

Cele i wybrane problemy konwersji modeli BIM na modele GIS

Conversion between BIM and GIS models –
objectives and selected issues

Dariusz Gotlib, Michał Wyszomirski

Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii, Zakład Kartografii

Słowa kluczowe: GIS, BIM, CityGML, IFC, modele budynków, dane przestrzenne
Keywords: GIS, BIM, CityGML, IFC, models of buildings, spatial data

Wprowadzenie

Proces modelowania terenu i różnych zjawisk zgodnie z metodyką i technologią GIS jest powszechnie znany i stosowany w praktyce od kilkudziesięciu lat. Budynki są przedstawiane w systemach informacji przestrzennej na wiele sposobów. Proces modelowania informacji o budynkach i zarządzania obiektami budowlanymi określany akronimem BIM (ang. *Building Information Modeling*) jest znany od niedawna to jest od 2002 roku. Stosowanie tego podejścia zaczyna być coraz częściej wymogiem formalnym w pewnych określonych przypadkach, na przykład przy budowie ważnych inwestycji publicznych. W ostatnich latach można zaobserwować duży przyrost opracowywanych w ten sposób modeli budynków. Nie jest to jednak jeszcze zjawisko powszechnie. Kluczowym celem koncepcji BIM jest zapewnienie efektywnego dostępu do informacji o budynku (w całym cyklu jego życia) dla różnych interesariuszy: architektów, inżynierów budowlanych, ekip remontowo-budowlanych, pracowników technicznych, administratorów budynków itd. Jak dotąd BIM jest traktowany głównie jako rozwiązanie służące do koordynacji integracji, współdziałania, współpracy i automatyzacji procesów w budownictwie (Isikdag, Zlatanova, 2009). Modele BIM zawierają dane wymieniane pomiędzy członkami zespołu projektowego, co znacznie redukuje błędy i wspomaga zarządzanie inwestycją (Jernigan, 2007). Jednocześnie odbiorcą systemów BIM jest rozwijająca się branża FM (ang. *Facility Management*). Równolegle, intensywny rozwój koncepcji i technologii GIS w kierunku rozwiązań 3D sprawił, że producenci i użytkownicy geoinformacji coraz częściej tworzą i wykorzystują modele wnętrza budynków w celu prowadzenia spójnych analiz wnętrza i zewnątrz budynku oraz tworzenia map budynków. To wszystko sprawia, że pojawia się coraz większe zapotrzebowanie na wymianę danych pomiędzy dwoma „światami technologicznymi”, które dotychczas rozwijały się niezależnie.

Cel konwersji danych pomiędzy BIM i GIS

Zgodnie ze standardem ISO 12911 pojęcie „BIM” może być rozumiane na dwa główne sposoby:

- jako model (ang. *Building Information Model*) – współdzielona cyfrowa reprezentacja fizycznych i funkcjonalnych cech obiektów budowlanych, w tym budynków, mostów, dróg, zakładów przetwórczych, takich jak rafinerie bądź wieże wiertnicze,
- jako proces (ang. *Building Information Modelling*) – sposób zarządzania informacjami dotyczącymi obiektów oraz projektów, w celu skoordynowania operacji wprowadzania i pobierania danych, niezależnie od konkretnych implementacji tych operacji.

Dla specjalistów zajmujących się zarządzaniem budynkami (branża FM), efektywny dostęp do kompletnego zestawu informacji o budynku ma znaczenie fundamentalne. Potrzebują oni zarówno informacji o wnętrzu, jak i zewnątrz budynku. Dane o charakterze przestrzennym mogą odgrywać kluczową rolę. BIM nie jest jedynym źródłem informacji przestrzennej o budynku. Równoległe do BIM powstają różnorakie modele GIS. O ile do niedawna opisywały one zwykle otoczenie budynku, to obecnie opisuje się i prezentuje również wnętrza budynków. Z kolei model BIM także nie jest ograniczony wyłącznie do wnętrza budynku lub budowli i prezentuje często najbliższe otoczenie obiektów budowlanych. Jednak odbywa się to w zupełnie inny sposób niż w przypadku systemów GIS. Modele BIM i GIS różnią się znacznie zarówno na poziomie koncepcyjnym, jak i technologicznym. Systemy BIM coraz częściej korzystają z informacji pochodzących z systemów GIS, a dokładniej z danych przestrzennych o otoczeniu budynku, na przykład danych topograficznych (2D lub 3D), danych o sieci uzbrojenia terenu, danych ewidencji gruntów i budynków lub miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. Aby zrealizować to zadanie konieczna jest konwersja danych. Połączenie obu źródeł danych na kolejnych etapach „życia” budynku, może być niezwykle przydatne w takich procesach jak:

- wykrywanie konfliktów z infrastrukturą (mediami),
- kontrola zgodności projektu z planem zagospodarowania terenu,
- wspomaganie projektowania umiejscowienia dźwigów i innych maszyn budowlanych z uwzględnieniem charakterystyki terenu i sąsiadującej zabudowy,
- projektowanie dróg dojazdu, w tym sposobów dostarczenia elementów ponadgabarytowych,
- organizacja placu budowy i dostarczania materiałów budowlanych,
- analiza widoku z okien przy projektowaniu położenia okien, balkonów, pokoiów dziennych itp.,
- analiza wpływu umiejscowienia mieszkania w danym budynku na spodziewaną cenę sprzedaży lub wynajmu,
- wspomaganie prac ekip remontowych, służb specjalnych, wspomaganie akcji gaśniczych (Isikdag, Underwood, Aouad, 2008) lub planowanie i prowadzenie akcji antyterrorystycznych.

Możliwości modelowania zewnątrz obiektów w przypadku BIM są bardziej ograniczone niż w przypadku GIS. Tworzony model przedstawia zwykle tylko najbliższe otoczenie obiektu. Wykorzystanie danych z różnych systemów GIS, ogranicza się w dużej mierze do generalizacji danych. Dlatego w dalszej części skoncentrowano się jedynie na opisie jednokierunkowego procesu konwersji danych z BIM do GIS w zakresie modelu wnętrza obiektu.

Modele budynków (mapy budynków) niezbędne są też do tworzenia nowoczesnych systemów informacyjnych powszechnego użycia. Tego typu systemy (wykorzystujące czasami technologię GIS) zaczynają wdrażać na przykład centra handlowe bądź komunikacyjne. Dzięki takim rozwiązaniom klienci mogą oglądać oraz wyszukiwać sklepy i oferty poprzez portal internetowy, kioski informacyjne lub aplikacje mobilne (w tym z funkcją nawigacji). Stosując narzędzia GIS opracowuje się na świecie coraz więcej bardziej lub mniej skomplikowanych map wnętrza budynków. Tworzone są one często zupełnie niezależnie od systemów BIM.

Potrzeba efektywnej wymiany danych pomiędzy modelami BIM i GIS staje się więc coraz większa. Wymiana danych pomiędzy BIM i GIS, o ile obecnie ma w ogóle miejsce, odbywa się zwykle przez użycie określonych formatów wymiany danych.

W przypadku BIM formatem dedykowanym do wymiany danych pomiędzy różnymi aplikacjami wspomagającymi tworzenie BIM jest format IFC (ang. *Industry Foundation Classes*), który został stworzony przez konsorcjum *Industry Alliance for Interoperability* powołane w 1994 roku przez firmę *Autodesk*. W roku 1997 zmieniono nazwę konsorcjum na *International Alliance for Interoperability* w celu zaakcentowania nacisku na współpracę wielu branż zarówno przy rozwoju samego standardu, jak i przy jego wykorzystaniu (NBS, 2017). Aktualnie konsorcjum nazywa się *buildingSMART*.

Dla systemów GIS, formatów, które mogą wspomagać eksport i import danych jest bardzo wiele. W przypadku tworzenia modeli 3D miast, w szczególności modeli uwzględniających wnętrza budynków, najważniejszym i najbardziej popularnym stał się ostatnio standard *CityGML*. Dlatego w przeprowadzonych badaniach zdecydowano się na wykorzystanie tego właśnie standardu.

Konwersja danych z modelu BIM (IFC) do GIS (*CityGML*) nie zawsze jest zadaniem prostym, ponieważ różnice między nimi (zarówno dotyczące schematu pojęciowego jak i formatu danych) są znaczące. Dlatego poddano badaniom proces tego typu konwersji, a najważniejsze obserwacje i wnioski przedstawiono w dalszej części artykułu.

Podobieństwa i różnice pomiędzy modelami BIM i GIS

Systemy BIM i GIS łączy wiele cech wspólnych. Najbardziej istotną jest ta, iż oba operują na danych przestrzennych, służą do zapisu informacji o przestrzeni i pozwalają na analizę oraz wizualizację przestrzenną. Najważniejsze różnice (na poziomie ogólnym) o charakterze technicznym przedstawiono w tabeli 1.

Bazy danych przestrzennych są specyficznym typem baz danych, w których dane są zapisane w strukturach pozwalających na uzyskanie współrzędnych obiektów w zdefiniowanym geodezyjnym układzie współrzędnych (Gotlib, Iwaniak, Olszewski, 2007). Technologia GIS szeroko wykorzystuje obecnie standardy usług sieciowych opracowanych na potrzeby systemów informatycznych. Systemy zarządzania bazami danych przestrzennych zapewniają między innymi:

- obsługę geometrycznych typów danych zapewniających uporządkowany zapis współrzędnych oraz zarządzanie układem współrzędnych, w tym transformację współrzędnych pomiędzy układami współrzędnych,
- indeksowanie przestrzenne umożliwiające efektywny dostęp do danych,

Tabela 1. Zestawienie głównych różnic technicznych pomiędzy systemami BIM i GIS

Cecha	GIS	BIM
Korzystanie z technologii baz danych przestrzennych	tak	nie
Praca w architekturze klient-serwer	tak	nie
Możliwość wykonywania analiz przestrzennych	tak	nie
Wykorzystywanie technologii usług sieciowych (web services)	tak	nie
Możliwość kartograficznej prezentacji danych	tak	nie
Możliwość prezentacji danych zgodnie z normami i regułami budowlanymi	nie (tylko w wyjątkowych przypadkach)	tak
Stosowany układ współrzędnych	różne układy współrzędnych geodezyjnych, możliwe i czasami stosowane lokalne układy współrzędnych prostokątnych	lokalny układ współrzędnych prostokątnych dostosowany oddzielnie dla każdego budynku
Dostępność narzędzi/funkcji wspomagających tworzenie mapy otoczenia budynku	tak	tylko podstawowe obiekty z bezpośredniego otoczenia budynku
Dostępność narzędzi/funkcji wspomagających rysowanie obiektów i elementów budowlanych	nie	tak

- obsługę relacji przestrzennych poprzez udostępnienie rozszerzonego o operatory przestrzenne języka zapytań pozwalającego na wykonywanie analiz przestrzennych oraz umożliwienie definiowania więzów integralności przestrzennej,
- wizualizację kartograficzną danych przestrzennych.

Programy do tworzenia i zarządzania BIM nie mają wymienionych cech. Powszechne dostępne systemy BIM nie używają standardowych usług sieciowych. Wymiana danych następuje przez współdzielenie pliku zawierającego projekt lub wymianę plików IFC. Systemy BIM mają bardzo ubogie algorytmy analiz przestrzennych ograniczające się do analiz topologii modelu. Aplikacje BIM są zorientowane na tworzenie modelu zgodnie z normami budowlanymi. Wzajemne relacje przestrzenne zapisane w BIM wynikają z zasad projektowania budynków, na przykład przestrzeń ograniczona ścianami, podłogą i stropem jest pomieszczeniem, w otworze okiennym znajduje się okno itp. Prezentacja treści modeli BIM w aplikacjach do tworzenia tych modeli ogranicza się do prezentacji danych zgodnie z normami stosowanymi w budownictwie i jest typowa dla oprogramowania CAD. Nie spełnia wymogów prezentacji kartograficznych (Gotlib, Marciniak, 2012). W przeciwieństwie do systemów GIS, dla każdego budynku (lub grupy budynków) stosowany jest oddzielny, lokalny układ współrzędnych, co uniemożliwia prowadzenie szerszych analiz kontekstowych z wykorzystaniem: danych katastralnych, danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, planów zagospodarowania przestrzennego lub obliczanie tras. Modele BIM nie da się również efektywnie wykorzystać do zasilania systemów nawigacyjnych (Gotlib, Gnat, 2013). To jedynie niektóre najważniejsze różnice pomiędzy BIM i GIS. Wymienione różnice są znaczące.

Różnice w modelach pojęciowych

Wymiana informacji pomiędzy różnymi systemami opierającymi się na różnych modelach to zagadnienie złożone, ale też znane w informatyce. Interoperacyjność systemów uzyskuje się między innymi przez stosowanie takich metodyk jak MDA (ang. *Model Driven Architecture*), która została opracowana przez OMG (*Object Management Group*) i jest powszechnie stosowana. Podstawowym założeniem jest separacja pomiędzy niezależnym od platform modelem pojęciowym a specyficznym środowiskiem implementacji. Rozwiązań problemu interoperacyjności poszukuje się przede wszystkim na poziomie uzyskania zgodności semantycznej, czyli na poziomie modeli pojęciowych. Sam problem konwersji na poziomie technicznym (np. kwestia formatu danych) zwykle nie stanowi istotnej bariery.

Największy problem w procesie konwersji BIM i GIS stanowią właśnie różnice w modelu pojęciowym danych, zarówno w aspekcie semantycznym (wyróżniane klasy obiektów i atrybuty), jak i w zakresie sposobu modelowania geometrii (typy geometryczne danych). System GIS wykorzystuje bazę danych przestrzennych, w której poszczególnym klasom obiektów przypisuje się określone typy geometryczne, na przykład z normy ISO 19107. Zarówno klasy, ich atrybuty i typy danych definiuje najczęściej projektant na etapie modelowania pojęciowego. Natomiast system BIM operuje na ściśle zdefiniowanym schemacie pojęciowym, z typowymi tylko dla BIM sposobem opisu geometrii. Model pojęciowy BIM został zaprojektowany w innym celu niż obecnie wykorzystywane modele GIS. Kluczową rolę odgrywają w nim klasy modelujące konstrukcję obiektów, takie obiekty jak: *ściana*, *belka*, *stupa*, natomiast w modelach GIS tego typu klasy zwykle nie występują.

Zależnie od zdefiniowanego przez projektanta GIS pojęciowego modelu danych, mapowanie klas pomiędzy bazą danych przestrzennych GIS a BIM może być możliwe w pełni, częściowo lub w ograniczonym zakresie. Zagadnienie to jest jednak zbyt obszerne na omówienie w niniejszym artykule. Dlatego w dalszej części zdecydowano się pokazać jedynie przykład konwersji między dwoma popularnymi formatami i zarazem modelami, aby w ten sposób zasygnalizować złożoność problemu i zwrócić uwagę na to, że konwersja może być trudna do zautomatyzowania w pełnym zakresie i może prowadzić do licznych błędów, redundancji danych oraz niespójności przy aktualizacji.

Konwersja danych pomiędzy IFC i CityGML

Istnieją gotowe narzędzia informatyczne do konwersji danych pomiędzy BIM i GIS, w szczególności pomiędzy formatem IFC oraz CityGML. Można tu wymienić na przykład oprogramowanie FME oraz oprogramowanie firmy Esri. Zautomatyzowane przeprowadzenie konwersji, bez zrozumienia istotnych różnic pomiędzy modelami i formatami, może jednak prowadzić do uzyskania niezadowolających efektów. Celem artykułu nie jest więc omówienie działania gotowych konwerterów, ale przedstawienie na wybranych prostych przykładach ograniczeń semantycznych i pokazanie złożoności technicznej tych procesów. Szczególnie ciekawe, zdaniem autorów, jest zrozumienie sposobu konstrukcji formatu wymiany danych BIM, który jest znacząco inny od konstrukcji znanych specjalistom z zakresu technologii GIS.

Jak już wspomniano wcześniej, dedykowanym do wymiany informacji pomiędzy oprogramowaniem BIM a innymi systemami jest format i model IFC. Jest on promowany jako

uniwersalny model danych wspomagający wymianę danych i obsługę cyklu życia budynku (Solibri, 2017). Jest to tekstowy, mający cechy modelu obiektowego, format plików opracowany w celu ułatwienia interoperacyjności w przemyśle architektonicznym i inżyniersko-konstrukcyjnym (ang. *Architecture, Engineering and Construction* – AEC). IFC jest przedstawiony w normie ISO 16739:2013. Definicja modelu danych IFC została opisana w języku EXPRESS, który jest językiem modelowania danych o obiektach przemysłowych. Język EXPRESS został opisany w normie ISO 10303 „Standard for the Exchange of Product model STEP” i ustandaryzowany w 1994 roku przez normę ISO 10303-11 (ISO, 2004). Model IFC dostarcza zestaw definicji dla wszystkich typów elementów obiektu spotykanych w budownictwie, a IFC jest strukturą służącą do przechowywania tych definicji w tekstowych plikach danych. Definicja IFC dopuszcza kilka formatów plików służących do przeniesienia danych:

1. STEP IFC – model IFC może być zapisany w pliku STEP, którego format jest usankcjonowany normą ISO 10303-21 (ISO, 2016),
2. IFCXML – model IFC może być zapisany w pliku XML, którego format jest podzbiorem SGML (*Standard Generalized Markup Language*) uregulowanego normą ISO 8879 (ISO, 1986) i który został usankcjonowany specyfikacją W3C (W3C, 2015).
3. IFCZIP – jest to plik IFC w formacie XML spakowany algorytmem kompresji Deflate opartym na metodzie strumieniowej słownikowej kompresji danych Lempel-Ziv 77 (LZ77) oraz na kodowaniu Huffmana.

W rozwoju systemów GIS w ostatnich latach, istotne miejsce zajmuje CityGML. Jest to otwarty, zestandaryzowany model i jednocześnie format wymiany danych, przeznaczony do zapisu i przedstawiania cyfrowych modeli terenu 3D. Określa sposoby opisywania typowych dla baz danych GIS obiektów: budynków, dróg, rzek, mostów, roślinności i urządzeń oraz relacji między nimi. Definiuje różne standardowe poziomy szczegółowości LoD (ang. *Level of Detail*) zapisu obiektów w 3D, co pozwala reprezentować obiekty dla różnych zastosowań i celów (3D Geoinformation group at TU Delft, 2017). W kontekście wymiany danych z BIM szczególnie istotny jest największy poziom szczegółowości, czyli LoD 4, który pozwala na modelowanie wnętrza budynku. CityGML jest standardem rozwijanym przez organizację OGC (ang. *Open Geospatial Consortium*). Jest on implementowany jako schemat aplikacji GML (ang. *Geographic Markup Language*). Model CityGML nie opisuje budynku w sposób tak szczegółowy, jak to ma miejsce przy projektach architektoniczno-budowlanych. Nie jest on przewidziany do wspomaganie architektów i inżynierów budowlanych. Model ten opisuje budynek i jego otoczenie w sposób pozwalający na prowadzenie typowych dla systemów GIS analiz przestrzennych oraz wykonywania typowych dla nich wizualizacji, w szczególności wizualizacji kartograficznych. Dane osadzone są w geodezyjnym układzie współrzędnych oraz stosowane są typy danych i sposoby zapisu danych zgodne z normami z serii ISO 19100.

Dalej omówiony zostanie jedynie najprostszy, ale najczęściej stosowany sposób wymiany danych pomiędzy BIM i GIS: wymiana przez eksport/import plików IFC. Takie podejście jest najczęściej brane pod uwagę ze względu na łatwość implementacji. Poza nim można rozważać inne sposoby integracji danych BIM i GIS, ale tematyka ta jest obszerna i wykracza znacząco poza zakres tego artykułu.

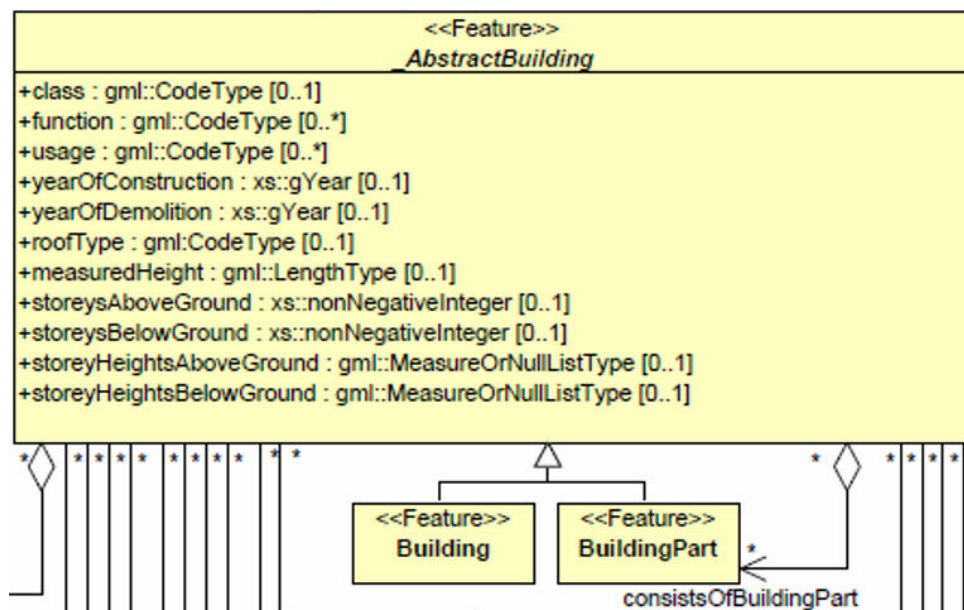
W przypadku importu modelu BIM do systemu GIS można przeprowadzić proces importu danych do CityGML LoD 4 przez proces mapowania klas obiektów z modelu IFC. Model IFC definiuje ponad 200 klas obiektów związanych z budynkiem lub budowlą, a model

CityGML zaledwie kilka klas obiektów: budynek (*Building* i *BuildingPart*), pomieszczenie (*Room*), instalacje i urządzenia znajdujące się wewnątrz budynku (*IntBuildingInstallation*), wyposażenie (*BuildingFurniture*), drzwi i okna (*Window* i *Door*) oraz klasy reprezentujące powierzchnie ścian, podłóg, dachu itp. będące pochodnymi klasy *_BoundarySurface*. Choćby z tego powodu nie może być mowy o pełnej wymianie danych pomiędzy BIM i GIS. Jeżeli chodzi o reprezentację samego budynku, sensowna jest tylko wymiana jednokierunkowa – z BIM do GIS i to w ograniczonym zakresie.

Problemem przy wymianie danych są także różnice w domenach atrybutów oraz inny sposób ich definiowania. O ile w przypadku CityGML mamy do czynienia z prostym przypisywaniem atrybutów do klas, o tyle w IFC wykorzystuje się struktury pośrednie (obiekty agregujące *IfcRelAggregates*). Ze względu na ograniczenia objętości niniejszego opracowania przeanalizowana zostanie tylko podstawowa klasa reprezentująca budynek oraz kilka wybranych atrybutów.

W modelu CityGML klasa *Building* jest jedną z dwóch potomnych klasy *_AbstractBuilding* (rys. 1). Jeżeli budynek składa się z segmentów konstrukcyjnych, różniących się na przykład liczbą pięter lub rodzajem dachu musi być podzielony na kilka dodatkowych obiektów klasy *BuildingPart*. Abstrakcyjna klasa *_AbstractBuilding* służy do przedstawienia atrybutów budynku, geometrycznej i semantycznej reprezentacji budynku lub części budynku (na różnych poziomach szczegółowości).

W modelu IFC budynek jest reprezentowany przez obiekt klasy *IfcBuilding*. Klasa ta dziedziczy atrybuty z klasy nadrzędnej *IfcSpatialStructureElement*. Lista atrybutów klasy *IfcBuilding* z uwzględnieniem atrybutów odziedziczonych z klasy *IfcSpatialStructureElement* oraz klas nadrzędnych w stosunku do klasy *IfcSpatialStructureElement* została przedstawiona w tabeli 2.



Rysunek 1. Fragment modelu CityGML – klasa reprezentująca budynek (źródło: OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, (Open Geospatial Consortium, 2012))

Tabela 2. Atrybuty klasy *IfcBuilding* (z modelu IFC) z uwzględnieniem atrybutów odziedziczonych z klas nadrzędnych

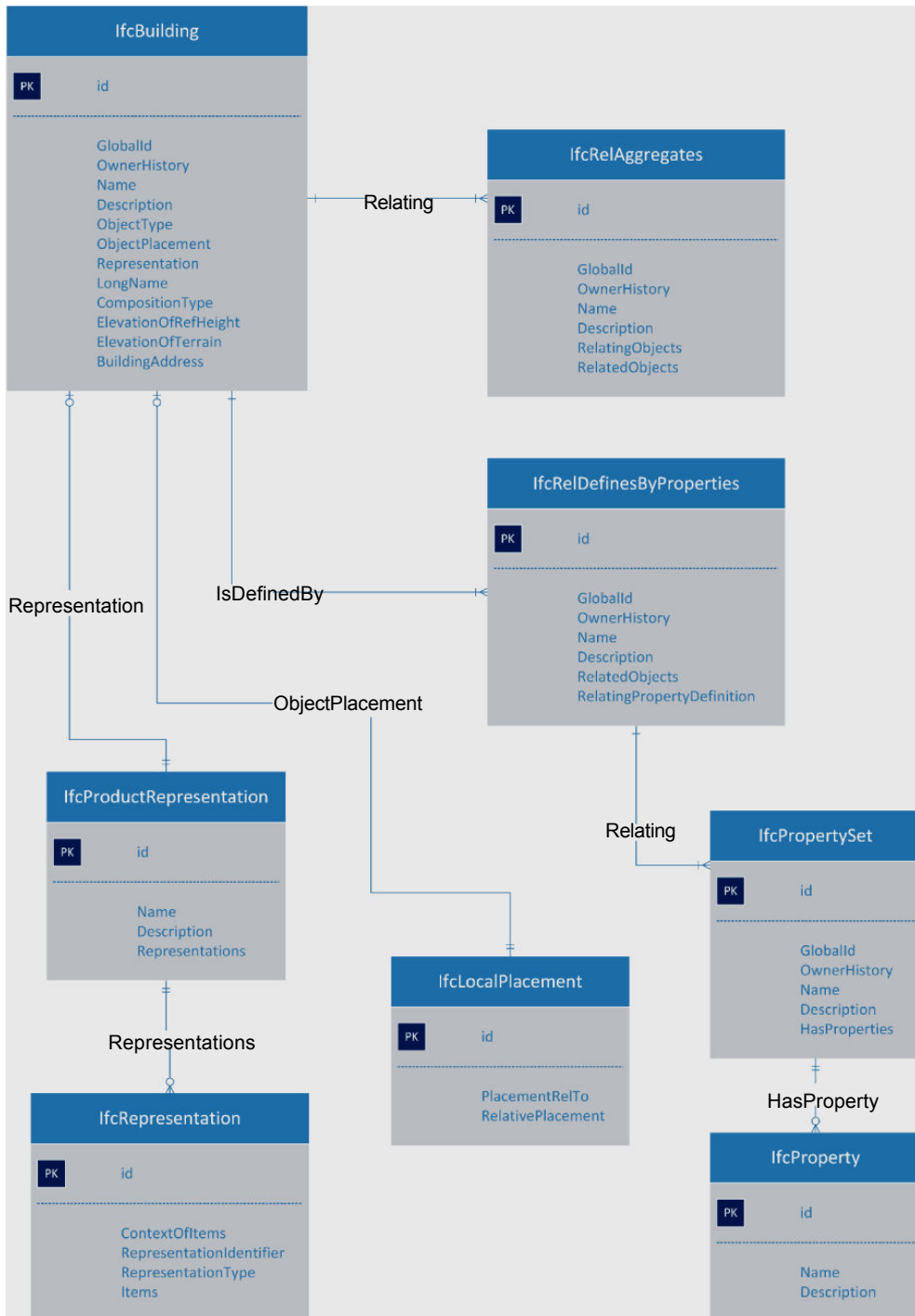
Atrybut	Typ
GlobalId	IfcGloballyUniqueId (STRING)
OwnerHistory	IfcOwnerHistory (ENTITY)
Name	IfcLabel (STRING)
Description	IfcText (STRING)
ObjectType	IfcLabel (STRING)
ObjectPlacement	IfcObjectPlacement (ENTITY)
Representation	IfcProductRepresentation (ENTITY)
LongName	IfcLabel (STRING)
CompositionType	IfcElementCompositionEnum (ENUM)
ElevationOfRefHeight	IfcLengthMeasure (REAL)
ElevationOfTerrain	IfcLengthMeasure (REAL)
BuildingAddress	IfcPostalAddress (ENTITY)

Obiekt klasy *IfcBuilding* jest powiązany relacjami z obiektami innych klas określającymi cechy budynku. Na przykład atrybut *Representation* wskazuje obiekt klasy *IfcProductRepresentation*, który agreguje wszystkie elementy geometryczne składające się na reprezentację geometryczną obiektu (rys. 2). Atrybuty opisowe obiektu są przypisane do obiektu klasy *IfcBuilding* poprzez obiekt klasy *IfcRelDefinesByProperties* stanowiący element agregujący, który identyfikuje przypisane do obiektu klasy *IfcBuilding* obiekty klasy *IfcPropertySet*, zawierające zbiory atrybutów. Kondygnacje, będące elementem składowym w przestrzennej strukturze obiektu

IfcBuilding są przypisane do obiektu klasy *IfcBuilding* poprzez obiekt klasy *IfcRelAggregates* stanowiący element agregujący, który identyfikuje przypisane do obiektu klasy *IfcBuilding* obiekty klasy *IfcBuildingStorey*.

Tylko pobieżne przedstawienie (rys. 2) zależności w strukturze modelu IFC pokazuje jej złożoność i inne podejście do modelowania niż w typowych bazach danych GIS. Pewnym problemem może być także pozyskanie opisu geometrycznego obiektu z danych IFC, w sposób potrzebny w bazach danych GIS. Informacje o geometrii bryły budynku, płaszczyznach ją definiujących oraz obrysie budynku można uzyskać analizując atrybuty *ObjectPlacement* i *Representation* obiektu klasy *IfcBuilding* w IFC. W tabeli 3 przedstawiono możliwości przepisania danych o budynku z modelu IFC (klasa *IfcBuilding* i powiązane z nią obiekty innych klas) do CityGML (klasa *AbstractBuildingType*).

Z analizy tabeli 3 można wysnuć wniosek, że mapowanie schematu IFC na CityGML nie jest prostym mapowaniem 1:1 pomiędzy wybranymi atrybutami w ramach dwóch odpowiadających sobie klas w IFC i CityGML. Podczas konwersji konieczne jest wykorzystanie algorytmu łączącego ze sobą kilka klas w zależnościach hierarchicznych. Implementacja procesu konwersji w sensie technicznym nie jest natomiast problemowa. Oba standardy oparte są o zapis w plikach tekstowych. Jedynym problemem może być optymalizacja algorytmu „przepisywania” danych, ze względu na duże wielkości zbiorów tekstowych. Można tu stosować różne zabiegi, między innymi wykorzystać technologie baz NoSQL.



Rysunek 2. Fragment modelu IFC – klasa IfcBuilding reprezentująca budynek (źródło: opracowanie własne)

Tabela 3. Wynik przeprowadzonej analizy badawczej – ocena możliwości zasilenia CityGML danymi z IFC (w tabeli przedstawiono jedynie niewielki fragment całego zestawienia liczącego ponad 30 atrybutów)

Atrybut klasy <i>AbstractBuildingType</i> w CityGML	Typ atrybutu	Sposób uzyskania danych z modelu IFC
class	gml:CodeType	Atrybut <i>ObjectType</i> klasy <i>IfcBuilding</i> .
function	gml:CodeType	Atrybut <i>MarketCategory</i> zawarty w zbiorze atrybutów <i>Pset_BuildingUse</i> przypisanym do obiektu klasy <i>IfcBuilding</i> poprzez obiekt agregujący <i>IfcRelDefinesByProperties</i> .
usage	gml:CodeType	Atrybut <i>OccupancyType</i> zawarty w zbiorze atrybutów <i>Pset_BuildingCommon</i> przypisanym do obiektu klasy <i>IfcBuilding</i> poprzez obiekt agregujący <i>IfcRelDefinesByProperties</i> .
measuredHeight	gml:LengthType	Atrybut <i>Height</i> znajdujący się w zbiorze atrybutów ilościowych <i>BuildingBaseQuantities</i> przypisanym do obiektu klasy <i>IfcBuilding</i> poprzez obiekt agregujący <i>IfcRelDefinesByProperties</i> .
storeysAboveGround	xs:nonNegativeInteger	Atrybut <i>NumberOfStoreys</i> zawarty w zbiorze atrybutów <i>Pset_BuildingCommon</i> przypisanym do obiektu klasy <i>IfcBuilding</i> poprzez obiekt agregujący <i>IfcRelDefinesByProperties</i> który zawiera liczbę wszystkich kondygnacji. Liczba kondygnacji powyżej i poniżej poziomu gruntu może być określona poprzez analizę atrybutów <i>Elevation</i> każdego z obiektów klasy <i>IfcBuildingStorey</i> .
storeysBelowGround	xs:nonNegativeInteger	
interiorRoom	InteriorRoomPropertyType	Informacje o pomieszczeniach wewnątrz budynku można uzyskać poprzez analizę obiektów klasy <i>IfcSpace</i> powiązanych z obiektami <i>IfcBuildingStorey</i> , które są powiązane z obiektem klasy <i>IfcBuilding</i> .
consistsOfBuildingPart	BuildingPartPropertyType	Informacje o obiektach związanych z budynkiem można uzyskać poprzez analizę obiektów klas pochodnych klasy <i>IfcProduct</i> powiązanych z obiektem klasy <i>IfcBuilding</i> .
address	core:AddressPropertyType	Obiekt <i>IfcAddress</i> wskazywany przez atrybut klasy <i>IfcBuilding</i> o nazwie <i>BuildingAddress</i> .

Podsumowanie

Architekci zawsze tworzyli modele budynków, a ich głównymi odbiorcami byli wykonawcy budowlani. Obecnie grono zainteresowanych wynikami ich pracy powiększa się. Są nimi między innymi specjaliści i analitycy GIS. Dlatego, już od etapu projektowania obiektu budowlanego warto mieć na uwadze, że opracowywane modele, zapisywane obecnie w technologii cyfrowej, będą służyły nie tylko wykonawcom i inżynierom budowlanym, ale również osobom zarządzającym budynkami, analitykom przestrzennym, służbom ochrony, służbom ratunkowym, policji bądź zwykłym osobom szukającym określonego pomieszczenia w budynku.

Podstawowymi formatami danych, które mogą być wykorzystywane przy wymianie danych pomiędzy BIM i GIS są obecnie IFC oraz CityGML. Ze względu na zupełnie od-

mienną konstrukcję modelu pojęciowego danych oraz inny sposób definiowania relacji, proste przepisanie danych z jednego pliku do drugiego nie jest jednak prostą operacją techniczną. Konieczne jest właściwe określenie („mapowanie”) odpowiadających sobie klas, atrybutów i relacji. Pewnym problemem w kontekście czasu niezbędnego na wykonanie konwersji danych jest wielkość zbiorów danych IFC i CityGML wynikająca z ich tekstowego charakteru. Biorąc pod uwagę skomplikowany sposób zapisu relacji w IFC, zupełnie inny niż w relacyjnym modelu danych, proces przetwarzania również jest czasochłonny. Wskazane jest poszukiwanie algorytmów i technologii optymalizujących to działanie. Przeprowadzone badania wykazały, że mimo wspomnianych problemów, wymiana danych jest możliwa. Aby była w pełni efektywna należy dążyć do bardziej zaawansowanych rozwiązań, niż tylko proste przepisywanie danych z jednego pliku tekstowego do drugiego. Rzeczywistym problemem jest współdzielenie danych BIM i GIS, w taki sposób, aby możliwa była ich spójna aktualizacja. Wykorzystanie pośrednich formatów (w tym przypadku IFC i CityGML) nie jest idealnym rozwiązaniem. Nadal technologia BIM i GIS rozwija się niezależnie. W różnych ośrodkach badawczych i firmach prowadzone są jednak badania i podejmowane prace rozwojowe, które w przyszłości pozwolą na bardziej efektywną niż obecnie wymianę złożonych informacji o budynku na potrzeby różnych aplikacji. Aktualność tego stwierdzenia potwierdza fakt, że w czasie końcowego przygotowania tej publikacji do druku, firmy Autodesk (dostawca wiodącego oprogramowania do tworzenia BIM) oraz Esri (dostawca wiodącego oprogramowania do tworzenia GIS), ogłosiły podjęcie nowej współpracy w celu stworzenia „pomostu technologicznego” pomiędzy BIM i GIS (źródło: Esri i Autodesk, 15.11.2017(ZDNET, 2017)). Niezwykle ważną, aczkolwiek oddzielną kwestią jest możliwość włączenia modeli wnętrza budynków jako elementu infrastruktury danych przestrzennych w ramach INSPIRE. Zagadnienie to wykracza jednak poza ramy niniejszego artykułu.

Ze względu na złożoność problemu, nie jest możliwe omówienie w jednym artykule (a nawet kilku) przeprowadzonych eksperymentów praktycznych oraz przedstawienie wszystkich ważnych aspektów metodycznych wymiany danych. Będą one przedmiotem oddzielnych publikacji, w tym rozprawy doktorskiej. Dlatego w niniejszym opracowaniu autorzy skoncentrowali się jedynie na pokazaniu wybranych zagadnień konwersji danych na przykładzie podstawowej klasy, jaką w tym przypadku jest klasa reprezentująca budynek. Choć problem konwersji między dwoma formatami danych może być czasami interpretowany jako rutynowe działanie informatyczne, to w tym przypadku zamierzeniem autorów jest pokazanie, że tak nie jest w przypadku konwersji pomiędzy BIM a GIS. Przeprowadzone eksperymenty przede wszystkim pokazują odmienności modeli BIM i GIS. Poprawne wykonanie konwersji plików wymaga rozumienia odmiennych koncepcji obu modeli (na poziomie celu, struktury i pojęć), a tym samym wynikających z nich ograniczeń przy konwersji.

Podziękowania. Autorzy dziękują dwóm anonimowym recenzentom za cenne wskazówki.

Finansowanie. Praca finansowana ze środków statutowych Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej.

Literatura (References)

- 3D Geoinformation group at TU Delft. 2017.09.24. What is CityGML? Retrieved from CityGML homepage: <https://www.citygml.org/about/>
- British Standards Institution, 2014: PAS 1192-3 Specification for information management for the operational phase of assets using BIM. London, British Standards Institution.

- British Standards Institution, 2007: BS 1192:2007. Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practice. London, British Standards Institution.
- buildingSMART, 2017, 09 24: Industry Foundation Classes Release 4 (IFC4). Retrieved from buildingSMART: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/index.htm>
- Gotlib Dariusz, Gnat Miłosz, 2013: Spatial Database Modeling For Indoor Navigation Systems. *Reports on Geodesy and Geoinformatics* 95: 49-63, DOI: 10.2478/rgg-2013-0012.
- Gotlib Dariusz, Marciniak Jacek, 2012: Cartographical aspects in the design of indoor navigation systems. *Annual of Navigation* 19 (1): 35-48.
- Gotlib Dariusz, Iwaniak Adam, Olszewski Robert, 2007: GIS. Obszary zastosowań (GIS. Areas of applications). Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Isikdag Umit, Zlatanova Sisi, 2009: Towards defining a framework for automatic generation of buildings in CityGML using building Information Models. [In:] 3D Geo-Information Sciences: 79-96.
- Isikdag Umit, Underwood Jason, Aouad Ghassan, 2008: An investigation into the applicability of building information models in geospatial environment in support of site selection and fire response management processes. *Advanced Engineering Informatics* 22 (4): 504-519.
- ISO, 1986: ISO 8879:1986 Information processing – Text and office systems – Standard Generalized Markup Language (SGML). ISO. International Organization for Standardization.
- ISO, 2004: ISO 10303-11:2004 Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual. ISO. International Organization for Standardization.
- ISO, 2012: ISO/TS 12911:2012 Framework for building information modelling (BIM) guidance. International Organization for Standardization.
- ISO, 2016: ISO 10303-21:2016 Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 21: Implementation methods: Clear text encoding of the exchange structure. International Organization for Standardization.
- Jernigan Finith E., 2007: BIG BIM little bim. The practical approach to building information modelling. Salisbury: 4Site Press, Salisbury, Maryland, USA.
- Kang Tea W., Hong, Chang H., 2015: IFC-CityGML LOD Mapping Automation based on Multi-Processing. Proceedings of the 32st ISARC : 1-8. Oulu, Finland, International Association for Automation and Robotics in Construction.
- National BIM Standard, 2014, 08 25: What is a BIM? Retrieved from National BIM Standard: <http://www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1>
- NBS, 2017, 09 24: IFC – is it simply misunderstood? Retrieved from Construction Knowledge, Specification and Services NBS: <http://www.thenbs.com/topics/bim/articles/ifc-is-it-simply-misunderstood.asp>
- Open Geospatial Consortium, 2012: OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Open Geospatial Consortium.
- Race Steve, 2013: BIM Demystified. London, RIBA Publishing.
- Solibri, 2017, 09 24: About BIM and IFC. Retrieved from Solibri: <http://www.solibri.com/support/bim-ifc/W3C>
- W3C: 2015, 11 15: Extensible Markup Language (XML). Retrieved from Extensible Markup Language (XML): <https://www.w3.org/XML/>
- ZDNet, 2017, 11 15: Autodesk teams with Esri to integrate BIM, GIS tech. Retrieved from ZDNet: <http://www.zdnet.com/article/autodesk-teams-with-esri-to-integrate-bim-gis-tech/>

Streszczenie

Obecnie zauważalny jest istotny wzrost zainteresowania tworzeniem i wykorzystywaniem modeli budynków typu BIM (ang. Building Information Modeling). Dzieje się tak między innymi z powodu przepisów wymuszających opracowywanie modeli i stosowanie procedur BIM w przypadku wielu rodzajów inwestycji budowlanych (np. budynków użyteczności publicznej), w niektórych państwach na świecie. BIM to zarówno złożony i kosztowny zbiór danych, jak i złożony proces zarządzania

informacjami od etapu projektu budynku, poprzez jego budowę, aż po użytkowanie. Początkowo modele BIM były w obszarze zainteresowania prawie wyłącznie ekspertów z zakresu architektury i budownictwa. Potrzeby użytkowników w zakresie zarządzania nieruchomościami, ochrony budynków oraz lokalizacji i nawigacji użytkowników wewnątrz budynków sprawiły, że równoległe zaczęto tworzyć systemy informacji przestrzennej (GIS) nie tylko prezentujące zewnętrznie budynków (budowli) ale także ich wnętrza. Spowodowało to wzrost zainteresowania BIM w środowisku specjalistów zajmujących się geoinformacją. Między innymi ze względów ekonomicznych tworzenie dwóch niezależnych modeli dla tego samego budynku jest co najmniej dyskusyjne. Jedną z metod ograniczenia kosztów jest wykorzystanie modeli BIM i przekształcenie ich w razie potrzeby do postaci modeli GIS. Ze względu na fundamentalne różnice pojęciowe, technologiczne oraz odmienne funkcje, konwersja modelu BIM do modelu GIS nie jest zadaniem oczywistym i prostym. W artykule omówiono wyniki badań i testów, na podstawie których można ocenić złożoność tego procesu. Zwrócono uwagę zarówno na kwestie technologiczne (w tym problemy konwersji pomiędzy różnymi formatami danych), jak i kwestie związane z koniecznością uzupełnień i przekształceń danych zależnie od przewidywanych zastosowań.

Abstract

Interest in creating and using BIM (Building Information Modeling) models has been noticeably growing. This is due, among other things, to regulations that enforce the development of models and the use of BIM procedures for many types of construction investment in some countries. BIM is both, a complex and costly set of data and a complex information management process from the design phase of the building, through its construction, to its use. Initially, BIM models were of interest almost exclusively for architectural, construction and building experts. The needs of users in the field of property management, building protection, location and indoor navigation have resulted in parallel creation of GIS systems, presenting exteriors, as well as interiors of buildings. This has led to interest in BIM's development expressed by geoinformatics professionals. For economic reasons, creating two independent models for the same building is at least debatable. One way to reduce costs is to use BIM models and convert them as needed to GIS models. Because of the fundamental conceptual, technological, and functional differences, converting a BIM model to a GIS model is not an obvious and simple task. This paper summarizes the results of the tests and attempts to evaluate the complexity of this process. Attention is paid to both, technological issues (including conversion between different data formats), as well as issues related to the need to supplement and transform data according to the intended uses.

Dane autorów / Authors details:

dr hab. inż. Dariusz Gotlib, prof. PW
<https://orcid.org/0000-0001-7532-4497>
d.gotlib@gik.pw.edu.pl

mgr inż. Michał Wyszomirski
<https://orcid.org/0000-0002-5407-0536>
michal.wyszomirski@gmail.com

Przesłano / Received 4.10.2017
Zaakceptowano / Accepted 9.01.2018
Opublikowano / Published 15.02.2018

