

Dr hab. inż. Bożena Hoła, prof. PWr.

Wrocław, dnia 21.03.2017r.

Politechnika Wrocławska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Wybrzeże Wyspiańskiego 27

50-370 Wrocław

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgra inż. Jarosława Malary

pt.: *"Model szacowania wydajności pracy robotników budowlanych"*

### 1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej, dra hab. inż. Andrzeja Szarata, z dnia 20 lutego 2017 roku, znak WOO. 520-222/2017.

### 2. Przedmiot i zawartość rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Jarosława Malary pt.: *„Model szacowania wydajności pracy robotników budowlanych”*. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Edyta Plebankiewicz, prof. Politechniki Krakowskiej. Rozprawa ma charakter teoretyczno-badawczy i liczy 142 strony. Składa się z 7 rozdziałów, spisu literatury, streszczenia w języku polskim i angielskim, 28 rysunków i 43 tablic.

W rozdziale 1 Doktorant przedstawił problem badawczy, cel i tezy pracy, uzasadnił potrzebę podjęcia tematu rozprawy oraz opisał metody badawcze zastosowane w pracy.

Rozdział 2 stanowi przegląd istniejącego stanu wiedzy w zakresie objętym tematyką rozprawy. Doktorant omówił pojęcia i definicje stosowane w rozprawie oraz metody i techniki badania wydajności pracy robotników budowlanych. Opisał strukturę dyspozycyjnego czasu zmiany roboczej oraz poszczególne frakcje czasu pracy. Następnie zwrócił uwagę na nowe technologie stosowane w badaniach czasu pracy oraz prognozowanie czasu z wykorzystaniem metod statystycznych. Rozdział kończy identyfikacja czynników

<b>DZIEKANAT</b>	
Wydziału Inżynierii Lądowej	
Wpłynęło dnia.....	2-7 MAR 2017
L.dz. 644	podpis.....

1

wpływających na wydajność pracy w budownictwie oraz ich klasyfikacja wykonana na podstawie literatury.

Rozdział 3 dotyczy zagadnienia parametryzacji zidentyfikowanych czynników. Do rozwiązania zadania Doktorant zaproponował zastosowanie teorii zbiorów rozmytych. Każdy zidentyfikowany czynnik opisano odpowiednią funkcją przynależności do zbioru rozmytego.

W rozdziale 4 określono stopień wpływu poszczególnych czynników na wydajność pracy. Przeprowadzono badania kwestionariuszowe wśród pracowników zatrudnionych na różnych stanowiskach w budownictwie, których celem było uzyskanie odpowiedzi dotyczącej istotności zidentyfikowanych wcześniej czynników. Na podstawie przeprowadzonych badań określono współczynniki wagowe dla poszczególnych czynników.

W rozdziale 5 Doktorant zaproponował matematyczny model wydajności pracy robotników budowlanych w postaci funkcji wykładniczej. Uzasadnił prawidłowość tego modelu oraz przedstawił prosty przykład obliczeniowy.

Rozdział 6 zawiera wyniki badań przeprowadzonych w celu weryfikacji modelu. Weryfikację modelu przeprowadzono dla robót zbrojarskich, ciesielskich, murarskich i wykończeniowych. Wyniki badań empirycznych sprawdzono testem Shapiro-Wilka, współczynnikiem korelacji rang Spearmana oraz współczynnikiem Pearsona. Wyniki uzyskane z obliczeń zilustrowano rysunkami oraz podano słowną interpretację. Przeprowadzono analizę wrażliwości modelu na zmiany wartości najważniejszych czynników.

Rozdział 7 stanowi zakończenie, w którym wskazano najważniejsze osiągnięcia oraz kierunki dalszych badań w temacie rozprawy.

Rozprawę kończy spis pozycji literaturowych, streszczenie w języku polskim i angielskim.

Po zapoznaniu się z rozprawą stwierdzam, że przyjęty układ rozprawy jest logiczny. Niedosyt budzi jednak brak odniesienia się do metodyki obliczania norm pracy (w tym wydajności lub jednostkowego efektu pracy), która stosowana jest przy opracowywaniu Katalogów Nakładów Rzeczowych oraz przyjętej w badaniach metodyki prowadzenia badań in situ.

### **3. Ocena doboru tematu rozprawy**

Rozprawa dotyczy bardzo istotnego dla budownictwa problemu oceny wydajności pracy na stanowiskach robotniczych. Prawidłowo oszacowana wydajność pracy pełni ważną funkcję w działalności budowlanej, jest podstawą planowania i rozliczania robót



budowlanych, organizowania pracy brygad roboczych a także pełni funkcję motywacyjną. Norma wydajności pracy jest odwrotnością normy czasu. Z kolei podstawową formą normy czasu jest pracochłonność. Dla robót budowlanych, normy pracochłonności dostępne są w różnych katalogach norm m. in. Katalogach Nakładów Rzeczowych, Katalogach Scalonych Nakładów Rzeczowych i innych. Katalogi te opracowywane są dla całej branży i ich cechą jest bardzo uogólniony charakter. Zawarte w nich dane liczbowe odbiegają od wartości rzeczywistych, ponieważ: zostały określone dla innych niż obecne warunków techniczno-organizacyjnych pracy, nie uwzględniają wszystkich możliwych czynników, które mają wpływ na wydajność oraz przy zastosowaniu prostej metodyki obliczeniowej. Dlatego też planowanie realizacji robót budowlanych na podstawie tych norm daje często wyniki odbiegające od rzeczywistych.

W tym kontekście, a także na podstawie obserwacji zmian zachodzących w rozwiązaniach techniczno-organizacyjnych stosowanych w przedsiębiorstwach budowlanych oraz zauważalnego wpływu czynników ludzkich i otoczenia zewnętrznego na wydajność pracy robotników budowlanych należy uznać, że podjęcie tematu rozprawy jest uzasadnione. Jest to temat aktualny i ważny zarówno z naukowego jak i inżynierskiego punktu. Można nawet postawić tezę, że zagadnienie to ze względu na ciągły rozwój nowych technik i metod organizacji pracy będzie również wymagało uaktualnienia w przyszłości.

#### **4. Ocena wartości naukowej rozprawy**

Celem badań i analiz podjętych w dysertacji było opracowanie matematycznego modelu szacowania wydajności pracy robotników budowlanych. W zaproponowanej metodyce wyróżnić można trzy podstawowe etapy. Etap pierwszy obejmuje zidentyfikowanie istotnych czynników, które mają wpływ na wydajność pracy w budownictwie oraz określenie wartości i istotności poszczególnych czynników. W etapie drugim, Autor buduje matematyczny model formuły matematycznej (5.1 lub 5.4) opisującej zjawisko jednoczesnego wpływu zidentyfikowanych czynników na wydajność oraz analizuje możliwości jego zastosowania w zagadnieniach organizacji pracy w budownictwie. Etap trzeci zawiera wyniki badań in situ, które są podstawą weryfikacji prawidłowego działania modelu.

Na podstawie analizy literatury przedmiotu zidentyfikowano i przeanalizowano szereg czynników, które mają wpływ na wydajność pracy. Czynniki te związane były z: organizacją pracy i kierowaniem pracownikiem, kondycją psychofizyczną pracowników, warunkami atmosferycznymi oraz czasem spędzonym poza pracą. Ponadto analizowano wpływ dnia tygodnia na wydajność pracy, oraz ważną w budownictwie konieczność ciągłej adaptacji do

nowych warunków pracy. Do opisu poszczególnych czynników występujących zarówno w postaci lingwistycznej jak i liczbowej Doktorant zastosował teorię zbiorów rozmytych. Dla każdego z 17 czynników zdefiniował funkcję przynależności do zbioru rozmytego oraz ustalił zasady przypisania stopnia przynależności do zbioru tzw. wysokich wydajności. Stopień wpływu badanych czynników na wydajność pracy określono na podstawie badań kwestionariuszowych. Badania przeprowadzono wśród 66 osób z nadzoru budowlanego oraz 76 osób spośród robotników budowlanych. Na podstawie wyników ankiet określono stopień wpływu poszczególnych czynników na wydajność pracy poprzez przyporządkowanie im współczynników wagowych.

W tym zakresie badania i analizy wykonane zostały w sposób przemyślany bez większych zastrzeżeń. Jedynie w zakresie prowadzonych badań ankietowych Autor dysertacji nie ustosunkował się do problemu liczebności ankiet będących podstawą określenia współczynników wagowych, a mianowicie, czy liczebność ankiet była wystarczająca dla uzyskania wiarygodnych statystycznie wyników.

Zaproponowany w rozdziale 5 w postaci formuły 5.1 model wydajności pracy ma niemianowaną jednostkę, dlatego też uważam, że użycie określenia „wydajność pracy” jest w tym przypadku nieuprawnione. Wydajność pracy mierzy się liczbą jednostek danego produktu wyprodukowanych w jednostce czasu. Dlatego też, lepiej byłoby nazwać zaproponowaną formułę i otrzymaną na jej podstawie wartość, np. współczynnikiem wpływu czynników na wydajność pracy. Aby uzyskać wydajność rzeczywistą należy otrzymaną z formuły 5.1. wartość pomnożyć przez tzw. wartość bazową wyrażoną w jednostkach wydajności. Doktorant proponuję przyjęcie wartości bazowej na podstawie katalogów, np. Katalogów Nakładów Rzeczowych, bądź wykonanie badań na budowie i na ich podstawie określenie poszukiwanej wartości bazowej.

Bezkrytyczne korzystanie z wartości podanych w Katalogach Nakładów Rzeczowych może spowodować, że obliczona wartość wydajności będzie obarczona błędem wynikającym z możliwości uwzględnienia tego samego czynnika wpływu w dwóch miejscach jednocześnie, a mianowicie w zaproponowanym współczynniku wpływu oraz w wartości normy pracy zawartej w katalogu. Takie niebezpieczeństwo istnieje np. w odniesieniu do czynników związanych z kondycją psychofizyczną pracowników. W normach pracy zawartych w KNR-ach uwzględniona jest wartość czasu na odpoczynek, określona w procentach czasu trwania zmiany roboczej, w zależności od stopnia ciężkości robót. Udział czasu na odpoczynek zależy między innymi od wydatku energetycznego pracownika związanego z wykonywaniem robót. Korzystając w przyszłości z opracowanego modelu na bazie norm pracy zawartych w



katalogach, wskazane byłoby przeanalizowanie zastosowanej metodyki obliczania tych norm i porównanie jej z metodyką zaproponowaną w dysertacji w celu zidentyfikowania ewentualnych zbieżności i wykluczenia możliwości popełnienia błędu.

W rozdziale 6, w którym zamieszczono badania i analizy dotyczące poprawności działania modelu, brakuje opisu metodyki prowadzenia badań na terenie budowy. Istotnym elementem określenia normy wydajności jest czas wykonania robót. Nasuwa się więc pytanie: Jaką metodę zastosowano przy badaniu czasu pracy: chronometraż, fotografię dnia roboczego, a może technikę filmowania. Czy stwierdzono straty czasu w czasie zmiany roboczej? Brakuje również bardziej szczegółowej i jednoznacznej interpretacji wyników otrzymanych z obliczeń. Swoje uwagi skupię na przykładzie dotyczącym robót zbrojarskich. Dla jasności prowadzonego wywodu należałoby zdefiniować niektóre określenia pojawiające się w doktoracie. Np. jaka jest zależność między wynikiem obserwacji a teoretycznym wynikiem. Dotyczy to określeń zawartych w tabelach: 6.1, 6.2 itd. Czy określenie „efekt rzeczywisty” jest równoznaczny z „wynikiem obserwacji”? Dla jakiego zbioru zmiennych otrzymano wartość  $p = 0,0027$ , a dla jakiego  $p = 0,0016$ , co wskazuje na to, że powinien być obliczony współczynnik rang Spearmana?

Ponadto w przykładach dotyczących obliczania wartości jednostkowego efektu pracy na podstawie badań własnych nie odniesiono się do zagadnienia niezbędnej liczebności próby losowej, która była podstawą obliczeń. Np. na stronie 94 stwierdzono, że ze względu na zbyt małą liczbę pomiarów nie uwzględniono obserwacji dotyczących zbrojenia nadproży, tarcz, schodów i belek. Na jakiej podstawie przyjęto wniosek, że liczba pomiarów była za mała? Nasuwa się więc pytanie: Czy liczebności prób losowych, przyjętych do obliczeń wydajności dla poszczególnych rodzajów robót budowlanych, były wystarczające do wyciągnięcia prawidłowych wniosków? W obliczeniach pominięto również problem tzw. wyrazów skrajnych odbiegających od pozostałych. O tym, że takie wyrazy wystąpiły świadczy interpretacja wyników obserwacji dotyczących również robót zbrojarskich zamieszczona na stronie 96. Być może, że analizowane zbiory obserwacji były wystarczająco liczne i nie było w nich tzw. obserwacji skrajnych. Jednak zdaniem Recenzenta w dysertacji należało zwrócić uwagę na to zagadnienie.

W recenzowanej dysertacji Doktorant proponował oryginalne rozwiązanie dotyczące metodyki obliczania wydajności pracy dla robót budowlanych. Wprawdzie dysertacja nie jest wolna od krytycznych uwag, to należy podkreślić, że zadanie którego podjął się doktorant, ze względu na specyfikę budownictwa, jest znacznie trudniejsze i bardziej pracochłonne od podobnych badań prowadzonych w zakładach przemysłowych.

Doktorant wykazał się wiedzą i umiejętnością w zakresie metodyki prowadzenia badań naukowych, badania procesów pracy w budownictwie, znajomością wielu zagadnień z rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej oraz umiejętnością aplikacji istniejących metod i dostępnych narzędzi matematycznych i informatycznych do rozwiązania postawionego zadania. Za najważniejsze osiągnięcia naukowe Autora rozprawy uznaję:

- a) Zdefiniowanie istotnych czynników wpływających na wydajność pracy robotników budowlanych na podstawie analizy literatury przedmiotu oraz badań kwestionariuszowych.
- b) Określenie funkcji przynależności do zbioru rozmytego dla poszczególnych czynników oraz współczynników wagowych określających wpływ zidentyfikowanych czynników na wydajność pracy.
- c) Opracowanie uniwersalnej metodyki obliczania wydajności pracy dla różnych rodzajów robót budowlanych, która może być zastosowana praktycznie, przy obliczaniu tzw. zakładowych norm pracy.

Podsumowując ten fragment recenzji uważam, że podjęty przez Autora temat pracy oraz sformułowany cel zasługuje na pozytywną ocenę. Zrealizowane w pracy badania i analizy numeryczne oraz rozważania teoretyczne są w pełni oryginalne. Zostały one zaprogramowane i zrealizowane właściwie z punktu przyjętego celu i sformułowanych tez.

## 5. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Czytając rozprawę zauważyłam pewne braki i niedociągnięcia, które powinny być wzięte pod uwagę podczas przygotowywania publikacji z tej tematyki. Poniżej wymieniam niektóre z nich:

1. W kilku miejscach dysertacji, do określenia tego samego pojęcia używane są różne określenia:
  - a) np. na stronie 78, 85 autor używa określenia współczynnik stopnia wpływu, natomiast na stronie 77 współczynnik wagowy,
  - b) współczynnik wydajności (str. 85) lub zamiennie wydajność pracy (str. 83),
  - c) jednostkowy efekt pracy (str. 85) lub bazowa wartość nakładu pracy (str. 79).

Zmienność nazw w stosunku do tego samego zjawiska lub czynnika powoduje, że czytanie i zrozumienie dysertacji jest trudniejsze. W przyszłości należałoby uporządkować nazwy stosowanych pojęć.

2. Test Shapiro-Wilka zamieszczony na stronie 91 oznaczony jest zmienną  $W$ . W każdym przykładzie przy omawianiu empirycznych wyników testu Shapiro-Wilka używa się



zmiennej  $p$ . Ta sama zmienna  $p$  używana jest przy określaniu empirycznej wartości statystyki Kappa-Fleissa. Warto byłoby zastosować różne oznaczenia empirycznych wartości statystyk lub wprowadzić indeksy pozwalające na ich rozróżnienie.

3. W zamieszczonych przykładach, w każdym miejscu w którym wykorzystywane są testy statystyczne, należy zinterpretować wynik testu poprzez porównanie z wartością krytyczną.
4. Błędy edytorskie: zmienne występujące we wzorach pisanych przy pomocy edytora wzorów są napisane kursywą. Taki sam krój czcionki powinien być zastosowany gdy zmienne zamieszczane są w tekście. W dysertacji tak nie jest. Litery używane w tekście, oznaczające zmienne, nie odróżniają się od pozostałych liter..
5. Czy tytuł podrozdziału „Predykcja czasu pracy” jest odpowiedni do zawartej w nim treści? Wyliczana jest ilość pracy.
6. Bardzo często słowo „ilość” używane jest w stosunku do rzeczowników policzalnych, dla których powinno stosować się słowa „liczba”. Np. „ilość danych”, „ilość pracowników”, a powinno być: „liczba danych” i „liczba pracowników”.

## 6. Wnioski końcowe

Zagadnienie oszacowania wydajności pracy w budownictwie ze względu na dużą różnorodność i niepowtarzalność obiektów budowlanych oraz wielowariantowość rozwiązań techniczno-organizacyjnych jest bardzo trudne. Zawarte w dostępnych katalogach wartości norm pracy są w wielu przypadkach nieaktualne, a metodyka ich obliczania nie uwzględniała wpływu wielu czynników. Aby poprawnie zaplanować przebieg robót budowlanych i organizację pracy brygad roboczych należy opracować nowoczesną metodykę określania wartości norm pracy. Opiniowana rozprawa, pomimo zauważonych usterek, wnosi znaczący wkład w rozwiązanie tego zadania. Uważam że postawione w rozprawie tezy zostały udowodnione.

**Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, iż recenzowana rozprawa spełnia wymogi odnośnie do prac doktorskich zawarte w Ustawie o tytule i stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki z dnia 14.03.2003r. (Dz.U. nr 65, poz. 595, z późn. zm) i stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

