

Dr hab. inż. Wiesław Meszek
Politechnika Poznańska
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

RECENCJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Damiana Wieczorka pt.: „Modelowanie kosztów cyklu życia budynków z uwzględnieniem czynników ryzyka”

1 PODSTAWA WYKONANIA I PRZEDMIOT RECENZJI

Niniejsza recenzja sporządzona została na podstawie uchwały Rady Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej z dnia 17.10.2018 oraz pisma Dziekana Wydziału – Pana dr hab. inż. Andrzeja Szaraty, prof. PK, z dnia 22.10.2018 (LO.510.41.1.2018).

Opiniowana rozprawa przygotowana w języku polskim liczy 203 strony, zawiera 105 rysunków, 6 wykresów oraz 37 tabel i składa się z 7 rozdziałów (w tym *Wstęp* i *Zakończenie*), spisu literatury, 3 załączników oraz streszczeń w j. polskim i j. angielskim. Spis literatury zawiera 152 pozycje, w tym 132 publikacje naukowe, 7 aktów prawnych, 7 norm oraz 6 pozycji zaliczonych przez Doktoranta do tzw. innych źródeł.

W rozprawie przedstawiono zagadnienia związane z modelowaniem kosztów cyklu życia budynków z uwzględnieniem czynników ryzyka. Celem głównym pracy było opracowanie podstaw matematycznych modelu pozwalającego na szacowanie całości kosztów cyklu życia budynków wraz z możliwością kwantyfikacji dodatku kosztowego za ryzyko.

2 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

W **rozdziale 1** Autor uzasadnił podjęcie tematu pracy, przedstawił cele i tezy rozprawy, a także omówił podstawowe zagadnienia składające się na przedmiot badań.

Rozdział 2 obejmuje omówienie zagadnień związanych z cyklem życia budynku, w szczególności w ujęciu normy ISO 15686-5:2008. Scharakteryzowano w nim szereg kluczowych pojęć (użytkowanie i utrzymanie budynku, trwałość budynku) przedstawiono typy końców cyklu życia budynku, scharakteryzowano pojęcia strategii zarządzania oraz scenariuszy cyklu życia budynku, dokonano syntetycznego opisu czynników mających wpływ na trwałość budynku, a także scharakteryzowano analityczne i empiryczne metody służące do szacowania okresu użytkowania budynku.

W **rozdziale 3** Autor scharakteryzował pojęcia kosztów cyklu życia oraz przedstawił podział kosztów i przychodów ze względu na fazy cyklu życia budynku. Opisał zakres, cele i założenia do ekonomicznej analizy cyklu życia budynku (LCCA) oraz zamieścił przegląd modeli służących do szacowania kosztów cyklu życia budynków. Przedstawił również autorską definicję dodatku kosztowego za ryzyko (ΔR_{LCC}).

Rozdział 4 dotyczy ryzyka w cyklu życia budynku. Przedstawiono w nim definicje ryzyka i zarządzania ryzykiem przedsięwzięć budowlanych oraz wymieniono i scharakteryzowano metody służące do procesów identyfikacji, kwantyfikacji oraz reakcji na ryzyko. Omówiono tam również przykłady zastosowania podejścia rozmytego do oceny ryzyka przedsięwzięć budowlanych oraz przedstawiono założenia i rezultaty badań własnych wpływu ryzyka na wielkość kosztów cyklu życia budynków. Przedmiotowe badania składały się z identyfikacji i podziału czynników ryzyka w cyklu życia budynków, które zostały następnie poddane ocenie eksperckiej ich wpływu na wielkość odpowiadających im składników kosztów cyklu życia budynków.

Rozdział 5 zawiera opis podstaw matematycznych modelu szacowania całości kosztów życia budynków umożliwiającego kwantyfikację dodatku kosztowego za ryzyko. Autor podzielił model na dwa moduły, tj. moduł rozmytej oceny ryzyka w cyklu życia budynków oraz moduł szacowania całości kosztów życia budynków umożliwiający obliczenie:

- kosztów cyklu życia budynku (LCC),
- ekwiwalentu rocznych kosztów cyklu życia budynku ($LCEAC$),
- całości kosztów życia budynku (WLC),
- dodatku kosztowego za ryzyko w cyklu życia budynku (ΔR_{LCC})

oraz dokonanie na ich podstawie ekonomicznej analizy cyklu życia ($LCCA$).

W rozdziale tym pojawia się również kwestia doboru funkcji przynależności zbiorów lub liczb rozmytych dla wszystkich parametrów mających zastosowanie w modelu. Istotnym elementem rozdziału 5 jest podanie struktury i algorytmów obliczeniowych obu modułów ze wskazaniem metod, twierdzeń i zasad wykorzystanych do ich budowy.

W rozdziale 6 przedstawiono praktyczny przykład obliczeniowy oraz opisano proces weryfikacji teoretycznej proponowanego modelu. Autor porównał trzy scenariusze przebiegu życia budynku mieszkalnego wielorodzinnego, z uwzględnieniem wpływu oddziaływania dwóch zidentyfikowanych czynników ryzyka w jego cyklu życia (błędy w projektach oraz błędnie przyjmowane założenia rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych). Wykonał również ekonomiczną analizę cyklu życia ($LCCA$) przy uwzględnieniu wszystkich kryteriów porównawczych objętych działaniem modelu.

Zakres badań weryfikacyjnych objął weryfikację logiczną bazy reguł bloku inferencyjnego modułu rozmytej oceny ryzyka w cyklu życia budynków, badanie wrażliwości modułów rozmytej oceny ryzyka w cyklu życia budynków oraz szacowania całości kosztów życia budynków na ewentualność zmiany parametrów mogących wpływać na wyniki obliczeń, weryfikację wyników deterministyczną metodą wartości bieżącej netto w cyklu życia ($LCNPV$) oraz badanie wpływu zmiany wartości danych wejściowych czasowych i finansowych na wyniki obliczeń.

Rozprawę zakończono **Rozdziałem 7**, w którym dokonano podsumowania i przedstawiono wnioski, wyszczególniono wkład własny Autora i osiągnięcia praktyczne pracy oraz wskazano kierunki dalszych badań.

3 OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

3.1 Aktualność tematu

Dążenie do ograniczania kosztów związanych z budową obiektów budowlanych zawsze leżało w kręgu zainteresowania każdego inwestora, natomiast ograniczanie kosztów związanych z użytkowaniem i likwidacją (wycofaniem) obiektów budowlanych nie było zagadnieniem w przeszłości eksponowanym. Obecnie problematyka ta wpisuje się Strategię Zrównoważonego Rozwoju, eksponowaną przez wiele instytucji, w tym także odpowiednie gremia Unii Europejskiej, a zintegrowane podejście produktowe (a zatem odnoszące się także do budynków) uznawane jest obecnie za możliwie najbardziej efektywny sposób realizowania wymiaru środowiskowego tej strategii. Formułowany dziś wymóg, aby przedsięwzięcia budowlane były efektywne ekonomicznie i środowiskowo w pełnym wymiarze cyklu życia obiektów budowlanych będących ich przedmiotem, sprawia, że zagadnienia kosztów cyklu życia zwłaszcza budynków stają się obecnie elementem wszechstronnych analiz.

Recenzowana rozprawa dotyczy zatem aktualnego, ważnego, jak i praktycznego problemu, znajdującego swój wyraz w obecnych uregulowaniach prawnych (w szczególności art. 91 Prawa Zamówień Publicznych, Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju w sprawie metody kalkulacji kosztów cyklu życia budynków oraz sposobu przedstawiania informacji o tych kosztach) i normatywnych (w szczególności pakiet norm ISO 15686).

Tło naukowego charakteru rozprawy związane jest natomiast z faktem, że kalkulacja kosztów cyklu życia obiektów budowlanych, w tym budynków, ze względu na złożoność czynników wpływających na te koszty, jak i długookresowość prognoz, odbywa się praktycznie zawsze w warunkach ryzyka bądź w warunkach niepewności.

3.2 Układ rozprawy

Z punktu widzenia charakteru poszczególnych części rozprawy zauważyć należy, że:

- rozdziały 2-3 mają charakter przeglądowy, aczkolwiek (zwłaszcza w rozdziale 3) pojawiają się założenia przyjęte przez Autora dla potrzeb budowy modelu szacowania kosztów cyklu życia budynków,
- rozdział 4, po części przeglądowej zawierającej omówienie zagadnień związanych z ryzykiem w budownictwie obejmuje istotną część badawczą – badania własne wpływu ryzyka na wielkość kosztów cyklu życia budynków,
- rozdziały 5 i 6 stanowią kluczową część rozprawy w kontekście tematu, celów i też sformułowanych w rozprawie; zawierają bowiem:
 - podstawy proponowanego przez Autora modelu szacowania kosztów cyklu życia budynków umożliwiającego kwantyfikację dodatku kosztowego za ryzyko,
 - przykład praktyczny zastosowania modelu i jego weryfikację wraz z bardzo szeroką analizą wrażliwości,
- rozdziały 1 i 7 stanowią odpowiednio *Wstęp* i *Zakończenie*.

Powyższy układ rozprawy uznać należy za czytelny i odpowiadający zamierzeniom Autora, a starannie opracowany wykaz najważniejszych oznaczeń umieszczony przed Rozdziałem 1 (*Wstęp*) ułatwia analizę treści rozprawy.

Być może wyodrębnienie z rozdziału 4 badań własnych dotyczących wpływu ryzyka na wielkość kosztów cyklu życia budynków i przeniesienie do odrębnego rozdziału eksponowałby jeszcze bardziej wkład własny Autora rozprawy.

3.3 Cele rozprawy

Celem głównym pracy (nawiązującym bezpośrednio do jej tytułu) było opracowanie podstaw modelu pozwalającego na szacowanie całości kosztów cyklu życia budynków wraz z możliwością kwantyfikacji dodatku kosztowego za ryzyko.

Postawiony cel pracy Doktorant uzupełnił poprzez cele cząstkowe, które określił jako:

- budowa modułu rozmytej oceny ryzyka w cyklu życia budynku, dzięki któremu oceniający ryzyko będzie mógł podjąć arbitralną decyzję o konieczności uwzględnienia wpływu zidentyfikowanego czynnika ryzyka na wielkość odpowiadającego mu składnika kosztów cyklu życia budynku bądź jej braku,
- stworzenie w oparciu o prowadzone badania własne bazy danych o skutkach wystąpienia czynników ryzyka, które zidentyfikowano w poszczególnych fazach cyklu życia budynku.

Idea recenzowanej rozprawy jest dobrze wskazana w jej celach, a sposób ich realizacji ma charakter logiczny i konsekwentny. Jak podkreślono w pkt. 3.5 recenzji sformułowane przez Autora cele zostały osiągnięte.

Niewielka wątpliwość dotyczy używanego przez Autora (w treści drugiego celu cząstkowego) pojęcia „baza danych”, w szczególności, wobec nasuwającego się tu pytania, czy wyniki badań ankietowych, nawet odpowiednio opracowanych, można nazywać bazą danych?

3.4 Tezy rozprawy

Doktorant, jak podkreślił ...w oparciu o szczegółową analizę krajowych i zagranicznych źródeł literatury oraz wytycznych pakietu norm ISO 15686, a także wnioski z przeprowadzonych badań własnych... sformułował tezę główną pracy oraz dwie tezy pomocnicze.

Przy ocenie sformułowanych tez należy mieć na uwadze, że materiałem badawczym jest dla Autora budynek w rozumieniu Polskiej Klasyfikacji Obiektów Budowlanych, a zatem bardzo szerokie pojęcie obejmujące (wg podziału stosowanego w PKOB) budynki mieszkalne i niemieszkalne z dalszym podziałem na poszczególne grupy budynków. Temat i przedmiot rozprawy nie zawężają obszaru badawczego, a więc i tez do określonej grupy budynków.

Główna teza pracy:

Uwzględnienie wpływu ryzyka na wielkość kosztów cyklu życia budynku jest konieczne, a wpływ ryzyka na wielkość kosztów cyklu życia budynku powinien być brany pod uwagę na etapie wstępnego planowania przedsięwzięcia budowlanego, tj. na początku fazy programowania budynku.

Tezę ocenić należy jako sformułowaną dość ogólnie, w pewnym stopniu logiczną bez przeprowadzania wywodu naukowego; brzmienie tej tezy nie budzi wątpliwości.

Pierwsza teza pomocnicza:

W cyklu życia budynku można zidentyfikować grupę czynników ryzyka o charakterze technologicznym oraz realizacyjnym (budowlanym), których wpływ na odpowiadające im składniki kosztów cyklu życia budynku jest bardziej istotny niż wpływ ryzyka o charakterze finansowym.

Teza sugeruje kompleksowe podejście do oceny ryzyka finansowego, które jest pojęciem bardzo szerokim. Budzi to obawy o realną możliwość i celowość udowodnienia takiej tezy. W rzeczywistości Autor porównuje jednak w rozprawie

wpływ czynników ryzyka o charakterze technologicznym i realizacyjnym z wpływem **wyselekcjonowanych** czynników ryzyka o charakterze finansowym na odpowiadające im składniki kosztów cyklu życia budynków.

Druga teza pomocnicza:

Transfer ryzyka do fazy eksploatacji budynku i poniesienie wyższych nakładów na jego użytkowanie i utrzymanie w czasie przyszłym jest rozwiązaniem bardziej korzystnym dla inwestora pod względem dążenia do minimalizacji kosztów cyklu życia budynku.

Zwraca uwagę kategoryczność tego stwierdzenia wobec złożoności zagadnienia i dynamiki procesów zachodzących w okresie eksploatacji budynków powodujących, że transfer ryzyka (związany z odłożeniem w czasie pewnych działań i kosztów z nimi związanych) skutkować może przewidywalnymi, a także nieprzewidywalnymi skutkami. Wątpliwości dotyczą także uniwersalności tej tezy, w sytuacji znaczącej odmienności poszczególnych grup budynków.

Generalnie, wydaje się, że Autor słusznie formułując tezy w nawiązaniu do celów rozprawy, zawarł w tezach pomocniczych także stwierdzenia trudne do udowodnienia (zwłaszcza w wymiarze uniwersalnym i dotyczącym wszystkich grup budynków), niepotrzebnie stwarzając potencjalne źródło wątpliwości co do oceny własnych dokonań prezentowanych w rozprawie.

3.5 Osiągnięcia naukowe

W oparciu o przegląd literatury polskiej i zagranicznej, a także aktów prawnych oraz pakietu norm ISO 15686 Autor usystematyzował w rozprawie stan wiedzy dotyczący zagadnień związanych z cyklem życia i kosztami cyklu życia budynków, a także dotyczących ryzyka, które może oddziaływać na budynki w poszczególnych fazach ich cyklu życia.

Do dokonań Autora zaliczyć należy również identyfikację (w oparciu o badania własne) czynników ryzyka w poszczególnych fazach cyklu życia budynków, czego efektem jest opracowana tzw. lista sprawdzeń czynników wg poszczególnych kategorii ryzyka (ryzyko technologiczne, budowlane (realizacyjne), finansowe, polityczne, ekologiczne i prawne), wraz z alokacją poszczególnych czynników ryzyka na uczestników przedsięwzięcia budowlanego (tabela 4.1).

Jednak za najważniejsze elementy rozprawy stanowiące oryginalne osiągnięcie Autora (cechujące się zarówno walorami poznawczymi jak i praktycznymi) należy niewątpliwie uznać:

- zaprezentowanie eksperckiej oceny wpływu poszczególnych (45 zidentyfikowanych) czynników ryzyka na wielkość składników kosztów cyklu życia budynków im odpowiadających. Lista wyników (zamieszczona w tabeli 4.5) stanowiła swoiste źródło wiedzy wykorzystane dalej w procesie wnioskowania o ryzyku z wykorzystaniem tzw. modułu rozmytej oceny ryzyka, w ramach którego możliwe jest wnioskowanie o konieczności (lub jej braku) uwzględnienia wpływu zidentyfikowanego czynnika ryzyka na wielkość odpowiadającego mu składnika kosztów cyklu życia budynku.

Moduł rozmytej oceny ryzyka w cyklu życia budynków zbudowany został w oparciu o podstawy matematyczne modelu rozmytego wnioskowania Mamdaniego.

Odnotować należy, że dla potrzeb procesów obliczeniowych w ramach omawianego modułu Autor wykorzystał narzędzie informatyczne „ROR-FLD IN MATLAB

R2011A” ułatwiające przeprowadzenie oceny wpływu zidentyfikowanych czynników ryzyka na wielkość odpowiadających im składników kosztów cyklu życia budynku. Zaprezentowane w Załączniku Nr 1 rysunki powierzchni rozwiązań, jak i zamieszczone w Załączniku Nr 2 wyniki analizy wrażliwości uwiadcniają zasadność dysponowania odpowiednią aplikacją komputerową, zważywszy na pracochłonność tego typu obliczeń i ich graficznego ilustrowania. Ocena samej aplikacji nie jest przedmiotem niniejszej recenzji, ale fakt dysponowania narzędziem wspomagającym obliczenia podnosi praktyczne walory proponowanego modelu (w części związanej z modulem rozmytej oceny ryzyka w cyklu życia budynków),

- stworzenie podstaw matematycznych modelu szacowania całości kosztów cyklu życia budynków umożliwiającego kwantyfikację dodatku kosztowego za ryzyko, składającego się z dwóch, działających niezależnie modułów, tj. (wcześniej wspomnianego) modułu rozmytej oceny ryzyka w cyklu życia budynków oraz modułu szacowania całości kosztów życia budynków.

Autor zastosował do budowy modelu teorię możliwości oraz logikę rozmytą, dokonując w podrozdziałach 5.2 i 5.3 szerokiego wprowadzenia w zagadnienia teorii zbiorów rozmytych wraz z analizą możliwości zastosowania poszczególnych funkcji przynależności.

Zilustrowane przykładem praktycznym (którego przedmiotem jest budynek mieszkalny wielorodzinny) działanie modelu oraz jego wieloetapowa weryfikacja potwierdziły możliwość efektywnego wykorzystania proponowanego narzędzia dla potrzeb kalkulacji kosztów cyklu życia budynków z uwzględnieniem ryzyka. Przewidywane przez Autora stworzenie implementacji komputerowej modułu szacowania kosztów cyklu życia budynków niewątpliwie dopełni użytkowe walory proponowanego modelu.

Podkreślić należy, że wskazane powyżej osiągnięcia naukowe, zaprezentowane w rozprawie, korespondują z przyjętymi celami badawczymi, które uznać należy za w pełni zrealizowane.

4 UWAGI KRYTYCZNE

4.1 Uwagi ogólne

Rozprawa zawiera szereg elementów dyskusyjnych, dotyczących zwłaszcza zastosowania praktycznego proponowanego modelu, tym bardziej, że wyniki analizy nielicznych przykładów posłużyły Autorowi do wniosków zawierających daleko idące uogólnienia.

1. Autor podkreśla na str. 59, że badania własne nad wpływem ryzyka na wielkość kosztów cyklu życia budynków, ukierunkowane były na budynki mieszkalne i niemieszkalne (a zatem wszystkie budynki w rozumieniu PKOB). Wobec braku odmiennego komentarza przyjąć zatem należy, że przedstawione w tabeli 4.5 wyniki dotyczą łącznie całej grupy obiektów, klasyfikowanych wg PKOB jako budynki, co budzi określone wątpliwości. Trudno bowiem przyjąć, że np. przedsięwzięcie budowlane związane z realizacją budynku szpitala podlega tym samym czynnikom ryzyka co związane z realizacją budynku mieszkalnego jednorodzinnego oraz że czynniki te wykazują analogiczny wpływ na koszty cyklu życia budynku. W kontekście określonego na str. 59 przedmiotu badań, niezrozumiały jest zapis na str. 161, z którego wynika jakoby Autor dopiero zamierzał objąć badaniami m.in. budynki handlowe, biurowe, szpitale, szkoły, hale produkcyjne.

2. W nawiązaniu do uwagi odnoszącej się do pierwszej tezy pomocniczej zauważyć należy, że Autor nie definiuje formalnie (tj. w formie definicji przyjętej dla potrzeb pracy) pojęcia ryzyka finansowego.

Z jednej strony przewijają się w pracy sformułowania wskazujące na to, że Autor traktuje uwzględnienie zmiany pieniądza w czasie jako formę uwzględnienia ryzyka finansowego np.:

- uwzględnienie ryzyka finansowego **poprzez analizę zmiany wartości pieniądza w czasie** (str. 40),
- ryzyko finansowe **w postaci zmiany wartości pieniądza w czasie** (str. 42),
- ...metody złożone, oparte są głównie na modelach ekonomicznych, **które uwzględniają zjawisko zmiany wartości pieniądza w czasie, a tym samym odpowiadają analizie potencjalnego wpływu zaistnienia ryzyka finansowego na wielkość kosztów przyszłych, a odniesionych do chwili obecnej** (str. 43/44),

i sugerujące, że wpływ czynników ryzyka o charakterze finansowym uwzględniany jest (winien być) w odpowiednio skalkulowanej stopie dyskontowej.

Z drugiej strony Autor zestawia w tabeli 4.1 grupę czynników ryzyka w ramach kategorii „finansowe”, wymieniając:

- brak (lub opóźnienia) zapłaty za wykonane zakresy prac,
- utratę płynności finansowej podmiotu,
- słabą kontrolę kosztów,
- wzrost cen materiałów budowlanych,
- wzrost cen nośników energii,
- wzrost cen robocizny,
- wzrost cen najmu sprzętu,
- inflację,
- wahania stóp procentowych

i poddaje te czynniki eksperckiej ocenie wpływu na wielkość odpowiadających im składników kosztów cyklu życia budynków bez jakiegokolwiek odniesienia do kwestii poziomu stopy dyskontowej.

Ponieważ przykład praktyczny (rozdział 6) nie uwzględnia żadnego z w/w czynników ryzyka (w sensie bezpośredniego przełożenia na dane finansowe), powstaje wątpliwość, czy w procesie dyskontowania w ramach analizowanego przykładu mamy do czynienia z uwzględnieniem ryzyka finansowego, czy nie.

3. Autor podkreśla na str. 120, że stopę dyskontową (realną) przyjął na podstawie wskazanych publikacji, a zawarty w niej poziom ryzyka inwestycyjnego nie wchodził w zakres Jego badań. Wobec braku stosownego komentarza, nadal otwarty pozostaje problem czynników ryzyka uwzględnionych w stopie dyskontowej (co obejmuje ryzyko, określane tym razem jako ryzyko inwestycyjne?).

Wielkość stopy dyskontowej wpływa istotnie na wyniki obliczeń, których elementem jest proces dyskontowania. Dotyczy to zatem także wyników obliczeń zestawionych w tabeli 6.3.

W nielicznych na ten temat publikacjach, przewija się konstatacja, że kalkulacja stopy dyskontowej dla potrzeb modelowania kosztów cyklu życia budynków nie może być oparta o typowe modele wykorzystujące dane z rynku kapitałowego (np. model CAPM dla kalkulacji kosztu kapitału własnego). Zauważyć należy, że w procesie dyskontowania przyszłych kosztów (np. w ramach kalkulacji kosztów cyklu życia LCC), wyższa stopa

dyskontowa prowadzi paradoksalnie do lepszego wyniku (mniejsza wartość bieżąca sumy zdyskontowanych kosztów). Rozstrzygnięcia wymaga problem, czy w ramach kalkulacji całości kosztów cyklu życia budynku WLC, obejmujących de facto także przychody, winna być stosowana identyczna stopa dyskontowa jak w przypadku kalkulacji LCC?

Jeżeli prezentowany model ma służyć do uogólnionego wnioskowania, to kalkulacja stopy dyskontowej, oparta na precyzyjnej interpretacji jej elementów, winna być jego istotnym elementem; w przeciwnym bowiem przypadku wszelkie wnioski (nawet poparte szeroką analizą wrażliwości) mogą mieć wyłącznie warunkowy charakter.

4. Autor wielokrotnie posługuje się pojęciem „transfer ryzyka”, zamieszczając jedynie na str. 53 (za publikacją [24]) sformułowanie, że jest on rozumiany jako bezpośrednie przeniesienie kosztów (w formie potencjalnej straty) związanych z zaistniałym ryzykiem na innego uczestnika przedsięwzięcia budowlanego, kontrahenta lub ubezpieczyciela.

Wydaje się, że tak kluczowe pojęcie winno być przez Autora precyzyjnie zdefiniowane w kontekście w jakim w rozprawie jest używane. Sformułowanie przytoczone powyżej ma bowiem charakter statyczny (dotyczy przeniesienia kosztów na innego uczestnika przedsięwzięcia budowlanego) i nie odzwierciedla sytuacji rozważanych przez Autora.

5. Ze wzorów 5.42÷5.44 wynika (co znajduje swe potwierdzenie po analizie przykładu praktycznego), że model kosztów cyklu życia budynków nakierowany jest na założenie, że w ramach danego scenariusza, koszty i przychody operacyjne (roczne i okresowe) traktowane są jako stałe w ujęciu realnym (ew. ulegające skokowej zmianie co określoną ilość lat). Wydaje się, że jest to niepotrzebne zawężenie modelu; koszty/przychody te mogą się bowiem zmieniać wg różnych prawidłowości, a wskazane wzory są wówczas bezużyteczne. Dla większej uniwersalności modelu można było przywołać ogólne wzory na sumy zdyskontowanych kosztów/przychodów, wskazujące nawet na możliwość uwzględnienia zmiennej stopy dyskontowej, tym bardziej, że proces obliczeniowy w obrębie rachunku dyskontowego nie nastrocza dzisiaj większego problemu.
6. Rozważane przez Autora w rozdziale 6 scenariusze oparte są na założeniu typu zakończenia cyklu życia budynku „od kołyski po grób” – scenariusze 0, 1 i 2 oraz „od kołyski do kołyski” – scenariusz 3.

Pomijając scenariusz 0, odnoszący się wyłącznie do analizy LCC (koszty cyklu życia budynku), wydaje się, że scenariusze 1 i 2 są w rzeczywistości nierealne – założona przez Autora sprzedaż mieszkań przez inwestora powoduje, że nie jest on decydem w sprawie wyburzenia budynku po 50/60 letnim okresie jego eksploatacji. Założony w ramach scenariusza 3 typ „od kołyski do kołyski” powoduje z kolei nieporównywalność z poprzednimi scenariuszami, stanowi jednocześnie podkreślenie nierealności scenariuszy 1 i 2 (przy niższych kosztach utrzymania budynku wskazuje bowiem na możliwość sprzedaży nieruchomości po 50 letnim okresie eksploatacji budynku bynajmniej nie za symboliczną kwotę).

7. Uwzględnienie ryzyka stopy dyskontowej za pomocą trójkątnej funkcji przynależności nie budzi logicznych zastrzeżeń, natomiast przyjęcie lewoskośnej funkcji przynależności klasy Γ dla kosztów rodzi logiczne wątpliwości. Wydaje się bowiem, że tego typu funkcja (oznaczająca założenie, że uczestnik przedsięwzięcia budowlanego jest w stanie zaprognozować maksymalną wartość danego parametru, którą jednocześnie obdarza największym prawdopodobieństwem) dobrze odzwierciedla charakter ryzyka w ramach prognozy przychodów, natomiast dla kosztów bardziej adekwatną byłaby funkcja prawoskośna.

4.2 Uwagi dotyczące literatury

Autor wykorzystał w pracy bardzo obszerną literaturę (ilościowo scharakteryzowaną w pkt. 1 recenzji). Cytowane publikacje autorów krajowych (polsko- jak i angielskojęzyczne) oraz autorów zagranicznych wskazują na dużą znajomość przez Doktoranta zarówno dorobku naukowego innych autorów, jak i źródeł tworzących teoretyczne tło rozprawy.

Bogata literatura z zakresu modelowania przy wykorzystaniu teorii zbiorów rozmytych, potwierdza bardzo dobre przygotowanie merytoryczne Doktoranta do budowy modeli uwzględniających ryzyko w procesie kalkulacji kosztów cyklu życia budynków, wykorzystujących ujmowanie parametrów, procedury obliczeniowe oraz wnioskowanie w sposób zaprezentowany w rozprawie.

Wykorzystane akty prawne i normatywne dotyczące obszaru związanego z tematyką rozprawy potwierdzają z kolei aplikacyjny i praktyczny wymiar celów badań i proponowanego przez Autora modelu. Przedstawiona i usystematyzowana terminologia związana z cyklem życia i kosztami cyklu życia budynków jest czytelna zarówno dla uczestników przedsięwzięć budowlanych, jak i dla analityków zajmujących się zagadnieniami optymalizacji kosztów w cyklu życia budynków.

Wydaje się, że jedynym fragmentem rozprawy, w którym wskazane byłoby sięgnięcie przez Autora do szerszych źródeł jest podrozdział 2.4.2 „*Modelowanie długości okresu eksploatacji budynku*”. Okresy trwałości budynków w podziale na ich grupy i rodzaje konstrukcji, a także problematyka zużycia (w nawiązaniu do scenariusza/typu utrzymania budynku) jest przedmiotem licznych publikacji naukowych i praktycznych. Na ich tle, przywołanie przez Autora, w odniesieniu do okresu użytkowania budynków jedynie wytycznych normowych (PN-EN 1990:2004 oraz PN-ISO 15686-1:2005) i zamieszczenie ich w tabelach 2.1 i 2.2, prezentuje się wyjątkowo skromnie.

Odnotować też należy, że Autor nie ustrzegł się (wprawdzie nielicznych) cytowań o charakterze banalnym. Przykładem jest zapis na str. 17: *Zagospodarowanie odpadów budowlanych następuje po rozbiórce budynku, która kończy jego cykl życia [59]*. Czyżby właśnie w cytowanej publikacji udowodniono taką tezę? Analogiczne spostrzeżenie nasuwa się czytając fragment tekstu na str. 120 (trzy górne wiersze).

Zrozumiałe podkreślanie przez Autora faktu sięgania do licznych publikacji nie może jednak być realizowane w sposób uproszczony i banalny.

4.3 Uwagi szczegółowe

Czytając tekst rozprawy odnosi się wrażenie bardzo dużej staranności Autora.

Poniższe uwagi dotyczą dostrzeżonych drobnych uchybień, nie wpływających na wysoką ocenę poziomu edytorskiego recenzowanego opracowania:

- str. 10, 8 wiersz od dołu: jest „częsty”, winno być „częstym”,
- str. 11, 12 wiersz od góry: jest „pkt. od 3b do 3d”, winno być „ust. od 3b do 3d”,
- str. 11, 12 wiersz od góry: jest „opisano”, winno być „dopisano”,
- str. 11, 11 wiersz od dołu: jest „publikowanych w Biurze Zamówień Publicznych”, winno być „publikowanych w Biuletynie Zamówień Publicznych”; ponadto zauważyć należy, że publikuje się *ogłoszenia o postępowaniach przetargowych*, a nie *postępowania przetargowe* (a takiego sformułowania używa Autor rozprawy),
- str. 11 i 12: redukcja powinna być wyrażona w punktach procentowych, a nie w samych %,

- str. 128, 15 wiersz od dołu; jest „*posadowionego bezpośrednio w III kategorii gruntu*”, winno być „*posadowionego bezpośrednio w gruncie III kategorii*”; analogiczna uwaga dot. tekstu na str. 129,
- str. 135, 2 wiersz od góry: jest „*funkcjach klasy Γ (rysunek 6.1.b)*”, winno być „*funkcjach klasy Γ (rysunek 6.1.c)*”.

5 PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

W oparciu o dokonaną analizę recenzowanej rozprawy doktorskiej uważam, że sformułowany przez Autora problem naukowy jest istotny i aktualny, a jego rozwiązanie z wykorzystaniem teorii zbiorów rozmytych wykazuje znamiona oryginalnego rozwiązania problemu naukowego. Zaprezentowane w rozprawie treści wskazują na szeroką wiedzę Doktoranta w zakresie zagadnień związanych z kosztami cyklu życia budynków z uwzględnieniem ryzyka, a także na umiejętność formułowania problemów naukowych i prowadzenia badań w zakresie niezbędnym do ich rozwiązywania.

W mojej opinii, opracowany przez Autora model kosztów cyklu życia budynków z uwzględnieniem ryzyka (posiadający się odrębnym modulem rozmytej oceny ryzyka w cyklu życia) umożliwia efektywne wnioskowanie w obrębie postawionych tez (tezy głównej oraz tez pomocniczych), a wątpliwości dotyczące niektórych sformułowań zawartych w tezach pomocniczych nie mają znaczenia dla generalnej, pozytywnej oceny rozprawy. Jednocześnie nadmieniam, że przedstawione (poza wątpliwościami dotyczącymi treści tez pomocniczych) uwagi krytyczne nie obniżają znacząco wartości rozprawy, natomiast tworzą, w moim przekonaniu, obszar rozważań przydatnych do ewentualnej ewolucji proponowanego przez Autora modelu.

Konstatacje te upoważniają mnie do stwierdzenia, że rozprawa doktorska mgr inż. Damiana Wieczorka pt.: „Modelowanie kosztów cyklu życia budynków z uwzględnieniem czynników ryzyka”:

1. zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego,
2. potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie naukowej budownictwo, w zakresie zagadnień związanych z kosztami cyklu życia budynków z uwzględnieniem ryzyka,
3. potwierdza umiejętność Doktoranta w zakresie samodzielnego prowadzenia pracy naukowej,

a zatem spełnia warunki określone w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789).

W związku z powyższym przedkładam Radzie Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej pt.: „Modelowanie kosztów cyklu życia budynków z uwzględnieniem czynników ryzyka”, napisanej przez mgr inż. Damiana Wieczorka oraz o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

