

Badania porównawcze struktury krajobrazu*

Comparative analyses of landscape structure

Aneta HERNIK

The purpose of the study reported was to compare two independent methods of delimitation of the spatial landscape units, i.e. the physico-geographical method and the remote sensing method. The study was carried out for the Narew River National Park located in the valley of Narew River, along with the adjacent upland areas. This area is located in North-Eastern Poland, 25 km to the West of the town of Białystok.

On the basis of the analysis of leading components (geological structure, relief, and land use), distinction was made with the use of the method of physical geography of the geocomplexes (geosystems) having the rank of a range. Thus, within the confines of the area studied 1611 individual units were distinguished belonging to 40 types of geocomplexes of the range level. The comparative analysis was limited to 500 single units grouped into 37 types.

Photomorphic units were distinguished with the remote sensing method within a fragment of the area studied. Out of the set of aerial photographs of the scale of 1:25 000, taken in October 1987, four photographs were selected, subject then to rectification and development of a mosaic. The photomorphic

units were determined by overlaying of three maps representing the spatial differentiation of phototone, photostructure, and phototexture, defined on the basis of the aerial photographs in mosaic form. Within the fragment studied 313 individual photomorphic units were distinguished belonging to 15 types of the IInd order.

So, comparison was carried out for the 500 individual physico-geographical units grouped into 37 types of geocomplexes of the rank of a range and the 313 photomorphic units belonging to 15 types of units of the IInd order.

On the basis of the comparison of the landscape units defined for the area studied with the two methods it can be concluded that the structure of landscape developed with the remote sensing method is less differentiated than the one developed with the physico-geographical method. The photomorphic units reflect the character of landscape of the area considered, but cannot be treated as the counterparts of the geocomplexes of the rank of a range. It is possible that a higher similarity of the units distinguished could be obtained with consideration of a bigger number of phototones or with application of the stereoscopic analysis of the aerial photography.

Założenia metodyczne

Celem badań jest porównanie dwóch niezależnych metod delimitacji przestrzennych jednostek krajobrazowych: metody kompleksowej geografii fizycznej i metody fotomorficznej. Pierwsza z nich, rozumiana jako wydzielenie jednostek na podstawie komponentów przewodnich, jest często stosowana w geografii fizycznej. Analiza

zdjęć lotniczych pod kątem bezpośrednich cech interpretacyjnych, o którą opiera się metoda fotomorficzna, rzadko jest podstawą badania struktury krajobrazu. Analiza porównawcza pozwoli odpowiedzieć na pytanie, czy geokompleksy i jednostki fotomorficzne są podobne oraz, czy obie metody mogą być stosowane zamiennie.

Wykorzystano metody stosowane w kompleksowych badaniach krajobrazu. Geokompleksy rangi uroczysk

* Artykuł jest publikacyjną wersją pracy magisterskiej wykonanej w 1998 roku na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, pod kierunkiem prof. J.R. Olędzkiego.

wyróżniono metodą czynników przewodnich zaproponowaną przez A. Richlinga (1972, 1979), jednostki fotomorficzne powstały zgodnie z założeniami przedstawionymi przez J.R. Olędzkiego (1992). W badaniu struktury krajobrazu oraz analizy porównawczej pomocne były metody statystyczno-matematyczne. Zastosowano kilka wskaźników wielkości takich jak: ilość jednostek w typie; frekwencja jednostek; sumaryczna, maksymalna, minimalna powierzchnia; sumaryczne, maksymalne, minimalne obwody; udział procentowy powierzchni i obwodów; udział powierzchni typów geokompleksów w typach jednostek fotomorficznych i odwrotnie. Badano również kształt jednostek na podstawie wskaźników kształtu według M. Pietrzaka (1989): wskaźnik rozczłonkowania F :

$$F = \frac{P}{2\sqrt{3,14}A}$$

gdzie: P — obwód jednostki, A — powierzchnia jednostki.

Wskaźnik ten przyjmuje wartości od 1 dla jednostek zwartych, do nieskończoności dla jednostek o rozczłonkowanym konturze.

Wskaźnik kolistości (R_c) charakteryzowany jest wzorem:

$$R_c = 12,566 \frac{A}{P^2}$$

gdzie: A — powierzchnia jednostki, P — obwód jednostki.

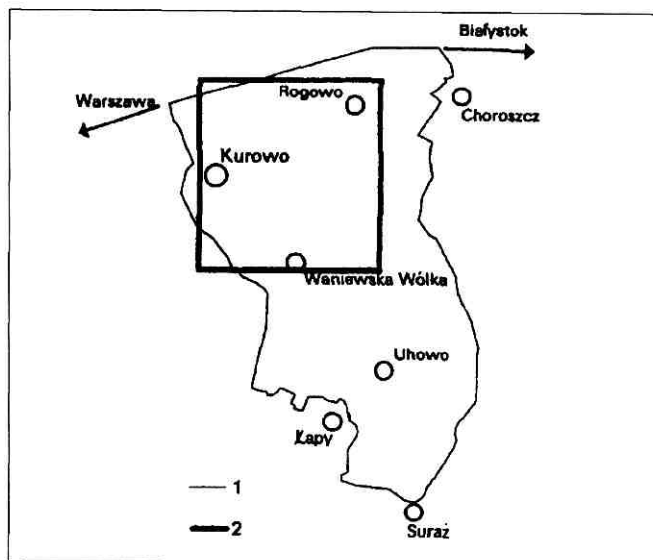
Wartość 1 wskaźnika kolistości oznacza kształt okręgu, 0 — wskazuje na wydłużenie i rozczłonkowanie konturu jednostki.

Głównym narzędziem pracy były Systemy Informacji Geograficznej (SIG). SIG składa się z oprogramowania, komputera i danych geograficznych i pełni cztery podstawowe funkcje (Urbański, 1997): wprowadzanie danych; przechowywanie i aktualizacja danych; analiza danych; uzyskiwanie produktu końcowego.

Materiałem wyjściowym były mapy analogowe oraz zdjęcia lotnicze, które po wprowadzeniu do komputera stanowiły podstawową bazę danych. Proces przygotowywania map i tworzenia bazy danych był czasochłonny, natomiast analiza danych szybka i sformalizowana. SIG pozwolił również na przygotowanie map do wydruku i przedstawienie ich ponownie w wersji analogowej. Zastosowanie SIG wymagało dostępu do specjalistycznego sprzętu i oprogramowania. Pracowano z zastosowaniem programów ArcInfo oraz Erdas Imagine.

Teren badań znajduje się w obrębie Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną, do roku 1996 był to Narwiański Park Krajobrazowy. Dla tego terenu, o powierzchni 241,51 km², wyróżniono jednostki krajobrazowe metodą czynników przewodnich. Delimitację jednostek fotomorficznych i analizę porównawczą opracowano dla obszaru, który pokrywa się z zasięgiem opracowanej do tego celu fotomosaiki. Obejmuje on powierzchnię 85,50 km², czyli 36,4% powierzchni Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną. Zasięg terenu badań ilustruje ryc. 1.

W badaniach wykorzystano następujące materiały podstawowe: mapy topograficzne w różnych skalach; mapę użytkowania ziemi 1:25 000¹; mapę geomorfolo-



Ryc. 1. Zasięg terenu badań: 1 — granica Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną, 2 — zasięg fotomosaiki

Fig. 1. Range of research: 1 — boundary of the Narew National Park with the protection zone, 2 — range of the photographic mosaic

giczną w skali 1:25 000 (Szczypek, Wach, 1987); mapę roślinności rzeczywistej w skali 1:25 000 (Kłoszewska, Bartoszek, Solon, 1990), mapę roślinności potencjalnej w skali 1:300 000 (Potencjalna roślinność naturalna Polski, Mapa przeglądowa, 1995); mapy glebowo-rolnicze gmin w skali 1:25 000 (Wojewódzkie Biuro Geodezji i Terenów Rolnych w Białymstoku 1977–1982); mapy leśne w skali 1:20 000 (Plan urządzenia gospodarstwa leśnego Nadleśnictwa Dojlidy, 1973–1983); zdjęcia lotnicze z października 1987 roku, w skali 1:25 000.

Struktura krajobrazu a struktura obrazu fotograficznego

Termin „struktura krajobrazu” rozumiany jest na ogół jako zespół składników i zachodzących między nimi relacji. W geografii fizycznej mamy dwa rodzaje składników: komponenty (geokomponenty), czyli skała, powietrze, woda, gleba, rośliny, zwierzęta, oraz elementy, czyli jednostki przyrodnicze (ekosystemy, geokompleksy) będące tzw. mniejszymi całościami (Richling, Solon, 1996). W literaturze spotyka się różne definicje struktury krajobrazu. Między innymi J.N. Ciesielczuk (1965), pisze, że o strukturze krajobrazu można sądzić na podstawie pełnego składu uroczysk. Jednakże wyraźny obraz struktury krajobrazu, na podstawie którego można porównywać krajobrazy, powstaje dopiero po wybraniu wszystkich uroczysk takich, które określają strukturę rodzaju lub gatunku krajobrazu. S. Kalesnik (1969), podaje, że struktura krajobrazu to wewnętrzna organizacja składników materialnych powłoki geograficznej i charakter wzajemnych związków między jej komponentami. Struktura krajobrazu wyraża więc zależności między częściami morfologicznymi krajobrazu (facje,

¹ Mapy wykonane w Zakładzie Teledetekcji Środowiska WGiSR w związku z eksperymentem teledetekcyjnym Telego-Narew '87.

uroczyska) oraz wewnątrz tych części. Według R.T. Formana i M. Gordona (1986), struktura krajobrazu to przestrzenne relacje pomiędzy jednostkami krajobrazów oraz dystrybucja materii i energii w odniesieniu do rozmiarów, kształtu, liczby, rodzaju i układu wzajemnego ekosystemów.

Szeroko omówił strukturę krajobrazu M. Przewoźniak (1987). Na podstawie różnorodnych relacji zachodzących w krajobrazie wyróżnia on strukturę materialno-przestrzenną i funkcjonalną. Struktura materialno-przestrzenna określona jest poprzez układ komponentów i tworzonych przez nie jednostek przestrzennych. W zależności od tego, czy brane jest pod uwagę zróżnicowanie komponentów, czy też jednostek przestrzennych, wyróżnić można strukturę pionową i horyzontalną (poziomą). Strukturę pionową charakteryzuje zestaw, charakter i układ komponentów oraz ich współwystępowanie, natomiast strukturę horyzontalną układ jednostek przestrzennych krajobrazu wyrażony przez ich zróżnicowanie jakościowe, liczebność, rozmiary, formę, orientację oraz poprzez charakter sąsiedztwa i wzajemnego położenia. Pomocniczą procedurą badawczą przy analizie struktury horyzontalnej jest typologia jednostek przestrzennych. Struktura funkcjonalna to całokształt związków i oddziaływań między jego komponentami i jednostkami przestrzennymi znajdujący swój wyraz w zachodzącej między nimi wymianie materialno-energetycznej.

W niniejszym opracowaniu, przy analizie struktury krajobrazu, rozumiano strukturę jako układ przestrzennych jednostek krajobrazowych, a zatem rozpatrywano ją w aspekcie materialno-przestrzennym, horyzontalnym.

Termin struktura używany jest również w teledetekcji. Struktura i tekstura zostały zaczerpnięte z petrografii ze względu na podobieństwa między zdjęciami szlifów petrograficznych i zdjęciami lotniczymi. Zarówno struktura obrazu jak i tekstura stanowią rysunek obrazu fotograficznego będący wynikiem przestrzennego rozmieszczenia, uporządkowania oraz układu elementów obrazu (Słownik..., 1987).

Na temat struktury obrazu fotograficznego wypowiada się wielu autorów. Według L.J. Smirnowa (1970) rysunek obrazu fotograficznego można analizować na podstawie cech formalnych i na podstawie krajobrazu. Przy formalnym traktowaniu rysunku wyróżnia się w nim trzy części składowe: kontur, strukturę tonalną, i właściwy rysunek. Na podstawie cech formalnych można sporządzić morfologiczną klasyfikację rysunków obrazów fotograficznych. Natomiast G.W. Gospodinow (1964) przedstawia strukturę obrazu jako kombinację bezpośrednio dostrzegalnych na zdjęciu cech: barwy, rozmiaru, kształtu oraz układu przestrzennego obiektów (tekstury). W.P. Miroszczenko (1969) określa strukturę krajobrazu jako teksturę utworzoną przez przestrzenne rozmieszczenie morfologicznych części krajobrazu, czyli jako pewien układ jego części składowych.

Pewne cechy obrazu uważane są za strukturotwórcze. Za takie, A.A. Grigoriew (1975) uważa budowę geologiczną i rzeźbę terenu, a zwłaszcza rozczłonkowa-

nie i ekspozycję zboczy, cechy gleb, a zwłaszcza nawilgotnienie, cechy roślinności. Natomiast C. Troll (1965) stwierdza, że fizjonomia geokompleksu na materiałach teledetekcyjnych jest wynikiem przewodniej roli rzeźby i budowy geologicznej oraz powiązanych z nimi stosunków wodnych, roślinności, użytkowania ziemi, a także antropogenizacji krajobrazu. Każdemu kompleksowi fizycznogeograficznemu właściwy jest jego własny zestaw i połączenie komponentów. Na tej podstawie L.J. Smirnow (1970) stwierdza, że w strukturze obrazu fotograficznego odzwierciedlają się wewnętrzne związki między komponentami krajobrazu i procesy zachodzące w danym kompleksie, a także przestrzenne rozmieszczenie elementów krajobrazu. A zatem badając strukturę obrazu fotograficznego bada się strukturę krajobrazu.

Według A. Ciołkosza, J. Miszańskiego, J.R. Olędzkiego (1986) struktura obrazu fotograficznego (fotostruktura) oddaje charakter powierzchni sfotografowanego obiektu i jest jedną z najbardziej stałych cech rozpoznawczych. Jednak duży wpływ na fotostrukturę ma skala zdjęcia. O ile na zdjęciu wielkoskalowym obiekt może mieć strukturę gruboziarnistą, o tyle na małoskalowym będzie miał strukturę droboziarnistą. Zwraca na to uwagę również L.J. Smirnow (1970), zaznaczając, że ze zmianą skali zdjęcia wiąże się zmniejszenie informacji możliwej do odczytania.

W niniejszej pracy struktura obrazu fotograficznego będzie rozumiana jako cecha określająca kształt i wielkość elementów obrazu i będzie pomocna przy wydzieleniu przestrzennych jednostek krajobrazowych, jakimi są jednostki fotomorficzne.

Analiza materiałów teledetekcyjnych jako metoda w badaniach ekologii krajobrazu

Krajobraz jest przedmiotem badań ekologii krajobrazu (geoekologii). Dyscyplinę tę charakteryzuje całościowe podejście do przedmiotu badań. Jak podają A. Richling i J. Solon (1996), rozwój ekologii krajobrazu stymulowało wykorzystanie zdjęć lotniczych. Obecnie analiza materiałów teledetekcyjnych jest jedną z metod stosowanych w badaniach krajobrazowych.

Idea wykorzystania zdjęć lotniczych w ekologii krajobrazu bliska jest holistycznej koncepcji przyrody i teorii postaci (Gestalt). Prekursorami tej teorii byli J.I.S. Zonneveld i M. Antrop (Richling, Solon, 1996). Zgodnie z holistyczną koncepcją przyrody środowisko przyrodnicze stanowi całość złożoną z powiązanych ze sobą i wzajemnie na siebie oddziałujących elementów. Nie jest możliwe poznanie składowych środowiska bez uwzględnienia wpływu wywieranego przez nie na inne składowe. Przyroda traktowana w sposób holistyczny nie jest prostą sumą składowych, lecz jest nową jakością, której badanie wymaga odpowiednich metod (Richling, Solon, 1996). Holistyczny punkt widzenia znajduje zastosowanie w fizjonomicznym podejściu do krajobrazu. W swoim fizjonomicznym podejściu, holistyczna koncepcja przyrody odwołuje się do teorii postaci, u podstaw której leży założenie, że wrażenie, które wywiera

dany obiekt na obserwatorze jest bardziej oryginalny i kompletny niż obserwacje poszczególnych jego składowych.

Według M. Antropa (za Richlingiem i Solonem, 1996) w badaniach ekologii krajobrazu należy zgodzić się z kilkoma założeniami, które mają zastosowanie zwłaszcza w badaniach teledetekcyjnych. M. Antrop zakłada, że poszczególne widoki są odbierane jako całości, obiekty są rozpoznawane nawet wtedy, gdy postrzegana jest tylko jego część. Cechy o podobnych kształtach i rozmiarach są w pierwszej kolejności dzielone na mniejsze części, a obiekty o podobnych kształtach i rozmiarach różnicują się łatwiej gdy występują w sąsiedztwie. Kompleks konturów o podobnych kształtach jest redukowany do jednego lub kilku prostych kształtów geometrycznych. Obowiązuje również zasada odwracalnej perspektywy przy wizualnej analizie zdjęć lotniczych i satelitarnych, na których odnalezienie granicy pierwszego planu i tła widoku może być zadaniem trudnym. Badacz przeprowadza wtedy analizę wszystkich znanych mu kombinacji planu pierwszego i następnych, poszukując układu możliwie bliskiego w stosunku do obserwowanej sytuacji na fotografii. W przypadku braku analogii dany obraz jest pomijany w analizie „postaci”.

Zgodne z założeniami teorii postaci jest stwierdzenie W.A. Nikołajewa (1981), który mówi, że materiał teledetekcyjny będący wiernym modelem terenu jest podstawowym źródłem w badaniach krajobrazu, bowiem na zdjęciu lotniczym rozpoznaje się krajobrazy lub ich morfologiczne części (facje, uroczyska), a więc tzw. mniejsze całości. Potwierdza to C. Troll (1965), według którego fotografia lotnicza wniosła nowe wartości do badań krajobrazu, mianowicie „krajobraz powietrzny” określony jako kompleks rozpoznawalnych z powietrza przedmiotów na powierzchni Ziemi, charakterystyczny dla danego obszaru fizycznogeograficznego.

Analiza materiałów teledetekcyjnych bliska jest całościowemu podejściu w badaniach krajobrazu. O przydatności zdjęć lotniczych wypowiadają się, między innymi, A. Ciołkosz, J. Miszański, J.R. Olędzki (1986), według których stanowią one materiał wyjątkowo przydatny w kompleksowych badaniach krajobrazowych, gdyż w sposób rzeczywisty i obiektywny ujawniają cały kompleks elementów środowiska przyrodniczego. Również J.R. Anderson (1971) wspomina o możliwości kompleksowego spojrzenia na badany obszar z uwzględnieniem jego specyfiki przyrodniczej i gospodarczej.

Interpretacja zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych stanowi efektywny sposób badania powierzchni terenu (Smirnow, 1970), co oznacza, że w minimalnym czasie można uzyskać maksymalną ilość danych z zachowaniem koniecznej dokładności i szczegółowości, jak również możliwości uzyskania oprócz informacji podstawowych również nowych, oryginalnych informacji. Również J. Kondracki (1976) nadmienił, że interpretacja zdjęć lotniczych znacznie zmniejsza zakres prac terenowych, ponieważ pozwala na rezygnację z wyznaczania geokompleksów w terenie.

Zastosowanie zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych w badaniach struktury środowiska geograficznego opisał szczegółowo J.R. Olędzki (1992).

Charakterystyka terenu badań

Narwiański Park Narodowy wraz z otuliną położony jest na obszarze województwa podlaskiego. Badany teren, zgodnie z podziałem J. Kondrackiego (1988), znajduje się w granicach mezoregionów: Dolina Górnej Narwi, Wysoczyzna Wysokomazowiecka, Wysoczyzna Białostocka należących do makroregionu Nizina Północno-podlaska, podprovincji Wysoczyzny Podlasko-Białoruskiej, prowincji Niżu Zachodniorosyjskiego na obszarze Europy Wschodniej.

Według podziału Polski na jednostki fotomorficzne J.R. Olędzkiego (1992), badany obszar położony jest w obrębie następujących jednostek fotomorficzych III rzędu: Przełomowej Doliny Narwi, Wysoczyzny Białostockiej i Wysoczyzny Wysoko-Mazowieckiej Północnej. Znajdują się one w granicach jednostki II rzędu, Podlasia Północnego i Środkowego, oraz jednostki I rzędu — Wielkopolsko-Mazowiecko-Podlaskiej

W budowie geologicznej dominują utwory czwartorzędowe. Grubość pokrywy tych utworów waha się na omawianym terenie od 100 m do 170 m. Utwory starsze od czwartorzędu nie odsłaniają się nigdzie na powierzchni. Można je spotkać jedynie w postaci porwaków. Najstarszym utworem na omawianym obszarze jest kra górnokredowych skał węglanowych, odkłuta od podłoża przedczwartorzędowego i przetransportowana przez lodowiec do miejsca dzisiejszego występowania na wschód od Łupianki Starej (*Mapa Geologiczna 1:200 000*, 1971). Dzisiejsze utwory powierzchniowe na omawianym obszarze są związane ze zlodowaceniem środkowopolskim i procesami zachodzącymi po jego ustąpieniu. Na sąsiadujących z doliną wysoczyznach występują plejstoceny i składowiska związane z obecnością lodolodu.

Kolejne postoje lodolodu zaznaczone zostały piaskami, żwirami i głazami moren czołowych o miąższości dochodzącej do kilkunastu metrów. Pomiedzy pagórami moren czołowych występuje glina zwałowa o miąższości do 20 m. Obniżenia wypełnione są piaskami i żwirami wodnolodowcowymi lub piaskami, mułkami, lokalnie łąkami zastoiskowymi o miąższości 3–8 m (*Mapa Geologiczna*, objaśnienia, 1971). Na południe od Paniek oraz koło Choroszczy znajdują się piaski i żwiry ozów, natomiast na południowy wschód od Rogowa: łąki, mułki, piaski i żwiry kemów. Pozostałością jeziora zastoiskowego, znajdującego się na północnym krańcu badanego terenu, są łąki, mułki i piaski zastoiskowe na wschód od Babina.

Ładolód zlodowacenia północnopolskiego nie wkroczył na omawiany teren. Osadziły się tu jedynie mułki, piaski i żwiry rzeczne, z których zbudowany jest taras nadzalewowy w dolinie Narwi i jej dopływów. U schyłku plejstocenu i na początku holocenu, na tarasach doliny osadziły się piaski eoliczne lokalnie budujące wydmy oraz wyspy mineralne w dolinie.

Dolina Narwi wypełniona jest holocenickimi utworami hydrogenicznymi, do których należą występujące w najbliższym sąsiedztwie Narwi torfy i mułki, piaski i żwiry holocenickiej akumulacji rzecznej pokrywające

pozostałą część doliny oraz niewielkie powierzchnie namulów na obrzeżu doliny. Według H. Okruszki, J. Oświta (1973), na odcinku doliny od Suraża do ujścia rzeki Śliny przeważają utwory organiczne płytkie (do 0,5 m) i średnio głębokie (do 1 m) zajmujące 68% powierzchni, natomiast utwory głębokie (powyżej 1,5 m) zajmują jedynie 11% powierzchni.

W rzeźbie omawianego terenu wyróżniają się dwa elementy: rozległe zabagnione dno doliny oraz sąsiadujące z doliną wzgórza morenowe. Przylegająca do doliny wysoczyzna morenowa posiada wysokości bezwzględne od 115 m w rejonie Tykocina, do 135 m w okolicach Suraża. Natomiast dno doliny w Surażu znajduje się na wysokości 117 m npm, a przy połączeniu z Biebrzą na wysokości 110 m npm.

Dolina jest rozległą równinną powierzchnią różnej szerokości. Koryto Narwi charakteryzuje się dużą różnorodnością kształtów. Występują zarówno szerokie przekroje, niezbyt głębokie, o łagodnych stokach, jak również przekroje skoncentrowane o stromych brzegach i dużych głębokościach (Malec, 1977). W nielicznych miejscach ponad dno doliny wystają wyspy mineralne.

W rzeźbie wysoczyzny formy marginalne moren czołowych zaznaczają się w postaci wzgórz o łagodnych zboczach (ryc. 2). Ciągi czołowomorenowe o przebiegu



Ryc. 2. Łagodne wzgórza na południe od Kolonii Topilec

Fig. 2. The hills south of Kolonia Topilec

równoleżnikowym z odchyleniem w kierunku północny zachód-południowy wschód, przechodzą z jednej strony doliny na drugą. Odcinki przełomowe mają różne długości: koło Suraża — 2,5 km, koło Bokin — 2 km, koło Topilca — 1 km. Między przełomami występują baseny o szerokości do 3,5 km i powierzchni 20–30 km². Formy wypukłe związane z akumulacyjną działalnością wód lodowcowych występują w postaci ozów i kemów w północno-wschodniej części obszaru. Kemy zaznaczają się w rzeźbie jako niewielkie wzgórza lub pagórki wielkopromienne. Natomiast o istnieniu ozów świadczą jedy-

nie wydłużone fragmenty stromych stoków. Są one słabo widoczne w terenie. Na wysoczyźnie, poza wymienionymi formami, występują liczne zrównania na stokach i wierzchowinach.

Stoki są przeważnie łagodne o spadku do 3°. Stoki o spadku powyżej 3° występują zwłaszcza w środkowej i północnej części obszaru, natomiast w południowej zajmują niewielkie powierzchnie. Na stokach, w związku z procesami denudacji peryglacialnej, rozwinęły się rozbudowane systemy suchych dolin.

Główną osią hydrograficzną omawianego obszaru jest Narew. Mały spadek, od 0,4‰ do 0,04‰, i uwarunkowany tym wolny nurt sprzyja bujnemu rozwojowi roślinności w korycie. To z kolei prowadzi do stagnacji wody i tworzenia rozległych rozlewisk, w których woda występuje na powierzchni przez większą część roku. Mokradła stałe zajmują znaczne obszary wzdłuż koryta. Mokradła okresowe sąsiadują z wysoczyzną, wypełniają również doliny dopływów Narwi. Od roku 1969 w dolnym biegu Narwi prowadzone były prace melioracyjne. W 1982 przerwano melioracje na wysokości Rzędzian. Obecnie, niezmeliorowany odcinek między Surażem a Rzędzianami podlega ochronie w Narwiańskim Parku Narodowym, a do 1 lipca 1996 roku w Narwiańskim Parku Krajobrazowym. Odcinek od Rzędzian do Żółtek, z uregulowanym korytem rzeki, ale bez melioracji szcze-

gółowych, jest strefą buforową, która ma na celu utrzymanie odpowiedniego poziomu wody na odcinku doliny o naturalnym charakterze. Cechą charakterystyczną Narwi jest jej kręty bieg i naprzemienne występowanie odcinków przełomowych i basenów. Na przełomach znajdują się progi zbudowane z glin hamujące przepływ wód rzecznych. Między przełomami występują baseny, w których ma miejsce akumulacja wód rzecznych i gruntowych powodująca zabagnienie.

Reżim hydrologiczny górnej Narwi charakteryzuje się jednym wezbraniem wiosennym spowodowanym topnieniem śniegu oraz dość wyrównanym odpływem letnim. Wezbrania letnie występują sporadycznie. Najwyższe stany wody i przepływy występują w czerwcu, na wiosnę woda płynie całą szerokością doliny. Najniższe stany wody notowane są

we wrześniu i październiku.

Narew tworzy bogatą i gęstą sieć koryt zajmujących na niektórych odcinkach całą dolinę. Wielość odnóg sprawia, że nie zawsze można wyodrębnić główny nurt. Na terenie Parku Narodowego Narew jest zasilana kilkoma niewielkimi dopływami, są to prawdopodobnie: Turośnianka, Czaplinianka, Horodnianka oraz lewobrzeżne: Liza, Szeroka Struga, Awissa i Kurówka. Doliny dopływów są przeważnie uregulowane. Naturalną hydrografię uzupełniają systemy rowów melioracyjnych oraz stawy rybne koło Topilca. Dolina Narwi zasilana jest również

wodami powierzchniowymi spływającymi z przyległej wysoczyzny podczas wiosennych roztopów i po większych opadach oraz wodami gruntowymi. Na zboczach dolin występują wysięki i wypływy źródliskowe o wydajności od 0,1 do 100 l/s. Na sąsiadujących z doliną wzgórzach zbudowanych ze żwirów, piasków i mad pylasto-gliniastych poziomów wód podziemnych występuje średnio na głębokości 2–10 m. (Czeczuga i inni, 1980).

Usypanie grobli ziemnej między dwoma wyspami na wysokości Rzędzian spowodowało odcięcie fragmentu doliny Narwi od dalszej jej części pociętej systemem rowów melioracyjnych. Stosunki wodne regulowane są przez pompownię. Grobla powoduje podpiętrzenie wód powierzchniowych w starorzeczach na obszarze chronionym, a tym samym podpiętrzenie wód gruntowych. Badania J.R. Olędzkiego (1994) potwierdzają, że poniżej grobli poziom występowania wód gruntowych jest bardziej stabilny i wody zalegają płycej. Jednak grobla tylko częściowo spełnia rolę zabezpieczającą teren chroniony przed nadmiernym obniżeniem poziomu wód gruntowych. Negatywny wpływ melioracji nie został całkowicie zlikwidowany i obserwowane jest obniżenie poziomu wód w studniach oraz zanikanie źródeł (Kowalewski, 1988).

Badaniem roślinności Narwiańskiego Parku Krajobrazowego i Narodowego zajmowali się H. Okruszko, J. Oświt, 1973, J. Solon, H. Bartoszek, E. Kłoszewska (Mapa roślinności rzeczywistej, Narwiański Park Krajobrazowy, 1990) oraz H. Bartoszek (1996).

Dolina Narwi, będąca potencjalnie siedliskiem olsów, łęgów olszowych i jesionowo-olszowych (Mapa roślinności potencjalnej 1:300 000), zajęta jest obecnie przez zbiorowiska szuwarowe i turzycowiskowe (ryc. 3).



Ryc. 3. Zbiorowiska szuwarowe w dolinie Narwi koło Kurowa
Fig. 3. The community of rushes in the Narew valley near Kurowo

Według H. Bartosza (1996), największe powierzchnie w chronionej części doliny Narwi zajmują zabagnione turzycowiska (31,6%), a zwłaszcza zbiorowisko turzycy sztywnej (*Caricetum elatae*), szuwary trzcinowe ze związku

Phragmition (16%) oraz szuwary trawiaste i turzycowo-trawiaste, między innymi i szuwar z dominacją mianu (13,8%). Zbiorowiska turzycowe i szuwarowe występują w dolinie przeważnie w układach mozaikowych. Roślinność występująca w dnie doliny jest głównym bogactwem tego obszaru. Według H. Bartosza (1996), w porównaniu do lat sześćdziesiątych, nastąpiły istotne zmiany w stanie roślinności na omawianym odcinku doliny Narwi. Najprawdopodobniej są one spowodowane zmianą stosunków wodnych w dolinie i na obszarach sąsiadujących oraz zaniechaniem wykaszania zbiorowisk turzycowych.

Z doliną rzeczna związane są również zespoły łąk kośnych świeżych lub okresowo mokrych. Na charakteryzowanym obszarze niezbyt często są spotykane żyzne wilgotne łąki (*Caltion*) będące antropogenicznymi zbiorowiskami meliorowanych i dobrze nawożonych wielokośnych łąk. Łąki okresowo wilgotne, nienawożone (*Molinion*) wykształciły się na glebach mineralnych o zmiennej wilgotności. Na żyznych świeżych glebach mineralnych bez śladu zabagnienia występują zespoły łąk gładowych (*Arrhenatheretion*). Warunkiem ich istnienia jest intensywne nawożenie lub coroczne zalewy niosące żyzny mul.

Znaczne powierzchnie zajmują ubogie florystycznie i wyspecjalizowane zbiorowiska żyznych pastwisk ze związku *Cynosunion*, zwłaszcza intensywnie wykorzystywane pastwiska reprezentujące zespół życicy trwałej i grzebieniicy pospolitej (*Lolio-Cynosuretum*).

Niewielkie powierzchnie w Narwiańskim Parku Narodowym z otuliną zajmują suche murawy i traworośla. Stosunkowo największy udział powierzchniowy mają tzw. „psiary” z panującą bliźniaczką psią trawką (*Nardus stricta*).

W granicach Narwiańskiego Parku Narodowego i jego otuliny występują ponadto zbiorowiska leśne i zaroślowe. Według H. Bartosza (1996) lasy i zarośla na glebach hydrogenicznych zajmują 14,9% powierzchni doliny Narwi. Częściowo zachowały się one również na wysoczyźnie. W dolinie występują zbiorowiska lasów z panującą olszą czarną lub zarośla szerokolistnych wierzb z udziałem olszy, spotykane są liczne, aczkolwiek niewielkie płyty łozowisk (*Salicetum pentandro-cinereae*), duże płyty na obrzeżu doliny tworzy ols (*Ribonigri-Alnetum*). W dolinie stwierdzono również występowanie zubożalej postaci zarośli wierzby rokity i brzozy niskiej (*Betulo-Salicetum repens*), wikliny nadrzecznej (*Salicetum triandro-viminalis*) i łęg wierzbowo-topolowy (*Salici Populetum*).

Na wysoczyźnie występują żyzne lub średniożyzne lasy liściaste, są to: łęg jesionowo-olszowy (*Circae-Alnetum*), grąd subkontynentalny (*Tilio Carpinetum*), niewielkie powierzchnie zajmuje świetlista dąbrowa (*Potentillo albae-Quercetum*).

Obecnie na omawianym obszarze duże powierzchnie zajmują bory i bory mieszane: śródładowy bór suchy (*Cladonio-Pinetum*), bór świeży (*Peucedano-Pinetum*), wilgotny bór trzęślicowy (*Molinio-Pinetum*), bór bagienny (*Vaccinio uliginosi-Pinetum*), bór mieszany (*Quercu roboris-Pinetum*).

W obrębie pól uprawnych występują zbiorowiska chwastów roślin zbożowych oraz chwastów roślin okopowych. Wśród pól występują zarośla śródpolne tak zwane „czyżnie” (*Pruno-Crataegum*).

Wyróżnianie jednostek krajobrazowych metodą kompleksowej geografii fizycznej

Geokompleksy mogą być wyróżniane metodą integracji *a posteriori* lub metodą integracji *a priori* (Jurdant i inni, 1977 za Richlingiem, 1993). Integracja *a priori* polega na wydzieleniu geokompleksów, w granicach których prowadzi się badania analityczne. Powszechnie stosowany jest jednak sposób polegający na zestawieniu niezależnie wykonanych opracowań odnoszących się do poszczególnych komponentów (integracja *a posteriori*).

W opracowaniu zostały wyróżnione geokompleksy rangi uroczysk wyodrębniające się w przyrodzie w związku z formami rzeźby, niejednorodnym składem gruntów i gospodarką człowieka (Milkow, za Kondrackim, 1976).

Delimitację przeprowadzono w oparciu o metodę czynników przewodnich zaproponowaną przez A. Richlinga (1979, 1992, 1993). Opiera się ona na założeniu, że wśród komponentów środowiska przyrodniczego za-

wsze istnieją czynniki kierujące i kierowane. Rozpoznanie komponentów przewodnich powinno wystarczyć do przeprowadzenia granic jednostek fizycznogeograficznych. Komponentami przewodnimi na terenach glacialnych są rzeźba i budowa geologiczna, a w dnach dolin i zagłębień również stosunki wodne. Wymienione komponenty warunkują żyzność siedliska i potencjalny typ uroczyska. Przy kartowaniu uroczysk niezbędne jest również uwzględnienie sposobu użytkowania ziemi. Jest to jeden z najbardziej uzależnionych komponentów, a jednocześnie niosący informacje o pozostałych.

Geokompleksy rangi uroczysk wyróżnione zostały w wyniku nałożenia następujących map: utworów powierzchniowych, form rzeźby oraz pokrycia terenu.

Mapa form rzeźby (ryc. 4) powstała na podkładzie mapy topograficznej 1:25 000. Przyjęto następującą klasyfikację rzeźby: stoki łagodne, o spadku do 10%; stoki strome, o spadku powyżej 10%; równiny w dnach dolin i zagłębień — deniwelacje do 2,5 m, spadki do 2%; równiny poza dolinami i zagłębieniami — deniwelacje do 2,5 m, spadki do 2%; pagórki — deniwelacje do 20 m, podstawa do 500 m, spadki do 10%; wzgórza — deniwelacje powyżej 10 m, podstawa powyżej 500 m, spadki do 10%.

Mapa utworów powierzchniowych (ryc. 5) powstała na podstawie map glebowo-rolniczych 1:25 000 uzupełnionych materiałami uzyskanymi z Okręgowego Zarządu Lasów Państwowych w Białymstoku. Zastosowano następującą klasyfikację utworów powierzchniowych: piaski i żwiry (podłoże ubogie i przepuszczalne); piaski gliniaste i gliny piaszczyste (podłoże przeciętne pod

Tabela 1.

Charakterystyka komponentów środowiska i ich elementów dla fragmentu badań objętego fotomozajką zdjęć lotniczych
Characteristics of environmental mediums and their elements for the area of the Narew National Park with the protection zone

Wydzielane komponenty i ich elementy <i>Environmental mediums and their elements</i>		Ogólna liczba jednostek <i>Total number of units</i>	Liczba jednostek w typie <i>Number of units in one type</i>	Powierzchnia <i>Area</i>				
				Sumaryczna <i>Total</i>		Minimalna <i>Minimum</i>	Maksymalna <i>Maximum</i>	Średnia <i>Average</i>
				km ²	%			
Typ rzeźby <i>Types of relief</i>	Równiny w dnach dolin i zagłębień <i>Plains in valley bottoms and natural depressions</i>	248	5	126,034	53,6	0,043	125,957	25,207
	Równiny poza dolinami i zagłębieniami <i>Plains outside valleys and the natural depressions</i>		92	13,086	5,6	0,023	71,039	0,142
	Wzgórza <i>Hills</i>		35	15,565	6,6	0,04	1,786	0,447
	Pagórki <i>Hummocks</i>		33	1,516	0,7	0,014	0,119	0,046
	Stoki łagodne <i>Gentle slopes</i>		36	72,502	30,8	0,02	13,447	2,014
	Stoki strome <i>Steep slopes</i>		47	6,419	2,7	0,022	1,058	0,137
Typy utworów powierzchniowych <i>Type of surficial sediments</i>	Piaski i żwiry <i>Sands and gravels</i>	427	58	7,553	3,2	0,019	0,858	0,130
	Piaski gliniaste i gliny piaszczyste <i>Loamy sands and sandy clay</i>		139	58,071	24,7	0,019	6,043	0,418
	Gliny, ily <i>Boulder clay and silt</i>		58	7,553	3,2	0,019	0,858	0,130
	Torfy <i>Peats</i>		26	88,584	37,7	0,03	72,867	3,407
	Mursze <i>Peat earths</i>		77	13,649	5,8	0,014	0,999	0,177
Typy pokrycia terenu <i>The types of land cover</i>	Grunty orne <i>Arable lands</i>	329	66	81,018	34,4	0,016	13,896	1,227
	Użytki zielone <i>Green crops</i>		55	109,715	46,7	0,016	103,604	1,995
	Lasy <i>Forests</i>		138	38,364	16,3	0,014	4,005	0,278
	Tereny trwale przekształcone przez człowieka <i>Areas permanently transformed by man</i>		70	6,025	2,6	0,014	0,882	0,086

Tabela 2.

Charakterystyka komponentów środowiska i ich elementów dla fragmentu badań objętego fotomozaiką zdjęć lotniczych
Characteristics of environmental mediums and their elements for the area of research covered by the aerial mosaic

Wydzielane komponenty i ich elementy <i>Environmental mediums and their elements</i>		Ogólna liczba jednostek <i>Total number of units</i>	Liczba jednostek w typie <i>Number of units in one type</i>	Powierzchnia Area				
				Sumaryczna Total		Minimalna Minimum	Maksymalna Maximum	Średnia Average
				km ²	%			
Typ rzeźby <i>Types of relief</i>	Równiny w dnach dolin i zagłębień <i>Plains in valley bottoms and natural depressions</i>	76	3	53,578	62,6	0,018	53,502	17,862
	Równiny poza dolinami i zagłębieniami <i>Plains outside valleys and the natural depressions</i>		27	3,393	4,0	0,03	0,524	0,117
	Wzgórza <i>Hills</i>		8	5,363	6,3	0,154	1,296	0,67
	Pagórki <i>Hummocks</i>		8	0,338	0,4	0,014	0,338	0,038
	Stoki łagodne <i>Gentle slopes</i>		16	20,661	24,1	0,031	13,252	1,148
	Stoki strome <i>Steep slopes</i>		14	2,184	2,6	0,021	0,777	0,156
Typy utworów powierzchniowych <i>Type of surficial sediments</i>	Piaski i żwiry <i>Sands and gravels</i>	132	37	18,813	22,0	0,016	8,158	0,508
	Piaski gliniaste i gliny piaszczyste <i>Loamy sands and sandy clay</i>		52	18,102	21,2	0,018	3,226	0,348
	Gliny, ily <i>Boulder clay</i>		12	2,938	3,4	0,014	0,679	0,24
	Torfy <i>Peats</i>		5	41,607	48,7	0,045	41,05	8,322
	Mursze <i>Peat earths</i>		26	4,057	4,7	0,026	0,773	0,156
Typy pokrycia terenu <i>The types of land cover</i>	Grunty orne <i>Arable lands</i>	123	33	23,821	27,8	0,025	12,028	0,722
	Użytki zielone <i>Green crops</i>		22	50,09	58,6	0,015	47,593	2,279
	Lasy <i>Forests</i>		46	9,978	11,7	0,014	1,809	0,217
	Tereny trwale przekształcone przez człowieka <i>Areas permanently transformed by man</i>		22	1,628	1,9	0,02	0,239	0,074

względem przepuszczalności i zasobności w składniki pokarmowe); gliny i ily (podłoże żyzne i słabo przepuszczalne lub wodoszczelne); aluwia; torfy; mursze.

Mapa pokrycia terenu (ryc. 6) powstała w oparciu o mapę użytkowania ziemi, którą opracowano w Zakładzie Teledetekcji w związku z programem Telegeo-Narw '87. Zastosowano następujące wydzielania: lasy; użytki zielone; grunty orne; tereny trwale przekształcone przez człowieka (tereny osiedli, piaskownie i zwirownie, nasypy drogowe).

Tereny trwale przekształcone przez człowieka nie podlegały dalszemu dzieleniu ze względu na to, że równowaga przyrodnicza została w ich granicach trwale zaburzona, a elementem nadrzędnym decydującym o sposobie klasyfikacji tych terenów jest działalność człowieka (Richling, 1979, 1993).

Charakterystykę wydzieleni na mapach komponentów dla Narwiańskiego Parku Narodowego z otuliną oraz w zasięgu fotomozajki przedstawia tabela 1 i tabela 2.

W tej części pracy połączono tradycyjne metody ze stosowanymi w procedurach SIG. Postępowanie przebiegało w następujących etapach:

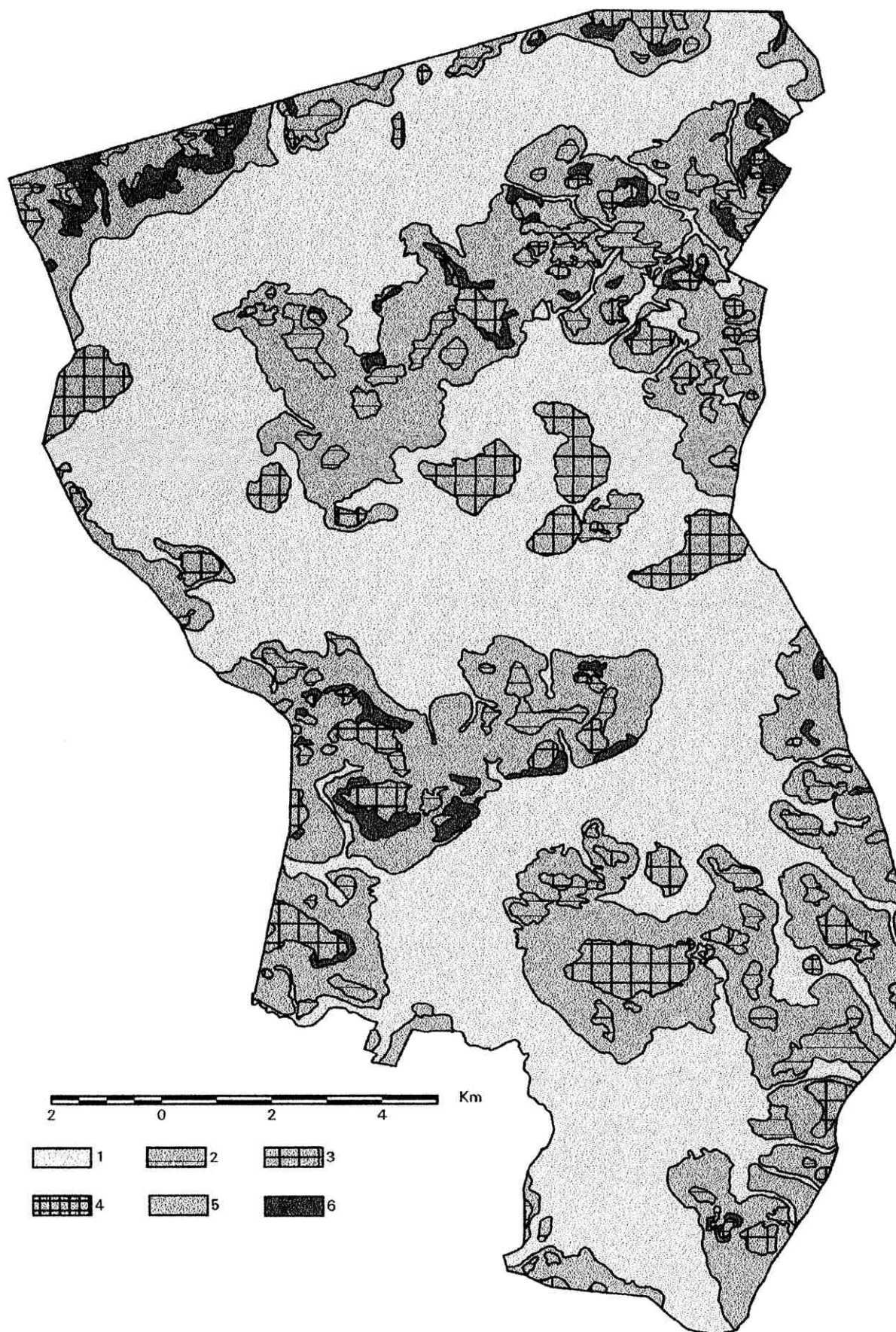
1. Wykonanie map poszczególnych komponentów;
2. Wydzielenie urozczysk według wyżej wymienionych map i wykreślenie ich na kalce;
3. Weryfikacja map komponentów i urozczysk w terenie;

4. Uogólnienie wyróżnień na mapach;
5. Przygotowanie map komponentów do skanowania;
6. Zeskanowanie map komponentów;
7. Wektoryzacja w programie ArcInfo;
8. Czyszczenie warstw wektorowych w programie ArcInfo;
9. Topologia;
10. Nałożenie map komponentów;
11. Przygotowanie map do wydruku w programie Erdas Imagine.

Zestawienie typów rzeźby, podłoża i użytkowania ziemi dało 54 potencjalne typy urozczysk plus jeden typ urozczyska dla terenów silnie przekształconych przez człowieka.

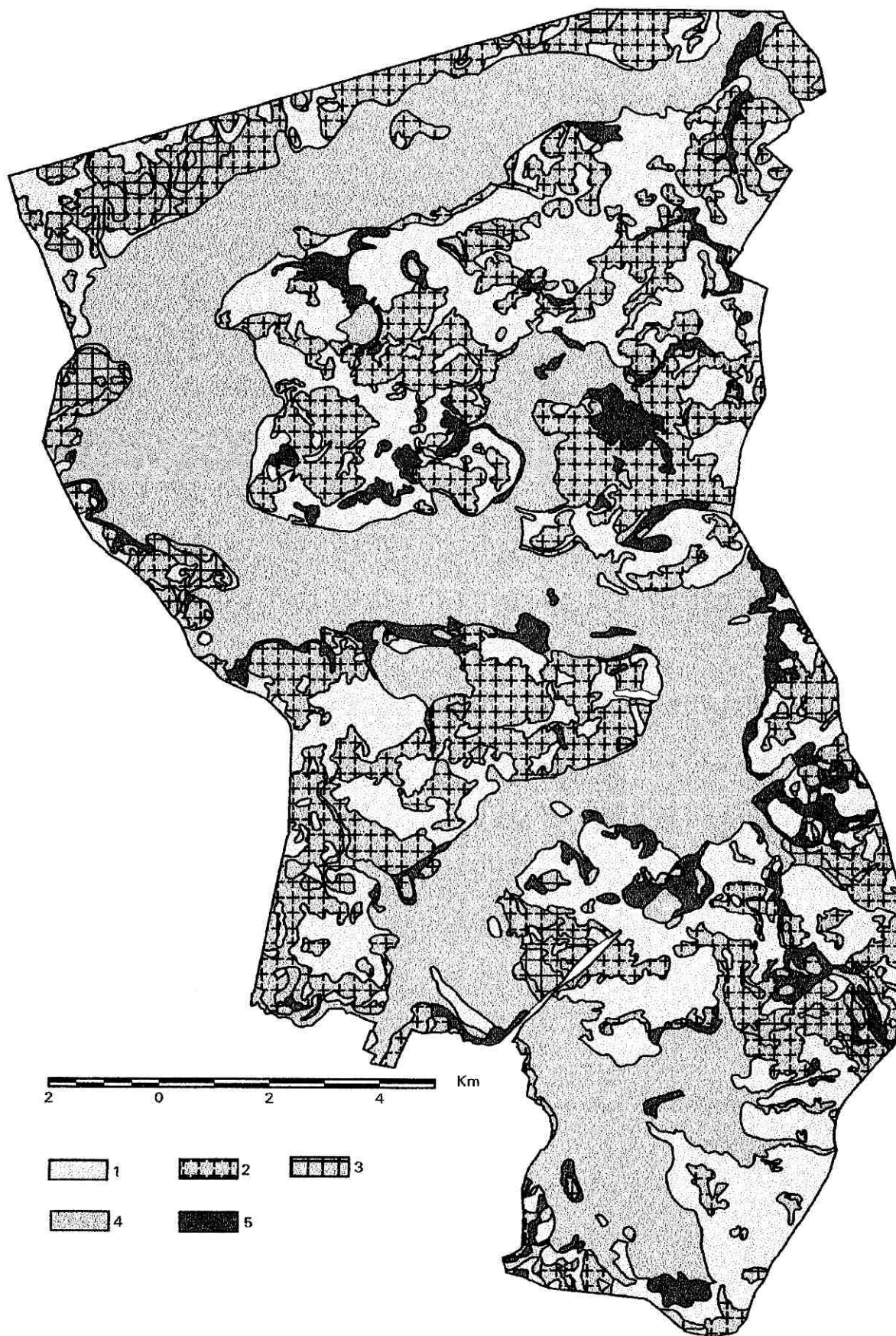
Charakterystyka wyróżnionych jednostek

W granicach Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną wyróżniono 1611 jednostek indywidualnych należących do 40 typów geokompleksów rangi urozczysk (ryc. 7), z czego 500 (37 typów) wystąpiło na obszarze poddanym analizie porównawczej (Hernik, 1998). Największą powierzchnię na badanym obszarze zajmuje typ 17 geokompleksu, związany z równinami w dnach dolin i zagłębień wypełnionych torfami, pokrytymi przez użytki zielone. Największa powierzchniowo jednostka indy-

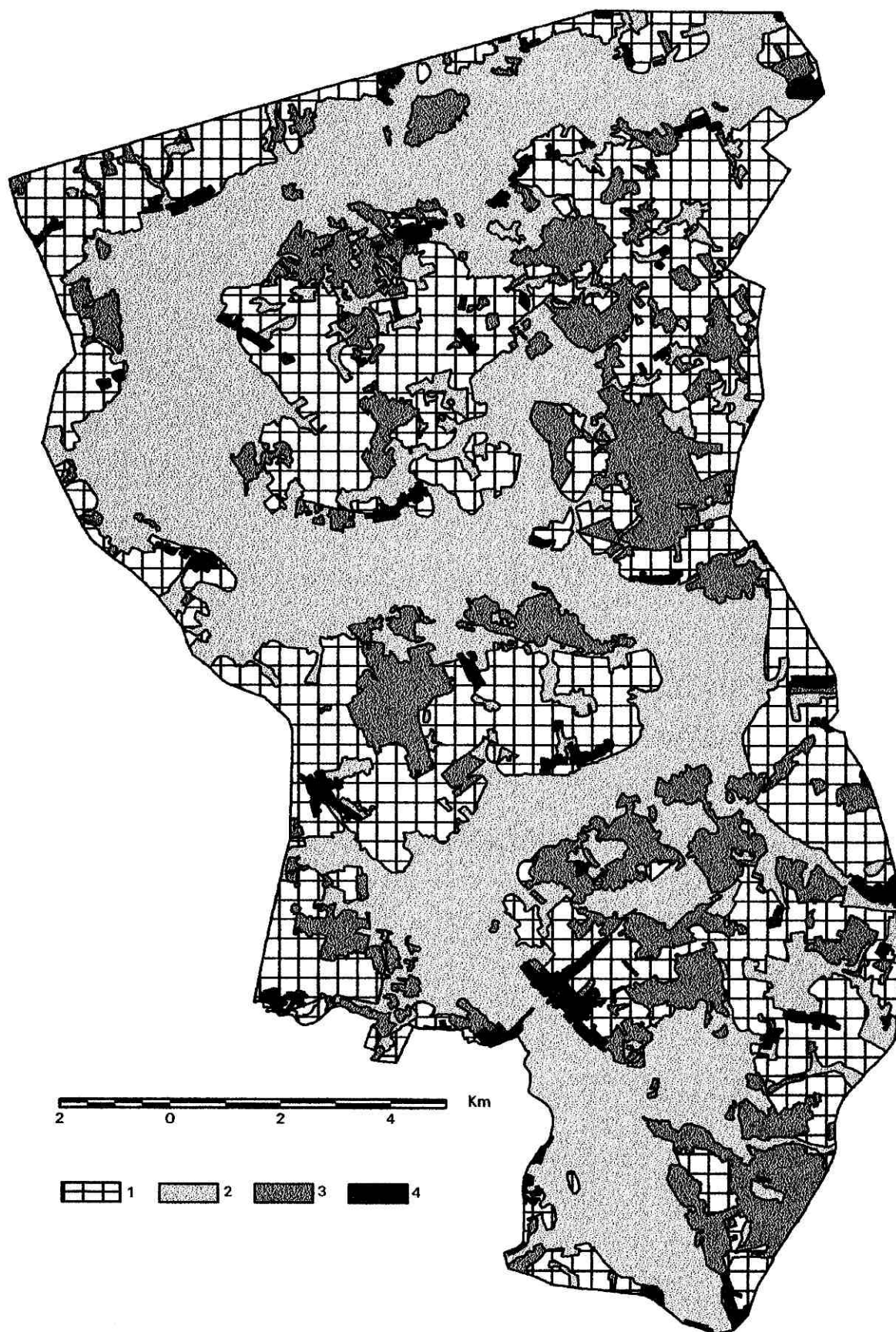


Ryc. 4. Formy rzeźby: 1 — równiny w dnach dolin i zagłębień, 2 — równiny poza zagłębieniami, 3 — wzgórza, 4 — pagórki, 5 — stoki łagodne, 6 — stoki strome

Fig. 4. Relief forms: 1 — plains in valley bottoms and natural depressions, 2 — plains outside natural depressions, 3 — hills, 4 — hummocks, 5 — gentle slopes, 6 — steep slopes



Ryc. 5. Utwory powierzchniowe: 1 — piaski i żwiry, 2 — piaski gliniaste, gliny piaszczyste, 3 — gliny, ily, 4 — torfy, 5 — mursze
 Fig. 5. Surficial sediments: 1 — sand and gravel, 2 — loamy sand and sandy clay, 3 — boulder clay and silt, 4 — peats, 5 — peat earths



Ryc. 6. Pokrycie terenu: 1 — grunty orne, 2 — użytki zielone, 3 — lasy, 4 — tereny silnie zantropogenizowane
 Fig. 6. Land cover: 1 — arable lands, 2 — green crops, 3 — forests, 4 — areas with strong anthropogenic influence

widualna tego typu stanowi 27,7% powierzchni NPN z otuliną oraz 43,3% powierzchni obszaru poddanego analizie porównawczej. Typ 17 zdecydowanie dominuje pod względem powierzchniowym na omawianym obszarze. Pod względem liczebności nie wyróżnia się, ale ma znaczny udział w ogólnej długości obwodów.

Najbardziej liczne są geokompleksy typu 11 i 10 o frekwencji rzędu 9–10%. Są to odpowiednio typy związane z łagodnymi stokami zbudowanymi z piasków gliniastych i glin piaszczystych, zajęte przez grunty orne (11) i geokompleksy łagodnych stoków zbudowane z piasków i żwirów zajęte przez grunty orne (10). Jednostki typów 11 i 10 mają również największy udział w ogólnej sumie

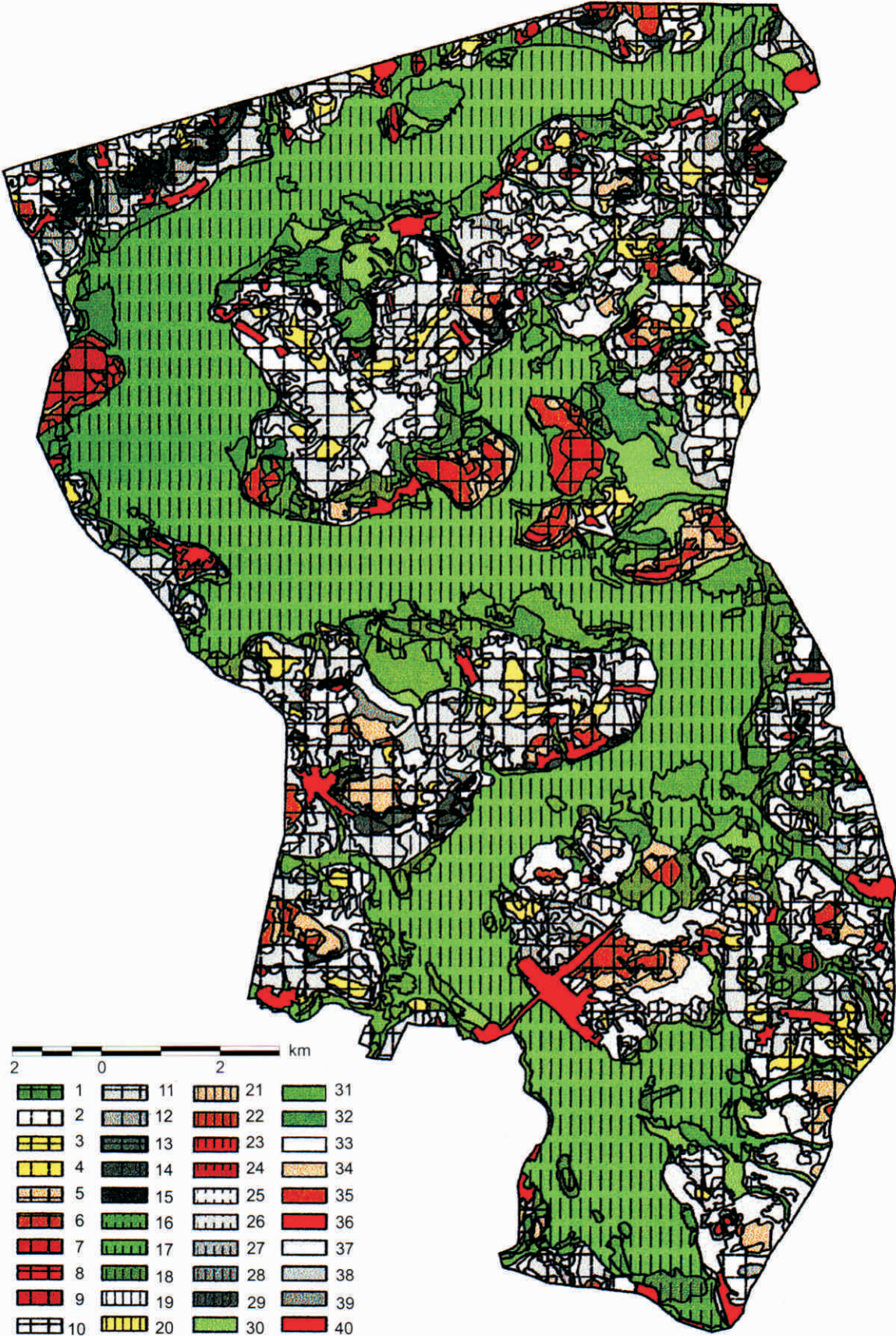
obwodów (10,6% i 9,3% dla NPN wraz z otuliną oraz 12,1% i 11,6% w zasięgu fotomozajki). Powierzchniowo są to jednostki subdominujące. Typy 11 i 10 zajmują odpowiednio 10,2% i 8,3% powierzchni Narwiańskiego Parku Narodowego z otuliną oraz 8,6% i 6,3% w zasięgu fotomozajki.

Pod względem frekwencji, udziału powierzchniowego oraz udziału w ogólnej długości obwodów wyróżnia się typ 16, związany z równinnymi dnami dolin i zagłębień wypełnionych aluwiami, zajętych przez użytki zielone.

Na podstawie wskaźnika kolistości i rozczłonkowania badano zwartość i rozczłonkowanie geokompleksów. W granicach NPN z otuliną, wskaźnik kolistości

Ryc. 7. Typy geokompleksów: 1 — uroczyska równinnych den dolin i zagłębień wypełnionych aluwiami, pokrytych przez grunty orne, 2 — uroczyska równin poza dolinami i zagłębieniami zbudowanych z piasków i żwirów, pokrytych przez grunty orne, 3 — uroczyska równin poza dolinami i zagłębieniami zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych pokrytych przez grunty orne, 4 — uroczyska równin poza dolinami i zagłębieniami zbudowanych z glin i ilów, pokrytych przez grunty orne, 5 — uroczyska wzgórz zbudowanych z piasków i żwirów, pokrytych przez grunty orne, 6 — uroczyska wzgórz zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych, pokrytych przez grunty orne, 7 — uroczyska wzgórz zbudowanych z glin i ilów pokrytych przez grunty orne, 8 — uroczyska pagórków zbudowanych z piasków i żwirów, pokrytych przez grunty orne, 9 — uroczyska pagórków zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych pokrytych przez grunty orne, 10 — uroczyska stoków łagodnych zbudowanych z piasków i żwirów, pokrytych przez grunty orne, 11 — uroczyska stoków łagodnych zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych, pokrytych przez grunty orne, 12 — uroczyska stoków łagodnych zbudowanych z glin i ilów, pokrytych przez grunty orne, 13 — uroczyska stoków stromych zbudowanych z piasków i żwirów, pokrytych przez grunty orne, 14 — uroczyska stoków stromych zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych, pokrytych przez grunty orne, 15 — uroczyska stoków stromych zbudowanych z glin i ilów, pokrytych przez grunty orne, 16 — uroczyska równinnych den dolin i zagłębień wypełnionych aluwiami, pokrytych przez użytki zielone, 17 — uroczyska równinnych den dolin i zagłębień zatorfionych, pokrytych przez użytki zielone, 18 — uroczyska równinnych den dolin i zagłębień wypełnionych murszami, pokrytych przez użytki zielone, 19 — uroczyska równin poza dolinami i zagłębieniami zbudowane z piasków i żwirów, pokrytych przez użytki zielone, 20 — uroczyska równin poza dolinami i zagłębieniami zbudowane z piasków gliniastych i glin piaszczystych, pokrytych przez użytki zielone, 21 — uroczyska wzgórz zbudowanych z piasków i żwirów, pokrytych przez użytki zielone, 22 — uroczyska wzgórz zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych pokrytych przez użytki zielone, 23 — uroczyska pagórków zbudowanych z piasków i żwirów pokrytych przez użytki zielone, 24 — uroczyska pagórków zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych, pokrytych przez użytki zielone, 25 — uroczyska stoków łagodnych zbudowanych z piasków i żwirów, pokrytych przez użytki zielone, 26 — uroczyska stoków łagodnych zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych, pokrytych przez użytki zielone, 27 — uroczyska stoków łagodnych zbudowanych z glin i ilów, pokrytych przez użytki zielone, 28 — uroczyska stoków stromych zbudowanych z piasków i żwirów, pokrytych przez użytki zielone, 29 — uroczyska stoków stromych zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych, pokrytych przez użytki zielone, 30 — uroczyska równinnych den dolin i zagłębień wypełnionych aluwiami, porośniętych lasem, 31 — uroczyska równinnych den dolin i zagłębień zatorfionych, porośniętych lasem, 32 — uroczyska równinnych den dolin i zagłębień wypełnionych murszem, porośniętych lasem, 33 — uroczyska równin poza dolinami i zagłębieniami zbudowanych z piasków i żwirów, porośniętych lasem, 34 — uroczyska wzgórz zbudowanych z piasków i żwirów, porośniętych lasem, 35 — uroczyska wzgórz zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych, porośniętych lasem, 36 — uroczyska pagórków zbudowanych z piasków i żwirów, porośniętych lasem, 37 — uroczyska stoków łagodnych zbudowanych z piasków i żwirów, porośniętych lasem, 38 — uroczyska stoków łagodnych zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych, porośniętych lasem, 39 — uroczyska stoków stromych zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych, porośniętych lasem, 40 — uroczyska terenów trwale przekształconych przez człowieka

Fig. 7. Types of landscape units: 1 — ranges of flat valley bottoms and natural depressions filled with alluvial deposits and covered by arable land, 2 — ranges of plains outside valleys and natural depressions built from loamy sand and sandy clay covered by arable land, 3 — ranges of plains outside valleys and natural depressions built from clay and silt and covered by arable land, 4 — ranges of hills built from sand and gravel covered by arable land, 5 — ranges of hills built from loamy sand and sandy clay covered by arable land, 6 — ranges of hills built from clay and silt covered by arable land, 7 — ranges of hummocks built from sand and gravel covered by arable land, 8 — ranges of hummocks built from loamy sand and sandy clay covered by arable land, 9 — ranges of gentle slopes built from sand and gravel covered by arable land, 10 — ranges of gentle slopes built from loamy sand and sandy clay covered by arable land, 11 — ranges of gentle slopes built from clay and silt covered by arable land, 12 — ranges of steep slopes built from sand and gravel covered by arable land, 13 — ranges of steep slopes built from loamy sand and sandy clay covered by arable land, 14 — ranges of steep slopes built from clay and silt covered by arable land, 15 — ranges of flat valley bottoms and natural depressions filled with alluvial deposits covered by grassland, 16 — ranges of flat valley bottoms and peated natural depressions covered by grassland, 17 — ranges of flat valley bottoms and natural depressions filled with peat earth covered by grassland, 18 — ranges of plains outside valleys and natural depressions built from sand and gravel covered by grassland, 19 — ranges of plains outside valleys and natural depressions built from loamy sand and sandy clay covered by grassland, 20 — ranges of hills built from sand and gravel covered by grassland, 21 — ranges of hills built from loamy sand and sandy clay covered by grassland, 22 — ranges of hummocks built from sand and gravel covered by grassland, 23 — ranges of hummocks built from loamy sand and sandy clay covered by grassland, 24 — ranges of gentle slopes built from sand and gravel covered by grassland, 25 — ranges of gentle slopes built from loamy sand and sandy clay covered by grassland, 26 — ranges of gentle slopes built from clay and silt covered by grassland, 27 — ranges of steep slopes built from sand and gravel covered by grassland, 28 — ranges of steep slopes built from loamy sand and sandy clay covered by grassland, 29 — ranges of flat valley bottoms and natural depressions filled with alluvial deposits covered with forest, 30 — ranges of flat valley bottoms and peated natural depressions covered with forest, 31 — ranges of flat valley bottoms and natural depressions filled with peat earth covered with forest, 32 — ranges of plains outside valleys and natural depressions built from sand and gravel covered with forest, 33 — ranges of hills built from sand and gravel covered with forest, 34 — ranges of hills built from loamy sand and sandy clay covered with forest, 35 — ranges of hummocks built from sand and gravel covered with forest, 36 — ranges of gentle slopes built from sand and gravel covered with forest, 37 — ranges of gentle slopes built from loamy sand and sandy clay covered with forest, 38 — ranges of steep slopes built from loamy sand and sandy clay covered with forest, 39 — ranges of areas permanently transformed by man



przyjmuje wartości od 0,23 dla jednostek o największej zwartości do 0,74 dla jednostek o największym rozczłonkowaniu i wydłużeniu. W zasięgu fotomozaiki wskaźnik przyjmuje wartość od 0,19 do 0,75. Według wskaźnika kolistości największą zwartością odznaczają się typy: 21 (uroczyska wzgórz zbudowanych z piasków i żwirów zajętych przez użytki zielone), 28 (uroczyska stromych stoków, zbudowanych z piasków i żwirów, zajęte przez użytki zielone) i 18 (uroczyska równinnych dolin i zagłębień, wypełnionych murszami, zajętych przez użytki zielone), a najbardziej rozczłonkowane i wydłużone są jednostki typu 9 (pagórki zbudowane z piasków gliniastych i glin piaszczystych, zajęte przez grunty orne), 23 (pagórki zbudowane z piasków i żwirów, zajęte przez użytki zielone) i 8 (pagórki zbudowane z piasków i żwirów zajęte przez grunty orne). Stosunkowo zwarte są również jednostki typów 10, 11 i 16, natomiast jednostki typu 17 charakteryzują się mniejszą zwartością.

Wskaźnik rozczłonkowania wskazuje na stopień urozmaicenia konturu, przy czym im wyższa wartość tym rozczłonkowanie jest większe. W granicach NPN wraz z otuliną wskaźnik ten przyjmuje wartości od 1,16 do 2,07, natomiast w zasięgu mozaiki zdjęć lotniczych od 1,14 do 2,31. Najbardziej rozczłonkowane kontury w granicach NPN z otuliną mają jednostki typów 21, 18 i 28, a w zasięgu fotomozaiki jednostki typów 21, 57 (wzgórza zbudowane z glin i ilów, zajęte przez grunty orne). Najmniej rozczłonkowane w Narwiańskim Parku Narodowym z otuliną są jednostki typów 8, 9, 23, natomiast w zasięgu fotomozaiki, 8, 34, 23.

Wskaźnik rozczłonkowania i wskaźnik kolistości są skorelowane, a niskie wartości wskaźnika rozczłonkowania wiążą się zwykle z wysokimi wartościami wskaźnika kolistości i odwrotnie. Zaobserwowano, że na omawianym obszarze kształt geokompleksów związany jest z charakterem rzeźby. Najmniej zwarta a największe rozczłonkowanie i wydłużenie jest charakterystyczne dla typów wiązanych z dnami dolin i zagłębień, wzgórzami i stokami stromymi, natomiast najbardziej zwarte i najmniej rozczłonkowane są typy geokompleksów związane z pagórkami i równinami poza dolinami i zagłębieniami.

Wyróżnienie jednostek krajobrazowych metodą fotomorficzną

Wyróżnianie jednostek fotomorficznych opiera się na badaniu elementów fotomorficzności, jakimi są fototon lub barwa, fotostuktura i fototekstura obrazu. Elementy fotomorficzności są jednocześnie bezpośrednimi cechami interpretacyjnymi, które umożliwiają odczytanie informacji ze zdjęcia lotniczego lub obrazu satelitarnego. Na informację zawartą na obrazach teledetekcyjnych wpływ mają poszczególne komponenty środowiska, które, jak podkreśla J.R. Olędzki (1992), kształtują obraz poszczególnych fragmentów terenu zgodnie z wypadkową ważności. Komponent przewodni odwzorowany przez największą liczbę cech interpretacyjnych two-

rzy zewnętrzny wygląd danej jednostki terytorialnej. Obraz będzie raz oddawał bardziej rzeźbę, innym razem stosunki wodne, zróżnicowanie roślinności, użytkowanie ziemi czy nawet stosunki społeczno-polityczne i przeszłość polityczną (Olędzki, 1992).

J.R. Olędzki (1992) definiuje jednostkę fotomorficzną jako jednostkę rozpatrywaną na zdjęciu fotograficznym, tworzoną przez różne konfiguracje fototonalo-strukturalne ograniczone do określonych powierzchni. Charakteryzują się one określonymi cechami obrazu różniącymi daną jednostkę od powierzchni sąsiednich. Różnorodność jednostek zawiera się bądź w innym fototonie (barwie), bądź w innej fotostukturze, bądź innej fototeksturze lub w różnych kombinacjach tych cech.

Można wskazać dwa sposoby postępowania w wyróżnianiu jednostek fotomorficznych. Pierwszy polega na wydzielaniu jednostek na podstawie wszystkich trzech elementów fotomorficzności rozpatrywanych jednocześnie. Analiza fototonu lub barwy, fotostuktury i fototekstury odbywa się w umyśle badacza, który wydziela jednostki wyróżniające się na tle otoczenia. Taką metodę stosowali m. in. D.D. Mc Phail (1971), wyróżniając jednostki typologiczne w Chile, oraz J.R. Olędzki (1987, 1992), dokonując regionalnego podziału Polski.

Drugi sposób postępowania opiera się na wykonaniu trzech niezależnych warstw: fototonalnej lub barwnej, fotostukturalnej i fototeksturalnej. Jednostki fotomorficzne uzyskuje się w wyniku nałożenia wymienionych warstw. Do tej metody odnoszą się R.W. Peplis i T.J. Flynn (1972), którzy w celu obiektywnego wyróżnienia obszarów jednorodnych pod względem fotomorficznym zalecają przeprowadzenie fotometrycznej analizy gęstości optycznej lub barwy obrazu, analizy fourierowskiej struktury oraz analizy tekstury. Autorzy stosują różne kryteria w wydzielaniu jednostek fotomorficznych. E. Bielecka (1989) dzieląc obraz satelitarny na jednostki fotomorficzne, wyróżniła klasy barwne na podstawie klasyfikacji nienadzorowanej według pól, a strukturę i teksturę obrazu rozpatrywała łącznie na podstawie interpretacji wizualnej. E. Wołk-Musiał (1994), dokonując analizy geomorfologicznej okolic Żuromina, wyróżniła na zdjęciu lotniczym jednostki fotomorficzne na podstawie wizualnego rozpoznania fototonu, fotostuktury i fototekstury. Niektóre opracowania powstają w oparciu o jeden element fotomorficzności. A. Borowik (1984) wydzielala jednostki fotostukturalne krajobrazu na podstawie zróżnicowania fototonu.

Do wydzielenia jednostek fotomorficznych posłużyły zdjęcia lotnicze panchromatyczne w skali około 1:25 000, wykonane w związku z programem Telegeo-Narew '87² w terminie 4–15 X 87.

² Telegeo-Narew '87 — program w ramach współpracy Rady Interkosmos miał na celu ocenę przydatności technik i materiałów teledetekcyjnych w badaniach zmian środowiska geofizycznego wywołanych działaniami melioracyjnymi na niżu środkowoeuropejskim oraz określenie efektywności ekonomicznej melioracji na badanym terenie (Olędzki, 1986).

Ze względu na metodyczny charakter opracowania, analizę ograniczono do fragmentu badanego terenu. Z zespołu zdjęć lotniczych dla poligonu badawczego Telegeo-Narew '87 wybrano zestaw czterech zdjęć. Sekwencję zdjęć dobrano tak, aby znajdowała się prawie w całości w granicach badanego obszaru. Zdjęcia pokrywają obszar zróżnicowany pod względem krajobrazowym. Znajdują się na nim rozległe zabagnione dno doliny Narwi, pozostające w stanie zbliżonym do naturalnego, fragment doliny poddany melioracjom częściowym, zmeliorowane Bagno Biele oraz obszary wysoczyznowe, na których występują różne typy użytkowania ziemi, formy rzeźby oraz utwory powierzchniowe.

Zdjęcia wykonane zostały przy dobrej pogodzie. Charakteryzują się one dobrą kontrastowością i wysoką rozdzielczością optyczną (radiometryczną). Ze względu na termin wykonania zdjęć bardzo dobrze widoczne są różnice między typami użytkowania ziemi. Pozbawione roślinności grunty orne wyraźnie kontrastują z użytkami zielonymi. Charakterystyczne są również elementy kropkowe wskazujące na składowanie siana w kopkach.

Wybrane zdjęcia poddano przetworzeniu z zastosowaniem programu Erdas Imagine. Celem była transformacja zdjęć do Państwowego Układu Współrzędnych 1965 i uzyskanie jednolitego obrazu terenu w postaci mozaiki zdjęć lotniczych.

Postępowanie przebiegało w dwóch etapach:

1. Przygotowanie zdjęć do analizy (zeskanowanie diapozytywów zdjęć lotniczych; import z formatu skanowania do formatu Erdas Imagine).

2. Geometryczna obróbka obrazu (rektyfikacja).

Przeprowadzenie geometrycznej obróbki obrazu wynikało ze zniekształceń jakim podlegają zdjęcia lotnicze.

Każdemu zdjęciu przypisano od 20 do 25 punktów kontrolnych, których współrzędne odczytywano z mapy topograficznej w Państwowym Układzie Współrzędnych 1965, w skali 1:25 000. Przekształcenie przeprowadzono według wielomianu trzeciego stopnia. Średni błąd dla poszczególnych zdjęć wynosił od 5,8 m do 6,6 m w terenie, co w skali mapy odpowiadało odpowiednio od 0,23 do 0,26 mm. W wyniku rektyfikacji uzyskano obrazy czterech zdjęć osadzone w układzie współrzędnych.

Mozaikowanie

Przed przystąpieniem do mozaikowania zdjęć wyznaczono na powierzchni wspólnej kolejnych par zdjęć, linie łączenia, czyli linie, wzdłuż których przebiega granica między mozaikowanymi obrazami. Mozaikowanie zdjęć przeprowadzono z zastosowaniem funkcji wyrównywania histogramu. Pozwoliło to na ujednolicenie zdjęć pod względem tonalnym.

Trzy spośród czterech mozaikowanych zdjęć połączono bez zastrzeżeń. Natomiast czwarte zdjęcie wyróżnia się nieznacznie od pozostałej części mozaiki, pomimo prób z zastosowaniem różnych opcji wyrównywania histogramu. Przyczyną, obok braku linii łączenia, było nierównomierne oświetlenie zdjęcia, które w części północnej jest dużo jaśniejsze od zdjęcia sąsiedniego, a w części połud-

niowej stosunkowo ciemne. Wobec takiego stanu rzeczy, operacje na histogramie mające na celu przyciemnienie zdjęcia nie dały zadowalających rezultatów.

W efekcie opisywanych operacji powstała mozaika czterech zdjęć lotniczych nosząca cechy fotoszkiełu ulepszonego (ryc. 8). Według M.B. Piaseckiego (1973) fotoszkieło ulepszone, podobnie jak fotoszkieło, jest zespołem zdjęć lotniczych zestawionych razem, ale w przeciwieństwie do fotoszkiełu skala zdjęć jest ujednolicona. Powierzchnia mozaiki wynosi 88,94 km², jednak poza granicami badanego terenu znajduje się 3,74 km². Dalszej analizie została poddana powierzchnia 85,50 km², co stanowi 36,4% obszaru, dla którego wydzielono geokompleksy rangi uroczysk.

Podstawą wyróżnienia jednostek fotomorficznych były warstwy: fototonalna, fotostrukturalna i fototeksturalna wykonane na podkładzie mozaiki zdjęć lotniczych. Warstwy wydzielono drogą interpretacji wizualnej przez digitalizację na ekranie w programie Erdas Imagine. Dzięki takiemu postępowaniu uzyskano od razu warstwę wektorową gotową do dalszych analiz. W wyniku nałożenia wymienionych warstw uzyskano jednostki fotomorficzne nieokreślonej rangi. Potencjalna liczba typów jednostek fotomorficznych wynosiła 48.

Warstwa fototonalna (ryc. 9) powstała na podstawie analizy odcieni szarości obrazu. Fototon ujęty został w następujące klasy:

- fototon jasnoszary,
- fototon szary,
- fototon ciemnoszary.

Dla warstwy fotostrukturalnej (ryc. 10) na podstawie kształtu elementów obrazu zastosowano klasyfikację:

- fotostuktura ziarnista,
- fotostuktura blokowa,
- fotostuktura plamista,
- fotostuktura amorficzna.

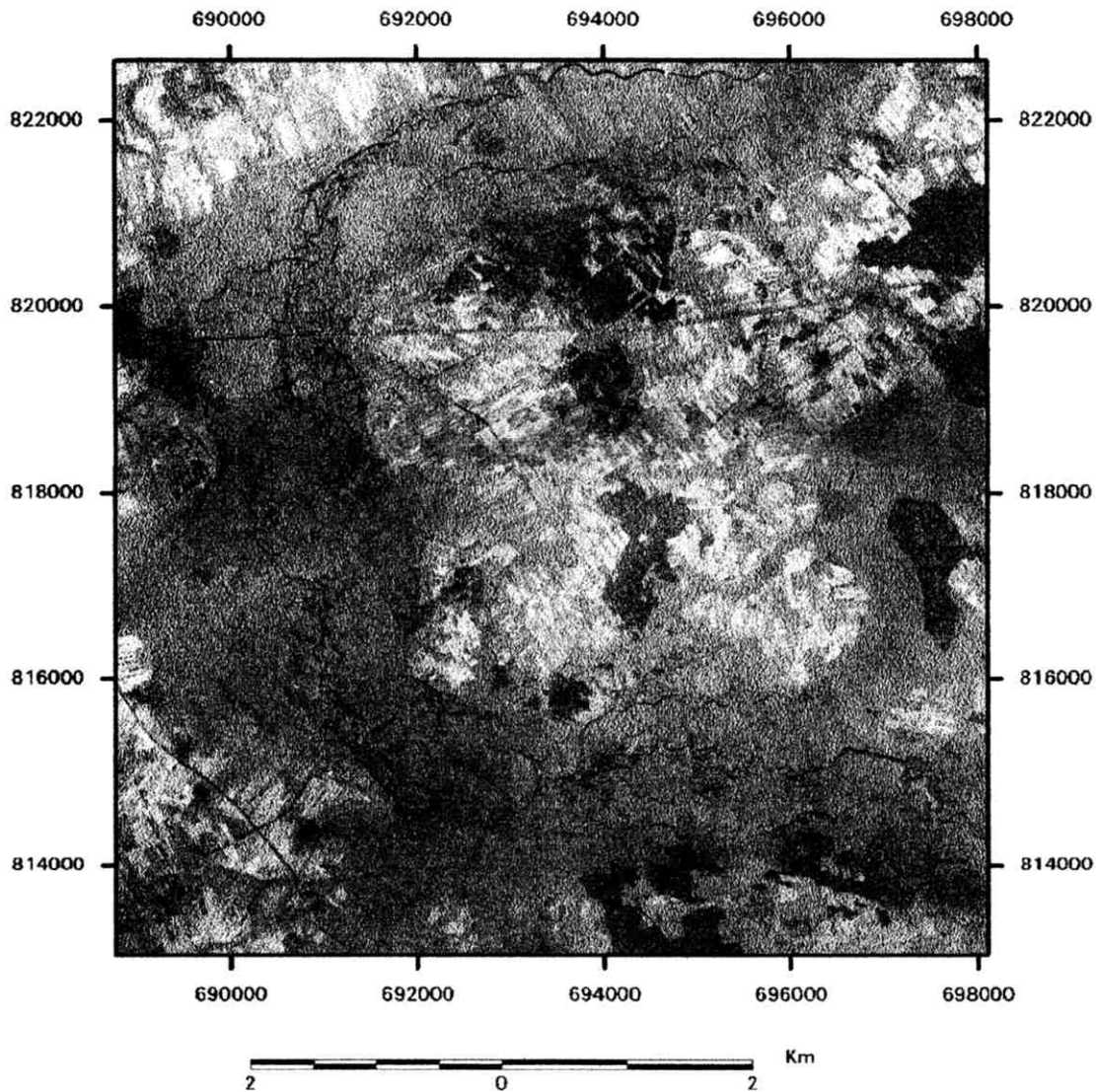
Przestrzenne uporządkowanie elementów struktury obrazu było podstawą utworzenia warstwy fototeksturalnej (ryc. 11) z następującymi klasami:

- tekstury antropogeniczne związane z zabudową,
- tekstury antropogeniczne związane z gospodarką rolną,
- tekstury półnaturalne,
- tekstury naturalne.

Związek elementów fotomorficzności z komponentami krajobrazu na badanym terenie przedstawia tabela 3. Natomiast charakterystykę wydzieleni na warstwach zróżnicowania cech fotomorficznych przedstawia tabela 4.

Charakterystyka wyróżnionych jednostek

Na badanym obszarze wyróżniono 313 jednostek indywidualnych należących do 15 typów (ryc. 12). Charakterystykę liczbową wyróżnionych jednostek przedstawia tabela 5. Dominujący pod względem zajmowanej powierzchni jest typ XIV związany ze strukturą plamista, teksturą naturalną, fototonem szarym. Frekwencja jest rzędu 3%, a o dużym udziale powierzchniowym decyduje jedna jednostka indywidualna zajmująca 26,3%



Ryc. 8. Fotomapa

Fig. 8. Photomap

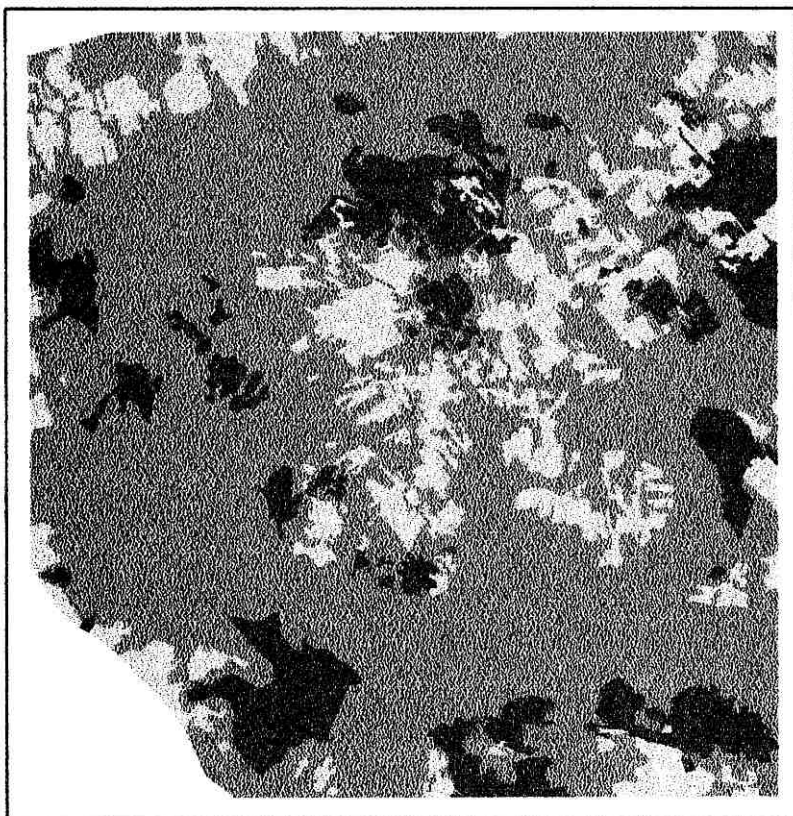
powierzchni badanego obszaru. Jednostki typu XIV charakteryzują się znacznym udziałem w ogólnej długości obwodów.

Największą liczebność mają typy jednostek VIII i IX, z których każdy reprezentowany jest przez 72 jednostki indywidualne. Charakteryzują się one frekwencją 23%. Są to jednostki związane ze strukturą blokową, teksturą antropogeniczną, związaną z gospodarką rolną i charakteryzują się fototonem jasnoszarym lub szarym. Takie cechy obrazu przypisane są obszarom z regularnym układem działek rolnych. Jednostki wyróżnionych typów wyróżniają się również pod względem udziału powierzchniowego oraz długości obwodów.

Dużą frekwencję mają również typy VI, VII i X charakteryzujące się strukturą ziarnistą, teksturą naturalną lub półnaturalną i zróżnicowanym fototonem. Odpowiadają one terenom leśnym na wysoczyźnie i w dnie doliny oraz niektórym obszarom użytków zielonych.

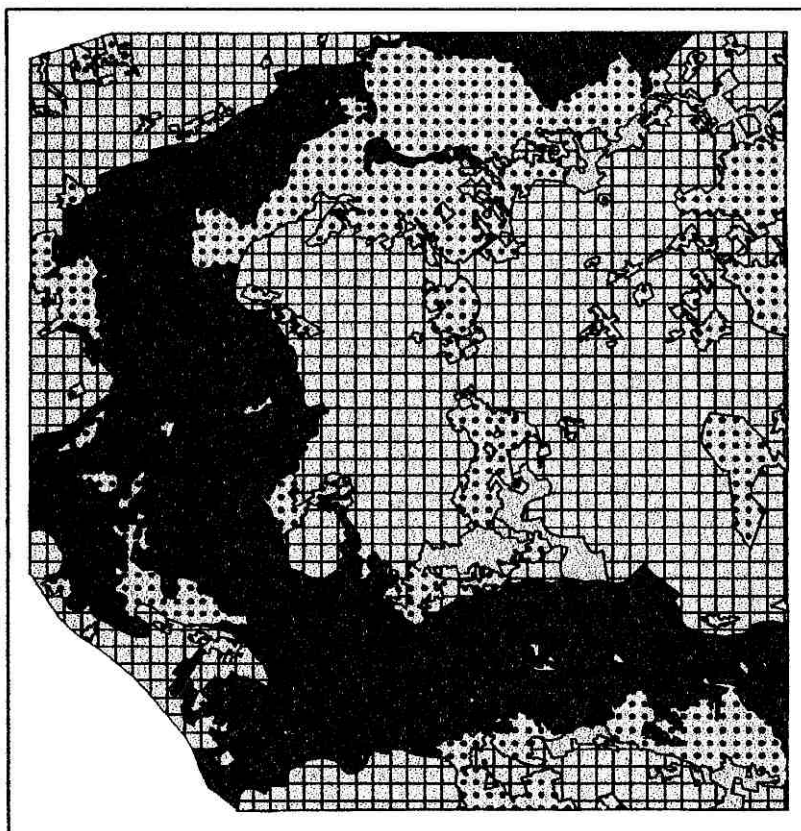
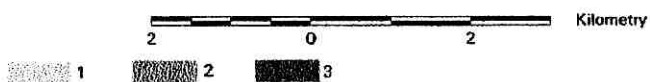
Wskaźniki kształtu określiły zwartość i rozczłonkowanie jednostek. Najwyższe wartości wskaźnika kolistości mają jednostki typu V (0,74), III (0,63) i XV (0,56). Są to więc jednostki o znacznym wydłużeniu. Najbardziej zwarte (zbliżone do okręgu) są jednostki typu X (0,21) i XI (0,22). Także typy XIV, VIII, IX charakteryzują się niską wartością wskaźnika kolistości. Wskaźnik rozczłonkowania przybiera wartości od 1,34 do 2,21. Najbardziej rozczłonkowane i wydłużone są jednostki typów XIV, X, IX, XIII, najbardziej zwarte: III, II, VII.

Zwarte i mało rozczłonkowane są jednostki fotomorficzne charakteryzujące się teksturą naturalną lub amorficzną oraz jednostki o strukturze ziarnistej. Wartości wskazujące na wysokie rozczłonkowanie i wydłużenie najczęściej związane są z teksturą półnaturalną lub strukturą blokową i teksturą antropogeniczną związaną z gospodarką rolną.



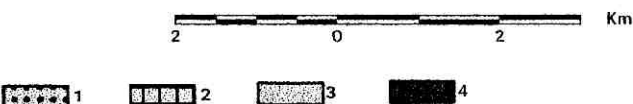
Ryc. 9. Zróżnicowanie fototonalne: 1 — fototony jasnoszare, 2 — fototony szare, 3 — fototony ciemnoszare

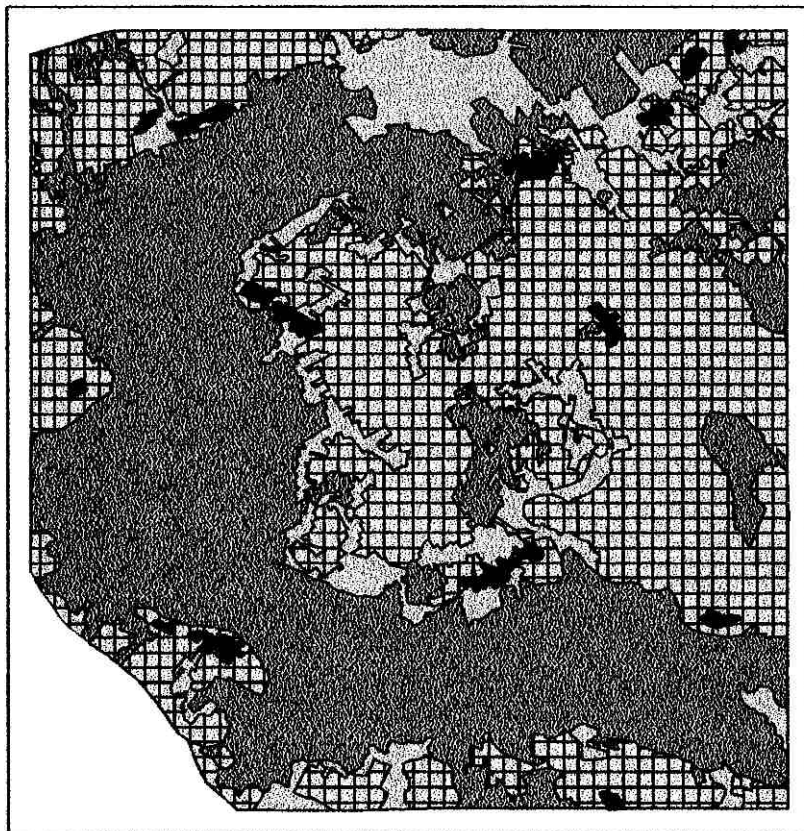
Fig. 9. Tonal differentiation: 1 — light grey tones, 2 — grey tones, 3 — dark grey tones



Ryc. 10. Zróżnicowanie fotostrukturalne: 1 — fotostruktura ziarnista, 2 — fotostruktura blokowa, 3 — fotostruktura amorficzna, 4 — fotostruktura plamista

Fig. 10. Structural differentiation: 1 — granular structure, 2 — block structure, 3 — amorphous structure, 4 — spotting structure





Ryc. 11. Zróżnicowanie fototeksturalne: 1 — fototekstura antropogeniczna związana z zabudową, 2 — fototekstura antropogeniczna związana z gospodarką rolną, 3 — fototeks.

Fig. 11. Textural differentiation: 1 — anthropogenic texture, housing-related, 2 — anthropogenic texture, agriculture-related, 3 — semi-natural texture, 4 — natural texture

Porównanie krajobrazowych jednostek fotomorficznych z jednostkami krajobrazowymi wyróżnionymi metodą kompleksowej geografii fizycznej

Porównanie podziału fotomorficznego z podziałem kompleksowej geografii fizycznej (tabela 6) nasuwa następujące spostrzeżenia. Liczba typów geokompleksów jest ponad dwa razy większa od liczby typów jednostek fotomorficznych. Liczba indywidualnych jednostek fotomorficznych jest prawie o połowę mniejsza od liczby geokompleksów. Średnia powierzchnia jednostek fotomorficznych jest o 48% większa od średniej powierzchni geokompleksów. Średnie obwody jednostek fotomorficznych są dłuższe o 49% od średnich obwodów geokompleksów. Jednostki fotomorficzne są bardziej rozczłonkowane i wydłużone od geokompleksów. Geokompleksy charakteryzują się większą zwartością niż jednostki fotomorficzne. Powierzchnia typów dominujących pod względem zajmowanej powierzchni, zarówno jednostek fotomorficznych jak i geokompleksów, jest o dwa rzędy wielkości większa od średnich powierzchni jednostek. Zarówno dominujący pod względem powierzchni typ geokompleksu jak i jednostki fotomorficznej związany jest z doliną Narwi. Liczba jednostek typów fotomorficznych dominujących pod względem liczby jest o 1/3 mniejsza od typów geokompleksów. Typy jednostek fotomorficznych i geokompleksów dominujących pod względem liczby związane są z wysoczyzną.

Wśród porównywanych jednostek fotomorficznych i geokompleksów stwierdzono 918 powiązań dających 164 rodzajów powiązań między jednostkami fotomorficznymi i geokompleksami, w rozumieniu geografii fi-

zycznej kompleksowej (Hernik, 1998). Na każdą jednostkę fotomorficzną przypada średnio 5,6 powiązań z różnymi typami geokompleksów. W rzeczywistości typ jednostki fotomorficznej wykazywał połączenia minimalnie z 1 typem geokompleksu (typ I i XI jednostki fotomorficznej), maksymalnie z 32 typami geokompleksów (typ VIII jednostki fotomorficznej). Najczęściej występująca liczba powiązań między typami geokompleksów i jednostek fotomorficznych wynosi 1, co stanowi 35,4% wszystkich powiązań, powiązania powyżej 10 stanowią 15,9% wszystkich powiązań.

Zbieżność powierzchni badano na podstawie udziału procentowego powierzchni danego typu jednostki fotomorficznej w typie geokompleksu i odwrotnie.

Analizując procent powierzchni typu jednostki fotomorficznej zajęty przez określony typ geokompleksu stwierdzono, że największy (ponad 90%) udział w powierzchni jednostki fotomorficznej mają: typ 40 geokompleksu (tereny trwale przekształcone przez człowieka) w typie I jednostki fotomorficznej (struktura ziarnista, tekstura antropogeniczna związana z zabudową, fototon szary); typ 17 geokompleksu (równiny w dnach dolin i zagłębień wypełnione torfami, pokryte przez łąki) w typie XV jednostki fotomorficznej (struktura plamista, tekstura naturalna, fototon ciemnoszary); typ 17 geokompleksu w typie XIV jednostki fotomorficznej (struktura plamista, tekstura naturalna, fototon szary); typ 17 geokompleksu w typie IV jednostki fotomorficznej (struktura ziarnista, tekstura półnaturalna, fototon szary).

W udziale powierzchni typu jednostek fotomorficznych w typie geokompleksu wartości powyżej 90% mają: typ VI jednostki fotomorficznej (struktura ziarnista, teks-

Tabela 3.

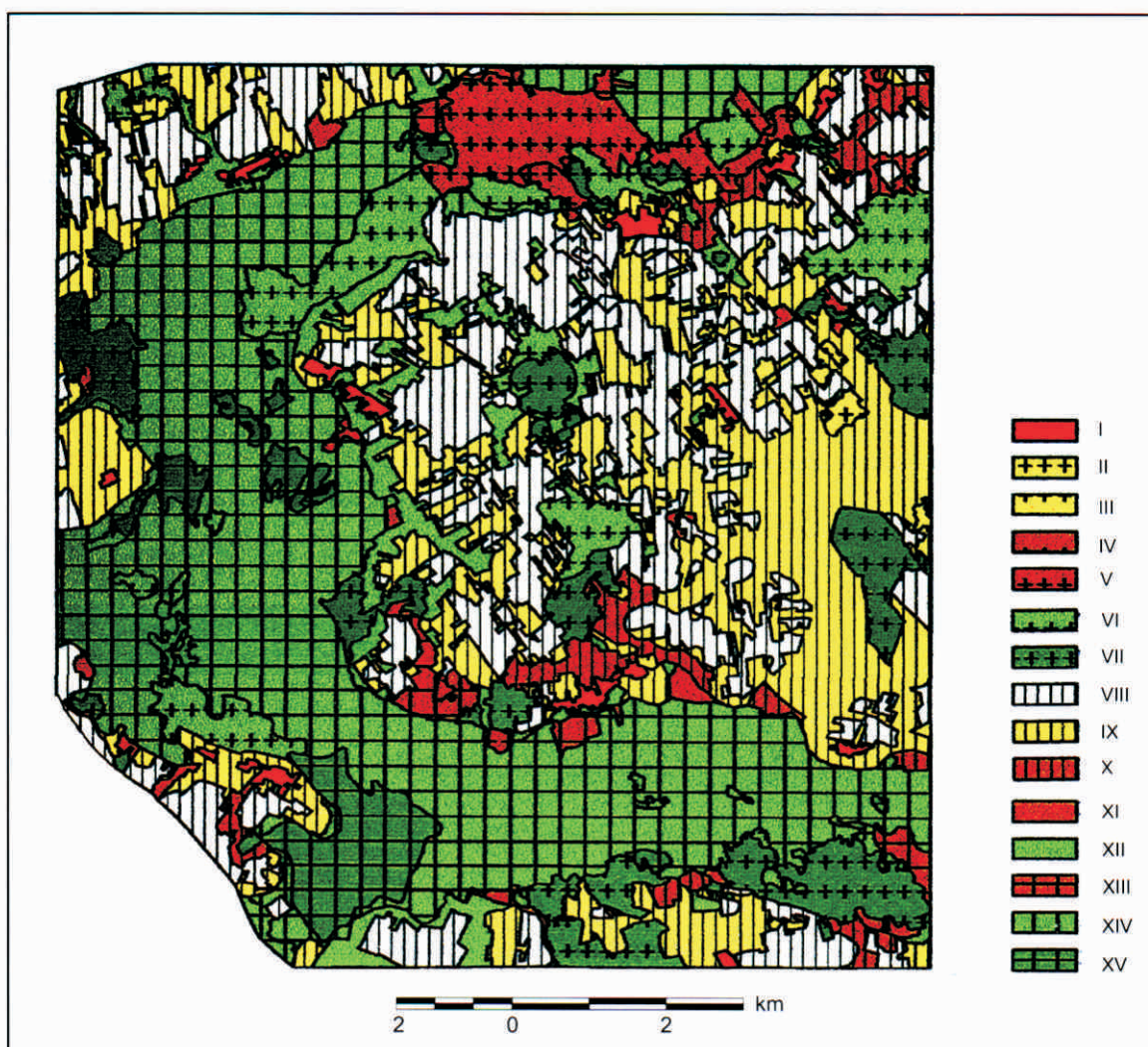
Związek elementów fotomorficzności z komponentami krajobrazu
Relationship between photomorphic elements and environmental mediums

Cechy fotomorficzności <i>Photomorphic features</i>		Komponenty krajobrazu <i>Environmental mediums</i>
Fototon <i>Tone</i>	Jasnoszary <i>Light grey</i>	Grunty orne na podłożu mineralnym <i>Arable land on mineral substratum</i>
	Szary <i>Grey</i>	Łąki, pastwiska na wysoczyźnie na podłożu mineralnym, łąki, pastwiska w dolinie na podłożu organicznym, lasy na podłożu mineralnym poza doliną, zabudowa <i>Meadows, pastures on the mineral substratum plateau, meadows, pastures in the organic substratum valley, mineral substratum forest outside the valley, housing</i>
	Ciemnoszary <i>Dark grey</i>	Podmokłe łąki i zarola w dolinie, lasy olsowe w dolinie, ocienione lasy mieszane na stoku <i>Wet meadows and shrubs in the valley, alder carr in the valley, shaded mixed forest on the slopes</i>
Fotostruktura <i>Structure</i>	Ziarnista <i>Granular structure</i>	Lasy w dolinie i na wysoczyźnie, kopce siana na łąkach w dolinie i na wysoczyźnie, zabudowa <i>Forest in the valley and on the plateau, hay stacks on meadows in the valley and on the plateau, housing</i>
	Blokowa <i>Block structure</i>	Grunty orne, łąki i pastwiska na wysoczyźnie <i>Arable land, meadows and pastures on the plateau</i>
	Amorficzna <i>Amorphous structure</i>	Zmeliorowane łąki i pastwiska <i>Drained meadows and pastures</i>
	Plamista <i>Spotting structure</i>	Łąki w dolinie na podłożu organicznym o zmiennej wilgotności <i>Meadows in the valley on the organic substratum with varying humidity</i>
	Antropogeniczna związana z zabudową <i>Anthropogenic conditioned by housing</i>	Zabudowa wiejska <i>Village housing</i>
Fototekstura <i>Texture (pattern)</i>	Antropogeniczna związana z gospodarką rolną <i>Anthropogenic conditioned by farming</i>	Geometryczny układ pól ornych, łąk i pastwisk na wysoczyźnie <i>Geometrical pattern of arable fields, meadows and pastures on the plateau</i>
	Półnaturalna <i>Seminatural texture</i>	Łąki z kopcami siana rozmieszczonymi nieregularnie, łąki na wysoczyźnie i w dolinie o strukturze amorficznej, lasy z wyraźną siecią przecinek i dróg <i>Meadows with hay stacks distributed irregularly, meadows on the plateau in the amorphous structure valley, forest with a distinct network of roads and cuttings</i>
	Naturalna <i>Natural texture</i>	Obszary w dolinie o zmiennej wilgotności na podłożu mineralnym, lasy <i>Areas in the valley with varying humidity on the mineral substratum, forest</i>

Tabela 4.

Charakterystyka warstw: fototonalnej, fotostrukturalnej i fototeksturalnej
Characteristics of layers: tonal, structural and textural

Cechy fotomorficzności <i>Features of photomorphism</i>		Ogólna liczba jednostek <i>Total number of units</i>	Liczba jednostek w typie <i>Number of units in one type</i>	Powierzchnia Area				
				Sumaryczna Total		Minimalna Minimum	Maksymalna Maximum	Średnia Average
				km ²	%			
Fototon <i>Tone</i>	Jasnoszare <i>Light grey</i>	133	72	14,154	16,6	0,014	2,002	0,197
	Szare <i>Grey</i>		14	58,996	69	0,018	57,104	4,214
	Ciemnoszare <i>Dark grey</i>		47	12,351	14,4	0,014	2,2	0,263
Fotostruktura <i>Structure</i>	Ziarnista <i>Granular</i>	104	71	17,654	20,7	0,014	7,054	0,249
	Blokowa <i>Block</i>		24	37,295	43,6	0,018	24,937	1,554
	Amorficzna <i>Amorphous</i>		7	2,048	2,4	0,123	0,588	0,293
	Plamista <i>Spotting</i>		2	28,504	33,3	0,205	28,353	14,252
Fototekstura <i>Texture (pattern)</i>	Antropogeniczna związana z zabudową <i>Anthropogenic conditioned by housing</i>	85	14	0,979	1,1	0,016	0,155	0,070
	Antropogeniczna związana z gospodarką rolną <i>Anthropogenic conditioned by farming</i>		31	32,759	38,3	0,024	21,13	1,057
	Półnaturalna <i>Seminatural texture</i>		22	10,596	12,4	0,026	3,237	0,482
	Naturalna <i>Natural texture</i>		18	41,167	48,2	0,017	35,056	2,287



Ryc. 12. Typy jednostek fotomorficznych: I — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze ziarnistej, fototeksturze antropogenicznej związanej z zabudową, fototonie szarym, II — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze ziarnistej, fototeksturze antropogenicznej związanej z gospodarką rolną, fototonie szarym, III — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze ziarnistej, fototeksturze antropogenicznej związanej z gospodarką rolną, fototonie ciemnoszarym, IV — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze ziarnistej, fototeksturze półnaturalnej, fototonie szarym, V — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze ziarnistej, fototeksturze półnaturalnej, fototonie ciemnoszarym, VI — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze ziarnistej, fototeksturze naturalnej, fototonie szarym, VII — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze ziarnistej, fototeksturze naturalnej, fototonie ciemnoszarym, VIII — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze blokowej, fototeksturze antropogenicznej związanej z gospodarką rolną, fototonie jasnoszarym, IX — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze blokowej, fototeksturze antropogenicznej związanej z gospodarką rolną, fototonie szarym, X — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze blokowej, fototeksturze półnaturalnej, fototonie szarym, XI — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze amorficznej, fototeksturze półnaturalnej, fototonie szarym, XII — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze amorficznej, fototeksturze naturalnej, fototonie szarym, XIII — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze plamistej, fototeksturze półnaturalnej, fototonie szarym, XIV — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze plamistej, fototeksturze naturalnej, fototonie szarym, XV — jednostka fotomorficzna o fotostrukturze plamistej, fototeksturze półnaturalnej, fototonie ciemnoszarym

Fig. 12. Types of photomorphic units: I — photomorphic unit with granular structure, anthropogenic texture, housing-related, grey tone, II — photomorphic unit with granular structure, anthropogenic texture, agriculture-related, grey tone, III — photomorphic unit with granular structure, anthropogenic texture agriculture-related, dark grey tone, IV — photomorphic unit with granular structure, semi-natural texture, grey tone, V — photomorphic unit with granular structure, semi-natural texture, dark grey tone, VI — photomorphic unit with granular structure, natural texture, grey tone, VII — photomorphic unit with granular structure, natural texture, dark grey tone, VIII — photomorphic unit with block structure, anthropogenic texture, housing-related, light grey tone, IX — photomorphic unit with block structure, anthropogenic texture, agriculture-related, grey tone, X — photomorphic unit with block structure, semi-natural texture, grey tone, XI — photomorphic unit with amorphous structure, semi-natural texture, grey tone, XII — photomorphic unit with block structure, natural texture, grey tone, XIII — photomorphic unit with spotting structure, semi-natural texture, grey tone, XIV — photomorphic unit with spotting structure, natural texture, grey tone, XV — photomorphic unit with spotting structure, semi-natural texture, dark grey tone

Tabela 5.

Charakterystyka typów jednostek fotomorficznych
Characteristics of types of photomorph units

Typ jednostki <i>Type of units</i>	Ilość jednostek w typie <i>Number of units in one type</i>	Frekwencja <i>Frequency</i>	Powierzchnia sumaryczna <i>Total area (km²)</i>	Udział procentowy <i>Share in percent</i>	Średnia powierzchnia <i>Mean area (km²)</i>	Średni obwód <i>Mean circumference (km)</i>	Wskaźnik rozczłonkowania <i>Index of circumference development</i>	Wskaźnik kolistości <i>Index of circularity</i>
I	15	4,8	0,982	1,20	0,065	1,786	1,94	0,26
II	9	2,9	0,246	0,30	0,270	0,862	1,46	4,57
III	7	2,2	0,273	0,30	0,039	0,881	1,34	0,63
IV	3	1,0	2,409	2,80	0,803	6,061	2,09	0,27
V	2	0,7	0,215	0,30	0,407	1,874	1,71	0,74
VI	31	9,9	6,203	7,30	0,200	2,539	1,83	0,39
VII	26	8,3	5,905	6,90	0,227	2,662	1,72	0,40
VIII	72	23,0	16,720	19,50	0,232	3,482	2,02	0,25
IX	72	23,0	18,114	21,20	0,252	3,645	2,14	0,24
X	25	8,0	3,364	3,90	0,140	2,913	2,15	0,21
XI	11	3,5	2,179	2,50	0,198	3,334	1,97	0,22
XII	14	4,5	0,628	0,70	0,045	1,229	1,72	0,37
XIII	8	2,6	1,184	1,40	0,148	2,801	2,13	0,24
XIV	10	3,2	24,427	28,60	2,443	10,954	2,21	0,26
XV	8	2,6	2,653	3,10	0,332	2,723	1,74	0,56
Razem Total	313	x	85,502	100,00	–	–	–	–

Tabela 6.

Porównanie podziału fotomorficznego z podziałem kompleksowej geografii fizycznej
Comparison of photomorph division with the division of comprehensive physical geography

Cechy Features	Jednostki fotomorficzne <i>Photomorph units</i>	Geokompleksy <i>Landscape units</i>
Liczba typów Number of types	15	37
Liczba jednostek indywidualnych Number of individual units	313	500
Średnia powierzchnia jednostek (km ²) Mean area of units (km ²)	0,274	0,171
Średni obwód (km) Mean circumference (km)	3,196	1,950
Typ dominujący pod względem powierzchni Area prevalent type	XIV	17
Powierzchnia jednostek typu dominującego pod względem powierzchni Units of area prevalent type	24,427	38,228
Typ dominujący pod względem liczebności Quantity prevalent type	VIII i IX	10 i 11
Liczba jednostek typu dominującego pod względem liczebności Number of units of quantity prevalent type	72	46
Średnia wartość wskaźnika rozczłonkowania Average value of the index of circumference development	1,88	1,58
Średnia wartość wskaźnika kolistości Average value of the index of circularity	0,64	0,43

tura naturalna, fototon szary) w typie geokompleksu 36 (pagórki zbudowane z piasków i żwirów, pokryte lasami); typ VII jednostki fotomorficznej (struktura ziarnista, tekstura naturalna, fototon ciemnoszary) w typie geokompleksu 38 (stoki łagodne zbudowane z piasków gliniastych i glin piaszczystych, pokryte lasem); typ VIII jednostki fotomorficznej (struktura blokowa, tekstura antropogeniczna związana z gospodarką rolną, fototon jasnoszary) w typie geokompleksu 4 (równiny poza zagłębieniami zbudowane z glin i ilów użytkowane jako grunty orne); typ VIII jednostki fotomorficznej w typie geokompleksu 39 (stoki strome zbudowane z piasków i żwirów, pokryte przez lasy).

Zbadano również jaki typ geokompleksu jest dominujący w danym typie jednostki fotomorficznej. Typ 17 (równiny w dnach dolin i zagłębieniach wypełnione torfami,

pokryte przez użytki zielone) jest dominujący w ośmiu typach jednostek fotomorficznych (typy IV, VI, IX, XI, XII, XIII, XIV, XV), ale największy udział ma w typie XIV (struktura plamista, tekstura naturalna, fototon szary). Pozostałe wymienione typy jednostek charakteryzują się strukturą ziarnistą, amorficzną lub plamistą oraz teksturą naturalną i półnaturalną, fototonem szarym i ciemnoszarym. Są to cechy obrazu związane z dnem doliny Narwi. W sześciu z wymienionych typów (IV, VI, XI, XIII, XIV, XV) oraz w VII typ 17 jest dominujący również pod względem liczby. W jednostkach fotomorficznych typu XII, XIII, XIV subdominantem jest typ 16 geokompleksu (równiny w dnach dolin i zagłębieniach wypełnione aluwiami, pokryte przez użytki zielone).

Typ geokompleksu 31 (równiny w dnach dolin i zagłębieniach wypełnione torfami, pokryte przez lasy) jest

dominujący pod względem powierzchni i liczby w typie III jednostki fotomorficznej (struktura ziarnista, tekstura antropogeniczna związana z gospodarką rolną, fototon ciemnoszary) oraz VII (struktura ziarnista, tekstura naturalna, fototon ciemnoszary). Typ 16 dominuje w jednostkach typu II (struktura ziarnista, tekstura antropogeniczna związana z gospodarką rolną, fototon szary). Jednostki typu I (struktura ziarnista, tekstura antropogeniczna związana z zabudową, fototon szary) całkowicie pokrywają się z terenami trwale przekształconymi przez człowieka (typ 40).

W jednostkach fotomorficznych typu X (struktura blokowa, tekstura półnaturalna, fototon szary) dominujący powierzchniowo jest typ 18 geokompleksu związany z równinami w dach dolin i zagłębiach wypełnionych murszami, pokrytymi użytkami zielonymi.

Wnioski

Analiza porównawcza jednostek krajobrazowych, wyróżnianych metodą fotomorficzną i metodą geografii fizycznej kompleksowej, upoważnia do sformułowania poniżej przedstawionych wniosków.

Struktura krajobrazu opracowana metodą kompleksowej geografii fizycznej jest bardziej zróżnicowana niż opracowana metodą fotomorficzną.

Geokompleksy są bardziej zwarte od jednostek fotomorficznych, co może być związane z uogólnianiem w procesie wyznaczania granic geokompleksów; jednostki fotomorficzne wyznaczano w wyniku bezpośredniej interpretacji zdjęć lotniczych, przez co proces wyznaczania jednostek był krótszy.

Jednostki fotomorficzne wskazują na większe zróżnicowanie krajobrazu w dolinie Narwi niż czynią to geokompleksy, natomiast na wysoczyźnie większe jest zróżnicowanie i liczba geokompleksów.

Jednostki fotomorficzne bardzo dobrze oddają pokrycie terenu i zróżnicowanie użytków zielonych w dolinie Narwi (łąki koszone, zarastające, z dużym udziałem roślinności naturalnej).

Jednostki fotomorficzne słabo oddają zróżnicowanie utworów powierzchniowych.

Sformalizowana analiza cech fotomorficznych, bez uwzględnienia modelu stereoskopowego, nie dała możliwości uwzględnienia w procesie interpretacji zdjęć form rzeźby terenu.

36 rodzajów powiązań między jednostkami fotomorficznymi i geokompleksami (22%) wykazuje zbieżność powierzchni powyżej 50%.

Typy dominujące pod względem powierzchni wykazują dużą zbieżność powierzchni.

Dominujące liczebnie typy jednostek fotomorficznych oddały charakter struktury krajobrazu badanego obszaru.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że struktura krajobrazu opracowana sfor-

malizowaną metodą fotomorficzną jest mniej zróżnicowana niż opracowana metodą kompleksowej geografii fizycznej. Związane jest to z tym, że jednostki fotomorficzne na badanym obszarze bardzo dobrze oddają pokrycie terenu, natomiast słabo rzeźbę i zróżnicowanie podłoża. Ze względu na to, że powstały one bezpośrednio na modelu terenu jakim jest zdjęcie lotnicze, oddają wiernie charakter terenu w zakresie, jaki umożliwiają badane cechy obrazu. Typy jednostek fotomorficznych wykazują związki z określonymi geokompleksami, niektóre z nich są bardzo silne. Generalnie, zgodność jednostek fotomorficznych z geokompleksami należy określić jako przeciętną. Na taki wynik mogła wpłynąć kilkuletnia różnica w aktualności materiałów wykorzystanych do opracowania struktury krajobrazu dwoma metodami. Jednostki fotomorficzne wyróżnione przedstawioną tu metodą nie mogą być traktowane jako odpowiednik geokompleksów rangi uroczysk. Tym nie mniej, oddają one charakter krajobrazu na badanym obszarze. Struktura krajobrazu opracowana metodą fotomorficzną mogłaby być bardziej zróżnicowana, gdyby uwzględniono większą liczbę klas tonów szarości oraz zastosowano model stereoskopowy.

Dochodzenie do jednostek fotomorficznych było mniej czasochłonne niż do geokompleksów. W tworzeniu warstw zróżnicowania cech fotomorficznych bezpośrednia digitalizacja na ekranie zastąpiła rysowanie na papierze, co pozwoliło uniknąć takich zabiegów jak skanowanie i wektoryzacja.

Zastosowanie Systemów Informacji Geograficznych wiązało się z czasochłonnym tworzeniem bazy danych, natomiast umożliwiło szybką i sformalizowaną analizę danych oraz otrzymanie podstawowych statystyk.

Literatura

- Anderson J.R., 1971, Land-use Classification Schemes, *Photogrammetric Engineering*, vol. 37, no 4.
- Bartoszek H., 1996, Zbiorowiska roślinne Narwiańskiego Parku Krajobrazowego, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 428.
- Bielecka E., 1989, *Analiza struktury krajobrazu gór niskich z wykorzystaniem materiałów teledetekcyjnych na przykładzie Beskidu Niskiego*, praca doktorska.
- Borowik A., 1984, *Analiza fotointerpretacyjna struktury krajobrazu poligonu Olecko*, praca magisterska.
- Cesielczuk J.N., 1965, Stopień wiarygodności zdjęcia krajobrazowego w świetle podstawowych założeń teoretycznych geografii fizycznej, *PZLG*, z. 4.
- Ciołkosz A., Miszański J., Ołędzki J.R., 1986, *Interpretacja zdjęć lotniczych*, PWN, Warszawa.
- Czczuga T., Bobiatyńska E., Mironiuk W., 1980, Wartości przyrodnicze i celowość ich ochrony w dolinie górnej Narwi, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 234.
- Forman R.T., Gordon M., 1986, *Landscape Ecology*, J. Wiley and Sons, New York.
- Gospodinow G.W., 1964, *Odczytywanie zdjęć lotniczych*, PWN, Warszawa.
- Grigoriew A.A., 1975, *Kosmические индикации ландшафтов Земли*, ИЛУ Ленинград.
- Hernik A., 1998, *Analiza porównawcza struktury krajobrazu opracowanej metodą kompleksowej geografii fizycznej i metodą fotomorficzną dla fragmentu Narwiańskiego Parku*

- Narodowego z zastosowaniem SIG, praca magisterska, Uniwersytet Warszawski, Zakład Teledetekcji Środowiska.
- Kalesnik S., 1969, *Geografia fizyczna ogólna*, PWN, Warszawa.
- Kistowski M., Iwańska A., 1997, *Systemy Informacji Geograficznej*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Kondracki J., 1976, *Podstawy regionalizacji fizyczno-geograficznej*, PWN, Warszawa.
- Kondracki J., 1988, *Geografia fizyczna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kondracki J., Pietkiewicz S., 1967, *Czwartorzęd północno-wschodniej Polski*, Czwartorzęd Polski, PWN, Warszawa.
- Kowalewski Z., 1988, Wpływ regulacji koryta rzeki Narwi na położenie zwierciadła wód gruntowych w chronionej części doliny, *Wiadomości IMUZ*, t. XVI, z. 1.
- Malec P., 1977, Regulacja Górnej Narwi jako podstawowy element kształtowania stosunków wodnych w dolinie, *Gospodarka Wodna*, nr 5.
- Mapa Geologiczna Polski 1:200 000, 1971, ark. Białystok, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Mapy glebowo-rolnicze gmin 1:25 000, 1977–1982, Wojewódzkie Biuro Geodezji i Terenów Rolnych w Białymstoku.
- Mc Phail D.D., 1971, Photogrammetric mapping in Chile, *Photogrammetric Engineering*, vol. 37, no 11.
- Milkow F.R., 1970, *Landshaftnaja sfera zemli*, Izd. Mosk., Moskwa.
- Miroszczenko W.P., 1969, *Indykatory ostrazhenije elementov llandshaftov na aerosninkach*, Nauka, Leningrad.
- Nikolajew W.A., 1981, *Problemy regionalnogo landshaftowedenija*, Izd. Mysl. Uniw. Moskwa.
- Objaśnienia do Mapy Geologicznej Polski 1:200 000, 1971, red. J. Malinowski, ark. Białystok, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Okruszko H., Oświt J., 1973, Przyrodnicza charakterystyka bagiennej doliny Górnej Narwi jako podstawa melioracji, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 134.
- Oleński J.R., 1986, Wstępny projekt programu badań w ramach eksperymentu teledetekcyjnego Telegeo-Narew '87 realizowanego w ramach współpracy Rady Interkosmos jako "Międzynarodowy Projekt Badania Dynamiki Geosystemów Metodami Teledetekcyjnymi", IGiPZ PAN, Warszawa, maszynopis.
- Oleński J.R., 1987, Regionalizacja fotomorficzna Polski, *Fotointerpretacja w Geografii*, nr 19.
- Oleński J.R., 1992, *Geograficzne uwarunkowania zróżnicowania obrazu satelitarnego Polski i jego podziału na jednostki fotomorficzne*, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego.
- Oleński J.R., 1994, Changes of water relations in the middle Narew Valley (1968–1988), *Missellanea Geographica*, vol. 6, Warszawa.
- Peplies R.W., Flynn T.J., 1972, *Spacecraft. Photomorphic units and regional analysis*, Southeastern Conference of the Institute of Electrical and Electronic Engineer, University of Tennessee, April 10–12, 1972.
- Piasecki M.B., 1973, *Fotogrametria lotnicza i naziemna*, PPWK, Warszawa.
- Pietrzak M., 1989, Problemy i metody badania struktury geokompleksów, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, *Seria Geografia*, nr 45.
- Plan urządzenia gospodarstwa leśnego Nadleśnictwa Dojlidy, Obwód Dojlidy, na okres I X 1973–30 IX 1983, Okręgowy Zarząd Lasów Państwowych w Białymstoku.
- Potencjalna roślinność naturalna Polski, Mapa przeglądowa 1:300 000, 1995, Wojskowe Zakłady Kartograficzne, Warszawa.
- Przewoźnik M., 1987, *Podstawy geografii fizycznej-kompleksowej*, Uniwersytet Gdański, Gdańsk.
- Richling A., 1972, Struktura krajobrazowa Krainy Wielkich Jezior Mazurskich, *Prace i Studia IGUW*, z. 10, Geografia fizyczna, z. 4.
- Richling A., 1979, Z metodyki wydzielania urozczysk w terenach glacialnych, *Przegląd Geograficzny*, t. 51, z. 4.
- Richling A., 1992, *Kompleksowa geografia fizyczna*, PWN, Warszawa.
- Richling A., 1993, *Kartowanie geokompleksów, Metody szczegółowych badań geografii fizycznej*, PWN, Warszawa.
- Richling A., Solon J., 1996, *Ekologia krajobrazu*, PWN, Warszawa.
- Słownik podstawowych terminów używanych w teledetekcji, 1987, red. J.R. Oleński.
- Smirnow L.J., 1970, *Teoretyczne podstawy fotointerpretacji*, PWN, Warszawa.
- Solon J., Bartoszek H., Kłoszewska E., 1990, *Narwiański Park Krajobrazowy, Mapa roślinności rzeczywistej*.
- Szczypek T., Wach J., 1987, *Mapa Geomorfologiczna. Narwiański Park Krajobrazowy i południowa część poligonu „Narew”*, Uniwersytet Śląski, Katedra Geografii Fizycznej, Zakład Geomorfologii Ogólnej.
- Troll C., 1965, Krajobraz geograficzny i jego badanie, *PZLG*, z. 4.
- Urbański J., 1997, *Zrozumieć GIS. Analiza informacji przestrzennej*, PWN, Warszawa.
- Wolk-Musiał E., 1994, Strefowość rzeźby Niziny Północno-mazowieckiej według danych teledetekcyjnych, *Fotointerpretacja w Geografii*, nr 24, Warszawa.



Mgr Aneta Hernik ukończyła studia w 1998 r. na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, w Zakładzie Teledetekcji Środowiska, uzyskując tytuł magistra w zakresie geografii fizycznej. Tematem pracy dyplomowej była „Analiza porównawcza

struktury krajobrazu opracowana metodą kompleksowej geografii fizycznej i metodą fotomorficzną dla Narwiańskiego Parku Narodowego wraz z otuliną, z zastosowaniem SIG. Obecnie w dalszym ciągu zajmuje się zagadnieniami teledetekcji i geo-informacji.

Adres do korespondencji: Zakład Teledetekcji Środowiska UW, Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa.