

Dr. hab. inż. Jarosław Wąs, prof. AGH

Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej

Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisław Staszica w Krakowie

## Recenzja rozprawy doktorskiej

Pod tytułem „Optymalizacja systemu ewakuacji z budynków użyteczności publicznej w warunkach zagrożenia pożarowego” autorstwa mgr inż. Marcina Ciska, opracowana na podstawie umowy o dzieło nr GF-1131/0035/2019/UDZO

### 1. Tematyka rozprawy

Tematyka rozprawy doktorskiej Mgr inż. Marcina Ciska, dotycząca problematyki ewakuacji z budynków użyteczności publicznej w sytuacjach zagrożenie pożarowego, ma duże znaczenie poznawcze oraz aplikacyjne, gdyż jest bezpośrednio związana z problematyką bezpiecznego projektowania i użytkowania budynków, co wiąże się ściśle z dyscypliną budownictwo.

Głównym problem naukowym pracy jest rozważenie, w jaki sposób możliwa jest optymalizacja systemu ewakuacji ludzi w budynkach w przypadku wystąpienia pożaru. W pracy dokonano analizy innych prac prowadzonych w świecie w tym zakresie między innymi przez zespół brytyjski z Uniwersytetu Greenwich, którym kieruje prof. Ed Galea, konsorcjum eVACUATE oraz inne. Problem badawczy został prawidłowo podzielony na szereg zagadnień szczegółowych między innymi dotyczących uregulowań prawnych definiujących warunki ewakuacji, rozróżnienie pomiędzy stosowaniem przepisów nakazowych, a podejściem funkcjonalnym, ocenie skuteczności i bezpieczeństwa ewakuacji, wiarygodności metod komputerowych modelowania ewakuacji itd..

Generalnie praca w sposób prawidłowy odnosi się do aktualnego stanu wiedzy, proponując jednocześnie oryginalne rozwiązanie dostosowane do polskich przepisów bezpiecznego projektowania budynków z odniesieniem się do wielu zapisów i praktyk z norm zagranicznych, które odpowiadają rozwojowi wiedzy technicznej. Sformułowanie odpowiednich funkcji celu w zagadnieniu optymalizacji świadczy o dobrej podbudowie metodologicznej pracy.

W mojej ocenie temat pracy poprawnie koresponduje z zawartymi treściami, gdyż praca poświęcona jest właśnie optymalizacji systemu ewakuacji. Autor rozprawy koncentruje się właśnie na budynkach użyteczności publicznej i zagadnieniach zagrożenia pożarowego.

### 2. Charakterystyka rozprawy

Praca doktorska mgr inż. Marcina Ciska składa się ze wstępu, pięciu rozdziałów, podsumowania oraz bibliografii. Całość pracy zajmuje 183 strony wraz z bibliografią oraz spisami rysunków i tabel.

W rozdziale wstępnym zarysowano tematykę bezpieczeństwa budynków użyteczności publicznej pod kątem ochrony przeciwpożarowej. We wstępie wskazano między innymi na kwestię odstępstw od przepisów budowlanych, i przekształceniom rynku budowlanego. Pierwszy rozdział pracy zatytułowany „Przedmiot, cel i zakres pracy” poświęcony jest określeniu celów ogólnych i szczegółowych pracy, wskazaniu problemu naukowego oraz metodyce pracy z uwzględnieniem: badań literaturowych, badań symulacyjnych oraz syntezy. W mojej ocenie stanowi on interesujące wprowadzenie do tematyki rozprawy.

Drugi rozdział zatytułowany „*Uwarunkowania formalno-prawne procesu ewakuacji*” poświęcony jest ukazaniu tła historycznego dla rozwoju przepisów, opisanie stadium przypadków konkretnych zdarzeń, pożarów, które doprowadziły do powstania różnych uregulowań prawnych. W dalszej części rozdziału przedstawiono wymagania formalne w zakresie ewakuacji z uwzględnieniem szczegółowych definicji. Przedstawiono w tym rozdziale również kwestie odstępstw od przepisów. W mojej ocenie rozdział ten jest istotny z punktu widzenia osadzenia tematyki pracy w praktyce.

Kolejny rozdział zatytułowany „*Bezpieczeństwo ewakuacji, jako cel projektowania funkcjonalnego*” poświęcony jest między innymi procedurom oceny poziomu bezpieczeństwa w obiekcie. Następnie omówiono kryterium czasu ewakuacji i sposobów jego wyznaczenia, między innymi poddano dyskusji pojęcia dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji oraz wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji. Przedyskutowano również zagadnienia związane z zachowaniem się ludzi w trakcie ewakuacji. Należy docenić zamieszczoną w rozprawie dyskusję zagadnienia projektowania funkcjonalnego, które staje się obecnie istotnym podejściem w zakresie projektowania pod kątem bezpieczeństwa przeciwpożarowego.

Czwarty rozdział zatytułowany „*Narzędzia modelowania procesu ewakuacji*” poświęcony jest omówieniu narzędzi informatycznych wspierających proces obliczania czasów ewakuacji i symulujących przemieszczanie się osób ewakuowanych, a także narzędzi opisujących rozprzestrzenianie się dymu i ognia. Wśród narzędzi do ewakuacji omówiono Building Exodus, Pathfinder oraz Shepherd, natomiast w ramach narzędzi CFD uwagę poświęcono programowi FDS rozwijanemu przez NIST. Przedstawiony wybór narzędzi jest dosyć skromny, jednak Autor skupił się na rozwiązaniach najczęściej wykorzystywanych w praktyce projektowej, stąd uznaję przedstawiony opis za wystarczający.

Piąty rozdział zatytułowany „*Optymalizacja systemu ewakuacji*” jest poświęcony poszczególnym aspektom zidentyfikowanym przez Autora, które dotyczą poszukiwania optymalnych rozwiązań w zakresie ewakuacji. W szczególności omówiono rozwiązania techniczne optymalizacji systemu ewakuacji, poprawę procedur związanych z ewakuacją oraz wpływ czynników ludzkich. W rozdziale tym przedstawiono kompleksową koncepcję dynamicznego systemu kierowania ewakuacją. W dalszej części rozdziału zdefiniowano zadanie optymalizacyjne – funkcję celu i zaproponowano metodę tworzenia grafu do reprezentacji ścieżek ewakuacyjnych. Następnie uwagę poświęcono różnym wskaźnikom, oceniającym jakość ewakuacji. W rozdziale tym przedstawiono również szereg eksperymentów symulacyjnych dla różnych obiektów i różnego rozmieszczenia osób. Rozdział ten jest bardzo obszerny, gdyż opisuje zarówno koncepcję optymalizacji, jak i omawia szereg przeprowadzonych eksperymentów. Jest to kluczowy rozdział pracy.

Ostatni z rozdziałów stanowi podsumowanie odnoszące się do uzyskanych wyników, a także możliwości praktycznego zastosowania systemów dynamicznej ewakuacji i zastosowania optymalizacji ewakuacji. Odniesiono się do realizacji celów ogólnych i szczegółowych pracy, które zostały osiągnięte.

W mojej ocenie układ redakcyjny pracy jest poprawny. Kolejność rozdziałów oraz ich tytuły są prawidłowe. Autor posługuje się poprawną terminologią w zakresie zagadnienia ewakuacji oraz powiązanych uwarunkowań prawnych.

Należy stwierdzić, że oceniana praca jest napisana poprawnym językiem, chociaż zidentyfikowano kilka błędów, skomentowanych w następnym rozdziale recenzji. Bibliografia jest generalnie aktualna, chociaż w niektórych punktach widoczne jest, że praca postawała na przestrzeni kilku lat. Odwołania do pozycji literaturowych są prawidłowe.

Tytuły i kolejność rozdziałów jest również prawidłowa, treść rozdziałów odpowiada, w mojej ocenie, wymaganiom stawianym dla prac doktorskich.

### 3. Uwagi ogólne i szczegółowe

Jak to zostało napisane wcześniej, praca została generalnie napisana poprawnym językiem. W pracy znalazłem jednak kilka stylistycznych błędów językowych na przykład niepoprawne stylistycznie zdania: str. 45, str. 48 czy str.166. W rozprawie dostrzegłem również kilka błędów interpunkcyjnych odnoszących się głównie do konstrukcji, tak zwanych, zdań wtrąconych (str. 4, str. 12, str. 13, str. 16 itd.).

Nie są to jednakże błędy liczne czy wpływające negatywnie na percepcję zawartości merytorycznej pracy.

W pracy zidentyfikowałem pewne nieścisłości przykładowo Autor na stronie 13 pisze, że Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju zostało przekształcone w Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju, tymczasem w rzeczywistości część kompetencji Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju związanych z budownictwem i mieszkalnictwa zostało przekazanych do Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju, zaś cały proces podziału różnych kompetencji pomiędzy poszczególnymi Ministerstwami był bardziej złożony.

Kolejnym przykładem nieścisłości: to fakt, że na stronie 38 pracy Autor błędnie odnosi się w tekście do tabeli 8 zamiast do 6, gdyż omawiana jest kwestia długości dojazdów ewakuacyjnych.

Opisane powyżej niewielkie błędy czy nieścisłości nie wpływają jednak na mój bardzo pozytywny odbiór ocenianej pracy doktorskiej.

Jeżeli chodzi o uwagi polemiczne dotyczące strony merytorycznej pracy:

- W pracy na stronie 125 (i kolejnych) przedstawiono szereg różnych wskaźników oceniających ewakuację. Ponieważ różne wskaźniki mogą zostać wykorzystane, jako kryteria optymalizacji wielokryterialnej. Autor proszony jest o odniesienie się do zagadnienia korelacji pomiędzy omawianymi wskaźnikami, to znaczy, które z podanych wskaźników czy patrząc szerzej kryteriów optymalizacji są, zdaniem Autora, bardziej lub mniej ściśle, powiązane ze sobą.
- Na stronie 117 rozprawy przedstawiono funkcję celu dotyczącą wybranego planu ewakuacji. W punkcie tym warto byłoby przedstawić inne wskaźniki, które mogłyby być szacowane za pomocą konkretnych metod optymalizacji wielokryterialnej.

Zagadnienia te zostały omówione w pracy nie znalazły jednak jakiegokolwiek odniesienia w zapisie formalnym funkcji.

- Moim zdaniem na szerszą dyskusję zasługuje kwestia zaufania użytkowników do proponowanego systemu dynamicznej ewakuacji. Bardzo dobrze, że Autor odnosi się do kwestii posłuszeństwa użytkowników względem wytycznych ewakuacji, natomiast szerszego spojrzenia wymaga jednak kwestia zaufania osób ewakuowanych do proponowanych rozwiązań.
- W pracy odniesiono się w kilku przypadkach do ewakuacji sekwencyjnej. Zasadniczo wprowadzanie takich rozwiązań może być dobrym pomysłem, niestety jego realizacja w praktyce wymaga bardzo dobrego przepływu danych i koordynacji pomiędzy osobami/systemami kierującymi taką ewakuacją. Autor jest proszony o przeprowadzenie (szerszej) dyskusji tego typu ewakuacji pod kątem czynników ryzyka.

#### **4. Ocena osiągnięć zawartych w rozprawie**

Problem naukowy określony w rozprawie doktorskiej polegający na zbadaniu możliwości optymalizacji systemu ewakuacji ludzi przebywających w budynkach użyteczności publicznej w przypadku wystąpienia pożaru został określony prawidłowo. Zagadnienie to stanowi obecnie wyzwanie dla wielu zespołów badawczych zajmujących się tematyką bezpieczeństwa przeciwpożarowego w świecie.

W mojej ocenie zaproponowany sposób rozwiązania w postaci dynamicznego integratora dynamicznego systemu kierowania ewakuacją stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego pracy. Tematyka ta jest przedmiotem zainteresowania wielu podmiotów, jednakże Autorowi rozprawy, poprzez zastosowanie specyficznej metodologii badawczej polegającej m.in. na poprawnym użyciu wielu dobrej klasy narzędzi informatycznych i dobrym opisanie zagadnienia ze strony teoretycznej, udało się stworzyć rozwiązanie o dużym potencjale wdrożeniowym.

Na uwagę zasługuje oprócz opisanie rozwiązania teoretycznego, szereg przedstawionych eksperymentów, które obejmują problematykę różnego rozmieszczenia osób w analizowanych obiektach.

W mojej ocenie główny cel pracy poprzez określenie systemu dynamicznej ewakuacji oraz określenie obszaru jego stosowalności został osiągnięty, a zarówno przedstawioną analizę teoretyczną i praktyczną problematyki dynamicznej ewakuacji, uznaję za aktualną i wartościową. W mojej opinii praca spełnia, z nadstatkiem, wymagania stawiane pracom doktorskim.

#### **5. Wniosek końcowy**

Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wskazuje na wysoki poziom wiedzy teoretycznej Kandydata z dyscypliny budownictwo. A także na umiejętność prowadzenia pracy naukowej przez Kandydata.

Przedstawiona praca doktorska spełnia w pełni wymagania artykułu 13 ustęp 1 ustawy z dnia 14 marca o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i może być dopuszczona do publicznej obrony.

*Jarosław Wg*