

JERZY MOZGAWA

Współczesne teledetekcyjne metody inwentaryzacji stanu lasu po huraganie

Contemporary remote sensing methods for inventorying of the storm damaged forest

ABSTRACT

Forest areas suffering acute damage from wind storms can be successfully monitored by applying remote sensing techniques using special panchromatic aerial photography and available traditional colour satellite imagery with a terrestrial resolution not less than 5 m. Orthophotomaps and satellite images collected for the needs of the IACS system provide important information about forest damage caused by heavy storms. It is essential to create spatial information system for the efficient collection, processing and access to spatial environment and forest-related information about areas affected by the disaster.

KEY WORDS

remote sensing, aerial photography, high-resolution satellite imagery, inventory of forest damage, windstorm, IACS system

Wprowadzenie

Przedmiotem opracowania są metody pozyskania, przetwarzania i interpretowania teledetekcyjnego obrazu terenu, który będzie traktowany jako źródło geoinformacji o obszarach pohuraganowych i to informacji jednocześnie dwójakiego rodzaju: o cechach obiektów i ich przestrzennym położeniu. Dane o cechach obiektów korespondują z ideą atrybutów składających się na ocenę stanu lasu. Dane o przestrzennym położeniu nie mają charakteru atrybutowego i korespondują z ideą lokalizacji powierzchni leśnych, które muszą być odpowiednio dokładnie określone w leśnej mapie numerycznej. W procesie pozyskania atrybutów obiektów z obrazów teledetekcyjnych wykorzystywane są własności odbiciowe lub emisyjne detali środowiska leśnego, przy czym nośnikiem informacji o cechach tych obiektów jest promieniowanie elektromagnetyczne o różnej długości fal. Dane o przestrzennym położeniu bazują na zależnościach geometrycznych występujących w procesie odwzorowania obiektów w obraz teledetekcyjny, co powszechnie jest uznawane za przedmiot tradycyjnego zainteresowania fotogrametrii, pierwotnie ograniczonej tylko do zdjęć lotniczych, a obecnie rozszerzającej swoje zainteresowania na wszystkie typy obrazów teledetekcyjnych. Z tego wyjaśnienia wynika, że w problematyce inwentaryzacji lasów po huraganie aspekty klasycznej teledetekcji (atrybuty obiektów) i fotogrametrii (geometryczne miary obiektów i ich przestrzenna lokalizacja) będą ze sobą nierozdzielnie związane.

JERZY MOZGAWA

Katedra Urządzania Lasu,
Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa SGGW
ul. Nowoursynowska 159
02-766 Warszawa
jurek@witch.sggw.waw.pl

Wielkoobszarowy charakter klęski huraganu z 4 lipca 2002 r. i przewidywane negatywne następstwa w funkcjonowaniu przyrody obszarów pohuraganowych oraz problemy zarządzania tymi obszarami ze zrozumiałych względów kierują uwagę na wyjątkowo efekty-

wne metody inwentaryzacyjne, bazujące na teledetekcyjnej informacji obrazowej. Dane przestrzenne, pochodzące z obszarów pohuraganowych będą pozyskiwane również nieteledetekcyjnymi technikami inwentaryzacyjnymi. Techniki te, to przede wszystkim klasyczne metody pomiarów geodezyjnych sytuacyjnych i sytuacyjno-wysokościowych oraz metody wykorzystujące technologię globalnego wyznaczania pozycji (GPS). Klasyczne pomiary geodezyjne, jak i GPS dostarczają punktowych danych inwentaryzacyjnych, w przeciwieństwie do metod teledetekcyjnych, które dostarczają informacji obrazowych o pełnym pokryciu terenowym.

O wyborze metody inwentaryzacji terenów pohuraganowych będą decydować koszty i efekty zwiększenia naszych wiadomości o stanie i zmianach na tych terenach.

Metody teledetekcji i mapy obrazowe jako źródło informacji o stanie i zmianach obszarów pohuraganowych – uwagi metodologiczne

Fundamentalnymi pytaniami stawianymi przed inwentaryzacją są pytania o pożądane charakterystyki opisujące stan lasu oraz o niezbędną dokładność i częstotliwość inwentaryzacji. W sytuacji uruchomienia wysokorozdzielczych spektralnie i przestrzennie systemów teledetekcji satelitarnej powstały warunki do analiz retrospektywnych na podstawie serii czasowej obrazów i wykorzystania metod teledetekcyjnych, jako specyficznych metod monitoringowych.

Problemy inwentaryzacyjne, jakie są i będą w przyszłości formułowane dla lasów uszkodzonych klęską huraganu, mogą być bardzo różne, ale w zasadzie każdy z nich można sprowadzić, albo do wpływu na zmiany stanu lasu działań gospodarczych, podejmowanych po wystąpieniu huraganu, albo też wpływu na uszkodzone drzewostany licznych czynników zewnętrznych, często zagrażających egzystencji pozostałych drzew. Taką klasyfikację przyczyn zmian wykorzystano również w niniejszym opracowaniu.

Pierwsza grupa problemów inwentaryzacyjnych, zaliczanych do skutków działań gospodarczych, a możliwych do zrealizowania metodami teledetekcji, dotyczy identyfikacji, a następnie wyznaczenia granic zrębów zupełnych. Będą to przede wszystkim granice zrębów powstałych w pierwszym etapie usuwania skutków huraganu. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że pozostawione w pierwszym etapie fragmenty drzewostanów z drzewami przygiętymi i pochylonymi będą musiały być usuwane małymi powierzchniowo zrębami zupełnymi realizowanymi sukcesywnie, w miarę pojawiania się oznak zamierania tych fragmentów drzewostanów. Wyniki inwentaryzacji grupy pierwszej mogą być wykorzystane do kwantyfikacji zmian fragmentacji lasu powstałej wskutek uszkodzeń huraganowych.

Druga grupa problemów inwentaryzacyjnych, związanych z działalnością gospodarczą, dotyczy cięć częściowych w drzewostanach. Będą tu zaliczane wszelkie działania gospodarcze związane z usuwaniem pojedynczych drzew zamierających i martwych, uszkodzonych podczas huraganu, a pozostawionych w pierwszym etapie usuwania skutków huraganu.

Trzecią grupę problemów inwentaryzacyjnych, związanych z hodowlą lasu, stanowią inwentaryzacje dokumentujące sukces odnowieniowy i obejmujące okres od założenia uprawy do osiągnięcia zwarcia.

Czwartą grupę problemów inwentaryzacyjnych, związanych z czynnikami zewnętrznymi natury biotycznej i abiotycznej, stanowią inwentaryzacje dokumentujące kondycję zdrowotną drzew pozostawionych po pierwszym etapie usuwania skutków huraganu, a ogólniej inwentaryzacje sanitarnego stanu lasu.

Piątą grupę problemów inwentaryzacyjnych stanowią inwentaryzacje pierwotnej przyczyny inicjującej ciąg kolejnych inwentaryzacji, a mianowicie możliwości teledetekcyjnego

rozpoznania dystrybucji przestrzennej i rozmiaru uszkodzeń bezpośrednio po przejściu huraganu. Po kilkumiesięcznym okresie intensywnego usuwania skutków huraganu, pozyskana z archiwów danych teledetekcji satelitarnej informacja o wyglądzie lasu tuż po huraganie będzie miała znaczenie głównie dokumentacyjne. Może być również wykorzystana w badaniach naukowych. Problematyka teledetekcyjnego rozpoznawania dystrybucji uszkodzeń po przejściu huraganu może być pomocna w opracowaniu zasad monitoringu lasów ochronnych, o szczególnym znaczeniu przyrodniczo-naukowym, pozostawionych na obszarze klęski huraganowej.

Specyfika metod teledetekcyjnych wymaga wyselekcjonowania najlepszych dla postulowanego celu inwentaryzacji parametrów rozdzielczości przestrzennej i radiometrycznej danych obrazowych i wskazanie systemu teledetekcji lotniczej bądź satelitarnej, który gwarantuje uzyskanie ustalonych parametrów obrazu. Teledetekcyjne metody inwentaryzacji stanu lasu i ustalania zmian często wymagają określonych informacji terenowych, dla kalibrowania danych teledetekcyjnych.

Współczesne podejście do metod ustalania zmian na podstawie danych pozyskanych z cyfrowych, dwuwymiarowych (2D) obrazów teledetekcyjnych sprowadza się najczęściej do liczbowych analiz pojedynczych pikseli obrazów lub zbiorów pikseli obrazów pozyskanych w różnych terminach i wyprowadzenia stąd wniosków o prawdopodobieństwie wystąpienia zmian. Takie techniki analiz są regułą w pozyskaniu informacji o zmianach na podstawie serii czasowej obrazów satelitarnych [Atkinson, Tate 1999].

Technika pracy na modelu trójwymiarowym (3D) ulega zdecydowanej zmianie. Model trójwymiarowy jest najczęściej tworzony z formy cyfrowej zdjęć lotniczych i innych obrazów teledetekcyjnych, a pomiary wysokościowe na modelu często są już realizowane w sposób automatyczny, poprzez wykorzystanie algorytmów korelacyjnych. Na ten temat istnieje bogata literatura przedmiotu [Franklin 2001].

Często występującym produktem teledetekcyjnych metod inwentaryzacji są mapy obrazowe, podające w specyficznej formie tła obrazowego, zarejestrowany technikami teledetekcyjnymi stan lasu. W tym przypadku istotna jest świadomość, jaka największa skala mapy obrazowej jest możliwa do wydrukowania z obrazów teledetekcyjnych o określonej rozdzielczości przestrzennej. Rozdzielczość przestrzenna charakteryzuje terenowy wymiar piksela w teledetekcyjnym obrazie cyfrowym i jest zawsze podawana przy charakteryzowaniu określonego systemu satelitarnego (tabela). Optymalną skalę mapy obrazowej można wyznaczyć w prosty sposób, przyjmując, że dla dobrej percepcji obrazu wymiar piksela na wydruku nie powinien być większy niż 0,4 mm. Iloraz 0,4 mm i liczbowej wartości rozdzielczości przestrzennej cyfrowego obrazu teledetekcyjnego wyznacza optymalną skalę mapy obrazowej.

Wybrane źródła i właściwości informacji obrazowej poziomu lotniczego i satelitarnego

Utrzymujący się wysoki koszt obrazów teledetekcyjnych uzyskiwanych z pułapu samolotowego i satelitarnego zmusza do wnikliwej analizy ekonomiczno-technicznej przed podjęciem decyzji o stosowaniu metody teledetekcyjnej do inwentaryzacji terenów pokłeskowych. Dla pułapu samolotowego zamawiane będą przede wszystkim zdjęcia lotnicze panchromatyczne, w barwach naturalnych lub spektrostrefowe, jako najlepiej poznane typy obrazów teledetekcyjnych i dające największą rozróżnialność szczegółów terenowych. Dla celów inwentaryzacji terenów pokłeskowych mogą być również wykorzystywane produkty tworzone ze zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych w ramach różnych programów, nie dotyczących bezpośrednio gospodarki leśnej.

Tabela.

Wybrane parametry obrazów obecnie funkcjonujących systemów satelitarnych zakresu optycznego
Selected parameters of currently used high-resolution satellite imagery

Satelita	Data wystrzelenia	Wybrane parametry				Zakres spektralny [μm]	
		Szerokość obra- zowanego pasa [km]	Wielkość piksela [m]		Pan	MS	
LANDSAT7 (ETM+)	15.04.1999	185	15	30 (60 – kan. 6)	0,52-0,90	0,450-0,515	0,525-0,605
						0,630-0,690	0,750-0,900
						1,55-1,75	10,4-12,5
						2,09-2,35	
						0,50-0,59	
						0,61-0,68	
						0,79-0,89	
SPOT (4)	24.03.1998	60	10	20	0,61-0,68	1,58-1,75	
IRS 1C/1D	1995 (1C) 1997 (1D)	70 Pan 140 MS	5	23	0,50-0,75	0,52-0,59	
						0,62-0,68	
						0,77-0,86	
IKONOS 2	24.09.1999	11	0,82	3,28	0,45-0,90	0,45-0,53	
						0,52-0,61	
						0,64-0,72	
						0,77-0,88	
EROS (A1)	5.12.2000	12,7	1,8	–	0,50-0,90	–	
QuickBird 2	18.10.2001	16,5	0,61	2,44	0,45-0,90	0,45-0,52	
						0,52-0,60	
						0,63-0,69	
						0,76-0,90	
SPOT (5)	4.05.2002	60	(5) [2,5]	10	0,61-0,68	0,50-0,59	
						0,61-0,68	
						0,79-0,89	
						1,58-1,75	

Ważnym źródłem pozyskania informacji obrazowej będzie z pewnością przygotowywany do uruchomienia system IACS (Integrated Administration and Control System) – Krajowy System Ewidencji Gospodarstw Rolnych i Zwierząt Gospodarczych. Teledetekcja w IACS będzie wykorzystywana w systemie identyfikacji działek rolnych LPIS (Land Parcel Identification System) oraz w zintegrowanym systemie kontroli. LPIS preferuje wykorzystanie jako podkładu kartograficznego ortofotomapy cyfrowe, wykonane w przyszłości na podstawie panchromatycznych zdjęć lotniczych i wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych [Preuss 2003]. Pierwsze ortofotomapy cyfrowe dla terenów, gdzie wystąpiła kłęska huraganu będą wykonywane bądź z barwnych zdjęć archiwalnych z lat 1996 i 1997, pochodzących z programu PHARE PL 9206, bądź też z nowych zdjęć panchromatycznych w skali 1:26 000. Przewiduje się, że następne ortofotomapy cyfrowe dla potrzeb LPIS będą wykonywane w cyklu 5-letnim wyłącznie z czarno-białych zdjęć lotniczych, w skali 1:26 000. Dla wąskiej strefy przygranicznej przewidywane jest wykonywanie ortofotomapy satelitarnej z wysokorozdzielczych obrazów satelity IKONOS. Wymiar terenowy piksela dla ortofotomap sporządzanych ze zdjęć lotniczych

ma wynosić 0,5 m, a dla ortofotomap budowanych na podstawie obrazów satelitarnych terenowy wymiar piksela będzie wynosił 1 m. Dla celów monitoringowych terenów pokłeskowych możliwe będzie wykorzystanie zarówno ortofotomapy cyfrowej jak i zeskanowanych zdjęć lotniczych i formy cyfrowej obrazów satelitarnych oraz modelu numerycznego terenu, z których to danych sporządza się ortofotomapę. Teledetekcja w zintegrowanym systemie kontroli IACS łączy w sobie wykorzystanie ortoobrazów jako podstawy geometrycznej dla oceny zadeklarowanych przez rolników powierzchni upraw oraz wykorzystanie serii czasowej (3 lub 4 terminy) wielospektralnych obrazów satelitarnych (Landsat, SPOT, IRS) do identyfikacji upraw rolnych. Obszary kraju, przeznaczone do zintegrowanej kontroli metodą teledetekcyjną w systemie IACS będą ustalone losowo, niezależnie każdego roku. Rozdzielczość przestrzenna obrazów uzyskiwanych w wymienionych systemach teledetekcyjnych jest wprawdzie niska, ale obrazy te będą dostarczane nieodpłatnie przez UE dla potrzeb systemu IACS i mogą być wykorzystane do przeglądowego obrazowania zrehabilitowanych obszarów pohuraganowych, z przeznaczeniem tak utworzonych map obrazowych dla celów informacyjnych i edukacyjnych.

Specyfikę rejestrowania i przetwarzania informacji o drzewostanach na zdjęciach lotniczych i obrazach satelitarnych satelitów środowiskowych średniej rozdzielczości (m.in. Landsat, SPOT, IRS), dla wszystkich wyszczególnionych w rozdziale 2 grup problemów inwentaryzacyjnych podaje [Franklin 2001]. Zagadnienia inwentaryzacji na obrazach satelitarnych z zakresu optycznego i radarowego stanu lasu bezpośrednio po przejściu huraganu analizują publikacje [Mouysset 2001, Mukai, Hasegawa 2000].

Rozdzielczość przestrzenna obrazów wielospektralnych satelitów środowiskowych Landsat, SPOT i IRS, przewidywanych do wykorzystania w systemie kontroli IACS, jest rzędu 10-30 m i wydaje się zbyt mała na potrzeby inwentaryzacji stanu lasów po huraganie dla krajowych warunków gospodarki leśnej. Z tych względów stosowne techniki teledetekcji satelitarnej powinny być poszukiwane w grupie nowej generacji satelitów o rozdzielczości terenowej nie mniejszej od 5 m. Informację o tych satelitach podano w tabeli.

Skoncentrujmy uwagę na problemach inwentaryzacyjnych, które związane są z ustaleniem kondycji zdrowotnej drzew, pozostawionych po pierwszym etapie usuwania skutków huraganu. Duże zainteresowanie gospodarze, związane z możliwością rozpoznawania uszkodzeń drzew leśnych, przede wszystkim na zdjęciach lotniczych, było przyczyną podejmowania licznych badań w tym zakresie. Publikowane rezultaty badań i własne doświadczenia upoważniają do sformułowania poniższych stwierdzeń ogólnych.

Po pierwsze, do rozpoznawania na zdjęciach lotniczych uszkodzeń związanych ze zmianą struktury przestrzennej drzewostanu można wykorzystać wszystkie techniki fotografii lotniczej. Najprostszą i zarazem najdokładniejszą metodą inwentaryzacji jest interpretacja osobowa, wykorzystująca model stereoskopowy, tworzony z kolejnych zdjęć szeregu konkretnego nalotu. Nawet ta metoda może jednak okazać się zawodna dla wskazania miejsc występowania pojedynczych złamanych drzew, leżących często wśród podszytu. Do lokalizacji miejsc, w których pojedyncze drzewa zostały zniszczone lub usunięte w trakcie zabiegów gospodarczych, co odpowiada drugiej grupie problemów inwentaryzacyjnych, można zastosować inny odpowiedni sposób interpretacji. Polegałby on na jednoczesnej obserwacji pod stereoskopem zdjęć tego samego fragmentu terenu, ale pochodzących z terminu przed wystąpieniem czynnika zmieniającego strukturę drzewostanu i z terminu po działaniu tego czynnika. Taka interpretacja wymaga użycia specjalnych technik optycznego lub cyfrowego wyrównywania skal zdjęć, pochodzących z różnych terminów. Uszkodzenia struktury drzewostanu, polegające na występowaniu drzew przechylonych lub przygiętych, mogą być rozpoznawane nawet na pojedynczych zdję-

ciach lotniczych, pod warunkiem, że obiekt został sfotografowany w stosownej skali, umożliwiającej identyfikację tego typu uszkodzeń. W rozpoznawaniu na zdjęciach lotniczych uszkodzeń związanych ze zmianą struktury przestrzennej drzewostanu preferowane są techniki interpretacji osobowej.

Po drugie, do inwentaryzacji uszkodzeń, powodujących zmiany charakterystyk spektralnych koron, mogą być wykorzystane wyłącznie filmy barwne i to zarówno barwne w barwach naturalnych, jak i filmy w tzw. barwach umownych, znane jako filmy spektrostrefowe.

Zdjęcia w barwach naturalnych są uważane za lepsze do rozpoznawania przebarwień aparatu asymilacyjnego. Zdjęcia spektrostrefowe są preferowane przy rozpoznawaniu ubytku aparatu asymilacyjnego i identyfikacji koron całkowicie pozbawionych aparatu asymilacyjnego.

Niestabilność kolorystyczna filmów barwnych, szczególnie zaś filmów spektrostrefowych, jest czynnikiem istotnie ograniczającym wykorzystanie metod cyfrowego przetwarzania obrazów do inwentaryzacji uszkodzeń związanych ze zmianami charakterystyk spektralnych koron. Preferowane są tu również metody interpretacji osobowej, wykorzystujące efekty stereoskopowe. Filmy spektrostrefowe są bardzo trudne do obróbki fotochemicznej. Powtarzalność kolorów jest niezmiernie rzadko uzyskiwana. Kolorystyka filmów spektrostrefowych jest specyficzna dla konkretnego nalotu i nie może być wykorzystywana w postaci pomiaru barwy, jako uniwersalnego miernika stopnia uszkodzenia koron. Najbardziej zniszczone przez huragan fragmenty Puszczy Piskiej i Puszczy Boreckiej zostały zarejestrowane na zdjęciach spektrostrefowych w skali 1:15 000 w ramach zamówienia Lasów Państwowych.

Do inwentaryzacji stanu i zmian powierzchni pohuraganowych będą wykorzystywane przede wszystkim wysokorozdzielcze obrazy satelitarne, a w przyszłości prawdopodobnie również obrazy rejestrowane z platform HALE-UAV (<http://www.pegasus4europe.com>).

W rozpoczętym zaledwie przed kilku laty procesie uruchamiania wysokorozdzielczych systemów satelitarnych obserwowane jest zjawisko silnego inwestowania prywatnego w „informacje z obrazów” i wyłanianie się niezwykle atrakcyjnego dla inwestorów rynku danych satelitarnych. Proste mechanizmy rynkowe systematycznie obniżają cenę tych produktów. Zestawienie najważniejszych parametrów aktualnie funkcjonujących wysokorozdzielczych systemów satelitarnych zakresu optycznego podano w tabeli. Wyczerpujący przegląd źródeł informacji obrazowej z poziomu satelitarnego, adresy i procedury wyszukiwania i zamawiania obrazów przez Internet podaje Grubecki [2003].

Zapowiedzi uruchomienia kolejnych wysokorozdzielczych systemów teledetekcji satelitarnej zakresu optycznego i radarowego wskazują, że mamy do czynienia z jakościowymi zmianami w dostępie do satelitarnych danych obrazowych.

Okres operacyjnego funkcjonowania wysokorozdzielczych systemów satelitarnych jest zbyt krótki w stosunku do cyklu pozyskania środków na badania naukowe i opublikowanie wyników w zakresie przydatności wysokorozdzielczych danych obrazowych dla różnorodnych inwentaryzacji środowiskowych. Jak na razie skromne są rezultaty badań nad kartometrycznością wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych. Brak jest publikacji na temat możliwości wykorzystania wysokorozdzielczych i wielospektralnych obrazów satelitarnych do inwentaryzacji stanu sanitarnego lasu na obszarach pohuraganowych. Brak jest również danych empirycznych, potwierdzających przydatność wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych do rozpoznawania miejsc w drzewostanach, gdzie zostały usunięte pojedyncze drzewa lub niewielkie ich grupy, na skutek działania czynników natury biotycznej i abiotycznej oraz na skutek zabiegów gospodarczych. Autorowi opracowania nie są również znane wyniki badań nad przydatnością obrazów satelitarnych o rozdzielczości terenowej większej od 10 m do oceny sukcesu odnowieniowego

na obszarach pokłęskowych. Znając parametry rozdzielczości terenowej i spektralnej obrazów (tabela) oraz hipotetyczne charakterystyki spektralne detali środowiska leśnego obszarów pohuraganowych można co najwyżej prognozować przydatność omawianych typów informacji obrazowej dla wyszczególnionych grup problemów inwentaryzacyjnych. Nie zastąpi to jednak koniecznych badań empirycznych w tym zakresie.

W Katedrze Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa dotychczas prowadzono badania pilotażowe nad rozpoznawaniem dystrybucji przestrzennej obszarów zniszczonych przez huragan na panchromatycznych obrazach satelitarnych IRS 1/C o rozdzielczości terenowej około 5 m, na których został zarejestrowany stan Puszczy Piskiej 10 lipca 2002 r., a więc kilka dni po przejściu huraganu [Mozgawa 2003 a]. Badania nad oceną jakości geometrycznej obrazów panchromatycznych SPOT5, o rozdzielczości terenowej 2,5 m wykazały błąd średni położenia punktu równy 0,78 m [Chmiel, Osińska-Skotak, 2003]. Wskazuje to na możliwość wykorzystania tego typu danych obrazowych do aktualizacji granic zrębów zupełnych na terenach pohuraganowych, a ogólniej, do aktualizacji leśnej mapy numerycznej, która z pewnością będzie wykonana na terenach zniszczonych przez huragan [Mozgawa 2003b].

Podsumowanie

- ✦ Dotknięte klęską huraganu nadleśnictwa powinny dysponować systemem informacji przestrzennej, z permanentnie uaktualnianą bazą geometryczną i opisową, obrazującą aktualny stan lasu. System informacji geograficznej, rozbudowany w warstwach informacyjnych o dane ogólnosrodowiskowe, wydaje się być niezbędnym narzędziem pomocniczym do właściwego prowadzenia gospodarki leśnej na zniszczonych terenach leśnych i analiz środowiskowych skutków huraganu. Leśna mapa numeryczna, wchodząca w skład takiego systemu, stanowiłaby specyficzną bazę geometryczną do geograficznego sytuowania szczegółów przestrzennych odnowień, gromadzonych dla obszarów pohuraganowych obrazów teledetekcyjnych i naziemnych prób monitoringowych.
- ✦ Aspekty dokumentacyjne obrazów teledetekcyjnych, podające informację o pełnym pokryciu terenowym dla dowolnie długiego ciągu czasowego, wydają się być jednym z zasadniczych czynników, przemawiających za stosowaniem teledetekcji w funkcji inwentaryzacyjnej na obszarach pokłęskowych. Mechanizmy rynkowe związane z uruchamianiem ciągle nowych systemów teledetekcji satelitarnej powodują stałą obniżkę kosztów powszechnie już dostępnych danych obrazowych. Nie umniejsza to potencjalnej funkcji inwentaryzacyjnych technik GPS i klasycznych pomiarów geodezyjnych, dostarczających przede wszystkim informacji typu punktowego. Wstępnym etapem inwentaryzacji teledetekcyjnej powinno być pełne rozpoznanie internetowych baz informacyjnych, w zakresie istniejących dla obszarów pohuraganowych obrazów satelitarnych zakresu optycznego i radarowego oraz opracowanie systemu metadanych o różnorodnych informacjach przestrzennych tych obszarów.
- ✦ Przygotowywany do wprowadzenia na obszarze całego kraju system IACS jest bezprecedensowym przedsięwzięciem organizacyjnym, niezbędnym w funkcjonowaniu dopłat wyrównawczych dla unijnych producentów rolnych. IACS będzie dostarczał w rytmie pięcioletnim cyfrowe ortofotomapy, które dla obszarów pokłęskowych mogą być wykorzystane w funkcji monitoringowej. Funkcjonujący w ramach IACS system kontroli może być również źródłem obrazów satelitarnych, możliwych do wykorzystania w mapach obrazowych terenów klęski huraganu.

Referat wygłoszony na konferencji naukowo-technicznej pt. „Nowoczesne metody i technologie zagospodarowania powierzchni pokłęskowych w lasach państwowych (rekułtywacja Puszczy

Piskiej) zorganizowanej 12 czerwca 2003 r. przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych i Zarząd Główny Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa na VII Międzynarodowych Targach Leśnych w Rogowie.

Podziękowanie

Koleżankom i Kolegom z Nadleśnictwa Pisz, RDLP Białystok i BULiGL Oddział w Białymstoku, za pomoc w badaniach pilotażowych, prowadzonych w KUL, GiEL SGGW nad odwzorowaniem terenów klęski huraganu w lasach na obrazach satelitarnych, składam serdeczne podziękowania.

Literatura

- Atkinson P. M., Tate N. J. 1999. *Advances in remote sensing and GIS analysis*. Willey&Sons.
- Chmiel J., Osińska-Skotak K. 2003. Ocena przydatności zdjęć satelitarnych SPOT5 na potrzeby IACS. Materiały XVII Sesji Naukowo-Technicznej SGP „Polski IACS”. 22-24.05.2003 Nowy Sącz.
- Franklin S. E. 2001. *Remote sensing for sustainable forest management*. Lewis Publishers.
- Grubecki R. 2003. Przetwarzanie danych teledetekcyjnych obszarów leśnych w systemie ILWIS. Praca dyplomowa. KUL, GiEL SGGW. Maszynopis.
- Mouysset J. 2001. A digital method for mapping storm damage. SPOT Magazine 3.
- Mozgawa J. 2003a. Odwzorowanie uszkodzeń huraganowych na panchromatycznych obrazach satelitarnych IRS 1C (na przykładzie fragmentu Nadleśnictwa Pisz). Materiały Konferencji „Problemy ochrony i kształtowania środowiska leśnego”. Poznań. (w druku).
- Mozgawa J. 2003b. Technologie geoinformatyki w badaniach skutków środowiskowych huraganów w lasach. Materiały Konferencji „Współczesna geodezja w rozwoju nauk technicznych, przyrodniczych i ekonomicznych”. Rogów. (w druku).
- Mukai Y., Hasegawa I. 2000. Extraction of damages areas of windfall trees by typhoons using Landsat TM data. *Int. J. Rem. Sensing*. 21: 647-6.
- Preuss R. 2003. Standardy techniczne i dokładnościowe opracowań teledetekcyjnych i fotogrametrycznych na potrzeby IACS. Materiały XVII Sesji Naukowo-Technicznej SGP „Polski IACS”. 22-24.05.2003 Nowy Sącz.

SUMMARY

Contemporary remote sensing methods for inventorying of the storm damaged forest

A large-scale impact of acute forest damage caused by the wind storm of 4th July 2002 and anticipated consequences to the environment, as well as the resulting management problems point to the need of applying efficient methods of surveying the state and changes ongoing in damaged forests. The most efficient are remote sensing-based methods. The remote sensing images provide reliable information about terrain coverage regarding both the attributes of the objects and their location to be drawn on digital forest maps.

The problems regarding the survey of forest damage are: the delineation of clear-cut areas, concentration of damaged areas to remove dying and dead trees, assessment of regeneration success on damaged areas, determination of the health condition of trees left on cutovers during the first stage of tree removal, documentation of the spatial distribution and the extent of the damage immediately after the storm.

The most successful survey method is remote sensing using special panchromatic aerial photographs and available traditional high-resolution colour satellite images, as well as the products based on aerial photographs and satellite images developed under the IACS system.

Photographs in natural colours (NC-normal colour) as well as photographs in conventional colours (CIR – infrared) are the most favourable parameters for assessing forest damage.

60 Jerzy Mozgawa

Photographs in natural colours are considered the best to detect discolouration of the assimilatory apparatus. Photographs in conventional colours are preferable in detecting the loss of the assimilatory apparatus.

In view of frequent replication of images in monitoring of damage and accurate location of the surveyed details on the digital forest map the terrestrial resolution of satellite images should not be less than 5 metres. The specification of the most important up-to-date parameters of the high-resolution satellite systems: LANDSAT, SPOT, IRS, IKONOS, EROS, QuickBird is given in the Table.

It is essential to create spatial information system for efficient collection, processing and access to spatial information about areas affected by the disaster.