

## Zastosowanie transformacji RGB → IHS w przetwarzaniu zdjęć satelitarnych

*Application of RGB → IHS transformation in processing of satellite images*

Stanisław LEWIŃSKI

The main goal of this article is to introduce the issues connected with application of RGB → IHS transformation for the purposes of merging images of different spatial resolution as well as presentation of the method of producing RGB (4, 5, 3) colour composite from LISS-III images.

Variety of accessible satellite data makes possible to merge pictures. In case of optical scanners, multispectral and high-resolution panchromatic images are used. The techniques of merging are mainly used during preparation of satellite maps, the scale of which is strictly connected with the required level of detail. The idea of merging is based on obtaining a new image, which has colour of RGB composite while still preserves a great level of detail characteristic for panchromatic image.

Algorithms of different level of complexity are used within process of merging satellite images. One of the most common methods of merging images is based on RGB → IHS transformation. It focuses on transformation of RGB composite into IHS colour model, replacing "I" (Intensity) channel with panchromatic image and after that reconstructing RGB composite. IHS method was used at Institute of Geodesy and Cartography to create satellite maps in a scale of 1:50 000 and 1:25 000 on the basis of SPOT SX and KVR-1000, LANDSAT TM, LISS-III and PAN IRS images.

The rule of RGB → IHS transformation was implemented to create a method of producing RGB (4, 5, 3) composite from Indian LISS-III image. A commonly used method in remote sensing, RGB (4, 5, 3) composite, obtained on the basis of LISS-III image is characterised by low level of detail caused by low resolution of the 5<sup>th</sup> channel (70 m). It causes serious problems when creating satellite maps or merging LISS-III images with LANDSAT TM images.

The procedure is based on (4, 5, 3) and (2, 3, 4) RGB composites. The (2, 3, 4) composite solely consists of channels of higher resolution (23 m). Both RGB images are transformed to IHS system of colours. Channel "I" (Intensity) of (4, 5, 3) composite is replaced with "I" channel of (2, 3, 4) composite. After this change, IHS → RGB transformation is used to reconstruct RGB image. A processed (4, 5, 3) composite is characterised by the colours of the original composite and the degree of detail of (2, 3, 4) composite. In this way you can eliminate the influence of low resolution of the 5<sup>th</sup> channel using solely data from LISS-III scanner.

The above mentioned technique of processing LISS-III images has been implemented in preparation of satellite map of Opole province.

### Wprowadzenie

Stale rosnąca liczba dostępnych na rynku zdjęć satelitarnych stwarza obecnie możliwości korzystania z różnego rodzaju danych. Zdjęcia o różnej rozdzielczości terenowej mogą być analizowane jako całkowicie oddzielne warstwy lub też łączone ze sobą, czyli przetwarzane do postaci stanowiącej syntezę danych wejściowych.

Z łączeniem danych spotykamy się najczęściej w tych wszystkich zastosowaniach, których celem jest

uzyskanie wysokiej jakości obrazu powierzchni Ziemi. Techniki łączenia zdjęć znajdują zastosowanie przede wszystkim przy opracowywaniu map satelitarnych, których skala jest ściśle związana ze stopniem szczegółowości obrazu. W przypadku skanerów optycznych wykorzystywane są do tego celu zdjęcia wielospektralne oraz wysokorozdzielcze zdjęcia panchromatyczne. Idea łączenia polega na uzyskaniu nowego obrazu, utrzymanego w barwach kompozycji RGB zdjęcia wielospektralnego, mającego równocześnie szczegółowość zdjęcia panchromatycznego. Naj-

częściej wykorzystywane są do tego celu zdjęcia wielospektralne LANDSAT TM, SPOT XS, LISS-III oraz panchromatyczne SPOT PAN, IRS PAN, LANDSAT 7 PAN oraz KVR-1000. Zdjęcia powstałe w wyniku łączenia znajdują się w ofercie produktów CARTERA. Symbolem 1-PSM (*One-Meter Pan-Sharpned Multi-spectral*) oznaczone są dane powstałe w wyniku połączenia zdjęć wielospektralnych 4-MS (4 m) i panchromatycznych 1-P (1 m) satelity IKONOS.

Zdjęcia łączone są z zastosowaniem algorytmów o różnym stopniu złożoności. Najprostszy sposób polega na utworzeniu kompozycji barwnej RGB z kanałów zdjęcia wielospektralnego, a następnie na zastąpieniu jednego z kanałów zdjęciem panchromatycznym. Przy takim postępowaniu obraz wynikowy jest sumą łączonych danych, jednakże jego jakość nie jest zadowalająca i trudna obecnie do zaakceptowania. Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem jest dodawanie do poszczególnych kanałów kompozycji RGB kanału panchromatycznego. Stosowane są przy tym współczynniki wagowe, np. 70% dla zdjęcia wielospektralnego i 30% dla panchromatycznego (Vrabel, 1996). Bardzo dobre efekty można uzyskać łącząc zdjęcia z zastosowaniem filtracji wysokich częstotliwości (Vrabel, 1996; Chavez i inni, 1991). W metodzie tej najpierw filtrowany jest obraz panchromatyczny z zastosowaniem filtra krawędziowego, a następnie jest on dodawany do zdjęcia wielospektralnego. Dodatkowo stosowana jest filtracja niskich częstotliwości, której zadaniem jest wygładzenie wejściowej kompozycji RGB.

Skrótem IHS (*Intensity, Hue, Saturation*) oznaczana jest metoda łączenia zdjęć, oparta na transformacji między modelami barw RGB i IHS. Polega ona na przekształceniu kompozycji RGB do postaci IHS, zastąpieniu kanału „Intensity” zdjęciem panchromatycznym i następnie na odtworzeniu kompozycji RGB (Carper i inni, 1990). Odmianą metody IHS jest zastosowanie w procesie łączenia zdjęć analizy składowych (PCA — *Principal Component Analysis*). Przy zastosowaniu PCA, na podstawie obrazu wielospektralnego obliczane są składowe główne, które następnie transformuje się do postaci IHS. Dalszy sposób postępowania jest identyczny jak w przypadku metody IHS. Za kanał „Intensity” podstawia się zdjęcie panchromatyczne i odtwarza kompozycję RGB (Chavez i inni, 1991).

Opracowywane są również tzw. radiometryczne metody łączenia zdjęć. Wzory służące do obliczania wartości obrazu wynikowego wyprowadzane są na podstawie zależności między parametrami radiometrycznymi skanerów rejestrujących zdjęcia. Zasady łączenia zdjęć LANDSAT TM i SPOT przedstawione są przez A.H.J.M. Pellemansa i innych (1993).

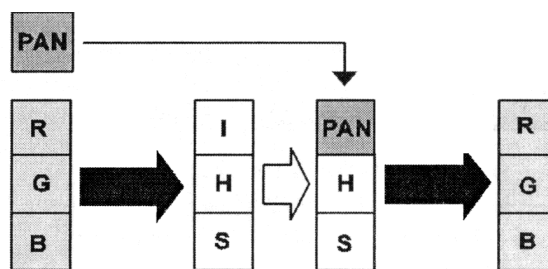
Trudno jest w sposób jednoznaczny określić, która z metod łączenia zdjęć o różnej rozdzielczości jest najlepsza. Wybór metody powinien zależeć od celu jaki chcemy osiągnąć, możliwości oprogramowania, którym dysponujemy oraz od doświadczenia operatora.

Z pewnością bardzo popularną obecnie jest metoda oparta na systemie barw IHS. Funkcje transformacji RGB → IHS oraz IHS → RGB są standardowymi elementami większości współczesnych systemów przetwarzania obrazów.

### Metoda IHS łączenia zdjęć

Przystępując do łączenia zdjęć metodą IHS konieczne jest ujednoczenie zbiorów obrazowych pod względem geometrycznym tak, aby dane wielospektralne i panchromatyczne posiadały jednakową wielkość piksela oraz wymiary obrazu. W tym celu obraz o mniejszej rozdzielczości terenowej geometryzowany jest do obrazu wysokorozdzielczego. W przypadku dużych różnic rozdzielczości można też przetwarzać dane, których wielkość piksela jest wielkością pośrednią zdjęć wejściowych (Kaczyński, 1994).

Schemat łączenia zdjęć metodą IHS przedstawiony jest na rycinie 1. Na podstawie kanałów obrazu wielospektralnego tworzymy kompozycję barwną. Kompozycja RGB przekształcana jest do układu barw IHS. Powstają trzy nowe kanały związane z jasnością (*Intensity*), odcieniem (*Hue*) oraz nasyceniem barwy (*Saturation*). Można powiedzieć, że w modelu barw IHS następuje oddzielenie informacji przestrzennej (I) od spektralnej (H, S). Następnie kanał „I” (*Intensity*) zastępujemy zdjęciem panchromatycznym PAN. Ostatnią operacją jest wykonanie transformacji odwrotnej z układu IHS do RGB. Wynikowy obraz jest syntezą wejściowej kompozycji RGB oraz obrazu PAN. Teoretycznie na każdym etapie algorytmu mamy możliwość ingerencji w dane obrazowe. Należy jednak pamiętać, że wszystkie parametry systemów barw są ze sobą ściśle skorelowane.



Ryc. 1. Schemat łączenia zdjęcia wielospektralnego z panchromatycznym metodą IHS

Fig. 1. A scheme of merging multispectral image with panchromatic image using IHS method

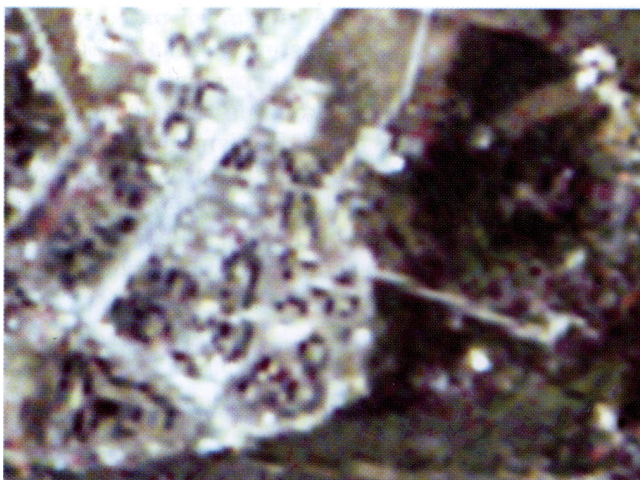
### Przykłady map satelitarnych opracowanych z zastosowaniem metody IHS

Pierwszą mapą satelitarną, która została opracowana w Polsce z zastosowaniem łączenia zdjęć metodą IHS była mapa Warszawy w skali 1:25 000. Obraz powierzchni Ziemi został uzyskany na podstawie kompozycji RGB zdjęcia SPOT SX (20 m) połączonej z ro-

syjskim zdjęciem panchromatycznym KVR-1000 (2 m) (Kaczyński, 1994).

Bazując na metodzie IHS w ostatnich dwóch latach powstały w Instytucie Geodezji i Kartografii dwie mapy satelitarne powiatu nowodworskiego i legionowskiego (M1, M2) w skali 1:50 000. Zostały one opracowane na podstawie indyjskich zdjęć LISS-III (23 m) oraz PAN IRS (5,8 m). Mapy te różnią się między sobą rodzajem zastosowanej kompozycji barwnej. Pierwsza bazuje na klasycznej kompozycji RGB uzyskanej na podstawie 4, 5 i 3 kanału spektralnego skanera LISS-III. Druga opracowana jest w barwach zbliżonych do naturalnych, które zostały uzyskane na drodze łączenia dwóch kompozycji barwnych (Lewiński, 2000). Obie mapy charakteryzują się stopniem szczegółowości zdjęcia panchromatycznego PAN IRS.

Kolejnym przykładem jest mapa satelitarna Warszawy w skali 1:50 000 (M3). Tym razem ze zdjęciem PAN IRS (5,8 m) połączono zdjęcie LANDSAT TM (30 m). Zastosowano kompozycję RGB z kanałów 3, 2, 1, na której część form pokrycia terenu odwzorowuje się w barwach zbliżonych do naturalnych. Fragment zdjęcia LANDSAT TM przed i po połączeniu z PAN IRS prezentowany jest na rycinie 2 i 3.



Ryc. 2. Fragment kompozycji RGB (3, 2, 1) zdjęcia LANDSAT TM  
*Fig. 2. A fragment of LANDSAT TM (3, 2, 1) RGB composite*

Obecnie w IGiK dobiegają końca próby łączenia zdjęć LANDSAT TM i LISS-III z PAN IRS w celu uzyskania wysokiej jakości obrazu w skali 1:25 000. Na rycinie 4 przedstawiony jest port lotniczy Okęcie w Warszawie. Na płycie lotniska wyraźnie są widoczne kontury stojących samolotów. Ich obraz został zarejestrowany jedynie na zdjęciu panchromatycznym.

Łączenie obrazów o różnej rozdzielczości metodą IHS nie jest zadaniem skomplikowanym, zwłaszcza gdy możemy korzystać ze standardowych funkcji systemu przetwarzania obrazu. Mimo to jakość obrazu wynikowego nie zawsze jest jednakowa. Zależy ona w dużym stopniu od sposobu przygotowania danych wejściowych.

Między innymi drogą kolejnych prób należy określić optymalny sposób rozciągnięcia histogramów zdjęć.

W pracy nad mapami powiatów oraz Warszawy zastosowano dodatkowo filtrację zdjęcia panchromatycznego, co pozwoliło na istotne polepszenie jakości obrazu.

### Metoda przetwarzania kompozycji RGB (4, 5, 3) zdjęć LISS-III

Sposób łączenia zdjęć oparty na modelu IHS został zastosowany w metodzie przetwarzania standardowej kompozycji RGB z kanałów 4, 5, 3 indyjskiego zdjęcia LISS-III (Lewiński i inni, 2000).

Skaner LISS-III rejestruje obrazy powierzchni Ziemi w czterech kanałach, których zakresy spektralne są prawie takie same jak w przypadku 2, 3, 4 i 5 kanału zdjęć LANDSAT TM. Zachowana została nawet identyczna numeracja kanałów. Podobieństwo spektralne sugeruje możliwość równoczesnego i wymiennego korzystania z tych zdjęć. Różnice występują jednak pod względem rozdzielczości terenowej. Wielkości pikseli zdjęć LISS-III nie są jednakowe dla wszystkich kanałów. Rozdzielczość trzech pierwszych, ozna-

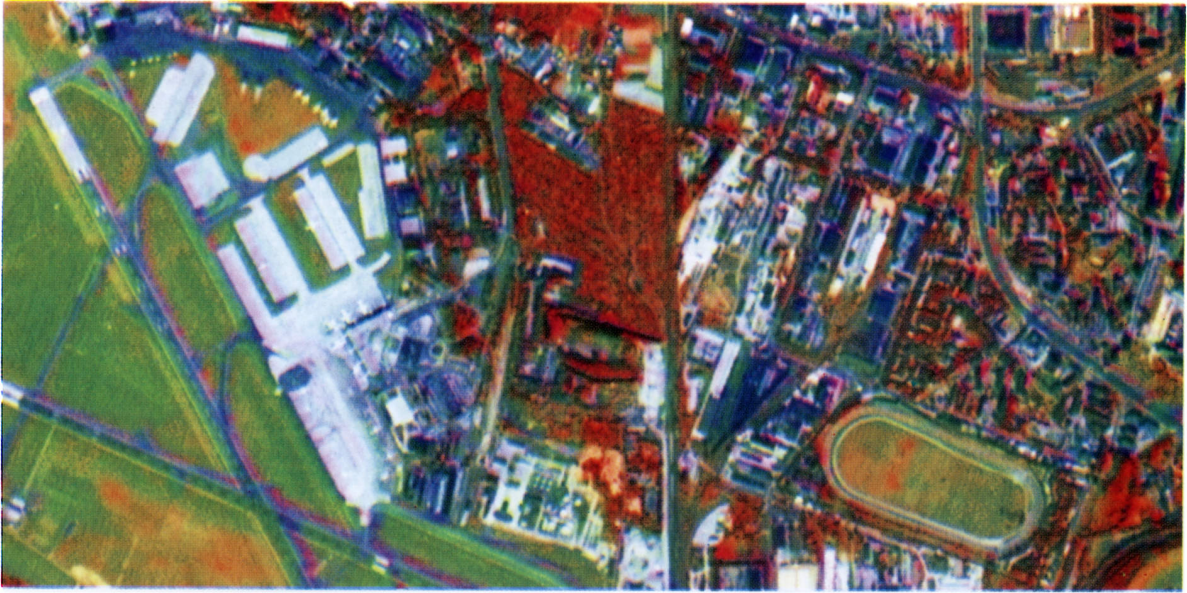


Ryc. 3. Fragment kompozycji RGB (3, 2, 1) LANDSAT TM połączonej ze zdjęciem PAN IRS

*Fig. 3. A fragment of LANDSAT TM (3, 2, 1) RGB composite after merging with PAN IRS image*

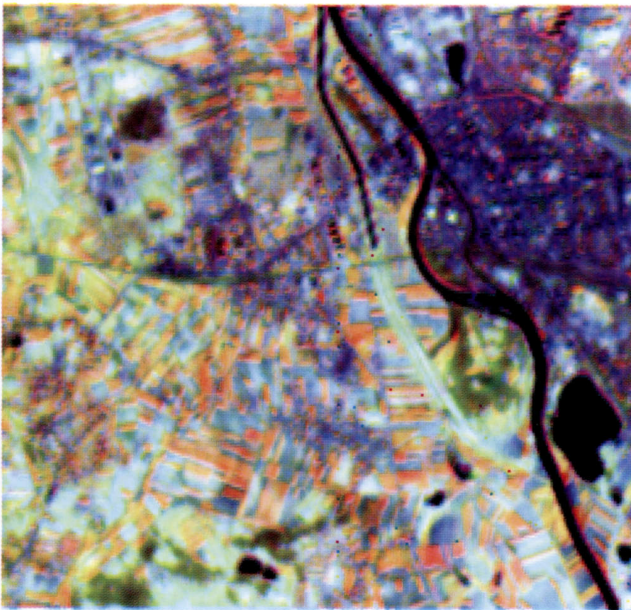
czonych numerami 2, 3 i 4 wynosi 23 m, natomiast ostatni, kanał nr 5 odznacza się dużo gorszą rozdzielczością wynoszącą jedynie 70 m. Tak mała rozdzielczość stanowi istotny problem w przypadku opracowywania map satelitarnych oraz łączenia zdjęć LISS-III z obrazami LANDSAT TM. Wszystkie kompozycje z udziałem 5 kanału charakteryzują się obniżoną rozdzielczością. Dotyczy to również standardowej kompozycji RGB (4, 5, 3) powszechnie wykorzystywanej w teledetekcji satelitarnej.

W celu poprawy stopnia szczegółowości kompozycji (4, 5, 3) opracowano metodę bazującą na transformacji RGB → IHS. Algorytm postępowania bazuje na



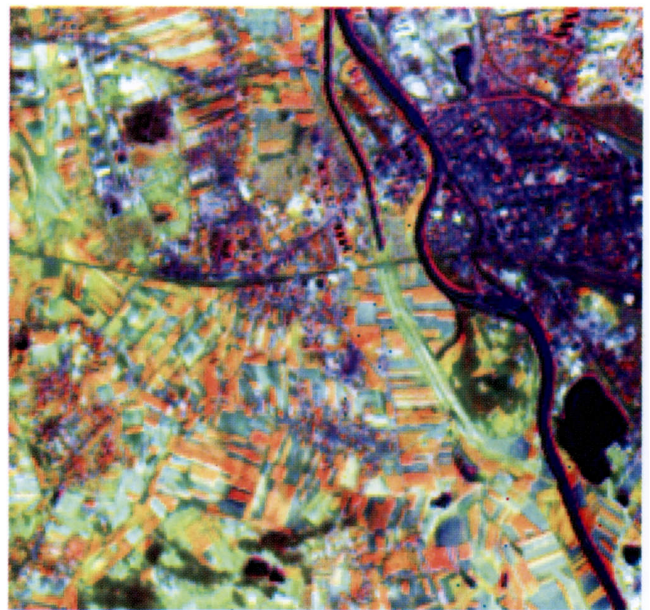
Ryc. 4. Fragment zdjęcia LANDSAT TM połączonego ze zdjęciem PAN IRS, skala 1:25 000

*Fig. 4. A fragment of LANDSAT TM image merged with PAN IRS in a scale of 1:25 000*



Ryc. 5. Kompozycja RGB (4, 5, 3) zdjęcia LISS-III

*Fig. 5. LISS-III RGB (4, 5, 3) composite*



Ryc. 6. Kompozycja RGB (4, 5, 3) zdjęcia LISS-III po przetworzeniu

*Fig. 6. LISS-III RGB (4, 5, 3) composite after processing*

kompozycji (4, 5, 3) oraz kompozycji (2, 3, 4) składającej się wyłącznie z kanałów o wyższej rozdzielczości (23 m). Oba obrazy przekształcane są do systemu barw IHS. Kanał „I” (Intensity) kompozycji (4, 5, 3) zamieniany jest na kanał „I” kompozycji (2, 3, 4). Po zamianie, stosując transformację IHS → RGB odtwarzany jest obraz RGB. Przetworzona kompozycja (4, 5, 3) charakteryzuje się barwami oryginalnej kompozycji i stopniem szczegółowości obrazu (2, 3, 4). W ten sposób, posługując się jedynie danymi pochodzącymi ze skanera LISS-III, można wyeliminować wpływ niskiej rozdzielczości 5 kanału.

Przetworzone kompozycje (4, 5, 3) zdjęć LISS-III, mogą być porównywane ze zdjęciami LANDSAT TM, a nawet przewyższają je pod względem rozdzielczości. Fragment obrazu, przed i po przetworzeniu, prezentowany jest na rycinach 5 i 6. Przedstawiony sposób przetwarzania zdjęć LISS-III został praktycznie zastosowany w opracowaniu satelitarnej mapy województwa opolskiego w skali 1:100 000 i 1:200 000 (Lewiński i inni, 2000, M4, M5).

## Literatura

- Carper W.J., Lillesand T.M., Kiefer R.W., 1990: *The use of intensity-hue-saturation transformations for merging SPOT Panchromatic and multispectral image data*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 56, no. 4, 459–467.
- Chavez P.S. Jr., Stuart C.S., Anderson J.A., 1991: *Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data: LANDSAT TM and SPOT Panchromatic*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 57, no. 3, 295–303.
- Kaczyński R., 1994: *Mapy satelitarne Warszawy w skali 1:25 000*, Fotointerpretacja w Geografii, t. 24, 41–46.
- Lewiński St., 2000: *The satellite maps of Poland elaborated on the basis of LANDSAT MSS, TM and IRS-1C images*, [w:] *Proceedings of 28<sup>th</sup> International Symposium on Remote Sensing of Environment, Cape Town, RPA, 27–31 III 2000*.
- Lewiński St., Goljaszewski Z., Skocki K., 2000: *Mapy satelitarne województwa opolskiego i dolnośląskiego*, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 10, 51–61.
- Pellemans A.H.J.M., Jordans R.W.L., Allewijn R., 1993: *Merging multispectral and panchromatic SPOT images with respect to the radiometric properties of the sensor*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 59, no. 1, 81–87.
- Vrabel J., 1996: *Multispectral imagery band sharpening study*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 62, no. 9, 1075–1083.



Dr inż. Stanisław Lewiński pracuje w Instytucie Geodezji i Kartografii w Zakładzie Teledetekcji OPOLiS. Jest absolwentem Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. W roku 1994 uzyskał w IGiK tytuł doktora nauk technicznych. Uczestniczył w różnorodnych pracach związanych z teledetekcją sate-

## Mapy satelitarne

- (M1) Lewiński St., Goljaszewski Z., 1999: *Mapa satelitarna powiatu nowodworskiego i legionowskiego, skala 1:50 000, w barwach zbliżonych do naturalnych*, Instytut Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- (M2) Lewiński St., Goljaszewski Z., 1999: *Mapa satelitarna powiatu nowodworskiego i legionowskiego. Skala 1:50 000*, Instytut Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- (M3) Lewiński St., Goljaszewski Z., 2000: *Mapa satelitarna Warszawy. Skala 1:50 000*, Instytut Geodezji i Kartografii, Warszawa, Warszawa.
- (M4) Lewiński St., Goljaszewski Z., Skocki K., 1999: *Mapa satelitarna województwa opolskiego. Skala 1:100 000, IRS-1D/LISS, LANDSAT TM*, Instytut Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- (M5) Lewiński St., Goljaszewski Z., Skocki K., 1999: *Mapa satelitarna województwa opolskiego. Skala 1:200 000, IRS-1D/LISS, LANDSAT TM*. Instytut Geodezji i Kartografii, Warszawa.

litarną. Zajmuje się cyfrowym przetwarzaniem obrazów satelitarnych, jest autorem kilkunastu satelitarnych map obrazowych. Od 1999 r. prowadzi zajęcia na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Instytut Geodezji i Kartografii, ul. Jasna 2/4, 00-950 Warszawa; tel.: (48 22) 828 02 69 w. 123, fax: (48 22) 827 03 28; e-mail: Stanislaw.Lewinski@igik.edu.pl