



## Wykorzystanie technologii BIM w procesie eksploatacji budynku

Jacek Nawrot<sup>1</sup>

### STRESZCZENIE:

Celem niniejszej pracy jest prezentacja możliwości wykorzystania technologii BIM w procesie eksploatacji budynku. Przedstawiono informacje ogólne dotyczące rozwoju technologii BIM, omówiono zagadnienia dotyczące wielowymiarowości modeli BIM, podając zakres informacji przypisanych do każdego  $n$ -wymiarowego modelu. Omówiono wpływ zastosowania modelowania BIM na obniżenie kosztów eksploatacji budynku, podając czynniki pozwalające na osiągnięcie tego celu. Przedstawiono przykładowy zakres informacji dostępnych na podstawie cyfrowego modelu budynku z podziałem na poszczególne moduły tematyczne. Wskazano na konieczność indywidualnego podejścia do konfigurowania baz danych przypisanych do wirtualnego modelu obiektu, uwzględniającego specyfikę budynku oraz wymagania użytkownika. Zwrócono uwagę na konieczność bieżącej aktualizacji informacji przypisanych do modelu w celu efektywnego zarządzania budynkiem.

### SŁOWA KLUCZOWE:

BIM; cyfrowy model budynku; zarządzanie obiektem

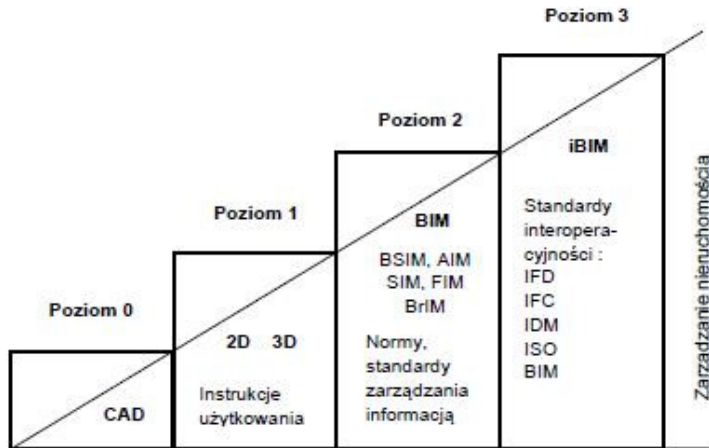
## 1. Wprowadzenie

Ciągły rozwój technologii informatycznych znajduje odzwierciedlenie w poszczególnych dziedzinach działalności człowieka, w tym również w budownictwie, zmieniając dotychczasowe podejście do procesów i działań podejmowanych w celu realizacji określonego celu (np. inwestycji budowlanej). Przykładem zastosowania takiej technologii w procesie inwestycyjnym, ale również podczas eksploatacji obiektu jest BIM (Building Information Modeling, czyli Modelowanie Informacji o Budynku). Od razu należy jednak zaznaczyć, że technologia ta nie ogranicza się tylko do budynków, ale z powodzeniem może być stosowana do innych obiektów budowlanych. Realizując inwestycje wg tej metodologii tworzony jest najpierw cyfrowy model, zawierający wszystkie niezbędne informacje opisujące dany obiekt: geometrię 3D uwzględniającą architekturę, konstrukcję, budowę podłoża gruntowego, przebieg instalacji, cechy fizyczne oraz parametry techniczne zastosowanych materiałów i urządzeń, ich koszt, harmonogramy realizacji poszczególnych etapów robót, parametry użytkowania (zapotrzebowanie na media, analiza ich zużycia) itp. Dzięki temu powstaje wirtualny model obiektu, który może być poddany różnorodnym analizom jeszcze przed rozpoczęciem procesu inwestycyjnego w celu np.: lokalizacji ewentualnych kolizji projektowych lub wykonawczych, optymalizacji kosztów związanych z późniejszą eksploatacją obiektu. Podczas realizacji inwestycji wszystkie informacje są na bieżąco aktualizowane, dzięki czemu po zakończeniu procesu budowy otrzymujemy model cyfrowy będący wiernym odzwierciedleniem rzeczywistego obiektu. W niniejszej pracy zaprezentowano możliwości wykorzystania technologii BIM w procesie eksploatacji budynku.

<sup>1</sup> Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42–218 Częstochowa, e-mail: jnawrot@bud.pcz.pl, orcid id: 0000-0002-9581-1388

## 2. Podstawowe informacje dotyczące technologii BIM

Powstanie technologii BIM było możliwe dzięki stopniowej informatyzacji procesów związanych z projektowaniem obiektu. Poszczególne etapy rozwoju, począwszy od dokumentacji papierowej, a skończywszy na wielowymiarowych modelach BIM, pokazano na rysunku 1, opracowanym na podstawie najczęściej wykorzystywanego schematu obrazującego ewolucję tej technologii.



**Rys. 1.** Poziomy rozwój technologii BIM; wyjaśnienie skrótów użytych na rysunku: CAD – projektowanie wspomagane komputerowo, 2D – modelowanie dwuwymiarowe, 3D – modelowanie trójwymiarowe, BIM – modelowanie informacji o budynku, BSIM – informacyjny model budynku dotyczący jego utrzymania, AIM – informacyjny model dotyczący architektury, SIM – informacyjny model dotyczący konstrukcji, FIM – informacyjny model dotyczący zarządzania budynkiem, BrIM – informacyjny model dot. mostów, IFD – międzynarodowy słownik ramowy, IFC – format zapisu i wymiany wirtualnych modeli obiektów budowlanych, IDM – wytyczne dokumentowania wymiany informacji

Poziom 0 odnosi się do papierowej dokumentacji projektowej, która jest podstawowym nośnikiem informacji, natomiast poszczególne jej elementy przechowywane są w wersji elektronicznej w plikach CAD.

Poziom 1 obejmuje modelowanie dwuwymiarowe 2D, ale wprowadzony zostaje ponadto model przestrzenny obiektu 3D (najczęściej na potrzeby wizualizacji), tworzone są również modele konstrukcji 3D, ale informacje z poszczególnych branż nie są nanoszone na jeden, wspólny model.

Poziom 2 dotyczy sytuacji, w której powstaje zintegrowany model BIM dla danego obiektu budowlanego, zawierający informacje geometryczne z poszczególnych branż (architektura, konstrukcja, instalacje) oraz dane dotyczące czasu realizacji poszczególnych etapów inwestycji, harmonogramów dostaw, kosztów, budżetu, a także informacji niezbędnych do zarządzania wykonanym obiektem. Następuje wymiana informacji między uczestnikami procesu inwestycyjnego w oparciu o przyjęte standardy wymiany danych.

Poziom 3 obejmuje najwyższy poziom integracji modelu BIM, w którym w jednym pliku znajdują się wszystkie dane dotyczące danego obiektu. Plik ten może zawierać odniesienia do innych baz danych w celu wymiany informacji. Wszyscy uczestnicy procesu inwestycyjnego, a także zarządzający obiektem wprowadzają i wymieniają między sobą potrzebne informacje, stale aktualizując cyfrowy model obiektu. Z uwagi na wymagania w zakresie sprzętu, szybkości i bezpieczeństwa przesyłania danych jest to poziom, do osiągnięcia którego dąży współczesny BIM.

Kolejnym zagadnieniem związanych z tworzeniem modeli BIM jest ich wielowymiarowość [1], określająca stopień zaawansowania i tym samym zakres informacji zawartych w modelu (rys. 2).

3D	Modelowanie geometryczne				
4D	Modelowanie geometryczne	Czas			
5D	Modelowanie geometryczne	Czas	Koszty		
6D	Modelowanie geometryczne	Czas	Koszty	Ekologia	
7D	Modelowanie geometryczne	Czas	Koszty	Ekologia	Eksploatacja

Rys. 2. Zakres informacji przypisanych do poszczególnych wymiarów modeli BIM

Model 3D zawiera informacje geometryczne obiektu osadzone w trójwymiarowej przestrzeni, w zakresie architektury, konstrukcji, instalacji. Dodając kolejny parametr – czas, opisujący długość poszczególnych etapów inwestycji, przechodzimy do modelu 4D, na podstawie którego możemy tworzyć harmonogramy budowy. Uzupełniając model 4D o koszty budowy, przechodzimy do modelu 5D, dzięki któremu uzyskujemy możliwość tworzenia kosztorysów oraz budżetu inwestycji szybciej i prościej niż przy tradycyjnym sposobie projektowania. Po uwzględnieniu kolejnych parametrów związanych z ekologią (zużycie energii, poziom hałasu, poziom wytwarzanych odpadów i zanieczyszczeń itp.) otrzymujemy model 6D, na podstawie którego możemy szacować wpływ realizowanej inwestycji na środowisko naturalne. Poszerzając te informacje o parametry eksploatacji (zużycie mediów, harmonogram przeglądów gwarancyjnych, koszty napraw itp.) uzyskujemy model 7D, na podstawie którego możemy sprawnie i efektywnie zarządzać budynkiem.

Istotną cechą jest, aby rozwój technologii BIM był procesem uporządkowanym, mającym umocowanie w systemie prawnym. Krajem, który wskazuje się jako przykład dla innych w tym zakresie, jest Wielka Brytania, której rząd dokumentem Government Construction Strategy [2] wytyczył drogę rozwoju i wdrażania technologii BIM w tym kraju. Powstały również odpowiednie normy przedmiotowe [3–5], które porządkują zagadnienia związane ze stosowaniem BIM-u w procesie inwestycyjnym. W Polsce do chwili obecnej nie uchwalono żadnych aktów prawnych w tym zakresie, nie ma również żadnej rządowej strategii dotyczącej rozwoju technologii BIM, w związku z tym wdrażana jest ona oddolnie przez podmioty zainteresowane jej stosowaniem.

### 3. Wykorzystanie modelu BIM w procesie eksploatacji

#### 3.1. Informacje wstępne

Stosowanie technologii BIM na etapie eksploatacji budynku ma na celu nie tylko usprawnienie procesu zarządzania obiektem, ale również zmniejszenie związanych z tym kosztów. Zaznaczyć należy, że koszty eksploatacji stanowią największą grupę spośród wszystkich wydatków związanych z realizacją i użytkowaniem budynku (rys. 3). Według różnych opracowań sięgają one od 70 do 80% kosztów całkowitych ponoszonych w całym cyklu życia obiektu [6].



Rys. 3. Udział poszczególnych rodzajów kosztów w całym cyklu życia obiektu

Dzięki kompleksowemu zastosowaniu technologii BIM (projektowanie, realizacja, użytkowanie) można uzyskać 33% redukcję całkowitych kosztów obiektu [2]. Z uwagi na strukturę tych kosztów (rys. 3) największe oszczędności przypadają na okres eksploatacji obiektu. Czynniki mające wpływ na obniżenie kosztów użytkowania [7]:

- aktualny, zdalny dostęp do wirtualnego modelu budynku zawierającego wszystkie informacje o fizycznym obiekcie, ułatwiający efektywne zarządzanie (bieżąca analiza kosztów, symulacje ewentualnych zmian, modernizacji i ich wpływ na strukturę kosztów),
- obniżenie kosztów sporządzenia dokumentacji na potrzeby prac remontowych i modernizacyjnych,
- efektywny nadzór nad pracami konserwacyjnymi, remontowymi,
- zmniejszenie kosztów tych prac, dzięki szybkiemu dostępowi do informacji technicznych poszczególnych systemów i urządzeń (karty techniczne, gwarancyjne itp.),
- w przypadku obiektów handlowo-usługowych czy biurowych efektywne zarządzanie powierzchnią najmu.

W procesie eksploatacji budynku można wyróżnić trzy grupy uczestników:

- właściciele,
- zarządzający obiektem,
- najemcy.

Każda z tych grup odnosi wymierne korzyści z zastosowania technologii BIM przy realizacji i użytkowaniu obiektu. Właściciele, mając wgląd w cyfrowy model obiektu, są w stanie bardzo szybko zorientować się, w jakim stanie znajduje się budynek, który posiadają lub chcą nabyć. Jest to istotne szczególnie w przypadku obiektów o dużej kubaturze, których fizyczne, szczegółowe sprawdzanie byłoby bardzo czasochłonne. Mogą również na bieżąco weryfikować efektywność zarządzania przez administratora obiektu. Zarządzający mogą sprawnie administrować obiektem, mając natychmiastowy dostęp do wszystkich, niezbędnych informacji, podejmować prawidłowe decyzje, szczególnie w sytuacjach kryzysowych oraz na bieżąco monitorować wszystkie koszty. Najemcy, mając do dyspozycji cyfrowy model budynku, mogą szybko i poprawnie wykonać dokumentację projektową oraz przeprowadzić prace remontowe lub adaptacyjne, unikając np. uszkodzenia niewidocznych instalacji.

Model BIM obiektu może być również bardzo pomocny przy wszelkiego typu akcjach ratunkowych prowadzonych przez straż pożarną czy policję. Mając natychmiastowy wgląd w model, można skutecznie zaplanować wymagane działania, przeprowadzić ewakuację, włączyć lub wyłączyć odpowiednie systemy itp.

### 3.2. Model BIM w zarządzaniu nieruchomością

Zarządzanie nieruchomością (Facility Management) jest procesem wymagającym dostępu do szeregu informacji, przy czym coraz większe znaczenie ma szybkość ich pozyskania [8, 9]. W przypadku korzystania ze zintegrowanych cyfrowych baz danych łatwość dostępu oraz sam czas udostępnienia żądanych informacji jest nieporównywalnie szybszy, niż ma to miejsce dla tradycyjnych zasobów informacyjnych (dokumentacja papierowa). Nieuniknionym, już trwającym procesem jest stopniowe zastępowanie danych analogowych – cyfrowymi, prowadzące w konsekwencji do powstania cyfrowych modeli obiektów.

Model obiektu BIM wykorzystywany na etapie eksploatacji obiektu stanowi cyfrową dokumentację użytkowania budynku – w skrócie BOOM (Building Owner Operations Model), która jest na bieżąco uzupełniana, modyfikowana i rozbudowywana, aby w pełni odzwierciedlać aktualny stan fizycznego obiektu. Zakres informacji zawartych w BOOM zależy od specyfiki obiektu, wymagań właściciela/zarządcy i powinien być każdorazowo poprzedzony analizą w celu optymalizacji modelu. Przykładowy zakres informacji, które można pozyskać z cyfrowego modelu budynku, pokazano na rysunku 4.

Zarządzanie lokalami	Przeglądy i remonty	Finanse	Awarie	Pracownicy
geometria budynku	harmonogram prac	wpływy	powstanie / usunięcie	dane osobowe
przebieg instalacji	dokumentacja przeglądów	wydatki	zgłaszający / naprawiający	dane kontaktowe
wyposażenie lokali	zakres robót	terminy płatności	koszt naprawy	konta bankowe
dane najemców	wykazy materiałów	monitoring faktur	termin gwarancji	szkolenia uprawnienia

Rys. 4. Przykładowy zakres informacji zawarty w cyfrowym modelu budynku

W celu łatwiejszego korzystania z modelu informacje podzielone są na poszczególne moduły/bloki tematyczne. W module „Zarządzanie lokalami” mogą znaleźć się takie informacje, jak: model geometryczny budynku, ze wszystkimi instalacjami, z podziałem na poszczególne lokale, powierzchnie, przypisane do lokalu wyposażenie, dane najemcy itp. Moduł „Przeglądy i remonty” zawiera informacje o harmonogramach prac, dokumentacji związanej z przeglądami, zakresie wykonanych robót itp. „Finanse” obejmują z kolei wszystkie operacje finansowe związane z funkcjonowaniem obiektu: wpływy, wydatki, terminy płatności, monitorowania faktur, możliwość generowania raportów finansowych. W module „Awarie” zawarte mogą być wszystkie informacje dotyczące usterek – data powstania/usunięcia, dane zgłaszającego, dane usuwającego usterkę, raport z wykonanych prac, koszt naprawy, termin gwarancji naprawionego/wymienionego urządzenia. W bloku „Pracownicy” zamieszczone będą dane dotyczące osób pracujących na danym obiekcie, dane osobowe, kontaktowe, numery kont bankowych, szkolenia, uprawnienia, certyfikaty, badania lekarskie, zakresy obowiązków itp.

#### 4. Wnioski

Wykorzystanie technologii BIM w procesie eksploatacji obiektu prowadzi do obniżenia kosztów związanych z zarządzaniem budynkiem, wymaga jednak poniesienia pewnych nakładów finansowych. W przypadku obiektów nowych, na potrzeby realizacji których wykonano projekt wykorzystujący BIM, koszty te sprowadzają się do zakupu niezbędnego oprogramowania, umożliwiającego wykorzystanie cyfrowego modelu w zarządzaniu obiektem, przeszkolenia pracowników w zakresie jego obsługi, zapewnienia efektywnej przepustowości łącza internetowego, ewentualnego zakupu lub modernizacji sprzętu komputerowego. W przypadku obiektów istniejących, realizowanych w oparciu o tradycyjną dokumentację projektową, doliczyć należy jeszcze koszt wykonania modelu BIM obiektu. Opłacalność tego przedsięwzięcia będzie znacznie większa w przypadku obiektów dużych, generujących wysokie koszty zarządzania niż w przypadku obiektów małych i średnich.

W celu efektywnego korzystania z cyfrowego modelu na etapie eksploatacji budynku przy konfiguracji programu do zarządzania należy uwzględnić specyfikę obiektu, wymagania użytkownika oraz zakres informacji zawartych w modelu i przypisanych do poszczególnych modułów, tak aby uzyskać optymalny model BOOM.

Podstawowym warunkiem niezbędnym do poprawnego zarządzania budynkiem przy wykorzystaniu zintegrowanego modelu BIM jest ciągła aktualizacja wszystkich informacji gromadzonych w bazie danych, tak aby cyfrowy model był pełnym odzwierciedleniem rzeczywistego obiektu.

## Literatura

- [1] Tomana A., BIM Innowacyjna technologia w budownictwie. Podstawy, standardy, narzędzia, PWB Media Zdziebłowski S.J., Kraków 2016.
- [2] Cabinet Office, Government Construction Strategy (Raport), HM Government, London 2011.
- [3] British Standard Institution, BS 1192:2007: Collaborative production of architectural, engineering and construction information. Code of practice, BSI Limited, London 2007.
- [4] British Standard Institution, PAS 1192-2:2013: Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modeling, BSI Limited, London 2013.
- [5] British Standard Institution, PAS 1192-3:2013: Specification for information management for the capital/delivery phase of assets building information modeling, BSI Limited, London 2014.
- [6] Gallaher M.P., O'Connor A.C., Dettbarn J.L. Jr., Gilday L.T., Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry (Raport), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg 2004.
- [7] U.S. General Services Administration, Public Buildings Service, Office of Design and Construction, GSA BIM Guide for Facility Management, 2011.
- [8] Szuba B., Nowe pola badawcze w architekturze – elektromagnetyczna struktura obiektu architektonicznego, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2017, seria Budownictwo 23, 307–315.
- [9] Tsado T.Y., Strategical methodology that foster effective construction project management, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2014, seria Budownictwo 20, 263–269.

## The use of BIM technology in the building operation process

### ABSTRACT:

This paper presents the the possibility of using BIM technology in the building operation process. General information on the development of BIM technology is presented, issues concerning the multidimensionality of BIM models are discussed, giving the scope of information assigned to each n-dimensional model. The influence of the BIM modeling application on the reduction of the building operation costs was discussed, giving the factors that allow achieving this goal. An example of the scope of information available on the basis of a digital building model with a breakdown into individual thematic modules is presented. The need for an individual approach to configuring databases assigned to a virtual model of an object, taking into account the specificity of the building and user requirements was indicated. The attention is drawn to the need to update the information assigned to the model on a current basis in order to effectively manage the building.

### KEYWORDS:

BIM; digital building model; facility management