do dalszych transformacji badawczych. W podsumowaniu podana jest liczba 270 przeanalizowanych merytorycznie przedsięwzięć budowlanych, która w ogóle nie występuje w opisie

sposobu przeprowadzenia badań – p. 3.1. Jak ta liczba przedsięwzięć ma się do liczby badanych przedsiębiorstw?

O ile wyniki ankietyzacji zostały szczegółowo opisane, o tyle nie bardzo wiadomo czy podmioty odpowiadające na zadane pytania zostały dobrane w sposób celowy czy losowy. Respondenci reprezentowali różne funkcje w budowlanym procesie inwestycyjnym i ich odpowiedzi zostały ujęte w jednym zbiorze danych, bez wyróżnienia odpowiednich podzbiorów, których profil pozyskanych informacji mógł znacząco różnić się od siebie. Zatem utworzona próba badawcza nie jest w pełni spójna i jednorodna, a już na pewno nie jest typologiczna i o liczebności ledwie przekraczającej 30, przyjmowanej jako wystarczającą do wyznaczania rozkładów prawdopodobieństwa na zadowalającym poziomie ufności. Czy jest więc reprezentatywna dla całej populacji po przeprowadzeniu wyliczeń liczbowych w propagującym stopniu niepewności?

Czy indeksy ważności wybranych czynników na planowanie zatrudnienia wyliczone według skali Likerta są tożsame z miarą istotności tych czynników, ponieważ w pracy oba pojęcia używane są zamiennie, jako synonimy?

Modelowanie planowania zatrudnienia w realizacji przedsięwzięć budowlanych jest przeprowadzone bardzo rzetelnie i poprawnie matematycznie, ale od razu zakłada największy stopień niepewności, przenosząc badania do rozmytości. Czy pełna metodyka badań nie powinna jednak odnieść się najpierw do determinizmu i probabilistyki jako przypadków o większym stopniu pewności i bardziej zbliżonym do praktyki budowlanej. Przecież wiele zdarzeń – zwłaszcza powtarzalnych, rutynowych – występujących w realizacji robót budowlanych ma charakter losowy o wyznaczalnych rozkładach prawdopodobieństw, a nawet deterministycznych czyli występujących z prawdopodobieństwem równym 1.

f. Walidacja i aplikacja modelu

Dobrze, że podjęto próbę uproszczenia modelu planowania zatrudnienia w kierunku jego zastosowania w praktyce i wyodrębniono 4 podstawowe grupy czynników do weryfikacji modelu – organizacyjne, technologiczne, zarządcze i projektowe. Ta transformacja czynników miała już miejsce w poprzednim rozdziale przy defuzyfikacji czyli wyostrzeniu funkcji rozmytej i przypisaniu tych czynników w bazie reguł przedstawionej w tablicy 4.3. Nie wyjaśniono jednak czy i jak te zagregowane grupy czynników są powiązane z indeksami ważności przyjętych wcześniej do metodyki badań 12 czynników elementarnych. A to chyba stanowi istotne powiązanie dla logicznej ciągłości procesu badawczego i wiarygodnego, liczbowego wnioskowania.

Weryfikacja działania opracowanego modelu została przeprowadzona dla dwóch zakończonych przedsięwzięć budowlanych i dwóch rozpoczynających się zadań inwestycyjnych, co na pewno nie jest łatwym wyzwaniem. Ale czy z całą pewnością i bezwarunkowo można stwierdzić, że „przeprowadzony proces badania wrażliwości oraz weryfikacji modelu potwierdził poprawność jego działania”.

Aplikacja komputerowa została opracowana w sposób uproszczony i intuicyjny od strony wejścia dla użytkownika. Przedstawiono również przykłady praktycznego zastosowania aplikacji w czterech, choć dość specyficznych i specjalistycznych zadaniach inwestycyjnych. Z czystej ciekawości zadaję pytanie w jakim języku programowania napisano aplikację i czy stawia wymagania sprzętowe do powszechnego użycia? Dobrze też, że inżynier czy menedżer budowlany nie jest świadom rozmytych przetwarzań liczbowych prowadzących do wyliczenia wartości skutku wpływu czynników na planowaną liczbę roboczogodzin ze względu na rodzaj ich oddziaływania, będący wypadkową wagi „w” i kierunku oddziaływania „s”. Na wyjściu dostaje efekt w postaci współczynnika „Z” korygującego planowanie

zatrudnienie wyrażone w roboczogodzinach i to mu wystarczy do racjonalnego harmonogramowania i predykcji zatrudnienia.

4.2. Uwagi pozytywne

Największą wartością rozprawy doktorskiej opracowanej przez mgr inż. Patrycję Karcińską jest kompleksowość podejścia Doktorantki do całego procesu badawczego. Praca doktorska udowadnia postawioną tezę i wypełnia sprecyzowane cele badawcze. Założenia pracy, przetworzenia matematyczne i wnioskowanie z wyników badań są spójne, powiązane ze sobą i efektywne. Poza wstępem i zakończeniem pracy, przeprowadzone badania w kierunku racjonalizacji tworzenia harmonogramów robót budowlanych i optymalizacja planowania zatrudnienia na budowach oraz przyjęta metodyka badawcza, opracowanie modelu z jego praktyczną walidacją i aplikacją komputerową przetestowaną w realnych warunkach inwestycyjnych są imponujące. Opanowanie matematycznego aparatu narzędziowego w rachunku zbiorów rozmytych i jego praktyczne zastosowanie budzi podziw i szacunek, ponieważ wymagało od Doktorantki wyjątkowej cierpliwości, dużo własnego wysiłku, chęci poznawczej i konieczności powiązania zagadnień o charakterze niepewnym z trudną rzeczywistością procesu budowlanego, zwłaszcza w ostatnich trzech latach. Przedstawione powyżej uwagi krytyczne tylko potwierdzają autentyczność badań i autorskie dokonanie Doktorantki, a nie odtwórczy charakter pracy. Rozprawa doktorska jest oryginalna, nacechowana wieloma wartościami poznawczymi i wypełniona dużym wkładem własnej pracy Doktorantki.

5. Ocena formalna rozprawy doktorskiej

5.1. Uwagi językowe

Rozprawa doktorska została poprawnie napisana, zrozumiałym językiem polskim i ze streszczeniem w języku angielskim. Tym niemniej mam kilka uwag, z których najistotniejsze to:

- czas teraźniejszy jest kilkukrotnie zmieniany w tekście na czas przeszły i odwrotnie, a przecież poza kierunkami dalszych badań – które ewentualnie będą wykonane w przyszłości – całość dokonań Autorki i innych autorów już została zrealizowana, więc treść pracy powinna być napisana w czasie przeszłym;
- forma bezosobowa jest wielokrotnie mieszana z formą osobową w pierwszej osobie liczby mnogiej, a przecież rozprawa jest autorskim dziełem Autorki, zatem nie ma uzasadnienia prezentowania go w liczbie mnogiej;
- nadmierna tendencja Autorki do wielokrotnego listowania w formie punktów różnych przykładów odnoszących się zdania nadrzędnego; może lepiej byłoby wskazać jeden reprezentatywny przykład lub opisać wspólną cechę tych przykładów w tekście;
- czasami Autorka przedstawia szyk zdania w składni, w taki sposób, że zdanie zaczyna się od orzeczenia, a nie od podmiotu, np. „Stale powstaje wiele publikacji polskich i zagranicznych dotyczących planowania realizacji przedsięwzięcia budowlanego”.

5.2. Uwagi edytorskie

Rozprawa doktorska została poprawnie wyedytowana, w strukturze czterostopniowego dokumentu. Tym niemniej mam kilka uwag, z których najistotniejsze to:

- nie utrzymanie równości wcięć i odstępów w tekście i w spisie literatury;
- nie utrzymanie struktury dokumentu w rozdziale 6.2.1. przy opisywaniu czterech przykładów praktycznego wykorzystania modelu;

- nie utrzymanie jedności formatu rysunków; każdy obraz będący wykresem, diagramem, schematem wygląda inaczej;
- nie utrzymanie kroju przyjętej czcionki, np. na str. 143;
- niektóre rysunki są bardzo niskiej rozdzielczości;
- formuły matematyczne są wklejone jako obrazy o niskiej rozdzielczości, a powinny być prezentowane w formie edytowalnej, np. MATLAB.

6. Podsumowanie recenzji i wniosek końcowy

Z całym przekonaniem uważam, że opracowaną rozprawą doktorską Pani Patrycja Karcińska udowodniła wysoki poziom inżynierski, zdolność do rozpoznania i rozwiązywania praktycznych problemów w budownictwie oraz kompetencje do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Jak powyżej uzasadniłem – zarówno co do uwag krytycznych i pozytywnych dysertacji – przedłożona rozprawa doktorska:

- prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie "Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport";
- wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktorantkę;
- stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych Doktorantki.

W związku z powyższym stwierdzam, że przedłożona przez Panią mgr inż. Patrycję Karcińską rozprawa doktorska pt. „Model planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót w wykonawstwie budowlanym” upoważnia do pozytywnego zaopiniowania w powyższych trzech aspektach i spełnia warunki określone w Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003.

Stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i wnoszę o dopuszczenie Pani mgr inż. Patrycji Karcińskiej do publicznej obrony przedstawionej rozprawy doktorskiej.

JAROSŁAW
MICHAŁ
KONIOR

Elektronicznie
podpisany przez
JAROSŁAW MICHAŁ
KONIOR
Data: 2023.05.31
10:02:35 +02'00'