

Marek Mróz

OPRACOWANIE MAPY OBRAZOWEJ OKOLIC OLSZTYNA DO CELÓW PLANISTYCZNYCH NA PODSTAWIE OBRAZU SATELITARNEGO LANDSAT 7 ETM+.

Streszczenie.

W artykule autor uzasadnia potrzebę wykonania i włączenia satelitarnej mapy obrazowej do Regionalnego Systemu Informacji Przestrzennej. Stwierdza, że atrakcyjność takiej mapy a więc jej późniejsze, praktyczne wykorzystanie przez użytkowników RSIP będzie zależało od tego, na ile mapa dostarczy informacji **komplementarnych** w stosunku do innych warstw informacyjnych. Stwierdza, że bogactwo informacji zawarte na takiej mapie, osiągnane dzięki technikom teledetekcji powinno zostać maksymalnie wyeksponowane. Proponuje kilka rozwiązań dotyczących modyfikacji kolorystyki takiej mapy przy zachowaniu jej treści. Stwierdza, że wyeksponowanie na mapie bio-różnorodności i zmienności krajobrazowej może być jej wielkim atutem w stosunku do pozostałych informacji topograficznych zawartych w RSIP.

1. Wprowadzenie.

Wykonywanie i zastosowanie satelitarnych map obrazowych, uzyskiwanych na podstawie wielospektralnych obrazów cyfrowych zdaje się wychodzić obecnie w Polsce z laboratoriów teledetekcyjnych i fazy prac eksperymentalnych na szeroki rynek konsumentów. Jest to najprawdopodobniej związane z tworzeniem ogólnokrajowego oraz Regionalnych Systemów Informacji Przestrzennej (RSIP). Zamieszczone w tytule sformułowanie "do celów planistycznych" należałoby chyba zastąpić słowami "jako warstwy informacyjnej RSIP". Usytuowanie takiej mapy obrazowej w RSIP (zarządzanym przez władze samorządowe) wydaje się jak najbardziej naturalne.

Skoro RSIP ma być narzędziem wspierającym zarządzanie regionem obejmujące m.in. prace planistyczne to wykonując mapę obrazową, która stanie się jednym z elementów RSIP należy pamiętać o najbardziej prawdopodobnym jej zastosowaniu. Większość opracowań planistycznych oraz innych prac studialnych obejmujących tak rozległy obszar jak nowe województwa wykonuje się najczęściej na materiałach kartograficznych w skali 1: 150 000. Podstawowy produkt mapy satelitarnej wystarczy więc wygenerować w skali 1: 50 000 do czego predystynowane wydają się być obrazy z satelitów Landsat, SPOT oraz IRS.

Wymieniono je w nieprzypadkowej kolejności. Landsat 7 ETM+, najnowszy z serii Landsatów, dostarcza obrazów o bogatym zestawie kanałów rejestracji wielospektralnej,

zapewnia podstawową rozdzielczość przestrzenną (geometryczną) w zakresie panchromatycznym rzędu 15 m, obejmuje największy obszar w ramach jednej sceny i jest jak do tej pory zdecydowanie najtańszy. Terenowa wielkość piksela 15m, do której można w procesie przetwarzania cyfrowego przekształcić pierwotny, 30m piksel rejestracji wielospektralnej, gwarantuje zadośćuczynienie zwyczajowo stawianemu warunkowi dokładnościowemu przy wykonywaniu map (dokładność graficzna mapy = 0.3 mm w jej skali). Można śmiało stwierdzić i nie być posądzonym o interesowność, że ten system zapewnia najlepszy stosunek wartości produktu do ceny obrazów. Wyprzedzając rozważania na temat cech jakie powinny charakteryzować satelitarną mapę obrazową włączoną do RSIP postawmy pytanie bardziej generalne:

2. Czy satelitarna mapa obrazowa jest naprawdę niezbędną jako "warstwa tematyczna" w Regionalnym Systemie Informacji Przestrzennej?

Krótką odpowiedź na to pytanie brzmi oczywiście "Tak". Warto się jednak zastanowić nad **konkretnymi** argumentami przemawiającymi za tworzeniem takiej mapy a w dalszej kolejności nad jej treścią i gamą kolorystyczną. W pojęciu autora włączenie obrazowej mapy satelitarnej do RSIP ma sens wtedy, gdy mapa dostarczy nowych informacji, **komplementarnych** w stosunku do innych warstw informacyjnych. W chwili obecnej w Polsce RSIP jest lub może być łatwo zasilany warstwą informacji topograficznych, w tym siecią dróg, mapą lasów, siecią hydrograficzną, osadniczą, itd., itp. Istnieje również ogólnopolska baza danych o pokryciu terenu powstała w ramach programu CORINE Land Cover, tworzone są numeryczne mapy i przestrzenne systemy informacji o lasach i glebach. Coraz dostępniejszy staje się numeryczny model terenu (DTM) – podstawowa informacja cyfrowa o rzeźbie terenu. Przykłady dostępnych warstw "informacyjnych" można by mnożyć. Co nowego może wnieść obrazowa mapa satelitarna?

Na mapę satelitarną w RSIP trzeba spojrzeć od strony klienta, użytkownika RSIP. Większość z ww. warstw informacyjnych jest mu już znana i od dawna wykorzystywana. W postaci "zwykłych" map. Najczęściej map topograficznych w skalach 1: 25 000 do 1:100 000, na które żmudnie wносиło się inne informacje aby uzyskać dokument kartograficzny ułatwiający podjęcie decyzji planistycznej – lokalizacji, zagrożenia, obszaru propagacji różnych działań i ich skutków.

Satelitarna mapa obrazowa, która będzie **powieliła informacje** już w systemie RSIP istniejące staje się **mało atrakcyjna**. Spada więc przekonanie o jej niezbędności w RSIP. Czy wystarczające okażą się takie, z reguły przytaczane argumenty o potrzebie jej tworzenia jak:

1. bo jest to nowoczesne więc... (nie możemy być zacofani);
2. bo w sąsiednim województwie też ją zamówili więc... (nie możemy zostać w tyle);
3. bo w sąsiednim województwie już ją mają więc... (znowu nie mamy czegoś, co mają Oni);
4. bo nie mamy już siły dziękować za wizyty temu Panu Oferentowi, który chce ją dla nas koniecznie wykonać.

3. Ty masz to, czego nie mam ja.

W czym tkwi tak naprawdę atrakcyjność satelitarnej mapy obrazowej? Z pozoru wydawać by się mogło, że satelitarna mapa obrazowa jest jeszcze jednym obrazem powierzchni Ziemi, którą od wielu wieków coraz dokładniej reprezentujemy metodami i według zasad sztuki kartograficznej. I rzecz trywializując można się z tym zgodzić. Pola, lasy, rzeki, jeziora, góry, linie komunikacyjne, miasta - to wszystko możemy znaleźć na mapie satelitarnej. Ale przecież to wszystko już mamy, opisane współrzędnymi w układach geodezyjnych, oznaczone właściwymi symbolami, zapisane w stosownych wektorowych strukturach danych cyfrowych. Może te dane są nieaktualne? Może częściowo i takie są ale od czego mamy rzeszę geodetów i kartografów? Zaraz to wszystko zaktualizują, no!, może pojutrze. A poza tym te kolory mapy satelitarnej...Są takie jakieś nienaturalne. O, tu już jest lepiej, tylko co to takie purpurowe? Albo to, niebiesko – zielone? Nic takiego nigdy nie widzieliśmy chodząc po Ziemi.

Odczytanie i interpretacja treści satelitarnych map obrazowych nastęrcza początkującemu użytkownikowi sporo kłopotów. Wynika to z natury obrazowania. Użytkownik mapy nie jest przyzwyczajony do faktu, że te barwy to wynik doboru zakresów rejestracji, nie myśli w kategoriach analizy charakterystyk spektralnych i nie posiada dostatecznej wiedzy o całym procesie przetworzenia wielospektralnego, cyfrowego obrazu satelitarnego do postaci barwnej kompozycji. Pewnym "chwytym", który możemy zastosować jest tworzenie kompozycji barwnych w barwach zbliżonych do naturalnych nazywanych inaczej barwami "pseudo-naturalnymi".

Teraz oczywiście jest znacznie lepiej, wody są niebieskie lub granatowe, lasy ciemnozielone, pola uprawne brązowo-popielate, gleby ciemno- lub jasnoszare. Chociaż czasami jeszcze trochę niebieskie. Algorytmy przetwarzania cyfrowych obrazów wielospektralnych do postaci kompozycji w barwach pseudo-naturalnych możemy znaleźć w literaturze, np. [Balandra, 1992], [Lewiński, 1999], [Pilich, 1996]. Percepcja takiej mapy satelitarnej jest lepsza a interpretacja treści dużo bardziej intuicyjna. W sposób niemal naturalny odkrywamy całą gamę obiektów przedstawionych na obrazie.... Pola, lasy, rzeki, jeziora, góry, linie komunikacyjne, miasta... ale... "przecież to wszystko już mamy. Opisane współrzędnymi w układach geodezyjnych, oznaczone właściwymi symbolami, zapisane w stosownych wektorowych strukturach danych cyfrowych".

Tak zapamiętałe pracując nad uczynieniem mapy satelitarnej jak najbardziej "strawną" dla Naszego Drogiego Konsumenta, tj. użytkownika RSIP możemy zagubić to co chcielibyśmy wydobyć i wyeksponować. To, ukryte w pierwotnym obrazie cyfrowym bogactwo informacji możemy zredukować do kilku (- nastu?) rodzajów obiektów, które i tak już w systemie RSIP dobrze opisaliśmy.

Wiele wysiłku włożono w to, aby systemy satelitarne rejestrowały obrazy w tych zakresach spektralnych, w których charakterystyka spektralna (odbiciowa lub rozpraszająca) odzwierciedla **zróżnicowanie** szaty roślinnej, gleb i wód oraz ich fizycznych właściwości lub stanu. I właśnie to, zdaniem autora, powinna zachować czy wręcz wyeksponować, satelitarna mapa obrazowa aby udowodnić, że nie jest produktem powielającym już istniejące informacje. Wybór daty rejestracji też nie powinien być przypadkowy, gdyż dobrze byłoby wykorzystać maksymalne zróżnicowanie charakterystyk spektralnych obiektów, które zostaną "zobrazowane".

4. Propozycja.

Najprostsza mapa obrazowa powstająca na podstawie wielospektralnego obrazu cyfrowego przyjmuje zwykle postać syntetycznej kompozycji barwnej. Barwy tego "syntetycznego" obrazu są wynikiem kombinacji intensywności każdej z trzech barw podstawowych (RGB) określanej przez wartości cyfrowe pikseli wybranych kanałów, które te barwy podstawowe reprezentują. Liczba możliwych kombinacji intensywności RGB przy 8-bitowym zapisie wartości pikseli poszczególnych kanałów rejestracji wielospektralnej określa przestrzeń barw na ponad 16 mln kolorów ($2^8 \times 2^8 \times 2^8$). Paleta barw bywa często redukowana do 256 kolorów co i tak jest dostatecznie dużym zakresem dla tego typu obrazów.

Autor niniejszego artykułu wykorzystał do opracowania mapy obrazowej okolic Olsztyna wielospektralny obraz satelitarny LANDSAT 7 ETM+ zarejestrowany 10 września 1999 roku. Do wygenerowania kompozycji barwnej wykorzystano kanał 3 (zakres czerwony), 4 (zakres bliskiej podczerwieni) oraz 5 (zakres podczerwieni średniej). Są to kanały najmniej ze sobą skorelowane i reprezentujące właściwości odbiciowe obiektów wywoływane właściwościami fizycznymi o różnym charakterze (kolor, chlorofil, wilgotność). Na podstawie analizy macierzy wariancyjno-kowariancyjnej można wnioskować, że ten zestaw kanałów zawiera największą część informacji spośród wszystkich sześciu kanałów rejestracji Landsata ETM+ (bez podczerwieni termalnej). Oczywiście przekształcenie wartości pikseli z pierwotnej przestrzeni spektralnej metodą PCA (Principal Component Analysis) w sposób jednoznaczny zgrupuje wszystkie informacje istotne (około 95 %) w pierwszych trzech składowych, ale wynikowe składowe (nowe obrazy) nie mają już tej samej interpretacji tematycznej jak obrazy źródłowe. Zresztą cechą tej transformacji jest "nieprzewidywalność" a priori interpretacji tematycznej nowych obrazów. Metoda PCA nie będzie dalej w pracy analizowana.

Kolejnym etapem po wyborze podzbioru 3 kanałów, na podstawie którego zrealizujemy kompozycję barwną jest wnikliwe badanie (interpretacja) treści obrazów oraz modyfikacje ich kontrastu. Modyfikacje kontrastu są podstawowymi operacjami na obrazach cyfrowych, obecnie często niedocenianymi na tle wielu nowych możliwości programów komputerowych. Jest to etap, od którego zdaniem autora najbardziej zależy efekt końcowy. Dobór metod i zakresów modyfikacji kontrastu zależy ogromnie od doświadczenia osoby to wykonującej i jej znajomości terenu, dla którego wykonuje opracowanie. Celem tego etapu powinno być **maksymalne wyekspozowanie** informacji pochodzących z każdego zakresu spektralnego poprzez wykorzystanie **pełnego** zakresu dostępnych poziomów cyfrowych do ich reprezentacji (z reguły 255).

Użytkaliśmy przez to trzy obrazy, które są podstawą do utworzenia kompozycji barwnej, na której **powinniśmy znaleźć to wszystko co może nam dać teledetekcja** w odróżnieniu od innych (kartograficznych) warstw informacyjnych zawartych w RSIP.

Przekształcenie informacji zapisanych do tej pory w postaci wartości cyfrowych pikseli do postaci barw jest uzależnione od doboru poszczególnych barw podstawowych RGB do reprezentowania poszczególnych kanałów spektralnych. To determinuje kolorystykę satelitarną mapy obrazowej. Zdaniem autora ten etap uważa się powszechnie za rozstrzygający o percepcji i jakości interpretacyjnej mapy obrazowej. Niezależnie jednak od kolejności "podstawiania" poszczególnych kanałów do ich reprezentacji przez jedną z trójki barw podstawowych RGB, uzyskane barwy **zawsze** będą nienaturalne. Zdaniem autora kolejność ta może być nawet zupełnie przypadkowa. Przy wykorzystaniu pełnych zakresów liczbowych w poszczególnych kanałach, zawsze pojawią się wśród innych takie kombinacje

składowych RGB, które są przez nas postrzegane jako różne odcienie purpury, niebieskiego, żółtego, fioletowego, a więc barw, które odbiegają od stereotypowej reprezentacji obrazów "lasów, pól i łąk".

Czy taka paleta, "nienaturalnych" barw jest akceptowalna z punktu widzenia użytkowników mapy obrazowej włączonej do RSIP? Odpowiedź na to pytanie jest zawsze indywidualna. Dla jednych będzie akceptowalna, dla innych nie. W pierwszym przypadku sprawa jest prosta. Należy "nauczyć" odbiorcę mapy "odczytywania" znaczenia barw i interpretacji całej ich palety. W drugim, rozwiązaniem wydaje się **przekształcenie kolorystyki przy zachowaniu niezmienionej zawartości informacji** wyrażonej za pomocą poziomów cyfrowych.

5. Metody

Autor proponuje różne metody w zależności od rozpiętości palety barw. Inne dla "true" koloru (24 bity i więcej), inne dla palety indeksowanej 256 kolorów. Zawsze oczywiście istnieje możliwość "zdegradowania" palety szerokiej do indeksowanej. Wejściowa kompozycja barwna została wygenerowana wg. schematu opisanego powyżej a wygląda tak jak na załączonym obrazie (rys. 1.). Dodatkowo, w celu zwiększenia rozdzielczości przestrzennej obrazu wielospektralnego wykonana kompozycja została najpierw przekształcona z systemu barw RGB do systemu reprezentacji barw IHS. Następnie, podstawienie odpowiednio skontrastowanego kanału panchromatycznego w miejsce składowej I (Intensywności) i wykonanie transformacji powrotnej doprowadziło do podwyższenia rozdzielczości obrazu z 30 do 15 m w mierze terenowej.

Metoda A.

Kompozycja z indeksowaną paletą barw.

Trzy obrazy wejściowe, które utworzyły kompozycję poddano klasyfikacji nienadzorowanej. Prowadzi to do uzyskania pewnej liczby klastrów, którą zatwierdza specjalista wykonujący mapę jako optymalną do reprezentacji obiektów, jakie pragnie na mapie wyeksponować. Klastry dają podstawę do podziału przestrzeni barw, która na kompozycji występuje, na zbiory rozłączne i dla każdego z tych zbiorów jest generowana nowa paleta wg. uznania interpretatora lub koncepcji końcowego użytkownika. Bardzo ważne jest przy tym zachowanie "ciągłości palety" czyli zbliżonych wartości barwy ("hue") dla poszczególnych klastrów i harmonizacja palet dla klastrów sąsiednich.. Rezultat – rys. 2.

Metoda B.

Wyjściowa kompozycja barwna (w tym przypadku obojętne czy "true" kolor czy indeksowana) zostaje modyfikowana w następujący sposób:

- dokonujemy obrotu koła "hue" w celu modyfikacji barwy (dla wszystkich pikseli);
- modyfikujemy dla każdej składowej barwy RGB wartości jasności, kontrastu i nasycenia.

Przykładowy rezultat jest pokazany na załączonym obrazie (rys 3.).

Metoda C.

Jest podobna do metody "B". Polega na modyfikacji położenia barw na kole "hue" nie globalnie lecz fragmentami. Ponieważ system IHS może być reprezentowany za pomocą różnych modeli geometrycznych, np. podwójnego ostrosłupa czy też kuli, należy przy takiej

transformacji podać ten model. Oprócz tego różne modele przyjmują jako początek (0°) różne barwy, np. niebieską lub czerwoną. Wyniki są przedstawione na rys. 4a (model stożka) i rys. 4b (model kuli).

Załączniki przedstawiają obrazy, których gama kolorystyczna jest różna. Każdy odbiorca może indywidualnie ocenić, który jest dla niego najlepszy. Każdy z obrazów zawiera jednak dokładnie te same informacje ponieważ zawiera te same wartości cyfrowe pikseli.

6. Podsumowanie.

Sens tworzenia i włączania satelitarnej mapy obrazowej do RSIP autor widzi w tym, że odpowiednio przygotowana mapa jest w stanie pokazać "różnorodność świata". Nie powielać informacji, może czasem je uaktualniać ale przede wszystkim wywoływać skojarzenia, asocjacje myślowe. Wywierać wpływ na proces kształtowania opinii użytkownika o obszarze, który analizuje, wychodząc poza kryteria możliwe do precyzyjnego sparametryzowania, poprzez pokazywanie różnorodności (bio-różnorodności) i zmienności krajobrazowej, zmienności szaty roślinnej i jej wzajemnego "przemieszania", zmienności gleb, nasycenia w "oczka wodne", itd.

Precyzyjnej odpowiedzi na pytanie o lokalizację, odległości czy sąsiedztwo potrafi udzielić każdy SIP poprzez realizację poprawnie sformułowanego zapytania do GIS-owej bazy danych. Czy jednak satelitarna mapa obrazowa eksponująca np. zróżnicowanie drzewostanów w kompleksach leśnych nie jest bardziej atrakcyjna dla planisty niż seria wektorowych map przedstawiających kontury wydziałów leśnych o poszczególnych atrybutach pozyskanych na podstawie map gospodarczych?

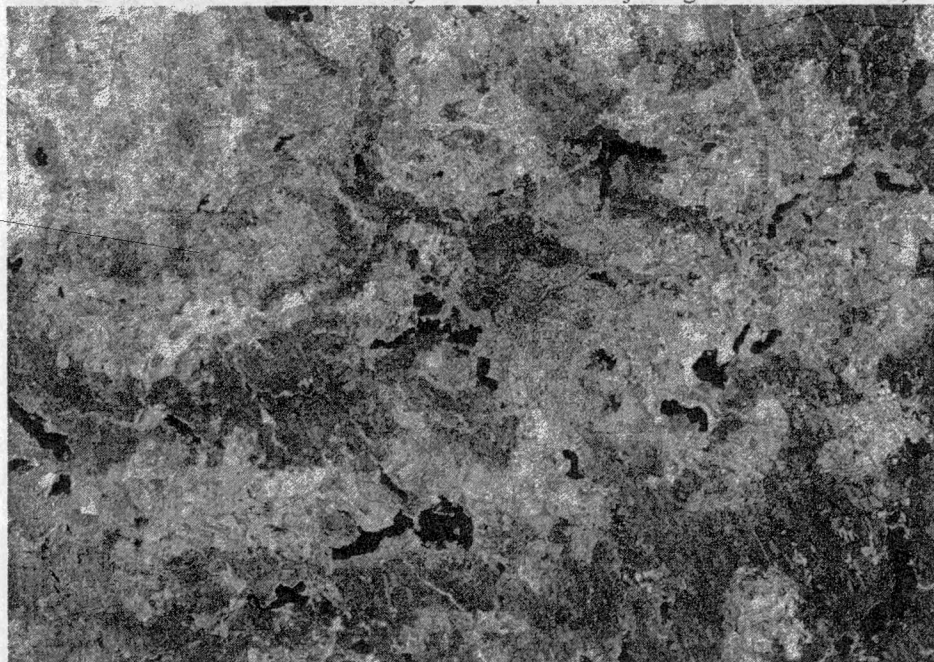
Być może posługiwanie się mapą obrazową spowoduje, że zostaną zweryfikowane lub wzbogacone o nowe elementy zapytania do bazy RSIP pierwotnie definiowane przez planistę? Sukces wykorzystania (a więc sens tworzenia) map obrazowych włączonych w RSIP zdaniem autora będzie zależał bardziej od przyciągnięcia uwagi potencjalnych jego użytkowników do jednego obrazu niż namawianie ich za pomocą tysiąca słów.

7. Literatura.

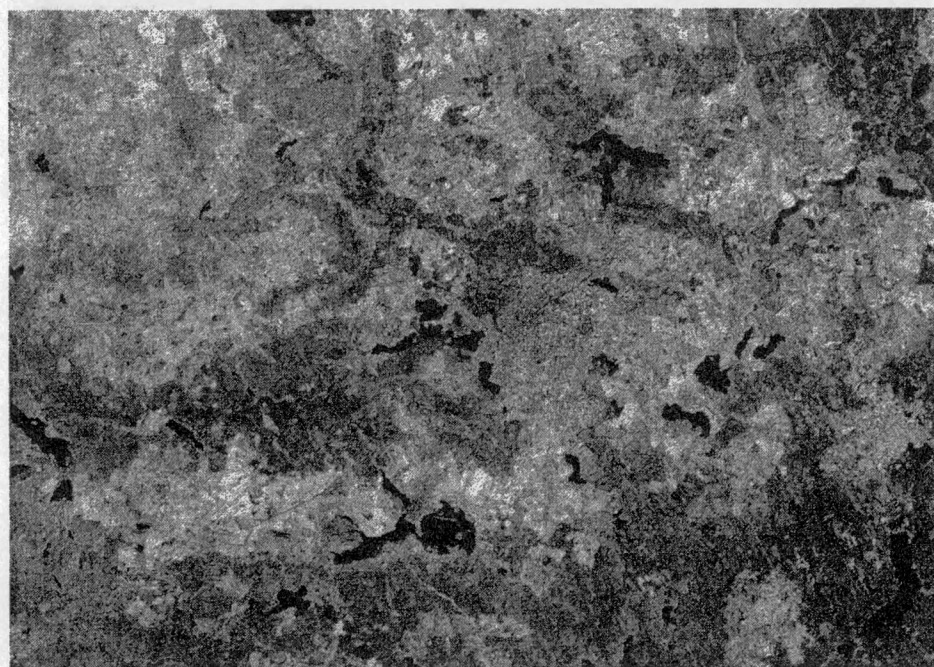
1. Balandra M., 1992, *Les couleurs pseudo-naturelles en teledetection*, Memoire de CST - GDTA Toulouse, 1992;
2. Lewiński S. 1999, *Zdjęcia LISS-III indyjskiego satelity IRS-1C*. Archiwum Fot., Kart. i Tel.. Vol.9, s.185-189, ISBN 83-88039-51-2;
3. Lillesand T., Kiefer R., 1979, *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York, Wiley & Sons, 2nd ed;
4. Pilich E., 1996, *Realisation d'une spatiocarte pour le plan d'aménagement d'une commune rurale en Pologne*, Memoire de CETEL - GDTA Toulouse, 1996;
5. Richards J. A., 1993, *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer Verlag, 2nd ed.;
6. Schowengerdt R., 1997, *Remote Sensing, Models and Methods for Image Processing*, Academic Press 1997. 2nd ed.

Załączniki:

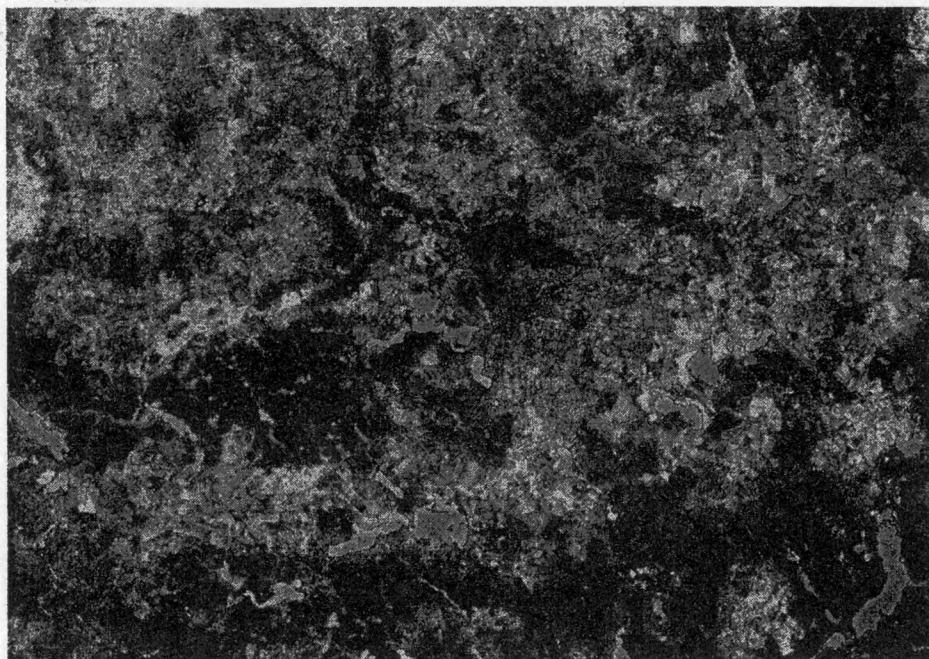
(pierwotne rozdzielczości obrazów zostały dla celów publikacji zdegradowane 3-krotnie)



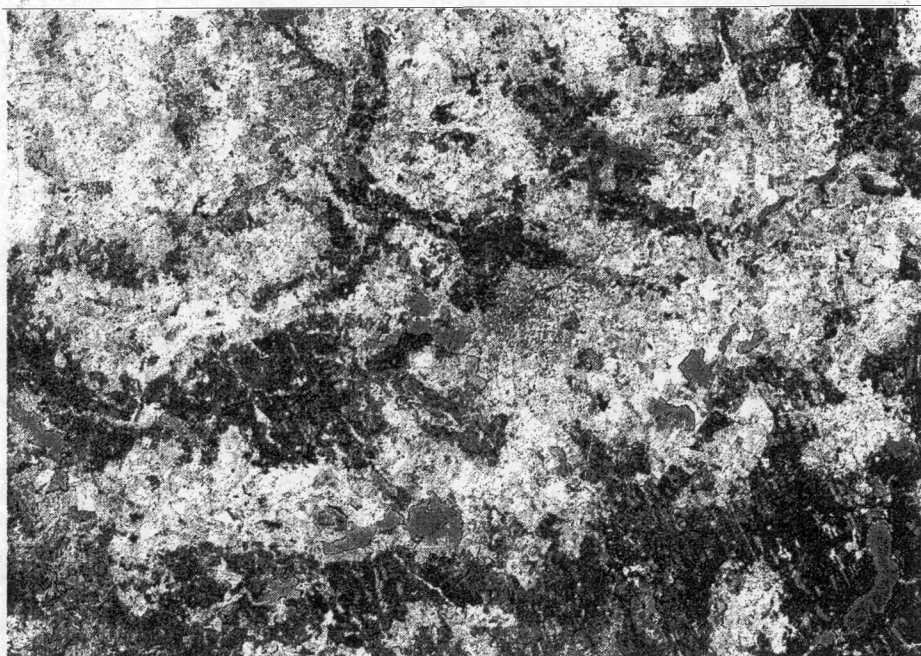
Rys. 1.



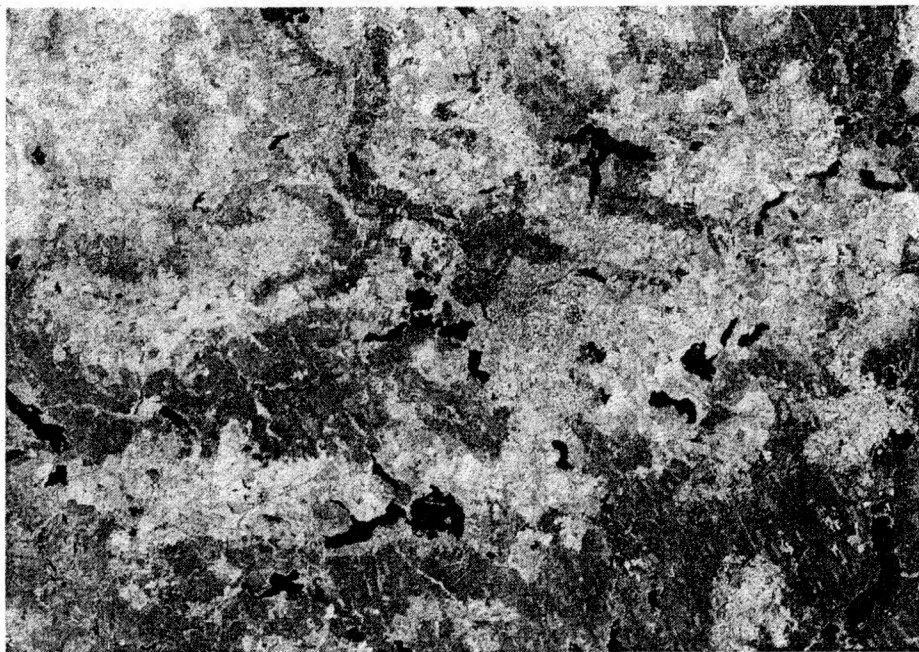
Rys. 2.



Rys. 3.



Rys. 4a.



Rys. 4b.

Recenzował: dr inż. Krystian Pyka