



Dlaczego zdjęcia IRS są w Polsce mało popularne?

Bez korekcji ani rusz

WIESŁAW WOLNIEWICZ

Całe prowincje i stany na kontynencie północnoamerykańskim stosują zdjęcia z indyjskiego systemu IRS (Indian Remote Sensing Satellites) do aktualizacji danych na poziomie mapy 1:50 000. Z racji relatywnie niskich kosztów (około pół dolara za zobrazowanie jednego km²) zdjęcia te są bardzo popularne na świecie i chętnie wykorzystywane przez użytkowników GIS. Dlaczego więc nie cieszą się większym zainteresowaniem w Polsce?

Druga połowa lat 90. charakteryzowała się gwałtownym wzrostem praktycznego wykorzystania satelitarnych systemów zdalnego monitorowania powierzchni Ziemi. Wiązało się to z nową generacją systemów teledetekcyjnych o średniej i wysokiej rozdzielczości zobrazowań. W wyniku globalnych zmian politycznych i powszechnej dostępności rosyjskich satelitarnych zobrazowań wywiadowczych rząd Stanów Zjednoczonych zezwolił służbom cywilnym na rozwój systemów o wysokiej rozdzielczości terenowej (1-5 m). Wywołało to bardzo duże zainteresowanie na całym świecie praktycznym wykorzystaniem tego typu zobrazowań. Jednymi z ich największych odbiorców są użytkownicy GIS.

● Program IRS

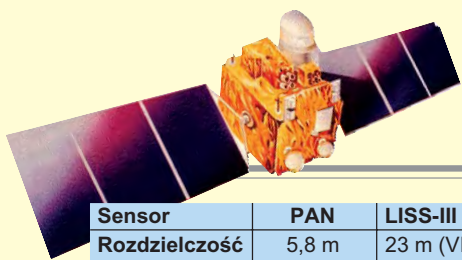
Obok państw, które do niedawna dominowały w rozwoju satelitarnych systemów teledetekcyjnych (USA, Rosja, Kanada czy kraje europejskie), również Japonia, Indie, Izrael i Chiny odnoszą ostatnio znaczące sukcesy na tym polu. Na szczególną uwagę zasługuje indyjski pro-

gram teledetekcyjny IRS. Jest on integralną częścią zarządzania bogactwami naturalnymi Indii. Pomaga między innymi w poszukiwaniu wód podziemnych, inwentaryzacji lasów, monitorowaniu terenów nawiedzanych przez powódzie i in-

ne klęski żywiołowe. Obecnie działa na świecie sześć stacji odbiorczych, pozyskujących informacje z IRS: Shadnagar w Indiach, Norman w Stanie Oakland, Neustrelitzl w Niemczech, Dubaj w ZEA, Bangkok w Tajlandii i Alaska w USA.

Satelita	Rok umieszczenia na orbicie	Okres rewizyty	Typ sensora	Terenowy wymiar piksela [m]	Wysokość orbity/ /przeznaczenie
IRS-1A	1988	22 dni	wielospektralny LISS-1/2	72,5/36,25	904 km
IRS-1B	1991	22 dni	LISS-1/2	72,5/36,25	904 km
IRS-P2	1994	24 dni	wielospektralny	32 x 37	817 km
IRS-1C	1995	24 dni	wielospektralny panchromatyczny	25 5,8	817 km
IRS-P3	1996	24 dni		32 x 37	817 km
IRS-1D	1997	24 dni	wielospektralny panchromatyczny	188/23/70 5,8	817 km
IRS-P4 (OCEANSAT-1)	1999	2 dni	wielospektralny	350	monitorowanie oceanów
IRS-P5 (CARTOSAT-1)	2003	–	panchromatyczny	2,5	dla celów topograficznych
IRS-P6 (Resourcesat)	2003	–	wielospektralny	6/23,5/80	monitorowanie rolnictwa i bogactw naturalnych

Tabela 1. Podstawowe dane systemów IRS



Sensor	PAN	LISS-III			WiFS		
Rozdzielczość	5,8 m	23 m (VIS and NIR) 70 m (SWIR)			188 m		
Szerokość pasa obrazowania	63-70 km	127-141 km			728-812 km		
Rozdzielczość radiometryczna	6 bitów	7 bitów			7 bitów		
Zakres spektralny	500-750 nm	kanal 2	520-590 nm	green	kanal 3	620-680 nm	red
		kanal 3	620-680 nm	red	kanal 4	770-860 nm	NIR
		kanal 4	770-860 nm	NIR			
		kanal 5	1550-1700 nm	SWIR			
Ogniskowa	974,8 mm	kanal 2	346,411 mm		kanal 3	56,57 mm	
		kanal 3	346,411 mm		kanal 4	56,57 mm	
		kanal 4	346,411 mm				
		kanal 5	300,177 mm				
Liczba elementów CCD	3 x 4096	kanal 2	1 x 6000		kanal 3	2 x 2048	
		kanal 3	1 x 6000		kanal 4	2 x 2048	
		kanal 4	1 x 6000				
		kanal 5	7 x 300				
Wymiar pojedynczego elementu CCD	7 μm x 7 μm	kanal 2	10 μm x 7 μm		kanal 3	13 μm x 13 μm	
		kanal 3	10 μm x 7 μm		kanal 4	13 μm x 13 μm	
		kanal 4	10 μm x 7 μm				
		kanal 5	26 μm x 26 μm				
Czas sczytywania	0,8836458 ms	kanal 2	3,6047576 ms		kanal 3	28,83806 ms	
		kanal 3	3,6047576 ms		kanal 4	28,83806 ms	
		kanal 4	3,6047576 ms				
		kanal 5	10,8142728 ms				

Tabela 2. Charakterystyka sensorów IRS-1D

Pierwszy satelita IRS-1A został wyniesiony na orbitę przez rosyjską rakietę nośną 17 marca 1988 roku. W tabeli 1 przedstawiono dane charakteryzujące program IRS.

Systemy IRS-1C i IRS-1D

Na uwagę zasługują dwa bliźniacze systemy IRS-1C/1D różniące się tylko parametrami orbity (IRS-1C ma orbitę kołową, a IRS-1D eliptyczną). Oba pozwalają na uzyskanie zobrażeń stereoskopowych, choć orbita eliptyczna komplikuje matematyczny model tych obrazów. Dla celów GIS szczególnie istotny jest kanał pozyskujący informacje w paśmie panchromatycznym ze zdolnością rozdzielczą równą 5,8 m. Jedyną niedogodnością jest niska (6-bitowa) rozdzielczość radiometryczna, pozwalająca wyróżnić tylko 64 poziomy szarości. W tabeli 2 została przedstawiona pełna charakterystyka sensorów umieszczonych na IRS-1D.

Głównym zadaniem IRS jest wielokrotne i systematyczne dostarczanie danych o powierzchni Ziemi. Orbita heliosynchroniczna pozwala pozyskiwać zobrażenia w powtarzalnych warunkach oświetleniowych. Satelita krąży po orbicie zbliżonej do biegunowej i potrzebuje około 101 minut, by okrążyć Ziemię (blisko 14 razy na dobę). Cała Ziemia

jest obrazowana w ciągu 341 okrążeń w 24-dniowym cyklu. Parametry orbity satelitów IRS-1C i IRS-1D przedstawiono w tabeli 3.

System IRS zawiera skaner elektrooptyczny z 3 linijkami detektorów CCD, z których każda złożona jest z 4096 elementów (sensorów) o wymiarach 7 x 7 μm. Każdy z 3 pasów obrazowania (o szerokości 23 km) rejestrowany jest przez oddzielną liniijkę. Pasy te mają niewielkie wzajemne pokrycie. Specjalny układ pryzmatów łączy te liniijki w jedną linię obrazową, pokrywającą pełny pas o szerokości 70 km. Dzięki temu skaner, który operuje w zakresie spektralnym 0,50-0,75 mikronów, może dostarczać dane o rozdzielczości 5,8 m dla całej szerokości tego pasa. Można go nachylić aż do ± 26° w poprzek trajektorii lotu – umożliwia to obrazowanie tego samego terenu co 5 dni.

Parametry orbity	IRS-1C	IRS1-D
Liczba okrążeń w cyklu	341	358
Powtarzalność	24 dni	24 dni
Wysokość	817 km	737-821 km
Inklinacja	98,69°	98,53°
Okres obiegu Ziemi	101,35 min	100,56 min
Odległość między sąsiednimi orbitami	117,5 km	111,94 km
Odległość między kolejnymi przejściami satelity	2820 km	2798,5 km
Prędkość na powierzchni Ziemi	6,65 km/s	6,73 km/s

Tabela 3. Parametry orbity IRS-1C i IRS-1D

Trzy formaty zobrażeń

Space Imaging/EOSAT rozprowadza panchromatyczne zobrażenia IRS w formie pełnej sceny, to jest: 70 x 70 km, a także (na życzenie odbiorcy) – 23 x 70 km lub 23 x 23 km. Dostępne są trzy podstawowe formaty tych zobrażeń: SS/BSQ Super Structure, Fast i TIFF. W przypadku braku oprogramowania do pełnej korekcji parametrycznej sugerowane jest wykorzystanie formatu Fast (tworzonego przez EOSAT), który składa się z typowego tytułu w postaci kodu ASCII i binarnego zobrażenia. Czołówka zawiera standardowe informacje – liczba pikseli w wierszu, liczba wierszy czy pozycja zobrażenia (współrzędne narożników i środka zdjęcia).

Bardziej skomplikowany jest format Super Structure, w skład którego wchodzi:

- informacja o znaczkach kalibracyjnych,
- *leader file* (dokładna wysokość i położenie orbity dla każdego wiersza),
- charakterystyka w momencie pozyskiwania zdjęcia (data, azymut i wysokość słońca).

Format Super Structure umożliwia automatyczną korekcję geometryczną z uwzględnieniem wszystkich parametrów znanych w trakcie tworzenia zdjęcia, co pozwala na wykorzystanie małej liczby fotopunktów.

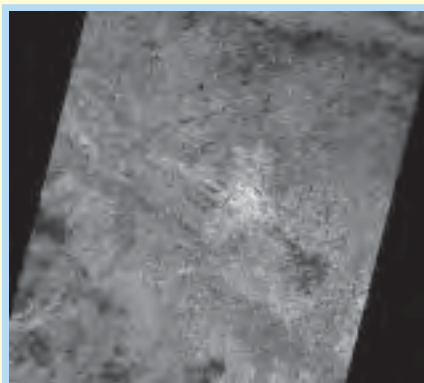
Tylko wybrane programy korekcyjne potrafią korzystać z formatu Super Structure. Należy do nich kanadyjski SE Ortho-Engine firmy PCI Geomatics. Zobrażenia mogą być dostarczone jako nieprzetworzone geometrycznie (w układzie orbity) lub doprowadzone do projekcji UTM.

Scena zdjęcia IRS PAN w układzie orbity poddawana jest wstępnej korekcji geometrycznej uwzględniającej: ruch obrotowy i krzywiznę Ziemi, wysokość orbity i wewnętrzne geometryczne błędy skanera. Na zdjęciach 1, 2 i 3 przedstawiono pełne sceny IRS PAN, odpowiednio w układzie orbity, w odwzorowaniu UTM



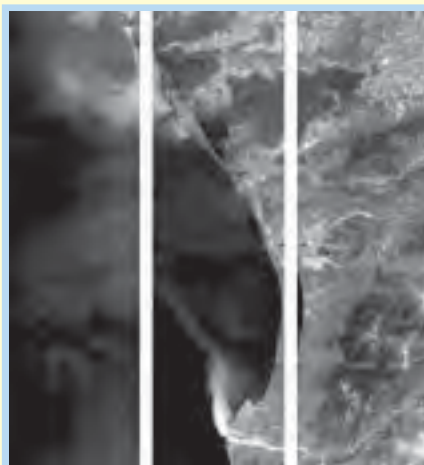
Fot. 1. Pełna scena IRS PAN w układzie orbity

Obszar	Hiszpania
Satelita	IRS-1C
Sensor	PAN
Orbita	17
Pas	39
Data obrazowania	30 marca 1997
Scena	D0
Przesunięcie	40%
Wymiar w pikselach	14830 x 14171
Wielkość zbioru	210,2 MB



Fot. 2. Pełna scena IRS PAN w odwzorowaniu UTM

Odwzorowanie	UTM
Elipsoida	WGS84
Obszar	Hiszpania
Satelita	IRS-1C
Sensor	PAN
Orbita	17
Pas	39
Data obrazowania	30 marca 1997
Scena	D0
Przesunięcie	40%
Wymiar w pikselach	17375 x 15550
Wielkość zbioru	263,6 MB



Fot. 3. Pierwotna postać sceny IRS

Obszar	Ukraina
Pokrycie	zależne od szer. geograficznej
Satelita	IRS-1C
Sensor	PAN
Orbita	58
Pas	39
Data obrazowania	20 maja 1997
Scena	DL, DM, DR
Przesunięcie	60%
Wymiar w pikselach	3 x 4096 x 14798
Wielkość zbioru	3 x 57,8 MB

oraz w pierwotnej postaci (sensor IRS PAN tworzy trzy oddzielne pasy powstające w wyniku pracy trzech linii CCD; łączenie niezależnych – częściowo pokrywających się – pasów następuje w wyniku wstępnej korekcji geometrycznej).

● Korekcja zdjęć

W praktyce wykorzystuje się dwie metody korekcji tego typu zdjęć:

■ transformacja w układzie mapy – uzależniona od rodzaju funkcji transformacyjnej. Zazwyczaj stosuje się wielomian drugiego lub trzeciego stopnia do wpasowania zdjęcia w układ współrzędnych

mapy. Ten proces opiera się tylko na wykorzystaniu fotopunktów.

■ pełna ortorektifikacja – do korekcji wykorzystuje się parametryczny model sensora (z danymi o jego kalibracji, jak i o parametrach lotu nośnika) oraz informacje o deniwelacji terenu uwzględniające DEM i punkty dostosowania.

Model wykorzystuje ściśle związku między przestrzennym terenem a jego obrazem i bazuje zwykle na warunku kolinearności dwóch wektorów: łączącego środek rzutów ze środkiem piksela oraz łączącego środek rzutów z odpowiadającym punktem terenowym. Elementy



KRAKÓW, ul. Mazowiecka 113
tel./faks: (012) 632 45 56

WARSZAWA, ul. Polna 11
tel./faks: (012) 660 62 91

KATOWICE, ul. Warszawska 63a
tel./faks: (032) 258 93 70

WYPOSAŻENIE



Światłokopiarki

amoniakalne
i bezamoniakalne
od 420 W do 5 kW
Ekonomiczne,
gwarantujące
dużą dokładność
wymiarową

Skanery A-0

Skanery
o bardzo wysokiej
rozdzielczości
(8 kamer) i dużej
prędkości. Mono-
chromatyczne
i kolorowe



Plotery atramentowe Kserokopiarki A0 Systemy cyfrowe

Nowa generacja profesjonalnych
rozwiązań dla Biur Geodezyjnych.



MATERIAŁY EKSPLOATACYJNE

Materiały *Reprotop*[®]
i *ReproCad*[®] do:

- Światłokopii
- Ploterów Ink Jet
- Kserokopii A-0
i systemów
cyfrowych



ZINTEGROWANY SERWIS TECHNICZNY

Ściśle wyspecjalizowany serwis maszyn
REGMA i NEOLT



Rodzaj korekcji	Błąd średni [piksel]			
	83F02	83F04	83G10	83G11
wielomian I stopnia	1,654	1,329	1,211	1,011
II stopnia	1,404	1,332	1,129	0,915
III stopnia	1,256	1,193	1,097	0,812
model parametryczny	0,931	0,809	0,877	0,675

Tabela 4. Średnie błędy uzyskane przy zastosowaniu różnych metod korekcji geometrycznej

orientacji zewnętrznej skanera (trajektoria lotu, kąty nachylenia) są funkcją czasu, a warunek kolinearności opisuje sytuację w danym momencie, praktycznie dla jednej linii obrazu.

Model parametryczny dla systemu IRS zaproponował dr T. Toutin z Canadian Center for Remote Sensing (1995 r.). Uwzględnia on i usuwa dystorsję geometryczną z tytułu:

- dynamiki satelity (niestabilnej prędkości, pozycji i orientacji zewnętrznej),
- pracy skanera (kąta widzenia, parametry geometryczne układu optycznego),
- kształtu Ziemi (geoida, elipsoida i deniwelacje terenu),
- odwzorowania kartograficznego (rodzaj elipsoidy, typ odwzorowania kartograficznego).

Model ten został oprogramowany i włączony do pakietu PCI OrthoEngine SE do korekcji zdjęć IRS.

W tabeli 4 przedstawiono średnie błędy uzyskane przy stosowaniu różnych metod korekcji geometrycznej zdjęć IRS dla czterech scen przy wykorzystaniu 60-80 foteopunktów dla metod wielomianowych oraz przy użyciu NMT o średnim błędzie wysokościowym nie przekraczającym 5 m dla metody parametrycznej.

● Poprawa radiometrii

Wiele krajów (np. USA, Kanada) bardzo aktywnie wykorzystuje zobrazowania IRS. Niestety, wydaje się, że w Polsce zaniedbano elementy związane z korekcją radiometryczną tych zdjęć, co prawdopodobnie zniechęca do ich praktycznego wykorzystania. Wprawdzie względnie niskie koszty zakupu zobrazowań (ok. 2500 euro za pełną scenę, tj. 70 x 70 km) i w miarę prosta korekcja geometryczna stanowią poważną zachętę, ale ani Space Imaging, ani krajowi dystrybutorzy nie zajmują się stroną radiometrii tych 6-bitowych zdjęć. Na świecie istnieją firmy specjalizujące się w poprawie radiometrii zobrazowań IRS, z czego sama firma Space Imaging chętnie korzysta. Obok przedstawiono dwa przykłady zdjęć IRS w zakresie panchromatycznym. Pierwsze (po częściowej korekcji radiometrycznej) wykonane przez jedną z firm kanadyjskich obejmuje frag-

ment miasta Calgary w Albercie (Kanada). Kolejne przedstawia fragment południowo-zachodniej Warszawy bez wstępnej poprawy radiometrii.



Fot. 4. Fragment zdjęcia IRS PAN-1C (600 x 800 pikseli) z 24 kwietnia 1999 roku obejmującego miasto Calgary w Kanadzie (po korekcji parametrycznej i radiometrycznej) wykorzystywanego do aktualizacji bazy danych topograficznych przez władze prowincji Alberta



Fot. 5. Zdjęcie uzyskane z systemu IRS-1C (600 x 800 pikseli) 12 września 1999 roku (po korekcji geometrycznej) obejmujące południowo-zachodni fragment Warszawy

Należy pamiętać, że przy zakupie tego typu zobrazowań trzeba wyraźnie ustalić kryteria jakości zdjęć, rodzaj odwzorowania oraz kwestie związane z licencją, tzn. liczbą przyszłych użytkowników mogących korzystać z zakupionych zdjęć.

dr Wiesław Wolniewicz, absolwent Państwowego Moskiewskiego Uniwersytetu Geodezji i Kartografii, prowadził działalność konsultacyjną z zakresu geoinformatyki w Kanadzie, obecnie pracownik PW.