

Dr hab. inż. Nabi Ibadov, prof. uczelni  
Politechnika Warszawska  
Wydział Inżynierii Lądowej  
Instytut Inżynierii Budowlanej

Warszawa 29.06.2023 r.

## RECENZJA

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

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej Pana prof. dr hab. inż. Andrzeja Szaraty z dnia 25.04.2023 r. (pismo nr L0.510.4.2.2023).

### 2. Przedmiot recenzji


Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pani mgr inż. Patrycji Karcińskiej pt. „Model planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót w wykonawstwie budowlanym”. Pracę przygotowano w Politechnice Krakowskiej na Wydziale Inżynierii Lądowej pod kierunkiem Pani prof. dr hab. inż. Edyty Plebankiewicz, będącej promotorem pracy w przewodzie doktorskim.

### 3. Układ i treść rozprawy

Rozprawa doktorska ma formę książki wydanej i w tym zakresie spełnia wymagania ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Rozprawa obejmuje łącznie 168 stron wraz ze spisem literatury i streszczeniem oraz zawiera dodatkowo 5 załączników. Rozprawa dzieli się na siedem zasadniczych rozdziałów, w tym wstęp i podsumowanie. Między rozdziałami zachowano właściwe proporcje. Treść pracy zgodna jest z jej tytułem, a treść rozdziałów z ich nagłówkami, które dają syntetyczny pogląd na przedstawioną w nich zawartość merytoryczną. Kolejne tytuły rozdziałów zapewniają logiczne powiązanie całości rozprawy.

**Rozdział nr 1** zatytułowany „Wstęp” zawiera prezentację problemu i uzasadnienie podjętego tematu rozprawy, dotyczącej planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót w wykonawstwie budowlanym. Autorka sformułowała tezę i cele pracy oraz

DZIEKANAT Wydziału Inżynierii Lądowej	
Wpłynęło dnia	06 LIP 2023
L. dz.	L0.510.4.2.2023
podpis	

odnosząc się do zdefiniowanych celów i tezy przedstawiła metody badawcze i zakres pracy. W tym rozdziale Autorka zaznaczyła, iż do opracowania modelu planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót wykorzysta badanie ankietowe oraz teorię zbiorów rozmytych. Działanie modelu zostanie poddane analizie wrażliwości i zweryfikowane na podstawie danych z rzeczywistych przedsięwzięć budowlanych. Moim zdaniem proponowane postępowanie w rozdziale nr 1 jest jak najbardziej uzasadnione.

**W rozdziale nr 2** Autorka przeprowadziła analizę stanu wiedzy, gdzie przedstawiła przegląd literatury zarówno polskiej jak i zagranicznej z zakresu tematyki rozprawy. W rozdziale w pierwszej kolejności omówiono zakres i charakter poszczególnych elementów dokumentacji organizacji budowy. Następnie omówiono rodzaje harmonogramów oraz metody ich sporządzania, nawiązano również do metod sieciowych planowania przedsięwzięć budowlanych. Przedstawiono również metody szacowania czasu realizacji robót budowlanych oraz tzw. doboru zatrudnienia na budowie. Uważam, że treść rozdziału zawiera solidną analizę, która pozwala dostrzec istotę harmonogramowania i planowania zatrudnienia, to z kolei tworzy podstawę do opracowania modelu zatrudnienia i harmonogramowania robót budowlanych. Tym nie mniej uważam, że nazwa „Dobór zatrudnienia” (podtytuł 2.5 str. 47 rozprawy) jest pewnym skrótem myślowym i raczej dotyczy doboru siły roboczej.

**W rozdziale 3** Autorka opisała badania własne, których celem między innymi było identyfikacja czynników wpływających na wielkości zatrudnienia na budowie. W tym kontekście szczegółowo omówiono wyniki badań ankietowych, które zostały następnie wykorzystane w budowie modelu matematycznego. Badania dotyczyły zakresu dokumentacji organizacji budowy, przygotowywanej przez polskich wykonawców budowlanych, sposobu planowania zatrudnienia na budowie oraz czynników jakie wpływają na podejmowane w tym aspekcie decyzje. Moim zdaniem rozdział ten zasługuje na pochwałę z uwagi na wielowątkowe rozważania i opracowanie dość informatycznej i przydatnej bazy danych do opracowania modelu matematycznego, szkoda tylko, że badania dotyczą lat 2014-2015. Obecnie wpływ czynników na rozważane kwestie mogą mieć inną moc.

**W rozdziale nr 4** Autorka na podstawie opracowanej w trzecim rozdziale bazy ocen wpływu badanych czynników na planowane zatrudnienia proponowała model planowania zatrudnienia w wykonawstwie budowlanym, gdzie szczegółowo omówiła całą strukturę modelu wnioskującego opartego na regułach JEŚLI-TO. W tym kontekście wykorzystano elementy teorii zbiorów rozmytych w tym zmienne lingwistyczne. Układ rozdziału jest prawidłowy a jego treść logiczna i wyczerpująca.

**W rozdziale nr 5** Autorka poddała analizie i weryfikacji autorski model (przedstawioną w rozdziale nr 4) planowania zatrudnienia pod kątem współczynnika korygującego planowaną liczbę roboczogodzin. Weryfikację przeprowadzono na rzeczywistych przedsięwzięciach, które zostały już zrealizowane. Uzyskiwane wyniki są satysfakcjonujące, a błąd w najgorszym przypadku nie przekracza 5%. To potwierdza działanie modelu. Wynik weryfikacji potwierdza także postawioną tezę rozprawy w kontekście wpływu czynników na badane zagadnienie. Treść i układ rozdziału są prawidłowe. Należy także podkreślić, że obszernie zaprezentowane działanie modelu wraz z omówieniem wyników dla każdego analizowanego przypadku jest wystarczającym dowodem waloru praktycznego autorskiego modelu.

**Rozdział nr 6** dotyczy aplikacji komputerowej, gdzie Autorka przedstawiła proces korzystania z modelu w praktyce. W tym kontekście zaprezentowano również możliwości wykorzystania modelu w harmonogramowaniu robót budowlanych na przykładzie czterech przedsięwzięć budowlanych. Utworzona aplikacja komputerowa niewątpliwie ułatwia użytkowanie modelu przez wykonawców budowlanych, co w kontekście ogólnym wskazuje na pewne walory praktyczne rozprawy.

**Rozdział nr 7** przedstawia podsumowanie, w tym ocenę osiągnięcia celów i spełnienia tezy pracy, wkład własny Autorki oraz kierunki dalszych badań.

Podsumowując układ i treść pracy należy stwierdzić, że praca ma właściwy i przemyślany układ, a kolejność rozdziałów i ich podział są logiczne. Źródła bibliograficzne wykorzystane w liczbie 148 są zgodne z treścią rozprawy.

#### **4. Ocena merytoryczna pracy**

##### **4.1. Ocena doboru tematu rozprawy**

Rozważany w pracy problem badawczy należy do zagadnień planowania zatrudnienia i harmonogramowania robót budowlanych. Podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych występują nieprzewidziane zdarzenia, które mogą prowadzić do zaburzenia założonego harmonogramu. Do tego typu zjawisk zalicza się m.in. niewłaściwe zaplanowane zatrudnienie (liczby roboczogodzin dla poszczególnych rodzajów robót), które niewątpliwie ma wpływ na istotne parametry przedsięwzięcia budowlanego (na przykład na czas i koszt), więc istnieje zapotrzebowanie na : - budowę rzetelnej bazy zawierającej skwantyfikowane skutki i istotności czynników wpływających na wielkości zatrudnienia na budowie; - skonstruowanie niezawodnego modelu planowania zatrudnienia, który ułatwi prace wykonawcom

budowlanym zarówno w planowaniu zatrudnienia i harmonogramowaniu postępu robót. Z tego też powodu, w recenzowanej pracy Autorka podjęła wysiłek badawczy, w zakresie opracowania adekwatnego modelu planowania zatrudnienia w przedsięwzięciach budowlanych z wykorzystaniem elementów teorii zbiorów rozmytych i uwzględnieniem odpowiednich czynników wpływających na przedmiotową kwestię.

Rozważany przez Autorkę problem badawczy **jest oryginalny**, a wybór przez Doktorantkę problematyki planowania zatrudnienia jako tematu rozważań naukowych **trafny**. Opracowanie modelu planowania zatrudnienia i tworzenie harmonogramu postępu robót w wykonawstwie budowlanym ma istotne znaczenie zarówno w aspekcie poznawczym, jak i praktycznym.

Należy też podkreślić, że zagadnienie planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót w wykonawstwie budowlanym mieści się w przedmiocie badań w ramach specjalności Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych, w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

**Oceniam podjęty w pracy doktorskiej temat jako trafny i zasadny do rozważań naukowych.**

#### **4.2 Ocena celu, tezy rozprawy i metody rozwiązania postawionego problemu**

Na podstawie przeglądu literatury, własnych badań i analiz Doktorantka sformułowała następującą tezę i cele rozprawy:

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

A cele rozprawy są następujące: *„Celem pracy jest 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. Celem pośrednim jest analiza odchyleń, powodowanych wpływem zidentyfikowanych czynników, między planowaną a rzeczywistą liczbą roboczogodzin w przedsięwzięciu budowlanym.”*

Teza rozprawy wynika z celu rozprawy i możliwe jest jej potwierdzenie za pomocą osiągniętych rezultatów uzyskanych w wyniku prowadzonych prac naukowo-badawczych.

Realizacja celów i udowodnienie tezy wymagały od Autorki przeprowadzenia studiów literaturowych, wykazania się wiedzą w zakresie specyfiki planowania zatrudnienia i harmonogramowania robót budowlanych oraz ustalenia nakładu pracy w przedsięwzięciach budowlanych, czynników mających wpływ na planowanie zatrudnienia oraz ich

konsekwencji, metod badawczo obliczeniowych w przedmiotowym zakresie, elementów teorii zbiorów rozmytych oraz ich wykorzystania w modelowaniu reguł rozmytych i wnioskowania rozmytego w celu stworzenia modelu planowania zatrudnienia. Ponadto, Autorka opracowała aplikację komputerową opartą na w/w zagadnieniach ułatwiającą planowanie wykonawcom budowlanym w przedmiotowym zakresie w zastosowaniach praktycznych.

W pracy doktorskiej w celu osiągnięcia przyjętych celów oraz udowodnienia tezy Doktorantka wytypowała zbiór czynników mających wpływ na planowane zatrudnienie pracowników na budowie. Zbiór ten składa się z 12 następujących czynników: - ilość robót; - rodzaj robót; -dostępność pracowników; - wartość kontraktu; - termin realizacji; - stopień prefabrykacji elementów; - stopień zmechanizowania robót; - zarządzanie projektem; - technologia robót; - warunki fizyczne na placu budowy; - współpraca wykonawcy z projektantem; - kwalifikacje pracowników. Warto podkreślić, iż w pracy Autorka w swoich rozważaniach uwzględniła także 2 dodatkowe czynniki wskazane przez respondentów, a mianowicie: organizację robót oraz wydajność pracy pracowników.

Autorka kwantyfikowała wagi, wpływy i istotności czynników. W tym celu zastosowała tzw. wywiady eksperckie i badania ankietowe. Zastosowane metody badawcze umożliwiły autorce pozyskanie danych i wiedzy z zakresu czynników wpływających na planowane zatrudnienie. Ponadto Autorka poddała ocenie zgodności opinii i jednorodności zebranych danych. Testy wykazały zgodność opinii pozwalając tym samym na prowadzenie dalszych analiz i wykorzystanie uzyskanych wyników badań własnych do opracowania autorskiego modelu planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót w wykonawstwie budowlanym z wykorzystaniem wnioskowania rozmytego.

Doktorantka weryfikowała działanie autorskiego modelu na rzeczywistych przedsięwzięciach a także zaprezentowała aplikację komputerową, gdzie przedstawiła proces korzystania z modelu w praktyce. Taka praktyczna implementacja modelu podwyższa walory rozprawy.

Upoważnia to do stwierdzenia, że Doktorantka przedstawiła **oryginalne rozwiązanie problemu** wykazując się **umiejętnością samodzielnej pracy naukowej**. Założone **cele rozprawy zostały osiągnięte**. W wyniku tego **został opracowany model z wykorzystaniem elementów teorii zbiorów rozmytych, który pozwala na efektywne planowanie zatrudnienia na podstawie obliczonych roboczogodzin**. W konsekwencji **teza została udowodniona**.

W zakończeniu (rozdział nr 7) Autorka podsumowała pracę doktorską **prawidłowo**, zaznaczyła wkład własny i wytyczyła kierunki dalszych badań.

Podsumowując ocenę merytoryczną rozprawy, do **największych osiągnięć naukowych** Doktorantki zaliczam:

1. Określenie wag i istotności wyselekcjonowanych czynników mających wpływ (wyrażonych w roboczogodzinach) na planowanie zatrudnienia oraz ich rodzaju oddziaływania.
2. Tworzenie modelu planowania zatrudnienia w wykonawstwie budowlanym z wykorzystaniem teorii zbiorów rozmytych wraz z implementacją praktyczną w postaci aplikacji komputerowej.

## **5. Uwagi krytyczne**

Nie obniżając walorów naukowych, warsztatowych, praktycznych i poznawczych zawartych w treści pracy oraz przy ogólnej pozytywnej ocenie rozprawy nasuwają się jednak pewne uwagi mające charakter dyskusyjny do których proszę o ustosunkowanie się Autorki rozprawy doktorskiej.

### **5.1. Uwagi dotyczące kwestii merytorycznych**

1. Na stronie 83. rysunek nr 4.1 Autorka zaznaczyła, że jest to opracowanie własne na podstawie literatury nr 19 i 47. Proszę o wyjaśnienie co w tym rysunku jest opracowaniem własnym?
2. Mimo, że Autorka starała się jak najlepiej analizować, wytypować, kwantyfikować i opisać czynniki wpływające na zatrudnienie w wykonawstwie budowlanym, jednak moim zdaniem, można dostrzec kilka mankamentów. W związku z powyższym proszę o wyjaśnienie lub doprecyzowanie następujących kwestii:
  - jak dostosować do obecnych warunków (realiów rynkowo-technicznych) istotności wytypowanych i badanych czynników w latach 2014-2015? Jak to uwzględnić w proponowanym modelu w praktycznej implementacji? Czy zgromadzone i odpowiednio obliczone (przygotowane) dane w tamtych latach w modelu nadał będą wiarygodne?
  - czy kwestia wzajemnej niezależności/zależności (np. rodzaj robót, technologia robót, stopień mechanizacji robót itp.) czynników w proponowanym modelu ma znaczenie (zwłaszcza w bazach reguł)?
  - dlaczego czynnik pt. „rodzaj robót” jest zakwalifikowany do grupy czynników organizacyjnych a nie na przykład technologicznych?

Powyższe pytania są także uzasadnione patrząc na wyjaśnienia sposobów oddziaływania poszczególnych czynników zawartych w tabeli 4.1 str. 86 rozprawy.

3. W pracy funkcje przynależności zmiennych wejściowych i wyjściowych zostały wyjaśnione, co do przyjętego kształtu, natomiast ich wspólna prezentacja w skali bazowej w rysunkach 4.3, 4.10-4.13 mają tzw. „luki”, tzn. kolejne zbiory rozmyte nie pokrywają się na poziomie 0,5 współczynnika przynależności. W związku z powyższym proszę o wyjaśnienie lub doprecyzowanie następujących kwestii:

- Co się stanie, jeśli wartość badanej cechy na skali bazowej znajdzie się w granicach takich zbiorów o obniżonej wartości współczynnika przynależności (patrz na przykład rys. 4.3, granicy funkcji przynależności rodzajów oddziaływania czynników: „średni dodatni” i „duży dodatni” lub rys. 4.10, granicy funkcji przynależności możliwych zmian planowanej liczby roboczogodzin: „zwiększ” i „zwiększ dużo”)? Czy to sztucznie nie obniży (lub nie zwiększy) znaczenie badanej cechy? Czy reguły wnioskowania w modelu nadał będą miarodajne?
- Jakie możliwości ma opracowany model w zakresie zmiany zarówno kształtu funkcji przynależności jak i gradacji oraz zmiany tzw. „granic” między poszczególnymi funkcjami przynależności na skali bazowej?

## 5.2 Uwagi dotyczące bibliografii i formalno-językowej strona rozprawy

Spis wykorzystanej w pracy doktorskiej bibliografii obejmuje łącznie 148 źródeł, w tym źródła literaturowe i internetowe oraz akty prawne i przepisy techniczne. Literatura zawiera zarówno pozycje polskie, jak i zagraniczne. Jest dobrana w sposób właściwy i wystarczający.

Od strony językowej i formalnej recenzowaną pracę doktorską uważam za dobrą. Tym nie mniej, tak jak bywa w tego typu pracach, można dostrzec pewne usterki. Przykładowo poniżej przedstawiam jeden najbardziej niefortunne:

- na stronie 70 – wzory 3.1 oraz 3.2 napisane są z pewnym uchybieniem formalizmu opisu matematycznego – brak indeksów oraz opisu zbioru czynników X.

## 6. Wniosek końcowy

Pomimo wymienionych w recenzji uwag, z merytorycznego punktu widzenia **rozprawa zasługuje na pozytywną ocenę**. Praca obok wartości naukowych i poznawczych ma także znaczenie dla praktyki. Doktorantka zaproponowała autorski model planowania zatrudnienia w wykonawstwie budowlanym. Mając na uwadze znaczenie błędnego planowania zatrudnienia oraz jego negatywny wpływ na wykonawstwo budowlane **uważam opiniowaną rozprawę doktorską za cenną**.

Zawartość merytoryczno-metodologiczna pracy dowodzi, że jej Autorka potrafi samodzielnie prowadzić badania naukowe i rozwiązywać złożone problemy teoretyczne i praktyczne.

Przedstawiona do recenzji **rozprawa doktorska wnosi znaczący wkład teoretyczny i praktyczny w rozwój nauk** inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria lądowa, geodezja i transport.

W związku z powyższym uważam, że przedłożona przez Panią mgr inż. Patrycję Karcińską rozprawa doktorska pt. *„Model planowania zatrudnienia i tworzenia harmonogramów postępu robót w wykonawstwie budowlanym”* spełnia wymagania ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i **stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenia jej do publicznej obrony.**

..... *Nabi Ibadov* .....

dr hab. inż. Nabi Ibadov, prof. uczelni