

# OTWARTE DANE PRZESTRZENNE JAKO BAZOWE ŹRÓDŁO INFORMACJI W SYSTEMACH INTEGRUJĄCYCH DANE BIM ORAZ GIS<sup>1</sup>

---

**Szymon Glinka**

mgr. inż. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie,  
aleja Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, email:  
glinka@agh.edu.pl

---

**Tomasz Owerko**

dr hab. inż., prof. AGH, Akademia Górniczo-Hutnicza  
w Krakowie, aleja Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kra-  
ków, telefon: +48 12 617 33 26, email: owerko@agh.  
edu.pl

---

***Streszczenie.** W niniejszej pracy przedstawiono analizę wykorzystania otwartych danych przestrzennych, szczególnie podczas fazy koncepcyjnej, projektowania oraz realizacyjnej projektu infrastruktury kolejowej lub drogowej. Aspekt efektywnego wykorzystania tego typu danych jest szczególnie istotny, ponieważ świadomość możliwości dostępu do danych otwartych udostępnianych poprzez portale różnych instytucji jest oceniana na niską. Powiązanie powyżej opisanych danych z technologią BIM, daje możliwość posiadania większej ilości informacji na temat obiektu i jego otoczenia, w różnych fazach projektu, a w konsekwencji, podejmowania właściwszych decyzji.*

***Słowa kluczowe:** GIS, BIM, integracja BIM&GIS, otwarte dane przestrzenne, bazy danych*

## 1. Wprowadzenie

Rozwój technologii daje ogromne możliwości wykorzystania coraz to większej ilości danych, a co jest tego pochodną, pozyskania informacji potrzebnej do podjęcia kluczowych decyzji zarządczych. Problematyka ta dotyczy również realizacji projektów budowlanych, które, jak wskazują liczne raporty, często kończą się przekroczeniem założonego budżetu oraz harmonogramu [1][2], a odpowiednie korzystanie z zasobów danych mogłoby spowodować wygenerowanie wartości dodanej dla inwestycji.

Europejska polityka otwierania dostępu do danych i ich implementacja na szczeblu krajowym (na przykład poprzez [3] lub [4]), pozwala na pozyskiwanie darmowych danych. Rozpatrując aspekt wykorzystania tego typu danych w projektach budowlanych, należy przede wszystkim zwrócić uwagę na otwarte dane przestrzenne. Mogą one stanowić istotny wkład podczas wstępnych prac projektowych, być źródłem informacji podczas prac realizacyjnych, czy nawet podczas eksploatacji obiektu.

---

<sup>1</sup> Wkład autorów w publikację: Glinka Sz.: 80%, Owerko T.: 20%

Beneficjentami takich danych, przez pryzmat zastosowania oraz rozdzielczości danych otwartych są przede wszystkim projekty infrastrukturalne, o dużej rozciągłości, mające potrzebę nieco mniejszej rozdzielczości geometrycznej aniżeli projekty kubaturowe. Trasy infrastruktury kolejowej czy drogowej do takich się zaliczają. Dane te mogą więc stanowić bazę systemów integrujących dane BIM (Building Information Modeling – Modelowanie Informacji o Obiekcie) i GIS (Geographic Information System – System Informacji Geograficznej), służących do wielu zadań związanych z planowaniem, realizacją, modernizacją czy monitorowaniem infrastruktury.

Integracja BIM i GIS stanowi ważny trend technologiczny i naukowy [5][6]the construction industry is suffering from low productivity, especially in comparison to manufacturing industries which have succeeded to benefit from digitalization of their processes. Furthermore, scarceness of qualified workforce is expected in the near future. Construction automation is introduced as a solution to these challenges. The capabilities of construction robots are improving at an accelerated pace. They are starting to be used in non-laboratory contexts for automating processes ranging from infrastructure inspection to digital fabrication. One fundamental requirement of employing robots in construction is their autonomous positioning. Building information modelling (BIM[7]. W najbliższym czasie może być postrzegana jako jedno z największych wyzwań branży budowlanej, w celu efektywniejszego wykorzystania ogromu danych i uzyskania efektu synergii. BIM to technologia, która ma wspierać zarządzanie w całym cyklu życia obiektu. Procesy, które kryją się pod słowem BIM, to nie tylko modelowanie 3D projektowanego czy istniejącego obiektu. Obiekt ten musi być również nasycony odpowiednimi informacjami, być cyfrową wersją (pojęcie Cyfrowego Bliźniaka). Dodatkowo technologia BIM ma na celu wsparcie m.in procesów przepływu informacji pomiędzy interesariuszami, czy możliwość tworzenia różnego rodzaju analiz (np. bezpieczeństwa na placu budowy, czy postępu prac). Odpowiednio nasycony model ma posłużyć jako podstawa do zarządzania obiektem budowlanym na przykład w fazie operacyjnej. Dla projektów kubaturowych, wykorzystanie wypracowanych, odpowiednio nasyconych informacją modeli, odbywa się w zdecydowanie płynniejszy sposób, aniżeli jest to w projektach infrastrukturalnych, gdzie często sam model może nie wystarczyć, ponieważ potrzebny jest kontekst podejmowanej decyzji np. otoczenie obiektu. Stąd też potrzeba tworzenia dostosowanych np. dla służb zarządzających daną infrastrukturą systemów integrujących dane BIM i GIS.

Źródłem problemów koherentnej integracji danych BIM i GIS jest inna pierwotna aplikacyjność tych technologii. BIM to dane precyzyjne, skupiające się na opisywanym obiekcie, aż do poziomu pojedynczego komponentu. GIS natomiast przedstawia dane związane z obiektami w mniejszej skali oraz charakteryzuje się ograniczonym przechowywaniem informacji o pojedynczych elementach. Obecnie istniejąca technologia zapisu informacji, mimo, że cały czas rozwijająca się, nie pozwala w pełni zintegrować danych BIM i GIS bez różnych komplikacji [8]building and infrastructure sectors. However, since GIS and BIM were originally developed for different purposes, numerous challenges are being encountered for the integra-

tion. To better understand these two different domains, this paper reviews the development and dissimilarities of GIS and BIM, the existing integration methods, and investigates their potential in various applications. This study shows that the integration methods are developed for various reasons and aim to solve different problems. The parameters influencing the choice can be summarized and named as \»EEEF\» criteria: effectiveness, extensibility, effort, and flexibility. Compared with other methods, semantic web technologies provide a promising and generalized integration solution. However, the biggest challenges of this method are the large efforts required at early stage and the isolated development of ontologies within one particular domain. The isolation problem also applies to other methods. Therefore, openness is the key of the success of BIM and GIS integration.»»author»:- { {«dropping-particle»:»»},»family»:»Liu»,»given»:»Xin»,»non-dropping-particle»:»»},»parse-names»:false,»suffix»:»»}, {«dropping-particle»:»»},»family»:»Wang»,»given»:»Xiangyu»,»non-dropping-particle»:»»},»parse-names»:false,»suffix»:»»}, {«dropping-particle»:»»},»family»:»Wright»,»given»:»Graeme»,»non-dropping-particle»:»»},»parse-names»:false,»suffix»:»»}, {«dropping-particle»:»»},»family»:»Cheng»,»given»:»Jack»,»non-dropping-particle»:»»},»parse-names»:false,»suffix»:»»}, {«dropping-particle»:»»},»family»:»Li»,»given»:»Xiao»,»non-dropping-particle»:»»},»parse-names»:false,»suffix»:»»}, {«dropping-particle»:»»},»family»:»Liu»,»given»:»Rui»,»non-dropping-particle»:»»},»parse-names»:false,»suffix»:»»} },»container-title»:»ISPRS International Journal of Geo-Information»,»id»:»ITEM-1»,»issue»:»2»,»issued»: {«date-parts»: [ [«2017»,»2»,»20»] ] },»page»:»53»,»title»:»A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM).

Integracja może odbywać się na poziomie zastosowania aplikacji, procesu oraz danych [9]generally the uniqueness of the building is disregarded in the analysis. Therefore, they are unfit for detailed applications in which case-by-case analysis of building damage is an essential requirement. This limitation is compounded by the use of incomplete and often low-quality data inputs about the building and the assumptions and approximations made regarding the geometry and materials of its components. Such shortcomings may result in incomplete and uncertain outcomes. Considering the benefits and increasing use of three-dimensional (3D). Integracja na poziomie procesu dotyczy przede wszystkim integracji danych na poziomie API, zapisu danych BIM i GIS w postaci sieci semantycznych (Web Semantic np. w standardzie RDF) czy poprzez stosowanie różnych narzędzi Web-owych. Integracja na poziomie zastosowania aplikacji, to wykorzystanie istniejącego oprogramowania. Oprogramowanie to jest dostosowywane do integracji np. do oprogramowania BIM wprowadza się pojedyncze funkcje GIS lub odwrotnie. Na pewno nie jest to metoda elastyczna, ale istnieje możliwość dostosowania do pojedynczych zastosowań. Integracja na poziomie danych jest najtrudniejsza i wymaga połączenia formatów zapisu danych np. metodą mapowania.

W niniejszym artykule opisano przebieg prac mający na celu wykorzystanie otwartych danych przestrzennych jako bazowego źródła informacji w systemach

integrujących dane BIM i GIS. Zaproponowano schemat przepływu informacji w oparciu o istniejące rozwiązania.

Struktura artykułu jest następująca: w pierwszej części przedstawiono otwarte dane przestrzenne będące w zasobach krajowych oraz zagranicznych instytucji. Scharakteryzowano je oraz opisano. Kolejno przedstawiono możliwości wykorzystania tego typu danych w systemach integrujących dane BIM oraz GIS. Całość podsumowano w ostatniej części.

## 2. Otwarte dane przestrzenne

Jednym z obecnie uwidaczniających się trendów jest uwalnianie przez różne instytucje publiczne, heterogenicznego rodzaju danych, w tym danych przestrzennych. Jest to efekt wprowadzania nowych regulacji, częściowo determinowanych działaniem instytucji europejskich. W szczególności można tu wyróżnić Dyrektywę 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r., zwanej dyrektywą INSPIRE, na bazie której powstawały krajowe regulacje prawne takie jak, w Polsce, Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej. Również sytuacja spowodowana epidemią Covid-19 spowodowała uwolnienie części danych będących w zasobach Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii (jako bodziec stymulujący gospodarkę), poprzez wprowadzenie Ustawy z dnia 19 czerwca zwanej Tarczą 4.0, czy też nowelizacja Ustawy Prawo Geodezyjne i Kartograficzne, która weszła w życie 31 lipca 2020 roku. Także w ramach "Programu otwierania danych publicznych na lata 2016-2020" prowadzonego przez administrację rządową oraz jego kontynuacji planowanej na lata 2021-2027 uwolnione zostały lub zostaną uwolnione dane będące w zasobach różnych instytucji państwowych. Powyżej wspomniany program wraz z przyjętą Ustawą o otwartych danych i ponownym wykorzystywaniu informacji sektora publicznego gwarantuje uwalnianie coraz to większych zasobów danych będących w posiadaniu różnych instytucji, w tym także danych geoprzestrzennych.

Dzięki tym działaniom zasoby otwartych danych przestrzennych dostępnych w Polsce są olbrzymie. Według badań zleconych przez Komisję Europejską za rok 2020, Polska należy do ścisłej czołówki państw europejskich udostępniających darmowe dane [10].

W niniejszej części artykułu zostaną opisane przykładowe zasoby otwartych danych przestrzennych dostępne poprzez serwisy polskie oraz zagraniczne, które mogą zostać wykorzystane podczas różnych procesów w całym cyklu życia obiektu infrastrukturalnego. Schemat opisu danych będzie następujący: rodzaj danych, opis danych, rozdzielczość, aktualność oraz potencjał wykorzystania. Nie opisywano poszczególnych metod dystrybucji oraz udostępnianych danych w sposób szczegółowy, ponieważ były one przedstawiane między innymi w dwóch częściach podręcznika na temat infrastruktury informacji przestrzennej [11][12]. Dla nie-

których warstw nie określano dokładności danych, ponieważ nie znaleziono wiarygodnego źródła potwierdzającego ich jakości.

**Ortofotomapa** – fotogrametryczne opracowanie obrazujące teren w formie rastrowej na podstawie zdjęć pozyskanych z pułapu lotniczego. Możliwość pobrania danych poprzez Geoportal lub zapytanie przestrzenne (WMS, WCS, WFS) w formie rastra z nadaną georeferencją. Rozdzielczość różna, od 0.05 m do 0.25 m, aktualność również różna: 2012 r.-2021 r., data pomiaru zapisywana jest w metadanych warstwy [13]. Potencjał wykorzystania: prace przygotowawcze, koncepcyjne, wstępne prace projektowe. Możliwość tworzenie różnych opracowań np. z wykorzystaniem uczenia maszynowego, do klasyfikacji obrazów i wydobywania kluczowych informacji o otoczeniu projektowanego lub istniejącego obiektu.

**Numeryczny Model Terenu** – Siatka GRID o boku 1 m (dla większości obszaru Polski), gdzie w węzłach zapisywane są informacje o wysokości. Produkt otrzymywany jest w wyniku przetworzenia danych fotogrametrycznych oraz skaningu laserowego, udostępniany poprzez usługi WMS, WCS oraz WFS. Szacowana dokładność wyznaczenia wysokości węzła siatki wynosi 20 cm. Aktualność danych różna: 2012 – 2021 r. [14]. Prace przygotowawcze, możliwość tworzenia koncepcji, wstępne prace projektowe, szacowanie kosztów realizacji inwestycji (np. estymacja kosztów robót ziemnych).

**Numeryczny Model Pokrycia Terenu** – siatka GRID o boku 0.5 lub 1 m, gdzie w węzłach zapisywane są informacje o wysokości punktu, uwzględniając obiekty położone powyżej poziomu terenu. Dokładność, aktualność, metoda dystrybucji oraz możliwości zastosowania analogicznie do NMT.

**Chmura punktów LIDAR** – Sklasyfikowana chmura punktów pozyskana metodą lotniczego skaningu laserowego, wyróżniająca 9 klas punktów. Udostępniana poprzez Geoportal dla poszczególnych arkuszy map. Rozdzielczość i aktualność różna dla całego kraju, od 4 do 20 punktów na m<sup>2</sup>. Aktualność danych różna: 2012 – 2021 r. [15]. Możliwość wykorzystania we wstępnych pracach przygotowawczych, koncepcyjnych, czy przy początkowych pracach projektowych. Możliwość przetworzenia w celu uzyskania np. modeli 3D mesh, czy przeprowadzenie powtórnej klasyfikacji chmury punktów w celu ekstrakcji interesującej informacji np. na temat dróg. [16]

**Baza Danych Obiektów Topograficznych – BDOT500** – Warstwa przedstawiająca część obiektów wyszczególnionych w ramach mapy zasadniczej. Możliwość przeglądania poprzez usługę WMS, bez możliwości pobrania (dane wektorowe możliwe do pobrania po zgłoszeniu roboty geodezyjnej i wniesieniu opłaty w odpowiednim ośrodku dokumentacji geodezyjno-kartograficznym). Dane nie są dostępne dla całego obszaru kraju. Możliwość wykorzystania przy pracach wstępnych [17].

**Baza Danych Obiektów Topograficznych 10k** – Warstwa przedstawiająca obiekty charakterystyczne dla opracowań topograficznych w skali 1:10000. Dokładność położenia obiektów zgodnie z [18], wynosi mniej niż 1.5 m. Aktualność danych różna dla poszczególnych regionów (najczęściej 2019-2021 r.). Możliwość wykorzystania przy pracach przygotowawczych i koncepcyjnych. [19]

**Miejscowe Plany Zagospodarowanie Terenu** – akta prawa miejscowego, przedstawiające przeznaczenie gruntów, czy warunki zabudowy dla gminy/powiatu. Dane udostępniane w formie rastrowej lub wektorowej, indywidualnie poprzez poszczególne jednostki administracyjne. Istnieje opracowanie zbiorcze utworzone przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii, udostępniane z wykorzystaniem usługi WMS. Wykorzystanie danych przede wszystkim przy pracach przygotowawczych.

**Ewidencja Gruntów i Budynków** – baza danych zawierająca dane ewidencyjne na temat gruntów czy budynków. Darmowe dane udostępniane w ograniczonej formie, w zależności od powiatu: w formie rastrowej lub wektorowej. Docelowo wszystkie dane powinny być w formie wektorowej, jednak bez szczegółowych metadanych dotyczących danego obiektu ewidencyjnego [20]. Możliwość przeprowadzania różnych analiz związanych z zajętością działek ewidencyjnych, estymacja kosztów podczas wstępnych prac (przygotowawcze, koncepcyjne).

**Geodezyjna Ewidencja Sieci Uzbrojenia Terenu** - baza danych zawierająca dane na temat sieci uzbrojenia terenu. Dane darmowe obejmują udostępnienie tylko poprzez serwis WMS, bez możliwości uzyskania danych wektorowych. Brak możliwości przeprowadzania analiz przestrzennych, ograniczona możliwość wykorzystania w pracach przygotowawczych, raczej możliwość zastosowania w formie poglądowej np. podczas identyfikacji ryzyka [21].

**Dane hydrologiczne** – dane i produkty wytworzone głównie w oparciu o dane z lotniczego skaningu laserowego na potrzebę projektu ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju). Dane udostępniane w formie usługi WMS. Są to różnego rodzaju opracowania dotyczące zagrożenia powodziowego, czy zagospodarowania wodami. Możliwość wykorzystania podczas analiz ryzyka inwestycji, czy kapitałochłonności. Ograniczenia wynikające z metody dystrybucji (WMS) powodują, że dane te mogą być stosowane tylko poglądowo i istnieją trudności w automatyzacji procesów związanych z procesowaniem danych i ich pełną integracją z technologią BIM [22].

**Klasyfikacja pokrycia terenu** – dane wytworzone na podstawie wielospektralnych obrazów satelitarnych Sentinel-2 pozyskanych od 1 kwietnia do 30 września 2020 r., obrazujące pokrycie terenu Polski. Rozdzielczość przestrzenna danych to 10 m. Dane udostępniane z wykorzystaniem usługi WCS i WMS [23].

**Dane dotyczące ochrony środowiska** – warstwy obrazujące położenie obiektów lub obszarów podlegających ochronie. Portal prowadzony jest przez Generalną Dyrekcję Ochrony Środowiska. Warstwy udostępniane z wykorzystaniem WMS, możliwość wykorzystania poglądowego podczas prac początkowych np. podczas określenia wpływu projektu na środowisko czy identyfikacji interesariuszy [24].

**Dane geologiczne** – warstwy udostępniane przez Państwowy Instytut Geologiczny, prezentujące informacje na temat różnych kwestii związanych z geologią interesującego obszaru, danych pomiarowych, czy informacji dotyczących zagrożenia osuwiskami lub ruchami masowymi. Dane, w większości są udostępniane z wykorzystaniem usługi WMS, mają więc charakter poglądowy, jednak mogą być przydatne przy szacowaniu kosztów inwestycji czy identyfikacji ryzyka [25].



**Satelitarne zobrazowania teledetekcyjne - misja Sentinel 2** – zobrazowania satelitarne rejestrowane w 13 kanałach promieniowania elektromagnetycznego, rozdzielczość geometryczna danych (piksel terenowy) wynosi od 10 do 60 m, w zależności od rejestrowanego kanału. Możliwość wykorzystania w całym cyklu życia obiektu, z uwagą, że do ekstrakcji kluczowej informacji potrzebne jest know-how oraz duża moc obliczeniowa. Aktualność danych to najczęściej kilka dni (dane mocno zależne od warunków atmosferycznych). Dane udostępniane są w formie rastrowej przez Europejską Agencję Kosmiczną poprzez portal [26] czy API.

**Satelitarne zobrazowania teledetekcyjne - misja Landsat 7/8** – podobnie jak powyższy opis, jednak istnieje różnica w rozdzielczości danych oraz liczbie kanałów. Misja Landsat oferuje rozdzielczość geometryczną w zakresie 15 – 100 m, a dane rejestrowane są w 11 kanałach.

Jak można zauważyć zasoby danych otwartych są olbrzymie. Skupiono się tylko na tych, według autorów, najważniejszych. Ich wykorzystanie i świadomość wydaje się jednak ograniczona w stosunku do potencjału. Przykładowym produktem, w którym wykorzystano dane otwarte może być wykonana przez firmę MGGP mapa koron drzew dla obszaru Polski na podstawie chmury punktów [27]. Niewątpliwie dane te mogą również stać się elementami bazowymi systemów łączących BIM i GIS.

Oczywiście, otwarte dane przestrzenne nie mogą być podstawą do wykonania końcowego projektu budowlanego, czy realizacyjnego, ponieważ mają ograniczenia w rozdzielczości geometrycznej, aktualności oraz, często, w sposobie udostępniania. Część dostępnych warstw dostępna jest tylko poprzez usługi typu WMS, które uniemożliwiają pobieranie danych, przez co różnego rodzaju analizy przestrzenne, czy działania projektowe mogą być ograniczone. Można więc stwierdzić, że dane udostępniane w ten sposób mają tylko charakter poglądowy, aczkolwiek mogą być przydatne w celu np. identyfikacji ryzyka, czy konsultacji z interesariuszami. Z drugiej strony, darmowe dane w formatach rastrowych, wektorowych czy w postaci chmur punktów, mogą niewątpliwie stanowić kluczowe wsparcie w procesach, szczególnie we wstępnej fazie procesu inwestycyjnego.

Powyżej jako przykładowy zasób otwartych danych przestrzennych zawarto również zobrazowania teledetekcyjne. Dane teledetekcyjne również mogą posłużyć realizacji prac dotyczących monitorowania postępów robót. Prace te prowadzone są na ten moment głównie w fazie koncepcyjnej, jednak powinno się śledzić stopień rozwoju technologii teledetekcyjnych. Również interferometria radarowa i jej integracja z technologią BIM, może pozwolić na wcześniejsze wykrycie ryzyka związanego z deformacjami terenu wokół obiektu. Opracowanie tego typu danych w czasie rzeczywistym wymaga dużych mocy obliczeniowych, dlatego wraz z dalszym rozwojem technologii obliczeniowych, należy wyszukiwać nowych zastosowań, których ograniczenia powinny być powoli niwelowane. Przykładowe zastosowanie zobrazowań satelitarnych w służbie infrastrukturze zostało opisane w [28].

### 3. Wykorzystanie otwartych danych przestrzennych. Integracja BIM i GIS na różnych etapach projektu

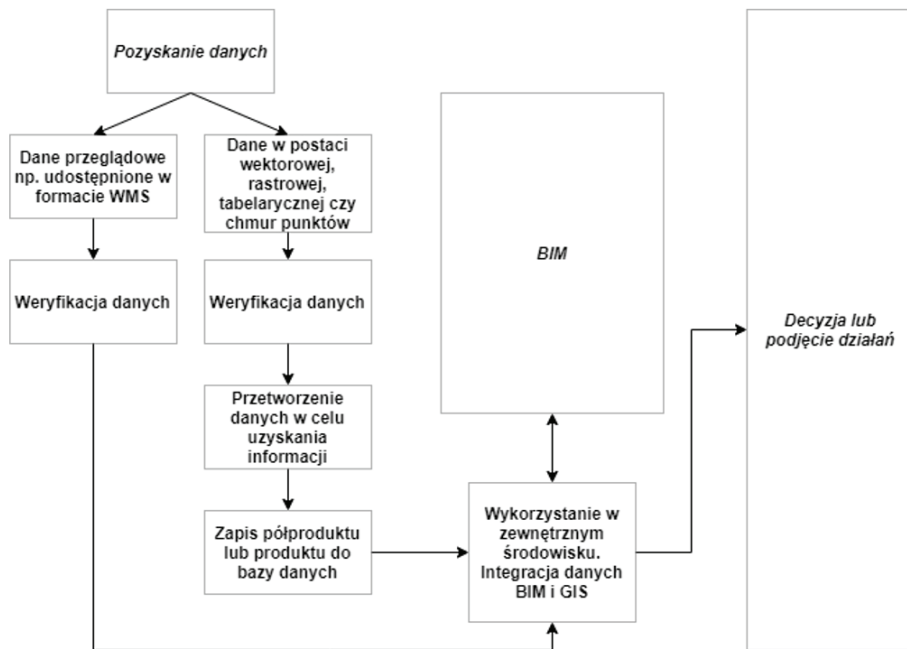
W niniejszej sekcji artykułu skupiono się na przedstawieniu podstawowych możliwości przetwarzania danych otwartych oraz możliwości powiązania tego typu danych z technologią BIM. Przed tym jednak, wprowadzono kilka niezbędnych terminów oraz tło integracji.

Idea OpenBIM ma na celu wykorzystywanie otwartych formatów wymiany danych do zapisu informacji na temat obiektu. Takowym w BIM jest format IFC, rozwijany przez organizację buildingSMART. Ze strony GIS, Open Geospatial Consortium rozwija standard CityGML oparty na języku znacznikowym. Schematy obu formatów oparte są o instancje klas, jednak bazują na różnych językach do zapisów schematu oraz semantyki. Przedstawiają również różny stopień szczegółowości zapisu informacji, o czym wspomniano w poprzednich częściach.

Podstawą przepływu informacji w projektach realizowanych w technologii BIM jest platforma CDE - Common Data Environment (Wspólnego Środowiska Danych). Ramy CDE zostały zdefiniowane w ISO 19600. Według tej serii norm, upraszczając, dane poszczególnych interesariuszy procesu budowlanego w projekcie powinny być przechowywane w jednym środowisku, do którego, na poszczególnych poziomach dostępu, mają wgląd poszczególne strony. Platforma więc powinna być transparentna, zharmonizowana, a przepływ informacji powinien być płynny (np. poprzez zastosowanie standardów nazewnictwa plików). Powyższy opis to oczywiście uproszczenie. W rzeczywistości istnieje wiele ograniczeń, wynikających między innymi z braków technologicznych. Dotyczy to również integracji i przechowywania danych BIM i GIS. Obecnie brak jest w pełni funkcjonalnych, wypracowanych standardów, które wskazywałyby w jaki sposób w pełni poprawnie integrować te dane, bez utraty informacji. Co prawda w ramach wspólnej grupy badawczej komitetów ISO/TC 59/SC 13 oraz ISO/TC 211, odpowiedzialnych odpowiednio za standaryzację BIM oraz GIS, powstają dokumenty standaryzacyjne, jednak nie przedstawiają one w pełni funkcjonalnych standardów. Pierwszym wypracowanym dokumentem przy współpracy komitetów jest ISO/TR 23262:2021. Opisano w nim obszary, w których możliwe jest usprawnienie BIM-u w aspekcie geoprzestrzennym [29]. Drugim dokumentem jest ISO/TS 19166:2021, gdzie przedstawiono podstawowe zasady konwersji danych BIM-GIS. Zaprezentowano tam tylko ramy mapowania formatów wymiany danych, nie jest to gotowy schemat.[30] Na rynku nie istnieje również platforma CDE, która spełniałaby wszystkie wymogi integracji. W związku z powyższym, całkowita integracja na poziomie danych, a co jest tego rezultatem, stworzenie w pełni zintegrowanej i funkcjonalnej platformy CDE, cały czas jest dużym problemem technologicznym. Inaczej sprawa się ma z integracją na poziomie aplikacji lub procesu, gdzie prezentowane są coraz to nowsze rozwiązania, jednak są one najczęściej dostosowane do konkretnego przypadku.



Poniżej został przedstawiony schemat, na którym zaprezentowano przepływ danych w celu uzyskania produktu oraz informacji z danych GIS, zintegrowania tych danych z BIM oraz podjęcia decyzji lub działania.



Rys. 1. Uproszczony schemat pozyskania i przetwarzania danych GIS w celu integracji z technologią BIM, co generuje wsad do podjęcia decyzji

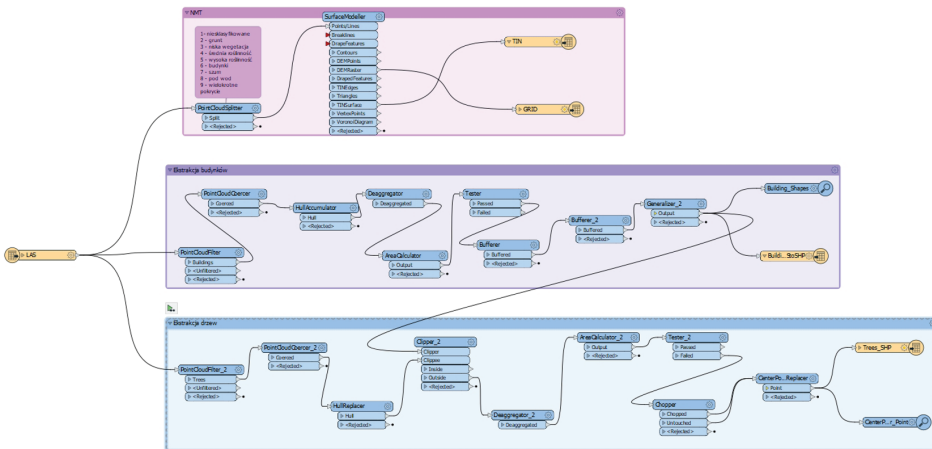
Źródło: opracowanie własne

Powyższy diagram ukazuje uproszczony proces integracji danych BIM i GIS. Zostanie on teraz bardziej szczegółowo opisany.

Subproces pozyskania danych nawiązuje do pobrania danych z zasobów otwartych (np. opisanych we wcześniejszej części) lub pozyskania danych bezpośrednio z pomiaru (np. w skutek skaningu laserowego, czy pomiaru fotogrametrycznego Bezzałogowym Statkiem Latającym). Następnie każde dane muszą zostać zweryfikowane pod kątem użyteczności. Głównym warunkiem jest jakość i aktualność tych danych, co można odczytać np. poprzez analizę metadanych. Należy jednak pamiętać, że weryfikacja ta powinna odbywać się również poprzez pokrycie danych niezależnie i zweryfikowanie czy reprezentują one ten sam, niezmienny, obszar. Nie istnieje na ten moment zautomatyzowany przebieg prac, który weryfikowałby jakość i aktualność danych otwartych, istnieją tylko normy tego dotyczące. Weryfikacji musi również podlegać georeferencja danych, czyli czy dane są umiejscowione w globalnej przestrzeni czy tylko lokalnie oraz jaki przyjęto układ współrzędnych. Dla odpowiedniej koordynacji projektu wszystkie dane powinny być realizowane w tym samym układzie współrzędnych lub też powinny być w odpowiedni sposób opisane.

Kolejnym subprocesem jest przetworzenie danych w celu uzyskania informacji lub produktu. Proces ten może odbywać z wykorzystaniem różnego rodzaju oprogramowania. Dla danych fotogrametrycznych może to być np. oprogramowanie Agisoft czy Pix4D, dla danych wektorowych np. ArcGIS lub QGIS, dla chmur punktów np. FME. Wszystko zależy od typu danych oraz produktu docelowego. Oczywiście należy znać cel przetworzenia danych, czyli jaki ostatecznie produkt ma zostać wytworzony oraz jaka informacja powinna zostać poddana ekstrakcji. Istnieje możliwość automatyzacji tych prac np. poprzez zastosowanie języka Python, projektowania graficznego w FME czy moduł Model Builder w ArcGIS lub też kombinacja powyższych narzędzi.

Przykładowy proces automatyzacji może przebiegać następująco. Z wykorzystaniem poligonu w formacie SHP określa się obszar. Następnie dane mogą zostać w sposób automatyczny pobrane i przetworzone do docelowych produktów. Dzięki temu, nie ma potrzeby pobierania całych zasobów danych, z tą uwagą, że należy zwrócić uwagę na sposób dystrybucji (dla niektórych usług niemożliwe jest stworzenie takiego algorytmu). Na rys. 2. przedstawiono przykładowy przebieg prac, w którym wykorzystano chmurę punktów ze skanowania laserowego w celu wytworzenia warstw związanych z otoczeniem obiektu np. warstwa punktowa z przybliżonym położeniem drzew, warstwa wektorowa z budynkami, czy rzeźba terenu w postaci siatki trójkątów czy kwadratów.



Rys. 2. Schemat tworzenia produktów z chmury punktów w oprogramowaniu FME

Źródło: opracowano na podstawie [31]

Również ortofotomapa może być źródłem informacji np. poprzez wykorzystanie technik uczenia maszynowego w celu detekcji określonych obiektów z rastra. Takie działanie pozwala na pozyskanie (szczególnie dla obrazów o mniejszym pikselu terenowym) jeszcze bardziej dokładnej informacji.

W celu stworzenia jednolitego systemu przechowywania danych, możliwy jest zapis np. bezpośrednio z programu FME do bazy danych PostgreSQL z rozszerzeniem PostGIS. Dzięki temu, dane GIS są przechowywane w jednym środowisku

i mogą być wczytywane np. do oprogramowania umożliwiającego analizy przestrzenne (np. ArcGIS czy QGIS) czy platform CDE (na ten moment w ograniczonym zakresie). Takie rozwiązanie pozwala na łatwą aktualizację danych oraz automatyzację części procesów. Następnie możliwe jest połączenie bazy danych PostGIS z oprogramowaniem przeznaczonym do prowadzenia np. prac koncepcyjnych. Na rynku oprogramowania taka funkcjonalność nie jest powszechna, dlatego czasem może istnieć przymus stosowania różnych modułów lub tworzenia spersonalizowanych „by-pass’ów”, tak aby poprawnie wczytać dane.

Kolejnym subprocesem jest wymiana danych i przepływ informacji. W tym celu powinny zostać wypracowane procedury połączenia baz danych na przykład z Platformami CDE. Wizualizacja danych może odbywać się poprzez aplikacje zewnętrzne np. ArcGIS tak jak zaprezentowano na rys. 3.



Rys. 3. Wizualizacja wczytanych warstw w oprogramowaniu ArcGIS Pro firmy ESRI

Źródło: opracowanie własne

Pełna integracja danych infrastrukturalnych w formacie IFC z danymi GIS jest na ten moment ograniczona, ale możliwa. Jest to spowodowane limitami w zapisie danych infrastrukturalnych w obu technologiach. Dla przykładu, dla stosowanego obecnie formatu IFC 4, brak jest instancji klas charakterystycznych dla danych infrastrukturalnych (na poziomie komponentu). Przez to, dane muszą być zapisywane za pomocą klas zastępczych np. dla formatu IFC – klasa `IfcBuildingElementProxy`. W najbliższej przyszłości powinno się to zmienić, ponieważ trwają prace nad rozszerzeniem standardów (wprowadzenie wersji IFC 4.3), także dla zastosowań infrastrukturalnych. Również planowany jest rozwój możliwości modelowania informacji wokół obiektu budowlanego poprzez rozszerzenie klas odpowiedzialnych za to, lub tworzenie dostosowanych narzędzi. To samo dotyczy formatów charakterystycznych dla GIS. Co prawda istnieje możliwość rozszerzania schematów np. dla CityGML poprzez ADE (Application Domain Expression), ale jest to proces nietrywialny i pracochłonny.

W wyniku powyżej opisanego schematu, dochodzi do procesu podejmowania decyzji na dany temat. Dla przykładu, na etapie prac przygotowawczych/koncepcyjnych, tego typu analiza i wykorzystanie danych może być przydatne w analizie wariantowości, czy wstępnego kosztorysowania prac np. dla celów przetargu.

#### 4. Podsumowanie

Integracja BIM i GIS na poziomie aplikacyjnym oraz procesowym, ma na pewno duży potencjał. Jednak ma ograniczenia, takie jak utrata danych czy ograniczenie do pojedynczych zastosowań. Integracja na poziomie danych wymaga współpracy twórców formatów danych, czyli instytucji takich jak OGC. Pierwsze efekty prac poszczególnych komisji zostały opisane w poprzednim rozdziale. Integracja na poziomie danych pozwala na wykorzystywanie danych BIM i GIS w sposób spójny, jednak obecny stan techniki nie pozwala na wykorzystanie pełni potencjału integracji.

Otwarte dane przestrzenne mają niewątpliwie potencjał do bycia bazą do podejmowania decyzji szczególnie w początkowych fazach inwestycji. Należy jednak cały czas pamiętać o ograniczeniach wynikających z rozdzielczości oraz aktualności danych. Wydaje się więc, że należy wypracować procedury pozwalające na oszacowanie przydatności tego typu danych dla konkretnego przypadku.

Dalszy rozwój integracji BIM i GIS może pozwolić na wsparcie procesów zarządczych dla wielu branż czy instytucji zajmującymi się danymi przestrzennymi. Rozpoczynając od zadań należących do jednostek administracyjnych takich jak wydawanie pozwoleń na budowę bazując na modelu w formacie IFC oraz informacji o otoczeniu obiektu, wprowadzanie katastru 3D opartego o modele 3D obiektów wraz z danymi GIS, wykorzystanie integracji do planowania urbanistycznego i dążeniu do tworzenia „mądrych” obiektów, na wsparciu zarządzania inwestycją budowlaną kończąc.

Również rozwój integracji może wygenerować spore korzyści w zarządzaniu infrastrukturą. Przykładowa koncepcja połączenia danych GIS oraz BIM do celów utrzymania bieżącego infrastruktury została opisana w [32].

#### Bibliografia

- [1] McKinsley Global Institute, „Reinventing Construction: A Route To Higher Productivity”, 2017.
- [2] Flyvbjerg, B., „Introduction: The Iron Law of Megaproject Management”, w *The Oxford Handbook of Megaproject Management*, 2016, ss. 1–18.
- [3] „Strona główna - Otwarte Dane”. <https://dane.gov.pl/pl> (dostęp paź. 17, 2021).

- [4] „Geoportal Krajowy”. <https://www.geoportal.gov.pl/> (dostęp paź. 17, 2021).
- [5] Noardo, F. i in., „Opportunities and challenges for GeoBIM in Europe: developing a building permits use-case to raise awareness and examine technical interoperability challenges”, *J. Spat. Sci.*, t. 65, nr 2, 2020.
- [6] Karimi, S. i Jordanova, I., „Integration of BIM and GIS for Construction Automation, a Systematic Literature Review (SLR) Combining Bibliometric and Qualitative Analysis”, *Arch. Comput. Methods Eng.*, nr 2021.
- [7] Shkundalov, D. i Vilutiené, T., „Bibliometric analysis of building information modeling, geographic information systems and web environment integration”, *Autom. Constr.*, t. 128, 2021.
- [8] Liu, X., Wang, X., Wright, G., Cheng, J., Li, X. i Liu, R., „A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS)”, *ISPRS Int. J. Geo-Information*, t. 6, nr 2, 2017
- [9] Amirebrahimi, S., Rajabifard, A., Mendis, P. i Ngo, T., „A framework for a microscale flood damage assessment and visualization for a building using BIM–GIS integration”, *Int. J. Digit. Earth*, t. 9, nr 4, 2016.
- [10] Komisja Europejska, „Open Data Maturity Report 2020”.
- [11] Izdebski, W. i Seremet, A., *Praktyczne aspekty infrastruktury danych przestrzennych w Polsce*. 2020.
- [12] Izdebski, W. i Seremet, A., *Praktyczne aspekty infrastruktury danych przestrzennych w Polsce. Część II*. 2021.
- [13] „Ortofotomapa (ORTO) - Geoportal Krajowy”. <https://www.geoportal.gov.pl/dane/ortofotomapa?inheritRedirect=true> (dostęp paź. 10, 2021).
- [14] „Numeryczny model terenu (NMT) - Geoportal Krajowy”. <https://www.geoportal.gov.pl/dane/numeryczny-model-terenu> (dostęp paź. 10, 2021).
- [15] „Dane pomiarowe LIDAR (LIDAR) - Geoportal Krajowy”. <https://www.geoportal.gov.pl/dane/dane-pomiarowe-lidar> (dostęp paź. 10, 2021).
- [16] Barazzetti, L., Previtali, M. i Scaioni, M., „Roads Detection and Parameterization in Integrated BIM-GIS Using LiDAR”, *Infrastructures*, t. 5, nr 7, 2020.
- [17] „Baza danych obiektów topograficznych (BDOT500) - Geoportal Krajowy”. <https://www.geoportal.gov.pl/dane/baza-danych-obiektow-topograficznych-bdot500> (dostęp paź. 15, 2021).
- [18] „Dziennik Ustaw 2021 r. poz. 1412”. <https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/1412> (dostęp paź. 11, 2021).
- [19] „Baza danych obiektów topograficznych (BDOT10k) - Geoportal Krajowy”. <https://www.geoportal.gov.pl/dane/baza-danych-obiektow-topograficznych-bdot> (dostęp paź. 10, 2021).
- [20] „Ewidencja gruntów i budynków (EGiB) - Geoportal Krajowy”. <https://www.geoportal.gov.pl/dane/dane-ewidencyjne> (dostęp paź. 10, 2021).
- [21] „Uzbrojenie terenu (GESUT) - Geoportal Krajowy”. <https://www.geoportal.gov.pl/dane/uzbrojenie-terenu> (dostęp paź. 10, 2021).

- [22] „Hydroportal | ISOK”. <https://isok.gov.pl/hydroportal.html> (dostęp paź. 10, 2021).
- [23] „Jak wygląda Polska z kosmosu?” <https://polsa.gov.pl/wydarzenia/13-ostatnie/1355-jak-wyglada-polska-z-kosmosu> (dostęp paź. 10, 2021).
- [24] „Geoserwis GDOS”. <http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/> (dostęp paź. 10, 2021).
- [25] „Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy”. <https://geologia.pgi.gov.pl/arcgis/apps/MapSeries/index.html?appid=8d14826a895641e2be10385ef3005b3c> (dostęp paź. 10, 2021).
- [26] „Dane Sentinel”. <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (dostęp paź. 13, 2021).
- [27] „Mapa drzew”. <https://www.mapadrzew.com/> (dostęp paź. 15, 2021).
- [28] Hejmanowska, B., Wężyk, P. i in, Dane satelitarne dla administracji publicznej. 2020.
- [29] ISO - ISO/TR 23262:2021 - „GIS (geospatial) / BIM interoperability”.
- [30] ISO - ISO/TS 19166:2021 - „Geographic information — BIM to GIS conceptual mapping (B2GM)”.
- [31] „Creating Boundary and Point Features from a Point Cloud”. <https://community.safe.com/s/article/derive-a-boundary-from-a-lidar-point-cloud> (dostęp paź. 15, 2021).
- [32] Glinka, S. i Strach, M., „Zastosowanie technologii BIM ( Building Information Modeling ) w geodezyjnej”, *Transport Miejski i Regionalny*, nr 7, 2020.