

Szczecin, 9 września 2023 roku

dr hab. inż. arch. Paweł Rubinowicz, prof. ZUT

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wydział Architektury, Katedra Urbanistyki i Planowania Przestrzennego

ul. Żołnierska 50, 71-210 Szczecin

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Recenzja rozprawy doktorskiej pana mgr. inż. arch. Michała Jarzyny, pt.: „Zastosowanie technologii BIM w zarządzaniu budynkiem z wykorzystaniem autorskiego narzędzia do optymalizacji pokonywanej drogi w obiekcie”, opracowanej pod opieką naukową pani dr hab. inż. arch. Anetty Kępczyńskiej-Walczak, prof. uczelni – Politechniki Łódzkiej.

—

Recenzja została przygotowana na wniosek Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej, zgodnie z pismem Pana prodziekana dr hab. inż. Piotra Ostrowskiego, prof. uczelni oraz zgodnie z Uchwałą Rady ds. Nadawania Stopni Naukowych PŁ w dyscyplinach ILGiT oraz AiU (Architektura i Urbanistka) z dnia 29 czerwca 2023 roku. Procedura awansowa, dotycząca nadania stopnia doktora panu mgr. inż. arch. Michałowi Jarzynie w dyscyplinie architektura i urbanistyka, jest realizowana zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” wraz z późniejszymi zmianami.

1. TEMATYKA ROZPRAWY

W rozprawie omówiono zastosowania technologii BIM w procesie zarządzania budynkiem. Wywód jest ukierunkowany na opracowanie nowych narzędzi cyfrowych do optymalizacji pokonywanej drogi w obiekcie (budynku). Badania dotyczą dyscypliny architektura i urbanista. Wpisują się w aktualny i istotny dla rozwoju dyscypliny obszar, dotyczący zastosowana technik cyfrowych w architekturze, a w szczególności wykorzystania technologii BIM.

2. OCENA FORMALNA ROZPRAWY

Przedłożona do recenzji rozprawa obejmuje łącznie 195 stron. Okładka, podziękowania Autora, streszczenia po polsku i po angielsku oraz spis treści zajmują kilka pierwszych stron. Właściwa część wyvodu jest zorganizowana w pięciu rozdziałach:

Rozdział 1. Wprowadzenie (s. 1 do 10) obejmuje prezentację podjętego problemu badawczego, sformułowanie tezy, opis struktury dysertacji oraz zastosowanych metod.

Rozdział 2. Zarządzanie budynkiem (s. 11 do 29) dotyczy aplikacji technologii informatycznych w zarządzaniu budynkiem w kontekście systemów nawigacji służących odnajdywaniu drogi.

Rozdział 3. Modelowanie informacji o budynku (s. 30 do 66) prezentuje historię rozwoju technik CAD i BIM, omawia narzędzia do tworzenia modeli BIM oraz strukturę formatu IFC.

Rozdział 4. Cyfrowe narzędzie do optymalizacji pokonywanej drogi (s. 67 do 149) ujmuje kluczowe badania, których wymiernym rezultatem jest nowe oprogramowanie.

Rozdział 5. Podsumowanie i wnioski (s. 150 do 152), zamyka dysertację.

Pracę uzupełnia zestawienie bibliografii obejmujące 204 pozycje, spis rysunków, spis tabel, wykaz stosowanych skrótów oraz podręcznik użytkownika programu IFCscout.

Niektóre badania przedstawione w dysertacji zostały opublikowane w wydawnictwach konferencji oraz w czasopiśmie naukowych. Dotyczy to omawianych w Rozdziale 4 analiz związanych z wyznaczaniem najkrótszej trasy w oparciu o tzw. metodę macierzową:

- **M. Jarzyna (2021)**, "Finding optimal path planning method for building navigation in BIM", *Towards a new, configurable architecture. Proceedings of the 39th eCAADe Conference – Volume 2*, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 8-10 September 2021, s. 31–38
- **M. Jarzyna i A. Kępczyńska-Walczak (2021)**, "Application of the matrix method in determining the shortest route in BIM", *Architecture Civil Engineering Environment*, v. 14, p. 5–24 (70 pkt)

Nie jest to żadną wadą przedłożonej do recenzji dysertacji. Wprost przeciwnie, świadczy o aktywności naukowej Autora. Część analiz prezentowanych w dysertacji znajduje się już w obiegu naukowym, co umożliwia ich zastosowanie przez innych badaczy. W dysertacji przytaczana jest także kolejna publikacja Autora przedstawiona na forum konferencji CAADRIA i wydana w 2023 roku, dotycząca zastosowania symulacji ABM w badaniach przepustowości klatki schodowej:

- **M. Jarzyna (2023)**, "Staircase throughput study with the use of agent-based modeling" HUMAN-CENTRIC – Proceedings of the 28th CAADRIA Conference, Ahmedabad, 18-24 March 2023, s. 695–704 (70 pkt)

Przytoczone publikacje stanowią spełnienie warunku formalnego w postępowaniu o nadanie stopnia doktora określonego w Ustawie (Art. 186, ust. 1, pkt 3). *Architecture Civil Engineering Environment* podobnie jak publikacje na konferencji CAADRIA są ujęte w wykazie czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych MEiN – w obu

przypadkach z wysoką punktacją – 70 pkt. Natomiast, przedłożona do recenzji rozprawa nie jest monografią. Stanowi bieżące podsumowanie badań Autora dotyczących wykorzystania technologii BIM w optymalizacji pokonywanej drogi w obiekcie, dające postawę dla realizacji prowadzonego postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora. Ponadto, w ocenie recenzenta, praca zawiera elementy warte wyodrębnienia, dopracowania oraz podzielenia na forum naukowym w kolejnych publikacjach.

3. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

3.1. Prezentacja treści oraz organizacja struktury rozprawy

Praca jest napisana czytelnym i przystępnym językiem. Jest to o tyle istotne, że podjęta problematyka ma wymiar interdyscyplinarny. Dotyczy dyscypliny architektura i urbanistyka, ale w znacznym stopniu wkracza także w zagadnienia informatyczne. W tym kontekście cenne było wyposażenie pracy o wykaz stosowanych skrótów (choć niektóre jak np. 2D, 3D są oczywiste, inne jak np. USA są zupełnie niepotrzebne). Kolejne rozdziały rozprawy są wzajemnie powiązane i tworzą logiczną całość. Wywód prowadzi do przedstawienia autorskich rozwiązań w zakresie odnajdywania drogi w budynku w oparciu o modele IFC.

Wątpliwości budzi przyjęty sposób cytowania badań wg stylu IEEE. Źródła są uszeregowane zgodnie z kolejnością występowania w tekście, a odwołania są ujęte przez numery w nawiasach kwadratowych. Zdaniem recenzenta ten system, lepiej sprawdza się w krótszych pracach. W przedłożonej do recenzji dysertacji przytaczane są aż 204 pozycje. W efekcie, bibliografia przedstawiona na s. 153 do 166 dysertacji na charakter rozproszonego zbioru, który choć bez wątpliwości służy możliwości odnalezienia źródeł, to nie prezentuje systematyki przytaczanych w pracy badań. Zdaniem recenzenta korzystniejsze byłoby użycie w pracy odwołań w formie przypisów dolnych (z zachowaniem formuły *op. cit.* oraz *ibidem*, sygnalizujący przypadki, w których dane badania zostały już wcześniej przytoczone) oraz uszeregowanie bibliografii w kolejności wg nazwisk autorów oraz chronologicznej, wg dat publikacji badań.

Użycie przypisów dolnych mogłoby także wspomóc czelność prezentacji wyводу. Dotyczy to zwłaszcza badań przedstawionych w rozdziale 4, gdzie niektóre z omawianych treści mają charakter uzupełniający. Mogłyby być one oddzielone od głównego tekstu i przeniesione do przypisów dolnych.

3.2. Sposób sformułowanie tezy oraz celów badawczych

W rozdziale pierwszym Autor formułuję tezę, że:

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.

Teza jest zgodna z głównym celem pracy opisanym na s. 7 i 8. Następnie Autor definiuje osiem „działań” służących realizacji tego celu, które odnoszą się treści prezentowanych w kolejnych rozdziałach. W definicji celu Autor łączy planowane zastosowania praktyczne i naukowe badań – choć są to zupełnie inne obszary. W dalszej części rozprawy Autor operuje pojęciem cele (już w liczbie mnogiej), tymczasem wskazany został jeden cel. Zdaniem recenzenta sposób sformułowania tezy oraz celu lub celów pracy nie został dość precyzyjnie określony i zaprezentowany.

Teza została bez wątpienia dowiedziona, czego potwierdzeniem jest stworzone przez Autora oprogramowanie (na różnych platformach). Jednak rozprawa zawiera także szereg innych cennych badań i obserwacji, wykraczających poza to ściśle określone zadanie. Dla przykładu w definicji celu pojawia się założenie, (s. 8) „że możliwość wskazania najkrótszej trasy w budynku usprawnia poruszanie się po obiekcie i pozytywnie wpływa na optymalizację procesów związanych z zarządzaniem budynkiem”. Dlaczego jest to tylko założenie, a nie jeden z rezultatów pracy (który w dysertacji został w znacznym stopniu udowodniony)?

3.3. Uwagi szczegółowe w odniesieniu do kolejnych rozdziałów

Rozdział 1. Wprowadzenie

- Nawiązanie do Ksiąg Witruwiusza w kontekście BIM jest ciekawe. Nie powinno ono jednak rozpoczynać wywodu.
- W schemacie na rys. 1.1 oraz dalej w rozdziale hasło „ARCHITEKTURA” jest ujęte z pewnym nadużyciem, bo w omawianym dalej w zakresie dotyczy tylko funkcji, czy funkcjonalności budynku – z pominięciem piękna i walorów estetycznych.
- Cennym elementem jest opis struktury pracy w rozdziale 1.3. Mógłby być on jednak lepiej zaprezentowany (także graficznie).

Rozdział 2. Zarządzanie budynkiem

- Na wstępie rozdziału pojawiają się nowe cele, co zaburza główny wywód.
- Badania opisane w rozdziale 2.3 „Zarządzanie budynkami oraz nawigacja przestrzenna na przykładzie uczelni wyższej” stanowią część pracy, wyodrębniającą się z głównego wywodu. Zdaniem recenzenta, po odpowiednim rozwinięciu badań, mogłyby być one przedmiotem niezależnej publikacji.
- Podsumowanie ma charakter streszczenia rozdziału, ale nie wskazuje wniosków.

Rozdział 3. Modelowanie informacji o budynku (BIM)

- Omówienie historii CAD/BIM (roz. 3.1) stanowi bardzo rzetelną i wartościową analizę, która może być podstawą dla opracowania niezależnej publikacji.
- Istotnym dla wywodu elementem jest omówienie formatu IFC, którego struktura jest charakteryzowana dalej także w rozdziale 4.3.
- Autor prezentuje bardzo szeroką wiedzę w dziedzinie BIM. Słusznie podkreślane jest w pracy znaczenie BIM w całym etapie życia budynku.

Rozdział 4. Cyfrowe narzędzie do optymalizacji pokonywanej drogi

- W rozdziale omówione są opracowane przez Autora narzędzia do odnajdywania drogi w budynku wykonane w środowisku Revit z zastosowaniem Dynamo oraz jako program stworzony w Pythonie, nazwany „IFCscout”. Prezentowane dalej badania dotyczące aplikacji tych narzędzi zostały jednak prowadzone z użyciem różnych modeli budynków, co utrudnia porównywanie uzyskanych wyników.
- W badaniach z użyciem Dynamo analizowany model nie przypomina rzutu budynku. Nazywany jest jako „labirynt”. Zdaniem recenzenta korzystniejsze byłoby zastosowanie w tych symulacjach rzeczywistego planu obiektu architektonicznego.
- W ocenie efektywności metody macierzowej (rozdział 4.4.4) badany był m.in. czas symulacji. Podając dane o czasie symulacji wskazane jest także określenie konfiguracji (mocy obliczeniowej) komputera, na którym zostały one przeprowadzone.
- Z dalszych analiz wynika, że w procesie wyznaczania najkrótszej trasy metoda widoczności (opisana w rozdziale 4.4.5) okazała się znacząco bardziej efektywna niż metoda macierzowa. Badania porównawcze oparto jednak tylko o jeden model. Istotne byłoby porównanie wyników symulacji także dla rzutów budynku o bardziej swobodnych kształtach (np. ze ścianami prowadzonymi po łuku).

- Badania dotyczące zastosowania programu IFCscout (omówione w rozdziale 4.5) zostały przedstawione tylko na przykładzie jednego obiektu (Centrum Językowe Politechniki Łódzkiej), w oparciu o model BIM stworzony przez Autora. Bez wątpienia, cenna byłoby weryfikacja zastosowania programu dla innych obiektów, z użyciem innych modeli IFC o różnych stopniach dokładności LOD.
- Opis stanu wiedzy przedstawiony na wstępie (rozdział 4.1) jest rzetelnie opracowany. Obejmuje szerokie rozpoznanie innych badań prowadzonych na świecie, związanych z podjętym tematem. Zdaniem recenzenta korzystniejsze dla organizacji rozprawy byłoby przedstawienie tej części dopiero po omówieniu IFCscout – w formie dyskusji, ze wskazaniem obszarów, w których badania Autora rozwijają ogólny stan wiedzy.

Rozdział 5. Podsumowanie i wnioski

- Podsumowanie pracy jest zbyt lakoniczne. Nie obejmuje w pełni spektrum badań, które zostały podjęte w rozprawie. Wnioski nie zostały w pełni wyartykułowane.

3.5. Ocena znaczenie badań i możliwości ich rozwoju

Znajdowanie drogi między miastami lub w ich granicach jest obecnie powszechnie dostępne dla każdego. Wystarczy sięgnąć po komórkę i wpisać adres. Uzyskamy błyskawicznie informację o optymalnej trasie z uwzględnieniem czasu niezbędnego na pokonanie drogi, samochodem, rowerem lub pieszo. Jednak dalsze uściślenie trasy, ze wskazaniem możliwości dotarcia np. do danego pokoju w budynku, nie jest już tak łatwo osiągalne. W efekcie tracimy czas błądząc po budynkach. Badania przedstawione przez Pana mgr. inż. arch. Michała Jarzynę bez wątpienia wnoszą wkład naukowy w poszukiwanie rozwiązania tego problemu. Zapewne w najbliższych latach doczekamy się rozwiązań. Wykorzystanie danych IFC wydaje się właściwym kierunkiem. Tekstowa forma, semantyczna struktura oraz skala dokładności LOD przypomina CityGML.

Ciekawszą, zdaniem recenzenta, drogą rozwoju podjętych przez Autora badań może być zastosowanie stworzonych narzędzi cyfrowych w procesie analizowania rozwiązań funkcji budynku, na przykład w badaniu ewakuacji, komunikacji wizualnej, czy też w aspekcie projektowania uniwersalnego. Choć może wydawać się trudne, to w obliczu przedstawionych w pracy wyników wydaje się być już w bliskim zasięgu działań Autora. Polecam uwagę badania Space Syntax (UCL). O ile wyobrażenie pojedynczej izowisty 2D w budynku jest oczywiste, to wynik analizy VGA (Visibility Graph Analysis) umyka intuicyjnemu rozpoznaniu i daje szerszą wiedzę o organizacji obiektu. Podobnie też mechanizm wyznaczania najkrótszej drogi, przedstawiony w pracy, może być narzędziem dla bardziej zaawansowanych analiz.

Dla takich analiz cenniejszą informacją od przebiegu najkrótszej drogi w budynku jest jej długość, która może być wyznaczona dla każdego punktu w obiekcie, wg różnych kryteriów. Może być to np. dystans do najbliższej drogi ewakuacji, kluczowych pomieszczeń lub też np. do toalet. W odniesieniu do projektowania uniwersalnego, istotne byłoby obliczenie różnicy między standardową długości drogi dostarcia do wskazanych pomieszczeń, względem trasy, którą musi pokonać osoba z niepełnosprawnościami. O ile tylko można względem każdego punktu w budynku wyznaczyć długości trasy wg ustalonych kryteriów (co IFCscout umożliwia), to może być to wykorzystane dla zaawansowanych analiz architektonicznych prezentowanych w formie map podobnych graficznie do VGA (Space Syntax) i obrazujących wielorakie zależności funkcjonalne w obiekcie.

5. KONKLUZJA RECENZJI

Przedstawiona do recenzji rozprawa 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 opieką naukową pani dr hab. inż. arch. Anetty Kępczyńskiej-Walczak, prof. PŁ stanowi oryginalne rozwiązanie podjętego problemu badawczego. Świadczy o szerokiej wiedzy Autora w dyscyplinie architektura i urbanistyka, a w szczególności w obszarze technologii BIM. Dowodzi także jego umiejętności do samodzielnego prowadzenia badań, czego potwierdzeniem są wysoko punktowane publikacje naukowe oraz udział w ważnych dla dyscypliny konferencjach międzynarodowych. Wnoszę o przyjęcie rozprawy do dalszych etapów postępowania o nadania stopnia doktora oraz do publicznej obrony.



dr hab. inż. arch. Paweł Rubinowicz, prof. ZUT