

Gliwice, dnia 5 września 2023

dr hab. inż. arch. Michał SITEK, prof. PŚ
michal.sitek@polsl.pl
Politechnika Śląska
Wydział Architektury,
Katedra Projektowania i Badań Jakościowych w Architekturze
ul. Akademicka 7, 44-100 Gliwice

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. arch. Michała Jarzyna
pt. „Zastosowanie technologii BIM w zarządzaniu budynkiem z wykorzystaniem
autorskiego narzędzia do optymalizacji pokonywanej drogi w obiekcie”
wykonana na zlecenie Rady ds. Stopni Naukowych PŁ w dyscyplinach Inżynieria Lądowa,
Geodezja i Transport, Architektura i Urbanistyka,
Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Politechniki Łódzkiej**

Promotor: dr hab. inż. arch. Anetta Kępczyńska-Walczak, prof. uczelni

Podstawę formalną opracowania stanowi pismo Prodziekana ds. studenckich Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Politechniki Łódzkiej, dr hab. inż. Piotra Ostrowskiego, prof. uczelni, z dnia 29 czerwca 2023 r. Podstawę merytoryczną stanowi załączona praca doktorska.

Tematyka i zawartość pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została napisana pod opieką naukową dr hab. inż. arch. Anetty Kępczyńskiej-Walczak, prof. uczelni na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Politechniki Łódzkiej. Podjęta w rozprawie tematyka dotyczy możliwości wykorzystania cyfrowej reprezentacji obiektu w postaci modelu BIM do zarządzania obiektem - Facility Management (FM), w szczególności w trakcie konserwacji obiektu prowadzonej w celu utrzymania i poprawienia trwałości oraz użyteczności architektury. Rozprawa liczy 186 numerowanych stron, w tym 152 strony tekstu podstawowego, wyposażonego w liczne ilustracje (84) oraz tabele (24), spis treści, bibliografię, spis rysunków i tabel, wykaz stosowanych skrótów, streszczenia w języku polskim i angielskim, słowa kluczowe oraz załącznik będący podręcznikiem użytkownika autorskiej aplikacji IFCscout.

Głównym celem postawionym przez Autora w pracy jest opracowanie nowego narzędzia w postaci programu komputerowego, wspomagającego zarządzanie budynkiem, którego zadaniem jest wspieranie użytkowników w poruszaniu się po budynku za pomocą mapy z najkrótszą drogą wytyczoną pomiędzy wybranymi punktami. Pomimo, że praca dotyczy doświadczeń zrealizowanych na wytypowanych rzutach obiektów akademickich to można ją rozszerzyć na inne obiekty posiadające reprezentacje w postaci dokumentacji BIM. Praca składa się z pięciu rozdziałów. Rozdział I zawiera cel i zakres pracy, nakreślenie problemu

badawczego i tezę pracy, opis zastosowanej metodologii oraz opis struktury pracy. W rozdziale II przedstawiony został stan badań w zakresie wybranych elementów zarządzania budynkami. Poddano analizie kto może zajmować się zarządzaniem nieruchomością, jakimi narzędziami się posługuje, jakimi zadaniami się zajmuje, jak również jakie organizuje działania odbywające się wokół i w budynku, w kontekście zapewnienia jego prawidłowego funkcjonowania. Autor dokonał analiz udziału sprawnego systemu komunikacji i odnajdywania drogi w obiekcie jako jednej ze składowych, która pozytywnie wpływa na funkcjonowanie całości obiektu. Poddane zostały również analizie narzędzia do wpływania na komunikację w budynku – od projektu, przez mapy i elementy graficzne. Przedstawione zostały także przykłady uczelni wyższych, jako dużych jednostek organizacyjnych w kontekście nawigacji i odnajdywania drogi w obrębie kampusu z wykorzystaniem dostępnych planów. Rozważając optymalizację zarządzania budynkiem, omówiono zjawisko outsourcingu prac oraz możliwego wykorzystania modelowania informacji o budynku we wsparciu zadań powierzanych zewnętrznym podmiotom. Rozdział III przedstawia stan wiedzy na temat modelowania informacji o budynku. Przedstawiono ideę BIM wraz z jej głównymi założeniami, terminologią (LOD i 3D-7D) oraz perspektywami optymalizacji kosztów w cyklu życia budynku. Prześledzono ewolucję BIM zarówno z perspektywy tworzonych narzędzi, jak i realiów formalno-prawnych. Wyróżniono najważniejszy nośnik informacji BIM jakim jest otwarty format IFC. Autor poddał analizie wybrane narzędzia do tworzenia modeli oraz te służące do wspierania działań zarządczych w całym cyklu życia budynku, w tym do tworzenia map budynków. Wskazując na duży potencjał wsparcia FM przy pomocy cyfrowych modeli budynków podkreślone zostało znaczenie outsourcingu i dostęp użytkowników obiektu do informacji zapisanej w dokumentacji BIM. W wyniku przeprowadzonych badań autor wskazał na istniejącą niszę w dostępnych rozwiązaniach programistycznych służących do przygotowywania materiałów graficznych zawierających wytyczoną najkrótszą trasę w budynku. Oprogramowanie takie, z wykorzystaniem modelu BIM w formacie IFC, mogłoby zdaniem Autora zostać wykorzystane do tworzenia bardziej kompleksowych opisów zleceń outsourcingowych. Badania własne Autora i eksperymenty zostały opisane w rozdziale IV. Objęły one stan wiedzy w zakresie symulacji ruchu i zachowań ludzi w przestrzeni miejskiej i w budynkach oraz relacji pomiędzy danymi zapisanymi w postaci plików IFC, a oceną standardów opisywanych w literaturze jako LOS. Autor obszernie przedstawił zrealizowane eksperymenty wykorzystujące Dynamo w celu porównania metod symulacyjnych w celu porównania ich efektywności. Analizując uzyskane dane opracowane zostały – szkielet programu napisanego w Python'ie, testy opracowanego narzędzia oraz wyznaczone potencjalne zastosowania oraz wskazówki dotyczące dalszych badań i możliwości rozszerzenia funkcjonalności. Dysertację zamyka rozdział V podsumowujący przeprowadzone badania oraz praktyczne prace eksperymentalne. Ich ocenę w kontekście rozwoju wiedzy i możliwości rozwoju zaproponowanego narzędzia. W końcowej części ujęta została także zastosowana terminologia i definicje pojęć, spis literatury, ilustracji i tabel oraz instrukcja użytkownika autorskiej aplikacji – IFCscout.

Ocena merytoryczna pracy

1. Wybór tematyki badawczej

Podjęty przez Autora temat jest ważny ze względu na rosnące znacznie umiejętności przetwarzania informacji w sposób zorientowany na końcowego użytkownika. Dotyczy to również dyscypliny architektura i urbanistyka, w której warsztat pracy wymaga coraz częściej

sięgania po narzędzia informatyczne i umiejętności programistycznych. Skryptowanie staje się koniecznością w pracy osób pragnących efektywnie realizować zadania im powierzone, wykorzystując optymalnie dostępne dane. Dostęp do informacji z powodu jej ilości często staje się barierą. Tylko dzięki umiejętności zdawania właściwych pytań – pisania skryptów, możliwe jest skuteczne i obniżające ryzyko błędu odnajdywanie właściwych zbiorów danych potrzebnych do rozwiązania problemu o charakterze projektowym lub eksperymentalnym. Praca ma znamiona unikalnego opracowania. Autor wykazał się znajomością aktualnych problemów związanych z transferem danych w postaci otwartych formatów zapisu informacji wspierających technologię BIM. Jest to kluczowe dla rozwoju usług w zakresie kompleksowego projektowania i udostępniania wirtualnego bliźniaka budynku. Eksploatacja i utrzymanie obiektu może być realizowane w sposób optymalizowany w oparciu o rzetelne informacje na temat jego stanu w czasie całego okresu życia, od budowy i zasiedlenia, przez eksploatację po rozbiórkę. W realiach rynkowych zarządcy obiektów muszą dysponować skutecznymi narzędziami do realizacji powierzonych im zadań. Aby konkurować i skutecznie świadczyć usługi potrzebne są nowoczesne metody wspierania procesów obsługowych i tylko krótki czas reakcji daje gwarancje ekonomicznego sukcesu. Dlatego ważne jest zarządzanie czasem i standardem świadczonych usług w budynku.

Programowanie architektury wydaje się nienaturalne w kontraście do działań o charakterze kreatywnym i artystycznym, będącym wartością nadrzędną w wiekach poprzedzających rewolucję informatyczną. Dzieła jakimi jest dobra architektura i urbanistyka traktowane są z szacunkiem należnym dziełom sztuki. Jednak są to również technologie, procesy, ekonomika i wszystkie te elementy które kryją się za „fasadami i w czeluściach”. Dla użytkowników przestrzeni zbudowanej największym problemem czasów, w których przyszło nam żyć jest dotarcie do poszukiwanego miejsca w zaplanowanym czasie. Dla wielu użytkowników poruszających się pierwszy raz w nieznanym obiekcie wyzwaniem jest odszukanie drogi. Wayfinding to rozległa dyscyplina wiedzy teoretycznej i doświadczeń praktycznych bazujących na badaniach dotyczących percepcji otoczenia przez ludzi poszukujących wskazówek umożliwiających łatwe i skuteczne dotarcie do celu. Dlatego coraz większą wartość mają narzędzia wspomagające odnajdywanie drogi. Technologia AR dostępna z wykorzystaniem urządzeń mobilnych umożliwia nawigowanie w bardzo złożonych strukturach obiektów terminali lotniczych największych portów lotniczych świata ułatwiając odnajdywanie poszukiwanych miejsc usług lub przestrzeni procesowania pasażerów. Dobre oprogramowanie, aplikacja na telefon pozwalają ułatwić i zoptymalizować czas odnalezienia i dojście do wyznaczonego celu. I takie rozwiązanie proponuje w pracy Autor prezentując rozwojową wersję autorskiej aplikacji.

2. Przyjęta teza i metodologia pracy

Autor przyjął w swojej dysertacji następującą tezę: „ *Możliwe jest opracowanie narzędzia w postaci programu komputerowego, który będzie w stanie wykorzystać cyfrową reprezentację budynku w postaci modelu BIM zapisaną w tekstowym formacie IFC i przetworzyć te dane w celu wskazania najkrótszej drogi pomiędzy wybranymi punktami wyznaczonymi przez użytkownika.*”

Cel naukowy pracy ma charakter praktyczny i jest nim opracowanie narzędzia komputerowego, które będzie w stanie wykorzystać cyfrową reprezentację budynku w postaci modelu BIM zapisaną w tekstowym formacie IFC (ang. Industry FoundationClass) i przetworzyć te dane zgodnie z wyborem użytkownika w celu wskazania najkrótszej drogi pomiędzy wybranymi punktami. Praca jest próbą przeanalizowania w jaki sposób dostępność oprogramowania symulacyjnego IFCscout pozytywnie wpływa na optymalizację procesów związanych z zarządzaniem budynkiem poprzez możliwość optymalizacji drogi dojścia pomiędzy wskazanymi punktami na rzucie budynku.

Aby osiągnąć przedstawione cele zostały podjęte następujące działania:

- wyznaczenie głównych obszarów badań (modelowanie informacji o budynku oraz zarządzanie budynkiem) i zbadanie ich współzależności z architekturą oraz potencjalnymi funkcjonalnościami projektowanego narzędzia (rozdział 1);
- dokonanie przeglądu literatury dotyczącej wpływu zarządzania budynkiem na jego prawidłowe funkcjonowanie poprzez wydajną organizację procesów związanych z codziennym użytkowaniem i utrzymaniem budynku, w tym poprzez możliwe strategie zlecania wydzielonych prac innym podmiotom (rozdział 2);
- opisanie założeń BIM i narzędzi służących do tworzenia modeli oraz formatu IFC, dokonanie przeglądu literatury na temat wykorzystania modeli BIM we wszystkich etapach życia budynku (rozdział 3);
- zbadanie różnych aspektów wykorzystania modelu BIM do przygotowywania zleceń serwisowych (rozdział 3);
- dokonanie przeglądu literatury na temat technik ułatwiających wyznaczanie tras i nawigację w budynkach z użyciem modeli BIM (rozdział 4);
- opracowanie narzędzia badawczego za pomocą programowania wizualnego i przeprowadzenie badań nad metodami wyznaczania najkrótszej trasy w budynku oraz wybór optymalnej metody (rozdział 4);
- przetworzenie wyników badań i opracowanie docelowego narzędzia do wyznaczania najkrótszej trasy (rozdział 4);
- przeprowadzenie badań doświadczalnych weryfikujących prawidłowość funkcjonowania narzędzia (rozdział 4);
- podsumowanie uzyskanych wyników oraz przedstawienie możliwości rozwoju stworzonego narzędzia (rozdział 5).

3. Wartość naukowa pracy

Za najważniejsze osiągnięcia i wyniki pracy świadczące o jej wartości naukowej uznać można:

- ocenę przydatności wybranych technik analizy drogi dojścia w symulacji komputerowej ze wskazaniem optymalnej metody, do realizacji zamierzenia jakim było zaimplementowanie jej w rozwiązaniu programistycznym,
- opracowanie autorskiego narzędzia, interaktywnej metody badawczej umożliwiającej tworzenie dowolnych rozwiązań opisujących najkrótszą drogę dojścia pomiędzy wyznaczonymi punktami w oparciu o dane dowolnego rzutu budynku zapisanego w postaci pliku IFC,
- wskazanie perspektyw rozwoju opracowanego narzędzia - aplikacji.

4. Uwagi ogólne

4.1. Analiza stanu badań

Wstępem do badań była analiza zagadnień związanych z dostępem do danych zapisanych w dokumentacji BIM budynków, ich analiza na poziomie plików IFC i wyłonienie cech przestrzeni umożliwiających identyfikację elementów decydujących o możliwości przemieszczania się w obrębie kondygnacji w celu przejścia pomiędzy dwoma wyznaczonymi lokalizacjami. Zrealizowane przez Autora badania zostały opracowane w oparciu o znane w literaturze analizy przestrzeni w poszukiwaniu najkrótszej drogi. Wybrane zostały:

- metoda macierzowa w wyznaczaniu najkrótszej trasy,
- metoda widoczności w wyznaczaniu najkrótszej trasy.

W pierwszej fazie prac, w celu porównania opisanych powyżej metod analizy, zrealizowano eksperymenty z wykorzystaniem skryptu przygotowanego w DYNAMO. Zdaniem autora recenzji ich wybór został prawidłowo uargumentowany jako racjonalny i dający możliwość zaimplementowania w przygotowywanej aplikacji. Decyzje podjęte na podstawie badań literaturowych zostały poparte odwołaniami do źródeł wiedzy. Należy uznać opracowany stan wiedzy na podstawie wyboru pozycji bibliograficznych za syntetyczny. Autor wykazał się aktualną wiedzą i zdolnością do formułowania wniosków.

4.2. Ocena proponowanej metody badawczej

W przedstawionej pracy cel jest ukierunkowany głównie na opracowanie narzędzia wspomagającego pracę zarządcy budynku. Przyjęta metodologia w pracy nie budzi zastrzeżeń. W mojej opinii przedstawiona prezentacja wyników jednoznacznie udowodniła poprawność przyjętych założeń do realizacji eksperymentów wykonanych z użyciem skryptu Dynamo i umożliwiła racjonalny wybór metody analizy czasu i długości drogi dojścia, wskazując metodę widoczności jako optymalną do dalszych prac nad aplikacją. Na podstawie wniosków z badań wstępnych opracowane zostały dane wejściowe i metody ich przetwarzania, co pozwoliło skonstruować Autorowi szkielet programu pisanego w Python'ie i dobrać niezbędne biblioteki w celu skompilowania wykonywalnego zbioru *.exe. Tak przygotowane narzędzie przeszło kolejną serię testów w celu wyeliminowania lub zmniejszenia możliwości wystąpienia błędów. Rezultatem zrealizowanych prac jest precyzyjny opis przebiegu procesu badawczego oraz etapów przekształcania narzędzia. Sposób prezentacji i opisu wszystkich etapów pracy stanowi o jej wartości naukowej. Jest on czytelny i nie budzi wątpliwości. Nie umniejszając uzyskanym efektom pracy przy ocenie merytorycznej przedstawionego narzędzia powstaje kilka zasadniczych pytań:

- Czy aplikacja nie powinna zostać napisana, skompilowana na urządzenia mobilne pracujące z wykorzystaniem systemów takich jak Android lub IOS?
- Jaki nakład prac jest konieczny, aby aplikacja umożliwiła wykonanie optymalizacji drogi pomiędzy punktami znajdującymi się na różnych kondygnacjach budynku?
- Czy prace nad aplikacją będą kontynuowane i czy istnieje szansa na jej komercjalizację?

4.3. Uwagi dotyczące uzyskanych wyników badań i oryginalność rozprawy

Uzyskane wyniki udowodniły poprawność przyjętych w pracy założeń i pozwoliły zrealizować przyjęty cel. Uważam, że zrealizowane prace zostały wykonane rzetelnie i wykraczają poza wiedzę z zakresu dyscypliny. W czasie zmian związanych z rozwojem technik pracy

wspomaganych machine learning i AI, niezbędne jest rozszerzenie umiejętności i kompetencji środowiska projektantów, co umożliwi realizację projektów o bardzo wysokim stopniu komplikacji zoptymalizowanych w zakresie wcześniej nie dostępnym. W mojej opinii przedstawione w pracy treści mają oryginalny charakter i świadczą o szerokich zainteresowaniach Autora technologiami informatycznymi, które są cenione w realizacji złożonych projektów architektonicznych i urbanistycznych.

5. Struktura i układ pracy

Ogólny układ treści zawartych w pracy oceniam jako bardzo logiczny i konsekwentny względem założonego celu. Praca podzielona na pięć części została najbardziej rozbudowana w części czwartej zawierającej opis zrealizowanych prób porównawczych i zawiera 53 rysunki przedstawiające uzyskane wyniki. Jest to najważniejsza część opracowania. Jednak moim zdaniem zaproponowane przez Autora w podrozdziale 4.8 wskazania dalszych kierunków badań oraz możliwych ulepszeń aplikacji mogłyby zostać rozszerzone.

6. Uwagi końcowe

Autor wykazała się bardzo twórczym i kreatywnym podejściem badawczym. Przedstawiona praca jest ważnym głosem w kształtowaniu świadomości architektów i zarządców nieruchomości w zakresie optymalizacji jakości przestrzeni z uwzględnieniem drogi dojścia pomiędzy przestrzeniami w trakcie realizacji wszystkich kluczowych dla budynku zadań. Dotyczy to także czynności obsługowych i serwisowych. Opracowana metoda badań zaprezentowana przez Autora stanowi ważny wkład w badania jakościowe pozwalające na formułowanie rekomendacji projektowych w zakresie zmian lokalizacji funkcji z uwzględnieniem sąsiedztwa jak i optymalizacji drogi dojścia pomiędzy wybranymi punktami obiektu. Ponadto Autor wykazała się dużą znajomością przedmiotu badań. Pragnę podkreślić ogrom prac i wiedzy wykraczającej poza dyscyplinę architektury potrzebnej do zrealizowania celu, jakim było napisanie oprogramowania, przedstawionego w pracy.

Podsumowując, stwierdzić należy, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. arch. Michała Jarzyny pt. „Zastosowanie technologii BIM w zarządzaniu budynkiem z wykorzystaniem autorskiego narzędzia do optymalizacji pokonywanej drogi w obiekcie” opracowana pod kierunkiem dr hab. inż. arch. Anetty Kępczyńskiej-Walczak, prof. uczelni stanowi twórczy wkład do nauki w dyscyplinie architektura i urbanistyka. Jest ona oryginalnym dziełem naukowym dzięki opracowanej metodologii i uzyskanym wynikom badań. Praca świadczy o opanowaniu warsztatu badawczego oraz o umiejętności zastosowania oryginalnych technik badawczych. Spełnia zatem wymogi stawiane pracom doktorskim z dziedziny nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie naukowej architektura i urbanistyka zgodnie z wymogami ustawy. Wnoszę zatem o dopuszczenie jej do publicznej obrony i wnioskuje o jej wyróżnienie zgodnie z postanowieniami nagradzania prac doktorskich przyjętego w Politechnice Łódzkiej.

Gliwice, 5.09.2023 r.

