



Białystok, 01.08.2023

dr hab. inż. arch. Aleksander Asanowicz, prof. PB
Wydział Architektury
Politechniki Białostockiej

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

pt. „Zastosowanie technologii BIM w zarządzaniu budynkiem z wykorzystaniem autorskiego narzędzia do optymalizacji pokonywanej drogi w obiekcie” autorstwa mgr. inż. arch. Michała Jarzyny, promotorem której była dr hab. inż. arch. Anetta Kępczyńska-Walczak, prof. uczelni.

Podstawą recenzji jest Uchwała Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej z dnia 29.06.2023r.

Zgodnie z Ustawą z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669), art.14 ust. 1 pkt 1, ust. 2 pkt 2 ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) oraz Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. poz. 261), celem niniejszej recenzji jest stwierdzenie czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej, a także umiejętność prowadzenia pracy naukowej.

Do recenzji przedłożono dysertację o objętości 186 stron, składającą się z pięciu rozdziałów: Wprowadzenie, Zarządzanie budynkiem, Modelowanie informacji o budynku (BIM), Cyfrowe narzędzie do optymalizacji pokonywanej drogi, Podsumowanie i wnioski. Ponadto dysertacja zawiera streszczenie w języku angielskim i polskim, wykaz stosowanych skrótów, bibliografię liczącą 204 pozycje i opracowaną w stylu IEEE, spis ilustracji (84 pozycje), spis tabel (24 pozycje), załącznik zawierający Podręcznik użytkownika IFCscout.

Wstęp

Pracę poświęconą zastosowaniu narzędzi cyfrowych w zarządzaniu obiektem rozpoczyna interesujące i nieco zaskakujące odwołanie się do Witruwiusza. Doktorant poprzez odwołanie się do triady witruwiańskiej definiuje tematykę pracy doktorskiej, łączącej w sobie „trwałość” i „użyteczność”. Przy czym użyteczność według Doktoranta obejmuje również „zapewnienie możliwości intuicyjnego poruszania się po budynku, czyli celowego,

kierowanego i motywowanego działania, obejmującego ruch użytkownika i podejmowanie przez niego decyzji podczas rozważania dostępnych opcji bez dawania użytkownikowi poczucia dezorientacji". (s. 1) Nie sposób się z tym stwierdzeniem nie zgodzić szczególnie w przypadku obiektów o znacznej skali i skomplikowaniu funkcjonalnym. Przyjmując zaproponowany przez Doktoranta punkt widzenia należy zaakceptować użyteczność zamierzenia badawczego.

Recenzja dysertacji

Rozdział pierwszy – „Wprowadzenie” jest skonstruowany w sposób klasyczny i zawiera opis i wyjaśnienie znaczenia problemu, prezentuje tezę pracy, cele badawcze, opis metod badawczych oraz jej strukturę. Wszystkie te części są ze sobą logicznie powiązane i dobrze przedstawiają ogólne założenia rozprawy.

Formułując tytuł rozprawy Doktorant zawarł w nim cztery tematy stanowiące jej główne części: BIM, czyli modelowanie informacji o budynku; zarządzanie budynkiem; cyfrowe narzędzie tworzone w ramach dysertacji oraz optymalizację użyteczności, rozumianą jako optymalne pokonywanie drogi w obiekcie. Graficznie zależności między elementami przedstawiono na rys. 1.1. Następnie omówiony został zarówno każdy element składowy, jak i ich części wspólne, takie jak: BIM i Architektura; Architektura i Zarządzanie oraz obszary wspólne wyższego rzędu – Architektura, BIM, Zarządzanie; BIM, Narzędzie, Zarządzanie; Architektura, BIM, Narzędzie. Każde z tych omówień zawiera w sobie odniesienia do poszczególnych części rozprawy doktorskiej. Taki sposób prezentacji ułatwia percepcję całości.

Omawiając motywy tak zdefiniowanego tematu Doktorant zwraca uwagę na zwykle pomijany w procesie projektowania problem nie uwzględniania w systemie komunikacji osób zajmujących się konserwacją obiektu. Jak słusznie zauważa: „Odnalezienie się w miejscach publicznych, takich jak lotniska, szpitale, firmy czy budynki uniwersyteckie może być trudne i stresogenne nie tylko dla użytkowników budynków, ale także dla osób zajmujących się ich konserwacją.” (s. 6)

Konstatując zupełnie słusznie, że „planowanie ścieżki w środowisku wewnętrznym może stać się złożonym problemem, prowadzącym do intrygujących problemów badawczych” (s. 6) Doktorant przywołuje interesujące badania Siegla i Whitea, opisujące proces „uczenia się budynku” przez osoby rzadko w nim przebywające. Zwraca uwagę na konieczność opracowania metod zwiększających efektywność poruszania się po budynku. Bardzo często poruszanie się osób odwiedzających budynek po raz pierwszy jest całkowicie nielogiczne z ich punktu widzenia, chociaż całkowicie logiczne dla jego stałych użytkowników. Jednym z powodów występowania takiego zjawiska jest to, że dobrze rozwiązana funkcja obiektu jest odbiciem procesów funkcjonalno-technologicznych, a nie procesów konserwacji.

Doktorant stwierdza, że pojawienie się nowych narzędzi (BIM) przyniosło możliwość optymalizacji procesów poruszania się po budynku. W tym celu podejmuje badanie wspólnych mianowników pomiędzy „humanistycznym aspektem architektury w postaci ergonomii jej użytkowania a aspektem technicznym w postaci organizacji ciągów komunikacyjnych warunkujących poruszanie się po budynku”. (s. 7) Badania te mają doprowadzić do osiągnięcia głównego praktycznego celu naukowego jakim jest „opracowanie narzędzia komputerowego, które będzie w stanie wykorzystać cyfrową reprezentację budynku w postaci modelu BIM zapisaną w formacie IFC”. (s. 7) To właśnie stanowi o oryginalności podejścia do rozwiązania problemu. Proponowany system

powinien działać bez konieczności posiadania specjalistycznego komercyjnego oprogramowania i przedstawiać informacje w formie graficznej.

Dla osiągnięcia zaplanowanego celu Doktorant definiuje dziewięć działań i przypisuje je do kolejnych części rozprawy doktorskiej. Działanie pierwsze – wyznaczenie głównych obszarów badań – referowane jest w Rozdziale 1. Działanie drugie – przegląd literatury – Rozdział 2. Działanie trzecie – BIM, narzędzia do tworzenia modeli i format IFC oraz działanie czwarte - BIM w zleceniach serwisowych przedstawione zostały w Rozdziale 3. Działania od piątego do dziewiątego, koncentrujące się na opracowaniu narzędzia, zawarte są w Rozdziale 4. Rozdział 5, tożsamy z działaniem dziesiątym, zawiera podsumowanie i przedstawienie możliwości rozwoju narzędzia. Przedstawione działania i odpowiadające im rozdziały tworzą logiczną i spójną strukturę rozprawy i mają w rezultacie potwierdzić główną 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.” (s. 9) Udowodnienie tezy wymaga przeprowadzenia zarówno badań analitycznych, które doprecyzują tematykę badań eksperymentalnych, którym z kolei powinny towarzyszyć testy stworzonego oprogramowania.

Omówiona struktura rozprawy doktorskiej jest logiczna i nie budzi żadnych zastrzeżeń.

Rozdział drugi – „Zarządzanie budynkiem” jest niejako wprowadzeniem do dalszych badań, jako że wyjaśnia znaczenie systemu odnajdywania drogi w procesie zarządzania budynkiem. Doktorant przedstawia szereg korzyści z wprowadzenia systemu poruszania się po budynku. Co wydaje się ważne, są to nie tylko korzyści ekonomiczne, ale również w znacznym stopniu humanistyczne, takie jak na przykład zmniejszenie stresu i frustracji wśród odwiedzających.

Doktorant przedstawia również interesujący schemat skali działań związanych z zarządzaniem obiektem (Rys. 2.2 na str. 15) oraz skomplikowanie systemu sprawnego poruszania się po obiekcie (Rys. 2.3 na str. 16). Znaczenie takiego systemu nie budzi wątpliwości. Determinuje to konieczność włączenia narzędzi informatycznych. Proces ten jest jednakże utrudniony przez fragmentację informacji i nieadekwatne procedury w sektorze budowlanym. (s. 18)

Doktorant, bazując na danych z portalu administrator24.info, wymienia najlepsze dedykowane programy wspomagające pracę zarządcy obiektu. Spośród 13 wymienionych, omawia i prezentuje graficznie dwa: GRAMT i TelekomBud. Nie wyjaśnia przy tym, jakie były kryteria wyboru tych dwóch programów. Stwierdza jedynie, że charakteryzują się one bardzo rozbudowanymi funkcjonalnościami. Wydaje się, że należałoby poświęcić więcej uwagi omawianym aplikacjom. Nieco bardziej szczegółowo prezentowany jest program QRmaint, dedykowany węższemu zakresowi zadań w postaci przyjmowania i obsługi zgłoszeń. (s. 20) W tym przypadku również nie zostały określone kryteria wyboru.

Podsumowując powyższy bardzo lapidarny przegląd aplikacji Doktorant stwierdza, że nie znajdujemy wśród nich funkcjonalności samodzielnie przetwarzającej i wykorzystującej informacje zawarte w plikach z rysunkami technicznymi. (s. 22) Tak jak poprzednio, nie przedstawia danych na poparcie swojej tezy. Co prawda potwierdzeniem pośrednim mogą być dane badań, przeprowadzonych w USA w 2002 roku, przez Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii. Badania te wykazały nieefektywność wynikającą z

niewystarczającej interoperacyjności, czyli polegania na systemach zarządzania informacjami opartych na dokumentach papierowych, ręcznym jej wprowadzaniu oraz powielaniu zadań administracji. (s. 22) Potwierdza to konieczność posiadania przez właściciela budynku informacji, które mogły by być wykorzystywane bez potrzeby ich dodatkowego przetwarzania.

Rozważania teoretyczne uzupełnia podrozdział 2.3 „Zarządzanie budynkami oraz nawigacja przestrzenna na przykładzie uczelni wyższej”, w którym omawiane jest między innymi zarządzanie obiektami Politechniki Łódzkiej (brak zdygitalizowanej dokumentacji budowlanej), AGH, Politechniki Wrocławskiej i Politechniki Warszawskiej (systemy informacji przestrzennej w formie geoportali). Przytoczone przykłady ukazują duży potencjał w ulepszeniu nawigacji po kampusie, co byłoby korzystne dla podmiotów zaangażowanych w utrzymanie kampusu.

Recenzowany Rozdział 2 zawiera ważne dla badań informacje, związane z rolą komunikacji (przemieszczania się) w obiekcie. Jednocześnie zauważyć możemy pewne braki, jak na przykład zbyt lakoniczne potraktowanie problemu outsourcingu prac związanych z zarządzaniem budynkiem. Chociaż trzeba przyznać, że do tego aspektu Doktorant odwołuje się również w dalszej części dysertacji. Jednakże recenzent uważa, że aspekt ten nie został w dostatecznym stopniu rozwinięty.

Kolejny element składowy dysertacji – BIM – jest rozpatrywany w Rozdziale 3 – „Modelowanie informacji o budynku”. Rozdział rozpoczyna omówienie historii BIM, od programu Sketchpad, poprzez BDS Eastmana, a na współczesnym programie REVIT kończąc. Jest to prezentacja, przedstawiająca kluczowe etapy powstawania technologii BIM. Doktorant słusznie zauważa, że dopiero wiek XXI przyniósł przyspieszenie w tej dziedzinie. Przełom wieków przyniósł też opracowanie nowego formatu plików (IFC), umożliwiającego przepływ danych między platformami. Format ten umożliwia realizację naukowego zamierzenia, będącego tematem recenzowanej pracy doktorskiej. Doktorant słusznie zauważa, że nie należy koncentrować się jedynie na oprogramowaniu, a trzeba zwrócić większą uwagę na przepływ informacji oraz jej racjonalne wykorzystanie. Rozwiązaniem problemu może być możliwość korzystania ze stworzonego modelu w trakcie użytkowania budynku. Jak pisze Doktorant: „Powykonawczy model budynku jest źródłem wielu informacji, które są niezbędne podczas bieżącej konserwacji i modernizacji budynku lub nagłych awarii.” (s. 39)

Problematyce tej poświęca się niewiele opracowań naukowych. Z drugiej strony, jak pisze Doktorant w podrozdziale 3.3, w wielu krajach podjęto bardzo efektywne praktyczne działania w celu uregulowania, standaryzacji procesu wykorzystywania BIM w projektowaniu, wykonawstwie i eksploatacji obiektów. Podstawą praktycznie wszystkich działań sektora publicznego, które nakazują stosowanie BIM w publicznych projektach budowlanych jest format IFC. Decyzję Doktoranta o zastosowaniu tego formatu przy tworzeniu własnego narzędzia należy uznać za właściwą. Szczegółowe cechy formatu IFC istotne z punktu widzenia recenzowanej pracy zawarte są w podrozdziale 4.3.

Rozdział 3 zawiera również informacje o komercyjnych programach BIM, które są oczywiste i nie wnoszą żadnych istotnych informacji. Dużo ważniejsze są prezentowane przez Doktoranta zastosowania BIM w istniejących budynkach, co jest logiczną decyzją wynikającą z przyjętego zakresu badań. Ten aspekt badań prezentowany jest w podrozdziale 3.7. Zakres wykorzystania programów BIM przedstawiono na rys. 3.11 i

opatrzone komentarzem na stronach 53-54. Podrozdział ten zawiera również interesującą analizę programów dla obsługi technicznej budynków. Omówieniom poszczególnych programów towarzyszy dobrze dobrany materiał ilustracyjny. Przeprowadzona analiza wykazała brak funkcjonalności będącej celem prowadzonych badań. Przedstawiony materiał świadczy o dobrej znajomości obszaru badań przez Doktoranta. Analizy nawigacji wewnątrz budynku zostały rozszerzone o programy do mapowania wnętrza. Jak pisze Doktorant: „Pomimo atrakcyjnych wizualnie sposobów prezentacji rzutu budynku, to podobnie jak w przypadku rozwiązań przedstawionych w rozdziale 3.7, nie odnaleziono rozwiązania wykorzystującego BIM i umożliwiającego nawigację wewnątrz budynku.” (s. 62)

Ostatni podrozdział Rozdziału 3 jest poświęcony omówieniu coraz częściej występującego zjawiska outsourcingu prac związanych z eksploatacją budynku i konserwacją jego systemów technologicznych. Jak już było wspomniane, teoretyczny aspekt tego zjawiska został przedstawiony w podrozdziale 2.4. Podrozdział 3.9 poświęcony jest omówieniu możliwości wykorzystania BIM w tych procesach. Doktorant poprawnie i zwięźle omawia obszary zastosowań. Pojawia się jedynie pytanie czy oba te podrozdziały nie powinny być połączone w jeden?

Rezultaty analizy prowadzą do stwierdzenia pewnej wady outsourcingu, a mianowicie, „że zlecenie serwisowe może być składane firmie, która nie zna danego obiektu i będzie miała z nim do czynienia po raz pierwszy”. (s. 63) Może ona zostać zniwelowana dzięki stworzeniu narzędzia do wytyczania najkrótszej trasy dojścia do danego elementu, na przykład do wejścia.

Podsumowując Rozdział 3, Doktorant stwierdza, że jest on logicznym następstwem rozważań rozdziału poprzedniego. Recenzent nie ma zastrzeżeń do logiki procesu prezentacji założeń do opracowania deklarowanego narzędzia.

Głównym rozdziałem dysertacji jest Rozdział 4 „Cyfrowe narzędzie do optymalizacji pokonywanej drogi”. Jest on podzielony na pięć części. Część pierwsza, zawierająca podrozdziały 4.1 - 4.2 to omówienie stanu wiedzy, ramowe założenia tworzonego narzędzia i omówienie modelu BIM badanego obiektu. Część druga – podrozdział 4.4 zawiera opis wersji skryptu stworzonego za pomocą języka Dynamo. Część trzecia – podrozdział 4.5 to opis skryptu, w którym wykorzystano język Python. Testy stworzonego oprogramowania przedstawiono w części czwartej, gdzie opisano również jego potencjalne zastosowania. Rozdział kończy część piąta, w której Doktorant wskazuje dalsze kierunki badań i możliwych ulepszeń.

Jako, że podstawowym celem badań było wykorzystanie modelu BIM w standaryzowanym formacie IFC do wytyczania najkrótszej trasy dojścia, krokiem pierwszym była analiza stanu wiedzy. Doktorant bardzo precyzyjnie określa obszary, w których podejmowane były badania bliskie dysertacji. Jest to omówienie bardzo kompleksowe. Poczynając od badań modeli nawigacyjnych opartych o tworzenie grafów, koniecznych do wyznaczenia najkrótszej trasy do podejścia wymagającego wstępnego przetwarzania cyfrowych informacji o budynku, a następnie przygotowanych w formacie danego narzędzia. Omówienie wszystkich prezentowanych badań wykracza poza ramy recenzji. Recenzent stwierdza, że przeprowadzony przez Doktoranta przegląd należy ocenić wysoko. Twierdzenie, że „zapropozowany w dysertacji schemat działania jest innowacyjny na tle przedstawionego porównania zarówno w kontekście kompleksowości prowadzonych prac, podejścia do przetwarzania danych oraz analizy w powiązaniu z zarządzaniem

nieruchomością” (s. 71) jest prawomocne. Na uwagę zasługuje również dwutorowy sposób prowadzenia badań i równoległe zastosowanie dwóch języków programowania – Dynamo i Python.

Bazując na przeprowadzonych analizach Doktorant właściwie definiuje ramowe założenia tworzonego narzędzia, wprowadza ograniczenia (trasa między dwoma punktami) oraz określa stopniowanie celów w odnajdywaniu drogi (rys. 4.2, str. 72). Umiejętność samoograniczenia obszaru badań dobrze świadczy o przygotowaniu Doktoranta do podejmowania badań naukowych.

Na podkreślenie zasługuje logika następujących po sobie kroków badawczych: od koncepcji narzędzia do nawigacji przestrzennej (Rys. 4.4 Funkcjonalność modelu nawigacji wewnętrznej), poprzez wyznaczenie zakresu praktycznych działań, konsekwentna realizacja których doprowadza do opracowania narzędzia. Doktorant przyjmuje właściwe założenia:

1. Maksymalne uniezależnienie od istniejącego profesjonalnego oprogramowania.
2. Zastosowanie wykonywalnego pliku .exe.
3. Odpowiedź programu w postaci pliku graficznego z obrysem rzutu kondygnacji i narysowaną najkrótszą ścieżką.

Realizując przyjęte założenia tworzy dwa warianty narzędzia. Wariant pierwszy opiera się o program REVIT i skrypt Dynamo, drugi zaś o język Python, aby uniezależnić narzędzie od programów komercyjnych.

Szczegółowy opis skryptu w wersji Dynamo zawiera podrozdział 4.4. Opis uzupełnia symulacja wykonana z zastosowaniem metody macierzowej i metody widoczności. Recenzent oczekiwałby bardziej szczegółowych informacji o metodzie widoczności, która została potraktowana chyba zbyt skrótowo. Opis skryptu w języku Python zaprezentowano w podrozdziale 4.5. Rezultatem jest stworzenie programu IFCscout (nazwa nieco ironiczna, ale adekwatna). Wybór języka Python poprzedziło wykonanie szeregu analiz, które są omówione w podrozdziale 4.5.1 „Szkielec programu”. Podrozdział zawiera również opis procesu tworzenia programu i jego działanie.

Bazując na materiale ilustracyjnym zawartym w podrozdziale recenzent potwierdza twierdzenie Doktoranta: „Wyniki przeprowadzonych prób potwierdziły skuteczność działania funkcji programu, służącej do wyznaczania najkrótszej trasy oraz przedstawiania wyników w formie graficznej.” (s. 126) Twierdzenie to potwierdzają również testy programu z wykorzystaniem jako obiektu badań Centrum Językowego Politechniki Łódzkiej.

W dysertacji nie znajdujemy wyjaśnienia dlaczego badania prowadzone w Dynamo i Pythonie były realizowane na różnych obiektach? Wydaje się, że taki sposób bardziej sprzyjałby ocenie programu. Kolejnym pytaniem, na które recenzent chciałby uzyskać odpowiedź, jest: Czy prowadzone były testy na obiektach bardziej skomplikowanych technologicznie? Pytanie trzecie dotyczy możliwości dodawania punktów czy to pośrednich czy też kolejnych, jak ma to miejsce w nawigacjach samochodowych?

Stwierdzić należy, że sam opis działania programu został dobrze opracowany. Wartościowym jest jego uzupełnienie o testy niepoprawnego użycia. Bez wątplenia cennym uzupełnieniem było by zbadanie User experience (UX) w odniesieniu do opracowanego programu.

Mimo zgłoszonych drobnych wątpliwości program należy ocenić pozytywnie i zgodzić się z Doktorantem, że program działa prawidłowo, a zatem uznać, że cel badań został osiągnięty.

Podsumowanie

Podsumowując należy stwierdzić, że rozprawa prezentuje bardzo wysoki poziom naukowy. Trudno w niej znaleźć nieścisłości, czy też braki logiczne. Oczywiście wybór programów do analizy, mógłby być inny, ale jest to wybór autorski i należy traktować go jako kanwę do przeprowadzenia wniosku, a to zostało przeprowadzone bez zarzutu. Doktorant pokazuje wysokie umiejętności prowadzenia badań naukowych. Przedmiot i zakres pracy oraz zamierzenia badawcze zostały sformułowane właściwie i praca uzupełnia istotną lukę w światowych opracowaniach. Dysertację należy uznać za wartościową, nie tylko porządkującą obecny stan wiedzy, ale i ukazującą perspektywę dalszego rozwoju metod zarządzania obiektem z wykorzystaniem współczesnych narzędzi informatycznych. Należy zauważyć, że samo pojęcie wspomagania zarządzania zostało przez Doktoranta znacznie rozszerzone. Przyjęta metoda badań pozwoliła na zebranie wszechstronnej informacji dotyczącej analizowanego problemu i w rezultacie do stworzenia autorskiego programu do optymalizacji pokonywanej drogi w obiekcie. Ma to znaczenie nie tylko naukowe, ale również praktyczne. Stworzenie oprogramowania, które jest niezależne od istniejących profesjonalnych programów ma również duże znaczenie z ekonomicznego punktu widzenia. Całość wyводу wzajemnie się uzupełnia, tworząc spójną logiczną całość.

Reasumując

Stwierdzam, że praca doktorska będąca przedmiotem recenzji spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.). Wnoszę o jej przyjęcie oraz dopuszczenie mgr. inż. arch. Michała Jarzyny do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

