

Kraków, 12.09.2023

dr hab. inż. arch. **Przemysław Markiewicz-Zahorski**, prof. PK, MBA

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
Wydział Architektury
Katedra Projektowania Architektoniczno-Budowlanego A-04

Recenzja rozprawy doktorskiej

pt. "**Analiza uwarunkowań wykorzystania metod sprawdzania modeli zgodnych z BIM w projektowaniu architektonicznym**",

wykonanej przez mgr inż. arch. **Pawła Przybyłowicza**,
przygotowanej pod kierunkiem Promotora prof. dr. hab. inż. arch. Stefana Wrony.

Formalną podstawą recenzji jest pismo prof. dr. hab. inż. arch. Krystyny Solarek z dnia 14.07.2023 - zgodnie z Uchwałą Rady Naukowej Dyscypliny Architektura i Urbanistyka . Politechniki Warszawskiej, o opracowanie rozprawy doktorskiej mgr.inż.arch. Pawła Przybyłowicza.

Projektowanie architektoniczno-budowlane w BIM od ponad 2 dekad staje się coraz powszechniej stosowanym standardem w warsztacie pracy architektów i współpracujących z nimi projektantów branżowych. Z roku na rok wzrasta dostępność stale udoskonalanych profesjonalnych platform oprogramowania, które umożliwiają prowadzenie procesu projektowania jako budowy wirtualnego modelu. Model taki powiązany jest z olbrzymią bazą danych, która parametryzuje wszystkie elementy wirtualnego projektu w trójwymiarowej przestrzeni.

Projektowanie w BIM w porównaniu do projektowania opartego na przygotowywaniu dokumentacji dwuwymiarowej to rewolucyjna zmiana warsztatu projektanta obejmująca nie tylko sam proces projektowania, ale również realizację inwestycji i zarządzanie budynkiem.

BIM umożliwia ciągły i natychmiastowy dostęp do informacji o projekcie, jego kosztach, harmonogramach prowadzenia budowy, itd. Cyfrowe dane projektowe w połączeniu z innowacyjną technologią parametrycznego modelowania informacji dają znaczące korzyści zarówno ekonomiczne jak i w jakości opracowań projektowych.

W BIM mogą być również opracowywane projekty branżowe, jak projekty konstrukcyjne, projekty branży sanitarnej, itd. Zaaprobowany przez wszystkich producentów oprogramowań w standardzie BIM format IFC, opracowany i promowany przez Building Smart, umożliwia płynną wymianę plików z wirtualnym modelem budynku pomiędzy różnymi specjalistycznymi programami, pozwalającymi

na analizy konstrukcyjne, analizy efektywności energetycznej, nasłonecznienia, działania wentylacji, symulacje ewakuacji w razie pożaru, itp. IFC opiera się na ujednoczonym interfejsie zapewniającym współpracę między oprogramowaniem od różnych producentów, dzięki czemu spełnione jest założenie BIM o nieograniczonej wymianie informacji. Ze względu na duży przepływ informacji podczas opracowywania wielobranżowych projektów w standardzie BIM ważnym aspektem jest sprawdzanie i weryfikacja poprawności wprowadzanych do projektu rozwiązań projektowych - np. pod kątem ich zgodności z przepisami technicznymi, w celu wykrywania kolizji, itd.

Projektowanie w standardzie BIM to problematyka nowa, nie do końca zweryfikowana w praktyce, bardzo szeroka, interdyscyplinarna i wieloaspektowa. Bez wątplenia potrzebne są na ten temat prace badawcze, które w obiektywny sposób i ze wsparciem warsztatu naukowego pozwolą na weryfikację i uporządkowanie optymalnej metodologii projektowania w tym standardzie. Problematyka sprawdzania i weryfikacji projektów w standardzie BIM to ważny element warsztatu pracy architekta. Współczesny budynek musi spełniać coraz ostrzejsze wymagania (np. dotyczące efektywności energetycznej) stając się coraz bardziej złożoną i skomplikowaną strukturą. Weryfikacja i sprawdzanie współczesnych projektów jest w związku z tym wielokryterialne i wieloaspektowe.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została zakwalifikowana przez autora do dyscypliny naukowej architektura i urbanistyka w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych. Podjęta problematyka to warsztat pracy architekta, elementy metodologii pracy projektowej w standardzie BIM i zagadnienia programistyczne usprawniające proces projektowania.

Ocena układu rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa została przygotowana w formie broszury klejonej w formacie A-4. Liczy 212 stron, w tym 164 strony zasadniczego wywodu. Zawiera 20 tabel i 76 ilustracji. Nie podano wydawcy ani innych danych wydawniczych np. numeru ISBN, nakładu i nazwisk recenzentów wydawniczych, co sugeruje, że wydanie to powstało prywatnym staraniem autora.

Struktura pracy jest poprawna i odpowiada zasadom budowy rozpraw doktorskich.

- Rozdział pierwszy Wprowadzenie zawiera uzasadnienie podjęcia tematu, przedstawia problem badawczy, cele, tezy i zakres pracy oraz zastosowane metody badawcze. Ponadto przedstawia stan badań oraz listę skrótów i słownik pojęć.
 - Przedmiot i problem badawczy to proces automatycznej kontroli modelu, określenie jej zakresu oraz sprawdzenie, czy narzędzia programowe pozwalają na automatyzację procesu projektowania w zgodności z przepisami technicznymi.
 - Ogólny cel pracy został zawężony do wykorzystania metod kontroli modeli BIM do oceny zgodności projektu z przepisami. Ograniczone wykorzystanie metod kontroli

modeli BIM wynika (zdaniem autora) z niskiego poziomu wdrożenia BIM oraz niedostatecznej świadomości dostępnych narzędzi i niskiego poziomu wiedzy co do sposobu ich wykorzystania.

- Podstawowa teza pracy zakłada, że skuteczne wykorzystanie BIM do sprawdzania projektów będzie, ważnym wsparciem procesu projektowania pod względem sprawdzenia zgodności rozwiązań projektowych z przepisami technicznymi i przyczyni się do znaczącego podniesienia jakości opracowań projektowych.
 - Zakres pracy badawczej obejmuje: charakterystykę metod i narzędzi kontroli modeli, określenie obszarów ich zastosowania i wymagań oraz ocenę możliwości zastosowania w hipotetycznym projekcie.
 - Metody badawcze to studia literatury tematu, studium przypadku i metoda eksperymentu naukowego
- Zasadnicza część opracowania przedstawiona została w trzech rozdziałach:
- w rozdziale 2 - „*Aspekty sprawdzania modeli BIM*” wskazana jest potrzeba podniesienia jakości opracowań projektowych, czemu służyć może wprowadzenie narzędzi w standardzie BIM. Wyższa jakość dzięki wprowadzeniu BIM to zwiększenie możliwości realizacji złożonych projektów, podniesienie jakości opracowań, redakcja błędów i lepsze wypełnienie wymagań klientów i uwarunkowań projektowych. Jako największą wartość dla firm architektonicznych oraz dla projektantów konstrukcji i instalacji autor wskazuje koordynację przestrzenną i wykrywanie kolizji międzybranżowych. Praca koncentruje się na zagadnieniach jakości w projektowaniu architektonicznym rozumianych jako zgodność projektu ze zdefiniowanymi wymaganiami. Pomimo skoncentrowania się na bardzo technicznym aspekcie projektowania autor jest świadomy, że efekty projektowania architektonicznego są również oceniane pod kątem wielu innych kryteriów jakościowych takich jak: forma, funkcjonalność, odbiór społeczny, ocena środowiska architektonicznego, zgodność z otoczeniem, jednak zastosowanie BIM nie ma już na te aspekty wpływu. Metodologia wprowadzania BIM jest omówiona bardzo dogłębnie i świadczy o bardzo dobrej orientacji autora w tej problematyce.
 - w rozdziale 3 - „*Metody sprawdzania modeli zgodnych z BIM*” narzędzia BIM są przedstawione jako baza danych, której możliwości wykorzystania są coraz bardziej poszerzane a otwarty format IFC (Industry Foundation Classes) i inne otwarte standardy umożliwiają swobodną wymianę tych danych pomiędzy branżami. Użycie otwartych formatów danych pozwala na rozwijanie narzędzi BIM niezależnych od konkretnego producenta oprogramowania. Metody kontroli projektów realizowanych w technologii BIM zostały opisane z uwzględnieniem rodzaju wykorzystywanych informacji, zasady i logiki działania, poziomu automatyzacji oraz sposobu wykorzystania wyniku sprawdzenia. Rozdział ten, podobnie jak poprzedni, jest omówiony dogłębnie i świadczy o bardzo dobrej orientacji autora, który oparł się na osobistych doświadczeniach oraz praktycznej znajomości oprogramowania BIM. Uzupełnione jest to opisem przykładów i doświadczeniami w tym zakresie z różnych

krajów. Jako przykład narzędzia do kontroli modeli wskazane jest oprogramowanie Solibri, które umożliwia sprawdzanie modeli BIM pod kątem różnych wymagań przy pomocy zautomatyzowanych reguł.

- w rozdziale 4 - „Kontrola hipotetycznego modelu testowego” wykonana została kontrola modelu BIM hipotetycznego projektu wielorodzinnego budynku mieszkalnego. Do celów kontroli dokonano wyboru przepisów z warunków technicznych związanych z projektowaniem wielorodzinnych budynków mieszkalnych. Następnie przepisy te przeanalizowano pod względem możliwości wykorzystania w automatycznym sprawdzaniu modeli BIM. Wybrane przepisy autor ograniczył do Działu III warunków technicznych „Budynki i pomieszczenia”. W sprawdzeniu wzięto pod uwagę 13 zagadnień wynikających z przepisów. Autor uzasadnia to faktem, że ponad połowa przepisów z Działu III zawiera wymagania zdefiniowane w sposób umożliwiający ich wykorzystanie w kontroli projektów w BIM, co umożliwia opracowanie reguł w tym zakresie i zautomatyzowanie sprawdzania wymagań. Wybrane przepisy dotyczą prostych problemów projektowych, które wymagają różnego podejścia do sprawdzania, o różnym stopniu złożoności, jeżeli chodzi o przygotowanie reguł sprawdzania. W procesie przygotowywania modelu, definiowania reguł a następnie weryfikacji poprawności ich działania wykorzystywane były mechanizmy Solibri Office umożliwiające aktualizację modelu IFC po zmianach, cykliczne uruchamianie sprawdzenia lub dodawanie nowych uwag i ich synchronizację z modelem natywnym przy pomocy formatu BCF lub chmury BIMcollab. Opisane studium przypadku podobnie jak wcześniejsze rozdziały świadczy o dogłębnej wiedzy autora nt. problematyki BIM.

O ile jednak rozdział 2 i 3 omawiają poruszane tematy bardzo szeroko i przekrojowo to analiza budynku mieszkalnego jako studium przypadku powoduje następującą refleksję - bardzo zawężony obszar badawczy wymaga niewspółmiernie dużego w stosunku do efektów nakładu pracy. Efekty tej pracy polegają na sprawdzeniu podstawowych relacji wymiarowych, czy są zgodne z obowiązującymi przepisami.

Szersze rozwinięcie tej krytycznej uwagi co do zakresu badań znajduje się w dalszej części recenzji (uwagi krytyczne).

- Opracowanie zakańcza podsumowanie, wnioski i plan dalszych badań. Autor stwierdza, że proces sprawdzania projektów w BIM jest czasochłonny oraz wymaga doświadczenia i wiedzy branżowej. Przyznaje również, że skomplikowanie tego procesu powoduje, że projektanci chętniej sięgają po proste metody takie jak przeglądanie modelu, wizualizacja informacji lub generowanie zestawień w celu kontroli projektu. Z drugiej jednak strony automatyczna kontrola projektu od wczesnego etapu pracy pozwala na szybkie wyłapanie błędów a jednocześnie odciąża projektanta w tym zakresie. W Polsce wdrożenie BIM jest zdaniem autora na początkowym etapie i w związku z tym autor postuluje tworzenie standardów ogólnokrajowych uwzględniających przepisy, poziom wykorzystania BIM i specyfikę lokalnego rynku budowlanego.
- Całość rozprawy uzupełniona została trzema załącznikami zawierającymi analizę wybranych przepisów, przegląd zestawów kontroli projektów oraz opisy reguł w programie Solibri.

Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Bibliografia pracy zawiera 61 pozycji.

Dobór źródeł jest poprawny i świadczy o dobrej orientacji i szerokiej wiedzy autora nt. poruszanej problematyki.

W pracy wykorzystano różne źródła, w tym ogólne opracowania nt. BIM, raporty branżowe i raporty dotyczące poziomu wdrożenia technologii BIM, artykuły naukowe, specyfikacje i opisy standardów technicznych związanych z technologią BIM, opisy wymagań związanych z zasadami wdrażania BIM w poszczególnych krajach oraz normy definiujące zastosowanie i wykorzystanie technologii BIM.

Jako ważna i kluczowa pozycja, pozwalająca na przekrojowe zapoznanie się z problematyką projektowania w standardzie BIM, słusznie jest wskazany „BIM handbook” (2018).

Pośród polskich publikacji znalazły się m.in. najważniejsze pozycje, jak:

- „Cyfryzacja procesu budowlanego – Mapa drogowa dla wdrożenia metodyki BIM w zamówieniach publicznych”, realizowanego przez Ministerstwo Rozwoju
- podręcznik „BIMStandard PL”, który powstał pod patronatem PZPB, PZITB i SARP, przy współudziale firm Skanska, Budimex, Warbud, PORR oraz ekspertów Fundacji EccBIM i jak głosi adnotacja, w jego opracowaniu uczestniczył Urząd Zamówień Publicznych.

W pracy wykorzystano również opisy standardów, w tym najważniejsze zdaniem recenzenta standardy buildingSMART i format wymiany IFC - umożliwiające w praktyce współpracę pomiędzy różnymi branżami i przenoszenie opracowania projektowego pomiędzy różnymi programami (np. architekt - konstruktor - instalator).

Autor słusznie też zwrócił uwagę na fakt, że technologia BIM jest definiowana na wielu płaszczyznach, m.in. opisanych i zdefiniowanych w normach ISO.

Praca jest mocno zawężona tematycznie, co niestety pozostaje jej sporą wadą. Zdaniem recenzenta brakuje materiałów źródłowych omawiających pełne spektrum metodologii BIM, rozumianej jako:

- 1) platformę współpracy międzybranżowej - np. w obliczu zmian klimatycznych bardzo ważna jest dzisiaj problematyka analiz efektywności energetycznej budynków i przepływ informacji pomiędzy architektem i projektantami instalacji c.o., c.w.u., OZE. Ze sprawdzania projektu pod tym kątem wynikają korekty przegród, wielkości przeszkleń, dobór instalacji, itd. Metodologia IED (Integrated Energy Design) jest szeroko opisywana. W rozprawie brakuje źródeł na ten temat.
- 2) platformę działającą w całym cyklu życia budynku - np. problematyka sprawdzania projektu pod kątem przeniesienia go do fazy realizacji budynku (organizacja placu budowy, harmonogramy prowadzenia prac, itp.) a następnie do fazy eksploatacji i przysłowiowej wymiany przepalanej żarówki przez administratora budynku na podstawie zapisanych parametrów z modelu BIM.

To wszystko stanowi wielokryterialne i wieloaspektowe „SPRAWDZANIE MODELI ZGODNYCH Z BIM”. Taki jest przecież temat rozprawy. Artykułów i publikacji naukowych nt tzw „cyklu życia budynku” jest bardzo dużo.

Przykładem materiałów źródłowych, gdzie można znaleźć wiele informacji, które przekrojowo systematyzują problematykę projektowania w BIM, są np. doskonale opisane coroczne, międzynarodowe konkursy projektów zgłaszanych do Building Smart International Awards.

Projekty zgłaszane są w różnych kategoriach i są najbardziej aktualnym przeglądem praktycznego zastosowania openBIM w najbardziej prestiżowych projektach i ich realizacjach. Rekomenduję to źródło wiedzy nt BIM z całym przekonaniem, jako członek międzynarodowego Jury tego konkursu.

Ocena zastosowanych metod badawczych

W pracy zastosowano 3 metody badawcze: studia literatury tematu, studium przypadku oraz metodę eksperymentu naukowego.

- Studia literatury tematu - zdaniem recenzenta w pracy brakuje szerszego i przede wszystkim czytelnie systematyzującego omówienia problematyki projektowania w BIM.
- Studium przypadku - Opisane zostały wybrane przykłady zastosowania kontroli modeli BIM w różnych obszarach. Opisany też został przykład ogólnodostępnego, komercyjnego narzędzia do sprawdzania modeli BIM – programu Solibri Office oraz możliwości jego wykorzystania w przykładowych projektach.
- Metoda eksperymentu naukowego - została oparta na kontroli przykładowego modelu BIM w wybranych aspektach dotyczących przepisów wynikających z rozporządzenia na temat warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki. W celu potwierdzenia badań prowadzonych na etapie analizy dostępnych narzędzi kontroli modeli BIM opracowano zestaw reguł i wymagań dotyczący wybranych przepisów a następnie przetestowano przykładowy projekt. Miało to na celu sprawdzenie w jakim stopniu ogólnodostępne specyfikacje wynikające ze światowych standardów BIM są wystarczające do prowadzenia analizy projektów wykonywanych w BIM w warunkach polskich. Głównym elementem eksperymentu było przygotowanie reguł sprawdzających model w programie Solibri Office.

Zastosowane metody badawcze są poprawne i zastosowane w logicznej kolejności.

Pozostaje pytanie o zakres i spektrum badań. Badania nad weryfikacją poprawności wymiarów w projekcie to zaledwie drobny punkt pośród tego, co pozwala sprawdzać i weryfikować metodologia i narzędzia BIM. Jako recenzent piszący z perspektywy nie tylko pracownika naukowego ale i praktykującego architekta muszę stwierdzić, że przedstawiona praca jest tak zawężona w podjętych badaniach, tak pracochłonne są procedury przygotowania reguł sprawdzających projekt, że wręcz zniechęca do stosowania BIM, szczególnie kogoś kto pracował dotychczas w standardzie CAD 2D i zastanawia się czy warto wdrożyć BIM.

Tymczasem mamy inne problemy do rozwiązania w projektach, które bardzo potrzebują sprawnych narzędzi sprawdzających i do weryfikacji rozwiązań projektowych. Zdaniem recenzenta

bez trudu można wykazać, że BIM warto wdrażać. Przykłady co można sprawdzać i weryfikować w BIM szybko i w zautomatyzowany sposób można mnożyć. Poniżej tylko 3 przykłady na sprawdzanie i weryfikację rozwiązań projektowych, moim zdaniem zachęcające do wdrażania BIM, których rozwiązanie „ręcznie” to duży nakład pracy:

- 1) automatyczne sprawdzanie i weryfikacja współczynnika przenikania ciepła U dla wszystkich przegród warstwowych i współczynnika EP dla całego budynku
- 2) sprawdzanie i weryfikacja czasu nasłonecznienia dla każdego wybranego okna w budynku mieszkalnym, uwzględniająca wzajemne zacienianie
- 3) analiza określająca ilość dni z problemem nadmiernego przegrzewania pomieszczenia i wynikające z tego korekty wielkości przeszklenia i dobór elementów zacieniających

Określanie wysokości pomieszczeń i wielkości drzwi to w kontekście tylko trzech wyżej wymienionych problemów to zagadnienie banalne, które poprzez automatyzację nie powoduje znaczącej oszczędności czasu a wręcz przeciwnie pochłania go więcej ze względu na wstępne ustawienia oprogramowania, które trzeba wykonać samodzielnie.

Uwagi krytyczne

Celem pracy kandydata jest wykazanie, że technologia BIM może stanowić istotne wsparcie procesu zapewnienia jakości w projektowaniu architektonicznym. Jednym z głównych czynników jest możliwość automatyzacji wybranych metod sprawdzania modeli BIM i zmniejszenie koniecznych nakładów związanych z kontrolą projektu. To prawda. Niestety zaprezentowane badania temu zaprzeczają, ponieważ weryfikacja wymiarów różnych elementów w budynku zgodnie z warunkami technicznymi znacząco zwiększa nakład pracy na przygotowanie narzędzi programowych do weryfikacji takich elementów budynku, których parametry powinny być oczywiste dla każdego projektanta, bo jest to „ABC” zawodu architekta.

Jak podsumowuje wyniki badań autor, kontrola modelu BIM wymagała uwzględnienia wielu uwarunkowań na etapie jej przygotowania i prowadzenia. Sprawdzone zostało w jakim stopniu narzędzia do tworzenia i kontroli modeli BIM mogą być wykorzystane do oceny zgodności projektu z przepisami. Wyniki badań dotyczą jednak bardzo wąskiego i niepełnego zakresu wymagań, jakie stawiane są nowo projektowanym budynkom. Pominięte zostało wiele istotnych wymagań. Jedyne biorąc pod uwagę warunki techniczne to np. wymagania związane z bezpieczeństwem pożarowym, ochroną cieplną, nasłonecznieniem, itd.

W rozdziale 1.2 „Przedmiot i problem badawczy” kandydat słusznie zauważa że: *„Cyfryzacja branży nie powinna ograniczać się do wybranych zagadnień, lecz obejmować możliwie najszerszy obszar.”* Jednakże już w następnych zdaniach stwierdza, że *„ze względu na złożoność procesów do ich wdrożenia niezbędna jest specjalistyczna wiedza i spełnienie wielu uwarunkowań, co może powodować niechęć do dodatkowych działań i organicznie się tylko do tych najprostszych”*. Zaskakuje, że kandydat, który - choćby przez samo podjęcie tematu

problematyki projektowania w standardzie BIM wydaje się być entuzjastą stosowania takich narzędzi wręcz zniechęca do ich stosowania.

Zdaniem recenzenta to nie projektowanie w BIM jest problemem. Projektowanie w BIM znacząco upraszcza i przyspiesza wszystkie procesy. Wiedzy wymaga po prostu samo projektowanie architektoniczno-budowlane. Projektant jest zobowiązany do wykonania projektu zgodnie z obowiązującymi przepisami bez względu na to czy projekt opracuje kreśląc go rapidografem, używając prostego Autocada 2D, czy budując wirtualny model w oprogramowaniu BIM.

Najważniejszym wyróżnikiem projektowania w standardzie BIM, o czym kandydat wspomina w rozprawie bardzo zdawkowo, jest przesunięcie głównego nakładu pracy na wczesne fazy procesu projektowego (etap koncepcji), dzięki czemu możliwości wpływania na efektywność są największe, przy jednocześnie najniższych kosztach i najmniejszych trudnościach z tym związanych. Obrazuje to słynna, już do znudzenia pokazywana, krzywa autorstwa dyrektora biura HOK, Patricka MacLeamy'ego. Uskarżanie się architektów na większą ilość pracy w BIM na etapie koncepcji jest o tyle mało zasadne, że jest to z nawiązką rekompensowane o wiele mniejszą ilością pracy w dalszych fazach, gdy model jest już tylko nasycany uszczegóławianiem informacji.

Zdaniem recenzenta weryfikacja poprawności wymiarów budynku zgodnie z warunkami technicznymi i kontrola doboru stolarki okiennej i drzwiowej to zawężenie faktycznych problemów, jakie rozwiązywać powinno stosowanie różnych metod sprawdzania modeli budynków projektowanych w BIM. Co więcej, pomimo że sprawdzenie dotyczy banalnych i elementarnych aspektów projektu, to wymaga niewspółmiernego nakładu pracy przy zaprogramowaniu takiej zautomatyzowanej kontroli. Trudno wyobrazić sobie w praktyce projektowej, żeby architekt poświęcał czas na zaprogramowanie mechanizmu automatycznego sprawdzania podstawowych wymiarów w budynku, ponieważ jest to elementarna wiedza.

Przykłady co można poddać w opracowaniu projektowym automatycznej kontroli i co jest w praktyce autentycznie potrzebne do weryfikowania i sprawdzania można mnożyć. Niestety, poza weryfikacją podstawowych wymiarów w budynku, nie ma w rozprawie przykładów sprawdzania i weryfikacji innych parametrów.

Poniżej przedstawiam tylko kilka przykładowych problemów projektowych, potrzebnych do weryfikacji i sprawdzania w procesie projektowania, które technologia BIM pozwala spektakularnie rozwiązać:

- Brakuje w rozprawie omówienia możliwości automatyzacji i weryfikacji czasu nasłonecznienia - bardzo istotnego problemu w projektowaniu w szczególności architektury mieszkaniowej, która omawiana jest w pracy jako studium przypadku. Poprzestanie na weryfikacji, czy wielkość okien stanowi min. 1/8 powierzchni podłogi pomieszczenia to najmniejszy i wręcz banalny problem dla projektanta w kontekście przeszkleń w budynku - zazwyczaj wykonywany rutynowo.

Czasochłonne i trudne jest natomiast sprawdzenie, czy pomieszczenia mają zapewniony czas nasłonecznienia wynoszący co najmniej 3 godziny w dniach równonocy, dla mieszkań w godzinach 7.00-17.00. W programie Archicad, który używa autor, jest np. dostępny dodatek

MultibimSUN, który pozwala na automatyczne sprawdzanie czasu nasłonecznienia dla poszczególnych okien.

- Brakuje w rozprawie omówienia możliwych w BIM analiz dotyczących ochrony cieplnej - obecnie jest to bardzo ważny aspekt opracowań projektowych. BIM umożliwia analizy energetyczne i korekty rozwiązań na wczesnym etapie prac projektowych. IED (Integrated Energy Design) to metodologia zupełnie pominięta w rozprawie. Możliwość bardzo precyzyjnych symulacji efektywności energetycznej w cyklu dobowym i godzinowym dla całego roku i wynikające z tego korekty w rozwiązaniach projektowych, to bardzo ważny wyróżnik możliwości BIM, który jest absolutnie nieosiągalny w projektowaniu w 2D. W programie Archicad, którym posługuje się kandydat, jest przecież zintegrowany na wspólnej platformie dodatek Eko Designer, umożliwiającą właśnie taką weryfikację i sprawdzenie projektu.
- Kolejnym elementem, którego brakuje w rozprawie to zestawienia materiałowe i ich kontrola. Jest to kolejny, charakterystyczny wyróżnik projektowania w BIM, który daje wręcz niesamowite zwiększenie efektywności w porównaniu z tradycyjnym projektowaniem w systemach 2D. Projektując w BIM, co oznacza wirtualny model w 3 wymiarach, większość informacji mamy zawartą na wczesnych etapach projektu (np. warstwy ścienne, stropowe i dachowe, zestawienia stolarki itp.). Materiały mają przypisane cechy fizyczne (współczynnik przewodzenia ciepła materiałów budowlanych, gęstość objętościowa, itp) Kontrola w tym kontekście to np. automatyczna weryfikacja współczynnika przenikania ciepła U dla struktur warstwowych tworzących zewnętrzną obudowę budynku i „czerwona lampka” jak jakieś przegrody nie spełniają minimalnych wymagań zawartych w warunkach technicznych.
- Projekt w BIM wymaga również kontroli i weryfikacji plików wymienianych pomiędzy projektantami różnych branż. O tym problemie również w rozprawie jest bardzo mało informacji. IFC jest otwartym standardem służącym do opisu modeli BIM i jest kluczowy dla transferów o niskiej utracie danych, dotyczących na przykład geometrii, konstrukcji i innych właściwości (atrybutów) trójwymiarowego komponentu. Przykładowo dzięki IFC architekt pracujący w programie Archicad może wysłać w IFC pliki z projektem do konstruktora pracującego w programie Tekla-Structures lub Robot. Model więźby dachowej wykonany jako dokładny model geometryczny można wyeksportować dla konstruktora w wersji jedynie z wektorami na osiach elementów konstrukcyjnych, co znacznie upraszcza analizy statyczne i eliminuje częsty problem niestykania się elementów przedstawianych tylko jako osie. Wymaga to jednak uważnego sprawdzenia i weryfikacji modelu pod tym kątem.
- Czytając rozprawę można odnieść mylne wrażenie, że weryfikacja i sprawdzanie modeli projektowych w BIM może być przeprowadzane i weryfikowane tylko w programie SOLIBRI. Tymczasem we współczesnych projektach sprawdzanie i weryfikacja modeli to cały pakiet działań i różne specjalistyczne programy. Polecam autorowi przestudiowanie map transferów plików BIM, załączanych w opracowaniach wspomnianego wcześniej konkursu Building Smart Awards. Przykłady sprawdzania modeli BIM, które stają się w wielu krajach czy globalnych biurach projektowych standardem to np.:
 - Sprawdzanie konstrukcji: ARCHICAD lub REVIT <-> IFC <-> program TEKLA
 - Sprawdzanie wentylacji: ARCHICAD lub REVIT <-> IFC <-> program ANSYS

- Sprawdzanie nasłonecznienia pomieszczeń: ARCHICAD lub REVIT <-> IFC <-> program ENSCAPE
- Sprawdzanie pod kątem p-poż i ewakuacji: ARCHICAD lub REVIT <-> IFC <-> program PATHFINDER i PYROSIM (dostępne w polskich wersjach)
- Sprawdzanie i weryfikacja prowadzenia instalacji: ARCHICAD lub REVIT <-> IFC <-> program FUZOR
- Sprawdzanie projektu w kontekście urbanistycznym: ARCHICAD lub REVIT <-> IFC <-> program LUMION z importem OSM
- Itd

Podsumowanie i wniosek końcowy

Problematyka dotycząca współczesnego warsztatu architekta jest bardzo ważna. Jesteśmy w okresie rewolucyjnych zmian w tym zakresie w kierunku wprowadzania standardów BIM. To nieuchronny kierunek ewolucji zawodu architekta. Efekt modelowania danych w wirtualnym modelu BIM zależy nie tyle od samego typu software'u, co od umiejętności jego użytkownika. Samo oprogramowanie nic za nas nie zrobi, za wyjątkiem wygenerowania zestawień z wprowadzonych przez nas danych. Do bazy danych trzeba wprowadzić odpowiednie kryteria. Modelujący budynek specjalista musi mieć świadomość, w jaki sposób poszczególne elementy składają się na całość, musi praktycznie wiedzieć, jak wygląda proces budowlany krok po kroku. Ilość takich fachowców na naszym rynku będzie decydować o tempie postępu BIM w polskich branżach projektowych i dalej w polskim przemyśle budowlanym.

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy badań i analiz dotyczących metodologii prac projektowych, wykorzystania nowoczesnych narzędzi programistycznych i ich optymalizacji służącej poprawie jakości tworzonych w standardzie BIM dokumentacji projektowych. Umiejętność wykorzystania zapisanych w projekcie danych dla ewaluacji w celu sprawdzenia zgodności z obowiązującymi przepisami i normami budowlanymi jest ważnym aspektem technologii BIM. Podjęte przez kandydata badania są w związku z tym wartościowe, jednak ze względu na zawężenie spektrum badań słuszną byłaby ich kontynuacja na wskazanych w recenzji polach.

Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne nie umniejszają wartości pracy, która w opinii recenzenta jest interesująca i została przygotowana zgodnie z zasadami budowy prac doktorskich. Paweł Przybyłowicz wykazał się znajomością podjętej problematyki projektowania w standardzie BIM oraz zrozumieniem zagadnień budowlanych i architektonicznych. Rozprawa prezentuje ogólną wiedzę kandydata w dyscyplinie Architektura i Urbanistyka oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Widoczna jest wiedza i profesjonalizm autora w zakresie korzystania z oprogramowania w technologii BIM. Wyraźnie duży udział - wyrastający ponad potrzeby pracy- stanowi część

poświęcona opracowaniu reguł i algorytmów automatyzujących weryfikację i sprawdzanie rozwiązań projektowych w kontekście obowiązujących przepisów.

Wydaje się, że dominanta dotycząca zagadnień programistycznych powoduje, że praca nabiera charakteru interdyscyplinarnego pomiędzy warsztatem architektonicznym a informatyką.

Pozostaje niedosyt podaży informacji traktujących przekrojowo problematykę weryfikacji i sprawdzania opracowań projektowych oraz systematyzujących zagadnienia. Recenzent ma nadzieję, że z biegiem czasu autor mocniej zaangażuje się w kontynuację badań naukowych w tej dziedzinie ujmując problematykę z szerszej i całościowej perspektywy.

Reasumując - rozprawa Pawła Przybyłowicza spełnia wszelkie warunki ustawowe stawiane rozprawie doktorskiej i stanowi moim zdaniem w pełni udokumentowaną podstawę dopuszczenia do jej publicznej obrony. W związku z powyższym wnioskuję o przyjęcie przez Radę Naukową Dyscypliny Architektura i Urbanistyka Politechniki Warszawskiej przedmiotowej rozprawy oraz dopuszczenie mgr inż. arch. Pawła Przybyłowicza do jej publicznej obrony.



Przemysław Markiewicz-Zahorski