

Mapa Narwiańskiego Parku Narodowego — integracja satelitarnych i lotniczych danych obrazowych

The map of Narew River National Park – integration of the satellite and aerial data

Stanisław LEWIŃSKI, Bogdan ZAGAJEWSKI

The increasing volume of satellite data encourages the search for the increasingly advanced and better methods of processing and amalgamation of information originating from various sources. The paper presents the methodology of elaboration of the satellite map. The research area is the Narew River National Park along with the surrounding protective zone, located in the northeast of Poland. The source materials used include satellite (Landsat TM 5) and aerial data.

Elaboration of the report gave rise to the necessity of solving a number of methodological questions and the nature-related interpretation of the images processed. Thus, in order to obtain the image of the colours close to the natural ones, an original method was applied of amalgamating colour compositions of the satellite images. The Landsat TM 5 imagery and the colour-infrared photomap were transformed to the form, which would be a sum of information on vegetation, soil, built-up area and the remaining elements of surface cover.

The schedule of the project was as follows (Fig. 1):

- analysis and selection of the appropriate RGB colour compositions of the Landsat TM colour photographs for the particular classes of land cover and the surroundings of the Park;
- implementation of the Tasseled Cap Transformation of Landsat TM image;
- empirical determination of the values of the “greenness” channel, related to the selected land cover forms, expressed with the RGB colour compositions (3,2,1) and (2,4,3) of the Landsat TM imagery;

- association of the (3,2,1) and (2,4,3) compositions with application of the masks of the values (0,1), determined on the basis of the “greenness” channel;

- application of the IHS transformation to the amalgamation of the satellite colour composition with the PC1 obtained on the basis of colour-infrared photograph;

- establishment of the vector information layers: boundaries of the Narew RNP, roads, railways, and main settlement centres; establishment of the legend of the map containing such items as: damaged-, coniferous forest, damaged-, deciduous forest, thicket, meadow, pasture, arable land, arable land with a vegetation cover, built-up area, river and drain;

- printout of the map on a high-resolution printer.

Owing to the application of a number of transformations, including the original method of associating various colour compositions, the fundamental objective was attained, namely elaboration of the colour *Satellite Map of the Narew National Park* at the 1:25,000 scale, allowing to discern the areas damaged or threatened with degradation. The specific character of the protected area required application of the algorithm that would make it possible to present the condition of the vegetation.

The presented map is a spectacular example of associating the satellite and aerial data for the purpose of obtaining a detailed image of the Earth’s surface.

Rosnąca dostępność różnorodnych materiałów teledetekcyjnych zachęca do poszukiwania nowych i lepszych metod przetwarzania zdjęć oraz łączenia zawartych na nich informacji w celu uzyskania nowego, atrakcyjnego pod względem możliwości interpretacyjnych obrazu powierzchni Ziemi. W artykule została przedstawiona metodyka wykonania mapy satelitar-

nej Narwiańskiego Parku Narodowego (NPN) wraz z otuliną; obszaru chronionego o szczególnych walorach przyrodniczych. Jako materiały źródłowe zostały wykorzystane dane satelitarne Landsat TM o rozdzielczości 30 m oraz fotomapa w skali 1:10 000 wykonana na podstawie spektrostrefowych zdjęć lotniczych o rozdzielczości 0,5 m. Łącząc zdjęcia satelitarne z lotniczy-

mi z tego samego okresu wegetacyjnego (koniec lata) utworzono obraz w skali 1:25 000 w barwach uzyskanych na podstawie zdjęć satelitarnych i o stopniu szczegółowości cechującym zdjęcia lotnicze.

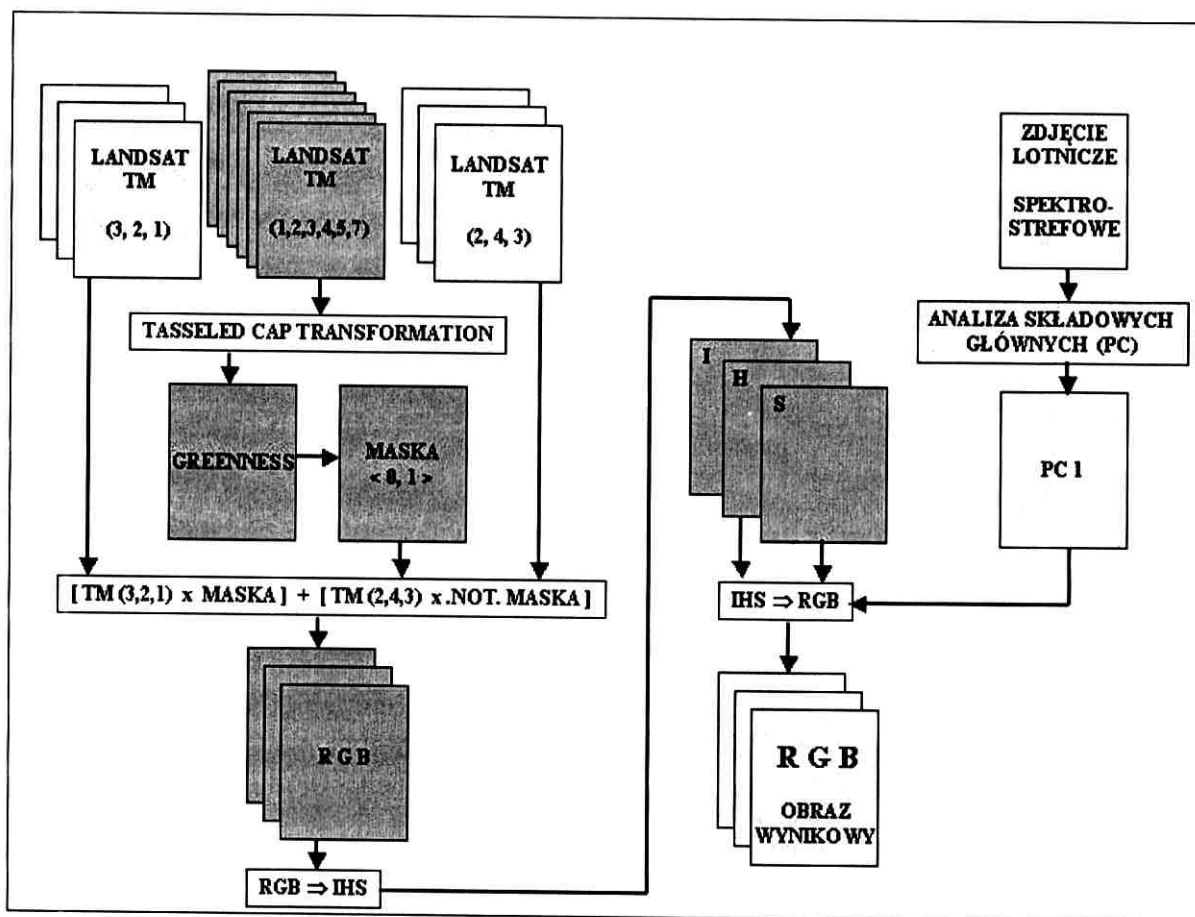
Charakterystyczną cechą rzeki Narew jest bogata sieć koryt rzecznych, które na wielu odcinkach zajmują całą dolinę. Mały spadek (średnio 0,15‰), powolny nurt oraz płaski zatorfiony teren powodują, że przepływ powierzchniowych i gruntowych wód jest hamowany i ulega spiętrzaniu, a cała dolina jest w zasięgu długotrwałego zalewu wód rzecznych rozprowadzanych po niej rozgałęzioną siatką koryt. W okresie wiosennych i letnich wezbrań, woda płynie całą szerokością doliny (2–3 km). Następstwem tego jest wodnobienny układ środowiska o specyficznych warunkach ekologicznych, odmiennych w porównaniu z innymi dolinami rzeczny. Konsekwencją jest bogata mozaika ekosystemów powstałych ze środowisk: wodnych, wodno-łąkowych, lądowo-bagiennych i lądowych. Szereg prac melioracyjnych lat 70. i 80. spowodował niekorzystne zmiany w środowisku. Kolejne lata, za sprawą kryzysu gospodarczego oraz zaawansowanych prac renaturalizacyjnych przyniosły ogólną poprawę. Obecnie, po utworzeniu Narwiańskiego Parku Narodowe-

go istnieje możliwość prowadzenia prac związanych z ochroną i monitoringiem środowiska. W pracach tych aktywnie uczestniczy Zakład Teledetekcji Środowiska, Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Prowadząc od lat prace naukowo-badawcze zgromadzono szereg materiałów, które są wykorzystywane do określania kierunków zmian jakie zachodzą w środowisku NPN.

Ten cenny przyrodniczo obszar odgrywa znaczącą rolę w międzynarodowym systemie migracji organizmów żywych. W europejskim programie ECONET Narwiański Park Narodowy zaliczony został do obszarów węzłowych o znaczeniu międzynarodowym (Liro, 1995).

Mapa satelitarna NPN powstała w celu uzyskania szczegółowego obrazu pokrycia terenu oraz informacji o kondycji zbiorowisk roślinnych. Informacji tych dostarczyły zobrazowania satelitarne Landsat TM oraz spektrostrefowa fotomapa lotnicza.

Wykonanie mapy związane było z koniecznością rozwiązania szeregu problemów metodycznych oraz związanych z interpretacją przyrodniczą przetworzonego obrazu. W celu uzyskania obrazu w barwach zbliżonych do naturalnych zastosowano oryginalną



Ryc. 1. Algorytm przetwarzania zdjęć satelitarnych i lotniczych.

Fig. 1. Algorithm of the satellite and aerial images processing.

metodę łączenia kompozycji barwnych zdjęć satelitarnych, pierwszy raz wykorzystaną w opracowaniu mapy satelitarnej powiatu nowodworskiego i legionowskiego (Lewiński, Goljaszewski, 1999; Lewiński, 2000). Zdjęcie Landsat TM zostało przetworzone w taki sposób, aby po połączeniu ze spektrostrefowym zdjęciem lotniczym możliwe było uzyskanie barwnego, szczegółowego obrazu w skali 1:25 000, który byłby sumą informacji o roślinności, glebie i pozostałych elementach pokrycia terenu.

Zastosowany algorytm przetwarzania zdjęć lotniczych i satelitarnych przedstawiony jest na ryc. 1. Algorytm można podzielić na trzy podstawowe etapy polegające na przetworzeniu zdjęć satelitarnych Landsat TM w celu utworzenia odpowiedniej kompozycji barwnej, przetworzeniu spektrostrefowych zdjęć lotniczych oraz na połączeniu zdjęć satelitarnych i lotniczych metodą IHS.

Opracowanie zdjęć satelitarnych Landsat TM rozpoczęto od analizy kompozycji RGB z punktu widzenia barw odwzorowujących podstawowe klasy pokrycia terenu. Wybrane zostały dwie kompozycje z kanałów spektralnych (2, 4, 3) oraz (3, 2, 1). Na pierwszej w barwach zbliżonych do naturalnych odwzorowane są przede wszystkim lasy oraz łąki, natomiast na drugiej tereny rolnicze. Następnie przystąpiono do opracowania maski wykorzystanej w procesie selekcji pikseli i łączenia wybranych kompozycji.

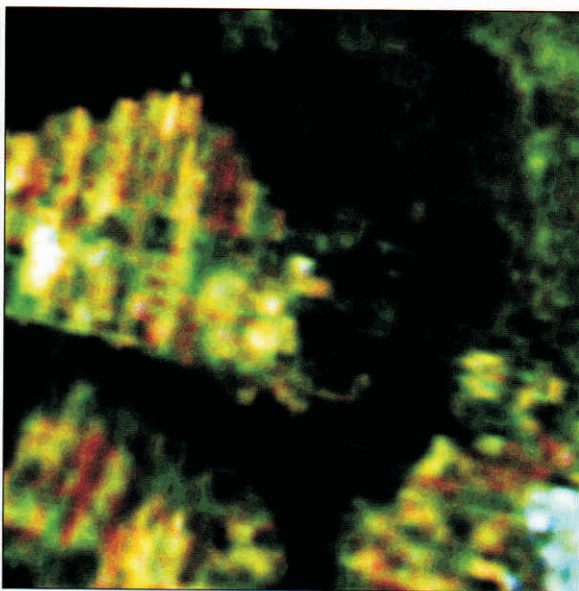
Maska, czyli obraz o ściśle ustalonych wartościach, powstał z zastosowaniem transformacji Tasseld Cap (Jensen, 1986). Na podstawie sześciu kanałów spektralnych zdjęcia Landsat TM (kanał termalny nie jest uwzględniany) zostały wygenerowane trzy nowe obrazy o umownych nazwach *brightness*, *greenness* i *wetness*. Do dalszych analiz wykorzystano jedynie kanał *greenness*, w którym wartości pikseli są skorelowane z występowaniem na zdjęciu roślinności. Na jego podstawie określono przedziały wartości pikseli związanych z barwami zbliżonymi do naturalnych na kompozycji (3, 2, 1) oraz kompozycji (2, 4, 3). Następnie utworzono maskę o wartościach 0 lub 1 korespondującymi odpowiednio z pierwszą i drugą kompozycją.

Kompozycje (3, 2, 1) i (2, 4, 3) zostały przemnożone, pierwsza przez maskę, druga przez odwrotność maski i następnie dodane do siebie. W ten sposób powstał obraz satelitarny, będący sumą dwóch kompozycji, charakteryzujący się występowaniem podstawowych klas pokrycia terenu w barwach zbliżonych do naturalnych.

W pracy nad mapą wykorzystano spektrostrefową fotomapę Narwiańskiego Parku Narodowego składającą się z 10 części. Pojedyncze sekcje połączono oraz zmniejszono rozdzielczość terenową obrazu z 0,5 m na 2,5 m, która jest całkowicie wystarczająca w przypadku druku mapy w skali 1:25 000. Następnie spektrostrefowe zdjęcie lotnicze zostało poddane analizie składników głównych (*Principal Components* — PC). Uzyskana pierwsza składowa (PC-1), reprezentująca przede wszystkim stopień szczegółowości zobrazowa-

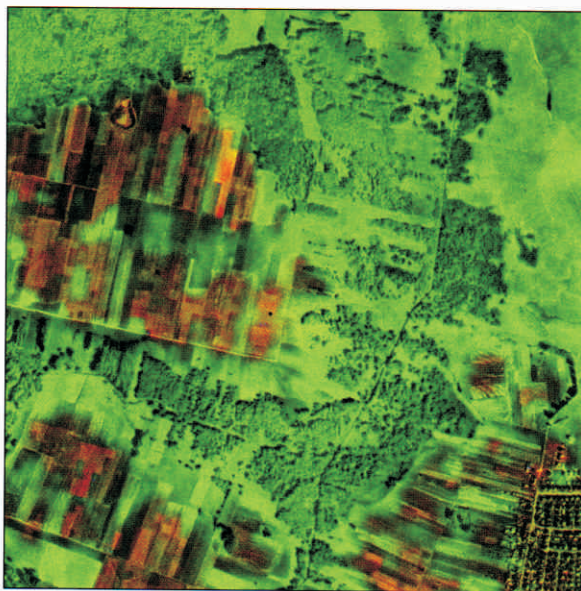
nia, została wykorzystana w ostatniej części algorytmu związanej z łączeniem zdjęcia satelitarnego z lotniczym.

Kompozycja barwna uzyskana na podstawie zdjęć satelitarnych została połączona z obrazem PC-1 z zastosowaniem transformacji między systemami barw RGB i IHS (Carper, Lillesand, Kiefer, 1990; Chavez, Stuart, Anderson, 1991; Gonzalez, Woods, 1993). Najpierw na podstawie kompozycji barwnej RGB utworzone zostały trzy kanały *Intensity*, *Hue* i *Saturation*, następnie kanał *Intensity* został zastąpiony obrazem



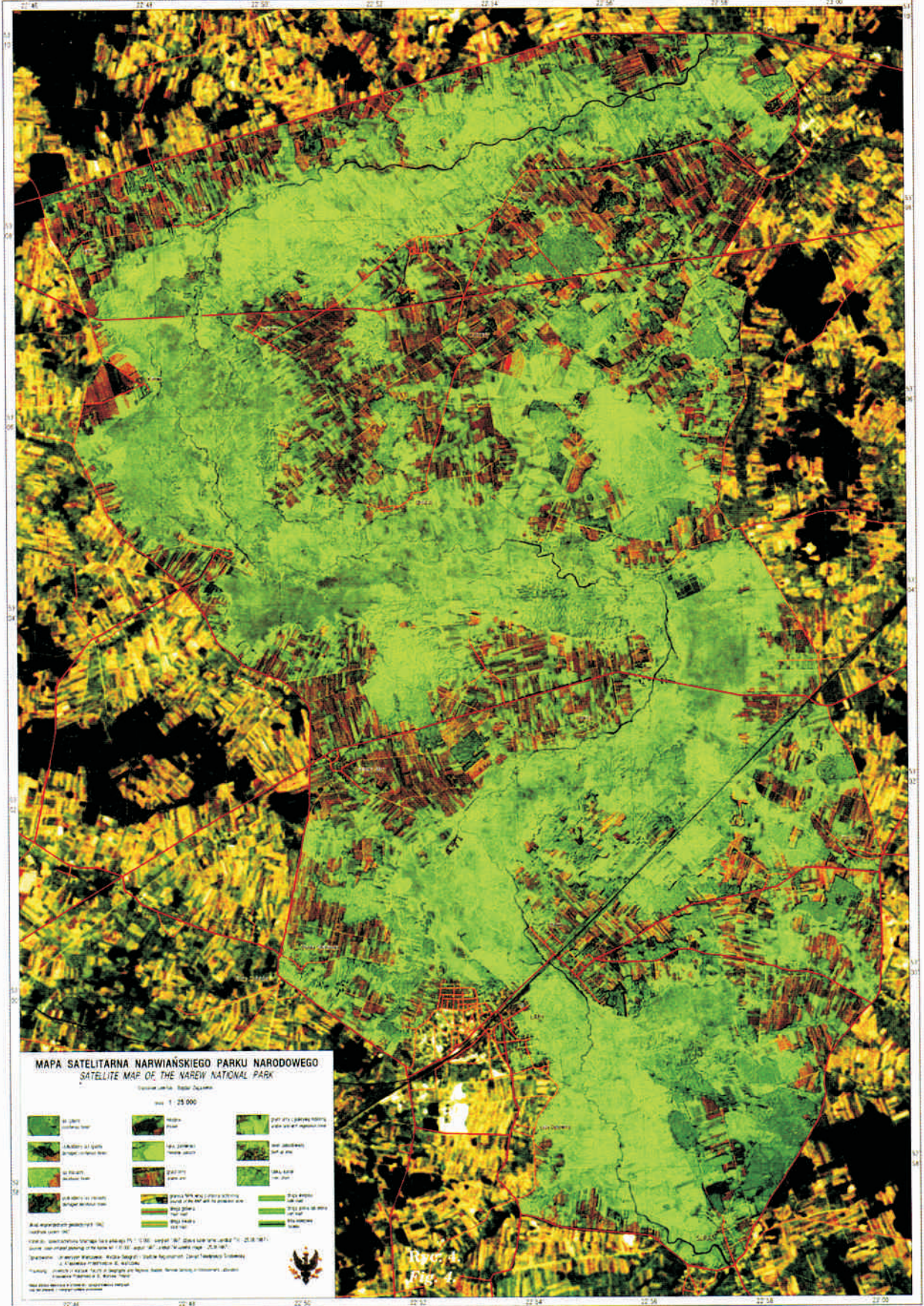
Ryc. 2. Kompozycja RGB (3,2,1) zdjęcia Landsat TM.

Fig. 2. RGB composition (3,2,1) of the Landsat TM imagery.



Ryc. 3. Obraz satelitarny Landsat TM po połączeniu z fotomapą.

Fig. 3. The Landsat TM image after merging with photomap.



PC-1 i wykonano powrót do barw RGB. W ten sposób uzyskano obraz w barwach zdjęcia satelitarnego o szczegółowości zdjęcia lotniczego.

Łączenie zdjęć związane było z koniecznością przeprowadzenia szeregu prób w celu ustalenia optymalnych parametrów przetwarzanych zdjęć. Nie było to zadanie proste ze względu na bardzo dużą różnicę rozdzielczości. Każdy piksel satelitarny (30×30 m) był dzielony na 144 części odpowiadającym pikselom zdjęcia lotniczego ($2,5 \times 2,5$ m). W pierwszej fazie prób istotnym problemem okazała się „widoczność” w obrazie wynikowym granic trzydziestometrowych pikseli satelitarnych. Konieczne było przetestowanie różnych metod podziału pikseli oraz sposobu ich filtracji.

Na ryc. 2 przedstawiona jest kompozycja (3, 2, 1) zdjęcia Landsat TM, obok na ryc. 3 zamieszczony jest obraz tego samego fragmentu terenu uzyskany w wyniku zastosowania prezentowanego algorytmu przetwarzania zdjęć satelitarnych i lotniczych. Zdjęcia różnią się w sposób zasadniczy rozdzielczością oraz pod względem barwnym. Na przetworzonym obrazie widoczna jest struktura lasów i pól, lokalna sieć drogową, zabudowa (w prawym dolnym narożniku znajduje się osiedle domów jednorodzinnych), można zaobserwować korony pojedynczych drzew.

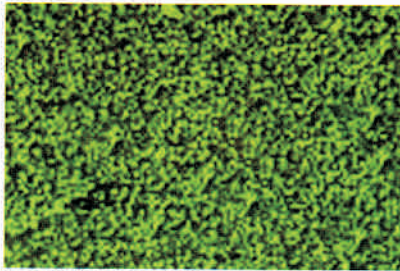
Na przetworzony obraz satelitarny naniesiona została sieć drogową z podziałem na cztery klasy (drogi główne, lokalne, wiejskie oraz polne lub leśne), sieć kolejowa, siatka geograficzna (poprowadzona co $2'$) oraz nazwy większych miejscowości. Opracowano legendę prezentującą, w formie małych fragmentów obrazu, 10 podstawowych klas pokrycia terenu: las iglasty, uszkodzony las iglasty, las liściasty, uszkodzony

las liściasty, młodnik, łąki i pastwiska, grunt orny, grunt orny z pokrywą roślinną, teren zabudowany oraz rzeki i kanały. Do prezentacji terenów znajdujących się poza granicami NPN wykorzystano kompozycję (3, 2, 1) zdjęcia Landsat TM, która różni się w sposób zasadniczy pod względem rozdzielczości oraz barwy od obrazu NPN, dzięki czemu granice obszaru Parku są wyraźnie zaznaczone. Otrzymana mapa satelitarna Narwiańskiego Parku Narodowego przedstawiona jest w zmniejszeniu (około 4,24 razy w stosunku do oryginału) na ryc. 4, a jej fragment w oryginalnej skali 1:25 000 na ryc. 11 (Lewiński, Zagajewski, 2001).

Jak widać identyfikacja wymienionych wyżej klas pokrycia terenu była możliwa nie tylko na podstawie barwy uzyskanej ze zdjęcia satelitarnego, lecz również struktury i tekstury pochodzącej ze zdjęcia lotniczego.

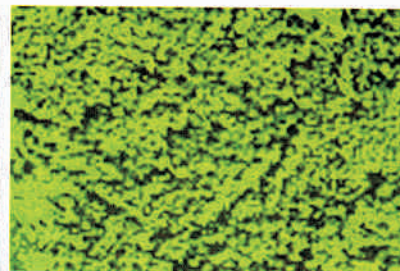
Na ryc. 5 i 6 przedstawione są fragmenty obrazu lasu iglastego i liściastego. Zielona barwa lasu iglastego jest wyraźnie ciemniejsza w porównaniu z liściastym, ale nie jest to jedyną cechą rozpoznawczą. Dodatkową cechą pozwalającą na rozróżnienie klas jest wyraźnie widoczna ich struktura i tekstura. Las iglasty charakteryzuje się strukturą drobnoziarnistą o teksturze równomiernie drobnoplamistej, natomiast obraz lasu liściastego ma strukturę ziarnistą o teksturze średnioplamistej i chaotycznej. Kolejnym przykładem są łąki i pastwiska, które mimo że są rozróżnialne na mapie NPN, wzorem większości map satelitarnych, zostały ujęte w jedną klasę. Fragmenty obrazów łąki i pastwisk prezentowane są na ryc. 7 i 8.

Mimo jednakowej barwy, klasy są łatwo rozróżnialne na podstawie struktury i tekstury. W przypadku pastwisk mamy do czynienia ze strukturą amorficzną



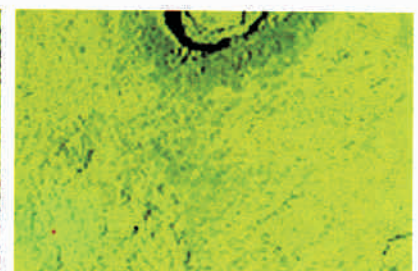
Ryc. 5. Las iglasty.

Fig. 5. Coniferous forest.



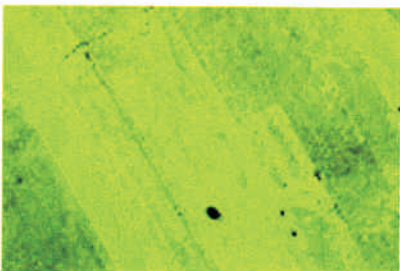
Ryc. 6. Las liściasty.

Fig. 6. Deciduous forest.



Ryc. 7. Pastwisko.

Fig. 7. Pasture.



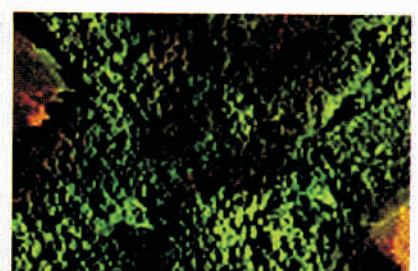
Ryc. 8. Łąka.

Fig. 8. Meadow.



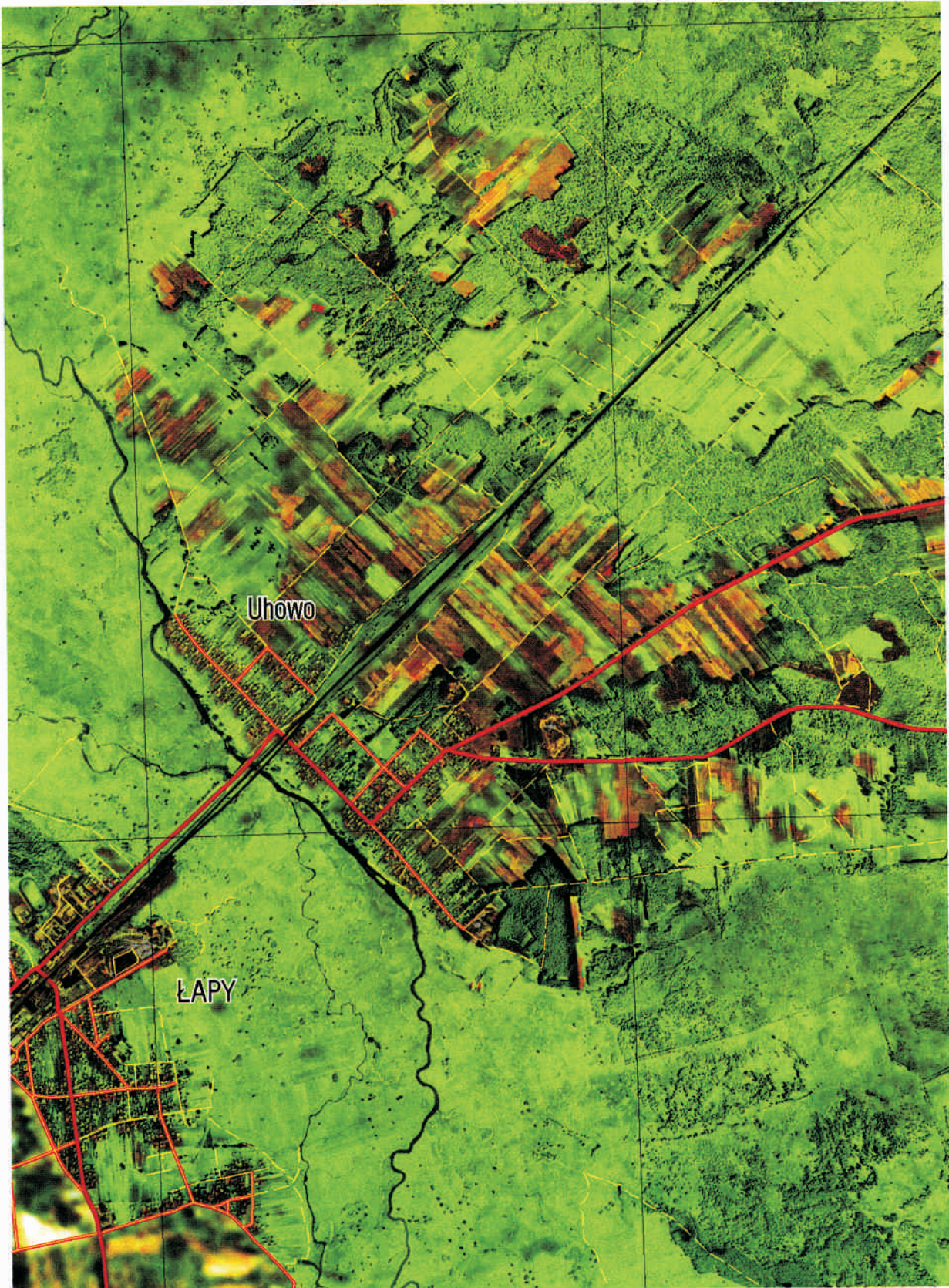
Ryc. 9. Uszkodzony las iglasty.

Fig. 9. Damaged coniferous forest.



Ryc. 10. Uszkodzony las liściasty.

Fig. 10. Damaged deciduous forest.



Ryc. 11. Fragment mapy satelitarnej NPN w skali 1:25 000.

Fig. 11. Fragment of the satellite map of NNP at the 1:25 000 scale.

i nieuporządkowaną teksturą, natomiast łąki poprzez strukturę liniową układającą się w pasma są łatwe do rozpoznania.

Wpływ informacji o stanie kondycyjnym roślinności pochodzących ze zdjęć spektrostrefowego i satelitarnego można zilustrować na przykładzie lasu; ryciny 9 i 10 przedstawiają fragmenty mapy, na których widoczne są nieduże kompleksy leśne. Zdrowe lasy zobrazowane są w barwach zielonych, natomiast uszkodzone w barwach zielono-brązowych.

Pierwsze analizy obrazu wykazały, że istnieje wprost proporcjonalna zależność pomiędzy intensywnością barwy zielonej na mapie a stanem kondycyjnym roślinności. Podobny, aczkolwiek trudny do precyzyjnego określenia związek zachodzi pomiędzy wilgotnością łąk i pastwisk użytkowych a zielono-niebiesko-fioletowymi zabarwieniami na mapie. Wynika to stąd, iż roślinność, która nie jest koszona lub wypasana pozostaje w sierpniu (data wykonania zobrazowania lotniczego i satelitarnego) bujna, a rejestrowany sygnał pochodzi głównie od niej (na mapie intensywnie zielona barwa). Natomiast w przypadku równie dobrych siedlisk, ale wykorzystywanych rolniczo roślinność jest niska (koszenie, wypasanie), a co za tym idzie, rejestrowany sygnał jest mieszaniną odpowiedzi spektralnych roślin, gleby i wody. Wzrost wilgotności odkrytych gleb ornych przejawia się ciemniejszymi tonami barwy brązowej. Interesująca jest także możliwość obserwowania chwastów, które spontanicznie pojawiają się na gruntach ornych — ich barwa jest intensywnie zielona, co świadczy o dobrej kondycji zdrowotnej.

W sumie efekt opisanych zabiegów uznać należy za udany. Warto podkreślić, że analiza połączonego obrazu wykazała, iż zdjęcie lotnicze wzbogaciło obraz

satelitarny nie tylko swoją rozdzielczością, lecz również wieloma cechami interpretacyjnymi. Wykorzystanie zdjęcia spektrostrefowego w znaczącym stopniu rozszerzyło możliwości analizy roślinności. Pełna interpretacja uzyskanego obrazu jest wykonywana w ramach projektu „Analiza stanu roślinności Narwiańskiego Parku Narodowego”.

Literatura

- Carper W.J., Lillesand T.M., Kiefer R.W., 1990, *The use of intensity-hue-saturation transformations for merging SPOT Panchromatic and multispectral image data*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 56, 4, 459–467.
- Chavez P.S. Jr., Stuart C.S., Anderson J.A., 1991, *Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data: Landsat TM and SPOT Panchromatic*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 57, 3, 295–303.
- Gonzalez R.C., Woods R.E., 1993, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company.
- Jensen J.R., 1986, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall.
- Lewiński St., 2000, *The satellite maps of Poland elaborated on the basis of Landsat MSS, TM and IRS-1C images*, Proceedings of 28th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Cape Town, RPA, 27–31 March 2000.
- Lewiński St., Goljaszewski Z., 1999, *Mapa satelitarna powiatu nowodworskiego i legionowskiego, w barwach zbliżonych do naturalnych. Skala 1:50 000, IRS-1C/LISS + PAN, IGiK*.
- Lewiński St., Zagajewski B., 2001, *The satellite map of Narew National Park. Scale 1:25 000*, Faculty of Geography and Regional Studies, Warsaw University, Warsaw.
- Liro A. (red.), 1995, *Koncepcja krajowej sieci ekologicznej ECONEC-POLSKA*, Foundation IUCN Poland, Warszawa.



Dr inż. Stanisław Lewiński pracuje w Instytucie Geodezji i Kartografii w Zakładzie Teledetekcji OPOLiS. Jest absolwentem Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. W roku 1994 uzyskał w IGiK tytuł doktora nauk technicznych. Uczestniczył w różnorodnych pracach związanych z teledetekcją satelitarną. Zajmuje się cyfrowym przetwarzaniem obrazów satelitarnych, jest autorem kilkunastu satelitarnych map obrazowych. Od roku 1999 prowadzi zajęcia na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego; e-mail: stanislaw.lewinski@igik.edu.pl



Dr Bogdan Zagajewski, adiunkt w Zakładzie Teledetekcji Środowiska Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Absolwent Międzywydziałowych Studiów Ochrony Środowiska UW oraz Studium Doktoranckiego WGiSR UW. Zajmuje się wykorzystaniem metod teledetekcyjnych i SIG do badania środowiska, w tym technik hiperspektralnych (lotniczych cyfrowych zobrazowań i naziemnych pomiarów terenowych) w badaniach roślinności zanieczyszczonej metalami ciężkimi i górskiej. Adres: Zakład Teledetekcji Środowiska, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytet Warszawski, Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa, tel. (+48 22) 552 15 07; e-mail: bogdan@uw.edu.pl; http://www.wgssr.uw.edu.pl/zts/b_zag_pl.htm