آشنایی با دانش دورسنجی

نوشته: سیمین مهدیزاده تهرانی با همکاری: نسرین رحیم‌زاده و راهنمایی: ایرج نوایی (گروه دورسنجی سازمان زمین‌شناسی کشور)

زمین، به مثابه زیستگاه انسان موجودی پر از ناشناخته و چیستانها است. از اینرو شناخت آن همواره قرین تلاشهای وافر بوده است. زمانیکه زمین میلرزید و شکاف بر میداشت و همه چیز را نیست و نابود میکرد، هنگامیکه تندر می‌غرید و آذرخش جنگلها و مرتعها را به آتش میکشید، برای آدمی پرسش برانگیز بود که چرا؟ چرا اینچنین میشود؟ و چه باید کرد که نشود؟ یا وقتی به دریاها مینگریست از خود میپرسید انتهایش کجاست؟ زیرش چیست؟ زمانیکه به معدنی دست مییافت نمیدانست چرا اینجا هست و آنجا نیست. به هنگام تغییر مکان فقط میرفت بدون آنکه بداند به کجا و از کدام سو باید برود؟ همه این پرسشها انسان را به اندیشه یافتن وسیله‌ای انداخت که بتواند از محیط زندگی خود تجسمی واقعی داشته باشد. این وسیله بعدها نقشه نامیده شد. نقشه‌های ابتدایی احتمالاً گفتاری بوده یعنی کسانیکه مثلاً راهی را رفته بودند تجربه خود را برای دیگران که میخواستند همان راه را بروند بازگو میکردند. پس از ساخته شدن کاغذ جهانگردان مسیرهای حرکت خود را بر روی کاغذ نقاشی میکردند، که در سفرنامه‌های بسیار هم اکنون موجود است. این نقشه‌ها جوابگوی نیاز روزافزون بشر متکامل نبود.

با پیدایش رشته‌های مختلفی در علوم تجربی مانند زمین‌شناسی، کشاورزی، اقیانوس‌شناسی و امثال آنها نیاز به نقشه‌های اختصاصی احساس شد، از آنجمله نقشه جنگل، زمین‌شناسی کف دریا و اقیانوس. حال ابزاری لازم بود که بوسیله آن این نیاز برآورده گردد. ابزارهای تهیه نقشه تا آنجا تکامل یافت که خود رشته مستقلی از علوم بنام نقشه‌برداری شد که آن نیز به نوبهٔ خود به شعبه‌ها و تخصصهای بسیار گسترده‌ای تقسیم شد.

وقتی لوسدات (Laussedat) برای نخستین بار در سال ۱۸۵۲ بفکر تهیه نقشه از روی عکس افتاد و نقشه منطقه‌ای در اطراف پاریس را تهیه نمود، تحول بزرگی در مطالعات سطح زمین بوجود آمد. از آن پس عکسبرداری از سطح زمین و از ارتفاعات مختلف با وسایلی نظیر بادبادک و بالن انجام گرفت، با پیدایش هواپیما عکسهای هوایی با مقیاسهای گوناگون گرفته شد و رشته‌های جدیدی از دانش پا به عرصه وجود گذاشت، از آن جمله میتوان از تبدیل عکس (Photogrammetry) و تفسیر عکس (Photo Interpretation) نام برد.

پس از آنکه آدمی پا از جو زمین بیرون نهاد، عصر تازه‌ای را آغاز نمود. در «عصر فضا» سفینه‌ها یکی پس از دیگری تکامل یافته و به منظور پیش‌بینی وضع هوا، مخابرات، مطالعات اخترشناسی و مطالعات منابع زمینی راهی فضا می‌شوند و اطلاعات مهم و بسیار باارزشی جمع‌آوری و به زمین ارسال میدارند. برای تعبیر و تفسیر دانسته‌های گردآوری شده رشته جدیدی از دانش تجربی بنام «دور سنجی یا سنجش از دور» (REMOTE SENSING) تولد یافت.

دورسنجی چیست؟

دورسنجی دانش و هنری است که از طریق آن میتوان با استفاده از یکسری اندازه‌گیریهایی که از فاصلهٔ دور بدون هیچگونه تماس فیزیکی انجام میشود در بارهٔ پدیده‌های مختلف اطلاعات مفید و قابل استفاده‌ای کسب نمود. این اندازه‌گیری بوسیله ابزارهای ویژه‌ای بنام سنجنده (Sensor) که بر روی سکوهای (Platforms) مختلف مانند هواپیماها (شکل ۱)، ماهواره‌ها (شکل ۲) و غیره نصب میشوند انجام می‌گیرد. اطلاعات جمع‌آوری شده بوسیله سنجنده‌ها پس از تجزیه و تحلیل میتواند مورد استفاده قرار گیرد.

بنابراین سنجش از دور شامل دو مرحلهٔ جمع‌آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل اطلاعات میباشد. فن سنجش از دور شامل روشهای متعددی است از آنجمله:

۱ ـ عکسبرداری هوایی سیاه و سفید یا رنگی

این عکسبرداری در محدوده طول موج‌های ۰/۳ تا ۰/۹ میکرومتر انجام میگیرد و بر حسب بکارگیری فیلمهای سیاه و سفید یا

رنگی، عکس سیاه و سفید یا رنگی بدست می‌آید. عکس سیاه و سفید معمولی از قدیمیترین اطلاعات دورسنجی هستند.

۲ ــ عکسبرداری حرارتی

در این روش، عکسبرداری در محدوده طول موج مادون قرمز حرارتی (۳ تا ۱۵ میکرومتر) صورت می‌گیرد و تشعشعات حرارتی پدیده‌ها ثبت میگردد. در این تصاویر مناطق دارای درجه حرارت بالا با تُن روشن ظاهر میشوند. با استفاده از ابزارهای ویژه مناطق هم حرارت را میتوان در این عکسها مشخص نمود.

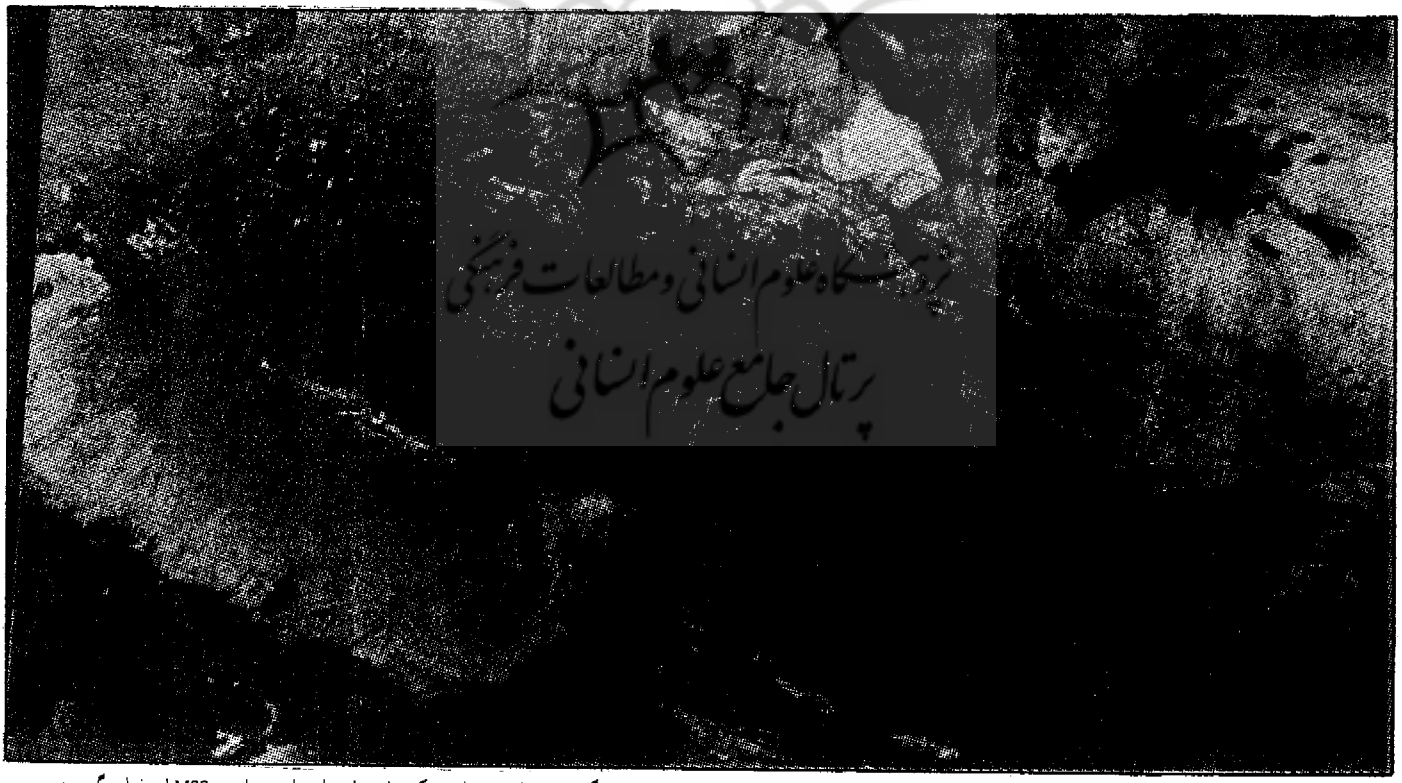
۳ ــ عکسبرداری رادار (SLAR)

عکسبرداری رادار در محدوده طول موجهای ۰/۸۶ تا ۳/۳ سانتی‌متر انجام میگیرد. این امواج بوسیله سیستمهای ویژه‌ای تولید و به طرف زمین ارسال میشود و پس از بازگشت توسط آنتن‌هایی گرفته شده و سرانجام بصورت عکس ثبت میگردد.

۴ ــ ژئوفیزیک هوایی

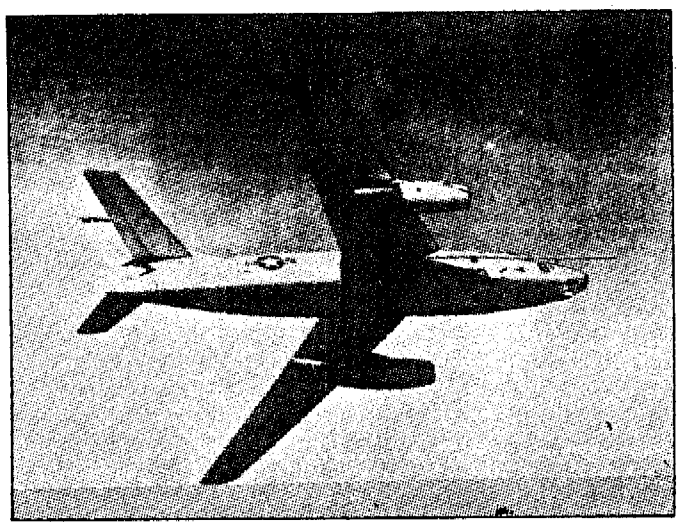
تهیه نقشه‌های ژئوفیزیک هوایی با استفاده از پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موجهای کوتاهتر از ماوراء بنفش (اشعه ایکس) تا امواج رادیویی میباشد. این نقشه‌ها برای پژوهشهای مختلف زمین‌شناسی مانند اکتشافات معدنی و طرح‌های عمرانی کاربردهای بسیاری دارند.

عکس شماره ۲ ــ ناحیه درباچه حوض السلطان قم در داخل آب شدت رنگ متفاوت است یعنی مناطقی تیره‌تر و قسمتهایی روشنتر دیده میشود. هر چه ژرفای آب بیشتر باشد رنگ تیره‌تر دیده میشود. لکه‌های قرمز روشن در خارج درباچه سمت راست مربوطه به بیرون زدگیهایی از سنگهای ولکانیکی نظیر سیاه‌کوه (بالا سمت راست) میباشد.



عکس شماره ۱ ــ این عکس که از ناحیه معدن مس پورفیری سرچشمه و بوسیله کامپیوتر تهیه گردیده. برای تهیه این عکس از تمام باندهای تصاویر MSS استفاده گردیده. برای تهیه اینگونه تصاویر با برنامه‌هایی که به کامپیوتر داده میشود پاره‌ای از طول موجها حذف شده و پاره دیگر شدت بیشتری پیدا میکنند. درعکس اصلی منطقه معدن سرچشمه برنگ سبز تیره دیده میشود. مناطق دیگر ناشناخته‌ای نیز با همین رنگ در عکس آمده، که پس از کنترل زمینی معلوم گردید که پاره‌ای از آنها نیز آلتراسیون مس پورفیری نظیر سرچشمه هستند.

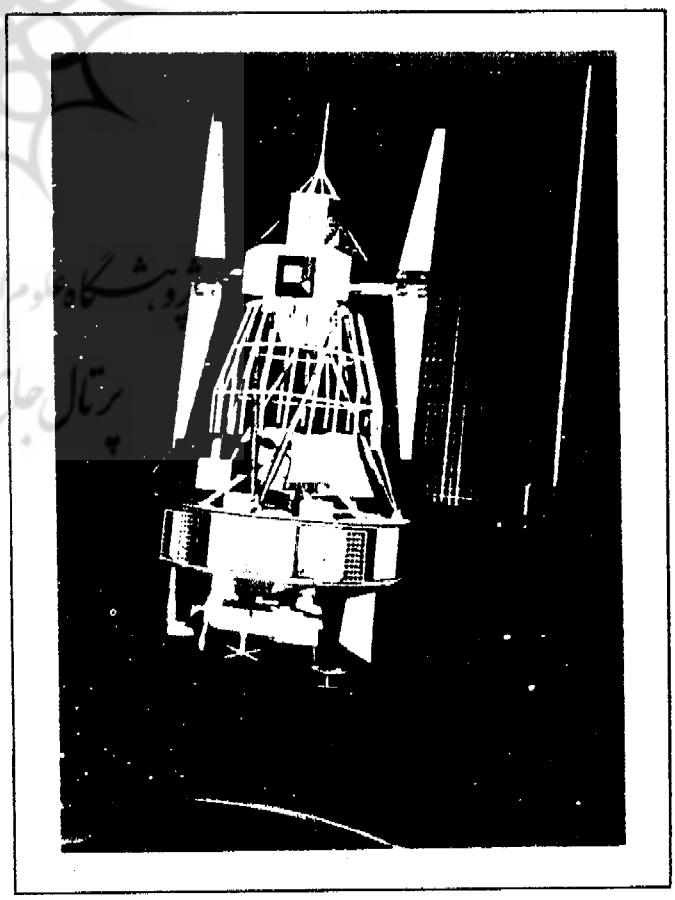
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱ ــ هواپیمای ویژه عکسبرداری هوایی

۵ ــ تصویربرداری فضایی

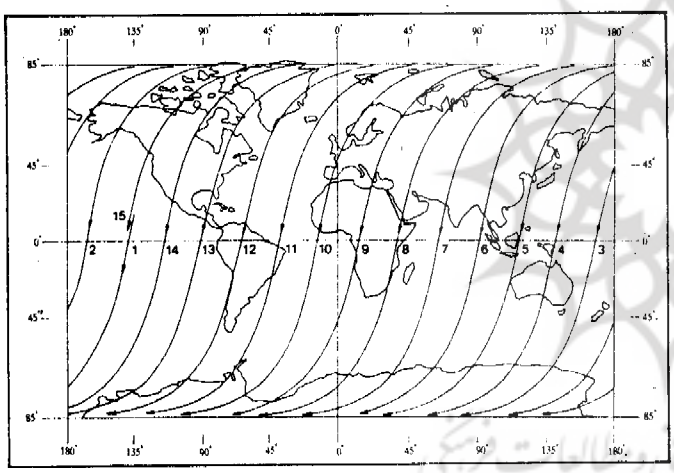
در این نوشتار کوشش گردیده مطالبی بسیار کلی پیرامون تصویربرداری فضایی، بویژه تصاویر ماهواره‌ای تکنولوژی منابع زمینی و خلاصه کاربرد آن بیان گردد. امید است در فرصت‌های دیگر اطلاعاتی از دیگر روشهای جمع‌آوری اطلاعات دورسنجی در اختیار علاقمندان قرار داده شود.



شکل ۲ ــ ماهواره تحقیقات منابع زمینی

ماهواره‌های تکنولوژی منابع زمینی

هدف این ماهواره‌ها جمع‌آوری اطلاعات از منابع گوناگون زمینی میباشد. این ماهواره‌ها بنام ماهواره‌های زمین (LandSatelite) یا به اختصار لندست (Landsat) نامیده میشوند. تاکنون پنج ماهواره از این نوع به فضا پرتاب گردیده است. لندست یک که در ابتدا بنام «ERTS» (حرفهای اول ماهواره تکنولوژی منابع زمینی) نامیده میشد در جولای ۱۹۷۲ توسط «NASA» (سازمان ملی فضانوردی آمریکا) به فضا پرتاب شد و دومین ماهوارهٔ مشابه آن بنام لندست دو در فوریه ۱۹۷۵ در مدار زمین قرار گرفت و با جزئی تغییرات لندست سه در مارس ۱۹۷۸ به فضا فرستاده شد. این سه ماهواره لندست به ماهواره‌های نسل اول معروف هستند. بدنبال آن در سالهای ۱۹۸۲ و ۱۹۸۴ لندست چهار و پنج بنام ماهواره‌های نسل دوم راهی فضا گردیدند.

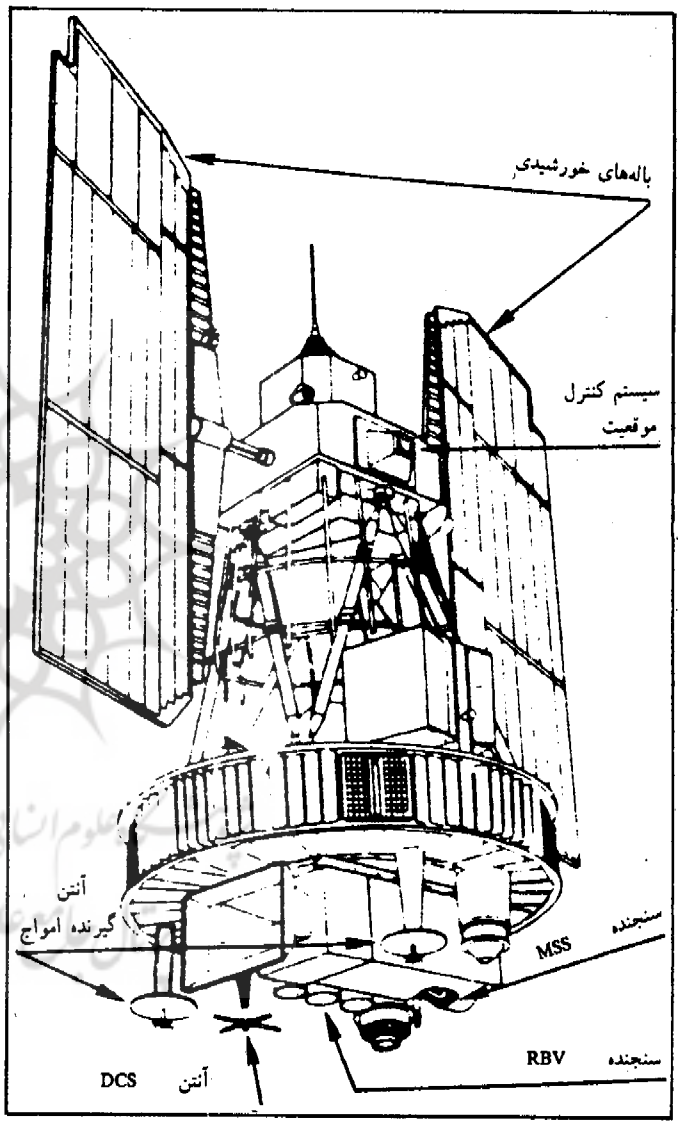


شکل ۳ ــ الگوی گردش روزانه ماهواره لندست

این ماهواره‌ها در یک مدار دایره‌ای شکل قطبی در جهت حرکت عقربه‌های ساعت در هر ۱۰۳/۳ دقیقه یکبار یکدور کامل زمین را می‌پیمایند، بنحوی که در ۲۴ ساعت ۱۴ بار زمین را دور میزنند (شکل ۳). ماهواره ضمن گردش بدور زمین به روشی که گفته خواهد شد از تمام کره زمین تصویربرداری میکند و هر باند تصویربرداری یا باند بعدی پوشش کمی دارد. فاصلهٔ هر گردش با گردش قبلی در عرض جغرافیایی کشور ایران حدود ۲۴۰۰ کیلومتر میباشد. با در نظر گرفتن پوشش هر تصویر که حدود ۳۵۰۰۰ کیلومتر مربع (۱۸۵ × ۱۸۵ کیلومتر) است در طی ۲۵۲ گردش بمدت ۱۸ روز میتواند از تمامی سطح کره زمین تصویربرداری نماید، بطوریکه هر تصویر با تصویر کناری خود در خط استوا حدود ۱۴ درصد پوشش خواهد داشت. در ضمن مدار ماهواره طوری تنظیم شده که تصویربرداری از هر ناحیه

سطح زمین مطابق با ساعت ۱/۵ صبح بوقت محلی باشد و چون زاویهٔ تابش خورشید در تمام تصاویر یکسان است میتوان اطمینان داشت که صحنه‌های زمین در تحت شرایط نور و سایه حتی‌الامکان مشابه تصویربرداری شده‌اند.

ماهواره لندست حدود ۸۵۰ کیلوگرم وزن، ۳ متر ارتفاع و ۱/۵ متر قطر داشته و در ارتفاع ۹۰۰ کیلومتری از سطح زمین قرار گرفته است. در شکل ۴ شمای ظاهری و قسمتهای مختلف یک ماهواره منابع زمینی نشان داده شده است.



شکل ۴ ــ شکل ظاهری و قسمتهای مختلف ماهواره منابع زمینی لندست یک

سنجنده‌های ماهواره لندست:

در ماهواره‌های لندست یک و دو، سه سیستم سنجنده تعبیه شده بود که عبارتند از:

۱ ــ سنجنده Data Collection System (D. C. S):

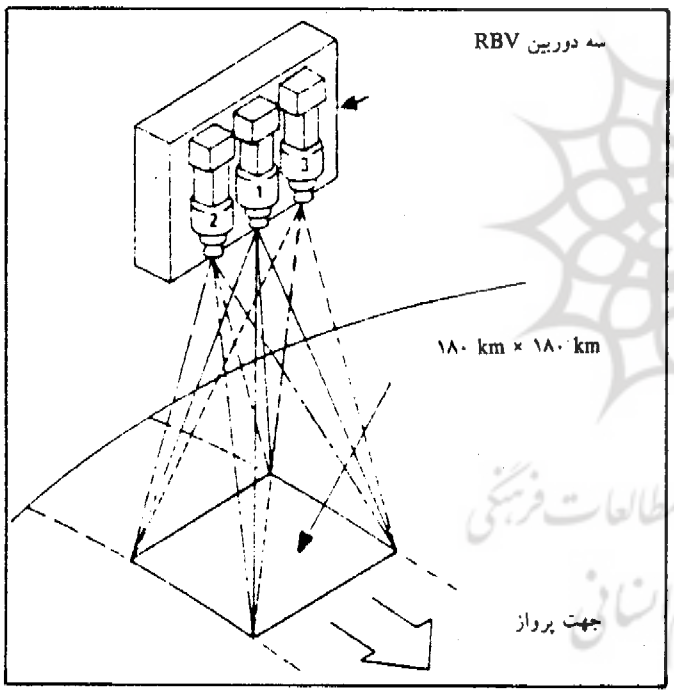
عمل این سنجنده در حقیقت رلهٔ اطلاعات دریافت شده به ایستگاه‌های زمینی از سنجنده‌های خودکار مختلفی بود، که به منظور اندازه‌گیری رطوبت خاک، دبی رودخانه، عمق برف، شوری آب، گازهای خروجی از آتشفشانهای فعال و غیره بر روی سکوهای کوچکی بنام سکوهای جمع‌آوری اطلاعات در نقاط مختلف کره زمین قرار داده شده بود. طرز کار این سیستم باین ترتیب بود که وقتی ماهواره در موقعیتی قرار میگرفت که در معرض دید ایستگاه گیرنده زمینی و سکوی جمع‌آوری اطلاعات هر دو قرار داشت، اطلاعات همان لحظه سکو را گرفته و پس از تقویت به گیرنده مخابره میکرد. این سیستم از لندست سه و ماهواره‌های پس از آن حذف گردید.

۲ ــ سنجندهٔ Return Beam Vidicon – R. B. V:

این سنجنده دارای سه دوربین تلویزیونی بوده که بطور همزمان تصویرهایی در سه باند با طول موجهای مختلف می‌گیرند (شکل ۵) که عبارتند از:

طول موج ۰/۴۷۵ تا ۰/۵۷۵ میکرومتر	سبز	باند ۱
طول موج ۰/۵۸۰ تا ۰/۶۸۰ میکرومتر	قرمز	باند ۲
طول موج ۰/۶۹۸ تا ۰/۸۳۰ میکرومتر	مادون قرمز نزدیک	باند ۳

هر تصویر سطحی معادل ۱۸۵ × ۱۸۵ کیلومتر (۳۵۰۰۰ کیلومتر مربع) از سطح زمین را می‌پوشاند. قابلیت تفکیک این سنجنده ۸۰ متر میباشد، بعبارت دیگر اگر جسمی دارای ۸۰ متر طول باشد قابل دیدن بر روی تصویر است.



شکل ۵ ــ نحوه تصویربرداری سنجنده RBV

۳ ــ سنجنده Multi Spectral Scanner – M. S. S.:

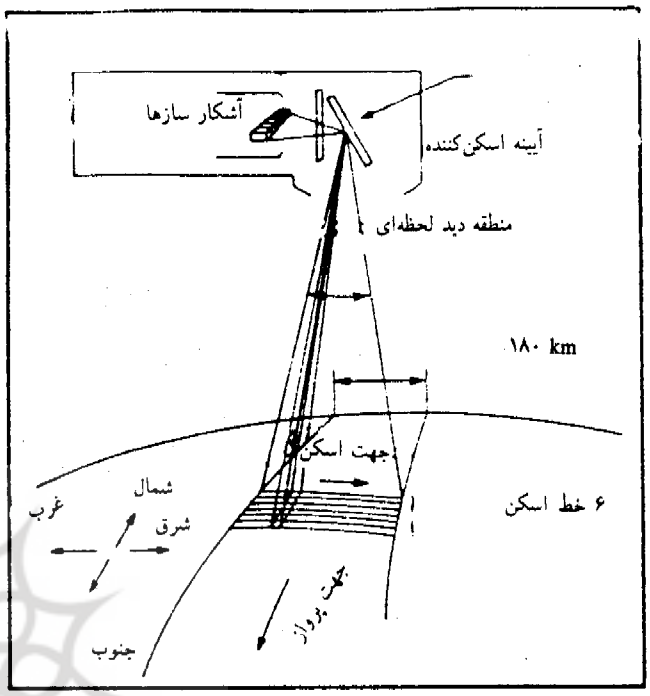
این سنجنده در چهار باند طیفی متفاوت بشرح زیر تصویربرداری میکند:

طول موج ۰/۵ تا ۰/۶ میکرومتر	سبز	باند ۴
طول موج ۰/۶ تا ۰/۷ میکرومتر	قرمز	باند ۵
طول موج ۰/ تا ۰/۸ میکرومتر	مادون قرمزنزدیک	باند ۶
طول موج ۰/۸ تا ۱/۱ میکرومتر	مادون قرمزنزدیک	باند ۷

سطح پوشش هر تصویر همانند سنجنده RBV بوده و دارای همان دقت تفکیک ۸۰ متر میباشد. در این سیستم، برخلاف دوربین‌های تلویزیونی که در یک لحظه از تمام منطقه تصویر تهیه میکنند، بتدریج که سکوی حامل سنجنده (ماهواره) جلو میرود از منطقهٔ مورد نظر به صورت نوارهای باریک و چسبیده بهم تصویر تهیه مکند (شکل ۶) بعبارتی منطقه مورد نظر

را «جاروب Scan» میکند.

در لندست سه سنجندهٔ RBV جای خود را به دو دوربین مشابه پانکروماتیک که نسبت به محدوده طیفی ۰/۵۰۵ تا ۰/۷۵۰ میکرومتر حساس هستند داد. این دو دوربین بطور همزمان از دو منطقه مختلف به ابعاد ۹۸ × ۹۸ کیلومتر (شکل ۷) تصویر تهیه می‌کردند. قابلیت تفکیک این دوربینها ۴۰ متر میباشد. به گفتاری دیگر قدرت تفکیک سنجنده‌ها در لندست سه بیش از دو برابر ماهواره‌های پیش از آن است.

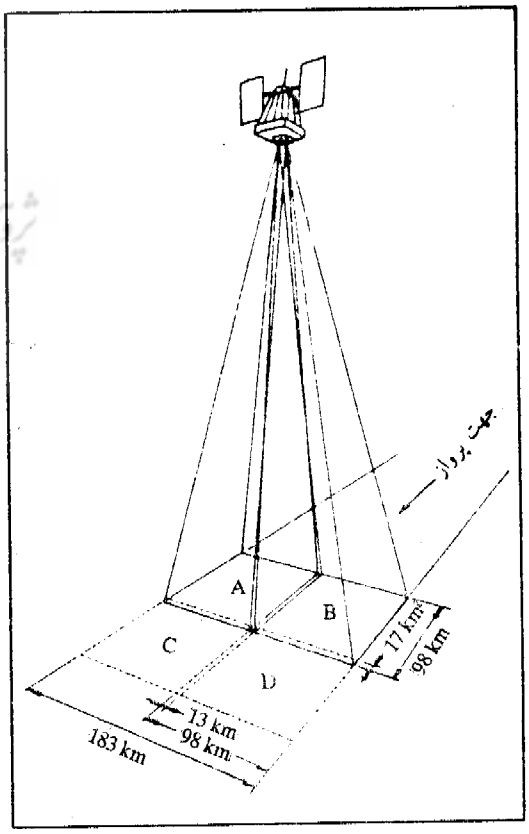


شکل ۶ ــ نحوه تصویربرداری سنجنده MSS

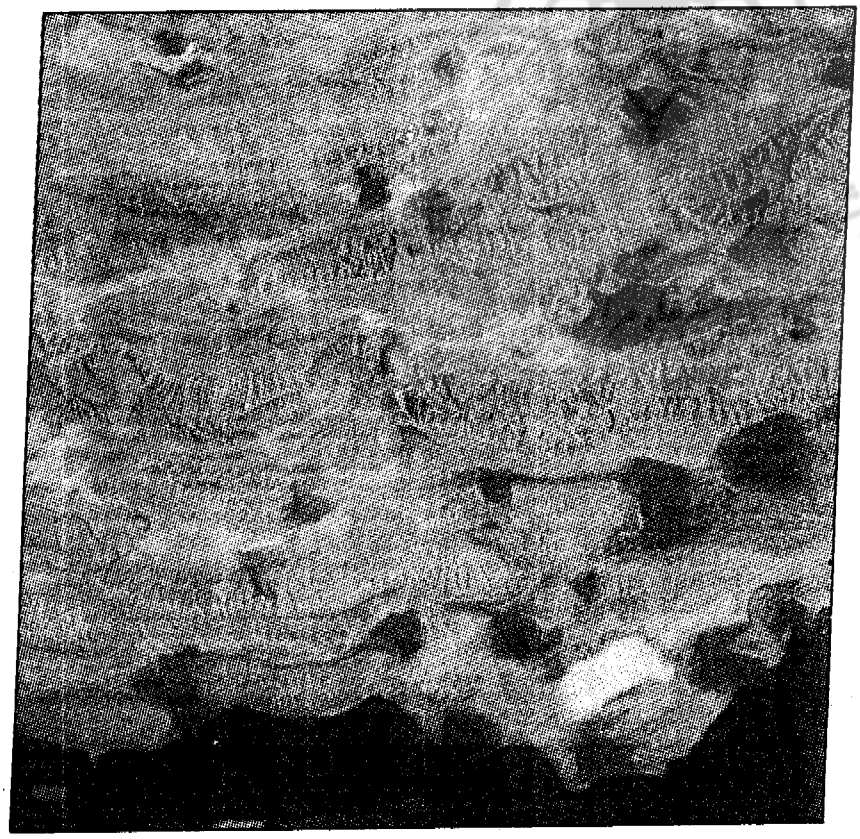
در ماهواره‌های نسل دوم به جای استفاده از دو دوربین گفته شده سنجندهٔ «Thematic Mapper» که به اختصار «T.M» خوانده میشود بکار گرفته شده است. این سنجنده طوری طراحی شده، که دقت تفکیک زیادی‌تری داشته (۳۰ متر)، بعلاوه قابلیت تفکیک طیفی زیادتری نسبت به سنجنده‌های قبلی در آن اعمال شده است، بطوریکه میتواند در طیف‌های نور مریی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز حرارتی تصویربرداری نماید. بطور کلی سنجندهٔ «TM» در هفت باند طیفی مختلف اطلاعات تهیه میکند بنابراین کاربرد بسیار گسترده‌تری در مطالعات منابع زمینی داشته و کیفیت بررسیها را بسیار بالا برده است.

کاربرد اطلاعات ماهواره‌ای در تحقیقات منابع زمینی

اطلاعات ماهواره‌ای به علت دارا بودن مزایایی از جمله تکراری بودن تصاویر هر ۱۸ روز یکبار، (که پس از پرتاب لندست سه به فضا تصویر برداری به هر ۹ روز یکبار کاهش یافت)، داشتن تصاویری از یک منطقه در باندهای طول موجی مختلف و بهره‌گیری از خدمات نرم افزارهای ویژه تعبیر و تفسیر، که کامپیوتر از جمله آنهاست کاربرد بسیار وسیعی در مطالعات مختلف منابع زمینی پیدا



شکل ۷ ــ نحوه تصویربرداری دو دوربین پانکروماتیک



شکل ۸ ــ تصویر باند ۷ ماهواره لندست ناحیه بندر لنگه، لار

نموده‌اند. لازم به تذکر است که برای بهره‌گیری کامل از این اطلاعات باید آنها را با روشهای مطالعات سنتی مانند عکسهای هوایی و کار زمینی تلفیق نمود.

خلاصه‌ای از کاربرد اطلاعات ماهواره‌ای در تحقیقات منابع زمینی بشرح زیر میباشد.

کشاورزی:

ـ در بررسی زمینهای بایر و شناخت نواحی مناسب جدید برای ترویج کشاورزی.

ـ تعیین مساحت اراضی زیر کشت.

ـ آمارگیری انواع محصولات کشاورزی قبل از برداشت.

ـ شناخت مزارع آفت زده در مناطق کشاورزی قبل از گسترش آن در تمام منطقه.

ـ شناخت و بررسی مرتع‌های طبیعی و تعیین سطح آنها، برای مدیریت دامپروری.

ـ تشخیص آتش سوزی جنگلها، نحوه و جهت گسترش آن.

ـ تعیین مساحت زیر پوشش جنگلها و طبقه‌بندی آنها.

ـ بررسی سرعت و جهت گسترش و پیشروی تپه‌های ماسه‌ای و کویرها در حوالی مناطق کشاورزی بمنظور پیدا نمودن راه‌های جلوگیری از گسترش آنها.

منابع آب و اقیانوس شناسی:

ـ کسب اطلاعات لازم در مورد ویژگیهای سفره‌های آبی.

ـ شناخت کیفیت آبهای سطحی و بررسی علل شور شدن و یا آلودگیهای دیگر.

ـ تهیه نقشه‌های هیدرولوژی و مورفولوژی به منظور برنامه‌ریزی صحیحی در مدیریت منابع آب.

ـ شناخت و پژوهش آبهای گل‌آلود به منظور شناخت محل زندگی و تمرکز میگو و ماهی در فصول مختلف سال.

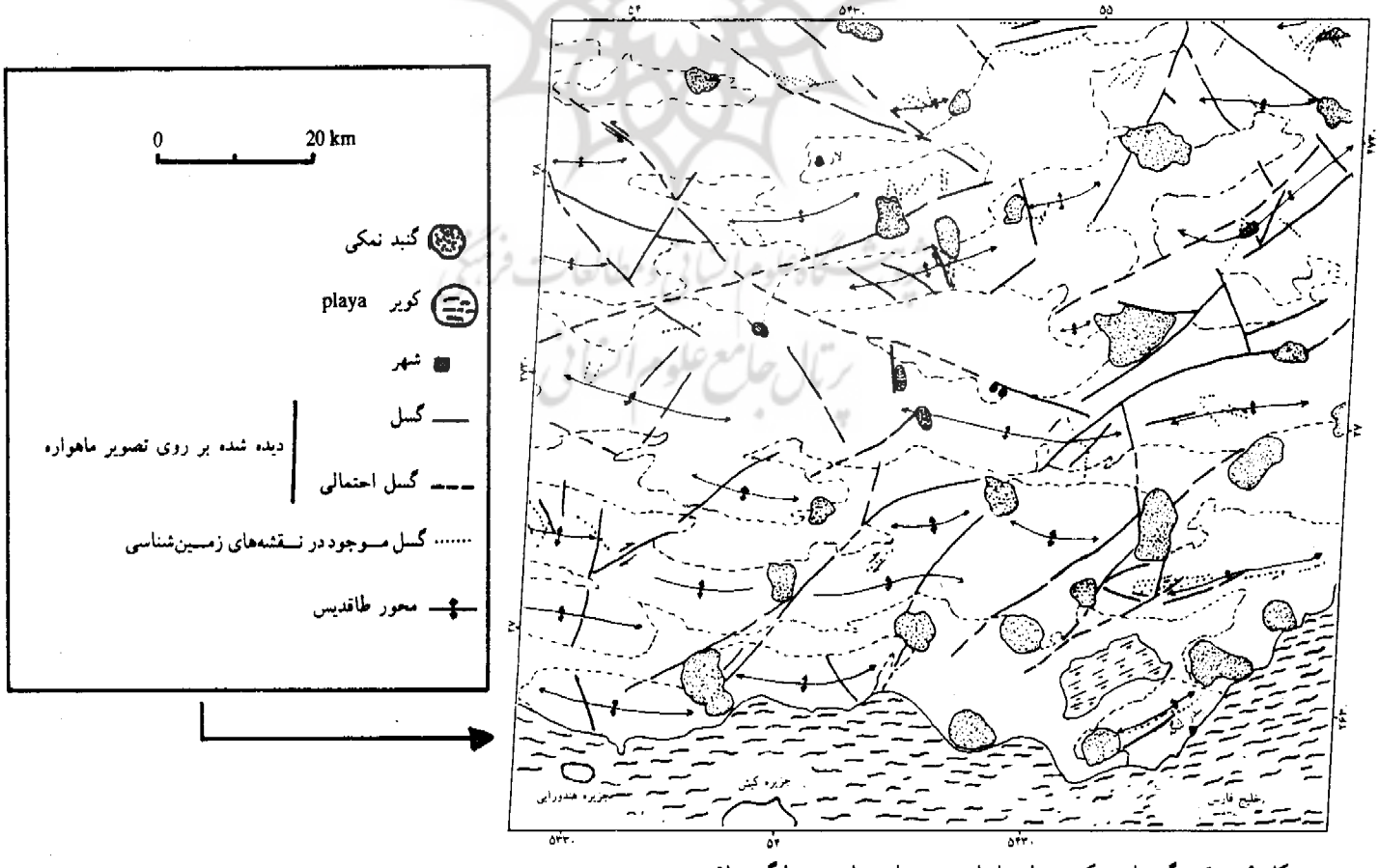
تشخیص رسوبات معلق رودخانه پرآب و بررسی علت توسعه دلتا در مصب این رودخانه‌که مشکلاتی برای کشتیرانی ایجادمیکنند.

ـ بررسی جریانهای دریایی مانند جزر و مد و غیره به منظور استفاده از انرژی آنها.

ـ مطالعه در مورد نحوهٔ وقوع سیلابها و تعیین میزان گسترش مناطق سیل زده.

کارتوگرافی:

ـ تهیه اطلس‌های مختلف جهانی



شکل ۹ ـ نقشه گنبدهای نمکی و ساختمانهای زمین‌شناسی ناحیه بندرلنگه ـ لار

ـ مثلث‌بندی در مقیاس سطح کشور یا جهانی به منظور تهیه نقشه‌های توپوگرافی یکسان.
ـ تهیه نقشه‌های موضوعی.

آمایش زمین:

ـ مطالعه مناطق شهری و روستایی.
ـ بررسی میزان گسترش شهرها.
ـ تهیه پروژه‌های شهرسازی.
ـ شناخت مناطق صنعتی به منظور تهیه نقشه‌های جامع استفاده از زمین.

زمین‌شناسی:

ـ تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی و تکتونیکی.
ـ بررسی و مطالعه روند چین خوردگیها و شکستگی‌های عمده.
ـ مطالعه و شناخت روندهای تکتونیکی.
ـ مطالعه و بررسی گسل‌های فعال دوران چهارم و امکان لرزه‌زائی آنها.
ـ بررسی‌های زمین‌شناسی و تکتونیکی منطقه‌ای برای حل مسائل زمین‌شناسی بین قاره‌ای.
ـ بررسی موقعیت زمین شناسی معادن شناخته شده به منظور کشف وضعیت‌های مشابه در نواحی دیگر.
ـ مطالعه زمین‌شناسی مهندسی به منظور اجرای طرحهای عمرانی مانند سدسازی، توسعه و ایجاد بنادر، احداث راههای جدید و غیره.
ـ مطالعه و بررسی تغییرات ژئومورفولوژی.
ـ شناخت دقیق مناطق آلتره در پهنه‌های ولکانیکی.
ـ شناخت مکانهای مناسب برای استفاده از حرارت درونی زمین (geothermal).
ـ شناخت چشمه‌های آبگرم به منظور تمرکز موادمعدنی در این نواحی.

علاوه بر رشته‌های فوق اطلاعات ماهواره‌ای در مطالعات هواشناسی و آلودگی محیط زیست کاربردهای ارزنده‌ای را دارا میباشند.

بمنظور آشنایی بیشتر با کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات زمین‌شناسی، نمونه‌ای از این کاربرد در بررسی و مطالعه روند چین‌خوردگیها و شکستگی‌ها و ساختمان‌های زمین‌شناسی در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است. در شکل ۸ تصویر ماهواره‌ای باند ۷ (در مطالعات زمین‌شناسی باندهای ۵ و ۷ مناسب‌تر میباشند) بندر لنگه که در تاریخ ۱۵ ژوئن ۱۹۷۵ توسط ماهواره لندست یک برداشته شده نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه میشود، در این تصویر آبهای خلیج‌فارس به رنگ کاملاً تیره دیده میشود بنحویکه حدفاصل خشکی و آب بسادگی تمیز داده میشود. تاقدیسها که نمونه‌های مشخصی از چین‌خوردگی زاگرس میباشند با روند شرقی ـ غربی به وضوح دیده میشوند و گنبدهای نمکی با تن تیره‌ای معمولاً در انتهای این تاقدیسها مشاهده میشوند. گسلها بصورت اثرات خطی که در بعضی موارد جابجایی لایه‌ها و جهت حرکت آنها مشهود میباشد، دیده میشوند. همچنین در جنوب شرقی این تصویر ناحیه‌ای با تن کاملاً سفید که نشاندهنده نمکزار میباشد ملاحظه میشود. در شکل ۹ نقشه گنبدهای نمکی و ساختمان‌های زمین‌شناسی ناحیه بین بندرلنگه ـ لار که از تصویر شکل ۸ بدست آمده نشان داده شده است. در مقایسه این نقشه با نقشه زمین‌شناسی تهیه شده از روی عکسهای هوایی ملاحظه میشود که گسل‌های بسیاری بر روی این نقشه ترسیم گردیده که در نقشه زمین‌شناسی نشان داده نشده است. این نقشه نمایانگر کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در زمین‌شناسی بویژه در شناخت روند چین‌خوردگی‌ها و شکستگی‌ها میباشد.

در سده ۱۷ مسیحی که کشیشان برای تعیین سن و زمان آفرینش چهارا سبه می‌تاختند، گروهی هم بدین باور بودند که راز توفان نوح یا توفان و سیلاب همه‌جاگیر را باید در واژه لاتینی این توفان جستجو کرد و سرانجام نتیجه گرفتند که توفان نوح در ۱۶۵۶ سال پیش از میلاد رویداده است. به این «استدلال» خنده‌دارشان توجه کنید.

توفان جهانی = Mundi Conflagratio = MVnDI ConfLagratIo
Conflagratio عددهای رومی که در این واژه است عبارتند از: M = ۱۰۰۰، V = ۵، D = ۵۰۰، I = ۱، C = ۱۰۰، L = ۵۰ که جمع آنها می‌شود ۱۶۵۶!