

Warszawa, 28.08.2020r.

Dr hab. inż. Michał Krzemiński
Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Lądowej
Instytut Inżynierii Budowlanej
Zakład Inżynierii Produkcji
i Zarządzania w Budownictwie

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Tomczaka

**pt. „Metoda harmonizacji wykonania procesów wieloobiektowego przedsięwzięcia
budowlanego”**

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Lubelskiej Pana prof. dr hab. inż. Wojciecha Franusa z dnia 15 lipca 2020r.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Michała Tomczaka pt. „Metoda harmonizacji wykonania procesów wieloobiektowego przedsięwzięcia budowlanego”. Pracę przygotowano na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. Promotorem rozprawy jest Pan dr hab. inż. Piotr Jaśkowski, prof. uczelni, funkcję promotora pomocniczego pełni zaś Pan dr inż. Robert Bucoń.

3. Charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska ma formę maszynopisu książki, w tym zakresie spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. Zasadnicza część pracy obejmuje 191 stron maszynopisu, łącznie z rysunkami, tablicami, spisem literatury (w zdecydowanej większości zawierającym publikacje anglojęzyczne), spisem treści i streszczeniem w języku polskim i angielskim. Uzupełnienie pracy

stanowią dwa załączniki, umieszczone na płycie CD wklejonej do rozprawy na stronie 192. Załącznik nr 1 to 86 stron, na których wklejony został kod źródłowy oprogramowania komputerowego powstałego w ramach pracy, załącznik nr 2 stanowi pełny harmonogram przedsięwzięcia, które w pracy pokazuje działanie nowo opracowanej metody harmonizacji.

Rozprawa w pierwszej części obejmuje: definicje podstawowych pojęć stosowanych w pracy, następnie wstęp (rozdział pierwszy), w którym syntetycznie scharakteryzowano obecny stan wiedzy z zakresu metod wspomagania zarządzania realizacją przedsięwzięć budowlanych. W rozdziale drugim poprawnie określono cel i zakres pracy wraz z podaniem tezy i metodyki badań. W rozdziale trzecim przeprowadzono analizę stanu badań z zakresu harmonogramowania przedsięwzięć budowlanych, rozdział został podzielony na cztery podrozdziały główne. W rozdziale czwartym zaprezentowano metodę przeprowadzenia oraz wyniki wykonanych badań ankietowych. Zasadniczą część pracy stanowi rozdział piąty, w którym Autor dokonał eksplikacji opracowanej metody harmonizacji wykonania procesów wieloobiektowego przedsięwzięcia budowlanego. Rozdział został podzielony na 4 główne podrozdziały, w pierwszym wykonano identyfikację i formalizację modelu, w drugim opisano metodę rozwiązywania postawionego problemu, w trzecim przeprowadzono algorytmizację obliczeń oraz dokładnie opisano sposób obsługi opracowanego oprogramowania komputerowego, w czwartym przeprowadzono niezbędne badania weryfikacyjne. W rozdziale szóstym zaprezentowano przykład wykorzystania opracowanej metody. Pracę zakończono podsumowaniem i wnioskami, prezentując główne osiągnięcia Autora. Przedstawiono również kierunki dalszych badań. Układ pracy jest logiczny, praca jest kompletna i swoim zakresem odpowiada przyjętej metodyce badań.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Problematyka rozprawy dotyczy procesu wspomagania decyzji na etapie przygotowania projektu realizacji inwestycji. W szczególności autor skupił się na procesie opracowywania harmonogramu robót dla przedsięwzięcia wieloobiektowego. W pracy skoncentrowano się na procesach niejednorodnych. Praca dotyczy zatem opracowania metody planowania robót wieloobiektowych z uwzględnieniem preferencji decydenta. Takie zagadnienia mieszczą się zdecydowanie w obszarze badań charakterystycznym dla inżynierii przedsięwzięć budowlanych. W pracy w sposób właściwy przyjęto szereg ograniczeń wynikających ze stosowania metod potokowych przy organizacji robót budowlanych.

Autor zarówno we wstępie, jak i w analizie stanu wiedzy z zakresu, właściwie uzasadnił potrzebę prowadzenia dalszych badań w tym obszarze. We wstępie w sposób wyczerpujący opisał aktualny poziom wiedzy i umiejętności z obszaru dotyczącego harmonogramowania robót wieloobektowych, wskazując obszary, w których należy w dalszym ciągu prowadzić badania mające na celu ich udoskonalenie. Poprawnie przeprowadzona analiza literaturowa, również uzasadniająca podjęcie tematu, została opisana szerzej w dalszej części recenzji.

Autor poprawnie i dokładnie określił cel rozprawy, jakim jest opracowanie metody harmonizacji procesów wieloobektowego przedsięwzięcia budowlanego w warunkach deterministycznych, umożliwiających redukcję cyklu budowy poszczególnych obiektów i czasu realizacji całego przedsięwzięcia wieloobektowego oraz przerw w pracy. Poprawnie zostały opracowane trzy kryteria oceny uzyskiwanych rozwiązań dzięki nowo opracowanej metodzie harmonogramów. Należy zwrócić uwagę, że kryteria te stosowane będą jednocześnie, co czyni zadanie trudnym. Dodatkowo Autor opracował trzy metody przyznawania wag opracowanym kryteriom. Istotne jest, że problem sformułowany w ten sposób nie był wcześniej rozpatrywany, natomiast zdecydowanie posiada on walory zarówno naukowe, jak i praktyczne. W pracy postawiono poprawnie sformułowaną tezę, która została udowodniona.

W dzisiejszych czasach dostęp do informacji, a co zatem idzie do publikacji naukowych, można uznać za wręcz nieograniczony. Należy zatem stwierdzić, że zaproponowana przez Autora metodyka badań literaturowych wydaje się być jak najbardziej zasadna. W pracy Autor skupił się co prawda jedynie na ośmiu czasopismach, ale po pierwsze zostały one dobrane prawidłowo (są to zdecydowanie wiodące tytuły w literaturze tematu), a po drugie i tak zidentyfikowano 216, a po ograniczeniu 171 artykułów. Autor poprawnie dobrał kombinację słów kluczowych. Należy również zauważyć, że wykonał pracę polegającą na analizie dorobku także polskojęzycznego, co pozwoliło mu – w moim rozumieniu – na przeprowadzenie wystarczającej analizy literaturowej. Przeprowadzone analizy statystyczne oraz porządkowanie rozpatrywanych źródeł literaturowych jednoznacznie pokazują na dobrą znajomość literatury problemu. Należy również zauważyć, że również nazwisko Autora rozprawy pojawia się wśród autorów publikacji w renomowanych czasopismach.

Kolejnym elementem rozprawy jest rozdział dotyczący przeprowadzonych badań ankietowych. Ankieta zdaniem recenzenta została opracowana poprawnie, również grupa respondentów nie budzi zastrzeżeń. Autor przedstawił wyniki w formie tabelarycznej oraz poprawnie je opisał i zinterpretował. Uważam, że postawiono właściwe pytania, które pozwalały na zebranie danych niezbędnych do opracowania we właściwy sposób przedmiotowej metody

harmonizacji. Niekiedy wyniki ankiety mogą się wydać nawet lekko zaskakujące, jak np. te, że w czasach kiedy coraz częściej mówimy o wprowadzeniu technologii BIM, 35% ankietowanych stwierdza, że nie stosuje żadnego oprogramowania do harmonogramowania. Jeszcze bardziej uderzyła mnie odpowiedź na pytanie o stosowanie metod organizacji pracy w budownictwie. Aż 90% pytanych udzieliło odpowiedzi „nie”. Nie wydaje mi się prawdopodobne, aby nie stosowano żadnych metod, możliwe że taka odpowiedź była podyktowana niezajomością nazw metod, ale i tak jest ona niepokojąca. Bardzo dobrze postawione pytania to pytania o numerach od 31 do 33, z których Autor uzyskał wiedzę bardzo istotną ze względu na pracowanie metody, która odpowiada potrzebom rynku.

Kolejnym rozdziałem rozprawy jest najważniejszy jej rozdział, w którym Autor bardzo szczegółowo przedstawił proces tworzenia nowej, autorskiej metody. Jest on podzielony w taki sposób, że w pełni pozwala czytelnikowi na zrozumienie od poziomu idei przez poziom budowy modelu, wprowadzania danych do poziomu strojenia algorytmu. Identyfikacja i formalizacja modelu od strony formalnej nie budzi zastrzeżeń. Autor zastosował właściwy aparat pojęciowy stosowany przy opisywaniu tego typu modeli optymalizacyjnych. W swojej recenzji chciałbym zwrócić uwagę na elementy, które moim zdaniem są wyjątkowo wartościowe. Do takich elementów modelu zaliczam z całą pewnością uwzględnienie efektu uczenia się brygad, takie postawienie sprawy pokazuje, że autor budował swój model uwzględniając uwarunkowania rzeczywistych placów budów. Kolejnym takim elementem jest rozwiązanie problemu procesów realizowanych równolegle poprzez utworzenie zbiorów zawierających takie czynności, rozwiązanie mogłoby wydawać się oczywiste, nie jest ono jednak stosowane tak często. Następnym elementem wartym podkreślenia było zauważenie przez Autora występującego często problemu przypisania wag poszczególnym kryteriom. Autor zaproponował trzy metody, jakie można wykorzystać w obliczeniach. Pierwsza to metoda polegająca na przypisaniu wag przez decydenta, klasyczna, ale niezbędna, ponieważ nieraz to np. kierownik budowy wie, co jest dla niego najważniejsze. Tu Autor po raz kolejny wykazał się znajomością praktyki budowlanej, co czyni jego opracowanie jeszcze cenniejszym. Autor dodatkowo zaproponował jeszcze dwie metody, które w odróżnieniu od pierwszej, pozwalają na ustalenie wag bez posiadania tak dużej wiedzy. Takie podejście również należy uznać za cenne. W rozdziale piątym połączono opis metody wraz z opisem sposobu wprowadzania danych. To połączenie wykonano poprawnie. Opis wykonano szczegółowo i czytając go nie ma się wątpliwości, w jaki sposób należy opracować plik „Input”. Opis algorytmu optymalizacji rojem cząstek, który również znalazł się w tym rozdziale, także można uznać za wykonany poprawnie. Autor robiąc ten opis wykazał się

zarówno doskonałym zrozumieniem zasad działania algorytmu, jak również umiejętnością przekazania tej wiedzy w sposób inżynierski. Ostatnim, jednakże bardzo istotnym elementem rozdziału piątego, było przeprowadzenie badań weryfikacyjnych nowo opracowanego modelu. Autor poprawnie zastosował następujące metody: badania ankietowe, konfrontacje danych, test warunków brzegowych (bardzo dobrze pokazujący, czy algorytm przybliżony działa sprawnie), test stabilności otrzymywanego rozwiązania oraz analizę wrażliwości. Wyniki, jakie uzyskał Autor, pokazały, że opracowany system działa poprawnie, przeszedł wszystkie wymagane testy, a czas obliczeń jest jak najbardziej akceptowalny.

W kolejnym rozdziale Autor pokazał jak jego system radzi sobie z realnym przykładem, jakim było opracowanie harmonogramu pracy dla budowy osiedla „Elizówka Park”. Należy stwierdzić, że zaprezentowany przykład, choć jeden, jest w pełni wystarczający do zobrazowania działania nowej metody. Ilość działek roboczych oraz czynności do wykonania sprawia, że niemożliwym jest rozwiązanie tego zadania w sposób zupełny, do takich zadań właśnie dedykowane są algorytmy przybliżone. Uzyskane wyniki pokazują, że zarówno postawiona funkcja celu, jak i algorytm obliczeniowy, działają bardzo dobrze, a uzyskane wyniki można uznać za wystarczające.

Pracę kończy ostatni rozdział, podsumowanie i wnioski. Wnioski z pracy zostały opisane właściwie, Autor skupił się zdecydowanie na najważniejszych. Podane w tym rozdziale kierunki badań także wydają się jak najbardziej słuszne.

Mgr inż. Michał Tomczak przedstawił oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wykazał się przy tym umiejętnością samodzielnej pracy naukowej, opracowując metodykę badań i konsekwentnie je realizując, prezentując ich wyniki w kolejnych rozdziałach rozprawy. Należy stwierdzić, że cel rozprawy został osiągnięty oraz że potwierdzono słuszność sformułowanej tezy pracy. Do szczególnie istotnych osiągnięć naukowych doktoranta zaliczam:

- Przeprowadzenie zasadnych badań ankietowych wraz z właściwą interpretacją wyników w nich przedstawionych. Tak przeprowadzone badanie dodatkowo potwierdziło słuszność zajęcia się rozpatrywaną w rozprawie tematyką.
- Opracowano kompletny, wielokryterialny system harmonizacji procesów wykonywanych dla przedsięwzięcia wieloobiektowego. Opracowano tu poprawny model matematyczny, algorytm metody oraz system komputerowy, który sprawia, że narzędzie jest użyteczne. W budowie modelu użyto właściwie

dobrane narzędzie (algorytm optymalizacji rojem cząstek) dla tej klasy problemów.

- Przy doborze wag kryteriów oceny uzyskiwanych harmonogramów zaimplementowano autorską metodę grupowego wspomaganie decyzji. Będąc rozwinięciem rozmytej metody AHP pozwala ona na uwzględnianie nieprecyzyjności ocen decydentów.

Oceniając pracę nasunęły mi się również uwagi krytyczne. Chciałbym jednak zwrócić uwagę, że nie umniejszają one osiągnięć Autora. W niektórych przypadkach chciałbym je jedynie zasignalizować, w niektórych prosiłbym Autora o ustosunkowanie się do nich:

1. W podsumowaniu analizy stanu wiedzy pojawił się fragment dotyczący braków i niedociągnięć w opracowanych narzędziach wspomagających kierownictwo budów. Generalnie większość wypunktowanych elementów można uznać za zasadne. Nie uważam jednak, żeby można było powiedzieć, że zazwyczaj uwzględnia się predefiniowaną kolejność działań roboczych (str. 60). W metodach potokowych, przy opracowaniu harmonogramu podstawowym działaniem jest określenie kolejności realizacji działań roboczych.
2. W ankiecie, w pierwszym wierszu dotyczącym zajmowanego stanowiska, suma procentowa nie jest równa 100, należałoby zatem wyjaśnić zaistniałą sytuację.
3. W podsumowaniu badań ankietowych Autor stwierdził, że nie zidentyfikowano oprogramowania do harmonogramowania. Należy jednak zauważyć, że to, które jest stosowane, należy zdecydowanie do szeroko rozumianego pakietu MS Office. Tak więc chcąc zaistnieć na tym rynku należałoby opracować oprogramowanie będące formą „nakładki/dodatku”.
4. Na stronie 80 Autor podał zależność (5.4), z której wynika, że największe obiekty będą miały największą wagę. Warto by szerzej uzasadnić takie podejście, tym bardziej że określone wagi wpływają na jeden ze składników funkcji optymalizacyjnej (zależność 5.15).
5. Na stronie 81 opisano efekt uczenia się brygad, czy w modelu nie występuje ryzyko, że z czasem brygada, która zostanie wybrana przypadkowo/losowo (działanie algorytmu PSO) jako pierwsza kilka razy, będzie przez ten czynnik faworyzowana nad innymi?

6. Na stronie 87 przedstawiono ograniczenie dotyczące terminu dyrektywnego. Czy modelowany jest jeden termin dyrektywny dla całego przedsięwzięcia, czy może jest możliwość zamodelowania terminów dyrektywnych dla poszczególnych obiektów?
7. Na stronie 119 i 120 opisano zagadnienie tworzenia horyzontów czasowych dla przesunięć obiektów. Przedstawione opisy nie wydają się być wystarczające, przy opisie modelu należy unikać określeń typu: zbyt krótkie/długie. Jeżeli już takie się znalazły, warto by podać przykład liczbowy (w rozumieniu fragmentu) dla zbyt krótkiego i długiego.
8. Autor na stronie 121 opisał odniesienie algorytmu PSO do naturalnych zachowań zwierzęcych, w tym przypadku ptaków. Ilo wymiarowa zatem może być przestrzeń rozwiązań dla algorytmu PSO?
9. Na stronie 130 Autor zapisał, że rój początkowy powinien wynosić od 20 do 30 osobników. Jak w przypadku opracowanego modelu i na prezentowanym przykładzie wpływa na czas obliczeń zmiana z 20 do 30 osobników?
10. Warunkiem zatrzymania zastosowanego algorytmu PSO jest osiągnięcie założonej liczby iteracji. Pojawia się zatem pytanie, czy jeżeli osiągniemy zbieżność w połowie iteracji to, czy algorytm będzie działał przerabiając te same dane cały czas aż osiągnie limit? Czy może parametr rozproszenia będzie go w stanie wybudzić? Jeżeli nie będzie go w stanie wybudzić, to może lepiej byłoby zatrzymać w momencie osiągnięcia zbieżności i zacząć od nowa?
11. Warto by również odnieść się do zalecanej ilości iteracji, na stronie 132 Autor napisał, że liczba ta powinna być „mała”, większa równa 1000. Czyli właściwie, czy jest sens stosowania innej niż 1000 liczby iteracji?
12. Opis tworzenia pliku „Input” jest naprawdę przejrzysty i przystępny. Uważam jednak, że chcąc oprogramowanie zaimplementować w przemyśle, należałoby raczej posłużyć się arkuszem Excel, a następnie powstały plik zamienić na taki, jakiego wymaga program.

Uwagi edytorskie, na wstępie pragnę zaznaczyć że znalazłem ich naprawdę niewiele, uważam, że praca została wykonana bardzo starannie. Jedyna, na którą rzeczywiście chciałbym zwrócić uwagę, dotyczy dwukrotnego podania definicji Prawa harmonii doboru na stronie 5 i na przełomie stron 5 i 6.

5. Podsumowanie i wnioski

Pomimo sformułowanych wcześniej uwag krytycznych, uważam recenzowaną rozprawę za bardzo cenną i oryginalną, wnoszącą wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport. Wniesione uwagi merytoryczne należy traktować jako dyskusyjne i służące do ewentualnego uwzględnienia w dalszych pracach badawczych Autora.

Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w danej dyscyplinie naukowej, umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i wykorzystania odpowiednich metod naukowych i technik badawczych

W związku z powyższym uważam, że przedłożona przez Pana mgr. inż. Michała Tomczaka rozprawa doktorska pt. „Metoda harmonizacji wykonania procesów wieloobiektowego przedsięwzięcia budowlanego” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003r. i stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Ponadto, biorąc pod uwagę elementy nowości naukowej rozprawy, stanowiące oryginalne osiągnięcia Autora, czego wyrazem są także opublikowane i przyjęte do druku publikacje w prestiżowych czasopismach naukowych indeksowanych w bazie Web of Science wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Lubelskiej o wyróżnienie niniejszej rozprawy.



Michał Krzemiński