

Zdjęcia lotnicze i zobrazowania satelitarne – stan obecny i perspektywy, cz. II

Obrazy z kosmosu coraz bliżej

ZDZISŁAW KURCZYŃSKI

Wobec rosnącej jakości obrazów satelitarnych coraz aktualniejsze jest pytanie o ich potencjał kartograficzny. W jakim zakresie (dla jakich skal) obrazy te są przydatne do produkcji i aktualizacji map topograficznych? Wokół tych zagadnień obserwuje się pewien „szum informacyjny”. Przejawia się on m.in. w pomijaniu niektórych uwarunkowań przydatności tych obrazów. Przykładem tego może być eksponowanie jakości geometrycznej obrazów, przy jednoczesnym umniejszaniu znaczenia ich ograniczonych możliwości interpretacyjnych (zawartości treści) koniecznych dla tworzenia czy aktualizacji mapy.

Obrazowanie w zakresie optycznym z pułapu satelitarnego

Obrazowanie powierzchni Ziemi z kosmosu datuje się od umieszczenia na orbitach okołoziemskich pierwszych sztucznych satelitów i załogowych statków kosmicznych. Stale rozwijają się techniczne środki obrazowania powierzchni Ziemi, pozyskuje się coraz doskonalsze obrazy. Doskonalsze, to znaczy o lepszej jakości radiometrycznej, większej stabilności geometrycznej i większej zdolności rozdzielczej. Obrazy te wykorzystywane są, ogólnie mówiąc, do monitorowania obiektów i zjawisk zachodzących na powierzchni Ziemi i kontroli dynamiki tych zjawisk. Rozwinęła się teledetekcja satelitarna. Celem tego rozdziału nie jest przegląd technicznych możliwości satelitarnego obrazowania, lecz jedynie ocena przydatności obrazów dla opracowań fotogrametrycznych, głównie produkcji i aktualizacji map topograficznych. Można tu wyróżnić:

- fotograficzne kamery satelitarne dostarczające tradycyjne zdjęcia fotograficzne,
- elektrooptyczne skanery dostarczające obrazy w postaci cyfrowej.

Kamery fotograficzne dostarczają obrazy w formie analogowej (na filmie srebrnym) o wysokiej jakości geometrycznej. Znane metody i technologie fotogrametrycznego opracowania mają tu bezpośrednie zastosowanie. Warto zwrócić uwagę na oferowane obecnie rosyjskie zdjęcia kosmiczne wykonane systemem SPIN-2, na który składa się wielkoformatowa kamera pomiarowa TK-350 i kamera pa-

noramiczna KVR-1000 (tabela 1 na następnej stronie). Jedno zdjęcie pomiarowe pokrywa 7 zdjęć panoramicznych. Kamera pomiarowa zapewnia stereoskopię i najwyższą jakość geometryczną, a kamera panoramiczna, poprzez bardzo wysoką zdolność rozdzielczą, zapewnia odpowiedni zasób treści. Połączenie tych źródeł umożliwia produkcję mapy topograficznej w skali 1:50 000 (bez fotopunktów) i ortofotoplanów w skali 1:10 000 [3, 13]. Pomimo oczywistych zalet zdjęcia satelitarne jednak się nie rozpowszechniły. Bariery są koszty i mała operatywność takich systemów (trzeba wystrzelić kamerę z filmem, a następnie naświetlony film ściągnąć na Ziemię). Nie wydaje się, aby tą drogą poszedł rozwój obrazowania Ziemi z kosmosu.

W przeciwieństwie do kamer fotograficznych, ciągłemu udoskonaleniu podlegają i rozwijają się **skanery elektrooptyczne**. Sensorem w takim skanerze jest linijka czułych detektorów (CCD) umiejscowiona w płaszczyźnie tłowej kamery i zorientowana prostopadle do kierunku lotu. Długość linijki detektorów, odległość obrazowa układu optycznego i wysokość lotu determinują szerokość obrazowanego pasa. Obraz tworzy się w sposób ciągły, w miarę ruchu postępowego satelity. Mówimy, że jest to obraz dynamiczny, w odróżnieniu od kadru tradycyjnego zdjęcia naświetlonego w ułamku sekundy. Geometria obrazu w poprzek lotu (tj. wzdłuż linijki detektorów) jest zgodna z rzutem środkowym, w kierunku lotu jest to rzut ortogonalny. Na to nakładają się zniekształcenia spowodowane ciągłą zmianą położenia i orientacji katowej, w rezultacie geometria obrazu skanerowego jest bardziej złożona i zmienna w czasie. Należy jednak zauważyć, że lot satelity jest bar-

K a m e r y f o t o g r a f i c z n e							
Parametr	MC Zeiss	LFC Itek	KFA-1000	SPIN-2			
				TK-350	KVR-1000		
Format zdjęcia [mm]	230x230	240x480	300x300	300x450	180x720		
Odl. obrazowa [mm]	305	305	1000	350	1000		
Wysokość orbity [km]	250	250	200	220			
Skala	1:800 000	1:800 000	1:200 000	1:630 000	1:220 000		
Rozdzielczość [m]	27	10	5-10	10	2		
Dokładność opracowania	7 20	5 15	4 15	15-20 5-7	7-10		
synt. [m]							
wys. [m]							
S k a n e r y e l e k t r o o p t y c z n e							
Parametr	SPOT		Landsat		MOMS-02		
	P	MS	MSS	TM	kanał 1-4	kanał 5	kanał 6-7
Piksel [m]	10	20	79	30 (120)	13,5	4,5	13,5
Liczba kanałów spektr.	1	3	4	6	4	1	1
Obrazowany pas [km]	60	60	185	185	78	37	78
Stereo	w poprzek orbity		nie		nie		wzdłuż orbity

Tabela 1. Wybrane satelitarne systemy obrazowania w zakresie optycznym

dzo stabilny, dzięki temu skanerowy obraz satelitarny charakteryzuje się wewnętrzną spójną geometrią, a zmienną w czasie dynamikę obrazu daje się opisać stosunkowo prostymi funkcjami. Miara zdolności rozdzielczej obrazu skanerowego są wymiary pojedynczego czułego elementu lub jego terenowego odpowiednika – piksela. Tabela 1 prezentuje parametry kilku najważniejszych skanerów satelitarnych. Skaner może pracować w jednym kanale spektralnym (tryb Pan – obraz czarno-biały) lub synchronicznie w kilku (tryb MS – obraz barwny). Z punktu widzenia potrzeb kartograficznych szczególnie interesujące i perspektywiczne są skanery z trzema linijkami detektorów, obrazującymi ten sam pas terenu: jedna obrazuje „do przodu”, druga „nadiro-wo”, a trzecia „wstecz”. W rezultacie z jednego przejścia satelity otrzymuje się trzy obrazy stereoskopowe, o dobrej wyznaczalności wysokości (przykład: skaner MOMS-02). Inną możliwość stereoskopii oferuje system SPOT. Pozwala on obrazować teren „w bok” od trajektorii lotu. Złożenie takich obrazów z różnych orbit daje efekt stereoskopowy. Dyspozycyjność takiego rozwiązania jest jednak znacznie mniejsza, muszą zaistnieć pogodowe warunki obrazowania jednocześnie w dwóch terminach.

Potencjał kartograficzny obrazów satelitarnych

Wobec rosnącej jakości obrazów satelitarnych coraz aktualniejsze jest pytanie o ich potencjał kartograficzny. W jakim zakresie (dla jakich skal) obrazy te są przydatne do produkcji i aktualizacji map topograficznych? Wokół tych zagadnień obserwuje się pewien „szum informacyjny”. Przejawia się on m.in. w pomijaniu niektórych uwarunkowań przydatności tych obrazów. Przykładem tego może być eksponowanie jakości geometrycznej obrazów, przy jednoczesnym umniejszaniu znaczenia ich ograniczonych możliwości interpretacyjnych (zawartości treści) koniecznych dla tworzenia czy aktualizacji mapy. Dość nagminne jest błędne utożsamianie „terenowego wymiaru piksela” z terenową zdolnością rozdzielczą obrazu. Taka niejednoznaczność rozumienia pojęć, obserwowana nawet w środowisku fotogrametrycznym, może prowadzić do błędnej oceny możliwości obrazów satelitarnych, zwłaszcza wśród „niefotogrametrów”.

Dokładność geometryczna

Przyjmuje się, że dokładność opracowania sytuacyjnego obrazów cyfrowych jest równa:

$$m_{\text{synt}} = k \times P_{\text{teren}} \approx (0,5-0,9) \times P_{\text{teren}},$$

gdzie P_{teren} jest terenowym rozmiarem piksela, a k – pewnym współczynnikiem empirycznym. Jego wartość bardzo zależy od kontrastu obiektu, przyjmuje się $k = 0,5-0,9$ [10].

Odpowiednio, za dokładność określenia wysokości przyjmuje się:

$$m_{\text{wys}} = (h/f) \times (h/b) \times m_p,$$

gdzie: h to wysokość lotu, f – odległość obrazowa układu optycznego, b – baza rejestrowania i m_p – błąd określenia paralaksy podłużnej. Dla obserwacji stereoskopowych obrazów cyfrowych przyjmuje się $m_p = (0,3-0,8) \times P_{\text{teren}}$.

Biorąc za podstawę powyższe kryteria można się spodziewać następujących dokładności geometrycznych opracowania:

■ dla obrazów MOMS-02:

dokładność sytuacyjna $m_{\text{synt}} = 2,3-4,1$ m (kanal 5: $P_{\text{teren}} = 4,5$ m)

dokładność wysokościowa $m_{\text{wys}} = 5,2-13,8$ m (kanały 6 i 7: $P_{\text{teren}} = 13,5$ m);

■ dla obrazów SPOT-P ($P_{\text{teren}} = 10$ m):

dokładność sytuacyjna $m_{\text{synt}} = 5,0-9,0$ m,

dokładność wysokościowa $m_{\text{wys}} = 4,0-10,7$ m (dla $b/h = 0,75$);

■ dla LandsatTM ($P_{\text{teren}} = 30$ m):

dokładność sytuacyjna $m_{\text{synt}} = 15,0-27,0$ m.

Przedstawione tu empiryczne kryteria potwierdzają się w wielu opracowaniach obrazów cyfrowych, np. MOMS-02 [10].

Zasób treści obrazów satelitarnych

Powszechnie wiadomo, że w zakresie skal średnich i małych czynnikiem limitującym przydatność zdjęć nie jest dokładność geometryczna, lecz ich możliwości interpretacyjne. W ocenie przydatności obrazów satelitarnych dla produkcji map topograficznych w danej skali pierwszorzędym kryterium jest porównanie treści tworzonej czy aktualizowanej mapy z zasobem treści rozpatrywanych obrazów, limitowanym w pierwszym rzędzie przez ich terenową zdolność rozdzielczą. Przyjmuje się, że terenowa zdolność rozdzielcza zdjęć czy obrazów powinna wynosić 0,2 mm w skali tworzonej mapy. Dla obra-

zów cyfrowych przyjmuje się, że ich terenowa zdolność rozdzielcza jest równa podwójnej wielkości piksela [10, 14].

$$R_{\text{teren}} = 2,0 \times P_{\text{teren}}, R_{\text{teren}} \Rightarrow 0,2 \text{ mm w skali mapy}$$

Wynika z tego, że zasób treści, np. obrazów MOMS-02 (piksel $P_{\text{teren}} = 4,5 \text{ m}$), odpowiada treści mapy topograficznej w skali 1:50 000, a obrazów SPOT-P odpowiednio w skali 1:100 000.

Dla tworzenia czy aktualizacji mapy topograficznej w skali 1:25 000 konieczne byłyby zatem obrazy cyfrowe z pikselem o wymiarach około 2,5 metra [10, 14].

Przy produkcji ortofotomap przyjmuje się wynikową rozdzielczość takich map równą 10 pikseli/mm. Dla obrazów satelitarnych takie kryterium jest zbyt pesymistyczne. Doświadczenie pokazuje, że przy odpowiedniej obróbce już dla rozdzielczości 5 pikseli/mm można otrzymać ortoobraz dający wrażenie „ostrości” i ciągłości tonalnej. Jeśli przyjąć to za kryterium, to np. obrazy MOMS-02 pozwolą tworzyć ortofotomapę w skali 1:25 000, a SPOT-P odpowiednio w skali 1:50 000.

Perspektywy obrazowania satelitarnego

Zmiana przepisów, jaka nastąpiła w USA w 1992 r., umożliwiła wydawanie prywatnym firmom licencji na umieszczanie i obsługę satelitarnych systemów teledetekcyjnych. Oznacza to rozpoczęcie „komercyjnej ery wysokorozdzielczych obrazów cyfrowych” [2]. Już zawiązały się korporacje, planujące w najbliższym okresie umieszczenie systemów satelitarnych obrazujących w zakresie optycznym z terenowym rozmiarem piksela do 1-3 m (!). Tabela 2 ukazuje podstawowe parametry tych systemów [2, 8, 12]. Ich cechami wspólnymi są:

- obrazowanie w zakresie panchromatycznym (Pan) i wielospektralnym (MS),
- bardzo wysokie rozdzielczości,
- obrazowanie stereo „z jednej orbity”,
- możliwość programowania zasięgu obrazowanego pasa w kierunku wzdłuż i w poprzek trajektorii (w zakresie do $\pm 30^\circ$ - $\pm 45^\circ$ we wszystkich kierunkach),
- krótki okres rewizyt (co 1-3 dni),

- pozycjonowanie toru za pomocą GPS,
- bardzo krótki czas dostarczania obrazu do klienta (od 15 minut do 2 dni),
- spodziewana wysoka dokładność sytuacyjna i wysokościowa opracowania obrazów.

Według ocen autorów, np. obrazy „Orb View-3” umożliwiają tworzenie map topograficznych w skali 1:24 000 (z cięciem warstwicowym co 6 m) oraz ortofotomap w jeszcze większych skalach [2]. Biorąc pod uwagę wcześniej prezentowane kryteria przydatności obrazów, należałoby przewidywać, że obrazy z pikselem o wymiarach terenowych 1 m zawierają zasób treści odpowiadający mapie w skali 1:10 000. Należy jednak mieć na uwadze, że oceny te są ekstrapolacją dotychczasowych doświadczeń w zakresie fotogrametrycznego opracowania obrazów satelitarnych. Mowa bowiem o obrazach o rozdzielczości będącej blisko teoretycznej granicy, limitowanej przez zjawisko dyfrakcji światła. Już wkrótce praktyka zweryfikuje te zapowiedzi. Przewiduje się rozwój rynku komercyjnego na te obrazy i opracowania (GIS, kartografia, surowce naturalne, środowisko, monitorowanie Ziemi). Koszt obrazów na jednostkę powierzchni będzie około 2 razy niższy niż zdjęć lotniczych. Biorąc pod uwagę wcześniej zasygnalizowane zalety obrazów satelitarnych ocenia się, że tworzony właśnie komercyjny przemysł obserwacji Ziemi w zakresie optycznym może przejąć około 50% rynku zdjęć lotniczych [2]. Takie są oczekiwania i zapowiedzi autorów planowanych przedsięwzięć. Jeśli uznać je nawet za nieco przesadzone, to i tak stoimy niewątpliwie w przededniu nowej ery obrazowania satelitarnego.

Perspektywy zastąpienia kamery lotniczej kamerą cyfrową

Wysokorozdzielcze skanery elektrooptyczne z linią detektorów z dużym powodzeniem używane są do obrazowania powierzchni Ziemi z kosmosu. Systemy te stale się rozwijają, również w kierunku pozyskiwania obrazów stereoskopowych o wysokiej jakości pomiarowej. Standardem są tu skanery z linią detektorów liczącą 6-8 tysięcy elementów. Do-

Korporacja „System”	Earth Watch „Early Bird”		Earth Watch „Quick Bird”		Orbital Sciences „Orb View-3”		Space Imaging „Carterra”	
Tryb	Pan	MS	Pan	MS	Pan	MS	Pan	MS
Typ sensora	kamera CCD (tablica sensorów)		skaner CCD (linijka sensorów)		skaner CCD (linijka sensorów)		skaner CCD (linijka sensorów)	
Piksel [m]	3	15	1	4	1 i 2	8	1	4
Pasma spektralne (m)	0,45-0,80	0,50-0,59 0,61-0,68 0,79-0,89	0,45-0,90	0,45-0,52 0,53-0,59 0,63-0,69 0,70-0,90	0,50-0,90	0,45-0,52 0,52-0,60 0,63-0,69 0,76-0,90	0,45-0,90	0,45-0,52 0,52-0,60 0,63-0,69 0,76-0,90
Stereo	wzdłuż orbity		wzdłuż orbity		wzdłuż orbity		wzdłuż orbity	
Odchyl. pola widzenia wzdłuż orbity	$\pm 30^\circ$		$\pm 30^\circ$		$\pm 45^\circ$		$\pm 45^\circ$	
w poprzek orbity	$\pm 30^\circ$		$\pm 30^\circ$		$\pm 45^\circ$		$\pm 45^\circ$	
Obrazowany pas [km]	6x6	30x30	36		8		12	
Pozycjonowanie	GPS		GPS		GPS		GPS	
Orientacja kątowa	nie		nie		tak		tak	
Dokładność [m]:	synt.	wys.	synt.	wys.	synt.	wys.	synt.	wys.
z F punktami	6	4	2	3	2	3	2	3
bez F punktów	—	—	—	—	12	8	12	8
Pan – zakres panchromatyczny MS – zakres wielospektralny								

Tabela 2. Planowane satelitarne systemy obrazowania w zakresie optycznym

stępne są linijki liczące 12 tys. elementów [1]. Otwarta i realna jest droga podwojenia tej liczby. Dość naturalną byłaby próba umieszczenia takich systemów obrazowania na pokładzie samolotu. Jakie są przeszkody w przeniesieniu tych systemów i dobrodziejstw obrazowania elektronicznego na pulap lotniczy? Skoro fotogrametria idzie w kierunku rozwoju metod i technologii cyfrowych, to jakie są perspektywy zastąpienia tradycyjnej kamery analogowej kamerą cyfrową? Tradycyjna kamera lotnicza charakteryzuje się bardzo wysoką zdolnością rozdzielczą i znakomitą jakością geometryczną obrazu w całym kadrze. Skaner elektrooptyczny z linijką detektorów, aby dać obraz porównywalny pod względem rozdzielczości, musiałby mieć linijkę złożoną z około 23 tysięcy elementów. Na przykład kamera panchromatyczna (czarno-biały obraz) z rejestracją wartości radiometrycznej piksela na 8 bitach, przy prędkości samolotu $V=150$ węzłów (277 km/h), wymagałaby transmisji i rejestracji danych z następującą prędkością:

- dla obrazowania ekwiwalentnego skali 1:40 000 – 35,5 Mb/s;
- dla obrazowania ekwiwalentnego skali 1:26 000 (np. zdjęcia Phare) – 54,5 Mb/s;
- dla obrazowania ekwiwalentnego skali 1:5 000 (np. zdjęcia Phare) – 284 Mb/s.

Dla obrazowania stereoskopowego (skaner z trzema linijkami) te wartości należałoby potroić, a dla obrazowania barwnego pomnożyć przez kolejne 3 razy. O ile linijka detektorów złożona z 23 000 sensorów jest już do pomyślenia na obecnym poziomie technologicznym, to transmisja i zapis danych ze wskazanymi prędkościami leży poza obecnymi możliwościami.

Drugi problem, jaki się pojawia, to stabilność geometryczna obrazu skanerowego. Przy obrazowaniu z kosmosu obraz charakteryzuje się wysoką jakością geometryczną dzięki bardzo stabilnemu ruchowi satelity. Problem ten ma się zupełnie inaczej w przypadku lotu samolotu. Niestabilność liniowa i kątowna ruchu powodowałyby „przerwy” i „nakładanie się” obrazów poszczególnych linii obrazu. Konieczna byłaby precyzyjna stabilizacja kamery oraz ciągła rejestracja elementów orientacji (trajektorii lotu i elementów kątowych). Wiąże się w tym zakresie nadzieje ze „zintegrowanymi systemami nawigacyjnymi”. Jeśli przyjąć (jak poprzednio) piksel o wymiarach 10 μm i dopuścić błąd położenia z tytułu błędów pomiaru kątów nachylenia skanera na poziomie 20% wymiarów piksela, to łatwo obliczyć, że rejestracja tych kątów musiałaby być na poziomie dokładności równej 3" (sekundy kątowe). To również przewyższa obecne możliwości.

Problemy związane ze stabilnością geometryczną obrazu są nieobecne w przypadku kamery CCD z prostokątną matrycą sensorów. Jest to – z geometrycznego punktu widzenia – cyfrowy odpowiednik kamery analogowej. Obecnie osiągalne matryce zawierają do 5120 x 5120 elementów [7], a matryca ekwiwalentna pod względem rozdzielczości kamery lotniczej musiałaby zawierać około 23 000 x 23 000 elementów. Nic nie zapowiada pojawienia się takich sensorów w najbliższym czasie. W przypadku kamery CCD z tablicą sensorów nadal pozostają aktualne ograniczenia związane z transmisją i zapisem danych. Przedstawione problemy stanowią wyzwanie dla producentów kamer cyfrowych. Tymczasem w zakresie potrzeb pomiarowych stan obecny wytyczają cyfrowe stacje fotogrametryczne, bazujące na skanowanych zdjęciach lotniczych. Pozycja stale doskonalonych, tradycyjnych kamer lotniczych dzisiaj jest niezagrożona.

Nie wydaje się, aby stan ten mógł zmienić się dramatycznie w ciągu najbliższych 10 lat. W tym czasie będą trwały dal-

sze intensywne badania i doskonalenie kamer cyfrowych. Doprowadzi to prawdopodobnie do nieuniknionego przejścia na technologie wyłącznie cyfrowe.

Podsumowanie

1. W latach 90. nastąpił skokowy wzrost jakości lotniczych kamer pomiarowych. Stało się tak za sprawą:
 - polepszenia jakości obiektywów,
 - stosowania systemów kompensacji rozmazania obrazu spowodowanego ruchem samolotu (system FMC),
 - konstrukcji nowych, stabilizowanych zawieszek (AMC),
 - stosowania technologii GPS dla nawigacji, sterowania pracą kamery i precyzyjnego określenia położenia środka rzutów w locie.
2. Wzrost jakości kamer spowodował wyraźny wzrost jakości zdjęć lotniczych, szczególnie ich zdolności rozdzielczej.
3. Stoimy w przededniu nowej ery obrazowania satelitarne. Wkrótce będą dostępne obrazy stereoskopowe o rozdzielczości nawet do 1 m. Zmieni to podejście do problemu produkcji i aktualizacji średnioskalowych map topograficznych.
4. Rozwój elektrooptycznych skanerów cyfrowych z linijką detektorów czy kamer CCD z prostokątną matrycą obrazową CCD prawdopodobnie nie wyprze w najbliższej dekadzie tradycyjnych kamer lotniczych w zakresie zastosowań pomiarowych.

Dr inż. **Zdzisław Kurczyński**, ur. 1952 r. Studia rozpoczęte na Wydziale Geodezji i Kartografii PW kończy w 1976 r. na Wydziale Fotogrametrii Moskiewskiego Instytutu Inżynierów Geodezji, Aerofotografii i Kartografii. Od 1979 r. pracownik naukowo-dydaktyczny w Instytucie Fotogrametrii i Kartografii PW, obecnie na stanowisku adiunkta. Uczestnik X wyprawy polarnej PAN na Spitsbergen (1987-88). W latach 1991-93 prowadził prace fotolotnicze w Libii. Od 1995 r. zatrudniony w programie PHARE, sprawuje m.in. nadzór merytoryczny nad wykonawstwem zdjęć lotniczych dla obszaru Polski.

Literatura:

1. **Claus M.**, *Demands on Electro-optical Cameras for Sensing and Mapping*. Photogrammetric Week 1995. Wichmann-Verlag.
2. **Fritz L.**, *The Era of Commercial Earth Observation Satellites*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, January 1996, pp. 39-45.
3. **Lavrov V. N.**, *Space Survey Photocameras for Cartographic Purposes*. XVIII Congress ISPRS, Vienna 1996, Com. I.
4. **Leica Production Information**. *Test flight with the new lens cone Leica 30/4 NAT-S*.
5. **Leica Production Information**. *Test with the new Leica 15/4 UAG-S. Results of High-Altitude Photographs with Leica RC30 and 15/4 UAG-S Lens Cone*.
6. **Light Donald L.**, *The National Aerial Photogrammetric Program as a Geographic Information System Resource*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 59 (1993), No 1, pp. 61-65.
7. **Light Donald L.**, *Film Cameras or Digital Sensor? The Challenge Ahead for Aerial Imaging*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62 (March 1996): 285-291.
8. **Orbimage**: Internet, <http://www.orbimage.com>
9. **Schiewe J., Siebe E.**, *Revision of Cartographical Databases Using Digital Orthoimages*. ISPRS Com. III Symposium, Sept. 5-9, 1994, Munich, Germany.
10. **Schiewe J.**, *Cartographical Potential of MOMS-02/D2 Image Data*. Photogrammetric Week 1995. Wichmann-Verlag.
11. **Schlienger R.**, *Increased Image Quality Resulting From New Technologies in Aerial Cameras*. XVIII Congress ISPRS, Vienna 1996, Com. I.
12. **Space Imaging**: Internet, <http://www.spaceimage.com>
13. **SPIN-2**: Internet, <http://www.spin-2.com>
14. **Torlegard Kennert**, *Sensors for Photogrammetric Mapping: Review and Prospects*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 47 (1992): 241-262.