

Jacek Kozak, Mateusz Troll*

Wykorzystanie zdjęć satelitarnych do badania deforestacji w Beskidzie Śląskim**

*Use of satellite images in the study of deforestation in the Silesian Beskid Mts****

The aim of the paper was to estimate the potential of satellite imagery in delimitation of deforestation patches in the mountainous area. The Silesian Beskid Mts. was chosen as the study area. The deforestation started there in the beginning of 1980s. Until now several deforested patches appeared, usually on the hilltops where the forest condition is the worst.

Two satellite images of the Silesian Beskid were compared: Landsat MSS of August 1981 and Landsat TM of July 1992. Field and map data were collected and subsequently digitized for a part of the Silesian Beskid — the Skrzyczne massif.

Bands MSS4, MSS5 and MSS7 were compared to TM bands 2,3,4 having similar spectral limits. The bands were standardized and difference images (TM - MSS) were produced for each pair of MSS and TM bands. The values of all three difference images were compared for the forest area and deforestation patches of the Skrzyczne massif. It was found that

the difference values for deforested patches are greater than for the forest area. The subsequent analysis allowed to choose the difference image of MSS 4 and TM 2 bands as the best for delimitation of deforestation patches and to establish the value of difference (1.0) used to reclassify the difference image in order to create the map of deforestation patches of the Silesian Beskid. Two types of error were calculated: error of omission (71.2 %) and error of commission (53 %). The final map, though not fully verified was estimated as a sufficiently accurate one.

The results allow to state that satellite images may be a useful source in studying the advances of deforestation. The main problem encountered was the low resolution of the images (especially MSS), what, due to the small size of deforestation patches (usually less than 2 ha) and rectification errors may be responsible for relatively low accuracy achieved.

Wstęp

Zdjęcia satelitarne mogą być istotnym źródłem informacji o przemianach środowiska przyrodniczego. Umożliwiają one ocenę zmian, jakie zachodzą na obszarze pokrytym przez serię czasową zdjęć, na podstawie interpretacji zmian w odbiciu na kolejnych zdjęciach. Oprócz metod analizy wizualnej stosowane są w badaniach serii czasowych, automatyczne techniki cyfrowe. Serie cza-

sowe zdjęć satelitarnych wykorzystywano między innymi w badaniach degradacji lasów strefy umiarkowanej (Vogelmann, 1988; Zawila-Niedźwiecki, 1994).

Celem opracowania jest ocena możliwości wykorzystania serii czasowej zdjęć satelitarnych Landsat MSS i TM do określania zmian powierzchni i rozkładu przestrzennego wylesień na przykładzie Beskidu Śląskiego. Ocena ta zostanie przeprowadzona na podstawie porównania wyniku automatycznego przetworzenia posiada-

* Mgr Jacek Kozak, Mgr Mateusz Troll, Instytut Geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego, Pracownia Geograficznych Systemów Informacyjnych, ul. Grodzka 64, 31-044 Kraków. Tel.: (48 12) 22 71 11.

** Artykuł jest rozwinięciem też referatu wygłoszonego na XV Ogólnopolskiej Konferencji Fotointerpretacji i Teledetekcji, Warszawa, 21 września 1994 r.

*** Paper presented at the XV Polish Conference of Photo-interpretation and Remote Sensing, held in Warsaw on September 21st, 1994.

nych zdjęć satelitarnych z zebranymi danymi terenowymi i dostępnymi opracowaniami kartograficznymi.

Lasy Beskidu Śląskiego są najbardziej zagrożone degradacją w całych Karpatach polskich. Zamieranie lasów sygnalizowano tu już od początku lat osiemdziesiątych (Capecki 1983; Gniewek, Potocki, 1990). Jednym z przejawów degradacji lasów Beskidu Śląskiego jest deforestacja rozległych powierzchni mających charakter wielkopowierzchniowych zrębów zupełnych (Potocki, Hanak, 1988). Powstają one najczęściej na wierzchołkach, gdzie stan lasów jest najgorszy (Barszcz, Kozak, Widacki, 1994). Wymuszone przez postępującą degradację lasu wylesienia mogą być źródłem informacji o skali i przebiegu procesu degradacji lasów.

Źródła informacji

W opracowaniu wykorzystano dane zebrane w trakcie prac terenowych (Troll, 1994), materiały kartograficzne (mapy leśne wraz z opisem taksacyjnym) oraz zdjęcia satelitarne. Badania terenowe przeprowadzono w 1994 roku w masywie Skrzycznego, traktowanym jako obszar testowy (ryc. 1). W masywie tym zachodzi, niewątpliwie, najszybsza degradacja szaty leśnej, w skali całego Beskidu Śląskiego (ryc. 2). Skartowano istniejące plamy wylesień, używając podkładu topograficznego w skali 1:10 000. Na podstawie wywiadu z leśnikami leśnictw Skalite, Salmopol, Czyrna, Skrzyczne i Kalonka, obejmujących masyw Skrzycznego, określono stan wylesień w roku 1992. Dla części obszaru testowego (grzbiet Malinowa) nie udało się odtworzyć stanu wylesień w roku 1992, wobec czego w dalszej części pracy przyjęto tam zasięg wylesień na rok 1994.

Źródłem danych na temat składu gatunkowego drzewostanów masywu Skrzycznego były mapy gospodarczo-przeładowe leśnictw w skali 1:10 000 oraz opisy taksacyjne (*Plan Urządzenia...*, 1983, 1988) dla obrębów Szczyrk (Nadleśnictwo Bielsko) i Lipowa (Nadleśnictwo Węgierska Górk).

Wykorzystano zdjęcia satelitarne Landsat MSS z 6 sierpnia 1981, w dalszej części opracowania określane jako „MSS 81” oraz Landsat TM z 20 lipca 1992 — „TM 92”. Zdjęcie z roku 1981 jest wykonane podczas bezchmurnej pogody. Zdjęcie z roku 1992 cechuje występowanie niewielkiej liczby małych chmur, zasłaniających z reguły fragmenty najwyższych grzbietów. Zdjęcie „MSS 81” wykonane zostało w okresie poprzedzającym szybkie obumieranie lasów Beskidu Śląskiego i tworzenia się wylesień.

Przetworzenie danych terenowych, kartograficznych i satelitarnych

Dane terenowe oraz dane kartograficzne o lasach masywu Skrzycznego

Dla obszaru testowego zdigitalizowano mapy leśne. Pliki wektorowe zostały zrektyfikowane za pomocą punktów z mapy topograficznej 1:10 000. Było to konieczne

ze względu na znaczne odkształcenia map leśnych sięgające, w niektórych wypadkach 0,5 cm (50 m). Powstałe w ten sposób mapy wektorowe oraz dane atrybutowe na temat składu gatunkowego posłużyły do wykonania map rastrowych, ilustrujących zróżnicowanie gatunkowe drzewostanów.

Z mapy topograficznej 1:10 000 zdigitalizowano obszar wylesione, tworząc następnie rastrową mapę wylesień, pokazującą stan wylesień na obszarze masywu Skrzycznego w roku 1992 oraz dla masywu Malinowa, w roku 1994.

Dygitalizacja map leśnych i topograficznych wykonana została w programie AutoCAD, wersja 12. Przetworzenia otrzymanych plików wektorowych wykonano w programie IDRISI, wersja 4.1, który wykorzystano również do przedstawionej poniżej analizy zdjęć satelitarnych.

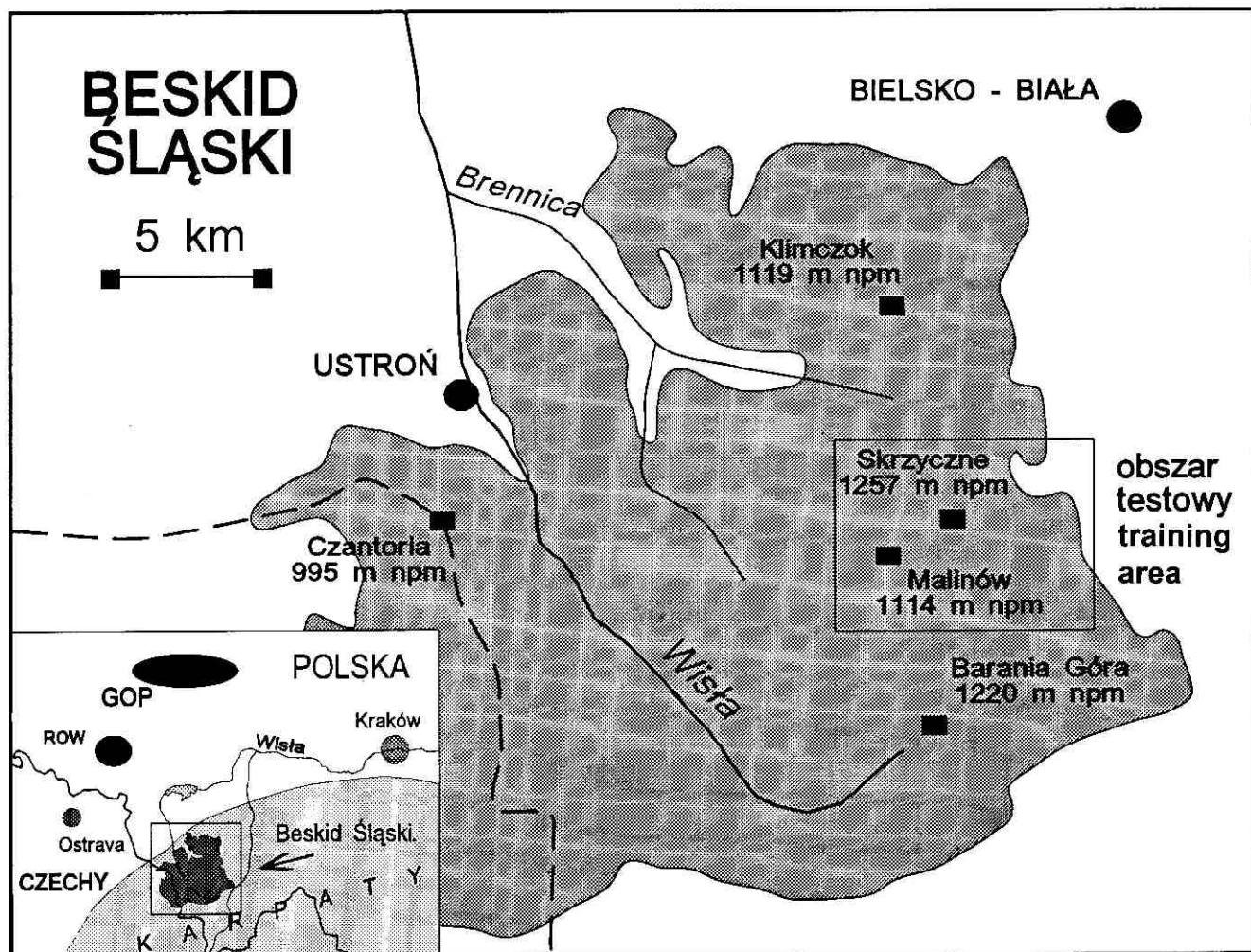
Dane ze zdjęć satelitarnych

Pierwszym krokiem było wydzielenie na zdjęciu „TM 92” obszaru pokrytego przez chmury, który nie był brany pod uwagę na żadnym etapie analizy. Na jego wyróżnienie pozwoliła analiza wizualna zdjęcia „TM 92” w kanałach 1, 2, 3 oraz dygitalizacja na wyświetlonym na monitorze zdjęciu. Utworzono plik wektorowy składający się z kilkunastu poligonów — obszarów zasłoniętych przez chmury. Wybór takiego postępowania, zamiast klasyfikacji automatycznej, usprawiedliwiony był niewielką ilością chmur na badanym obszarze.

Wszystkie zdjęcia satelitarne zrektyfikowano za pomocą punktów kontrolnych z mapy 1:50 000. Błąd RMS dla zdjęcia „MSS 81” wynosił 27,4 m, natomiast dla zdjęcia „TM 92” 26,9 m. W rektyfikacji zastosowano transformację liniową z dwuliniową interpolacją wartości pikseli. Dokonano równocześnie przepróbkowania obu zdjęć do rozdzielczości 60 m.

W celu określenia zmian w odbiciu promieniowania, na analizowanych zdjęciach satelitarnych, porównywano odpowiadające sobie zakresami spektralnymi, kanały zdjęć „TM 92” i „MSS 81”: TM2 z MSS4, TM3 z MSS5, TM4 z MSS7. W tym ostatnim przypadku zakresy spektralne nakładają się tylko częściowo (ryc. 3). Wartości odbić w wymienionych wyżej kanałach były standaryzowane. Standaryzację przeprowadzono dla zapewnienia porównywalności obu zdjęć i wyeliminowania różnic wynikających na przykład z odmiennego stanu atmosfery w chwili ich wykonania. Następnie dla pary odpowiadających sobie kanałów zestandaryzowanych, tworzone sztuczne kanały będące wynikiem odejmowania zestandaryzowanych wartości kanałów zdjęcia „MSS 81” od zestandaryzowanych wartości kanałów zdjęcia „TM 92”. Sztuczne kanały z wartościami różnic były przedmiotem dalszej analizy.

Takie postępowanie pozwala na wykrycie na zdjęciach satelitarnych względnych zmian odbicia promieniowania wynikających ze zmian pokrycia terenu, zachodzących na badanym obszarze. Zmiany odbicia promieniowania związane ze zmianą pokrycia terenu cechują dodatnie lub ujemne wartości różnicy, w odróż-



Ryc. 1. Położenie obszaru badań

Fig. 1. Location of the study area

nieniu od obszarów, na których zmiana nie zaszła i które cechuje wartość różnicy zbliżona do zera.

Podobną metodę zastosowano w ocenie dynamiki degradacji lasów Green Mts w stanie Vermont (Vogelmann, 1988). Ocenę zmian przeprowadzono na podstawie sztucznie utworzonego obrazu różnicy odbić w kanałach dwóch zdjęć Landsat MSS po uprzedniej ich kalibracji. Kalibracja polegała na określeniu zależności pomiędzy odbiciem promieniowania na obu zdjęciach dla takich obszarów, na których w badanym przedziale czasowym nie nastąpiły żadne zmiany. Następnie przeliczano wartości odbicia z jednego ze zdjęć według otrzymanej zależności. Etapowi kalibracji odpowiada w przyjętej metodzie standaryzacja obu zdjęć. Oprócz prostoty obliczenia zaletą standaryzacji, w przeciwieństwie do metody kalibracji zdjęcia użytej przez Vogelmana (1988) jest to, że nie wymaga ona uprzedniego wyznaczenia obszarów, na których nie zachodziły zmiany pokrycia terenu.

Wyniki analizy obrazów satelitarnych

Na przetworzone, wyżej opisaną metodą, zdjęcia satelitarne nakładano cyfrowe mapy wylesień oraz mapy

leśne. Celem tego postępowania było uzyskanie i porównanie wartości otrzymanych różnic zestandaryzowanych odbić dla obszarów leśnych i wylesień na obszarze testowym masywu Skrzycznego. Wyniki porównania różnic umożliwiły w dalszej części pracy wyznaczenie wylesień w Beskidzie Śląskim.

W tabeli 1 przedstawiono wartości minimalne, maksymalne i średnie różnic oraz odchylenia standardowe. Wartości te przedstawiono dla trzech klas drzewostanów: litych świerczyn, drzewostanów z przewagą świerka i drzewostanów z przewagą buka oraz dla obszarów wylesionych. Trzy wymienione klasy drzewostanów obejmują łącznie 94,8% powierzchni leśnej masywu Skrzycznego. Analizowane plamy wylesień (w liczbie siedemnastu) zajmują natomiast około 2,5% powierzchni leśnej masywu. Powierzchnia jedenastu z nich nie przekracza 2 ha.

Obszary wylesień cechują najwyższe średnie wartości różnic odbić promieniowania w każdej analizowanej parze kanałów. Oznacza to, iż z wylesieniem wiąże się wzrost wartości odbicia względem obszarów niewylesionych, dla których średnia różnica z reguły jest bliska zeru. Analiza wartości minimalnych i maksymalnych pokazuje jednakże, że przedziały wartości różnicy dla



Fig. 2. Wylesienie na wierzchołwie Małego Skrzycznego

Fig. 2. Deforestation patch on the hilltop of Małe Skrzyczne

Tabela 1

Wartości minimalne (min.), maksymalne (max.), średnie (śr.) i odchylenia standardowe (odch. st.) dla wartości różnic standaryzowanych par kanałów, dla typów drzewostanów i wylesień
Minimum (min.), maximum (max.), mean and standard deviation (sd) values for values of difference of standardized pairs of bands for forest types and deforestation areas

Drzewostan	Wartości różnic standaryzowanych	MSS4/TM2	MSS5/TM3	MSS7/TM4
Stand	Values of standardized differences			
Łąte świerczyny Pure spruce forest	min.	-1.69	-1.07	-1.08
	max	3.08	3.60	2.79
	śr. (mean)	0.21	0.08	0.20
	odch. st. (sd)	0.32	0.29	0.49
Drzewostany z przewagą świerka Forests with prevalence of spruce	min.	-1.15	-0.91	-1.04
	max	2.54	2.20	2.38
	śr. (mean)	0.11	0.08	0.25
	odch. st. (sd)	0.30	0.27	0.47
Drzewostany z przewagą buka Forests with prevalence of beech	min.	-1.41	-1.22	-0.84
	max	1.17	1.58	2.89
	śr. (mean)	0.07	-0.01	0.56
	odch. st. (sd)	0.28	0.28	0.53
Wylesienia Deforestation areas	min.	-0.56	-0.66	-0.45
	max	1.97	2.48	3.14
	śr. (mean)	0.73	0.65	0.89
	odch. st. (sd)	0.52	0.60	0.93

lasów i wylesień, w każdej analizowanej parze kanałów, częściowo pokrywają się, co utrudnia określenie rozłącznych przedziałów wartości różnicy odpowiadającej wylesieniom i lasom. Ilustrują to również histogramy wartości różnic sporządzone dla lasów oraz wylesień.

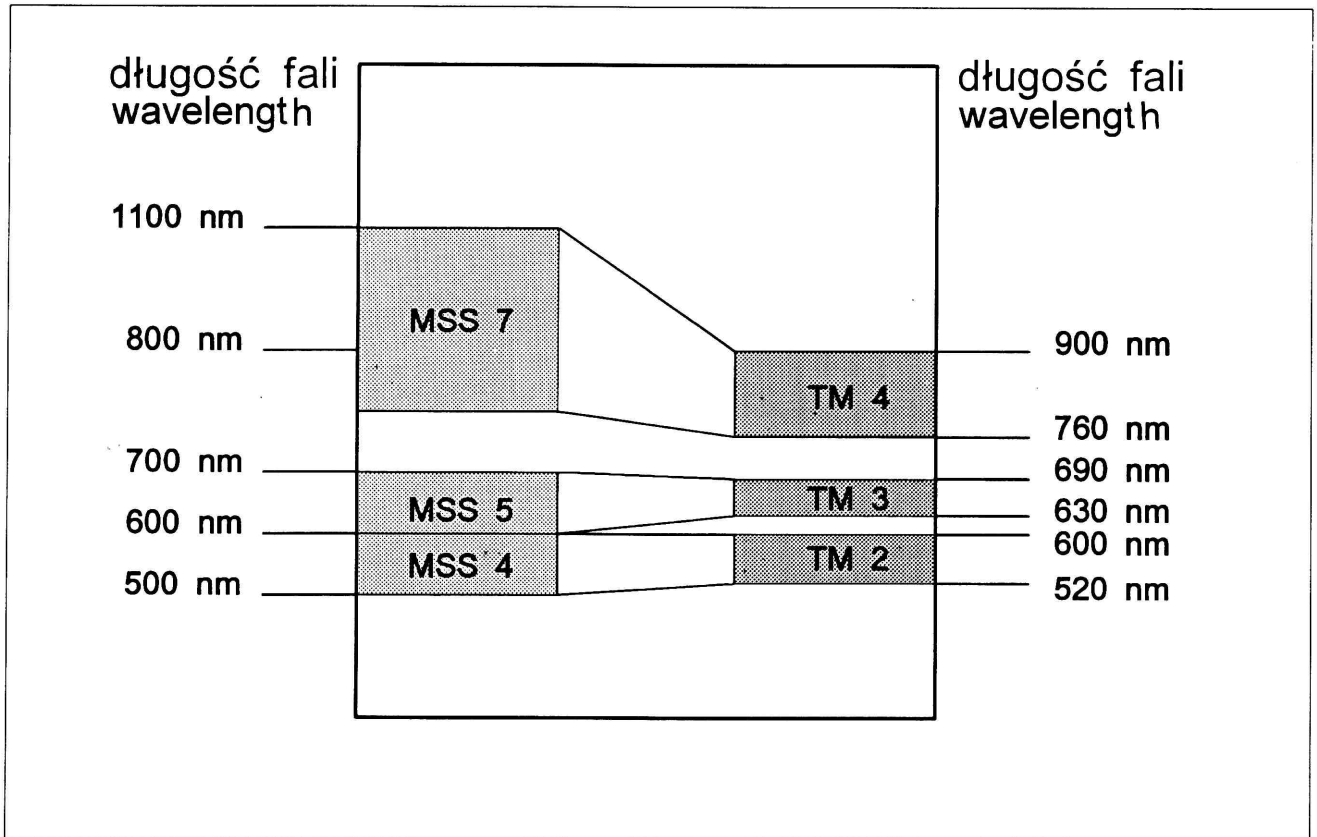
Z uwagi na to, że analizowane typy drzewostanów cechuje duże podobieństwo rozkładu różnicy w każdej analizowanej parze kanałów, wyróżnione typy drzewostanów połączono w jedną kategorię (ryc. 4). Krzywa rozkładu różnicy dla wylesień jest z reguły przesunięta w prawo względem krzywych rozkładu różnicy dla obszarów leśnych, przy wyraźnym jednak nakładaniu się histogramów dla wylesień i lasów.

Nakładanie się przedziałów wartości różnic odbić promieniowania dla obszarów wylesionych i lasów tłumaczyć można trojako.

Wynika ono z błędów rektyfikacji map leśnych i zdjęć satelitarnych oraz z błędów w określeniu obszaru wylesień w roku 1992. Następstwem tego był błąd nałożenia przetworzonych zdjęć satelitarnych na mapy leśne.

Nakładanie się przedziałów wartości różnic odbicia promieniowania wynika także ze zróżnicowania obszarów wylesień pod względem stanu powierzchni wylesionej (stopień uprzętnienia powalonych, obecność drzew złamanych lub martwych, ewentualnie ilość i stan stojących drzew żywych) oraz obecności roślinności runa i podszytu. Związane to jest również z tym, że obszary określone w czasie badań terenowych jako wylesienie, były pokryte nieuprzętnionymi powalonymi drzewami o częściowo zachowanym igliwiu, które może mieć charakterystykę odbicia zbliżoną do obszaru leśnego z żywymi drzewami.

Wreszcie trzecim powodem są lokalne zmiany, które zaszły na obszarach leśnych po roku 1981, nie odnotowane w pracach terenowych, a mające wpływ na zmiany odbicia na obszarach leśnych, na przykład: powstanie nowych dróg leśnych, prace leśne — czyszczenie, trze-



Ryc. 3. Porównanie zakresów spektralnych analizowanych par kanałów MSS i TM, według: Ciołkosz, Kęsik, 1989

Fig. 3. Comparison of spectral limits of analysed MSS and TM bands, from Ciołkosz and Kęsik, 1989

bieże, lokalne zmiany stanu zdrowotnego lasu, zmiany zwarcia koron. Oprócz badanych powierzchni wylesień w obszarze testowym, podczas badanego okresu, mogły powstać inne powierzchnie, na których w drodze użytkowania rębego na miejscu dojrzałych drzewostanów wprowadzono uprawy. Takie powierzchnie cechują podobne wartości różnic odbić zestandaryzowanych jak analizowane wylesienia.

Satelitarna mapa wylesień Beskidu Śląskiego

W celu automatycznego wydzielenia wylesień poszukiwano takiej wartości różnicy odbić zestandaryzowanych dla każdego analizowanego zakresu spektralnego pary kanałów zdjęć MSS i TM, która umożliwi rozdzielenie w danym zakresie spektralnym wylesień, o wartości różnicy większej i lasów o wartości różnicy mniejszej. Wartość ta została następnie użyta do reklasyfikacji obrazu różnic i wykonania mapy wylesień Beskidu Śląskiego. Należy podkreślić, że wartość graniczna różnicy może być ustalona metodą prób i błędów i weryfikowana na podstawie oceny błędów otrzymanej mapy. Uwzględnienie posiadanej informacji o wylesieniach umożliwia natomiast uprzednie jej wyliczenie oraz wybór odpowiedniego do wydzielenia wylesień zakresu spektralnego.

Przyjęto następujący algorytm wyznaczenia poszukiwanej wartości różnicy, w oparciu o dane z obszaru testowego :

— dla każdego obrazu różnicy utworzono skumulo-

wane szeregi liczebności pikseli o wartościach różnicy w przedziałach co 0,2 dla wylesień i dla obszaru leśnego;

— liczebności szeregów wyrażono w procentach, w stosunku do powierzchni wylesień lub lasów;

— dolny kres przedziału wartości różnicy, w której wartość szeregu skumulowanego dla obszaru leśnego osiąga 99% przyjęto jako wartość poszukiwaną.

Algorytm ten ogranicza błąd w ocenie powierzchni leśnej — nie zmienionej do około 1%, może natomiast zaniżać powierzchnię wylesień.

Otrzymano następujące wartości różnicy : dla pary kanałów MSS4-TM2 oraz MSS5-TM3 wartość 1,0; dla pary kanałów MSS7-TM4 wartość 1,8. W celu wyboru najlepszego zakresu spektralnego do wydzielenia wylesień obliczono również wskaźnik udziału procentowego powierzchni wylesień, cechującej się wartością różnicy mniejszą od otrzymanej w całkowitej powierzchni wylesień. Im mniejsza jest wartość tego wskaźnika, tym lepsze jest rozdzielenie w danym zakresie spektralnym, dla danej pary kanałów, wylesień od lasów. Wartości wskaźnika wynoszą dla tych samych par kanałów odpowiednio: 71,2%, 73,9% i 79,3%. Szacują one tak zwany błąd pominięcia (*error of omission*) omówiony poniżej.

Podane wartości pozwalają na stwierdzenie, iż do wydzielenia wylesień lepiej nadaje się widzialny zakres widma niż bliska podczerwień. Wybór zakresu widzialnego, przy oddzieleniu użytków nieleśnych od leśnych, jest sugerowany również przez innych autorów (Zawiła-Niedźwiecki, 1994). Do utworzenia mapy wylesień Be-

skidu Śląskiego użyto obrazu różnicy pary kanałów MSS4-TM2, dla której obliczony wskaźnik jest najwyższy.

Przed utworzeniem mapy wylesień powstałych w Beskidzie Śląskim w latach 1981-1992 konieczne było wykonanie maski binarnej przedstawiającej obszar leśny w roku 1981, umożliwiającej eliminację zmian na obszarze użytkowanym rolniczo, który nie był badany. Maskę binarną wykonano przez reklasyfikację kanału MSS 5. Obraz różnicy MSS4-TM2 został następnie zreklasyfikowany na dwie klasy obszarów: o wartości różnicy większej lub równej 1,0 i o wartości mniejszej niż 1,0. Otrzymano w ten sposób mapę „plam dodatnich anomalii odbicia”. Plamy te interpretowane są jako wylesienia dokonane po roku 1981.

Dokładność metody wydzielenia wylesień określają dwa wskaźniki:

- procent powierzchni wydzielonych w terenie wylesień nie zaklasyfikowanych poprawnie na obrazie różnicy MSS4-TM2 jako wylesienia,
- procent powierzchni wylesień wyróżnionych na obrazie różnicy MSS4-TM2 nie pokrywających się z wylesieniami wydzielonymi w terenie, czyli wyróżnionych błędnie.

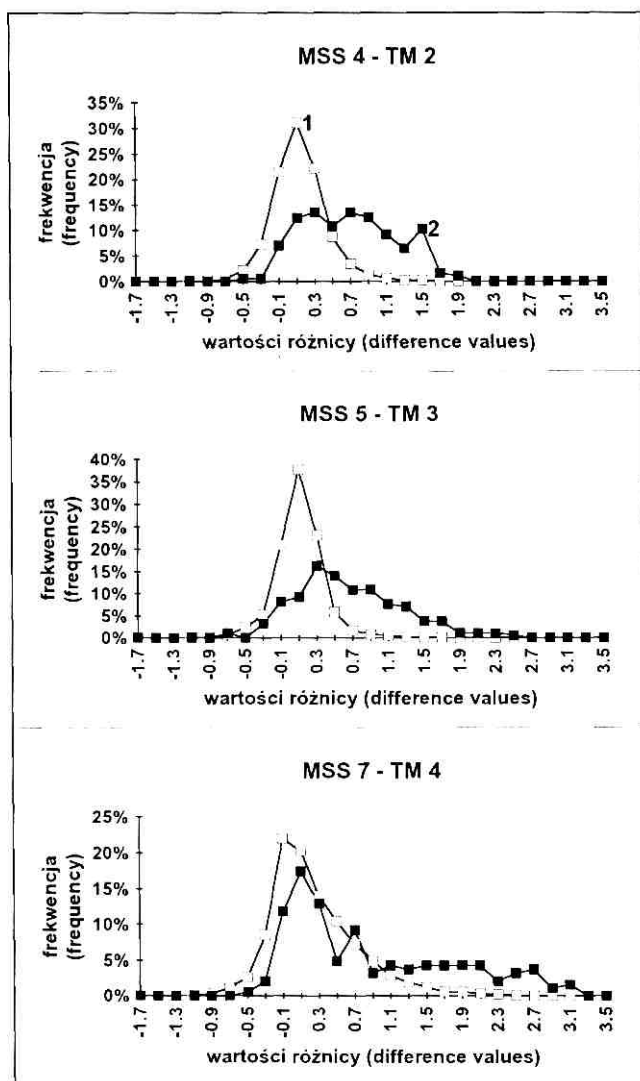
Wskaźniki te charakteryzują dwa typy błędów: błąd pominięcia (*error of omission*) oraz błąd przecenienia (*error of commission*). Pierwszy z nich obliczony został uprzednio i wynosi 71,2%, dla kanałów MSS4-TM2. Wartość drugiego jest niższa i wynosi 53%. Wielkość obu błędów zależy od stopnia nakładania się przedziałów wartości różnicy odbić standaryzowanych dla lasów i wylesień oraz od przyjętej granicznej wartości różnicy.

W związku z dużą ilością niewielkich plam zdecydowano się na eliminację plam mniejszych niż 6 pikseli co odpowiada w terenie powierzchni 2,2 ha. Plamy te traktowano jako szumy, które częściowo mogą być związane z błędem rektyfikacji zdjęć.

W ten sposób otrzymano dla Beskidu Śląskiego mapę obszarów wylesionych w okresie 1981-1992 (ryc. 5). Wylesienia te obejmują obszar 169,2 ha, co stanowi 0,5% powierzchni leśnej Beskidu Śląskiego. Największe wylesienia grupują się w testowanym obszarze masywu Skrzycznego. Inne występują w rejonie Stożka po stronie polskiej i czeskiej oraz w masywie Baraniej Góry. Mapa ta nie została jeszcze zweryfikowana w terenie, jednakże obserwacje prowadzone w Beskidzie Śląskim w roku 1994 pozwalają na pozytywną ocenę delimitacji plam wylesień w rejonie Stożka oraz Baraniej Góry.

Wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań oraz wstępnej weryfikacji otrzymanej mapy wylesień Beskidu Śląskiego, pozwalają na stwierdzenie przydatności zdjęć satelitarnych do oceny zmian powierzchni wylesień w górach. W przeprowadzonych badaniach natrafiono jednakże na bariery istotnie ograniczające możliwość zastosowania zdjęć satelitarnych do tego celu. Bariery taką jest rozdzielczość zdjęć satelitarnych. Wykorzystanie do wydzielenia wylesień zdjęć MSS o małej rozdzielczości



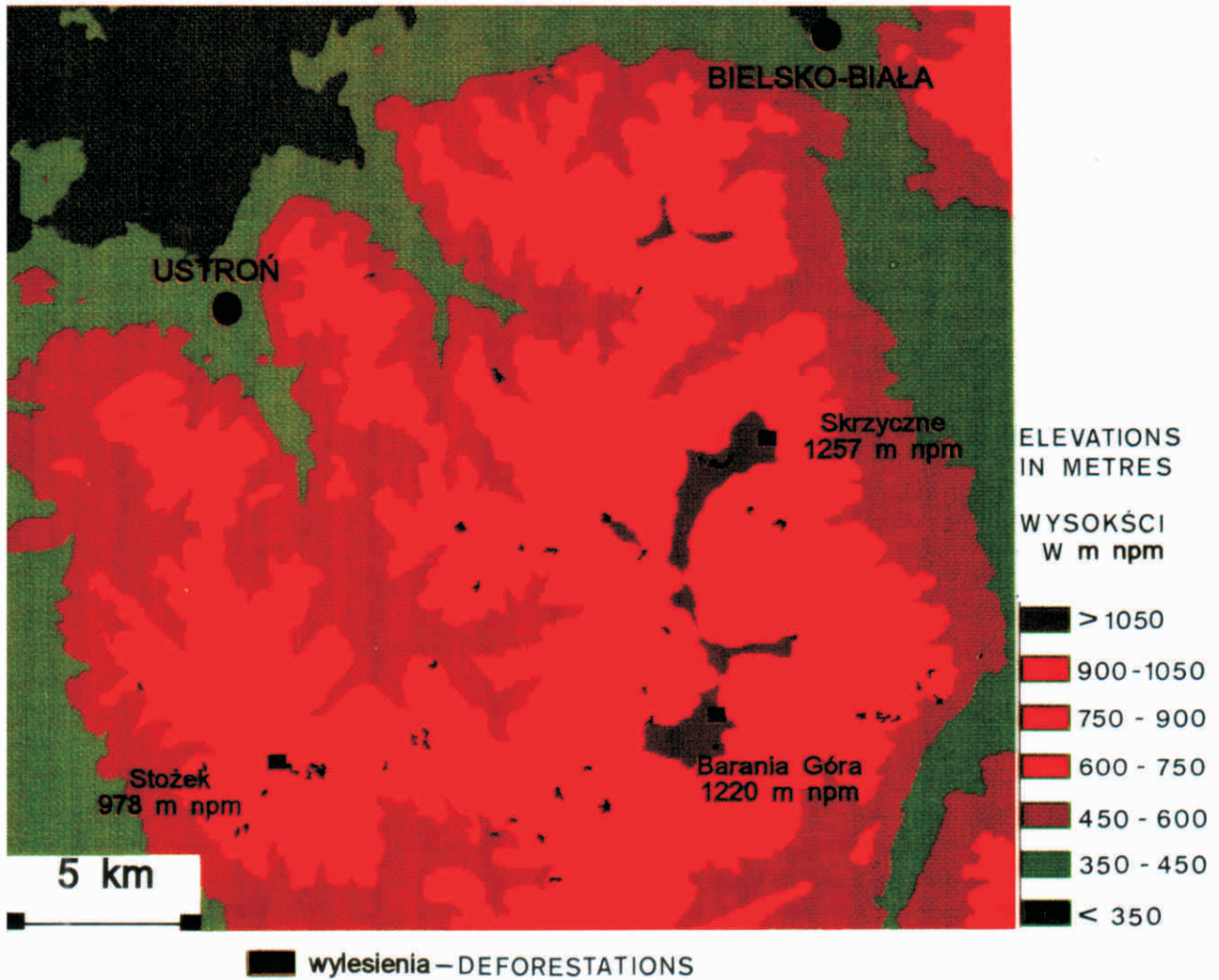
Ryc. 4. Histogramy wartości różnic dla obszarów leśnych i wylesień w analizowanych parach kanałów. 1 — lasy; 2 — wylesienia

Fig. 4. Histograms of the values of differences in analysed pairs of bands for forest and deforestation areas. 1 — forests; 2 — deforestation areas

przestrzennej, jest w przypadku wylesień Beskidu Śląskiego, których powierzchnia nie przekracza często jednego hektara, trudne i obciążone znacznym błędem. Niejednoznaczność wyników w takim przypadku potęgują błędy rektyfikacji zdjęć i powstające w ich wyniku szumy. Ponadto niekorzystne jest stosowanie zdjęć o różnej rozdzielczości, co wiąże się z koniecznością straty części informacji w procesie próbkowania.

Należy natomiast podkreślić, że stosunkowo duże wartości błędów pominięcia i przecenienia w wydzieleniu wylesień (71,2% i 53%) wynikają w znacznej części z błędów nałożenia obrazów satelitarnych na mapy topograficzne i tematyczne. Nałożenie to, o czym należy pamiętać, umożliwiło wybór najlepszego zakresu spektralnego do wydzielenia wylesień oraz ocenę dokładności tych wydzieleni. A więc błędy te nie są wyłącznie rezultatem zastosowania do wydzielenia wylesień zdjęć satelitarnych.

Niewątpliwą wadą zdjęć satelitarnych jako źródła informacji o wylesieniach jest brak możliwości rozróż-



Ryc. 5. Mapa obszarów wylesionych w Beskidzie Śląskim w latach 1981 — 1992

Fig. 5. The map of areas deforested in the Silesian Beskid Mts. in the period 1981 — 1992

nienia na zdjęciach satelitarnych wylesień wymuszonych postępującą degradacją lasu od powierzchni planowych zrębów gospodarczych. Różnice w ich genezie nie znajdują bowiem odzwierciedlenia w pokryciu terenu.

Czynnikiem wpływającym na użyteczność zdjęć satelitarnych w ocenie degradacji lasu jest kompletność materiałów terenowych i istniejących opracowań kartograficznych dotyczących tego zjawiska. Ich brak lub niekompletność, z czym zetknięto się w trakcie prowadzonych prac terenowych, powoduje, że rośnie rola zdjęć satelitarnych jako źródła informacji w badaniu przebiegu wylesień. Narzuca to równocześnie konieczność zastosowania metod pozwalających na automatyczne wydzielenie na zdjęciu satelitarnym takich obszarów, na których nastąpiły zmiany pokrycia terenu uwidaczniające się poprzez zmiany odbicia promieniowania. Możliwości takie posiada metoda wykorzystana w opracowaniu. Pozwala ona na ocenę przebiegu wylesiania na podstawie informacji pochodzącej z dowolnie licznej serii czasowej zdjęć satelitarnych.

Zastosowanie serii czasowej zdjęć satelitarnych umożliwi badanie istotnego aspektu dynamiki degradacji lasu, jakim jest przebieg wylesiania. Znajomość

dynamiki degradacji lasu może z kolei ułatwić prognozowanie dalszych zmian i wyznaczanie obszarów najbardziej zagrożonych tym procesem.

Podziękowania. Zdjęcie satelitarne Landsat MSS zostało zakupione ze środków grantu programu *Research Support Scheme* Uniwersytetu Europy Środkowej nr 532/93. Zdjęcie Landsat TM uzyskano w ramach programu *NASA Landsat Thematic Mapper Grant*. Program AutoCAD otrzymano został w ramach grantu *Geodyssey Environmental GIS Research Grants Initiative*. Wykorzystano również środki grantu KBN nr 0396/P2/93/04. Autorzy opracowania wyrażają podziękowanie pracownikom nadleśnictw Bielsko-Biała i Węgierska Górka za pomoc w zebraniu materiałów.

Literatura

- Barszcz J., Kozak J., Widacki W., 1994: The Forest Degradation in the Silesian Beskid Mts., Karpaty Mts., Poland. W: *8th Annual Symposium on Geographic Information Systems in forestry, environmental and natural resources management*, 21-24.02.1994, Vancouver, Canada, Symposium Proceedings, vol. 2, s. 895-900.
- Capeccki Z., 1983: Charakterystyka zdrowotności i zagrożenia lasów karpackich w Polsce. *Prace IBL*, Nr 617.

- Ciołkosz A., Kęsik A., 1989: *Teledetekcja satelitarna*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Gniewek M., Potocki J., 1990: Zagrożenia lasów górskich na przykładzie Sudetów i Beskidów. W: *Zagrożenia istnienia lasów górskich a rozwój społeczno-gospodarczy kraju*, Jaszowice 1990, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa, Zarząd Główny, I Oddział w Katowicach, s. 11-39.
- Potocki J., Hanak B., 1988: Drzewostany iglaste Beskidu Żywieckiego i Śląskiego a emisje przemysłowe. *Las Polski*, Nr 13-14, s. 14-16.
- Plan Urządzenia Gospodarstwa Leśnego, 1983: Plan Urządzenia Gospodarstwa Leśnego, Nadleśnictwo Węgierska Góra, Obręb Lipowa, Okres gospodarczy 1983-1992, Tom II, Opis taksacyjny lasu, stan na 1.1.1983, OZLP Katowice.*
- Plan Urządzenia Gospodarstwa Leśnego, 1988: Plan Urządzenia Gospodarstwa Leśnego, Nadleśnictwo Bielsko, Obręb Szczyrk, Okres gospodarczy 1988-1997, Tom II, Opis taksacyjny lasu, stan na 1.1.1988, OZLP Katowice.*
- Troll M., 1994: *Zależność degradacji lasów od warunków środowiskowych w masywie Skrzycznego (Beskid Śląski)*. Praca magisterska, Pracownia Geograficznych Systemów Informacji IGUJ, Kraków.
- Vogelmann J. E., 1988: Detection of forest change in the Green Mountains of Vermont using Multispectral Scanner data, *International Journal Remote Sensing*, Vol. 9, No. 7, s. 1187-1200.
- Zawiła-Niedźwiecki T., 1994: Ocena stanu lasu w ekosystemach zagrożonych z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych i systemu informacji przestrzennej. *Prace IGiK*, T. 41, z. 90, Warszawa.
- Maszynopis złożono w Redakcji: 1994.11.03.*

FOTOINTERPRETACJA W GEOGRAFII

*Interpretacja zdjęć lotniczych Katynia
wykonanych w latach 1941-1944
Nieznane dotąd zdjęcia lotnicze:
ich interpretacja i komentarze*

Tom 25 - Wydanie specjalne
KATYŃ - FAKTY
autor: Wacław Godziemba-Maliszewski

Zamówienia wraz z przedpłatą w wys. 10,00 zł. na konto:
Klub Teledetekcji Środowiska PTG,
PKO BP XV O/Warszawa nr. 1558-14195-131
należy kierować na adres: Klub Teledetekcji Środowiska PTG,
Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa, "KATYŃ"