

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

Warszawa 31.03.2022 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Filipa Janowca pt. „Zarządzanie ryzykiem robót dodatkowych w przedsięwzięciach budowy infrastruktury kolejowej”

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 01.02.2022 r. (pismo nr L0.510.2.1.2022).

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgr inż. Filipa Janowca pt. „Zarządzanie ryzykiem robót dodatkowych w przedsięwzięciach budowy infrastruktury kolejowej”. Pracę przygotowano w Politechnice Krakowskiej na Wydziale Inżynierii Lądowej pod kierunkiem Pani dra hab. inż. Agnieszki Leśniak, prof. PK 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 219 stron wraz ze spisem literatury i załącznikiem. Dzieli się na sześć zasadniczych rozdziałów, w tym wstęp oraz podsumowanie i wnioski. Między rozdziałami zachowano właściwe proporcje. Treść pracy zgodna jest z jej tytułem, a rozdziałów z ich nagłówkami, które dają syntetyczny pogląd na przedstawioną w nich zawartość merytoryczną. Kolejne tytuły rozdziałów reprezentują logiczne powiązanie całości rozprawy.

Rozdział nr 1 zatytułowany „Wstęp” zawiera prezentację problemu i uzasadnienie podjętego tematu rozprawy dotyczącej zarządzania ryzykiem robót dodatkowych. Autor sformułował cel główny pracy, cele szczegółowe i tezę oraz odnosząc się do zdefiniowanych celów i tezy przedstawił przedmiot badań i zakres pracy. W tym rozdziale Autor zaznaczył, iż

Wydziału Inżynierii Lądowej

Wpłynęło dnia... 7.04.2022
L. dz. 10.510.2.3.2022
podpis... Namph

poszukiwana metoda zarządzania ryzykiem robót dodatkowych wykorzysta strategię zarządzania ryzykiem opartą na wytycznych wskazanych w normie PN-ISO 31000:2018 Zarządzanie ryzykiem – Zasady i wytyczne, a w modelu oceny ryzyka robót dodatkowych zostanie wykorzystane sieci bayesowskie.

W rozdziale nr 2 Autor przeprowadził analizę stanu wiedzy w czterech blokach tematycznych. W pierwszym z nich przedstawił charakterystyki przedsięwzięć budowy infrastruktury kolejowej w Polsce. W drugim próbował uporządkować wiedzę na temat robót dodatkowych w budownictwie, omawiając między innymi czynniki powodujące te roboty. Czynniki te w dalszej części rozprawy stanowią podstawę badania własnego Autora. W trzecim bloku Autor omówił zagadnienia zarządzania ryzykiem w budownictwie odwołując się do licznych źródeł literaturowych. W ostatnim bloku zaś przedyskutował możliwości zastosowania sieci bayesowskich, w obszarze budownictwa. Moim zdaniem rozdział nr 2 jest jak najbardziej uzasadniony z uwagi na zdefiniowany temat pracy. A także pozwala na szczegółowy przegląd stanu wiedzy wykazując aktualność problemu badawczego oraz wskazując zasadność podjętej tematyki dysertacji. Tym nie mniej uważam że byłoby dobrze rozpatrywać możliwości zastosowania sieci bayesowskich w przedmiotowym problemie w porównywaniu do innych narzędzi matematycznych (na przykład do chociażby wywnioskowania rozmytego). Podniosłoby to jeszcze bardziej walory pracy w kontekście wyboru narzędzi matematycznej.

W rozdziale 3 Autor opisał badania własne, których celem było identyfikacja czynników ryzyka i jego kwantyfikacja. W tym kontekście przeprowadzono trzy typy badań: wywiady eksperckie, analizę dokumentów kontraktowych oraz badania ankietowe. Pozyskane informacje poddano analizie statystycznej i ocenie, a następnie zestawiono w postaci bazy danych, niezbędnej do budowy modelu oceny ryzyka. Moim zdaniem rozdział ten zasługuje pochwałą z uwagi na wielowątkowe rozważania i opracowanie dość informatycznej i przydatnej bazy danych, szkoda tylko, że nie rozważono kwestii wzajemnych wpływów (zależności) czynników ryzyka, gdyż ma to duże znaczenie w modelu oceny ryzyka.

W rozdziale nr 4 Autor po scharakteryzowaniu i przeanalizowaniu sposobu zarządzania ryzykiem przy wykorzystaniu metodyki przedstawionej w normie ISO 31000 proponował model zarządzania ryzykiem robót dodatkowych w przedsięwzięciach budowy kolei, w którym opracował autorską sieć bayesowską sporządzoną na podstawie pozyskanych danych pochodzących z różnych źródeł wiedzy. Przy tworzeniu sieci bayesowskiej uwzględnił specyfikę robót dodatkowych, przyczyny ich powstawania oraz konsekwencje ich wystąpienia. Zaprezentował wykorzystane mechanizmy do budowy, aktualizacji, a także

predykcji sieci bayesowskiej. Należy podkreślić, że w omówionym rozdziale na uwagę zasługują wykorzystanie bramki logicznej LEAKY NOISY-OR, użycie węzłów MAU oraz wykorzystanie węzłów użyteczności do implementacji funkcji matematycznych bazujących na prawdopodobieństwie zdarzeń. Najistotniejszym fragmentem zbudowanej sieci bayesowskiej jest komponent oceny ryzyka zawierający dodatkową informację o sposobie jego dalszego traktowania. Ocenę działania zbudowanej sieci wykorzystując analizę krzywych ROC oraz miar niezbędnych do ich opracowania. Jakość przewidywania sieci w kontekście zmiany czasu i zmiany kosztu przedsięwzięcia została sprawdzona przy wykorzystaniu dostępnych informacji realizowanych inwestycji. I stwierdzono, że działanie sieci jest zadowalające. Przy tworzeniu sieci autor wykorzystał oprogramowanie GeNie.

W rozdziale nr 5 Autor poddał weryfikacji autorski model sieci i opisał praktyczne wykorzystanie metody w przedsięwzięciach budowy infrastruktury kolejowej. W tym kontekście do weryfikacji sieci wykorzystał nowe dane pochodzące z 6 inwestycji. Model poddano także analizie wrażliwości. Zarówno testowanie danymi, jak i analiza wrażliwości, wykazały zadowalającą jakość przewidywania modelu. Autor także przedstawił przykładowe 3 scenariusze do prezentacji działania autorskiego modelu. Ich implementacja do zbudowanego modelu, umożliwiła wyznaczenie ryzyka robót dodatkowych i jego ocenę. Przy ogólnie pozytywnej ocenie rozdziału, opracowany w tym rozdziale mitygacja ryzyka jest ogólna i to moim zdaniem jest drobnym mankamentem tego rozdziału. Należy także podkreślić, że obszernie zaprezentowane działanie modelu wraz z omówieniem wyników dla każdego przypadku (scenariuszy) jest wystarczającym dowodem waloru praktycznego autorskiego modelu.

Rozdział nr 6 przedstawia podsumowanie, wnioski końcowe i 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 261 są zgodne z treścią rozprawy.

4. Ocena merytoryczna pracy

4.1. Ocena doboru tematu rozprawy

Rozważany w pracy problem badawczy należy do zagadnień zarządzania ryzykiem robót budowlanych w realizacji przedsięwzięć infrastruktury kolejowej. Podczas realizacji takich przedsięwzięć występują nieprzewidziane zdarzenia, które mogą prowadzić do zaburzenia założonego harmonogramu rzeczowo-finansowego. Do tego typu zjawisk zalicza się m.in. roboty dodatkowe. Pomimo istnienia dość obszernej literatury i opracowań naukowych w zakresie zarządzania ryzykiem a w szczególności identyfikacji czynników ryzyka, sposobów i

metod określenia lub oceny ich negatywnych skutków na istotne parametry przedsięwzięcia budowlanego (na przykład na czas i koszt) w przypadku inwestycji kolejowych w zakresie identyfikacji przyczyn zaistnienia, konsekwencji wystąpienia czy też sposobów zapobiegania ryzyka robót dodatkowych są braki i to jest tematem nadal aktualnym. Uwzględniając charakter, zmienność oraz złożoność robót dodatkowych, można twierdzić, że są to roboty bardzo „konfliktogenne” także w sensie proceduralnym w procesie realizacji przedsięwzięcia, więc istnieje zapotrzebowanie na: - nowe metodologiczne podejście w kwestii identyfikacji i analizy czynników ryzyka powstawania robót dodatkowych; - budowa rzetelnej bazy zawierającej skwantyfikowane skutki wystąpienia czynników ryzyka robót dodatkowych; - a także skonstruowanie niezawodnego modelu oceny ryzyka. Z tego też powodu, w recenzowanej pracy Autor podjął wysiłek badawczy, w zakresie opracowania adekwatnej metody zarządzania ryzykiem robót dodatkowych w przedsięwzięciach budowy infrastruktury kolejowej z wykorzystaniem sieci Bayesa i uwzględnieniem uwarunkowania krajowe. Jej wykorzystanie umożliwia ocenę ryzyka robót dodatkowych, to z kolei pozwala na podjęcie odpowiednich działań mogące wpływać na redukcję prawdopodobieństwa zmiany czasu trwania inwestycji lub zmiany kosztu inwestycji.

Rozważany przez Autora problem badawczy **jest oryginalny**, a wybór przez Doktoranta problematyki zarządzania ryzykiem robót dodatkowych jako tematu rozważań naukowych **trafny**. Doktorant znalazł zagadnienie, które nie zostało jeszcze do końca zbadane, proponuje swoje autorskie podejście i przydatne narzędzie matematyczne. Opracowanie modelu zarządzania ryzykiem robót dodatkowych w przedsięwzięciach budowy infrastruktury kolejowej ma istotne znaczenie zarówno w aspekcie poznawczym, jak i praktycznym.

Należy też podkreślić, że zagadnienie zarządzania ryzykiem w przedsięwzięciach budowlanych mieści się w przedmiocie badań w ramach specjalności Inżynieria przedsięwzięć budowlanych, w dyscyplinie Inżynieria Lądowa 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 Doktorant sformułował następujące cele i tezę rozprawy:

*„**Celem** rozprawy jest opracowanie metody zarządzania ryzykiem robót dodatkowych w przedsięwzięciach budowy infrastruktury kolejowej zbieżnej z wytycznymi zdefiniowanymi w normie ISO 31000, wykorzystującej sieci Bayesa i uwzględniającej uwarunkowania krajowe”.*

Cele szczegółowe rozprawy to:

1. Identyfikacja i analiza czynników ryzyka powstawania robót dodatkowych w budowlanych przedsięwzięciach kolejowych.
2. Budowa bazy danych zawierającej skwantyfikowane skutki wystąpienia czynników ryzyka robót dodatkowych w oparciu o badania własne.
3. Zaprojektowanie modelu sieci Bayesa do identyfikacji ryzyka.
4. Opracowanie scenariuszy mitygacji ryzyka robót dodatkowych w obszarze budowy infrastruktury kolejowej.

Teza pracy brzmi: *„Proponowana metoda zarządzania ryzykiem robót dodatkowych, dedykowana przedsięwzięciom budowy infrastruktury kolejowej, umożliwia identyfikację i ocenę ryzyka, a poprzez analizę scenariuszy zdarzeń kontrolę jego poziomu i podjęcie czynności w celu mitygacji ryzyka.”*

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 Autora przeprowadzenia studiów literaturowych, wykazania się wiedzą w zakresie specyfiki prowadzenia przedsięwzięć budowlanych oraz infrastruktury kolejowej, wpływu robót dodatkowych na realizację inwestycji budowlanej, czynników będących przyczyną występowania robót dodatkowych oraz ich konsekwencji, zarządzania ryzykiem w tym metod badawczo obliczeniowych w przedmiotowym zakresie, sieci bayesowskiej oraz ich modelowania i zastosowania w praktycznych zagadnieniach. Ponadto, Autor wykazał się umiejętnością posługiwania się specjalistycznym oprogramowaniem GeNie do modelowania i obliczenia sieci Bayesa.

W pracy doktorskiej w celu osiągnięcia przyjętych celów oraz udowodnienia tezy wytypował zbiór czynników powodujących roboty dodatkowe. Zbiór ten składa się z ośmiu następujących czynności: - opóźnienie dostaw; - zła organizacja; - infrastruktura podziemna; - błędna geologia; - zmiany rozwiązań - błędy dokumentacji - brak zamknięć; - i problemy na stykach. Następnie Autor kwantyfikował prawdopodobieństwo wystąpienia czynników powodujących roboty dodatkowe. W tym celu autor zastosował trzy rodzaje metod badawczych: - wywiady eksperckie; - analizę dokumentów kontraktowych; oraz badania ankietowe. Zastosowane metody badawcze umożliwiły autorowi pozyskanie danych i wiedzy z zakresu czynników ryzyka robót dodatkowych. Uzyskane wyniki zostały opracowane w formie syntetycznych danych dla każdego z analizowanych czynników i oddzielnie dla każdej z zastosowanych metod ich pozyskiwania. Ponadto Autor poddał ocenie zgodności opinii i jednorodności zebranych danych. Testy wykazały zgodność opinii pozwalając tym samym na

prowadzanie dalszych analiz i wykorzystanie uzyskanych wyników badań własnych do opracowania autorskiej metody zarządzania ryzykiem robot dodatkowych z wykorzystaniem sieci Bayesa.

Warto podkreślić, że Autor także wytypował zbiór robót branżowych oraz określił wartości prawdopodobieństwa wystąpienia ich w robotach dodatkowych. Uważam, że taka próba uszczegółowienia robót dodatkowych podwyższa walory pracy w omawianym zakresie. Do zbioru robót branżowych zaliczono następujące 9 robót: -roboty torowe; - roboty sieciowe; - roboty inżynieryjne; - roboty drogowe; -przebudowa SRK; - roboty kubaturowe; - roboty instalacyjne; - prace projektowe; - inne prace. Ustalone wartości prawdopodobieństwa dla poszczególnych robót branżowych określone zostały na podstawie wywiadów eksperckich oraz analizy dokumentacji kontraktowej. Należy podkreślić, że ocena pozyskiwanych danych były prowadzone w kontekście: - wystąpienie robót dodatkowych; - wystąpienie czynników powodujących roboty dodatkowe; - zmiana czasu trwania inwestycji na skutek robót dodatkowych; - zmiana kwoty inwestycji na skutek robót dodatkowych.

Efekt w/w badań własnych jest baza danych, którą prezentuje załącznik nr 5 do rozprawy. Mając powyższą bazę danych oraz opierając się na przeanalizowane wytyczne normy ISO 31000 Autor stworzył własny model zarządzania ryzykiem robót dodatkowych w przedsiębiorstwach budowy infrastruktury kolejowej. Podczas tworzenia sieci bayesowskiej uwzględniono specyfikę robót dodatkowych, przyczyny ich powstawania oraz konsekwencje ich wystąpienia. Ponadto Autor zaprezentował wykorzystane mechanizmy do budowy, aktualizacji, a także predykcji sieci bayesowskiej. W tym kontekście należy szczególnie podkreślić oryginalne elementy zastosowane w rozprawie, do których można zaliczyć: wykorzystanie bramki logicznej LEAKY NOISY-OR dla węzła „roboty dodatkowe” oraz wykorzystanie węzłów użyteczności do implementacji funkcji matematycznych bazujących na prawdopodobieństwie zdarzeń. Należy także podkreślić, że stworzona autorska sieć zawiera komponent oceny ryzyka zawierający dodatkowo informację o sposobie jego dalszego traktowania.

Opracowanie autorskiej sieci miało następujące etapy: - modelowanie struktury sieci; - tworzenie oraz kodowanie wierzchołków sieci (tzw. przodków i potomków); - modelowanie sieci bazowej; - obliczenia i analiza możliwych zdarzeń do wystąpienia; - weryfikacja sieci (testowanie nowymi danymi, budowa i uczenie); - analiza wrażliwości (na podstawie której autor stwierdził, że sieć działa poprawnie); - weryfikacja operacyjna; - symulacja możliwych scenariuszy (autor opisał 3 hipotetyczne scenariusze mogące występować dla inwestycji realizowanych w formule „projektuj i buduj”). Z przeprowadzanych obliczeń dla każdego

scenariusz z wykorzystaniem autorskiej sieci tylko w jednym przypadku (scenariusz nr 3) uzyskał przekroczenie referencyjnego poziomu ryzyka. Oznaczało to przeprowadzenie mitygacji ryzyka. Opcje postępowania z ryzykiem w notacji normy ISO 31000 oraz odpowiednich przykładowych działań w formie ogólnej autor przedstawił w formie tabelarycznej (tab. nr 5.17). Z kolei implementację opracowanej metody do zarządzania ryzykiem robót dodatkowych w przedsięwzięciach budowy infrastruktury kolejowej odnosząc do faz budowlanego procesu inwestycyjnego oraz sugerując przeprowadzenie analizę ryzyka raz w miesiącu przed rozpoczęciem faz: „przygotowanie inwestycji do wykonania” oraz „realizacja inwestycji”;

Upoważnia to do stwierdzenia, że Doktorant przedstawił **oryginalne rozwiązanie problemu** wykazując się **umiejętnością samodzielnej pracy naukowej**. Założony **cel główny rozprawy oraz cele szczegółowe zostały osiągnięte**. W wyniku tego **została opracowana metoda zarządzania ryzykiem robót dodatkowych z wykorzystaniem sieci Bayesa**. W konsekwencji **teza została udowodniona**.

W zakończeniu (rozdział nr6) Autor podsumował pracę doktorską **prawidłowo sformułował wnioski**, zaznaczył osiągnięcie własne i wytyczył kierunki dalszych badań.

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

1. Tworzenie zbioru czynników powodujących roboty dodatkowego wraz z prawdopodobieństwami zaistnienia w postaci baz danych,
2. Tworzenie zbioru robót branżowych wraz z prawdopodobieństwami zaistnienia w robotach dodatkowych w przedsięwzięciach budowy infrastruktury kolejowej
3. Tworzenie modelu oceny ryzyka zaistnienia robót dodatkowych z wykorzystaniem sieci bayerskich wraz z implementacją praktyczną.

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 Autora rozprawy doktorskiej.

5.1. Uwagi dotyczące kwestii merytorycznych

1. Na stronie nr 7 czwarty cel szczegółowy brzmi: „*Opracowanie scenariuszy mitygacji ryzyka robót dodatkowych w obszarze budowy infrastruktury kolejowej*”. Takie sformułowanie sugeruje, że Autor będzie opracowywał scenariusze działania mające na celu zapobieganie ryzyka. Konsekwentnie, było by dobrze żeby scenariusze mitygacji

szczegółowo opisać, odnosząc się do przykładu podanego przez Autora w scenariuszu możliwych zdarzeń nr 3 (str. 156), który brzmi następująco: „*Wprowadzenie zmian projektowych, dotyczących rozwiązania kluczowych elementów konstrukcyjnych podczas realizacji prac budowlano-montażowych, wpływa na zwiększenie kwoty o 35% pierwotnego budżetu inwestycji*”. W związku z powyższym Autor na podstawie wytycznych ISO 31000 w tabeli nr 5.17 (str. 160) pt. „*Opcje postępowania z ryzykiem oraz przykłady działań mogących występować podczas realizacji inwestycji kolejowej*” podaje opcje postępowania z ryzykiem wg ISO 31000 z odpowiednimi przykładowymi działaniami, które mogą wystąpić podczas realizacji inwestycji kolejowych. Z w/w tabeli wynika, że opcji pt. „*Unikanie ryzyka poprzez nierozpoczynanie lub niekontynuowanie działań powodujących ryzyko*” odpowiada działanie o nazwie „*Zlecenie prac budowlanych przez inwestora dla przebudowy obiektu o nieznanej historii, braku kompletu dokumentów budowlanych oraz braku zapewnionego ryzyka*”. W związku z tym proszę o doprecyzowanie jakie w/w zapisy (opcja postępowania i przykładowe działania) mają szczegółowe znaczenia w kontekście przykładu przytoczonego w scenariuszu możliwych zdarzeń nr 3, gdzie przekroczono poziom akceptacji ryzyka, w notacji mitygacji ryzyka?

2. Mimo, że Autor starał się jak najlepiej analizować czynniki powodujące roboty dodatkowe i przyjęcie ostatecznego zbioru tych czynników, to w kontekście zakresu pracy moim zdaniem dobrze było by, gdyby bardziej szczegółowo opisać kwestię wyboru i wytypowania czynników, ich szczegółowe znaczenie w kontekście konkretnych rodzajów robót dodatkowych, liczbę czynników oraz ich wzajemnie oddziaływanie także w odniesieniu do zastosowanej metody matematycznej w pracy. W związku z powyższym proszę o wyjaśnienie lub doprecyzowanie kilku następujących kwestii:

- jaki był główny powód ograniczenia się do 8 czynników wymienionych w tabeli nr 2.3 na str. 28 pracy?

- znaczenie czynnika o nazwie „*Opóźnienie dostaw*” w powodowaniu opóźnienia robót jest bezdyskusyjny, a jakie ma to szczegółowe znaczenie w spowodowaniu konkretnego rodzaju robót dodatkowych?

- przyjęte czynniki powodujące dodatkowe roboty w swojej naturze są dość złożone, a mogą one zaistnieć z różnych powodów. Na przykład „*zła organizacja robót*”, może być spowodowana z błędnym ustaleniem rodzajów robót, nieprawidłowym określeniem ilości robót lub też z powodu nie prawidłowo ustalonych frontów pracy. Co więcej, te wymienione powody mogą odnieść się także do czynnika „*błędy w dokumentacji*”. Czyli będzie naruszony wymóg niezależności czynników w sieci bayesowskiej. Wobec powyższych uwag nasuwają

się pytania: Jak wymienione wyżej kwestie uwzględnić w proponowanej metodzie w praktycznej implementacji? Czy zgromadzone i odpowiednio obliczone (przygotowane) dane wejściowe w modelu nadał będą wiarygodne (miarodajne), niezależnie od tego co powoduje dany czynnik w danej kategorii?

Idąc dalej w zakresie niezależności czynników (taki założenie autor także podkreśla na stronie 116 pracy przy tworzeniu sieci Bayesa) jak się mają do siebie czynniki „zła organizacja” oraz „opóźnienie dostaw”, gdyż w wybranych formach organizacyjnych prowadzenia inwestycji jeden czynnik może powodować drugi. Moim zdaniem można było jeszcze bardziej podnieść walory pracy doktorskiej omawiając wzajemną zależność poszczególnych czynników lub ich brak oraz wprowadzając pewne założenia ograniczające w tym kontekście.

3. Na stronie 68 Autor zaproponował podział robót dodatkowych na dziewięć typów prac budowlanych a następnie wg opinii ekspertów przedstawił udziały tych robót wśród zdefiniowanych robót dodatkowych. W tym kontekście zaliczenie przez Autora „Przygotowanie dokumentacji projektowej” do prac budowlanych wywołuje dyskusję w notacji obowiązujących aktów prawnych, gdyż według ustawy Prawo Budowlane zgodnie z **art. 3 ust. 7** za roboty budowlane uznaje się budowę oraz prace polegające na przebudowie, montażu, remoncie lub rozbiórce obiektu budowlanego. Być może autor mając na względzie charakter inwestycji infrastrukturalnych oraz ich formy organizacyjne oparł się na przesłankach ustawy Prawo Zamówień Publicznych oraz odpowiednich dyrektyw UE w danym zakresie, ale było by dobrze takie podejście specjalnie podkreślić w tego typu pracach naukowych. Proszę ustosunkować się do tej uwagi.

4. Tego typu pracach bardzo istotną rolę odgrywa wybór właściwych (adekwatnych) narzędzi matematycznych do badanego (modelowanego) problemu. A także uzasadnienie ich wyboru, z podkreśleniem pewnych wad i zalet, znanych lub odkrytych w skutek wykorzystania w badanym opracowaniu. W pracy doktorskiej Autor opisuje zastosowanie sieci bayesowskich (pkt. 2.4, str. 50) odwołując się do różnych źródeł literaturowych. Można odnieść wyrażenie, że Autor uzasadnienie wyboru sieci Bayesa jako narzędzie matematyczne w danym zakresie opiera głównie na opracowaniach nr [68] - „Risk assessment and decision analysis with Bayesian networks” autorstwa Fenton N. i Neil M. oraz na normie ISO 31010 stwierdzając, że „Norma ISO 31010 jako jedną z metod zarządzania ryzykiem sugeruje metodę sieci Bayes’a oraz cytując pracę [68], która określa, że pod względem trafności doboru czynników wpływu, założona metoda szacuje się dużymi zasobami i możliwościami, małym charakterem i stopniem niepewności oraz dużą złożonością. Autor twierdzi dalej, że pozwala

to sądzić, iż jej przyjęcie umożliwia prawidłową analizę badanego problemu przy zadowalającej dokładności. Co ważne stosownie do potrzeb niniejszej pracy, sieci Bayes'a przedstawiają wyniki w formie wymiernej (dyskretnej), pozwalając na łatwą analizę możliwych scenariuszy, co ułatwi praktyczne zastosowanie proponowanej metody". Nie negując trafności wyboru narzędzia matematycznego do badanego problemu uważam jednak, że dobrze by było uzasadnić wybór w porównaniu do kilku innych metod wymienionych także w normie ISO na przykład do: „Analizy przyczynowo skutkowej” z wykorzystaniem diagramu Ishikawy, „Analizy drzewa decyzyjnego” lub nie wymienionych: „Wnioskowanie rozmyte” z wagami reguł lub bez. Proszę o ustosunkowanie się do tej uwagi.

5. Moim zdaniem jednym z istotnych elementów zastosowania sieci Bayesa jest między innymi wybór algorytmu uczenia sieci poprzez ich porównania. I taki wybór można było by dokonać na przykład w oparciu o analizę wad i zalet, oczywiście biorąc pod uwagę ich przydatność w zastosowanym zakresie. Czy nie warto było w rozprawie przeprowadzić taką krótką chociaż analizę? Czy to nie podniosłoby dokładności obliczeniowej proponowanego autorskiego modelu? Czy wykorzystanie do procesu uczenia sieci bayesowskiej na przykład pakietów narzędziowych BNT (Bayes Net Toolbox for Matlab) w środowisku MATLAB zamiast oprogramowania GeNie, którego Autor zastosował w pracy, polepszyłoby zakres obliczeniowo-użyteczne modelu (na przykład w kontekście dokładności obliczenia, zwiększenia liczby czynników powodujących roboty dodatkowe itp.).

6. Moim zdaniem zarówno podrozdział 5.2.2 dotyczący mitygacji ryzyka jak i podrozdział 5.3 dotyczący implementacji proponowanej przez autora metodę są opracowane dość ogólne. Te podrozdziały mają kluczowe znaczenie w kontekście przedmiotu pracy oraz przyjętych celów i stanowią wręcz tzw. „wisienkę na torcie”. Oczywiście nie ujmując pozytywnemu osiągnięciu Autora w przedmiotowym zakresie uważam jednak, że implementacja metody zarządzania ryzykiem robót dodatkowych wobec nie opracowanych szczegółowych sposobów mitygacji ryzyka, nie wyjaśnienia sposobu uwzględnienia konkretnych rodzajów robót dodatkowych w modelu zarządzania ryzykiem ograniczy zastosowanie metody do ogólnych zakresów w przedmiotowej sprawie. Prosiłbym Doktoranta o ustosunkowanie się do tej uwagi.

5.2 Uwagi dotyczące bibliografii i formalno-językowej strona rozprawy

Spis wykorzystanej w pracy doktorskiej bibliografii obejmuje łącznie 261 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, które poniżej przedstawiam:

- na stronie 45 w zakresie postępowania ryzykiem błędnie odwołuje się do normy ISO 31010, powinno być ISO 31000,
- na stronie nr 47 w nazwie tabeli nr 2.5 jest „3100” powinno być „31000”,
- na stronie 51 brak opisu oznaczenia $P(B)$ we wzorach (4) i (5),
- strona 58, IV wiersz od góry nie pełne zdanie, połowa zdanie przeszło na następny wiersz.
- strona 66, I akapit, IV wiersz jest „zaniknąć” powinno być „zamknąć”,
- strona 74 w tabeli nr 3.12 nazwa roboty „Przebudowa SRK” błędnie napisano jako „Rrzebudowa srk”, przy czym skrót „SRK” w kolejnych tabelach na stronie 99 oraz 217 napisano z małej litery.
- strona 108, III wiersz od dołu słowo „definicja” powinno być „definicją”
- strona 121, II wiersz od dołu dublowano słowo „związana”
- strona 131, II akapit od góry słowo „sieci” powinno być „sieć”.
- strona 141, IV wiersz od góry słowo „oraz pozostałe” nie wydrukowało się prawidłowo.
- strona 156, XII wiersz od góry jest „Błędna infrastruktura” powinno być „Błędna geologia”.

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. Doktorant zaproponował autorską metodę zarządzania ryzykiem robót dodatkowych w przedsiębiorstwach budowy infrastruktury kolejowej. Mając na uwadze znaczny negatywny wpływ robót dodatkowych w realizacji przedsięwzięć budowlanych oraz ich „konfliktogenność” w kontekście praktycznym **uważam opiniowaną rozprawę doktorską za cenną**.

Zawartość merytoryczno-metodologiczna pracy dowodzi, że jej Autor 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 inżyneryjno-technicznych**, w dyscyplinie Inżynieria lądowa i transport.

W związku z powyższym uważam, że przedłożona przez Pana mgr inż. Filipa Janowca rozprawa doktorska pt. „Zarządzanie ryzykiem robót dodatkowych w przedsiębiorstwach

budowy infrastruktury kolejowej” spełnia wymagania ustawy 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.

N. Ibadov

.....
dr hab. inż. Nabi Ibadov, prof. uczelni