

ROMUALD KACZYŃSKI

TRENDY ROZWOJU FOTOGRAMETRII

Rozwój fotogrametrii w ostatnich 30 latach był i jest dalej związany z rozwojem komputerów i oprogramowania. Pierwsza ich generacja wykorzystana została w fotogrametrii do obliczeń numerycznych, gdzie stosowano programowanie w języku wewnętrznym maszyny cyfrowej. Druga generacja komputerów wykorzystana została do programowania aerotriangulacji w językach ALGOL, FORTRAN, COBOL. Trzecia generacja komputerów, pracujących w systemach operacyjnych VMS i UNIX pozwoliła na konstrukcję autografu analitycznego oraz rozpoczęcie prac wykorzystujących korelację obrazów.

Czwarta generacja z zastosowaniem komputerów PC pozwoliła na programowanie w językach PASCAL, C++ i opracowanie systemu fotogrametrii cyfrowej.

Aktualna generacja z sieciami i dyskami optycznymi pozwala na wykorzystanie metod fotogrametrii cyfrowej w czasie rzeczywistym, stosowanych głównie w robotyce i zastosowaniach wojskowych.

Jak napisał prof. Toni Schenk z Ohio State University fotogrametria podobna jest do kota, gdyż charakteryzuje się kilkukrotnym, odnawialnym życiem i to na coraz wyższym poziomie. Wiele razy geodeci przepowiadali śmierć fotogrametrii, która jednak potrafiła się dostosować do nowych warunków i wykorzystać – na ogół jako pierwsza w geodezji – ostatnie zdobycze nauki i techniki. Do nich należą również pomiary fotopunktów i środków rzutów zdjęć lotniczych metodami DGPS i INS. Fotogrametria trwa nadal i rozwija się w kilku wcieleniach, od analogowej wspomaganej komputerem, poprzez analityczną do cyfrowej. Ta ostatnia jest interdyscyplinarna, gdyż powiązana jest m.in. z:

- cyfrowym przetwarzaniem obrazów;
- rozpoznawaniem obrazów;
- grafiką komputerową;
- rekonstrukcją, interpretacją i opisem obiektów w grafice: 2D, 2.5 D, 3D;

- robotyką.

Obecnie fotogrametria analityczna pozwala na pomiar zdjęć na filmie i wykonanie aerotriangulacji z dokładnością wyznaczenia współrzędnych tłowych punktu rzędu $m \pm 5 \mu m$ w skali zdjęcia. Wykorzystywana jest nadal do opracowań map numerycznych w różnych skalach oraz pomiaru NMT, NMPT i generowania warstw, widoków perspektywicznych. Stosowanie tej metody wymaga jednak wysokiej klasy specjalisty i doświadczonego obserwatora. Nowoczesne kamery fotogrametryczne wykonują zdjęcia lotnicze na bardzo stabilnych, o dużej zdolności rozdzielczej błonach fotograficznych. Kamery te produkowane są obecnie jedynie przez dwie firmy: Leica (dawny WILD) i Z/I Imaging (połączony Zeiss z INTERGRAPH'em) i charakteryzują się:

- żyroskopową stabilizacją podwieszenia;
- dystorsja obiektywu poniżej $2 \mu m$;
- rejestracją profilu lotu samolotu metodą DGPS, co pozwala na wyznaczenie współrzędnych środków rzutów każdego zdjęcia z dokładnością rzędu 15 cm;
- systemem nawigacyjnym pozwalającym na komputerowe przygotowanie planu lotu i jego realizację;
- automatyczną kontrolę parametrów ekspozycji zdjęć;
- eliminację rozmazu obrazu za pomocą urządzenia FMC;
- ekspozycję zdjęć co 2 s. w zakresie czasów migawki od 1/100 s do 1/1000 s;
- niewielki spadek jasności obrazu na skraju zdjęcia.

Obecnie na świecie 99% map topograficznych wykonuje się metodami fotogrametrycznymi na podstawie zdjęć lotniczych.

Trwają obecnie testy dotyczące wykorzystania inercyjnego systemu INS połączonego z systemem DGPS (Position and Orientation System for Direct Georeferencing) dla określenia liniowych i kątowych elementów orientacji zewnętrznej zdjęć lotniczych w trakcie lotu samolotu. Dotychczasowe testy pokazały, że różnice pomiędzy wyznaczonymi elementami liniowymi orientacji zewnętrznej systemem POS/DG310 firmy APLANIX, a współrzędnymi określonymi metodą aerotriangulacji są rzędu $\Delta X = \Delta Y < 10 \text{ cm}$ i $\Delta Z < 15 \text{ cm}$. Kątowe elementy orientacji zdjęcia wyznaczone są z dokładnością rzędu kilkudziesięciu sekund kątowych. Dopracowanie tej techniki pozwoli na ograniczenie kosztownej i czasochłonnej aerotriangulacji i ograniczenie ilości fotopunktów, których współrzędne wyznaczone są w terenie metodami geodezyjnymi.

Fotogrametria cyfrowa wykorzystuje skanowane zdjęcia wykonane na nowoczesnych filmach o dużej zdolności rozdzielczej.

W Zakładzie Fotogrametrii IGiK od pięciu lat wykorzystywane są również metody fotogrametrii cyfrowej m.in. do:

- skanowania zdjęć na precyzyjnym skanerze PS-1 Zeiss;
- aerotriangulacji pół- i automatycznej z dokładnością porównywalną z otrzymywaną na autografach analitycznych;
- automatycznego generowania NMT i warstwic;
- pomiaru i generowania 3D miast;
- generowania ortofotomap z dokładnością $mp < 1.5$ piksela;
- generowania widoków perspektywicznych;
- łączenia obrazów rastrowych z mapą wektorową;
- łączenia obrazów panchromatycznych z obrazami wielospektralnymi;
- opracowania map i ortofotomap na podstawie stereoskopowych zobrazowań panchromatycznych z satelity SPOT.

Konstruowane są już fotogrametryczne kamery cyfrowe rejestrujące powierzchnię ziemi nie tylko w zakresie panchromatycznym, ale również w zakresie wielospektralnym, co pozwoli na opracowanie map topograficznych i tematycznych.

Pierwsze komercyjne kamery cyfrowe zaprezentowane zostaną na Kongresie Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji w lipcu br. w Amsterdamie przez firmy Z/I Imaging, Geotechnologies i Leica Helava.

Kamery te będą rejestrować obrazy z rozdzielczością terenową około 15 cm i rozdzielczością spektralną 10-12 bitów (czyli od 1024 do 4096 poziomów szarości), co pozwoli opracowywać np. rejony zacienione. Przewiduje się, że kamery fotogrametryczne z filmem zwojowym zostaną zastąpione kamerami cyfrowymi przed rokiem 2010.

Zagrożeniem dla fotogrametrycznych metod opracowania NMT i NMPT jest stosowana już obecnie technologia laserowego pomiaru. System ten rejestruje około 5000 punktów w pasie o szerokości 800 m w siatce 3m x 3m w czasie jednej sekundy. Dokładność pomiaru wysokości dla terenów zurbanizowanych jest rzędu $m \pm 15$ cm. Dane te są bardzo przydatne do tworzenia 3D miast oraz dla telefonii komórkowej, pomiaru wysokości drzew jak również do systemów prognozowania zasięgu i skutków powodzi.

NMT może być również mierzony przez system radarowy (Interferometric SAR), który wykorzystywany jest głównie do opracowań terenów zawsze zachmurzonych np. w krajach południowej Ameryki.

SATELITARNE DANE 1-METROWE

Amerykańskie firmy prywatne: Space Imaging, EarthWatch, ORBIMAGE uzyskały od rządu USA licencje na umieszczenie na orbitach i eksploatację satelitów do zbierania informacji o powierzchni Ziemi z dokładnością zastrzeżoną dotychczas dla celów wojskowych.

Firmy Space Imaging umieściła satelitę IKONOS-2 na orbicie 24 października 1999 roku, a pierwsze zobrazowanie panchromatyczne o rozdzielczości 1 m uzyskano już w dniu 30 października. Dane te stwarzają fotogrametrom nowe wyzwania.

Sensory IKONOSA pozyskują dwa rodzaje danych: dane panchromatyczne o rozdzielczości 1 m i dane wielospektralne w czterech zakresach promieniowania o rozdzielczości terenowej 4 m.

Międzynarodowe środowisko fotogrametryczne i teledetekcyjne od wielu lat z uwagą śledzi rozwój technologii pozyskiwania wysoko-rozdzielczych danych satelitarnych. W dyskusjach pojawiały się poglądy o możliwości wyeliminowania zdjęć lotniczych, przynajmniej przy produkcji map w skalach 1:10 000 i mniejszych. W USA przewiduje się, że 50 % wykonywanych zdjęć lotniczych wkrótce będą pozyskiwane kamerami cyfrowymi z rozdzielczością terenową 0.5m i rozdzielczością spektralną również 11 bit.

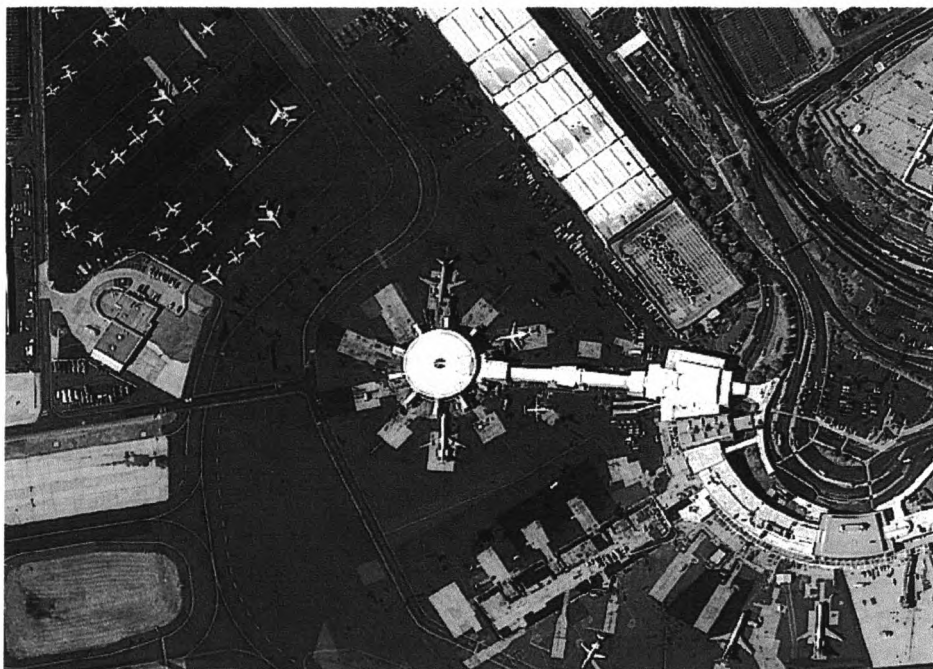
Jednakże Space Imaging nie ma zamiaru zadowolić się rolą sprzedawcy surowych danych, lecz pretenduje do roli dystrybutora gotowej informacji przestrzennej. W dotychczasowej praktyce firm pozyskujących dane fotolotnicze i satelitarne, prawo własności do wykonanego produktu było przekazywane zamawiającemu. W przypadku Space Imaging nabywca zakupuje tylko licencję na użytkowanie danych. Zastrzeżenia środowisk fotogrametrycznych i kartograficznych wzbudzają restrykcje dotyczące możliwości redystrybucji produktów przez nich przetworzonych (tzw. Value Added Products).

Jeszcze większy sprzeciw środowiska fotogrametrycznego budzi decyzja o nie udostępnianiu nabywcy danych parametrów kamery, którą wykonano zobrazowanie cyfrowe, które – jak wiadomo – są niezbędne do wszystkich przetworzeń metrycznych. Dla dobra obu stron problem ten musi być rozwiązany inaczej zostanie wyeliminowany udział fotogrametrów w ich opracowaniu. Ostatnio dużo się mówi o tzw. „funkcjach racjonalnych” (rational functions), czyli modelach empirycznych umożliwiających fotogrametryczne opracowanie danych bez znajomości parametrów kamery. Oprogramowanie takie byłoby oferowane przez producentów cyfrowych stacji fotogrametrycznych. Znając dociekliwość fotogrametrów należy się spodziewać, że w niedługim czasie zdołają „złamać” ten szyfr i opublikują własne parametry do kalibracji danych.

Dane techniczne satelity IKONOS 2 przedstawione są w tabeli 1, a pierwsze zobrazowanie 1-metrowe rejonu portu lotniczego w Waszyngtonie z satelity IKONOS-2 na fotografii.

Tab. 1 Dane techniczne IKONOS – 2

Orbita	Synchroniczna ze słońcem, czas obiegu 98 minut (14 razy na dobę)
Wysokość orbity	680 km
Nachylenie orbity	98.1 °
Szybkość liniowa satelity	7 km/s
Przejście przez równik	10:30 lokalnego czasu słonecznego
Częstotliwość obrazowania tego samego terenu	Okolo 3 doby przy rozdzielczości 1m (dla 40° szer. geograficznej)
Mobilność skanera	Możliwość wychylania wzdłuż i prostopadle do lotu satelity
Ciężar satelity	727 kg
Rozdzielczość terenowa	0.82 m w zakresie pan
Rozdzielczość spektralna	4 m w zakresach spektralnych
Zakresy obrazowania	11 bit
	Panchromatyczny: 0.45 – 0.90 μm Wielospektralny: 1: niebieski 0.45 – 0.52 μm 2: zielony: 0.52 – 0.60 μm 3: czerwony: 0.63 – 0.69 μm 4: bliska podczerwień: 0.76 – 0.90 μm Zakresy te pokrywają się z kanałami 1 do 4 LANDSAT Nr. 4 i 5.
Szerokość skanowania i rozmiary scen	Szerokość pasa skanowania w nadirze 13 km. Nominalny pojedynczy obraz 11 x 11 km, oraz: pas 11x 121 km do 11x1000 km, obszar 50x50 km mozaiki zobrazowań do 12 000 km ² w terenie
Zobrazowanie stereo	w kierunku lotu i w poprzek $\pm 45^\circ$
Dokładność metryczna	Mxy = ± 12 m Mz = ± 10 m (bez użycia fotopunktów) Mxy = ± 2 m Mz = ± 3 m (z użyciem fotopunktów)



Rys. 1 Rejon portu lotniczego w Waszyngtonie

Następuje era łączenia różnych dyscyplin związanych z pozyskiwaniem i opracowaniem obrazów cyfrowych i innych danych w postaci wektorowej oraz wydzielaniem informacji z obrazów i zdjęć metodą automatyczną. Trwają prace dotyczące automatycznego rozpoznawania i wydzielania budynków, ulic i innych informacji niezbędnych dla map numerycznych oraz w tworzeniu NMT metodą korelacji. Wykorzystuje się tutaj techniki i metody stosowane dotychczas w teledetekcji i cyfrowym przetwarzaniu obrazów, jak np. klasyfikację, wzmocnienie kontrastu, wydzielanie krawędzi itp.

Potrzebni będą nowi specjaliści w nowej dziedzinie zwanej **geoinformatyką** (ang. Geographic Information Science) z wiedzą dotyczącą:

- pozyskiwania danych;
- przetwarzania danych cyfrowych i numerycznych;
- integracji danych pozyskiwanych różnymi systemami w różnych formatach;
- produkcji danych geoinformatycznych;
- prezentacji opracowań;
- rozpowszechniania geoinformacji.

Kształcenie takich specjalistów wymaga korekty programów nauczania oraz organizacji kursów podyplomowych również dla fotogrametrów.

LITERATURA:

- [1] Fritz W.L.: *High resolution Commercial Remote Sensing satellites and Spatial Information Systems*. ISPRS Highlights, Vol.4, No. 2, June 1999, pp. 19–30.
- [2] Fraser C.: *Status of high-resolution satellite imaging*. Proceedings of Photogrammetric Week in Stuttgart, Wichman Verlag, Heilderberg, 1999. ISBN 3–87907–340–6.
- [3] Jurgens F.: *Picture Perfect*. Imaging Notes, Vo.14, No.2, III/IV 1999.
- [4] James T.D., McGrath G.: *Cadastral Mapping – will high-resolution imagery impact your approach?* Imaging Notes, Vo. 14, No.3, V/VI 1999.
- [5] Kaczyński R., Sujkowska W.: *Nowa generacja zobrazowań satelitarnych*. Geodeta Nr 4 (23), kwiecień 1997.
- [6] Lithopoulos E.: *Towards Simplifying Photogrammetry*. Geo Informatics, Vo. 4, 2000, pp. 44 – 45.
- [7] Stadd C. A., Birk R. J.: *No strings attached?* Imaging Notes Vol. 14, No.4, VII/VIII 1999.

<http://www.spaceimaging.com>

<http://www.applanix.com>