

PLANOWANIE ZABUDOWY DZIAŁKI OBIEKTÓW PRZEMYSŁOWYCH Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII BIM

Leonas USTINOVIČIUS, Aurelija PECKIENĖ, Andrzej TOMANA,
Wojciech KALISZ, Jerzy RUSIN

Streszczenie: Cykl życia budynku zaczyna się od planowania. Od decyzji podjętych na tym etapie w dużej mierze zależą rozwiązania architektoniczne i sukces planowania, łatwość użytkowania budynku oraz wskaźniki ekonomiczne projektu. Dla planowania przestrzennego budynku i działki można wykorzystać technologię BIM (Building Information Modeling). Pozwoliłoby to na wcześniejsze i bardziej kompleksową ocenę planowanego budynku, jego wpływ na środowisko naturalne i otoczenie budynku. W pracy zaproponowano udoskonalenie planowania przestrzennego z wykorzystaniem technologii BIM w całym cyklu życia budynków (obiektów przemysłowych).

Słowa kluczowe: BIM, 3D, planowane przestrzenne, budynek, działka budowlana.

1. Wprowadzenie

Miasta są dynamiczne, jako organizm żywy. W rezultacie, urbanistyka zagospodarowania przestrzennego zawsze było zadaniem trudnym. Obecnie nasze szybko zmieniające się społeczeństwo ma do czynienia z przewidywaniem przyszłych potrzeb mieszkańców miast. To jest skomplikowane i odpowiedzialne zadanie.

BIM jest procesem, podczas którego generowane są informacje o budowli (budynku) lub grupie budynków. Jednak duża ilość informacji wpływających na każdą budowę (w zakresie planowania, projektowania, realizacji budowy, etc.) dotyczy zaplanowanego środowiska budowy lub, innymi słowy, terytorium. Dlatego też informacja dotycząca realizacji i zarządzania obiektem powinna zaczynać się od danych na temat terenu, na którym planowana jest budowa.

Modele BIM określają bardzo szczegółowo i dokładnie informacje o budowie. BIM z powodzeniem jest stosowany do etapów projektowania i budowy, ale aplikacje wspomagające planowanie w technologii BIM nie są szeroko rozpowszechnione. Na przykład, podczas projektowania nowej budowy w obecnych warunkach, w sąsiedztwie innych budynków, model BIM nie obejmuje pełnych informacji o środowisku. Dotyczy to przykładowo informacji, dotyczących nasłonecznienia budynków, biorąc pod uwagę wpływ pobliskich drzew lub analizy widoczności przez okna budynku [1]. Celem tego artykułu jest przedstawienie propozycji udoskonalenia procesu planowania przestrzennego, w którym wykorzystywana jest technologia BIM w całym cyklu życia budynku.

2. Cyfrowe modele miast

Analiza budynków i modeli miast jest obecnie jednym z najintensywniej badanych tematów na świecie. Przyczyną wykorzystywania technologii BIM w cyklu użytkowania budynków i planowaniu miast jest możliwość tworzenia treści ze szczegółowymi informacjami, pomocnymi w ocenie projektu [2]. Nieaktualne i niekompletne informacje

prowadzą do wyższych kosztów i nieefektywności. Wreszcie - planowanie przestrzenne i zarządzanie danymi wymagają modeli informacyjnych, które są dynamicznie połączone ze sobą i współpracują z innymi technologiami przestrzennymi.

Popyt na modele cyfrowe budynków i miast stale rośnie. Takie modele mogą być wykorzystane do planowania przestrzennego, projektowania konstrukcji budynku, mapowania środowiska, a także mogą być używane w wielu innych celach. Przy planowaniu przestrzennym trójwymiarowe modele cyfrowe mogą być bardzo przydatne. Na przykład, organizacje zajmujące się planowaniem mogą zilustrować, jak miasto albo inne terytorium będzie wyglądać po proponowanych zmianach. Główną cechą tych modeli jest możliwość przeglądania i poruszania się po modelu, w postaci wirtualnego spaceru lub lotu.

Trójwymiarowa cyfrowa informacja geograficzna jest obecnie stosowana w wielu miejscach i obejmuje: planowanie miejskie i regionalne, zarządzanie nieruchomościami, modelowanie środowiska, zarządzanie kryzysowe, symulację katastrof, obszary telekomunikacyjne, zarządzanie obiektami, jak i wielu innych sytuacjach. Modele informacyjne stosowane są zarówno w sektorze prywatnym jak i publicznym, używane w różnych modelach koncepcyjnych; używane są różne formaty danych, wykresy, różne poziomy szczegółowości i jakości. Ich potencjał nie jest ograniczony do wizualizacji obiektów 3D, w miarę rozwoju zbliża się do rzeczywistych modeli miasta ze wszystkimi mapowaniami komunikacji, transportu i innych systemów. Aktualne modele dla środowiska miejskiego przy integracji różnych źródeł danych stają się bardzo skomplikowane [3, 4].

Wielu naukowców obecnie bada możliwości rozwoju trójwymiarowych (w przyszłości 4D, 5D, 6D i itd.) modeli obszarów miejskich. Jest to ważne dla planowania przestrzennego, zarządzania ruchem i w wielu innych dziedzinach.

Technologia BIM jest szczególnie pomocna dla tworzenia bogatego w informacje semantycznego modelu miasta. BIM w bazie danych może przez długi czas zachować cyfrowe informacje o projekcie, stale je aktualizować i wykorzystywać. Baza danych BIM może również uwzględnić zależność między danymi, co jest bardzo przydatne, gdy występują jakiegokolwiek zmiany danych. W efekcie BIM może zagwarantować jakość i efektywność projektu.

Obecnie na świecie cyfrowe modele miast dopiero zaczynają być tworzone. W publicznie dostępnej przestrzeni informacyjnej można znaleźć dane modeli 3D Berlina, Nowego Jorku, Chicago, Los Angeles, a także Singapuru i kilku innych miast [5, 6]. Singapur zamierza stać się pierwszym "smart" państwem świata. Jednym z głównych priorytetów przy tworzeniu wirtualnego Singapuru są: budynki, podłoże oraz infrastruktura podziemna modeli 3D i map. Projekt rozpoczął się w 2014 roku, a jego zakończenie przewiduje za 3 lata. [7].

W tym celu zostaną wykonane zdjęcia za pomocą specjalnych urządzeń, które dostosowują się do terenu i sytuacji na podstawie tysięcy obrazów wykonanych z ziemi i powietrza. W tych warunkach model nabiera prawdziwego obrazu. Na mapie 3D wszystkie obrazy wyglądają jak prawdziwe, ale w rzeczywistości jest to model, w którym budynki i całe środowisko ma ilościowo określona powierzchnię. Do modelu mogą być łatwo i szybko umieszczone zaprojektowane nowe budynki, lub części technologiczne, żeby zobaczyć, jak będą wyglądały nowe elementy w kontekście istniejącego budynku. W tym celu należy wykonać model podłoża wraz z informacją o sieciach podziemnych [8].

Technologia ta szczególnie nadaje się dla zabytkowych obiektów o nieregularnej geometrii, materiałów niejednorodnych, zmiennej morfologii. Chociaż technologia BIM

oferuje zaawansowane możliwości modelowania, to dla istniejących zabytkowych budynków modelowanie cyfrowe jest nadal trudnym zadaniem. Proces ten może być realizowany za pomocą techniki fotogrametrii lub skaningu laserowego (jako techniki gromadzenia danych geometrycznych) oraz dalszej obróbki (interpretacji) w programach modelujących BIM, bądź też poprzez bezpośrednie modelowanie na podstawie pomiarów tachimetrycznych. [9,10,11].

W ramach zarządzania projektem należy lepiej zarządzać ryzykiem i kosztami. Obecnie są już opracowane technologie, które pozwalają na tworzenie modeli 3D wysokiej rozdzielczości ze zwykłych zdjęć. Zasada działania programu polega na analizie kilku statycznych zdjęć wykonanych z różnych punktów i automatyczne wykrywanie wspólnych punktów (pikseli) w tej samej fizycznej lokalizacji. Na podstawie wspólnych punktów obrazy mogą być utworzone w postaci dokładnej 3D obiektu. W porównaniu ze skanowaniem 3D zamiast drogiego ContextCapture specjalnego urządzenia wymagany jest tylko prosty aparat fotograficzny [12]. Technologia ta może być z powodzeniem stosowana na przykład do modelowania różnych technicznych rurociągów w przedsiębiorstwach przemysłowych, a także do planowania, mapowania oraz oceny istniejących (zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych) warunków środowiskowych.

3. BIM na etapie planowania

W fazie planowania i projektowania budynków i systemów inżynierskich jest ważne, aby zrozumieć kontekst terenu, na którym zaplanowana i zaprojektowana jest inwestycja. To pomoże projektantom podejmować skuteczne decyzje odnośnie samego budynku, jego lokalizacji, wpływu obiektu na lokalne warunki środowiskowe i społeczne. Na przykład, dane przestrzenne mogą być wykorzystane do projektowania nowych budynków, w zależności od sposobu, w którym nowe budynki będą zintegrowane ze środowiskiem. Mogą być również stosowane dla planowania budynków przemysłowych, konstrukcji rurociągów, obiektów produkcyjnych i innych obiektów[13].

BIM może być przydatny dla wykonania wielu zadań. Ta korzyść jest zdefiniowana jako możliwość stosowania BIM w ciągu cyklu życia budynku (rys. 1) [14]. Możliwości wykorzystania modelu (rys. 2) są definiowane niezależnie od cyklu życia budynku i mogą być dostosowane w dowolnym lub we wszystkich cyklach życia projektu [15].

Modelowanie istniejących warunków (ang. Existing Conditions Modeling) to proces, podczas którego tworzy się model 3D istniejącej działki, infrastruktury, istniejącej nieruchomości, lub konkretnego placu z infrastrukturą. Model ten może być utworzony różnymi sposobami: za pomocą skanowania laserowego lub konwencjonalnych metod badawczych, w zależności od tego, jakie wyniki są pożądane i który sposób jest bardziej skuteczny. Utworzony model można używać do wyszukiwania informacji, niezależnie od tego, czy jest to nowe budownictwo lub projekt modernizacji.

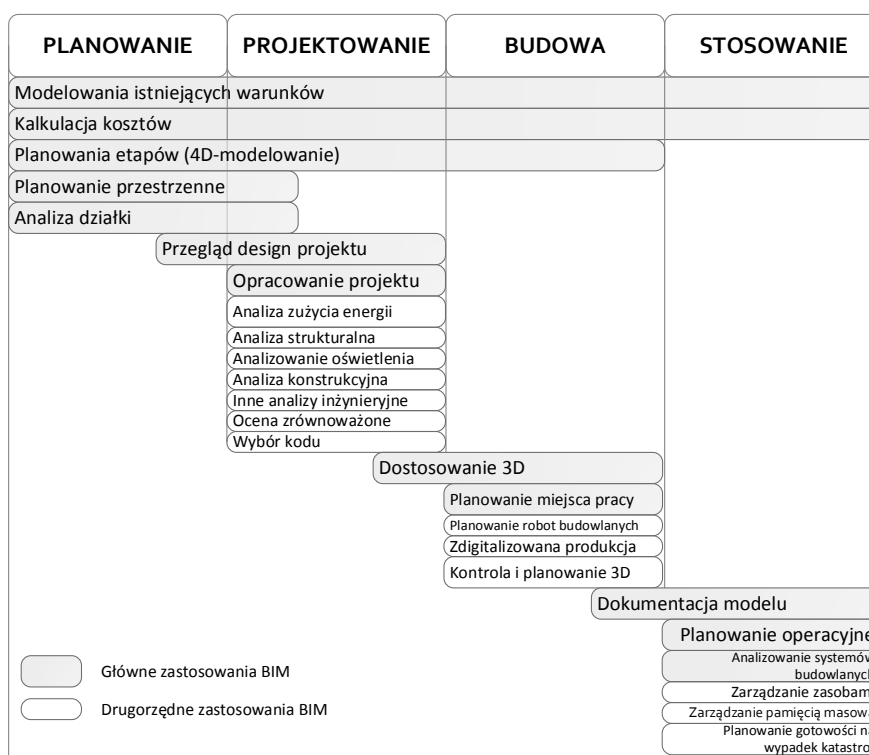
Korzyści procesu modelowania w istniejących warunkach mogą być rozmaite:

- Poprawa efektywności dokumentacji w istniejących warunkach i jej dokładności.
- Dostarcza dokumentację o środowisku dla przyszłego wykorzystania.
- Oferuje pomoc w dalszym modelowaniu 3D i koordynacji projektu.
- Reprezentuje wykonanie pracy w określonym środowisku.
- Dla celów rachunkowości pozwala wykonać kontrolę kosztów w czasie rzeczywistym.
- Zawiera szczegółowe informacje o warstwach projektowych.
- Jest przydatne do planowania awaryjnych sytuacji.

- Umożliwia wszechstronną wizualizację [14].

Modelowanie w istniejących warunkach odbywa się z wykorzystaniem zdjęć cyfrowych, zdjęć z powietrza, zdjęć satelitarnych, skanowania laserowego [16, 17].

Planowanie przestrzenne (ang. Programming) jest to proces, podczas którego odbywa się określenie skuteczności i dokładności rozwiązania projektowego w zależności od wymagań przestrzennych. Utworzony model BIM pozwala zespołowi projektowemu analizować i zrozumieć wpływ standardów i wymagań dotyczących przestrzennego planowania. Podczas tego procesu projekt ocenia się skutecznie i dokładnie według wymagań przestrzennych klienta [14].

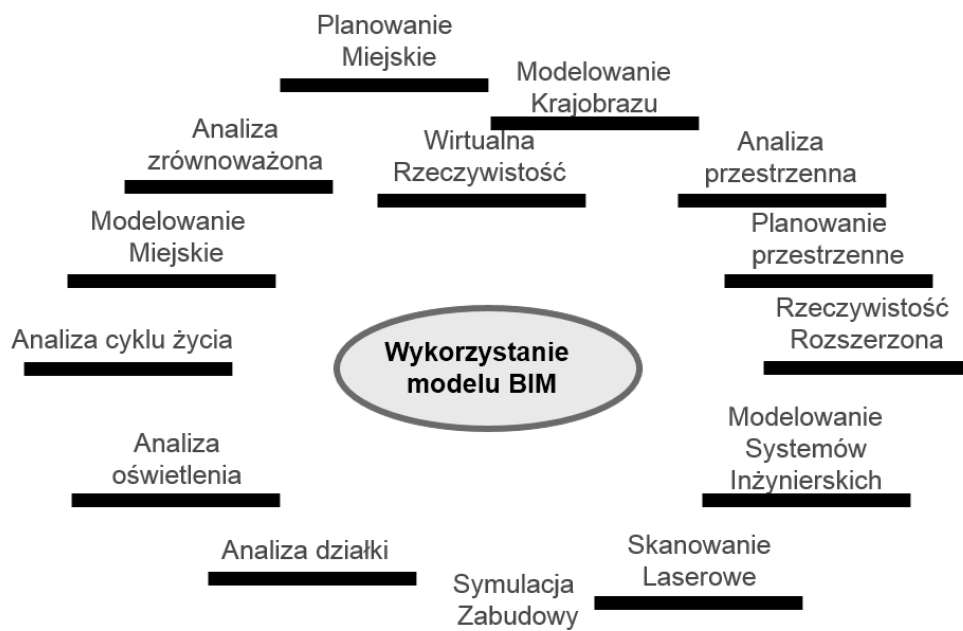


Rys. 1. Możliwości wykorzystania BIM w ciągu cyklu życia budynku [14]

Analiza terenu (ang. Site Analysis) jest procesem, podczas którego analizuje się właściwości konkretnego terenu, w celu określenia optymalnej lokalizacji dla przyszłej budowy. Zebrane dane początkowo pozwalają wybrać konkretną działkę, a później na podstawie innych kryteriów – konkretne miejsca budynku na działce. System podejmowania decyzji pozwala na określenie, czy potencjalne działki spełniają wymagania projektu technicznego i czynników finansowych [14].

Zintegrowane podejście do zrównoważonego środowiska inwestycyjnego z uwzględnieniem aspektów ekonomicznych i ekologicznych stwarza podstawę spójnego i skoordynowanego środowiska inwestycyjnego dla sektora nieruchomości [18]. Proces komunikacji i wymiany informacji jest bardzo ważnym warunkiem pomyślnej realizacji projektu [19]. R. Eadie i in. [20] wykazali, że użycie BIM w całym cyklu życia budynku

daje dodatni efekt finansowy, a dodatkowe możliwości oferuje również integracja BIM w uzupełnionych (wirtualnych) modelach rzeczywistości [21, 22, 23].



Rys. 2. Zastosowanie modeli [15]

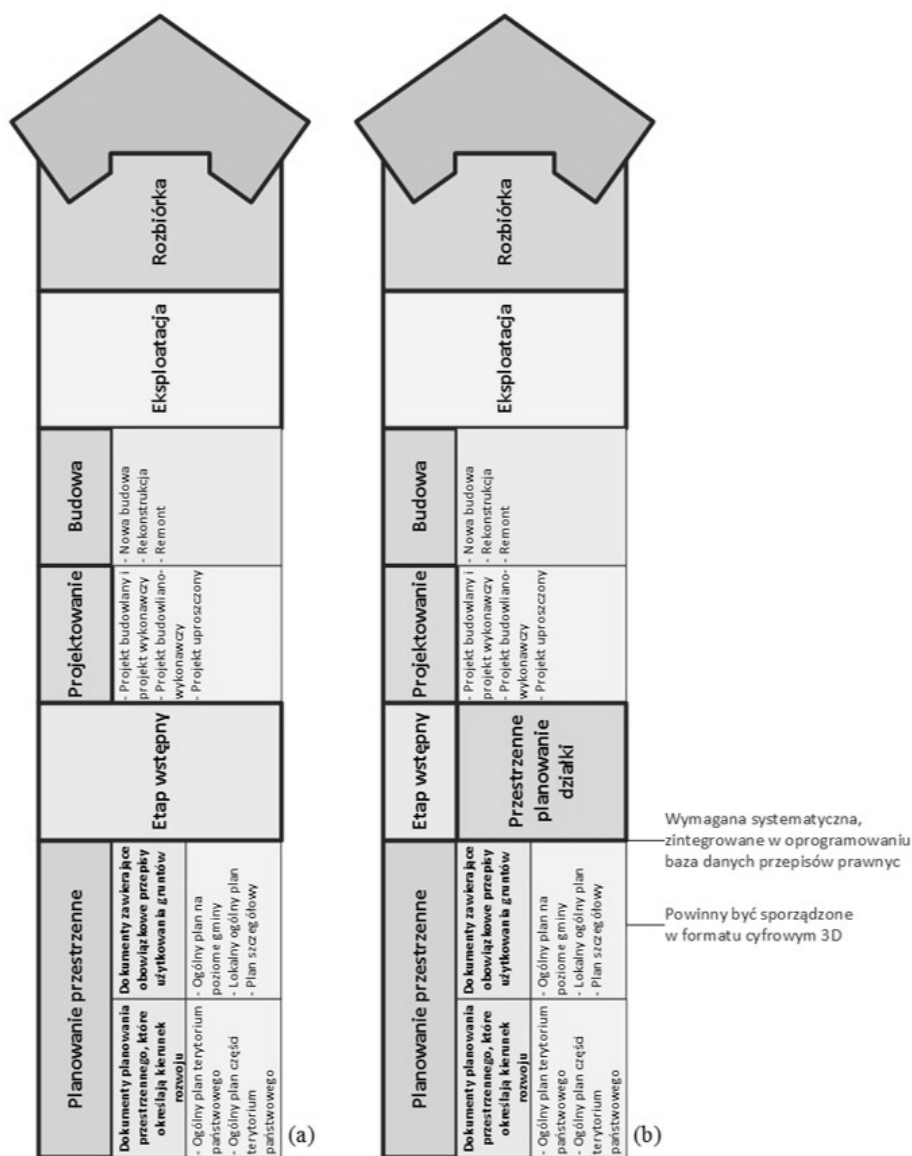
Trójwymiarowe modele budynków mogą być również używane do symulacji pożarowej [24], w projektowaniu budynku niskoenergetycznego, w zależności od zużycia energii w kontekście miejskim [25]. Prowadzone są także studia zastosowania technologii BIM w przygotowywaniu dokumentów planowania terytorialnego [26], planowania przestrzennego i wykorzystania podstaw technologii BIM w celu optymalizacji wykorzystania urządzeń podczas budowy [27].

Aby móc w pełni skorzystać z informacji o budowlu, technologia BIM musi być powiązana z obszarem geograficznym i informacją przestrzenną, z uwzględnieniem faktu, że budynki nie mogą być oddzielone od sąsiedztwa i środowiska (na przykład odległości od różnych elementów infrastruktury technicznej określają warunki wykorzystania budynku lub obiektu przemysłowego). Jest to również ważne dla oceny z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju. Dla zrównoważonego planowania ważne jest, aby zebrać razem całą informację dotyczącą obszaru lokalnego terytorium zakładu przemysłowego. Ta kompleksowa informacja powinna zawierać dane o terenie i o poszczególnych budynkach w mieście, na terenie zakładu [28]. Obecnie istniejące i proponowane przez autorów określenie cyklu życia budynku (w tym systemu planowania przestrzennego) przedstawiono na rysunku 3.

Trójwymiarowe przedstawienie (3D) danych ma kluczowe znaczenie w planowaniu przestrzennym. Wcześniej zaplanowane elementy takie jak: wizualizacja nowych obiektów architektonicznych, układy sieci inżynierskich, układy różnych urządzeń (obsługi, transportu, produkcji i innych) oraz ich wpływ na otaczające środowisko, spowoduje duże

oszczędności ekonomiczne. Spowoduje to również wzrost udziału społeczeństwa w procesie analizy publicznej inwestycji [29].

Wybór miejsca lokalizacji dla budynków, budowli i innych obiektów ma ogromny wpływ na powodzenie całego projektu. Decyzja o wyborze działki ma wpływ prawie na każdy proces projektowania i budowy. Działka ma wpływ na spójność, skuteczność i opłacalność, bezpieczeństwo i oczywiście, na właściwości organizacyjne, funkcjonalne i estetyczne obiektu [30].



Rys. 3. Cykl życia budowy, w tym dokumenty planowania przestrzennego: (a) obecnie istniejące, (b) proponowane przez autorów

4. Wnioski

BIM to system Building Information Modeling, jednak wiele informacji wpływających na każdą budowę (planowanie, projektowanie, realizacja, etc.) odnosi się do obszarów budowy, lub innymi słowy, terytorium. Dlatego generowanie i zarządzanie informacją o budynku musi zaczynać się od informacji o terenie, na którym planuje się budowę. Dla realizacji tego celu najbardziej nadaje się technologia fotogrametrii.

W artykule zaproponowano udoskonalenie analizy cyklu życia budynku, w tym planowanie przestrzenne, jeśli do planowania jest wykorzystywana technologia BIM. Wykorzystanie BIM na etapie planowania budynku poprawia dokładność oceny istniejących warunków środowiska, pomoże w przyszłości w modelowaniu innych obiektów, a także będzie przydatna do celów wizualizacji.

Literatura

1. Rafiee A., Dias E., Fruijtier S., Scholten H.: From BIM to geo-analysis: view coverage and shadow analysis by BIM/GIS integration. *Procedia Environmental Sciences*, 22, 2014, 397–402.
2. Dolas C., Dieckmann A., Russell P.: Building Your Own Urban Tool Kit. Tekst dostępny na stronie: <http://www.ecaade.org/downloads/ecaade2013-vol-1-lowres.pdf> [dostęp luty 2016].
3. El-Mekawy M.: Integrating BIM and GIS for 3D City Modelling. The Case of IFC and CityGML. Sweden: Royal Institute of Technology, 2010, 60 s.
4. El-Mekawy M., Östman A., Hijazi I.: A Unified Building Model for 3D Urban GIS. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 1, 2012, 120–145.
5. Berlin business location center: Berlin 3D city model. Tekst dostępny na stronie: <http://www.businesslocationcenter.de/en/berlin-economic-atlas/the-project> [dostęp luty 2016].
6. 3D CAD browser: New York City, Manhattan 3D Model. Tekst dostępny na stronie: <http://www.3dcadbrowser.com/download.aspx?3dmodel=40454> [dostęp luty 2016].
7. Peng S. K., Khoo V.: Mapping Singapore in 3D. Tekst dostępny na stronie: <http://www.clc.gov.sg/documents/books/Mapping%20Singapore%20in%203D.pdf> [dostęp luty 2016].
8. Popov V.: VGTU mokslininkai kuria pirmąjį Lietuvoje skaitmeninį miestelį. Tekst dostępny na stronie: <http://naujienos.vgtu.lt/naujienos/universiteto-pulsas/vgtu-mokslininkai-kuria-pirmaji-lietuvoje-skaitmenini-miesteli/165052> [dostęp lipiec 2016].
9. Barazzetti L., Banfi F., Brumana R., Gusmeroli G., Previtali M., Schiantarelli G.: Cloud-to-BIM-to-FEM: Structural simulation with accurate historic BIM from laser scans. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 57, 2015, 71–87.
10. Stauskis G.: Development of methods and practices of virtual reality as a tool for participatory urban planning: a case study of Vilnius City as an example for improving environmental, social and energy sustainability. *Energy, Sustainability and Society*, 4, 7, 2014, 1–13.
11. VEPS: Virtual Environmental Planning. Tekst dostępny na stronie: <http://www.veps3d.org/site/242.asp> [dostęp luty 2016].
12. ContextCapture: Turn photos into 3D models automatically with ContextCapture. Tekst dostępny na stronie: <https://www.acute3d.com/contextcapture/> [dostęp luty 2016].

13. Lutz D.: The State of BIM and GIS Interoperability. Tekst dostępny na stronie: <https://blog.safe.com/2014/12/state-future-bim-gis-interoperability/> [dostęp luty 2016].
14. The Computer Integrated Construction Research Group: Building Information Modeling Project Execution Planning Guide. The Pennsylvania State University, 2011, 125 s.
15. Succar B.: Understanding model uses. Tekst dostępny na stronie: <http://www.bimthinkspace.com/> [dostęp luty 2016].
16. Foster J.: PointKnown cited in Autodesk Energy Modeling White Paper: BIM. Tekst dostępny na stronie: <http://frombulator.com/2011/06/pointknown-cited-in-autodesk-reality-capture-white-paper-bim/> [dostęp luty 2016].
17. The American Institute of Architects: Innovative capture and modeling of existing building conditions using 3D laser scanning. Tekst dostępny na stronie: <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab081592.pdf> [dostęp luty 2016].
18. Vanags J., Butane I.: Major Aspects of Development of Sustainable Investment Environment in Real Estate Industry. *Procedia Engineering*, 57, 2013, 1223–1229.
19. Tegtmeier W., Zlatanova S., Oosterom P. J. M. V., Hack H. R. G. K.: 3D-GEM: Geotechnical extension towards an integrated 3D information model for infrastructural development. *Computers & Geosciences*, 64, 2014, 126–135.
20. Eadie R., Browne M., Odeyinka H., McKeown C., McNiff S.: BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*, 36, 2013, 145–151.
21. Wang X., Love P. E. D., Kim M. J., Park C.-S., Sing C.-P., Hou L.: A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality. *Automation in Construction*, 34, 2013, 37–44.
22. Jiao Y., Zhang S., Li Y., Wang Y., Yang B.: Towards cloud Augmented Reality for construction application by BIM and SNS integration. *Automation in Construction*, 33, 2013, 37–47.
23. Meža S., Turk Ž., Dolenc M.: Component based engineering of a mobile BIM-based augmented reality system. *Automation in Construction*, 42, 2014, 1–12.
24. Chen L. C., Wu C. H., Shen T. S., Chou C. C.: The application of geometric network models and building information models in geospatial environments for fire-fighting simulations. *Computers, Environment and Urban System*, 45, 2014, 1–12.
25. Niu A., Pan W., Zhao Y.: A BIM-GIS Integrated Web-based Visualization System for Low Energy Building Design. *Procedia Engineering*, 121, 2015, 2184–2192.
26. Kim J. I., Kim J., Fischer M., Orr R.: BIM-based decision-support method for master planning of sustainable large-scale developments. *Automation in Construction*, 58, 2015, 95–108.
27. Kumar S. S., Cheng J. C. P.: A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites. *Automation in Construction*, 59, 2015, 24–37.
28. Underwood J., Isikdag U.: *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Infomatics: Concepts and Technologies*. Information Science Reference: New York, 2010, 756 s.
29. Cirulis A., Brigmanis K. B.: 3D Outdoor Augmented Reality for Architecture and Urban Planning. *Procedia Computer Science*, 25, 2013, 71–79.
30. U.S. General Services Administration Public Buildings Service: The Site Selection Guide. Tekst dostępny na stronie: http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA_Site_Selection_Guide_R2-sY2-i_0Z5RDZ-i34K-pR.pdf [dostęp luty 2016].

Prof. zw. dr hab. inż. Leonas USTINOVIČIUS
Department of Business Informatics and Logistics
Bialystok University of Technology
16-001 Kleosin, O. Tarasiuka str. 2
tel./fax: +48 85 746 98 02
fax +48 85 663 19 88
e-mail: leonas959@gmail.com

Mgr. inż. Aurelija PECKIENĖ
Department of Construction Technology and Management
Vilnius Gediminas Technical University
10223 Vilnius, Saulėtekio ave. 11
tel./fax: +370 5 274 5030
fax +370 5 270 0112
e-mail: aurelija.peckiene@gmail.com

Dr inż. Andrzej TOMANA
Datacomp sp. Z o.o.
30-552 Kraków, ul. Gen. H. Dąbrowskiego 24
tel./fax +48 124129977
e-mail: a.tomana@datacomp.com.pl

Mgr inż. Wojciech KALISZ
4inv sp. Z o.o.
ul. Rondo ONZ 1
00-124 Warszawa
tel./fax: +48 510683159
e-mail: wkalisz@4inv.pl

Mgr inż. arch. Jerzy RUSIN
BIM Point Sp. Z o.o.
ul. Lipowa 4D
30-702 Kraków
tel. +48 608663747
e-mail: jerzyrusin@bimpoint.pl