

Praca zbiorowa pod redakcją Jana Słyka

**Model informacji inżynierskich,
BIM**

Piotr Bartkiewicz

Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej

Wojciech W. Gasparski

Akademia Leona Koźmińskiego & Komitet Naukoznawstwa PAN

Ewelina Gawell

Wydział Architektury Politechniki Warszawskiej

Agnieszka Jarzębińska-Dziegiar

Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa

Karolina Ostrowska

Wydział Architektury Politechniki Warszawskiej

Marta Poćwierz

Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa

Paweł Przybyłowicz

Wydział Architektury Politechniki Warszawskiej

Wiesław Rokicki

Wydział Architektury Politechniki Warszawskiej

Jan Słyk

Wydział Architektury Politechniki Warszawskiej

Wojciech Świąszkowski

Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej

Redaktor merytoryczny: **Stanisław Janeczko**

Redakcja: **Małgorzata Zielińska**

Skład okładki: **Małgorzata Zielińska**

DTP: **Fixpoint**

© Copyright by Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej,
Warszawa 2015

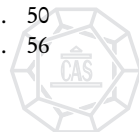
Informacje o innych wydawnictwach tej serii dostępne pod adresem www.csz.pw.edu.pl

ISBN: 978-83-61993-14-8

Wydrukowano w Polsce

Spis treści

Wprowadzenie	7
Rozdział 1	11
Spółczeństwo projektujące i inne zagadnienia z dziedziny projektoznawstwa	12
Spółczeństwo projektujące – szansa czy utopia?	12
Elementy projektoznawstwa	14
Rozdział 2	20
Modele zjawisk rzeczywistych i modele inżynieryjne. Cyfrowy model budynku – narzędzie weryfikacji zamierzeń inżynierskich	21
Czym jest model?	21
Fundamenty modelowania inżynierskiego	22
Ewolucja technik modelowania	23
Przekaz informacji o budynku	25
Model w środowisku medium cyfrowego	26
Funkcje modeli	27
Koncepcja BIM	28
Rozdział 3	30
Od samolotu do budynku, od budynku do samolotu. Rozwój oprogramowania inżynierskiego.	
Transfer wiedzy i metod, symulacje cfd w budownictwie	31
Specyfika procesu projektowania samolotów	31
Charakterystyka systemów komputerowych 3D wykorzystywanych w przemyśle lotniczym	34
Obszary badań oddziaływania wiatru w przestrzeni zabudowanej	35
Zjawiska występujące przy opływach budynków	36
Numeryczne modelowanie przepływu	38
Przykład symulacji numerycznej i jego porównanie z wynikiem eksperymentu	39
Badania wysokich budynków	41
Rozdział 4	44
Cyfrowy model budynku – narzędzie współpracy interdyscyplinarnej	45
Wpływ technologii cyfrowych na współzależne tworzenie architektury i konstrukcji ..	45
Poszukiwanie efektywnych technicznych form strukturalnych na wybranym cyfrowym modelu prętowym	50
Wnioski	56



Rozdział 5	57
Cyfrowy model budynku – narzędzie współpracy interdyscyplinarnej w zakresie projektowania instalacji w budynkach	58
Instalacje w budynku	58
Projektowanie instalacyjne	59
Klasyczne narzędzia projektowania instalacyjnego	62
Rozwój narzędzi projektowania instalacyjnego opartego na BIM	67
Wymiana informacji w procesie projektowym instalacji	70
Współczesne problemy projektowania instalacyjnego	73
Podsumowanie	79
 Rozdział 6	 80
Wybrane przykłady funkcjonalności narzędzi BIM	81
Modelowanie parametryczne 3D	82
Współdzielenie informacji BIM	84
Współpraca międzybranżowa	84
Systemy zachowania jakości	87
Zarządzanie budynkiem	89
 Rozdział 7	 92
Cyfrowe wytwarzanie. Technologia produkcji i czynnik integracji metod inżynierskich	93
Narzędzie czy nowy paradygmat?	93
Geneza cyfrowego wytwarzania	94
Materiały i techniki kształtowania obiektów 3D	97
Drukowanie 3D w medycynie	101
Uwarunkowania realizacji budowlanej	105
Cyfrowa produkcja na placu budowy	107
Perspektywy rozwoju cyfrowej produkcji	110
 Bibliografia	 111



Wprowadzenie

Komputeryzacja środowiska warsztatowego sprawiła, że cyfrowe modele stanowią dziś główne narzędzie pracy inżynierów projektujących budowle i zarządzających ich funkcjonowaniem. Tradycyjne sposoby koordynacji międzybranżowej wspomagane są przez systemy, które wizualizują wzajemne zależności, wykrywają kolizje, pozwalają optymalizować relacje przestrzenne – wszystko to w wirtualnej rzeczywistości zapewniającej komfort współpracy na odległość w czasie rzeczywistym.

Początkowe zastosowania CAD (*Computer Aided Design*) wiązały się z przenoszeniem do świata cyfrowego technik, które funkcjonowały na stołach kreślarskich. Oznaczało to odzwierciedlenie wielu niezależnych modeli i aranżację procesów negocjacyjnych. Konfiguracja przestrzenna, będąca domeną architektów, powstawała w pierwszym kroku, dając możliwość weryfikacji konstrukcyjnej, stworzenia koncepcji wyposażenia instalacyjnego, następnie poddania całości testom efektywności i ewentualnie wprowadzania korekt. Linearny system podejmowania decyzji odzwierciedlał procedurę przekazywania podkładów, nanoszenia kolizji, formułowania uzgodnień.

Z dzisiejszej perspektywy brzmi to anachronicznie. Wolelibyśmy pracować sieciowo, przewidywać konsekwencje przed wykonaniem pracochłonnych czynności, wizualizować zależności w sposób schematyczny bez konieczności głębokiego rozumienia procedur związanych z warsztatowymi uwarunkowaniami poszczególnych branż.

Geneza BIM (*Building Information Modeling*) wiąże się ze zjawiskiem, które w rozwoju technologii informacyjnej wyprzedza aplikację CAD. Komputery wynalezione zostały przez matematyków do zastosowań matematycznych. Sprawne w obliczeniach, wspomagały operacje kryptograficzne, rozwiązywały zadania wymagające szybkiego wykonywania algorytmów wywiedzionych z algebry. Geometria, w swym najpierwotniejszym, obiektowym znaczeniu, nie była domeną maszyn liczących, a właśnie jej potrzebowali inżynierowie. Do rozwiązywania praktycznych zadań i do szybkiego podejmowania decyzji szukali urządzenia, które komunikowałoby się za pomocą parametrycznego zapisu przestrzeni. Zamiast tworzyć modele teoretyczne, opisywać je matematycznie i dopiero na tej podstawie dokonywać kalkulacji, chcieli budować z *wirtualnych klocków*, które odzwierciedlałyby rzeczywistość w sposób zgodny z prawami nauk przyrodniczych.



Graficzną koncepcję interfejsu komputerowego *wynaleziono* w latach pięćdziesiątych dwudziestego wieku podczas zimnowojennego wyścigu mocarstw. Za pomocą dwustupięćdziesięciotonowej maszyny, której bramki logiczne zbudowano z lamp elektronowych, profesorowie laboratoriów MIT osiągnęli cel – modelowanie ruchu samolotów bojowych. System SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment*) analizował dane radarowe, wysyłał komunikaty do różnorodnych urządzeń systemu obronnego, dostarczał informacji do myśliwców i bombowców. Informacje prezentował na monitorach kineskopowych nie za pomocą cyfr i tabel, lecz w wizualnej, intuicyjnie odbieranej przez człowieka formie.

Kolejny krok na drodze ku cyfrowemu wspomaganii inżynierii wykonany został w tym samym laboratorium bostońskiej uczelni. W 1962 r. Ivan Sutherland przedstawił nowatorski system Sketchpad pracujący na komputerze TX-2, który pozwalał użytkownikowi prowadzić graficzny dialog z maszyną. Za pomocą niewielkiego ekranu luminescencyjnego i pióra świetlnego można było rysować linie, definiować figury, obracać, przesuwac, skalować. Koncepcja technicznie oparta na tych samych wynalazkach, które umożliwiły odczytanie kodu Enigmy, w sensie filozoficznym – diametralnie od nich odbiegała. Vannevar Bush przeczuwał zmianę paradygmatu już w latach czterdziestych, formułując tezy futurystycznego tekstu *As We May Think*⁽¹⁾. Kwestionował dominację metod analityczno-kalkulacyjnych w dziele poznania. Plastycznie opisywał obiektową, sparametryzowaną wizję ludzkiej percepcji. Przewidywał, że uniwersalny kalkulator przyszłości (*memex*) będzie urządzeniem zdolnym do wiązania (linkowania) dowolnych rozpoznawanych przez człowieka porcji informacji. Stosował dostępne urządzenia techniczne (mikrofilm, maszyna do pisania, telegraf), odnosząc się do podstawowych kanałów informacyjnych, których dziś używamy za pośrednictwem programowalnych urządzeń wspomagających zmysły. Memexem lat sześćdziesiątych stał się sketchpad, a memexem współczesnej inżynierii są systemy BIM.

Do idei kompozytowego, intuicyjnego systemu wnioskującego powrócono na przełomie wieków; po przerwie, którą wywołało zachłyśnięcie się wydajnością elektronicznego rajzbretu CAD. Nie bez przyczyny stało się to w środowisku programów wyrastających na platformie Apple. Kontynuatorzy wizji Busha i Sutherlanda, kalifornijscy wizjonerzy Jobs i Woźniak, zakwestionowali elitarną, programistyczną wizję komputeryzacji, którą w ostatnich dekadach XX wieku prezentowali kluczowi gracze na rynku IT, tacy jak IBM. W słynnej, wyreżyserowanej przez Ridleya Scotta reklamie, porównali opasłe tomy instrukcji PC-ta z zeszykiem, którego potrzebował Apple Mackintosh. Memex Jobsa nie pokazywał użytkownikowi instrukcji kodu i wyników obliczeń. Informacje prezentował w sposób zgodny z rzeczywistością. Pliki układał na biurku. Używał liter do pisania, cyfr do liczenia, a rysunków do tworzenia obrazu środowiska.

ArchiCAD, edytor architektoniczny stworzony dla komputerów Apple, posługiwał się logiką obiektową od pierwszych wersji powstających w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Zamiast linii, łuków i krzywych Bezziera do definiowania architektury używał cyfrowych ścian, stropów, drzwi i okien. Zaprezentowana w roku 1987 koncepcja *Virtual Building Solution*,

⁽¹⁾ Bush, V.: *As We May Think*, w: *The Atlantic*, July 1945; przedruk w: *Life magazine*, September 10, 1945.



stanowiła dojrzały model, który z dzisiejszej perspektywy należałoby nazwać BIM-owskim. Wszystkie składniki struktury prezentowane były w prawdziwej (trójwymiarowej) formie. Użytkownik szkicował obiekty przestrzenne, a dokumentacja rzutowa powstawała jako produkt wtórny. Wczesne wersje ArchiCAD-a wyposażone były w załączki wszystkich współczesnych funkcji edytorów BIM. Tworzyły bazę danych projektu, parametryzując obiekty, porządkując biblioteki i ontologie, generując zestawienia. Umożliwiały przekształcanie projektu przez operacje na modelu. Ułatwiały pracę zespołową i pracę na odległość.

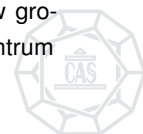
Pod koniec lat dziewięćdziesiątych koncepcja przypisywania informacji o budynku do elementów jego trójwymiarowej struktury stała się tendencją dominującą. Firma Bentley Systems zaprezentowała w roku 1997 system MicroStationTriForma, który stał się podstawą wielowarstwowego systemu interdyscyplinarnego. W 2002 roku Autodesk przejął produkty Revit Technology Corporation, które zastąpiły Architectural Desktop, a następnie zajęły pozycję wiodącą w ofercie dla inżynierów. W latach 1992–1997 biuro Franka Gehry'ego zrealizowało projekt Muzeum Guggenheima w Bilbao, który z punktu widzenia aplikacji BIM stał się przedsięwzięciem przełomowym. Motorem projektu była indywidualizowana dla potrzeb architektonicznych aplikacja CATIA.

Inżynierowie projektujący budynki wkroczyli w nowe millenium z narzędziami zdolnymi do tworzenia wysoce reprezentatywnych modeli cyfrowych. Oczekiwania użytkowników oraz potrzeby bieżącej współpracy zarysowały konieczność ujednoczenia metod zapisu danych tak, by informacje mogły być swobodnie wymieniane. Ostatnie lata rozwoju cyfrowej metodyki wspomagania projektowania można w tym świetle nazwać okresem standaryzacji narzędzi BIM.

Przestrzenna struktura modelu cyfrowego składa się z elementów odwzorowujących realne części budynku. Ściany, okna, instalacje, wyposażenie techniczne są pojęciami tradycyjnej semantyki opisu budowli, wymagającymi jednoznacznego przetłumaczenia. Różnice mogą pojawiać się zarówno w kontekście geometrycznym, jak i w opisie cech fizycznych oraz technicznych. Zgodność na poziomie definicji elementów osiągnana jest przez stosowanie standardu IFC (*Industry Foundation Classes*), który zapisano w normie ISO 16739. Pośrednim poziomem zgodności informacji BIM jest standard biblioteki IFD (*International Framework for Dictionaries*), która zapewnia korelację słowników i ontologii baz danych w ujęciu wielojęzycznym. Najogólniejsza standaryzacja polega na ustaleniu zasad opisu cyklu życiowego projektu/budynku oraz procedur wymiany informacji na różnych jego etapach. Realizuje się ją przez zastosowanie IDM (*Information Delivery Manual*), czyli książki procedur wymiany informacji.

Taka jest właśnie idea współczesnego BIM — modelowania informacji o budynku. Dzięki ucyfrowieniu zapisu definiującego przestrzenną aranżację elementów zyskaliśmy najbardziej intuicyjną płaszczyznę nawigacji. Osnową bazy danych nie są już nagłówki wierszy i kolumn, lecz rzeczywiste lokalizacje przestrzenne. To do nich przypisujemy cechy, parametry, zakresy zmienności i formuły określające związki pomiędzy nimi.

Książka, którą przekazujemy czytelnikowi, powstała w wyniku zestawienia poglądów grona inżynierów zaangażowanych we współpracę interdyscyplinarną. Dzięki pomocy Centrum



Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej udało się przygotować cykl wykładów poświęconych modelowaniu informacji inżynierskich. Zawierał on treści teoretyczne, związane z metodologią, historią i strukturą środowiska BIM oraz przykłady zastosowania nowej technologii. Ten drugi wątek ukształtowaliśmy, konfrontując stanowiska różnych branż w szerokiej perspektywie możliwych związków i sposobów współpracy. Zaangażowaliśmy tradycyjnych partnerów do dyskusji o kształcie budownictwa: architektów, konstruktorów, instalatorów oraz specjalistów z dziedzin odległych, których uczestnictwo w projekcie jest dziś łatwiejsze, bardziej pożądane, korzystne dla jakości rozwiązań.

W niniejszej książce omówiono następujące tematy, poczynając od analizy problemów teoretycznych a na aplikacyjnych kończąc:

- Zagadnienia projektowania; cele i metody stosowane przez projektantów; analiza procesów projektowych na tle rozwoju cywilizacji [rozdział 1].
- Analiza metod reprezentacji problemów inżynierskich; typologia modeli przestrzennych; opis ewolucji modelowania od technik tradycyjnych ku środowisku medium cyfrowego i modeli BIM [rozdział 2].
- Geneza BIM – dostrzeżona w systemach pochodzących z dziedziny projektowania samolotów oraz zagadnienia analizy aerodynamicznej budynków, będące jedną ze współczesnych branż obecnych w środowisku BIM [rozdział 3].
- Problemy projektowania i optymalizacji struktur nośnych budynków, jako podstawowe, wpływające na formę informacje zawarte w modelu cyfrowym [rozdział 4].
- Zagadnienia instalacji i wyposażenia technicznego wizualizowane w BIM dla poprawy środowiskowego oddziaływania budynku oraz podniesienia jakości koordynacji i zarządzania eksploatacją [rozdział 5].
- Praktyczne problemy aplikacji metodyki BIM w zetknięciu z dostępnym oprogramowaniem i zadaniami architektoniczno-budowlanymi [rozdział 6].
- Analiza zjawiska cyfrowej produkcji jako silnie wzrastającej, uniwersalnej techniki realizacyjnej świata cyfrowego w skali mikro (ludzkiego organizmu) i makro (rzeczywistości budowlanej) [rozdział 7].

Publikacja podsumowująca seminarium dotyczące modelowania informacji inżynierskich skierowana jest do badaczy analizujących metody współpracy międzybranżowej w budownictwie i do inżynierów poszczególnych dyscyplin. Nie dąży do formułowania podsumowań i wniosków, lecz do rozbudzenia dyskusji w rodzącej się specjalności projektowania zintegrowanego. Jesteśmy przekonani, że dyskusja ta jest dziś potrzebna i że przyczyni się do podniesienia świadomości zarówno w środowisku akademickim jak i w sferze realnego działania budowlanego.

Ze względu na wielowątkowość i złożoność tematyki każdy z autorów rozdziałów został poprzedzony moim krótkim wstępem.

Jan Słyk

