

Recenzja rozprawy mgr inż. Krzysztofa Zajęca
pt. „Metodyka oceny jakości krzeseł ewakuacyjnych zapewniająca
bezpieczeństwo ich użytkowania”

1 Podstawa prawna i ocena spełnienia wymagań formalnych

Bezpośrednią podstawą prawną przygotowania recenzji stanowi pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej, dr hab. inż. Marcina Butlewskiego, prof. uczelni. Pismo to informuje o powołaniu mnie, na podstawie Uchwały Rady Dyscypliny Nauk o Zarządzaniu i Jakości Politechniki Poznańskiej, na recenzenta rozprawy Pana mgr inż. Krzysztofa Zajęca pt. „Metodyka oceny jakości krzeseł ewakuacyjnych zapewniająca bezpieczeństwo ich użytkowania”, przygotowanej w trybie doktoratu wdrożeniowego, pod opieką promotora dr hab. inż. Beaty Mrugałskiej, prof. uczelni oraz promotora pomocniczego prof. dra hab. inż. Macieja Sydora. Postępowanie będzie przeprowadzone w dziedzinie nauki społecznej, dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości.

Wymagania dotyczące rozpraw doktorskich, które stanowią podstawę niniejszej recenzji, zostały określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późniejszymi zmianami, dalej: Ustawa). Zgodnie z art. 187 Ustawy, rozprawa doktorska musi spełniać określone kryteria formalne. W szczególności ust. 3 wskazuje, że rozprawa doktorska może przyjąć formę pracy pisemnej. Wraz z powiadomieniem o powołaniu mnie na recenzenta, otrzymałem wydrukowany maszynopis w języku polskim, co potwierdza spełnienie tego wymogu. Ponadto, ust. 4 art. 187 wymaga, aby praca doktorska przygotowana w języku polskim zawierała streszczenie w języku angielskim. Autor zamieścił takie streszczenie na stronie 8 swojej dysertacji, spełniając również ten wymóg formalny. W związku z tym mogę stwierdzić, że Pan mgr inż. Krzysztof Zajęca przygotował rozprawę zgodnie z wymogami formalnymi określonymi w Ustawie, a dostarczona dokumentacja jest wystarczająca do sporządzenia recenzji.

Ustępy 1 i 2 artykułu 187 Ustawy wskazują czym powinna charakteryzować się pod względem merytorycznym przedłożona praca pisemna, żeby można było uznać ją za rozprawę doktorską. Stosownie do tych zapisów, zasadniczym celem dalszych rozważań będzie odpowiedź na następujące pytania:

- Czy przedłożony maszynopis prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej?
- Czy przedmiotem rozprawy jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej.

Szczegółowa ocena przedłożonej rozprawy Pana mgr inż. Krzysztofa Zajęca znajduje się w kolejnych częściach tego opracowania.

2 Ocena metodyki realizacji pracy doktorskiej

Klarowne przedstawienie metodyki badań i jej wizualizacja w formie czytelnych schematów (Rysunki 6 i 7) stanowi istotny walor ocenianej dysertacji. Pozwala to odbiorcy, zwłaszcza recenzentowi, na szybkie odtworzenie logiki procesu badawczego oraz zrozumienie jego zakresu. Taki zabieg ułatwia śledzenie struktury pracy i koncentrację na jej kolejnych etapach przy zachowaniu pełnego obrazu całości.

Metodyka, obejmująca osiem etapów, od analizy bibliometrycznej, przez konsultacje eksperckie i symulacje w środowisku *Pathfinder*, aż po triangulację danych i wdrożenie wyników, jest poprawnie skonstruowana i adekwatna do problematyki badawczej. Na szczególną uwagę zasługuje włączenie walidacji praktycznej, co podnosi wartość aplikacyjną tego doktoratu wdrożeniowego.

Moim zdaniem, wskazane byłoby umieszczenie opisu metodyki oraz jej schematów na samym początku pracy (np. przed podrozdziałem 1.1, a nie dopiero w 1.7), tak aby poprzedzały one szczegółowe omówienie pierwszego i kolejnych etapów badań.

3 Ocena trafności wyboru problemu badawczego, jego znaczenia i oryginalności

W centrum zainteresowania autora znalazł się obszar ewakuacji wspomaganej osób ze szczególnymi potrzebami. W ramach tego obszaru, Doktorant skupił się na zastosowaniu i ocenie jakości krzeseł oraz materacy ewakuacyjnych, zarządzaniem całym procesem ewakuacji, a także kosztach cyklu życia tych rozwiązań w budynkach użyteczności publicznej. Wybór tematyki rozprawy mgr inż. Krzysztofa Zająca jest ważny społecznie i praktycznie, co jest dobrze uzasadnione we wprowadzeniu (podrozdział 1.1) zarówno danymi demograficznymi (starzenie się populacji), jak i wzrostem odsetka osób z nadwagą, różnymi niepełnosprawnościami oraz niewystarczającym poziomem dostosowania budynków. Autor dodatkowo słusznie podkreśla ważność tego zagadnienia w kontekście zagrożeń militarnych i nowego otoczenia regulacyjnego obejmującego najnowsze krajowe akty prawne, czy zalecenia organizacji międzynarodowych takich, jak północnoamerykańskie NFPA i europejską konfederację CFPA.

Oryginalność rozprawy jest znaczna, dzięki zintegrowaniu kilku zwykle funkcjonujących rozłącznie perspektyw: (1) analizy bibliometrycznej z wizualizacją klastrów tematycznych (Rysunki 4 i 5), (2) badań nad wpływem ewakuacji wspomaganej na bezpieczeństwo, komfort i koszty (niefortunnie nazwanych przez Doktoranta „*korelacją naukową*”) (3) analizy przepisów dotyczących ewakuacji, w tym kwestie odpowiedzialności i aspekty techniczne (4) eksperymentów ukierunkowanych na badanie zmiennych jakościowych sprzętu, oraz (5) symulacji ewakuacji (*Pathfinder*) oceniającej wpływ rozmieszczenia i typu urządzeń na całkowity czas ewakuacji wszystkich osób. Elementem wzmacniającym poziom oryginalności dysertacji jest niewątpliwie opracowanie autorskiej metodyki oceny jakości krzeseł.

Na poziomie teoretycznym, rozprawa wypełnia lukę badawczą poprzez ukierunkowanie na wpływ ewakuacji wspomaganej na czas całkowitej ewakuacji, bezpieczeństwo i komfort użytkowników oraz koszty zarządcy w cyklu życia. Doktorant na podstawie przeprowadzonych analiz scjento- i bibliometrycznych wprost wskazuje na brak badań uwzględniających kompleksowo wszystkie te aspekty. Wcześniejsze

prace koncentrowały się fragmentarycznie na samym zjeździe po schodach, bez ujęcia transferu, rozmieszczenia sprzętu, interakcji z ruchem pieszym i kosztów utrzymania jakości. Jest to trafne rozpoznanie i dobrze uargumentowana luka badawcza.

Podsumowując, wybrany przez autora problem badawczy jest nie tylko aktualny i trafny, ale także wyróżnia się znaczną oryginalnością i wysokim potencjałem praktycznego zastosowania.

4 Ocena określenia celów pracy i pytań badawczych

Za główny cel pracy mgr inż. Krzysztof Zajęca postawił sobie analizę, identyfikację i ocenę czynników jakościowych wpływających na bezpieczeństwo, komfort, organizację procesu ewakuacji wspomaganej oraz jakość zarządzania budynkiem. Cel ten jest wyraźnie sformułowany i logicznie wiąże trzy kluczowe perspektywy: użytkownika, operatora i zarządcę. Zaletą też jest jasne rozdzielenie dwóch celów pobocznych: (1) czynniki jakościowe dla producentów i jednostek certyfikujących oraz (2) koszty i efektywność organizacji ewakuacji dla zarządcy. Tak określone cele stanowią solidną ramę dla części badawczej i dla praktycznej implementacji, choć można mieć wątpliwość czy cel główny nie jest określony zbyt szeroko.

Zaprezentowane w dalszej części trzy główne pytania badawcze (sekcja 1.6) wraz z 11 pomocniczymi pytaniami badawczymi (PPB1-PPB11), tworzą spójny zestaw dociekań, obejmując zarówno wpływ rodzaju urządzeń na czas ewakuacji (PPB8-PPB11), jak i kwestie techniczne, wytrzymałościowe oraz procesowe (PPB1-PPB7). Przygotowanie pytań badawczych oceniam wysoko, są one konkretne, zamknięte i mierzalne (np. różnica czasu ewakuacji krzesło vs materac), co sprzyja późniejszemu zastosowaniu projektów eksperymentów i symulacji.

Za pewne niedociągnięcie uważam brak jawnie sformułowanych formalnych hipotez. Przy tak dobrze zarysowanych pytaniach badawczych, naturalne byłoby przedstawienie choćby hipotez roboczych odpowiadających np. PPB8-PPB11 wraz z określeniem zmiennych zależnych i niezależnych dla badanego efektu.

5 Ocena opisu podstaw teoretycznych i przeglądu literatury

Teoretyczne podstawy wraz z przeglądem literatury dotyczącym jakości i stanu techniki w zakresie krzeseł ewakuacyjnych zawarte zostały w rozdziale drugim pracy.

Przegląd literatury historycznej został przeprowadzony poprawnie i świadczy o wystarczającej znajomości tematu. W rozdziale tym Doktorant trafnie opisał podstawowe pojęcia i paradygmaty związane z jakością i jej zarządzaniem, odwołując się do znanych postaci i źródeł w tym obszarze takich, jak np. Deming, TQM, ISO. Te rozważania są następnie odniesione do bardzo konkretnego zastosowania, jakim są krzesła ewakuacyjne oraz ich rola w ewakuacji wspomaganej. Taka konstrukcja, od teorii zarządzania jakością, przez metody oceny jakości funkcjonalnej, aż po specyfikę rozwiązań ESTD (ang. *Emergency Stair Travel Devices*) jest logiczna i pokazuje, że ocena krzeseł nie jest doraźnym testem produktu, ale powinna być systemową oceną jakości osadzoną w uznanych modelach i normach. Dzięki temu, przedstawiony przez Doktoranta przegląd dobrze uzasadnia wagę problemu dla bezpieczeństwa ludzkiego i zgodności regulacyjnej w budynkach użyteczności publicznej.

Oryginalność przeglądu polega na scaleniu języka zarządzania jakością (wymiary jakości, jakość funkcjonalna, metody pomiaru), praktyki bezpieczeństwa pożarowego (NFPA 101, obszary pomocy ratowniczej), wiedzy ergonomicznej (transfer, stabilizacja, intuicyjność obsługi) oraz studiów przypadków odnoszących się do realnych zdarzeń i zachowań ludzi (WTC 2001, zachowania „*samoratowania*” zamiast oczekiwania na ratowników).

Autor dysertacji nie poprzestaje na opisie sprzętu, ale przenosi uwagę na czynniki jakościowe, które mają znaczenie dla operatora, użytkownika i zarządcy (np. czas lokalizacji i rozłożenia krzesła, czas transferu „na” i „z” urządzenia, wpływ na przepływ tłumu na klatce schodowej). Taki wieloperspektywiczny profil przeglądu jest wartością dodaną i zbliża go do ambitniejszej, aplikacyjnej syntezy wiedzy.

Pomimo generalnie pozytywnej oceny tej części manuskryptu, można wskazać też kilka słabości. Przykładowo, rozbudowany wstęp teoretyczny o historii i filozofii jakości, choć poprawny i osobiście dla mnie interesujący, wydaje się nadmiarowy względem potrzeb czytelnika zainteresowanego stanem techniki krzeseł ewakuacyjnych. Zajmuje znaczną objętość, a relatywnie mało wnosi do operacjonalizacji jakości wprost dla krzeseł.

Ponadto, część przeglądu opisuje typologię rynkową i cechy konstrukcyjne na przykładach konkretnych producentów (*Evac+Chair*, *EnSafe.One*), co w odbiorze naukowym rodzi pytania o neutralność. Być może lepiej byłoby oprzeć porównania na niezależnych źródłach takich, jak np. raporty testowe, a nazwy handlowe ograniczyć do aneksu lub tabeli dokumentacyjnej. Dodatkowo, omówienie i wykorzystanie metod typu FMEA (ang. *Failure Mode and Effects Analysis*) w celu syntetycznego ujęcia awaryjności, trybów uszkodzeń i błędów użytkownika w odniesieniu do klas rozwiązań stanowiłby naturalny most między teorią jakości a realnym ryzykiem operacyjnym.

Choć Doktorant nie odwołuje się wprost do wszystkich problemów badawczych, to przedstawia listę zmiennych i relacji istotnych dla dalszych badań, przykładowo: rodzaj mechanizmu ruchu (płyzy, pasy, napęd elektryczny, itp.), parametry konstrukcyjne (masa, nośność, ...), parametry użytkowania (liczba operatorów, wysiłek ...), czy wpływ na czas całkowity ewakuacji. To wartościowy wkład, bo porządkuje obszar badawczy i wskazuje krytyczne punkty decyzyjne zarządcy obiektu.

Z punktu widzenia spójności pracy doktorskiej, rozdziałowi brakuje jednak jawnych odsyłaczy do konkretnych pytań lub pomocniczych pytań badawczych (PPB). Takie zestawienie z pewnością ułatwiłoby sformułowanie formalnych hipotez badawczych, które później można by weryfikować eksperymentalnie lub symulacyjnie.

Mimo zasygnalizowanych sugestii, ta część pracy stanowi mocny i solidny fundament dla dalszych rozważań Autora pracy.

6 Ocena badań własnych Doktoranta

Badania własne Autora rozprawy zostały oparte o zróżnicowane metody badawcze obejmujące: analizę bibliometryczną, obserwacje materiałów wideo, ankietę ekspercką, badania eksperymentalne w budynkach połączone z wywiadami uczestników, testy jakościowe i funkcjonalne oraz symulacje ewakuacji w środowisku *Pathfinder*. Taka sekwencja, od rozpoznania i operacjonalizacji, przez pomiary rzeczywiste i wirtualne symulacje pozwala na dokładną i wnikliwą analizę badanego zagadnienia, w szczególności jego aspektów praktycznych.

6.1 Analiza stanu wiedzy i identyfikacja nowych czynników jakościowych

Doktorant tę część nazywa „*analizą bibliometryczną*”, choć biorąc pod uwagę treść przedstawionych rozważań, które odnoszą się do zawartości merytorycznej źródeł literaturowych i różnych norm, bardziej adekwatnym byłoby wyrażenie „*analiza stanu wiedzy*”. Pojęcie to zresztą pojawia się w opisie działań w tym obszarze. Autor rozprawy poprzez analizę dostępnych standardów i regulacji prawych, wykorzystując wyniki analizy scjento- i bibliometrycznej oraz wspierając się interdyscyplinarnym podejściu *Human-System Integration*, określił nowe czynniki jakościowe w badanym kontekście. W szczególności wyróżnił: dopuszczalne obciążenie dynamiczne, funkcjonalność ewakuacyjną, maksymalny zasięg zjazdu, nieinwazyjność środowiskową, trwałość eksploatacyjną, wytrzymałość statyczną, zasięg w systemie mieszanym dla krzesła z napędem elektrycznym. Całość analizy i uzyskane rezultaty oceniam pozytywnie. Wyniki te są wyjątkowo ważne z praktycznego punktu widzenia i rozszerzają istniejącą wiedzę w badanym obszarze.

6.2 Obserwacje materiałów wideo

Pomimo wyraźnego wskazania tej metody badawczej na stronie 67 dysertacji, w dalszej części manuskryptu brakuje szczegółowych informacji dotyczących sposobu, zakresu oraz rezultatów przeprowadzonej analizy. W celu zapewnienia transparentności badawczej niezbędne byłoby wskazanie konkretnych źródeł wraz z danymi identyfikacyjnymi. Pozwoliłoby to ocenić, które aspekty analizowanych materiałów i w jakim stopniu wpłynęły na proces wyciągania wniosków oraz dalsze etapy postępowania badawczego.

W celu odtworzenia przebiegu tego procesu analizy należałoby podać (1) kryteria selekcji konkretnych materiałów wideo oraz ich pełnego wykazu, (2) wskazać czy analiza miała charakter jakościowy (np. analiza treści), czy ilościowy, wyjaśnić jak dane pozyskane z wideo mają się do wyników otrzymanymi za pomocą pozostałych metod.

6.3 Ankieta ekspercka

Ankieta ta miała na celu określenie które z nowo zidentyfikowanych przez Autora czynników jakościowych są najważniejsze. Wybór czterech grup eksperckich (specjaliści ds. dostępności architektonicznej, użytkownicy i zarządcy oraz przedstawiciele pionów produkcji, jakości, sprzedaży i marketingu) zasługuje na uznanie ze względu na swój przekrojowy charakter. Takie podejście w sposób uzasadniony tłumaczy naturalne rozbieżności w ocenach, wynikające z różnych perspektyw zawodowych. Pozytywnie należy ocenić samą próbę autorskiego sformalizowania hierarchizacji nowo zidentyfikowanych czynników oraz weryfikację spójności opinii za pomocą współczynnika konkordancji Kendalla ($W = 0,351$). Choć uzyskany wynik wskazuje na umiarkowaną zgodność, stanowi on wiarygodne odzwierciedlenie wieloaspektowości badanego tematu.

Mimo tych merytorycznych zalet, procedura badawcza budzi pewne zastrzeżenia metodologiczne. Zastosowana metoda wymuszonej rangi (wartości 1-7) sprzyja losowej dystrybucji niepewności, a niska liczebność próby ($n = 12$) ogranicza siłę wnioskowania statystycznego. Niedopatrzeniem jest też brak

precyzyjnego raportowania. W tekście zadeklarowano istotność statystyczną współczynnika W , jednak nie podano wartości testowej ani poziomu p . Ponadto w procesie analizy zabrakło weryfikacji zgodności między poszczególnymi grupami.

Wątpliwość budzi również celowość tworzenia własnego narzędzia oceny w sytuacji, gdy Autor mógł skorzystać z ugruntowanych metod wielokryterialnych, takich jak AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*) czy klasyczna metoda Delphi.

6.4 Operacjonalizacja nowych czynników jakościowych

W podrozdziale 3.2.1.2, Autor podjął się próby operacjonalizacji nowo zidentyfikowanych czynników jakościowych krzesła ewakuacyjnego, takich jak: dopuszczalne obciążenie dynamiczne (DOD), wytrzymałość statyczna oraz „*funkcjonalność ewakuacyjna*”. Ta część moim zdaniem stanowi znaczący wkład teoretyczny i praktyczny Doktoranta w badanym obszarze.

Wyprowadzenie wartości dopuszczalnego obciążenia dynamicznego (DOD = 160 kg) oraz wytrzymałości (260 kg) na podstawie zestawienia norm PN-EN 1865-1/4 oraz ANSI/RESNA jest w pełni logiczne. Takie podejście znacząco poprawia klarowność komunikacji na linii producent-użytkownik. Na aprobatę zasługuje również odejście od wyłącznie krótkotrwałych badań obciążeniowych na rzecz długodystansowych testów dynamicznych (obejmujących od 10 do 100 kondygnacji), co znacznie lepiej oddaje realne warunki eksploatacji sprzętu.

W odniesieniu do „funkcjonalności ewakuacyjnej” należy docenić próbę ujęcia parametrów stabilności, wygody oraz zajętości drogi w formie punktowej metryki (strona 121). Aby jednak propozycja ta mogła stać się pełnoprawnym narzędziem decyzyjnym, niezbędna jest jej dalsza walidacja. Wymagałoby to między innymi precyzyjnego wyznaczenia wag dla poszczególnych wskaźników oraz wykazania korelacji uzyskanych punktów z mierzalnymi rezultatami (np. odsetkiem błędów podczas transferu, liczbą korekt ustawienia sprzętu czy częstością występowania incydentów). Bez tych uzupełnień zaproponowana skala pozostaje obiecującą, lecz wciąż wstępną koncepcją metodologiczną.

6.5 Badania eksperymentalne w budynkach

Na Rysunku 7 (strona 28) punkt 6. metodyki badawczej określono jako: „*Badania właściwe – pełny eksperyment 7 czynników jakościowych*”. Takie sformułowanie sugeruje zastosowanie formalnego podejścia do generowania wiedzy z wykorzystaniem rygorystycznej procedury eksperymentalnej. Wrażenie to podtrzymują zapisy w podrozdziale 3.1 (strona 67), gdzie Autor wymienia „*eksperyment*” jako jedną z kluczowych metod badawczych, oraz schemat blokowy na Rysunku 21 (strona 105), wskazujący na „*eksperymenty w warunkach rzeczywistych*”.

W rzeczywistości przedstawiony proces nie wypełnia znamion pełnoprawnego badania eksperymentalnego, które obejmowałoby analizę siedmiu zmiennych niezależnych w relacji do zmiennych zależnych (np. różnych aspektów czasowych ewakuacji). Zamiast tego, w podrozdziale 3.2.2.2 Autor doprecyzowuje, że celem była estymacja czasu trwania poszczególnych etapów ewakuacji wspomaganej (przyjętych z literatury) w ramach „*testów rzeczywistych*”.

Nawet w tak zawężonym zakresie trudno mówić o rygorze eksperymentu naukowego ze względu na bardzo ograniczoną próbę badawczą (dwóch operatorów, jeden manekin o masie 80 kg, pusty bieg klatki schodowej). Brak randomizacji, powtarzalnych replikacji oraz dywersyfikacji profilu operatorów (pod kątem płci, wzrostu czy siły fizycznej) ogranicza wiarygodność danych i uniemożliwia uogólnianie uzyskanych rezultatów. Wartości czasowe należy zatem traktować jedynie jako „poglądowe”, co Autor słusznie sygnalizuje na stronie 124 dysertacji.

W rozprawie doktorskiej oczekiwać można byłoby zaprojektowania planu czynnikowego (np. pełnego lub częściowego) z jednoczesnym kontrolowaniem zmiennych środowiskowych (nachylenie schodów, rodzaj poręczy, oświetlenie, ...) wraz z raportowaniem rozkładów i istotności różnic przy użyciu metod statystyki wnioskującej (np. ANOVA lub modele mieszane GLMM). Pozwoliłoby to na wyodrębnienie efektu sprzętu od wpływu operatora, geometrii klatki schodowej czy innych zidentyfikowanych czynników.

Mimo powyższych zastrzeżeń metodologicznych, do atutów tej części badań należy zaliczyć udaną próbę dekompozycji procesu ewakuacji na mierzalne etapy (rozłożenie sprzętu, transfer, przejazd pionowy i poziomy). Uzyskane czasy (np. 15s na odcinki 20m w poziomie czy różnica w zjeździe z 11 kondygnacji: 190s dla krzesła vs 150s dla materaca) stanowią przydatną bazę do dalszego modelowania inżynierskiego. Cenną wartością o charakterze jakościowym są również zebrane uwagi uczestników badania, zestawione w Tabeli 5, które mogą służyć jako istotne wskazówki dla praktyków.

6.6 Testy jakościowe i funkcjonalne

Podrozdział 2.3.2 zawiera autorskie badania dotyczące kluczowych parametrów jakościowych krzeseł ewakuacyjnych. W mojej ocenie ta część dysertacji jest najcenniejsza z praktycznego punktu widzenia, gdyż dostarcza unikalnych danych empirycznych, których brakuje zarówno w literaturze przedmiotu, jak i w ogólnodostępnych materiałach producentów. Na uznanie zasługuje systematyczność i konsekwencja w realizacji testów. Objęły one trzy modele urządzeń (po trzy próby na każdy wariant) i zostały rzetelnie udokumentowane poprzez monitoring temperatury płóz, precyzyjne pomiary zużycia pasów oraz dokumentację fotograficzną.

Wyniki badań niosą ze sobą poważne implikacje dla niezawodności systemów oraz analizy kosztów cyklu życia. Wykazały one awarie dwóch popularnych modeli po pokonaniu od 70 do 98 kondygnacji w zestawieniu z bezawaryjną pracą trzeciego wariantu na dystansie 300 pięter. Niestety, mimo wysokiej wartości merytorycznej, należy wskazać na istotne ryzyko wystąpienia stronniczości. Testy zostały przeprowadzone w obiekcie tej samej firmy, która jest producentem najlepszego w testach modelu „C” *EnSafe.One (Robin 2.0)*.

Przedstawione rezultaty stanowią jednak bardzo dobrą bazę do dalszych prac badawczych. Wskazane byłoby podjęcie próby replikacji wyników w niezależnym ośrodku, przy pełnym ujednoliceniu powierzchni oraz geometrii schodów. Przyszłe analizy powinny zostać rozszerzone o większą liczbę producentów oraz bardziej zaawansowany aparat statystyczny, obejmujący raportowanie

pełnego przebiegu zużycia, np. poprzez wyznaczenie krzywych degradacji, obliczenie odchyłeń standardowych oraz przeprowadzenie testów istotności dla wykazanych różnic.

6.7 Symulacje komputerowe

W celu przeprowadzenia symulacji komputerowych Doktorant wykorzystał oprogramowanie *Pathfinder*, które stanowi uznane narzędzie w dziedzinie modelowania procesów ewakuacji. Niewątpliwą zaletą pracy jest przygotowanie szczegółowego modelu 11-kondygnacyjnego obiektu, który wiernie odzwierciedla wymiary rzeczywistego budynku, w którym przeprowadzono wcześniejsze badania eksperymentalne. Na podkreślenie zasługuje również uwzględnienie realnych gabarytów wyposażenia, takich jak krzesła i materace ewakuacyjne, co znacząco podnosi realizm środowiska symulacyjnego.

Wybrane środowisko pozwala na precyzyjne zdefiniowanie parametrów determinujących przebieg ewakuacji, w tym: dystansu społecznego (ang. *comfort distance*), czasu przyspieszenia, czasu utrzymywania decyzji (ang. *persist time*) oraz współczynnika spowolnienia. Prawidłowa kalibracja tych zmiennych jest kluczowa dla wiarygodności otrzymanych wyników. Należy jednak zaznaczyć, że Autor wprost wskazuje na brak zwalidowanych modeli krzeseł czy materacy w systemie *Pathfinder*, przez co przyjęte parametry mają charakter jedynie przybliżony. Jest to uczciwe zastrzeżenie metodologiczne, które jednak nakazuje traktować uzyskane rezultaty z dużą ostrożnością.

Dodatkowo na uwagę zasługuje znaczna liczba przeanalizowanych scenariuszy ewakuacyjnych. Odnotowuję jednak brak szerszego uzasadnienia kryteriów ich doboru. W pracy brakuje również krytycznego odniesienia do literatury przedmiotu i próby porównania przyjętych parametrów oraz wybranych scenariuszy z wynikami badań innych autorów lub powszechnie stosowanymi praktykami inżynierskimi.

W tego typu analizach symulacyjnych standardem jest przeprowadzanie analizy wrażliwości (ang. *sensitivity analysis*), która pozwala określić wpływ zmian parametrów początkowych na uzyskiwane rezultaty. Jestem przekonany, że uzupełnienie dysertacji o taką analizę znacząco podniosłoby jej jakość naukową oraz zwiększyło wartość praktyczną przeprowadzonych badań.

6.8 Wdrożenie ewakuacji wspomaganej

W podrozdziale 3.2.4 mgr inż. Krzysztof Zając uzupełnił swoje rozważania o aspekty praktyczne związane z odpowiednim przygotowaniem budynku do działań ewakuacyjnych. Autor słusznie zwrócił uwagę na kwestie zaopatrzenia w sprzęt (zarówno w kontekście jego doboru, jak i niezbędnej ilości), szkolenia operatorów oraz koszty eksploatacji i utrzymania zakupionych urządzeń. Cennym uzupełnieniem tej części pracy jest propozycja przykładowej mapy rozmieszczenia sprzętu w obiekcie.

Wszystkie te informacje stanowią niewątpliwie użyteczne wytyczne dla zarządców budynków. Zastrzeżenie budzi jednak wyraźna koncentracja Autora na ofercie i cennikach tylko jednego dostawcy, co może nasuwać wątpliwości co do zachowania zasady neutralności technologicznej i rynkowej. Bardziej wskazane

byłoby przedstawienie wariantów kosztowych kilku producentów. Przeprowadzenie analizy porównawczej różnych rozwiązań dostępnych na rynku nie tylko podniosłoby walor naukowy dysertacji, ale przede wszystkim posiadałoby większy potencjał wspomagający procesy decyzyjne zarządców.

7 Ocena zaproponowanej metodyki

W rozdziale czwartym manuskryptu, Doktorant przedstawia kompleksową, opracowaną przez siebie metodykę badawczą oceny jakości krzeseł ewakuacyjnych. Jest to prawdopodobnie pierwsza tego typu na świecie próba usystematyzowania procesu weryfikacji sprzętu do ewakuacji osób ze szczególnymi potrzebami.

Całość metodyki jest zaprezentowana w formie spójnego diagramu, składającego się z pięciu części (Rysunki 58-62) pokazującego wszystkie kolejne kroki procesu oceny. To systematyczne podejście do oceny jakości krzeseł ewakuacyjnych oparte jest na analizie norm, literatury naukowej oraz wynikach badań własnych. Proces ten charakteryzuje się logiczną strukturą, która rozpoczyna się od zdefiniowania założeń wejściowych i celów badania, obejmujących zarówno potrzeby użytkowników, jak i wymagania jednostek certyfikujących. Istotnym elementem wstępnym jest weryfikacja dostępnej dokumentacji technicznej, instrukcji oraz materiałów instruktażowych, co pozwala na stworzenie szczegółowego opisu wyrobu jeszcze przed przystąpieniem do testów fizycznych.

Metodyka wprowadza zaawansowany protokół pomiarowy skoncentrowany na nowych czynnikach jakościowych zidentyfikowanych i opisanych wcześniej w manuskrypcie Doktoranta. Autor proponuje rygorystyczne testy wytrzymałościowe, w tym badanie obciążeniem statycznym o masie 260 kg oraz długodystansowe próby dynamiczne z manekinem o masie 80 kg, obejmujące zjazd przez 300 kondygnacji w celu oceny trwałości eksploatacyjnej układów jezdnych. Weryfikacja obejmuje również aspekty funkcjonalne, takie jak stabilność sprzętu na posadzce, łatwość transferu osoby ewakuowanej oraz subiektywne poczucie bezpieczeństwa, oceniane w systemie punktowym.

Nowatorskim elementem podejścia jest uwzględnienie nieinwazyjności środowiskowej poprzez testy na różnych nawierzchniach schodów, co pozwala ocenić ryzyko uszkodzenia infrastruktury budynku. Całość procesu zamyka kompleksowa analiza ekonomiczna uwzględniająca koszty w całym cyklu życia produktu, od zakupu i szkoleń po konserwację i ewentualne naprawy. Tak skonstruowana metodyka umożliwia interesariuszom wybór sprzętu o najniższym koszcie eksploatacji, a nie tylko najniższej cenie zakupu, co w połączeniu z rzetelnymi danymi technicznymi znacząco podnosi standardy zarządzania ewakuacją osób ze szczególnymi potrzebami.

Ogólnie metodyka jest dobrze skomponowana na poziomie ramowym, lecz wymaga istotnego uszczegółowienia i wzmocnienia rygoru: jawnych hipotez, planu eksperymentalnego, parametrów symulacji, metod statystycznych oraz zasad etyki i bezpieczeństwa. Takie uzupełnienia uczynią z proponowanej metodyki nie tylko wartościową propozycję aplikacyjną, ale również pełnoprawną kontrybucję naukową.

8 Ocena dyskusji i podsumowania

Podsumowanie trafnie przypomina kontekst demograficzny i regulacyjny oraz wskazuje realną lukę w literaturze i praktyce. Wartością streszczenia jest podkreślenie, że

opracowana metodyka została ukierunkowana na perspektywy wszystkich kluczowych interesariuszy (osoba ewakuowana, operator/ratownik, producent, zarządca, organy certyfikujące), a uzyskane wyniki mogą zasilić procedury ewakuacji wspomaganej. W tej części narracja jest klarowna i dobrze osadzona w treści badań przedstawionych wcześniej w pracy.

Rozdział sensownie porządkuje nową taksonomię czynników jakościowych, wiążąc je z trzema osiami: bezpieczeństwo, funkcjonalność/komfort oraz koszty użytkowania, a następnie wskazuje zestawy testów (eksperymentalnych i symulacyjnych), które posłużyły walidacji tych czynników.

Część poświęcona odpowiedziom na trzy pytania badawcze jest spójna z wcześniejszymi rozdziałami i czytelnie podkreśla najważniejsze ustalenia. Syntezę tę oceniam jako trafną, z zastrzeżeniem merytorycznych uwag związanych z korespondującymi częściami dysertacji.

Opis kosztów jest konkretny i pomocny decyzyjnie, ale w podsumowaniu warto byłoby wskazać, że to przedziały zależne od producenta, trwałości podzespołów i intensywności użytkowania. Takie doprecyzowanie wzmocniłoby użyteczność tej części dla zarządców.

Sekcja wdrożeniowa jest silnym punktem podsumowania: pokazuje realny wpływ metodyki na praktykę (modyfikacje konstrukcyjne, metodyka badań pasów jezdnych, implementacja w systemie jakości ISO, rekomendacje dla szkoleń operatorów, skrócenie czasu weryfikacji rozwiązań). Jednocześnie ekspozycja jednego środowiska wdrożeniowego (*EnSafe*) i deklaracje przewagi konkurencyjnej wymagają wskazania na konieczność niezależnej replikacji badań w zewnętrznym ośrodku.

Zaprezentowane kierunki dalszych badań są rzeczowe i trafnie koncentrują się na tym, co rzeczywiście jest kluczowe w czasie ewakuacji. Z perspektywy podsumowania można byłoby dopisać analizę ograniczeń uzyskanych rezultatów i proponowanych koncepcji, aby wprost zakomunikować czytelnikowi, gdzie wyniki i wnioski mają najwyższą pewność, a gdzie wymagają jeszcze dalszej weryfikacji i walidacji.

Generalnie, rozdział w czytelny sposób kondensuje dorobek pracy i konsekwentnie kieruje uwagę na aspekty praktyczne, co jest spójne z wdrożeniowym charakterem dysertacji: rozmieszczenie sprzętu, krytyczność transferu, trwałość układu jezdnego oraz wpływ liczby operatorów na czas całkowity. Jego mocną stroną są konkretne efekty wdrożeniowe i ujęcie perspektyw interesariuszy.

9 Ocena aspektów formalnych dysertacji

9.1 Ocena układu rozprawy

Dysertacja Pana mgr inż. Krzysztofa Zająca liczy 229 stron maszynopisu i obejmuje klasyczne elementy, takie jak streszczenia w języku polskim i angielskim, pięć zasadniczych rozdziałów, bibliografię oraz załącznik zawierający wizualizacje przeprowadzonych symulacji w środowisku *Pathfinder*.

Struktura pracy jest zasadniczo logiczna, jednak w pewnych aspektach można było zwiększyć jej przejrzystość. W spisie treści zwraca uwagę fakt, że rezultaty badań własnych zawarte w podrozdziale 3.2 obejmują aż 110 stron (od s. 69 do 179), bez uwzględnienia w strukturze spisu podziału na mniejsze sekcje. Choć

w samej treści pracy podrozdział ten posiada podsekcje (nawet do piątego poziomu zagłębienia, np. sekcja 3.2.2.3.1 na stronie 128), brak ich odzwierciedlenia w spisie treści znacząco utrudnia czytelnikowi nawigację po tej kluczowej części rozprawy.

Ponadto, wzorem innych prac naukowych, w ocenianej dysertacji zasadne byłoby wyraźniejsze oddzielenie dyskusji wyników od pozostałych opisów – zarówno na poziomie badań eksperymentalnych i symulacyjnych, jak i w skali całej pracy. Obecnie elementy typowe dla dyskusji naukowej (np. wskazanie kierunków przyszłych badań) Autor umieścił w rozdziale podsumowującym, co zaciiera standardowy podział strukturalny rozprawy doktorskiej.

9.2 Ocena poprawności redakcyjnej

Manuskrypt został przygotowany przez mgr inż. Krzysztofa Zająca poprawnie pod względem redakcyjnym. Doktorant wykazał się znajomością zasad edytorskich, co jest widoczne m.in. w rzetelnym opisie tabel i rysunków oraz prawidłowym odwoływaniu się do nich w treści pracy.

Pomimo generalnie pozytywnej oceny warstwy edytorskiej, w tekście można zauważyć pewne niedociągnięcia i braki w konsekwencji. Zastrzeżenia można mieć do niespójności w cytowaniu aktów prawnych czy norm, gdzie Autor stosuje zamiennie przypisy dolne oraz format APA. Brak ujednolicenia widoczny jest również w bibliografii, w której opisy aktów prawnych raz zaczynają się od sygnatury Dziennika Ustaw, a innym razem od nazwy własnej dokumentu. Dodatkowo w przypadku wielokrotnego przywoływania publikacji zwartych, m.in. prac Deminga z 2013 i 2018 roku, Autor nie podaje konkretnych numerów stron, co jest wskazane w kontekście precyzji cytowań naukowych.

Dodawanie frazy „dostępne na” przed identyfikatorami DOI (ang. *Digital Object Identifier*) w spisie literatury jest zbędne i może wprowadzać w błąd. Identyfikator DOI pełni funkcję stałego odsyłacza, który jedynie przekierowuje użytkownika do serwera wydawcy, gdzie faktycznie zdeponowane są pliki danej publikacji.

9.3 Ocena języka i stylu

Praca została napisana w sposób komunikatywny i poprawny pod względem językowym. Miejscami pojawiają się jednak drobne błędy, które wymagają korekty, na przykład:

- | | |
|-------------|--|
| Strona 25: | brak przecinka po słowie „analiza” w zdaniu: „Nadrzędnym celem pracy była analiza _ _ identyfikacja i ocena czynników jakościowych...”. |
| Strona 128: | brak przyimka „w” w zdaniu: „Wyniki przedstawiane są _ _ postaci animacji 3D, co umożliwia...”. |
| Strona 168: | błąd ortograficzny (końcówka fleksyjna) w zdaniu: „Ważnym jest, aby została ujęta w procesie zarządzania jakościom , była precyzyjnie przygotowana...”. |

Sporadyczne usterki stylistyczne i niedociągnięcia gramatyczne mają charakter drugoplanowy i nie zakłócają ogólnego odbioru prezentowanych treści.

9.4 Ocena wykazu pozycji literaturowych

Doktorant wykorzystał znaczącą i adekwatną liczbę pozycji literaturowych, obejmującą 200 publikacji. Wśród nich znajdują się artykuły z prestiżowych periodyków naukowych, monografie, materiały konferencyjne oraz różnego rodzaju akty prawne i normy. Dobór źródeł uważam za trafny i stanowi on solidny fundament teoretyczny dla przeprowadzonych wywodów. Świadczy to o dogłębnej znajomości tematyki badawczej oraz wysokim poziomie przygotowania merytorycznego Autora.

10 Podsumowanie oceny i konkluzja

Tematyka niniejszej rozprawy bez wątpienia wpisuje się w obszar nauk o zarządzaniu i jakości, ze szczególnym uwzględnieniem ergonomii, zarządzania bezpieczeństwem oraz zarządzania jakością produktów i procesów. Recenzowana praca doktorska stanowi wartościowe studium teoretyczno-empiryczne. Autor nie tylko trafnie zidentyfikował lukę badawczą w postaci braku obiektywnych standardów oceny jakości krzeseł ewakuacyjnych, ale skutecznie ją wypełnił, udzielając odpowiedzi na postawione pytania badawcze oraz proponując autorską metodykę oceny jakości.

Praca posiada znaczny walor użytkowy, co w pełni koresponduje z jej wdrożeniowym charakterem. Uzyskane wyniki mogą bezpośrednio posłużyć do modyfikacji specyfikacji istotnych warunków zamówienia w procedurach przetargowych, co realnie przełoży się na podniesienie standardów bezpieczeństwa osób ze szczególnymi potrzebami. Wnioski dotyczące trwałości eksploatacyjnej sprzętu oraz ergonomii pracy operatorów zostały poparte rzetelnym materiałem dowodowym zgromadzonym w toku badań własnych.

Mimo wskazanych w recenzji wątpliwości oraz niedoskonałości metodycznych, ogólna ocena rozprawy doktorskiej przygotowanej przez Pana mgr inż. Krzysztofa Zająca jest jednoznacznie pozytywna. W konsekwencji stwierdzam, że przedłożona praca spełnia wszystkie wymagania ustawowe niezbędne do nadania stopnia naukowego doktora. Doktorant wykazał się pogłębioną znajomością podejmowanej tematyki, umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz oryginalnością w podejściu do rozwiązania złożonego problemu badawczego i zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej.

W związku z powyższym, wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr inż. Krzysztofa Zająca do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk społecznych, w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości.

Rafał Michalski