تهیه نقشه‌های موضوعی با تصاویر ماهواره‌ای

(قسمت اول)

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

تصویربرداری ماهواره‌ای و ویژگیهای کارتوگرافی آن (۱)

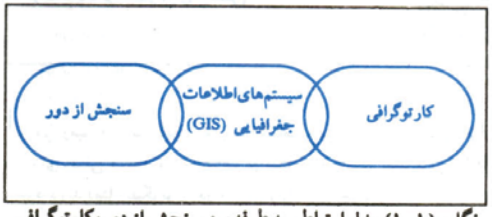
۱-۱) معرفی

پیشرفت سه دهه گذشته در زمینه‌های کارتوگرافی، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به علت ضرورت ایجاد ارتباط جدید بین مقررات فنی موجود مشخص شده است. تلاش زیادی برای جمع‌آوری مطلوب انواع مختلف داده‌های کارتوگرافی و به کارگیری موفقیت آمیز تر داده‌های سنجش از دور بانکهای "داده" منطقه‌ای وجهانی، به عمل آمده است.

اهمیت سنجش از دور به عنوان یک زیر سیستم اطلاعات زیست محیطی به علت افزایش چندین ماهواره‌ء جدید با سنجنده‌های الکترونیکی وتصویری که قادر به فراهم نمودن «داده» وتصویر از عناصر فیزیکی و انسانی اتمسفر زمین هستند، بطور چشمگیری افزایش یافته است[1].

نمایش کارتوگرافیکی تغییرات فضایی و زمانی عناصر کرهٔ زمین مهمترین هدف کارتوگرافی موضوعی را نشان می‌دهد. این هدف به طرق زیادی بوسیله برنامه‌ریزیهای مختلف تهیه نقشه، در سطوح جهانی، منطقه‌ای ومحلی تأیید شده است. تهیه نقشه موضوعی توسط انجمنهای زیادی به عنوان یک فعالیت مهم و حیاتی برای کشف ذخائر زمینی، مدیریت‌محیط زیست وبرنامه‌ریزی به رسمیت شناخته شده‌است. پیشرفت سریع سیستم های ماهواره‌ای موجب افزایش دریافت داده‌های سنجش از دور و کاربرد آن در فعالیتهای کارتوگرافیک و تکمیل نقشه گردیده است.

ارتباط کارتوگرافی، سنجش ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ممکن است باالگوهای مختلفی نشان داده شود (Fisherard lindenberg,1989). به نظر می‌رسد مدل فعل و انفعالی سه‌طرفه نگاره (۱-۱) روابط موجود بین سه سیستم را بدون وجود مقررات ویژه حاکمی منعکس می‌سازد.



نگاره (۱-۱) مدل ارتباط سه طرفه بین سنجش از دور، کارتوگرافی و GIS (بعد از Fisher (Iindenberg, 1989

مناطق مشترک، فضاهای تحقیقی هم قانون با قابلیت برای بهبود ابزار، روشها و خط‌مشی جدید برای درک بهتر سیستم اطلاعات زمین را نشان می‌دهد.(NASA,1986) کاربرد تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یک ورودی تهیه نقشه موضوعی هنگامی رخ می‌دهد که یکی از سه شرط ذیل برقرار شود.

- ورودی داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای به علت آن که یک منبع منحصر بفرد از اطلاعات خواسته شده را نشان می‌دهد، مورد نیاز باشد
- داده‌های ماهواره‌ای سنجش از دور به عنوان یک منبع، مکمل اطلاعات مورد نیاز باشد.
- داده‌های ماهواره‌ای سنجش از دور به عنوان جایگزین سایر منابع اطلاعاتی، که ممکن است دارای ارزش کمتری به لحاظ قابلیت، هزینه ونیازمندیهای زمانی باشند، در نظر گرفته شوند.

تصاویر ماهواره‌ای یا داده‌های رقومی، برای کاربردهای عملی بوسیله سازمانهای ملّی وبین‌المللی مسئول سیستم‌های ماهواره‌ای آزمایش

و یا عملیاتی، پردازش و تکثیر می‌گردند.

پخش وکاربرد تصاویر ماهواره‌ای برای اهداف کارتوگرافیک در مقیاس جهانی، منطقه‌ای ومحلی، به مهیّا بودن داده‌های سنجش از دور، دسترسی به داده‌ها، بودجه پروژه‌های تعهد شده وروش تهیه نقشه، بستگی دارد. اطلاعات ماهواره‌ای سنجش از دور در دو شکل مختلف عرضه وبه‌کار گرفته می‌شوند:

تصاویر:

تصویر بوسیله سیستم‌های عکاسی والکترونیکی سنجش از دور و از طریق روشهای تولید بوسیله چاپگر عکاسی و روشهای چاپ تصویر که منجر به ایجاد نسخه سخت خروجی می‌گردد تکثیر می‌شوند. (جدول ۱-۱)

داده :

جمع‌آوری مقادیر رقومی بیانگر علائم الکتریکی تولید شده توسط سنجنده‌ها می‌باشد. داده معمولاً برروی نوارهای سازگار کامپیوتری (CCTs) ضبط و آماده آنالیز به کمک کامپیوتر که ممکن است شامل واضح سازی وطبقه‌بندی تصویر باشد، می‌گردد.

تصاویر ماهواره‌ای به صورت سیاه وسفید ویا ترکیب رنگی تکثیر شده و برای آنالیز وتفسیر مستقیم دیداری مناسب هستند.

این فرآیند در ابتدا با به کارگیری سیستم مغز، چشم، جهت تفسیر تصویر، معمولاً شامل تشخیص ونشانه گذاری عوارض وعوارض مربوط به هم می‌گردد وبوسیله تجهیزات نوری -مکانیکی حمایت می‌شود.

طبقه‌بندی و دسته‌بندی عوارض آنالیز شده براساس پردازش تفسیری تخیلی با تکیه بر تجربه و دانش مفسر در خصوص موضوع مورد مطالعه هدایت وانجام می‌شود.

جدول (۱-۱) تجهیزات خروجی دهنده روی نسخه‌های سخت

وسیله نسخه برداری سخت	کیفیت	هزینه
رسام/فیلم نویس رنگی(مانند Dicomed,optronics)	xxxx	xxxx
رسام/فیلم نویس سیاه وسفید	xxxxx	xxxx
دوربین رنگی (مانند Matrix، Modgraph,dunn)	xxx	xxx
چاپگرهای جوهرپاش	xx	xx
چاپگرهای رنگی نقطه ماتریسی	x	xx
دوربین عکاسی (سی‌وپنج میلیمتری)	xx	x

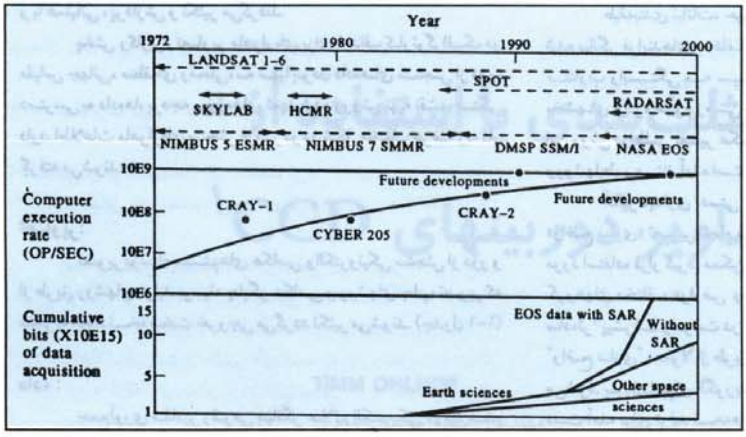
طبقه‌بندی نباتات، حیوانات و...عوارض آنالیز شده ونقشه تهیه شده بیانگر فرایندهای مختلف ناشی از تفسیر تصویر می‌باشد. آنها بطور متناوب وابستگی به سیستم‌های موجود طبقه‌بندی که بوسیله بخشهای ویژه علوم زمینی مطرح شده‌اند را نشان می‌دهند. نمونه عالی این روش دراطلس تفسیر عکسهای چند طیفی هوا فضا تحت عنوان نتایج وروشهابطور مستند آمده است. (Sagdeyew etal.g .... 1982)

آنالیز دیداری /دستی تصویر، اغلب با به کارگیری و کمک روشهای «واضح سازی» تصویر انجام می‌شود. چنانچه "واضح سازی" بطور صحیح مورد استفاده قرار گیرد، ممکن است با "واضح سازی" تُنی یانمایش رنگی گروههای مختلف عوارض و با متمایز ساختن بیشتر ومشاهده وفهم ساده‌تر، پیشرفت وسرعت در آنالیز دیداری تصویر حاصل شود. روشهای "واضح سازی" معمولاً از طریق پردازش "داده" به کمک کامپیوتر انجام می‌شود. پس از اجرای الگوریتم انتخاب شده، "واضح سازی، "داده"های به دست آمده برای تولید نسخه‌های سخت به کار برده می‌شوند. محصولات سیاه وسفید، یا ترکیبات رنگی در مقیاسهای مورد علاقه تولید می‌گردند. روشهای آنالیز تصویر رقومی به کمک کامپیوتر دارای مزیت نسبی پردازش ساده‌تر با کاربرد الگوریتمهای پردازش تصویر ، "واضح سازی" و "طبقه‌بندی" (تصحیحات رادیومتریک وهندسی) می‌باشند. نمایش تصویر وتولید نسخه‌های سخت در سطوح مختلف پردازش "داده" می‌تواند انجام شود. آنالیز رقومی تصویر نیازمند سخت افزار ونرم‌افزار صحیح برای پردازش داده ونمایش آن می‌باشد . پیشرفت‌های تکنولوژی در کامپیوتر منجربه ایجاد دو سطح مختلف برای اجرای آنالیز تصویر رقومی گردیده است.

در سطح بالای تکنولوژی کامپیوتر ، سیستم‌های ویژه طراحی و ساخته شده آنالیز تصویر براساس معماری کامپیوتر موازی وجود دارد. چنین سیستم‌هایی قادرند حجم زیادی از داده را جابه جا نموده و مدعی پردازش، واضح سازی و الگوریتم‌های طبقه‌بندی "داده" باشند نگاره (۱-۲).

میکروکامپیوترها، که در حال به دست آوردن شهرت زیادی از طریق کاربران می‌باشند، با بسته‌های نرم‌افزاری در سطح پائین تکنولوژی آماده می‌باشند. آنها مناسب شرکتهای مشاور، مؤسسات آموزشی، کارشناسان حرفه‌ای می‌باشند. ظرفیت ذخیره‌سازی و قدرت محاسبه نسل جدید میکروکامپیوترها توانسته است از میکروکامپیوترهای چند سال گذشته پیشی بگیرد. اثرات تکنولوژی نشان می‌دهد که میکروکامپیوترها با بسته‌های نرم‌افزاری پردازش سنجش از دور ومتعلقات مربوط به چاپ، ترسیم ونمایش ویدئو، آنالیز تصویر رقومی را تحریک بیشتری می‌کنند وموجب می‌شوند که آن یک وسیله عمومی در عملیات کارتوگرافی که نیازمند به ورودی داده‌های سنجش از دور می‌باشد، گردد.

فرآیندهای تولید برای استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای در فصل دوم این کتاب با جزئیات بیشتری شرح داده شده است.



نگاره (۱-۲)

۱-۱-۱) قدرت تفکیک زمانی، طیفی وفضایی تصاویر ماهواره‌ای

کاربردهای کارتوگرافی تصاویر ماهواره‌ای بستگی به قابلیت تصاویر تولید شده توسط یک سیستم سنجش ویژه به منظور دسترسی به یک تصویر دقیق و واضحی که عوارض تصویر کاملاً از یکدیگر تمیز داده شده باشند دارد. این غالباً با دقت محدود به عنوان "قدرت تفکیک تصویر" یا "قدرت تفکیک فضایی تصویر" توصیف شده وبوسیله اندازه یا فواصل اشیاء بیان، و به عنوان قدرت تفکیک زمینی، تشریح می‌شود.واژه "قدرت تفکیک تصویر" یک واژه پیچیده‌ای است. اوّلاً آن برای خواصّی از تصویر به کار می‌رود که نتیجه فعل‌وانفعال خصوصیات سنجنده، روشهای پردازش، خصوصیات نمایش، در شرایط آنالیز تصویر باشد. ثانیاً این واژه ممکن است همچنین مربوط به قدرت تفکیک طیفی ویا زمانی تصویر باشد.

قدرت تفکیک طیفی بستگی به تعداد وابعاد فواصل طول موج ویژه در طیف الکترومغناطیسی استفاده شده بوسیله سنجنده خاص دارد. قدرت تفکیک زمانی مربوط به فرکانس تصویر برداری از یک منطقه خاص بوسیله یک سیستم سنجش معین می‌باشد. قدرت تفکیک طیفی و زمانی مربوط به سنجنده‌های عملیاتی راه دور، برای خصوصیات ابعاد "داده" ضبط شده و توانایی تمیز "داده" ضروری هستند. آنها همچنین برای بررسی ومحاسبه توانایی سنجنده به منظور مطالعات تغییرات ناشی از مشاهدات، مهم هستند. تصویر صفحهٔ دوم جلد اختلافات مربوط به قدرت تفکیک طیفی واقع در تصویر ثبت شده جزیره تورنتو بوسیله چهار سیستم ماهواره‌ای لندست MSSو TMو SPOT سیاه وسفید ورنگی را نشان می‌دهد.

۱-۱-۲) طبقه‌بندی سنجنده‌های ماهواره‌ای

طبقه‌بندی سنجنده‌های ماهواره‌ها براساس معیارهای مختلفی می‌باشد. معیارهایی که بیشترین کاربرد را دارند عبارتند از:

- ویژگیهای سنجنده؛
- ویژگیهای مدارهای ماهواره و ماهواره‌ها؛
- محدوده‌ء کاربرد.

سنجنده‌های ماهواره‌ای بسیار زیاد ومتنوعی از سال ۱۹۶۰ میلادی تاکنون به فضا پرتاب شده است وخیلی از آنها تاکنون از رده خارج گردیده ویا بهبود یافته ویا مدرنیزه گردیده‌اند. جدول (۱-۲) سیستم های اصلی سنجش از دور را به ترتیب افزایش قدرت تفکیک فضایی (از بالا به پائین) آنها مرتب نموده است . قدرت تفکیک موقت، عرض گذر تصویر و کاربردهای اصلی تصاویر براساس میزان تناسب آنها در زمینه‌های کارتوگرافی (در جدول مذکور) تنظیم گردیده است.

۱-۲) ماهواره‌های نزدیک - قطب وثابت زمین هواشناسی

ماهواره‌های هواشناسی یا در مدارهای ارتفاع بالا (GO نامیده می‌شوند) ثابت زمینی واقع در ارتفاع ۳۵۹۰۰ کیلومتری بالای استوا فعّال هستند و یا در مدارهای پائین، نزدیک - قطب (LEO نامیده می‌شوند) و در ارتفاع ۲۰۰-۱۰۰۰ کیلومتری از زمین فعال هستند نگاره (۱-۳)، جدول(۱-۳).

جدول (۱ - ۲) سیستم‌های اصلی ماهواره‌های سنجش از دور

نام ماهواره نوع سیستم نام کشور	دوره کاربرد	زمان تکرار تصویر برداری	طول موج فرکانس	تعداد باند	قدرت تفکیک فضایی	عرض گذر	کاربرد
GOES VISSR آمریکا	از ۱ اکتبر ۱۹۷۵	۱۹ دقیقه	مرئی و مادون قرمز حرارتی	۲	۰/۸km ۰/۹km	نیمی از کره زمین ویا $\frac{1}{4}$آن	هواشناسی
METEOSAT RADIOMETER آژانس فضایی اروپا	از نوامبر ۱۹۷۷	۳۰ دقیقه	مرئی - مادون قرمز میانی - مادون قرمز حرارتی	۳	۲/۴km 5km	نیمی از کره زمین ویابخشی ازآن	هواشناسی، مطالعات محیط‌زیست
GMS VISSR ژاپن	از جولای ۱۹۷۷	۳۰ دقیقه	مرئی و مادون قرمز حرارتی	۲	۱/۲۵km ۵/۷km	نیمی از کره زمین ویا $\frac{1}{4}$آن	هواشناسی
INSATI VHRR هندوستان	از آپریل ۱۹۸۲	۳۰ دقیقه	مرئی و مادون قرمز	۲	۲/۷۵km ۱۱km	نیمی از کره زمین	هواشناسی
TIROS-N/NOAA AVHRR آمریکا	از ۱ اکتبر ۱۹۷۸	۱۲ساعت	مرئی-مادون‌قرمز نزدیک-مادون‌قرمز میانی،مادون‌قرمز حرارتی در ۲باند	۵	۱/۱km	۲۴۰۰km	هواشناسی، اقیانوس‌شناسی هیدرولوژی، گیاه‌شناسی
DMSP برنامه‌ماهواره هواشناسی دفاعی (OLS) آمریکا	از سپتامبر ۱۹۷۸ بلوک 5D	۱۲ساعت	مرئی و مادون قرمز نزدیک، حرارتی	۲	۰/۶km	۶۲۰km	هواشناسی
METEOR-1 PRIRODA MSU-M MSU-S روسیه	از ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۰		مرئی‌نزدیک‌مادون قرمز مرئی	۴ ۲	۱/۷km ۰/۲۴km	۱۹۳۰km ۱۳۸۰km	مطالعات محیط زیست
METEOR-2 PRIRODA MSU-SK	از ۱۹۸۰		مادون قرمز	۴	۵۰۲۴km	۶۰۰km	مطالعات

MSU-E	از ۱۹۸۰		نزدیک مرئی	۳	۲۸km	۲۸km	محیط‌زیست
Fragment Resource-o	در حال کار		مادون قرمز				مطالعات
روسیه			نزدیک مرئی	۶	۰/۸km	۸۵km	محیط‌زیست
			مادون‌قرمز				
			نزدیک مرئی				
			حرارتی				
			مادون‌قرمزمیانی				
LANDSAT			چهارباند‌درطیف				کاربرد زمین،
(لندست)	از۱۹۷۲	۱۸روز	مرئی‌ومادون‌قرمز	۴	۸۰m	۱۸۵ km	نباتی
MSS			نزدیک‌وحرارتی				ژئومورفولوژی
LANDSAT1-3			فقط لندست ۳		۲۳۷m		آب شناسی
LANDSAT4-5	از۱۹۸۲	۱۶روز	چهارباند‌درطیف	۴	۸۰m		
TM			مرئی‌ومادون‌قرمز				
			نزدیک‌وحرارتی				
			فقط لندست ۳				کاربردزمینی،
LANDSAT4-5	از۱۹۸۲	۱۶روز	نزدیک،مادون‌قرمز	۶	۳۰m	۱۸۵km	
			مادون قرمزحرارتی‌میانی		۱۲۰m		کارتوگرافی‌و
							ژئومورفولوژی
							زمین‌شناسی‌ورویش
SEASAT	در۱۹۷۸	پوشش محدود	۲۳/۵cm	۱	۲۵cm	۱۰۰km	
(SAR)			L.band			۱۰۰km	اقیانوس‌نگاری
آمریکا							
SPOT	از۱۹۸۶	۲/۵روز	مرئی‌مادون‌قرمز	۳	۲۰m	۶۰km	منابع زمین،
HVR		خارج ازنادیر	نزدیک				کشاورزی
فرانسه			سیاه‌وسفید	۱	۱۰m		کارتوگرافی
MOS-1	از۱۹۸۷						
MESSR		۱۷روز	مادون‌قرمز	۴	۵۰m	۱۰۰km	اقیانوس‌نگاری
			نزدیک‌مرئی				
VTIR			مرئی	۱	۰/۹km	۱۵۰۰km	اقیانوس‌نگاری
MSR			۲۳/۸و۱/۴GHZ		۳۲و۲۳km	۳۲۰km	اقیانوس‌نگاری
ژاپن							
IR-IA LISS	از۱۹۸۸	۲۲روز	مرئی‌مادون‌قرمز	۴	۳۶/۵m	۱۴۸km	مطالعات
هندوستان			نزدیک				محیط‌زیست
SPACE	از۱۹۸۱						

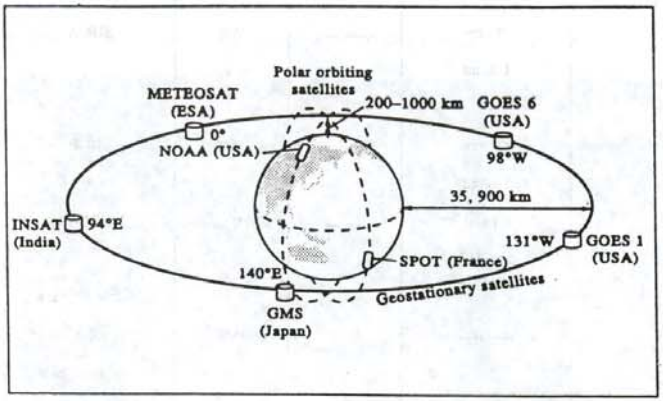
							SHUTTLE
ژئومورفولوژی زمین‌شناسی خاک	۵۰km	۴۰m		۲۳/۵cm L.band	پوشش محدود	۱۹۸۱	SIR-A
کاربرد زمینی- اقیانوس‌نگاری	۲۰-۵۰km	۳۰m		۲۳/۴cm L.band	پوشش محدود	۱۹۸۴	SIR-B
کارتوگرافی- اقیانوس‌نگاری مطالعات یخ، کارتوگرافی	۸۰/۴km	۲۰-۳۰m ۲۰m		c-band ۵/۳GHZ سیاه‌وسفید	پوشش جهانی پوشش محدود	از ۱۹۹۱ ۱۹۸۳	ERS-1 Metric Camera ESA آژانس فضایی اروپا
کارتوگرافی- زمین‌شناسی خاک‌شناسی، رویش	۱۴۰km	۲ ۲۰m ۱۰-۲۰m		سیاه‌وسفید، رنگی،مادون‌قرمز مرئی‌مادون‌قرمز نزدیک،قرمز حرارتی	پوشش محدود پوشش محدود	۱۹۸۴ ۱۹۸۴	Large Format Camera آمریکا (LFC) آلمان غربی MOMS
کاربردهای چندمنظوره، کارتوگرافی		۱۵-۳۰m ۵-۷m ۱۰-۱۵m ۹-۱۳m		چندطیفی (۴عدسی) سیاه‌وسفید چندطیفی (۴عدسی) چندطیفی (۶عدسی)	پوشش محدود پوشش محدود	درحال‌کار	COSMOS عکسبرداری فضایی روسیه Resource F-1 KATE-200 KFA-1000 Resource F-2 MK-4 Soyuz-22, Salyut 6 MIR-Misson MKF-6

VISSR: Visible and IR Spin Scan Radiometer

VARR: Very High Resolution Radiometer

AVHRR: Advanced Very high Resoivtion Radiometer

OLS: Operational Linescan system



نگارهٔ (۱-۳)
ماهواره‌های نزدیک - قطب و ثابت زمینی هواشناسی

مدارهای ثابت زمینی ماهواره‌ها، همزمانی گردش ماهواره به دور زمین وگردش زمین به دور خود را میّسر می‌سازند ودر نتیجه بنظر می‌رسد که ظاهراً ماهواره همیشه در یک نقطه ثابت نسبت به سطح زمین قرار گرفته است زاویه دید سنجنده واقع در ماهواره ثابت زمین، قاچی از کره زمین با زاویه ۸۰ درجه (وشعاع تقریبی ۶۲۰۰کیلومتر) را پوشش می‌دهد، بطوری که پنج ماهواره‌ای که به طور صحیح در بالای استوا ودر طولهای مختلف جغرافیایی قرارگرفته‌اند پوشش کامل از سطح زمین را در محدوده ۸۰درجه عرض جغرافیایی شمالی تا ۸۰ درجه عرض جغرافیایی جنوبی فراهم می‌نماید. به هرصورت به علّت انحناء زمین، سطح مناطق قطبی بر روی تصویر با اعوجاج و جابه جایی زیادی نشان داده می‌شود.

ماهواره‌های ثابت زمینی هواشناسی عملیات زیر را انجام می‌دهند:

● مأموریتهای تصویربرداری:

تصاویر از طریق داده‌های ایجاد شده توسط رادیومترهای جاروب کننده ویا گردان که در محدوده طیف مرئی ومادون قرمز (امواج نوری) فعالیت می‌کنند، تولید می‌شود.

قدرت تفکیک داده‌های تصویر در نقطه زیر ماهواره بین ۹۰۰ متر تا ۲/۵ کیلومتر (براساس نوع فضاپیما) در محدوده طیف مرئی وحدود ۵تا ۷کیلومتر در محدوده مادون قرمز طیف نوری می‌باشد.

● مأموریتهای پخش وتوزیع داده:

ماهواره‌ها با خود یک یا دو ترانسپوندر باند S راجهت ارسال داده‌های تصویری از پیش پردازش شده آنالوگ ویا رقومی به ایستگاههای دریافت کاربران در محدوده امواج رادیوی ماهواره حمل می‌کنند. سیستم ارسال اتوماتیک تصویر (APT[3]) که خدمات فاسیمیل آب و هوا (Wefax[4]) نامیده می‌شود، ارسال داده‌های تصویری منطقه‌بندی شده را به گروههای زیادی از کاربران، میسر وانجام آنالیز داده‌های تصویری وپیش‌بینی هوا رامیسر می‌سازد

● مأموریتهای جمع‌آوری داده:

ماهواره‌های هواشناسی قادر هستند که داده‌های هواشناسی، هیدروگرافی واقیانوس‌شناسی را از طریق تعداد زیادی سکوهای جمع‌آوری داده ثابت ویا متحرک جمع‌آوری نموده واین داده‌ها را به ایستگاههای مرکزی زمینی جهت پردازش و کاربرد ارسال نمایند.

ماهواره‌های هواشناسی نزدیک-قطب، در مدارهای پائینی که فاصله آنها از سطح زمین بین ۶۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلومتر است فعّال هستند. حرکت این ماهواره همزمان با خورشید است، به این معنی که مدار دریک صفحه ثابتی نسبت به خورشید مادامی که زمین در زیر (این مدار) در حال حرکت به دور خود می‌باشد، باقی می‌ماند. پوشش کلی بوسیله مدارهای پشت سرهم حاصل می‌شود. در ارتفاع ۹۰۰کیلومتری (از سطح زمین) ماهواره دارای پریود ۱۰۳ دقیقه می‌باشد (یعنی در هر ۱۰۳ دقیقه یک بار به دور زمین می‌چرخد) و مدارهای بعدی (پشت سرهم) به ترتیب از یکدیگر در استوا ۲۸۶۰ کیلومتر فاصله دارند. بعضی از سنجنده‌ها دارای عرض گذر کمتر از ۲۸۶۰ کیلومتر هستند وبنابراین پوشش ناقص در منطقه استوایی فراهم می‌کنند.

ماهواره‌های نزدیک -قطب دارای سنجنده‌ها و تجهیزات مختلفی هستند که عموماً قادرند مأموریتهای زیرین را انجام دهند:

● مأموریتهای تصویر برداری :

"داده"های تصویری بوسیله رادیومترهایی که در محدوده مرئی ومادون قرمز طیف نوری فعّالیت می‌کنند، تولید می‌شود. قدرت تفکیک زمینی بین ۱ تا ۴کیلومتر در محدوده طیف مرئی وبین ۱تا۷کیلومتر در محدوده مادون قرمز طیف نوری و در امتداد پایین مسیر ماهواره تغییر می‌کند.

● **مأموریتهای عمق یابی :**

عمق یابی اتمسفر بوسیله رادیومترهای عمودی که در محدوده امواج میکرو طیف نوری ومادون قرمز فعّال هستند، انجام می‌گیرد واطلاعاتی در خصوص درجه حرارت، رطوبت جوّ در ارتفاعات مختلف را فراهم می‌سازند.

● **مأموریتهای دریافت وارسال :**

ماهواره‌ها خدمات رفت وبرگشتی (اطلاعات) را فراهم می‌سازند به طوریکه دریافت داده‌های ماهواره‌ای را بطور زنده بوسیله ایستگاههای زمینی مستقر در محدوده دریافت امواج رادیویی حمایت می‌کنند. داده‌های تصویری با قدرت تفکیک متوسط بوسیله سیستم انتقال اتوماتیک تصویر همزمان با داده های تصویری با قدرت تفکیک بالا بوسیله سیستم ارسال تصویر با قدرت تفکیک زیاد ارسال می‌شوند.

● **مأموریتهای جمع آوری داده :**

ماهواره‌های هواشناسی نزدیک قطب مجهز به جمع‌آوری داده از سکّوهای جمع‌آوری داده هستند (DCPS[5])

۱-۲-۱) ماهواره‌های هواشناسی ثابت زمین[6]

۱-۲-۱-۱) ماهواره عملیاتی محیط زیست ثابت زمینی (GOES)

ماهواره‌های هواشناسی امریکا عملیات خودرا در سال ۱۹۷۵ میلادی آغاز نموده‌اند. ماهواره‌ها متعلق به سازمان ملّی جوّ واقیانوسی آمریکا (NOAA[7]) بوده و بوسیله این سازمان اداره می‌شوند. GEOES-7 در سال ۱۹۸۷ میلادی به فضا پرتاب شدند وانتظار می‌رود که تا سال ۲۰۰۰ میلادی این ماهواره‌ها در سرویس قرار داشته باشند. وسائل موجود در ماهواره شامل رادیومتر اسکن‌کننده - گردان مادون‌قرمز ومرئی جهت ضبط تصاویر از کره زمین در محدوده طول موجهای طیف مرئی (0.66 -0.7 Mm) ومادون قرمز حرارتی (۱۲/۶Mm-۱۰/۵) با قدرت تفکیک فضایی ۰/۸ کیلومتر برای طیف مرئی و۶/۹ کیلومتر برای باند حرارتی می‌باشد. امکان تکرار تصویر ۱۹ دقیقه می‌باشد وپوشش به میزان نیمکره کامل زمین ویا یک ربع از نیمکره کامل زمین می‌باشد. از زمان ماهواره‌های GOES-3 ماهواره‌ها همچنین به عمق‌یابی اتمسفر برای جمع آوری اطلاعات پروفیل عمودی اتمسفر مجهز گردیده‌اند.

یک سیستم عملیاتی GOESمتشکل از سه ماهواره GEOS_E (غرب آتلانتیک) GEOS-W (شرق پاسیفیک) و GEOS-IO (اقیانوس هند) بود. که با مشکلات فنی متعدّدی اجرا شد.

داده‌های ماهواره‌های GOES همراه با داده‌های سایر ماهواره‌های ثابت زمینی که بوسیله امریکا، ژاپن، هندوستان و روسیه می‌گردند و برای جمع‌آوری اطلاعات هواشناسی در مقیاس جهانی، به کار برده می‌شوند.

۱-۲-۱-۲) برنامه عملیاتی متئوست (Moteosat)

برنامه ماهواره **متئوست** بوسیله سازمان فضایی وهواشناسی فرانسه در سال ۱۹۷۰ میلادی آغاز گردید. در سال ۱۹۷۲ میلادی برنامه مذکور به آژانس فضایی اروپا(ESA[8]) که درسال ۱۹۷۳ میلادی موافقت خود را مبنی بر بهبودسازی دو ماهواره متئوست اعلام نمود، منتقل گردید. **متئوست** ۱ در سال ۱۹۷۹ میلادی موفق نشد و در سال ۱۹۸۱ میلادی **متئوست** ۲ که تا به امروز در مدار باقی‌مانده است جایگزین آن گردید. در ماه ژوئن سال ۱۹۸۸میلادی، **متئوست** P2 که اکنون **متئوست** ۳ نامیده می‌شود، فعالیتهای روزانه را به عهده گرفت، وبرنامه‌های عملیات **متئوست** (MOP) که توسط آژانس فضائی اروپا (ESA) از طرف سازمان ماهواره‌ای هواشناسی اروپا (Eumetsat[9]) اداره می‌شود، آغاز گردید، سازمان ماهواره‌ای هواشناسی اروپا (Eumetsat) در حال برنامه‌ریزی پرتاب ماهواره‌های متئوست بیشتری است.

ماهواره **متئوست** با خود یک رادیومتر که در سه باند فعالیت می‌کند، حمل می‌نماید: رادیومتر مذکور می‌تواند در محدوده طیف امواج مرئی ومادون قرمز (km ۱/۱ -۰/۴) و ۵/۷-۷۰/۱ میکرومتر (بخارآب) و ۱۰/۵ تا ۱۲/۵ میکرومتر (مادون قرمزحرارتی) فعالیت نمایند.

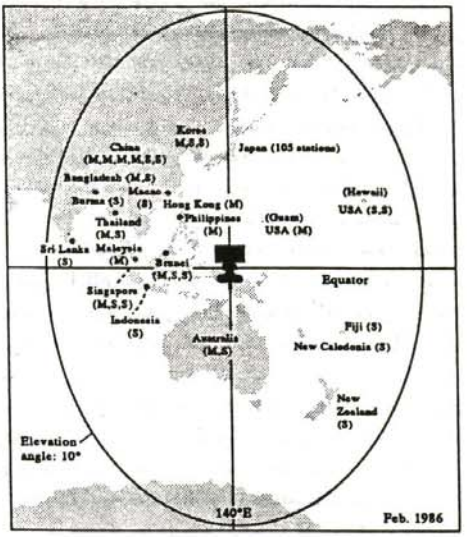
تصویر برداری برای مناطقی که در بین ۵۵درجه شمالی وجنوبی قرار گرفته‌اند فراهم می‌شوند قدرت تفکیک سنجنده در استوا ودر صفر درجه طول جغرافیای ۲/۵ کیلومتر برای باند نور مرئی ومادون قرمز و۵ کیلومتر برای دو باند باقی‌مانده می‌باشد. تکرار تصویر در هر سی دقیقه می‌باشد.

برای مأموریت **متئوست** در اواسط سال ۱۹۹۰ میلادی که موسوم به دومین نسل **متئوست** (MSG) می‌باشد، سازمان ماهواره‌ای هواشناسی اروپا درحال برنامه ریزی جهت اضافه نمودن دو وسیله جدید به ماهواره می‌باشد:

- یک رادیومترباقدرت تفکیک بسیار زیاد ۵۰۰مترفعّال درقسمت مرئی‌طیف نوری؛
- یک رادیومتر پیشرفته فعّال در باندهای مرئی ومادون قرمز با عناصر عمق یابی ؛
- یک رادیومتر با باند وسیع قادر به اندازه‌گیری تشعشعات خورشیدی و زمین با قدرت تفکیک فضایی حدود ۲۰۰کیلومتر ؛
- یک عمق یاب مادون‌قرمز با قدرت تفکیک بسیار زیاد طیفی.

۱-۲-۱-۳) ماهواره‌های ثابت زمینی ژاپن (GMS)

اولین ماهواره ثابت زمین ژاپن، موسوم به GMS-1 که همچنین هاماواری[10] نیز نامیده می‌شود در ماه جون سال ۱۹۷۷ میلادی به فضا پرتاب شده دومین ماهواره موسوم به GMS-2 در ماه اگوست سال ۱۹۸۱ میلادی به فضا پرتاب شد وبعد از پرتاب ناموفق این ماهواره در ماه ژانویه سال ۱۹۸۴ میلادی، ماهواره GMS-3 در ماه اگوست سال ۱۹۸۴ میلادی جایگزین آن گردید. نگاره (۱-۴)



نگاره (۱-۴)

GMS-4 بـرای سـال ۱۹۸۹ مـیلادی بـرنامه ریـزی گـردید، GMS-5برای سال ۱۹۹۳ میلادی و GMS-6 بـرای سـال ۱۹۹۴ مـیلادی. همه ماهواره‌های GMS در صفحه استوا ودر غرب اقیانوس کبیر در ۱۴۰ درجه طول جغرافیایی شرقی قرار گرفته‌اند (Matthews, 1988)

۱-۲-۱-۴) ماهواره‌های ثابت زمینی INSAT هندوستان

اولیـن مـاهواره ثـابت زمـینی هـندوستان ، مـوسوم بـه INSAT (IA)در ماه آوریل سال ۱۹۸۲ میلادی به فضا پرتاب شد. «اینست» (IA) با خود رادیومتری که دارای قدرت تفکیک بسیار زیاد می‌باشد حـمل نـموده ودر محدوده باندهای مادون‌قرمز ونور مرئی فـعال است. قـدرت تـفکیک فضایی برای باند نورمرئی ۲/۷۵ کیلومتر وبرای باند مادون قرمز ۱۱ کیلومتر بود. اولین ماهواره INSAT در بالای استوا (صفحه استوای سـماوی) ودر ۷۴ درجه شرقی طول جغرافیایی قرار گرفت عملیات ایـن مـاهواره تـا مـاه سپتامبر سال ۱۹۸۲ میلادی به طـول انـجامید. در مـاه اگـوست سـال ۱۹۸۲ میلادی به کمک فضانورد شاتل متعلق به سازمان فضایی امریکا (NASA) ماهواره INSAT IB جایگزین گردید. ماهواره مذکور در بالای استوا ودر ۹۴درجه طول جغرافیایی شرقی قرار گرفت

۱-۲-۲) ماهواره‌های هواشناسی نـزدیک- قـطب (سـالهای ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ میلادی)

در ایالات متحده سومین نسل، ماهواره‌های،هواشـناسی نـزدیک- قطب بوسیله ماهواره‌های TIROS-N معرفی شده‌اند. سری ماهواره‌های TIROS-N عملیات خودرا در تاریخ سال ۱۹۷۸ میلادی آغاز نموده‌اند.

پس از پـرواز مـاهواره‌هـای پـیشرفته TIROS-N، مـاهواره‌هـا، NOAA,6,7,8,9,10 نـامیده شـدند. مـاهواره‌هـای NOAA دارای رادیومترهای پیشرفته وبا قدرت تفکیک بسیار زیاد[11] و به صورت جاروب کننده می‌باشند. آنها به صورت (رادیومترهای) چهار یا پنج کـاناله سـاخته شده‌اند. (جدول ۴-۱). که در طیف مرئی ونزدیک و مـیانی مـادون‌قرمز بـا قدرت تفکیک فضایی ۱/۱ کیلومتر عملیاتی هستند.

جدول (۱-۴)

مشخصات مأموریتهای،ماهواره‌های NOAA شماره ۶ تا ۱۰

پارامتر	NOAA-6,8,10	NOAA 7,9
پرتاب	6/27/79,3/28/83,9/17/86	6/23/81,21/12/84
ارتفاع (کیلومتر)	۸۳۳	۸۳۳
پریود مدار (دقیقه)	۱۰۲	۱۰۲
زاویه مدار	۹۸/۹ درجه	۹۸/۹درجه
(تعداد) مدار در روز	۱۴/۱	۱۴/۱
فاصله بین مدارها	۲۵/۵ درجه	۲۵/۵درجه
جابه جایی روزانه مداری	۵/۵ درجه شرقی	۳درجه شرقی
پریود تکرار مدار(روز)	۴-۵	۸-۹
زاویه جاروب کردن ازنادیر	۵۵/۴ درجه	۵۵/۴ درجه
میدان دید نوری (میلی رادیان)	۱/۳	۱/۳
میدان‌دیدلحظه‌ای در نادیر (کیلومتر)	۱/۱	۱/۱
میدان دید لحظه‌ای خارج ازنادیر،		
حدا کثر (کیلومتر)درامتداد مسیر	۲/۴	۲/۴
در عرض مسیر	۶/۹	۶/۹
عرض کلر	۲۴۰۰ کیلومتر	۲۴۰۰ کیلومتر
پوشش	هر ۱۲ ساعت	هر ۱۲ ساعت
زمان عبور از شمال استوا (بعدازظهر)	۷/۳۰	۲/۳۰
زمان عبوراز جنوب‌استوا(قبل ازظهر)	۷/۳۰	۷/۳۰
کانالهای طیفی سنجنده AVHRR		
(میکرومتر)		
۱	۰/۵۸-۰/۶۸	۰/۶۸-۰/۹۸
۲	۰/۷۲-۱/۱۰	۰/۷۲-۱/۱۰
۳	۳/۵۵-۳/۹۳	۳/۵۵-۳/۹۳
۴	۱۰/۵-۱۱/۵	۱۰/۳۰-۱۱/۳۰
۵	تکرار کانال ۴	۱۱/۵۰-۱۲/۵۰

ماهواره‌های تیروس - إن TIROS-N در مـدارهـای هـمزمان بـا خورشید قرار گرفته‌اند و «داده» را در زمان محلی مشابه در هر روز فـراهـم می‌نمایند. سیستم ماهواره TIROS-N در مـدارهـایی کـه در ارتـفاع ۸۵۰

کیلومتری هستند قرار گرفته‌اند. ماهواره‌های TIROS-N از دو ماهوارهٔ عملیاتی تشکیل شده‌اند. یک ماهواره از بخش جنوبی استوا در ساعت ۷:۳۰ صبح و دیگری در ساعت ۱۵:۳۰ بعدازظهر به وقت محلی از قسمت شمالی استوا عبور می‌کند. بین سالهای ۱۹۷۸ الی ۱۹۸۶ میلادی، «داده‌های جمع‌آوری شده از طریق اسکنر رنگی نواحی ساحلی (CZCS) مستقر در ماهوارهٔ NIMBUS-7، سهم مهمی را به دانش اقیانوس نگاری اهدا نمودند، اسکنر رنگی مناطق ساحلی، بیش از ۶۶۰۰۰ تصویر دریافت نمود که هر یک از آنها تقریباً مساحتی بالغ بر دو میلیون کیلومترمربع از سطح اقیانوس را پوشش می‌دهد.

مشخصات اسکنر رنگی مناطق ساحلی[12] (CZCS) در جدول (۱-۵) آمده است.

جدول (۱-۵) مشخصات NIMBUS-5
و جاروب‌کننده رنگی مناطق ساحل (CZCS)

ارتفاع‌مداری		۹۵۵ کیلومتر
عبورازاستوا		۱۲:۰۰
قدرت‌تفکیک‌زمین‌درنادیر		۸۲۵متر
عرض گذر		۱۵۶۶ کیلومتر
میدان‌دید		۳۹ درجه
باندهای طیفی (μm)		
(۱)	۰/۴۳-۰/۴۵	آبی (جذب کلروفیل)
(۲)	۰/۵۱-۰/۵۳	آبی‌سبز (جذب کلروفیل)
(۳)	۰/۵۴-۰/۵۶	سبز (موادزرد)
(۴)	۰/۶۶-۰/۶۹	قرمز (کسرت کلروفیل)
(۵)	۰/۷۰-۰/۸۰	نزدیک‌قرمز (رویش سطحی گیاهی)
(۶)	۱۰/۵-۱۲/۵	مادون‌قرمزحرارتی
		(درجه‌حرارت‌سطحی)

در روسیه، سری ماهواره‌های هواشناسی ۱- METEOR بین سالهای ۱۹۶۹ الی ۱۹۷۶میلادی، ۲۵ مأموریت انجام دادند و سری جدید ماهواره‌های هواشناسی ۲- METEOR خدمات خود را در سال ۱۹۷۷ میلادی آغاز نمودند. قدرت تفکیک اسکنر موجود در این ماهواره و در بخش طیف نور مرئی ۲ کیلومتری می‌باشد.

سطح عملیاتی و کاربرد حقیقی این ماهواره از سال ۱۹۸۰ میلادی آغاز گردید. اطلاعات به دست آمده از سیستمهای ماهواره‌ای ثابت زمین و قطبی، سهم به سزایی در شناخت بهتر محیط زیست در مقیاس منطقه‌ای، قاره‌ای و جهانی ایفا نموده‌اند. اطلاعات مناسب به مطالعات کمّی و کیفی هواشناسی، آب‌شناسی و اقیانوس‌نگاری می‌باشد.

تصاویر ماهواره‌ای تحت پردازش و آنالیز و تفسیر قرار گرفته و از آنها انواع زیادی محصولات کارتوگرافیک از جمله نقشه‌های موضوعی، مربوط به عناصر مختلف و خصوصیّات مختلف اتمسفر، هیدروسفر و بیوسفر تولید می‌شود. نقشه‌های آزمایشی که براساس داده‌های ماهواره‌ای تولید شده‌اند، انواع اطلاعات عوارض ذیل را معرفی می‌نمایند.

- اتمسفر

درجه حرارتهای متوسط سطوح هم‌فشار، میزان کلی بخار آب و توزیع آن را بوسیلهٔ لایه‌ها، میزان کلی ازون و توزیع آن بوسیلهٔ لایه‌ها، سرعت باد وجهت آن در تروپسفر

- ابرها

قدرت تفکیک فضایی و ساختار ابرها، ارتفاع و درجه حرارت بالای ابرها، میزان کلی آب موجود در ابرها، موقعیت و شدت نفوذ ابرها

- سطح اقیانوس

درجه حرارت سطح اقیانوس، موقعیت جریانهای اصلی سطح اقیانوس، (ناهمواری) سختی سطح اقیانوس، شرایط یخ، موقعیت مناطق آلوده روی سطح اقیانوس

- سطح زمین

درجه حرارت سطح زمین
میزان رطوبت خاک
میزان توزیع برف
موقعیت مناطق ذوب یخ و برف
توزیع پوشش خاک و گیاه

پاورقی:

1) Department of Geography, University of waterloo, Waterloo, Ontario, Canada
2) Institute of Geodesy and Cartography, Warsaw, Poland
3) APT: Automatic picture transmission
4) Wefax: Weather fascimile service
5) Dcps : Data collection platforms
6) Geostationary meterolgical sattelites (GOES)
7) National oceanic and Atmospheric Admimistration (NOAA)
8) ESA= EUropean Sace Agency
9) EUmotsat= EUropean Meteorological Sattelite Organization
10) Hamavari
11) AHRR= Advanced very high resolcution radiometers
12) CZCS: Coastal Zone Colour Scanner