

Jakub Dudek

jakubdudekarch@gmail.com

Instytut Projektowania Miast i Regionów, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska

Współczesna praktyka projektowa – szanse i zagrożenia związane z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi projektowych, w kontekście uwarunkowań przestrzennych miasta

Contemporary architectural studio – the opportunities and risks related to the use of modern design tools in the context of the spatial conditions of the city

Streszczenie

Równolegle z intensywną informatyzacją większości dziedzin życia człowieka proces projektowania architektonicznego i urbanistycznego przechodzi poważną przemianę. Mnogość aplikacji wspomagających projektowanie daje olbrzymie możliwości, ale też generuje zagrożenia. Wdrożenia nowych, często kosztownych narzędzi odbywają się zazwyczaj jako eksperyment na kolejnym opracowywanym projekcie. Przyszłość projektowania wiązana jest ze środowiskiem BIM – cennym narzędziem wykorzystywanym podczas budowy i na kolejnych etapach cyklu życia budynku. Opracowanie BIM może dać możliwość implementacji obiektu do modelu całego miasta, stwarzając szansę na lepszą integrację nowej zabudowy z współczesnym układem urbanistycznym, aspirującym do miana Smart City.

Słowa kluczowe: narzędzia wspierające projektowanie, BIM, CIM, wirtualne miasto

Abstract

Nowadays, as computerization affects the majority of human activities, the process of architectural and urban design is also undergoing a transformation. The multitude of design-supporting applications offers enormous possibilities, but also generates risks. The implementation of new, often expensive, tools usually occurs as an experiment on another project. The future of building design is considered to be associated with the BIM environment – a comprehensive tool used during construction and at subsequent stages of the building's life cycle. A BIM developed project can provide the opportunity to merge the object with the town model; it creates a chance for better integration of new buildings within cities which aspire to become so-called 'smart cities'.

Keywords: design support tools, BIM, CIM, virtual city

1. WSTĘP

Rozważania na temat założeń projektowych, kontekstu, funkcjonalności oraz formy budynków wydają się być codziennością architektów. Tymczasem pośród wielu wyzwań, przed którymi staje projektant, znajduje się wybór właściwych narzędzi wykorzystywanych do sporządzania projektów. Kluczowe decyzje muszą zostać podjęte jeszcze przed rozpoczęciem pracy. Projekt powinien zostać wykonany w założonym budżecie i terminie, na wymaganym stopniu szczegółowości oraz we współpracy z pozostałymi uczestnikami procesu projektowego. Zważywszy na to, konieczne jest wzięcie pod uwagę czynników ekonomicznych, parametrów wpływających na czasochłonność opracowania oraz możliwość koordynacji wszystkich branż. Ponadto różne etapy pracy mogą wymagać odmiennych narzędzi. Coraz częściej też zamawiający mają szczegółowe wymagania dotyczące formatu dokumentacji projektowej. Praktyka uczy, że przeznaczenie części zasobów firmy jedynie do wypróbowania aplikacji wspomagających projektowanie, najczęściej nie jest możliwe. Nowe oprogramowanie w pracowni testowane jest na zasadzie eksperymentu podczas sporządzenia kolejnego projektu. W takiej sytuacji szczególnie ważne jest minimalizowanie ryzyka związanego z zagrożeniami płynącymi z wdrożenia nowoczesnych narzędzi projektowych. Projektowanie w skali urbanistycznej staje w obliczu podobnych wyborów. W tym przypadku istotniejsze od doboru konkretnych aplikacji jest określenie właściwych standardów i zasad wymiany danych między wieloma branżami i dziedzinami, których uwarunkowania są analizowane. Dobrze zdefiniowany system może pomóc w stworzeniu modelu wirtualnego miasta, który poza trójwymiarową reprezentacją przestrzeni pozwoli gromadzić i przetwarzać coraz więcej informacji wprowadzanych nowymi, być może nieznanymi jeszcze dzisiaj kanałami. Dążenie do rozwijania platformy integrującej gromadzone dane w rzeczywistości wirtualnej charakteryzuje miasta aspirujące do miana Smart City.

2. WSPÓŁCZESNE NARZĘDZIA PROJEKTOWE

Zgodnie z analizą opublikowaną przez Michaela Kilkelly'ego¹ jest od dwóch do sześciu poziomów pytań, na które należy sobie odpowiedzieć, przed podjęciem właściwego wyboru narzędzia. W schemacie blokowym obrazującym proces decyzyjny na jednym biegunie umieszczono programy bezpłatne (w tym *open source*) oraz najtańsze, wyceniane poniżej 1000\$. Pozwalają one wykonywać rysunki 2D o niewielkiej kompatybilności oraz oferują bardzo ograniczone możliwości pracy zespołowej i wielobranżowej. Na drugim znalazło się znacznie bardziej kosztowne oprogramowanie do projektowania w środowisku BIM. Pozwala ono na efektywną pracę zespołową. Na ostatnich szczeblach diagramu podzielono je w zależności od możliwości współpracy wielobranżowej oraz ceny. Pomiędzy tymi skrajnościami umieszczono programy pozwalające na pracę w dwóch oraz trzech wymiarach, podzielone

z uwzględnieniem funkcji projektowanych obiektów oraz, ponownie, koszty. W alfabetycznej kolejności nazw trzy opisane powyżej grupy zawierają następujące oprogramowanie:

- 2D – AutoCAD LT, DraftSight, LibreCAD, NanoCAD, TurboCAD LTE
- 2D/3D – AutoCAD, BricsCAD, iCADMac, Chief Architect, DataCAD, ProArchitect, ProgeCAD, ProgeCAD Architecture, Softplan, TurboCAD Pro Platinum
- BIM – ArchiCAD, Digital Project, Bentley AECOsim, Revit, Revit LT, Vectorworks Architect

W sekcji 2D/3D przedstawione zestawienie mogłoby wymienić dodatkowo produkt ZW-CAD wykorzystywany w wielu polskich pracowniach projektowych. Należy zwrócić uwagę, iż poza narzędziami CAD i BIM nie zostały wymienione programy takie jak SketchUp oraz Rhinoceros 3D stworzone pierwotnie do modelowania trójwymiarowego, lecz niededykowane w pierwszej kolejności do profesjonalnych zastosowań w architekturze i urbanistyce. Rhinoceros 3D zyskał popularność z uwagi na swoją wszechstronność i brak ograniczeń przy modelowaniu swobodnych i organicznych form. Dodatkowo dzięki wbudowaniu (od wersji 6.0) modułu Grasshopper pozwala na modelowanie parametryczne. Takiego braku skrupowania w wyrażaniu idei projektowej nie zapewnia SketchUp, który z kolei olbrzymią popularność zdobył dzięki niesamowitej prostocie interface’u oraz łatwości modelowania i nawigacji. Dla uzupełnienia należy dodać, że wszystkie z wymienionych aplikacji zostały napisane na komputery PC, natomiast tylko połowa z nich działa także na urządzeniach MAC.

3. OPROGRAMOWANIE NA KOLEJNYCH ETAPACH PROJEKTOWANIA – SZANSE I ZAGROŻENIA

Wybór narzędzia musi przewidywać również jego wykorzystanie na konkretnych etapach projektowych. Chronologia ewolucji projektu wygląda najczęściej następująco. W pierwszej kolejności powstaje koncepcja architektoniczna a następnie koncepcja wielobranżowa. Kolejnymi etapami są projekt budowlany oraz projekt przetargowy. Ostatnim stadium podstawowego procesu projektowego jest projekt wykonawczy.

Koncepcja architektoniczna kojarzona jest przede wszystkim z szkicami odręcznymi oraz fizycznym modelem obiektu lub obiektów. O ile szkic pozostaje niezastąpionym medium przekazu idei i poszukiwania formy, o tyle protezą pracy w modelarni staje się powszechnie wirtualne modelowanie 3D, w którym zastosowanie znajduje przede wszystkim SketchUp. Do wykonania koncepcyjnych rzutów i przekrojów wystarczają nieskomplikowane programy CAD. Należy pamiętać, że już na tym etapie konieczne jest skorzystanie z programu modelującego z silnikiem renderującym dla przygotowania końcowej formy koncepcji, czyli wizualizacji oraz animacji. Ta część opracowania ze względu na potrzebę dodatkowego, wymagającego szczegółowej znajomości oprogramowania, bardzo wysokie wymagania sprzętowe oraz post produkcyjną obróbkę graficzną jest często zlecana poza pracownią projektową.

Do etapu koncepcyjnego należy przyporządkować pierwsze z zagrożeń związanych z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi projektowych. Jest nim ryzyko zbytnej koncentracji na możliwościach i ograniczeniach oprogramowania. Swoiste „myślenie narzędziem” może zagłuszyć inwencję i osłabić koncentrację na idei i formie obiektu, tak pożądane szczególnie na pierwszym etapie tworzenia.

Założwszy, że projekt ma zostać opracowany w środowisku BIM, koncepcja wielobranżowa oraz projekt budowlany są pierwszymi pełnoprawnymi etapami tego procesu. Należy zwrócić uwagę, że takie założenie ogranicza możliwość wyboru oprogramowania do produktów takich jak ArchiCAD, Digital Project, Bentley AECOsim, Revit, oraz Vectorworks. Coraz częściej zdarza się, że zamawiający definiuje jako swoją wytyczną konkretnego dostawcę oprogramowania. Tak było w przypadku biurowca Malta House w Poznaniu zaprojektowanego przez biuro Pentagram Architekti dla firmy Skanska². Inwestor wskazał jako obowiązujące w procesie BIM oprogramowanie firmy Autodesk w tym Revit Architecture, Revit Structure, Revit MEP, Navisworks.

Zakładając pracę w środowisku BIM, należy zdawać sobie sprawę, iż poza branżą architektoniczną, pozostali projektanci również powinni przygotowywać opracowania w kompatybilnym oprogramowaniu pozwalającym na wymianę danych i implementację w głównym modelu. Integracja jest sednem technologii BIM³. Ze względu na to wymaganie w pewnym stopniu zawężony zostaje wybór podwykonawców branżowych. W przypadku braku kompletności proces nie może osiągnąć założonego celu. Co więcej, istnieje zagrożenie, że pracownia architektoniczna koordynująca projekt będzie zmuszona przeznaczać swoje zasoby na modelowanie którejś z branż, zamiast korzystać z danych dostarczonych przez jej projektantów.

Warto zwrócić uwagę na znaczącą zmianę podejścia do projektu budowlanego jaką przynosi proces projektowy oparty o współczesne narzędzia. Do niedawna naturalnym było stopniowe uszczegóławianie opracowania na kolejnych etapach. Projekt budowlany tłumaczył koncepcję wielobranżową na język techniczny zgodnie z wytycznymi formalno-prawnymi. Przetargowy zawierał dodatkowo wszelkie informacje niezbędne dla wyceny robót i materiałów. Ostatnim stopniem szczegółowości był projekt wykonawczy i warsztatowy. Aktualnie w procesie modelowania informacji o budynku w chronologii powstawania dokumentacji powstały pewne przesunięcia. Zważywszy na to, iż obiekt jest wirtualnie „wstępnie realizowany”, w momencie, w którym po raz pierwszy skompletowany zostaje jego model, zawiera on o wiele więcej informacji o budynku niż wymagane jest od projektu składanego w urzędzie. W tej sytuacji projekt budowlany sporządzony w kształcie zgodnym z rozporządzeniem w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego powstaje na potrzeby wypełnienia wymagań administracyjnych. Jest to wyciąg dwuwymiarowej dokumentacji zubożony o wiele danych nie wymaganych w rozporządzeniu. Opracowanie, na podstawie którego wydana zostaje decyzja o pozwoleniu na budowę, wykorzystane zostanie podczas realizacji na potrzeby kontroli zgodności pozwoleniem. Budowa zaś prowadzona będzie na podstawie innego opracowania tj. projektu wykonawczego.

Ukończony model jest trójwymiarową reprezentacją zawierającą komplet informacji na temat konstrukcji, rozwiązań materiałowych, wyposażenia oraz pełnej problematyki branżowej⁴. W pewnym uproszczeniu można stwierdzić, że osiąga poziom szczegółowości właściwy dla zaawansowanego projektu przetargowego. Przy użyciu oprogramowania do kosztorysowania wykorzystującego bazę danych modelu sporządzenie kosztorysu inwestorskiego zostaje znacząco usprawnione. Przykładem sprawdzonego programu pozwalającego pobierać ilości przedmiarowe z modelu BIM jest aplikacja BIMestiMate krakowskiej firmy Datacomp. Jest to autorskie i innowacyjne oprogramowanie do przedmiarowania, kosztorysowania i harmonogramowania robót budowlanych, instalacyjnych, sieciowych, drogowych oraz telekomunikacyjnych, które powstało na bazie jednego z najpopularniejszych polskich programów kosztorysowych ZUZIA. Program jest pierwszym polskim systemem klasy 4D, 5D oferowanym na rynku⁵.

Tworzenie w środowisku BIM wymaga od samego początku świadomego założenia pewnych uproszczeń z uwagi na konieczną dbałość o rozmiar i poziom komplikacji modelu wpływające na płynność pracy. Należy dbać o wykorzystywanie możliwie niewielkich plików z gotowymi obiektami 3d dostarczanych przez producentów materiałów budowlanych oraz elementów wykończeniowych. Nieoptymalizowane opracowanie zawierające obiekty zajmujące zbyt dużą przestrzeń dyskową, może uniemożliwić dalszą obróbkę z uwagi na wymaganie olbrzymiej mocy obliczeniowej komputera. Brak kontroli nad właściwym podziałem i optymalizacją modelu, prowadzący do paraliżu projektowego jest kolejnym zagrożeniem związanym z pracą przy użyciu nowoczesnych narzędzi wspomagających projektowanie. Trzeba zaznaczyć, że w przyszłości to ryzyko może zostać wyeliminowane z uwagi na nieustannie zwiększające się możliwości obliczeniowe nowych procesorów komputerowych oraz kart graficznych.

Do przygotowania projektu wykonawczego potrzeba dalszej obróbki opracowania eksportowanego z trójwymiarowego modelu. Na tym etapie następuje ostateczne uszczegółowienie. Uzupełnione i opisane zostają wszelkie detale. Opracowywane są również wszystkie zestawienia materiałów i elementów budowlanych oraz wyposażenia budynku. W zależności od wymagań kontraktowych sporządza się również specyfikacje techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych. Często na tym etapie poza aplikacjami BIM następuje wykorzystanie prostszych programów CAD. Duża część opracowania powstaje też w oprogramowaniu do tworzenia arkuszy kalkulacyjnych oraz edytorze tekstu.

4. KONTEKST PRZESTRZENNY INWESTYCJI

Powszechna praktyką na przedprojektowym etapie przeprowadzania analiz jest korzystanie z udostępnionych w sieci Internet zasobów geodezyjnych, otofoto map, zdjęć satelitarnych oraz map zagrożenia i ryzyka powodziowego. Geoportale w dużych ośrodkach

miejskich pozwalają poza wglądem w dane ewidencyjne budynków i gruntu na pozyskanie danych o infrastrukturze podziemnej oraz projektowanych sieciach i budynkach, których lokalizacja została uzgodniona. Również dokumenty planistyczne, takie jak studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, są zamieszczone w sieci na stronach biuletynu informacji publicznej. Powszechny dostęp ułatwia prowadzenie szeregu kluczowych analiz takich jak analiza chłonności terenu, analizy oddziaływania projektowanych obiektów czy analiz komunikacyjnych. Usprawnia to proces podejmowania podstawowych decyzji inwestycyjnych i projektowych na wstępnym etapie pracy projektanta z inwestorem. Skoro dostęp do tych podstawowych informacji traktowany jest jako cenne usprawnienie pracy projektowej, warto zrobić kolejny krok polegający na opracowaniu systemu gromadzenia i udostępniania coraz większej liczby wielodyscyplinarnych informacji o kontekście przestrzennym, w którym dopuszczone jest inwestowanie. Budowanie szczegółowej bazy danych informacji o mieście jest jednym z podstawowych czynników charakteryzujących współczesne Smart Cities. Zwiększa szansę na odpowiednią integrację budynków z otoczeniem, lokalizację z poszanowaniem kontekstu oraz stworzenie lepszego środowiska życia mieszkańców miasta.

5. WIRTUALNE MIASTO

Spośród wielu miast pretendujących do miana “Smart” jedno może aspirować by być tym najbardziej zaawansowanym. Jest nim Singapur⁶. Zgodnie z zapowiedziami administracji państwowej do końca 2018 roku ukończona i stopniowo wdrażana będzie w nim platforma Virtual Singapore⁷. Wirtualny Singapur to trójwymiarowy model miasta i platforma wymiany danych zawierająca między innymi przestrzenne mapy Singapuru. Po ukończeniu będzie cyfrową platformą 3D przeznaczoną do użytkowania przez sektor publiczny, prywatny, oraz badawczy. Pozwoli użytkownikom na opracowywanie zaawansowanych narzędzi i aplikacji, wirtualne testowanie, projektowanie i podejmowanie decyzji w oparciu o miarodajne symulacje. Umożliwi badania nad technologiami służącymi rozwiązywaniu potencjalnych konfliktów przestrzennych, społecznych czy infrastrukturalnych. Wirtualny Singapur ma pozwolić na wizualizację istniejącego krajobrazu uzupełnianego przez planowane inwestycje, oraz modernizacje. W ten sposób umożliwi efektywną współpracę mającą na celu harmonizację projektów z otoczeniem oraz optymalizację ich wdrożenia. Jako przykład można przedstawić przygotowanie strategii minimalizowania niekorzystnego wpływu przebudowy ciągów komunikacyjnych. Poprzez przeprowadzoną w skali całego miasta symulację wpływu zamkniętej na czas przebudowy drogi, możliwe będzie takie przekierowanie kanałów ruchu oraz dobór połączeń zastępczych, aby maksymalnie ograniczyć uciążliwość dla mieszkańców. Wirtualny model miasta da planistom bardzo precyzyjne narzędzie, z którego mogą korzystać przy ustalaniu wytycznych do projektowania. W sposób szczegółowy pozwoli określić,

a następnie zweryfikować oddziaływanie budynków, dróg czy sieci na otoczenie. Weryfikacja poza wizualizacją 3D da odpowiedzi w kwestiach wpływu inwestycji na temperaturę w jej otoczeniu, zapewnienia dostępu do światła słonecznego, przewietrzania zespołów zabudowy, czy poziomu wzrostu natężenia ruchu. Pozwoli zbadać i określić dopuszczalne maksymalne poziomy emisji hałasu i zanieczyszczeń. Dzięki wirtualnym symulacjom możliwe będzie zaplanowanie dostępności do terenów rekreacji i wypoczynku. Również rozmieszczenie i powierzchnie planowanych obszarów zieleni urządzonej, będą mogły zostać bardziej optymalnie dostosowane do określonych obszarów funkcjonalnych przeznaczonych pod zabudowę. Korzystając z takich danych jak wysokość budynków, powierzchnie ich dachów, ilość i natężenie padającego na nie światła słonecznego, można będzie dokonać analizy określającej, które z nich mają wystarczający potencjał w zakresie produkcji energii elektrycznej, lub które powinny być pokryte warstwą wegetacyjną, aby obniżyć temperaturę poprzez redukcję efektu wyspy ciepła.

6. CITY INFORMATION MODELLING

Tworzenie trójwymiarowego modelu miasta jest bardzo ważnym aspektem globalnej idei Smart City. Analogicznie do procesu powstawania modelu BIM dla budynku, informacyjny model miasta powstaje w procesie zwanym City Information Modelling. W odniesieniu do niego wymienić można trzy podejścia do gromadzenia informacji. Pierwszy z nich jest inwentaryzacyjny i opiera się na przygotowaniu modeli 3D istniejących budynków. W tym trybie, wymagającym dużych nakładów pracy uwzględniane są głównie ich zewnętrzne gabaryty, forma, zastosowane materiały elewacyjne oraz przeszklenia. Kolejnym jest integracja modeli CAD z modelami systemu informacji geograficznej (GIS), nie dostarczająca jednak podstawowych informacji o wnętrzach budynków. Trzecim jest integracja dopuszczonych do realizacji projektów powstałych w BIM z modelami GIS⁸.

Szczególnie w skali całego miasta w procesie powstawania modelu CIM ważne jest wypracowanie obowiązujących formatów modeli oraz zasady wymiany danych. Stosowana również przy projektowaniu pojedynczych budynków Zasada CDE (Common Data Environment) zakłada, że dokumentacja jest przechowywana w taki sposób by wszelkie informacje znajdowały się w jednym miejscu oraz były dostępne i czytelne dla wszystkich uczestników procesu⁹. W odniesieniu do projektowania budynków wytyczne powinny być zawarte w warunkach kontraktów głównych projektantów i wykonawców. W przeciwnym wypadku, realizując model we własnym zakresie, nie skorzystają oni z efektu synergii i związanych z nim dodatkowych korzyści oraz oszczędności. W skali miasta platforma wymiany danych mogłaby być zdefiniowana na szczeblu centralnym lub przez lokalne władze. Poza określeniem formatu i standardu w jakim należałoby przygotować model, wytyczne powinny narzucić stopień uszczegółowienia, szereg wymaganych informacji o budynku oraz maksymalny

rozmiar przedkładanego pliku. W czasach coraz szerszego wykorzystywania nowoczesnych narzędzi projektowych, które w zarysie przedstawiono w pierwszej części niniejszej publikacji, przygotowanie uproszczonej do hipotetycznego standardu informacyjnej i trójwymiarowej reprezentacji projektowanego budynku nie byłoby trudnym do spełnienia wymaganiem. Wiązałoby się to z pewnym dodatkowym obciążeniem dla jednostki projektowej, jednak docelowo jej praca zostałaby w zamian ułatwiona na etapie analiz do koncepcji. Niestety w świetle obowiązujących uregulowań prawnych aktualnie nie jest możliwe narzucenie tego rodzaju zasad przez organy lokalnej administracji. Z tego powodu stworzenie podstawy prawnej pozwalającej na formułowanie wymagań formalnych wobec zawartości projektów budowlanych odpowiednich dla współczesnych miast powinno znaleźć się w obszarze zainteresowania ustawodawcy. Byłby to cel dający w dalszej perspektywie szansę na zrównoważony rozwój układów urbanistycznych i poprawę standardu życia ich mieszkańców.

PRZYPISY

- ¹ www.archsmarter.com
- ² www.pentagramarchitekci.pl
- ³ www.informatykawbudownictwie.pl
- ⁴ www.informatykawbudownictwie.pl
- ⁵ www.datacomp.com.pl
- ⁶ K. Mahbubani, *Singapore The Smartest City on Our Planet*, World Scientific, Singapore 2017.
- ⁷ www.nrf.gov.sg
- ⁸ www.itcon.org; X. Xu, L. Ding, H. Luo, L. Ma, *From building information modeling to city information modeling*, 2014.
- ⁹ www.pb.pl

BIBLIOGRAFIA

- Czupich M., Ignasiak-Szulc A., Kola-Bezka M., *Czynniki i bariery wdrażania koncepcji Smart City w Polsce*, [w:] Studia Ekonomiczne, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2016, nr 276, 223–235.
- Glasmeiera A., Christophersonb S., *Thinking about smart cities*, Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, Oxford Academic, Oxford 2015, 8, 3–12.
- Mahbubani K., *Singapore The Smartest City on Our Planet*, [w:] 50 Years of Urban Planning in Singapore, World Scientific Publishing Co., (ed.) Heng Ch. K., Singapore 2017, 311–312.

- Manville C., Cochrane G., Cave J., Millard J., Pederson J.K., Thaarup R.K., Liebe A., Wissner M., Massink R., Kotterink B., *Mapping Smart Cities in the EU, Study*, Directorate General for Internal Policies, Policy Department A: Economic and Scientific Policy, European Parliament, Brussels 2014.
- Ryba M., *Czym jest koncepcja Smart City, a zatem dlaczego powinniśmy je nazywać miastem sprytnym*, Czasopismo Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego, (ed.) Pitulec D., Wrocław 2017, nr 467, 82–90.
- Salman Al.-Douri F.A., *Impact of Utilizing 3D Digital Urban Models on the Design Content of Urban Design Plans in US Cities*, rozprawa doktorska, Texas A&M University, 2006.
- Strona biura Pentagram Architekci, <http://pentagramarchitekci.pl/biurowiec-malta-w-bim/>, (dostęp: 20.10.2018).
- Strona firmy Datacomp, <https://datacomp.com.pl/datacomp/o-firmie/>, (dostęp: 20.10.2018).
- Strona Informatyka w budownictwie [online], Szymaniak W., *BIM przejściowa moda czy przyszły standard?*, 2013, nr 3-4 (18), <http://www.informatykawbudownictwie.pl/projektowanie/bim-przejsciowa-moda-czy-przyszly-standard/> (dostęp: 20.10.2018).
- Strona ITcon, <http://www.itcon.org/2014/17>, Xu X., Ding L., Luo H., Ma L., *From building information modeling to city information modeling*, [w:] Journal of Information Technology in Construction, Special Issue BIM Cloud-Based Technology in the AEC Sector: Present Status and Future Trends, (eds.) Wang X., Li H., Wong J. and Li H., 2014, Vol. 19, 292–307 (dostęp: 19.10.2018).
- Strona National Research Foundation Prime Minister's Office Singapore, <https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore>, (dostęp: 20.10.2018).
- Strona Michael'a Kilkelly, <https://archsmarter.com/which-architectural-software> (dostęp: 06.10.2018).
- Strona Pulsu Biznesu, <https://www.pb.pl/wdrozenie-bim-na-bobrowieckiej-8-904851> (dostęp: 22.09.2018).
- Tota P., *Miasto inteligentne – miasto dostępne. Nowoczesne technologie miejskie w kontekście projektowania uniwersalnego*, Środowisko Mieszkaniowe, Kraków 2017, nr 19, 4–12.
- Wdowiarz-Bilska M., *Inteligentna przestrzeń – między smart building a smart city*, Środowisko Mieszkaniowe, Kraków 2017, nr 19, 13–20.
- Strona Zhu Q., Hu M., Zhang Y., Du Z., *Research and Practice in Three-Dimensional City Modeling*, [w:] Geo-spatial Information Science, Taylor and Francis Group, 2009, nr 12(1), 18–24.