نشریهٔ دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی
شمارهٔ ۱۳۳

حسن علیزادهٔ ربیعی*

سنجش از دور
دگرگونی عظیم در ممیزی‌های هوایی
در رابطه با جغرافیای کاربردی

چکیده[۱]

این مقاله حاوی دو قسمت است : بخش اول آن بعد از یك مقدمهٔ کوتاه دربارهٔ تاریخچه و لزوم سنجش از دور ، به شرح مختصر نحوهٔ کارکرد تنها آن قسمت از سیستم‌های ماهواره‌های لندست می‌پردازدکه باکسب و ارسال اطلاعات ازعوارض مختلف روی زمین در ارتباط می‌باشند . پوشش وسیع تصاویر ماهواره‌های لندست و مزایای تفسیر اتوماتیك (کامپیوتری) داده‌های آنها از جملهٔ مباحث دیگر قسمت‌های این بخش است .

بخش‌دوم‌مقالهٔ حاضر به‌شرح چند مورد ازکاربرد داده‌های ماهواره‌ای در مطالعهٔ کیفی فضای محاط برکرهٔ زمین و نیز عوارض مختلف روی آن ــ اعم از طبیعی ویا فرهنگی ــ وبالاخره چگونگی تهیهٔ نقشه‌های شماتیك از آنها اختصاص یافته است ،که از آن جمله‌اند :

* گروه جغرافیای دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تبریز

ـ پیش‌بینی روند ذوب برف حوضه‌های رودخانه‌ها و تخمین میزان آب موجود برای کشتزارهای مناطق ،

ـ مطالعه وشناسایی و اقدام به‌موقع در مقابله با حوادث طبیعی ،

ـ مطالعه و برآورد سریع خسارت‌ها و زیان‌های وارده بر کشتزارهای بزرگ ،

ـ و بالاخره مطالعه وشناسایی نحوهٔ گسترش مادر شهرها و شهرهای بزرگ دیگر به‌منظور تحت‌کنترل درآوردن گسترش آنها .

این مقاله دارای سه جدول پنج تصویر و ۲۹ رفرانس می‌باشد .

مقدمه

اطلاعات دقیق وکافی ازموقعیت و نحوهٔ وجودی منابع مختلف روی زمین از مهمترین عوامل مؤثر در بهره‌برداری از آنهاست . به‌علت وسعت فوق‌العادهٔ سطح کرهٔ زمین‌توانایی بشربرای ممیزی مستقیم وبلاواسطهٔ منابع روی‌زمین بسیار محدود می‌باشد . در جهت مبارزه با این مشکل در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم موضوع تهیه و بهره‌برداری از عکس‌های هوایی مورد توجه مسئولین امور قرارگرفت . با این‌که پیشرفت‌های مداوم فن عکاسی و ابزارآن از یك طرف و تکامل تکنیك‌های نوین تفسیر آنها از طرف دیگر ، عکس‌های هوایی را تا به امروز نیز به عنوان یکی از عوامل مهم ، مؤثر و فعال ممیزی منابع روی زمین از مرتبت ویژه‌ای برخوردار ساخته است، لیکن به‌دلیل غیراتوماتیك بودن ولزوم صرف وقت بیشتر برای تفسیر آنها ، عکس‌های هوایی به‌تنهایی نخواهد توانست جوابگوی نیازهای روزافزون بشر قرن بیستم در رابطه با مطالعات ، بررسی‌ها و آمارگیری‌ها ازمنابع مختلف روی زمین‌باشد. باتوجه به‌این‌نکته بودکه درسال‌های اخیر، ساخت وپرتاب ماهواره‌های مدارگرد به‌فضا ونیز وسایل دیگری‌که بتوانند

تصاویر تهیه شده را به‌طور اتوماتیک بررسی وتفسیر نمایند ، مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفتند .

از انواع ماهواره‌های مدارگردکه در این مقاله به بررسی اجمالی آنها در توانایی ، نحوهٔ کارکرد و بهره‌برداری ازآنها می‌پردازیم ، ماهواره‌های مدارگرد لندست می‌باشد . این ماهواره‌ها توسط دانشمندان و مهندسین سازمان ملی فضایی و هوانوردی آمریکا[۲] تکمیل و به فضا پرتاب شده‌اند و اولین آنها به نام ماهوارهٔ تکنولوژی منابع زمین[۳] درماه ژوئیهٔ سال ۱۹۷۲ به‌فضا فرستاده شدکه بعداً در سال ۱۹۷۵ به‌نام لندست اول تغییر نام یافت وهمزمان با این تغییر نام، ماهوارهٔ لندست دوم در ژانویهٔ ۱۹۷۵ به فضا پرتاب‌گردید . ماهوارهٔ لندست اول عمرکارآیی خود را بعد از پنج سال گردش در فضا در ششم ژانویهٔ سال ۱۹۷۸ پایان داد . در طول مدت مزبور این ماهواره توانست داده‌های رقومی یا دیجیتال ۳۰۰ هزار تصویر از سطح کرهٔ زمین را به‌ایستگاه‌های زمینی مخابره نماید(۱). سومین ماهواره ازسری لندست در پنجم ماه مارس ۱۹۷۸ به فضا فرستاده شده است . در حال حاضر دو ماهوارهٔ فعال از نوع لندست (ماهواره‌های ۲ و ۳) به‌گردش خود در مدار زمین ادامه داده و ارقام و اطلاعات ماخوذهٔ الکترونیک را مستقیماً در وقت حقیقی یا به‌وسیلهٔ نوارهای ضبط شده به ایستگاه‌های گیرندهٔ خود در زمین مخابره می‌نمایند. علایم الکترونیکی مزبور درمرکزپروازهای‌فضایی گادارد[۴]واقع درشهر گرین‌بلت[۵] ایالت مریلند به صورت تصاویر عکاسی و یا به صورت نوارهای قابل استفاده در کامپیوتردرمی‌آیندوسپس‌درمرکزارقام‌وداده‌های‌ای.آر.او.اس[۶]. واقع‌درسوفالس[۷] ایالت داکوتای جنوبی بایگانی می‌شوند تا در موقع لزوم در اختیار پژوهندگان قرارداده‌شوند. این‌عمل تقریباً یك‌ماه طول‌می‌کشد(۲). علاوه برسه ایستگاه گیرنده وجمع‌آوری اطلاعات فضایی ماهواره‌های لندست که درایالات‌متحدهٔ آمریکا قرار دارند ، در چندین کشور نیمکرهٔ شرقی منجمله در ایران نیز ایستگاه گیرنده و جمع‌آوری کنندهٔ ارقام فضایی ماهواره‌ها نصب‌شده‌است(۳). ایستگاه مزبورمدت

زمان کوتاهی قبل‌از انقلاب اسلامی ایران مشغول کار بوده و بعداز انقلاب باتوجه به‌پاره‌ای موانع ونارسایی‌ها ،کار آن متوقف شده بود که اخیراً با رفع نارسایی‌های مربوطه ازطرف دولت، دوباره آمادهٔ بهره‌برداری شده است .

مقایسهٔ تصاویر ماهواره‌ای با عکس‌های هوایی

دربررسی تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی و مقایسهٔ آنها با یکدیگر نتایج زیر حاصل می‌شود :

الف ـ یکی‌ازبزرگترین‌امتیازاتی که تصاویردیجیتال‌ماهواره‌ای‌برعکس‌های هوایی دارند ، مکرر بودن آنهـا می‌باشد . مکرر بودن تصاویر ماهواره‌ای هرنوع بـررسی مقایسه‌ای را در رابطه بـا تغییرات پوشش‌هـای سطح کرهٔ زمین امکان‌پذیر می‌سازد. چنانچه بعداً توضیح داده خواهد شد، هرماهواره دریك دورهٔ ۱۸ روزه ، یك‌بار پوشش کاملی از سطح زمین را در اختیار محققین قرار می‌دهد . با گردش دو ماهوارهٔ مدارگرد در مدار زمین تهیهٔ پوشش کامل از پوشش‌های مختلف روی زمین اسماً در هر ۹ روز یك‌بار انجام می‌گیرد، روشن است که تهیهٔ پوشش مشابه با عکس‌های هوایی باتوجه به وسعت زمین و سایر موانع (طبیعی، مالی و . . .) امکان‌پذیر نخواهد بود .

ب ـ اصولاً هزینهٔ گزاف تهیهٔ عکس‌هـای هوایی در مقـایسه با تصاویر ماهواره‌ای مانع بزرگی در راه تهیهٔ پوشش و یا ممیزی زمین به وسیلهٔ عکس‌های هوایی است .

ج ـ تهیهٔ عکس‌هـای هوایی از نواحی دور دست بمـانند مدار قطبین ، بـا سرعت عمل مشابه ماهواره‌ها خارج از امکانات هواپیمایی امروز است .

د ـ تفسیر اتوماتیک داده‌های مـاهواره‌ها ، سرعت طبقه‌بندی پوشش‌هـای مختلف روی زمین و شناسایی وتفکیك آنها را از همدیگر آسانتر و بسیار سریعتر می‌سازد .

هـ ـ وسعت پوشش‌های ماهواره‌های لندست در مقایسه با عکس‌های هوایی سطح بیشتری را دربرمی‌گیرند. یك عکس ماهواره‌ای معادل ۲۲۰۰ عکس هوایی به مقیاس ۲۰۰۰۰ : ۱ و ۳۵۰ عکس هوایی به مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ می‌باشد . تهیهٔ پوشش ماهواره‌ای از ایالات متحدهٔ آمریکا تنها با ۵۶۹ تصویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر شده است(۴) . در حالی که برای تهیهٔ پوشش مشابه با عکس‌های هوایی تقریباً به ۳۰۰۰۰ قطعه عکس‌هوایی نیازخواهد بود(۵). این‌بدان علت است که ماهواره‌های لندست از فاصلهٔ بیشتر یا ، به‌عبارت دقیقتر، از فاصلهٔ دور دست‌تری زمین را مورد نظاره قرار می‌دهند . به تجربه ثابت شده است که اگر مقیاس عکس هوایی نصف شود، تعداد عکس‌های لازم برای‌تهیهٔ پوشش ازهمان‌ناحیه به $\frac{1}{4}$ تقلیل پیدامی کند و برعکس اگرمقیاس عکس هوایی به دو برابر افزایش یابد تعداد عکس‌های لازم برای تهیهٔ پوشش همان ناحیه به ۴ برابرفزونی خواهد یافت(۶). مقیاس عکس‌های هوایی با فرمول $S = \frac{F}{H}$ محاسبه می‌شود. دراین فرمول S برای مقیاس ، F برای فاصلهٔ کانونی دوربین و H برای ارتفاع هواپیما از زمین در هنگام عکس‌برداری به‌کار رفته است. برابر فرمول فوق وبا درنظرگرفتن نتایج تجربیات در این رابطه، بدیهی است که با اضافه شدن مقدار H سطح پوشش دوربین یا سنجنده‌های فضایی بیشتر شده و سرزمین‌های وسیعتری را درآن واحد ممیزی خواهند کرد. ازآنجایی که حد متوسط ارتفاع پرواز (H) ماهواره‌های لندست در حدود ۹۲۰ کیلومتر می‌باشد ، سطح پوشش هریك از تصاویر تهیه شده توسط ماهواره‌ها، زمینی بابعاد ۱۸۵ × ۱۸۵ کیلومتررا دربرمی‌گیرد . برای تهیهٔ نقشهٔ ایران ازتصاویر ماهواره‌ای ، ۱۱۰ تصویر ماهواره‌های لندست‌کافی خواهند بود ، که درعرض چند هفته می‌توان تهیه‌نمود. درحالی که صرفنظر ازبودجهٔ لازم برای تهیهٔ پوشش مصور ایران توسط عکسبرداری هوایی با هواپیما سال‌ها وقت لازم خواهد بود(۷) .

برخی را عقیده براین‌است که تصاویرماهواره‌ای به‌دلیل فقدان دقت تفکیك کافی نمی‌توانند آنطور که باید و شاید مورد استفاده قرارگرفته ومفید واقع شوند.

مضافاً این که تصاویر ماهواره‌ای فاقد شکل هندسی نیز می‌باشند[۸]. باتوجه به این دو مسئله، نظر این افراد بر این است که این عکس‌ها نمی‌توانند مورد بررسی استریوسکوپیک قرار گیرند. درجواب باید گفت، این نظریه وقتی درست خواهد بود که ما بخواهیم تصاویر ماهواره‌ای را به‌جای عکس‌های هوایی برای تهیهٔ نقشه‌های مثلاً توپوگرافی مورداستفاده قراردهیم. روشن‌است که‌تصاویرماهواره‌ای هرگز برای چنین کارهایی به وجود نیامده‌اند و برعکس، تصاویر مزبور برای تهیهٔ نقشه‌های شماتیک به‌مقیاس‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰۰ بهترین وعالیترین وسیله شناخته شده‌اند. برای بررسی دقیق‌تر مسئله توجه به‌مطلب زیر لازم می‌آید: ترکیب چشم، مغز و عکس بهترین وسیلهٔ تشخیص و شناسایی است، بااین‌حال در چاپ و نشر عکس‌ها هراندازه هم دقت به‌عمل آید بازهم حاصل‌کار یکسان و یکنواخت نخواهد بود. حال اگریك گیرندهٔ ۴کانالی چند طیفی را درنظربگیریم، متوجه خواهیم شدکه انرژی بازتابی یك «عنصر ـ عکس[۹]» درروی زمین باحفظ وضعیت کمی خود، به‌وسیلهٔدستگاه‌های گیرندهٔ ماهواره موردسنجش قرارمی‌گیرد. بازتاب مزبور در طول موج‌های مختلف به‌وسیلهٔ سنجنده‌های چهارگانهٔ متفاوت ماهواره اخذ می‌شود. در این فعل و انفعالات شدت علایم الکترونیکی متناسب با شدت انرژی بازتابی بوده و با آن رابطهٔ مستقیم، معین و دقیقی دارد. مقادیر چهارگانهٔ انرژی بازتابی از یك عنصر ـ عکس آنگاه در دستگاه‌های سنجندهٔ ماهواره به صورت کمی و یا دیجیتال درآمده و پس‌از یك سلسله عملیات، ارقام مزبور روی نوار مغناطیسی به‌صورت عددی ضبط می‌شوند. کامپیوترمی‌تواند این اعداد را از هر۴ کانال جداگانه‌گرفته، و باتوجه به مقدارکمی آنها، ارقام هرکانال را در یکی از سطوح ۳۲گانه تقسیم‌بندی یا طبقه‌بندی نماید. در نتیجه اطلاعات دریافتی دربارهٔ یك عنصرـعکس‌برابراست با $۴^{(۳۲)}$ یا تقریباً ۴۰۰۰ برابرتشخیص ترکیبی عکس، چشم و مغز از آن عنصر ـ عکس(۸).

مطالعهٔ استریوسکوپیک تصاویر ماهواره‌ای

به تجربه ثابت شده است که تصاویر دیجیتال زوج ماهواره‌ای لندست را نیز بمانند عکس‌های هوایی می‌توان مورد بررسی استریوسکوپیک قرار داد. باید متوجه بود که تصاویر ماهواره‌ای فاقد پوشش مشترک کافی درطول خط‌پرواز ماهواره می‌باشند، لیکن چنانچه در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، در نتیجهٔ گردش مداری ماهواره‌ها، تصاویر تهیه شده دارای پوشش‌های مشترک عرضی می‌شوند و همین امر سبب می‌شود تاقابلیت مطالعات استریوسکوپیک را داشته باشند. مقدار پوشش مشترک عرضی تصاویر ماهواره‌ای ثابت نبوده و هرچه ازقطبین فاصله پیدا نمایند، از مقدار پوشش مشترک عرضی‌کاسته می‌شود. روشن است، هر اندازه مقدار پوشش مشترک بیشترباشد، مراکزتصاویر به‌هم نزدیکتر واقع شده وبه‌همین سبب مبالغه‌آمیزی ارتفاعات پدیده‌ها دربررسی‌های استریوسکوپیک کمتر خواهد بود و برعکس در صورتی که پوشش مشترک تصاویر زوج استریوسکوپیک کمتر باشد، مراکز تصاویر ازهم دورتر و درنتیجه مبالغه‌آمیزی ارتفاعات پدیده‌ها بیشتر خواهدبود. سیستم هندسی استریوسکوپیک تصاویرماهواره‌ای درجدول شماره ۱ درج شده است(۹).

جدول شمارهٔ ۱ ـ سیستم هندسی استریوسکوپیک تصاویر ماهواره‌های لندست

عرض جغرافیایی	درصد پوشش مشترک عرضی تصاویر	سطح مبنای تصویر (کیلومتر)	فاکتور اغراق‌آمیزی ارتفاعات
۰	۱۴	۱۵۹	۱/۲۲
۱۰	۱۵/۴	۱۵۷	۱/۲۰
۲۰	۱۹/۱	۱۵۰	۱/۱۵
۳۰	۲۵/۶	۱۳۷	۱/۰۵
۴۰	۳۴/۱	۱۲۲	۰/۹۴
۵۰	۴۴/۸	۱۰۰	۰/۷۷
۶۰	۵۷	۸۰	۰/۶۰
۷۰	۷۰/۶	۵۴	۰/۴۰
۸۰	۸۵	۲۸	۰/۲۱

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

از مطالعهٔ جدول فوق چنین نتیجه‌گیری می‌شود که سطح مبنای تصاویر ماهواره‌ای و مبالغه‌آمیزی ارتفاعات پدیده‌ها در آنها با عرض جغرافیایی نسبت معکوس دارند، لیکن بین درصد پوشش‌مشترک عرضی تصاویر وعرض جغرافیایی آنها رابطهٔ مستقیم برقرار است .

نحوهٔ کارکرد ماهواره‌های لندست

ماهواره‌های لندست طوری در مدار زمین قرار داده شده‌اند که گردش آنها به‌دور زمین با موقعیت خورشید نسبت به‌زمین همزمان[۱۰] می‌باشد . بدین‌ترتیب که این ماهواره‌ها زمین زیر پوشش خود را حدوداً در ساعت ۳۰ : ۹ صبح به وقت محلی مناطق مختلف موردسنجش قرارداده واطلاعات‌لازم را به‌وسیلهٔ دستگاه‌هایی به نام نظاره‌گر چند طیفی[۱۱] منصوب در ماهواره کسب و ضبط می‌کند[۱۲]. جهت و مسیر گردش مداری فعال ماهواره‌ها از شمال شمالشرق به جنوب جنوبغرب بوده و همین امر است که مطالعه و سنجش اطلاعات از مناطق مورد بررسی را دروقت تقریبی ۳۰ : ۹ صبح به وقت محلی امکان‌پذیر می‌سازد[۱۳]. یك‌بار گردش ماهواره به‌دورزمین ۱۰۳دقیقه به‌طول‌می‌انجامد(۱۰). گردش جنوبی ماهواره پیوسته از روی نیمکرهٔ آفتاب‌گیر کرهٔ زمین عبور می‌کند . بنابراین آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده توسط‌سنجنده‌های‌چند طیفی ماهواره‌های لندست ـ برخلاف آنچه که‌دربعضی منابع‌فارسی آمده‌است ـ فقط محصول انرژی‌بازتابی‌خورشیدی‌به‌وسیلهٔ‌پوشش‌های مناطق تحت نظارهٔ سنجنده‌های ماهواره‌ها می‌باشد .

عواملی چند از جملهٔ بیضی شکل بودن زمین و این‌که قطر زمین در خط استوا در حدود ۴۳ کیلومتر از محور قطبین بیشتر است[۱۴]، (۱۱) موجب تغییر در فاصلهٔ مدارگردش ماهواره از سطح زمین می‌شود . فاصلهٔ مزبور از ۸۸۰ کیلومتر در روی خط استوا تا ۹۹۰ کیلومتر روی مدارات قطبین در نوسان است[۱۵].

مدارگردش ماهواره‌های لندست روزانه ۱/۴۳ درجه به‌طرف غرب تغییر مکان می‌دهد . مقدار تغییر مکان فوق در روی مدار استوا برابر ۱۵۹ کیلومتر و در عرض‌های بالاتر شمالی یاجنوبی رفته‌رفته کم و کمتر می‌گردد ، به‌طوری‌که فاصلهٔ زمینی مراکز تصاویر فضایی ماهواره‌ها که برابر ۱۵۹ کیلومتر در استوا می‌باشد به ۱۰۰ کیلومتر درعرض ۵۰ درجه و به ۲۸ کیلومتر در مدار ۸۰ درجهٔ عرض‌های

شمالی یا جنوبی تقلیل پیدا می‌کند (جدول شماره ۱) .

گردش و تغییر مکان ماهواره‌های لندست به دور زمین به طور سیستماتیک در جهت غربی انجام می‌گیرد تا زمانی‌که تمام ناحیهٔ واقع بین مدار ۱ روز اول و مدار ۲ روز اول درشکل شماره ۱ زیرپوشش کامل ماهواره قرار گیرد. این تکامل پوشش را به‌نام یك دورکامل می‌نامند . وقت لازم برای آن دقیقاً ۱۸ روز با تقریباً ۱۴ گردش در روز و یا ۲۵۱ گردش تمام برآورد شده است[۱۶].

تهیهٔ پوشش فضایی اززمین توسط ماهواره‌های لندست به‌نحوی‌ترتیب داده شده‌است که پوشش‌مشترك عرضی تصاویرماهواره‌ای درمنطقه خط‌استوا ۱۴درصد می‌باشد. پوشش‌مشترك مزبور بانزدیکی به‌مدارات‌قطبین‌بیشترمی‌شود. به‌طوری‌که در ۵۰ درجهٔ عرض‌های شمالی یاجنوبی مقدار آن به‌حدود۴۵ درصد و درعرض‌های ۸۰درجه به ۸۵درصد افزایش می‌یابد (جدول شماره ۱) . نزدیکی مدارات گردش ماهواره‌ها به‌یکدیگر (شکل۱) درمقایسه باقدرت پوشش نسبتاً وسیع سنجنده‌های چند طیفی آنها علت بروز پوشش‌های مشترك عرضی است .

برای این‌که مقایسهٔ تصاویرتهیه‌شده طی دوره‌های مختلف گردش ماهواره‌ها به‌منظور تفسیرآنها به‌آسانی امکان‌پذیر باشد . مدارات گردش ماهواره‌های لندست به دور زمین به نحوی ترتیب داده شده‌اندکه در هر دورهٔ ۱۸ روزه ، سنجنده‌های ماهواره‌ها، درست همان منطقهٔ جغرافیایی قبلی راکه در دورهٔ ماقبل مورد سنجش قرار داده بودند، دوباره مورد بررسی وسنجش قرار می‌دهند. بدین‌معنی‌که تصویر ماهواره‌ای منطقهٔ مثلا «الف» دورهٔ اول، درست برتصویرماهواره‌ای منطقهٔ «الف» دورهٔ دوم منطبق می‌شود والی‌آخر. سعی‌کافی به‌عمل آمده است تا مراکزتصاویر ماهواره‌ای تهیه شده در دوره‌های مختلف و در طول عمل ماهواره برهم منطبق باشند، لیکن تجربه‌نشان داده‌است که این‌مراکز تاحدود ۳۷ ± کیلومتر ازهمدیگر تغییر مکان می‌دهند[۱۷].

هرتصویردیجیتال ماهواره دارای ۲۳۴۰ خط نظاره[۱۸] بوده ودارای اطلاعات

رقومی ازپوشش‌های زمینی به‌وسعت ^{۲}(۱۸۵) کیلومترمربع می‌باشد . هریك ازاین خطوط حاصل توالی ۳۰۰۰ تا ۳۴۵۰ مقادیر عددی متناسب با انرژی بازتابی از پوشش‌زمین‌تحت‌مطالعه است که هریك ازآنها اصطلاحاً عنصرتصویری (یاعنصر- عکس) نامگذاری شده است. هرعنصرتصویری حاصل انرژی بازتابی‌خورشیدی از پوشش زمینی به وسعت ۷۹ در ۷۹ متر می‌باشد . این مساحت ،کوچکترین قطعه زمینی است که درتصاویر دیجیتال ماهواره‌های لندست قابل شناسایی است یا به عبارت دیگر نهایت درجهٔ دقت تفکیك تصاویر ماهواره‌ای برای قطعه زمین‌هایی است که حداقل ^{۲}(۷۹) مترمربع‌وسعت داشته‌باشند. یعنی‌هرگاه مساحت پدیده‌های فرهنگی یا طبیعی منطقهٔ مورد مطالعه کمترازآن مقدار باشد ، درآن صورت انرژی بازتابی سنجیده شده به‌وسیلهٔ سنجنده‌های ماهواره، متناسب باانرژی بازتابی ازآن پدیدهٔ ویژه‌نبوده بلکه‌میانگین‌نسبت‌به‌سهمی ازانرژی بازتابی‌آن‌پدیده وپوشش‌های همجوارآن خواهد بود(۱۲). این خود مبحث فوق‌العاده مهم و قابل تعمقی است که به‌علت احتراز ازتفصیل مطلب از ذکر جزییات آن دراینجا خودداری می‌شود، لیکن در تفسیر و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای می‌باید مورد نظر متخصصین مربوطه قرارگیرد[۱۹]. گفته شد که دقت تفکیك تصاویر دیجیتال ماهواره‌ها در حدود ^{۲}(۷۹) مترمربع است؛ حال‌اضافه می‌نماییم که شناسایی‌اجسام وپدیده‌های همجواربستگی کامل به‌مغایرت آنها با یکدیگر نیز دارد . به‌تجربه ثابت شده ، پل‌هایی که ازروی آب‌ها می‌گذرند یا راه‌های خاکی که مسیرآنها از میان‌گیاهان وکشتزارها واقع شده‌اند ، در صورتی که تنها ۱۰ متر عرض داشته باشند ، به دلیل مغایرت کلی با پوشش‌های همجوار در رابطه با بازتاب انرژی خورشیدی ، بمانند یك خط در تصاویر فضایی ظاهر شده و قابل تفکیك و شناسایی خواهند بود(۱۳) .

چنانچه گفته شد از توالی ۳۰۰۰ تا ۳۴۵۰ عنصر ـ عکس یك خط نظاره و از توالی ۲۳۴۰ خط نظاره یك تصویر دیجیتال ماهواره‌ای حاصل می‌آید. اضافه می‌نماید که عناصر ـ عکس برحسب شدت انرژی بازتابی آنها از صفر تا ۳۲ ، از

صفرتا ۶۳ و یا از صفرتا ۲۵۵ (بسته به‌کاربرد دستگاه‌های مبنای ۲ ، شش یا هشت) طبقه بندی شده و آنگاه هریك از این ارزش‌های عددی به‌وسیلهٔ رنگی که نمایندهٔ ارزش آن باشد نمایش داده می‌شود . در تصاویر سیاه ـ سفید ماهواره‌ای نمایش مزبور برحسب درجه (مقیاس) تیرگی[۲۰] انجام می‌گیرد. مقیاس تیرگی درجه‌بندی رنگ‌های بین سفید تا سیاه می‌باشد دراین درجه‌بندی هرچه مقدار انرژی بازتابی عنصر ـ عکس بیشتربوده‌باشد به‌رنگ سفیدتر وهرچه مقدار آن کمترباشد به‌رنگ تیره‌تر (خاکستری تا سیاه) نمایش داده می‌شود. طریق دیگرنمایش ارزش عددی عناصر ـ عکس‌های فضایی ، دادن کدهای رنگی به‌آنها می‌باشد . برحسب ترتیب رنگ‌های آی . جی . او . آر . یا آیگور ، ۲۸۴ کد رنگی یا سایه ـ رنگ از ترکیب رنگ‌های مختلف به دست آمده است . روشن است که تشخیص سایه ـ رنگ‌های مزبور برای چشم غیرمسلح انسان بسیار آسانتر از تشخیص درجات تیرگی می‌باشد .

پیش از این اشاره گردید که مقدار انرژی بازتابی متناسب باخواص فیزیکی و شیمیایی اجسام و پدیده‌ها می‌باشد. همین تفاوت‌های فیزیکی یا شیمیایی اجسام یاپدیده‌های مختلف‌روی‌زمین‌است که برمفسرین داده‌های فضایی ماهواره‌ها توانایی تجزیه، تحلیل وطبقه‌بندی‌پوشش‌های روی‌زمین را فراهم می‌آورد. انرژی بازتابی پدیده‌ها برابرساختمان فیزیکی وشیمیایی آنها متغیر بوده ومتناسب با شدت انرژی تابشی خورشید در طول موج‌های مختلف انتشار می‌یابد .

در ماهواره‌های لندست ، ۷کانال یا موج (بجز ماهوارهٔ لندست ۳که درآن کانال هشتم نیزبرای سنجش رطوبت مناطق بررسی شده‌کار گذاشته شده بود لیکن بعداز مدتی ازکارکردن باز ایستاد) تعبیه شده است که کانال‌های ۱ تا ۳ برای تهیهٔ تصاویر تلویزیونی[۲۱] و کانال‌های ۴ الی ۷ برای سنجنده‌های الکترومنیه تیک چند طیفی اختصاص داده شده است . اختصاصات و کارآیی هریك از امواج ۴ الی ۷ به شرح زیر خلاصه می‌گردد :

الف ـ کانال ۴ یا موج سبز : در طول موج‌های از ۰/۵ تا ۰/۶ میکرون[۲۲] مفید برای شناسایی آب‌های گل‌آلود و تعیین حدود آب‌های کم عمق مانند تپه‌های زیردریایی و صخره‌ها و ...

ب ـ کانال ۵ یا موج قرمز : در طول موج‌های از ۰/۶ تا ۰/۷ میکرون جهت شناسایی پدیده‌های فرهنگی بمانند نواحی متروپولیتن .

ج ـ کانال ۶ یاموج اول‌مادون قرمزنزدیك: درطول موج‌های از۰/۷تا۰/۸ میکرون برای شناسایی وتفکیك گیاهان، نباتات، حدود و مرز آب‌ها وسرزمین‌های مختلف و اشکال زمین .

د ـ کانال ۷ یاموج‌دوم مادون قرمز نزدیك : درطول‌موج‌های از ۰/۸تا۱/۱ میکرون‌که بهترین وسیله جهت شناسایی مه درآتمسفر ونیزتشخیص نباتات وحد و مرزهای بین آب‌ها و سرزمین‌ها و اشکال زمین[۲۳].

برای کمك به تفهیم‌مطلب، درصد انرژی بازتابی تعدادی از اجسام مختلف در طول موج‌های متفاوت در جدول شمارهٔ ۲ درج گردیده است .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول شماره ۲ ـ بازتاب بعضی از مواد معدنی و گیاهان صحرایی (۱۴)

شرح اجسام		درصد انرژی بازتابی در طول موج‌های طیف الکترومنیه‌تیک برحسب میکرون		
		۰/۴۳—۰/۴۹	۰/۵۱—۰/۵۹	۰/۶۱—۰/۶۹
گارنت (نارسنگ)	Garnet	۱۱	۱۸/۳	۳۰/۳
اپیدوت	Epidote	۱۸/۶	۳۴/۰۷	۳۶/۵
علفزار با خاک*	Chestnut	۸/۵	۱۱/۷	۱۳/۶
بایوتیت	Biotite	۷/۴	۷/۴	۷/۴
علفزار با خاک**،	Chestnut	۱۲/۴	۱۵/۸	۱۹
چمنزار مقاوم به‌نمک		۷	۱۰	۱۲/۴
کوارتز	Quartz	۹۲/۹	۹۳	۹۳/۵

* خاک شاه بلوطی در زمین‌های آب شیرین

** خاک شاه بلوطی در زمین‌های آب شور

باید توجه داشت که تغییرات درصد نورانعکاسی پوشش‌های مختلف روی زمین تنها به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی اجسام اتفاق نمی‌افتد ، لیکن عوامل دیگری از جمله زاویهٔ تابش نور خورشید ، طول موج انرژی بازتابی از جسم و زاویهٔ دید (در اینجا موقعیت ماهواره نسبت به پوشش ویژه) ازجملهٔ پارامترهای مهمی هستند که در مقدار نور بازتابی از اجسام و پدیده‌های مختلف (پوشش‌های) روی زمین مؤثر خواهند بود . مطالعاتی که به‌وسیلهٔ کولسون[۲۴] وهمکارانش دراین رابطه انجام گرفته‌نشان‌می‌دهد که شدت ودرجهٔ قطبش[۲۵] نوربازتابی بر روی عوامل یاد شده در بالا کنترل قطعی ومؤثر دارند. به‌طور مثال چنانچه در جدول شماره ۲ ملاحظه می‌شود ، دربین مواد معدنی ، کوارتز ، عنصری که رنگ بسیار روشن دارد به‌طورمتوسط ۹۳درصد انرژی تابشی را منعکس می‌کند، درحالی که بایوتیت تیره‌ترین مواد معدنی فقط ۷ درصد از نور یا انرژی تابشی خورشیدی را بازتاب می‌کند . درصدهای نور بازتابی موادی که در جدول شماره ۲ آورده شده‌اند ، مقادیر انرژی بازتابی آنها در محدودهٔ مرئی طیف الکترومنیه‌تیک می‌باشد . مواد معدنی مندرج در جدول مزبور که تفاوت‌های فاحشی را در رابطه با درصد نور بازتابی آنها در طول موج‌های مختلف طیف الکترومنیه‌تیک نشان می‌دهند ، تنها به‌عنوان نمونه و برای کمک به‌تفهیم بیشتر بحث حاضر تهیه شده است .

با این که در عرض مدت زمان‌های کوتاه مثلاً یکی دو هفته‌ای اختصاصات فیزیکی یا شیمیایی اجسام در رابطه با بازتاب انرژی تابشی تغییر زیادی نمی‌کند و نیز همین مدت برای جمع‌آوری داده‌های ماهواره‌ای کفایت می‌کند ، لیکن استفاده‌کنندگان از ارقام ماهواره‌ای ـ قبل‌از تجزیه و تحلیل آنها ـ می‌باید ازعدم تغییر صوری هدف‌ها بمانند فنولوژی گیاهی ، رطوبت خاک و گل‌آلودی آب‌ها (که طی زمان‌های کوتاه امکان دارد تغییراتی پیدا نمایند) اطمینان حاصل کرده باشند(۱۵) .

برابر تحقیقاتی که‌دررابطه‌بابررسی‌هاوممیزی‌های گیاهی به‌وسیلهٔ استانلی[۲۶](۱۶)

انجام پذیرفته، درحال حاضر به‌وسیلهٔ داده‌های‌ماهواره‌ای می‌توان‌سه‌نوع اطلاعات مهم را بدست‌آورد: ۱) تغییراتی‌که دررنگ نسوج‌گیاهان به‌عمل می‌آید وبه‌وسیلهٔ کانال‌های ۴ تا ۷ ماهواره‌ها قابل تفکیك وشناسایی است، ۲) تفاوت‌های ساختمانی بافت‌های یاخته‌ای وسبز درون برگی اسفنجی‌گیاهان‌که به‌طور غیرمستقیم درطول موج‌های مادون قرمز نزدیك یعنی از ۰/۸ تا ۱/۰ میکرون قابل مطالعه و بررسی می‌باشند ، و ۳) علایم‌کم آبی سبزیجات و نباتات‌که در طول موج مادون قرمز دور یعنی از ۱/۶ تا ۲/۶ میکرون قابل مطالعه خواهند بود .

یکی ازمهمترین مسایلی‌که در مقادیر نور تابشی و بازتابی مؤثر بوده و در نتیجه مشکلاتی برای مفسرین عکس‌ها و داده‌های ماهواره‌ای فراهم می‌آورد ، تأثیرات عناصرآتمسفری برنور تابشی است. اثرات مزبور بردوگونهٔ ثابت ومتغیر طبقه‌بندی شده‌اند. اثرات‌دایمی یاثابت‌که به‌دلیل‌جذب انرژی‌توسط مولکول‌های ذرات آتمسفر اتفاق می‌افتد و اثرات متغیرکه غالباً به وسیلهٔ اوضاع جوی محلی به‌وجود می‌آیند . روشن است‌که طبقات پایین آتمسفر بسیار متراکم‌تراز لایه‌های بالای آن می‌باشد ، لذا زاویهٔ تابشی خورشید هرچه بیشتر مایل بوده باشد به‌همان اندازه بیشتر تحت تأثیرات عناصر جوی قرارخواهدگرفت ، چراکه انرژی تابشی نوری می‌باید از لایلای قسمت متراکم‌تر جو عبور نموده و نتیجتاً با درجهٔ رقت بیشتری به سطح زمین برسد . از طرف دیگر وقتی زاویهٔ تابشی خورشید حالت نزدیك به زاویهٔ قایم داشته باشد ، در مقایسه با حالت قبل قسمت بیشتری از اشعهٔ تابشی‌آن به سطح زمین خواهد رسید. چون مقدار انرژی بازتابی با انرژی تابشی رابطهٔ مستقیم دارد ، می‌توان گفت‌که اوضاع جوی یاآتمسفری درکیفیت داده‌های ماهواره‌ای تا چه حد مؤثر توانند بود . به همین علت است‌که تبحر و تجارب استفاده‌کنندگان از داده‌های ماهواره‌های لندست از چه اهمیت ویژه‌ای درتجزیه و تحلیل تصاویر دیجیتال ماهواره‌ای برخوردار می‌باشد(۱۷) .

آنچه‌گفته شد خلاصه‌ای از نحوهٔ کارکرد و شرح اجمالی اختصاصات و

تصاویر ماهواره‌های لندست بود که برای آشنایی با موارد استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لازم به‌نظر می‌رسید . در زیر سعی براین خواهد بود که اختصاصات و گونه‌های کاربردی ماهواره‌های لندست مورد بررسی قرارگیرند .

کاربرد داده‌های ماهواره‌های لندست

بااین که استفاده ازتکنیک‌های پیچیدهٔ کامپیوتری به‌وجود افراد ماهر، وسایل لازم و آمار دقیق از داده‌های ماهواره‌ای در طیف الکترومنیه‌تیک بستگی دارد ، با این همه حتی بدون عملی ساختن کامل موارد فوق‌الذکر، منافع تفسیر اتوماتیک (کامپیوتری) تصاویر دیجیتال ماهواره‌ای آن چنان معلوم و حاوی اطلاعات دقیق و باارزشی ازوضع پوشش‌های روی‌زمین است که به‌هیچ وجه دیگرامکان دست‌یابی به‌آنها وجود ندارد . تصاویر ماهواره‌ای که با تکنیک‌های عکاسی بزرگ شده باشند، تقریباً ۹۰درصد ارزش نقشه‌های معمولی را ارائه‌خواهندنمود،درصورتی که هزینهٔ آنها حدود یک‌صدم (۰/۰۱) هزینهٔ تهیهٔ نقشه‌های معمولی می‌باشد . کیفیت این‌تصاویربرای نواحی بایر کوهستانی درست همانند نقشه‌های عادی ولی بامقیاس کوچکتربرآوردگردیده است . هزینه‌های نازل این تکنیک باعث‌گردیده که حتی شرکت‌های‌بزرگ‌نفتی درحفاری‌های خود نقشه‌های تهیه شده ازتصاویرماهواره‌ای را مورد استفاده قرار دهند . مثلاً درمنطقهٔ نامساعد سرچشمه‌های رودخانهٔ آمازون واقع در امریکای جنوبی ،کمپانی‌های نفتی برای کوتاه‌کردن زمان لازم برای اکتشافات نفتی خود از این روش استفاده می‌کنند(۱۸) . گرچه مورلی[۲۷] از مرکز سنجش از دورکانادا عقیده داردکه نقشه‌های ماهواره‌ای تنها بعداز وسایل حفاری وعکس‌های هوایی می‌توانند نقش سوم را در اکتشافات وحفاری‌های نفتی برعهده گیرند وهمواره دریل حفاری‌بهترین وسیلهٔ کشف معادن زیرزمینی بوده است(۱۹)، باید اذعان نمودکه موضوع صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها عامل عمده درانتخاب تصاویر دیجیتال یا داده‌های ماهواره‌ای برای انجام عمل حفاری‌ها می‌باشد. بدیهی

است در انتخاب محل‌های حفاری از ارتباط موجود بین رسوبات تبخیری ونفت استفاده می‌شود چراکه‌کاربرد ویژهٔ فن‌سنجش از دور، برابر اختصاصات داده‌های آن ـ چنانچه قبلاً شرح داده شد ـ ممیزی منابع طبیعی وپوشش‌های روی زمین است ونه‌زیرزمین. درزیربه‌کاربرددادەهای‌سنجش از دور دربررسی‌ها وممیزی‌های مختلف روی‌زمین که به‌گونه‌ای باشاخه‌های علم جغرافیا دررابطه‌اند به‌طورخلاصه و بسیار موجز اشاره می‌گردد ، باشدکه درآینده و در فرصت‌های مناسب مشروح تحقیقات انجام شده دررابطه با تك‌تك‌آنها ـ به‌عنوان راهگشای فعالیت علاقمندان در زمینهٔ سنجش از دور درکشور عزیزمان ـ مورد بررسی قرارگیرند . با توجه به عمده‌ترین تعاریف علم جغرافیا (بررسی و نتیجه‌گیری از روابط انسان بامحیط به‌منظور تدوین رهنمودهای لازم برای زندگی بهتر) و با توجه به این‌که جغرافیا بین علوم تجربی محض و علوم انسانی به عنوان رابط ، سعی در خدمت انسان‌ها دارد ، با سایر علومی‌که به‌نحوی با زمین سروکار دارند روابط متقابل پیدا نموده است . از طرف دیگر با توجه به‌این‌که علم و فن سنجش از دور به ممیزی آنچه در روی‌کرهٔ زمین قرارگرفته می‌پردازد باعث‌گردیده‌که جغرافیا به نحو احسن و شاید بیش از تك‌تك دیگر علوم از امتیازات این فن بتواند بهره‌گیری نماید .

مطالعهٔ ریتم‌ها و دینامیك‌های محیط طبیعی یکی از موارد بسیار شناخته شده دربررسی‌های‌سنجش از دور است. دراین‌رابطه قابل‌اعتمادترین وشایسته‌ترین تکنیك مطالعهٔ یك ناحیه عبارتست از مطالعهٔ تصاویر متناوب‌آن ناحیه‌که به‌وسیلهٔ یك سیستم ماهواره‌ای تهیه شده باشند ، چراکه چنین تصاویری به دلیل تکراری بودن آنها ، وسیلهٔ مقایسه‌ای وتطبیقی قابل اعتمادی را فراهم می‌آورد. با این حال باتوجه به‌زمان‌کوتاه تهیهٔتصاویرماهواره‌ای درمقام‌مقایسه باپروسه‌های طویل‌المدت تغییرات محیط طبیعی ، دگرگونی‌های طبیعی را گاه می‌توان تنها از طریق آنالیز فقط یك تصویرماهواره‌ای مورد بررسی قرارداد. تواترتقریبی سنجش ماهواره‌ای برای‌مطالعهٔتغییرات پدیده‌های مختلف‌طبیعی‌مطابق‌تحقیقات وبرآوردهای‌دانشمندان

جدول شماره ۳ ـ تواتر تقریبی لازم برای سنجش ماهواره‌ای در مطالعهٔ تغییرات پدیده‌های محیط طبیعی(۳۰)

ردیف	شرح پدیده	تواتر لازم از سنجش‌های ماهواره‌ای
۱	اوضاع جوی (آتمسفریک)	یك یا دوبار در روز
۲	آلودگی‌های هوایی	یك یا دوبار در هفته
۳	پوشش یخ (حرکت‌های یخچالی)	یك یا دوبار در هفته
۴	پوشش برف	یك یا دوبار در ده روز
۵	پوشش خاك	یك یا دوبار در ماه
۶	آمایش‌واشتغال‌زمین (کشاورزی‌ـ جنگلداری)	یك یا دوبار در سال
۷	پوشش گیاهی و فنولوژی*	یك یا دوبار در ماه
۸	رشد غلات	یك یا دوبار در ۱۰ روز
۹	جریانات اقیانوسی	یك یا دوبار در یك ماه
۱۰	ساختمان زمین شناسی	یك بار در هر ۵ الی ۱۰ سال
۱۱	پروسه‌های ساختمانی زمین‌شناسی	یك یا دوبار در ۲۵ سال
۱۲	پروسه‌های ساختمانی زمین‌شناسی (در موارد بسیار فعال)	یك یا دوبار در ۱۰ سال

* فنولوژی (Phenology) را می‌توان بررسی تناوب پدیده‌های زنده در رابطه با آب هوا تعریف نمود.

شوروی به ترتیب جدول شمارهٔ ۳ خواهد بود .

موزوروواا[۲۸](۲۱) طی تحقیقاتی که در رابطه با تفسیرعکس‌های فضایی تهیه شده توسط ماهوارهٔ زمینی متئور ـ ۲۵[۲۹] به عمل آورده ، روشن ساخته است که عکس‌های فضایی تهیه شده در طیف مرئی و مادون قرمز نزدیك ماهواره‌ها قادرند وسعت‌عمل اثرات گسل‌رشته کوه‌های‌اصلی اورال وتیمن[۳۰]را درتراکم وشکل‌گیری ابرهای منطقهٔ اورال شناسایی نمایند . درنتیجهٔ مطالعات خود، موزوروواتوانسته است ضخامت لایه‌های جوی‌آشفته ومنحرف شدهٔ منطقه اورال را در روی حوزهٔ گسل حدود ۶ کیلومتر ودررأس‌رشته کوه‌های اورال حدود۴ کیلومتر برآورد نماید.

در رابطه باکاربرد سنجش از دور درکیفیت عناصرآتمسفریک بجا خواهد بود از مطالعاتی که از طریق داده‌های ماهواره‌ای در مورد کیفیت گاز ازن[۳۱] درجو انجام‌گرفته و می‌گیرد ذکری به میان آید . گازازن (O_3) از ترکیب و تلاقی یك اتم اکسیژن (O) با یك مولکول اکسیژن (O_2) و به‌کمك عنصر نیتروژن (N) به‌عنوان‌کاتالیزر به‌وجود می‌آید. لازم به‌تذکر است که این فعل وانفعالات شیمیایی در طبقات بالای استراتسفر به‌کمك جذب انرژی خورشیدی در طول موج‌های بسیار کوتاه (≤۰/۲۴ میکرون) رخ می‌دهد(۲۲) .

لمب[۳۲]دانشمند کلیماتولوژیست‌انگلیسی‌نظرمی‌دهد که تمام‌انرژی‌خورشیدی درطول موج‌های‌کمتراز ۰/۲۹ میکرون صرف ترکیب شیمیایی و به‌وجود آمدن (O_3) می‌گردد(۲۳). لایهٔ ازن بمانند چتری آن قسمت از انرژی خورشیدی راکه درطول موج‌های بسیار کوتاه ماوراء بنفش (کمتراز ۰/۲۹ میکرون) تشعشع پیدا می‌کند ، در خود جذب و بدین‌وسیله از رسوخ آن به طبقات پایین‌تر جلوگیری کرده، سلامت بشر را در رابطه بااین قسمت ازتابش خورشیدی تضمین می‌نماید. لیکن تولید و انتشار اسید نیترو ـ یکی از فرآورده‌های نامطلوب سوخت‌های فسیلی ـ توسط موتور هواپیماها درطبقات پایین جو، طی فعل و انفعالات شیمیایی درآتمسفر باعث تجزیهٔ ازن‌گردیده و از تکاثف آن می‌کاهد. علاوه براین، استعمال

کودهای شیمیایی باعث صعود گاز اکسید ال ازت (N_2O) به طبقات بالای جو گردیده و بمانند اسید نیترو به انحلال ازن عمل می‌نماید . منبع دیگر این‌گونه عناصر (محلل ازن) در فضای استراتسفر مصرف محصولات دارای اروسول[۳۳] و کارکردتولیدات‌صنعتی‌خنک‌کننده ازقبیل کولرمی‌باشد که‌باعث انتشارفلوروکربن‌ها در فضا گردیده وبه‌نوبهٔ خود با ورود به‌جو (استراتسفر) به تجزیهٔ گاز ازن پرداخته و باعث از هم پاشیدن چتر محافظ ازن می‌گردد . در نتیجهٔ این فعل و انفعالات شیمیایی اشعه‌های خطرناك انرژی‌خورشیدی منتشره درطول‌موج‌های ماوراء بنفش به‌سطح زمین رسیده و انسان یا دیگر موجودات زنده را در معرض خطرات ناشی از آن قرار می‌دهد . برخی از دانشمندان علت بروز سرطان پوست را نزد انسان دراثر رقت لایهٔ ازن بر آورد کرده‌اند. زیرنظر گرفتن مداوم کیفیت و کمیت لایهٔ گاز ازن ، درجهٔ تکاثف و تراکم آن در فضای استراتسفر و طبقات پایین آن از جملهٔ مواردی‌است که‌ماهواره‌های‌فضایی ـ باسیستم‌جمع‌آوری اطلاعات فضایی‌خودشان می‌توانند در رابطه با بهبود محیط زیست انجام داده و به متخصصین امر یاری نمایند(۲۴) .

علاوه برکاربرد داده‌های‌ماهواره‌های‌لندست دراوضاع‌نیواری، ماهواره‌های ویژهٔ هواشناسی نیز به‌نوبهٔ خود در این رابطه به‌فضا پرتاب گردیده‌اند . اولین آنها به نام ماهوارهٔ تلویزیونی و مطالعاتی مادون قرمز یا تیروس[۳۴] که در آوریل سال ۱۹۶۰ به‌فضا پرتاب‌شد وبعداً باتکمیل نقایص‌فنی به‌نام‌سری ماهواره‌های نیمبوس[۳۵] یا ابر ادامه یافت . و بالاخره ماهواره‌های فرستندهٔ تصاویر اتوماتیک[۳۶] در مدار زمین قرار داده شده‌اند که برخلاف ماهواره‌های لندست ، گردش آنها همزمان با خورشید نبوده ، بلکه همزمان با زمین[۳۷] می‌باشد . این ماهواره‌ها در نقطهٔ ثابتی در فضا در روی خط استوا قرارگرفته و با زمین به‌گردش خود ادامه می‌دهند . ماهواره‌های فرستندهٔ تصاویر اتوماتیک در فواصل زمانی معین تصاویر پدیده‌های نیواری را به ایستگاه‌های زمینی خود می‌فرستند(۲۵) . بدیهی است که تصاویر این

ماهواره‌ها عموماً کاربرد هواشناسی دارند .

بعداز این بحث اجمالی دربارهٔ نحوهٔ کاربرد داده‌های ماهواره‌ای لندست و دیگر ماهواره‌ها درپدیده‌های آتمسفری، بهتر است به بررسی کاربرد آن ماهواره‌ها در دریاها نیز اشاره کنیم. اخیراً روش‌های استفاده از داده‌های ماهواره‌های لندست و آمارجمع آوری‌شدهٔمستقیم به‌وسیلهٔ کشتی‌های‌مطالعاتی دررابطه بااندازه گیری‌های حرارت سطح دریاها ، با یکدیگر مورد مقایسه قرارگرفتند . نتیجهٔ این بررسی‌ها نشان دادکه به‌وسیلهٔکاربرد «خط برگشت آماری[۳۸]» می‌توان این دو را به‌هم ارتباط داد (باتقریب خطای ۵/ ۰ درجهٔ سانتی گراد). مقایسهٔ آماری ارقام جمع آوری شده در طول مسیر کشتی با داده‌های ماهواره‌های لندست نشان دادکه مشابهات زیادی در هر دو مجموعه وجود دارند(۲۶) .

هریك ازموارد۱۲ گانهٔ یادشده درجدول شماره ۳ می‌تواند به‌طورگسترده‌تر مورد بحث قرار گیرد. مثلاً با بررسی داده‌های ماهواره‌ای دررابطه باموارد ۳ و ۴ یاد شده درجدول مزبور برنامه‌ریزی‌های منظم درجهت بهبود وضع محیط زیست می‌تواند جامهٔ عمل پوشد ، به شرح زیر :

الف ـ مطالعه و بررسی مناطق کوهستانی برف گیر و محاسبهٔ دقیق میزان پوشش برف و میزان ذوب آن به منظور کنترل سطح آب پشت سدها . در این رابطه در جهت تکوین برنامه‌ریزی‌های لازم در مواقع کمبود آب‌های شیرین ، مطالعه‌ای در سال ۱۹۷۷ در مقدار برف حوضهٔ آبریز دریاچهٔ تاهو[۳۹] به عمل آمد و در مقایسهٔ آن با تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای سال‌های قبل همان ناحیه (در سال ۱۹۷۵) معلوم‌گردید که مقدار آب نسبت به‌سال‌های معمولی فوق‌العاده ناچیزخواهد بود و به‌همین مناسبت باهمکاری‌های صاحبان امور ناحیه پیش‌بینی‌های لازم جهت صرفه‌جویی در مصرف آب به عمل آمد و برنامه‌ریزی‌های لازم در جهت مقابله باکمبود آب در آن سال تدوین و به مرحله اجرا گذاشته شد(۲۷) .

به دلیل تکراری بودن پوشش‌های ماهواره‌های لندست ، متخصصین امر

توانسته‌اند نسبت به تجزیه وتحلیل مقدار برف سالانهٔ حوضه‌های آبریز کوهستان‌ها اقدام نموده ، با زیرنظرگرفتن روند ذوب برف اطلاعات ذیقیمتی را در اختیار برنامه‌ریزان کشاورزی ، شهری ، ومحافظین سدها قرار دهند . بدین‌وسیله خطراتی که ممکن است کم‌آبی و یا طغیان رودخانه‌ها در جوامع بشری آن مناطق به‌وجود آورد ، برآورد شده و به‌نحو مقتضی نسبت به رفع آنها اقدام گردد . شکل ۲ که به عنوان نمونه انتخاب شده است مجموعهٔ تصاویر ماهواره‌ای شامل چهار منظره از مقدار پوشش برف ناحیهٔ کوهستان‌های ویند ریور[۴۰] واقع در ایالت وایومینگ درروزهای ۱۵ آوریل (الف) ، ۲۱ مه (ب) ، ۸ ژوئن (ج) و ۶ اوت (د) می‌باشد . برابر شرحی که درقسمت اول این مقاله آمد ، بدیهی است که پوشش‌های دیگری نیز درفواصل فیمابین این تصاویر فضایی، توسط ماهواره‌ها تهیه شده‌اند. باتجزیه وتحلیل این‌گونه تصاویر دیجیتال تغییرات پوشش برف کوهستان و درنتیجه مقدار و روند ذوب آن برای متخصصین امور روشن می‌گردد[۴۱] . روشن است که اندازه‌گیری‌های‌برف وممیزی‌های زمینی درچنان کوهستان‌های وسیع‌وصعب‌العبور با وسایل عادی ومعمولی تاچه حد می‌تواند نارسا ، ناکامل وحتی امکان‌ناپذیر باشد.

شکل ۳ به عنوان نمونه از ممیزی طغیان رودخانه‌ها توسط ماهواره‌های لندست به‌نظر می‌رسد . در بهار (ماه مارس) سال ۱۹۷۳ رودخانهٔ می‌سی‌سی‌پی طغیان نمود و هزاران هکتار سرزمین‌های نواحی اطراف خود را زیرآب گرفت . جریان عادی رودخانه در سمت چپ عکس دیده می‌شود و قسمت سمت راست همان عکس، تصویر ماهواره‌ای از همان رودخانه را در روزهای طغیانی‌آن نشان می‌دهد . مساحت زمین‌های زیر آب رفته در طول این رودخانه با تجزیه وتحلیل داده‌های ماهواره‌ای برآورد گردید[۴۲]. روشن است که چنان تصاویر دیجیتال نه‌تنها برای برآورد خسارات وارده و قسمت‌های آب گرفته می‌توانند مفید فایده باشند ، بلکه‌برای‌برنامه‌ریزی‌های بعدی درجهت‌پیش‌گیری‌های‌لازم‌ازخسارت‌های احتمالی درآینده نیز بسیار سودمند خواهند بود. مطالعاتی که در رابطه با طغیان ۱۲۰۰ میل

درطول کرانه‌های رودخانهٔ می‌سی‌سی‌پی وشعبات آن انجام گرفت، اهمیت کاربردی سنجش از دور را در امور مربوط به فعالیت‌های مهندسی ، بررسی‌های اقتصادی، عملیات نجات و برنامه‌ریزی‌های محیط زیست به‌خوبی نشان داد. سرعت و دقت این گونه مطالعات مرهون داده‌های ماهواره‌ای همراه باامکان بررسی مقایسه‌ای آنها به‌دلیل وجود پوشش‌های مکرر فضایی از ناحیهٔ مزبور بوده است. در سال ۱۹۷۵ می‌سی‌سی‌پی پایین واقع در ایالت لوئیزیانای آمریکا دوباره طغیان نمود . مدیریت برنامه‌ریزی استان طی مطالعات خود که بااستفاده ازداده‌های ماهواره‌ای انجام گرفت، زمین‌های زیرآب رفته را به شرح زیر برآورد نمود[۴۳]:

زمین‌های شهری و بسیار آباد	۸۰۰۰ جریب
مزارع	۳۰۰۰۰۰ جریب
زمین‌های جنگلی	۱۰۹۰۰۰ جریب
زمین‌های باتلاقی	۶۹۸۰۰۰ جریب
زمین‌های شنی و لجنزار	۲۸۰۰ جریب

ب ـ ثبت و تهیهٔ نقشه‌های مربوط به تعیین آب در مخازن آب‌های سطحی مانند سدها ، دریاچه‌های فصلی وغیره در زمان‌های مختلف ،

ج ـ به‌دست‌آوردن اطلاعات لازم دررابطه با خصوصیات سفره‌های آبی ، منابع و ماهیت رسوبات آبرفتی ،

د ـ مطالعات مربوط در رابطه با نحوهٔ وقوع سیلاب‌ها و برآورد وسعت مناطق سیل‌زده ،

ه ـ تهیهٔ نقشه‌های هیدرولوژی وتعیین رژیم هیدرولوژیک حوضه‌های آبریز در جهت برنامه‌ریزی‌های صحیح در مدیریت منابع آب ،

و ـ شناخت کیفیت آب‌های سطحی و بررسی میزان شوری ، روند آنها و آلودگی‌های دیگر ،

ز ـ بررسی آب‌های گل‌آلود به منظور شناسایی محل زندگی و تمرکز میگوو ماهی در فصول مختلف ،

ح ـ شناسایی رسوبات معلق رودخانه‌های پرآب و بررسی توسعهٔ دلتای آنها در رابطه با برنامه‌ریزی‌های محلی ،

ط ـ بررسی تغییرات ساحلی دریا واقیانوس‌ها، جریانات دریایی، جزرمدها و دیگر پدیده‌های دریایی به منظور برنامه‌ریزی‌های ساحلی و عملیات کشتی‌رانی،

ی ـ شناخت تالاب‌های ساحلی[۴۴] در زمینهٔ بررسی‌های گسترش تخم‌ریزی ماهی‌ها وامکان ایجاد شکارگاه‌ها وتفریح‌گاه‌های‌عمومی وبرنامه‌ریزی‌های‌اجتماعی در رابطه با جغرافیای اوقات فراغت(۲۸) .

صورت ریز اجمالی دیگرکاربردهای سنجش از دور در محیط زیست :

در جلسات سمینار مشورتی منابع و محیط زیست ایالات متحده در سال ۱۹۷۵ نتیجه‌گیری شدکه سنجش از دور می‌تواند دربسیاری ازمفاهیم محیط‌زیست و در جهت بهبود وضع زندگی مردمان نواحی مختلف روی زمین نقش عمده‌ای را به‌عهده گیرد . مثال‌هایی‌که درزیر نام‌برده می‌شوند، عناوین یا زمینهٔ پروژه‌هایی هستندکه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در رابطه با بهبود محیط زیست انجام پذیرفته‌اند :

الف ـ آمایش و برنامه‌ریزی سرزمین . مثال : گرین سوامپ[۴۵] در ایالت فلوریدای آمریکا .

ب ـ دستاورد زمین‌های جدید ازطریق پرکردن باتلاق‌ها. مثال: بنگلادش.

ج ـ تشخیص وشناسایی‌ریخت‌وپاش نفت در دریاها وتمام‌آب‌های‌ساحلی.

د ـ تهیهٔ نقشهٔ طغیان و امداد رسانی. مثال: رودخانهٔ می‌سی‌سی‌پی (آمریکا)، رودخانه‌های ایندوس و چناب (پاکستان) .

ه ـ شناسایی و تفکیک زمین‌های شهری از زمین‌های‌کشاورزی . مثال : فونیکس[۴۶] در ایالت آریزونای آمریکا .

و ـ تهیهٔ مدل‌های اکولوژیکی و مدیریت آب . مثال : اورگلیدز[۴۷] در ایالت فلوریدا .

ز ـ خطرات مربوط به زمین شناسی ، مثال : شناسایی گسل‌ها درکالیفرنیا[۴۸].

تصاویر دیجیتال ماهواره‌ای و ممیزی‌های مختلف منابع زمینی

یکی از موارد بسیار بارز استفاده از تصاویر دیجیتال ماهواره‌ای ، بررسی و مطالعهٔ آنها در رابطه با ضرر و زیان یا خسارات وارده به پدیده‌های کشاورزی می‌باشد. به‌عنوان مثال ، دو تصویر دیجیتال رنگی ماهواره‌ای لندست تنها به‌فاصلهٔ ۱۸ روز از یکدیگر از مزارع قهوهٔ برزیل تهیه شده (اولی به تاریخ ۱۳ و دومی به تاریخ ۳۱ ژوئیهٔ ۱۹۷۵)، وهریك ناحیه‌ای به‌وسعت ۱۳۲۲۵ میل مربع ازمزارع قهوهٔ برزیل را زیرپوشش قرار داده بودند . به‌دنبال وقوع یك سرمای ناگهانی و عبور جبههٔ هوای بسیار سرد ، این دو تصویر که یکی قبل و دیگری بعد از وقوع سرمازدگی درختان قهوه تهیه شده بودند به‌کمك کامپیوتر تجزیه و تحلیل و مورد مقایسه قرارگرفته و خساراتی راکه سرما برهزاران درخت قهوه وارد آورده بود برآورد شد . بدیهی است برآورد خسارت برای منطقه‌ای به‌وسعت فوق‌الذکر و با در نظرگرفتن مدت کار بررسی و هزینهٔ مربوطه اگر از طریق ممیزی‌های معمول مورد اقدام قرار می‌گرفت با چه مشکلات فراوانی که مواجه نمی‌گردید[۴۹].

برای طبقه‌بندی کشت‌های متنوع و شناسایی آنها و نیز در جهت زیرنظر گرفتن درجهٔ رشد واحیاناً تشخیص علایم امراض نباتی، مفسرین تصاویر دیجیتال ماهواره‌های لندست کمك‌های بیمانندی دراختیارمتخصصین کشاورزی قرارمی‌دهند. شکل۴ حاصل طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای محصولات کشاورزی زیر کشت بخش هولت کانتی[۵۰] را در ایالت نبراسکا نشان می‌دهد . وقتی نتایج این طبقه بندی با ممیزی‌های مستقیم وعملیات روی‌زمین‌ناحیهٔ مزبورمورد‌مقایسه قرار گرفت، صحت تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی مزبورکه به‌کمك‌کامپیوتر انجام‌گرفته بود بین ۷۰ تا ۹۰

درصد متغیر بود . لیکن وقتی نتایج این طبقه‌بندی با تصاویر پوشش‌های متعدد (بعدی) ماهواره‌ای‌مورد بررسی‌قرار گرفت، درصد درستی‌عمل طبقه‌بندی به‌بیش‌از ۹۰ درصد افزایش یافت . در تصویری‌که از نظر گذشت ،کدهای رنگی به شرح زیر به‌کار گرفته شده است[۵۱]:

کد رنگی	مفهوم کد رنگی
قرمز	انواع ذرت برای تغذیهٔ حیوانی
زرد	ذرت غذایی
زرد تیره (سیر)	مزارع آفتاب‌گردان
سبز روشن (مات)	یونجه و علفزار
سبز تیره (سیر)	چمنزار
آبی	نوعی گیاهان‌بلند که‌بعضی‌از گونه‌های آن ارزش‌غذایی‌دارد
سبز بسیار تند	یونجه‌زار

با پیروی از اصل و اختصاصات بازتاب انرژی اجسام مختلف فرهنگی شهرها ، سنجش از دور در طبقه‌بندی پدیده‌های فرهنگی شهرها نیز قلمرو وسیعی دارد و از این طریق توسعه و گسترش شهرها را می‌تواند مورد بررسی و تحقیق قرار دهد . در زمان‌های پیش از تکمیل و کارکرد ماهواره‌ها ، برای تعیین حدود شهرها از عکس‌های هوایی استفاده می‌گردید . مثلاً کار تعیین حدود شهر سن‌خوزه[۵۲] در کوستاریکا و گسترش آن درسال‌های ۱۹۴۵، ۱۹۶۵، ۱۹۷۸ بااستفاده از عکس‌های هوایی انجام گرفت. بعداز پرتاب ماهواره‌های لندست در دههٔ ۱۹۷۰

و به وجود آمدن تصاویر دیجیتال ، همزمان با بررسی عکس‌های هوایی، تصاویر دیجیتال ماهواره‌های لندست نیزبرای پیشبرد این منظور به‌کارگرفته شده و گسترش شهر مزبور به‌کمک‌کامپیوتر نیز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرارگرفت. نتایج به‌دست آمده بسیار رضایتبخش بود. روشن است که دربررسی‌های بعدی، باتوجه به پایین بودن هزینهٔ اطلاعات و داده‌های هوایی ماهواره‌ای ، تصاویر فضایی اندازه‌گیری‌های سیستماتیک‌گسترش شهر مزبور را امکان‌پذیر خواهد نمود(۲۹) .

در سال‌های اخیر با استفاده از تکنیک‌های کامپیوتری ، متخصصین تفسیر داده‌های ماهواره‌ای ، همگام با دست‌اندرکاران امور شهری به تهیه و تکمیل نقشهٔ شهرها اقدام‌کرده‌اند . تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای صاحبان امور را قادر می‌سازد تازمین‌های‌شهری را برحسب موارد استفاده‌هایی که از آنها به‌عمل‌می‌آید، طبقه‌بندی‌کرده ونقشهٔ آمایش سرزمین‌های‌شهری راآماده نمایند. شکل ۵ نمونه‌ای از این قبیل فعالیت‌ها را نشان می‌دهدکه در آن ، زمین‌های شهری برحسب نوع استفاده به ۸ نوع طبقه‌بندی شده‌اند. نقشهٔ مزبور با استفاده از داده‌های ماهواره‌های لندست اول تهیه‌گردیده و ناحیهٔ متروپولیتن مینیاپولیس ـ سن پل[۵۳] واقع درایالت مینه‌سوتا رانشان‌می‌دهد[۵۴]. کدهای رنگی ومفاهیم آنها به‌شرحی که درنقشهٔ تصویری (شکل ۵) به‌کارگرفته شده عبارتند از :

کد رنگی	مفهوم کد رنگی
صورتی‌متمایل‌به‌بنفش	ناحیهٔ مرکزی شهر
صورتی روشن	ناحیهٔ همجوار مرکز شهر شامل مراکزصنعتی ، تجاری و فرهنگی
قرمز (مات)	نواحی مسکونی : منازل تك خانواری دارای فضای سبز و درخت
زرد	نواحی مسکونی : منازل تك خانواری‌کم تراکم تا متراکم
آبی	آب
بنفش	محل‌های استخراج معادن (سنگ معدن ، شن و ماسه) فعال و غیرفعال و یا زمین‌های پر شده
سبز	مناطق‌جنگلی: غالباًجنگل ـ علفزار ویا درختان‌زمین‌های باتلاقی
سبز روشن	زمین‌های زیرکشت ، چمن‌زار (مراتع) و مرداب‌ها
خط تیرهٔ درشت	اتوبان‌ها
خط تیرهٔ ظریف	شاهراه‌های اصلی
خط بریده ـ بریده	محدودهٔ بخش‌ها

علاوه براین، مطالعات مربوط به‌داده‌های سنجش از دور به‌دست‌اندرکاران محیط‌زیست امکان می‌دهد که تأثیرات و تغییرات زمین‌های باتلاقی را در دراز مدت ممیزی و ارزیابی نمایند ، کاری که با بررسی‌های مستقیم روی زمین امکان‌پذیر نخواهد بود .

درخاتمه ذکر این‌نکته را لازم می‌داند که ازجملهٔ عوامل مهم دربررسی‌های مربوط به داده‌های دیجیتال ماهواره‌ای در کلیهٔ موارد ، استفادهٔ همزمان از داده‌های ماهواره‌های لندست ، عکس‌های هوایی و ارقام آمارگیری‌های نمونه و مستقیم در روی زمین می‌باشد، وتنها با این روش است که به‌نتایج قابل اطمینان و درست‌تری درشناسایی، تشخیص و درنتیجه به‌طبقه‌بندی صحیح پدیده‌های مختلف پوشش‌های روی زمین دست خواهیم یافت .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

یادداشت‌ها

۱ــ به دلیل تهیه و تحریر مقاله در سال ۱۳۶۰ ، این نوشته فاقد اطلاعات جدید در مورد ماهوارهٔ لندست (Landsat) چهارم و مهمتراز همه سیستم TM آن می‌باشد .

2. Natinal Aeronatics and Space Administration (NASA)

3. Earth Resources Technology Satellite (ERTS)

4. Gadard Space Flight Center

5. Greenbelt

6. Earth Resources Observation Systems (EROS)

7. Suix Falls

۸ــ دقت تفکیک یا resolution تصاویر ماهواره‌های لندست ۷۹ × ۷۹ متر بوده و شکل هندسی آنها به‌علت مدار گردش نزدیك به‌قطبی ماهواره‌ها و نیز حرکت زمین زیرپوشش ، مربع شبیه به لوزی می‌باشد .

۹ــ « عنصر ــ عکس » یا pixel شکل خلاصه شدهٔ دو کلمهٔ picture (عکس) و element (عنصر و عامل) است .

10. sun - synchrnous

11. Multi Spectral Scanner (MSS)

۱۲ــ نظر به هدف این مقاله ، از بحث در جزئیات ونحوهٔ انجام سنجش اطلاعات سنجنده‌های MSS دراینجا خودداری می‌شود. علاقمندان می‌توانند به‌منابع یاد شده درآخر مقاله و یا به نگارنده مراجعه فرمایند .

۱۳ــ در مسیر گردش مداری فعال ، ماهواره به‌کسب و سنجش انرژی بازتابی از اجسام مختلف روی زمین می‌پردازد ، در حالی‌که درگردش مداری غیرفعال به دلیل این‌که از روی نیمکرهٔ تاریك زمین عبور می‌کند ، قادر به انجام این عمل نبوده و سنجنده‌های آن درکانال‌های مختلف خاموش می‌باشند .

۱۴ــ مطابق نظریهٔ اسحق نیوتون که از نقطه نظر تئوری به اثبات رسیده است ، بیضی شکل بودن زمین در نتیجهٔ تأثیرات قوانین حرکت و قانون قوهٔ جاذبهٔ حاکم بر کرات گردنده به دور خود به وجود آمده است . جهت اطلاع بیشتر به شمارهٔ ۱۱ لیست مآخذ و منابع مراجعه فرمایید .

۱۵ــ NASA ، پیشین .

۱۶ــ همانجا .

۱۷ــ همانجا .

18. scan line

۱۹ــ علاقمندان به شمارهٔ ۱۲ در فهرست مآخذ و منابع مراجعه بفرمایند .

20. Gray Scale

21. Return Beam Vidicon (RBV)

۲۳ــ میکرون (Micron) برابر $\frac{1}{1000}$ میلیمتر است که اخیراً بیشتر به نام میکرومتر (Um) نامیده می‌شود .

۲۳ــ Watkins ، ۱۹۷۸ ، پیشین.

24. Coulson

25. Polarization

26. Stanley

27. Morley

28. Mozorova

29. Meteor - 25

30. Timan

31. Ozone

32. H.H.Lamb

33. Aerosol

34. TIROS

35. Nimbos

36. Automatic Picture Transmission (APT)

37. geo - synchronous

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

38. regression line

39. Tahoe

40. Wind River

۴۱- NASA ، Sp 360 ، ۱۹۷۶ ، پیشین .

۴۲- همانجا ، ص ۲۰ .

۴۳- Hidalgo و Musa ، ۱۹۷۶ ، پیشین .

44. coastal wet lands

45. Green Swamp

46. Phoenix

47. Everglades

۴۸- H. Hidalgo و S. Musa ، ۱۹۷۶ ، پیشین .

۴۹- N.D. Nixon و McCormack ، ۱۹۷۷ ، پیشین .

50. Halt County

۵۱- NASA ، Sp 360 ، ۱۹۷۶ ، پیشین .

52. San Jose

53. Minnea Polis - St. Paul

۵۴- NASA ، Sp 360 ، ۱۹۷۶ ، پیشین .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ

1. NASA Landsat Data Users Notes, Issue No. 3, Nov. 1978.

2. Watkins, Allen H.; EROS Data Center , US Department of Interior, and Geological Survey, 1978, Cal. O - 261 - 22613, P. 9.

3. NASA Landsat Data Users Notes, Issue No. 4, Jan. 1979, P. 2.

4. Short' N.M. , Lowman Jr. P. D. , and Freden Stanley ; NASA SP 360, 1976, 469 P.

5. NASA Facts , Stock No. 033-000-00702-7 , Washington D.C, 1977.

6. Avery, Eugene T.; Interpretation of Aerial Photographs, 3rd edition, Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota , 1977. 392 P.

۷ـ نشریهٔ مرکز سنجش از دور ایران ، « کاربرد سنجش از دور درکارتوگرافی و جغرافیا » ، چاپ نشده ، ۱۹ صفحه .

8. Morley, L.W.; "Remote Sensing as a source of Data for Development" in : Surveys For Development . Jan. J. Nossin ed., Elsevier, 1977, PP. 79 - 89.

9. Sabins Jr . , Floyd F. ; Remote Sensing : Principles and Interpretation, Freeman and Company, 1978, 462 P.

10. NASA Data Users Handbook , Document No . 76S DS 4258, 1976.

11. Strahler, Arthur N.; The Earth Sciences, 2nd edition , Harper & Row, 1971, 824 P.

12. Grabau, Warren E.; Pixel Problems, US Army Engineer 'erways Experiment Station, Miscellaneous Paper, M-76-9,

3. Freden, Stanley C.; "The Landsat System" in: Mission : Landsat Views the World , NASA SP 360 , 1976 , PP. 1.

Janza, Frank J.; "Interaction Mechanisms" in: Manual Sensing , Robert Reeves ed. , American Society of ımetry, Falls Church, Va. 1975, PP. 75 - 179.

Dona, Robert W.; "Solar and Atmospheric Effects on ıagery Derived From Airecraft Reflectance Measure- Preceedings of the tenth International symposium on ng of environment, Vol. 2, Oct. 1975, PP. 682 - 694.

ınley, Morain A. ; "Interpretation and Mapping of ation" in : Remote sensing : Techniques for environ- s, Hamilton Publishing Company, Santa Barbara, . 127 - 165.

hman , John A. ; "Communications for Imaging Manual of Remote sensing , Robert G.Reeves ed. , iety of Photogrammetry, Falls Church, Va. 1975,

h, Walter; "The Presentation of Information" in: elopment , Jan. J. Nossin ed., Elsevier Publisher,

y, L.W. ; "Remote Sensing as a Source of Data t" in : Surveys for Development, J. J. Nossin ed. ,) - 84.

adov , B. V. and Kondrat'yov ; "Geographical Remote Sensing" in: Soviet Geographp: Review and Vol. 12, No. 6, Jan 1971, PP. 383 - 392.

21. Mazorova L. I.; "Appearance of the Main Ural F in a Cloud Field on Space Imagery" in : Geo Abstracts: R Sensing, Photogrammetry and Cartography, 1981, G/0592.

22. Miller, A and Thompson J.C.; Elements of Ma Charles E.Merrill Publishing. 1970, 402 P.

23. Lamb H. H.; Climate: Present, Past ana Futur Methuen and Company., London.

24. Hidalgo H., and Musa S. ; "The Role of Rem in Habitat" in: Habitat Vol. I, No. 2, Sep 1976, PP.

25. Widger Jr. William K.; Meteorological Sat Rinehart and Winston Inc., 1966, 280 P.

26. Tabata S, and Gower J.F.R.; "A Compar and Satellite Measurements of Sea Surface Tempe Pacific Coast of Canada" in: Journal of Geophysical P PP. 6636-48, also Summary in : Geo Abstracts, 1981.

27. Nixon W.D., and McCormack; Landsat: Classification, Social Education, Vol. XLI, No. 7,

ن، محمود ؛ «خلاصه‌ای از تکنولوژی و کاربرد فن سنجش از دور، بویژه در بررسی و تشخیص منابع طبیعی » ، بروشور اطلاعاتی چاپ نشده ایران ، ۱۳۵۴ .

29. Rodriguez E.R. and Raburn R.; "Using to Monitor Urban Growth : A Costa Rican Ex Abstracts, 81G/1255(3), 1981.