تهیه نقشه‌های موضوعی با تصاویر ماهواره‌ای

(قسمت دوم)

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

تصویربرداری ماهواره‌ای و ویژگیهای کارتوگرافی آن (۲)

۱-۳) سیستم‌های ماهواره‌ای مشاهده زمین

سیستم ماهواره‌ای مشاهدهٔ زمین، که ماهواره‌های منابع زمین نیز نامیده می‌شوند، به عنوان نسل ماهواره‌های هواشناسی و به عنوان سیستم‌های بسیار پیشرفته‌تر از سیستم‌های اولیه مانند مرکوری، جمینی، آپولو، اسکای‌لب، می‌باشند. مأموریتهای اولیه این ماهواره‌ها مشتمل بر کاربردهای آزمایشی سنجنده‌های الکترونیکی و عکاسی بوده که اولین نسل تصاویر فضایی از زمین را فراهم نمودند و موجب تحریک در زمینهٔ تحقیق و تجسسهای چند منظوره از زمین گردیدند.

کاربردهای کارتوگرافیکی مورد بررسی و تجسس قرار گرفته و نقشه‌های موضوعی معرّف ساختارهای گیاهی و حیوانی و منطقه‌بندی فیزیکی قسمتهای مختلف جهان تجدیدنظر و (به لحاظ اطلاعاتی) غنی شده‌اند.

عکسبرداری چندطیفی فضایی و رویداد تصویربرداری چندطیفی، نه تنها در جهت مشاهدهٔ بهتر الگوهای فضایی عوارض زمین سهم بسزایی داشته، بلکه در پیشرفت و بهبود روشهای واضح‌سازی و آنالیز تصویر که تاکنون برای آنالیز دستی / دیداری تصاویر ماهواره‌ای ضرورت دارند، نیز سهم مهمی را ایفا نموده است. برنامه‌ریزی ماهواره‌ای مشاهدهٔ زمین در سال ۱۹۶۸ میلادی آغاز و در سال ۱۹۷۲ میلادی هنگامی که اولین ماهوارهٔ ERTS-1 توسط ناسا به فضا پرتاب شد، به مرحلهٔ عملیاتی رسید. بین سالهای ۱۹۷۲ و ۱۹۸۴میلادی، پنج ماهوارهٔ لندست به فضا پرتاب شدند، ولی براساس این برنامه انتظار می‌رفت که حداقل دو ماهواره دیگر نیز به فضا پرتاب شوند.

جدول (۱-۶)، مأموریتهای ماهواره لندست ۱ الی ۵

ماهواره	پرتاب	غیرفعال	سنجنده‌ها
لندست ۱	23/06/72	1/06/78	MSS,RBV
لندست ۲	22/01/75	30/09/83	MSS/RBV
لندست ۳	5/05/82	30/09/83	MSS,RBV
لندست ۴	16/07/82	—	TM,MSS
لندست ۵	1/03/84	—	TM,MSS

در سال ۱۹۷۸ میلادی، با قرار گرفتن سیتم SAR[3] در ماهوارهٔ SEASAT، مفید بودن تصاویر اخذ شده توسط این سیستم برای مطالعات محیط زیست اثبات گردید. در محدودهٔ زمانی بین سالهای ۱۹۸۰ - ۱۹۷۸ میلادی، مأموریت تهیه نقشه‌های ظرفیت حرارتی [4] (HCMM)، پوشش وسیعی از داده های حرارتی را تولید نمود.

در سال ۱۹۸۶ میلادی، فرانسه اولین، ماهواره اسپات را با یک نوع سنجندهٔ ابداعی و با قدرت تفکیک زیاد به فضا پرتاب کرد.

در کشور روسیه، سری ماهواره‌های کاسموس مجهز به چهار اسکنر چهارباندی و عکاسی چندطیفی و دوربینهای تک باندی به فضا پرتاب شدند.

سنجنده‌های الکترونیکی و عکاسی بوسیلهٔ روسیه در ماهوارهٔ سایوز (Sayuz) و ایستگاه فضایی Mir-Kvant به کار گرفته شد. (Gatland,1989)

در ایالات متحدهٔ آمریکا، در سال ۱۹۸۱ میلادی، یک فضاپیمای جدید، موسوم به فضاپیمای شاتل در مأموریتهای مختلف مورد استفاده قرار گرفت، و طی آنها، سنجنده‌های جدیدی مورد آزمایش قرار گرفتند. ماه جولای سال ۱۹۹۱ میلادی، با آغاز برنامهٔ مشاهداتی زمینی اروپا، ماهوارهٔ ◄

ERS-1 به فضا پرتاب گردیدو فعالیتهای فضایی مشاهدهٔ زمین به نقطهٔ اوج و طلایی خود رسید.

بخش ذیل نمونه‌های دقیق از سیستم‌هایی که در بالا اشاره گردید، معرفی می‌نماید.

۱-۳-۱) برنامهٔ ماهواره لندست

قریب به بیست سال است که لندست یک برنامهٔ عملی و جالب تجسس منابع و ذخائر جهانی را به معرض نمایش گذارده است. برنامهٔ لندست در سال ۱۹۶۷ میلادی بوسیله سازمان فضایی ناسا آغاز و منجر به برنامه‌ریزی شش ماهوارهٔ سری لندست موسوم به ERTS (ماهوارهٔ تکنولوژی منابع زمین)[5] براساس مدرنیزه نمودن ماهواره هواشناسی نیمبوس (NIMBUS)، گردید. هدف اساسی جمع‌آوری داده‌های منابع زمینی، به طور سیستماتیک و مکرر، چندطیفی و با قدرت تفکیک متوسط و براساس سیاست عدم تبعیض جهت بهره‌برداری کنندگان در سراسر جهان، بود.

در ماه جولای سال ۱۹۷۲ میلادی، اولین ماهواره بدون سرنشین ERTS-1 که به طور خاصّ جهت اخذ منظم سیستماتیک داده‌های مربوط به منابع زمینی طرح شده بود، به فضا پرتاب شد.

قبل از پرتاب دومین ماهواره در ۲۲ ماه ژانویه سال ۱۹۷۵ میلادی، ناسا نام جدید **لندست** را به جای برنامه ERTS عنوان نمود. این نام همراه با تغییر نام ERTS-1 به **لندست یک** برای سایر ماهواره‌های سری ERTS باقی مانده است.

برنامهٔ **لندست** در پریود زمانی سالهای ۱۹۷۲ الی ۱۹۹۰ میلادی به کلیه عملیات مرتبط با پنج ماهواره پرتاب شده و ماهواره‌های پرتابی مورد نظر در آینده یعنی لندست ۶ و ۷ اتلاق می‌شود. به علت اختلاف موجود بین مدارهای ماهواره‌ای، شکل سنجنده و مشخصات داده‌های جمع‌آوری شده، ماهواره‌های لندست در دو نسل گروه‌بندی شده‌اند: اولین نسل، گروه لندست ۱ و ۲ و ۳ و دومین نسل، گروه لندست ۴ و ۵ می‌باشند.

اولین نسل ماهواره‌های لندست ۱ و ۲ و ۳

سه ماهواره اول لندست دارای شکل یکسان یا بسیار مشابه‌ای به لحاظ دو نوع سنجنده مستقل هستند. سنجندهٔ اسکنر چندطیفی موسوم به MSS[6] و دوربینهای RBV[7]. سنجنده‌ها نسبت به انرژی امواج الکترومغناطیسی منعکسه از سطح زمین واکنش نشان دادند و این واکنش به صورت «داده» چندطیفی برروی چهارباند سنجندهٔ MSS و سه باند دوربین RBV که دارای قدرت تفکیک پیکسلی ۷۹ متر برای سنجندهٔ MSS در لندست ۱ و ۲ و ۳ و دوربین RBV در لندست ۱ و ۲ و قدرت تفکیک سی متر برای دوربین RBV در لندست ۳، ضبط شد.

ماهواره‌های لندست نسل اول برروی مدار شبه‌دایره‌ای نزدیک - قطب قرار گرفته‌اند. و پوشش جهانی برای منطقهٔ بین ۸۱ درجه شمال و ۸۱ درجه جنوب فراهم می‌سازند. این ماهواره‌ها دارای پریود مداری ۱۰۳ دقیقه بوده در ساعت ۹/۳۰ صبح به وقت محلی از استوا عبور می‌کنند. دورهٔ کامل پوشش ۱۸ روز است و در نتیجه در هر سال می‌توانند ۲۰ بار به دور کرهٔ زمین گردش کنند. منبع اولیه داده‌های لندست ۱ و ۲ و ۳ بوسیلهٔ اسکنر چهاربانده نوری مکانیکی موسوم به MSS تولید می‌شد. نمونه‌برداری علائم آنالوگ بوسیلهٔ مبدل آنالوگ / دیجیتال یک فاصله اسمی زمینی به اندازه ۵۶ متر بین مشاهدات (قرائتها) ایجاد نمود و در نتیجه ماتریسی از سلولهای ۷۹×۵۶ متری تولید نمود. بهرصورت، ارزش روشنایی برای هر پیکسل از قدرت تفکیک کل سلول زمینی کنترل شده بوسیله میدان دیدلحظه‌ای به ابعاد ۷۹×۷۹ متر حاصل شد. «داده‌های» پیوسته MSS برای عرض گذر ۱۸۵ کیلومتر در قالب تصاویری درآمد که هر تصویر منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۱۸۵×۱۸۵ کیلومتر را دربرمی‌گرفت. هر تصویر از ۲۳۴۰ خط اسکن با حدود ۳۲۴۰ پیکسل در خط تشکیل می‌شود که منجر به حدود ۷۵۸۱۶۰۰ پیکسل در هر باند (کانال) می‌گردد. یک تصویر اخذ شده به صورت چندطیفی (چهاربانده) بیش از سی میلیون پیکسل داده‌های رقومی را دربرمی‌گیرد. داده‌های MSS به دست آمده از مبدل آنالوگ / دیجیتال واقع در ماهواره تنها دارای یک محدوده شمارهٔ رقومی ۰ تا ۶۳ (۶ بیت) بود. اما متعاقباً درطول پردازش زمینی در محدودهٔ ۰ تا ۱۲۷ برای باندهای واقع در طیف مرئی تجدید مقیاس شد. داده‌های دوربینهای RBV ثانویه که از طریق سه باند ۱ و ۲ و ۳ (در لندست ۱ و ۲) و دو باند پانکروماتیک و مادون قرمز نزدیک (در لندست ۳) حاصل شده علیرغم افزایش قدرت تفکیک زمینی به سی متر در دوربین RBV واقع در لندست ۳، کمتر جلب نظر می‌نمود.

مشخصات سنجنده ماهواره‌های لندست ۱ و ۲ و ۳ جدول (۱-۷)

سنجنده	باند	حساسیت طیفی (μm)
لندست ۱ و ۲		
RBV	۱	۰/۴۷۵-۰/۵۷۵ (سبز)
RBV	۲	۰/۵۸-۰/۶۸ (قرمز)
RBV	۳	۰/۶۹-۰/۸۳ (نزدیک قرمز)
MSS	۴	۰/۵-۰/۶ (سبز)
MSS	۵	۰/۶-۰/۷ (قرمز)
MSS	۶	۰/۷-۰/۸ (نزدیک قرمز)
MSS	۷	۰/۸-۱/۱ (نزدیک قرمز)
لندست ۳		
RBV		۰/۵-۰/۷۵ (پانکروماتیک)
MSS	۴	۰/۵-۰/۶ (سبز)
MSS	۵	۰/۶-۰/۷ (قرمز)
MSS	۶	۰/۷-۰/۸ (قرمز)
MSS	۷	۰/۸-۱/۱ (نزدیک)
MSS	۸	۱/۰۴۰-۱/۲۰۶ (مادون قرمز حرارتی)

در طول عملیات اولیه لندست ۱، تنها چهار ایستگاه گیرندهٔ زمینی وجود داشت. سه ایستگاه در ایالات متحدهٔ آمریکا و یک ایستگاه در کانادا. «داده»های مناطق خارج از محدودهٔ ایستگاه گیرندهٔ زمینی بوسیلهٔ ضبط کننده واقع در ماهواره جمع‌آوری می‌شد و هنگام عبور ماهواره از روی ایستگاههای گیرندهٔ زمینی در آمریکا، «داده»های ضبط شده به ایستگاههای مذکور مخابره می‌شد. محدودیتهای مربوط به این سیستم کم کم بوسیلهٔ ساختن چند ایستگاه گیرنده زمینی درکشورهای مختلف برطرف گردید. این ایستگاهها همچنین پردازش داده و تصویر و توزیع داده را انجام می‌دادند.

در آمریکا، محصولات لندست ۱ و ۲ و ۳ در شکل استاندارد تصاویر سیاه و سفید چندطیفی ترکیبهای رنگی و نوارهای کامپیوتری سازگار (CCTS)[۸] برای توده کاربران بوسیلهٔ مرکز "داده" EROS واقع در داکوتای جنوبی پخش شده‌اند. در سال ۱۹۸۴، کنگره آمریکا به منظور انتقال لندست از بخش اداری دولتی NOAA به بخش خصوصی، قانون فعالیت تجاری دورسنجی زمین را تصویب نمود.

در سال ۱۹۸۵ میلادی، EOSAT کمپانی مشترک جدید Hughos، RCA، مسئول پخش و توزیع تمام داده‌های لندست به علاوهٔ کنترل عملیاتی لندست ۴ و ۵ و آماده‌سازی لندست ۶ و ۷ گردیدند.

دومین نسل ماهواره‌های لندست ۴ و ۵

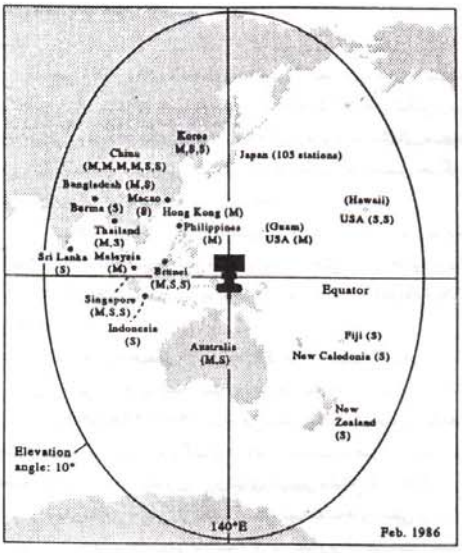
فعّالیّت دومین نسل ماهواره‌های لندست در سال ۱۹۸۲ میلادی با پرتاب ماهوارهٔ لندست ۴ آغاز شد و سپس لندست ۵ در ماه مارس سال ۱۹۸۴ میلادی به فضا پرتاب گردید. لندست ۴ و ۵ عملیاتی باقی ماندند. (اگوست ۱۹۹۱ میلادی). لندست ۴ و ۵ در بسیاری از زمینه‌ها فرق دارند. طراحی سکوی ماهواره با سکوی ماهوارهٔ نیمبوس نوع اصلی که در لندست ۳-۱ به‌کار برده شده بود فرق دارد. مدارهای ماهواره‌ها پایین‌تراست تقریباً ۷۰۵ کیلومتر و منجر به کاهش گردش ماهواره به ۱۶ روز می‌شود. مدار دارای زاویه ۹۸/۲ درجه نسبت به استوا است. و استوا را در امتداد مسیر شمال - جنوب قطع نموده و در ساعت ۹:۴۵ صبح به وقت خورشیدی محلی ظاهر می‌شود. گردش به دور هر مدار ۹۹ دقیقه به طول می‌انجامد و در نتیجه ماهواره روزانه ۱۴/۵ بار به دور مدار می‌چرخد. مدارهای لندست ۴ و ۵ طوری طراحی شده‌اند که در طول عملیات هر دو ماهواره با پوشش متناوب بوسیله هر ماهواره چرخهٔ تکرار پوشش کره زمین ۸ روز می‌باشد. نگاره (۱-۵) جالبترین ابداع مربوط به سنجنده‌ها می‌باشد. لندست ۴ و ۵ هنوز سنجندهٔ قدیمی MSS با قدرت تفکیک زمینی ۸۲×۸۲ متر برای هر پیکسل را حمل می‌کنند، اما علاوه بر MSS، سنجندهٔ جدیدی که TM[۹] نامیده شده، اضافه گردیده است.

سنجندهٔ TM دارای یک رادیومتر اسکن‌کننده با قدرت تفکیک بالا در هفت باند می‌باشد. مشخصات باندها در جدول (۱-۸) داده شده است.

مشخصات سنجندهٔ ماهوارهٔ لندست ۴ و ۵ جدول (۱ - ۸)

سنجنده	باند	حساسیت طیفی (μm)
TM	۱	۰/۴۵-۰/۵۲ (آبی - سبز)
TM	۲	۰/۵۲-۰/۶۰ (سبز)
TM	۳	۰/۶۳-۰/۶۹ (قرمز)
TM	۴	۰/۷۶-۰/۹۰ (مادون قرمزنزدیک)
TM	۵	۱/۵۵-۱/۷۵ (مادون قرمز میانی)
TM	۶	۱۰/۴۰-۱۲/۵۰ (مادون قرمز دور)
TM	۷	۲/۸۰-۲/۳۵ (مادون قرمز میانی)
MSS	۱	۰/۵-۰/۶ (سبز)
MSS	۲	۰/۶-۰/۷ (قرمز)
MSS	۳	۰/۷-۰/۸ (مادون قرمز نزدیک)
MSS	۴	۰/۸-۱/۱ (مادون قرمز نزدیک)

«داده»های سنجنده TM دارای قدرت تفکیک فضایی ۳۰ متر برای باندهای ۱-۵ و ۷ و ۱۲۰ متر برای باند ۶ می‌باشند. محدودهٔ «تقسیم‌بندی امواج نوری» داده‌های TM دارای ۲۵۵ سطح (۸ بیت) می‌باشد. در صورتی که محدودهٔ «تقسیم‌بندی امواج نوری» داده‌های MSS دارای ۶۳ سطح می‌باشد. باندهای طیفی TM فرصت مناسبی برای انجام کاربردهای چندمنظوره و تهیه نقشه فراهم کرده است جدول (۱-۹)



نگارهٔ (۱ - ۴)

جدول (۱-۹) باندهای طیفی TM و کاربردهای آنها

باند	طول موج (μm)	موقعیت اتمی طیف	کاربردهای اساسی
۱	۰/۴۵-۰/۵۲	آبی	برای نفوذپذیری آب، نقشه‌برداری ساحل، تفکیک خاک و گیاه، تهیه نقشه‌های جنگلی
۲	۰/۵۲-۰/۶۰	سبز	تفکیک گیاه و محاسبه انرژی
۳	۰/۶۳-۰/۶۹	قرمز	مطالعات نمونه‌ای گیاهی ساختارشناسی فرهنگی
۴	۰/۷۶-۰/۹	مادون قرمز نزدیک	مطالعات رویش، محاسبات انرژی، تشخیص ذخائر آب
۵	۱/۵۵-۱/۷۵	مادون قرمز میانی	مطالعات رطوبت رویش و خاک
۶	۱۰/۴-۱۲/۵	مادون قرمز حرارتی	تنش رویش، آنالیز، مطالعات رطوبت خاک، تهیه نقشه‌های حرارتی
۷	۲/۰۸-۲/۳۵	مادون قرمز میانی	تفکیک انواع معادن کانی و سنگی مطالعهٔ میزان رطوبت گیاهی

تعبیر و تفسیر تصویر و تهیه نقشه‌های موضوعی براساس داده‌های لندست

باآغاز (پرتاب) ماهواره‌های لندست در سال ۱۹۷۲ میلادی، مجامع علمی سراسر جهان از مزیت دسترسی بدون شرط داده‌های بسیار با ارزش و جدید محیط زیست استفاده نمودند. تحقیقات متعددی مشخصات کاربردی مربوط به قدرت تفکیک طیفی، فضایی و زمانی موقت داده‌های لندست را تشکیل و به انجام رسانید. بررسیهای جهت دار تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای و تحقیق مربوط به روشهای واضح‌سازی تصویر و طبقه‌بندی، با قدرت و موفقیت کامل حاصل گردید. داده‌های لندست به عنوان وسیله‌ای برای تحقیقات علوم زمینی بوسیلهٔ بسیاری از دستورالعملها به عنوان ابزار شناخت کرهٔ زمین به رسمیت شناخته شده است.

حوزهٔ کاربردهای داده‌های لندست از مطالعات معادن سنگ و مطالعات بسیار پیشرفتهٔ زمین‌شناسی تا مطالعات شناخت شکل زمین (ژئومورفولوژی)، آب‌نگاری، کاربرد ذخایر زمین، پوششهای سطحی زمین، تجسس در خصوص بررسی کشت غلات، طبقه‌بندی جنگل و مشاهدهٔ تغییرات در توسعه روستایی می‌باشد.

نتایج تحقیقات در بسیاری از نشریات لیست شده از Geo-Abstracts یا سایر منابع مانند سالنامهٔ سنجش از دور چاپ سالهای ۱۹۸۸/۸۹/۸۷ میلادی ونشریات مربوط به کارتر (۱۹۸۷) و Ayatt (۱۹۸۸) آورده شده است.

نقشه‌های حاصله و با توضیحات کامل از تصاویر ماهواره‌ای در بسیاری از کشورها چاپ شده است. بعضی از نمونه‌ها در نشریات ICA بوسیله J.Denegre (۱۹۸۸) معرفی شده است. همچنین نقشه‌های جمع‌آوری شده براساس ویژگیهای داده‌های لندست به صورت اطلسهای مختلف چاپ شده‌اند. محتوی و روشهای تکمیل نقشه با یکدیگر فرق دارند و محدودهٔ این جدایی از تکمیل سنتی تهیه نقشه‌های خطی براساس تعبیر و تفسیر دستی/دیداری تصاویر لندست (مانند chen-shv-Ponyhns 1980) شروع می‌شود و تا آماده سازی موضوعی مجموعه نقشه‌های رقومی براساس آنالیز و طبقه‌بندی داده‌ها به کمک کامپیوتر ادامه می‌یابد. ((Adeniyi and Bvllock, 1988 مانند) تجربیات اروپایی با سنجندهٔ TM بوسیلهٔ Guyenne,Calabresi (ESA-SP-1102) خلاصه شدندو کتاب مرجع کاربران داده‌های لندست[10] (چاپ Us Geoloigical Surey) و کتاب Landsat Tutorial workbook (Short, 1982) اطلاعات بسیار خوبی در خصوص سوابق و معرفی سیستم لندست فراهم می‌کند. کتابهای نوشته شده در زمینهٔ سنجش از راه دور بوسیله Lillesan and Kiefer (۱۹۸۷)، Sabinis (1987) و campbell (1987) در برگیرندهٔ بخشهای اضافی راجع به سیستم لندست می‌باشند.

معرفی اطلاعات آنالیز تصاویر رقومی بوسیله Richards و Jenson در سال ۱۹۸۶ میلادی.

۱-۳-۲) مأموریت تهیه نقشه ظرفیت حرارتی

مأموریت تهیه نقشه ظرفیت حرارتی[11] (HCMM) بین ۲۶ آپریل سال ۱۹۷۸ میلادی تا ۳۱ ماه آگوست سال ۱۹۸۰ میلادی انجام شد. ماهواره HCMM اولین ماهواره‌ای بود که خواص حرارتی سطح زمین را آزمایش کرد. این ماهواره برروی یک مدار دایره‌ای شکل، همزمان با خورشید با انحراف ۹۷/۶ درجه و در ارتفاع ۶۲۰ کیلومتری بالای زمین قرار گرفت. سنجندهٔ HCMM یک رادیومتر سنجش و ظرفیت حرارت سطح زمین برای تهیه نقشه‌های حرارتی بود. که در محدودهٔ طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک حرارتی فعال و به ترتیب تصاویری با قدرت تفکیک ۵۰۰ و ۶۰۰ متر را فراهم می‌نمود. جدول (۱-۱۰)

سنجندهٔ HCMM بطورآزمایشی بودکه پوششی کامل از کرهٔ زمین فراهم نکرد. کمبود نوار ضبط کننده در ماهواره پوشش دریافتی را به شمال آمریکا، اروپا و استرالیاکه در محدوده ایستگاههای زمینی بودند، محدود ساخت(ناسا، ۱۹۸۰)درطول ۲۸ماه‌ازعملیات‌ماهواره، بیش‌از ۳۷۶۰۰ تصویر استانداردبه‌دست آمد. تعبیروتفسیر، آنالیزوتهیه‌نقشه‌های‌آزمایشی دررابطه باساختارهای زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، و اینرسی حرارتی انجام شد.

جدول (۱-۱۰) مشخصات رادیومتر تهیه نقشه‌های ظرفیت حرارتی (HCMM)

ارتفاع مداری	۶۲۰ کیلومتر
قدرت تفکیک زاویه‌ای	۰/۸۳ میلی رادیان
میدان دید لحظه‌ای	۰/۶۰×۰/۶۰ کیلومتر در نادیر (مادون قرمز)
	۰/۵ × ۰/۷۵ کیلومتر در نادیر (مرئی)
زاویه اسکن	۶۰ درجه (زاویه کامل)
میزان اسکن	۱/۱۹ نمونه در واحد قدرت تفکیک در نادیر
فواصل نمونه‌برداری	۹/۲ میکروثانیه
عرض‌گذر	۷۱۶ کیلومتر
اطلاعات عرض باند	۵۳ کیلوهرتز درهرکانال
کانال حرارتی	۱۲/۵ تا ۱۰/۵ میکرومتر
محدودهٔ قابل استفاده	۲۶۰ تا ۳۴۰ درجه کلوین
کانال مرئی	۱/۱ تا ۰/۵۵ میکرومتر
محدودهٔ دینامیک	۰ تا ۱۰۰ درصد بازتابندگی نسبی
آینه‌اسکن (کننده)	۴۵ درجه بیضوی شکل تخت
قطرتلسکوپ	۲۰ سانتیمتر
کالیبراسیون	
مادون قرمز	کالیبراسیون الکترونیکی و کالیبراسیون "جسم سیاه" در هر اسکن
مرئی	کالیبراسیون قبل از پرواز

اطلاعات اساسی و بنیادی راجع به مأموریت و خصوصیات نتایج سنجندهٔ HCMM، بوسیلهٔ انتشارات short and stuard (۱۹۸۲) منتشر شده است.

۱-۳-۳) مأموریت ماهوارهٔ Seasat

ماهوارهٔ سی‌ست، در ۲۶ ماه ژوئن سال ۱۹۷۸ میلادی پرتاب گردید و اولین ماهواره‌ای بود که با خود سیستم SAR[12] را که برای کاربردهای سیویل طراحی شده بود، حمل می‌نمود. ماهوارهٔ سی‌ست، که تنها ۱۰۶ روز و تا دهم ماه اکتبر سال ۱۹۷۸ میلادی عملیاتی بود، در مدار دایره‌ای شکل نزدیک قطب و با زاویه میل ۱۰۸ درجه و ارتفاع ۷۹۰ کیلومتر قرار گرفت.

پریود مدار ماهواره یکصد دقیقه و در نتیجه ماهوارهٔ ۱۴/۳ بار در روز به دور مدار می‌چرخید.

ماهوارهٔ سی‌ست SAR باند L و طول موجهای ۲۳/۵ سانتیمتر و پولاریزاسیون با خاصیت شدید مغناطیسی را به کار برد. داده‌های به دست آمده دارای قدرت تفکیک تقریبی ۲۵ متر می‌باشند. داده‌های پردازش شدهٔ نوری سنجندهٔ سی‌ست برای تولید چندین موزائیک کنترل نشدهٔ کالیفرنیا فلوریدا، جامائیکا، انگلستان و ایسلند بکار برده شدند. بیش از سیصد تصویر رقومی تصحیح شده (۱۰۰ × ۱۰۰ متر) و ۴۰۰ تصویر تصحیح شده نوری (یکصد کیلومتر تا ۴۰۰۰ کیلومتر) برای کاربران مرکز داده‌های علوم فضایی ملی NOAA مهیا هستند.

سی‌ست همچنین چهار سنجندهٔ دیگر با خود حمل می‌نمود.

- ارتفاع سنج راداری برای تعیین وضعیت و شرایط سطح دریا؛
- بادسنج راداری جهت اندازه گیری سرعت با دو جهت آن؛
- رادیومتر میکروویو برای اندازه گیری درجه حرارت سطح آب، میزان بارندگی و میزان رطوبت موجود در بخار آب؛
- رادیومترنور مرئی و مادون قرمز برای اندازه گیری درجه حرارت سطح آب و تصویربرداری عوارض اقیانوس و ساحل.

ارتفاع‌سنج راداری «داده‌های» توپوگرافی سطح اقیانوس با دقت نسبی ارتفاعی ده سانتی‌متر فراهم نمود. خلاصه ارزیابی سی‌ست در جدول (۱-۱۱) بیان شده است. اطلاعات اضافی در مورد ماهوارهٔ سی‌ست از طریق دفترچهء راهنمای کاربران داده‌های راداری سیستم SAR و انتشارات Ford (۱۹۸۰) و bold , Fu (۱۹۸۲) قابل حصول است.

۱-۳-۴) سیستم اسپات

سیستم اسپات مشارکت فرانسه در برنامهٔ ماهواره مشاهدهٔ زمین می‌باشد که برای مقاصد کلی کاربردهای کارتوگرافیک ذخائر زمین از طریق سنجش از دور طراحی شده‌است. در ماه فوریه سال ۱۹۸۶ میلادی، کشور فرانسه با موشک آریان، اولین ماهواره از چهار ماهواره بنام اسپات[13] را که در ماه می ۱۹۸۶ به سطح عملیاتی خود رسیده بود، حمل نمود. برنامهٔ اسپات بوسیلهٔ سازمان مرکز فضایی ملی CNES[14] که مسئول برنامه‌ریزی و توسعهٔ و عملیات ماهواره می‌باشد، مدیریت می‌شود. اسپات - ۲ به عنوان پشتوانهٔ اسپات ۱ در سال ۱۹۹۰ میلادی به فضا پرتاب شد.

اولین نسل ماهواره‌های اسپات، در مداری دایره‌ای شکل، نزدیک قطب و همزمان با خورشید در ارتفاع ۸۲۵ کیلومتری و زاویه انحراف ۹۸/۷ درجه عملیات خود را انجام می‌دهند.

این ماهواره‌ها به وقت محلی خورشیدی، در ساعت ۱۰:۳۰ صبح از استوا عبور می‌کنند. مدت سیکل اسپات به طور زمینی ۱۶ روز می‌باشد. به هر صورت اسپات، به علت سیستم نوری قابل نشانه‌روی، قابلیتهای «تجدیدمشاهده» را افزایش داده است (جدول ۱-۱۲).

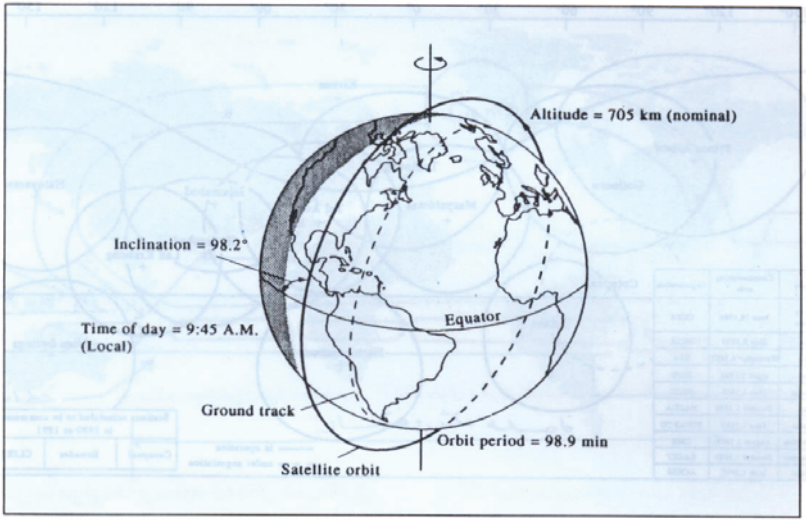
امکان دید خارج از نادیر در مناطق مورد علاقه وجود دارد، زیرا عرض گذر تصویر ممکن است از امتداد قائم بوسیلهٔ جابه جائی (دوران) آینه قابل تنظیم، به طرفهای کنار (به سمت شرق یا به سمت غرب) مرحله به مرحله، از یک تا ۲۷ درجه خارج شده و درعین حال اجازه می‌دهد که مرکز تصویر در هر جا بین محدودهٔ ۹۵۰ کیلومتری عرض نوار (تصویربرداری) درامتداد مسیر ماهواره هدف‌گیری شود. این تکنیک، قابلیت سریع تجدید تصویربرداری را از یک منطقهٔ خاص فراهم می‌سازد. در استوا یک منطقه نظیر می‌تواند در طول ۲۶ روز چرخهٔ مداری، چندین بار مورد تصویربرداری مجدد قرار گیرد. به این معنی که ۹۸ مرتبه در یک سال، با میانگین تجدید عکسبرداری، ۳/۷ مرتبه در روز و در عرض جغرافیایی ۴۵ ◄

جدول (۱-۱۱) خلاصهٔ ارزیابی سی‌ست

سنجنده	قابلیت‌رویت	دقت‌نشان‌داده شده	محدودهٔ‌قابلیت‌رویت
ارتفاع‌سنج	ارتفاع	۸سانتیمتر(دقت)	۵>متر
	ارتفاع موج	۱۰/۰یا۵/۰متر	۰تا۱۰متر
	سرعت‌باد	۲متردرثانیه	۰تا۱۰متردرثانیه
(بادسنج)	سرعت‌باد	۱۰۳متردرثانیه	۴تا۲۶متردرثانیه
	جهت‌باد	۱۶درجه	۰تا۳۶۰درجه
رادیومترمایکروبو اسکن‌کننده	درجه‌حرارت سطح‌آب دریا	۱درجه‌سانتیگراد	۱۰تا۳۰درجه
	سرعت‌باد	۲متردرثانیه	۵تا۲۵متردرثانیه
	بخارآب‌اتمسفر	۱۰٪یا۲/۰گرم‌برسانتیمترمربع	۰تا۶گرم‌برسانتیمترمربّع
SAR	طول‌موج	٪۱۲	متر ۱۰۰>طول‌موج
	جهت‌موج	۱۵درجه	۳۶۰-۰درجه

جدول (۱-۱۲) خصوصیات اساسی اسپات

مدار	دایره‌ای‌شکل‌درارتفاع ۸۳۲کیلومتری
زاویه‌انحراف:	۹۸/۷درجه
وضعیّت	به حالت‌پایین‌درساعت ۱۰:۳۰صبح
چرخهٔ مدار:	۲۶روز
سنجنده	دو وسیله مشابه
	قدرت تفکیک بالا
قابلت‌نشانه‌روی:	۲۷درجه شرقی یا غربی صفحه مداری
عرض‌گذرزمین:	۶۰کیلومتر در محدودهٔ خط عمود
اندازه‌پیکسل:	۱۰ متر درحالت پانکروماتیک (سیاه سفید)
	۲۰ متر در حالت چندطیفی (رنگی)
کانالهای طیفی (μm)	
	پانکروماتیک: (۰/۵۱-۰۰۷۳)
	چندطیفی: (۰/۵۹-۰/۶۵)
	(۰/۶۱-۰/۶۸)
	(۰/۷۹-۰/۸۹)
ارسال تصویر	دو ضبط کننده با ظرفیت ۲۴ دقیقه در ماهواره هر کدام مستقیماً داده‌ها را با ظرفیت ۸گیگاهرتز مخابره می‌کنند. (۵۰میلیون بیت در ثانیه)
وزن	۱۷۵۹کیلوگرم
اندازه	متر (۳/۵×۲×۲) بعلاوه صفحه خورشیدی (۹متر)



درجه. یک منطقه نظیر می‌تواند ۱۱ مرتبه در یک چرخه بین ۱۵۴ مرتبه در یک سال و میانگین ۲/۴ مرتبه در روز، حداکثر تأخیر زمان ۴ روز و حداقل تأخیر زمان یک روز، «تجدیدعکسبرداری» گردد.

تصویربرداری استریو (پوششی) بوسیلهٔ ترکیب دو تصویر از یک منطقهٔ نظیر اخذ شده و در مدارها و زاویای دید مختلف امکان‌پذیر است. جدول (۱-۱۳)

جدول (۱-۱۳) مشخصات تصاویر اسپات

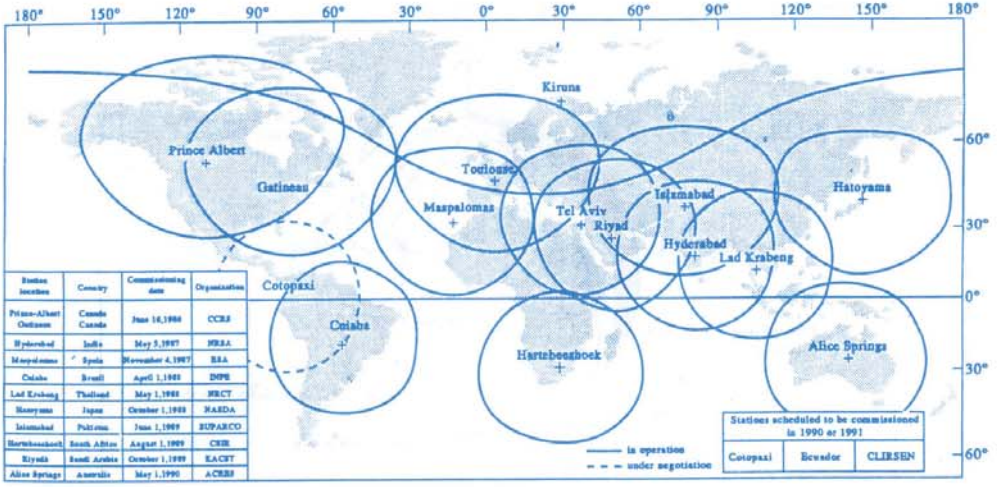
	حالت XS	حالت P
ابعادتصویر(دیدنادیر)	کیلومتر ۶۰×۶۰	کیلومتر ۶۰×۶۰
اندازه‌پیکسل	متر ۲۰×۲۰	متر ۱۰×۱۰
تعدادباندهای طیفی	۳	۱
ابعادتصویرازپیش پردازش شده:		
تعدادپیکسل درخط(تصویرخام‌درسطح۲)	۳x(۳۰۰۰-۵۲۰۰)	۶۰۰۰-۱۰۴۰۰
تعدادخط‌درتصویر(تصویرخام‌به‌سطح۲)	x۳(۳۰۰۰-۴۹۰۰)	۶۰۰۰-۹۸۰۰
حجم(۸-بیت بایت)	۲۷-۷۶/۵Mb	۳۶-۱۰۰Mb

سنجنده‌های اسپات از دو سیستم سنجندهٔ نظیر با قدرت تفکیک بالای طیف نوری مرئی خطی (HRV)[15] تشکیل یافته است. هر سنجنده دو نوار را به عرض ۶۰کیلومتر و در امتداد مسیر حرکت ماهواره برروی زمین می‌پوشاند در حالت وضعیت قائم سنجنده‌ها، با یکدیگر به اندازه سه کیلومتر پوشش دارند. هر سنجندهٔ HRV می‌تواند در هر یک از دو حالت پانکروماتیک و یا چندطیفی انجام وظیفه نماید. در حالت پانکروماتیک (P)، سنجنده HRV، ۶۰۰۰ پیکسل و با قدرت تفکیک زمینی ۱۰ متر و در محدودهٔ طول موج ۰/۷۳-۰/۵۱ میکرومتر و کمیّت سنجی ۶ بیتی را فراهم می‌نماید. در حالت چندطیفی (XS)، سنجنده HRV، ۳۰۰۰ پیکسل با قدرت تفکیک ۲۰ متر، و در محدودهٔ باندهای طیفی با طول موج (۰/۸۹-۰/۷۹ و ۰/۷۸-۰/۶۱ و ۰/۵۹-۰/۵۰) میکرومتر، با ۸ بیت فراهم می‌نماید.

داده‌های اسپات به ایستگاههای دریافت کنندهٔ واقع در تولوز فرانسه، کرونا سوئد، حیدرآباد هندوستان، اسپانیا و برنیس‌آلبرت کانادا ارسال می‌شود.

سایر ایستگاههای گیرندهٔ زمینی نیز پیش‌بینی شده‌اند و هم اکنون در چین، بنگلادش، برزیل، آرژانتین و استرالیا عملیاتی هستند. نگاره (۱-۶)

برای مناطق خارج از ایستگاههای گیرنده زمینی، داده‌های اسپات ممکن است براساس سفارش برای مدت بیست دقیقه زمان تصویر برداری جهانی بوسیلهٔ دو نوع ضبط کننده موجود در ماهواره ضبط شود.این داده‌ها بوسیلهٔ ایستگاه گیرندهٔ زمینی واقع در تولوز فرانسه قرائت می‌شود. داده‌های اسپات بوسیلهٔ اسپات ایماژ به عنوان "داده‌های" استاندارد برروی نوارهای کامپیوتری سازگار با ۶۲۵۰ یا ۱۶۰۰۰ بیت در اینچ و به صورت فیلم به ابعاد ۲۴۱×۲۴۱ میلیمتر که بیانگر یک تصویر کامل اسپات در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰۰ برای سطح یک می‌باشد، بین استفاده‌کنندگان توزیع می‌گردد. شکل پایه برای محصولات سطح ۲، فیلم ۳۵۰×۳۵۰ میلیمتری در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰۰ و فیلم ۷۰۰×۷۰۰ میلیمتر برای مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ می‌باشد. فیلمها می‌توانند به صورت سیاه و سفید (برای حالت پانکروماتیک P یا برای معرفی سه باند طیفی XS) و یا به عنوان ترکیبهای رنگی از حالت XS، سفارش داده شود.



Station location	Country	Commissioning date	Organization
Prince-Albert Ontario	Canada Canada	June 14,1986	CCRS
Hyderabad	India	May 5,1987	NRSA
Maspalomas	Spain	November 4,1987	ESA
Cuiaba	Brazil	April 1,1988	INPE
Lad Krabang	Thailand	May 1,1988	NRCT
Hatoyama	Japan	October 1,1988	NASDA
Islamabad	Pakistan	June 1,1989	SUPARCO
Hartebeesthoek	South Africa	August 1,1989	CSIR
Riyadh	Saudi Arabia	October 1,1989	EACST
Alice Springs	Australia	May 1,1990	ACRES

چهارسطح تصحیح مبنایی داده‌ها و پردازش برای تصاویر اسپات با پوشش اسمی ضبط شده ۶۰×۶۰ کیلومتر به صورت سیاه و سفید (P) و رنگی (XS) به کار برده می‌شود.

کاتالوگ مرکزی تمام تصاویر اسپات جمع‌آوری شده در سال ۱۹۸۶ میلادی شامل مراجعه به بیش از ۲۰۰۰۰۰۰ تصویر می‌گردد که ۲۰درصد آنها دارای کمتر از ۵ درصد پوشش ابری و سی درصد دارای پوشش ابری کمتر از ۲۵٪ هستند.

خبرنامهٔ اسپات بوسیله اسپات ایماژ چاپ می‌شود و اطلاعات به روز راجع به مأموریت‌های اسپات رافراهم می‌سازد.

داده‌های اسپات در سطح بسیار زیادی آزمایش شده و برای کاربردهای کارتوگرافیک مورد استفاده قرار گرفته است.

مزیت اصلی داده‌های اسپات نسبت به داده‌های MSS یا TM مربوط به مشخصات زیرین می‌شود.

- شرایط وسیع میدان دید و حالت طیفی عملیات؛
- قابلیت تصویربرداری پوششی؛
- قدرت تفکیک فضایی بالاتر مورد نیاز برای تهیه نقشه‌های موضوعی، بویژه در مناطقی که اراضی آن دارای تقسیمات کاربردی بسیار متنوعی بوده و شرایط چندگانه‌ای در کاربرد زمینی و پوشش زمینی آن حاکم است.

نتایج کاربردهای کارتوگرافیک داده‌های اسپات در چندین مقاله گزارش شده است:

Rochon & Toutin (1986), Gugan (1987), Wekh (1980)

و رودی از اسپات به سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بوسیله Denegre در سال ۱۹۸۷ میلادی تشریح شد. نتایج قابل فهم تجدید نظر شده اسپات بعد از دو سال از اجرای عملیات بوسیلهٔ Rivereaua Pousse در سال ۱۹۸۸ میلادی فراهم گردید.

سیستم‌اسپات تاحداقل سال ۲۰۰۵ میلادی بامشخصات‌اصلاحی زیر برنامه‌ریزی شده‌است:

۱) قدرت تفکیک طیفی بهتر با یک سنجندهٔ مادون قرمز میانی (۱/۷۵–۱/۵۸ میکرومتر) بااسپات – ۴ (۱۹۹۶).

۲) وسیلهٔ تجسس رویش گیاهی با میدان دید وسیع (۲۲۰۰ کیلومتر) و قدرت تفکیک آماری قبول شده (یک کیلومتر).

۳) قدرت تفکیک زمین بهترهندسی (۵ متر) بااسپات – ۵ (سال ۲۰۰۱میلادی).

۴) تسهیلات استریوسکوپی در امتداد مسیر با اسپات – ۵.

۱–۳–۵) ماهوارهٔ مشاهدات دریائی ژاپن، MOS-1

در ماه فوریه سال ۱۹۸۷ میلادی، ژاپن اولین ماهوارهٔ خود موسوم به MOS-1 راکه برای جمع‌آوری داده‌های اقیانوس‌نگاری اختصاص یافته بود، به فضا پرتاب نمود. ماهواره در مدار دایره‌ای شکل نزدیک به قطب با زاویه انحراف ۷۰ درجه و ارتفاع ۹۰۹ کیلومتری از سطح زمین قرار گرفت (Matthews, 1988)

MOS-1 دارای سه سنجنده به قرار زیر است:

– رادیومتر چهار کاناله تصویربرداری برای طیف مرئی و مادون قرمز، عرض پوششی گذر ۷۸ کیلومتر و با قدرت تفکیک ۴۵ متر.

– رادیومتر چهارکاناله که یکی از باندهای آن دارای باند نور مرئی با طول موج (۰/۷–۰/۵) میکرومتر و قدرت تفکیک ۸۷۰ متر و سه باند دیگر در محدودهٔ طول موج ۱۲/۵–۶ میکرومتر و باقدرت تفکیک ۲۶۰۰ متر.

– رادیومتر دو کانالهٔ میکروویو که با فرکانسهای ۲۳ گیگاهرتز و ۳۱ گیگاهرتز فعالیت نموده و جهت بررسی درجهٔ حرارت سطح دریا مورد استفاده قرار می‌گیرند.

سنجندهٔ جدید MOS-1 موسوم به MESSR در چهار باند و با قدرت تفکیک ۵۰ متر فعالیت می‌کند. (Tsuchiya., 1987) جدول (۱–۱۴)

جدول (۱–۱۴) مشخصات ماهوارهٔ MOS-1

موضوع	MESSR	VTIR	MSR
اهداف اندازه گیری	رنگ سطح آب	درجه حرارت سطح آب	میزان رطوبت جو
طول موج (μm)	۰/۵۱–۰/۵۹	۰/۵–۰/۷	۳۱۱K – ۲۳۱K
	۰/۶۱–۰/۶۸	۶–۷	
	۰/۷۲–۰/۸۰	۱۰/۵–۱۱/۵	
	۱۱/۵–۱۲/۵	۰/۸۰–۱/۱۰	
فرکانس (GZ)	–	–	۲۳/۸–۳۱/۴
قدرت تفکیک هندسی (میدان دید لحظه‌ای درکیلومتر)	۰/۵	۰/۹	۳۲–۳۳
قدرت تفکیک رادیومتریک	۳۹db	۵۵dB ۰/۵K	۱K
عرض گذر (کیلومتر)	۱۰۰	۱۵۰۰	۳۲۰
روش اسکن نمودن	الکترونیکی	مکانیکی	مکانیکی

۱–۳–۶) مأموریت ماهواره IRS هندوستان

در هفدهم ماه مارس سال ۱۹۸۸ میلادی هندوستان از مرکز پرتاب Boikonour روسیه ماهوارهٔ IRS-1 خود را به فضا پرتاب نمود. پرتاب‌کننده عبارت بود از یک موشک سه مرحله‌ای موسوم به موشک Vostak که ماهواره را در مدار همزمان با خورشید و با زاویه انحراف ۹۹/۰۲ درجه و ارتفاع ۹۰۴ کیلومتری از سطح زمین قرار داد. این ماهواره پوشش کاملی از کرهٔ زمین رابین ۸۱ درجه عرض شمالی جغرافیایی و ۸۱ درجه عرض جنوبی جغرافیایی فراهم نمود. و از استوا در جهت شمال به جنوب در ساعت ۱۰:۲۵ صبح و در ساعت ۱۵:۲۵ بعدازظهر عبور می‌کند.

چرخهٔ عملیات ماهواره ۳۰۷ مدار در ۲۲ روز می‌باشد. نگاره (۱–۷)

سنجنده از دو دوربین تشکیل یافته است وزمین را از بالا مورد اسکن قرار می‌دهد. سنجنده‌های LISS-II[16] با قدرت تفکیک ۳۶/۲۵ متر و یک دوربین LISS-1 با قدرت تفکیک زمینی ۷۲/۵ متر، تعداد ۲۰۴۸ آشکارساز را که به صورت خطی و CCD[17] منظم گردیده‌اند به خدمت می‌گیرند. هر سیستم دوربین، در چهار باند طیفی مرئی و مادون قرمز تصویربرداری می‌نماید. (۰/۸۶–۰/۴۵ میکرومتر). عرض گذر زمین برای تصاویر اخذ شده بوسیلهٔ دوربین LISS-1 برابر ۱۴۸/۴۸ کیلومتر است، در صورتی که برای دوربین LISS-II عرض گذر تصویر کناری ۷۴/۲۴ کیلومتر برای هر یک و با پوشش ۱/۵ کیلومتر در عرض مسیر ماهواره می‌باشد. انرژی سنجش شده در ۱۲۸ سطح اندازه گیری می‌شود. داده‌های تولید شده از LISS-1 و Liss II، شامل فیلمهای منفی و یا مثبت سیاه و سفید ۷۰ میلیمتری و ۲۴۰ میلیمتری رنگهای ترکیبی و نوارهای نه‌تراک با ۱۶۰۰ بیت در اینچ حاوی داده‌های رقومی می‌باشد.

تسهیلات برای سیستم تولید داده[18] (DPS) در سه مرکز واقع شده است:

– سیستم دریافت داده[19] (DRS) واقع در شادنگار حیدرآباد.

– سیستم تولید داده[20] (DPS) در بالانگار و در احمدآباد (SAC).

خدمات اداری داده‌های TRS-1 در ماه می سال ۱۹۸۸ میلادی آغاز شد.

۱–۴) ماهواره‌های محیط زیست روسی و سنجنده‌های آنها

ماهواره‌های بدون سرنشین محیط زیست روسی متعلق به ماهواره‌های Metteor-Priroda و کاسموس می‌باشند. ماهواره‌های Meteor-Priroda بوسیلهٔ جاروب‌کننده‌های نوری – مکانیکی مجهز شده‌اند. در صورتی که ماهواره‌های کاسموس به وسیلهٔ عکسبرداری فضایی، اطلاعات محیط زیست دریافتی را فراهم می کنند. عکسبرداری فضایی همچنین به طور منظم از طریق مأموریتهای سرنشین‌دار سایوز – سالیوت و از طریق ایستگاه فضایی میر انجام می‌شود.

بررسی و تحقیقات منابع زمین بوسیلهٔ سیستم Meteor-Priroda در سال ۱۹۷۴ میلادی آغاز شده است. ماهواره‌های مدرنیزه شدهٔ هواشناسی از سریهای Meteor بنام Metedr-Priroda تجدید نام شدند.

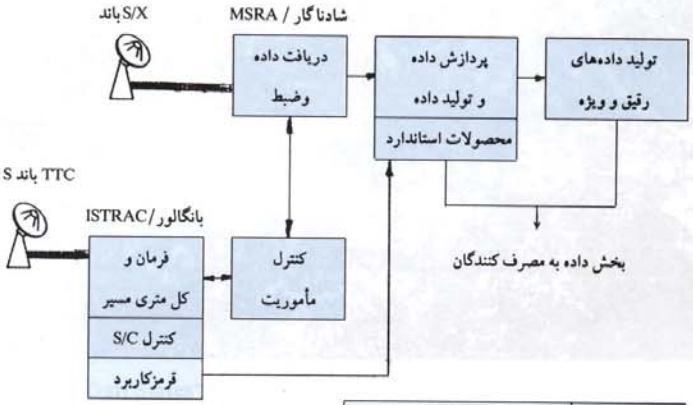
این سیستم، در مدارهای با زاویهٔ انحراف ۸۲ درجه یا ۹۸ درجه و ارتفاع به ترتیب ۹۰۰ کیلومتری و ۶۵۰ کیلومتری تا سال ۱۹۸۰ میلادی انجام وظیفه نمود. اولین نسل ماهواره‌ها از سریهای Meteor-Priroda با دو سنجندهٔ: قدرت تفکیک مختلف مجهز شد. اسکنر MSU-M "داده" ها را در چهار باند طیف نور مرئی و مادون قرمز (میکرومتر ۱/۰–۰/۵) فراهم نمود. قدرت تفکیک در ارتفاع اسمی ۶۵۰ کیلومتری از سطح زمین و در امتداد خط نادیر ۱۷۰۰ متر بود. اسکن نمودن، در عرض گذر ۱۹۳۰ کیلومتر حاصل شد. اسکنر دوم، با کد MSU-S یک اسکنر دوباندی بود که در محدودهٔ طول موجهای (۰/۷–۰/۵) و (۱–۰/۷) میکرومتر فعالیت می‌نمود. قدرت تفکیک زمینی در خط نادیر ۱۴۲ متر و با عرض گذر اسکن ۱۳۸۰ کیلومتر بود. داده‌های ماهواره‌های Meteor-Priroda به وسیلهٔ ایستگاههای زمینی در Novosibrisk و chabarovsk واقع در مسکو پردازش و دریافت شده است. داده‌های MSU-S همچنین بوسیله ایستگاههای گیرندهٔ بدون ◀

سیستم سنجنده	خصوصیات ماهواره	
LISS-I NO.	۴ ردیف آشکارساز برای	- جسم سه‌محوره‌پایدار
	تصویربرداری در	- وزن - ۹۵۰ کیلوگرم
	چهارباند از یک منطقه	- قدرت ۷۰۹ وات
	قدرت تفکیک: ۷۳ متر	- باند TTC-S
LISS-II 2Nos	۴ ردیف آشکارساز برای	- ارسال داده سنجنده -
	تصویربرداری چهاربانده در هر	باند X,S
	دوربین	- سنجنده‌ها-خورشید /
	قدرت تفکیک: ۳۶/۵ متر	زمین / ستاره / DTG
باندیک: ۰/۵۲-۰/۴۵ میکرومتر	نقشه تشخیص خاک و پوشش	- دقت نشانه روی
	گیاهی در نواحی ساحلی	۰/۴ درجه
باندیو: ۰/۵۹-۰/۵۲ میکرومتر	انعکاس سبز رویش گیاهان سالم	
باندسه: ۰/۸۶-۰/۶۲ میکرومتر	جذب کلروفیل	- جابه جائی ۴-۳x۱۰ درجه در ثانیه
باندچهار: ۰/۸۶-۰/۷۷ میکرومتر	بررسی موجودات زنده در آبهای	
	ساکن	
قدرت تفکیک رادیومتریک	۱۲۸ سطح	- بی‌ثباتی: $^{-2}$۱۰x۳ درجه
		کنترل وضعیت - چرخه‌های
		عکس‌العمل، گشتاورمغناطیسی
	ارتفاع مدار: ۹۰۴ کیلومتر (قطبی	RCS
	همزمان با خورشید)	کنترل مداری - RCS
	تکرار مسیر مدار: ۲۲ روز	(هادرازین)
	زمان محلی برای مشاهدات ۱۰	کنترل حرارتی -
	صبح از شمال به جنوب	فعال / غیرفعال
		عمر مأموریت - ۳ سال

سرنشین واقع در بخشهای مختلف شوروی سابق و بوسیلهٔ ایستگاههای فضایی روسیه ضبط شده است. در سال ۱۹۸۰ میلادی، روسیه اولین ماهواره ازنسل دوم رابه فضاپرتاب نمود. Meteor-2Priroda به طور اضافی بوسیله سه سنجنده زیر مجهز شده بود:

- اسکنر نوری / مکانیکی MSU-SK به عنوان یک وسیلهٔ چهاربانده، چندطیفی آزمایشی، در بخش مرئی و مادون قرمز نزدیک طیف نوری فعالیت می‌نمود طراحی شد. (۰/۵ - ۰/۶ - ، ۰/۶ - ۰/۷، ۰/۸ - ۰/۷ و ۰/۸ - ۱ میکرومتر قدرت تفکیک زمینی در خط نادیر ۲۴۳ متر و ارتفاع ۶۵۰ کیلومتر از سطح زمین بود، عرض گذر اسکن ۶۰۰ کیلومتر بود.
- اسکنر با قدرت تفکیک بالا در سه باند با کد MSU-E که با به کارگیری یک ردیف سنجنده‌های منظم وضعیت جامد فعالیت نمود. محدودهٔ طیفی باند عبارت بودند از: (۰/۷-۰/۶ و ۰/۸-۰/۷ و ۱-۰/۸ میکرومتر). میدان دید لحظه به لحظه اسکنر تنها ۲/۵ درجه بود که منجر به پوشش عرض گذر باریک ۲۸ کیلومتر شد. قدرت تفکیک زمینی ۲۸ متر بود.
- اسکنر آزمایشی هشت باندی که Fragment نامیده می‌شد، در باندهای: (۰/۷-۰/۵، ۰/۶-۰/۵، ۰/۷-۰/۶، ۰/۸-۰/۷، ۱/۱-۰/۸،

شکل (۱-۷) نگرش کلی مأموریت IRS



کاربرد ها	محصولات داده
کشاورزی	خروجی:فیلم ، میکروفیلم،
هیدرولوژی	نوارهای HOTS
زمین شناسی	خروجی استاندارد: نوار، فیلم
جنگل شناسی	خروجی دقیق : فیلم ، نوار

ISTRAC: شبکه تغییرماهواره‌های هندوستان

NRSA: آژانس ملی سنجش از دور

SAC: قرمز کاربرد فضایی

۱/۸-۱/۵، ۲/۴-۲/۱ میکرومتر) از ارتفاع ۶۵۰ کیلومتری فعالیت می‌نمود. "فراگمنت" عرض گذر اسکن شده ۸۵ کیلومتر را با قدرت تفکیک ۸۰ متر فراهم نمود.

"فراگمنت" بوسیله کمک فنی زایس ینا در آلمان شرقی ساخته شد. محصولات حاصله از سنجنده‌های «فراگمنت» به صورت تصاویر سیاه و سفید و نوارهای مغناطیسی در مقیاس ۱:۱۶۰۰۰۰۰ توزیع گردید.

ماهواره‌های خانوادهٔ کاسموس که برای عکسبرداری فضایی طراحی شده بودند به دو بخش بنامهای RESOURCE-F , RESOURCE-O طبقه بندی می‌شوند.

ماهواره‌هایی که در زیرمجموعهٔ Resource 0 قرار دارند در یک مدار دایره‌ای شکل با زاویه انحراف ۸۲ درجه فعالیت می‌نمایند. ارتفاع مدارها بین ۲۳۰ کیلومتر تا ۲۴۰ کیلومتر می‌باشد. عکسبرداری فضایی بوسیله دو نوع دوربین انجام می‌شود: KATE-200 , KFA-1000

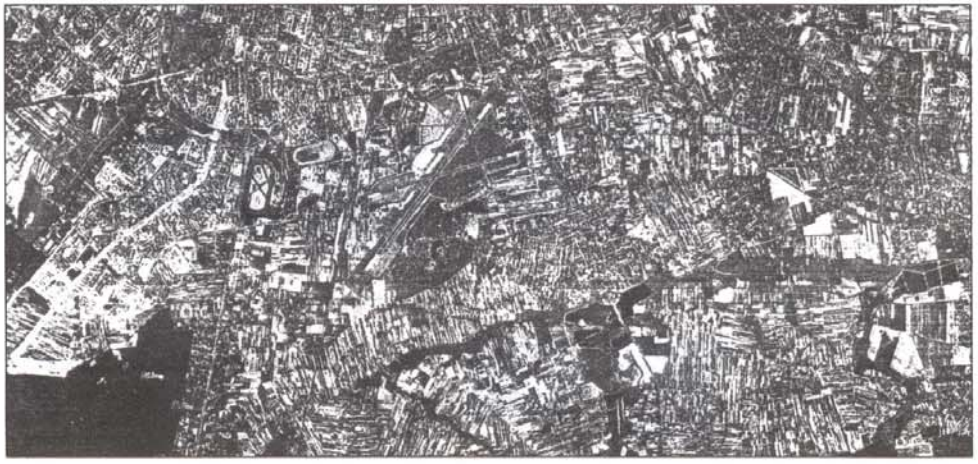
دوربین فضایی KATE-200 یک دوربین چندطیفی و تشکیل شده از عدسی با فاصلهٔ کانونی ۲۰۰ میلیمتر می‌باشد. سه دوربین با فیلمهای سیاه و سفید و با فیلترگذاری تصاویری را اخذ می‌کند که در محدوده طول موجهای (۰/۶-۰/۵) و (۰/۷-۰/۶ و ۰/۸-۰/۷) میکرومتر باشند.

چهارمین دوربین با فیلمهای رنگی Spectrozonal مجهز شده است. اندازهٔ عکسها ۱۸۰×۱۸۰ میلیمتر می‌باشد. مقیاس تقریبی فیلمهای منفی ۱:۱۳۰۰۰۰۰ بوده و قدرت تفکیک زمینی ۱۵ تا ۳۰ متر می‌باشد. کیفیت فیلمهای منفی قابلیت بزرگ شدن را دارد.

دوربین فضایی KFA-1000 یک دوربین تک قاب مجهز به عدسی با فاصلهٔ کانونی ۱۰۰۰ میلیمتر می‌باشد. عکسها دارای اندازهٔ ۳۰۰×۳۰۰ میلی‌متر می‌باشند. عکسبرداری فضایی با KFA-1000 ابتداءً بااستفاده از فیلم پانکروماتیک و مقیاس ۱:۲۴۰۰۰۰ و قدرت تفکیک زمینی (۷-۵) متر انجام شد. نگاره (۱-۸)

کیفیت بالای فیلمهای منفی، قابلیت بزرگنمایی را تا مقیاس ۱:۲۴۰۰۰ دارد. دوربینهای KFA-1000 به صورت سه پهلو با یک دوربین انحراف یافته در امتداد قائم به سمت پائین و دو دوربین به صورت مایل به کار برده شده‌اند. در این وضعیت امکان اخذ پوشش باعرض گذر ۲۲۰ کیلومتر می‌باشد.

با پیشرفت و بهبود کیفیت فیلمهای رنگی spectrozonal دوربین KFA-1000 اکنون بیشتر برای عکسبرداری رنگی فضایی به کار می‌روند زیراکه آنها اطلاعات را برروی دو لایه امولسیون حساس شده و در



محدودهٔ طول موجهای ۰/۶۸-۰/۵۷ میکرومتر و ۰/۸۱-۰/۶۸ میکرومتر ضبط می‌کنند. قدرت تفکیک زمینی KFA-1000 با فیلم spectrozonal تقریباً ۱۰ متر است. KFA-1000 همچنین در ترکیبی از یک دوربین دوقلو با زاویه انحراف دوربین ۱۹ درجه و پوشش جزئی به کار برده شده است. دوربین دو قلو برای عرض گذر ۱۵۰ کیلومتر پوشش فراهم می کند. عکسبرداری استریوسکوپی با یک پوشش ۸۰٪ گزارش شده است.

ماهواره‌های زیرمجموعهٔ Resource F در مدارهای باارتفاع ۴۵۰-۱۸۰ کیلومتر و زاویه انحراف ۸۲ درجه فعالیت می‌کنند. در این ماهواره‌ها دوربینهای فضایی MK-4 قرار گرفته است.

MK-4 یک دوربین چندطیفی با چهار عدسی مجهز به عدسیهای با فاصلهٔ کانونی ۳۰۰ میلیمتر می‌باشد. عکسها دارای ابعاد (۱۸۰×۱۸۰) میلیمتر و در مقیاس تقریب ۱:۶۰۰۰۰۰ می‌باشد. آنها با فیلمهای سیاه و سفید و بافیلترگذاری اخذ می‌شوند. تکثیر رنگی این تصاویر بوسیلهٔ سیستم اضافی حاصل می‌شود. برای مثال بوسیلهٔ دستگاه "رکتیمات" CM، ("رکتیمات" CM که یک بزرگ کنندهٔ اضافی رنگ و ترمیم کنندهٔ چند طیفی تصاویر به طور دقیق می‌باشد. چاپهای Spectrozonal غیرواقعی برای اهداف تعبیر و تفسیر به کار برده می‌شوند.

بسیاری از مأموریتهای عکسبرداری فضایی شوروی سابق و بین‌المللی و کاسموس از طریق دوربینهای چندطیفی MKF-6، ساخته شده توسط کارخانه زایس یِنا آلمان شرقی به دست آمده است. دوربین MKF-6 متشکل از ۶ عدسی با فاصلهٔ کانونی ۱۲۵ میلیمتر و ابعاد تصویر ۸۱×۵۵ میلیمتر و دوربین دارای سیستم FMC[21] می‌باشد. آزمایشات مربوط به مأموریت سایوز ۲۲ نشان می‌دهد که برای پروازهای ارتفاع ۲۶۰-۲۵۰ کیلومتری مقیاس عکسها تقریباً ۱:۲۰۰۰۰۰۰ قدرت تفکیک ۱۳ متر بوده است. بزرگنمایی برای اهداف تهیه نقشه تا مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ رضایت بخش بودند. □

پاورقی:

1) Department of Geography, University of waterloo, Waterloo, Ontario, Canada
2) Institute of Geodesy and Cartography, Warsaw, Poland
3) SAR = Synthetic Aperture Radar
4) HCMM=Heat Capacity Mapping Mission
5) ERTS=Earth Resources Technology Sattelite
6) MSS=Multispectral Scanner
7) RPV=Returm Beam Vidicon
8) CCTS: Computer Compatible Tapes
9) TM = Thematic Mapper
10) The Landsat users Hand book
11) Heat Capacity Mapping Mission
12) SAR=Synthetic Aperture radar
13) SPOT = Satellite Probatoiro d' observation de la Terre
14) CNES = Centre National d'etudes Spatiales
15) HRV = High Resolution Visible
16) LISS-II = Linear Imaging self scanning Sonsors
17) CCD = Charge Coupled device
18) DPS= Data Product system
19) DRS - Data Reception System
20) DPS = Data Product System
21) FMC= Forword Nation Canrasation