

**MOŻLIWOŚCI INTEGRACJI
DANYCH FOTOGRAMETRYCZNYCH
W WYBRANYCH ANALIZACH PRZESTRZENNYCH**

**POSSIBILITIES TO INTEGRATE
PHOTOGRAMMETRIC DATA
FOR SELECTED SPATIAL ANALYSES**

Agnieszka Turek¹, Jakub Markiewicz²

Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii

¹Katedra Gospodarki Przestrzennej i Nauk o Środowisku Przyrodniczym

²Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej

Słowa kluczowe: integracja danych, dane fotogrametryczne, gospodarka przestrzenna, analizy przestrzenne, GIS

Keywords: data integration, photogrammetric data, spatial management, spatial analyses, GIS

Wstęp

Przestrzeń miejska, ze względu na swoją specyfikę oraz funkcję jaką pełni we współczesnym społeczeństwie, ulega nieustannym i dynamicznym przekształceniom. Spowodowane jest to zmianami gospodarczymi i społecznymi, rozwojem techniki oraz migracją ludności z terenów wiejskich do miast. Ma to znaczący wpływ na ewolucję krajobrazu i struktury miasta. Intensywne zmiany zachodzące na terenach miejskich powodują również szybką dezaktualizację danych geodezyjnych. Przyczynia się to do wzrostu zapotrzebowania na precyzyjne i aktualne dane opisujące ukształtowanie i zagospodarowanie przestrzeni zurbanizowanej. Podejmowanie decyzji w zakresie gospodarki przestrzennej wymaga posiadania wiedzy dotyczącej stanu przestrzeni, którą mogą dostarczać między innymi dane pochodzące z integracji różnych technik fotogrametrycznych.

Współczesne techniki fotogrametryczne (w tym lotniczy skaning laserowy) umożliwiają generację produktów metrycznych z wysoką dokładnością. Metody te pozwalają na pozyskiwanie danych na dużych obszarach w relatywnie krótkim czasie, dzięki czemu umożliwiają szybką aktualizację i weryfikację istniejących zbiorów danych.

Planowanie przestrzenne nie jest w wystarczającym stopniu wspomagane przez nowoczesne techniki komputerowe (w tym systemy informacji geograficznej), przez co nadal jest procesem stosunkowo czasochłonnym (Brzuchowska, 2003). Przyczyną tego zjawiska jest

przede wszystkim brak należytej świadomości i przygotowania decydentów oraz szybki rozwój technologii fotogrametrycznej i jej powszechny dostęp – wcześniej dane lotnicze były traktowane jako materiał poufny i dostępność zdjęć była ograniczona. Z drugiej zaś strony, prawidłowe wykorzystanie zdjęć wiązało się z wieloma specjalistycznymi procedurami oraz koniecznością posiadania odpowiedniego sprzętu (Śleszyński, 2012).

Do odwzorowania obiektów architektonicznych oraz ich najbliższego otoczenia stosowany jest trójwymiarowy model powierzchni, dodatkowo uzupełniony o teksturę, generowany na podstawie danych fotogrametrycznych. Ze względu na przeznaczenie, trójwymiarowe modele można podzielić na dwie grupy: wykorzystywane do celów inwentaryzacyjnych (charakteryzujących się wysoką dokładnością) oraz wykonywane dla potrzeb wizualizacji (o niższej dokładności) (Markiewicz, 2012). W zależności od specyfiki przeprowadzanych analiz przestrzennych oba podejścia mogą być stosowane równorzędnie.

Podstawy integracji danych fotogrametrycznych

Integracja danych, pochodzących z różnych źródeł fotogrametrycznych umożliwia modelowanie i wizualizację trójwymiarowych modeli obiektów oraz ich otoczenia. Przy zastosowaniu wielu różnych źródeł istotny jest sposób i czas ich pozyskiwania. Związane jest to bezpośrednio z możliwością odwzorowania jednakowych elementów (obiektów geometrycznych) w konkretnych zbiorach danych. Dzięki nim, możliwe jest połączenie danych z różnych źródeł w jednym układzie odniesienia w procesie orientacji wzajemnej. Wykorzystanie każdego z nich oddzielnie musi być odpowiednio zaplanowane, tak by w wyniku ich połączenia powstał jednolity zbiór danych, służący zdefiniowanym wcześniej celom (Markiewicz, 2012).

Sposób podejścia do przeprowadzania integracji danych związany jest z ustaleniem priorytetów, które wpływają na przyjętą metodę łączenia danych fotogrametrycznych. Rozważając metodykę opracowania różnych modeli, należy mieć na uwadze następujące czynniki: możliwą jak najwyższą geometryczną dokładność, zdolność odwzorowania wszystkich detali, zachowanie efektu realistycznego, uzyskanie niskich kosztów pracy, oprogramowanie oraz wydajność stworzonego modelu (El-Hakim i in., 2005).

W literaturze można spotkać się z trzema głównymi podejściami (metodami) przeprowadzania procesu integracji danych, wykorzystywanej pod kątem generowania 3D modeli obiektów architektonicznych i ich najbliższego otoczenia. Po pierwsze dane integrować można przez hierarchiczne podzielenie na klasy (Augilera i in., 2006). Sposób podziału uzależniony jest tu od szczegółowości odwzorowania detali badanego obiektu, a także dokładności pozyskania danych. Wykorzystując dane z lotniczego skaningu laserowego (ALS, ang. *Airbone Laser Scanning*) możliwe jest wykonanie modeli dachów budynków, a na podstawie zdjęć lotniczych i naziemnych – tekstur w celu tworzenia modeli budynków na poziomie LOD1 – LOD2. W tym przypadku integracja wpływa na szybkość przeprowadzanego procesu oraz umożliwia uzupełnienie brakujących danych. Proces ten nie polega na wzajemnej orientacji danych pochodzących z różnych źródeł. Zaletą przeprowadzania integracji tą metodą jest możliwość wykorzystania jedynie części danych istotnych przy generowaniu modeli 3D, np. obiektów architektonicznych.

Innym sposobem integracji danych lotniczych i naziemnych jest ich wzajemne połączenie poprzez wykonanie orientacji wzajemnej, a w kolejnym etapie nadanie im georeferencji (Anderson i in., 2011; Böhn i in., 2007; Angello, Brutto, 2007). Proces ten wykonywany jest przy

przetwarzaniu danych pozyskanych bezpośrednio z pomiaru nieposiadających nadanej georeferencji. Niestety często podstawowym ograniczeniem związanym z integracją takich danych jest brak odpowiedniej liczby jednoznacznie identyfikowalnych punktów/prostych/płaszczyzn homologicznych.

Ostatnia metoda integracji danych polega na łączeniu gotowych modeli (stworzonych na podstawie wyżej wymienionych dwóch metod) w zewnętrznym niefotogrametrycznym oprogramowaniu (Anderson i in., 2011). Należy podkreślić, iż metoda ta wykorzystuje informację o znanej georeferencji danych wejściowych. Zaletą wykorzystania systemów GIS jest możliwość połączenia dużych zbiorów danych, zarówno zapisywanych w postaci danych wektorowych typu CAD, ale również danych posiadających geometrię 2D, jak i 3D (Zlatanova i in., 2002). Dane zapisywane są w postaci geobaz, dzięki czemu możliwe jest przeprowadzanie analiz przestrzennych i wizualizacja gotowych produktów.

Wykorzystanie danych fotogrametrycznych w gospodarce przestrzennej

Gospodarka przestrzenna jest dziedziną interdyscyplinarną, obejmującą swym zasięgiem, zarówno zagadnienia z zakresu nauk przyrodniczych, jak i ekonomicznych, społecznych oraz prawnych. Ważnym zagadnieniem jest zatem kompleksowe i zintegrowane podejście do problematyki związanej z racjonalnym zagospodarowaniem obszarów i kształtowaniem przestrzeni.

Dane wykorzystywane do opracowywania podstawowych dokumentów planistycznych na poziomie lokalnym – studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego muszą być aktualne. Proces decyzyjny w gospodarce przestrzennej, ze względu na różnorodność i dużą liczbę wykorzystywanych danych, może i powinien być wspomagany przez stosowanie programów i aplikacji systemu informacji przestrzennej. Dotyczy to przede wszystkim analiz przestrzennych wykonywanych w procesie zarządzania przestrzenią. Systemy GIS stanowią narzędzie, które nie tylko wzbogaca, ale i usprawnia ich realizację.

Główną zaletą wykorzystywania danych fotogrametrycznych, w powiązaniu z ich przetworzeniem w systemach GIS, dla potrzeb gospodarki przestrzennej jest możliwość czytelnego zobrazowania zjawisk przestrzennych i wizualizacji zmian zachodzących na danym obszarze. Graficzne zobrazowanie, zarówno stanu istniejącego jak i proponowanych przekształceń, ułatwia i wspomaga podejmowanie decyzji w tym zakresie.

Materiały fotogrametryczne umożliwiają wykonywanie różnego rodzaju pomiarów, które prowadzą do określenia geometrii obiektów i mierzonych zjawisk. Do ich zalet należy również zaliczyć krótki czas rejestracji i możliwość jej wykonania bez kontaktu fizycznego z obiektem (zdalna rejestracja). Metody fotogrametryczne umożliwiają uchwycenie dynamiki badanego zjawiska przez odtworzenie obiektu i procesu w czasie. Zdjęcie jest także obiektywnym zapisem rzeczywistości, który posiada wartość archiwalną. Dane takie są również cenne ze względu na bogactwo zawartych w nich szczegółów. Dla gospodarki przestrzennej szczególnie istotna jest możliwość rejestrowania obiektów, które z różnych względów nie są dostępne do bezpośredniego pomiaru i obserwacji (z powodu różnych zagrożeń, niedostępności miejsca itp.). Metody fotogrametryczne wpływają zatem na ograniczenie prac w terenie i umożliwiają przeniesienie ich do warunków kameralnych (Woźniak, 2013). Jest to istot-

ne zwłaszcza przy opracowaniach planistycznych dotyczących obszarów o dużej powierzchni, kiedy bezpośrednie badania terenowe nie są możliwe do wykonania w krótkim czasie. Dane fotogrametryczne pozwalają wówczas na dokonanie w szybki sposób diagnozy stanu istniejącego badanego terenu. Wiąże się to również z automatyzacją niektórych prac.

Obszar badań i dane źródłowe

Analizy przeprowadzono dla wybranego fragmentu dzielnicy Wola w Warszawie (rejon Czyste – okolice Dworca Głównego), usytuowanego blisko centrum miasta i dzielnicy Śródmieście. Jest to teren atrakcyjny lokalizacyjnie i inwestycyjnie, który z uwagi na duży stopień degradacji i obecność zaniedbanych terenów przemysłowych i kolejowych, pozostaje wciąż nie w pełni zagospodarowany. Obszar ten nie posiada obowiązującego miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, zatem przeznaczenie, warunki zagospodarowania i zabudowy terenu nie zostały jeszcze określone. Dlatego wykonanie odpowiednich analiz przed przystąpieniem do sporządzania planu jest szczególnie istotne i uzasadnione.

W celu rekonstrukcji i przeprowadzenia modelowania fragmentu dzielnicy Wola wykorzystano dane z czterech różnych źródeł charakteryzujące się różną dokładnością.

1. Lotniczy skaningu laserowy (ALS). Jednym z głównych źródeł danych była chmura punktów z lotniczego skaningu laserowego. Dane zostały pozyskane w ramach projektu ISOK, w standardzie II (12 pkt/m²). Zastosowanie tego standardu chmury punktów umożliwia stworzenie modeli na poziomi dokładności LOD1-LOD2. Dane te, oprócz informacji o współrzędnych każdego punktu, posiadają również informację o intensywności odbicia wiązki lasera oraz składowe RGB ze zdjęcia lotniczego.

2. Lotnicze zdjęcia cyfrowe. Wykorzystano zdjęcie lotnicze wykonane kamerą Ultra-CamX z GSD 25 cm, celem kolorowania chmury punktów, teksturowania terenu i wybranych dachów budynków.

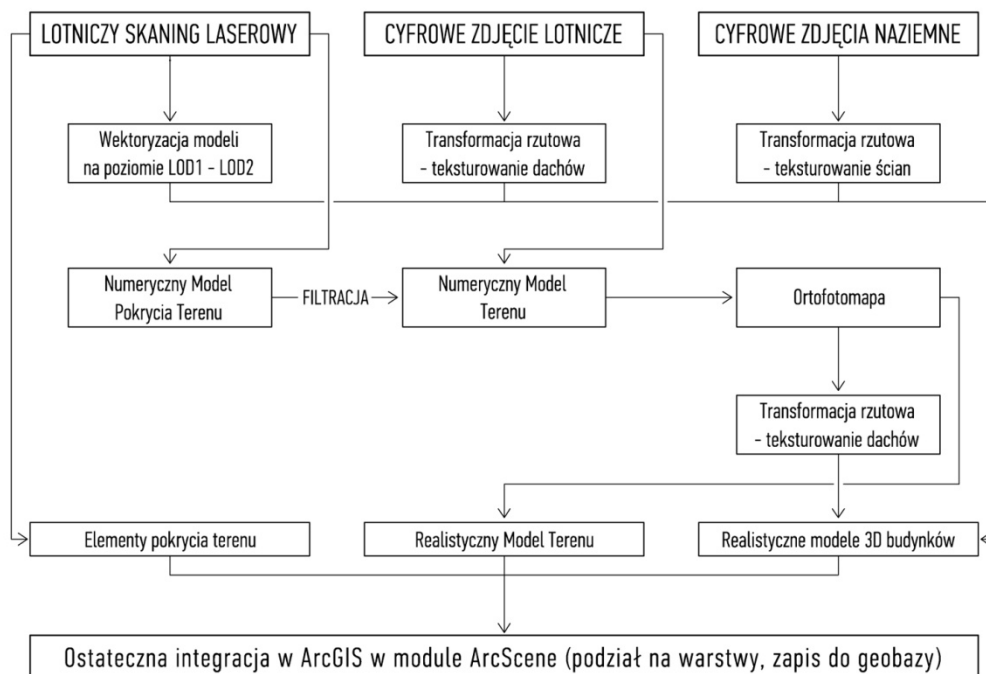
3. Naziemne zdjęcia cyfrowe. Naziemne zdjęcia cyfrowe zostały wykonane przy użyciu niemetrycznej kamery Canon 600d, wyposażonej w zmiennoogniskowy obiektyw 18-55 mm. Zdjęcia przedstawiały fasady najważniejszych budynków znajdujących się na badanym obszarze. Posłużyły one do wygenerowania realistycznych tekstur stworzonych modeli budynków. Dzięki zastosowaniu szerokokątnego obiektywu możliwe było ograniczenie niezbędnej liczby zdjęć.

4. Ortofotomapa. Poprzez przetworzenie wyżej wymienionego zdjęcia i numerycznego modelu terenu (wygenerowanego z danych z lotniczego skaningu laserowego) stworzono ortofotomapę o pikselu 25 cm.

Integracja danych i modelowanie trójwymiarowe

Proces integracji danych został wykonany w sposób dwuetapowy. Wykorzystano zarówno podejście hierarchiczne, jak i łączenie gotowych produktów w oprogramowaniu ArcGIS 10.1 (rys. 1).

W pierwszym etapie prac wykonano modelowanie trójwymiarowe budynków na poziomie LOD1-LOD2 (Kolbe i in., 2005, Hall i Brenner, 1999). Dane podkładowe stanowił uporządkowany zbiór punktów, w postaci chmury punktów z lotniczego skaningu laserowego.



Rys. 1. Schemat przeprowadzonego procesu integracji i przetwarzania danych
(źródło: opracowanie własne)

Zostały one odpowiednio przetworzone i wykonano na ich podstawie modele trójwymiarowe w oprogramowaniu Google SketchUp 6.0 (rys. 3A, B). Do utworzenia realistycznych tekstur ścian budynków wykorzystano naziemne zdjęcia cyfrowe, przetworzone w wyniku transformacji rzutowej (Tokarczyk, 2001). Zdjęcia wykonywano równolegle do budynku przy wykorzystaniu obiektywu szerokokątnego (tak, aby pokryć całą powierzchnię ścian pojedynczym zdjęciem). Dodatkowo w celu stworzenia tekstur dachów wykorzystano lotnicze zdjęcia cyfrowe z GSD 25 cm (rys. 3C).

Numeryczny model terenu powstał w wyniku filtracji skalsyfikowanej chmury punktów. Dane z lotniczego skaningu laserowego podzielone są na 8 głównych klas, zgodnych z formatem LAS: 1) punkty przetwarzane, ale nie sklasyfikowane, 2) punkty leżące na gruncie, 3) punkty reprezentujące niską roślinność, tj. w zakresach 0-0,40 m., 4) punkty reprezentujące średnią roślinność, tj. w zakresie 0,40-2,00 m, 5) punkty reprezentujące wysoką roślinność, tj. w zakresie powyżej 2,00 m, 6) punkty reprezentujące budynki, budowle oraz obiekty inżynierskie, 7) szum, 8) punkty reprezentujące obszary pod wodami (CODGiK, 2013). Do przeprowadzenia filtracji wybrano odpowiednią ww. klasę 2 (<grunt>, ang. *ground*). Realistyczny model 3D badanego terenu uzyskano w wyniku udrapowania ortofotomapy na NMT.

Ostateczny proces integracji danych fotogrametrycznych został przeprowadzony w module ArcGIS ArcScene, który umożliwia wyświetlanie i zarządzanie danymi. Wszystkie modele zostały podzielone na odpowiednie warstwy (zabudowa, roślinność, NMT, obiekty, inne pokrycie terenu) i zaimportowane do stworzonej bazy danych. Przy tego typu analizach ograniczeniem okazały się wymagania sprzętowe związane z możliwością trójwymiarowego

wyświetlania obiektów w module ArcScene. Silnik graficzny odpowiedzialny za *rendering* modeli trójwymiarowych nie był w stanie poprawnie wyświetlić tekstur o rozdzielczości rzędu około 4000×1800 pikseli. Z tego względu proces importu danych wykonany został dwuetapowo. Dane z programu Google SketchUp zostały wczytane jako bryły bez tekstur, które dodawane były w następnym etapie. Wynik końcowej integracji danych został przedstawiony na rysunku 4.

Wybrane analizy wykonane dla celów gospodarki przestrzennej

Przed wykonaniem dokładnych analiz przestrzennych wybranego obszaru należy najpierw poznać jego własności w skali globalnej. Klasyczne metody oparte na wizji terenowej wymagają zaangażowania wielu osób i nie pozwalają w krótkim czasie na ogólną weryfikację aktualnego stanu pokrycia terenu. Rozwiązaniem tego ograniczenia jest przeprowadzenie integracji danych pozyskiwanych z pułapu lotniczego, tj. zdjęć lotniczych oraz danych uzyskanych z lotniczego skaningu laserowego. Dodatkowo wykorzystując realistyczne modele 3D, posiadające wysokorozdzielczą teksturę uzyskaną ze zdjęć naziemnych, możliwe jest uzupełnienie brakujących informacji o budynkach. Wykorzystanie analiz na podstawie kompletnych danych (pozyskanych w wyniku integracji), nie tylko urozmaica końcowe opracowanie planistyczne, ale również jest czynnikiem ułatwiającym podejmowanie decyzji – pozwala w przejrzysty sposób zobrazować planowane przekształcenia tkanki miejskiej i zidentyfikować na wstępnym etapie prac ewentualne konflikty przestrzenne. W niniejszym rozdziale zaproponowany został schemat postępowania i przeprowadzania wybranych analiz przestrzennych w celu doboru odpowiedniej lokalizacji nowego osiedla mieszkaniowego. Opiera się on na wykonaniu analiz przestrzennych przedstawionych na rysunku 2.



Rysunek 2. Schemat wykonanych analiz przestrzennych (źródło: opracowanie własne)

Trójwymiarowa wizualizacja badanego obszaru (budynków i ich najbliższego otoczenia)

Przed przystąpieniem do procesu projektowania rozmieszczenia nowych obiektów w przestrzeni miejskiej należy przeprowadzić, tzw. wizję terenową. Szczegółowa diagnoza i analiza stanu istniejącego badanego obszaru stanowi zawsze punkt wyjścia do dalszych prac

związanych z planowaniem przestrzennym. Wizja terenowa, to stosunkowo czasochłonny proces, często obciążony błędami obserwatorów i problemami związanymi z dostępnością badanego obszaru. Jednak dzięki niej możliwe jest nie tylko wstępne zaplanowanie lokalizacji nowych budynków, ale także dobranie odpowiedniego projektu architektonicznego.

Na rysunku 4 została przedstawiona trójwymiarowa scena fragmentu dzielnicy Wola (z trzech różnych widoków). W oparciu o przeprowadzoną analizę można zauważyć, że relatywnie duża powierzchnia obszaru jest wciąż niezagospodarowana, a istniejąca zabudowa jest chaotyczna i nie tworzy spójnej całości, zatem wymaga uporządkowania. Podczas planowania rozmieszczenia nowego osiedla mieszkaniowego należałoby uwzględnić również lokalizację obiektów użyteczności publicznej, lokali usługowych, sklepów, itp., gdyż teren ten nie posiada wystarczająco rozwiniętej infrastruktury społecznej i usługowej.

Analiza stanu pokrycia terenu

Na podstawie ortofotomapy i lotniczego skaningu laserowego dokonano analizy pokrycia badanego terenu. Dzięki połączeniu jej z danymi wysokościowymi z ALS określono udział procentowy terenów zieleni (17%) (z podziałem na roślinność niską, średnią i wysoką) oraz terenów zabudowanych (15%). Dane te pozwalają ocenić intensywność zabudowy obszaru, a także określić udział powierzchni biologicznie czynnej. Analizowanie danych pochodzących z różnych okresów czasu umożliwiłoby zbadanie zmian pokrycia terenu, co wpłynęłoby na wyznaczenie aktualnych kierunków rozwoju badanego obszaru, a w konsekwencji zaprojektowanie zmian i eliminację negatywnych tendencji.

Analiza typu i stanu zabudowy

Zbadano stan istniejącego zagospodarowania analizowanego terenu oraz najbliższego otoczenia. Połączenie informacji ze stworzonych modeli trójwymiarowych budynków z danymi z pułapu lotniczego, tj. ortofotomapy i lotniczego skaningu laserowego pozwala zauważyć, iż w sąsiedztwie znajdują się budynki o różnym przeznaczeniu i stanie zabudowy (rys. 3 i 4). Na badanym terenie występują zdegradowane, opuszczone obiekty przemysłowe, podczas gdy obok nich powstają nowoczesne, ekskluzywne osiedla. W proponowanej analizie wykorzystano zarówno realistyczne modele trójwymiarowe budynków, jak i samą kolorową chmurę punktów. Dzięki tym danym uzyskano informacje o stanie i typie pokrycia terenu. W otoczeniu analizowanego obszaru przeważa nowe budownictwo, dlatego też walory projektowanej zabudowy muszą odpowiadać istniejącym standardom.

Przekroje w określonych kierunkach

Wykonano przekroje poprzeczne dla wybranych, charakterystycznych miejsc obszaru opracowania, w oparciu o kolorową chmurę punktów. Analiza ta pozwoliła wyznaczyć tereny o największych różnicach wysokościowych, a także umożliwiła zwizualizowanie różnic wysokościowych budynków znajdujących się na obszarze badań (rys. 5). Na badanym terenie występują budynki o wysokościach bardzo zróżnicowanych, wahających się w granicach od 5 do 32 m. W zachodniej części obszaru znajdują się obiekty o wysokościach nieprzekraczających 13 m, w północnej zaś części nie wyższe niż 15 m, a we wschodniej – 32 m. Od strony południowej znajduje się droga asfaltowa. Minimalna wysokość proponowanych budynków powinna odpowiadać wysokości najbliższym położonym budynkom mieszkalnym (16 m).

Projektując podział budynków na obiekty mieszkaniowe i usługowe należy wziąć pod uwagę wysokość otaczających je obiektów. W wyniku wykonanych przekroi, można wyciągnąć następujące wnioski:

- 1) lokale usługowe należałoby umieścić w parterach bloków mieszkalnych, od wschodniej strony ulicy Towarowej – znajduje się tam wysoka zabudowa (do 32 m),
- 2) w celu wkomponowania budynku w istniejącą zabudowę proponuje się stworzenie budynków nie wyższych niż 32 m i nie niższych niż 16 m.

Analiza lokalizacji nowych budynków (analizy widoczności)

W przypadku terenów znajdujących się w pobliżu ścisłego centrum miasta, szczególnie istotne jest wykonanie analizy widoczności (rys. 6). Ułatwia ona zlokalizowanie nowej zabudowy tak, by obiekt był odpowiednio doświetlony i nieprzysłonięty innymi budynkami. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dn. 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, odległość budynku mającego pomieszczenia przeznaczone na pobyt ludzi od innych obiektów powinna umożliwiać naturalne oświetlenie tych pomieszczeń. Warunek ten zostaje spełniony, jeżeli między ramionami kąta 60° , nie znajduje się przesłaniająca część tego samego budynku lub inny obiekt przesłaniający, w odległości mniejszej niż wysokość przesłaniania – dla obiektów przesłaniających o wysokości do 35 m oraz 35 m dla obiektów przysłaniających o wysokości ponad 35 m. Przy czym wysokość przesłaniania liczy się od poziomu dolnej krawędzi najniższej położonych okien budynku przesłanianego do poziomu najwyższej zaciemniającej krawędzi obiektu lub jego przesłaniającej części.

Proces ten wykonano dwuetapowo:

- 1) na podstawie ortofotomapy ustalono wstępną lokalizację planowanego obiektu,
- 2) dzięki wykorzystaniu numerycznego modelu pokrycia terenu wykonano mapę analizy widoczności w badanym punkcie.

Odległość od przystanków komunikacji miejskiej i węzłów komunikacyjnych

Wyznaczono odległości od wybranych obiektów do przystanków komunikacji miejskiej, skupiając się na terenach, gdzie planowana jest zabudowa mieszkaniowa. Umożliwia to zbadanie, czy minimalne odległości dojeżdżania są właściwe. Komfort zamieszkania określają między innymi maksymalne odległości od budynku mieszkalnego do przystanków komunikacji autobusowej i tramwajowej, które nie powinny przekraczać 400-500 m, a od przystanku kolei podziemnej lub szybkiej kolei miejskiej – 1000 m (licząc w linii dojeżdżania, nie w linii prostej) (Tauszyński, 2008). Dzięki wykorzystaniu modeli bryłowych, ortofotomapy i NMT możliwe było generowanie przekrojów trójwymiarowych oraz dobór najkrótszej i najefektywniejszej drogi do najbliższych węzłów komunikacyjnych i przystanków komunikacji miejskiej. W połączeniu z ww. analizą lokalizacji nowych budynków, na rysunku 6 została zaznaczona wynikowa lokalizacja projektowanego osiedla mieszkaniowego.

Podsumowanie i wnioski

Zarządzanie rozwojem przestrzennym miast wiąże się zasadniczo z dwiema potrzebami metodologicznymi. Pierwsza z nich obejmuje konieczność sporządzania prognoz rozmaitych zjawisk (np. pojawianie się nowej zabudowy, zmiany w sposobie użytkowania terenu), a druga odnosi się do optymalizowania podejmowanych działań. Prognozowanie polega na badaniu, co stanie się w zależności od wariantu działań jakie podejmą władze, optymalizacja natomiast wymaga znalezienia najlepszego rozwiązania z punktu widzenia przyjętych kryteriów (Brzuchowska, Ossowicz, 2008). Przeprowadzone analizy przestrzenne, wykonane między innymi w oparciu o dane fotogrametryczne, są bez wątpienia elementem ułatwiającym prognozowanie i optymalizację.

W artykule zaprezentowane zostały możliwości integracji danych fotogrametrycznych w gospodarce przestrzennej. Przez wybór jednego z trzech wymienionych sposobów integracji danych oraz zapisu wynikowych produktów w postaci bazodanowej możliwe jest wykonanie kompleksowej wizualizacji oraz przeprowadzanie analiz przestrzennych 3D.

Zaproponowana metodyka wykorzystania danych i procesu ich integracji może w dużym stopniu ułatwić i przyspieszyć prace związane z tworzeniem dokładnej dokumentacji planistycznej. Ma to szczególne zastosowanie zwłaszcza w przypadku opracowań wielkoskalowych, na przykład dla obszaru całego miasta. W krótkim czasie umożliwiła pozyskanie danych dotyczących obszaru o dużej powierzchni, kiedy bezpośrednio badania terenowe nie są możliwe do szybkiego wykonania.

Zastosowanie wysokorozdzielczych danych fotogrametrycznych, wraz z możliwościami systemów informacji geograficznej, może usprawnić efektywne zarządzanie przestrzenią miejską. Dalsze prace w tym zakresie powinny dążyć w kierunku nie tylko rozwoju integracji i aktualizacji danych przestrzennych, a w głównej mierze powinny skupić się na propagowaniu wykorzystywania nowoczesnych technik pomiarowych w pracach związanych z zarządzaniem przestrzenią miejską. Dodatkowo, w celu badania zmian zachodzących na obszarach miejskich, wskazana jest również aktualizacja danych z lotniczego skaningu laserowego. Możliwe jest to dzięki integracji istniejących danych z chmur punktów generowanych z aktualnych lotniczych zdjęć cyfrowych.

Literatura

- Agnello F., Lo Brutto M., 2007: Integrated surveying techniques in cultural heritage documentation. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* vol. XXXVI-5/W47.
- Aguilera D., Lahoz J., Finat J., Martinez J., Fernandez J., San Josem J., 2006: Terrestrial laser Canning and low-cost aerial photogrammetry in the archeological modeling of a Jewish tanneries. ISPRS Commission V Symposium "Image Engineering and Vision Metrology", Dresden, 25-27.X.2006.
- Berladin J.A., Picard M., El-Hakim J., Godin G., Bandiera A., and Latouche D., 2003: Virtualizing a Byzantine crypt by combining high-resolution textures with laser scanner 3D data. Proc. VMMS 202.
- Brzuchowska J., 2003: Systemy informacji przestrzennej dla planów zagospodarowania przestrzennego: potrzeby i kierunki rozwoju. *Roczniki Geomatyki* t.1, z.1: 81-87, PTIP Warszawa.
- Brzuchowska J., Ossowicz T., 2008: Wykorzystanie systemów geoinformacyjnych do potrzeb symulacji i optymalizacji przekształceń systemów transportowych i zagospodarowania przestrzennego. *Roczniki Geomatyki* t.6, z.3: 47-59, PTIP Warszawa.
- Böhm J., Becker S., Halla N., 2007: Model refinement by integrated processing of laser scanning and photogrammetry. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* vol. XXXVI-5/W47.

- Haala N., Brenner C., 1999: Extraction of buildings and trees in urban environments. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 54: 130-137.
- Kolbe T., Gröger G., Plümer L., 2005: CityGML – Interoperable Access to 3D City Models. [In:] Oosterom Z.F. (ed.) *Geoinformation for Disaster Management*: 883-899, New York: Springer.
- Markiewicz J., 2012: Aspects of photogrammetric data integration for generation 3D models of the selected objects located in the urban space. *Archives of Photogrammetry, Cartography and Remote Sensing* vol.24.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690.
- Śleszyński P. (koordynacja), 2012: Propozycje wskaźników do oceny i monitorowania zagospodarowania przestrzennego w gminach ze szczególnym uwzględnieniem zagadnienia ład przestrzennego. Raport z prac wykonanych w etapie I i II. Opracowanie wykonane dla Departamentu Gospodarki Przestrzennej Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- Tauszyński K., 2008: Wstęp do projektowania architektonicznego. WSiP SA, Warszawa.
- Tokarczyk R., Mierza W., 2001: Fotogrametryczny pomiar linii odciążowych z wykorzystaniem przekształceń rzutowych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* vol. 11.
- Woźniak J., dostęp: 10.06.2013. http://geo.pwr.wroc.pl/pdf/111/Fot_Geomatyka_pwr.pdf
- Zlatanov S., Rahman A.A., Pilouk M., 2002: 3D GIS: Current status and perspective. Symposium on Geospatial Theory, Processing and Application, Otawa.
- Strona internetowa, dostęp: 13.11.2013. <http://www.codgik.gov.pl/numeryczne-dane-wysokosciowe.html>

Abstract

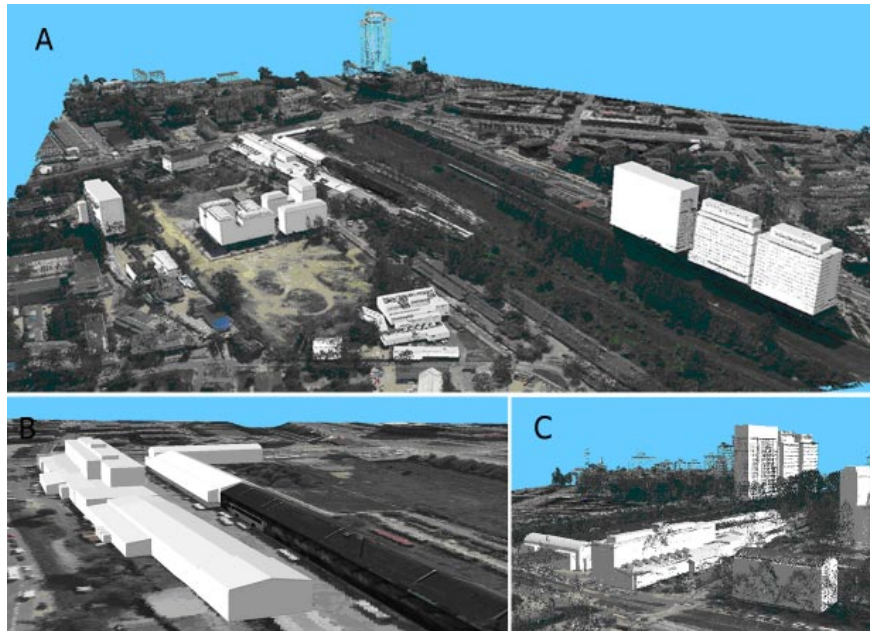
This paper presents the experience related to the possibility of photogrammetric data integration for spatial development and urban studies. In the case study of the Warsaw district Wola data integration was accomplished using ArcGIS software, which allows to perform spatial analysis, including 3D. The basic analyses, which are necessary for spatial management, were performed i.e. visibility analysis, land cover analysis and the analysis of existing land functions. The purpose of the study was to select and determine the indicators necessary to assess the condition of the existing land management and to identify the opportunities for development of the tested area. The following data sources were used: airborne laser scanning, airborne and ground-based images. The process included filtration of data, creation of buildings models at LOD1-LOD2 level, processing, spatial analysis and final integration of data in ArcGIS. Furthermore, a realistic representation of the topographic surface was also created.

mgr inż. Agnieszka Turek
aturek@gik.pw.edu.pl

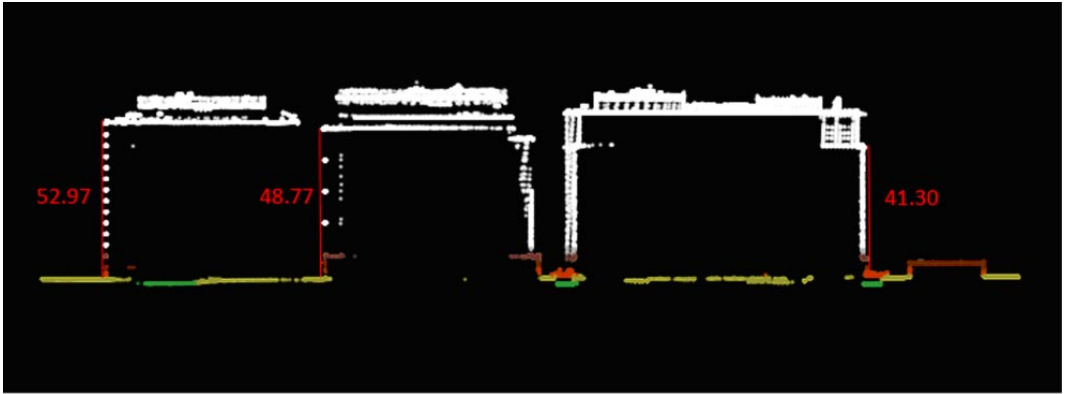
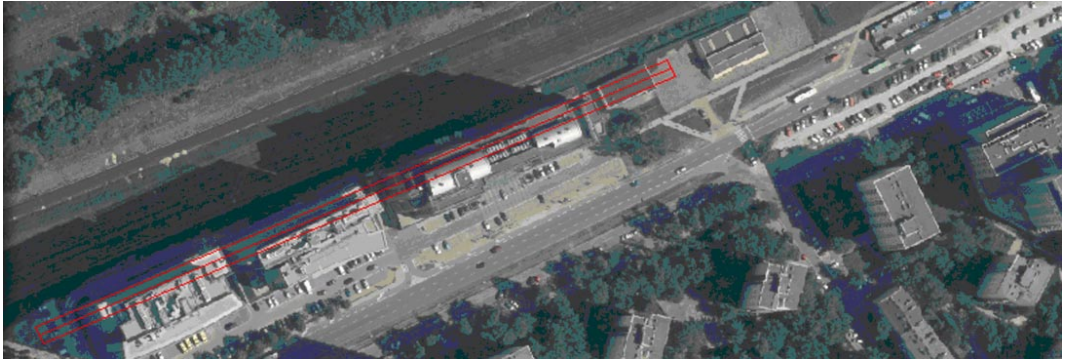


Rys. 3.

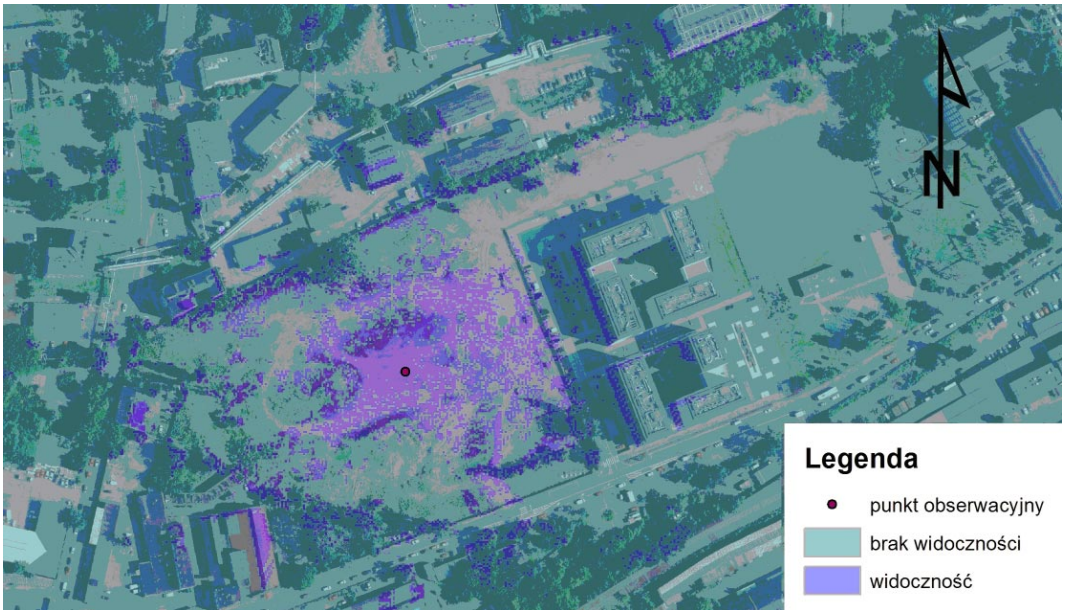
A – realistyczny model trójwymiarowy dawnego Dworca Głównego w Warszawie, obecnie Muzeum Kolejnictwa (widok od ulicy Towarowej); B – zdewastowane budynki infrastruktury kolejowej, obecnie częściowo niewykorzystywane magazyny; C – zadaszona na peronie dworca kolejowego (źródło: opracowanie własne)



Rys. 4. Wizualizacja końcowego procesu integracji danych fotogrametrycznych: A – widok z lotu ptaka badanego obszaru; B – wizualizacja zabudowy na badanym obszarze; C – widok z ulicy Towarowej na najbliższe otoczenie badanego obiektu (źródło: opracowanie własne)



Rys. 5. Przykładowy przekrój budynków (źródło: opracowanie własne)



Rys. 6. Analiza widoczności (źródło: opracowanie własne)