

Tendencja do rozwoju zabudowy wysokiej w Europie

Przez ostatnie dwie dekady możemy obserwować gwałtowny wzrost popularności zabudowy wysokiej na kontynencie Europejskim. Wzrosła nie tylko ilość budowanych obiektów, ale również ich średnia wysokość (wg CTBUH Council on Tall Buildings and Urban Habitat). Wpływa to w dużym stopniu na uformowany przez wieki historyczny krajobraz wielu miast. W odróżnieniu od azjatyckich czy amerykańskich, miasta europejskie zostały ukształtowane w wyniku stopniowej i raczej powolnej ewolucji. Efekty tego procesu narastania są widoczne w strukturze urbanistycznej, charakterystycznych kompozycjach przestrzennych oraz w ich sylwetach. Historyczne dominaty tworzyły rozpoznawalne i utrwalone w społecznej świadomości motywy krajobrazowe. Współczesna zabudowa wysoka w szybkim tempie zmienia ten ustalony porządek wpływając, często w przypadkowy sposób, na ważne wizerunkowo założenia urbanistyczne.

Przykładów niekorzystnych przekształceń ważnych widoków historycznych wciąż przybywa. Wśród wcześniejszych, najbardziej znanych można przytoczyć oś Pól Marsowych w Paryżu z wieżowcem Montparnasse, który rozbił to symetryczne i szczególnie reprezentacyjne w skali miasta założenie. Odwołując się realizacji w Polsce można przytoczyć, niedawno ukończony budynek ING przy Placu Unii Lubelskiej jest widoczny ponad dachem Belwederu z Łazienek Królewskich. Z kolei widok na Grób Nieznanego Żołnierza jest zakłócony poprzez wieżowiec Warsaw Trade Tower. Wydaje się, że zasięgu oddziaływania tych budynków na miasto nikt nie przewidział. Tymczasem tej rangi strategiczne widoki powinny podlegać szczególnej ochronie. Dotychczasowe techniki planistyczne, jak pokazują powyższe przykłady, nie stanowią skutecznego zabezpieczenia. Z jednej strony ważne jest wykluczenie niekorzystnych interakcji wizualnych z zabudową historyczną. Jednakże nie mniej istotne jest kreowanie atrakcyjnej sylwety miasta z zabudową wysoką jako nową wartością przestrzenną oraz odpowiednie osadzenie nowych dominant w zgodzie z układem urbanistycznym miasta. Potrzebne są zatem nowe techniki, które w obiektywny i kompleksowy sposób zobrazują skutki przestrzenne lokowania zabudowy wysokiej.

Realizacja głównych założeń projektu

Badania nad zabudową wysoką w ramach projektu 2TaLL prowadzone były dwutorowo. Z jednej strony zmierzały do udokumentowania wybranych przykładów lokowania budynków wysokich w miastach europejskich i analizy ich wpływu na krajobraz. Z drugiej strony, ukierunkowane były na stworzenie narzędzi i metod komputerowej symulacji skutków przestrzennych zabudowy wysokiej. Nowe metody umożliwiają diagnozę oddziaływania wizualnego obiektu w mieście (metoda VIS) oraz ochronę ważnych założeń krajobrazowych przed przypadkowym wpływem nowej zabudowy (metoda VPS). Dodatkowo rozwijane były zagadnienia analizy przestrzeni publicznych (3D-negative), zacieniania, Sky View Factor (SVF), czy widoków osiowych (AXV). Nowe techniki są oparte o wykorzystanie współcześnie stosowanych cyfrowych modeli 3D miast (CityGML, DSM / LiDAR).

Jednym z kluczowych założeń projektu 2TaLL było rozpoznanie i przeanalizowanie oddziaływania zabudowy wysokiej w wybranych miastach Europy. Badania terenowe przeprowadzono w 13 miastach różnej wielkości i o różnej charakterystyce przestrzennej: Amsterdam, Bruksela, Drezno, Frankfurt, Kolonia, Londyn, Mediolan, Monachium, Norymberga, Paryż, Wiedeń, Warszawa i Wrocław. Analiza miała na celu udokumentowanie i ocenę wpływu zabudowy wysokiej na krajobraz. Brano pod uwagę: oddziaływanie na najbliższe otoczenie budynku, oddziaływanie na ważne osie i wnętrza urbanistyczne oraz na szerszy krajobraz miejski (linię sylwetową miasta). Przeprowadzone badania porównawcze doprowadziły do ogólnych wniosków w odniesieniu do specyfiki zabudowy wysokiej opisanych w osobnych publikacjach¹.

Badania wybranych miast europejskich unaocznily skalę i aktualność problemu zabudowy wysokiej oraz pilną potrzebę znalezienia nowych metod analitycznych, które mogłyby być stosowane w planowaniu. Oczywiście, aspekty wizualnego oddziaływania przyszłej inwestycji są jednym z wielu wskaźników, które należy wziąć pod uwagę (obok rentowności przedsięwzięcia, powiązań komunikacyjnych, zacielenia okolicznej zabudowy, funkcjonalności itp.). Jednakże to, co dla postronnego odbiorcy ukończonego już dzieła architektonicznego ma namacalne znaczenie, to właśnie osadzenie budynku w mieście, jego wygląd w konkretnych ekspozycjach widokowych. W Niemczech powszechną praktyką jest budowanie atrap (tymczasowych konstrukcji) przyszłych budynków ocenianych jako kontrowersyjne. Opinia publiczna jest wówczas w stanie ocenić skalę przyszłej inwestycji. Project 2TaLL wychodzi naprzeciw takim potrzebom. Dzięki wykorzystaniu opracowanych narzędzi cyfrowych można bardzo dokładnie przewidzieć skutki przestrzenne projektowanych obiektów, również w ich relacji do historycznych części miasta.

Opracowane metody analityczne

Metoda Visual Impact Size (VIS) została stworzona do kompleksowej oceny zasięgu oddziaływania wizualnego pojedynczego budynku wysokiego. Pozwala na precyzyjne ustalenie fragmentów przestrzeni publicznych miasta, na które nowy obiekt będzie mieć wpływ. W jednym procesie obliczeniowym definiowana jest jednocześnie siła jego oddziaływania na daną przestrzeń – to czy będziemy widzieć obiekt w całości, w dużym fragmencie, czy jedynie jako mały akcent przestrzenny. Metoda pozwala mierzyć całkowity wpływ wizualny budynku przy różnych pułapach jego wysokości. Wynik generowany jest automatycznie w postaci mapy 2D. Interpretacja otrzymanych wyników może mieć istotne znaczenie dla kierunkowania dalszych działań planistycznych. Mapa VIS pozwala przede wszystkim na ustalenie ważnych ekspozycji nowego budynku, w tym takich, które mogą zagrażać integralności ważnych założeń przestrzennych (np. obszarów staromiejskich, czy założeń symetrycznych). Rozpoznane na podstawie analizy VIS punkty widokowe mogą być następnie poddane dalszej symulacji np. z użyciem linijek wysokości, które pokażą prawdziwą skalę obiektu w przestrzeni.

Metoda VIS była stosowana w różnych opracowaniach studialnych od 2007 roku. Jednak dopiero podczas realizacji projektu 2TaLL została ona znacząco rozwinięta i ujednoczona. Przygotowane zostały nowe algorytmy i rozwiązania softwarowe, pozwalają na emulację map VIS na bazie różnych modeli przestrzennych miast (w tym: CityGML, DSM). Umożliwiają one również rozwój teorii isovist 3D na gruncie naukowym. Mierzenie powierzchni pól oddziaływania, czy porównywanie map VIS dla różnych tkanek urbanistycznych stwarza podstawy rozwoju teorii związanej z chłonnością krajobrazową miast, zarysowaną w publikacjach². Na uwagę zasługuje jednak przede wszystkim duży potencjał aplikacyjny metody, który został już niejednokrotnie potwierdzony. W najnowszym opracowaniu studialnym dla

¹ K. Czyńska 2015, Impact of tall buildings on the attractiveness of urban landscape – on the example of selected European cities, *Space&Form* no 24/2, pp. 131-144, e-ISSN 2391-7725.

K. Czyńska 2014, Tall buildings and the cityscape of Milano, *Space&Form* no 22/1, pp. 107-122, e-ISSN 2391-7725.

² K. Czyńska 2015, Application of Lidar Data and 3D-City Models in Visual Impact Simulations of Tall Buildings, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL-7/W3, 1359-1366, doi:10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-1359-2015.

Warszawy (przygotowanym w zespole z prof. Marzęckim w 2015 roku) metoda VIS została wykorzystana do analiz oddziaływania wizualnego planowanego obiektu na terenie ogrodów seminaryjnych na Skarpie Warszawskiej³. Mapa VIS stała się fundamentem tego opracowania i podstawowym narzędziem ocen wpływu obiektu na krajobraz miasta. Dała też możliwość identyfikacji ważnych punktów ekspozycji budynku w historycznym kontekście Warszawy.

Metoda Visual Protection Surface (VPS) jest z kolei spojrzeniem na problem ochrony tła ekspozycyjnego ważnych widoków miasta. Pozwala ona na wyznaczanie granicznych wysokości nowej zabudowy. Dane wyjściowe zawierają koordynaty punktów ekspozycyjnych ważnych widoków strategicznych, które objęte są ochroną (co jest spójne z założeniami polityki przestrzennej ochrony i kształtowania krajobrazu wielu miast m.in. Londynu⁴). W wyniku jednego procesu komputacyjnego otrzymywana jest powierzchnia nad miastem, która definiuje maksymalną możliwą wysokość zabudowy, tak by nie była ona widoczna z chronionych punktów widokowych. VPS może być stosowany do analizy chłonności miasta na zabudowę wysoką. Może być również narzędziem weryfikującym konsekwencje przestrzennych obecnie obowiązujących strategii kształtowania wysokości zabudowy w mieście. VPS został po raz pierwszy wykorzystany w studiach Drezna, miasta o unikalnych w skali Europy walorach krajobrazowych.

Zarówno dla potrzeb badań nad krajobrazem miejskim, jak też dla aplikacji planistycznych, kluczowym aspektem jest komplementarność metod VIS i VPS. O ile VIS ma szerszą genezę i umocowanie we wcześniej przeprowadzonych badaniach naukowych, to VPS był metodą od dawna oczekiwaną w teorii, ale w praktyce nieosiągalną. Dopiero na bazie badań przeprowadzonych w projekcie 2TaLL oraz w wyniku opracowania nowych programów komputerowych, powstała możliwość jednoczesnej aplikacji metod VIS i VPS na tym samym materiale badawczym (zarówno w środowisku modeli wektorowych, jak też modeli miast budowanych z chmury punktów). Obie metody VIS i VPS służą analizie krajobrazu miasta, ale przedmiot analizy jest biegunowo różny: oddziaływanie budynku na krajobraz, a ochrona widoku i jej implikacje dla kształtowania zabudowy w mieście. Dopiero wspólne stosowanie metod pozwala na wieloaspektową i kompleksową analizę krajobrazu oraz ocenę jego chłonności na nowe inwestycje, w tym również wysokie. Zastosowanie metod w planowaniu może znacząco podnieść jakość i wiarygodność podejmowanych decyzji istotnych dla kształtowania miasta.

Zabudowa wysoka w istotny sposób wpływa nie tylko na krajobraz, ale również na jakość i sposób funkcjonowania systemu przestrzeni publicznych miasta. Stanowiło to odrębną dziedzinę badań prowadzonych w projekcie. Struktura urbanistyczna jest do pewnego stopnia rodzajem gry pomiędzy „pozytywem i negatywem” – zabudową i przestrzenią pomiędzy, której uczestnikami są użytkownicy miasta. „Pozytyw” przyjmuje formę budynków, struktur, budowli czy elementów krajobrazu naturalnego. „Negatyw” to świat niewidzialnej geometrii wyznaczonej przez otaczającą strukturę pozytywu. Forma i geometria zabudowy jest widoczna w sposób oczywisty, jednakże geometria przestrzeni pomiędzy budynkami nie jest mierzalna w bezpośredni sposób. W tym celu została opracowana metoda 3d-NEGAVITE, która umożliwia (na podstawie modelu CityGML) wygenerowanie trójwymiarowego modelu przestrzeni publicznych – „negatywu miasta”, a następnie analizę parametrów geometrycznych: analiza widmowa (CSP), analiza typologii kątów nachyleń (TBS), analiza typologii wymiarów oraz powierzchni składowych przestrzeni publicznych (TBL, TBA)⁵. Badania nad przestrzeniami publicznymi, dotyczyły także intensywności ich zacielenia przez zabudowę wysoką oraz przestaniania widoku z perspektywy człowieka

³ W. Marzęcki, K. Czyńska, P. Rubinowicz, A. Zwoliński, *Studium oddziaływania krajobrazowego nowej zabudowy na terenie Ogródów Seminaryjnych w Warszawie*. Opracowanie na zlecenie Archidiecezji Warszawskiej, 2015.

⁴ Patrz: *LVMF – London View Management Framework*. Supplementary planning guidance, Study by Greater London Authority, Mayor of London 2012.

⁵ A. Zwoliński (2014) Complexity of Public Spaces System Between Key Tall Buildings in City of Szczecin. Geometrical Aspect of Public Spaces in 3D City Model. In: Hans-Peter Schröcker and Manfred Husty, editors, Proceedings of the 16th International Conference on Geometry and Graphics, s. 175–186. Innsbruck University Press. ISBN 978-3-902936-46-2.

przez budynki wysokie. W badaniach tych stosowano specjalistyczne oprogramowanie umożliwiające kalkulację czasu nasłonecznienia oraz narzędzie Sky View Factor (SVF) umożliwiające kalkulację udziału powierzchni przesłanianej w widoku.

Możliwości i ograniczenia stosowania modeli miast 3D

Podstawą cyfrowej analizy krajobrazu miasta i badania wpływu zabudowy wysokiej są modele miast 3D. Uzyskanie dostępu do tych zasobów było niezbędne dla realizacji założeń projektu 2TaLL. Istotnym progiem było również dostosowywanie metod do obowiązujących standardów zapisu modeli miast. Czynnikiem sprzyjającym jest bez wątpienia sukcesywne wdrażanie Dyrektywy Unii Europejskiej INSPIRE, która w ogólnym ujęciu nakłada na państwa członkowskie UE obowiązek ułatwiania i zwiększania dostępu do danych przestrzennych. Postęp zarówno względem jakości, jak też dostępności danych, jest na tyle duży, że zmiany były zauważalne nawet w czasie realizacji projektu. Część zasobów, które zostały pozyskane na drodze specjalnych umów i porozumień (jak np. model Berlina), dziś jest już dostępna jako „open source”.

W pierwszej fazie realizacji projektu badania były realizowane wyłącznie z zastosowaniem modeli miast 3D w standardzie CityGML. Najistotniejsze znaczenie ma tu słowo „standard”. CityGML uniezależnia dane 3D od środowiska, w którym model został zbudowany – co jest kluczową różnicą względem modeli CAD, w których dane są powiązane z określonym programem, a ich transfer do innych programów jest zwykle stratny. Należy ubolewać na tym, że wciąż zamawiane są modele miast 3D w określonym środowisku CAD, jak choćby nowy model 3D Warszawy. Modele CityGML są standardem w krajach Europy zachodniej, a szczególnie w Niemczech. Umożliwiają zapis nie tylko samej geometrii zabudowy, ale również semantyki danych (opis wzajemnych relacji między elementami modelu). Format obejmuje różne klasy obiektów (np. budynki, wody, tunele, mosty) i umożliwia ich zapis w różnych skalach dokładności (LoD). W praktyce częstą wadą jest niekompletność modelu, a więc brak odwzorowania wszystkich elementów rzeczywistej przestrzeni miasta. Dla potrzeb badań ujętych w projekcie 2TaLL pozyskano modele CityGML całości lub fragmentów łącznie 8 miast europejskich w tym Berlina, Frankfurtu, Rotterdamu, Delf i Drezna.

Zupełnie innym sposobem cyfrowego zapisu przestrzeni miast są modele, tworzone bezpośrednio na podstawie laserowego skaningu lotniczego ALS (LAS, modele DSM, DTM). Dane pozyskane ze skaningu lotniczego są zwykle tylko pewnym „półproduktem” dla budowania modeli wektorowych. Jednak nieprzetworzony obraz miasta, w postaci chmury punktów, może być także podstawą dla aplikacji analiz krajobrazowych. Istotne czynniki to koszt, aktualność i dostępność danych. W przypadku miast polskich, modele CityGML są praktycznie niedostępne. Natomiast, jako pochodna realizacji ogólnokrajowego programu antypowodziowego ISOK⁶, wszystkie większe miasta w Polsce mają opracowane modele LAS, DSM, DTM o bardzo wysokiej dokładności (znacznie lepszej niż np. w przypadku miast niemieckich). Model DSM o na siatce 0,5m umożliwia już zapisanie podstawowych relacji architektonicznych. Kluczową zaletą takiego „obrazu miasta” jest kompletne odwzorowanie wszystkich elementów przestrzeni ze stałą dokładnością. W drugiej fazie realizacji projektu część z metod, w tym VIS i VPS została dostosowana także do przetwarzania modeli DSM, co wymagało zupełnie innych (rekurencyjnych) algorytmów i rozwiązań softwarowych. Badania z użyciem modeli DSM były prowadzone dla 4 miast w Polsce: Warszawy, Szczecina, Lublina i Wrocławia.

Wymiana i rozpowszechnianie wiedzy oraz perspektywy kontynuacji badań

Realizacja projektu 2TaLL wymagała interdyscyplinarnego podejścia: integracji różnych dziedzin naukowych oraz dotarcia do różnych środowisk. Osiągnięciem, istotnym zarówno dla rozpowszechniania wyników przeprowadzonych badań, jak też dla poszerzenia wiedzy wykonawców, był udział i prezentacje na trzech wiodących konferencjach międzynarodowych o różnych profilach naukowych związanych

⁶ ISOK – projekt mający na celu utworzenie systemu poprawiającego osłonę gospodarki, środowiska i społeczeństwa przed nadzwyczajnymi zagrożeniami, w szczególności przed powodzią.

kolejno z: geometrią (ICGG16: International Conference on Geometry and Graphics, Innsbruck 2014), teledetekcją krajobrazu (ISRSE36: International Symposium on Remote Sensing of Environment, Berlin 2015) oraz cyfrową analizą urbanistyczną (SSS10: Space Syntax Symposium, Londyn 2015). Każda z konferencji miała znaczenie dla kierunkowania badań w projekcie. Nawiązane kontakty zaowocowały dalszą wymianą wiedzy i prezentacjami m.in. w: Croydon (Wydział Planowania Miasta, lipiec 2015), Londynie (Urban Design London, wrzesień 2015), Weimarze (Uniwersytet Bauhaus, styczeń 2016) i Dreźnie (Wydział Planowania, luty 2016). W skali całego projektu, biorąc pod uwagę badania studialne, konferencje, prezentacje, wystawy itp. – zorganizowano łącznie 31 działań służących wymianie wiedzy w 20 miastach Europy.

Z drugiej strony, dla pomyślnej realizacji projektu niezbędne były specjalistyczne szkolenia i konsultacje, zmierzające do poszerzenia wiedzy i kompetencji zespołu 2TaLL. Kamieniem milowym, było szkolenie z zakresu standardu CityGML oraz oprogramowania FME zorganizowane w Berlinie przez firmę Virtual City System (lipiec 2014). Dało to podstawę dla opanowania możliwości obsługi modeli CityGML oraz w dalszej perspektywie pozwoliło na stworzenie autorskich programów umożliwiających przetwarzanie tych danych (co było kluczowe m.in. dla metody 3d-negative). Inne szkolenia i konsultacje odbyły się w Polsce i dotyczyły technik GIS, informatyki oraz matematyki. Transfer wiedzy umożliwił rozwój warsztatu – opracowanie podstaw nowych metod analitycznych oraz stworzenie aplikacji komputerowych (C++). Pozwolił również na weryfikację użyteczności dostępnych systemów analizy krajobrazu miasta (m.in. oprogramowania ESRI).

Projekt 2TaLL miał na celu wspomaganie procesu harmonijnego kształtowania krajobrazu miasta w kontekście oceny lokalizacji i definiowania parametrów przestrzennych zabudowy wysokiej. Opracowane metody: VIS, VPS, 3d-negative, dają podstawę dla różnych analiz urbanistycznych w tej dziedzinie. Zakres badań dotyczy oddziaływania i percepcji wizualnej, który zdaniem Autorów, jest najistotniejszym i najbardziej trwałym dla rozwoju miasta aspektem. Metody były stosowane dla różnych miast europejskich w oparciu ich modele 3D. Ich celem jest obrazowanie interakcji wizualnych, w takim zakresie, który jest możliwy do obiektywnego pod względem geometrycznym rozpoznania. Dyskusji może podlegać jedynie dokładność wyniku, a nie istota metody. Oczywiście nawet najbardziej dokładna symulacja może być tylko wsparciem dla decyzji planistycznych. Jednak z uwagi na złożoność problemu wsparcie to może mieć istotne znaczenie.

W perspektywie przyszłych działań zespołu 2TaLL rysuje się dalsza propagacja wyników projektu oraz rozwój wytworzonego oprogramowania, zmierzający do jego upowszechnienia zarówno dla potrzeb badań naukowych, jak też aplikacji w planowaniu. Ambicją zespołu jest również włączenie aspektów analiz krajobrazowych i wykorzystania różnych typów modeli miast w dydaktyce.

dr inż. arch. Klara Czyńska
dr inż. arch. Paweł Rubinowicz
dr inż. arch. Adam Zwoliński