



Białystok, 28.08.2023

dr hab. inż. arch. Aleksander Asanowicz, prof. PB

Wydział Architektury

Politechniki Białostockiej

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

pt. **„Analiza uwarunkowań wykorzystania metod sprawdzania modeli zgodnych z BIM w projektowaniu architektonicznym”** autorstwa mgr. inż. arch. Pawła Przybyłowicza, promotorem której był prof. dr hab. inż. arch. Stefan Wrona.

Podstawą recenzji jest wystąpienie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Architektura i Urbanistyka Politechniki Warszawskiej prof. dr hab. inż. arch. Krystyny Solarek, z dnia 14 lipca 2023 roku.

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 212 stron, składającą się z pięciu rozdziałów: Wprowadzenie, Aspekty sprawdzania modeli BIM, Metody sprawdzania modeli zgodnych z BIM, Kontrola hipotetycznego projektu testowego, Podsumowanie i wnioski. Ponadto dysertacja zawiera streszczenie w języku angielskim i polskim, bibliografię liczącą 61 pozycji, spis tabel (20 pozycji), spis ilustracji (76 pozycji), trzy załączniki (Analiza wybranych

przepisów, Przegląd zestawów do kontroli projektów, Opisy reguł dostępnych w systemie Solibri Office).

Wstęp

Rozpoczynając recenzję rozprawy doktorskiej poświęconej metodom sprawdzania modeli BIM należałoby odnieść się do dwóch aspektów projektowania architektonicznego. Pierwszy to zasada projektowania zintegrowanego, polegająca na ścisłej synchronicznej współpracy zespołu projektowego, w skład którego wchodzi architekt, inżynier branżowy, inwestor, wykonawca i użytkownik. Główną ideą jest umożliwienie na każdym etapie projektowania wprowadzania zmian i wyrażania opinii. Ideę tę próbowano wdrożyć w procesie dydaktycznym na Wydziale Architektury Politechniki Białostockiej na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych. Celem było uświadomienie studentom związków i zależności projektowania architektonicznego i branżowego. Proces ten napotkał jednak szereg przeszkód i w latach późniejszych zaniechano podejmowania dalszych prób. Jednym z głównych powodów był brak wspólnej platformy dla pracy zespołowej. Podobna sytuacja była również w biurach i pracowniach projektowych. Każda z branż oraz architekci pracowali na własnych rysunkach. Dopiero pojawienie się technologii BIM przyniosło zmianę sytuacji. Jednocześnie pojawił się problem sprawdzania projektu pod względem zgodności z przepisami i wymaganiami. Tradycyjnie to projektant zapewnia sprawdzenie projektu architektoniczno-budowlanego. Jeszcze na początku lat 90. funkcjonujące w ówczesnych biurach projektowych zespoły sprawdzające wystawiały dokument, potwierdzający, że dokumentacja projektowa jest prawidłowa, kompletna i nadaje się do realizacji. Zmiana technologii projektowania i powszechne wprowadzenie technologii BIM zmieniło radykalnie tę sytuację. W związku z powyższym istotne stały się rozważania na temat jej wpływu na procesy związane z realizacją inwestycji, a zwłaszcza współpracę i koordynację działań projektowych.

Recenzja dysertacji

Rozprawę doktorską rozpoczyna część zatytułowana „Wprowadzenie”. Jest ona skonstruowana w sposób klasyczny i zawiera uzasadnienie podjęcia tematu, przedstawia przedmiot i problem badawczy, cele, tezy i zakres pracy, metody badawcze, stan badań oraz listę skrótów i słownik pojęć. Wszystkie te części są ze sobą logicznie powiązane i dobrze prezentują ogólne założenia rozprawy.

Pisząc o powodach podjęcia tematu Doktorant słusznie zwraca uwagę na następujące zmiany prawne w zakresie stosowania technologii BIM w projektowaniu. Niezbędne staje się odpowiedzenie na pytania o wpływ technologii BIM na jakość procesu projektowania, możliwości sprawdzania projektu realizowanego w tej technologii, a w szczególności na pytanie o uwarunkowania i możliwość automatyzacji tego procesu. Znalezienie odpowiedzi wymaga uwzględnienia zarówno aspektów ogólnoprojektowych jak i metodologiczno-technologiczno-narzędziowych wynikających z technologii BIM. W związku z powyższym Doktorant podjął decyzję o skoncentrowaniu się na obszarze weryfikacji projektów realizowanych w technologii BIM i stosowanych w tym procesie narzędzi. (s. 13)

Problem badawczy Doktorant szczegółowo definiuje w podrozdziale 1.2, rozpoczynając rozważania od podanej przez Wojciecha Gasparskiego ogólnej definicji projektowania (s. 13), a następnie analizując go z punktu widzenia nowych cyfrowych technologii. Głównym obszarem zainteresowania czyniąc całościową weryfikację projektu, wykorzystującą modele BIM. Jest to decyzja uprawomocniona, jako że „zgromadzenie wszystkich informacji o budynku w jego cyfrowym modelu umożliwia zastosowanie narzędzi analizujących te

informacje oraz relacje pomiędzy elementami modelu”. (s. 14) Na fakt ten zwraca również uwagę Stefan Wrona, mówiąc że „zakodowanie informacji geometrycznych i niegeometrycznych w cyfrowym modelu budynku znacznie poszerzyło zakres dostępnych analiz oraz umożliwiło przetwarzanie maszynowe”. (s.14)

Doktorant słusznie konkluduje, że w związku z powyższym, możliwe staje się podejmowanie działań weryfikacyjnych bez potrzeby szczegółowego przeglądania modeli. Wymaga to znalezienia odpowiedzi na pytanie o zakres automatycznej oceny i czy ocena zgodności projektu z wymaganiami jest wystarczającą oceną poprawności technicznej projektowania?

Według recenzenta znalezienie odpowiedzi na drugie pytanie ma niezwykle ważne znaczenie dla całego procesu projektowania. Jest to zgodne z poglądem Doktoranta, który pisze: „Cyfryzacja branży nie powinna ograniczać się do wybranych zagadnień, lecz obejmować możliwie najszerszy obszar”. (s. 15)

Konsekwencją takiego podejścia jest zdefiniowanie pięciu zagadnień, które są analizowane w rozprawie. Jest to zadanie trudne, jako że w Polsce brak jest niezbędnych regulacji prawnych odnoszących się do kompleksowego stosowania technologii BIM.

Nakreślony powyżej problem badawczy zdecydowanie przekracza ramy jednej rozprawy doktorskiej. Doktorant właściwie zawęził cel pracy do wykorzystania metod kontroli modeli BIM do oceny zgodności projektu z przepisami i zdefiniował trzy główne cele. Każdemu celowi odpowiada poprawnie sformułowana teza pracy.

Doktorant konsekwentnie określa zakres pracy w podrozdziale 1.5. Co prawda możemy znaleźć tu pewne powtórzenia informacji zawartych w poprzednich podrozdziałach, ale uwzględniając kontekst rozważań, powtarzalność ta może być zaakceptowana.

Właściwie zostały określone również metody badawcze: studia literatury tematu, studium przypadku, metoda eksperymentu naukowego. (s. 19) Do realizacji zadeklarowanych metod recenzent chciałby zgłosić pewne uwagi. Studia literatury tematu nie są przeprowadzone w jednym podrozdziale, a rozproszone w wielu podrozdziałach. Nie jest to klasyczny sposób prezentacji i utrudnia ocenę kompletności przeglądu. Recenzent nie zgłasza zastrzeżeń do zakresu wykorzystanych źródeł, akceptując w pełni wyjaśnienia zawarte w podrozdziale 1.6.2. Nie budzi również zastrzeżeń opis metody eksperymentu naukowego i studium przypadku.

Określony przez Doktoranta plan badań, zmierzających do oceny w jakim stopniu wykorzystanie dostępnych rozwiązań i standardów dotyczących technologii BIM w projektowaniu pozwala na skuteczną kontrolę zgodności projektu z przepisami, jest logiczny i znajduje swoje odzwierciedlenie w kolejnych rozdziałach dysertacji. (s. 23)

Zastrzeżenia można jednakże zgłosić do zawartego w podrozdziale 1.7 opisu stanu badań. Jest on lakoniczny i praktycznie ogranicza się do wymienienia autorów prac bliskich tematyce dysertacji.

Rozdział pierwszy zamyka lista skrótów i słownik pojęć. Słownik zawiera definicje i wyjaśnienia potrzebne dla ułatwienia percepcji pracy, ale również całkowicie zbędne, jak na przykład wyjaśnienie pojęcia projektant czy użytkownik. Lista skrótów zawiera wyłącznie rozwinięcie skrótu w języku angielskim. Czy nie byłoby właściwym podanie również tłumaczenia na język polski? Chociaż recenzent rozumie trudność realizacji tego postulat.

Dla zrozumienia znaczenia podjętych przez Doktoranta badań zasadnicze znaczenie mają przedstawione w rozdziale drugim aspekty sprawdzania modeli BIM. Rozdział ten zawiera rozważania na temat potrzeby jakości w branży budowlanej (podrozdział 2.1) oraz wymagań związanych z projektowaniem architektonicznym (podrozdział 2.2).

Doktorant dokonuje w nim charakterystyki branży budowlanej. Rozważania prowadzi wokół stwierdzenia, że jakość życia jest uzależniona od jakości środowiska zbudowanego. Jest to stwierdzenie słuszne, często powtarzane, ale niezbyt często realizowane w praktyce. Wynika to z ograniczonych działań w obszarze badań i rozwoju. Ponadto branża budowlana jest postrzegana jako konserwatywna, niechętna zmianom. Wskazuje to na konieczność działań w zakresie podniesienia wydajności wszystkich procesów. Doktorant zwraca uwagę na wieloaspektowość postrzegania i analizowania jakości. Określa dziewięć obszarów rozważań, co zapewne nie wyczerpuje wszystkich możliwości, ale potwierdza skomplikowanie problemu. Dlatego też ogranicza zakres badań nad zarządzaniem jakością w realizacji inwestycji do etapów związanych z jej przygotowaniem a w szczególności do projektowania architektonicznego.

Analizując zmiany w podejściu do zapewnienia jakości w Projektach zwraca uwagę na istotny czynnik wpływający ten proces, a mianowicie na konieczność ponoszenia kosztów działań kontrolnych lub projakościowych. Koszty te w istotny sposób obciążają zespoły projektowe i organizacje. Wydaje się, że jest to jeden z głównych czynników ograniczających wdrażanie procedur oceny jakości, które wymagają znacznych nakładów nie tylko finansowych, ale również czasowych. Z drugiej jednak strony, jak pisze Doktorant, „firmy deklarują osiągnięcie pozytywnych wskaźników z wdrażania technologii BIM”. (s. 42) Dane przytoczone przez Doktoranta potwierdzają słuszność/konieczność podjętych badań.

Recenzent zgadza się ze stwierdzeniem, że brak procedur zapewnienia jakości lub odkładanie ich na później, powoduje, że jak pisze Doktorant „błędy, które można było wyłapać i usunąć na początkowych etapach nawarstwiają się, a ich usunięcie jest czasochłonne i kosztowne”. (s. 47) Słuszna jest w takim razie konkluzja, że działania projakościowe i systematyczna weryfikacja projektu przy zastosowaniu modelu BIM jest jednym z podstawowych czynników wpływających na podnoszenie jakości prac projektowych.

Dla efektywnego przeprowadzenia działań sprawdzających niezbędne jest określenie wymagań związanych z projektowaniem architektonicznym. Temu problemowi poświęcony jest podrozdział 2.2. Doktorant skoncentrował się na wymaganiach procesu informacyjnego BIM oraz w mniejszym stopniu na technicznych aspektach modelowania BIM. Prezentowane analizy są szczegółowe i oparte na „Międzynarodowej normie zarządzania informacjami przez cały cykl życia obiektu budowlanego za pomocą modelowania informacji o budynku” (norma ISO19650, 2018). Przeprowadzone analizy udowodniły, że: „Niska zmienność kontrolowanego zakresu wymagań oraz jego obligatoryjność do zastosowania i niska możliwość zmian są najlepszym obszarem zastosowania tych rozwiązań”. (s. 67) Potwierdza to słuszność decyzji Doktoranta o prowadzeniu analiz w oparciu o przepisy wynikające z wybranych ustaw i rozporządzeń.

Recenzent nie ma zastrzeżeń do części tekstowej, jednakże zwraca uwagę na nieczytelność materiału ilustracyjnego, a w szczególności na zbyt małą wielkość ilustracji 4 (s. 61) i 6 (s. 62).

Rozdział trzeci, zatytułowany „Metody sprawdzania modeli zgodnych z BIM” jest pewnego rodzaju kompendium wiedzy, obejmującym zarówno wykorzystanie BIM w procesie projektowania, jak i metod sprawdzania modeli. Obie te części Doktorant przedstawia

bardzo dobrze, co świadczy o jego znacznej wiedzy o obszarze badań. Kompetentnie zostały omówione główne standardy BIM, takie jak IFC, BFC i IDS. Recenzent ponownie zwraca uwagę na zbyt małe ilustracje, przez co stają się one nieczytelne.

Przeprowadzona analiza standardów pozwoliła sformułować założenie, że należy wykorzystywać narzędzia oparte na otwartych formatach danych, takich jak IFC.

Kolejnym krokiem podjętym przez Doktoranta był przegląd metod sprawdzania modeli (podrozdział 3.2). Wykorzystując własne doświadczenia Doktorant wybrał dziewięć grup zagadnień związanych z kontrolą projektu poprzez sprawdzenie modeli BIM i w sposób interesujący opisał je na stronach 83 – 95. Opisy poszczególnych metod są zwięzłe i opracowane prawidłowo.

Możliwość realizacji metod omówionych w podrozdziałach 3.2.2 – 3.2.9 została przypisana do popularnych na rynku programów do tworzenia i analizy modeli BIM. Analizowano czy programy są w stanie sprawdzić takie elementy jak: parametry, geometria, zależności, struktura danych, struktura modelu, parametry pochodne. (s. 97) Badania pozwoliły zdefiniować dwa główne podejścia do sprawdzania modeli: wizualna ocena wyniku sprawdzenia i podjęcie decyzji czy wykazuje on błąd oraz przeprowadzenie zaawansowanych działań i uzyskanie wyniku jednoznacznie wskazującego na błędy projektowe.

W celu zilustrowania rozważań teoretycznych Doktorant przedstawił pięć przykładów działań sprawdzających. Co prawda tylko trzy z nich odnoszą się do konkretnych obiektów, dwa zaś dość ogólnie do doświadczeń norweskich i fińskich. Nasuwa się pytanie czym spowodowana jest tak niewielka ilość analizowanych obiektów? Równocześnie komercyjne zastosowania Solibri Office są opisane dość szeroko. Faktem jest, że opis ten zawiera interesujące zestawienie gotowych zestawów reguł do sprawdzania zgodności projektu z przepisami w różnych krajach dostępne w systemie Solibri Office (tabela 9, s. 114).

Rozdział czwarty jest według recenzenta najbardziej interesującą częścią rozprawy. Przedstawiono w nim przeprowadzony przez Doktoranta eksperyment polegający na kontroli modelu BIM hipotetycznego projektu budynku mieszkalnego wielorodzinnego. Kontrola została oparta na rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, a w szczególności o Dział III – Budynki i pomieszczenia. W analizie uwzględniono dziesięć rozdziałów. Celem analizy była ocena tego zbioru przepisów pod kątem możliwości wykorzystania do kontroli poprawności projektu na bazie modelu BIM. Wykorzystując autorskie kategorie (Tabela 10. Lista kategorii wykorzystana w analizie przepisów, s. 123) Doktorant określił 203 pozycje odpowiadające zagadnieniom związanym z projektowaniem budynków mieszkalnych wielorodzinnych. Szczegółowe wyniki analiz zostały przedstawione w podrozdziale 4.2. Recenzent przyznaje, że są to wyniki bardzo interesujące. Analiza pokazała w jakim stopniu przepisy odnoszące się do zagadnień projektowania budynków mieszkalnych wielorodzinnych są jednocześnie możliwe do wykorzystania w sprawdzaniu modeli. (s. 127) Doktorant wykazał, że „ponad połowa przepisów (odnoszących się do zagadnień projektowania budynków mieszkalnych wielorodzinnych) z Działu III zawiera wymagania zdefiniowane w sposób umożliwiający ich wykorzystanie w kontroli projektów zgodnych z BIM” (s.129) i że w znacznym stopniu odnoszą się one do podstawowych zagadnień poprawności projektowania, które nie podlegają częstym zmianom. Prowadzi to do konkluzji, że opracowanie reguł i automatyzacja procesu oceny pozwoli na znaczną

oszczędność czasu i umożliwi przeznaczenie zaoszczędzonego czasu na weryfikację przepisów, które trudniej poddają się przetwarzaniu maszynowemu.

Po opracowaniu podstaw teoretycznych, Doktorant przystąpił do realizacji eksperymentu badawczego, w którym wykorzystano model BIM budynku mieszkalnego wielorodzinnego. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż Doktorant uniknął częstego błędu, polegającego na zbyt dużym uproszczeniu obiektu badań, co zwykle prowadzi do skażenia wyników badania. W danym przypadku obiekt charakteryzuje się odpowiednim stopniem skomplikowania. Badany obiekt został sprawdzony pod względem ogólnej zgodności z zasadami modelowania BIM oraz sprawdzono czy komponenty modelu zostały zapisane przy użyciu odpowiednich klas IFC, przypisane do odpowiednich kondygnacji i podzielone między nimi. Cały proces sprawdzania został szczegółowo przedstawiony w podrozdziale 4.4. Podrozdział ten zawiera opis przygotowania przepisów do kontroli (podrozdział 4.4.1), reguły dla poszczególnych przepisów (podrozdział 4.4.2), przebieg kontroli modelu (podrozdział 4.4.3). Wykorzystany został program Solibri Office. Cały proces sprawdzania był procesem automatycznym. Przebieg kontroli modelu przedstawiono w podrozdziale 4.4.3. Wydaje się, że opis ten powinien być bardziej szczegółowy. Pożądanym byłoby przedstawienie konkretnego zestawu działań, który mógłby uzupełnić interesujący schemat procesu kontroli, opracowany przez Doktoranta i przedstawiony na ilustracji 72 (s. 154) Ważnym aspektem jest to, że nazwy reguł wykorzystywanych w procesie sprawdzania zostały zapisane w sposób umożliwiający ich zastosowanie przez osoby nie znające zasad pracy w programie Solibri Office.

Rozprawę kończy rozdział – „Podsumowanie i wnioski”. Doktorant stwierdza, że technologia BIM może stanowić istotne wsparcie procesu zapewnienia jakości w projektowaniu architektonicznym. Kolejnym ważnym aspektem jest uznanie konieczności koordynacji definiowania wymagań, zasad wykorzystania technologii BIM, narzędzi kontroli modeli i projektów. Doktorant zwraca uwagę na fakt zwiększania się obszarów wykorzystania BIM spowodowany rozwojem tej technologii. Stwierdza również, że poziom ten jest różny w różnych krajach, co w pośredni sposób potwierdzają dane z Załącznika 2. Recenzent chciałby uzyskać odpowiedź na pytanie jak na tle innych krajów wygląda Polska, czy procedury automatycznego sprawdzania poprawności projektu są stosowane w polskich pracowniach projektowych? Jednym z ważniejszych wniosków jest konieczność kompleksowego podejścia do wykorzystania BIM w projektowaniu. Rozproszenie działań skutkuje powstawaniem rozwiązań zindywidualizowanych i dedykowanych konkretnym zastosowaniom. Doktorant unika przypisywania metodom sprawdzania modeli BIM omnipotencji i słusznie stwierdza, że automatyzacja procesów kontroli nie musi obejmować wszystkich zagadnień. (s. 162)

Rozdział ten zawiera również rozważania na temat kierunków dalszych badań. Prognozyka w zakresie rozwoju technologii informatycznych jest rzeczą bardzo trudną, jeśli nie niemożliwą. Jednakże należy zgodzić się z Doktorantem, że rozwój BIM jako narzędzia projektowania i kontroli będzie postępował. Nowe obszary otwiera standard IDS, który umożliwia definiowanie w sposób czytelny dla człowieka i jednocześnie zdatny do przetwarzania maszynowego. Nie bez znaczenia jest również według Doktoranta rozwój sztucznej inteligencji i wykorzystywanie w analizie języka naturalnego. Recenzent podziela poglądy Doktoranta w tej kwestii.

W rozdziale tym brakuje niestety bardziej bezpośrednich odniesień do trzech głównych tez rozprawy. Zawarte stwierdzenia możemy uznać za potwierdzenie udowodnienia założonych tez, ale dla jasności wyводу pożądana byłaby większa precyzja wypowiedzi.

Podsumowanie

Podsumowując należy stwierdzić, że rozprawa prezentuje bardzo wysoki poziom naukowy. Trudno w niej znaleźć nieścisłości, czy też braki logiczne.

Doktorant pokazuje wysokie umiejętności prowadzenia badań naukowych. Przedmiot i zakres pracy oraz zamierzenia badawcze zostały sformułowane właściwie. Przyjęta metoda badań pozwoliła na zebranie wszechstronnej informacji dotyczącej analizowanego problemu. Całość wyводу wzajemnie się uzupełnia, tworząc spójną logiczną całość.

Wartościowym aspektem recenzowanej rozprawy jest osobiste wieloletnie zaangażowanie Doktoranta w rozwój i propagowanie zastosowania BIM w projektowaniu architektonicznym. Na szczególne podkreślenie zasługuje udział w przygotowaniu, uruchomieniu i prowadzeniu przedmiotu „Międzywydziałowy projekt interdyscyplinarny BIM”, co jak pisze „pozwoiliło na przeciwiczenie zagadnień projektowania zintegrowanego i zastosowania technologii BIM”. (s. 11). Ważnym dla dysertacji było również opracowanie i prowadzenie autorskiego projektu „Integracja procesów projektowania BIM”. Nie bez znaczenia jest również równoległe zaangażowanie Doktoranta w zawodowe projektowanie architektoniczne.

Wszystko to pozwoliło na kompetentne przeprowadzenie rozważań w zakresie analizy potrzeb i możliwości zapewnienia jakości w projektowaniu architektonicznym. Dysertację należy uznać za wartościową, porządkującą obecny stan wiedzy i ukazującą perspektywę dalszego rozwoju metod komputerowego wspomaganie projektowania architektonicznego. Recenzent podkreśla wysoką jakość procesu analizy i bardzo umiejętną prezentację wyników, mimo niewielkich zastrzeżeń edytorskich w odniesieniu do części graficznej.

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. Pawła Przybyłowicza do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

