

Integracja technologii geoinformatycznych w systemie monitoringu i zarządzania ekosystemami leśnymi Europy na przykładzie projektu FOREMMS (5PR UE)

Integration of geoinformation technologies in system designed for monitoring and management of European forest ecosystems, based on example of FOREMMS project (5FP IST)

Piotr WĘŻYK

The Forest Environmental Monitoring and Management System (FOREMMS) is carried out by 11 partners from eight European countries. The main goal in the FOREMMS project is to develop and demonstrate an advanced forest environmental and management prototype system. The operational prototype will be able to monitor the whole of Europe giving precise and coherent information on the environment status and development of European forests. Retrieving the desired parameters from remote sensing data requires retrieval algorithms while parameters that come from other sensors are retrieved more correctly. On the basis of what information we consider can be provided by remote sensing technology and what parameters other sensors can provide, a comprehensive list has been established that names all measured parameters to be handled in FOREMMS.

The demonstration sites of the FOREMMS project are chosen among the three major forest biomes types: boreal forest (test site — Finland, Karelia), temperate mixed forest (Poland, Niepolomice Forest) and Mediterranean forest (Italy, Tuscany).

FOREMMS will handle monitoring on three levels. Each level is connected to a geographical area of some typical size: Level-1 areas (of size about 20–100 km²) will be monitored by: ground measurement like forest inventory (supported by geoinformation

technology: GIS, PDA, GPS etc.) and sensors providing point information (EMS ELE Int. stations) and airborne sensors providing area information (AISA hyperspectral scanner, HUTSCAD — radar) as well. Level-2 (up to 30 000 km²) and Level-3 areas (covering entire Europe) will be monitored by satellite images (Landsat 7 ETM, SPOT) with different ground and spectral resolution (MODIS, NOAA). There will be typically one or two databases located in each country and all databases (RasDaMan AK, multidimensional raster database) shall cover whole European forest areas.

Remote access via WWW facilitate the use of the monitoring system through the map-server application (like ArcIMS, DEMIS etc.).

Another aim to correlate satellite and airborne data with ground based data so that monitoring across the whole of Europe can be carried out in a cost effective way in the future.

The FOREMMS project will give information about the condition of the forest ecosystem supporting effective management of the land cover class. The project will study and create methods and models for data fusion e.g.: use of high-resolution remote sensing data together with other information gathered from other sources (GIS, meteorological data and information of air pollution) for the forest monitoring and management.

Wprowadzenie

System Monitoringu i Zarządzania Środowiskiem Leśnym — FOREMMS (*Forest Environmental Monitoring and Management System*) jest trzyletnim grantem badawczo-demonstracyjnym (R&D) realizowanym przez konsorcjum 10 partnerów z 8 krajów europej-

skich. Finansowany jest przez Komisję Europejską w 5 Programie Ramowym UE (5FP), w II Programie Tematycznym. W Polsce program ten funkcjonuje pod nazwą Przyjazne Społeczeństwo Informacyjne (*Information Society Technologies = IST*). Wizja IST zawiera się w hasło: „nasze otoczenie to interfejs do świata zintegrowanych usług”. Tego typu projekty jak FO-

REMMS, w założeniu mają umożliwić dostęp obywateli UE do usług IST w każdym miejscu i dowolnym czasie, i w najbardziej naturalnej dla nich formie. Wiza promuje rozwój zewnętrznej inteligencji (*ambient intelligence*), na którą składa się wszechobecność usług i ich przyjazność dla użytkownika (Internet, 2001).

Pojęcie „społeczeństwo informacyjne” wprowadzone zostało w 1963 roku w Japonii (*jahoko shakai*) i spopularyzowane 5 lat później przez teoretyka mediów Kenichi Koyame. Termin ten określa społeczeństwo, dla którego informacja – traktowana jako specyficzne dobro niematerialne – staje się ważniejsza od dóbr materialnych (Goban-Klas, Morbitzer, 1998). Według innej definicji o „społeczeństwie informacyjnym” można mówić w momencie, kiedy głównym i pierwszoplanowym procesem ekonomicznym jest obróbka informacji, a stosunki społeczne (np. kultura–media) i służby społeczne (np. edukacja, edukacja) zostały do tego dostosowane.

W tak ukształtowanej zbiorowości informacja nabiera cech towaru, powodując kształtowanie się rynku podaży i popytu na usługi związane z jej wytwarzaniem, przechowywaniem, przetwarzaniem, generowaniem, udostępnianiem i prezentacją (Goban-Klas, Sienkiewicz, 1999). Jeżeli informacja ta ma charakter przestrzenny, tj. dotyczy obiektów związanych lokalizacją z określonym miejscem na Ziemi, i jest pozyskiwana i przetwarzana przy zastosowaniu nowoczesnych technologii (GIS, GPS, teledetekcja, IT etc.), to definicja ta zaczyna pokrywać się z pojęciem geomatyki (Wężyk 2000, Internet 1999).

Również w Polsce podejmowane są już pierwsze uchwały określające za słuszne, iż we współczesnym społeczeństwie informacyjnym, każdy obywatel powinien mieć zagwarantowany dostęp do geoinformacji traktowanej jako dobro wspólne, bez utrudnień i ponoszenia nieuzasadnionych kosztów (PTIP, 2001).

Cel projektu FOREMMS

Głównym celem projektu FOREMMS jest zademonstrowanie Komisji Europejskiej działającego prototypu, technologicznie zaawansowanego systemu geoinformacyjnego pracującego na trzech zróżnicowanych poziomach: lokalnym, regionalnym (poszczególne kraje) oraz ogólnoeuropejskim, na potrzeby monitoringu i zarządzania zasobami leśnymi.

Założenia metodyczne i technologiczne

Zakłada się, iż system FOREMMS mający charakter zaawansowanej technologii, ma być dostępny a zarazem przyjazny w obsłudze dla każdego obywatela Europy i spełniać jego oczekiwania zgłoszone podczas pierwszej fazy projektu. Przeprowadzenie ankiety (WP1- User Needs) było wymogiem Komisji Europejskiej kładącej w ten sposób nacisk na zdefiniowanie potencjalnych grup użytkowników i ich konkretnych

potrzeb. To przede wszystkim do nich ma być skierowany system (administracja, firmy komercyjne, świat nauki, nauczyciele i obywatele). Produktem końcowym FOREMMS mają być informacje dla lokalnych, regionalnych, rządowych i międzynarodowych użytkowników, włączając w to EEA (Europejską Agencję Środowiska), której członkiem Polska stała się od 1 stycznia 2002 r. Tym samym projekt wniesie swój wkład do tworzenia europejskich standardów wymiany danych o środowisku przyrodniczym.

Wybrane podsystemy (moduły) FOREMMS dostępne dla ogółu użytkowników przeznaczone będą do generowania informacji w formie interaktywnych wizualizacji (mapy, wykresy, tabele), prowadzenia analiz statystycznych dla serii czasowych, symulacji założonych scenariuszy oraz tworzenia raportów statystycznych. Dostęp do tych informacji ma się odbywać poprzez sieć internet z użyciem nieskomplikowanych i taniych narzędzi umożliwiających prace przez podstawowe przeglądarki sieciowe (ryc. 1).

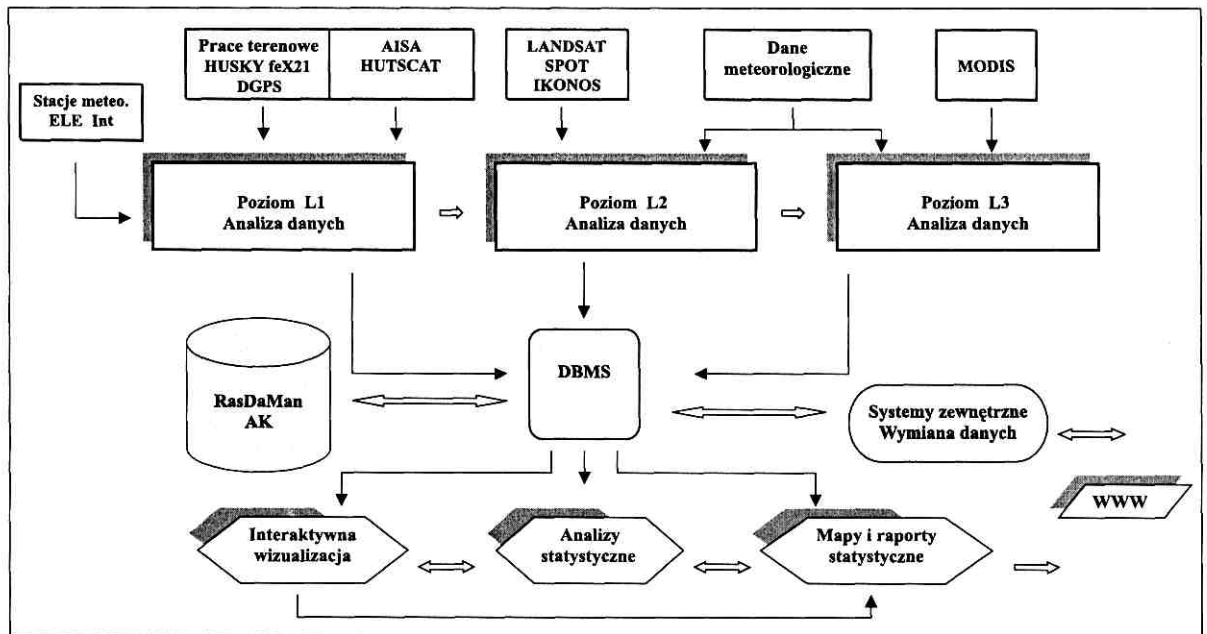
Zbudowanie systemu i jego wdrażanie ma się odbywać poprzez tworzenie minisieci (węzłów systemu) działających początkowo tylko w trzech krajach europejskich (Finlandia, Polska i Włochy), reprezentujących trzy główne typy biomów leśnych Europy. W bardzo dużym uproszczeniu można je przedstawić jako następujące formacje roślinne: wiecznie zielone lasy iglaste (lasy borealne i górnych pięter górskich), lasy mieszane umiarkowanej strefy klimatycznej oraz lasy basenu Morza Śródziemnego. Ta klasyfikacja spowodowała wytyczenie transektu przebiegającego z północy na południe naszego kontynentu przez obszar Finlandii (Karelia), Polski (Małopolska) i Włoch (Toskania).

W poszczególnych krajach, partnerzy projektu wytypowali wg założonych wcześniej kryteriów odpowiednie obszary badawcze. W przypadku Polski, najlepiej warunki te spełniały drzewostany Puszczy Niepołomickiej (dominujące naturalne siedliska lasów mieszanych dębowo-sosnowych *Pino-Quercetum*). Dodatkowym atutem tego obszaru było występowanie obok siebie drzewostanów gospodarczych oraz rezerwatów przyrody. Teren Puszczy Niepołomickiej przez ostatnie kilkadziesiąt lat pozostawał pod silnym wpływem imisji przemysłowych KOP i innych aglomeracji miejskich. Od wielu lat prowadzone są na tym obszarze intensywne badania naukowe, które z powodzeniem mogą zostać wykorzystane w FOREMMS.

Podstawowym zadaniem systemu będzie ciągłe monitorowanie ekosystemów leśnych na trzech **Poziomach (L1, L2 oraz L3)** szczegółowości pozyskiwania geoinformacji, tj.:

Poziom L1

Na wytypowanych obszarach (drzewostany wzorcowe — węzeł systemu; powierzchnia około 20–100 km²) przeprowadzony zostanie monitoring o możliwie najwyższym stopniu szczegółowości. Poza pracami z zakresu zarządzania lasu (siatka monitoringowa) przewidziano prowadzenie badań nad skażeniem wierzchnich po-



Ryc. 1. Schemat ideowy działania poszczególnych modułów systemu FOREMMS.

Fig. 1. Flow chart of the FOREMMS.

ziomów gleb metalami ciężkimi, określeniem biomasy drzew i indeksu powierzchni aparatu asymilacyjnego (*Leaf Area Index = LAI*). Automatyczne stacje meteorologiczne (pracujące *on-line*) będą uzupełniać informacje o warunkach panujących w ekosystemie leśnym.

Na tym poziomie szczegółowych badań przewiduje się użycie zobrażeń cyfrowych wykonywanych z samolotu bądź śmigłowca (aparatura pomiarowa AISA, HUTSCAT).

Poniżej zestawiono techniki geoinformatyczne zastosowane do tej pory na poziomie L1 pozyskiwania informacji:

- wygenerowanie, wytyczenie i przeprowadzenie pomiarów na regularnej siatce monitoringowej (metoda statystyczno-matematyczna stosowana w urządzaniu lasu), prace w terenie z wykorzystaniem aplikacji GIS, komputera polowego Husky feX21 oraz odbiorników GPS;
- wykorzystanie GIS do generowania tematycznych map numerycznych z baz SILP;
- wygenerowanie Numerycznego Modelu Terenu (NMT);
- pomiary różnicowe DGPS (sygnał OmniStar bądź stacja bazowa AR Kraków);
- obrazowanie terenu hiperspektralnym skanerem AISA (Airborne Imaging Spectrometer);
- obrazowanie radarowe HUTSCAT (Helsinki University of Technology Scatterometer);
- przesyłanie danych meteorologicznych z automatycznych stacji (ELE Int.) za pomocą GPRS;
- zapisywanie obrazów rastrowych do bazy RasDaMan (AK/FORWISS).

Poziom L2

Dotyczy wybranych obszarów w poszczególnych krajach (węzłach systemu obejmujących teren L1) oraz wylosowanych terenów leśnych (zasięg regionalny). Na tym etapie przewiduje się wykorzystanie informacji wysokorozdzielczych zobrażeń satelitarnych (SPOT, LANDSAT), które pozwolą na analizowanie za każdym razem około 10% powierzchni lasów europejskich. Do zapewnienia poprawności analiz klasyfikacyjnych (np. do korekcji atmosferycznej) potrzebne będą dane meteorologiczne z serwisów regionalnych lub krajowych (np. IMiGW). Informacje zebrane na obszarach poziomu L1 (powierzchnie wzorcowe) wykorzystane zostaną do przeprowadzenia klasyfikacji oraz modelowania matematycznego opartego na algorytmach:

- klasyfikacyjne;
- korekcji atmosferycznej np. 5S (Tanré i in., 1990);
- NDVI;
- zmienności czasowo-przestrzennej (Høst i in., 1995).

Wyniki klasyfikacji i modelowania, a także obrazy satelitarne (po kalibracji) będą przechowywane w specjalistycznej bazie danych rastrowych RasDaMan (ang. *multidimensional database system*).

Poziom L3

Dla obszarów leśnych całej Europy, z dużą częstotliwością uzależnioną tylko od warunków atmosferycznych, określane będą wybrane parametry drzewostanów w oparciu o wykorzystanie informacji z niższych poziomów (L1 oraz L2) niezbędnej do analiz zobrażeń satelitarnych skanerów: Terra MODIS, ENVISAT

MERIS lub NOAA-AVHRR. Dane meteorologiczne muszą pochodzić z obszaru całej Europy, tj. obejmować nawet kraje, w których nie występuje jeszcze węzeł systemu FOREMMS. Na tym poziomie przewiduje się:

- modelowanie matematyczne (np. obieg węgla w ekosystemie);
- określanie parametrów: typ drzewostanu, biomasa, defoliacja etc.
- LAI / NDVI itp., monitoring i symulacja występowania zagrożeń pożarami;
- zapisywanie wyników modelowania w bazie danych RasDaMan.

Techniki geoinformatyczne stosowane na poziomie L1 Projektu FOREMMS

Sposoby opisu obszarów leśnych

Podstawowym źródłem informacji o zasobach leśnych są wciąż w głównej mierze bezpośrednie obserwacje terenowe. Jakość informacji uzależniona jest przede wszystkim od zastosowanej metody. Ze względu na wielkoobszarowość ekosystemów leśnych informację pozyskuje się poprzez tzw. taksację drzewostanów (wzrokowe szacowanie zasobów przez odpowiednio przeszkolonych pracowników) bądź też wykorzystuje się metody statystyczno-matematyczne (siatki powierzchni próbnych). Te ostatnie mają swe ogromne zalety szczególnie w aspekcie wsparcia tych prac technikami z zakresu geodezji, GPS i innych.

W przypadku kompleksów Puszczy Niepołomickiej zdecydowano się na założenie w regularnej więźbie (750 x 750 m) 185 punktów sieci monitoringowej oraz dwóch transektów (TR1 i TR2).

Zróznicowanie metodyki prac terenowych wynika z tradycji gospodarki leśnej, zaawansowania technologicznego kraju oraz przede wszystkim z warunków przyrodniczych, które kształtują występowanie odpowiednich formacji leśnych.

W niektórych krajach europejskich, szczególnie skandynawskich, ogromny nacisk kładzie się na wykorzystanie technologii teledetekcyjnych do szacowania podstawowych parametrów drzewostanu jako potencjalnego źródła surowca dla przemysłu.

Mapy numeryczne oraz bazy danych opisowych

Przed przystąpieniem do prac terenowych dużą uwagę skupiono na poprawnym zinwentaryzowaniu, zebraniu i przygotowaniu geoinformacji dla obszaru Puszczy Niepołomickiej. Dużą pomocą okazały się dane udostępnione przez zespół badawczy prof. Weinera (grant KBN PB 900/PO4/98/15) w postaci map numerycznych i baz danych (stan aktualności 1991). Zarówno bazy geometryczne jak i opisowe zostaną uaktualnione w czasie trwania projektu. Od Urzędu Marszałkowskiego (WODGiK) w Krakowie zakupiono dane w postaci obrazów rastrowych: map topograficznych oraz zeskanowanych diapozytywów zdjęć lotniczych.

Leśne mapy numeryczne edytowane i uzupełniane są obecnie o przebieg dróg i ścieżek leśnych oraz innych licznych obiektów (rowy melioracyjne, ciek wodne). Ta nowo uzupełniana warstwa informacji posłuży do analiz sieciowych (Network) w oparciu o dane opisowe zbierane podczas prac terenowych.

Odpowiednio przygotowane mapy poddane zostały transformacji do układu WGS84 i przesłane do rejestratora polowego TSC1 — odbiornika (Trimble), co w znaczny sposób ułatwiło orientację podczas prac terenowych.

Na potrzeby tworzenia, edycji oraz uzupełniania baz geometrycznych wykorzystuje się w FOREMMS oprogramowanie ESRI (Arc/Info, ArcView), które gwarantuje poprawność topologiczną dla obiektów i możliwość relacji do baz danych w różnych formatach.

Globalny System Pozycjonowania (GPS)

Choć wciąż napotyka się trudności z odbiorem sygnału w niektórych typach drzewostanów, to wydaje się, iż stosowanie systemu GPS w tego typu projektach jest już koniecznością. Sygnał GPS, w tym i sygnał korekcyjny (DGPS), wykorzystywane są w projekcie FOREMMS w wielu modułach i różnych etapach pozyskiwania informacji.

Przy zakładaniu regularnej sieci powierzchni monitoringowych na obszarze Puszczy Niepołomickiej w kwietniu 2001 roku, wykorzystywano 2 odbiorniki Trimble ProXRS z rejestratorem polowym TSC1 oraz stację bazową Akademii Rolniczej usytuowaną na dachu wieżowca w centrum Krakowa. Odbiornik ProXRS wyposażony jest w zintegrowaną antenę, która ma możliwość odbioru sygnałów od satelitów NAVSTAR oraz sygnału korekcyjnego nadawanego komercyjnie (np. OmniStar lub LandStar) lub też pochodzącego z radiolatarni. Doświadczenia zdobyte wiosną 2001 (okres niewystępowania aparatu asymilacyjnego u gatunków liściastych) w Puszczy Niepołomickiej wskazują na możliwość używania sygnału korekcyjnego satelity OmniStar, w trybie nawigacji przy błędzie kształtującym się średnio na poziomie około 1,5-2,0 metra (X,Y). Przeprowadzone powtórnie w okresie wegetacyjnym pomiary punktów siatki monitoringowej, wskazują na znaczny wpływ biomasy liści na jakość docierającego sygnału DGPS do anteny odbiornika.

Założeniem projektu FOREMMS jest zademonstrowanie możliwości użycia w trudnych warunkach terenowych (deszcz, niska lub wysoka temperatura, wstrząsy) urządzeń ułatwiających prace na powierzchniach monitoringowych (np. zarządzanie lasu). W tym celu przenośny komputer HUSKY fex21 został wyposażony w odbiornik DGPS, pozwalając na lokalizację w terenie z dokładnością około 1-5 metrów w zależności od sposobu i możliwości przesyłania sygnału korekcyjnego. Zainstalowane oprogramowanie ArcPad (ESRI) jest w tym momencie testowane wraz z innym programem przygotowanym przez hiszpańskiego partnera (COMELTA/UAB).

W pracach na powierzchniach monitoringowych,

których środki zostały precyzyjnie wytyczone metodą DGPS (pomiar 300 epok, obliczenie błędu w stosunku do zakładanej pozycji i przesunięcie o konkretny wektor), zastosowano również 12-kanałowe odbiorniki turystyczne e-Map (GARMIN). Pozwalały one na szybkie dotarcie do miejsc pomiarów zespołem ludzi, którzy po raz pierwszy przebywali w tym terenie. Do odbiornika e-Map przesłano współrzędne punktów monitoringowych oraz zarejestrowany wiosną przebieg głównych dróg i ścieżek, którymi można dotrzeć do miejsca badań. Nawigacja odbiornikiem Garmin (z dokładnością odbioru 4–11 metrów pod drzewostanem) pozwoliła na skrócenie czasu dotarcia ludzi i sprzętu i umożliwiając jednocześnie kontrolę ich obecności na miejscu opróbowania.

Odbiornik C-MIGITS (Miniature Integrated GPS/INS Tactical System) tj. GPS-INS (Boening) wyposażony w kilka anten rozlokowanych na kadłubie samolotu Skyvan SC7 wykorzystany został w procesie rektyfikacji obrazu cyfrowego skanera hiperspektralnego AISA. Dodatkowo podczas nalotu nad terenem Puszczy Niepołomickiej fińscy piloci stosowali, inny hybrydowy (DGPS-INS) system do nawigacji umożliwiający im utrzymanie kierunku i wysokości zaprojektowanych 23 szeregów nalotu.

Numeryczny Model Terenu

Mapy topograficzne w skali 1:10 000 są obecnie przetwarzane na drodze wektoryzacji w celu pozyskania informacji o przebiegu linii warstwicznych oraz sieci rowów melioracyjnych, wałów przeciwpowodziowych, dróg i infrastruktury wokół obszaru badań. Linie warstwiczne oraz pikietki wysokościowe staną się głównym źródłem w tworzeniu NMT. Inne pozyskane obiekty 2D takie jak: cieki wodne, rowy i skarpy użyte zostaną jako linie nieciągłości w procedurze tworzenia modelu TIN w środowisku oprogramowania Arc/Info (ESRI). NMT zostanie użyty w procesie ortorektyfikacji zdjęć lotniczych i zobrażeń AISA a także w innych analizach przestrzennych SIP.

Fotogrametria cyfrowa

Stereodigitalizacja zdjęć lotniczych wykonanych w 1997 roku, w ramach funduszu PHARE (skala 1:26 000) przebiegać będzie na cyfrowej stacji fotogrametrycznej VSD-AGH. W tym celu niezbędne będzie pozyskanie współrzędnych fotopunktów możliwych obecnie do zidentyfikowania w terenie. Pomiaru dokona się metodą DGPS w oparciu o posiadane odbiorniki Trimble PRO XRS i stację korekcyjną AR w Krakowie (odległość ok. 25 km).

Specyfika prac z podstawowym materiałem kartograficznym jakim jest w Lasach Państwowych mapa gospodarczo-przeładowa (1:10 000) powodowała, iż o jej aktualność dbały co 10 lat Biura Urządzenia lasu i Geodezji Leśnej (BULiGL). W chwili obecnej przy zaakceptowanym Standardzie Leśnej Mapy Numerycznej sytuacja ta ma szansę się zmienić. Głównym zamierzeniem opracowania stereogramów jest pozyska-

nie informacji o zmianach jakie dokonały się pomiędzy rokiem 1991 (aktualizacja mapy gospodarczo-przeładowej przez BULiGL Kraków) a rokiem 1997, czyli wykonaniem nalotu fotogrametrycznego. Pozwoli to na częściową weryfikację informacji np. na temat powierzchni zrębowych bądź zalesień w porównaniu do przygotowywanej obecnie mapy do nowego „Planu urządzania gospodarstwa leśnego Nadleśnictwa Niepołomice”. Dodatkowo można będzie uzyskać informacje dla okresu wykonania zdjęć poprzez „aktualizację wstecz” bazy geometrycznej i opisowej (Armenakis, Regan, 1996). Ma to swoje uzasadnienie w kontekście korzystania z archiwalnych zobrażeń satelitarnych i ich odpowiedniej klasyfikacji opartej na danych jak najbardziej zbliżonych swym stanem aktualności do czasu obrazowania.

Kolejnym powodem sięgnięcia po techniki fotogrametrii cyfrowej są prace przeprowadzone na transektach monitoringowych TR1 i TR2. Tradycyjnymi metodami geodezyjnymi na łącznej powierzchni niemal 4,0 ha dokonano kartowania rzutów wszystkich koron drzew (około 1500 sztuk) oraz pomiarów taksacyjnych (pierśnica drzew, wysokość drzew, długość korony itp.). Na drodze stereodigitalizacji w modelach zdjęć dokona się kartowania koron drzew przy jednoczesnym określeniu ich wysokości. Jest to przykład przejścia od informacji typu 2D do 3D, tj. bezpośredniej integracji technik fotogrametrycznych i GIS (w tym teledetekcyjnych) określanych jako „P-GIS” = „Photogrammetry-GIS” lub w innej interpretacji „Power-GIS” (Mayr, Reinhardt, 1996). W ten sposób otrzymane informacje posłużą jako pola worcowe do dalszych analiz cyfrowych obrazów skanera AISA.

W przyszłości zakłada się wygenerowanie ortofotomapy cyfrowej i wykorzystania jej do wizualizacji prezentacji różnych analiz przestrzennych GIS.

Skaner hiperspektralny AISA (Airborne Imaging Spectrometer)

Na potrzeby realizacji FOREMMS, zdefiniowano 32 kanały spektralne (w paśmie promieniowania elektromagnetycznego od 430,39 do 892,07 nm) i ich szerokość (od 3,38 do 8,46 nm), zakładając jednocześnie rozdzielczość terenową piksela na poziomie 1,0 metra (czas rejestracji 18 msec). Podczas nalotu wykonano 23 szeregi przebiegające niemal na kierunku N–S. Odstęp między szeregami wynosił 250 metrów (pokrycie podłużne 50%) dla wysokości względnej lotu 1000 metrów nad Puszcza Niepołomicką. Prędkość przelotu nad lasem ustalono na 200 km/h. Powierzchnia obszaru zobrazonego skanerem AISA wyniosła około 70 km². Wielkość pliku z zarejestrowanymi obrazami w 32 kanałach wyniosła 9GB.

Korekcję geometryczną zobrażeń AISA przeprowadza się w oparciu o dane pozyskiwane ze specjalnego systemu nawigacyjnego C-MIGITS (Miniature Integrated GPS/INS Tactical System) zamontowanego w samolocie Skyvan (HUT). Dane o pozycji oraz informacja o kątach w trzech płaszczyznach urządzenia w stosunku do obrazowanych obiektów generowana

jest przez odbiornika DGPS (Boening). W celu precyzyjnej kalibracji obrazów można dodatkowo wykorzystywać punkty kontrolne, których współrzędne należy pomierzyć w terenie. Istnieje możliwość wykorzystania NMT w celu precyzyjnego przeprowadzenia korekcji wysokości obiektów odbijających promieniowanie. Urządzenie AISA zostało również przygotowane przez firmę Specim Ltd. pod kątem korekcji radiometrycznej z użyciem odpowiednich standardów i urządzeń (np. światłowodu rejestrującego nieboskłon w czasie nalotu). Firma ta dostarczyła również oprogramowanie pracujące w środowisku Linux do automatycznej kalibracji i mozaikowania poszczególnych szeregów nalotu (CaliGeo).

HUTSCAT

Urządzenie HUTSCAT (Helsinki University of Technology Scatterometer) działające w 8 kanałach w zakresie częstotliwości 5.4 GHz (C-band) oraz 9.8 GHz (X-band) i w czterech kierunkach polaryzacji, montowane jest standardowo pod śmigłowcem BELL. Rozdzielczość terenowa przetworzonego obrazu oceniana jest na 65 cm.

Jednocześnie wraz z obrazowaniem mikrofalowym obiekt rejestrowany jest cyfrową kamerą wideo oraz zapisywana jest aktualna pozycja śmigłowca (współrzędne DGPS). Dzięki temu wszystkie dane mogą zostać skalibrowane. Przy dogodnych warunkach pogodowych platforma śmigłowca nie wpływa negatywnie (dowibracje etc.) na jakość zobrazowań.

Dzięki określaniu wysokości obiektu przez HUTSCAT, można analizować strukturę przestrzenną drzewostanów, tj. agregacje koron oraz profile poprzeczne drzewostanów. Ta ostatnia informacja jest na wskroś nowoczesna w porównaniu z danymi pochodzącymi ze skanerów optycznych (nawet AISA). Dzięki tym danym można określać piętrowość drzewostanów oraz występowanie nowego pokolenia pod całkowicie zwartym okapem drzewostanu (czasem nawet obecność runa), co w gospodarce leśnej może mieć kapitalne znaczenie. Urządzenie HUTSCAT przeznaczone jest głównie dla terenów o niewielkich deniwelacjach. Użycie w warunkach górskich nigdy nie było przedmiotem testów. Niestety z powodu niespodziewanej awarii śmigłowca BELL, w Polsce i we Włoszech nie zastosowano w tym roku urządzenia mikrofalowego HUTSCAD. Planuje się ponowne użycie obu tych urządzeń w fazie demonstracji systemu w roku 2002.

Transfer danych GPRS

Zastosowanie automatycznej stacji meteorologicznej dostarczonej przez partnera ELE Int. (UK) da niebawem możliwość testowania technologii GPRS do przesyłania danych pomiędzy urządzeniami rejestrującymi a serwerem gromadzącym wszystkie dane. Rozważa się również możliwość testowania transferu informacji pomiędzy komputerem Husky feX21 w terenie a serwerem danych (np. aktualizacja danych, Internet).

System SIP, oprogramowanie, bazy danych

Na obecnym etapie realizacji projektu wykorzystywane jest głównie oprogramowanie ESRI (ArcInfo v.8.x, ArcView 3.2, ArcPad 5.0). Nie zdecydowano jeszcze jaki będzie końcowy kształt modułu odpowiedzialnego za interaktywne generowanie map poprzez zapytania z poziomu przeglądarek internetowych. Rozważa się użycie gotowych produktów (ArcIMS, Map Object) bądź innych niedrogich rozwiązań (Demis Map Server).

Do interaktywnej wizualizacji określana jest przydatność takiego oprogramowania jak CARIS Multi-Dimensional Framework (MDF) czy ENVI N-Dimensional Visualiser.

Baza danych RasDaMan DBMS (Active Knowledge/FORWISS) została zaprojektowana jako system wysoce skalowalny do opisu wielowymiarowych obiektów i ich grup. Indeks wielowymiarowy (w rzeczywistości często rodzina indeksów) używany jest do przyspieszenia dostępu do danych skompresowanych i w ten sposób niedostępnych w poszukiwaniu. Baza RasDaMan jest obecnie dostępna w wersji 3.5 na O2 i Oracle w wielu różnych platformach Unix z włączeniem Solaris i Linux.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono tylko wybrane moduły i etapy obecnie realizowanych prac nad systemem FOREMMMS. Wiele modułów czeka jeszcze na swą kolej, co wynika z licznych problemów przed jakimi stanęli partnerzy, stawiający sobie za cel ogromne przedsięwzięcie organizacyjne i technologiczne.

Komplikacje w realizacji projektu wynikają często z poważnych kwestii, takich jak próba ujednoczenia metod i parametrów opisujących środowisko leśne w różnych krajach europejskich. Kwestia używania różnego oprogramowania SIP i układów współrzędnych nie wydaje się natomiast stanowić już wielkiego problemu w momencie decyzji o zastosowaniu jednolitego systemu WGS84 i dostosowania się do konwencji OpenGIS.

Inny problemy to choćby różne traktowanie danych publicznych i dostępu do nich w poszczególnych krajach europejskich (Polska nie jest tu wyjątkiem). Okazuje się, iż łatwiej jest ściągać dane z kilkuset europejskich stacji meteorologicznych z serwera w USA niż uzyskać odpowiednie zezwolenia z poszczególnych krajów europejskich.

Dużą przeszkodą okazało się uzyskanie odpowiedniego zezwolenia na dokonanie nalotu nad obszarami leśnymi, co jednak po trwającej 12 miesięcy procedurze w naszym kraju, udało się szczęśliwie załatwić.

Posługując się nowymi technologiami takimi jak AISA, często stajemy się ofiarą własnego apetytu na coraz większą masę bardziej szczegółowej informacji. Kilkanaście GB danych w jednym zbiorze może powodować określone trudności i to nie tylko podczas archiwizacji na pokładzie samolotu. Replikacja danych

pomiędzy węzłami systemu (serwery w poszczególnych krajach) może stanowić również pewien kłopot nie tyle dla pamięci masowej, ile jej transferu przez często przeciążoną sieć komputerową.

Chyba najbardziej prozaiczną przyczyną kłopotów w naszej strefie klimatycznej są warunki pogodowe, które wyznaczają tempo i możliwości aktualizacji geoinformacji o obszarach leśnych. Mają one ogromne znaczenie dla prowadzenia prac terenowych, nalotów fotogrametrycznych oraz użycia skanerów (również z poziomu satelitarnego). Niewątpliwie rozwiązanie można upatrywać w rozwoju technik mikrofalowego rozpoznania takich jak HUTSCAT.

Pomimo powyższych przeciwności natury technologicznej i przyrodniczej, FOREMMS ma szansę stać się prototypem narzędzia umożliwiającego szerokiemu kręgowi odbiorców dostęp do geoinformacji o obszarach leśnych naszego kontynentu.

Literatura

- Armenakis C., Regan A., 1996, *Map revision using digital ortho-photos*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXI, part B4, Commission IV, ISPRS, Wien.
- Goban-Klas T., Morbitzer J., 1998, *Pedagogiczne konsekwencje budowania społeczeństwa informacyjnego*, [w:] *Materiały konferencyjne — VIII Ogólnopolskie sympozjum naukowe nt. „Techniki komputerowe w przekazie edukacyjnym”, 2–26 września 1998, Poznań*, <http://www.wsp.krakow.pl/Pl-asc/ptn/Symp98.html>
- Goban-Klas T., Sienkiewicz P., 1999, *Spoleczeństwo Globalnej Informacji. Spoleczeństwo informacyjne: Szanse, Zagrożenia, Wyzwania*, Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji. Kraków.
- Høst, G., Omre, H. Switzer, P., 1995, *Spatial Interpolation Errors For Monitoring Data*, Journal of the American Statistical Association, 90, 431, 853–861.
- Internet 2000: <http://www.giac.ca/site/geomatics/geomatics.html>
- Internet 2001: <http://www.npk.gov.pl/>
- Mayr W., Reinhardt W., 1996, *Digital Photogrammetry join GIS — A Powerfull Combination*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXXI, part B4, Commission IV, ISPRS, Wien.
- PTIP, 2001, Uchwała XI Konferencji Naukowo-Technicznej „Systemy Informacji Przestrzennej” Polskiego Towarzystwa Informacji Przestrzennej, 28–30 V 2001, Warszawa, Geodeta, 7(74), 26.
- Tanré D., Deroo C., Duhaut P., Herman M., Morcrette J.J., Perbos J., Deschamps P.Y., 1990, *Description of computer code to simulate the satellite signal in the solar spectrum: the 5S code*, International Journal of Remote Sensing, 11, 4, 659–668.
- Węzyk P., 2000, *Techniki geomatyczne w planie ochrony Gorczańskiego Parku Narodowego*, Inwentaryzacja walorów przyrodniczych i sporządzanie planów ochrony w parkach narodowych i rezerwach przyrody. Szczeliniac, 4, 153–168.



Dr inż. Piotr Węzyk, absolwent Wydziału Leśnego Akademii Rolniczej w Krakowie. Zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Ekologii Lasu Wydziału Leśnego Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków), kieruje Laboratorium GIS i Teledetekcji (<http://argis.les.ar.krakow.pl/>); e-mail: rlwezyk@cyf-kr.edu.pl