

WIZUALNO — NUMERYCZNA METODA TYPOLOGII OBRAZU LANDSATOWSKIEGO

CEL BADAŃ I ZAŁOŻENIA METODYCZNE

Analiza środowiska geograficznego na podstawie obrazów satelitarnych może być prowadzona w sposób indukcyjny lub dedukcyjny. Podejście indukcyjne polega na dochodzeniu do uogólnionych wniosków na podstawie zaobserwowanych faktów dotyczących początkowo pojedynczych komponentów środowiska geograficznego, a w następnej kolejności krajobrazu. Podejście takie jest szeroko rozpowszechnione w teledetekcyjnych badaniach środowiska przyrodniczego. Przykładem indukcyjnej metody badań jest opracowanie C.F. Paina (1985). Autor ten na podstawie interpretacyjnych cech rozpoznawczych dokonał klasyfikacji rzeźby, która to klasyfikacja w dalszym etapie stanowiła podstawę typologii krajobrazu.

Metoda dedukcyjna polega na wyprowadzeniu wniosków szczegółowych z ogólnych przesłanek. W przypadku analizy środowiska z wykorzystaniem materiałów teledetekcyjnych wnioskujemy o jego zróżnicowaniu na podstawie rodzaju rysunku obrazu fotograficznego. Obraz satelitarny rejestrujący chwilowy stan powierzchni Ziemi odzwierciedla nie tylko przestrzenne rozmieszczenie elementów krajobrazu lecz także, co jest znacznie istotniejsze, wewnętrzne związki między jego komponentami i skutki procesów zachodzących w danym kompleksie.

Informacja o środowisku geograficznym zarejestrowana jest na materiałach teledetekcyjnych w postaci trzech parametrów będących jednocześnie fotointerpretacyjnymi cechami rozpoznawczymi: fotostruktury, fototekstury i fototonu. Kombinacja tych trzech cech tworzy na powierzchni zdjęcia lub obrazu satelitarnego obszary jednorodne, nazywane terytorialnymi jednostkami fotomorficznymi (J.R. Ołędzki, 1986, 1987). Jednorodność fragmentów obrazu satelitarnego, czyli ściśle określony,

* Dr inż. Elżbieta Bielecka, Pracownia Fotointerpretacji Geograficznej, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski, Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa.

jednostkowy związek między strukturą, teksturą i fototonem powinien mieć swoje odbicie w jednorodności fotografowanego terenu.

Celem prezentowanego artykułu jest zbadanie rodzaju zależności pomiędzy jednostkami fotomorficznymi wydzielonymi na podstawie obrazu satelitarnego, czyli typologią obrazu landsatowskiego, a typami krajobrazu odznaczającymi się określonym zespołem elementów środowiska geograficznego.

Analizowano związek jednostek fotomorficznych z typami terenu w granicach Beskidu Niskiego i pogórza. Materiałem źródłowym był obraz zarejestrowany podczas przelotu satelity Landsat nad terytorium Polski w dniu 26.08.77. W badaniach wykorzystano fragment kompozycji barwnej w skali 1 : 300 000.

Na kolorystykę kompozycji barwnej obrazu satelitarnego w poważnym stopniu wpłynęła duża ilość promieniowania podczerwonego odbijanego przez zieloną roślinność. Roślinność wyraźnie dominująca na badanym fragmencie sceny zobrazowana została w barwach ciemnobrązowej — lasy oraz czerwonej jasnej i ciemnej — łąki i grunty orne. Z barwą niebieską związane jest osadnictwo. Rysunek obrazu utworzony jest przede wszystkim przez rzeźbę.

Zastosowano dedukcyjny sposób interpretacji obrazu satelitarnego i związaną z nim zasadę „od ogółu do szczegółu”, co w postaci algorytmu przedstawione jest na ryc. 1.

POŁOŻENIE TERENU BADAŃ

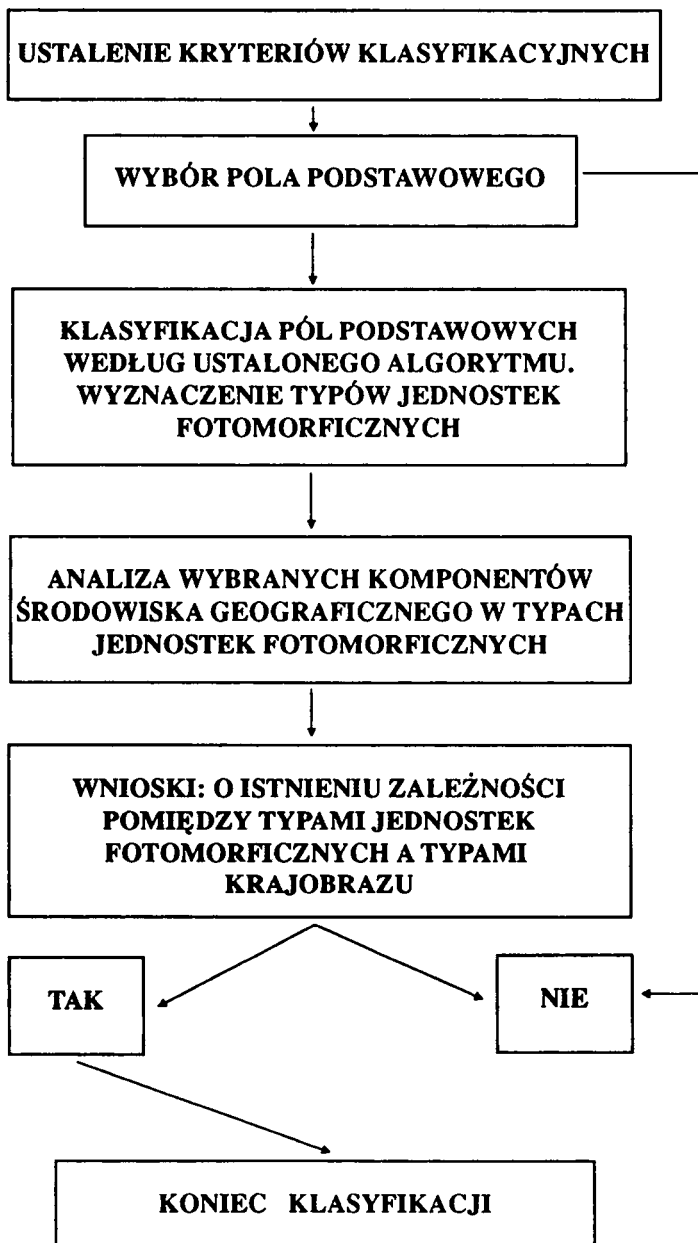
Analizowany obszar o powierzchni 260 km² ciągnie się od Grybowa do Gorlic i leży w obrębie dwóch makroregionów fizycznogeograficznych (ryc. 2): Pogórza Środkowobeskidzkiego z mezoregionami Pogórze Rożnowskie i Obniżenie Gorlickie oraz makroregionu Beskid Środkowy z mezoregionem Beskid Niski (J. K o n d r a c k i, 1981).

Pod względem administracyjnym cały obszar znajduje się w granicach województwa nowosądeckiego.

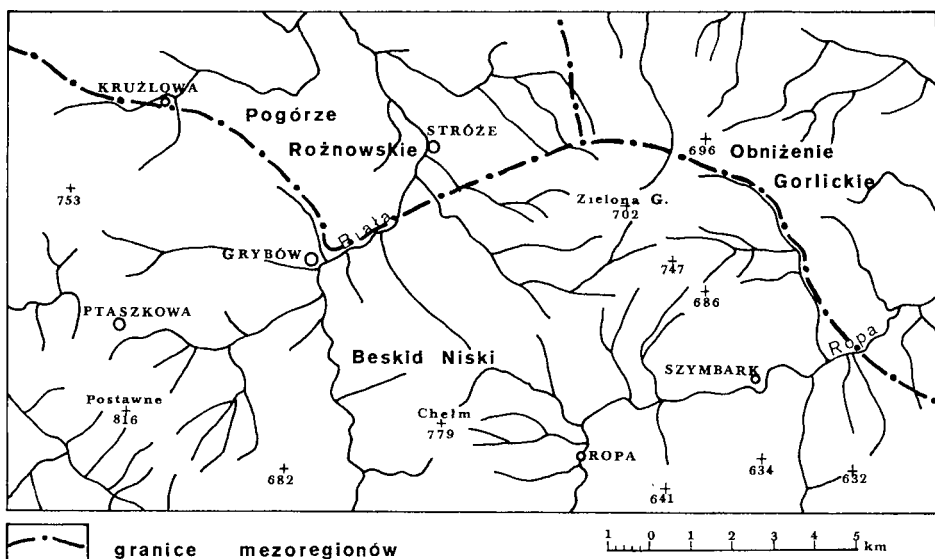
Obszar ten zbudowany jest niemal wyłącznie z osadów fliszowych, różnorodnych piaskowców i łupków z niewielkimi domieszkami ilów, margli i innych skał. Tak jak całe Karpaty teren ten był fałdowany i wypiętrzony od kredy po czwartorzęd, a wysokości bezwzględne są odbiciem rozmiarów tych ruchów w młodszym trzeciorzędzie i czwartorzędzie (L. S t a r k e l, 1960, 1972). Tektonika tego obszaru, a także odporność skał fliszowych na działanie czynników niszczących wpływają na rozmieszczenie i ukierunkowanie wzniesień i obniżeń. Rzeźba według L. S t a r k l a (1960) ma charakter inwersyjny i wykazuje cechy zarówno rzeźby typu beskidzkiego jak i rzeźby typu pogórskiego.

Podstawową grupę glebową stanowią na omawianym terenie gleby pyłowe, gliniaste i ilaste. Związane są one z pokrywami zboczowymi i występują na mniej stromych stokach beskidzkich, w obniżeniach śródgórskich i na pogórzu. Górskie grzbieity beskidzkie o stromych stokach pokrywają kamieniste gleby szkieletowe, wytworzone na rumowiskach skalnych. Dna większych dolin i kotlin wypełnione są madami o różnorodnym składzie mechanicznym.

Wśród procesów glebotwórczych na terenie Beskidu Niskiego i pogórza dominują



Ryc. 1. Schemat analizy zdjęcia satelitarnego
 Fig. 1. Scheme of analysis of satellite image



Ryc. 2. Położenie terenu badań
Fig. 2. Location of the study area

dwa typy: brunatnienie i bielnicowanie, prowadzące do powstania gleb brunatnych i płowych. Gleby brunatne (właściwe i kwaśne) występują głównie na stokach stromych i zalesionych, gleby płowe zajmują znacznie mniejszą powierzchnię i związane są ze stokami łagodnymi, użytkowanymi rolniczo lub porośniętymi przez lasy świerkowe. Gleby te są dość ubogie w składniki pokarmowe i w większości charakteryzują się złymi stosunkami powietrzno-wodnymi związanymi z występowaniem źle przepuszczalnych kompleksów skalnych.

Głównymi rzekami przepływającymi przez omawiany teren badań są Biała Dunajcowa i Ropa. Charakteryzuje je, jak większość rzek karpackich, duża zmienność stanów wody.

Warunki hydrologiczne badanego obszaru są typowe dla regionu Beskidu Niskiego i pogórza. Charakteryzują je małe zasoby wód podziemnych, ograniczone głównie do zbiorników w pokrywach, duże wahania zwierciadła wód gruntowych oraz zdecydowanie większy odpływ w okresie zimowym niż letnim (Z. Ziemońska, 1973).

Wysokości nad poziomem morza sięgające od 300 m na pogórze do 800 m w Beskidach spowodowały, że na terenie tym wykształciły się trzy piętra roślinności: roślinność niżowa, piętro pogórza oraz roślinność regla dolnego.

Wśród zbiorowisk leśnych omawianego terenu wyróżnić można: lasy jodłowe i zespół buczyny karpackiej należące do regla dolnego, lasy dębowo-grabowe zajmujące głównie strome stoki w obrębie pogórza, lasy łęgowe (łęg wierzbowo-topolowy, podgórski łęg jesionowy) towarzyszące korytom rzeczny, górska olszyna bagienna oraz wtórne lasy i młodniki.

Roślinność ściśle związana jest z panującymi warunkami mezo- i mikro-klima-

tycznymi. W Beskidzie Niskim obserwujemy trzy strefy mezoklimatyczne: obniżenia inwersyjne, ciepłe stoki ponad inwersyjnymi obniżeniami oraz strefę chłodną, obejmującą najwyższe szczyty i kształtowaną przez adwekcję mas powietrza (B. Obrębska-Starkłowa, 1973).

PODZIAŁ OBRAZU SATELITARNEGO NA JEDNOSTKI FOTOMORFICZNE

Proces interpretacji obrazu satelitarnego jest swego rodzaju klasyfikacją nienadzorowaną prowadzoną według pól (A.C. Armstrong, K. M. Clayton 1980). Uwzględnia ona powierzchniowy charakter danych i polega na klasyfikacji przestrzennych grup pixeli, charakteryzujących się jednolitymi cechami obrazu. W trakcie klasyfikacji nienadzorowanej analizuje się tylko parametry fotograficzne obrazu satelitarnego abstrahując zupełnie od ich treści geograficznej. Wynikiem jej powinno być zgrupowanie w oddzielne klasy wszystkich pól charakteryzujących się identyczną cechą klasyfikacyjną. Wybór cechy przewodniej w postępowaniu klasyfikacyjnym jest sprawą bardzo istotną. Wybór ten pozwala na eliminację zbędnej informacji zatrzymując tylko tę jej część, która jest istotna z punktu widzenia prowadzonych badań. Tym samym określony zostaje sposób i dokładność samej klasyfikacji.

W klasyfikacjach komputerowych analizie poddawany jest tylko jeden parametr obrazu satelitarnego, jasność spektralna. Do tej pory nie opracowano programu pozwalającego na rozpoznanie dwóch pozostałych cech obrazu jakimi są tekstura i struktura.

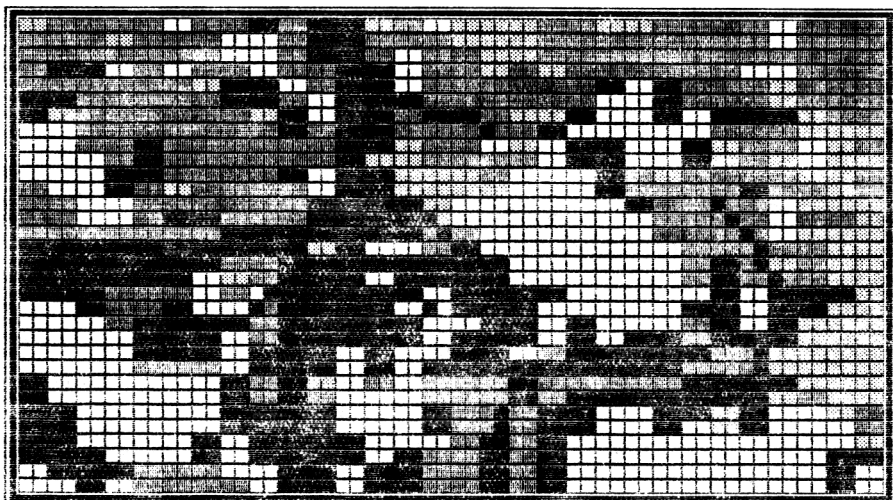
W badaniach z zakresu typologii i oceny krajobrazu analiza jednego z trzech parametrów obrazu daje niezadowalające wyniki. Konieczne jest równoczesne rozpatrywanie wszystkich cech obrazu. W prezentowanym opracowaniu barwę oraz strukturę i teksturę przypisano poszczególnym polom podstawowym na drodze interpretacji wizualnej. Komputer wykorzystany został dopiero w drugim etapie klasyfikacji pól o wcześniej zakodowanych cechach.

Poligon badawczy podzielony został na pola podstawowe, kwadraty o wymiarze 1,25x1,25 mm (w skali 1 : 300 000). Wielkość pola została tak dobrana, aby każdemu z parametrów charakteryzujących obraz fotograficzny można było przypisać jedną cechę, jedną barwę oraz jedną teksturę i strukturę. Jednocześnie zgodnie z przyjętymi założeniami pole to jest mniejsze od najmniejszych rozróżnialnych gołym okiem jednorodnych powierzchni występujących na obrazie.

Pod względem zróżnicowania barwnego wszystkie pola podstawowe podzielono na cztery grupy o barwach: brązowej, niebieskiej, jasnoczerwonej i ciemnoczerwonej (ryc. 3).

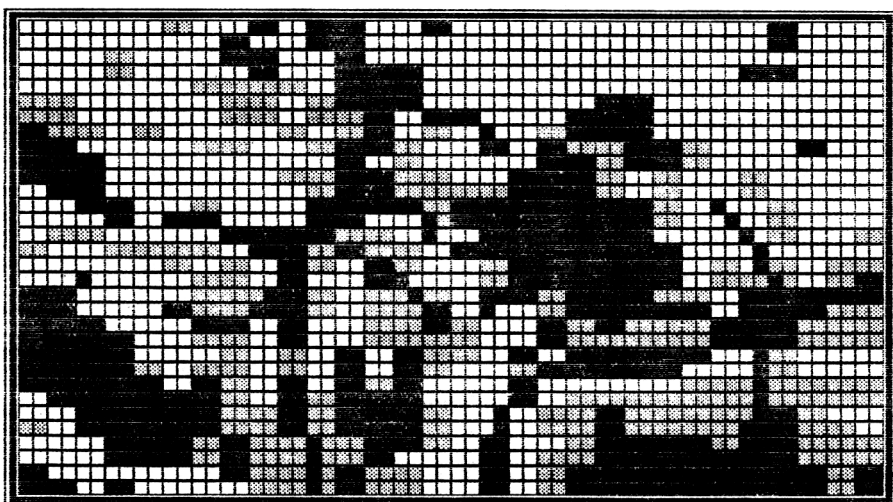
Struktura i tekstura, jako cechy bardzo silnie ze sobą związane rozpatrywane były łącznie. Każdemu polu podstawowemu przypisana została jedna z następujących kombinacji: rozproszona-drobnoziarnista, plamista-drobnoziarnista oraz plamista-amorficzna (ryc. 4).

Podział obrazu satelitarnego przeprowadzono na podstawie histogramu dwuwymiarowego (ryc. 5), w którym na osi *x* naniesiono skalę barw, a na osi *y* skalę struktury.



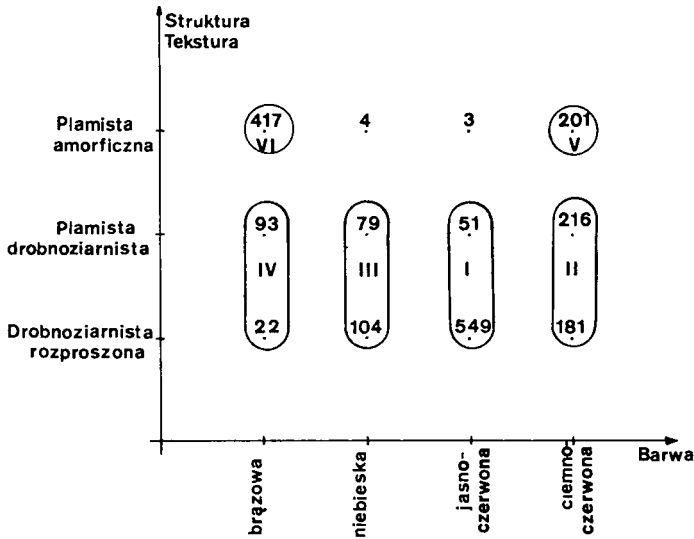
- | | |
|---------------|---------------------|
| □ - brązowa | ■ - czerwona jasna |
| ▨ - niebieska | ■ - czerwona ciemna |

Ryc. 3. Macierz barw
Fig. 3. Colour matrix



- | |
|---------------------------------|
| □ - rozproszona drobnoziarnista |
| ▨ - plamista drobnoziarnista |
| ■ - plamista amorficzna |

Ryc. 4. Macierz struktur i tekstur
Fig. 4. Structure and texture matrix



Ryc. 5. Schemat podziału obrazu satelitarnego na jednostki fotomorficzne
 Fig. 5. Scheme of division of satellite image into photomorphic units

ralno—teksturalną. Każde pole podstawowe, charakteryzujące się określonym rysunkiem obrazu satelitarnego zajmuje w układzie współrzędnych ściśle określone miejsce, zależne od barwy, struktury i tekstury. Ilość klas, do których można zaklasyfikować dane pole jest równa liczbie kombinacji, jakie tworzą cztery elementy barwy oraz trzy strukturalno—teksturalne i wynosi dwanaście. Analizując dwuwymiarowy histogram (ryc. 5) zauważamy, że pewne typy rysunku obrazu satelitarnego występują bardzo często, inne tylko sporadycznie — tabela 1.

Podstawowym kryterium wydzielenia jednostek fotomorficznych jest liczebność klas histogramu, a cechą wiodącą, według której tworzono jednostki o mniejszej ilości punktów, przyjęto barwę. Wydzielono sześć typów jednostek fotomorficznych (ryc. 6), których charakterystyka fotograficzna zawarta jest w tabeli 2.

ZWIĄZEK JEDNOSTEK FOTOMORFICZNYCH Z KOMPONENTAMI ŚRODOWISKA GEOGRAFICZNEGO

Typy jednostek fotomorficznych mówią o zróżnicowaniu rysunku fotograficznego obrazu satelitarnego. W celu zbadania czy odzwierciedlają one również strukturę krajobrazu czyli stwierdzenia przydatności metod teledetekcyjnych w badaniach krajobrazu niezbędne jest przeanalizowanie elementów środowiska geograficznego w granicach wyznaczonych typów jednostek fotomorficznych. Rozpatrzono następujące komponenty: budowę geologiczną, rzeźbę, wody, gleby i użytkowanie ziemi. W trakcie analizy rzeźby uwzględniono takie jej cechy jak: formy terenu, wysokości bezwzględne i spadki.

Udział poszczególnych komponentów krajobrazu w typach jednostek fotomorficznych określony został metodami ilościowymi. Podstawową trudnością w szerokim

Tabela 1
Table 1

Częstość występowania poszczególnych związków cech obrazu satelitarnego
Frequency of appearing particular patterns on satellite image

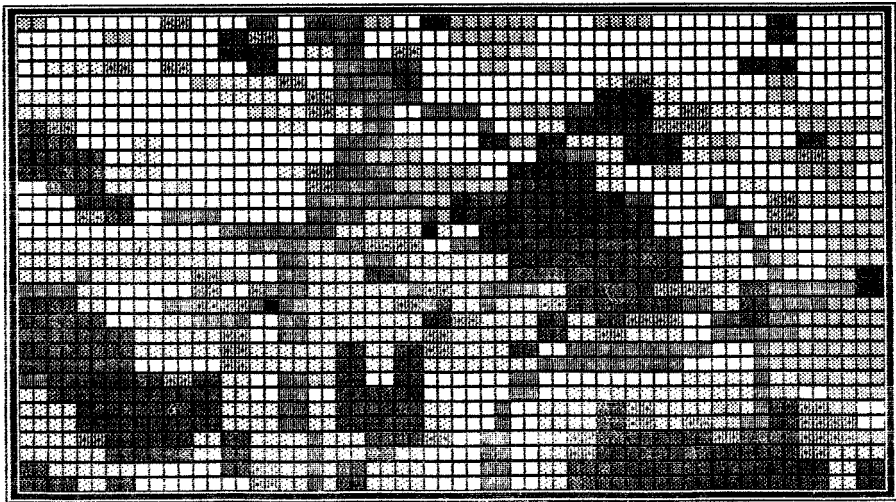
Związek cech obrazu (barwa, struktura, tekstura) Colour + structure + texture	Liczba pól Number of basic areas
Jasnoczerwona, droбноziamista, rozproszona Light-red, fine-grained, scattered	549
Brązowa, amorficzna, plamista Brown, amorphous, spotted	417
Ciemnoczerwona, droбноziamista, plamista Dark-red, fine-grained, spotted	216
Ciemnoczerwona, amorficzna, plamista Dark-red, amorphous, spotted	201
Ciemnoczerwona, droбноziamista, rozproszona Dark-red, fine-grained, scattered	181
Niebieska, droбноziamista, rozproszona Blue, fine-grained, scattered	104
Brązowa, droбноziamista, plamista Brown, fine-grained, spotted	93
Niebieska, droбноziamista, plamista Blue, fine-grained, spotted	79
Jasnoczerwona, droбноziamista, plamista Light-red, fine-grained, spotted	51
Brązowa droбноziamista, rozproszona Brown, fine-grained, scattered	22
Niebieska, amorficzna, plamista Blue, amorphous, spotted	4
Jasnoczerwona, amorficzna, plamista Light-red, amorphous, spotted	3

stosowaniu metod matematycznych w geografii fizycznej jest fakt, że większość cech przyrodniczych jest niemierzalna. Jednym z łatwiejszych sposobów określania wzajemnych zależności pomiędzy poszczególnymi elementami środowiska jest zastosowanie prostych wskaźników procentowych obliczonych w polach podstawowych. Związek typów jednostek fotomorficznych z komponentami krajobrazu oraz ich charakterystyka geograficzna pokazane zostały na podstawie dwóch wskaźników: wskaźnika frekwencji i wskaźnika częstości związku.

Wskaźnik częstości związku obrazuje zależność pomiędzy strukturą obrazu satelitarnego a wybranymi komponentami środowiska geograficznego i obliczany jest według wzoru:

$$W = \frac{n}{N} \cdot 100\%$$

gdzie: W — jest wskaźnikiem częstości związku,



- | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------------|
|  | - jednostka typ I |  | - jednostka typ IV |
|  | - jednostka typ II |  | - jednostka typ V |
|  | - jednostka typ III |  | - jednostka typ VI |
|  | - pola niesklasyfikowane | | |

Ryc. 6. Typologia obrazu landsatowskiego - jednostki fotomorficzne
 Fig. 6. Typology of Landsat image - photomorphic units

n — liczbą jednostek, w których występują cechy x i y ,

N — liczbą wszystkich pól z danym komponentem środowiska geograficznego.

Analiza tego wskaźnika wskazuje, że ze wszystkich komponentów środowiska geograficznego rzeźba i użytkowanie ziemi mają największy wpływ na charakter obrazu satelitarnego. Dość wyraźnie zaznacza się także na zdjęciu zróżnicowanie pokrywy glebowej.

Wskaźnik frekwencji $[F]$ jest dobrą miarą charakteryzującą wydzielone typy jednostek fotomorficznych. Pokazuje on jaki procent w poszczególnych jednostkach zajmuje analizowana cecha komponentu środowiska geograficznego. Wskaźnik ten liczony był według wzoru:

$$F = \frac{Px}{P} \cdot 100\%$$

gdzie: Px — jest liczbą jednostek indywidualnych charakteryzujących się określoną cechą elementu środowiska geograficznego,

P — jest ogólną liczbą jednostek w danej klasie.

Wskaźnik ten pokazuje jaki procent w poszczególnych jednostkach zajmuje analizowana cecha komponentu środowiska. Duże wartości wskaźnika frekwencji służą do wyodrębnienia komponentów przewodnich tzn. wpływających w największym stopniu na charakter obrazu satelitarnego i służą do określania typowości wyznaczonych klas fotomorficznych.

Tabela 2
Table 2

Charakterystyka fotograficzna typów jednostek fotomorficzych
Photographic characteristics of types of photomorphic units

Typy jednostek Type of units	Struktura Structure	Tekstura Texture	Barwa Colour	Liczba pól Number of basic areas
I	drobnoziarnista fine-grained	rozproszona scattered	jasnoczerwona light-red	600
II			ciemnoczerwona dark-red	397
III			niebieska blue	183
IV			brązowa brown	115
V	amorficzna amorfous	plamista spotted	ciemnoczerwona dark-red	201
VI			brązowa brown	417

Analiza obu wymienionych wskaźników pozwala na określenie struktury fizycz-nogeograficznej typów jednostek fotomorficzych.

I typ jednostek, określane jest jako zbiór pól o drobnoziarnistej strukturze i rozproszonej teksturze oraz jasnoczerwonej barwie. Występują one przede wszystkim na stokach pogórskich, porozcinanych dolinami wciosowymi, parowami, wądołami i debrzami. W obrębie tego typu jednostek mieści się ponad jedna trzecia (34%) stoków rozciętych niewielkimi dolinami. Stanowią one 21% całkowitej powierzchni jednostek I-go typu. Wysokości bezwzględne mieszczą się tu w granicach 300-500 m n.p.m., spadki stoków w 92% nie przekraczają 10° . Teren w omawianym typie jednostek fotomorficzych zbudowany jest z kompleksów skał piaskowcowych, łupkowych i ilo-łupkowych warstw krośnieńskich oraz łupków, zlepieńców i piaskowców istebniańskich i czarnorzeckich. Na podłożu tym wykształciły się gleby ilaste i gliniaste, należące do typu gleb brunatnych lub biellicowych. Głębokość występowania pierwszego poziomu wód podziemnych jest zmienna i zależy od typu podłoża. Większość obszaru (78%) charakteryzuje się występowaniem wód podziemnych na głębokości poniżej 5 m. Lokalnie w zagłębieniach mogą występować płytkie wody gruntowe. Łagodne, położone w strefie pogórzy stoki prawie w całości użytkowane są rolniczo (88%). Stanowią one potencjalne siedlisko grądu wysokiego *Tilio-Carpinetum*.

II typ jednostek, o drobnoziarnistej strukturze i rozproszonej teksturze obrazu oraz ciemnoczerwonej barwie odpowiada w 77% terenom łagodnych i niskich stoków pogórskich oraz w 18% dolinom rzecznych. Stoki o nachyleniu, z reguły, nie przekraczającym 10° , położone są na wysokości 300-500 m n.p.m. Powyżej 500 m n.p.m. znajduje się niewielki odsetek stoków (13%). Charakteryzują się one spadkami w granicach od 10° do 20° . W obrębie jednostek fotomorficzych zaliczanych do II typu, zbocza porozcinane są niewielkimi dolinami typu wciosów, debrzy, wądołów i paro-

wów. W podłożu występują piaskowce i łupki warstw inoceramowych oraz warstw grybowskich, ze znaczną przewagą piaskowców. Na gliniasto—ilastych pokrywach wykształciły się gleby należące do typu brunatnych lub bielicowych, które lokalnie mogą odznaczać się dużą szkieletowością. W dnach większych dolin występują mady. Z dolinami związane jest także występowanie płytszych wód podziemnych. W obrębie zboczy wody podziemne występują na głębokości od 5 do 10 m (21%) lub poniżej 10 m (57%). Wyżej położone zbocza stanowią siedlisko lasów jodłowych z rzędu *Fagetalia*. Stoki do wysokości 500 m n.p.m. w większości (73%) użytkowane są rolniczo.

III typ jednostek, charakteryzuje się drobnoziarnistą strukturą i rozproszoną teksturą oraz niebieską barwą. Zaliczone zostały do niego niskie i łagodne stoki pogórskie, niekiedy spłaszczone w poziomie przydolinny oraz fragment wyższych tarasów nadzalewowych. Przeważają stoki o nachyleniu 5° – 10° i wysokościach bezwzględnych w granicach 300–500 m n.p.m. III typ jednostek fotomorficznym związany jest z obszarami zbudowanymi z mołodopornych kompleksów łupkowych i łupkowo-piaskowcowych, warstw krośnieńskich, rzadziej inoceramowych. Podobnie jak w jednostkach typów I-go i II-go głębokość występowania wód podziemnych jest zróżnicowana. Warunki geologiczne i hydrogeologiczne sprzyjają powstawaniu osuwisk, które zajmują 2% powierzchni jednostki. Gleby pyłowe i gliniaste wytworzone głównie z fliszowych skał osadowych, należą do typu brunatnych i bielicowych i stanowią potencjalne siedlisko grądu wysokiego (*Tilio-Carpinetum typicum*), rzadziej grądu niskiego (*Tilio-Carpinetum stachyetosum*). Obszar użytkowany jest rolniczo.

IV typ jednostek odznacza się drobnoziarnistą strukturą i rozproszoną teksturą obrazu oraz brązową barwą. Obejmuje on stoki na wysokości 300–700 m n.p.m. o zróżnicowanym nachyleniu, wahającym się w granicach 5° – 20° . W podłożu znajdują się łupki i piaskowce warstw grybowskich, a na obszarach położonych powyżej 500 m n.p.m. piaskowce magurskie z cienkimi wkładkami łupków. Na utworach tych wykształciły się gleby gliniaste i ilaste należące do typu brunatnych. Na wysokich i stromych stokach występują gleby początkowego stadium rozwoju o niewykształconym profilu. Wody podziemne występujące na głębokości poniżej 10 m. Rolniczo jest wykorzystywane 52% powierzchni jednostek tego typu. Są to nisko położone, łagodne stoki fliszowe. Wyższe partie stanowią siedlisko lasów jodłowych z rzędu *Fagetalia*.

V typ jednostek odznacza się plamisto-amorficzną teksturą i ciemnoczerwoną barwą. Obejmuje on doliny rzeczne wraz z tarasami, a także doliny większych potoków oraz niewielką część (15%) podnóży stoków. Wgłębna budowa geologiczna jest tu bardzo zróżnicowana. Występują prawie wszystkie kompleksy litologiczno-stratigraficzne. Charakterystyczna jest jednak obecność w jej obrębie grubych, czwartorzędowych pokryw gliniasto-piaszczysto-żwirowych. Na pokrywach tych wykształciły się gleby brunatne i bielicowe. W dolinach rzecznych występują mady. W V typie jednostek fotomorficznym obserwuje się znaczne podniesienie poziomu wód podziemnych. W 59% pierwszy poziom wód gruntowych występuje na głębokości 0–2 m, w 39% na głębokości 2–5 m. Zalesione jest zaledwie 17% powierzchni terenu. Doliny rzeczne i tarasy stanowią potencjalne siedlisko wiklin nadrzecznych i łęgów wierzbo-

wo-topolowych związku *Salicion*. Z dolinami mniejszych potoków górskich związany jest zespół łągów górskich *Alnetum incanae*.

VI typ jednostek ma charakter amorficzno-plamisty o barwie brązowej. Zajmują one tereny charakteryzujące się beskidzkim typem rzeźby, zbudowane z odpornych piaskowców magurskich przewarstwionych cienkimi wkładkami łupków. Obecność łupków w podłożu sprzyja powstawaniu osuwisk, które zajmują 5% powierzchni terenu tego typu jednostek. W VI typie jednostek fotomorficznnych występuje 59% powierzchni wszystkich terenów osuwiskowych. Strome, wysoko położone stoki oraz ich wierzchowiny porośnięte są lasem regla dolnego (lasami jodłowymi z rzędu *Fagetalia* i zespołem buczyny karpackiej *Dentario glandulosae-Fagetum*). Na wierzchowinach występują gleby szkieletowe, wytworzone z odpornych piaskowców fliszowych. Gleby te wraz ze zmniejszaniem się wysokości bezwzględnych i nachylenia zboczy przechodzą w gleby brunatne początkowo bardzo płytkie i bardzo szkieletowe. Pierwszy poziom wód podziemnych z reguły znajduje się poniżej 10 m.

Z powyższej analizy środowiska geograficznego w obrębie wydzielonych typów jednostek fotomorficznnych wynika, że czynnikami różnicującymi są w pierwszym rzędzie rzeźba i użytkowanie ziemi (tabela 3).

Tabela 3
Table 3

Zależność typu jednostek fotomorficznnych od rzeźby i sposobu użytkowania ziemi
Relation between type of pattern on satellite image and land use

Rzeźba Landforms	Użytkowanie ziemi Land use			
	Lasy Forests 80%	Tereny rolnicze Agricultural acreage 85%	Tereny rolnicze Agricultural acreage 70%	Tereny rolnicze Agricultural acreage 50%
Wysokie i strome stoki i wierzchowiny High and steep slopes and top surface	Typ VI			
Niskie i łagodne stoki Low and easy slopes		Typ I	Typ II	Typ IV
Niskie i łagodne stoki i ich podnóża Low and easy slopes and basal slopes		Typ III		
Dna dolin, tarasy Valley floors and terraces		Typ V		

JEDNOSTKI FOTOMORFICZNE A TYPY TERENU

W pracach nad typologią i regionalizacją fizycznogeograficzną krajobrazów górskich rzeźba jest z reguły przyjmowana jako czynnik przewodni. W odniesieniu do Karpat przewodnią rolę rzeźby przy klasyfikacji środowiska przyrodniczego uwypuklili M. Baumgart-Kotarba (1987), K. German (1979), E. Gil (1979), L. Starkeł (1978). Ponieważ, jak to stwierdzono poprzednio, rzeźba różnicuje charakter obrazu sceny landsatowskiej, powinna istnieć zależność pomiędzy typami krajobrazu a typami jednostek fotomorficznych.

W celu zbadania powyższego związku porównano fotomorficzny podział badanego terenu z typami terenu wydzielonymi na tym obszarze przez M. Baumgart-Kotarbę (1978). Na podstawie wielocechowej analizy komponentów środowiska autorka ta wyróżniła cztery podstawowe typy terenu: beskidzki, den dolinnych, niskich pogórzy i pogórski. Typ terenu pogórski jest bardzo zróżnicowany. Analiza cech komponentów krajobrazu pozwoliła wprowadzić na wyodrębnienie typów pogórzy A, B, C, mają one jednak wiele cech wspólnych i w ostatecznej konkluzji autorka stwierdza, że lepiej uznać istnienie jednego zróżnicowanego typu pogórzy.

Zaobserwowane przez M. Baumgart-Kotarbę zróżnicowanie krajobrazu widoczne jest wyraźnie na obrazie satelitarnym. Zdecydowanie wyróżnia się plamisto-amorficzny typ obrazu o brązowej barwie (VI), który odpowiada beskidzkiemu typowi terenu. Bezpośrednio o charakterze obrazu decydują tu lasy, których występowanie związane jest z rzeźbą i budową geologiczną. Typ VI jednostek fotomorficznych obejmuje: grzbiet górski Trzech Kopców, Góry: Bartnią i Miejską a także wzniesienia Suchego Wierchu, Łysej Góry, Chelmu oraz należące do Gór Grybowskich grzbiety Rosochatki i Jaworza.

Typowi terenu den dolinnych odpowiada ciemnoczerwony plamisto-amorficzny obraz na zdjęciu satelitarnym (V). Duży wpływ na wyodrębnienie się tego typu rysunku obrazu satelitarnego, oprócz użytkowania ziemi, mają gleby aluwialne wytworzone w dolinach rzek. Typ V jednostek fotomorficznych związany jest z dolinami rzek: Białej Dunajcowej i Ropy oraz większych potoków takich jak: Bielanka, Bystrzanka, Gródkówka i Pławianka.

Niskim pogórzom odpowiada obraz o barwie niebieskiej i drobnoziarnistej strukturze. O charakterze obrazu satelitarnego decyduje tu rolnicze wykorzystanie ziemi i osadnictwo związane z niskimi, łagodnymi stokami. Typ III jednostek fotomorficznych występuje w zachodniej części badanego terenu, na obszarze Dołów Jasielsko — Sanockich.

Typ terenu — pogórski, na obrazie satelitarnym ma barwę od jasnoczerwonej przez ciemnoczerwoną do brązowej, drobnoziarnistą strukturę i plamistą lub rozproszoną teksturę. Znajduje się go w obrębie I, II i IV typu jednostek fotomorficznych. Zajmuje on ponad 75% powierzchni w każdej z nich. To stosunkowo duże zróżnicowanie obrazu fotograficznego związane jest ze złożonością stosunków fizycznogeograficznych obszarów zaliczanych do typu pogórskiego.

Typowi pogórskiemu A, odpowiada IV typ jednostek fotomorficznych, którego brązowa barwa związana jest z dużym udziałem lasów (49%) w strukturze użytkowania ziemi. Lasy porastają przede wszystkim wyżej położone stoki o nachyleniu

przekraczającym 10°. Analizując rozmieszczenie jednostek typu IV obserwujemy, że występują one równomiernie na całej powierzchni badanego terenu, zawsze w towarzystwie jednostek typu I, II.

Typ pogórski B, charakteryzuje się obrazem o barwie jasnoczerwonej, drobnopiękniejszą strukturze i rozproszonej teksturze. Obejmuje on niskie i łagodne stoki, położone w większości poza Beskidem Niskim i nawiązuje głównie do I-go typu jednostek fotomorficznych. Obserwuje się tu, poza zmiennym stopniem zalesienia, zróżnicowanie budowy geologicznej i głębokości występowania pierwszego poziomu wód podziemnych.

Typowi pogórskiemu C odpowiada typ II jednostek fotomorficznych. Wnika on między pasma i grzbiety w formie obniżzeń, kotlin lub podnóży stoków. Od jednostek typu I odróżnia go budowa geologiczna i pokrywa glebowa, od jednostek typu IV — głębokość występowania pierwszego poziomu wód podziemnych oraz większy udział piaskowców w podłożu.

Zestawienie typów terenu z jednostkami fotomorficznymi pokazuje, że zbieżność granic i powierzchni jest bardzo duża co podkreśla dodatkowo wysoka wartość wskaźnika częstości związku (tabela 4). Analiza wskaźników zawartych w tabeli 4 wydaje się upoważniać do stwierdzenia, że zróżnicowanie struktury obrazu satelitarne odpowiada zróżnicowaniu krajobrazu, a wydzielone jednostki fotomorficzne mają rangę zbliżoną do typów terenu.

Tabela 4
Table 4

Wartość wskaźnika częstości związku pomiędzy jednostkami fotomorficznymi a typami terenu
Value of frequency index characterizing relation between photomorphic units and terrain types

Typ jednostki type of units	Typy terenu Type of locality			
	Beskidzki Beskidian	Doliny Valley	Niskich pogórzy Low foothills	Pogórski Foothills
I	3,83	0,00	33,59	39,35
II	18,31	4,11	3,82	26,96
III	1,64	2,74	51,91	7,42
IV	6,01	0,00	3,05	18,03
V	2,46	90,41	0,76	3,50
VI	67,76	5,36	13,18	4,74

Dodatkowo w celu zbadania wzajemnych relacji pomiędzy typami jednostek fotomorficznych a komponentami środowiska geograficznego obliczono moc związku. Ponieważ większość rozpatrywanych elementów krajobrazu ma charakter jakościowy, niezbędne było zastosowanie miar zastępczych. Zgodnie z sugestiami T.D. Aleksandrowej (1979) policzono liczby przypadków występowania danej cechy. Do analizy związków wykorzystany został współczynnik korelacji Pearsona a do weryfikacji hipotezy o istnieniu zależności pomiędzy obrazem satelitarnym a wybranymi komponentami geokompleksów zastosowano test χ^2 . Zależność zbadano na poziomie

istotności $\alpha=0,05$ i w każdym przypadku stwierdzono jej istnienie. Samo istnienie zależności nie mówi nam jednak nic o jej sile. Jako miary zależności wielowariantowych cech jakościowych użyto współczynnik Pearsona stanowiący pewną transformację statystyki χ^2 . Miernik ten przybiera wartości z przedziału $[0 - 1]$. Im bliższa jedności jest wartość tego współczynnika, tym silniejsza jest zaobserwowana zależność rozpatrywanych cech. T.D. Aleksandrowa (1979) bazując na zebranych doświadczeniach twierdzi, że wartości wskaźnika związku są niższe niż współczynnika korelacji o 0.1 – 0.3. Dlatego też wartości wskaźnika rzędu 0.4 – 0.5 świadczą już o ścisłym związku pomiędzy badanymi cechami.

W omawianej pracy najsłabszy związek zachodzi między jednostkami fotomorficznymi a budową geologiczną (0,42) oraz między typem jednostek fotomorficznych a występowaniem wód podziemnych (0,43). Potwierdza to wynikający z analizy wskaźnika częstości związku wniosek, że najmniejszy bezpośredni wpływ na charakter obrazu satelitarnego ma budowa geologiczna i głębokość występowania pierwszego poziomu wód podziemnych. Związane jest to przede wszystkim z dużą zmiennością rodzajów i głębokością zalegania kompleksów litologiczno-stratygraficznych oraz obecnością gliniasto-ilastych pokryw zwietrzelinowo-soliflukcyjnych. Spośród badanych komponentów krajobrazu najsilniej, ze strukturalno-teksturalnym charakterem obrazu satelitarnego związana jest rzeźba. Moc związku wynosi w tym przypadku 0,58.

Znamiczne jest to, że najsilniejszy związek — 0,68, występuje między typami jednostek fotomorficznych a typami terenu, co jeszcze raz potwierdza prawdziwość postawionej na wstępie tezy. Obraz powierzchni terenu wykonany z pewnej wysokości rejestruje nie tylko elementy na jego powierzchni, ale także związki zachodzące między nimi i jest tym samym pewnego rodzaju „mapą kompleksową” terenu. Struktura i tekstura obrazu oraz fototon pozwalają na wydzielenie jednostek fotomorficznych, które pozostają w związku z krajobrazowymi jednostkami typologicznymi.

WNIOSKI

Zaproponowana metoda typologii obrazu landsatowskiego jest prosta i obiektywna. Wielkość pola podstawowego uzależniona być powinna od rodzaju i skali obrazu oraz od celu opracowania. Przypisanie pojedynczemu polu takich cech fotointerpretacyjnych jak: barwa oraz tekstura i struktura odbywa się metodą interpretacji wizualnej i wobec niewielkiej liczby swobody (w danym przypadku 12) jest procesem obiektywnym. Do klasyfikacji pól na podstawie zakodowanych informacji o obrazie wystarczy komputer osobisty. Otrzymane w ten sposób typy jednostek fotomorficznych charakteryzują się stosunkowo dużą jednorodnością komponentów środowiska geograficznego w obrębie pojedynczego typu i dużym zróżnicowaniem przyrodniczym pomiędzy jednostkami.

Wydzielone typy jednostek fotomorficznych pozostają ponadto w ścisłym związku z typami terenu wydzielonymi drogą żmudnej analizy wielocechowej elementów środowiska geograficznego.

Proponowana metoda może być stosowana do typologii środowiska geograficznego terenów pogórskich oraz niskich i średnich gór, gdzie decydującą rolę w kształto-

waniu krajobrazu odgrywa rzeźba, uwarunkowana budową geologiczną oraz nawiązująca do niej szata roślinna.

LITERATURA

- Aleksandrowa T.D., 1979: *Metody statystyczne badania kompleksów przyrodniczych*. Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej, z. 2.
- Armstrong A.C., Clayton K.M., 1980: *Obiektywna generalizacja obrazów z Landsata*. Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej, z. 2.
- Baumgart-Kotarba M., 1987: *Typologia środowiska na arkuszu Gorlice w mezoskali w świetle analizy kompleksowej elementów środowiska*. Prace Geograficzne, nr 125, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- German K., 1976: *Mikroregiony fizycznogeograficzne dorzecza Białej Dunajowej*. Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej, T. V.
- Kondracki J., 1981: *Geografia Fizyczna Polski*. PWN, Warszawa.
- Obrębska-Starkłowa B., 1973: *Stosunki mezo- i mikroklimatyczne Szymbarku*. Dokumentacja Geograficzna, z. 5, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- Olędzki J.R., 1986: *Photomorphic Regionalization of Poland*. Miscellanea Geographica. Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- Pain C.F., 1985: *Mapping of Landform from Landsat Imagery an Example from Eastern New South Wales, Australia*.
- Starkel L., 1960: *Rozwój Karpat fliszowych w holocenie*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Starkel L., 1972: *Charakterystyka rzeźby Polskich Karpat i jej znaczenie dla gospodarki ludzkiej*. Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, z. 11.
- Starkel L., 1978: *Studia nad typologią i oceną środowiska geograficznego Karpat i Kotliny Sandomierskiej*. Prace Geograficzne, nr 125, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- Ziemońska Z., 1973: *Stosunki wodne w Polskich Karpatach Zachodnich*. Prace Geograficzne, nr 103, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.

VISUAL-DIGITAL METHOD OF TYPOLOGY OF LANDSAT IMAGE

Summary

Satellite image recording momentary state of Earth surface renders spatial distribution of landscape elements, as well as inner relations between its components and effects of environmental processes. The article presents simple visual-digital method, which allows to classify satellite image and to determine relations between classification key and landscape categories.

These studies were performed on the Landsat image of Beskid Niski and Pogórze (processed and enlarged colour composite at a scale of 1:300 000).

The applied method of interpretation is a kind of unsupervised classification. 375x375 m square was assumed as a basic area. One feature concerning colour, structure and texture was assigned visually to each area. These features were next analyzed with the use of two-dimensional histogram and information about frequency of appearing particular types of satellite image pattern was derived. These data were the basis of typology of Landsat image. 6 types of photomorphic units were distinguished; next differentiation of elements of geographic environment was analyzed within these units. Contribution of particular landscape elements to photomorphic units was determined quantitatively.

It was found, that the distinguished photomorphic units are characterized by quite high homogeneity of components of geographic environment and they are related to territorial landscape categories. Topography and land use are most correlated with satellite image pattern. Both landscape components are the basic elements, which influence division of environment into photomorphic units.