

Konstrytuwne cechy BIM – parametryczność, interoperacyjność, wielowymiarowość



dr inż.

ANDRZEJ SZYMON BORKOWSKI

Politechnika Warszawska

Wydział Geodezji i Kartografii

ORCID: 0000-0002-7013-670X

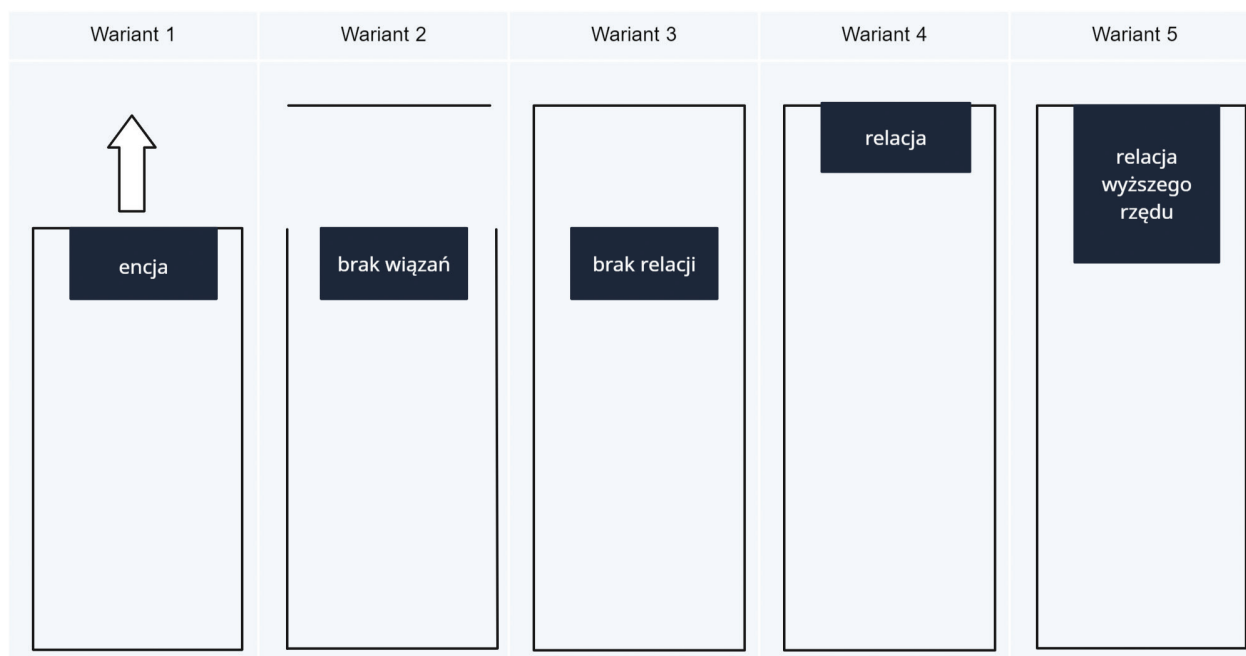
Co jest głównymi składnikami BIM? Co go wyraźnie odróżnia od CAD? Co sprawiło, że wyodrębnił się z CAD? W artykule podjęto próbę odpowiedzi na te pytania w toku głębokiego studium literatury. Na podstawie najnowszych badań oraz najnowszego stanu techniki ustalono trzy konstytutywne cechy BIM – parametryczność, interoperacyjność i wielowymiarowość.

W 2014 roku Miettinen i Paavola zauważyli, że w BIM (ang. building information modeling) podejmowane są trzy konstytutywne aktywności. Po pierwsze rozwój i wdrażanie BIM to otwarty, ekspansywny proces, w którym biorą udział interesariusze z różnych branż i dyscyplin. Po drugie pomimo działań promocyjnych i standaryzacyjnych podejmowanych przez krajowe i międzynarodowe organizacje w BIM nadal rozwijać się będzie wiele rozwiązań, gdyż procesy integracji i różnicowania zachodzą jednocześnie. Po trzecie wdrożenie BIM oznacza uczenie się poprzez eksperymentowanie i wymyślanie nowych zastosowań, w czym praktycy i użytkownicy odgrywają kluczową rolę [1]. O tego momentu BIM po prawie dekadzie względnie dojrzał i mocno wyodrębnił się z CAD. Fundamentalne, refleksyjne pytanie badawcze brzmi: Czy w związku z tym można wyodrębnić w podobny sposób trzy konstytutywne cechy BIM? Pod słowem konstytutywny rozumie się główną cechę, główną właściwość, bez której badany obiekt zainteresowania nie może istnieć. Główne cechy są motorem rozwoju i ciągłej ewolucji. W literaturze naukowej wyodrębnia się główne atrybuty, np. na linii BIM-LC [2], ale rzadko skupia się na technicznym aspekcie BIM. Zgodnie z ideą LC (ang. lean construction) dążenie do dostarczania doskonałego produktu i zwiększanie produktywności nie jest możliwe bez technicznej doskonałości w BIM. I na tej technicznej stronie BIM skupiono się w artykule. Jednocześnie należy zaznaczyć, że niniejsza dyskusja jest osadzona głównie w kontekście silników graficznych oprogramowania CAD/BIM do modelowania. Ekosystem oprogramowania BIM jest coraz bogatszy i ciągle ewoluuje, stąd odwoływano się

tylko do niektórych rozwiązań istniejących na rynku. W artykule BIM jest rozumiany i stosowany w dwóch znaczeniach – jako proces i technologia. BIM w szerokim rozumieniu to proces oparty na współpracy ludzi, systemów informatycznych, baz danych i oprogramowania. W jeszcze szerszym ujęciu może obejmować również sprzęt, zasoby materialne i niematerialne czy wiedzę. BIM w wąskim rozumieniu to semantyczna baza danych obiektu budowlanego, towarzysząca mu przez cały cykl jego życia [3].

Parametryczność

Oprogramowanie BIM zapewnia podstawowy stopień parametryzacji modelu w przypadku stosowania przez modelującego więzów, czyli definiowania relacji (ang. relationships) pomiędzy poszczególnymi encjami (ang. entities) [4]. Bardziej skomplikowana parametryzacja często ukryta jest w oprogramowaniu w formie dodatkowej funkcjonalności lub może być zdefiniowana przed osobą modelującą. Oprogramowanie BIM często oferuje automatyczne generowanie modelu lub komponentów danego typu [5]. Elementy te są częściowo lub całkowicie oparte na uprzednio stworzonych przez producenta oprogramowania, parametrycznych szablonach, gdzie pewne relacje mogą być już zdefiniowane, np. podrzędność–nadrzędność na linii drzwi–ściana. Dodatkowo oferowane przez producentów oprogramowania biblioteki obiektów zazwyczaj przybierają postać sparametryzowanych plików [6]. Parametryzacja modelu BIM zazwyczaj uwzględnia określone w normach i standardach wymagania konieczne do spełnienia przez modelowany obiekt, co jest możliwe dzięki zastosowaniu funkcji sprawdzającej realizację przez model zakładanych warunków.



Rys. 1. Parametryzacja modelu; źródło: opracowanie własne na podstawie [7–8]

BIM w szerokim rozumieniu to proces oparty na współpracy ludzi, systemów informatycznych, baz danych i oprogramowania.

W przypadku niedostosowania modelu do wymagań dana funkcja może zmodyfikować określone parametry w taki sposób, aby spełniały konieczne wymogi. Dostępne oprogramowanie w głównej mierze wyposażone jest w zaawansowane narzędzia (np. graficzne edytory komponentów), umożliwiające indywidualną parametryzację modelu. Tak przygotowane modele są powiązane mechanizmami pozwalającymi na automatyczne wygenerowanie modelu danego obiektu, uzupełnionego o automatycznie tworzoną, z modelu, z wykorzystaniem uprzednio utworzonych arkuszy, dwuwymiarową dokumentację rysunkową (np. widoki na podstawie zespołów w Autodesk Revit). Modele sparаметryzowane mogą opisywać zarówno obiekty nieskomplikowane, takie jak ściana czy stęp, jak również zespoły i obiekty kompletne, takie jak słupy energetyczne. Modelowanie encje–relacje (ang. E-R modeling) może dawać różne wyniki w zależności od potrzeb (rys. 1).

Wariant 1 obejmuje dwa obiekty typu prostokąt. Sprawdzenie wpływu parametryzacji na zachowanie modelu wymaga modyfikacji większego prostokąta, co wykonano

poprzez przesunięcie jego górnej krawędzi powyżej mniejszego prostokąta. W zależności od zdefiniowania parametrów w modelu skutek operacji przedstawiają warianty od 2 do 5. Wariant 2 nie przedstawia już dwóch prostokątów, a trzy obiekty, ponieważ większy prostokąt zamodelowano jako cztery niezależne od siebie odcinki (brak jakichkolwiek wiązań), wskutek czego przeprowadzenie jakiegokolwiek modyfikacji nie wpłynie na położenie i wymiary pozostałych odcinków większego prostokąta oraz na mniejszy prostokąt. Korekta polegająca na dołączeniu dwóch dłuższych boków prostokąta do oderwanego odcinka wymaga manualnego wydłużenia jego boków w celu ponownego utworzenia prostokąta. Wariant 3 przedstawia wydłużony względem wariantu 1 większy prostokąt, ze względu na występowanie wiązań geometrycznych – konkretnie tzw. pokrywania między punktami końcowymi odcinków, wskutek czego przesunięcie górnej krawędzi spowodowało wydłużenie dwóch przylegających boków. Mniejszy prostokąt pozostał bez zmian ze względu na brak relacji z większym prostokątem, a korekta polegająca na zmianie jego położenia wymagałaby manualnego przesunięcia obiektu. Wariant 4 obejmuje zmiany względem większego prostokąta jak w przypadku wariantu 3, natomiast mniejszy prostokąt przesunął się wraz z przesunięciem górnej krawędzi większego prostokąta (relacja pomiędzy oboma prostokątami). Zmiana polegająca na przywróceniu poprzedniego położenia mniejszego prostokąta wymagałaby manualnego przesunięcia obiektu. Wariant 5 przedstawia zmiany względem

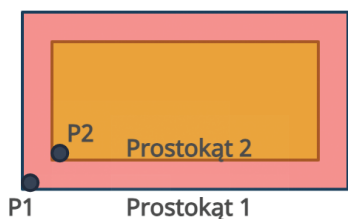
większego prostokąta, jak w przypadku wariantu 3, natomiast prostokąt mniejszy nie tylko przesunął się wraz z przesunięciem górnej krawędzi większego prostokąta, ale także zwiększył swoje wymiary. Zmiana może wynikać z zastosowania bardziej skomplikowanej relacji (np. funkcji matematycznej), uzależniającej poszczególne wymiary mniejszego prostokąta od prostokąta większego, wskutek czego wraz ze zwiększeniem jednego prostokąta drugi również zmienił swoje wymiary.

Warianty 2 i 3 często obserwowane są podczas pracy w niektórych aplikacjach CAD. Budowane w ten sposób modele geometryczne są uboższe od modeli obiektów budowlanych tworzonych w BIM (rys. 2.). W modelu geometrycznym, rysując ściany, operuje się prymitywnymi kształtami typu prostokąt, które mają pewne cechy geometryczne, ale istnieje ograniczona możliwość dodawania do nich relacji oraz parametrów niegeometrycznych. W modelu obiektu budowlanego w BIM operuje się encjami o konkretnej ontologii np. ściana. Co prawda zdarza się to również w aplikacjach klasy ObjectCAD (np. Blender) czy OpenCASCADE (np. FreeCAD), jednakże poprzez niedostateczny stopień parametryzacji czy ograniczenia topologiczne aplikacje te nie są tak popularne i powszechne [9].

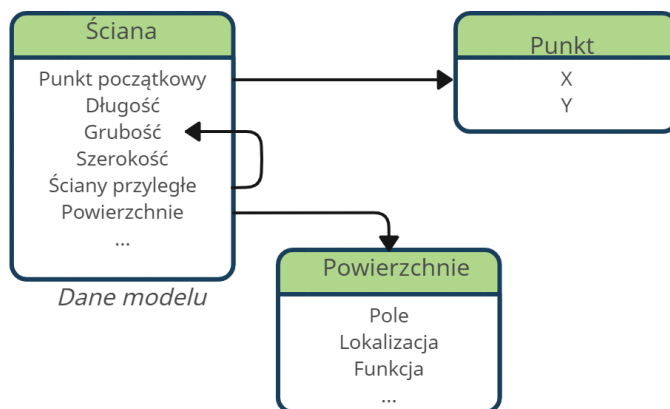
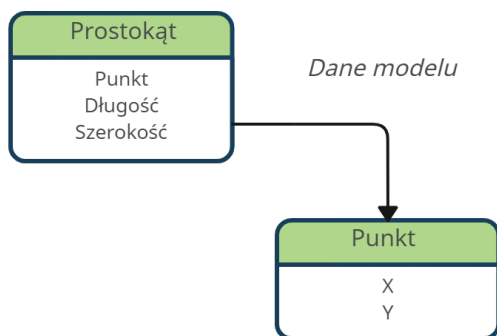
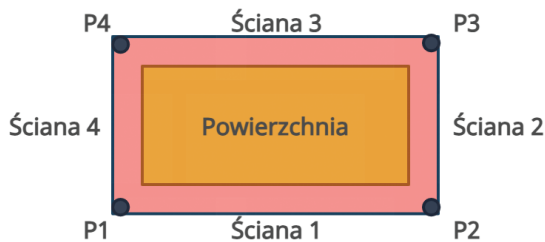
W środowisku BIM, budując ściany, wykorzystując sposób rysowania prostokąt, automatycznie tworzone są relacje pomiędzy ścianami, ściany przyległe mają wpływ na ich grubość, a każdej encji można nadać konkretne właściwości, np. materiał, przewodność cieplną czy stopień izolacyjności



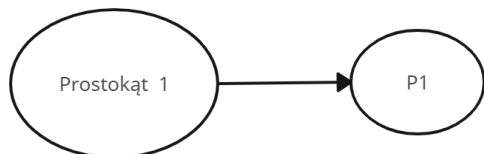
Reprezentacja modelu geometrycznego



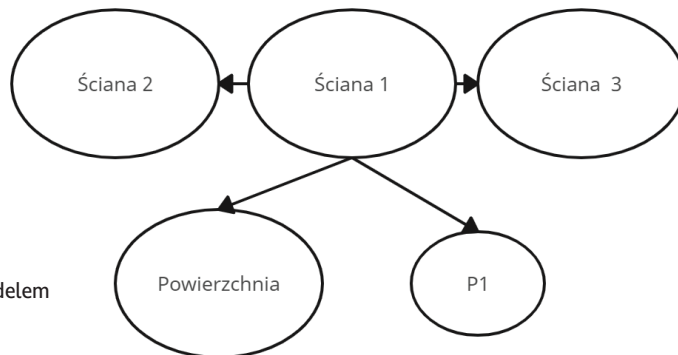
Reprezentacja modelu obiektu budowlanego



Relacje z prostokątem



Relacje ze ścianą



Rys. 2. Porównanie reprezentacji modelu geometrycznego z modelem obiektu budowlanego; źródło: opracowanie własne na podstawie [10]

akustycznej. Tworząc encje fizyczne, automatycznie mogą być tworzone encje konceptualne, np. powierzchnie czy kubatury. Na dalszych etapach pracy encje konceptualne są wykorzystywane do różnego rodzaju zestawień, analiz, symulacji czy raportów.

Tym samym bogatsza jest zarówno część geometryczna, jak i niegeometryczna (inaczej niegraficzna). Relacje umożliwiają szybką i prostą edycję elementów na wielu widokach. Każda zmiana wprowadzona na jednym z widoków jest automatycznie koordynowana na pozostałych widokach, oszczędzając w ten sposób pracy użytkownikowi. Czasami jest to definiowane jako asocjatywność i można ją uznać za pewien tryb interoperacyjności na poziomie obiektów bibliotecznych BIM [11]. Zależy to od bazowych schematów danych, a tym samym od używanego narzędzia do tworzenia BIM. Ponieważ zbiory danych BIM są rozproszone w różnych plikach lub

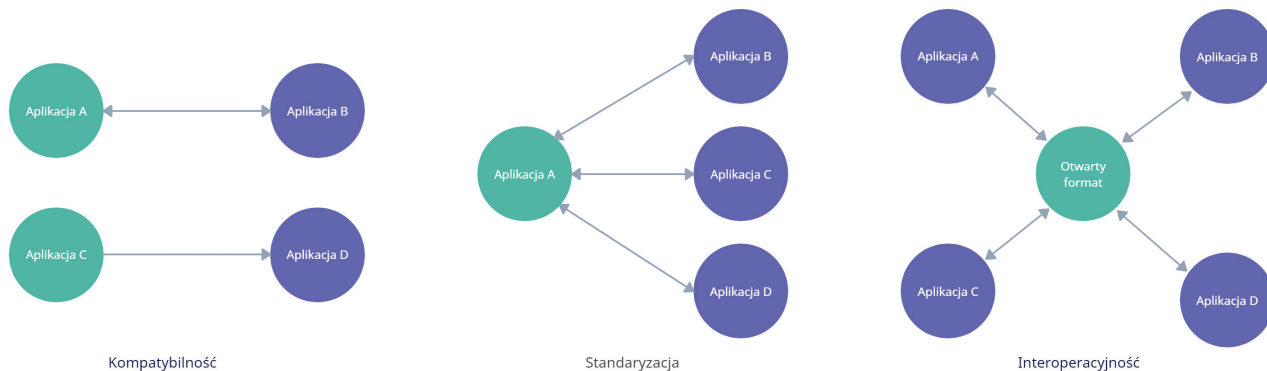
Sposób parametryzacji znacząco wpływa na zachowanie modelu podczas modyfikacji, co może prowadzić do zmiany zachowania wiązań bądź zaburzenia logiki całego modelu.

kontenerach, dodatkową barierą jest propagacja danych w różnych kontenerach. Jeśli zespół korzysta z różnego oprogramowania, pojawia się następane wyzwanie: łączenie danych w różnych kontenerach i różnych formatach (różne schematy danych). W tym trybie bariery współpracy są zarówno ludzkie

(organizacyjne), jak i techniczne (schematy danych, sposoby przechowywania danych). Sposób parametryzacji znacząco wpływa na zachowanie modelu podczas modyfikacji, co może prowadzić do zmiany zachowania wiązań bądź zaburzenia logiki całego modelu. Odpowiednie sparometryzowanie modelu umożliwia skuteczne analizy modelu pod względem wymaganych lub oczekiwanych efektów. Wniosek – bez parametryczności nie ma BIM-u.

Interoperacyjność

W szerokim rozumieniu interoperacyjność można zdefiniować jako miarę stopnia, w jakim różne systemy, organizacje i/lub osoby są w stanie współpracować, aby osiągnąć wspólny cel. Dla systemów komputerowych interoperacyjność jest zazwyczaj definiowana w kategoriach interoperacyjności syntaktycznej i semantycznej



Rys. 3. Interoperacyjność na tle kompatybilności i standaryzacji; źródło: opracowanie własne na podstawie [17]

[12]. Interoperacyjność syntaktyczna opiera się na określonych formatach danych, protokołach komunikacyjnych itp. w celu zapewnienia komunikacji i wymiany danych. Zaangażowane systemy mogą przetwarzać wymieniane informacje, ale nie ma gwarancji, że ich interpretacja jest taka sama. Interoperacyjność semantyczna istnieje zaś, gdy dwa systemy są w stanie automatycznie interpretować wymieniane informacje w sposób jednoznaczny. W celu uzyskania użytecznych wyników wymiana ta powinna być bezstratna lub minimalnie stratna, aczkolwiek w tym drugim przypadku wiedza o tej stracie i jej przyczynie jest niezbędna. Struktura ontologii danych jest kluczem podczas wymiany informacji przez różne systemy. Jednakże duża część naukowców uważa, że „jedyna” struktura ontologii [13] i „idealna” interoperacyjność nigdy nie zostaną osiągnięte [14].

Interoperacyjność zapewnia dialog między „maszynami” w celu wzajemnego udostępniania możliwości przetwarzania danych. Przez pojęcie „maszyny” rozumie się infrastrukturę i sprzęt komputerowy oraz oprogramowanie, które używa danych do specyficznych celów, głównie do produkcji informacji. W tym kontekście maszyny mogą się komunikować i mieć dostęp do różnych zasobów. Dane nie zostały wytworzone, by istnieć w izolacji, zawsze pozostają w relacji z informacją i ją poprzedzają [15]. W wymiarze technicznym interoperacyjność BIM oznacza zdolność do wymiany danych z innymi systemami bez większych modyfikacji [16]. W BIM interoperacyjność definiuje się jako cechę produktu lub systemu, którego interfejsy funkcjonują w pełnej zgodności, tak by współpracować z innymi produktami lub systemami, które istnieją bądź mogą istnieć w przyszłości, bez jakiegokolwiek ograniczenia dostępu lub ograniczonych możliwości implementacji [17]. Interoperacyjność w BIM jest też definiowana jako zdolność do wymiany danych między aplikacjami w celu ułatwienia automatyzacji i uniknięcia ponownego wprowadzania danych

[18]. Interoperacyjność można rozważać na trzech zasadniczych poziomach: bazodanowym, aplikacyjnym i wokół otwartego formatu. Poziom bazodanowy skupia się na architekturze rozwiązań informatycznych i strukturze ontologii obiektów. Poziom aplikacyjny zakłada możliwość wymiany modeli na poziomie produktów i formatów dostępnych na rynku, często z wykorzystaniem wtyczek i aplikacji pośredniczących [19]. Poziom wokół otwartego formatu definiuje jeden niezależny standard, który jest ciągle doskonały. Spośród tych trzech poziomów bazodanowy jest najtrudniejszy, bo z reguły wymaga działań programistycznych. Poziom aplikacyjny jest najwygodniejszy z punktu widzenia użytkownika, ale nie zawsze jest osiągalny ze względu na mnogość rozwiązań i formatów dostępnych na rynku. Interoperacyjność wokół otwartego formatu jest najpopularniejsza, bo jest rozwijana przez całą społeczność, z reguły przez wiele lat. Pojęcie interoperacyjności łatwiej jest zrozumieć w zestawieniu z kompatybilnością i standaryzacją (rys. 3.).

Kompatybilność to zgodność lokalna, która występuje zwykle pomiędzy dwiema aplikacjami. Może być dwukierunkowa lub jednokierunkowa. Kompatybilność może być też uzyskana dzięki wykorzystaniu wtyczki, dodatku czy aplikacji pośredniczącej. Z kolei standaryzacja powoduje rozwój różnych aplikacji, z reguły jednak jedna z nich jest liderem rynku, a reszta dostosowuje się do niego. Tak jest w przypadku pracy w technologii CAD, gdzie format .dwg (natywny dla Autodesk AutoCAD) jest dominujący, a wszystkie pozostałe programy albo wykorzystują ten format, płacąc odpowiednie tantiemy, albo przynajmniej oferują import/eksport formatu .dwg [20]. Interoperacyjność na tym tle wyróżnia się możliwością wymiany danych i informacji poprzez otwarty standard. W procesie BIM opracowano już wiele standardów informacyjnych, np. gbXML, COBie czy BCF. Formaty te służą do różnych celów i są stosowane na różnych etapach procesu inwestycyjno-budowlanego.

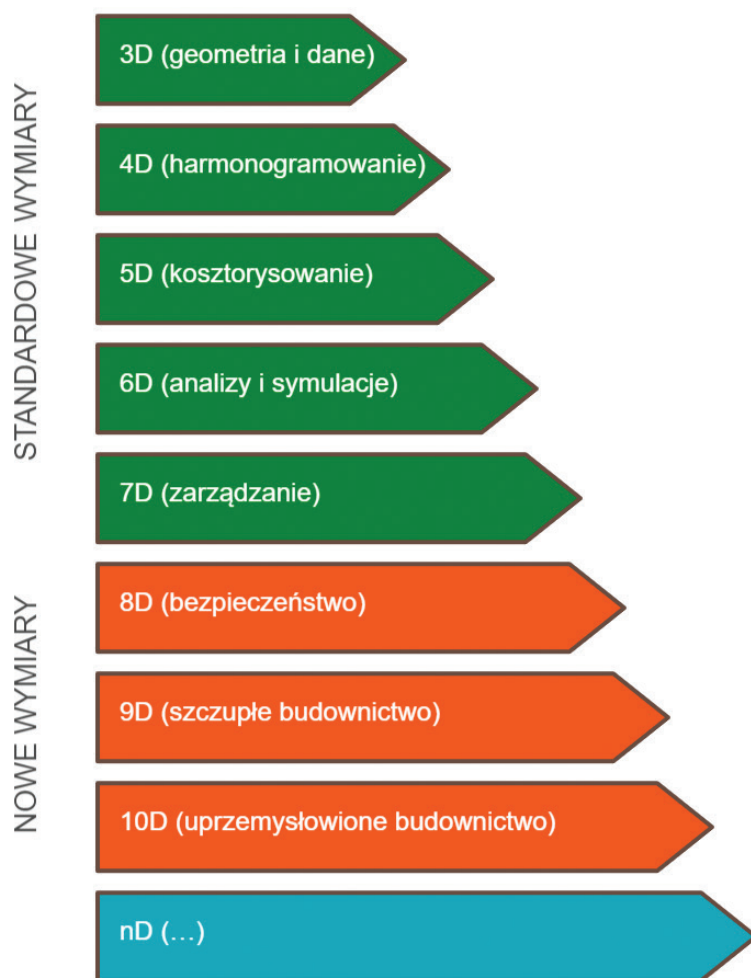
Dane nie zostały wytworzone, by istnieć w izolacji, zawsze pozostają w relacji z informacją i ją poprzedzają.

W przypadku wymiany modeli BIM formatem zapewniającym interoperacyjność jest IFC (ang. Industry Foundation Classes). IFC to rozwijany od wielu lat, niezależny, znany i powszechnie stosowany format wymiany danych w BIM. Wyzwanie związane z interoperacyjnością jest kluczową barierą do pokonania w pierwszej kolejności, ponieważ cała struktura ontologiczna danych BIM wykorzystywanych w AECO (ang. Architecture, Engineering, Construction, Owners, Operators) opiera się na założeniu, że dane mogą być wymieniane między programami [21]. A to w praktyce niestety nie działa idealnie i wymaga wysokich kompetencji cyfrowych, często o charakterze programistycznym. Pomimo szybkiego rozwoju BIM branża AECO nadal boryka się z problemem utraty danych i informacji w trakcie wymiany pomiędzy różnymi modelami, aplikacjami i systemami BIM. Interoperacyjność tym samym jest cały czas wyzwaniem, ale bez niej BIM nie ma racji bytu, o czym świadczy choćby popularność idei openBIM.

Wielowymiarowość

BIM to nie jedynie geometria trójwymiarowa i przypisane do niej dane niegraficzne. Model BIM może zostać rozszerzony o kolejne wymiary (rys. 4.). Jednakże wymiary BIM nie są jeszcze jasno sklasyfikowane i przeanalizowane. W tej chwili uzgodniono klasyfikację 5 głównych wymiarów BIM [22]. BIM obejmuje więcej niż tylko modelowanie 3D i jest również powszechnie definiowany w wymiarach takich jak: 4D (czas), 5D (koszt), 6D (zrównoważony rozwój) czy 7D (zarządzanie). 4D łączy informacje i dane w modelu 3D z danymi programowania i harmonogramowania projektu oraz ułatwia analizę symulacyjną





Rys. 4. Wymiary BIM; źródło: opracowanie własne

działań budowlanych. 5D integruje wszystkie te informacje z danymi kosztowymi, takimi jak ilości i ceny [23]. W przypadku wymiarów 6D i 7D toczy się dyskusja pomiędzy ich granicami. W badaniach zidentyfikowano nieporozumienia między naukowcami i praktykami w zakresie tych dwóch wymiarów. Zwykle analizy i symulacje wykonywane na etapie projektowania są umieszczane w wymiarze 6D, natomiast kwestie związane z zarządzaniem istniejącym obiektem (w tym też analizy i symulacje, ale na etapie eksploatacji) umieszcza się w wymiarze 7D. W badaniach 86% profesjonalistów, faktycznie korzystających z 6D, przypisuje analizy i symulacje prowadzące do zrównoważonego rozwoju (ang. sustainability) do wymiaru 6D. Jednocześnie 85% profesjonalistów korzystających z 7D przypisuje go do zarządzania – FM (ang. facility management) [24]. Tym samym co do pierwszych 5 wymiarów wydaje się, że osiągnięto konsensus naukowy i są one uprawomocnione.

Więcej wątpliwości pojawia się w przypadku kolejnych wymiarów, gdyż środowisko naukowe chce dalej rozwijać BIM w połączeniu z innymi rozwiązaniami, technologiami

czy systemami. Coraz większa liczba wymiarów wyraźnie wskazuje na ogromne możliwości informacyjne zintegrowanych środowisk, takich jak BIM. Takie środowiska dają obietnicę uwzględnienia wszystkich złożonych hierarchii informacji o obiekcie budowlanym. Każda z tych hierarchii wydaje się dotyczyć określonych aspektów lub zadań, więc rozszerzenie BIM z 3D do nD jest wyraźnie zamierzone jako wsparcie dla analizy harmonogramu, kosztów, stabilności, konserwacji, wydajności akustycznej i termicznej, zdrowia i bezpieczeństwa, zapobiegania przestępczości itd. Innymi słowy, reprezentacja obiektu budowlanego w BIM staje się bezpośrednio powiązana z aplikacjami, które wykorzystują zawarte w nim dane i informacje. Niektórzy naukowcy są przeciwni tworzeniu nowych wymiarów, a nawet ograniczają je jedynie do 4D [25]. Aczkolwiek w tym przypadku chodzi jedynie o semantykę. Wymiar bowiem, w tym rozumieniu, nie odnosi się do wymiaru w przestrzeni, a do rodzaju produktu, który jest dostarczany klientowi.

W literaturze często wyróżniany jest wymiar 8D, który jest niezbędny do planowania bezpieczeństwa podczas budowy poprzez

osadzanie informacji o bezpieczeństwie w modelu już na etapie projektowania. Rozszerzony w ten sposób model BIM może być używany w połączeniu z innymi zaawansowanymi technologiami, takimi jak VR i AR [26], aby wyświetlić model terenu oraz budowy i przewidzieć wszelkie możliwe zagrożenia na miejscu [27].

W ostatnim czasie system TQM (ang. Total Quality Management) został uznany za najbardziej skuteczny system ciągłego doskonalenia [28]. Chociaż początkowo został wdrożony w przemyśle produkcyjnym i motoryzacyjnym w Japonii, później został przyjęty przez sektor budowlany. Projektowanie i budowa to dwie ważne fazy cyklu życia projektu, które znacząco wpływają na jakość wyników projektów budowlanych. Obecna praktyka zarządzania jakością w branży budowlanej obejmuje wydawanie list kontrolnych jakości, inspekcje i testy na miejscu, zgłaszanie niezgodności i działania naprawcze. W tym kontekście zwykle opisywany jest wymiar 9D, gdzie zalety szczupłego budownictwa (LC) w połączeniu z zaletami BIM dają możliwość ciągłego obserwowania rezultatów i bieżącego śledzenia produktywności [29].

10D to kolejny perspektywiczny wymiar BIM, który ma na celu wykorzystanie zalet uprzemysłowionego budownictwa i uwzględnia plany zarządzania katastrofami. Wymiar ten identyfikuje i eliminuje przeszkody dla produktywności na wszystkich etapach projektowania, budowy i dostawy obiektu. Aby poprawić poziom produktywności, wymiar ten zachęca do korzystania z dronów i maszyn produkcyjnych. Sztuczna inteligencja odgrywa ważną rolę w tym wymiarze, automatyzując procedury planowania i kontroli inżynierskiej. Ten wymiar został wprowadzony stosunkowo niedawno, a jego zastosowanie nie zostało jeszcze zbadać i przetestowane. Włączenie wyższego poziomu automatyzacji i systematycznej kontroli w budowie infrastruktury zwiększa rygorystyczność tego procesu i minimalizuje szkodliwy wpływ na środowisko przyrodnicze poprzez natychmiastowe zarządzanie informacjami [30].

Pojawianie się kolejnych wymiarów wydaje się kwestią czasu, gdyż BIM integrowany jest z kolejnymi technologiami. Jednakże wielu uczestników rynku wydaje się mieć problemy z zastosowaniem BIM z korzyścią dla siebie i klientów, używając terminologii w niewłaściwy sposób i różnie rozumiejąc interpretacje tak zwanych wymiarów. Podczas procesu inwestycyjno-budowlanego wymiary BIM są przywoływane w różnych kontekstach przez różnych uczestników. Granice wymiarów i zależności występujące pomiędzy nimi są trudne w interpretacji zarówno z pozycji zamawiającego, jak i projektanta czy wykonawcy. Nawet wśród ekspertów nie ma zgody.

W związku z tym można stwierdzić, że stosowanie tych wymiarów nie zawsze jest wskazane. Dlatego właściciele budynków lub klienci zamawiający projekt budowlany nie powinni polegać na zamawianiu „wymiarów BIM”, takich jak np. 4D. Klienci/zamawiający powinni jasno określić, których danych i informacji potrzebują w danym momencie projektu i odpowiednio je uporządkować w stosownych dokumentach, najlepiej zgodnie z wielośćciową normą ISO19650. Wymiary jednak są na tyle często przywoływane w zamówieniach publicznych czy ofertach, że trudno jest z nich zrezygnować. Ich odrzucenie, które postulował Koutamanis, wydaje się niemożliwe. Tym samym bez wielowymiarowości trudno mówić o BIM.

Podsumowanie

Głównymi, a więc konstytutywnymi cechami BIM są parametryczność, interoperacyjność i wielowymiarowość. Parametryczność zapewnia szybką i tętą kontrolę zmian dokonywanych w modelu. Dzięki niej możliwe jest organizowanie danych w formie semantycznej bazy danych o obiekcie budowlanym, który będzie użyteczny zarówno w fazie projektowania, realizacji inwestycji, jak i eksploatacji. Interoperacyjność poprawia komunikację pomiędzy interesariuszami, zmniejsza niepewność i utratę danych. Dzięki integracji systemów i aplikacji dopuszczany jest pluralizm rozwiązań, minimalizowane jest wykluczenie przedsiębiorstw – tym samym rośnie konkurencyjność. Wielowymiarowość daje możliwość dostarczenia doskonałych projektów, które będą spełniać wymagania klientów. Każda z wymienionych cech definiuje BIM i jest jego istotą, bez której nie może istnieć. Dalszy rozwój BIM determinuje coraz większy stopień parametryzacji (programowanie wizualne i generatywne), coraz lepszą interoperacyjność (fuzja z IoT, AI, GIS, VR itd.) oraz być może pojawienie się kolejnych wymiarów. Predykcja rozwoju technologicznego może być ryzykowna, ale prawdopodobnie BIM będzie przenikać branży AECOO coraz głębiej, stąd istnieje potrzeba edukacji na wielu szczeblach [31] oraz ciągłe rozpowszechnianie korzyści i zalet jego stosowania.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Miettinen R., Paavola S., Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling, „Automation in Construction” 2014, vol. 43, s. 84–91.
- [2] Rashidian S., Droegemüller R., Omrani S., Building information modelling, integrated project delivery, and lean construction maturity attributes: a Delphi study, „Buildings” 2023, 13(2), s. 281.
- [3] Borkowski A.S., Evolution of BIM: epistemology, genesis and division into periods, „Journal of Information Technology in Construction” 2023, 28(34), s. 646–661.
- [4] Kumar B., A Practical Guide to Adopting BIM in Construction Projects, Whittles Publishing, Glasgow 2015, s. 128.
- [5] Azhar S., Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry, „Leadership and management in engineering” 2011, 11(3), s. 241–252.
- [6] Kensek K.M., Building Information Modeling, Routledge Taylor and Francis Group, New York 2014, s. 285.

- [7] Thalheim B., Entity-relationship modeling: foundations of database technology, Springer Science & Business Media, 2013.
- [8] Kasznia D., Magiera J., Wierzowiecki P., BIM w praktyce. Standardy, wdrożenia, case study, PWN, Warszawa 2017.
- [9] Logothetis S., Karachaliou E., Stylianidis E., From OSS CAD to BIM for cultural heritage digital representation, „The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences” 2017, 42, s. 439–445.
- [10] Khemlani L., The IFC Building Model: A Look Under the Hood, 2004, <https://www.aecbytes.com/feature/2004/IFC.html> (dostęp: 4.10.2023).
- [11] Sattler L., Lamouri S., Pellerin R., Fortineau V., Larabi M., Maigne T., A query-based framework to improve BIM multi-domain collaboration, „Enterprise Information Systems” 2021, 15(10), s. 1395–1417.
- [12] Shirowzhan S., Sepasgozar S.M., Edwards D.J., Li H., Wang C., BIM compatibility and its differentiation with interoperability challenges as an innovation factor, „Automation in Construction” 2020, 112, 103086.
- [13] Esser S., Vilgertshofer S., Borrmann A., A reference framework enabling temporal scalability of object-based synchronization in BIM Level 3 systems, European Conference on Computing in Construction, 40th International CIB W78 Conference Heraklion, Crete, Greece, July 10–12, 2023.
- [14] Turk Ž., Interoperability in construction—Mission impossible?, „Developments in the Built Environment” 2020, 4: 100018, <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100018>.
- [15] Tiveron A., e-BIM. The methodology of information modeling in a “result” economy, Selfpublishing with Amazon, 2020, s. 392.
- [16] Ren R., Zhang J., A new framework to address BIM interoperability in the AEC domain from technical and process dimensions, „Advances in Civil Engineering” 2021, s. 1–17.
- [17] Piotrowski T., Interoperacyjność BIM w prawie zamówień publicznych, „Inżynier Budownictwa” 2019, nr 7–8, s. 56–58.
- [18] Farghaly K., Abanda F.H., Vidalakis C., Wood G., Taxonomy for BIM and asset management semantic interoperability, „Journal of Management in Engineering” 2018, 34(4), 04018012.
- [19] Borkowski A.S., Osińska N., Szymańska N., Przegląd dotychczasowych rozwiązań na poziomie aplikacyjnym w zakresie integracji technologii BIM i GIS, „Builder” 2022, vol. 305, nr 12, s. 64–69.
- [20] Björk B.C., Laako M., CAD standardisation in the construction industry – A process view, „Automation in construction” 2010, 19(4), s. 398–406.
- [21] Kensek K.M., BIM guidelines inform facilities management databases: A case study over time, „Buildings” 2015, 5(4), s. 899–916.
- [22] Piaseckiėnė G., Dimensions of BIM in literature: Review and analysis. Mokslas–Lietuvos ateitis/Science–Future of Lithuania, 2022, 14, <https://journals.vilniustech.lt/index.php/MLA/article/view/16071/10983> (dostęp: 19.07.2023).
- [23] Smith P., BIM & the 5D project cost manager, „Procedia-Social and Behavioral Sciences” 2014, 119, s. 475–484.
- [24] Charef R., Alaka H., Emmitt S., Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views, „Journal of Building Engineering” 2018, 19, s. 242–257.
- [25] Koutamanis A., Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions?, „Automation in Construction” 2020, 114, 103153.
- [26] Sidani A., Dinis F.M., Duarte J., Sanhudo L., Calvetti D., Baptista J.S., Soeiro A., Recent tools and techniques of BIM-Based Augmented Reality: A systematic review, „Journal of Building Engineering” 2021, 42, 102500.
- [27] Sampaio A.Z., Constantino G.B., Almeida N.M., 8D BIM model in urban rehabilitation projects: enhanced occupational safety for temporary construction works, „Applied Sciences” 2022, 12(20), 10577.
- [28] Wani I.A., Mehraj H.K., Total quality management in education: An analysis, „International Journal of Humanities and Social Science Invention” 2014, 3(6), s. 71–78.
- [29] Jaiswal S., Gbadamosi A.O., Olowale O., Oluwayemi B., Enabling Quality in Lean Construction: Integrating the Principles of Total Quality Management with 9D-BIM, 2022.
- [30] Ershadi M., Jefferies M., Davis P., Mojtabehi M., Implementation of Building Information Modelling in infrastructure construction projects: a study of dimensions and strategies, „International Journal of Information Systems and Project Management” 2021, 9(4), s. 43–59.
- [31] Borkowski A.S., Experiential learning in the context of BIM, „STEM Education” 2023, 3(3), s. 190–204, <http://www.aim-spress.com/article/doi/10.3934/steme.2023012>.

DOI: 10.5604/01.3001.0054.1433

PRAWIDŁOWY SPOŚÓB CYTOWANIA

Borkowski Andrzej Szymon, 2024, Konstytutywne cechy BIM – parametryczność, interoperacyjność, wielowymiarowość, „Builder” 01 (318). DOI: 10.5604/01.3001.0054.1433

STRESZCZENIE:

Proces inwestycyjno-budowlany w Polsce przechodzi głęboką cyfryzację. W wielu fazach i na różnych etapach tego procesu wykorzystuje się BIM. W teorii i praktyce podkreśla się, że BIM to nie CAD 3D, że BIM odróżnia bogactwo danych niegeometrycznych, że BIM daje przewagę konkurencyjną. Po blisko dwóch dekadach rozwoju BIM rodzą się pytania: Co jest głównymi składnikami BIM? Co go wyraźnie odróżnia od CAD? Co sprawiło, że wyodrębnił się z CAD? W artykule podjęto próbę odpowiedzi na te pytania w toku głębokiego studium literatury. Na podstawie najnowszych badań oraz najnowszego stanu techniki ustalono trzy konstytutywne cechy BIM – parametryczność, interoperacyjność i wielowymiarowość. Znajomość ich ważności i dogłębne zrozumienie może prowadzić do poprawy efektywności i produktywności branży AECOO.

SŁOWA KLUCZOWE:

BIM, modelowanie informacji o budynku, modelowanie informacji o obiekcie budowlanym, parametryczność, interoperacyjność, wielowymiarowość

ABSTRACT:

CONSTITUTIVE FEATURES OF BIM – PARAMETRICITY, INTEROPERABILITY, MULTIDIMENSIONALITY. The investment and construction process in Poland is undergoing profound digitization. BIM is being used in many phases and at various stages of this process. In theory and practice, one highlights that BIM is not 3D CAD, that BIM is distinguished by a wealth of non-geometric data, that BIM gives a competitive advantage. After nearly two decades of BIM development, the questions arise: What are the main components of BIM? What clearly distinguishes it from CAD? What made it separate from CAD? The article attempts to answer these questions adequately through a deep study of the literature. Based on the latest research and state of the art, three constitutive features of BIM – parametricity, interoperability and multidimensionality - have been established. Knowledge of their relevancy and in-depth understanding can lead to improved efficiency and productivity of the AECOO industry.

KEYWORDS:

BIM, building information modeling, parametricity, interoperability, multidimensionality