

Od CAD do BIM

dr inż. **Andrzej Tomana**
Datacomp Sp. z o.o.

Problematyka BIM była już tematem wielu artykułów, w których przedstawiono podstawowe zagadnienia, definicje i standardy; najczęściej prezentowano oprogramowanie. Warto zwrócić uwagę na różnice między tradycyjnym podejściem symbolizowanym przez CAD i BIM wraz z wybranymi elementami tej technologii.

W budownictwie odbywa się proces, który przemysł maszynowy ma już za sobą od wielu lat – zmiana technologii projektowania i realizacji inwestycji. W projektowaniu maszyn znacznie wcześniej niż w budownictwie powszechnie stosowano pracę w trzech wymiarach, narzędzia projektowania bryłowego będące w powszechnym użyciu i zarządzanie cyklem życia produktu znane jako PLM¹. Powstał otwarty format wymiany modeli mechanicznych oraz szereg standardów ułatwiających projektowanie i produkcję, a także wiele innowacyjnych rozwiązań, które zwiększyły produktywność w przemyśle maszynowym. Nic dziwnego, że w poszukiwaniu efektywnych metod wspomagających proces inwestycyjny w budownictwie sięgnięto po sprawdzone wzorce z przemysłu, a wznoszenie budowli coraz bardziej przypomina linię produkcyjną. Oczywiście istnieją różnice

między produktem mechanicznym i budowlą. W przypadku finalnego wyrobu przemysłowego mamy do czynienia z seryjnym produktem użytkowanym zwykle przez jedną bądź kilka osób, natomiast w przypadku budowli – jednostkowy produkt użytkowany jest przez wielu użytkowników. Ma to konsekwencje w rozwiązaniach, jakie są używane w obu sytuacjach, które uwzględniają specyfikę obu domen. W projektowaniu maszyn od dawna stosowane są systemy badania kolizji i symulacji umożliwiające przeprowadzenie złożonych analiz. Uchybienia na tym etapie zwielokrotnione w seryjnym wyrobie przemysłowym mogą być bardzo kosztowne (np. w przypadku jednego z modeli Mercedesa klasy A, a ostatnio Volkswagena są to setki milionów euro). Podobne techniki kontroli modelu są przenoszone do budownictwa, chociaż błędy w budowlu dotyczą zwykle mniejszej skali użytkowników.

Wiele koncepcji rodem z przemysłu zostało zaimplementowanych do budownictwa. W monografii [3] zwrócono uwagę na powinowactwo rozwiązań w przemyśle (np. PLM, otwarty format STEP, kalkulacja kosztów planowanie produkcji, TC²) i budownictwie (odpowiednio – BIM, otwarty format IFC, projektowanie 4D, 5D ze względu na koszty i czas, IPD³).

Jaki cel ma zwrócenie uwagi na powinowactwo technologii w obu dziedzinach? Chodzi o **wskazanie sceptykom w naszym środowisku, którzy traktują BIM jako eksperyment lub modę, że mamy do czynienia z technikami sprawdzonymi o udokumentowanej skuteczności wdrożonymi już w wielu firmach i krajach** [3].

Analiza różnic między CAD i BIM jest przedmiotem wielu opracowań [1, 2, 3]. W istocie w obu przypadkach istnieje taka jakościowa różnica, że nie ma między nimi możliwości wymiany pełnej informacji; nie da się danych

¹ Product Lifecycle Management.

² TC (Target Costing) jest zintegrowanym podejściem do projektowania produktu i rozwoju, który wymaga aktywnego i ciągłego uczestnictwa jednostek z całej organizacji.

³ Integrated Project Delivery – Zintegrowana Realizacja Przedsięwzięć (Inwestycji) Budowlanych.

z modelu BIM wczytać w całości do uboższego CAD, który ograniczony jest w zasadzie tylko do parametrów geometrycznych. Systemy CAD posługują się z reguły danymi geometrycznymi, takimi jak: punkty, linie proste, krzywe, dwuwymiarowe powierzchnie, trójwymiarowe bryły itp. do tworzenia modeli konstrukcji. Służą do tego specjalistyczne funkcje do budowania geometrycznego modelu, takie jak: kopiuj, wklej, odbicie zwierciadlane, translacja, obrót, dodaj-usuń element. W trakcie pracy z rysunkiem użytkownik ma do dyspozycji narzędzia wspomagające jak: różne widoki, zmiana wielkości rysunku (zoom) oraz przyciąganie do węzłów (snap). Systemy CAD pozwalają grupować dane geometryczne w bloki, warstwy albo tablice. Dla aplikacji zorientowanych na określoną branżę tworzone są interfejsy z dedykowanymi funkcjami. Systemy BIM działają na całkiem innej zasadzie. W tej technologii użytkownik nie posługuje się danymi geometrycznymi na takim poziomie, jak opisano wyżej (linia, płaszczyzna itd.). Poziom, na którym odbywa się Modelowanie Informacji o Budowli, korzysta z wirtualnych elementów, które są odzwierciedleniem rzeczywistych elementów budowlanych. Systemy BIM są wynikiem doskonalenia systemów CAD, ale powstały już jako całkowicie nowe narzędzia, utworzone od początku według nowych zasad. I tak Revit nie jest kolejną wersją Autocada, ale jest całkowicie nowym systemem, a każdy, kto zna oba systemy, wie o zasadniczych różnicach, jeśli chodzi o modelowanie.

Najważniejsze elementy technologii BIM

Jak już wspomniano, niniejszy artykuł nie jest wprowadzeniem do BIM. Zarówno podstawowe definicje, jak i wiele zagadnień szczegółowych było niejed-

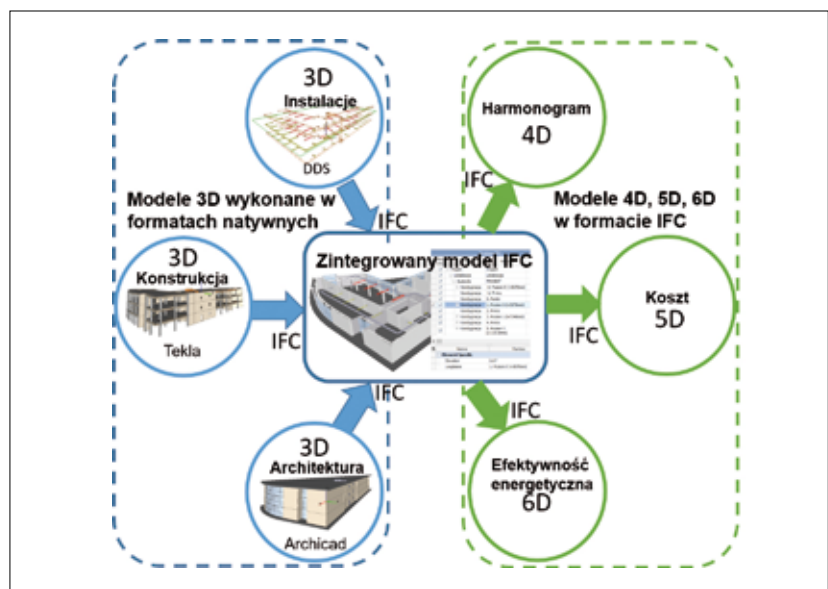
nokrotnie omawianych w „Inżynierze Budownictwa” oraz w wielu innych opracowaniach, w tym w monografii autora [3]. Zwrócimy w tym miejscu uwagę na takie elementy technologii BIM, które są jej wyróżnikiem. Podstawą funkcję pełnią **standardy technologiczne**, przede wszystkim standard wymiany modeli (otwarty format IFC), klasyfikacji (w wielu krajach funkcjonują zbliżone do siebie metody klasyfikacji, np. w USA OmniClass, w Wielkiej Brytanii Uniclass), Zintegrowana Realizacja Inwestycji (IPD) i inne [3]. Zasadniczą rolę przy użytkowaniu BIM w środowisku wielobranżowym odgrywają **standardy projektowania**, które regulują zasady współużytkowania modeli opracowanych przez poszczególne branże. Chodzi o to, żeby modele mogły być użytkowane nie tylko w projekcie 3D, ale także w kalkulacji kosztów, analizie czasu realizacji i symulacjach energetycznych (i innych), co określa się symbolem 4D, 5D i kolejnymi numerami określającymi, że w projekcie wirtualnego modelu budowli uwzględniono parametry pozageometryczne.

A co z oprogramowaniem?

Wbrew sloganowi reklamowemu BIM nie jest żadnym określonym oprogramowaniem. Oprogramowanie jest tylko narzędziem. W praktyce mamy do czynienia z sytuacją, że w jednej firmie są eksploatowane systemy różnych producentów, które muszą ze sobą współpracować i wymagają wymiany modeli. Taka sama sytuacja występuje także w przypadku realizacji przedsięwzięć przez firmy wyposażone w różne systemy. Mówimy wówczas o **interoperacyjności** jako istotnym wyróżniku BIM, czyli zdolności systemów BIM do efektywnej wymiany danych poprzez interfejsy w celu zapewnienia dobrej współpracy.

Formaty natywne a format otwarty

Na etapie projektowania geometrycznego 3D (architektura, konstrukcje, instalacje) stosowane są systemy posługujące się formatami wewnętrznymi związanymi z danym oprogramowaniem/producentem, zwane formatami natywnymi.



Rys. 1 | Zarządzanie zintegrowanym modelem wielobranżowym

Tab. 1 Zmiana kosztów w projektach BIM w odniesieniu do podejścia tradycyjnego

Etap projektu	Zmiana nakładów w % związana z przejściem od nie-BIM do BIM
Projekt wstępny	+2.5
Zatwierdzenie projektu	0
Projekt konstrukcyjny	+2.5
Postępowanie przetargowe	0
Etap projektowania	+5
Zarządzanie budową	-5
Prace powykonawcze	0
Etap realizacji budowy	-5

W praktyce możemy mieć do czynienia z sytuacją, gdzie poszczególne branże, a nawet części modelu jednej branży mogą być opracowane w różnych systemach i formatach. W tej sytuacji zarządzanie całym modelem można efektywnie realizować przez otwarty format IFC i na tym modelu można prowadzić projektowanie ze względu na inne pozageometryczne parametry (rys. 1).

Obecnie mamy do dyspozycji szeroki wybór ponad 160 systemów certyfikowanych ze względu na zgodność z IFC, obejmujących rozmaite zagadnienia.

CAD 2D i BIM – porównanie kosztów pracy w obu standardach

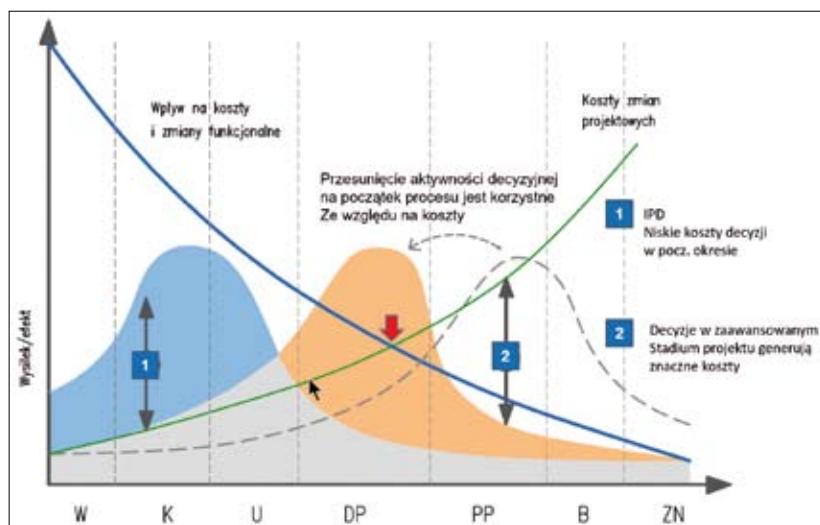
Entuzjaści BIM, relacjonując korzyści z tytułu przejścia ze standardu CAD 2D na BIM, często używają pochopnie argumentu, że BIM jest tańszy. Trzeba wyjaśnić znaczenie i kontekst, w jakim nawiązuje się do ocen ekonomicznych. Można się z pewnością zgodzić, że ze względu na sposób zarządzania całą inwestycją technologia BIM oferuje skuteczniejsze rozwiązania pozwalające zrealizować budowę w założonym czasie lub krócej i bez tylu błędów w dokumentacji, które ujawniają się w trakcie realizacji budowy. W takim kontekście jest prawdą, że

technologia BIM wraz z towarzyszącymi jej rozwiązaniami organizacyjnymi pozwala budować oszczędniej w porównaniu ze standardem 2D. W niektórych krajach podjęto próbę regulacji w tym zakresie, na przykład komitet sterujący BIM w Singapurze⁴, uznając, że **stosowanie BIM zwiększa nakład pracy na pewnych etapach projektu**, zaleca przesunięcie o 5% wydatków z etapu realizacji do projektowania, co ilustruje tabela. Jednakże, jak widać, końcowy bilans kosztów jest korzystny dla nowego podejścia.

Proces tradycyjny vs. IPD

Wyróżniamy trzy podstawowe metody realizacji przedsięwzięcia budowlanego: DBB (Design-Bid-Build), DB (Design&Build) oraz IPD (Integrated Project Delivery). W Polsce najczęściej stosowany jest obecnie tradycyjny system realizacji inwestycji DBB, który rozdziela wykonanie prac projektowych od zamówienia i wykonania robót budowlanych. W USA i na Zachodzie popularny jest system zaprojektuj i buduj DB, w którym jednemu zleceniobiorcy powierza się zarówno wykonanie prac projektowych, jak i wykonanie robót budowlanych. W Polsce udział tego podejścia w zamówieniach publicznych jest niewielki i dopiero niedawno przekroczył 1% wszystkich zamówień na roboty budowlane.

Technologia BIM oferuje całkiem nowe podejście Zintegrowanej Realizacji Inwestycji określanej w literaturze światowej akronimem IPD. Polega ono na ścisłej współpracy między inwestorem, projektantem i wykonawcą budowlanym. Wymaga to określenia



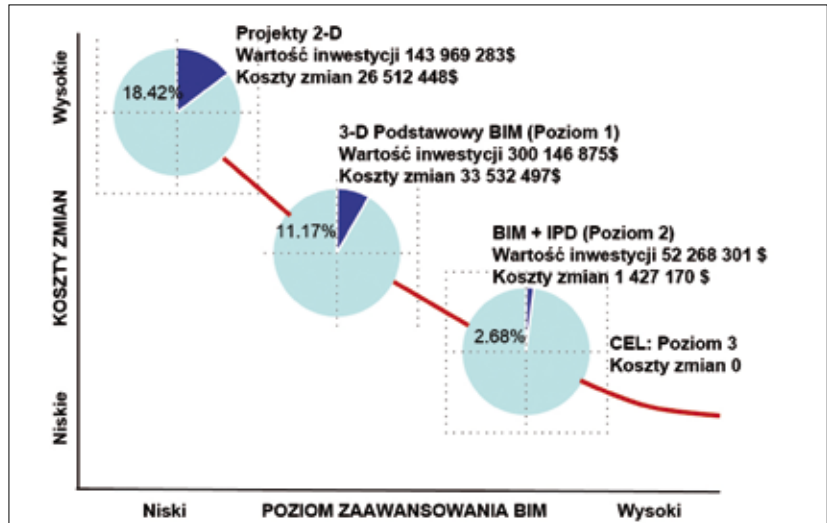
Rys. 2 | Wykres Mac Leamy'ego: W – wymagania, K – koncepcja, U – uszczegółowienie, DP – dokumentacja projektowa, PP – pozwolenia, przetarg, B – budowa, ZN – zarządzanie nieruchomością

⁴ Singapore BIM Guide Version 2.

nowych relacji między tymi trzema stronami, tak aby zapewnić wymianę informacji, ich dobrą współpracę i w efekcie sukces jako wspólny rezultat trzech stron. Wydaje się, że to właśnie te nowe relacje zmieniające dotychczasowe zasady współpracy budzą najwięcej oporów. Wymagają bowiem całkiem nowego uregulowania kwestii praw autorskich, odpowiedzialności i ryzyka.

Wykres ilustruje różnice między tradycyjną organizacją inwestycji budowlanej (CAD + DBB/DB) a proponowaną (BIM + IPD). Punkt przecięcia (czarna strzałka) wzrastającej krzywej kosztu z krzywą odpowiadającą malejącej decyzyjności w projekcie ilustruje fakt, że od tego miejsca zmiany w projekcie mogą stwarzać poważne problemy i rodzić wzrastające koszty. Zbiega się to z końcową fazą tworzenia dokumentacji. Wpływy i rola projektanta stopniowo maleją na rzecz wykonawcy. Przeniesienie okresu podejmowania zasadniczych decyzji projektowych na początek procesu jest więc korzystne; taka zasada organizacyjna jest realizowana w procesie IPD, z BIM jako technologią tworzenia i zarządzania wirtualnym modelem budowlany. Zagadnienie to w nieco inny sposób ilustruje także wykres (rys. 3) prezentujący porównanie nakładów ponoszonych na modyfikację projektów w zależności od techniki pracy – od tradycyjnego CAD do pełnej wersji BIM. Jak wszyscy wiemy, w praktyce mamy do czynienia niemal wyłącznie z przypadkami, w których wykonywanie zmian w projekcie i to wielokrotnych jest regułą. Rysunek 3 ilustruje różnicę kosztów w obu przypadkach z tego tytułu i przewagę BIM nad CAD.

Ciekawe dane przytacza Dan Gonzales, dyrektor korporacyjny Działu Projektowania Wirtualnego i Realizacji w Swinerton Builders w wywiadzie



Rys. 3 | Zależność między kosztem zmian w zależności od technologii projektowania (wg J.C. Cannistraro na podstawie 408 projektów o wartości ok. 560 mln dolarów)

publikowanym w Blogu Vico w 2010 r. Firma zaczęła projektować w CAD 3D sześć lat wcześniej z użyciem systemu Archicad. Ale dopiero od objęcia funkcji dyrektora przez Gonzalesa przez ostatnie trzy i pół roku wprowadzono zasady BIM, standardy projektowania, koordynację modeli itp. W ciągu tego okresu zrealizowano 160 projektów o wartości 9 mld dolarów. Dan Gonzales za najważniejszą zmianę związaną z BIM uważa organizację pracy zespołu oraz lepszą współpracę z inwestorem. Oddzielną i fundamentalną różnicę między omawianymi dwiema technikami pracy stanowi eliminacja błędów w projekcie na etapie modelu wirtualnego. W firmie wykonano szczegółowe analizy kosztów powstałych ze względu na zmiany spowodowane błędami modeli, oczywiście chodzi o poważniejsze błędy o charakterze kolizji wymagających koniecznych interwencji i zmian w dokumentacji.

Obliczono, że średni jednostkowy koszt obsługi takich błędów wynosi ok. 17 000 dolarów. Na przykład w procesie projektowania Ritz-Carlton wykryto 450 takich poważnych

błędów, które w tradycyjnym procesie skutkowałyby zleceniem zmian i kosztami. Łatwo policzyć, że tylko z tego tytułu oszczędzono 6,7 mln dolarów. Obliczono także, że w samej tylko fazie projektu z tytułu oszczędności na czasie spotkań, wyjazdach i wydrukach używanych do uzgodnień zyskano ok. 185 000 dolarów, a średni czas spotkań koordynacyjnych skrócił się z pięciu do półtorej godziny.

Automatyzacja prac na modelu BIM

Kolejna różnica między CAD i BIM dotyczy możliwości wykonania pewnych działań na wirtualnym modelu budowlany, które nie są możliwe w technikach CAD. Jedną z nich jest, wspomniana wcześniej, znana i bardzo ceniona możliwość automatycznego wyznaczania kolizji. Inny przykład automatyzacji prac dotyczy zmian w modelu i ich konsekwencji na koszt i harmonogram. Zmiany mogą polegać na usunięciu, dodaniu bądź modyfikacji geometrii elementów lub – co jest bardziej złożone – parametrów typu „properties”, takich jak np. marka betonu. Zadanie automatycznego



Rys. 4 | Model wyjściowy

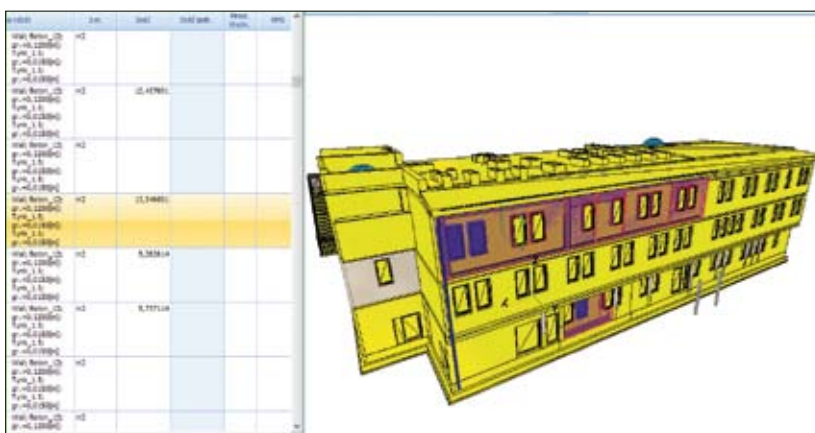
(rys. 4) wprowadzono pewne zmiany (usunięto i zmodyfikowano kilka ścian). Oba modele – pierwotny i zmieniony – są łącznie analizowane (rys. 5), a różnice mogą być prezentowane z wyłączeniem pozostałych, niezmienionych elementów (rys. 6, kolor określa rodzaj zmian, czerwony – usunięte, fioletowy – zmodyfikowane). Konsekwencje tych zmian mogą być w dużym stopniu zautomatyzowane, co znakomicie przyspiesza obliczenie nowego kosztorysu⁶. Rezultaty te są prezentowane przez autora po raz pierwszy.

Konkluzja

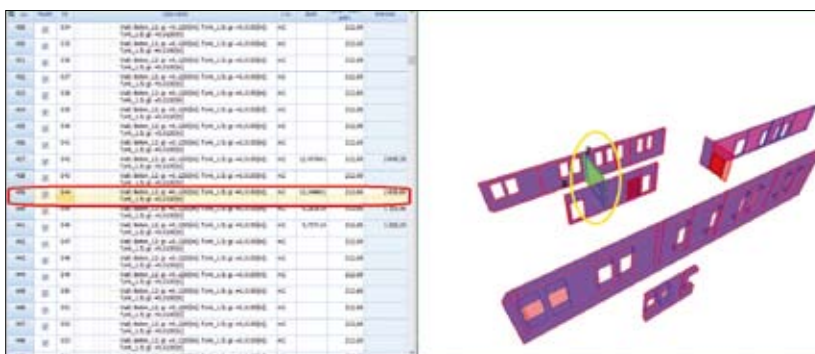
Na kilku wybranych zagadnieniach pokazano istotne różnice między CAD i BIM i ich różnorodne konsekwencje. Dotyczą one nie tylko technik projektowania i tworzenia dokumentacji, ale organizacji procesu inwestycyjnego, zautomatyzowania i przyspieszenia wielu czynności, dzięki czemu otwiera się możliwość wszechstronnych symulacji i analizy wielu wariantów, a w rezultacie wyboru wariantu korzystnego ze względu na koszt i parametry użytkowe.

Literatura

1. J.P. Rammant, Explanatory Note on the Relation of SCIA.ESA PT Structural Modeller with CAD SOFTWARE, Background on SCIA software for Structural Building Information Modeling (S-BIM) April 2005.
2. J. Bratton, Making the Transition from CAD to BIM, The benefits of switching from CAD to Building Information Modeling (BIM) for electrical engineers and designers designing in today's virtual construction world, Mar. 1, 2009, Electrical Construction and Maintenance.
3. A. Tomana, BIM – Nowa technologia w budownictwie, 2015 (www.bimblog.pl). ■



Rys. 5 | Nałożone na siebie oba modele: pierwotny i zmodyfikowany z wyróżnionymi elementami zmienionymi



Rys. 6 | Pokazane są tylko elementy zmienione w modelu i kosztorysie

uwzględnienia tych zmian na przykład w przedmiarze i kosztorysie jest bardzo złożone i bierze pod uwagę wiele możliwości; część zmian, takich jak usunięcie elementu, może być w pełni

zautomatyzowana, pozostałe są procesem wspomaganym przez kosztorysanta.

Na kilku rysunkach zilustrowano te możliwości. W modelu wyjściowym⁵

⁵ Utworzony w systemie Vectorworks, udostępniony przez inż. arch. R. Szczepaniaka

⁶ Możliwości automatyzacji zmian zilustrowano za pomocą polskiego systemu BIMestiMate (www.bimestimate.eu).