

Wykorzystanie stereodigitalizacji zdjęć lotniczych do zasilania miejskiego SIP i aktualizacji BDOT500

Fotogrametryczny Poznań

Jednostki samorządu terytorialnego w Polsce zasilają bazę danych obiektów topograficznych (BDOT500) głównie w toku zamówień publicznych lub bieżących opracowań geodetów. W przypadku stolicy Wielkopolski samorząd robi to skutecznie własnymi siłami, stosując unikatowe w skali kraju rozwiązanie.

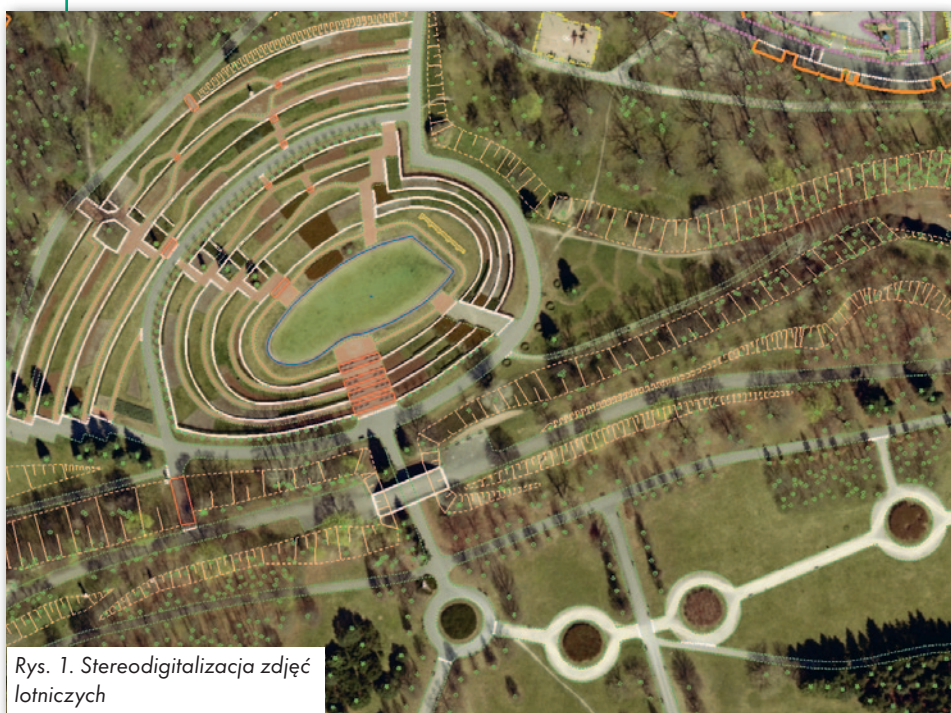
Artur Radziemski

Dane przestrzenne są dzisiaj ważnym źródłem informacji na temat otaczającej nas rzeczywistości. Posiadanie aktualnych i jednorodnych danych pozwala na podejmowanie właściwych decyzji i w konsekwencji prowadzi do wymiernych skutków ekonomicznych. Szczególnie istotne jest to w przypadku

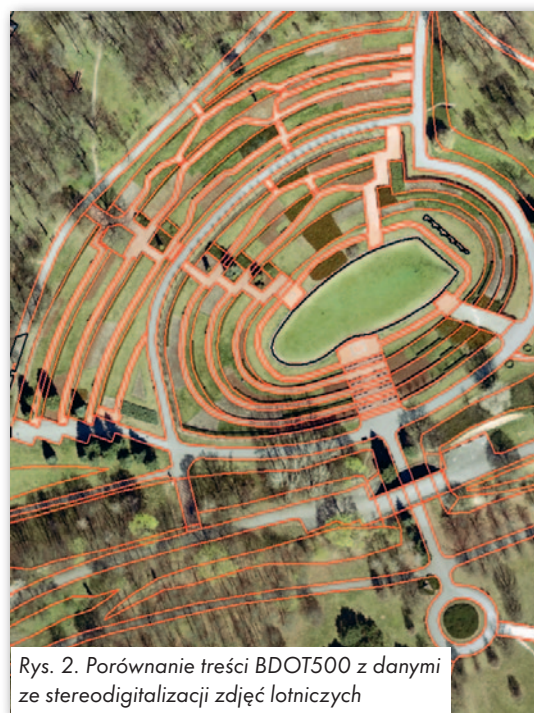
przestrzeni miejskiej, która podlega ciągłym zmianom. Rozważając wszystkie za i przeciw Zarząd Geodezji i Katastru Miejskiego GEOPOZ w Poznaniu zdecydował się na samodzielne pozyskiwanie w procesie stereodigitalizacji zdjęć lotniczych danych wektorowych, które zasilają System Informacji Przestrzennej oraz stanowią podstawę do aktualizacji BDOT500.

GEOPOZ jest samorządową jednostką budżetową, która odpowiada za prowa-

dzenie zasobu geodezyjnego i kartograficznego, System Informacji Przestrzennej oraz orzecznictwo w zakresie gospodarki nieruchomościami, wykonując w sposób kompleksowy zadania dotyczące wykorzystania danych przestrzennych na potrzeby miasta. Integracja tych zagadnień w jednej instytucji pozwala na realizację innowacyjnych w skali kraju projektów, jak obiektywny model 3D urzuchomiony w 2018 roku, prowadzenie



Rys. 1. Stereodigitalizacja zdjęć lotniczych



Rys. 2. Porównanie treści BDOT500 z danymi ze stereodigitalizacji zdjęć lotniczych

Bazy Zieleni Miejskiej czy wspomniane prace dotyczące aktualizacji BDOT500. Co ważne, projekty są w całości realizowane przez pracowników tej jednostki.

• Dlaczego zdjęcia lotnicze

Istotnym aspektem działania każdego systemu informacyjnego jest posiadanie aktualnych danych. Pozyskanie informacji na temat intensywnie zmieniającej się przestrzeni w wyniku bezpośrednich pomiarów geodezyjnych dla miasta wielkości Poznania jest czasochłonne i ekonomicznie nieopłacalne. Odpowiedzią na te potrzeby jest fotogrametria. Dane pozyskane za pomocą technik fotogrametrycznych są jednolite i obiektywne dla całego obszaru. Umożliwiają przeprowadzanie szczegółowych analiz przestrzennych, a czas ich pozyskania jest stosunkowo krótki. W Poznaniu zalety wykorzystania fotogrametrii dostrzeżono już w latach 90. XX wieku.

Najstarsze zdjęcia lotnicze Poznania, którymi dysponuje ZGiKM GEOPOZ, pochodzą z 1989 roku. Kolejne naloty fotogrametryczne wykonywano dla poszczególnych fragmentów miasta w latach 1992–1994. W 1995 roku zapoczątkowano pozyskiwanie danych fotogrametrycznych dla obszaru całego miasta w cyklach dwuletnich. W ten sposób powstało archiwum zdjęć lotniczych, które stanowi nieocenione źródło wiedzy na temat historii i rozwoju przestrzeni miejskiej. Zasób ten wykorzystywany jest zarówno przez inne jednostki miejskie, jak i udostępniany w trybie informacji publicznej klientom indywidualnym. Posiadane zdjęcia lot-

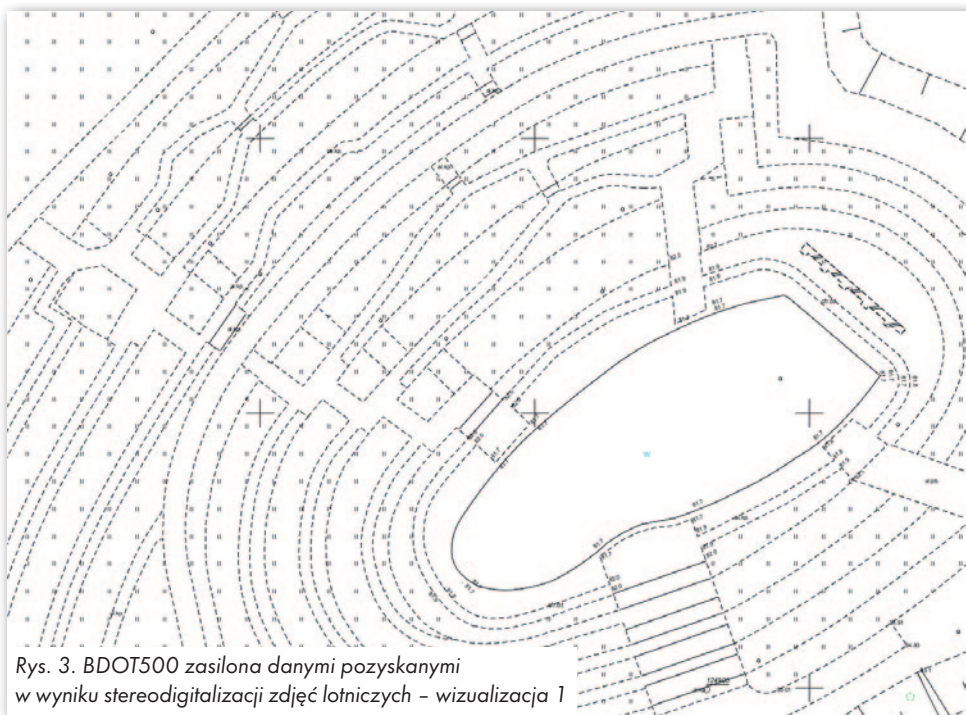


Rys. 4. Stacja fotogrametryczna

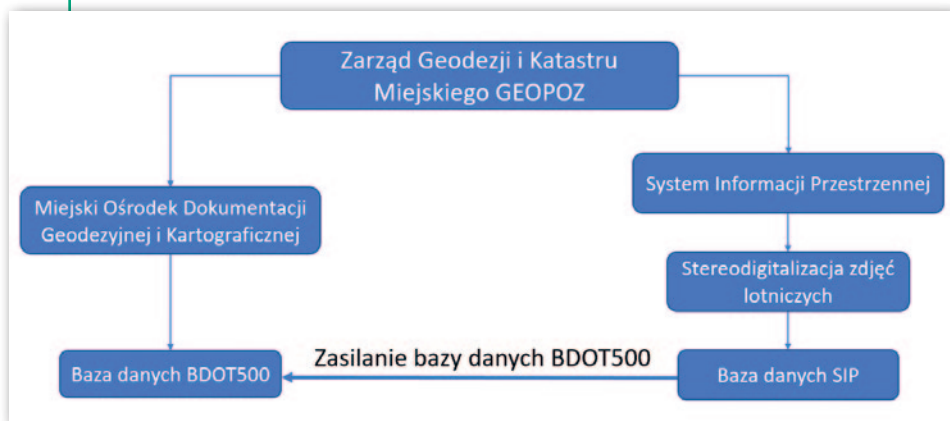
nicze stanowiły podstawę do rozpoczęcia prac nad Mapą Miejską Poznania. Została ona uruchomiona w 1997 roku w postaci wektorowej, co na ówczesne czasy było rozwiązaniem nowatorskim. Aktualizacja treści odbywała się w sposób ciągły z wykorzystaniem technik fotogrametrycznych na podstawie zdjęć lotniczych wykonywanych w cyklach dwuletnich.

• Od jednej stacji

Wraz z rewolucją cyfrową, która wkroczyła do fotogrametrii, GEOPOZ zakupił w 2006 roku pierwszą stację fotogrametryczną (rys. 4), rozwijając w kolejnych latach posiadane zdolności. Pierwsze w pełni cyfrowe zdjęcia lotnicze dla obszaru całego miasta pozyskano w 2010 roku, w 2011 przeprowadzono nalot z wykorzystaniem kamery termal-



Rys. 3. BDOT500 zasilona danymi pozyskanymi w wyniku stereodigitalizacji zdjęć lotniczych – wizualizacja 1



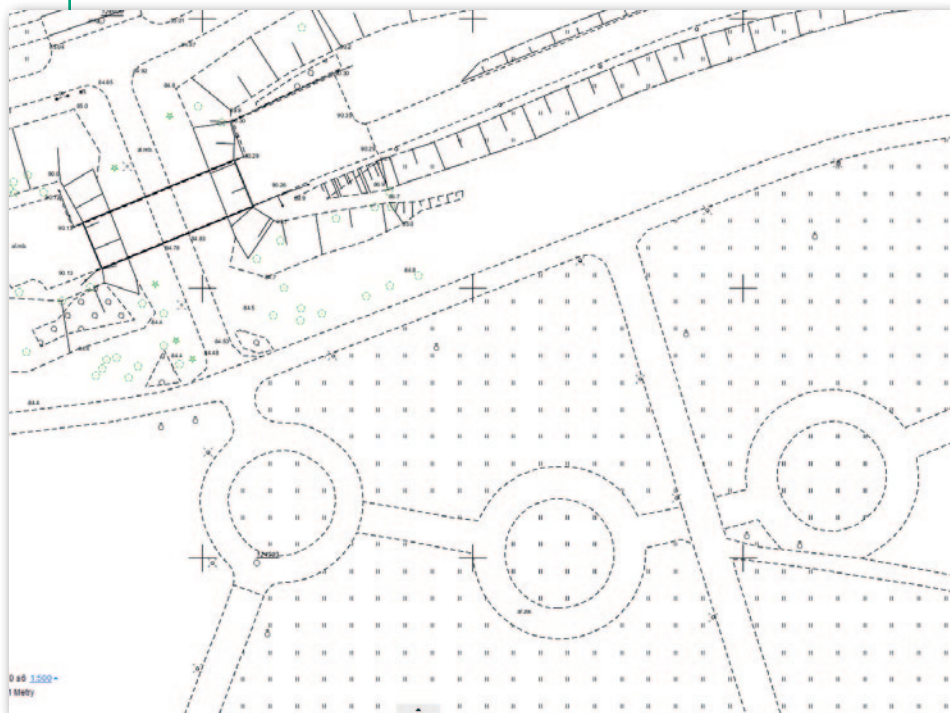
Rys. 5. Konceptcja zasilania BDOT500

nej, natomiast w 2013 – wykonano pierwsze zdjęcia ukośne dla obszaru centrum miasta. Dane fotogrametryczne dla całego Poznania pozyskiwane są w cyklach dwuletnich, co pozwala na zachowanie aktualności posiadanych informacji o przestrzeni miejskiej. W 2021 roku w ramach budowy Metropolitalnego Systemu Informacji Przestrzennej (MeSIP) przeprowadzono prace fotogrametryczne dla obszaru metropolii poznańskiej. W wyniku nalotu wykonano zdjęcia pionowe, zdjęcia ukośne oraz lotniczy skaning laserowy. Dane te posłużyły do opracowania numerycznego modelu terenu, numerycznego modelu pokrycia terenu, szczegółowego modelu 3D typu *mesh* oraz prawdziwej ortofotomapy, stanowiąc nieocenione źródło informacji nie tylko dla samego Poznania, ale i otaczających go miejscowości.

Obecnie Dział Fotogrametrii dysponuje czterema nowoczesnymi stacjami fo-

togrametrycznymi działającymi z wykorzystaniem pakietu oprogramowania ImageStation wraz z MicroStation.

W procesie stereodigitalizacji pozyskuje się dane wektorowe dotyczące przestrzeni miejskiej i zagospodarowania terenu, które gromadzone są w bazie danych Systemu Informacji Przestrzennej. Wykorzystuje się je do zasilania zasobu geodezyjnego, co daje możliwość weryfikacji poprawności danych zawartych w bazach oraz aktualizację warstw wektorowych. W ramach Bazy Zieleni Miejskiej rejestrowane są informacje dotyczące lokalizacji drzew, umożliwiając przeprowadzenie inwentaryzacji drzewostanu oraz wykonanie analiz dotyczących stanu zieleni miejskiej. Z kolei w ramach funkcjonowania modelu 3D miasta pozyskiwane są płaszczyzny dachowe, które wraz z danymi ze skaningu lotniczego pozwalają na zachowanie aktualności zbiorów danych i wykonywanie



Rys. 6. BDOT500 zasilona danymi ze stereodigitalizacji zdjęć lotniczych – wizualizacja 2

takich opracowań, jak mapa potencjału solarnego. Wszechstronne wykorzystanie danych fotogrametrycznych wpisuje się w strategię rozwoju miasta Poznania.

• Konceptcja zasilania BDOT500

Jednym ze statutowych obowiązków ZGiKM GEOPOZ jest wykonywanie zadań administracji rządowej w zakresie geodezji i kartografii na terenie Poznania. Zagadnienia te realizuje Miejski Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (MODGiK), który odpowiada m.in. za prowadzenie baz danych wchodzących w skład powiatowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego. O ile bazy składające się na treść mapy zasadniczej prowadzone są w formie numerycznej, o tyle BDOT500 funkcjonuje nadal w postaci hybrydowej. Dane wektorowe pozyskane w wyniku bezpośrednich pomiarów geodezyjnych uzupełniane są treścią rastrową w postaci skanów analogowych sekcji mapy zasadniczej. Problem ten dotyczy głównie terenów, gdzie nie są prowadzone prace inwestycyjne, a co za tym idzie – nie są wykonywane pomiary geodezyjne na potrzeby tworzenia map projektowych lub inwentaryzacji powykonawczych. Powstała więc koncepcja, aby wykorzystać doświadczenie i możliwości Działu Fotogrametrii w celu zastąpienia treści rastrowych danymi wektorowymi pozyskiwanymi metodą stereodigitalizacji zdjęć lotniczych (rys. 5).

Prace rozpoczęto w trzecim kwartale 2019 roku, przyjmując następujące założenia projektowe:

- zgodność z przepisami prawa,
- wykorzystanie zdjęć lotniczych i produktów fotogrametrycznych przyjętych do Centralnego Zasobu Geodezyjnego i Kartograficznego oraz pozyskiwanych na mocy stosownych licencji,
- sprawdzenie dokładności pozyskiwania danych wektorowych metodą stereodigitalizacji zdjęć lotniczych,
- zasilanie BDOT500 poprzez złożenie operatu technicznego, który weryfikowany jest przez MODGiK.

• Techniki nowoczesne i dokładne

Przeprowadzona pod koniec 2019 roku analiza ówczesnie obowiązującego stanu prawnego potwierdziła możliwość wykorzystania obserwacji fotogrametrycznych do aktualizacji BDOT500. Ważne było wejście w życie 31 sierpnia 2020 roku rozporządzenia ministra rozwoju z 18 sierpnia w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomia-

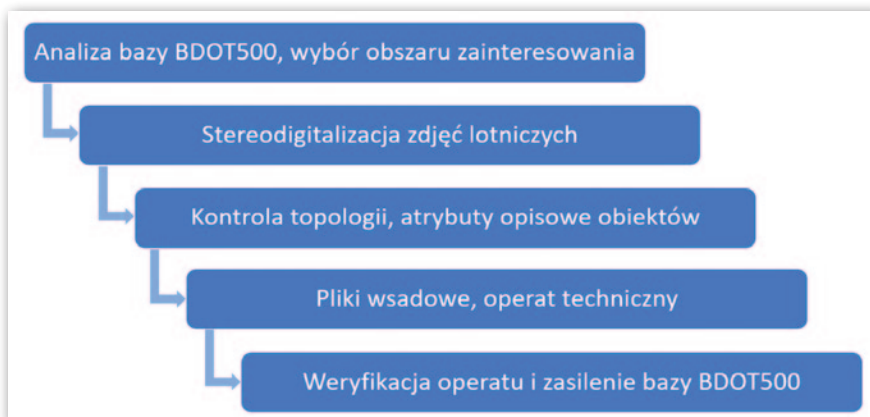
rów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, które usankcjonowało wykorzystanie nowoczesnych technik pomiarowych, jednocześnie wprowadzając obowiązek zapewnienia odpowiedniej dokładności pomiaru.

Dokładność pomiaru metodą stereodigitalizacji zweryfikowano przez wykonanie geodezyjnych sytuacyjnych pomiarów terenowych metodą precyzyjnego pozycjonowania (RTK) przy zastosowaniu poprawek z systemu ASG-EU-POS. Pomiar terenowy skontrolowano na punktach szczegółowej poziomej osnowy geodezyjnej. Pomierzono wybrane szczegóły terenowe I grupy dokładnościowej jednoznacznie identyfikowalne na zdjęciach lotniczych oraz równomiernie rozłożone na opracowywanym obszarze. Pomiar ten przeprowadzono dla 11 obszarów na terenie Poznania. Do pomiarów terenowych wytypowano łącznie 216 punktów spełniających powyższe warunki.

Natomiast pomiar metodą stereodigitalizacji z wykorzystaniem stacji fotogrametrycznych został wykonany niezależnie przez 4 obserwatorów w celu zminimalizowania wpływu błędów osobowych. W kolejnym etapie średni wynik z 4 obserwacji został porównany ze współrzędnymi uzyskanymi w wyniku pomiarów terenowych. Średnia odchyłka liniowa wyniosła: $dL = 0,038$ m dla obserwacji fotogrametrycznych wykonanych z wykorzystaniem zdjęć z kwietnia 2018 roku, $dL = 0,042$ m dla zdjęć z kwietnia 2020 roku oraz $dL = 0,066$ m dla zdjęć pozyskanych w ramach zlecenia GUGiK z kwietnia 2021 roku. Dokładność pomiarów wysokościowych zweryfikowano, porównując z MODGiK wysokości szczegółów terenowych I grupy dokładnościowej dla 67 punktów rozmieszczonych na całym obszarze opracowania. Wysokości porównano ze średnią wysokością z obserwacji fotogrametrycznych analogicznie jak dla pomiarów poziomych. Średnia odchyłka dla pomiarów wysokościowych wyniosła: $dH = -0,034$ m (nalot z kwietnia 2018), $dH = +0,017$ m (nalot z kwietnia 2020), $dH = -0,075$ m (nalot z kwietnia 2021).

• Wnioski z weryfikacji

W związku z powyższym stwierdzono, że dane pozyskane w wyniku stereodigitalizacji zdjęć lotniczych z wykorzystaniem stacji fotogrametrycznych spełniają warunki opisane w rozporządzeniu o standardach dla pozyskiwania szczegółów terenowych I grupy dokładnościowej dla pomiarów sytuacyjnych i mogą stanowić podstawę do zasilania



Rys. 7. Prace wykonywane na potrzeby aktualizacji BDOT500

BDOT500. Obecnie BDOT500 nie jest aktualizowana o dane wysokościowe pozyskiwane w wyniku obserwacji fotogrametrycznych. Powodem jest mniejsza dokładność danych wysokościowych pozyskiwanych metodą stereodigitalizacji niż wymagane dokładności dla pomiarów wysokościowych, szczególnie dla przewodów, urządzeń i obiektów budowlanych. Obserwacje wysokościowe na stacjach fotogrametrycznych mogą być jednak z powodzeniem wykorzystywane do pozyskiwania informacji o rzeźbie terenu na obszarach nieurbanizowanych.

• Pozyskiwanie treści, kontrole i przyjęcie do PZGiK

Całość prac związanych z aktualizacją BDOT500 inicjuje MODGiK, wskazując obszar oraz zakres tematyczny opracowania. W pierwszej kolejności typuje sekcje mapy zasadniczej, dla których pokrycie treścią rastrową jest największe, a jako najważniejsze do pozyskania uznano treści związane z komunikacją i zagospodarowaniem terenu. Następnie w Dziale Fotogrametrii obserwator stacji fotogrametrycznej przystępuje do prac mających na celu pozyskanie danych wektorowych metodą stereodigitalizacji zdjęć lotniczych. Ważne jest jednak, aby wykonywane były one przez doświadczonych operatorów posiadających umiejętność prawidłowej interpretacji zdjęć lotniczych oraz znających zalety i wady zastosowanej technologii.

Podstawą prac jest wspomniana baza danych SIP, która podlega aktualizacji. Co istotne, treści pozyskane na stacji zasilają bazę danych SIP, jednocześnie stanowiąc podstawę do aktualizacji BDOT500. Po pozyskaniu danych dla obszaru zainteresowania wykonywane są kontrole topologiczne w programie ArcGIS. Wszelkie znalezione nieścisłości poprawiane są na stacjach aż do uzyskania topologicznie spójnych danych. Kolejnym etapem jest tworzenie obiektów

i uzupełnianie ich atrybutów zgodnie z obowiązującymi przepisami. Efektem prac są pliki w formacie SHP i GML stanowiące podstawę do aktualizacji BDOT500. Całość materiałów przekazywana jest do MODGiK w formie operatu technicznego, który podlega weryfikacji i przyjęciu do zasobu geodezyjnego.

Aktualizacja BDOT500 wykonywana jest z uwzględnieniem kryteriów dotyczących źródła pozyskania danych oraz ich aktualności. W pierwszym etapie wykonywane są kontrole topologiczne i ustalenie styków z obiektami już znajdującymi się w bazie danych. W przypadku braku występowania aktualnych wektorowych danych uzyskanych w wyniku pomiarów terenowych dane pozyskane na stacjach fotogrametrycznych stanowią podstawę do aktualizacji BDOT500. Wykorzystanie danych wektorowych pozyskiwanych metodą stereodigitalizacji zdjęć lotniczych zarówno na potrzeby Systemu Informacji Przestrzennej, jak i BDOT500 stanowi unikatowe w skali kraju rozwiązanie. Pozwala na pozyskiwanie aktualnej na dzień wykonania nalotu informacji przestrzennej wykorzystywanej na potrzeby miasta przy jednoczesnym zapewnieniu aktualizacji BDOT500 własnymi siłami, w ramach określonego zapotrzebowania (rys. 7).

Fotogrametria stanowi jedno z podstawowych źródeł danych wykorzystywanych w analizach przestrzennych. Umiejętne połączenie i wykorzystanie danych pochodzących z lotniczego skaningu laserowego, stereodigitalizacji zdjęć lotniczych czy uzyskanych w wyniku analiz teledetekcyjnych pozwala na realizację ambitnych i nowatorskich projektów, czego dowodem są prace prowadzone przez Zarząd Geodezji i Katastru Miejskiego GEOPOZ w Poznaniu.

Artur Radziemski

kierownik Działu Fotogrametrii
Zarządu Geodezji i Katastru Miejskiego
GEOPOZ w Poznaniu