

Andrzej FOREMNY, Aleksander NICAŁ

BUILDING INFORMATION MODELING – STAN OBECNY I KIERUNKI ROZWOJU

Streszczenie

W artykule przedstawiono narzędzie Modelowania Informacji o Budynku w aspekcie historycznym, jak również w zakresie jego definicji oraz charakterystyk. Dodatkowo opisano sposób działania oraz zastosowania narzędzia Modelowania Informacji o Budynku do kalkulacji kosztów, inwentaryzacji, jak również w cyklu życia obiektu oraz w fazie wykonawczej. W podsumowaniu artykułu zaprezentowano podstawowe wady i zalety narzędzia oraz perspektywy jego dalszego stosowania.

WSTĘP

W ciągu ostatnich dwóch dekad obserwuje się bardzo duży postęp w rozwoju technologii informacyjnych (IT). Postęp ten w szczególności jest zauważalny w jednej z najważniejszych gałęzi IT – teleinformatyce (ICT). Komputery oraz inne urządzenia telekomunikacyjne są wykorzystywane w każdej dziedzinie gospodarki, redukując czas i koszty szeroko rozumianej produkcji.

Dynamiczny rozwój budownictwa u progu XXI wieku objawiający się konstrukcją coraz większych, wyższych i bardziej skomplikowanych obiektów w połączeniu z dążeniem do minimalizacji kosztów i czasu realizacji oraz warunkami zrównoważonego rozwoju wymusił zastosowanie nowych, bardziej wydajnych narzędzi realizacji. Trudno wyobrazić sobie, aby Wieża Kalifa w Dubaju została zaprojektowana przy tradycyjnej desce kreślarskiej. Wysoki stopień skomplikowania projektów, duża specjalizacja branżowa, częste i obszerne zmiany dokumentacji oraz technologii praktycznie uniemożliwiają sprawne przeprowadzenie procesu realizacji bez nowoczesnych narzędzi do projektowania oraz wymiany informacji. Narzędzie BIM (Modelowanie Informacji o Budynku) wydaje się być odpowiedzią na potrzeby współczesnego budownictwa.

1. OPIS BIM

1.1. Historia

Wykorzystywanie narzędzi informatycznych w projektowaniu procesów budowlanych zwiększało się wraz z rozwojem ICT. Przełom dotyczący modelowania w budownictwie nastąpił na początku lat 80-tych XX wieku wraz z odejściem od tradycyjnego projektowania na papierze na korzyść projektowania wspomaganego komputerowo (CAD – Computer Aided Design). Był to duży postęp umożliwiający wykonywanie modelu 2D w skali 1:1 z możliwością wydruków w dowolnych formatach. Rysunki stały się bardziej dokładne

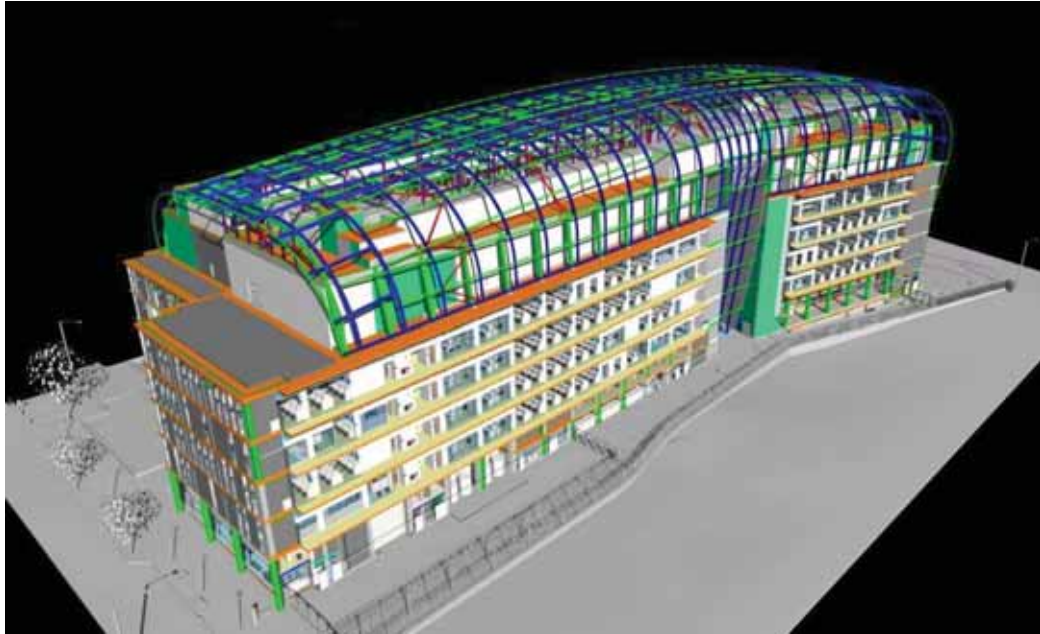
i czytelne, a także sam proces wprowadzania zmian stał się szybszy. Wraz z biegiem czasu do modeli 2D zaczęto wprowadzać dodatkowe informacje dotyczące projektowanych obiektów. Rozwój ICT, a co za tym idzie większa dostępność grafiki 3D spowodował, że zaczęto ją wykorzystywać również w budownictwie (głównie do wykonywania wizualizacji inwestycji lub detali). Należy zaznaczyć, że nie istniało bezpośrednie powiązanie między rysunkami 2D i 3D. W związku z tym każda zmiana w bazowej dokumentacji płaskiej niosła za sobą potrzebę zmiany dokumentacji trójwymiarowej. Kolejnym krokiem było tworzenie modelu 2D z możliwością automatycznego generowania wizualizacji 3D oraz różnego rodzaju zestawień (aktualnych na moment wytworzenia). Dane modyfikowane w dokumentacji 2D po wygenerowaniu wizualizacji 3D nie były automatycznie uwzględniane w wizualizacji i zestawieniach. Nadal nie było możliwości drogi w „drugą stronę” tzn. zmiany w wygenerowanych rysunkach 3D i zestawieniach nie przenosiły się automatycznie do modeli bazowych 2D. W dalszej kolejności pojawiła się koncepcja projektowania, umożliwiająca stworzenie jednego spójnego systemu modelowania, który gromadziłby wszystkie informacje i pozwoliłby automatycznie uwzględniać zmiany w całej dokumentacji.

1.2. Definicja i charakterystyka

Słowo BIM jest skrótem z języka angielskiego, oznaczającym Building Information Modeling. Wydaje się, że w Polsce słowo to funkcjonuje w postaci nieprzetłumaczonej. Najczęściej można się spotkać z tłumaczeniem Modelowanie Informacji o Budynkach. Tłumaczenie to nie wydaje się być właściwe zważywszy na fakt, że ogranicza BIM tylko do budynków. BIM może dotyczyć wszystkich obiektów budowlanych : budynków, budowli, a nawet obiektów małej architektury [1].

Jedna z teorii mówi, że twórcą pojęcia BIM jest Profesor Charles M. Eastman (Georgia Institute of Technology), który wykorzystywał to pojęcie w swoich publikacjach od 1970 r. Zgodnie z tą teorią Model Informacji o Budynku jest utożsamiany z modelem produkcyjnym budynku. Duży udział w upowszechnieniu pojęcia BIM miały publikacje analityka Jerrego Leiserina [2]. Pierwszą implementacją BIM została zrealizowana w koncepcji „Virtual building” (ArchiCAD) w 1987 r.

BIM można zdefiniować na różne sposoby. Amerykański instytut National Institute of Building Sciences definiuje BIM jako: cyfrową reprezentację fizycznych i funkcjonalnych charakterystyk obiektu. BIM jest współdzielonym zasobem wiedzy o obiekcie wykorzystywanym do stworzenia wiarygodnej bazy wiedzy niezbędnej do wypracowania prawidłowych decyzji podejmowanych w całym cyklu jego życia, zdefiniowanym jako okres od pierwszej koncepcji inwestycji do rozbiórki lub przebudowy. Koncepcja BIM zakłada stworzenie wirtualnego obiektu budowlanego, dzięki czemu przed przystąpieniem do realizacji istnieje możliwość dokonania dokładnej analizy umożliwiającej wykrycie i rozwiązanie pojawiających się problemów.



Rys. 1. Przykładowy widok modelu BIM budynku [3]

2. ZASTOSOWANIA

BIM znajduje zastosowanie w szerokim zakresie działań związanych z całym cyklem życia obiektów budowlanych.

2.1. Dokumentacja

Dokumentacja związana z realizacją obiektów budowlanych charakteryzuje się tym, że jest obszerna, skomplikowana, zróżnicowana, a dodatkowo jest zmieniana i rozszerzana w trakcie trwania inwestycji. Wykorzystując BIM tworzy się jedną centralną bazę danych uwzględniającą wszystkich uczestników procesu budowlanego. Dane zawarte w bazie BIM można przeglądać, filtrować uzyskując konkretne informacje w postaci dodatkowych rzutów, przekrojów, zestawień tabelarycznych itd. Wszystkie te dane są ze sobą spójne i łatwo dostępne. Każda zmiana w konkretnym elemencie modelu automatycznie jest przenoszona do całego modelu (np. w momencie wprowadzenia przez projektanta konstrukcji zmiany polegającej na poszerzeniu słupów w garażu, zmiana ta będzie widoczna również na warstwach architektonicznych). Różne aplikacje wykorzystywane przez firmy branżowe korzystają ze wspólnej bazy danych, co skraca czas przepływu informacji, usprawnia proces uzgodnień i ogranicza błędy.



Rys. 2. Elementy instalacyjne modelu BIM dla przykładowego budynku [4]

2.2. Wymiana informacji

Koncepcja BIM zakłada pracę w „chmurze” czyli zdalny dostęp do modelu przez Internet. Dzięki temu nie ma konieczności przesyłania dokumentacji pocztą elektroniczną – model jest aktualizowany na bieżąco przez poszczególnych uczestników. Dostęp do bazy danych jest regulowany poprzez nadanie odpowiednich uprawnień do zdalnego wglądu i edycji. W programach wykorzystujących BIM są narzędzia usprawniające komunikację – np. miejsce kolizji różnych instalacji jest sygnalizowane przez program, a informacja ta jest przesyłana wraz ze zbliżeniem na miejsce kolizji do odpowiednich projektantów.

2.3. BIM 4D – czas

Do modelowania BIM można wprowadzić czwarty wymiar – cykl życia obiektu. Z definicji cykl życia obejmuje wszystkie fazy inwestycji zaczynając od koncepcji, a na rozbiórce/przebudowie kończąc. Dzięki powiązaniu modelu 3D z harmonogramem robót budowlanych jest możliwość symulacji procesu budowy, co stwarza szerokie możliwości: koordynacja zamówień, analiza różnych wariantów wykonania. Same fazy realizacji można podzielić na mniejsze etapy – np. działki robocze, kondygnacje lub pomieszczenia. Każdy zaprojektowany element ma przypisaną cechę, która określa w jakim momencie rozpoczyna się jego wbudowanie, kiedy się kończy oraz ile czasu zajmuje. Dzięki temu istnieje możliwość np. wyświetlenia obiektów, które będą realizowane w określonym momencie na określonej działce roboczej. Obecnie programiści dążą do tego, aby harmonogram tworzony na podstawie warunków początkowych i samego modelu 3D aktualizował się automatycznie. Krokiem dalej jest stworzenie systemu BIM, który na podstawie monitoringu robót na terenie budowy prognozuje dalszy przebieg realizacji i proponuje usprawnienia (np. w momencie opóźnienia robót).

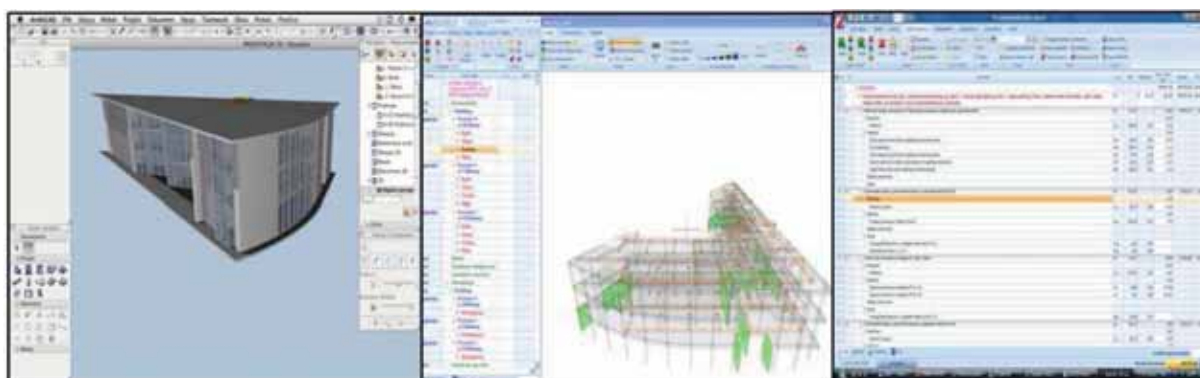
2.4. BIM 5D – koszty

Zastosowanie BIM do kalkulacji kosztów bazuje na wykorzystaniu biblioteki elementów modelu 3D o określonych parametrach geometrycznych i materiałowych. Do bazy można wprowadzić unikalne elementy, ale ich pierwsze użycie wymaga większego nakładu pracy. Kalkulacja szacunkowa budowy obiektu wykorzystuje bibliotekę elementów BIM oraz cennik

scalony uwzględniający średnie koszty materiałów budowlanych, robocizny i sprzętu. Metoda ta może być zastosowana w dowolnej fazie realizacji i nie wymaga znajomości kosztorysowania przez projektantów. Aby proces był zautomatyzowany, musi być zapewniona zgodność pomiędzy elementami biblioteki BIM, cennikiem i zbiorem specyfikacji. Najbardziej na świecie rozpowszechnionym systemem klasyfikacji jest OmniClass opracowany w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie.

W trakcie wykonywania kalkulacji szczegółowej w BIM przedmiar robót jest automatycznie generowany na podstawie modelu 3D (format danych IFC). Istnieje możliwość zmiany stopnia szczegółowości kosztorysu. Następnie należy dobrać cenę: ręcznie, korzystając

z cennika scalonego lub wykorzystując zasoby systemu kosztorysowego (np. KNR). Pozostałe elementy tego typu zostaną automatycznie wycenione na podstawie obliczonej ceny jednostkowej i przedmiarów wygenerowanych z modelu 3D.



Rys. 3. Od lewej: model w Archicadzie, widok z przeglądarki ZuziaBIM – model ze strukturą i kosztorys [5]

2.5. Dodatkowe wsparcie w postaci różnorodnych raportów

ułatwiających i przyspieszających - symulacje – zarządzanie budynkiem

Zastosowanie modelowania BIM dzięki zgromadzeniu wszystkich informacji dotyczących realizacji umożliwia dodatkowe wsparcie w postaci różnych raportów i analiz ułatwiających lub przyspieszających realizację, a także umożliwiając jej zoptymalizowanie. Jako przykład można podać wykorzystanie BIM do zarządzania energią w budynku. Narzędzia do symulacji energetycznej składają się z graficznego interfejsu użytkownika oraz modułu do kalkulacji energetycznej. Program symulacyjny po odczytaniu danych wejściowych z modelu BIM (geometria budynku, układ, konstrukcja, wyposażenie, rodzaj ogrzewania, wentylacji itd.) przeprowadza symulację obliczając obciążenia termiczne, a następnie formułuje wymagania do spełnienia. Badanie zależności pomiędzy środowiskiem zewnętrznym, kształtem, materiałami, oświetleniem, warunkami wewnętrznymi, przepływem powietrza itp. umożliwia optymalizację prowadzącą do jak największej efektywności przy minimalnych nakładach. Symulacje te mogą być wykonywane dla różnych faz w całym cyklu życia obiektu.

2.6. BIM w fazie wykonawczej

Koncepcja BIM znajduje bardzo szerokie zastosowanie na etapie wykonawstwa obiektów budowlanych:

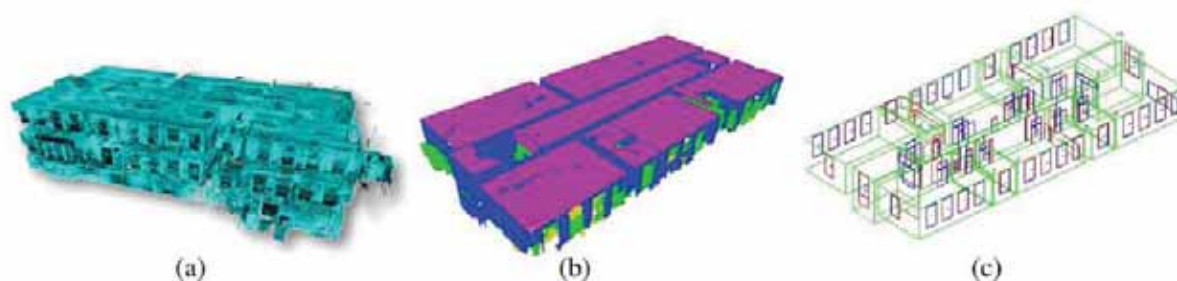
- Koordynacja zamówień,
- Zarządzanie materiałami budowlanymi i sprzętem – wykorzystuje się technologie zdalnej lokalizacji i identyfikacji (RFID, GPS, kody kreskowe, bluetooth) w celu monitorowania

prac maszyn budowlanych, a także dostaw, magazynowania i wykorzystania materiałów na terenie budowy,

- Monitoring wykonywania prac – przy wykorzystaniu urządzeń mobilnych istnieje możliwość wprowadzania aktualnego postępu robót, kosztów i innych informacji do platformy BIM. Automatyzacja tego procesu nie jest jeszcze wystarczająco rozwinięta,
- Bank informacji na terenie budowy – wprowadzenie na teren budowy mobilnego terminala komputerowego, który umożliwi pełną wymianę informacji z platformą BIM: wgląd do projektów, aktualizację danych, zdalne wydawanie poleceń brygadzom roboczym, podgląd widoku z kamer, prognoza pogody, specyfikacje techniczne itd. [6],
- Monitoring wykonywanych prac – montaż kamer przemysłowych, które mogą sygnalizować sytuacje niebezpieczne, a także zintegrowanie ich z platformą BIM (zdalny dostęp).

2.7. Inwentaryzacja – m.in. point of cloud [7]

Specyfika robót budowlanych (w szczególności częsta rozbieżność pomiędzy dokumentacją projektową, a stanem rzeczywistym) jest przyczyną, dla której model BIM stworzony przed rozpoczęciem realizacji może znacznie różnić się od stanu faktycznego w danym momencie. Rozbieżności wynikają z wielu powodów: nieudokumentowane zmiany projektowe, błędy wykonawcze oraz remonty w późniejszym okresie. Często istniejące obiekty budowlane nie mają żadnej dokumentacji projektowej, nie mówiąc już o modelach BIM, które dopiero zaczynają być używane. W związku z tym pojawia się istotna potrzeba tworzenia modeli BIM obiektów budowlanych na podstawie ich stanu faktycznego. Aktualnie rozpoczyna się wykorzystywać nowe, zautomatyzowane sposoby inwentaryzacji. Przykładem jest technologia point cloud lub metody bazujące na obróbce zdjęć cyfrowych. W metodzie point cloud skaner laserowy bada odległości pomiędzy stanowiskiem czujnika, a widocznymi dla niego punktami. Dokładność zależy od rodzaju czujników, zasięgu oraz mierzonej powierzchni i waha się w granicach od kilku centymetrów do poniżej milimetra. Dane zebrane przez czujniki przedstawiają trójwymiarowy obraz wielu punktów nazwany point cloud – chmurą punktów. Aby uzyskać dokładny obraz obiektu, skaner ustawia się w wielu różnych miejscach. Metoda ta jest stosowana np. do wykrywania kolizji pomiędzy elementami wbudowanymi i zaprojektowanymi. Tworzenie modelu BIM na podstawie chmury punktów polega na zebraniu danych dotyczących figur płaskich oraz brył przestrzennych, dodaniu ich do całego zbioru elementów w celu wymodelowania poszczególnych elementów konstrukcji. Następnie bryłom przypisuje się identyfikatory dotyczące rodzaju elementu (np. belka) i materiału z którego jest wykonany (np. żelbet). Aktualnie jest to proces głównie ręczny, czasochłonny i obciążony błędami, ale prowadzone są intensywne badania nad jego automatyzacją.



Rys. 4. Inwentaryzacja budynku metodą point cloud: (a) zebranie zbioru punktów, (b) przypisanie punktów do elementów budynku, (c) modelowanie szczegółowe (okna, drzwi itd.) [7]

PODSUMOWANIE

BIM jest innowacyjnym sposobem wirtualnego projektowania i zarządzania szeroko rozumianym procesem budowlanym. Zastosowanie tej koncepcji umożliwia prognozowanie przebiegu budowy i eksploatacji obiektów budowlanych. Wraz ze wzrostem wykorzystywania BIM współpraca pomiędzy poszczególnymi uczestnikami procesów budowlanych lepiej się rozwija, co prowadzi do zwiększonych zysków, redukcji kosztów, lepszej organizacji czasu i poprawienia relacji pomiędzy zamawiającymi, a wykonawcami. Jednocześnie trzeba mieć świadomość prawnych aspektów technologii informacyjnych, dotyczących zwłaszcza prawa autorskiego i świadczenia usług drogą elektroniczną. Podczas wspólnego tworzenia modelu BIM należy zwrócić uwagę na warunki kontraktowe, które powinny dokładnie określać kwestie własności intelektualnej oraz podział ryzyka nierozzerwalnie związanego z budownictwem.

Nastawienie na integrację różnych branż zaangażowanych w realizację obiektów może wpływać pozytywnie na wydajność i współpracę, ale może również niekorzystnie wpłynąć na wyszukiwanie błędów projektowych. W początkowym okresie stosowania BIM, do tworzenia modelu 3D wykorzystywano rysunki w formie papierowej, ponieważ biura architektoniczne nie udostępniały modeli cyfrowych. W ten sposób musiała następować krytyczna weryfikacja tych projektów, co nie następuje w momencie automatycznego importowania modelu 3D do BIM. W przypadku pracy grupowej różnych branż następuje pewnego rodzaju osłabienie krytycznej analizy dotyczącej współpracowników i rozmycie odpowiedzialności.

Aktualnie wykorzystywanie BIM na polskim rynku jest bardzo ograniczone. Jest to stosunkowo nowa koncepcja projektowania i nie wszystkie firmy mają środki na zakup odpowiedniego sprzętu i oprogramowania. Zastosowanie BIM ogranicza możliwość udziału podwykonawców, przez co zmienia proces ich selekcji przez generalnego wykonawcę, który najczęściej stosuje kryterium najniższej ceny. Zmienia się również sposób rozliczania firm branżowych z zamawiającym. Oprócz początkowego kosztu stworzenia modelu pojawiają się dodatkowe opłaty za utrzymanie aktualności modelu czyli wprowadzanie zmian. Zamawiający nie są przyzwyczajeni do tego rodzaju opłat. Kolejnym zagadnieniem jest fakt różnego zaangażowania w czasie uczestników realizacji. Np. specjaliści od BHP zwykle są zatrudniani dużo później niż projektanci modeli przez co efektywność wykorzystania BIM może być niższa. Dodatkowo pojawia się jeszcze jedna istotna kwestia – personel firm wykonawczych nie wierzy w powodzenie koncepcji BIM.

Przykłady wykorzystania BIM w krajach zachodnich pozwalają wysnuć uzasadnione przypuszczenie, że przy obecnym tempie rozwoju koncepcja ta w przyszłości doprowadzi do znacznego zwiększenia wydajności i redukcji kosztów w budownictwie.

BIBLIOGRAFIA

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. *Prawo budowlane*. Rozdział I.
2. Howell I., Batcheler B.: *Building Information Modeling Two Years Later - Huge Potential, Some Success and Several Limitations*. Originally published by The Laiserin Letter, May 2005.
3. <http://www.hoklife.com>
4. Rajendran S., Clarke B.: *Building Information Modeling, Safety Benefits and Opportunities*. Professional Safety, October 2011.
5. Tomana A.: *Integracja Projektowania i Kosztorysowania na Platformie BIM*; Budownictwo i Inżynieria Środowiska 2/2011.
6. Ruwanpura J.Y., Hewage K.N., Silva L.P.: *Evolution of the i-Booth© onsite information management kiosk*, Automation in Construction, June 2011.

7. Xiong X., Antonio A., Akinci B., Huber D.: *Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data*, Automation in Construction 31 (2013) 325–337.
8. Zima K.: *"Modelowanie informacji o budynku w procesie szacowania kosztów"* Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 276, Budownictwo i Inżynieria Środowiska Z. 58 (3/11/III), str. 289-296.

BUILDING INFORMATION MODELING - CURRENT STATUS AND TRENDS

Abstract

The paper presents the utility of Building Information Modeling in the context of historical, as well as in terms of its definition and characteristics. Moreover the use of Building Information Modeling for costing, inventory, as well as in the life cycle of the facility and the executive phase are described. In summary the paper refers to the main advantages and disadvantages of the tool and perspectives of its further applications.