

Wrocław, dn. 18.06. 2023

Prof. dr hab. inż. Zdzisław Hejducki

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej

Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Sroki pt.:

„Metoda priorytetowego harmonogramowania wieloobiektowych przedsięwzięć
budowlanych”

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję opracowano w związku z uchwałą Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej z dnia 19 kwietnia 2023 r.

2. Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Bartłomieja Sroki pt.: „Metoda priorytetowego harmonogramowania wieloobiektowych przedsięwzięć budowlanych”. Promotorem pracy była profesor dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska –Zielina z Politechniki Krakowskiej. Przedstawiona rozprawa doktorska obejmuje 192 strony, zawiera 5 rozdziałów. Treść pracy odpowiada jej tytułowi a nazwy rozdziałów reprezentują logiczne powiązania całości pracy, treści kolejnych części stanowią uzasadnienie sformułowanych tez i celu.

Pierwszy rozdział zawiera podstawowe informacje dotyczące przedmiotu badań, zakresu, struktury pracy oraz zastosowanych metod badawczych. Rozdział drugi zawiera szczegółową analizę stanu wiedzy, opis wstępnych badań kwestionariuszowych, sformułowano tezę oraz cele dysertacji. W wyniku bardzo szczegółowego przeglądu znanych metod harmonogramowania wytypowano nierozwiązane zagadnienia i określono obszary

DZIEKANAT	
Wydziału Inżynierii Lądowej	
Wpłynęło dnia	22.07.2023
L. dz.	10.540 35.3.2018
podpis	

badan, ze szczególnym uwzględnieniem teorii i metod sprzężeń czasowych, „ będących inspiracją Autora rozprawy”. Uporządkowano nazewnictwo i przyjęto na tej podstawie nowe pojęcia rozwijające prezentowaną tematykę. Uzasadniono celowość wyboru tematu pracy.

Rozbudowany trzeci rozdział prezentuje opracowaną przez Autora metodę priorytetowego harmonogramowania wieloobiektowych przedsięwzięć budowlanych.

W rozdziale czwartym zaprezentowano przykłady obliczeniowe, w szczególności zastosowanie zlinearyzowanego modelu czasowo kosztowego, modelu harmonogramowania priorytetowego i inne. Wprowadzono szereg ograniczeń organizacyjnych porównując wyniki z uzyskanymi na bazie teorii sprzężeń czasowych, modelu CPM, zastosowano funkcje celu z uwzględnieniem cyklu trwania, jednostkowe koszty pośrednie oraz dodatkowe współczynniki. Przedstawiono trzy przykłady obliczeniowe wprowadzając dodatkowe ograniczenia technologiczno- organizacyjne. Ponadto przeprowadzono weryfikację i walidację opracowanych modeli obliczeniowych. Zamieszczono je w załącznikach pracy.

Rozdziały te powiązane są zasadą wynikania i prowadzą w rozdziale 5 do sformułowania wniosków końcowych zawierającą analizę i syntezę prezentowanych osiągnięć potwierdzając osiągnięty cel pracy oraz sformułowane na wstępie pracy tezy.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Przedstawiona rozprawa doktorska dotyczy aktualnych zagadnień modelowania procesów budowlanych, w szczególności harmonogramowania procesów budowlanych z uwzględnieniem zagadnienia szeregowania zadań oraz elastycznych ograniczeń technologiczno- organizacyjnych.. Praca swoją problematyką wpisuje się w nurt zagadnień prezentowanych w aktualnej literaturze światowej i uwzględnia szczególną specyfikę budownictwa, tj. ograniczenia i zależności technologiczno-organizacyjne występujące w procesie realizacji robót budowlanych. Stanowi ona rozwiązanie zadania naukowego polegającego na opracowaniu modeli obliczeniowych, przeprowadzeniu badań modelowych z analizą nowych zastosowań, wyznaczeniu obszarów dopuszczalnych rozwiązań, oraz ich weryfikacją. Dysertacja, stanowiąca spójną, logiczną całość, nie wyczerpuje wszystkich problemów związanych z zagadnieniem harmonogramowania robót budowlanych. Wyznacza szczególny obszar nowych implementacji z uwzględnieniem min. teorii sprzężeń czasowych i metod TCM (metod sprzężeń czasowych) jako inspiracji Autora do opracowania koncepcji priorytetowego harmonogramowania. Opracowując autorską metodę harmonogramowania priorytetowego przedsięwzięć budowlanych określono nowy etap w możliwościach

zastosowań metod sprzężeń czasowych, proponując podejście elastyczne, będące w istocie kombinacją ograniczeń w modelu obliczeniowym i złożoną funkcją celu.

Na podstawie zaobserwowanych problemów inżynierskich Autor rozprawy określił cel pracy, uszczegóławiając go sformułowaną tezą „ Opracowana metoda priorytetowego harmonogramowania , uwzględniająca elastyczne ograniczenia technologiczno- organizacyjne oraz możliwość zmiany kolejności wykonania obiektów, pozwala na minimalizację kosztów całkowitych wieloobektowych przedsięwzięć budowlanych”. Prezentowane przypuszczenie wymagało sformułowania cząstkowych zadań : opracowania czasowo- kosztowego modelu harmonogramowania priorytetowego, metody optymalizacji dyskretnej oraz implementacji komputerowej. Celem pracy było „doskonalenie metod harmonogramowania wieloobektowych przedsięwzięć budowlanych”, przedstawienie i rozwiązanie wybranych problemów planowania przy założeniu elastycznych ograniczeń i funkcji celu.

Osiągnięcie postawionego celu i udowodnienie sformułowanej tezy wymagało zebrania i analizy oraz standaryzowania informacji. Opracowano własną metodykę badań (rys. 17) ze schematem sekwencji metod i narzędzi obliczeniowych niezbędnych do realizacji postawionego celu pracy. Zdefiniowanie problemu naukowego posłużyło do adaptacji modeli obliczeniowych stosowanych w harmonogramowaniu z zastosowaniem elastycznych sprzężeń czasowych. W pracy doktorskiej, w sposób właściwy, wykorzystano metodę naukową (analizę i syntezę) do osiągnięcia celu pracy i udowodnienia sformułowanych tez. Teoria sprzężeń czasowych, Metody Sprzężeń Czasowych, będące inspiracją Autora rozprawy, z ich doskonaleniem i zastosowaniem w harmonogramowaniu procesów budowlanych mają wieloletnią historię. Wywodzą się z potrzeb realizacji wielkich budów kompleksów przemysłowych oraz potrzeb militarnych. Systemy potokowe będące podstawowym narzędziem harmonogramowania procesów budowlanych są powszechnie stosowane ze względu na swoją naturalną strukturę wynikającą z technologii robót budowlanych i warunków organizacyjnych. Jednakże, z uwagi na wielkość i zakres zadań budowlanych są doskonalone w zakresie optymalizacji metod harmonogramowania. Od lat prowadzone są badania i wprowadzane są narzędzia harmonogramowania typu PERT czy CPM i wiele innych bazujące na modelach grafowych. Dążenie do równomierności i powtarzalności prowadzonych procesów przemysłowych, w tym budowlanych spowodowało poszukiwania nowych metod: LSM, VPM, RSM i wielu innych stosowanych szczególnie w procesie budowy wysokich, wielokondygnacyjnych budynków. W większości metody te mają charakter deterministyczny. Uwzględniają one obecnie teorię szeregowania zadań z algorytmami obliczeniowymi typu B&B, genetycznymi, innymi ewolucyjnymi,

symulowanym wyżarzaniem i wielu innymi. Poszukiwane są optymalne rozwiązania kolejnościowe z coraz dokładniejszymi wynikami, z dodatkowymi ograniczeniami np. zasobowymi i funkcjami celu co zaprezentowano w szczególności w dysertacji.

Rozprawa doktorska poszerza obszar badawczy i implementacyjny o elastyczne ujęcie kombinacji ograniczeń technologiczno- organizacyjnych oraz złożonej funkcji celu. Zagadnienie obliczeniowe jest bardzo trudne, podobnie jak zagadnienia szeregowania zadań z uwagi na ich rozmiar przestrzeni rozwiązań jako NP- zupełny w teorii złożoności obliczeniowej. Rozprawa doktorska podaje i potwierdza heurystyczne rozwiązanie problemu harmonogramowania procesów budowlanych tak ważnym w praktyce budowlanej. Ważność i aktualność omawianych zagadnień potwierdzana jest licznymi konferencjami, sympozjami i seminariami które odbywają się w różnych miastach akademickich na świecie. Zagadnienia badań operacyjnych, w obszarze których znajdują się problemy harmonogramowania, są aktualnym i ważnym obszarem badań interdyscyplinarnych z udziałem matematyków, informatyków i inżynierów.

Istotnym osiągnięciem pracy jest nie tylko opracowanie metody priorytetowego harmonogramowania ale również jej walidacja i weryfikacja wyników testowych.

4. Ocena metodyczna

Podjęta tematyka należy niewątpliwie do podstawowych zagadnień modelowania procesów realizacji obiektów budowlanych. W szczególności dotyczy harmonogramowania wieloobektowych przedsięwzięć budowlanych. Ma istotne znaczenie poznawcze i praktyczne. Wymaga umiejętności twórczego łączenia wiedzy empirycznej, doświadczenia zawodowego w określeniu praktycznych zagadnień badawczych jak i stosowanych metod obliczeniowych oraz zastosowań informatycznych.

Udowodnienie tezy i osiągnięcie sformułowanego celu rozprawy, podzielonego na trzy zadania, wymagało opracowania odpowiedniego aparatu badawczego, zebrania i analizy oraz syntezy informacji naukowej i technicznej, tworzącej bazę danych. Posłużyły one do identyfikacji szczegółowych problemów, budowy modeli i ich weryfikacji, oraz interpretacji rezultatów obliczeń. W pracy doktorskiej, w sposób właściwy, wykorzystano metodę naukową do udowodnienia sformułowanych tez tworząc schemat metodologiczny porządkujący proces analizy, wydzielając zagadnienia cząstkowe do uzasadnienia poprawności opracowanej metody.

Zaproponowana metodologia badań posłużyła do osiągnięcia założonego celu rozprawy w szczególności do doskonalenia harmonogramowania wieloobiektowych przedsięwzięć budowlanych. Opracowano algorytm oraz aplikację komputerową która może być zastosowana w obliczeniach inżynierskich. Opracowane moduły metody zostały zaimplementowane w języku programowania Python i sprawdzono poprawność obliczeń. Ponadto, obliczenia z zastosowaniem opracowanej metody zostały zweryfikowane oraz przeprowadzono walidację potwierdzając skuteczność i poprawność opracowanej metody obliczeniowej. Praca jest więc aktualna, zarówno poznawczo jak i aplikacyjnie. .

Cel pracy jak i udowodnienie sformułowanych tez zostało przeprowadzone metoda naukową z zastosowaniem metody indukcji. Ocena metodyczna rozprawy wskazuje, że treść pracy jest w zgodna z jej tytułem. Tytuły rozdziałów i podrozdziałów dają syntetyczny pogląd na zawartą w nich treść, są spójne i w logiczny sposób prezentują wywody Autora. Liczny spis literatury świadczy o rozeznaniu autora w szerokiej problematyce. Metoda rozwiązywania zagadnienia naukowego jest poprawnie uzasadniona metodologicznie ze względu na sformułowany cel i zakres badań. Opracowana autorska metoda obliczeniowa wraz z jej weryfikacją i walidacją są potwierdzeniem sformułowanych tez pracy. Temat pracy został określony i uzasadniony w sposób jednoznaczny, wyznaczając nowy obszar pod względem treści, a założenia mieszczą się w zakresie obecnego stanu wiedzy. Rozprawa rozszerza obszar wiedzy interdyscyplinarnej w budownictwie. Umożliwia, przez wykorzystanie modelowania procesów opracowanie autorskich aplikacji komputerowych, formuł matematycznych, algorytmów obliczeniowych, rozwiązanie szeregu zagadnień inżynierskich.

Te wartości poznawcze rozprawy uzasadniają jej dysertabilność.

Dla pełnej oceny pracy można sformułować także ogólne uwagi o charakterze dyskusyjnym. W rozprawie przyjęto założenia obliczeniowe dotyczące optymalizacji dyskretnej, oczywiście ze względu na złożoność obliczeniową. Jednakże pojawiają się prace dotyczące podejścia probabilistycznego do zagadnień szeregowania zadań., np. program KASS. Pojawia się pytanie o prawdopodobieństwo dotrzymania zakładanych terminów realizacji wieloobiektowych przedsięwzięć budowlanych oraz ich kosztów. Może mieć to wpływ na otrzymywane wyniki i stabilność harmonogramów.

5. Podsumowanie

Rozprawa zawiera wartości poznawcze, metodyczne i użytkowe wnoszące twórczy wkład w badania nad doskonaleniem metod harmonogramowania procesów budowlanych. Jest ona oryginalnym dorobkiem naukowym jej Autora Gromadzi istotny zasób wiedzy uporządkowanej i syntetycznie dobranej. Rozprawa potwierdza umiejętność Autora w analizie i krytycznej ocenie wiedzy w obranej problematyce, zdolności koncepcyjne i umiejętność doboru metod rozwiązywania problemów. Można stwierdzić, że postawione w pracy tezy zostały udowodnione, a główny cel został osiągnięty.

Recenzowana rozprawa doktorska spełnia więc wymogi Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym, (ze zmianami). Składam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Bartłomieja Sroki do publicznej obrony.

Jednocześnie składam wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

Praca wnosi istotny wkład w doskonalenie metod harmonogramowania w budownictwie, prezentując opracowaną przez Autora rozprawy metodę harmonogramowania priorytetowego wieloobiektowych przedsięwzięć budowlanych, z jej walidacją i weryfikacją. Otwiera nowe kierunki rozwoju problematyki i wyraźnie stanowi nowy etap rozwoju teorii sprzężeń czasowych.

Hejolski