تهیه نقشه‌های موضوعی با تصاویر ماهواره‌ای

(قسمت سوم)

نوشتهٔ : Andrzej B. Kesik[1] and Andrzej Ciolkosz[2]
مترجم : مهندس حمید مالمیریان

تصویربرداری ماهواره‌ای و ویژگیهای کارتوگرافی آن (۳)

۱-۵) مأموریتهای مربوط به پرتاب کنندهٔ فضایی شاتل

ساخت فضاپیمای شاتل متعلق به ناسا به عنوان یک سکوی قابل استفادهٔ مجدد، راه حل مناسبی برای آزمایش سنجنده‌های جدید الکترونیکی و عکسبرداری برای مأموریتهای عملیاتی آینده فراهم آورده است.

از سال ۱۹۸۱ میلادی تا انفجار تأسف بار فضاپیمای شاتل در ۲۸ ژانویه سال ۱۹۸۶ میلادی، آزمایشات مشتمل بر کاربرد تصویربردار راداری SIR-A و SIR-B توسط شاتل، و اسکنر چندطیفی نوری الکترونیکی[3] (MOMS) و دو دوربین فضایی متریک و LFC[4] بود.

۱-۵-۱) مأموریتهای تصویربرداری راداری فضاپیمای شاتل

اولین آزمایش تصویربرداری راداری فضاپیمای شاتل، موسوم به SIR-A در ماه نوامبر سال ۱۹۸۱ میلادی از ارتفاع ۲۶۰ کیلومتری سطح زمین انجام گرفت. SIR-A[5] در باند L (۲۳/۵ سانتیمتر) با پولاریزاسیون بسیار زیاد به کار رفت و تصاویر با عرض گذر ۵۰ کیلومتر و با قدرت تفکیک زمینی (۴۰×۴۰) متر اخذ نمود.

تقریباً ده میلیون کیلومتر مربع از کرهٔ زمین تصویربرداری گردید که اکثراً تصاویر اخذ شده برای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. داده‌های SIR-A از طریق مرکز ملی داده‌های علوم فضایی ناسا[6] (NSSDC) و انتشارات Holmes & Sabins(1086) Elachi,Chimino(1982) تهیه و در اختیار کاربران قرار می‌گیرد.

آزمایش SIR-B در ماه اکتبر سال ۱۹۸۴ میلادی با استفاده از باند L و پولاریزاسیون بسیار زیاد همچنین مورد استفاده قرار گرفت.

اختلاف اساسی بین SIR-A و SIR-B مربوط به شکل آنتن می‌باشد که در حالت SIR-B آنتن متحرک بوده و می‌تواند جابجا شود. دیگر این که داده‌های راداری را از زوایای مختلف دید به زمین مخابره کند (محدوده زاویه دید بین ۱۵ تا ۶۰ درجه می‌باشد). و این امر فرصتی برای دریافت تصاویر راداری استریو فراهم نموده است. قدرت تفکیک SIR-B معادل ۲۵ متر (در امتداد آزیموت) بوده و محدودهٔ قدرت تفکیک، بین ۱۴ متر در زاویه دید ۱۰ درجه ۴۶ متر در زاویه دید ۶۰ درجه می‌باشد.

داده‌های مربوط به SIR-B همچنین از طریق NSSDC قابل حصول است.

۱-۵-۲) اسکنر چندطیفی نوری الکتریکی مدولار (MOMS)[7]

MOMS در جمهوری فدرال آلمان با توجه به کاربردش، در هواپیما و یا در طول مأموریت‌های فضایی طراحی و تکمیل گردید.

MOMS در دو مأموریت فضاپیمای شاتل در ماه جون سال ۱۹۸۳ میلادی و ماه فوریه سال ۱۹۸۴ میلادی مورد استفاده قرار گرفت.

MOMS از سنجنده‌های نوری منظم چندخطی تشکیل می‌شود که براساس "اسکن‌نمودن زمین ازفضا" فعالیت می‌نمایند. MOMS دارای دو کانال است: مرئی (۰/۶۲۵-۰/۵۷۵ میکرومتر) و مادون قرمز (۰/۹۷۵-۰/۸۲۵میکرومتر) هر خط اسکن از ۶۹۱۲ پیکسل تشکیل یافته است و قدرت تفکیک فضایی ۲۰ متر را فراهم می‌کند. در طول مأموریتهای آزمایشی، زمان ضبط به ۲۰ دقیقه محدود شده است. ضبط مربوط به ۱۵۰ تصویر بین ۲۸ درجه عرض شمالی جغرافیایی و ۲۸ درجهٔ عرض جنوبی جغرافیایی، تقریباً ۱۸۰۰۰۰۰ کیلومترمربع را با عرض گذر ۱۴۰ کیلومتر می‌پوشاند.

پردازش و بایگانی داده‌های MOMS بوسیلهٔ مرکز داده‌های سنجش از دور آلمان واقع در Oberpfaffenhofen انجام گرفت.

جدول (۱-۱۵) مشخصات دوربین متریک ماهوارهٔ Spacelab

نوع	دوربین اصلاح شدهٔ RMK A 30/23 زایس
عدسی	توپار A1 با ۷ عدسی
فاصله کانونی کالیبره شده	۳۰۵-۱۲۸ میلیمتر
حدا کثر اعوجاج	۶ میکرومتر (اندازه گیری شده)
قدرت تفکیک	۳۹۱ نقطه در میلمتر برروی فیلم پانهوایی
مسطح نمودن فیلم	با مونتردمنده قرار گرفته بربدنهٔ دوربین
شاتر	دیسک چرخندهٔ هوایی شاتر (بین شاتر عدسی)
سرعت شاتر	۱/۲۵۰ - ۱/۱۰۰۰ ثانیه در ۳۱ مرحله
فرکانس نوردهی	(۶-۴) ثانیه و (۱۲-۸) ثانیه
اندازهٔ تصویر	(۲۳×۲۳) سانتیمتر
عرض فیلم	۲۴ سانتیمتر
طول فیلم	عدد تصویر ۵۵۰ = ۱۵۰ متر
ابعاد	(۵۲ × ۴۰ × ۴۶) سانتیمتر
ابعاد مخزن فیلم دوربین	(۴۷ × ۲۳ × ۳۲) سانتیمتر
جرم	۵۴ کیلوگرم
جرم مخزن دوربین	۲۴/۵ کیلوگرم (با فیلم)

محصولات آماده شاتل:

- تصاویر "نگاه سریع"
- نوار مغناطیسی با فورمت استاندارد ۱۶۰۰ بیت در اینچ (داده‌های تصحیح شده خام)
- تصاویر سیاه و سفید (فیلم و عکسهای چاپ شده)

کاربردهای آزمایشی داده‌های MOMS بمنظور اهداف تهیه نقشه نشان می‌دهد که اطلاعات MOMS برای تهیه نقشه‌های موضوعی برای تحقیقات مختلف علمی و زمینی تا مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ مناسب است (Bodechtel, 1986)

۱-۵-۳) دوربین متریک در ماهوارهٔ Spacelab

دوربین متریک، معرف بهبود در سیستم Spacelab در زمینهٔ دوربین عکسبرداری هوایی RMK A30/23 متعلق به شرکت زایس می‌باشد. مشخصات دوربین متریک در جدول ۱-۱۵ آمده است.

دوربین متریک برای اولین بار در زمان مأموریت ماهوارهٔ spacelab که به وسیلهٔ فضاپیمای شاتل در ماه نوامبر سال ۱۹۸۳ میلادی به فضا پرتاب گردید، به کار برده شد. فضاپیمای شاتل، آزمایشگاه فضایی ساخته شده توسط اروپا (موسوم به Spacelab) را که مناسب برای کار پنج منجم بود با خود حمل نمود. عکسبرداری فضایی، یکی از ۳۷ پروژهٔ مهم آزمایشی بود که آزمایشگاه فضایی spacelab آنرا به انجام رسانید. در طول این پروژه دوربین متریک به طور مؤثر برای سه ساعت، از ارتفاع ۲۵۰ کیلومتری به کار برده شد. دو نوع فیلم هم به کار برده شدند: فیلم رنگی مجازی مادون قرمز ۲۴۴۳ کداک و فیلم سیاه و سفید عکسبرداری هوایی XX کداک ونتیجه آن تولید ۵۵۰ عکس فضایی رنگی و ۴۸۰ عکس فضایی سیاه و سفید در مقیاس ۱:۸۲۰۰۰۰ بود که تقریباً یازده کیلومترمربع از سطح کره زمین را پوشش داد.

تحقیقات عکسبرداری فضایی حاصله برروی آنالیز قابلیت عکسها بمنظور تهیه نقشه‌های توپوگرافی بازنگری نقشه و تکمیل نقشه‌های موضوعی متمرکز گردید. ارزیابی فتوگرامتری عکسها، نشان داد که می‌توان از عکسهای به دست آمده نقشه‌هایی با دقت موقعیت مسطحاتی کمتر از ۲۰ متر با خطوط منحنی میزان یکصدمتری برای مناطق شیب زیاد و ۵۰ متری برای مناطق مسطح و مناسب تهیه نقشه تا مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ فراهم نمود. (Schroeder, 1986, Konency, 1986) ، تهیه نقشه‌های موضوعی از عکسها، در آخر فصل عکسبرداری ماههای نوامبر و دسامبر متوقف شد.

۱-۵-۴) دوربین LFC[8]

دوربین LFC یک دوربین ویژه، بمنظور تهیه نقشه می‌باشد که توسط ناسا جهت ماموریتهای فضایی شاتل ساخت شد. LFC یک دوربین دقیق کارتوگرافیک مجهز شده به عدسی با فاصله کانونی ۳۰۵ میلیمتر و اندازه تصویر ۴۶۰×۲۳۰ میلیمتر است که طول بیشتر تصویر، در جهت پرواز می‌باشد. LFC دارای سیستم FMC (سیستم تطبیق حرکت تصویر) می‌باشد. (Doyle, 1978)

دوربین LFC برای اولین بار در طول مأموریت شماره ۱۴ فضاپیمای شاتل در ماه اکتبر سال ۱۹۸۴ میلادی بکار برده شد که از ارتفاع ۲۳۵ کیلومتری و ۳۷۵ کیلومتری عملیات انجام می‌داد. دوربین، تصاویر فضایی با پوشش زمینی به ترتیب (۳۶۰×۱۸۰) کیلومتر و (۲۸۵×۵۷۰) کیلومتر را فراهم نمود. پوشش استروسکوپی با همپوشی ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ درصد به دست آمد.

در حال حاضر عکسهای تهیه شده بوسیلهٔ دوربین LFC بوسیلهٔ موسسه نقشه‌برداری هوایی شیکاگو واقع در 2140 wolf rood, Dosplains, IL 60018, USA به صورت تجاری توزیع می‌شود.

اطلاعات ویژه دربارهٔ دوربینهای فضایی آن دوره از زمان و ویژگیها و خصوصیات آنها به صورت مقاله‌هائی در دو کنفرانس زیر معرفی شده است.

- کمیسیون ۲ سمپوزیم کنفرانس ISPRS[9] بنام "سیستمهای سنجش از دور و فتوگرامتری برای پردازش و آنالیز" Baltimor، آمریکا 30-26 ماه می سال ۱۹۸۶ میلادی
- کمیسیون شمارهٔ ۱ سمپوزیم کنفرانس

JSPRS "پیشرفت در سنجنده‌های تصویربرداری ۵-۱" ماه سپتامبر سال ۱۹۸۶ میلادی و Stottgart, FRD "داده‌های قابل فهم مقایسه‌ای" بوسیلهٔ Szangolies (۱۹۸۷)و(۱۹۸۷) Kromer همچنین معرفی شده است. جدول (۱-۱۶)

۱-۶) خلاصه

سیستم‌های عملیاتی جاری ماهواره‌ها، داده‌های سنجش از دور استاندارد زیر را فراهم می‌کند.

الف - داده‌های ماهواره‌ای و تصاویر مفید برای کارتوگرافی موضوعی

۱) NOAA: دوبار در روز، قدرت تفکیک یک کیلومتر.

۲) Meteosat: هر سی دقیقه، قدت تفکیک یک کیلومتر.

۳) لندست MSS: هر ۱۶ تا ۱۸ روز از سال ۱۹۷۲ میلادی، قدرت تفکیک ۸۰ متر.

۴) لندست TM: هر ۱۶ روز از سال ۱۹۸۲ میلادی، قدرت تفکیک ۳۰ متر.

۵) IRS-1: هر ۲۲ روز از سال ۱۹۸۸ میلادی، قدرت تفکیک ۷۲-۳۶ متر.

۶) عکسبرداری فضایی: دوربین MKF-6 از سال ۱۹۷۶ میلادی، قدرت تفکیک متناوب ۱۵ تا ۳۰ متر.

ب - داده‌های ماهواره‌ای و تصاویر مفید برای تهیه نقشه‌های موضوعی و توپوگرافی

۱) داده‌های رقمی اسپات: هر ۲۶ روز، عملیات از سال ۱۹۸۶ میلادی، برنامهٔ تا سال ۲۰۰۵ میلادی، قدرت تفکیک ۱۰/۲۰ متر (و ۵ متر بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی).

۲) عکسبرداری فضایی: دوربین آزمایشی متریک و LFC و KFA-1000, KAT-200 در ارتباط با نیازمندیهای کارتوگرافی بنیادی برای تهیه نقشه در مقیاسهای مختلف با:

- دقت مسطحاتی؛
- دقت ارتفاعی؛
- قابلیت مشاهدهٔ اشیاء؛

توضیحات ذیل که در مورد قبول نظریهٔ Konecny's (۱۹۸۹) می‌باشد بنظر مناسب می‌رسد. از «آنجائی که دقت مسطحاتی مشکل مهمّی را بیان نمی‌کند، بیشتر نظرها معطوف دقت ارتفاعی و مشاهدهٔ عوارض است. بالاترین سطح دقت ارتفاعی از داده‌های اسپات حاصل می‌شود. (تقریباً ۵ متر) بیشترین قابلیت مشاهده از طریق عکسبرداری فضایی قابل حصول است که در آن قدرت تفکیک عوارض زمینی به وسیله عکسبرداری فضایی از سنجنده‌های رقومی برتر است».

۱-۷) مأموریتهای آیندهٔ ماهواره‌ها و اهمیت کارتوگرافی آنها

توسعهٔ آینده سنجش از دور بستگی به فعل و انفعالات بسیار زیاد فنی، اقتصادی، سیاسی دارد، که در مقیاس جهانی و منطقه‌ای تغییر وپیش‌بینی منظم آنها بسیار مشکل است. شکی نیست که پیشرفت و بهبود روابط سیاسی، کم شدن هزینه‌های نظامی، و افزایش آگاهیهای اجتماعی در خصوص شرایط محیطی، محیط زیست، زمینه‌ساز مناسب تشدید مأموریتهای ماهواره‌ای در سطح ملی و بین‌المللی خواهد بود.

پیشرفت ماهواره‌ها قطعاً در زمینه‌های ذیل خواهد بود:

- ساختار سنجنده،
- طراحی سکوهای پرتاب و ماهواره،
- دریافت، پردازش، تجزیه تحلیل اطلاعات،
- چهارچوب اجتماعی اقتصادی: تجاری نمودن همکاریهای بین‌المللی مأموریتهای مشترک بین دو یا چند کشور.

جدول (۱-۱۶) مقایسه مشخصات فنی دوربینهای فضایی (بعد از Szangolies ۱۹۸۷)

مأموریتهای-دوربینها	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
زمان‌عملیات (میلادی)	۱۹۷۶-۸۲	۱۹۸۲-۸۶	از ۱۹۸۷	۱۹۸۴	۱۹۸۳
فاصلهٔ کانونی‌کالیبره‌شده(میلیمتر)	۱۲۵	۱۲۵	۱۲۵	۳۰۵	۳۰۵
اندازهٔ تصویر (mm×mm)	۵۵×۸۱	۵۵×۸۱	۵۵×۸۱	۲۳۰×۴۶۰	۲۳۰×۲۳۰
FMC[10]	دارد	دارد	دارد	دارد	ندارد
باندهای‌طیفی (mm	۰/۴۸*	۰/۴۸*	۰/۴۸*	۰/۴-۰/۹	۰/۵۳-۰/۸۷
	۰/۵۴*	۰/۵۴*	۰/۵۴*		(برای PLA)
	۰/۶۰*	۰/۶۰*	۰/۶۰*		۰/۵۳-۰/۹
	۰/۶۶*	۰/۶۶*	۰/۶۶*		(برای MLA)
	۰/۷۲*	۰/۷۲*	۰/۷۲*		
	۰/۸۴۰	۰/۸۴۰	۰/۸۴۰		
قدرت ایجادتصویرروشن و واضح (1 min)	۱۵۰-۲۲۰	۱۵۰-۲۲۰	۱۵۰-۲۲۰	۸۰	۳۰
ارتفاع‌پرواز(کیلومتر)	۲۵۰-۲۶۰	۳۵۰	۲۴۰-۳۰۰	۲۲۰-۲۷۰	۲۵۰
مقیاس‌تصویر(در Mio)	۱/۲	۱/۲۰۸	۱/۱۰۹	۱/۱۰۷	۱/۱۰۸
			۱/۱۰۲	۱/۱۰۴	
مساحت‌هر جفت‌عکس(درکیلومتر)	۷۰×۱۶۰	۱۰۰×۲۲۵	۷۰×۱۵۰	۲۲۰×۱۶۵	۱۲۵×۸۵
			۸۵×۱۹۰	۳۶۵×۲۷۵	
قدرت‌تفکیک‌زمینی(متر)	۱۳	۹-۱۳	۹	۱۰	۲۰
دقت‌تئوری‌اندازه گیری‌ارتفاع(متر)	۴۲	۵۸	۴۰-۵۰	۷-۱۲	۱۶
دقت‌تئوری‌اندازه گیری‌مختصات(متر)	۶	۸	۶-۷	۴-۶	۴
بزرگ‌نمودن‌نقشه‌تامقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰	۲۰	۲۸	۱۹-۲۴	۷-۱۲	۸

چندین مأموریت ماهواره‌ای در آمریکا، اروپا، ژاپن، کانادا، برزیل، هندوستان، هلند، چین، پیش‌بینی شده است. اطلاعات فنی اولیه و برنامه‌ها مرتباً در حال تجدید نظر هستند.

دههٔ آینده بوسیله استمرار مأموریتهای جاری با مدرنیزه نمودن یا اضافه نمودن سنجنده‌های جدید، و توسعهٔ اخذ داده، پردازش و توزیع داده، مشخص خواهد شد.

مأموریتهای آیندهٔ ماهواره‌های بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی با احتمال کمتری قابل پیش‌بینی هستند، بعضی از مفاهیم و ایده‌ها فرموله شده‌اند.

در بخشهای ذیل، ما به طور خلاصه توسعهٔ آیندهٔ سه نوع سیستم ماهواره‌ای را مرور می‌کنیم:

- ماهواره‌های هواشناسی،
- ماهواره‌های عمومی محیط زیست،
- ماهواره‌های کارتوگرافیک.

۱-۷-۱) ماهواره‌های هواشناسی آینده

ماهواره‌های ثابت زمینی بوسیله آمریکا، اروپا، ژاپن و روسیه به فضا پرتاب شده است. در آمریکا NOAA در حال برنامه‌ریزی نسل جدید ماهواره‌های GOES-NEXT می‌باشد که در حال تهیه است.

در اروپا، ESA از طریق برنامه عملیات Meteosat (MOP)[11] خود، برنامه‌ریزی پرتاب دو ماهوارهٔ Meteosat با کد MOP-2 و MOP-3 را با ارائه خدمات کامل به کاربران تا حداقل آخر سال ۱۹۹۵ میلادی به عهده گرفت.

ژاپن طرحی در خصوص پرتاب ماهوارهٔ GMS-5 برای سال ۱۹۹۴ میلادی در نظر دارد. این نوع ماهواره‌ها از طریق رادیومترهای باند مرئی و مادون قرمز اطلاعات فراهم می‌کنند. روسیه به پرتاب سری ماهواره‌های Meteor-2 ادامه می‌دهد.

ماهواره‌های هواشناسی قطبی عملیات خود را ادامه خواهند داد.

سازمان NOAA سری ماهواره‌های پیشرفته TIROS-N (NOAA,K,L,M,N,O,P) را فعال خواهد نمود. علاوه بر این برنامهٔ ماهواره‌های هواشناسی بخش دفاع نسبت به فراهم نمودن اطلاعات ادامه خواهند داد.

۱-۷-۲) آیندهٔ عمومی ماهواره‌های محیط زیست

این نوع ماهواره‌ها بیانگر بیشترین و متنوعترین گروه ماهواره‌ها هستند که شامل ماهواره‌هایی با سنجنده‌های مختلف، فعال و غیرفعال طراحی شده برای کاربردهای عمومی، چندمنظوره یا برای اهداف خیلی ویژه، مانند بررسی رویش گیاهی می‌باشند.

ماهواره‌های مورد نظر یا از مدارهای همزمان با خورشید، نزدیک قطب استفاده خواهند کرد که در این صورت موجب (تهیه) پوشش مکرر (در سطح زمین) و نهایتاً فعالیتهای مشترک بین‌المللی، مانند فعالیتهایی که در سال ۱۹۹۶ میلادی برای سیستم مشاهدهٔ زمین EOS[12] پیشنهاد شد، می‌گردد و یا از مدارهای پایین برای مأموریتهای سرنشین‌دار با سکوهای فضایی مجهز شده به سنجنده‌های عکسبرداری و الکترونیکی استفاده می‌گردد.

آمریکا برای استمرار فعالیت ماهواره‌های سری لندست برنامه‌ریزی نموده است، بهبود سنجنده‌های جدید به عنوان تجهیزات تصویربردار برای سکوهای قطبی بیانگر عناصر ایستگاههای مداری و مأموریتهای فضایی آینده شاتل می‌باشد.

برنامهٔ لندست که بوسیلهٔ EOSAT مدیریت می‌شود، برنامه ریزی خود را برای ماهواره‌های لندست ۶ و ۷ به تأیید رسانده است اما جزئیات مربوط به مشخصات سکو و سنجنده‌ها هنوز دقیقاً معلوم نیست، یک پیشنهاد برای سنجنده لندست ۶ مربوط به سنجنده[13] ETM می‌باشد که‌شبیه به سنجنده TM است، با باند اضافی پانکروماتیک 0.5-0.85 mm و قدرت تفکیک زمینی ۱۵ متر. لندست ۷ نهایتاً دارای سنجندهٔ ETM و با قابلیتهای سنجش طیف مادون قرمز حرارتی چندباندی خواهد بود. EOSAT همچنین در حال بررسی و محاسبهٔ عملکرد سنجندهٔ MLS[14] برای کاربردهای آینده می‌باشد.

چندین سازمان بین‌المللی و EOSAT به این نتیجه رسیده‌اند که لندست ۷ باید قابلیت تصویربرداری استریو برای تهیه نقشه داشته باشد. علاوه بر لندست ۷ توجه عمومی برای ادامه جمع‌آوری داده از طریق انواع ماهواره‌های لندست وجود دارد.

تعداد زیادی سنجنده برای مأموریتهای فضاپیمای شاتل طراحی شده‌اند پیشرفتهای کاملاً جدید عبارتنداز:

- MAPS[15]: اندازه‌گیری آلودگی هوا در فضا؛
- FILE[16]: تشخیص عوارض و آزمایش موقعیت؛
- SIR-C[17]: تصویربرداری راداری شاتل در باند C؛
- SISEX[18]: تصویربرداری با طیف‌سنج شاتل؛
- LIDAR[19]: آشکارسازی شدت نور و فاصله‌یابی.

یک برنامهٔ مشترک جالب بین امریکا و فرانسه[20] جهت مطالعه توپوگرافی سطح اقیانوس و گردش آب در اقیانوس متمرکز گردیده است. برنامه برای سال ۱۹۹۲ میلادی و برای مدت سه سال پیشنهاد شد. ارتفاع سنج راداری پیشرفته و سیستم‌های تعقیب پیش‌بینی شده است.

برنامه برای ایجاد ایستگاه فضایی در سال ۱۹۸۴ میلادی در آمریکا با حمایت زیادی از طرف اروپا، کانادا و ژاپن آغاز شد. سهم اروپا در این برنامه مربوط به کلمبوس می‌باشد. دو سکوی قطبی به عنوان عناصر ایستگاه فضایی با کمک فضاپیمای شاتل ساخته خواهد شد، یکی از آنها بوسیله ESA آماده خواهد شد و از مداریکه استوا را در ساعت حدود ۸ صبح قطع کند، فعالیت خواهد نمود. سکوی قطبی دوم بوسیلهٔ ناسا از مدار مشابه اما با قطع استوا در ساعت ۲ بعد از ظهر فعالیت خواهد نمود. سکوهای قطبی از ارتفاع ۸۵۰ کیلومتری سطح زمین عملیات خود را انجام خواهند داد. وجود لیست بلندی از وسایل، بیانگر اهمیت متمرکز شده برروی ماهواره‌های هواشناسی، اتمسفر، اقیانوس و مشاهده زمین می‌باشد.

فعالیتهای آینده اروپا (ESA) در این گروه از ماهواره‌های محیط زیست عمومی به بالاترین نقطه اوج برنامه سنجش از دور اروپا رسیده است. مأموریتهای ERS-1 شامل دو ماهواره خواهد بود، ERS-1 در ماه جولای سال ۱۹۹۱ میلادی به فضا پرتاب می‌شود و ERS-2 برای سال ۱۹۹۴ میلادی پیش‌بینی شده است و با عملیات مستمر تا سال ۱۹۹۶ میلادی مأموریتهای ERS اساساً جهت بررسی مناطق قطبی اقیانوس و یخ متمرکز می‌باشد. ERS-1 در یک مدار پایین و همزمان با خورشید و در ارتفاع ۸۰۰ کیلومتری از سطح زمین فعالیت می‌کند. وسائل مربوط به ERS-1 شامل موارد ذیل است:

- ارتفاع‌سنج راداری،
- یک وسیلهٔ میکروویو حقیقی[۲۱] (AMI) شامل اسکاتومترباد (پراکندگی سنج) در باند C و سیستم راداری نوع SAR در باند C (جدول ۱-۱۷)،
- یک رادیومتر اسکن کننده در طول مسیر (ATSR[۲۲]).

ژاپن که تاکنون به بازار تجاری کاربرد ماهواره وارد نشده است، در حال برنامه‌ریزی همکاری بین‌المللی مفصل برای تحقیقات جهانی محیطی آینده می‌باشد. برای نیمهٔ دوم سال ۱۹۹۰میلادی، آژانس تکنولوژی و فضایی (STA) سه پروژه ذیل را پیشنهاد کرد.

-[۲۳] ADEOS (ماهواره پیشرفته مشاهدهٔ زمین) برای سال ۱۹۹۵ میلادی با دو سنجندهٔ اصلی پیش‌بینی شده است. سنجنده[۲۴] AVNIR: (سنجنده‌ازنوع پیشرفتهٔ مرئی و نزدیک قرمز دارای) یک اسکنر چهارباندی با (۸-۱۶) متر میدان دید لحظه‌ای (IFOV) و قابلیت نشانه روی ۴۰± درجه و دو نوع کاربرد و سنجندهٔ ۱۲ باندی برای باند مرئی و مادون قرمز حرارتی؛ ۷۰۰ متر میدان دید لحظه به لحظه و ۱۴۰۰ کیلومتر عرض گذر.

سنجنده NPOP-1

دو سنجنده[۲۵] ITIR (رادیومتر مادون قرمز میانی) و[۲۶] AMSR (رادیومتراسکن پیشرفتهٔ مایکروویو) هر دو سنجنده برای ماهوارهٔ مدار قطبی ناسا در سال ۱۹۹۶ میلادی برنامه‌ریزی شده است[۲۷] (NPOP-1).

سنجنده[۲۸] TRMM (ماموریت اندازه‌گیری باران مناطق استوائی)

این سنجنده، تحت مطالعه و به عنوان یک پروژه مشترک با امریکا و با زمان پرتاب تقریبی ماهواره در سال ۱۹۹۶ میلادی قرار دارد، اهداف: اندازه‌گیری باران، جابه جائی و چرخش آب و فعل و انفعال بین اتمسفر و اقیانوس در منطقه استوائی.

پروژهٔ J-ERS-1 ژاپن یک پروژه مکمل برای مأموریتهای 1 و 2 MOS با نصب وسیله‌های زیر می‌باشد:

باند L سیستم SAR با اندازه‌گیریهای نوری بوسیلهٔ یک رادیومتر مادون قرمز طول موج کوتاه و رادیومتر مادون قرمز نزدیک طیف نور مرئی ترکیب شده است.

در سال ۱۹۹۴ میلادی کانادا، در نظر دارد که ماهوارهٔ Radar sat اولین ماهوارهٔ مشاهدهٔ زمین متعلق به کانادا را پرتاب کند، رادار ست بوسیله موشک دلتا به فضا پرتاب خواهد شد و در مدار دایره‌ای شکل و قطبی با زاویه انحراف ۹۹ درجه قرار خواهد گرفت. ارتفاع مدار ۸۰۰ کیلومتر از سطح زمین خواهد بود و چرخش عملیات ۲۴ روز در هنگام عبور از استوا و تعداد ۱۴/۴ مدار در روز می‌باشد. ماهواره Radarsat شامل یک سیستم SAR که با سرعت ۵/۳ GHZ (باند - C) و با آزیموت و محدودهٔ قدرت تفکیک ۳۰ متر انجام وظیفه می‌کند، خواهد بود. ماهوارهٔ رادارست (RADARSAT) در مناطق مورد عکسبرداری و در خصوص زاویه مشاهده و توانایی تمرکز و جمع‌آوری داده‌ها در سطوح مختلف از جزئیات، قابلیت انعطاف دارد. آنتن SLAR قادر خواهد بود که شعاع خود را در محدودهٔ عرض گذر ۵۰۰ کیلومتر، بین ۲۰ تا ۵۰ درجه خارج از کنار ماهواره نشانه روی کند. این نوع از عملیات توانست پوشش کاملی برای کانادا در هر ۷۲ ساعت و پوشش روزانه برای قطب شمال فراهم نماید.

پیش بینی مشارکت روسیه در مطالعات آیندهٔ ماهواره‌های محیط زیست مشکل می‌باشد. از یک طرف توانایی‌های فنی، مربوط به پرتاب‌کننده‌های ماهواره، طرح سکو و سنجندهٔ اخیراً بوسیلهٔ موشک Energia، ایستگاه فضایی میر، دفتر فضایی شاتل و بوسیلهٔ سیستم جدید راداری ماهواره‌ای مستند گردیده است. و از طرف دیگر وضعیت (عدم تعادل) کنونی اقتصادی واجتماعی شوروی سابق ممکن است منجر به بازنگری بسیاری از برنامه‌های فضایی، اولویتهای آنها و زمان برنامه‌ریزی شده آنها گردد. با ادامهٔ وضعیت سیاسی فعلی، انتظار یک همکاری بین‌المللی ثمربخش‌تری را، جهت دسترسی به داده‌های سنجش از دور آنها و همکاریهای مشترک فضایی بیشتر داریم.

برنامه‌های ماهواره‌های آیندهٔ محیط زیست در برزیل، هندوستان و چین کمتر قابل رویت است. تغییرات مشخصات سنجنده، پرتاب‌کننده‌های موشک، مشخصات مأموریت و اهداف متنوع هستند.

۱-۷-۳) مأموریتهای آیندهٔ ماهواره کارتوگرافی

عملیات آیندهٔ ماهوارهٔ کارتوگرافی می‌تواند بوسیله دو نوع مأموریت تشریح گردد:

- مأموریتهای آینده ماهواره اسپات و سایر ماهواره‌های تهیه نقشه‌های همپوش
- عکسبرداری فضایی آینده از طریق ایستگاههای فضایی و سکوهای مداری (سکوهای قطبی، فضاپیمای شاتل، ماهواره‌های کاسموس، ایستگاههای بوران، میر).

مأموریتهای آیندهٔ اسپات

اسپات ۳ و ۴ و ۵ به ترتیب برای سالهای (۱۹۹۳ و ۱۹۹۶ و ۲۰۰۱) میلادی برنامه‌ریزی شده‌اند.

در این ماهواره سکوهای مدرنیزه شده و مشخصات سنجنده تغییر یافته است. تغییرات اساسی مربوط به اسپات ۴ و ۵ می‌گردد در صورتی که ◄

اسپات ۳ دارای یک شکل مشابه با اسپات ۲ خواهد بود.

برای نسل آیندهٔ ماهواره‌های اسپات (یعنی ۴ و ۵)، پیشنهاد شده است که یک باند دربخش مادون قرمز میانی طیف نوری (mm ۱۰۷۵-۱۰۵۸) با قدرت تفکیک ۲۰ متر اضافه شود که باید بررسی رویش گیاهی را بهبود بخشد. پیشنهاد دیگر مربوط به افزودن یک وسیله دارای میدان دید وسیع با عرض گذر ۲۲۰۰ کیلومتر و قدرت تفکیک زمینی یک کیلومتر برای مطالعات منطقه‌ای می‌باشد. ابزارهای اساسی برای کاربردهای توپوگرافی همان سنجندهٔ HRV با قدرت تفکیک ۱۰ و ۲۰ متر خواهد بود اما با قابلیت تصویربرداری استروسکوپی در امتداد مسیر. آیندهٔ سیستمهای تهیه نقشه سه‌بعدی ماهواره‌ای بوسیلهٔ Colvo - Coresses (1990) و Light (1989) تشریح شده است. براساس نظریه Colvo - Coresses (1990) مشخصات خواسته شده و حداقل برای ماهواره‌های آیندهٔ تهیه نقشه سه‌بعدی، باید به شکل ذیل باشد:

مدار: ترجیحاً در ارتفاع ۹۱۸ کیلومتر، ارتفاع پایینتر (تا ۵۱۸ کیلومتر) قابل قبول است دایره‌ای‌شکل، همزمان با خورشید، پوشش گذرهای پیوسته، حرکت از شمال به جنوب، عبور از استوا بین ۹ تا ۹:۴۵ صبح به وقت محلی.

عرض گذر: ترجیحاً ۱۸۰ کیلومتر، قابل تنظیم به عرض گذر کمتر برای پوشش با قدرت تفکیک بیشتر و استرئوسکوپی و چندطیفی

سنجنده‌ها: سه‌مجموعهٔ چندطیفی منظم خطی، سیستم نوری منعکس کننده و نگاه کننده به سمت جلو، کنار و پایین. سه یا چهار باند طیفی انتخاب شده از نور مرئی و مادون قرمز که نیاز به سیستم خنک کننده برای آشکارسازها ندارد.

ضبط در ۲۵۶ سطح خاکستری (۸ بیت)، غیرمخرب، کمپرس نمودن داده در ماهواره نه‌بیشتر از ۳۲ یا ۶۴ سطح خاکستری (۵ یا ۶ بیت)

قدرت تفکیک فضایی: پیکسلهای ده متری قادر به تبدیل شدن به پیکسلهای بزرگتر در ماهواره. کاربرد باند خارج از طیف و استروئو نمونه‌های چاپی قدرت تفکیک مؤثر را از ده متر که به وسیلهٔ اندازه پیکسل نشان داده شده است، بیشتر خواهد نمود.

کنترل وضعیت و تعیین موقعیت:

کنترل با ۰/۱ درجه، اساساً برای نگهداشتن ماهواره به طور قائم در امتداد اثر زمینی اما با قابلیّت دید خارج از مسیر هنگام نیاز.

پایداری سفینه به اندازه 10^{-6} درجه در ثانیه، تعیین وضعیت تا ۵ ثانیه از قوس مسیر براساس سنجش ستارگان.

موقعیت ماهواره: بوسیلهٔ سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) و یا سیستم‌های مشابه آن، فراهم می‌شود و دارای دقت بین ۳ تا ۵ متر در سه جهت مختصاتی می‌باشد.

انتقال داده: (۵۰-۱۰۰) مگابایت در ثانیه، در ۳۲ یا ۶۴ سطح خاکستری (۵ یا ۶ بیت)، باند X از طریق یک آنتن تمام جهت در شبکهٔ ایستگاههای گیرندهٔ زمینی موجود ذخیره‌سازی در ماهواره برروی نوار ضبط کننده یا معادل آن.

سیستم ماهواره‌ای، تهیه نقشه سه بعدی داده‌های مناسب نقشه‌های مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ را با منحنی میزان ۲۰ متری فراهم خواهد نمود. درک و فهم پروژه تقریباً با ده سال تلاش به طول خواهد انجامید و هزینه‌ای معادل یک بیلیون دلار را دربرخواهد داشت. به‌طور مطمئن مأموریتهای عکسبرداری فضایی آینده، میدانی از فعالیتهای بالقوه را معرفی خواهند نمود. دوربینهای فضایی موجود، دوربین متریک، دوربین LFC و دوربینهای KAT-200 و KFA-1000 متعلق به شوروی سابق، ممکن است درطول مأموریتهای آیندهٔ سکوهای فضایی، عملیات فضایی شاتل، و مأموریتهای ایستگاههای فضایی میر (MIR)، به‌کار برده شوند. غیر از تلاشهای شوروی سابق، و علیرغم ارزیابی مثبت تحقیقات عکسبرداری فضایی از طریق LFC و دوربین متریک، تلاش کمتری از سوی سایر سازمانهای دست‌اندرکار - کاربردهای کارتوگرافی ماهواره در زمینه عکسبرداری فضایی از خود نشان داده‌اند.

۱-۸) چارچوب برای فعالیتهای آینده

علیرغم تلاشهای زیاد و همکاریهای بین‌المللی، بویژه در زمینهٔ مطالعات هواشناسی، فعالیتهای کنونی (کاربرد) سنجش از دور در محیط زیست و کارتوگرافی تا حد زیادی سناریوی قدیمی تقسیم جهان به لحاظ سیاسی و اقتصادی به دو بخش، را منعکس می‌سازد. سازمانهای رقیب، مأموریتهای همپوش و بسیاری از فعالیتهای بوروکراسی مهم، پیشرفت واقعی در همکاریهای علمی جهانی را تخریب می‌کند. به هر صورت، قدمهایی در جهت صحیح برداشته شده است. سازمانهایی نظیر سازمان هواشناسی جهانی [۲۹] (WMO)، سازمان خواربار و کشاورزی جهانی [۳۰] (FAO)، برنامهٔ محیط زیست سازمان ملل متحد [۳۱] (UNEP) و دیگران، نظیر برنامهٔ بین‌المللی اتمسفر زمین - بایسفر [۳۲] (IGBP) که بستگی زیادی به داده‌های ماهواره‌ای و تحقیقات جهانی محیط زیست خواهند داشت. سازمانهایی نظیر NASA, ESA و NOAA در حال برنامه‌ریزیهای مشترک بیشتری هستند. در روسیه، اثرات جدیدی برای تجاری نمودن منجر به فروش تصاویر فضایی اخذ شده توسط دوربین چندطیفی MK-4، KFA-1000 بوسیلهٔ شرکتهایی بنام «پری‌رود» و «سویوزکارتا» شده است.

توجهات جهانی محیط زیست، که نیازمند به همکاری و فعالیت بین المللی می‌باشد، می‌تواند سهم مؤثری در بهتر نمودن استراتژیها و مأموریتهای همکاریهای مشترک داشته باشد.

اهداف کارتوگرافی مأموریتهای ماهواره‌ای، اولویت اولیه آنها را به علت درک عدم وجود پوشش جهانی نقشه، تقاضای قوی برای بازنگری مؤثر نقشه و نیاز برای تهیه نقشه‌های موضوعی جدید که مبین تغییرات کرهٔ زمین می‌باشد را حفظ می‌کند. در صورتی که کشورهای صنعتی پیشرو که دارای ظرفیتها و توانائیهای فنی واقتصادی هستند به یکدیگر اعتماد نموده و نزدیکتر شده و همکاری بیشتری در جهت سرمایه گذاری‌هایشان انجام دهند و سنجش از دور و کارتوگرافی ماهواره‌ای را حمایت کنند نیل به اهداف مأموریتهای کارتوگرافیک ماهواره‌ای تسریع می‌گردد. □

منابع:

ADENIYI, P. O. and BULLOCK, R. A. (Eds.)198. Seasonal Land Use and Land Cover in Northern Nigeria; An Atlas of the Central Sokoto - Rima Basin. Department of Geography, University of Waterloo, Occasional Paper No. 8.

ALLAN, T. D. 1983. Satellite Microwave Remote Sensing. Chisterts. Ellis Horwood.

BARKER, J. L. (Ed.). 1984. Landsat - 4. Investigation Summary, including Deembo 1983 Workshop Reslts. NASA-CP-2326, Vol.1-2.

BARKER, J. L. (Ed.). 1985. Landsat - 4. Science, Characterization, Early Results. NASA-CP-2355, Vol.1-4.

BAUDOIN,A. 1992. Improvements of the SPOT system at the turn of the next century. Proceedings 17th ISPRS Conference, Washington.

GATLAND, KENNETH. 1989.The Illustrated Encyclopediaof Space Technogy, 2nd ed. Saiamander Books Ltd.

GUGAN, D. J. 1987. Practical aspects of topographic mapping from SPOT imagery. Photogrammetric Record, Vol.12 (69),pp. 349-355.

GUYENNE, T. D. and CALABRESI, G. 1989. Monitoring Earth's Environment. ESA-SP-1102.

HARRIS, R. 1987. Satellite Remote Sensing. Routledge & Kegan Paul, London and New York.

HOLMIS. A. L. 1983. Shuttle imaging radar-A, information and data availability. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 49, pp.65-67.

HOATT. E. 1988. Keyguide to Information Sources in Remote Sensing. Mansell Publ. London and New York.

IRS PROJECT TEAM.1988. The Indian Remote Sensing Satellite System. Remote Sensing Yearbook 1988/89. pp.59-72. Taylor & Francis Ltd. London and New York.

JLASEN. J. R. 1986. Introductory Digital Image Ptocessing. Prentice-Hall, Englewood Cliggs, New Jersey.

KONFCNY. G. 1986. First results of the European spacelab Photogrammetric camera Mission. In K. H. Szekielda (Ed.), Satellite Remote Sensing for Resource Development. Graham & Trotman Ltd. London.

KONECNY. G. 1989. Recent development in remote sensing. Invited paper, 14th World Conference of the International Cartographic Association, Budapest.

KROMER. J. 1987. Suitability of space photographs for map production and map revision. Jena Journal for Photogrammetrists and Surveyors, Vol.1. p. 12-16.

LIGHT. D. L. 1989. Remote sensing for mapping. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Proceedings ASPR/ACSM Annual Convention, Vol.3,pp. 50-74.

LNEESAND. T. M. and KIEFER, R.W. 1987.Remote Sensing and Image Interpretation, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.

MATTHEWS. J. 1988. Images of remote sensing in Japan. In Remote Sensing Yearbook 1988/89, pp. 29-47. Taylor & Francis Ltd, London and New York.

MOTK. J. G. 1980. Digital Processing of Remotely Sensed Images. NASA-SP-431.

Multilingual Dictionary of Remote Sensing and Photogrammery. 1984. American Society of Photogrammetry.

NASA. 1977. Skylab Explores the Earth. NASA-Sp-380.

NASA. 1982. Meteorological Satellites: Past, Present and Future. NASA-CP-2227.

NASA. 1986. Earth System Science Overview. A Program for global Change. Washington, D.C. NASA.

NASA. 1988. Earth System Science: A Closer View. Report of the Earth System Science Committee, Washington, D.C.

Bodechtel, H. 1986. Thematic Mapping of natural resources with the modular optoelectronic multispectral scanner (MOMS). In K. H. Szekielda (Ed.), Satellite Remote Sensing For Resource Managemnt. Graham & Trotman Ltd, London.

CAMPBELL, J. B. 1987. Introduction to Remote Sensing Guiford Press, New York and London.

CArter, D. J. 1986. The Remote Sensing Sourcebook. Mc Carta Ltd, London.

CERCO. 1988. The SPOT system and its cartographic applications. Proceedings of the Conference, Saint-Mandé, 6-15 June 1988.

CHEN, H. S. 1985. Space Remote Sensing Systems. Academic Press, New York.

CHEN- SHU-PENG. 1986. Atlas of Gos - Science Analysis of Landsat Imagery in China. Science Press, Beijing.

CIMINO, J.B. and ELACHI, (Eds.). 1982. Shuttle Imaging Radar-A (SIR-A) Experiment. Jet Propulsion Laboratory Publication 8277. Pasadena, California.

COLVOCORESSES, A. P. 1990. An operational Earth mapping and monitoring satellite system: a proposal for Landsat 7. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol .56, No. 5, pp. 569-571

DENÈGRE, J. 1987. Apport de SPOT aux svstèmes d'information géographique. Colloque SPOT-1. Image Utilization Assessment Results, pp.1459-1466.

DENÈGRE, J. (Ed.) 1988. Thematic Mapping from Satellite Imagery: An International Report. Elsevier Applied Science Publishers Ltd, Amsterdem.

Dierke Weltraumbild-Atlas. 1981. George Westermann Verlag, Braunchweig

DOYLE, F. J. 1979. The Large format camera for shuttle. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.45,No.1,pp.200-203.

DRURY, S. A. 1990. A Guide to Remote Sensing. Oxfotd University Press.

EHLERS, M., EDWARDS, G. and BÈdard, Y. 1989. Integration of remote sensing with geographical information system; a necessary evolution. Photogrammetic Engineering and Remote Sensing, Vol.55,No,pp.1619-1627.

FISHER. P. F. and LINDENBERG, RICHARD E. 1989 On distinction among cartography, remote sensing and geographical information system. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 55.No. 10, pp. 1431-1434

FORD, J. P. et al. 1980. Seasat Views North America, the Caribbean, and Western Europe with Imaging Radar. Jet Propulsion Laboratory Publication 80-87. Pasadena, California.

FU, L. and HOLT, B. 1982. Seasat Views: Oceans and Sea Ice with Synthetic Aperture Radar. Jet Propulsion Laboratory Publication 81-120 Pasadena, California.

VAUGHAM, W. W. (Ed.). 1982. The Conception, Growth, Accomplishments and Future of Meteorological Satellites. NASA-CP-2257.
WELCM, R. 1985. Cartographic potentials of SPOT image data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 55,pp. 1085-1091

پاورقی:

1) Department of Geography, University of waterloo, Waterloo, Ontario, Canada
2) Institute of Geodesy and Cartography, Warsaw, Poland
3) MOMS = Modular Optoelectronic Multispectral Scanner
4) LFC = Large format Camera
5) SIR = Shuttle Imagying Radar
6) NSSDC = Nasa's National Space Science Data Centre
7) MOMS = Modulor Optoelectronic Multispecttal Scanner
8) LFC = Large format camera
9) ISPRS = International Society for Photogrammetry and Remote Sensing
۱۰) MKF-6 از پنا-مأموریت سایوز ۲۲، روسیه (۲) مأموریت سالیوت ۶ روسیه (۳) ایستگاه میر روسیه (۴) دوربین LFC ناسا - مأموریت چلنجر - آمریکا (۵) دوربین متریک، مأموریت Spacelab سازمان فضایی اروپا
* دامنه: ۰/۰۲ ±
+ دامنه: ۰/۰۵ ±
≠ پوشش: ٪۶۶

11) MOP = Meteosat Operational Programme
12) Earth Observing System
13) ETM = Enhanced Thermal Mapper
14) MLS = Multispectral Array
15) MAPS: Measurement of air Pollution from Space
16) FILE = Feature Identification and location expelinant riment
17) SIR-C=SHuttle Imaging radar with c-band
18) SISEX= SHuttle Imaging Spectrometer
19) LIDAR = Light Intensity Detection and Ranging
20) Topex.Poleidon
21) AMI = Active Microwave Instrument
22) ATSR = Along - Track Scanning Radiometer
23) ADEOS = Advanced Earth Observation Sattelite
24) AVNIR = Advanced Visible and neas IR Scanner
25) ITIR = Intermediate Infrared Radiometer
26) AMSR = Advanced Microwave Scanning Radiometer
27) NPOP-1 = NASA Polar Orbit Platform
28) TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission
29) WMO = World Meteorological Organization
30) FAO = The Food and Agriculture Organization
31) UNEP = United Nation environmental Programme
32) IGBP = International Geosphere - Biosphere Programme

NASA.
PALUDAN, T. and CSATI, E. 1978. Euludus Map; An International Land Resources Map Utilizing Satellite Imagery. NASA-TP-1371.
RICHARDSON, J. A. 1986. Remote Sensing Digital Image Analysis. Springer Verlag. Heidelberg.
RIVEREAU, J. C. and POUSSE, M. 1988. SPOT after two years in operation. CXERCO. Proceedings of the Conference "The SPOT and its Cartographic Applications ", 6-15 June 1988.
ROCHON, G. and TOUTIN, T. 1986. SPOT, a new cartographic tool. International Archives of Phologrammetry and Remote Sensing, Vol.26 (4), pp.192-205.
SABINS, F. F. 1983. Geologic interpretation of space shuttle radar images of Indonesia Amer. Association of Petroleum Geology Bulletin, Vol.67, pp.2076-2099.
SABINS, F. F. 1987. Remote Sensing: Principlas and Interpretation, 2nd ed. W.H. Freeman and Co., New York.
SAGAYEW, R. S., SALISHCHEW, K. A. and KOUTZLEBEN, ?. (Eds.). 1982. Atlas of Interpretation of Multispectral Aerospace Photographs; Methods and Results. Academia Verlag, Berlin; Publishing House "Nauka", Moscow.
SCHROEDER, M. 1986. Spacelab metric camera experiments. In K. H. Szekielda (Ed.), Satellite Remote Sensing for Resource Development Graham & Trotman Ltd, London.
SHEFFIELD, C. 1981. Earthwatch; A Survey of World from Space.Macmillan, New York.
SHEFFIELD, C. 1983.Man on Earth. MacMillan, New York.
SHORT, N. M. 1982 The LAndsat Tutorial Workbook: Basics of Satellite Remote Sensing. NASA-RP-1078.
SHORT, N. M. and BLAIR, ROBERT W. (Eds.). 1986. Geomorphology from Space: A Global Overview of regional Landforms. NASA-SP-486.
SHORT, N. M. and STUART, L. A. 1982. THE Heat Capacity Mapping Mission (HCMM) Anthology. NASA-SP-465.
SOUTHWORTH, C. S. 1985. Characteristics and availability of data from Earth imaging satellites. US Geological Survev Bulletom. 1631.
SZANGOLIES, K. 1987. Acquisition and use of space photographic data for mapping. Jena Journal for Photogrammetrists and Surveyors, Vol.1, pp. 2-4.
SZEKIELDA, K. H. (Ed.) 1986. Satellite Remote Sensing for Resource Development. Graham & Trotman Ltd, London.
TSUCHIYA, K., ARAI, KOHEY and IGARASHI, TAMOTSU. 1987. Marine observation satellite. Remote Sensing Reviews, Vol.3, pp. 59-101.
US GEOLOGICAL SURVEY. 1979. Landsat Data User's Handbook. USGS.