

Fotogrametria i teledetekcja a geoinformatyka

Photogrammetry and remote sensing in relation to geoinformatics

Aleksandra BUJAKIEWICZ, Józef JACHIMSKI

Photogrammetry and teledetection are pictorial methods of collecting, processing and providing information on the environment. The depictions obtained from aerial and satellite platforms, registered in different spectral ranges, are carriers of all kinds of information on the shape and dimensions of the Earth's surface and objects to be found upon it, as well as allowing for the description of particular features of these objects. For example, it is possible to use images to describe not only the distribution and mass of vegetation covering a studied area of the Earth, but also the types involved, the humidity, and other characteristic features.

The inexhaustible informational resources registered in images may be revealed using appropriate tools for the processing of data, and made available via geoinformatic systems. Thus the imaging methods in geoinformatics are carriers of comprehensive information now encompassing a considerable part of the Earth's surface. Satellite images are continually being obtained, while the parameters of geometric (spatial), radiometric and spectral resolution are better each year. Both aerial

and satellite imagery attest objectively to the state of the environment at a given moment, in so doing offering a basis for further analysis of the processes ongoing on Earth.

Apart from information in the form of imagery, geoinformatic systems must also contain all kinds of geospatial information that can be recovered by different methods to allow for diverse analysis and synthesis.

Bearing in mind the all-embracing subject matter of the data-banks in geoinformatic systems, as well as the much-vaunted development of the information society, it is necessary to anticipate a demand for geoinformatic analysis not only on the part of officials and institutions, but also on the part of society in general. Effective and universal use of information is in the interests of social development. The specifics of image-based geoinformation — and the great potential thereof — should incline everyone to make effective use of geoinformatic systems, and especially the wealth of resources already existing in different kinds of remote sensing.

Wprowadzenie

Informacja o naturalnym środowisku w jakim człowiek się ukształtował i w jakim się rozwija, informacja o zasobach, czy też informacja o zagospodarowaniu naszej planety — te i inne informacje mające jednoznaczne odniesienia czasoprzestrzenne można określić wspólnym terminem geoinformacja. W ramach niezwykłego bogactwa zasobów geoinformacji wyróżnić jednak możemy część szczególną, charakteryzującą się tym, że geoinformacja jest zbierana, lub udostępniana w postaci obrazów. Być może tę część geoinformacji można nazwać geoinformacją obrazową. Nie wdając się tutaj w analizę pojemności tego terminu, bez wątplenia możemy uznać, że wszystkie obrazy wyko-

rzystywane w fotogrametrii i teledetekcji, bez względu na istniejące często trudności ich tematycznej interpretacji, stanowią część tej obrazowej geoinformacji. Do geoinformacji obrazowej można będzie zaliczyć, jeśli kartografowie z tym się zgodzą, również wszystkie opracowania mapowe, w tym opracowane odpowiednio produkty przetwarzania obrazów lotniczych i satelitarnych, zarówno fotograficznych, jak i skanowanych, w tym radarowych.

Duże zainteresowanie fotogrametrią datowane jest na początek ubiegłego stulecia. Tradycje polskie w tym zakresie sięgają 1876 r., kiedy to stacjonujący w Krakowie oficer armii austriackiej, niejaki Lucjan Mickiewicz, opublikował pierwsze opracowanie z tego zakresu (Waldhausl, 2000). Przed siedemdziesięciu z gó-

ra łączy, grupa fotogrametrów powołała do życia Polskie Towarzystwo Fotogrametryczne (obecnie PTFiT). Oczywiście fotogrametrię zaczęto stosować na ziemiach polskich wcześniej. W roku 1930 Polska miała już znaczący dorobek zastosowań fotogrametrii naziemnej i lotniczej. Powstało przedsiębiorstwo Fotolot, kierowane przez prof. M.B. Piaseckiego. Fotomapy szybko zaczęły wchodzić do powszechnego użycia. Rozwijało się specjalistyczne szkolnictwo na poziomie uniwersyteckim we Lwowie i w Warszawie. Fotogrametria stała się najtańszą metodą dostarczania masowej informacji o użytkowaniu powierzchni Ziemi. Bogactwo fotogrametrycznej informacji było niezwykle duże, praktycznie trudne do pełnego wykorzystania.

Ilość geoinformacji wytwarzanej przez wszystkie nauki o Ziemi narasta obecnie lawinowo. Cechą wspólną jest ich związek z przestrzenią ziemską. Racjonalne gromadzenie, przechowywanie, przetwarzanie i prezentowanie tych masowo narastających informacji stało się możliwe dzięki komputeryzacji. Powstały i nadal się rozwijają potężne systemy informatyczne, z których bodaj najważniejsze to systemy informacji przestrzennej, w tym systemy informacji geograficznej (GIS).

Powstanie GIS stało się momentem przełomowym dla rozwoju geoinformacji. Wkrótce okazało się, że systemy geoinformatyczne mogą być w podobny sposób wykorzystywane przez wszystkie nauki o Ziemi, co narzuca konieczność integracji działań i badań prowadzonych przez przedstawicieli tych nauk. PTFiT oraz Klub Teledetekcji Polskiego Towarzystwa Geograficznego podpisały formalne porozumienie o współpracy już z początkiem lat 90. Wspólne pole zainteresowań zostało wyodrębnione jako nowy interdyscyplinarny kierunek badawczy pod nazwą geoinformatyka. W celu realizacji w naszym kraju wspomnianej wyżej integracji grupa geologów, geofizyków, fotogrametrów, geodetów, górników, geografów i informatyków postanowiła utworzyć przy Wydziale Przyrodniczym Polskiej Akademii Umiejętności (PAU) w Krakowie Komisję Geoinformatyki (Jachimski, Kotlarczyk, 2000). Została ona powołana przez władze PAU z końcem 1998 roku i od stycznia 1999 r. prowadzi działalność statutową — odbywa zebrania naukowe i współorganizuje konferencje naukowe (np. Sympozjum „Fotogrametria, Teledetekcja i GIS u progu Trzeciego Tysiąclecia”, zorganizowane wspólnie z PTFiT w dniach 27–29 września 2000 r. w Krakowie). Zarówno Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji jak i Komisja Geoinformatyki PAU wydają obecnie swoje czasopisma (odpowiednio: *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* oraz *Geoinformatica Polonica*).

O stopniu intensyfikacji integracji fotogrametrii, teledetekcji i geoinformatyki może świadczyć również międzynarodowe sympozjum zorganizowane w Krakowie (wrzesień 2001 r.) pod patronatem towarzystw fotogrametrycznych Polski i Ukrainy.

Fotogrametryczne i teledetekcyjne dane cyfrowe jako zintegrowane źródło systemów geoinformatycznych

Zgodnie z ostatnio opublikowanym leksykonem geomatycznym (Gaździcki, 2001), geoinformatyka to dziedzina zajmująca się komputerowym przetwarzaniem geoinformacji, która jest zdefiniowana jako informacja uzyskiwana na drodze interpretacji danych geoprzestrzennych, tj. informacji dotyczących Ziemi i wszelkich obiektów przestrzennych z nią związanych. Termin „geoinformacja” jest również używany jako synonim lub skrót znaczenia informacji geograficznej, w której podkreśla się interdyscyplinarny charakter tego terminu, a nie ogranicza tylko do geografii jako nauki.

Od wielu lat zdjęcia lotnicze i przetworzone na ich podstawie produkty fotogrametryczne były jednym z głównych źródeł (bezpośrednio lub pośrednio) różnego rodzaju konwencjonalnych map topograficznych (graficznych) i w konsekwencji tworzonych później komputerowych kartograficznych baz danych czy systemów (CAC, CAD). Oczywiście tego rodzaju systemy kartograficzne są ograniczone zarówno jeśli chodzi o rodzaje informacji przestrzennej jak i możliwości ich przetwarzania, analizy i zastosowań, w stosunku do systemów informacji geograficznej, które na przestrzeni lat przyjmowały różne określenia i interpretacje i w okresie początkowego rozwoju często były porównywane czy nawet utożsamiane z komputerowymi systemami kartograficznymi. Zgodnie z definicją Demersa (1999) geograficzne systemy informacji obejmują szeroki wachlarz przestrzenno-czasowych danych i zawierają w ogólności cztery części składowe (podsystemy):

- system danych wejściowych, który zbiera i wstępnie przetwarza i transformuje różnego typu dane przestrzenne, uzyskane z różnych źródeł,
- system przechowywania i wyszukiwania, który organizuje dane przestrzenne w sposób, który pozwala na ich odszukanie, uaktualnienie i edycję,
- system operowania i analizy danych, który wykorzystuje dane do określonych zadań oraz realizuje różnego rodzaju modelowania,
- system edycji danych (raportowania), który pozwala na przedstawienie całej lub części bazy danych, w formie graficznej czy numerycznej.

Udział fotogrametrii i teledetekcji jest w szczególności istotny dla zbierania i wstępnego przetwarzania i transformacji danych źródłowych. Rola klasycznie rozumianej fotogrametrii w tworzeniu systemów informacji geograficznej (przestrzennej), podobnie jak w przypadku konwencjonalnych systemów kartograficznych, ogranicza się głównie do dostarczania metrycznych danych (2D lub 3D) o terenie i obiektach. W tym przypadku należy również brać pod uwagę pośredni udział fotogrametrii we wcześniejszym tworzeniu map graficznych, które po zeskanowaniu stworzyły geometryczną podstawę systemów geoinformacyjnych.

W związku z różnymi wymaganiami dotyczącymi rozdzielczości i jakości geometrycznej danych, klasyczne źródła danych fotogrametrycznych, którymi były zdjęcia lotnicze (w różnej skali) zostały poszerzone lub uzupełnione o dane uzyskiwane innymi sensorami.

Satelitarne multispektralne obrazy rejestrowane systemami skanerowymi lub radarowymi, a także dane uzyskiwane systemami skaningu laserowego, traktowane wcześniej jako dane źródłowe typowe dla opracowań teledetekcyjnych, stały się również podstawą do tworzenia geometrycznej bazy danych w systemach informacji przestrzennej i dla innych opracowań kartograficznych.

Sprzyjał temu szybki rozwój istniejących i nowych systemów satelitarnych, zarówno w kontekście dostarczania obrazów stereoskopowych jak i zwiększania ich zdolności rozdzielczej. Stało się to równoległe z rozwojem cyfrowych metod przetwarzania danych, zarówno na etapie wstępnej obróbki obrazów jak i w celu uzyskiwania produktów fotogrametrycznych i ich integracji z innymi danymi. W tradycyjnych metodach fotogrametrycznych, w których przetwarzania dokonywano na tradycyjnych instrumentach fotogrametrycznych opierając się na zdjęciach (obrazach) optycznych, zakres takich możliwości był bardzo ograniczony.

Cyfrowe obrazy lotnicze uzyskuje się dotychczas poprzez skanowanie obrazów optycznych. Od kilku lat trwały badania nad konceptem i konstrukcją wieloformatowych lotniczych kamer cyfrowych i wreszcie podczas XIX Kongresu ISPRS w Amsterdamie w lipcu 2000 roku pierwsze dwie kamery zostały zaprezentowane. Kamera przedstawiona przez firmę L/H System o nazwie ADS40 (*Airborne Digital System*) wykorzystuje koncepcję skanera elektrooptycznego z trzema parami linijek CCD, zwróconymi w trzech kierunkach w celu uzyskania 3 obrazów stereoskopowych, każdy o rozdzielczości 24 000 pikseli. Dodatkowo, umieszczone są 4 linijki dające obrazy wielospektralne. Zgodnie z prezentacją przedstawioną przez P. Frickera podczas Tygodnia Fotogrametrycznego („Photogrammetric Week”, 2001) w Stuttgarcie, kamera ta łącznie z systemem GPS i inercyjnym systemem (IMU) została już bardzo dokładnie sprawdzona na testach eksperymentalnych pod względem jej geometrycznej i radiometrycznej jakości (dotyczy to wszystkich siedmiu kanałów) i pierwsze egzemplarze zostały sprzedane (Fricker, 2001).

Druga lotnicza kamera cyfrowa o nazwie DMC 2001 (*Digital Modular Camera*), która została zaprezentowana przez firmę Z/I Imaging, bazuje na prostokątnej tablicy detektorów CCD. Jednakże dla zwiększenia rozdzielczości i pola widzenia kamera ta zawiera 4 moduły (obiektywy) panchromatyczne, każdy wyposażony w tablicę detektorów CCD tak zorientowane, że tworzą one obrazy z minimalnym wzajemnym pokryciem, umożliwiającym wygenerowanie, w czasie obróbki wstępnej, jednego obrazu o geometrii zgodnej z rzutem środkowym. Dodatkowo, kamera może zawierać do 4 modułów wielospektralnych.

Zgodnie z referatem prezentowanym przez A. Hinza i demonstracją prototypu w Stuttgarcie, kamera ta przeszła już pierwsze próbnе eksperymenty lecz ciągle nie jest jeszcze zakończona. Przewiduje się jej zakończenie na wiosnę 2002 roku (Hinz, Dorstel, Heier, 2001).

Rozwiązania konstrukcyjne obu kamer cyfrowych umożliwiają pozyskanie zarówno stereoskopowych obrazów panchromatycznych jak i obrazów multispektralnych, co oznacza możliwość ich wykorzystania zarówno do pomiarów fotogrametrycznych jak i do zastosowań teledetekcyjnych. Jednakże, pomimo wielu oczywistych zalet kamer cyfrowych, ze względów ekonomicznych, nie zastąpią one od razu tradycyjnych kamer optycznych i procesu skanowania zdjęć w produkcji fotogrametrycznej. Firmy fotogrametryczne zbyt wiele zainwestowały w nowoczesne lotnicze kamery optyczne i fotogrametryczne skanery, aby w ciągu krótkiego czasu móc zastąpić to zupełnie inną technologią. I dlatego przewiduje się, że kamery cyfrowe będą wolno „wchodzić” do produkcji fotogrametrycznej (mówi się o 10 latach), przy jednoczesnym stosowaniu dotychczasowej technologii uzyskiwania zdjęć cyfrowych.

Stosowanie satelitarnych obrazów skanerowych panchromatycznych czy multispektralnych, generowanych przez takie systemy jak LANDSAT TM, SPOT, IRS i MOMS, do tworzenia lub aktualizacji map średnioskalowych jest znane i w szczególności użyteczne jeśli dotyczy to terenów o dużych obszarach. Wprowadzenie na orbitę satelitarnego systemu IKONOS II (*Space Imaging*), generującego obrazy wysokorozdzielcze (PAN — 1 m i multispektralne — 4 m) otworzyło nowe możliwości zastosowań kartograficznych.

Zgodnie z programem SPOT, przewiduje się wypuszczenie na początku 2002 roku nowego systemu SPOT-5, generującego obrazy panchromatyczne o rozdzielczości 5 metrów i multispektralnych o rozdzielczości 10 m i 20 m (SWIR). W systemie tym przewiduje się poprawioną wersję obrazów stereoskopowych poprzez zastosowanie instrumentu HRS (*High Resolution Stereoscopic Instrument*).

Biorąc pod uwagę korzyści wynikające z rozwoju nowych technologii, dotyczących satelitów i sensorów dostępnych w Europie, a także aby sprostać współzawodnictwu w produkcji wysokorozdzielczych obrazów, szczególnie rozwijanych w USA, CNES zaproponowało wprowadzenie (za około 2 lata) nowego konceptu zwanego PLEIADES.

Zgodnie z referatem (Baudoin, 2001; Spotimage, Toulouse) prezentowanym na „Photogrammetric Week”, we wrześniu 2001 w Stuttgarcie, nowy koncept PLEIADES przewiduje zastąpienie dużych i drogich satelitów, takich jak SPOT czy ENVISAT, mniejszymi i tańszymi satelitami, zawierającymi tylko po jednym systemie pozyskiwania danych.

Analiza nowego konceptu PLEIADES prowadzona przez CNES, SPOT Image we współpracy z kilkoma użytkownikami wykazała, że:

— system, jako dualny, mógłby służyć zarówno militarnym (obecnie HELIOS) jak i cywilnym (obecnie SPOT) potrzebom;

— system może znacznie zwiększyć zakres zastosowań i zarówno spełniać wymagania publiczne jak i służyć celom naukowym oraz zarządzaniu i kontroli środowiska i jego zagrożeniom;

— system powinien być rozwijany przy włączeniu nowych partnerów;

— system powinien zawierać około 10 typów sensorów w celu spełnienia potrzeb różnych użytkowników. Część z przewidywanych sensorów nie jest jeszcze dostatecznie dopracowana (jak P Band Radar, Hyperspectral) i wymaga dalszych badań. Inne są lub będą wkrótce dostępne (jak Wide Field z SPOT-5, C Band Radar z ERS, ENVISAT czy RADARSAT), lub będą rozwijane albo wewnątrz współpracy bilateralnej, albo wewnątrz ESA Earth Watch Program przy współpracy z prywatnymi-publicznymi partnerami.

System PLEIADES będzie rozwijany krok po kroku, z kilkoma komponentami. Każda część składowa będzie rozwijana wewnątrz określonej kooperującej struktury, różnej od pozostałych. Korzyści z synergii między tymi różnymi częściami składowymi powinny spowodować bardziej wydajny serwis dla użytkowników w zakresie zarządzania, programowania, przetwarzania i magazynowania danych oraz dostarczania produktów.

Przewiduje się, że pierwszymi częściami składowymi systemu PLEIADES będą dwa komponenty: optyczny HR i SAR X Band — wysokorozdzielczego systemu dualnego, które będą rozwijane (w latach 2003–2005) odpowiednio przez Francję i Włochy, zgodnie z ustaleniami z Turynu (29 I 2001 r.). Dwa optyczne (PAN — rozdzielczość 0,7 m i Multi RGB — 10 bitów) i cztery radarowe satelity będą dostarczały georeferencyjne obrazy z powtarzalnością co 24 godziny dla optycznego i co 12 godzin dla SAR. Ten system dostarczy dokładne dane spełniające naukowe i komercyjne wymagania ze specjalnym zastosowaniem dotyczącym bezpieczeństwa cywilnego i militarnego.

Pozostałe komponenty systemu, analizowane przez CNES, to:

- interferometryczny Cartwheel, który ma dostarczyć Worldwide DTM przy użyciu 3 pasywnych mikrosatelitów, stosowanych w kooperacji z aktywnym satelitą SAR (ALOS, ENVISAT lub inne),

- Wide Field i Superspectral — komponenty, które mają dostarczyć kontynuacji misji SPOT 5 i mają zaspokoić potrzeby rolnictwa i środowiska.

RapidEye Inc., które jest prosperującym od 1998 roku przedsiębiorstwem, dostarczającym geo-obrazowe satelitarne informacje i serwis dla rolnictwa i kartografii, zaprezentowało na „Photogrammetric Week” w Stuttgarcie (Scherer, Krischke, 2001) planowany do tych celów satelitarne optyczne systemy wysokorozdzielcze, bazujący na 4 małych satelitach, który ma być operacyjny od 2004 roku. Projekt RapidEye został wybrany przez DLR i Niemiecki Space Program,

jako kluczowy projekt dla upowszechnienia technologii zobrazowań satelitarnych.

Wysokorozdzielczy system satelitarne RapidEye ma dostarczać w szybkim czasie aktualną, wysokiej jakości geoinformację dla terenu Europy i USA, głównie z zakresu dwóch zastosowań:

- w rolnictwie, dotyczącą takich problemów jak określanie rodzajów użytków, ocena szkód czy przewidywanych plonów,

- w kartografii:

- do tworzenia globalnych aktualnych ortofotomap w skalach 1:50 000 i 1:25 000 (z rozdzielczością terenową 6,5 m) z geolokalizacyjną dokładnością ± 5 m. Przewiduje się, że przy zastosowaniu tego systemu jest możliwe utrzymanie aktualnego systemu ortofotomap, poprzez ich aktualizację co 1–3 lat, w zależności od regionu;

- do dostarczania danych dla numerycznych modeli terenu, z siatką 20-metrową, dokładnością absolutną wysokości około 5 metrów oraz dokładnością wzajemną 2–3 m.

Dodatkowo, dane powinny znaleźć zastosowanie również do 3D wizualizacji oraz monitorowania i oceny różnego rodzaju klęsk żywiołowych.

RapidEye będzie obejmować 4 małe satelity zainstalowane po dwa na rosyjskim statku w dwóch oddzielnych misjach w roku 2003 i 2004, ośrodek operacyjny, stacje odbiorcze oraz ośrodek wstępnej obróbki i przechowywania danych.

System RapidEye będzie charakteryzować się następującymi parametrami:

- będzie multispektralnym *pushbroom* sensorem, bazującym na podwójnym (*dual*) optycznym systemie, powodującym zbieranie danych w dwóch 79-kilometrowych pasach (o ogólnej szerokości 158 km) i długości do 1500 km. System zbiera informacje w 6 kanałach (1 PAN i 5 od niebieskiego do bliskiej podczerwieni) z taką samą rozdzielczością przestrzenną 6,5 m i 12 *bit sampling*,

- każdy z czterech satelitów będzie wyposażony w GPS system i platformę stabilizującą w trzech kierunkach,

- rejestracja każdego punktu na Ziemi będzie powtarzana codziennie.

Analizując przestrzenną rozdzielczość i powtarzalność zobrazowań wykonanych istniejącymi systemami (METEOSAT, LANDSAT TM, SPOT-2, 3, 4, IRS 1C, D, IKONOS II) i tych, które mają się pojawić w najbliższym okresie (Earth Watch, OrbView, SpaceImage, West Indian Space, Boeing's Resource 21 System), można zauważyć, że RapidEye system dostarczy dane o takiej wysokiej powtarzalności czasowej, jakiej nie oferuje żaden z tych wymienionych systemów.

Coraz większe znaczenie mają również satelitarne misje radarowe, i to nie tylko przy określaniu sezonowych zmian na powierzchni terenu (na przykład dwie US misje SRL-1 i SRL-2 w 1995), lecz także w pracach kartograficzno-topograficznych.

Jak powszechnie wiadomo, w efekcie współpracy

między kilkoma agencjami międzynarodowymi (NASA, NIMA, ASI, DLR), 20 II 2000 roku została zakończona jedenastodniowa realizacja radarowej misji topograficznej SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) promu kosmicznego Endeavour z radarowym interferometrem (IFSAR), której celem było zarejestrowanie danych dla cyfrowego, trójwymiarowego modelu powierzchni Ziemi pomiędzy równoleżnikami 60° N i 57° S z przewidywaną końcową średnią dokładnością ± 16 metrów. Ogółem zarejestrowano 64 miliony km² systemem DLR X-SAR oraz 119 mln km² systemem NASA/JPL C-band, co stanowiło około 80% powierzchni globu ziemskiego. System skanował 1750 km² w każdej sekundzie lotu promu kosmicznego.

Przewiduje się, że dane pozyskane podczas tej misji pozwolą opracować numeryczny model rzeźby terenu, tzw. interferencyjne dane wysokościowe w regularnej siatce (co 30 metrów) oraz że dane z tej misji będą mogły być również zintegrowane z innymi zobrazowaniami satelitarnymi w celu tworzenia przestrzennych wirtualnych modeli krajobrazów (Bamler, 1999; Triglav, 2000; Kurczyński, 2000).

W dwóch referatach prezentowanych na „Photogrammetric Week” w Stuttgarcie przez G. Thiele — jednego z sześciu uczestników misji STRM (Thiele, 2001) oraz M. Wernera (Werner, 2001) zostały podane:

- główne założenia tego międzynarodowego projektu, włączającego instytucje z USA, Niemiec, Włoch i Japonii, oraz

- problemy techniczne powodujące opóźnienie w dostarczeniu końcowych wyników.

Niewątpliwie, z operacyjnego punktu widzenia, ta pierwsza misja satelitarna z radarowym interferometrem była ogromnym sukcesem. Przez 11 dni system radarowy, zawierający dwie anteny (główną i boczną), skanował powierzchnię Ziemi, generując więcej niż 14 Tb danych; przy czym 99,97% danych zostało zarejestrowane jednorazowo, a 94,6% dwukrotnie lub więcej razy.

Dwie anteny, z których jedna (główna) była umieszczona na głównym kadłubie, a druga (boczna) na 60-metrowym maszcie, pozwoliły obserwować Ziemię z dwóch różnych punktów w przestrzeni, a zatem zbierać informację do określenia profili wysokościowych.

Jednakże, krytycznym punktem okazała się dokładność określenia bazy pomiędzy tymi dwiema antenami radarowymi, od której zależy dokładność wyznaczenia wysokości terenowych. Prawidłowa rekonstrukcja tej bazy i wprowadzenie różnego rodzaju poprawek (będących funkcjami różnych błędów w trakcie pomiaru) do zarejestrowanych danych, wymaga więcej czasu niż na początku przewidywano. Zgodnie z informacją podaną przez G. Thiele i M. Wernera, potrzebne są jeszcze dwa lata na uzyskanie końcowych wyników dotyczących globalnych trójwymiarowych danych o terenie całego globu. W październiku 2001 roku rozpoczęto przetwarzanie X-SAR danych terenu Europy, dla której są dostępne NMT uzyskane z in-

nych źródeł. To pozwoli zweryfikować jakość uzyskanego produktu i wykonać końcowe wyrównanie przed rozpoczęciem przetworzenia danych terenów, dla których takie wzorcowe NMT nie są dostępne lub są złej jakości.

Laserowy skanning, często określany jako LIDAR, jest następnym sensorem służącym określaniu georeferencyjnych danych dla numerycznych modeli rzeźby terenu. Często jest zadawane pytanie, która z dwóch technologii LIDAR czy IFSAR jest właściwsza dla dostarczenia danych dla NMT.

W publikacji Mercera (2001) dokonano analizy obu systemów pod kątem ich podobieństw i różnic. Jeśli chodzi o podobieństwa, to:

- oba systemy są aktywnymi spoistymi sensorami;

- oba systemy wymagają w czasie rejestracji dokładnego wyznaczenia ich położenia przestrzennego poprzez stosowanie systemu GPS/INS;

- oba systemy generują dane w pasie, którego szerokość jest zależna od wysokości lotu platformy;

- szybkość lotu ma wpływ na koszt i jakość danych wyznaczanych przez oba systemy;

- oba systemy określają numeryczny model najbliższej nich położony, zwany cyfrowym modelem powierzchni, a więc model terenu wraz z budynkami. Jednakże, systemy te reagują różnie w odniesieniu do roślinności.

Ważniejsze różnice między tymi dwoma systemami są następujące:

- IFSAR bazuje na dalekiej podczerwieni (np. X-Band — 3 cm), zatem penetruje chmury, mgły, etc., natomiast LIDAR, który operuje w bliskiej podczerwieni (około 1 nm) nie penetruje chmur i jest silnie absorbowany przez wodę;

- IFSAR jest *side looking*, z kątem padania od 30 do 60 stopni, natomiast LIDAR wysyła promieniowanie w kierunku pionowym do terenu z kątem skanowania około 20 stopni;

- LIDAR wysyła *spots* o rozmiarze od 10 do 100 cm, w zależności od wysokości i innych parametrów, w formie nieregularnej siatki, a odległości między nimi są zwykle od 2 do 5 metrów. IFSAR tworzy bezpośrednio regularną siatkę punktów (próbek) wysokościowych, z wielkością oczka około 5 m;

- dokładność wysokościowa danych uzyskanych systemem LIDAR jest zależna od różnych parametrów i w przypadku wysokich wymagań dokładnościowych osiąga wartość 15 cm, a przy bardziej tolerancyjnych wymaganiach — 35 cm. Star 3i IFSAR osiąga w normalnych warunkach dokładność od 1 do 3 metrów;

- IFSAR stosuje się zwykle do tworzenia NMT dużych obszarów;

- IFSAR produkuje obraz jednocześnie z danymi wysokościowymi o terenie, natomiast LIDAR pracujący niezależnie od innego obrazowego systemu tworzy tylko zbiór dyskretnych punktów wysokościowych;

- IFSAR penetruje drzewa (las) w zależności od stosowanych długości fal. W przypadku gęstych lasów i stosowania X-Band IFSAR pomiar nie dotyczy po-

wierzchni terenu lecz powierzchni oddalonej od terenu o wysokość równą połowie wysokości drzew. W przypadku P-Band pomiar dotyczy prawie powierzchni terenu. LIDAR słabo penetruje gęste lasy, jednak w przypadku rzadkich lasów część promieniowania dochodzi do terenu i jego wysokość może być pomierzona;

— analizy wykazały, że do połowy roku 2001 stosowano komercyjnie około 60–70 systemów LIDAR, natomiast tylko 2 systemy IFSAR. Więcej tych ostatnich jest jednak używanych do celów militarnych i badawczych;

— wysokość operacyjna systemu IFSAR jest od 20 000 do 30 000 m, natomiast systemu LIDAR od 1000 do 6000 m. Szybkość operacyjna: IFSAR — 750 km/godz., LIDAR — 200 km/godz. Szerokość pasa skanowania: IFSAR — 5–8 km, LIDAR — 0,7–1 km. Szybkość zbierania danych: IFSAR — 4000 km²/godz. LIDAR — 200 km²/godz.;

— średni koszt i dokładność DTM: IFSAR (STAR 3i) około 80 USD/km², dokładność 1 m, LIDAR: około 600 USD/km², dokładność 0,25 m.

W fotogrametrycznych systemach cyfrowych, w których źródłowe obrazy mają postać cyfrową, przetwarzanie rozpoczyna się, podobnie jak w cyfrowych systemach teledetekcyjnych, od korekcji radiometrycznej i geometrycznej obrazów. Każdy obraz, dla którego znany jest opis matematyczny i istnieje jego realizacja programowa, może być przetworzony na stacji fotogrametrycznej. Jednakże, w opracowaniach fotogrametrycznych zwraca się większą uwagę na korekcję geometryczną obrazów, jako że to ma znaczny wpływ na dokładność ostatecznego produktu fotogrametrycznego.

W ciągu ostatnich lat, procedury cyfrowej fotogrametrii znalazły szerokie zastosowanie w praktyce, również w Polsce, powodując znaczne zwiększenie produkcji fotogrametrycznej. Różnorodność cyfrowych systemów/pakietów fotogrametrycznych pozwalała uzyskiwać różne produkty na drodze półautomatycznej lub w pełni zautomatyzowanej. Najwyższy stopień automatyzacji zastosowały takie firmy jak L/H Systems (połączenie firmy Helava Systems z częścią fotogrametryczną firmy Leica) czy Z/I Imaging (połączenie firmy Intergraph i Zeiss). Systemy cyfrowe z tych dwóch połączonych firm są obecnie powszechnie stosowane w świecie, jakkolwiek w Polsce zdecydowanie przeważają systemy firmy Z/I Imaging. Na rynek weszły również z dużym powodzeniem systemy mniejszych, szybko rozwijających się firm, między innymi takich jak Inpho, Erdas, Virtuozo, Autometric Inc. i inne. Stopień automatyzacji w uzyskiwaniu poszczególnych produktów fotogrametrycznych jest różny w stosowanych pakietach programowych i systemach.

Najwyższy poziom automatyzacji osiągnięto przy produkcji cyfrowych ortofotomap (zarówno na etapie tworzenia ortofotografii jak i mozaikowania), które stały się popularnym produktem geoinformacyjnym

i dlatego różni producenci inwestują wiele w narzędzia programowe do ich tworzenia. Ortofotografia cyfrowa jest również najbardziej popularnym produktem fotogrametrii cyfrowej w Polsce i od niego rozpoczęło się powszechne wprowadzanie fotogrametrii cyfrowej do produkcji fotogrametrycznej. Kompleksowy łańcuch produkcyjny wymaga kombinacji różnych etapów w celu właściwej rektyfikacji ortofotografii, radiometrycznej korekcji obrazu, mozaikowania i wytworzenia optymalnego produktu końcowego w formie cyfrowej i analogowej. Wiele pakietów programowych do produkcji ortofotomap rozdziela proces rektyfikacji od procesu mozaikowania. Część pakietów dla mozaikowania zakłada interaktywną definicję linii łączeń, inne są w pełni automatyczne i pozwalają na jednoczesne łączenie i mozaikowanie dużej liczby ortofotografii, jak na przykład Orthopro firmy Z/I Imaging, pracujący w środowisku Geomedia.

Główną zaletą ortofotografii jest szybkość i wiarygodność z jakimi mogą być one tworzone w celu dostarczenia aktualnych geoinformacji o terenie. Należy jednak pamiętać, że na konwencjonalnej ortofotografii tylko powierzchnia terenu i te przedmioty, które się na niej bezpośrednio znajdują, są odwzorowane kartometrycznie. Wszystkie obiekty znajdujące się ponad powierzchnią terenu są przesunięte. Aby tę niedogodność usunąć, trwają prace eksperymentalne nad metodami tworzenia ortofotografii tzw. rzeczywistej (*true orthoimage*), w której wykorzystując NMT oraz dane o pokryciu terenu, poprawia się położenie obrazów obiektów znajdujących się ponad powierzchnią terenu, tak aby były one rzutami ortogonalnymi na płaszczyznę odniesienia.

Cyfrowe ortofotomapy czy pojedyncze ortofotografie są często wykorzystywane do aktualizacji istniejących cyfrowych map wektorowych lub cyfrowych topograficznych baz danych, a także stanowią niezależną warstwę w tych systemach oraz w systemach informacji geograficznej.

Innym wygodnym do różnych zastosowań produktem jest kombinacja ortofotomapy z numerycznym modelem terenu. Efektem tej kombinacji jest przestrzenna wizualizacja numerycznego modelu terenu wraz z udrapowaną na nim ortofotomapą, stosowana np. do tworzenia przestrzennych wirtualnych lub rzeczywistych modeli krajobrazu.

Daleko posuniętą automatyzację uzyskano również przy tworzeniu numerycznych modeli rzeźby terenu i numerycznych modeli powierzchni terenu (z cyfrowych zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych) przy zastosowaniu na przykład takich pakietów jak Socket Set — LH Systems i Match T — Z/I Imaging i Inpho). Automatyczne tworzenie NMT przy zastosowaniu fotogrametrycznych stacji cyfrowych staje się coraz bardziej popularne.

Główne problemy, które są ciągle badane, zarówno w jednostkach naukowych jak i w produkcji, to techniki matchingu, edycja i filtracja uzyskanych przez automatyczną korelację danych dla wyznacze-

nia NMT oraz próby integracji danych obrazowych (lotniczych lub satelitarnych) z pomiarami skanningu laserowego (Mcintosh, Krupnik, Schenk, 2000).

Wykorzystanie numerycznych modeli rzeźby terenu do:

- tworzenia cyfrowych ortofotografii,
 - projektowania dróg, autostrad i innej infrastruktury,
 - analizy terenów popowodziowych, a także,
 - włączenie warstwy NMT do bazy danych systemów informacji topograficznej i geograficznej,
- determinuje coraz pilniejszą potrzebę upowszechnienia automatycznych metod fotogrametrii cyfrowej w celu szybkiego i ekonomicznego tworzenia NMT.

W Polsce, z inicjatywy Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii, od dwóch lat prowadzone są prace wdrożeniowe i prace pilotażowe dotyczące utworzenia Topograficznej Bazy Danych (TBD), jednorodnej dla całego obszaru, która pod względem szczegółowości ma odpowiadać mapie topograficznej w skali 1:10 000. Gromadzone dane mają być agregowane w ośmiu blokach tematycznych. Sposób wprowadzania danych do bloków tematycznych umożliwi ich zarządzanie w technologii GIS, gwarantującej efektywne wyszukiwanie i analizę danych oraz ich wynikową prezentację w przestrzeni 2D i 3D.

Udział fotogrametrycznych technologii cyfrowych jest przewidziany do pozyskania danych dla trzech bloków: ROT (obiekty topograficzne i terenowe układy sieciowe), NMT (numeryczny model terenu), OFM (ortofotogramy oraz zeskanowane zdjęcia lotnicze) oraz przy weryfikacji danych kartograficznych uzyskanych z digitalizacji map 1:10 000.

Pierwsze prace eksperymentalne wykonane dla trzech obiektów wykazały, że zdjęcia Phare 1:26 000, zeskanowane z rozdzielczością 2000 dpi i przetworzone na stacji cyfrowej z pakietem programowym firmy Z/I Imaging wraz z danymi kontrolnymi uzyskanymi systemem GPS oraz danymi z wektoryzacji map 1:10 000 dla terenów zalesionych, zapewniały założone dokładności (Preuss, 2001, Piotrowski, 2001).

W różnych zastosowaniach fotogrametrii i teledetekcji coraz popularniejsze staje się łączenie (fuzja lub synergia) różnych zobrazowań oraz integracja i analiza różnych danych w środowisku GIS w celu kompleksowej interpretacji występujących zjawisk i lepszego wyznaczenia różnych cech charakterystycznych badanych obiektów.

W różnych projektach, w celu zwiększenia dokładności geometrycznej wyznaczanych danych z jednoczesnym zachowaniem ich korzystnych cech interpretacyjnych, łączono multispektralne obrazy TM — LANDSAT czy IRS/LISS z panchromatycznymi IRS — PAN. Przykładem mogą być projekty wykonywane w Instytucie Geodezji i Kartografii, w których wykorzystywano tak zintegrowane obrazy do opracowywania map średnioskalowych kilku województw (Linsenbarth, 2000a, b).

Opierając się na danych z ERS-1 i ERS-2 prowa-

dzono badania dotyczące monitorowania wilgotności różnych zbóż w celu oszacowania biomasy, a wykorzystując dane radarowe zarejestrowane przez satelity ERS, JERS i Radarsat określano wilgotność gleby. B. Hejmanowska i S. Mularz (2000) do określania wilgotności gleb wykorzystali dane radarowe z ERS-2 SAR w integracji z danymi TM LANDSAT.

Zdjęcia lotnicze i obrazy radarowe z satelity ERS-2 wykorzystywano do wyznaczenia zasięgu fali powodziowej wzdłuż rzeki Odry i wstępnego oszacowania zniszczeń spowodowanych powodzią (Bielecka, Ciołkosz, 2000). Na podstawie różnych materiałów źródłowych (obrazy satelitarne LANDSAT TM, NMT, mapy topograficzne, geologiczne, geomorfologiczne, glebowo-rolnicze, pokrycia terenu) opracowywana jest baza danych gleb zlewni Odry, w ramach programu dotyczącego testowania modelu zagrożenia powodziowego, koordynowanego przez Space Applications Institute, Joint Research Centre w Isprze (Białousz i inni, 2000).

Wykorzystując cyfrowe produkty fotogrametryczne, takie jak NMT, cyfrowe ortofotografie i mapy topograficzne, uzyskane ze zdjęć lotniczych oraz aktualne mapy pokrycia i użytkowania terenu, wykonane również na podstawie zdjęć lotniczych, stworzono bazę danych GIS do prognozowania zagrożeń powodziowych dla Wisły (Kaczyński, 2000).

W publikacji M.C. Potcoava (2000) przedstawiono metodologię integracji danych z systemu LANDSAT TM i obrazów radarowych ERS-1 SAR z wykorzystaniem analiz przestrzennych GIS do identyfikacji i wydzielenia obszarów powodziowych na obszarze miasta Bukareszt i terenów przyległych.

Wiele analiz z zakresu zastosowań geologicznych jest wykonywanych w środowisku GIS, przy wykorzystaniu danych z różnych zobrazowań w integracji z takimi produktami fotogrametrycznymi jak NMT czy ortofotografia i danymi z innych źródeł; na przykład:

- kartowanie geologiczne regionów arktycznych wykorzystujące integrację zobrazowań systemu LANDSAT TM, cyfrowego modelu wysokościowego (NMT) i danych aeromagnetycznych (Schetselaar, de Kemp, 2000);

- ocena ryzyka przyrodniczego o geologicznej genezie, a w szczególności badania dotyczące dynamiki osuwisk w aktywnych tektonicznie i sejsmicznie rejonach w kilku krajach oraz badania skutków aktywności wulkanicznej w USA wykonane na podstawie obrazów multispektralnych LANDSAT TM, SPOT i IRS oraz obrazów radarowych (lotniczych i satelitarnych) w integracji z NMT (Bannert, 2000, Singhroy, Mat-tar, 2000);

- do dokumentacji dużej serii osuwisk i splayów błotnych na terenach o dużym zaludnieniu we Włoszech wykorzystano barwne cyfrowe ortofotografie o rozdzielczości 1 metra (Banchini i inni, 2000), a przy rejestracji rejonów osuwiskowych terenów górskich w Kirgistanie zastosowano skanerowe obrazy stereoskopowe z systemu MOMS-2P i pomiary techniką GPS (Roessner i inni, 2000).

Inna grupa zagadnień, w której wykorzystuje się powszechnie metody teledetekcyjne i fotogrametryczne do tworzenia baz danych GIS, dotyczy monitorowania i modelowania procesów zachodzących w rolniczej przestrzeni produkcyjnej oraz rejestracji zmian w użytkowaniu terenu. W zrealizowanych w IGIK projektach wykorzystano obrazy z satelitów meteorologicznych NOAA AVHRR, do stworzenia bazy danych w celu prognozowania plonów upraw, co pozwoliło stworzyć System Oceny Warunków Roślin (Bochenek, 2000).

We współpracy z Unią Europejską, w ramach programu CORINE Land Cover, wykonano mapy użytkowania ziemi dla kilku województw oraz opracowano mapę *Ostoje przyrody o znaczeniu europejskim w Polsce* (Linsenbarth, 1997, 2000a).

Z licznych prac publikowanych na forum międzynarodowym wynika, że w wielu krajach kombinacje różnych zobrazowań są stosowane do tworzenia baz danych dotyczących użytkowania terenu. Na przykład, w artykule Vandyshevej i innych (2000) zaprezentowano technologię tworzenia bazy danych GIS, dotyczącej użytkowania terenu w Rosji na podstawie obrazów satelitarnych NOAA, Resurce, LANDSAT TM, SPOT, TK-350, KVR-1000.

W innej publikacji (Nigam, 2000) zaprezentowano wyniki analiz dotyczących zmian, które zaszły w ciągu 15 lat w użytkowaniu terenu na obszarze miasta Enschede w Holandii, zarejestrowanych na podstawie różnych danych źródłowych.

W wielu miastach krajów rozwijających się obserwuje się nieplanowany i chaotyczny rozwój budownictwa na terenach o wysokim zagrożeniu erozyjnym. Monitorowanie takich zjawisk na podstawie zdjęć lotniczych lub satelitarnych stało się popularne. Projekt wykonywany w Brazylii dotyczył rejestracji ekspansji budownictwa na tereny zagrożone z wykorzystaniem zdjęć lotniczych wykonanych w odstępie 13 lat (Filho i inni, 2000).

Wiele ostatnich prac badawczych dotyczy również integracji satelitarnych wysokorozdzielczych obrazów multispektralnych z danymi SAR/INSAR (Kiema i inni, 2000) lub z danymi laserowymi (Hazarika, Honda, Murai, 2000) oraz cyfrowych zdjęć lotniczych z danymi laserowymi (Hinz, Baumgartner, 2000) do automatycznego rozpoznawania obiektów i ich ekstrakcji.

Łączenie obrazów wykonywanych tym samym systemem z platformy satelitarnej lub lotniczej w różnych okresach, pozwala również wykrywać zmiany zachodzące na powierzchni terenu i w środowisku.

Ostatnim przykładem stosowania metod fotogrametrycznych i teledetekcyjnych do szybkiego i skutecznego monitorowania sytuacji na powierzchni Ziemi, jest prezentacja przedstawiona przez B. Logana z Earthdata International z Nowego Jorku, na „Photogrammetric Week 2001”. dotycząca rejestracji skutków ataku terrorystycznego na World Trade Center w Nowym Jorku.

W piątek, 14 września 2001, trzy dni po wybuchu, wykonano zdjęcia lotnicze w skali 1:5000, wzdłuż głównych ulic. Wykorzystując dane GPS/INS rejestrowane w czasie lotu (bez pomiaru punktów kontrolnych) dzień później (15 IX) wykonano ortofoto, które porównano z ortofotografią z lipca 2000, dla pierwszej oceny szkód.

W sobotę, 15 września, wykonano dodatkowo obrazy systemem LIDAR.

Począwszy od niedzieli 16 września, codziennie wykonywano zdjęcia termalne w celu czasowej oceny terenów objętych przez pożar.

Siedem osób pracuje nad opracowywaniem wyników. Wyniki są natychmiast doręczane do New York City Office, New York Police Office oraz the Disaster Center.

W celu dostarczania aktualnych danych rejestracja będzie prowadzona przez cały czas prowadzenia tam prac. Internetowy adres ‘the Earth Data International’, New York, pod którym można znaleźć przykłady aktualnych obrazów to <http://www.earthdata.com/images/newspaper.jpg>

Zarządzanie i dystrybucja danych rastrowych, technologia WEB

W każdym kraju, także i w Polsce, istnieje ogromna ilość cyfrowych danych geoinformacyjnych w postaci rastrowej, takich jak:

- dane źródłowe w postaci zeskanowanych zdjęć lotniczych czy obrazów satelitarnych, pochodzących z różnych okresów,

- przetworzone produkty fotogrametryczne, takie jak ortofotografie (ortofotomapy), numeryczne modele rzeźby terenu lub tworzone fotogrametrycznie 3D mapy,

- różnego rodzaju mapy i inne materiały zeskanowane i przechowywane w formie rastrowej.

Ten ogrom i różnorodność danych, który w odpowiedniej formie musi trafić do użytkowników, wymaga odpowiedniego przetwarzania, zarządzania, magazynowania i dystrybucji.

Naprzeciw takim potrzebom wyszedł Z/I Imaging prezentując swój nowy pakiet TERRA SHARE, który jest adresowany do producentów, dystrybutorów i użytkowników danych geoobrazowych (Rosengarten, 2001). TerraShare dostarcza systemu, który jest zdolny do zarządzania ogromną ilością geoobrazowych danych, które są w pierw po uzyskane, a następnie eksploatowane, magazynowane i sprzedawane. Pakiet ten, pracując w środowisku Microsoft Window Explorer, pozwala również użytkownikom organizować i monitorować dane w logiczno-hierarchicznym lub georeferencyjnym układzie. TerraShare jest zintegrowany z systemem operacyjnym Windows NT lub Windows 2000. Operatorzy i użytkownicy TerraShare nie muszą znać fizycznych lokalizacji danych. TerraShare również przechowuje metadane opisujące obrazy oraz statystyki projektu w zależności od wymagań

użytkownika. Dane mogą być również dostępne w dystrybucji i sprzedaży poprzez Internet. Służy do tego moduł TerraShare E-Geo, który oferuje następujące możliwości:

- oglądanie danych w geoprzestrzennym środowisku,
- wyszukanie i przesyłanie obrazu via Internet,
- użycie modułu e-commerce w celu sprzedaży danych poprzez Internet.

W obecnych czasach, przedsiębiorstwa fotograficzne prowadzą projekty w ramach międzynarodowej globalnej sieci. Zatem wykonując wspólny projekt z innymi partnerami, chcą z nimi uzgodnień, dotyczących na przykład kontroli jakości danych w trakcie trwania projektu. Istnieje możliwość bezpośredniego wprowadzenia danych, np. rezultatów skanowania czy przetworzenia, do środowiska TerraShare i bezpośredniego ich przesłania poprzez WEB do co-partnera czy zleceniodawcy.

Popularyzacja geoinformatyki obrazowej w dobie kształtowania społeczeństwa informacyjnego

Podstawowy kontekst, w którym prowadzone było dotychczas kształcenie w zakresie fotogrametrii, teledetekcji i GIS, w związku z powszechnym dostępem i wykorzystaniem komputerów, rozwojem technologii przesyłania informacji i coraz powszechniejszym wykorzystywaniem obrazów cyfrowych, uległ w ostatnich latach bardzo istotnej zmianie. Do niedawna te trzy dyscypliny na większości uniwersytetów traktowane były oddzielnie, jako niezależne przedmioty, specjalizacje czy kierunki studiów. Obecnie stają się jednymi z podstawowych narzędzi wykorzystywanych w wielu innych dyscyplinach przy prowadzeniu badań, zarządzaniu czy organizacji różnych instytucji i przedsięwzięć. Skoro społeczeństwo globalne kontynuuje swoje przejście od analfabetyzmu w zakresie wykorzystania informacji geoprzestrzennych do uzależnienia się od tych informacji, postawiło to nowe, poważne wyzwania przed instytucjami zajmującymi się nauczaniem, aby zapewnić właściwą edukację i szkolenie w tych nowych warunkach. Tradycyjne programy i przedmioty nauczania oraz programy badawcze nie spełniają wymagań przyszłości (Lillesand i inni, 2000). Obserwuje się wzajemną integrację tych trzech dyscyplin, innych działów geodezji i kartografii oraz ich ścisłe powiązanie z nowoczesnymi technologiami informacyjno-komunikacyjnymi. Zewnętrznym przejawem tych zmian jest szeroko w świecie wprowadzona dla nich wspólna nazwa, np. geoinformatyka lub geomatyka, inżynieria geomatyczna itp. (Ayeni, 2000).

Popularyzacja wiedzy o metodach fotograficznych, teledetekcyjnych i GIS jest jednym z aspektów tworzenia społeczeństwa informacyjnego (Mierzwa, Jachimski, 2001). Powinna być adresowana do szerokiego grona odbiorców produktów uzyskanych tymi

metodami oraz, przede wszystkim, do młodzieży. Zmiany w metodyce nauczania, takie jak nauczanie wspomagane komputerowo (CAT/CAL), nauczanie na odległość (ang. *distance learning*) i rozwój uniwersytetów otwartych (ang. *open university education*) sprawiają, że dostęp nawet do specjalistycznej wiedzy stał się łatwy.

O wadze tej problematyki i docenieniu jej przez społeczeństwo międzynarodowe świadczy między innymi powołanie przez Międzynarodowe Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji na ostatnim kongresie w Amsterdamie w ramach komisji VI — „Edukacja i komunikowanie się”, grup roboczych: edukacja i szkolenie, nauczanie wspomagane komputerowo, współpraca międzynarodowa i transfer technologii oraz zasoby internetowe i nauczanie na odległość.

Cyfrowe obrazy stały się obecnie powszechnie dostępne. Oferowany jest szeroki wybór kamer cyfrowych od amatorskich (matryca 1 Mb) już za przystępną cenę, do w pełni profesjonalnych o matrycy 16 Mb. Skanowanie zdjęć nie jest już specjalistyczną usługą. Wiele obrazów cyfrowych dostępnych jest na stronach WWW przez Internet. Przesyłanie obrazów cyfrowych pocztą elektroniczną stało się codziennością. Programy do przetwarzania obrazów cyfrowych również nie zaliczają się już do programów specjalistycznych, a są łatwo dostępne. Wszystko to powoduje, że wiedza o pozyskiwaniu, przetwarzaniu i interpretacji obrazów cyfrowych, czyli bierna wiedza o elementach geoinformatyki obrazowej, zaczyna zaliczać się do wiedzy podstawowej. Jednakże jeśli zamierza się przeprowadzić nieco bardziej złożoną interpretację treści zdjęcia, powiązać wyniki z mapą, utworzyć bazę danych przestrzenno-opisowych czy też stworzyć wirtualną rzeczywistość 3D, to do tego potrzebna jest większa wiedza. Zależnie od złożoności zamierzonego przetwarzania informacji potrzebna już jest czynna znajomość geoinformatyki obrazowej na poziomie amatorskim, lub nawet profesjonalnym.

Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji wystąpiło już przed dwoma laty z inicjatywą wzmożenia, w dobie budowy społeczeństwa informacyjnego, działań popularyzujących w całym społeczeństwie możliwości oraz zalety fotogrametrii i teledetekcji, aby poprzez oddolne zwiększenie zapotrzebowania wymusić przyspieszenie odpowiednich prac legislacyjnych i organizacyjnych na wysokich szczeblach.

Dotychczasowe doświadczenia dotyczące kształcenia pracowników administracji w zakresie wykorzystywania obrazów w ich pracy pozwoliły zaobserwować, z jakimi trudnościami należy się liczyć przy kształceniu ludzi dorosłych w tym kierunku (w latach 1997–1998 prowadzone były w Polsce kursy z obrazowej geoinformatyki w ramach europejskiego programu PHARE). Dlatego zdecydowano się rozpocząć działalność edukacyjną w zakresie wykorzystywania obrazów w środowisku najłatwiej przyjmującym nowinki techniczne, a mianowicie w środowisku młodzieży szkolnej.

Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH podjął w latach 2000–2001 prace nad zorganizowaniem doświadczalnych kursów szkoleniowych w jednym z krakowskich gimnazjów w celu przebadania uwarunkowań percepcji treści obrazów lotniczych i satelitarnych przez uczniów, oraz w celu określenia najbardziej efektywnych metod kształcenia na tym poziomie. W roku 2001 Instytut Fotogrametrii i Kartografii Politechniki Warszawskiej rozpoczął analogiczne szkolenie w jednym z warszawskich gimnazjów. Należy oczekiwać, że przekazywanie podstawowej wiedzy o wykorzystaniu obrazów lotniczych i satelitarnych na poziomie szkolnym będzie skuteczną metodą wspomagania budowy społeczeństwa informacyjnego w zakresie geoinformatyki. Czyli, że z punktu widzenia społecznych kosztów, korzystnie jest prowadzić edukację, co najmniej w zakresie biernego użytkowania informatyki obrazowej, już dla młodzieży szkolnej.

W przyszłości zespoły nasze mają zamiar kontynuować zajęcia nie tylko w gimnazjum, lecz chcą również nawiązać współpracę z harcerstwem. Wydaje się, że młodzież mogłaby być zainteresowana zdobywaniem dodatkowych sprawności w zakresie obrazowej informatyki geoprzestrzennej, szczególnie teraz, w dobie budowania społeczeństwa informacyjnego oraz w okresie, gdy osiągalne stają się obrazy satelitarne o wysokiej rozdzielczości jednego metra. Wielość dostępnych zobrażeń podnosi atrakcyjność metody, a także daje nadzieję na realne stosowanie obrazów lotniczych i zobrażeń satelitarnych, nie tylko w harcerskich zabawach, ale również w przyszłym dorosłym życiu zawodowym.

Zresztą nie tylko obrazy lotnicze i satelitarne mogą być przedmiotem młodzieżowej oferty geoinformatycznej. Można zachęcić harcerzy również do wykonywania fotogrametrycznej dokumentacji obiektów zabytkowych. Jest wiele takich obiektów, które dopiero stają się zabytkami lub też mają zbyt niską klasę historyczną, aby znaleźć się na oficjalnych listach. Przy obecnym stanie techniki geoinformatycznej wystarcza amatorski aparat fotograficzny lub aparat cyfrowy, oraz pewna wiedza, niezbyt trudna do nabycia, aby pozyskiwać wartościowe materiały pomiarowe do gromadzenia dokumentacji obiektów, które mogą mieć wartość regionalną lub lokalną. Z czasem takie materiały stają się historyczną dokumentacją miejsc i zjawisk. Ten rodzaj geoinformatycznej działalności na usługach ochrony zabytków może stać się również interesującą dziedziną zdobywania sprawności harcerskich.

Nasze badania nad optymalnym systemem wdrażania społeczeństwa do stosowania „na co dzień” informacji zawartych w obrazach lotniczych i satelitarnych oraz GIS, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb ochrony środowiska, wspierane są finansowo przez polonijną fundację Alfreda Jurzykowskiego z USA. Finansowanie tych badań odbywa się więc zarówno w AGH, jak i w Politechnice Warszawskiej,

częściowo z funduszy Fundacji, a częściowo w ramach prac statutowych tych uczelni.

Wśród czynników warunkujących powodzenie stania się społeczeństwem informacyjnym, na plan pierwszy wysuwa się czynnik powszechnej edukacji („alfabetyzacji”) teleinformatycznej (Tadeusiewicz, 2001). Niezależnie bowiem od stopnia ułatwień i uproszczeń, jakie twórcom systemów informatycznych uda się wbudować w ich programy, użytkownikom stale niedozowna będzie pewna ogólna wiedza na temat technik informatycznych, w tym technik jakimi posługuje się geoinformatyka.

Literatura

- Ayeni O., 2000: *Curriculum restructuring in geomatics education: a systems approach*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXIII, part B6, Amsterdam.
- Banchini G. i inni, 2000: *Role of digital orthophotos in environmental disaster management*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. VII, Amsterdam.
- Bannert D., 2000: *The application of remote sensing to natural hazards of geologic origin — experiences learned from GARS Program of UNESCO and IUGS*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. VII, Amsterdam.
- Baudoin A., 2001: *From the SPOT family towards the Pleiades concept — the proven and extended EO system*, Proceedings of the „Photogrammetric Week 2001”, Stuttgart, H. Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Bamler R., 1999: *The SRTM Mission: A World Wide 30 m Resolution DEM from SAR Interferometry in 11 Days*, Proceedings of the „Photogrammetric Week 99”, Wichman Verlag, Heidelberg.
- Białousz S., Chmiel J., Osińska K., Pluto-Kossakowska J., 2000: *Technologia tworzenia Georeferencyjnej Bazy Danych dla gleb zlewni Odry*, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 10.
- Bielecka E., Ciołkosz A., 2000: *Flood susceptibility of the Odra valley; its relation to land use changes*, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 10.
- Bochenek Z., 2000: *Opracowanie systemu oceny warunków wzrostu roślin w Polsce na podstawie zdjęć z satelitów NOAA*, Prace IGiK, t. XLVII, z. 100, 101–120.
- Demers M.N., 1999: *Fundamentals of Geographic Information Systems*, John Wiley & Sons, Inc.
- Filho M.V., Serafim L., Dias L., 2000: *Temporal analysis of urban expansion in erosion risk using remote sensing and geoprocessing techniques*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. VII, Amsterdam.
- Fricker P., 2001: *ADS40 — Progress in digital aerial data collection*, Proceedings of the „Photogrammetric Week 2001” Stuttgart, H. Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Gaździcki J., 2000: *Leksykon Geomatyczny. Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej*, Wyd. „Wieś Jutra” Sp. z o.o.
- Hazarika M., Honda K., Samarakoon L., Murai S., 2000: *Extraction of road information using Multisensor data*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. III, Amsterdam.
- Hejmanowska B., Mularz S., 2000: *Integration of multitemporal ERS-2 SAR and Landsat TM data for soil moisture assesment*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com.VII Amsterdam.

- Hellwich O., Gunzl M., Wiedemann C., 2000: *Fusion of optical imagery and SAR/INSAR data for object extraction*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. III, Amsterdam.
- Hinz A., Dorstel C., Heier H., 2001: *DMC — The Digital Sensor Technology of Z/I Imaging*, Proceedings of the „Photogrammetric Week 2001” Stuttgart, H. Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Hinz S., Baumgartner A., 2000: *Road extraction in urban areas supported by context objects*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. III, Amsterdam.
- Kiema J.B.K., 2000: *Effect of wavelet compression on the automatic classification of urban environments using high resolution multispectral imagery and laser scanning data*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. III, Amsterdam.
- Jachimski J., Kotlarczyk J., 2001: *Fotogrametria, Teledetekcja i GIS u progu Trzeciego Tysiąclecia*, Forum Akademickie [w druku].
- Kaczyński R., 2000: *Application of analytical and digital photogrammetry methods for forecasting Vistula river floods*, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 10.
- Kurczyński Z., 2000: *Nowa era geoinformatyki*, Geodeta, nr 5, 5–9.
- Lillesand T., Olsen T., Gage J., McEnaney P., 2000: *New paradigm, new approaches restructuring geo-spatial information education and training in a traditional research university setting*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXIII, part B6, Amsterdam.
- Linsenbarth A., 1997: *Legal aspects of cooperation between the European Space Agency (ESA) and Central and Eastern European Countries*, Proceedings of the International Colloquium, Charles University, Prague, September.
- Linsenbarth A., 2000a: *Instytut Geodezji i Kartografii w Roku Jubileuszowym*, Prace IGiK, wydanie jubileuszowe, 17–38.
- Linsenbarth A., 2000b: *Photogrammetry, remote sensing and GIS in preventing, prediction and monitoring of environmental disasters — integrated approach*, Proceedings of 28th International Symposium on Remote Sensing Environment „Information for sustainable development”, Cape Town, March.
- McIntosh K., Krupnik A., Schenk T., 2000: *Improvement of automatic DSM generation over urban areas using Airborne Laser Scanner Data*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. III, Amsterdam.
- Mercer B., 2001: *Combining LIDAR and IFSAR: What can we expect?* Proceedings of the „Photogrammetric Week 2001” Stuttgart, H. Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Mierzwa W., Jachimski J., 2001: *Możliwości rozpowszechniania metod fotogrametrycznych, teledetekcyjnych i GIS poprzez szkolenie młodzieży*, Geodezja, t. 8, z. 1.
- Nigam R.K. 2000: *Application of remote sensing and geographical information system for land use/land cover mapping and change detection in the rural urban fringe area of Enschede City, the Netherlands*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. VII, Amsterdam.
- Piotrowski R., 2001: *Nie od razu TBD zbudowano*, Geodeta, nr 7, 28–32.
- Potcoava M.C., 2000: *The using of satellite image data from optic and microwaves data for development of a methodology for identification and extraction of flooded area*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. VII, Amsterdam.
- Preuss R., 2001: *Rola technologii fotogrametrycznych w tworzeniu topograficznej bazy danych*, Materiały Konferencji Stowarzyszeń Geodezyjnych Czech, Słowacji i Polski, Bra-tysława.
- Roessner S., 2000: *Landslide investigations in Southern Kurdistan based on a digital elevation model derived from stereoscopic MOMS-2P data*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. VII, Amsterdam.
- Schetselaar E., de Kemp E., 2000: *Image classification from Landsat TM, airborne magnetics and DEM data for mapping paleoproterozoic bedrock units*, Baffin Island, Canada. Archives of XIX ISPRS Congress, Com. VII, Amsterdam.
- Rosengarten H., 2001: *TerraShare™ — Distributed Image Data Management*, Proceedings of the „Photogrammetric Week 2001” Stuttgart, H. Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Singhroy V., Mattar K., 2000: *SAR image techniques for mapping areas of landslides*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. VII, Amsterdam.
- Scherer S., Krische M., 2001: *The RapidEye optical satellite family for high resolution imagery*, Proceedings of the „Photogrammetric Week 2001” Stuttgart, H. Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Tadeusiewicz R., 2001: *O potrzebie naukowej refleksji nad rozwojem społeczeństwa informacyjnego [w:] Mikrospołeczność informacyjna na przykładzie Miasteczka Internetowego Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie*, Uczelniane Wyd. Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków.
- Thiele G., 2001: *The shuttle Radar Topography Mission*, Proceedings of the ‘Photogrammetric Week 2001’ Stuttgart, H. Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Triglav J., 2000: *SRTM Mission Completed*, Geoinformatics, no. 4.
- Werner M., 2001: *Status of the SRTM data processing: when will be the world — wide 30 m DTM data available?* Proceedings of the „Photogrammetric Week 2001” Stuttgart, H. Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Vandysheva N.M. i inni, 2000: *Multiscale remote sensing technique for agricultural land use monitoring in Russia*, Archives of XIX ISPRS Congress, Com. VII, Amsterdam.
- Waldhausl P., 2000: *Co-operation between the Polish and the Austrian Society of Photogrammetry and the Mission of the CIPA*, Archiwum Fotogrametrii, Teledetekcji i Kartografii, vol. 10.



Dr hab. inż. Aleksandra Bujakiewicz pracuje na stanowisku profesora nadzw. i kierownika Zespołu Fotogrametrii w Instytucie Fotogrametrii i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Ukończyła Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej ze specjalizacją w zakresie fotogrametrii, gdzie uzyskała również tytuł doktora nauk technicznych w 1971 r. i doktora habilitowanego w 1980 r. Od 1963 r., z przerwą 15 lat, pracuje w Instytucie Fotogrametrii i Kartografii (wcześniej Katedra Fotogrametrii) Politechniki Warszawskiej.



Prof. dr hab. inż. Józef Jachimski jest kierownikiem Zakładu Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej oraz kierownikiem Studium Doktoranckiego Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska (WGGiIŚ) w Akademii Górniczo-Hutniczej (AGH) w Krakowie. Prowadzi wykłady dla studentów WGGiIŚ AGH, a także dla studentów Wydziału Konserwacji Dzieł Sztuki Akademii Sztuk Pięknych w Krakowie. Jest członkiem prezydium International Committee for Architectural Photogrammetry (ICOMOS-ISPRS), współzałożycielem i wiceprzewodniczącym Komisji Geoinformatyki Polskiej Akademii Umiejętności oraz członkiem

W latach 1984–1999, jako ekspert Polservice, pracowała w Afryce na uniwersytetach w Zimbabwie i Zambii na stanowisku profesora, organizując tam edukację i działalność naukową w zakresie nauk geodezyjnych. Przez ostatnie 10 lat kierowała nowym Departamentem Geodezji na Uniwersytecie Zambijskim, zorganizowanym w ramach projektu szwedzkiego i holenderskiego. Autorka licznych publikacji naukowych z zakresu różnych zastosowań fotogrametrii, publikowanych w międzynarodowych i krajowych pismach i materiałach kongresowych lub konferencyjnych. Od marca 2001 r. pełni funkcję Przewodniczącej Polskiego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji; e-mail: abujakiewicz@hotmail.com

komitetu redakcyjnego czasopisma Geoinformatica Polonica, członkiem Komitetu Geodezji PAN, członkiem Państwowej Rady Geodezyjnej i Kartograficznej, redaktorem wydawnictwa naukowego i współzałożycielem Komisji Geodezji i Inżynierii Środowiska oddziału krakowskiego PAN. W latach 1989–2001 był przewodniczącym Polskiego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji, a obecnie jest wiceprzewodniczącym tego Towarzystwa. Główne kierunki prac naukowych to: mapy fotograficzne, projektowanie cyfrowych stacji fotogrametrycznych, inwentaryzacja obiektów zabytkowych z wykorzystaniem metod fotogrametrii cyfrowej oraz metodyka kształcenia pozauniwersyteckiego w zakresie geoinformatyki obrazowej w dobie budowania społeczeństwa informatycznego; e-mail: jjachim@uci.agh.edu.pl