

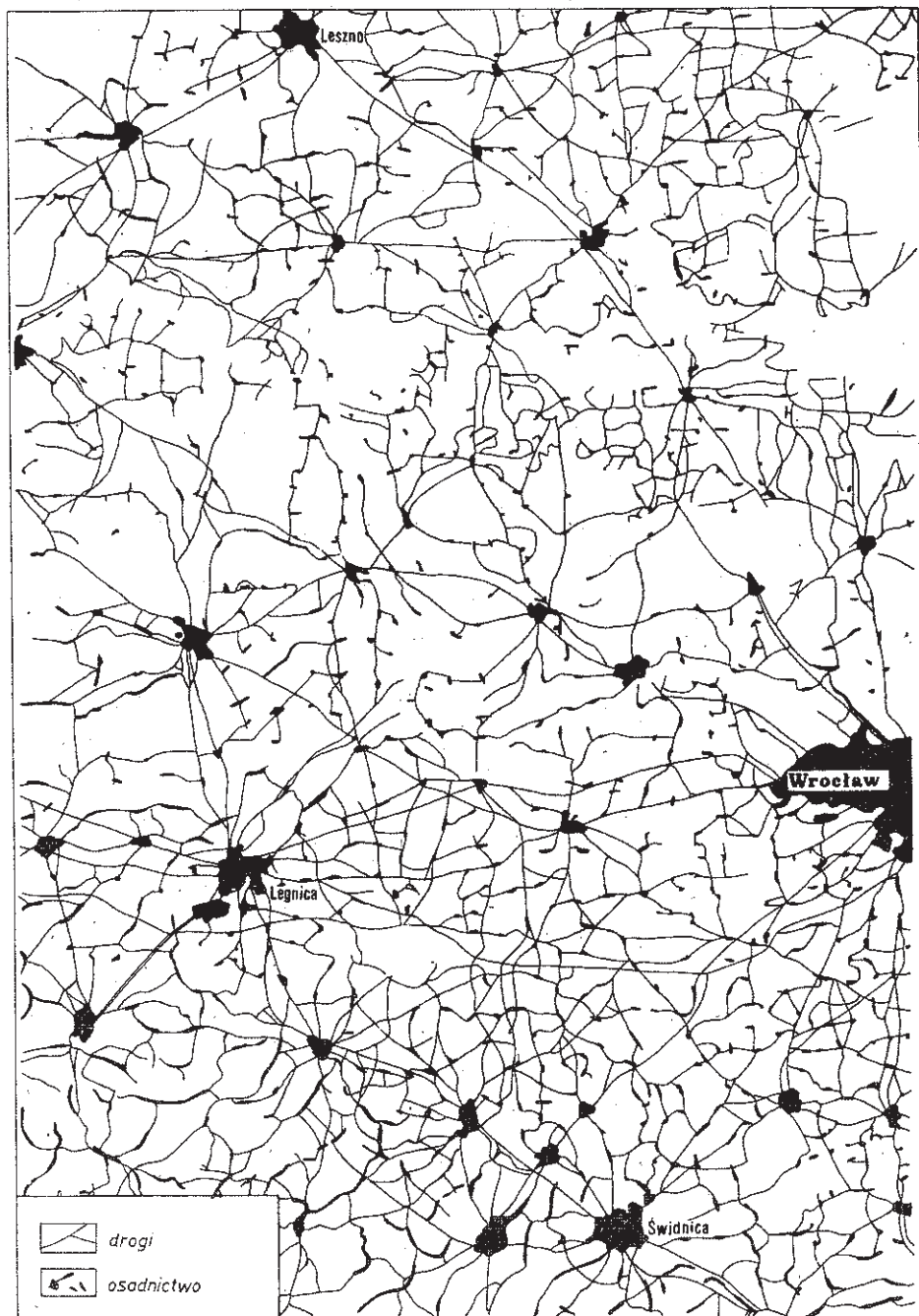
## Analiza treści zimowych obrazów satelitarnych

Zdecydowana większość obrazów satelitarnych publikowanych w albumach czy też gromadzonych w ośrodkach zajmujących się interpretacją to obrazy wykonane w okresie wiosennym, letnim i jesiennym. Na ten fakt wpływają niewątpliwie warunki meteorologiczne, jak również zainteresowanie odbiorców obrazów satelitarnych. Zasób treści obrazu satelitarnego wykonanego w okresie wiosny, lata i jesieni jest znacznie większy niż w przypadku, gdy na fotografowanym terenie występuje pokrywa śnieżna. Stąd też zdjęcia wykonane w tym okresie nie znajdują większego zainteresowania. Również Ośrodek Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych, gromadząc zdjęcia satelitarne w pierwszym rzędzie na potrzeby opracowania mapy użytkowania ziemi, sprowadzał obrazy wykonane wiosną i jesienią.

Tymczasem niedawno napłynęły do OPOLiS zdjęcia zimowe, których już pobieżny przegląd zwraca uwagę z jednej strony na ubóstwo treści, z drugiej natomiast na znacznie większą szczegółowość zobrazowania niektórych elementów terenu.

Jedno z zimowych obrazów satelitarnych z obszaru Polski południowo-zachodniej zawiera ponadto informacje, jakie w znacznie mniejszym stopniu były widoczne na zdjęciu wykonanym przy braku pokrywy śnieżnej. Obrazuje bowiem ono rozprzestrzenianie się pyłów przemysłowych emitowanych przez elektrownię „Turów”, hutę miedzi w Legnicy, a także pyłów komunalno-przemysłowych dużych miast, jak na przykład Wrocław, Legnica, Świdnica.

Niezwykłość zimowego obrazu satelitarnego zachęciła do bliższego przyjrzenia się odfotografowanej na niej treści. Do szczegółowej analizy wybrano nie zachmurzony fragment otrzymanego obrazu o powierzchni około 1100 km<sup>2</sup>, w obrębie pasa o szerokości około 80 km od miejscowości Kościan, Śrem do Świdnicy i Wałbrzycha (ryc. 1). Cały teren w chwili obrazowania pokryty był śniegiem. Ostatni duży opad śniegu wystąpił na tym obszarze 24 i 25 lutego 1979 roku, a grubość



Ryc. 1. Wizualna interpretacja czarno-białego obrazu satelitarnego otrzymanego za pośrednictwem satelity Landsat 3 w dniu 2 III 1979 r. w kanale 7; skala 1 : 500 000

Fig. 1. Visual interpretation of the black and white satellite picture obtained by means of the Landsat 3 satellite on March 2, 1979 on channel 7, scale 1 : 500 000

pokrywy śnieżnej wynosiła od 29 cm na północy (Leszno) do 24 cm w Legnicy i 11 cm we Wrocławiu. W północnej części analizowanego obszaru, powyżej miejscowości Lubin, Ścinawa, Trzebnica nieznaczny opad śniegu wystąpił jeszcze 1 marca. W dniu 2 marca 1979 roku grubość pokrywy śnieżnej wahała się od 27 cm na północy do 19 cm w Legnicy i 10 cm we Wrocławiu. Tak więc w chwili obrazowania cała północna część analizowanego obszaru była pokryta warstwą świeżego śniegu, a wiele odcinków dróg na tym terenie było jeszcze zaśnieżonych. Obszar położony poza zasięgiem opadu w dniu 1 marca miał znacznie cieńszą pokrywę śniegu i był to śnieg stary, pokryty warstwą zlodowaciałą. Drogi w tym rejonie były całkowicie odsnieżone. Zobrazowanie omówionego terenu nastąpiło przy słonecznej pogodzie i całkowitym braku zamglenia. Kąt padania promieni słonecznych wynosił na tym terenie około 25—26°.

Sytuacja przedstawiona na zimowym zdjęciu satelitarnym różni się znacznie od treści zawartych na obrazach wykonanych w innych porach roku. Obserwuje się bowiem stosunkowo duże ubóstwo tonów przy wyraźnie podkreślonym rysunku sieci dróg i osadnictwa. Obraz sieci dróg i osadnictwa na terenach kompleksów leśnych lub w bezpośrednim ich sąsiedztwie jest trudniejszy do zidentyfikowania, a niekiedy identyfikacja jest wręcz niemożliwa.

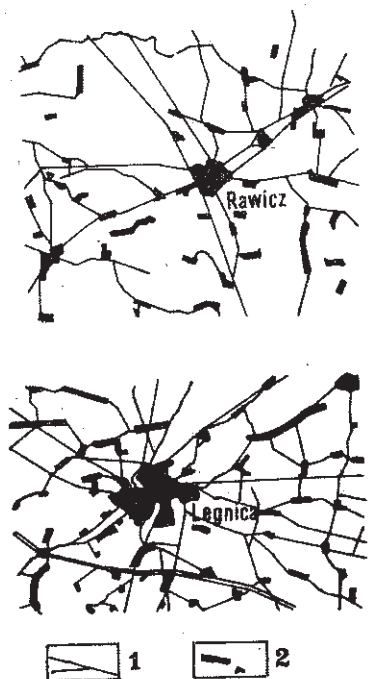
Zdolność rozdzielcza obrazów otrzymywanych za pośrednictwem satelity Landsat, wynosząca około 80 m, ogranicza możliwości rozróżniania małych obiektów. Jednak w warunkach dużego kontrastu wartość odbijanego promieniowania jest tak duża, że nawet niewielkie obiekty odbijają wystarczającą jego ilość, niezbędną do naświetlenia całego najmniejszego elementu obrazu (pixela). Stąd też obiekty te są odwzorowane na obrazie landsatowskim, jednak ich wymiary są znacznie przewiększone. Przewiększenia te szczególnie dotyczą elementów liniowych. Na przykład szerokości dróg odwzorowanych na omawianym zdjęciu satelitarnym zawierają się w granicach 0,12—0,3 mm w skali zdjęcia. Oznacza to, że szerokość dróg w naturze powinna wynosić od 60—150 m. Tymczasem w rzeczywistości mają one 8—30 m szerokości. Podobną sytuację obserwujemy, analizując osadnictwo wiejskie typu ulicówek. Stosunkowo mały błąd występuje w przypadku określenia długości wsi, szerokość zaś jest kilkakrotnie przewiększona i wynosi 0,4—1,2 mm w skali zdjęcia, co odpowiada wartości 200—600 m. Mamy tu zatem do czynienia z podobną sytuacją jak na mapach topograficznych, gdzie również drogi i osadnictwo wiejskie zaznaczone są za pomocą znaków umownych, które z reguły nie są rysowane w skali mapy.

W celu określenia zakresu informacji zobrazowania satelitarnego, wykonanego w okresie występowania pokrywy śnieżnej, zinterpretowano sieć dróg i osadnictwo oraz porównano z mapą topograficzną i mapą osadnictwa. Z porównania tych materiałów wynika, że geograficzny ob-

raz sieci komunikacyjnej otrzymany w wyniku interpretacji obrazu satelitarnego jest zgodny z sytuacją przedstawioną na aktualnych mapach topograficznych. Pełna zgodność występuje tu też w prezentowanej sieci osadniczej.

Wyrys z mapy topograficznej (rys. 2) zawiera tylko miasta i osiedla wiejskie o zabudowie zwartej, pomija pojedyncze gospodarstwa będące w rozproszeniu. Osadnictwo rozproszone nie jest możliwe do wydzielenia na obrazach satelitarnych ze względu na zbyt małą rozdzielczość całego systemu zbierającego informacje z powierzchni Ziemi.

Rys. 3 przedstawia fragmenty mapy osadnictwa z *Polskiej Przeglądowej Mapy Użytkowania Ziemi* w skali 1:1 000 000 wykonanej pod kierunkiem F. Uhorczaka (1969). Mapa ta została wykonana metodą ekwidystant.

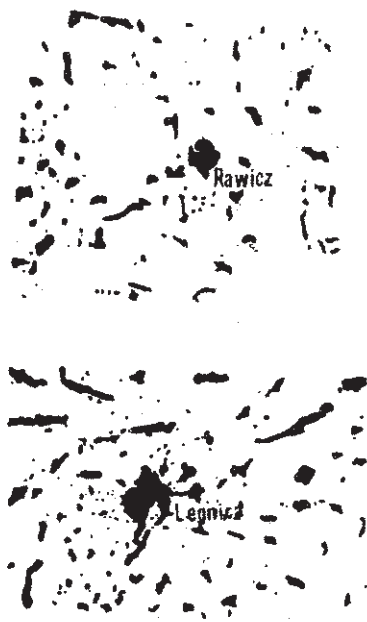


Ryc. 2. Sieć dróg i osadnictwo według mapy topograficznej:

1 — szosy zwykłe i ulepszone, 2 — miasta i osiedla wiejskie o zabudowie zwartej

Fig. 2. System of roads and settlements according to a topographical map:

1 — normal and better standard roads, 2 — towns and country settlements tightly built over

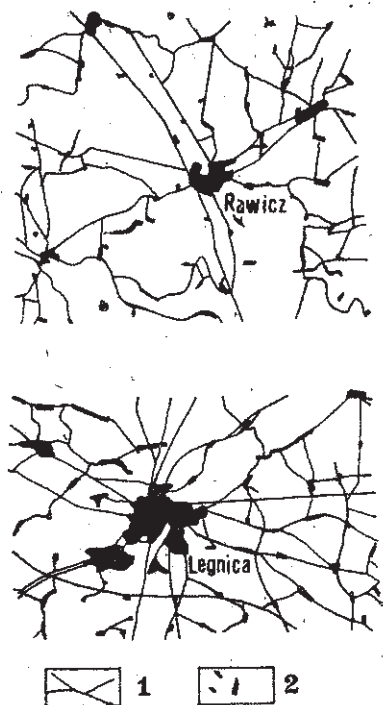


Ryc. 3. Fragmenty z *Polskiej Przeglądowej Mapy Użytkowania Ziemi. Osadnictwo* (według F. Uhorczaka, 1969)

Fig. 3. Fragments of *Polska Przeglądowa Mapa Użytkowania Ziemi. Settlement*; according to F. Uhorczak, 1969 (*Polish General Map of Land Utilization*)

W związku z tym otrzymany obraz osadnictwa jest znacznie powiększony powierzchniowo i tylko dzięki temu uzyskano również pełny obraz osadnictwa rozproszonego, które na obrazach satelitarnych jak wiadomo, nie jest widoczne. Na jakość informacji zawartych na analizowanym obrazie istotny wpływ ma między innymi wielkość współczynników odbicia poszczególnych obiektów przyrodniczych.

Z analizy wynika, że na przykład śnieg stary odbija 42<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—72<sup>0</sup>/<sub>0</sub> promieniowania słonecznego, świeżo spadły śnieg 85<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, droga asfaltowa 8<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, droga betonowa sucha 35<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, teren zalesiony 3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> (Schneider, 1974). Znaczne różnice współczynników odbicia pomiędzy wymienionymi elementami środowiska przyrodniczego wpływają na możliwość odróżnienia na zdjęciu satelitarnym obiektu od jego tła. Względna wielkość tych



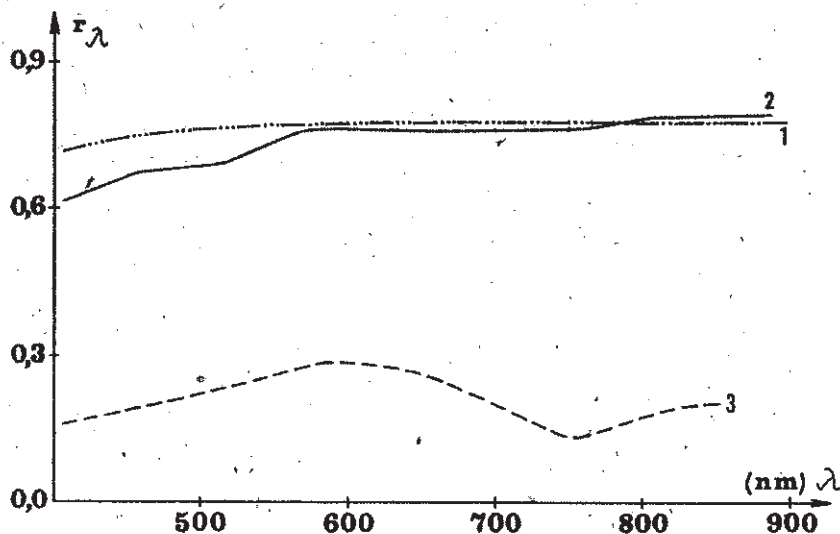
Ryc. 4. Fragmenty mapy powstałej w wyniku interpretacji obrazu satelitarnego w skali 1 : 500 000 z dnia 2 III 1979 roku:  
1 — sieć dróg, 2 — miasta i osiedla wiejskie o zabudowie zwartej

Fig. 4. Fragments of a map based on satellite photographs' interpretation in the scale of 1 : 500 000 on March 2, 1979:  
1 — system of roads, 2 — towns and country settlements tightly built over

różnic jest zwykle określona jako współczynnik kontrastu. W omawianym przypadku współczynniki kontrastu są stosunkowo wysokie, co wyróżnia się na przykład wyrównanym rysunkiem sieci dróg (współczynnik odbicia 8<sup>0</sup>/<sub>0</sub>), obszarów zalesionych (współczynnik odbicia 3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) i osadnictwa — na tle pokrywy śnieżnej (współczynnik odbicia 85<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—72<sup>0</sup>/<sub>0</sub>). Stąd też interpretator analizujący dany obraz może łatwo rozróżnić te elementy.

Innym elementem uzależnionym od wielkości kąta padania promieni

słonecznych, a zarazem wpływającym na bogactwo informacji na obrazie satelitarnym jest charakterystyka spektralna obiektów przyrodniczych. Wyraża się ona współczynnikiem jasności, który jest stosunkiem jasności danej powierzchni do jasności idealnej powierzchni rozpraszającej przy danym kierunku i warunkach oświetlenia. Charakterystyki spektralne obiektów były badane przy różnych kierunkach i wartościach kąta padania promieniowania słonecznego zarówno w laboratoriach, jak i w terenie (Krinow, 1947). Charakterystykę spektralną wybranych elementów przyrodniczych przedstawia ryc. 5.



Ryc. 5. Krzywe jasności spektralnej dla dróg i śniegu według E.L. Krinowa (1947):

1 — śnieg stary pokryty warstwą lodu, 2 — droga w okresie tania śniegu, 3 — droga asfaltowa

Fig. 5. Curves of spectral brightness for roads and snow according to E.L. Krinov (1947):

1 — old snow covered with ice layer, 2 — a road during snow melting time, 3 — an asphalt road

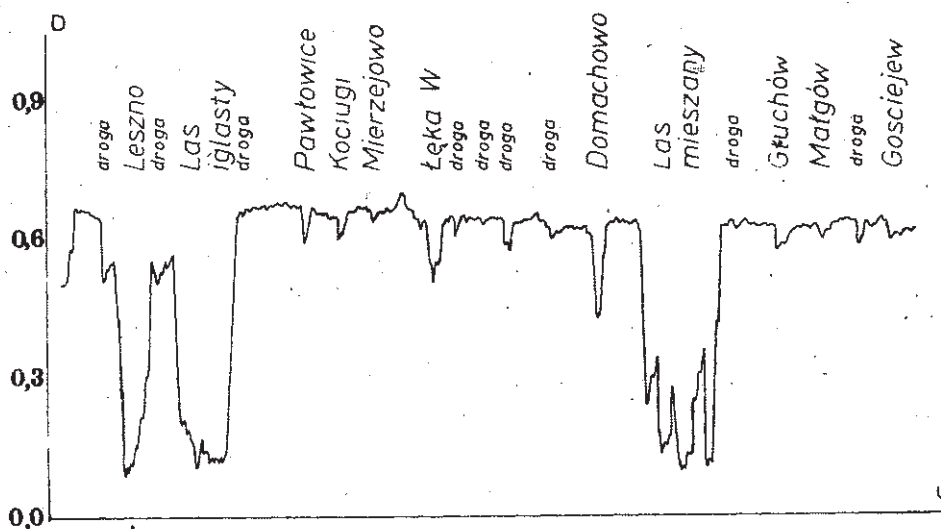
Wykres jasności spektralnej śniegu starego, a więc pokrytego warstwą lodu, charakteryzuje się jednakowym przebiegiem krzywej w całym zakresie widzialnego i podczerwonego promieniowania. Współczynniki jasności spektralnej są stosunkowo wysokie i wynoszą 0,72—0,76 (ryc. 5 krzywa 1). Wartość spektralna świeżo spadłego śniegu jest nieco inna. W widzialnej części widma ma ona wartość około 0,7 i wzrasta wraz z długością fal, osiągając wartość 0,84 w zakresie fal podczerwonych. Pomiar fotometryczny wykonany dla dróg w okresie tania śniegu w końcu zimy wykazuje, że przebieg krzywej ilustrującej zmiany współczynnika jasności spektralnej jest łagodny, wyraźnie wzrastający w przedziale 400—450 nm oraz 500—570 nm i ma tendencje do dalsze-



go wzrostu w przedziale fal czerwonych i podczerwonych. Przebieg krzywej charakterystycznej dla dróg asfaltowych jest lekko falisty, wzrastający w przedziale 400—600 nm do wartości 0,15—0,3 (rys. 5 krzywa 3).

Analizowane krzywe jasności spektralnej dla wymienionych elementów charakteryzują się wyrównanym współczynnikiem jasności spektralnej we wszystkich zakresach widma. Konsekwencją tego jest prawie jednakowe zróżnicowanie tonalne obrazu we wszystkich analizowanych kanałach.

Jasność spektralna jest głównym czynnikiem, od którego zależy gęstość optyczna negatywu zdjęcia fotograficznego i ton otrzymanego obrazu. Do badania tej gęstości służy mikrodensytometr, który uściśla i opisuje fototon obrazu obiektów otrzymanych na zdjęciu poprzez przypisanie mu konkretnych wartości liczbowych. W wyniku pomiaru otrzymuje się wykres zwany mikrofotogramem. Mikrofotogram przedstawiony na ryc. 6 został wykonany wzdłuż linii o kierunku zachód-wschód od Leszna do Gościejewa. Porównując go z krzywymi jasności spektral-



Ryc. 6. Mikrofotogram — przebieg wykresu dla obszaru pokrytego śniegiem  
Fig. 6. A mikrofotogram — a curve for snow covered area

nej przedstawionymi na ryc. 5, można zauważyć pewne powiązania i zależności pomiędzy otrzymanym wykresem a analizowanymi poprzednio krzywymi jasności spektralnej określonych obiektów.

Na podstawie otrzymanego mikrofotogramu można wnioskować, że tło obszaru, przez który był prowadzony wykres, jest w zasadzie jednolite, utrzymane na poziomie wartości współczynnika  $r = 0,7$  i to w analizowanym przypadku odnosi się do pokrywy śnieżnej występują-

cej na całym tym obszarze. Przebieg mikrofotogramu jest zaburzony gwałtownymi zmianami amplitudy fali. Amplituda fali, jak wiadomo, charakteryzuje różnice jasności elementów powierzchni badanego obiektu. Im bardziej różnorodny pod względem jasności jest badany obiekt, tym większa jest amplituda fali na mikrofotogramie. Stosunkowo dużą amplitudą odznaczają się powierzchnie leśne i większe obszary o zabudowie zwartej (na przykład Leszno). Mniejsze miejscowości, w których najczęściej występuje zabudowa luźna typu zagrodowego, odznaczają się znacznie mniejszymi różnicami jasności niż w przypadku zabudowy zwartej. Również na mikrofotogramie obszary te charakteryzują się mniejszą amplitudą (Małgów, Głuchów, Gościejew).

Poza omówionymi już elementami powierzchniowymi nieznaczne wychylenia krzywej mikrofotometrycznej obserwujemy również w przypadku elementów liniowych (na przykład drogi). Są one doskonale widoczne na obrazie satelitarnym tylko w warunkach istniejącej w otoczeniu pokrywy śnieżnej.

Sieć osadnicza i komunikacyjna otrzymana na podstawie przeprowadzonej interpretacji zdjęcia satelitarnego jest jedynym elementem, który dało się tak dokładnie wyodrębnić z treści całego badanego obrazu. Możliwe było to dzięki warunkom, w jakich znajdował się dany teren w chwili obrazowania. Zwarta pokrywa śnieżna występująca na tym terenie przyczyniła się do wyeliminowania tych elementów terenu (pola uprawne, użytki zielone, gleba), które w normalnych warunkach maskują obraz dróg i osadnictwa wiejskiego wskutek zmniejszenia kontrastu.

Obrazy satelitarne wykonane w okresie zimowym mogą być wykorzystywane do analizy tych zjawisk, które nie zostały zobrazowane lub które z trudnością rozpoznajemy na obrazach uzyskanych w innych porach roku. Można więc je traktować jako doskonałe uzupełnienie treści obrazów satelitarnych wykonanych w innych porach roku.

#### LITERATURA

- Krinow E.L., 1947: *Spektralnaja otrazatielnaja sposobnost prirodnich obrazowanij*, AN SSSR Moskwa, Leningrad.
- Schneider S., 1974: *Luftbild und Luftbildinterpretation*, Berlin, New York.
- Uhorczak F., 1969: *Polska Przeglądowa Mapa Użytkowania Ziemi 1:1 000 000*, IG PAN, Prace Geograficzne, 17, PWN, Warszawa.



ZENON F. POŁAWSKI, ELŻBIETA SZARYK

## THE CONTENT ANALYSIS OF WINTER SATELLITE PHOTOGRAPHS

### Summary

Satellite photographs taken in winter, being meagre in content, are characteristic of presenting some terrain elements in great detail. Such elements would have never been seen without the snow cover. In such photographs the following can be designated; the distribution of industrial dust emission, the distribution of industrial and communal dust emission (emitted by power plants, steel plants, and cities), a detailed road system, settlements. In the study an analysis was carried out of repercussion and contrast coefficients as well as of the spectral brightness of terrain objects which directly influence the quality and quantity of information contained in winter satellite photographs.

*Translated by  
Stanisław D. Wojdała*

ZENON F. POŁAWSKI, ELŻBIETA SZARYK

## L'ANALYSE DU CONTENU DES IMAGES SATELLITES PRISES EN HIVER

### Résumé

Les images satellites prises en hiver, en général pauvres en contenu, mettent en relief certains éléments du terrain avec une particulière exactitude qui sans couche de neige resteraient invisibles. Sur ces images il est possible déterminer la répartition des émissions de poussières industrielles émises par les centrales électriques, les usines, les villes. On y reconnaît également le réseau détaillé de chemins et la colonisation. Dans cette étude a été effectuée l'analyse des coefficients de réflectance et de contraste et la luminosité spectrale des objets dans le terrain qui influencent directement la qualité et la quantité d'informations contenues sur les photographies satellites prises en hiver.

*Traduit par  
Teresa Korba-Fiedorowicz*