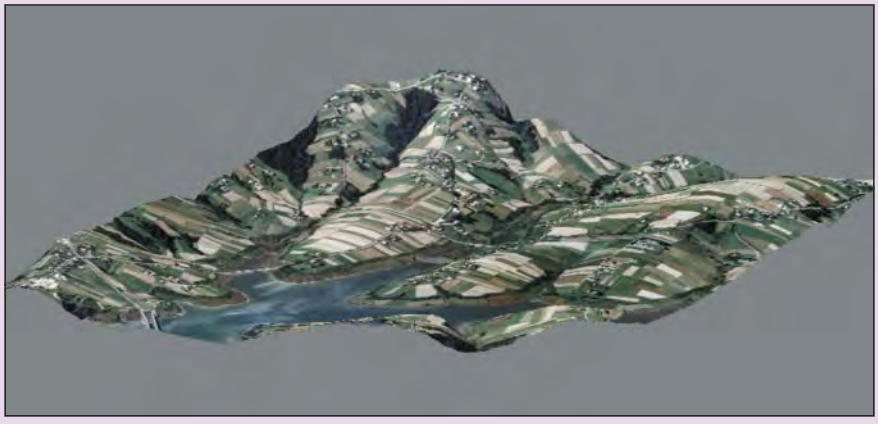
Ortofotomapa,

Krętymi ścieżkami toczy się historia ortofotomapy w Polsce. Nigdy nie uzyskała takiej pozycji, jaką ma od dawna w większości krajów znacznie od nas zasobniejszych, czy też jaką szybko osiąga w wielu krajach na dorobku. Ot, taka kolejna, polska specyfika. I oto cud mniemany. Przed ortofotomapą zapala się zielone światło.



To dobrze. Ale niepokój budzą zbyt duże oczekiwania w stosunku do ortofotomapy: ujednolici, zaktualizuje, wyprostuje, naprawi to, co nie wychodziło naszej branży przez dziesięciolecia. Tylko że jak się nie uda, to oczywiście winna będzie ortofotomapa. A szkoda, bo to środek dobry na wiele schorzeń, chociaż nie cudowny. Skąd ten ironiczny ton? Ano stąd, że jesteśmy narodem lubiącym skrajne poglądy: albo coś jest „be", albo „cacy". Jak już coś planujemy, to jest to byt doskonały. A jak już coś robimy, to najczęściej nie kończymy, bo proza życia czyni ten byt mniej atrakcyjnym, pojawiają się trudności – a przecież miało być pięknie, łatwo i przyjemnie.

Mapa światłem malowana

Ortofotomapa, podobnie jak jej poprzedniczka technologiczna – fotomapa, jest mapą poglądową. Na pierwszy rzut oka wygląda jak zdjęcie fotograficzne. Różnica w stosunku do zdjęcia jest pozornie niewielka, polega na nadaniu obrazowi jednolitej skali i przedstawieniu w określonym odwzorowaniu. Obiekty terenowe pokazane są na ortofotomapie nie jako znaki i symbole graficzne, ale poprzez formy wyobrażeniowe kształtowane przez fizjonomię obiektów i światłocień. Zachowanie konwencji fotograficznej jest jednocześnie zaletą i wadą tego opracowania. Czy jest to mapa czy obrazek – można spróbować odpowiedzieć na podstawie ilustracji na stronie obok, które konfrontują ortofotomapę z mapą topograficzną. Ortofotomapa – będąca obrazem zatrzymanym w kadrze – jest dokumentacją konkretnego stanu czasowego. Jej wiarygodność i obiektywność są bezdyskusyjne. Co prawda każdy element treści podlega interpretacji znaczeniowej dopiero w procesie odczytywania mapy, to jednak stopień identyfikacji obiektów zarówno przyrodniczych, jak i antropogenicznych jest generalnie bardzo wysoki. Wzbogacenie obrazu fotograficznego o elementy uzupełniające (jak nazewnictwo, warstwice) zbliża ją w odbiorze do mapy klasycznej. Jednak w odróżnieniu od niej ortofotomapa nie abstrahuje, nie wartościuje, nie wybiera, nie pomija, nie zapomina.

Ortofotomapa I (fotograficzna)

Pierwsze polskie ortofotomapy powstały na początku lat 70., a w drugiej połowie tej dekady zadomowiły się na dobre w procesach produkcyjnych kilku „opegieków". Ówczesna technologia była co prawda nazywana „różniczkową", ale w rzeczywistości przetwarzaniu podlegały relatywnie duże fragmenty zdjęcia – na ortofotomapie rozpoznawalne były pasma o szerokości kilku milimetrów. Nie była to wina rodzimego wykonawstwa, takie były wtedy uwarunkowania technologiczne. Dodać należy, że polska fotogrametria reprezentowała wówczas niezły poziom, a w wykonawstwie fotogrametrycznym pracowało ponad tysiąc osób. Jednakże, jak to często bywa, kilka przykładów skrajnie złej jakości przyczyniło się skutecznie do rozpowszechnienia kiepskiej opinii na temat ortofotomap. Być może próby wykorzystania ortofotomapy jako podkładu do opracowania mapy zasadniczej były przedwczesne. Swoją niesławną rolę odegrała też groteskowa klauzula niejawności wszelkich materiałów fotolotniczych.

Od srebra do krzemu, czyli rewolucja technologiczna

Po ponad 150 latach od wynalezienia fotografii pojawiła się konkurencyjna technika rejestracji obrazów, technika cyfrowa. Wyniki toczącej się od dziesięciu lat rywalizacji przekonują, że... potrwa ona jeszcze zapewne przez kolejną dekadę. W zakresie „pstrykania" amatorskiego czy dziennikarskiego, gdzie liczy się czas od wyzwolenia migawki do momentu wizualizacji komputerowej lub publikacji obrazu, aparat cyfrowy już wygrywa. Ale im bliżej fotografii profesjonalnej, tym bardziej przedwczesne jest wieszczenie zmierzchu obrazów srebrowych. Okazuje się bowiem, że klasyczna klisza fotograficzna to gigantyczny nośnik danych, a zastąpienie mikroskopijnych cząstek halogenków srebra przez fotoczujniki krzemowe wcale nie jest proste.
W przypadku obrazowania satelitarnego dylemat „srebro czy krzem" został już rozstrzygnięty. Co prawda Rosjanie wciąż fotografują świat za pomocą długoognisko-

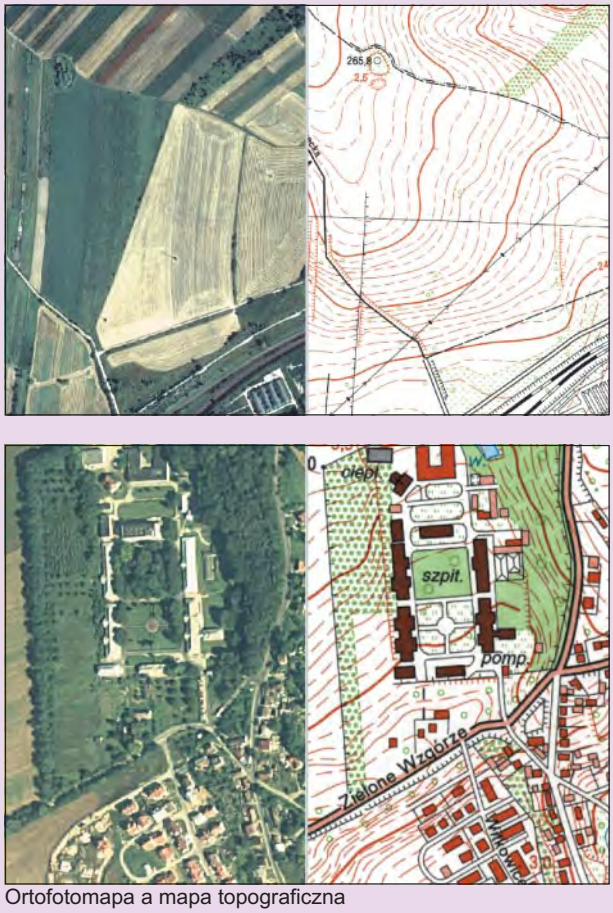
czyli cud mniemany

KRYSTIAN PYKA

wych kamer na błonie fotograficznej, to jednak nieregularna dostępność tych znakomitych obrazów lokuje je na półce znapisem „materiały archiwalne".
Ponadto łatwiejsze jest zbudowanie układu fotoczujników o postaci długich linijek aniżeli w kształcie prostokąta. Lot satelity jest stabilny, toteż może on składać obraz z kolejnych pasów. Natomiast lot samolotu jest bardzo niestabilny i dlatego ujęcia z kolejnych migawek nie dają ciągłości obrazowania. Póki co pozostaje więc fotografować na błonie, a postać cyfrową uzyskiwać poprzez późniejsze skanowanie.

Ortofotomapa II (cyfrowa lotnicza)

Dzisiejsza technologia produkcji ortofotomapy (na podstawie zdjęć lotniczych) jest tylko połowicznie cyfrowa. Dalej posiłkujemy się fotografią jako pierwotnym nośnikiem danych, a dopiero po zeskanowaniu przechodzimy do przetwarzania cyfrowego. Natomiast w porównaniu z technologią analogową stosowane obecnie rozwiązanie zasługuje w pełni na określenie „przetwarzanie różniczkowe". Ortofotomapa budowana jest metodą „piksel po pikselu", tzn. każdy piksel zdjęcia jest lokowany osobno we właściwym miejscu na ortofotomapie. Dlatego jakość dzisiejszych ortofotomap jest zupełnie inna od tych sprzed trzydziestu lat. Co ważne, pod względem jakości wizualnej niewiele ustępują one obrazom oryginalnym (ale nie czarujmy się – trochę ustępują).
Cyfrowa produkcja ortofotomap ruszyła w Polsce w połowie lat 90. Podjęły ją firmy dopiero co utworzone oraz kilka przedsiębiorstw z tradycjami fotogrametrycznymi sięgającymi lat 70. Decyzja o inwestycji w nową technologię była odważna, obejmowała zakup drogiego wyposażenia, no i szkolenia praktycznie całkowicie nowej kadry. A gwarancje opłacalności inwestycji związane były z uruchamianym projektem wykonania zdjęć lotniczych całego kraju z funduszu PHARE.
Pomimo splotu niekorzystnych okoliczności, co prawda z pewnym opóźnieniem, w ramach projektu wykonano zdjęcia małoskalowe dla około 90% powierzchni kraju. To sukces. Jednakże nie udało się znaleźć pomysłu na systemowe wykorzystanie zgromadzonego potencjału. Owszem, zdarzyło się kilka zamówień na ortofotomapy ze strony administracji publicznej, ale były one jednak sporadyczne. Zdjęć używano również w procesie opracowania Mapy Topograficznej Polski w skali 1:10 000, ale jakże nieśmiało, by nie rzec – wstydliwie.
Jaka część zdjęć została rzeczywiście wykorzystana? Trudno udzielić dokładnej odpowiedzi na to pytanie, ale jedno jest pewne: można było wykorzystać je znacznie efektywniej. Gdyby wstrzymać na rok opracowanie Mapy Topograficznej, a środki przeznaczyć na program opracowania ortofotomapy, to dawno mielibyśmy pokrycie 90% Polski. Dziś, po kilku latach, sięga się do zdjęć PHARE dla potrzeb budowy LPIS, wypominając im, że są nieaktualne.



Ortofotomapa a mapa topograficzna

Ortofotomapa III (cyfrowa satelitarna)

Skoro kiepsko radzimy sobie ze zdjęciami lotniczymi, to może nadzieja w obrazach satelitarnych? Może warto się pospieszyć, zanim *Minister Obrony Narodowej, w porozumieniu z ministrem właściwym do spraw architektury i budownictwa, określi, w drodze rozporządzenia, szczegółowe zasady pozyskiwania i rejestrowania oraz warunki udostępniania fotogrametrycznych i teledetekcyjnych zdjęć lotniczych oraz zdjęć satelitarnych* (Pgik).
Przed kilkunastu laty piksel satelitarny był większy niż boisko piłkarskie, dekadę temu – osiągał rozmiary niewielkiego domku mieszkalnego, a teraz, na progu nowego tysiąclecia, piksel satelitarny skurczył się do rozmiarów rzutu budki telefonicznej. W miarę jak zmniejsza się piksel, rośnie grono zainteresowanych tymi obrazami. Do grupy specjalistów od badań regionalnych, którzy od dawna ekscytują się obrazami satelitarnymi, dołączają planiści, kartografowie, a nawet geodeci. To dobrze, gdyż obrazowanie satelitarne będzie dalej coraz doskonalsze, pewnie kiedyś piksel zmniejszy się do rozmiaru telefonu komórkowego. Pytanie: kiedy i za jaką cenę?
Entuzjazmowi związanemu z obrazowaniem satelitarnym, który podzielam, po-

winien towarzyszyć pragmatyzm w zakresie oceny przydatności tej technologii „tu i teraz", który staram się reprezentować. Pragmatyzm ten nakazuje ostrożność w głoszeniu tezy o masowym zastępowaniu zdjęć lotniczych obrazami satelitarnymi. Warto najpierw sprawdzić, czy jednometrowy piksel ma na pewno 100 cm. Warto dlatego, że towar jest bardzo drogi.

Satelita widzi inaczej

Rejestracja zdjęcia lotniczego odbywa się w dolnej partii atmosfery, a obrazu satelitarnego – wysoko, wysoko ponad atmosferą (uznaje się, że ok. 100 km nad Ziemią kończy się atmosfera, a zaczyna przestrzeń kosmiczna). Zanim promieniowanie dotrze do czujnika w satelicie, musi przejść przez wszystkie warstwy atmosfery. Dla promieniowania widzialnego atmosfera jest wielowarstwowym, niejednorodnym filtrem, który absorbuje jego część, a dodatkowo je rozprasza. Dlatego wraz ze wzrostem odległości „fotografowania" zmniejsza się kontrast obrazu. Ponadto do satelity dociera dodatkowe, aniepożądane promieniowanie – odbicie światła słonecznego od górnej warstwy atmosfery. To są czynniki powodujące, że zdjęcie lotnicze i obraz satelitarny muszą się różnić nawet wtedy, gdy wielkość piksela jest taka sama.

Promieniowanie w zakresie widzialnym dociera do satelity w gorszym stanie niż do nisko lecącego samolotu. Ale fale nieco dłuższe (podczerwień) napotykają na mniejszy opór atmosfery i pozwalają wydobyć wiele subtelności w zakresie stanu przyrody i upraw rolnych. Bezpośrednie cyfrowe formowanie obrazu pozwala na jednoczesną rejestrację i promieniowania widzialnego, i podczerwonego. W obliczu tego waloru tradycyjna fotografia jest prawie bezbronna. Kamery o kilku obiektywach, za którymi umieszczano klisze o różnym uczuleniu spektralnym, można pewnie znaleźć tylko w magazynach zakładów Zeiss w Jenie. Idea, która nie sprawdziła się w fotografii analogowej, ma szansę zaistnieć dopiero w lotniczej kamerze cyfrowej.

Ostrożnie z rozmiarem piksela

Rozmiar piksela to ważny wyznacznik rozdzielczości. Ale na pytanie, czy piksel o rozmiarach porównywalnych z boiskiem, domkiem czy budką telefoniczną daje gwarancję rozpoznania obiektu, który jest boiskiem, domkiem mieszkalnym czy budką telefoniczną – odpowiedź jest negatywna. Tylko w bardzo sprzyjających, specyficznych okolicznościach, a stanowiących niewielki margines, wykryjemy i rozpoznamy obiekt o wielkości piksela. Natomiast w sytuacjach typowych do rozpoznania obiektu punktowego czy liniowego potrzeba kilku pikseli. Wpływ na rozdzielczość ma bardzo wiele czynników, jak położenie obiektu na obrazie, jego kształt i wielkość, rzeźba terenu, oświetlenie czy kontrast w bezpośrednim otoczeniu obiektu. Z braku innej możliwości przyjmuje się empiryczną zasadę, że zdolność rozdzielcza mieści się w zakresie od 1,5 do 3 pikseli.

Na dodatek problem samego rozmiaru piksela jest dość skomplikowany. Producenci kamer cyfrowych nie są zainteresowani ujawnieniem, z jakiej powierzchni elementarny fotoczujnik mierzy promieniowanie. Na pewno z większej, niż to wynika z rozmiaru piksela tworzącego obraz! Tylko dociekliwi zauważają, że ta nie do końca znana powierzchnia musi się jeszcze zwiększać w kierunku skraju obrazu. Zatem dane z katalogu fabrycznego należy czytać tak: jeśli piksel ma rozmiar 1 m, to na pewno przypisuje mu się promieniowanie pochodzące z obszaru większego.

Sytuacja jest nieco bardziej klarowna, gdy najpierw wykonamy fotografię, a potem ją zeskanujemy. Skaner stacjonarny pracuje w spokojnych warunkach, nie musi zapisywać cyfrowo całego obrazu w jednym przebiegu. Dlatego można się spodziewać, że zastosowane czujniki są stabilniejsze, a poziom szumów elektronicznych mniejszy niż dla obrazowania rejestrowanego bezpośrednio w postaci cyfrowej (zwłaszcza satelitarnego). Jeśli użyliśmy profesjonalnej kliszy, dobrze ją naświetliliśmy i wywołaliśmy, to aby nie stracić jakości wizualnej, należałoby zaplanować skanowanie przy supermałym pikselu, np. 10 mm. W przypadku zdjęć w skali 1:26 000 jest to 26 cm w terenie, dla zdjęć w skali 1:13 000 – 13 cm, a w skali 1:5000 – 5 cm. W praktyce jednak skanuje się z większym pikselem, przed kilku laty – co najmniej dwukrotnie, a obecnie – półtorakrotnie. Zmniejszenie piksela poprawia rozdzielczość, ale nie ze skutkiem liniowym – o czym przekonuje ilustracja obok (pokazano na niej fragment ortofotomapy przedstawiający stadion Cracovii, a powiększone fragmenty widowni różnią się rozmiarem piksela, z jakim skanowano, a potem przetwarzano to samo zdjęcie wykonane w 1996 r. w skali 1:26 000; rozmiary piksela wynoszą odpowiednio: 60 i 40 cm w terenie).

Mit o (nie)dokładności ortofotomapy

Dokładność geometryczna ortofotomapy (ogólniej – opracowań fotogrametrycznych) oceniana jest przez klasycznego geodetę jako niska albo niewystarczająca. Fotogrametra widzi to zupełnie inaczej. Zacznie od aerotriangulacji, w której osiąga błędy tak malutkie, że podaje je w mikrometrach, i to pojedynczych. Potem powie, że dokładność mierzonego szczegółu terenowego zależy od jednoznaczności jego identyfikacji i każe mnożyć mikrometry przez skalę. A także dopowie, że ortofotomapa jest płaska, więc







Fragment ortofotomapy stadionu Cracovii



Ortofotomapa z nałożoną ewidencją gruntów

jeśli chcemy lepszych dokładności, to proponuje stereodigitalizację.

Jest jedna bardzo szczególna właściwość poprawnie wykonanej ortofotomapy – jednorodna dokładność. Wszystkie obiekty, na całej powierzchni, charakteryzuje podobny błąd położenia. Ale dokładność wyznaczenia współrzędnych zależy od możliwości jednoznacznej identyfikacji punktów tworzących obiekt. To jest to miejsce, które różni geodezyjnego użytkownika ortofotomapy od wykonawcy. Ci pierwsi szukają wszystkiego tego, co mogą zaleźć bezpośrednio w terenie. Ci drudzy wykorzystują to, co dobrze widać. Ponieważ zdjęcie (obraz) jest zawsze pomniejszeniem rzeczywistości, nie możemy oczekiwać, że powstająca z nich ortofotomapa pozwoli tak identyfikować szczegóły jak w terenie. Ale jeśli w terenie szczegóły są rozmyte (np. miedze), to wtedy jest odwrotnie – „patrzenie powierzchnią", jakie ma miejsce przy interpretacji treści ortofotomapy, pozwala obiektywniej wskazać domniemany punkt.

Reasumując – ortofotomapa gwarantuje jednorodną dokładność geometryczną, choć trudno jej pokonać barierę kilkudziesięciu centymetrów, głównie z powodu trudności w identyfikacji szczegółów terenowych (bariera ta nie dotyczy tzw. punktów sygnalizowanych oraz niektórych szczegółów terenowych o kształcie zbliżonym do prostej figury geometrycznej; dla takich „punktów" przy dużej skali zdjęć dokładność wzrasta do kilku-kilkunastu centymetrów). Taka dokładność geodetom nie imponuje. Na pewno precyzja odczytu elementów geometrycznych mierzonych bezpośrednio w terenie jest wysoka, nawet z ruletki odczyt jest do centymetra. Ale czy dokładność też? Ano nie zawsze. Truizmem jest przypominanie o tym, że wpływ na określenie położenia mają błędy osnowy, że używanie dobrego instrumentu nie zwalnia od wykonywania pomiarów kontrolnych, że pomiary biegunowe bywają szczególnie wrażliwe na uchybienia w sztuce itd. A ponieważ wcale niemała grupa geodetów nie może wykonywać pomiarów o innej porze jak późnym popołudniem, toteż niejeden punkt w zasobie powinien mieć etykietę „uwaga – ostatni biegun o zmierzchu".

Jeśli na ortofotomapę nałożymy ewidencję gruntów (ilustracja powyżej), to w jednych fragmentach obserwujemy zgodność, a w innych nie. I na pewno nie jest „winna" zbyt mała dokładność ortofotomapy (oczywiście przyczyn rozbieżności pomiędzy stanami użytkowania i własności, bo tylko takie zjawisko wykrywamy, może być bardzo wiele).

Niby obrazek, a przydatny

Zauważając, że opracowania fotogrametryczne cieszą się u licznej rzeszy geodetów złą sławą, a z drugiej strony kształtowane są opinie o ortofotomapie jako remedium na wszelkie bolączki geodezji, kartografii i nie tylko, zabrałem głos na przekór. Na przekór ufającym tylko w pomiar bezpośredni dobrze „wciśnięty w zasób" oraz na przekór obiecującym za wiele w związku z danymi obrazowymi, a zwłaszcza zbieranymi z pułapu satelitarnego.

Marzy mi się dyżurna ortofotomapa w każdym powiatowym ODGiK-u pozwalająca szybko wykryć błędy – i te grube, i te średnie, i przeoczenia – a w ten sposób chroniąca zasób przed bublami. I niech tam pozostanie na stałe. Ale musi to być dobry, rzetelny materiał. Może kiedyś satelitarny. Województwo małopolskie posiada pełne pokrycie ortofotomapami ze zdjęć w skali 1:26 000, wykonanych dla 80% obszaru w latach 1996-99, a dla 20% – uzupełnionych w roku 2003. Przetworzenie zdjęć zostało sfinansowane przez Hrabstwo Fionii, duńskiego partnera projektu „Inwentaryzacja składowisk odpadów i byłych terenów przemysłowych w województwie małopolskim". Ortofotomapy są dostępne w wojewódzkim ośrodku dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej, cieszą się sporym zainteresowaniem, choć rzadko są wykorzystywane dla potrzeb typowo geodezyjnych. Sytuacja powinna się zmienić z chwilą opracowania ortofotomap ze zdjęć w skali 1:13 000.

Dr Krystian Pyka jest geodetą województwa małopolskiego i adiunktem na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

R E K L A M A

