



Prof. dr hab. inż. OLEG KAPLIŃSKI, dr h.c.
POLITECHNIKA POZNAŃSKA
Wydział Architektury
60-965 POZNAŃ, ul. Nieszawska 13, bud. C
e-mail: oleg.kaplinski@put.poznan.pl

Poznań, dnia 20 maja, 2019.

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgra inż. **Macieja Banacha**

pt. „**Interaktywna metoda planowania robót montażowych
w budownictwie kubaturowym**”.

Uwagi wstępne

Podstawą opracowania recenzji jest zlecenie Dziekana Wydziału Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej prof. dra hab. inż. Janusza Zielińskiego, pismo nr PO/13/2019.

Przewód doktorski realizowany jest na tymże Wydziale a promotorem jest dr hab. inż. Roman Marcinkowski, prof. uczelni.

Praca została przedstawiona w formie wydrukowanej monografii, jednakże bez numeru ISBN. Liczy 206 stron.

Ocena przedmiotu rozprawy

Rozprawa stanowi próbę stworzenia modelu decyzyjnego w kontekście DSS (systemów wspomagających decyzje) potrzebnych w opracowywaniu modeli projektowania organizacji budowy z wykorzystaniem informatyzacji. Dokładniej: jest to próba opracowania systemu doradczego dla rozwiązywania problemów decyzyjnych, związanych z efektywnym wykorzystaniem środków transportowych i montażowych w odniesieniu do procesów planowania robót w budownictwie prefabrykowanym.

Doktorant już na początku rozprawy zwraca uwagę na to, że organizator robót budowlanych, na podstawie swoich doświadczeń, wybiera rozwiązania w sposób ustalony dotychczasową praktyką, **realizując przede wszystkim warunek wykonalności wszystkich zaplanowanych procesów budowy**. Zgoda, ale trzeba dodać, że takie podejście pozbawione jest cech racjonalnego wykorzystania zasobów urządzeń i maszyn montażowych oraz zaplanowania efektywnej organizacji robót montażowych. Właśnie tego typu podejście jest trzonem rozprawy.

Zatem kluczowe zagadnienia, które są podstawą przedmiotu rozprawy to: czas i koszt realizacji przedsięwzięcia, konkurencyjność, bazy danych, skuteczne metody planowania robót. Dlatego uważam, że prezentowany przedmiot rozprawy stanowi wdzięczny asumpt do badań, różnego zakresu analiz, modelowania i usprawnień. Uważam też, że problematyka rozprawy mieści się w profilu działania Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych KILiW PAN.

Ocena celu i tezy rozprawy

Celem rozprawy jest opracowanie metody wspomaganie planowania robót montażowych, pozwalającej na usprawnienie analiz procesów decyzyjnych w aspekcie efektywnego realizowania montażu budynków prefabrykowanych. W ramach realizacji celu przeprowadzono studia nad problemami planowania robót montażowych, przeprowadzono badania ankietowe wspomagające wielokryterialny wybór rodzajów żurawi do wykonania robót montażowych, opracowano model planowania robót montażowych, na podstawie którego przygotowana została aplikacja komputerowa wspomagająca planowanie robót montażowych.

Teza rozprawy (str. 26) jest sformułowana dość lakonicznie, bowiem opiera się na sformułowaniu „możliwe jest opracowanie...”. Uważam, że teza w tym przypadku powinna uwzględniać hasła metoda, interaktywność, planowanie robót montażowych, efektywność. Wzbogaciłoby to treść tezy. Nie jest to zarzut; jest to uwaga dyskusyjna.

Jednak analizując przedmiot, cel, metodę rozwiązania tematu, stwierdzam, że cel i zakres rozprawy mają charakter dysertabilny.

Struktura rozprawy

Rozprawa składa się z 8-miu rozdziałów. Stwierdzam, że zaproponowany układ pracy odpowiada jej celowi. Nie będę przedstawiał streszczeń tych rozdziałów, a jedynie nadmienię, że zawierają one bogate treści merytoryczne. Doktorant w sposób właściwy potrafił przedstawić swoje analizy, rozwiązania, wykazał się olbrzymią

wiedzą, potrafił ustosunkować się nawet krytycznie do niektórych rozwiązań, jak również wskazał w końcowej części rozprawy tzw. kwestie otwarte, które mogą być rozwiązane w toku dalszych badań.

Meritum i formalna strona rozprawy

1. Model, metoda

Rozprawa zawiera elementy teoretyczne i projektowe. Punkt ciężkości rozprawy leży w opracowaniu metody, metody interaktywnego planowania robót montażowych.

Podjęty problem cechuje się złożonością decyzyjną, która polega na rozwiązywaniu wielu powiązanych ze sobą zagadnień planistycznych. Problem wyboru rodzajów maszyn montażowych jest poprzedzony ustaleniem kryteriów wyboru. Autor wyróżnił grupę kryteriów technologicznych (jest ich 9) powiązanych przede wszystkim z charakterystykami żurawi montażowych oraz zmienne kryteria ekonomiczno-rynkowe zależne od sytuacji przedsiębiorstwa budowlanego oraz warunków panujących na rynku (razem 5).

Opracowanie sposobu rozwiązania planowania robót montażowych wymagało wykorzystania różnych metod. Przy wyborze rodzaju żurawi do wykonywania robót montażowych zaproponowano wykorzystanie metod analizy wielokryterialnej – metody sumy ważonej SAW (ang. Simple Additive Weighting) oraz jej rozmytego odpowiednika FSAW (ang. Fuzzy Simple Additive Weighting). Wagi kryteriów ustalono w oparciu o metodę różnicującą wagi – metodę wykładniczą RE (ang. Rank Exponent Weight Method), różnicując wagi kryteriów na podstawie badań ankietowych wśród wykonawców robót. Nie wnoszę zastrzeżeń do ich zastosowania. Cieszy mnie fakt, że Doktorant poprzestał na tych metodach a nie analizował cały kompleks z grupy MCDA (str. 80-81).

Rozwiązanie zagadnień towarzyszących planowaniu robót montażowych (oraz zagadnień związanych z transportem) przedstawiono również w oparciu o własne algorytmy oraz metodę Monte Carlo. Natomiast analizę ryzyka niedotrzymania terminu i kosztów wykonania przedsięwzięcia budowlanego (przez pryzmat robót montażowych) przedstawiono (rozdz. 8) z wykorzystaniem komercyjnego oprogramowania RiskyProject. Analizę tę poprzedzono badaniami procesów pracy przy robotach montażowych wraz z ich opracowaniem statystycznym.

Dla mnie najciekawszym rozdziałem jest rozdział 8 poświęcony ryzyku. Dziś jest to zagadnienie bardzo aktualne, to standard w zarządzaniu. Ale dlaczego ryzyko jest w rozprawie elementem odosobnionym, nie uwzględnionym w interaktywnym planowaniu? Czyżby wg Autora planowanie miało zdążać do określenia wielu alternatyw, natomiast ocenę tych rozwiązań pozostawia się planującemu, wskazując mu możliwość posłużenia się oceną ryzyka tych rozwiązań?

Model Autora jest bogaty. Rozprawa zawiera wiele wątków – różnorodnych aspektów, terminów a przede wszystkim jest bogata w instrumentarium badawcze. Nie jest celowe ich wymienianie w tym miejscu.

Wszystkie terminy i pojęcia stosowane w rozprawie są w większym lub mniejszym stopniu omawiane, bądź wykorzystane w rozprawie. Stwierdzam też, że są one używane w sposób prawidłowy. Nie wnoszę zastrzeżeń merytorycznych i formalnych do ich użytkowania.

Przy omawianiu metody i modelu nasuwają się następujące pytania:

W rozprawie przytoczono kilka modeli MCDA. Do dalszej analizy wybrane są dwa z nich. Jakie były przesłanki ich selekcji?

Na jakim etapie kończy się rozmytość (metody F-SAW) a przechodzi się dalej na model deterministyczny?

2. Interaktywność, aplikacja

Wzajemne oddziaływanie osób lub przedmiotów na siebie (czyli interakcja) zostało przeniesione do problemu planowania robót budowlanych. W zaproponowanej metodzie planista ma za zadanie współpracować z symulatorem, ale to on (planista) jest ostatecznym decydentem w kwestii przebiegu robót.

Interaktywność jest kluczowym elementem wykorzystania modelu Doktoranta w planowaniu robót montażowych, dlatego powinno być nieco lepiej wytłumaczone w tekście; może poparte rysunkiem? Oto cytaty z rozprawy na temat interaktywności:

- narzędzie planistyczne przerywa planowanie i umożliwia planiście interaktywną kontrolę załadunku oraz ewentualną zmianę ładunków,
- poprzez interaktywną współpracę z programem,

- w pracy zaproponowano wykorzystanie interaktywnej metody planowania robót montażowych w budownictwie kubaturowym, upatrując w komputeryzacji planowanie poprawy efektywności prowadzenia tych prac,
- przedstawiona interaktywna metoda planowania robót montażowych stanowi kompleksowe podejście do problemu planowania tych prac, począwszy od wspomagania wyboru rodzaju maszyn montażowych, a skończywszy na porównaniu wybranych rozwiązań w warunkach probabilistycznych.

Jednak najlepsze określenie pojawia się na stronie 181 (ale jest za długie, aby tu cytować).

Narzędzie planistyczne (autorskie) zostało opracowane w programie Visual Studio 2015 w języku oprogramowania C# z wykorzystaniem silnika graficznego WPF (ang. Windows Presentation Foundation). Program podzielono na 3 zakładki. W pierwszej z nich definiuje się elementy przewidziane do montażu. W drugiej zakładce dokonuje się wyboru sprzętu montażowego, w trzeciej odbywa się planowanie robót montażowych. Wszystkie zakładki – jako etapy procedury planowania – są dobrze przedstawione w rozprawie.

3. Badania, weryfikacja

W rozprawie wyróżnić można dwa rodzaje badań.

Pierwsze badania (I), jakie zrealizowano miały na celu weryfikację proponowanych przez Doktoranta kryteriów, jakimi kierują się wykonawcy robót montażowych przy wyborze rodzaju żurawi. Badanie miało charakter ankietowy (i było anonimowe). Kwestionariusze ankiet zostały rozesłane do 132 firm realizujących obiekty budowlane w technologii prefabrykowanej. Wybrano przedsiębiorstwa budowlane z całego kraju, o zróżnicowanym poziomie zatrudnienia (zatrudniające zarówno do 10, jak i powyżej 150 pracowników), i o zróżnicowanej strukturze organizacyjno-prawnej oraz doświadczeniu w funkcjonowaniu na rynku budowlanym (poniżej 5, jak i powyżej 25 lat). Liczba zwróconych ankiet (wielkość próby) wynosiła 85. Formularz ankiety został zamieszczony w rozprawie jako załącznik nr 1.

Przeprowadzone badanie miało na celu zapoznanie się z preferencjami firm w zakresie najmu bądź zakupu żurawi budowlanych, wskazanie częstości wykorzystania poszczególnych rodzajów żurawi budowlanych, oraz ważności kryteriów decydujących o ich wyborze do wykonywania robót, wraz z oceną poszczególnych żurawi względem tych kryteriów. Wyniki badań posłużyły do określenia wag kryteriów oraz zaproponowania wielokryterialnych metod rozwiązania problemu wyboru rodzaju żurawia.

Drugie badania (II) dotyczyły procesów pracy przy montażu elementów prefabrykowanych. Obszarem badań objęto trzy obiekty budowlane: budynek przemysłowy, handlowy oraz biurowy. Wszystkie roboty montażowe były wykonywane przez jedno przedsiębiorstwo budowlane, specjalizujące się w montażu konstrukcji prefabrykowanych żelbetowych, dysponujące czterema brygadami montażowymi. Konstrukcja badanych obiektów w przeważającej części opierała się na prefabrykowanych elementach żelbetowych. Pilotażowe badania czasu montażu były prowadzone przez Autora rozprawy jak również przez kierowników robót montażowych, z wykorzystaniem arkusza obserwacyjnego chronometrażu montażu elementu prefabrykowanego (wzór zamieszczono w załączniku nr 2). Badaniom poddano łącznie 381 elementów prefabrykowanych. Badania miały charakter pilotażowy, a ich wyniki posłużyły do opracowania przykładu uwzględniania ryzyka niedotrzymania terminu i kosztów przedsięwzięcia budowlanego.

Działanie opracowanej metody zostało **zweryfikowane** na realnym przykładzie montażu budynku biurowego. Analizę planistyczną montażu przedmiotowego budynku z wykorzystaniem opracowanej aplikacji prowadzono w wielu wariantach organizacyjnych. Najważniejszym wariantem, z punktu widzenia weryfikacji metody, było odwzorowanie rzeczywistego sposobu realizacji tych prac. Wyniki symulacji były zbliżone do faktycznie realizowanych robót „*co dało podstawę do uznania prawidłowego działania aplikacji komputerowej*”. Tak, ale Autorowi. Jednak ważne jest, że badania zostały przeprowadzone. Do badań dołączyłbym też i badania symulacyjne na modelu Autora. Przecież Autor wykonał kilka eksperymentów numerycznych, mających na celu testowanie opracowanej metody i algorytmu. Można uznać, że testowanie wypadło pomyślnie.

Stopień osiągnięcia celu rozprawy

Opracowanie interaktywnej metody planowania robót montażowych oraz przygotowanie narzędzia w postaci aplikacji komputerowej to zasadniczy cel rozprawy. Zatem cel rozprawy został osiągnięty.

W całości, samą metodę rozwiązania tematu rozprawy można przyjąć bez większych zastrzeżeń. Uważam też, że stopień osiągnięcia celu rozprawy jest zadawalający. Osiągnięte zostały cele pracy: poznawczy, czyli nowe modelowe ujęcie wziętego pod uwagę fragmentu rzeczywistości oraz aplikacyjny, tj. dostarczenie narzędzia do podejmowania racjonalnych decyzji w zakresie szeroko rozumianego planowania robót budowlanych.

Uwagi ogólne i szczegółowe

Część uwag i pytań przedstawiłem wcześniej. Oto dodatkowe pytania:

Czy zaproponowana metoda planowania i model mogą być powtórzone do innych przypadków? W jaki sposób?

Jak to się ma do formy organizacji transportu i montażu elementów prefabrykowanych, tj. montażu z kół?

Zauważyłem, że w rozprawie przyjęto, że na czas montażu elementów prefabrykowanych nie ma wpływu rodzaj wybranego żurawia. Proszę o komentarz do tego założenia.

Opracowany model szereguje kolejność montażu elementów (wg listy elementów do montażu). Czy to wg algorytmu czy wg wskazań planisty

W jaki sposób narzędzie planistyczne w dysertacji może być w przyszłości powiązane ze środowiskiem BIM?

Proszę nie używać pojęcia *Baza wiedzy*, bo tu nie występuje.

Uwagi końcowe i wniosek

Podsumowując ocenę merytoryczną rozprawy: jeśli od Doktorantów wymaga się krytycznej oceny stanu wiedzy badanego problemu; jeśli rozprawa doktorska ma zawierać dwa podstawowe elementy jakimi są badania i model, to uważam, że wszystkie te warunki są spełnione.

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Macieja Banacha zawiera cenne wartości poznawcze i użytkowe.

Zaproponowana metodyka i metody analiz planistycznych poszerzają dotychczasowy stan wiedzy w projektowaniu systemów wspomagania decyzji w budownictwie. Generalnie, tę rozprawę można potraktować jako wzbogacającą problematykę harmonogramowania.

Jednocześnie Autor wykazał się zdolnością do wnikliwej i samodzielnej pracy badawczej.

Autor dokonał krytycznej oceny stanu wiedzy badanego problemu, przeprowadził badania uzasadniające proponowany model zarządzania, zaproponował i sprawdził interaktywny model planowania robót montażowych. Rozprawa ma wyraźne znamiona pracy naukowej.

Uważam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Stąd też rozprawę w tej wersji mogę rekomendować Radzie Wydziału Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej i proponuję dopuszczenie jej do publicznej obrony.

O. Karpiński —