

Jakie orto dla miast?

Na ortofotomapie poprawne odwzorowanie mają obiekty położone na poziomie gruntu. Skutkuje to efektem „kładzenia” się budynków, szczególnie wysokich. Obraz dachu budynku nie jest zgodny z rzutem ortogonalnym, lecz przesunięty względem przyziemia. Jak efekt ten zminimalizować?

Zdzisław Kurczyński

W okresie minionych dwóch dekad ponad wszelką wątpliwość cyfrowa ortofotomapa stała się najpopularniejszym i najbardziej pożądanym produktem fotogrametrycznym oraz – szerzej – zdecydowanie najpowszechniejszą formą mapy. Ocenia się, że ponad 90% zdjęć lotniczych wykonywanych dla potrzeb pomiarowych służy do produkcji ortofotomap. Łatwo wskazać przyczyny takiego trendu. Wejście z początkiem stulecia na rynek lotniczych kamer cyfrowych oraz rozpowszechnienie fotogrametrycznych technologii cyfrowych dekadę wcześniej spowodowało, że ortofotomapa stała się produktem praktycznie w całości realizowanym w zautomatyzowanych procesach. Oznacza to, że stała się tania, a cykl jej produkcji uległ zdecydowanemu skróceniu.

W ślad za tym nauczyliśmy się korzystać z ortofotomapy, co wywołuje sprzężenie zwrotne: chcemy produktu jeszcze aktualniejszego, tańszego i dostarczanego jeszcze szybciej. Polska jest znakomitą przykładem tych trendów. Od kilkunastu lat wykorzystujemy wyłącznie kamery cyfrowe, od ponad 15 lat regularnie i cyklicznie (co 3-4 lata) pokrywamy cały kraj nowymi zdjęciami lotniczymi średniej rozdzielczości i ortofotomapą dla potrzeb LPIS. Obok tego na poziomie regionalnym i miejskim wykonywane są zdjęcia i ortofotomapy, zwykle o zwiększonej rozdzielczości przestrzennej.

Od pewnego czasu duże metropolie miejskie zamawiają zdjęcia i ortofotomapy w cyklu dwuletnim, a ostatnio corocznie. Do niedawna standardem dla miast były zdjęcia o rozdzielczości przestrzennej (piksel terenowy GSD) równej 0,10 m. W ostatnich 4 latach przecho-

dzi się coraz chętniej na jeszcze większą rozdzielczość – 0,05-0,08 m. Sprzyja temu rosnąca wydajność kamer cyfrowych i technologii opracowania zdjęć. Stosowany jest tu następujący scenariusz: zimą przetarg, wykonanie zdjęć wczesną wiosną, zwykle od trzeciej dekady marca do przełomu kwiecień/maj (a więc w porze bez liści na drzewach) i przekazanie zamawiającemu produktu końcowego wczesną jesienią. W razie konieczności cykl ten można skrócić do pojedynczych tygodni.

Rynek podobnych usług od lat jest ustabilizowany, dla dużej aglomeracji łączny koszt utrzymuje się na poziomie poniżej 500 zł/km kw. (zdjęcia, osnowa terenowa, aerotriangulacja i finalna ortofotomapa).

• Ograniczenia ortofotomapy

Przy wszystkich zaletach ortofotomapa ma jedno ograniczenie. Poprawne odwzorowanie (poprawne położenie zgodne z rzutem ortogonalnym) mają obrazy obiektów położonych na poziomie gruntu (tj. opisywane przez numeryczny model terenu – NMT, wykorzystywany przy ortorektyfikacji każdego zdjęcia). Skutkuje to w praktyce efektem „kładzenia” się budynków. Obraz dachu budynku nie jest zgodny z rzutem ortogonalnym, lecz przesunięty względem przyziemia tak jak na źródłowym zdjęciu, są widoczne boczne elewacje oraz brakuje treści przesłanianej przez „kładący” się budynek (strefa tzw. martwego pola).

Efekt ten jest szczególnie widoczny w obszarze zabudowy wielokondygnacyjnej, a więc na ortofotomapie miasta, i zależy od:

- wysokości budynku (im wyższy, tym obraz dachu bardziej przesunięty),
- położenia na zdjęciu (im dalej od środka zdjęcia, tym większe „kładzenie” się budynku) – rys. 1,
- zastosowanego obiektywu kamery (im bardziej szerokokątny obiektyw, tym efekt silniej widoczny).

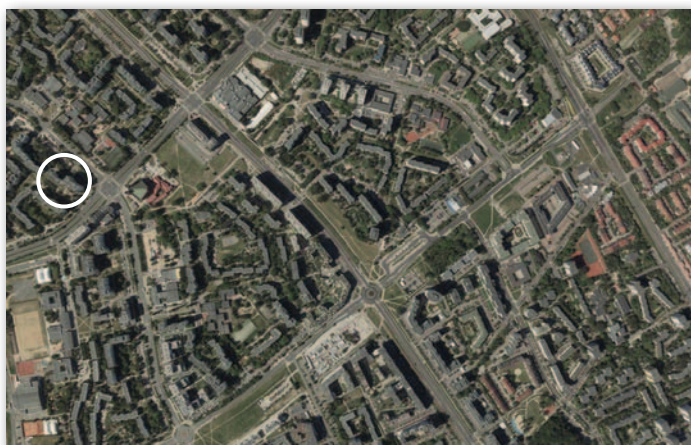
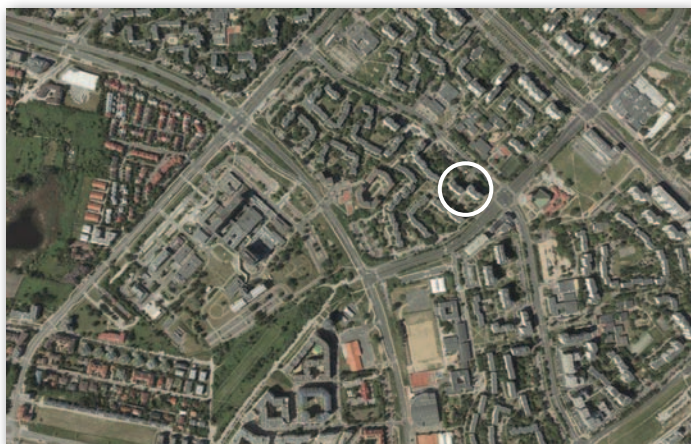
Obecnie przy zdjęciach o bardzo dużej zdolności rozdzielczej (piksel mniejszy od 0,10 m) efekt jest szczególnie widoczny, bo budynki zajmują znaczną część powierzchni ortofotomapy.

Choć „kładzenie” się budynków jest wadą ortofotomapy, to przez niektórych jej użytkowników może być traktowane jako zaleta, pozwala bowiem lepiej interpretować charakter budynku, w tym liczbę kondygnacji, a więc pośrednio przybliżoną wysokość. Dla takich jednak zastosowań popularne ostatnio stały się tzw. fotomapy ukośne. Na podstawie wykonywanych kamerami sprzężonymi równocześnie pięciu zdjęć (pionowego, do przodu, wstecz i na boki) opracowuje się pięć odpowiadających im ortofotomap. Pozwala to obejrzeć dowolny budynek ze wszystkich stron.

Pomijając przypadki szczególne, „kładzenie” się budynków postrzegane jest jako wada ortofotomapy. Aby ten efekt zminimalizować, łatwo jest wyprowadzić zalecenie: stosować kamery nor-

Tabela 1. Kąt „kładzenia” się na zdjęciach analogowych (23 x 23 cm)

Obiektyw	ck	p	q	α
normalnokątny	300 mm	60%	30%	17,0°
normalnokątny	300 mm	60%	40%	15,4°
półnormalnokątny	210 mm	60%	30%	23,7°
półnormalnokątny	210 mm	60%	40%	21,5°



Rys. 1. Trzy zdjęcia lotnicze wraz z ich powiększonymi fragmentami, od góry: drugie i trzecie to kolejne zdjęcia w szeregu, pierwsze pochodzi z szeregu sąsiedniego. W prawej kolumnie fragmenty tych zdjęć przedstawiające dwa bloki mieszkalne o 13 kondygnacjach (wysokość ok. 40 m). Miejsca położenia tych fragmentów zaznaczono na pełnych zdjęciach białymi okręgami.

Parametry zdjęć: kamera UltraCam-Xp, piksel terenowy GSD = 0,10 m, wysokość fotografowania $W = 1660$ m, pokrycia zdjęć: w szeregu $p = 65\%$, między szeregami $q = 40\%$. Bloki położone w odległości od środków zdjęć, od góry: 334 m, 830 m, 730 m, kąty „kładzenia” się budynków odpowiednio: 11° , 27° , 24°

malnokątne (a jeszcze lepiej wąskokątne) oraz ograniczać przetwarzaną strefę zdjęcia (wchodzącą do wynikowej ortofotomapy) tylko do jego centralnej części. To drugie zalecenie przekłada się na projektowanie zdjęć o zwiększonym pokryciu, co zawęży efektywnie użyteczną część zdjęcia i, niestety, zwiększa koszty (więcej zdjęć kryjących obszar zainteresowania, dłuższe operowanie samolotu nad obiektem). W dobie zdjęć analo-

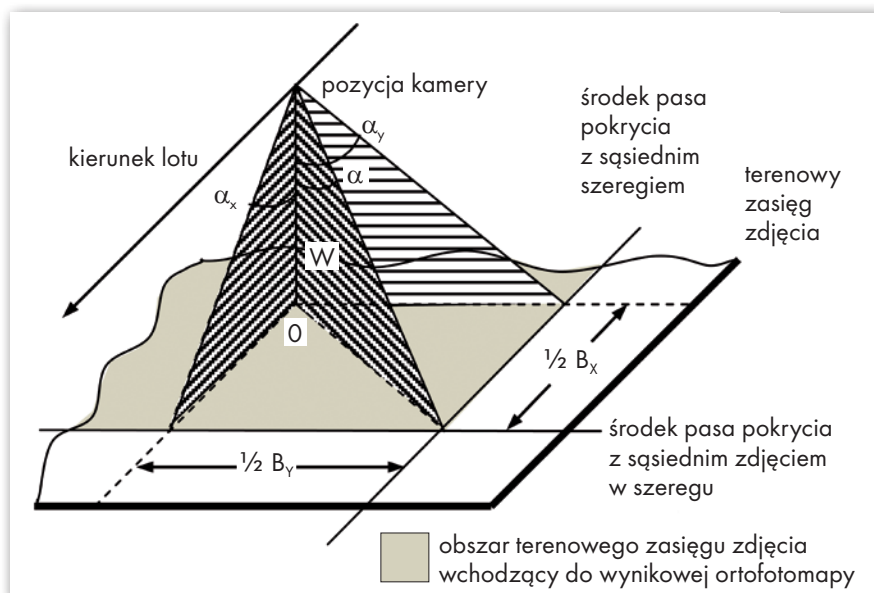
gowych ukształtował się standard zdjęć do produkcji ortofotomap: obiektyw normalnokątny (ogniskowa 300 mm, format zdjęcia 23 x 23 cm) oraz wzajemne pokrycia zdjęć: podłużne $p = 60\%$ i poprzeczne $q = 30\%$ (tabela 1).

• Uwarunkowania kamer cyfrowych

W dobie kamer cyfrowych nie można automatycznie przenosić „dobrych praktyk” z doby kamer analogowych, ponieważ:

1. Kamery cyfrowe rzadko mają możliwość wymiany obiektywów. Stosowane obiektywy odpowiadają w przybliżeniu analogowej kamerze półnormalnokątnej, a więc nie są optymalne dla zdjęć miast z wysoką zabudową.

2. Kamery cyfrowe mają prostokątne pole widzenia (a nie kwadratowe, jak to było w kamerach analogowych), dłuższym bokiem zorientowane w kierunku poprzecznym do kierunku lotu. Dodat-



Rys. 2. Elementy geometrii terenowego zasięgu zdjęcia lotniczego i części zasięgu wchodzącej do wynikowej ortofotomapy. Obszar ten jest ograniczony kątami pionowymi (z punktu fotografowania): α – do narożnika obszaru, α_x – do boku w kierunku lotu, α_y – do boku w kierunku poprzecznym

kowo stosunek obu boków jest różny dla różnych modeli kamer.

W kamerach analogowych (kwadratowy format) i typowych pokryciach zdjęć ($p = 60\%$, $q = 30\%$) efektywnie wykorzystywana część zdjęcia dla ortofoto ma kształt prostokąta o proporcji boków 1:2, wydłużonego w kierunku poprzecznym do kierunku lotu. Przy stosowaniu kamer cyfrowych, o prostokątnym kadrze, ta efektywna część kadru jest jeszcze bardziej wydłużona w kierunku poprzecznym.

Najmniej korzystnym miejscem są narożne partie tego prostokąta (najsilniejszy efekt „kładzenia” się budynków – rys. 1 i 2). Nasuwa się proste rozwiązanie tego problemu: należy zwiększyć pokrycie wzajemne zdjęć, co spowoduje zmniejszenie obszaru przetwarzania każdego z nich. Pomysł taki wydaje się skuteczny, szczególnie w odniesieniu do pokrycia podłużnego, bowiem zwiększenie tego pokrycia praktycznie nie generuje dodatkowych kosztów (zwiększa się liczba zdjęć, ale bez zmiany czasu operowania samolotu nad obiektem).

Niestety, przy prostokątnym polu widzenia kamer cyfrowych samo zwiększenie pokrycia podłużnego niewiele wnosi do rozwiązania problemu „kładzenia” się budynków. Dopiero zwiększenie pokrycia poprzecznego zdjęć skutkuje „skróceniem” prostokątnego obszaru, o którym mowa, a więc zawęża obszar przetwarzania. Należy jednak mieć na uwadze, że zwiększenie pokrycia poprzecznego oznacza, iż dany obszar pokryje więcej szeregów zdjęć, co wydłuży czas operowania samolotu nad obiektem, a to już koszty generuje.

Dodatkowo należy zauważyć, że tradycyjnie stosowane kryterium ograniczenia obszaru zdjęcia użytecznego do przetwarzania orto wyrażone w procentach pokrycia zdjęć: podłużnego (wzdłuż szeregu) i poprzecznego (między szeregami zdjęć) przestało wystarczać dla kamer cyfrowych z racji ich prostokątnego pola widzenia. W kontekście omawianego problemu bardziej uniwersalne jest operowanie maksymalnym (dopuszczalnym) kątem pionowym, tj. kątem mierzonym z punktu położenia kamery między

linią pionu a linią do narożnika obszaru wchodzącego efektywnie do ortofotomapy – kąt α (patrz rys. 2). Takie podejście na etapie planowania zdjęć pozwala uwolnić się od rodzaju kamery, jaką będą wykonywane zdjęcia. Mając zadany dopuszczalny kąt „kładzenia” się budynków na planowanej do wykonania ortofotomapie oraz konkretny typ kamery, oblicza się podstawowe parametry wykonania zdjęć, tj. pokrycie podłużne p i poprzeczne q , przy których spełniony będzie postawiony warunek na maksymalny kąt α (tabela 2).

Posiłkując się dobrymi praktykami ze stosowania kamer analogowych i uogólniając te przypadki, można przyjąć jako opcję wstępną dopuszczalny kąt $\alpha = 20^\circ$. To daje natychmiast odpowiedź na pytanie o maksymalne przesunięcia radialne na wynikowym orto. Na przykład dla budynku o wysokości $\Delta h = 20$ m (6-kondygnacyjna kamienica) przesunięcie radialne obrazu dachu na orto wyniesie:

$$\Delta R = \Delta h \times \tan \alpha = 20 \text{ m} \times \tan 20^\circ = 7,3 \text{ m}.$$

W tabeli 2 określono podstawowe parametry zdjęć dla kilku wielkoformatowych kamer cyfrowych używanych w kraju. Przyjęto $\alpha = 20^\circ$ oraz pokrycie podłużne zdjęć $p = 60\%$. Należy zwrócić uwagę na wynikowe pokrycie poprzeczne q . To ten parametr zadecyduje w pierwszej kolejności o najbardziej kosztochłonnym parametrze, tj. liczbie szeregów zdjęć pokrywających obiekt.

• Komentarz

1. Tabela 2 pokazuje, jak różny kształt zasięgu pola widzenia kamer przekłada się na ich przydatność do wykonywania zdjęć przy zadanych wymaganiach. Zgodnie z tym, co powiedziano wcześniej, im bardziej „wydłuża” się zasięg widzenia kamery, tym mniejsza przydatność dla produkcji orto miast wynikająca z konieczności zwiększonego pokrycia poprzecznego zdjęć. Na tym tle najkorzystniejszy jest kadr kwadratowy, jaki miały kamery analogowe, szczególnie kamera normalnokątna o relatywnie wąskim kącie widzenia. Kamera pół-

Tabela 2. Podstawowe parametry zdjęć miast do produkcji ortofotomapy

	Kamera analogowa	Kamera analogowa	UltraCam-Xp	DMC	DMC II (230)	DMC III
Ogniskowa [mm]	300	210	100	120	92	92
Matryca X (kier. lotu)	230 mm	230 mm	11 310 px	8 000 px	14 400 px	15 000 px
Matryca Y	230 mm	230 mm	17 310 px	13 500 px	15 104 px	26 112 px
Rozmiar piksela [μm]	-	-	6	12	5,6	3,9
Maksymalny kąt „kładzenia” się budynków [$^\circ$]	20	20	20	20	20	20
Pokrycie podłużne p [%]	60	60	60	60	60	60
Pokrycie poprzeczne q [%]	13,9	46,9	35,1	51,6	30,6	38,4

normalnokątna wypada znacznie gorzej (wymagane zwiększone pokrycie poprzeczne), co jest spowodowane większym kątem widzenia (krótsza ogniskowa). Spośród przytoczonych kamer cyfrowych stosunkowo dobrze wypada DMC II dzięki prawie kwadratowemu kształtowi matrycy.

2. Przedstawione rozumowanie wskazuje, że kamery cyfrowe nie są optymalne do fotografowania miast z wysoką zabudową i produkcji ortofotomap z minimalizacją efektu „kładzenia” się budynków (przeszkadzają w tym zbyt krótka ogniskowa i prostokątny zasięg pola widzenia). Bardzo duża zdolność rozdzielcza takich kamer, wyrażana rozdzielczością matrycy obrazowej, nie może być w pełni wykorzystana, jeśli postawić wymóg zmniejszenia kąta „kładzenia” się budynków. Z tego punktu widzenia lepsza mogłaby okazać się kamera nawet o mniejszej rozdzielczości (np. średnioformatowa o matrycy 100 Mpx), ale długoogniskowa.

3. Już na etapie projektowania zdjęć (np. przy specyfikacji warunków technicznych przez zamawiającego) należy bardzo rozważnie podchodzić do wymogu ograniczenia kąta „kładzenia” się budynków. Jak wykazano w powyższych rozważaniach, ograniczenie tego kąta pociąga za sobą zwiększoną liczbę szeregów zdjęć kryjących dany obszar i wynikający z tego istotny wzrost kosztów. Trzeba zdawać sobie sprawę, że np. wzrost pokrycia poprzecznego z $q = 20\%$ do $q = 60\%$ oznacza dwukrotny wzrost liczby szeregów, a więc dwukrotne wydłużenie czasu operowania samolotu nad obiektem.

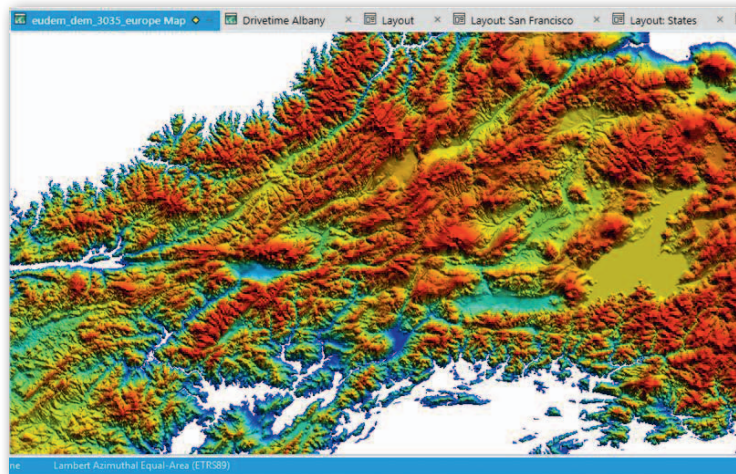
4. W konkretnej sytuacji, uwzględniając przeważający charakter zabudowy (wysokość budynków) i znaczenie efektu „kładzenia” się budynków dla przewidywanych użytkowników ortofotomapy, można zaostrzyć kryterium (tj. zmniejszyć dopuszczalny kąt) lub przeciwnie, złagodzić to kryterium. W każdym jednak przypadku należy zdawać sobie sprawę z konsekwencji technicznych i finansowych przyjętych parametrów. Dobrą ilustracją omawianego problemu jest rys. 1 przedstawiający dość typowe zdjęcia lotnicze obszaru miejskiego z wysoką zabudową. Na powiększonych fragmentach zdjęć widać efekt „kładzenia” się wysokiego bloku mieszkalnego położonego w różnych rejonach kolejnych zdjęć w szeregu i na zdjęciu z szeregu sąsiedniego. Podane są kąty „kładzenia” dla tych położów, co daje poglądowe i dobre wyobrażenie o skali efektu.

dr hab. Zdzisław Kurczyński,
Politechnika Warszawska

MapInfo 17 z naciskiem na intuicyjność i analizy

Popularne oprogramowanie GIS-owe MapInfo Pro dostępne jest już w wersji 17. – Jest ona odpowiedzią na prośby klientów, którzy sygnalizowali potrzeby w zakresie podstawowej obsługi programu. W tym celu staraliśmy się zoptymalizować jego obsługę, organizując szeroko zakrojone beta testy MapInfo Pro 17 – wyjaśnia Bob Guidotti, prezes firmy Pitney Bowes Software, producenta tej aplikacji.

By zwiększyć intuicyjność programu, wprowadzono nowe okno powitalne zawierające szybkie odnośniki do informacji ułatwiających obsługę. Nowością są także „mini-toolbars”, czyli zestawy narzędzi, które pozwalają dostosować okno MapInfo do indywidualnych potrzeb użytkownika. Program oferuje ponadto łatwy dostęp do dodatkowych zbiorów danych przestrzennych poprzez Pitney Bowes Software and Data Marketplace, a także do zintegrowanych usług w chmurze umożliwiających np. geokodowanie czy wyznaczanie tras przejazdu.



Obsługę programu ma też ułatwiać internetowa platforma współpracy Li360, na której użytkownicy MapInfo mogą wraz z innymi użytkownikami oraz twórcami aplikacji znajdować rozwiązania problemów związanych z codzienną pracą w tym środowisku. Istotną nowością jest ponadto wbudowana obsługa Multi-Resolution Raster (MRR), czyli opatentowanego przez Pitney Bowes formatu danych rastrowych. Jak zapewnia producent, pozwala on na efektywną kompresję danych oraz szybkie przetwarzanie.

Źródło: Pitney Bowes

Innowacyjny odbiornik dla budowlańca



Oferta odbiorników satelitarnych szwajcarskiej firmy Leica Geosystems rozszerzyła się o model iCON gps 70 T. Jest to przystosowana do potrzeb branży budowlanej nowa wersja instrumentu GS18T. Przypomnijmy, że GS18T był jedną z głośniejszych premier na szesznastych targach Intergeo w Berlinie. Oferuje on pochylomierz, który – w przeciwieństwie do konkurencyjnych rozwiązań – pozwala wyznaczać dokładną pozycję z wychyloną tyczką, ale bez uprzedniej kalibracji sensora, a także w pobliżu silniejszego pola elektromagnetycznego. W ocenie producenta znacznie przyspiesza to prowadzenie pomiarów w technologii GNSS. Główna różnica między GS18T a iCON gps 70 T tkwi w oprogramowaniu. Pierwszy odbiornik oferuje software zaprojektowany z myślą o branży geodezyjnej. Drugi posiada aplikację polową iCON, w której szczególnie nacisk położono na intuicyjność interfejsu, łatwość obsługi oraz integrację z innymi produktami pakietu iCON.

Źródło: Leica Geosystems