

Fotogrametria satelitarna

ROMUALD KACZYŃSKI, JACEK DRACHAL

Od kilku lat w Instytucie Geodezji i Kartografii rozwijana jest satelitarna fotogrametria cyfrowa, dla której źródłowymi danymi są jednoobrazowe lub stereoskopowe zobrazowania cyfrowe i zdjęcia fotogrametryczne wykonane z pułapu satelitarnego (np. SPOT P mono i stereo, MOMS-02, rosyjski KOSMOS: KVR-1000, KFA-1000, KFA-3000, KTE 200).

W wyniku opracowań (w zależności od danych źródłowych mono lub stereo) generowane mogą być różne produkty w postaci cyfrowej, np. ortofotografie, ortofotomapy, numeryczny model rzeźby czy pokrycia terenu. Wymaga to odpowiedniego sprzętu komputerowego pracującego na ogół w systemie operacyjnym UNIX, profesjonalnego oprogramowania oraz specjalistów, którzy znają opracowane w IGiK technologie. Cyfrowe dane wynikowe mogą być następnie wykorzystane przez operatorów na prostszych systemach komputerowych nawet typu PC, z odpowiednim oprogramowaniem. Do najważniejszych zalet produktów cyfrowych wypada zaliczyć to, że ortofotomapa satelitarna jest cyfrowym obrazem

rastrowym w jednolitej skali oraz że całą ortofotografię (ortofotomapę) lub jej wycinek można pomniejszać lub powiększać do dowolnej skali bez znacznej straty informacji oraz generalizacji. Ortofotografię można uzupełnić danymi wektorowymi rysując bezpośrednio na wyświetlonym obrazie lub poprzez nałożenie zeskanowanych lub zdigitalizowanych wcześniej opracowań archiwalnych; połączenie ortofotografii cyfrowej z mapą archiwalną pozwala na jej aktualizację.

Czarno-białą satelitarną obrazową mapę rejonu Warszawy w skali 1:50 000 opracowano w IGiK w 1993 r. metodą cyfrowej analizy obrazów w systemie ERDAS zainstalowanym na komputerze PC firmy COMPAQ. Mapa opracowana została na podstawie zdjęcia satelitarnego KFA-1000 wykonanego z bezzałogowych satelitów z serii KOSMOS. Dokładność mapy $mp = \pm 0,3$ mm w skali mapy, tj. poniżej 15 m w terenie. Mapę zamieszczono na rys. 1.



Rys. 1. Satelitarna obrazowa mapa rejonu Warszawy w skali 1:50 000

Mapę satelitarną Warszawy w skali 1:50 000 opracowano w IGiK w 1996 r. w systemie ImageStation 6487 z oprogramowaniem ISI-2 firmy Intergraph. Jako dane źródłowe wykorzystane zostały wielospektralne obrazy cyfrowe HRV XS z satelity SPOT wykonane w lipcu 1992 r. oraz satelitarne zdjęcie panchromatyczne wykonane kamerą panoramiczną KVR-1000 przez rosyjskiego satelitę czwartej generacji z serii KOSMOS w skali około 1:220 000 we wrześniu 1992 r. Terenowa zdolność rozdzielcza (wielkość piksela) zobrazo-



Rys. 2. Satelitarna mapa Warszawy w skali 1:50 000

wań wielospektralnych XS z satelity SPOT wynosi 20 m x 20 m, a zdjęcia panchromatycznego około 1-2 m. Zdjęcie panchromatyczne KVR-1000 zostało przetworzone na postać cyfrową za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego PS11 ZEISS/INTERGRAPH. Użyto apertury o wymiarze 15 μm x 15 μm kodując zakres gęstości optycznej obrazu w przedziale od 0 do 255 (obraz 8-bitowy). Obraz ten przetworzono do odwzorowania Gaussa-Krugera i układu współrzędnych prostokątnych „1942” na podstawie równomiernie rozmieszczonych i zidentyfikowanych punktów sytuacyjnych na obrazie i mapie topograficznej. Zastosowano transformację afiniczną i interpolację bilinearną otrzymując dokładność wewnętrzną przetworzenia poniżej 1 piksela (poniżej 5 m w terenie).

Do tak przetworzonego obrazu panchromatycznego dostosowano zobrazowania wielospektralne z satelity SPOT, czyli kanały XS1+XS2 i XS3. Tak więc obraz wielospektralny został powiększony w procesie przepróbkowania (resemplingu) metodą inter-

polacji bilinearnej około 3,4 razy.

Zbiór składający się z trzech kanałów spektralnych poddano wzmocnieniu kontrastu obrazu tak, aby otrzymać obraz w barwach akceptowanych przez użytkowników. Metodą cyfrową skonstruowano również elementy obrazowe legendy mapy, obejmujące różne kategorie pokrycia terenu, siatkę geograficzną i podziałkę. Mapa zawiera również nazwy głównych ulic, siatkę kilometrową w układzie współrzędnych prostokątnych płaskich „1942” oraz opis pozaramkowy. Dokładność kartometryczna opracowanej mapy cyfrowej wynosi $mp < \pm 10$ m. Wycinek barwnej mapy Warszawy w skali 1:50 000 zamieszczono na rys. 2.

W 1993 r. opracowano mapę satelitarną Warszawy w skali 1:25 000 na podstawie połączonych zdjęć KVR-1000 i SPOT XS. Dokładność mapy $mp < 8$ m w terenie. Mapa została wydrukowana metodą druku offsetowego i jest jeszcze dostępna w IGiK.

Na mapę obrazową można nałożyć metodą cyfrową nakładkę z treścią wektorową otrzymaną np. z mapy topograficznej, co pozwala na uzyskanie nowej jakościowo informacji o terenie. Taki typ mapy sate-



Rys. 3. Mapa satelitarna rejonu Warszawy w skali 1:25 000 z nałożoną treścią mapy topograficznej



Rys. 4. Mapa satelitarna Warszawy w skali 1:10 000

Dla porównania opracowanych map satelitarnych na rys. 5 zamieszczono wycinek mapy topograficznej Warszawy w skali 1:25 000 wydany przez WZKart. w 1985 r.

Dostępne zdjęcia i zobrazowania satelitarne pozwalają na cyfrowe opracowania map obrazowych do skali 1:25 000 z dokładnością rzędu $mp = \pm 0,3$ mm w skali mapy.

Do końca 1997 roku USA planuje umieszczenie na orbicie satelitów ze skanerami nowej generacji, które rejestrować będą powierzchnię Ziemi stereoskopowo pikselem o wymiarach do 1×1 m w opcji panchromatycznej i 4×4 m w opcji wielospektralnej. Dane będą dostarczane użytkownikowi w czasie do 48 godzin.

Dane te pozwolą na generowanie map do skali 1:10 000 oraz numerycznego modelu terenu i warstwic z wysoką dokładnością. IGIK będzie przygotowywany do opracowań cyfrowych tych zobrazowań z dokładnością rzędu $mp = \pm 1$ m; $mz = \pm 2$ m.

Instytut Geodezji i Kartografii

litarnej rejonu Warszawy w skali 1:25 000 zamieszczono na rys. 3. Mapa przedstawia teren w barwach umownych, a treść mapy topograficznej w kolorze białym. Mapę taką wykorzystać można do aktualizacji map topograficznych w skalach 1:50 000 i 1:25 000. Na mapie widoczne są zmiany w sytuacji topograficznej w rejonie lotnisk na Bemowie i Okęciu oraz brak m.in. mostu Syreny.

Innny typ mapy satelitarnej opracowanej w skali 1:25 000 pokazano na okładce GEODETY. Mapę opracowano na podstawie zdjęcia satelitarnego KVR-1000, klasyfikacji nadzorowanej zobrazowań SPOT XS oraz informacji wydobytej z starych map topograficznych w skali 1:10 000. Mapa opatrzona godłem N-34-139-A-3 opracowana jest w układzie współrzędnych prostokątnych „1942” i zawiera również legendę, opis pozaramkowy, siatkę współrzędnych geodezyjnych i geograficznych, opis tekstowy.

Na rys. 4 zamieszczono mapę opracowaną w skali 1:10 000 na podstawie zdjęcia KVR-1000. Mapę opracowano w systemie cyfrowej analizy obrazów VISTA/PRISM firmy DATRON/International Imaging Systems.



Rys. 5. Mapa topograficzna Warszawy w skali 1:25 000 wydana przez WZKart w 1985