

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

چکیده<sup>۱</sup>

این مقاله حاوی دو قسمت است: بخش اول آن بعد از يك مقدمه کوتاه درباره تاریخچه و لزوم سنجش از دور، به شرح مختصر نحوه کارکرد تنها آن قسمت از سیستم‌های ماهواره‌های نلدست می‌پردازد که با کسب و ارسال اطلاعات از عوارض مختلف روی زمین در ارتباط می‌باشند. پوشش وسیع تصاویر ماهواره‌های نلدست و مزایای تفسیر اتوماتیک ( کامپیوتری ) داده‌های آنها از جمله مباحث دیگر قسمت‌های این بخش است.

بخش دوم مقاله حاضر به شرح چند مورد از کاربرد داده‌های ماهواره‌ای در مطالعه کیفی فضای محاط بر کره زمین و نیز عوارض مختلف روی آن - اعم از طبیعی و یا فرهنگی - و بالاخره چگونگی تهیه نقشه‌های شماتیک از آنها اختصاص یافته است، که از آن جمله اند:

- پیش‌بینی روند ذوب برف حوضه‌های رودخانه‌ها و تخمین میزان آب موجود برای کشتزارهای مناطق ،
  - مطالعه و شناسایی و اقدام به‌موقع در مقابله با حوادث طبیعی ،
  - مطالعه و برآورد سریع خسارت‌ها و زیان‌های وارده بر کشتزارهای بزرگ ،
  - و بالاخره مطالعه و شناسایی نحوه گسترش مادر شهرها و شهرهای بزرگ دیگر به‌منظور تحت کنترل درآوردن گسترش آنها .
- این مقاله دارای سه جدول پنج تصویر و ۲۹ رفرنس می‌باشد .

#### مقدمه

اطلاعات دقیق و کافی از موقعیت و نحوه وجودی منابع مختلف روی زمین از مهمترین عوامل مؤثر در بهره‌برداری از آنهاست . به‌علت وسعت فوق‌العاده سطح کره زمین توانایی بشر برای ممیزی مستقیم و بلاواسطه منابع روی زمین 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 قرار گرفت . با این‌که پیشرفت‌های مداوم فن عکاسی و ابزار آن از يك طرف و تکامل تکنیک‌های 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 غیراتوماتیک بودن و لزوم صرف وقت بیشتر برای تفسیر آنها ، عکس‌های هوایی به‌تنهایی نخواهد توانست جوابگوی نیازهای روزافزون بشر قرن بیستم در رابطه با مطالعات ، بررسی‌ها و آمارگیری‌ها از منابع مختلف روی زمین باشد . با توجه به این نکته بود که در سال‌های اخیر ، ساخت و پرتاب ماهواره‌های مدارگرد به‌فضا و نیز وسایل دیگری که بتوانند

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

از انواع ماهواره‌های مدارگرد که در این مقاله به بررسی اجمالی آنها در توانایی ، نحوه کارکرد و بهره‌برداری از آنها می‌پردازیم ، ماهواره‌های مدارگرد لندست می‌باشد . این ماهواره‌ها توسط دانشمندان و مهندسين سازمان ملی فضایی و هوانوردی آمریکا<sup>۲</sup> تکمیل و به فضا پرتاب شده‌اند و اولین آنها به نام ماهواره تکنولوژی منابع زمین<sup>۳</sup> در ماه ژوئیه سال ۱۹۷۲ به فضا فرستاده شد که بعداً در سال ۱۹۷۵ به نام لندست اول تغییر نام یافت و همزمان با این تغییر نام، ماهواره لندست دوم در ژانویه ۱۹۷۵ به فضا پرتاب گردید . ماهواره لندست اول عمر کارآیی خود را بعد از پنج سال گردش در فضا در ششم ژانویه سال ۱۹۷۸ پایان داد . در طول مدت مزبور این ماهواره توانست داده‌های رقومی یا دیجیتال ۳۰۰ هزار تصویر از سطح کره زمین را به ایستگاه‌های زمینی مخابره نماید(۱) . سومین ماهواره از سری لندست در پنجم ماه مارس ۱۹۷۸ به فضا فرستاده شده است . در حال حاضر دو ماهواره فعال از نوع لندست ( ماهواره‌های ۲ و ۳ ) به گردش خود در مدار زمین ادامه داده و ارقام و اطلاعات ماحوذه الکترونیک را مستقیماً در وقت حقیقی یا به وسیله نوارهای ضبط شده به ایستگاه‌های گیرنده خود در زمین مخابره می‌نمایند . علایم الکترونیکی مزبور در مرکز پروازهای فضایی گادارد<sup>۴</sup> واقع در شهر گرین بلت<sup>۵</sup> ایالت مریلند به صورت تصاویر عکاسی و یا به صورت نوارهای قابل استفاده در کامپیوتر در می‌آیند و سپس در مرکز ارقام و داده‌های ای. آر. او. اس<sup>۶</sup> . واقع در سوفالس<sup>۷</sup> ایالت داکوتای جنوبی بایگانی می‌شوند تا در موقع لزوم در اختیار پژوهندگان قرار داده شوند . این عمل تقریباً يك ماه طول می‌کشد(۲) . علاوه بر سه ایستگاه گیرنده و جمع‌آوری اطلاعات فضایی ماهواره‌های لندست که در ایالات متحده آمریکا قرار دارند ، در چندین کشور نیمکره شرقی منجمله در ایران نیز ایستگاه گیرنده و جمع‌آوری کننده ارقام فضایی ماهواره‌ها نصب شده است(۳) . ایستگاه مزبور مدت

زمان کوتاهی قبل از انقلاب اسلامی ایران مشغول کار بوده و بعد از انقلاب با توجه به پاره‌ای موانع و نارسایی‌ها، کار آن متوقف شده بود که اخیراً با رفع نارسایی‌های مربوطه از طرف دولت، دوباره آماده بهره‌برداری شده است.

### مقایسه تصاویر ماهواره‌ای با عکس‌های هوایی

در بررسی تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی و مقایسه آنها با یکدیگر نتایج زیر حاصل می‌شود:

الف - یکی از بزرگترین امتیازاتی که تصاویر دیجیتال ماهواره‌ای بر عکس‌های هوایی دارند، مکرر بودن آنها می‌باشد. مکرر بودن تصاویر ماهواره‌ای هر نوع بررسی مقایسه‌ای را در رابطه با تغییرات پوشش‌های سطح کره زمین امکان‌پذیر می‌سازد. چنانچه بعداً توضیح داده خواهد شد، هر ماهواره در یک دوره ۱۸ روزه، یک بار پوشش کاملی از سطح زمین را در اختیار محققین قرار می‌دهد. با گردش دو ماهواره مدارگرد در مدار زمین تهیه پوشش کامل از پوشش‌های مختلف روی زمین اسماً در هر ۹ روز یک بار انجام می‌گیرد، روشن است که تهیه پوشش مشابه با عکس‌های هوایی با توجه به وسعت زمین و سایر موانع (طبیعی، مالی و...) امکان‌پذیر نخواهد بود.

ب - اصولاً هزینه گزاف تهیه عکس‌های هوایی در مقایسه با تصاویر ماهواره‌ای مانع بزرگی در راه تهیه پوشش و یا ممیزی زمین به وسیله عکس‌های هوایی است.

ج - تهیه عکس‌های هوایی از نواحی دور دست بمانند مدار قطبین، با سرعت عمل مشابه ماهواره‌ها خارج از امکانات هواپیمایی امروز است.

د - تفسیر اتوماتیک داده‌های ماهواره‌ها، سرعت طبقه‌بندی پوشش‌های مختلف روی زمین و شناسایی و تفکیک آنها را از همدیگر آسانتر و بسیار سریعتر می‌سازد.

ه - وسعت پوشش های ماهواره های لندست در مقایسه با عکس های هوایی سطح بیشتری را در بر می گیرند. يك عكس ماهواره ای معادل ۲۲۰۰ عكس هوایی به مقیاس ۱ : ۲۰۰۰۰ و ۳۵۰ عكس هوایی به مقیاس ۱ : ۵۰۰۰۰ می باشد. تهیه پوشش ماهواره ای از ایالات متحده آمریکا تنها با ۵۶۹ تصویر ماهواره ای امکان پذیر شده است (۴). در حالی که برای تهیه پوشش مشابه با عکس های هوایی تقریباً به ۳۰۰۰۰ قطعه عکس هوایی نیاز خواهد بود (۵). این بدان علت است که ماهواره های لندست از فاصله بیشتر یا ، به عبارت دقیقتر، از فاصله دور دست تری زمین را مورد نظاره قرار می دهند. به تجربه ثابت شده است که اگر مقیاس عکس هوایی نصف شود، تعداد عکس های لازم برای تهیه پوشش از همان ناحیه به  $\frac{1}{4}$  تقلیل پیدامی کند و برعکس اگر مقیاس عکس هوایی به دو برابر افزایش یابد تعداد عکس های لازم برای تهیه پوشش همان ناحیه به ۴ برابر فزونی خواهد یافت (۶). مقیاس عکس های هوایی با فرمول  $S = \frac{F}{H}$  محاسبه می شود. در این فرمول S برای مقیاس ، F برای فاصله کانونی دوربین و H برای ارتفاع هواپیما از زمین در هنگام عکس برداری به کار رفته است. برابر فرمول فوق و با در نظر گرفتن نتایج تجربیات در این رابطه، بدیهی است که با اضافه شدن مقدار H سطح پوشش دوربین یا سنجنده های فضایی بیشتر شده و سرزمین های وسیعتری را در آن واحد ممیزی خواهند کرد. از آنجایی که حد متوسط ارتفاع پرواز (H) ماهواره های لندست در حدود ۹۲۰ کیلومتر می باشد ، سطح پوشش هر يك از تصاویر تهیه شده توسط ماهواره ها، زمینی بابعاد  $185 \times 185$  کیلومتر را در بر می گیرد. برای تهیه نقشه ایران از تصاویر ماهواره ای ، ۱۱۰ تصویر ماهواره های لندست کافی خواهند بود ، که در عرض چند هفته می توان تهیه نمود. در حالی که صرف نظر از بودجه لازم برای تهیه پوشش مصور ایران توسط عکس برداری هوایی با هواپیما سال ها وقت لازم خواهد بود (۷).

برخی را عقیده بر این است که تصاویر ماهواره ای به دلیل فقدان دقت تفکیک کافی نمی توانند آنطور که باید و شاید مورد استفاده قرار گرفته و مفید واقع شوند.

مضافاً این که تصاویر ماهواره‌ای فاقد شکل هندسی نیز می‌باشند<sup>۱</sup>. با توجه به این دو مسئله، نظر این افراد بر این است که این عکس‌ها نمی‌توانند مورد بررسی استریوسکوپیک قرار گیرند. در جواب باید گفت، این نظریه وقتی درست خواهد بود که ما بخواهیم تصاویر ماهواره‌ای را به جای عکس‌های هوایی برای تهیه نقشه‌های مثلاً توپوگرافی مورد استفاده قرار دهیم. روشن است که تصاویر ماهواره‌ای هرگز برای چنین کارهایی به وجود نیامده‌اند و برعکس، تصاویر مزبور برای تهیه نقشه‌های شماتیک به مقیاس‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰۰ بهترین و عالیترین وسیله شناخته شده‌اند. برای بررسی دقیق‌تر مسئله توجه به مطلب زیر لازم می‌آید:

ترکیب چشم، مغز و عکس بهترین وسیله تشخیص و شناسایی است، با این حال در چاپ و نشر عکس‌ها هر اندازه هم دقت به عمل آید باز هم حاصل کار یکسان و یکنواخت نخواهد بود. حال اگر یک گیرنده ۴ کانالی چند طیفی را در نظر بگیریم، متوجه خواهیم شد که انرژی بازتابی یک «عنصر - عکس» در روی زمین با حفظ وضعیت کمی خود، به وسیله دستگاه‌های گیرنده ماهواره مورد سنجش قرار می‌گیرد. بازتاب مزبور در طول موج‌های مختلف به وسیله سنجنده‌های چهارگانه متفاوت ماهواره اخذ می‌شود. در این فعل و انفعالات شدت علائم الکترونیکی متناسب با شدت انرژی بازتابی بوده و با آن رابطه مستقیم، معین و دقیقی دارد. مقادیر چهارگانه انرژی بازتابی از یک عنصر - عکس آنگاه در دستگاه‌های سنجنده ماهواره به صورت کمی و یا دیجیتال درآمده و پس از یک سلسله عملیات، ارقام مزبور روی نوار مغناطیسی به صورت عددی ضبط می‌شوند. کامپیوتر می‌تواند این اعداد را از هر ۴ کانال جداگانه گرفته، و با توجه به مقدار کمی آنها، ارقام هر کانال را در یکی از سطوح ۳۲ گانه تقسیم‌بندی یا طبقه‌بندی نماید. در نتیجه اطلاعات دریافتی درباره یک عنصر - عکس برابر است با  $(۳۲)^۴$  یا تقریباً ۴۰۰۰ برابر تشخیص ترکیبی عکس، چشم و مغز از آن عنصر - عکس (۸).

### مطالعه 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 مشترك کافی در طول خط‌پرواز ماهواره می‌باشند ، لیکن چنانچه در شکل ۱ ملاحظه می‌شود ، در نتیجه گردش مدارى ماهواره‌ها، تصاویر تهیه شده دارای پوشش‌های مشترك عرضی می‌شوند و همین امر سبب می‌شود تا قابلیت مطالعات استریوسکوپیک را داشته باشند. مقدار پوشش مشترك عرضی تصاویر ماهواره‌ای ثابت نبوده و هرچه از قطبین فاصله پیدا نمایند ، از مقدار پوشش مشترك عرضی کاسته می‌شود . روشن است ، هر اندازه مقدار پوشش مشترك بیشتر باشد، مراکز تصاویر به هم نزدیکتر واقع شده و به همین سبب مبالغه‌آمیزی ارتفاعات پدیده‌ها در بررسی‌های استریوسکوپیک کمتر خواهد بود و برعکس در صورتی که پوشش مشترك تصاویر زوج استریوسکوپیک کمتر باشد، مراکز تصاویر از هم دورتر و در نتیجه مبالغه‌آمیزی ارتفاعات پدیده‌ها بیشتر خواهد بود. سیستم هندسی استریوسکوپیک تصاویر ماهواره‌ای در جدول شماره ۱ درج شده است (۹) .

جدول شماره ۱ - سیستم هندسی استریوسکوپیک تصاویر  
ماهواره‌های لندست

عرض جغرافیایی	درصد پوشش مشترک عرضی تصاویر	سطح مبنای تصویر (کیلومتر)	فاکتور اغراق آمیزی 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

از مطالعه جدول فوق چنین نتیجه‌گیری می‌شود که سطح مبنای تصاویر ماهواره‌ای و مبالغه آمیزی ارتفاعات پدیده‌ها در آنها با عرض جغرافیایی نسبت معکوس دارند، لیکن بین درصد پوشش مشترک عرضی تصاویر و عرض جغرافیایی آنها رابطه مستقیم برقرار است.



## نحوه کارگرد ماهواره‌های لندست

ماهواره‌های لندست طوری در مدار زمین قرار داده شده‌اند که گردش آنها به دور زمین با موقعیت خورشید نسبت به زمین همزمان<sup>۱۱</sup> می‌باشد. بدین ترتیب که این ماهواره‌ها زمین زیر پوشش خود را حدوداً در ساعت ۳۰ : ۹ صبح به وقت محلی مناطق مختلف مورد سنجش قرارداد و اطلاعات لازم را به وسیله دستگاه‌هایی به نام نظاره‌گر چند طیفی<sup>۱۱</sup> منصوب در ماهواره کسب و ضبط می‌کند<sup>۱۲</sup>. 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 در وقت تقریبی ۳۰ : ۹ صبح به وقت محلی امکان‌پذیر می‌سازد<sup>۱۳</sup>. یک بار گردش ماهواره به دور زمین ۱۰۳ دقیقه به طول می‌انجامد (۱۰). گردش جنوبی ماهواره پیوسته از روی نیمکره آفتاب‌گیر کره زمین عبور می‌کند. بنابراین آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده توسط سنجنده‌های چند طیفی ماهواره‌های لندست - برخلاف آنچه که در بعضی منابع فارسی آمده است - فقط محصول انرژی بازتابی خورشیدی به وسیله پوشش‌های مناطق تحت نظاره سنجنده‌های ماهواره‌ها می‌باشد.

عواملی چند از جمله بیضی شکل بودن زمین و این که قطر زمین در خط استوا در حدود ۴۳ کیلومتر از محور قطبین بیشتر است<sup>۱۴</sup>، (۱۱) موجب تغییر در فاصله مدار گردش ماهواره از سطح زمین می‌شود. فاصله مزبور از ۸۸۰ کیلومتر در روی خط استوا تا ۹۹۰ کیلومتر روی مدارات قطبین در نوسان است<sup>۱۵</sup>.

مدار گردش ماهواره‌های لندست روزانه  $1/43$  درجه به طرف غرب تغییر مکان می‌دهد. مقدار تغییر مکان فوق در روی مدار استوا برابر ۱۵۹ کیلومتر و در عرض‌های بالاتر شمالی یا جنوبی رفته رفته کم و کمتر می‌گردد، به طوری که فاصله زمینی مراکز تصاویر فضایی ماهواره‌ها که برابر ۱۵۹ کیلومتر در استوا می‌باشد به ۱۰۰ کیلومتر در عرض ۵۰ درجه و به ۲۸ کیلومتر در مدار ۸۰ درجه عرض‌های

شمالی یا جنوبی تقلیل پیدا می کند (جدول شماره ۱) .

گردش و تغییر مکان ماهواره های لندست به دور زمین به طور سیستماتیک در جهت غربی انجام می گیرد تا زمانی که تمام ناحیه واقع بین مدار ۱ روز اول و مدار ۲ روز اول در شکل شماره ۱ زیر پوشش کامل ماهواره قرار گیرد. این تکامل پوشش را به نام يك دور کامل می نامند . وقت لازم برای آن دقیقاً ۱۸ روز با تقریباً ۱۴ گردش در روز و یا ۲۵۱ گردش تمام برآورد شده است.<sup>۱۶</sup>

تهیه پوشش فضایی از زمین توسط ماهواره های لندست به نحوی ترتیب داده شده است که پوشش مشترك عرضی تصاویر ماهواره ای در منطقه خط استوا ۱۴ درصد می باشد. پوشش مشترك مزبور بانزدیکی به مدارات قطبین بیشتر می شود. به طوری که در ۵۰ درجه عرض های شمالی یا جنوبی مقدار آن به حدود ۴۵ درصد و در عرض های ۸۰ درجه به ۸۵ درصد افزایش می یابد (جدول شماره ۱) . نزدیکی مدارات گردش ماهواره ها به یکدیگر (شکل ۱) در مقایسه با قدرت پوشش نسبتاً وسیع سنجنده های چند طیفی آنها علت بروز پوشش های مشترك عرضی است .

برای این که مقایسه تصاویر تهیه شده طی دوره های مختلف گردش ماهواره ها به منظور تفسیر آنها به آسانی امکان پذیر باشد . مدارات گردش ماهواره های لندست به دور زمین به نحوی ترتیب داده شده اند که در هر دوره ۱۸ روزه ، سنجنده های ماهواره ها، درست همان منطقه جغرافیایی قبلی را که در دوره ماقبل مورد سنجش قرار داده بودند، دوباره مورد بررسی و سنجش قرار می دهند. بدین معنی که تصویر ماهواره ای منطقه مثلاً «الف» دوره اول، درست بر تصویر ماهواره ای منطقه «الف» دوره دوم منطبق می شود والی آخر. سعی کافی به عمل آمده است تا مراکز تصاویر ماهواره ای تهیه شده در دوره های مختلف و در طول عمل ماهواره برهم منطبق باشند، لیکن تجربه نشان داده است که این مراکز تا حدود  $\pm 37$  کیلومتر از همدیگر تغییر مکان می دهند.<sup>۱۷</sup>

هر تصویر دیجیتال ماهواره دارای ۲۳۴۰ خط نظاره<sup>۱۸</sup> بوده و دارای اطلاعات

رقومی از پوشش‌های زمینی به‌وسعت<sup>۱</sup> (۱۸۵) کیلومتر مربع می‌باشد. هر یک از این خطوط حاصل توالی ۳۰۰۰ تا ۳۴۵۰ مقادیر عددی متناسب با انرژی بازتابی از پوشش زمین تحت مطالعه است که هر یک از آنها اصطلاحاً عنصر تصویری (یا عنصر-عکس) نامگذاری شده است. هر عنصر تصویری حاصل انرژی بازتابی خورشیدی از پوشش زمینی به وسعت ۷۹ در ۷۹ متر می‌باشد. این مساحت، کوچکترین قطعه زمینی است که در تصاویر دیجیتال ماهواره‌های لندست قابل شناسایی است یا به عبارت دیگر نهایت درجهٔ دقت تفکیک تصاویر ماهواره‌ای برای قطعه زمین‌هایی است که حداقل<sup>۲</sup> (۷۹) متر مربع وسعت داشته باشند. یعنی هر گاه مساحت پدیده‌های فرهنگی یا طبیعی منطقهٔ مورد مطالعه کمتر از آن مقدار باشد، در آن صورت انرژی بازتابی سنجیده شده به‌وسیلهٔ سنجنده‌های ماهواره، متناسب با انرژی بازتابی از آن پدیدهٔ ویژه نبوده بلکه میانگین نسبت به‌سهمی از انرژی بازتابی آن پدیده و پوشش‌های همجوار آن خواهد بود (۱۲). این خود مبحث فوق‌العاده مهم و قابل تعمقی است که به‌علت احتراز از تفصیل مطلب از ذکر جزئیات آن در اینجا خودداری می‌شود، لیکن در تفسیر و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای می‌باید مورد نظر متخصصین مربوطه قرار گیرد<sup>۳</sup>. گفته شد که دقت تفکیک تصاویر دیجیتال ماهواره‌ها در حدود<sup>۴</sup> (۷۹) متر مربع است؛ حال اضافه می‌نماییم که شناسایی اجسام و پدیده‌های همجوار بستگی کامل به مغایرت آنها با یکدیگر نیز دارد. به تجربه ثابت شده، پل‌هایی که از روی آب‌ها می‌گذرند یا راه‌های خاکی که مسیر آنها از میان گیاهان و کشتزارها واقع شده‌اند، در صورتی که تنها ۱۰ متر عرض داشته باشند، به دلیل مغایرت کلی با پوشش‌های همجوار در رابطه با بازتاب انرژی خورشیدی، همانند یک خط در تصاویر فضایی ظاهر شده و قابل تفکیک و شناسایی خواهند بود (۱۳).

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

صفر تا ۶۳ و یا از صفر تا ۲۵۵ (بسته به کاربرد دستگاه‌های مبنای ۲، شش یا هشت) طبقه بندی شده و آنگاه هر یک از این ارزش‌های عددی به وسیله رنگی که نماینده ارزش آن باشد نمایش داده می‌شود. در تصاویر سیاه - سفید ماهواره‌ای نمایش مزبور بر حسب درجه (مقیاس) تیرگی<sup>۲۰</sup> انجام می‌گیرد. مقیاس تیرگی درجه بندی رنگ‌های بین سفید تا سیاه می‌باشد در این درجه بندی هر چه مقدار انرژی بازتابی عنصر - عکس بیشتر بوده باشد به رنگ سفیدتر و هر چه مقدار آن کمتر باشد به رنگ تیره‌تر (خاکستری تا سیاه) نمایش داده می‌شود. طریق دیگر نمایش ارزش عددی عناصر - عکس‌های فضایی، دادن کدهای رنگی به آنها می‌باشد. بر حسب ترتیب رنگ‌های آی. جی. او. آر. یا آیگور، ۲۸۴ کد رنگی یا سایه - رنگ از ترکیب رنگ‌های مختلف به دست آمده است. روشن است که تشخیص سایه - رنگ‌های مزبور برای چشم غیر مسلح انسان بسیار آسانتر از تشخیص درجات تیرگی می‌باشد.

پیش از این اشاره گردید که مقدار انرژی بازتابی متناسب با خواص فیزیکی و شیمیایی اجسام و پدیده‌ها می‌باشد. همین تفاوت‌های فیزیکی یا شیمیایی اجسام یا پدیده‌های مختلف روی زمین است که بر مفسرین داده‌های فضایی ماهواره‌ها توانایی تجزیه، تحلیل و طبقه بندی پوشش‌های روی زمین را فراهم می‌آورد. انرژی بازتابی پدیده‌ها برابر ساختمان فیزیکی و شیمیایی آنها متغیر بوده و متناسب با شدت انرژی تابشی خورشید در طول موج‌های مختلف انتشار می‌یابد.

در ماهواره‌های لندست، ۷ کانال یا موج (بجز ماهواره لندست ۳ که در آن کانال هشتم نیز برای سنجش رطوبت مناطق بررسی شده کار گذاشته شده بود لیکن بعد از مدتی از کار کردن باز ایستاد) تعبیه شده است که کانال‌های ۱ تا ۳ برای تهیه تصاویر تلویزیونی<sup>۲۱</sup> و کانال‌های ۴ الی ۷ برای سنجنده‌های الکترومنیه تیک چند طیفی اختصاص داده شده است. اختصاصات و کارآیی هر یک از امواج ۴ الی ۷ به شرح زیر خلاصه می‌گردد:

الف - کانال ۴ یا موج سبز : در طول موج‌های از ۰/۵ تا ۰/۶ میکرون<sup>۲۲</sup> مفید برای شناسایی آب‌های گل‌آلود و تعیین حدود آب‌های کم عمق مانند تپه‌های زبردریایی و صخره‌ها و ...

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

ج - کانال ۶ یا موج اول مادون قرمز نزدیک : در طول موج‌های از ۰/۷ تا ۰/۸ میکرون برای شناسایی و تفکیک گیاهان، نباتات، حدود و مرز آب‌ها و سرزمین‌های مختلف و اشکال زمین .

د - کانال ۷ یا موج دوم مادون قرمز نزدیک : در طول موج‌های از ۰/۸ تا ۱/۱ میکرون که بهترین وسیله جهت شناسایی مه در آتمسفر و نیز تشخیص نباتات و حدود مرزهای بین آب‌ها و سرزمین‌ها و اشکال زمین<sup>۲۳</sup> .

برای کمک به تفهیم مطلب، درصد انرژی بازتابی تعدادی از اجسام مختلف در طول موج‌های متفاوت در جدول شماره ۲ درج گردیده است .

جدول شماره ۲ - بازتاب بعضی از مواد معدنی و گیاهان صحرائی (۱۴)

درصد انرژی بازتابی در طول موج‌های طیف الکترومغناطی	بر حسب میکرون		شرح اجسام
	۰/۵۱-۰/۵۹	۰/۴۳-۰/۴۹	
۳۰/۳	۱۸/۳	۱۱	گارنت (نارستنگ)
۳۶/۵	۳۴/۰۷	۱۸/۶	اپیدوت
۱۳/۶	۱۱/۷	۸/۵	علفزار با خاک*
۷/۴	۷/۴	۷/۴	باویت
۱۹	۱۵/۸	۱۲/۴	علفزار با خاک**
۱۲/۴	۱۰	۷	چمنزار مقاوم به نمک
۹۳/۵	۹۳	۹۲/۹	کوارتز Quartz

\* 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 زاویه تابش نور خورشید، طول موج انرژی بازتابی از جسم و زاویه دید (در اینجا موقعیت ماهواره نسبت به پوشش ویژه) از جمله پارامترهای مهمی هستند که در مقدار نور بازتابی از اجسام و پدیده‌های مختلف (پوشش‌های) روی زمین مؤثر خواهند بود. مطالعاتی که به وسیله کولسون<sup>۲۴</sup> و همکارانش در این رابطه انجام گرفته نشان می‌دهد که شدت و درجه قطبش<sup>۲۵</sup> نور بازتابی بر روی عوامل یاد شده در بالا کنترل قطعی و مؤثر دارند. به طور مثال چنانچه در جدول شماره ۲ ملاحظه می‌شود، در بین مواد معدنی، کوارتز، عنصری که رنگ بسیار روشن دارد به طور متوسط ۹۳ درصد انرژی تابشی را منعکس می‌کند، در حالی 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 محدوده مرئی طیف الکترومنیه تیک می‌باشد. مواد معدنی مندرج در جدول مزبور که تفاوت‌های فاحشی را در رابطه با درصد نور بازتابی آنها در طول موج‌های مختلف طیف الکترومنیه تیک نشان می‌دهند، تنها به عنوان نمونه و برای کمک به تفهیم 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 استفاده کنندگان از ارقام ماهواره‌ای - قبل از تجزیه و تحلیل آنها - می‌باید از عدم تغییر صوری هدف‌ها بمانند فنولوژی گیاهی، رطوبت خاک و گل آلودی آب‌ها (که طی زمان‌های کوتاه امکان دارد تغییراتی پیدا نمایند) اطمینان حاصل کرده باشند (۱۵).

برابر تحقیقاتی که در رابطه با بررسی‌ها و ممیزی‌های گیاهی به وسیله استانلی<sup>۲۶</sup> (۱۶)

انجام پذیرفته، در حال حاضر به وسیله داده‌های ماهواره‌ای می‌توان سه‌نوع اطلاعات مهم را بدست آورد: ۱) تغییراتی که در رنگ نسوج گیاهان به عمل می‌آید و به وسیله کانال‌های ۴ تا ۷ ماهواره قابل تفکیک و شناسایی است، ۲) تفاوت‌های ساختمانی بافت‌های یاخته‌ای و سبز درون برگی اسفنجی گیاهان که به‌طور غیرمستقیم در طول موج‌های مادون قرمز نزدیک یعنی از  $0.8$  تا  $1.2$  میکرون قابل مطالعه و بررسی می‌باشند، و ۳) علایم کم آبی سبزیجات و نباتات که در طول موج مادون قرمز دور یعنی از  $1.6$  تا  $2.6$  میکرون قابل مطالعه خواهند بود.

یکی از مهمترین مسائلی که در مقادیر نور تابشی و بازتابی مؤثر بوده و در نتیجه مشکلاتی برای مفسرین عکس‌ها و داده‌های ماهواره‌ای فراهم می‌آورد، تأثیرات عناصر آتمسفری بر نور تابشی است. اثرات مزبور بر دو گونه ثابت و متغیر طبقه‌بندی شده‌اند. اثرات دایمی یا ثابت که به دلیل جذب انرژی توسط مولکول‌های ذرات آتمسفر اتفاق می‌افتد و اثرات متغیر که غالباً به وسیله اوضاع جوی محلی به وجود می‌آیند. روشن است که طبقات پایین آتمسفر بسیار متراکم‌تر از لایه‌های بالای آن می‌باشد، لذا زاویه تابشی خورشید هرچه بیشتر مایل بوده باشد به همان اندازه بیشتر تحت تأثیرات عناصر جوی قرار خواهد گرفت، چرا که انرژی تابشی نوری می‌باید از لایه‌های قسمت متراکم‌تر جو عبور نموده و نتیجتاً با درجه رفعت بیشتری به سطح زمین برسد. از طرف دیگر وقتی زاویه تابشی خورشید حالت نزدیک به زاویه قائم داشته باشد، در مقایسه با حالت قبل قسمت بیشتری از اشعه تابشی آن به سطح زمین خواهد رسید. چون مقدار انرژی بازتابی با انرژی تابشی رابطه مستقیم دارد، می‌توان گفت که اوضاع جوی یا آتمسفری در کیفیت داده‌های ماهواره‌ای تا چه حد مؤثر خواهند بود. به همین علت است که تبحر و تجارب استفاده‌کنندگان از داده‌های ماهواره‌های لندست از چه اهمیت ویژه‌ای در تجزیه و تحلیل تصاویر دیجیتال ماهواره‌ای برخوردار می‌باشد (۱۷).

آنچه گفته شد خلاصه‌ای از نحوه کارکرد و شرح اجمالی اختصاصات و



تصاویر ماهواره های لندست بود که برای آشنایی با موارد استفاده از داده های ماهواره ای لازم به نظر می رسید . در زیر سعی بر این خواهد بود که اختصاصات و گونه های کاربردی ماهواره های لندست مورد بررسی قرار گیرند .

### کاربرد داده های ماهواره های لندست

با این که استفاده از تکنیک های پیچیده کامپیوتری به وجود افراد ماهر، وسایل لازم و آمار دقیق از داده های ماهواره ای در طیف الکترومنیته تیک بستگی دارد ، با این همه حتی بدون عملی ساختن کامل موارد فوق الذکر، منافع تفسیر اتوماتیک (کامپیوتری) تصاویر دیجیتال ماهواره ای آن چنان معلوم و حاوی اطلاعات دقیق و باارزشی از وضع پوشش های روی زمین است که به هیچ وجه دیگر امکان دستیابی به آنها وجود ندارد . تصاویر ماهواره ای که با تکنیک های عکاسی بزرگ شده باشند، تقریباً ۹۰ درصد ارزش نقشه های معمولی را ارائه خواهند نمود، در صورتی که هزینه آنها حدود یک صدم (۰/۰۱) هزینه تهیه نقشه های معمولی می باشد . کیفیت این تصاویر برای نواحی بایر کوهستانی درست همانند نقشه های عادی ولی با مقیاس کوچکتر بر آورد گردیده است . هزینه های نازل این تکنیک باعث گردیده که حتی شرکت های بزرگ نفتی در حفاری های خود نقشه های تهیه شده از تصاویر ماهواره ای را مورد استفاده قرار دهند . مثلاً در منطقه نامساعد سرچشمه های رودخانه آمازون واقع در امریکای جنوبی ، کمپانی های نفتی برای کوتاه کردن زمان لازم برای اکتشافات نفتی خود از این روش استفاده می کنند (۱۸) . گرچه مورلی<sup>۲۷</sup> از مرکز سنجش از دور کانادا عقیده دارد که نقشه های ماهواره ای تنها بعد از وسایل حفاری و عکس های هوایی می توانند نقش سوم را در اکتشافات و حفاری های نفتی بر عهده گیرند و همواره دریل حفاری بهترین وسیله کشف معادن زیرزمینی بوده است (۱۹) ، باید اذعان نمود که موضوع صرفه جویی در وقت و هزینه ها عامل عمده در انتخاب تصاویر دیجیتال یا داده های ماهواره ای برای انجام عمل حفاری ها می باشد . بدیهی

است در انتخاب محل‌های حفاری از ارتباط موجود بین رسوبات تبخیری و نفت استفاده می‌شود چرا که کاربرد ویژه فن سنجش از دور، برابر اختصاصات داده‌های آن - چنانچه قبلاً شرح داده شد - ممیزی منابع طبیعی و پوشش‌های روی زمین است و نه زیرزمین. در زیر به کاربرد داده‌های سنجش از دور در بررسی‌ها و ممیزی‌های مختلف روی زمین که به گونه‌ای باشاخه‌های علم جغرافیا در رابطه‌اند به‌طور خلاصه و بسیار موجز اشاره می‌گردد، باشد که در آینده و در فرصت‌های مناسب مشروح تحقیقات انجام شده در رابطه با تک‌تک آنها - به‌عنوان راهگشای فعالیت علاقمندان در زمینه سنجش از دور در کشور عزیزمان - مورد بررسی قرار گیرند. با توجه به عمده‌ترین تعاریف علم جغرافیا (بررسی و نتیجه‌گیری از روابط انسان با محیط به‌منظور تدوین رهنمودهای لازم برای زندگی بهتر) و با توجه به این که جغرافیا بین علوم تجربی محض و علوم انسانی به‌عنوان رابط، سعی در خدمت انسان‌ها دارد، با سایر علوم که به‌نحوی با زمین سروکار دارند روابط متقابل پیدا نموده است. از طرف دیگر با توجه به این که علم و فن سنجش از دور به ممیزی آنچه در روی کره زمین قرار گرفته می‌پردازد باعث گردیده که جغرافیا به نحو احسن و شاید بیش از تک‌تک دیگر علوم از امتیازات این فن بتواند بهره‌گیری نماید.

مطالعه ریت‌ها و دینامیک‌های محیط طبیعی یکی از موارد بسیار شناخته شده در بررسی‌های سنجش از دور است. در این رابطه قابل‌اعتمادترین و شایسته‌ترین تکنیک مطالعه يك ناحیه عبارتست از مطالعه تصاویر متناوب آن ناحیه که به‌وسیله يك سیستم ماهواره‌ای تهیه شده باشند، چرا که چنین تصاویری به دلیل تکراری بودن آنها، وسیله مقایسه‌ای و تطبیقی قابل‌اعتمادی را فراهم می‌آورد. با این حال با توجه به زمان کوتاه تهیه تصاویر ماهواره‌ای در مقام مقایسه با پروسه‌های طولی‌المدت تغییرات محیط طبیعی، دگرگونی‌های طبیعی را گاه می‌توان تنها از طریق آنالیز فقط يك تصویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار داد. تواتر تقریبی سنجش ماهواره‌ای برای مطالعه تغییرات پدیده‌های مختلف طبیعی مطابق تحقیقات وبر آورده‌های دانشمندان

جدول شماره ۳ - تواتر تقریبی لازم برای سنجش ماهواره‌ای  
در مطالعه تغییرات پدیده‌های محیط طبیعی (۲۰)

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

\* فنولوژی (Phenology) را می‌توان بررسی تناوب پدیده‌های زنده در رابطه

با آب هوا تعریف نمود.

شوروی به ترتیب جدول شماره ۳ خواهد بود .

موزوروا<sup>۲۱</sup> (۲۱) طی تحقیقاتی که در رابطه با تفسیر عکس های فضایی تهیه شده توسط ماهواره زمینی متثور - ۲۵ به عمل آورده ، روشن ساخته است که عکس های فضایی تهیه شده در طبیف مرئی و مادون قرمز نزدیک ماهواره ها قادرند وسعت عمل اثرات گسل رشته کوه های اصلی اورال و تیمن آنرا در تراکم و شکل گیری ابرهای منطقه اورال شناسایی نمایند . در نتیجه مطالعات خود، موزوروا توانسته است ضخامت لایه های جوی آشفته و منحرف شده منطقه اورال را در روی حوزه گسل حدود ۶ کیلومتر و در رأس رشته کوه های اورال حدود ۴ کیلومتر بر آورد نماید. در رابطه با کاربرد سنجش از دور در کیفیت عناصر آتمسفریک بجا خواهد بود از مطالعاتی که از طریق داده های ماهواره ای در مورد کیفیت گاز ازن<sup>۲۲</sup> در جو انجام گرفته و می گیرد ذکری به میان آید . گاز ازن ( $O_3$ ) از ترکیب و تلاقی یک اتم اکسیژن ( $O$ ) با یک مولکول اکسیژن ( $O_2$ ) و به کمک عنصر نیتروژن ( $N$ ) به عنوان کاتالیزر به وجود می آید. لازم به تذکر است که این فعل و انفعالات شیمیایی در طبقات بالای استراتسفر به کمک جذب انرژی خورشیدی در طول موج های بسیار کوتاه ( $\leq 240$  / میکرون) رخ می دهد (۲۲) .

لمب<sup>۲۳</sup> دانشمند کلیماتولوژیست انگلیسی نظر می دهد که تمام انرژی خورشیدی در طول موج های کمتر از  $290$  / میکرون صرف ترکیب شیمیایی و به وجود آمدن ( $O_3$ ) می گردد (۲۳). لایه ازن بمانند چتری آن قسمت از انرژی خورشیدی را که در طول موج های بسیار کوتاه ماوراء بنفش (کمتر از  $290$  / میکرون) تشعشع پیدا می کند ، در خود جذب و بدین وسیله از رسوخ آن به طبقات پایین تر جلوگیری کرده، سلامت بشر را در رابطه با این قسمت از تابش خورشیدی تضمین می نماید. لیکن تولید و انتشار اسید نیترو - یکی از فرآورده های نامطلوب سوخت های فسیلی - توسط موتور هواپیماها در طبقات پایین جو، طی فعل و انفعالات شیمیایی در آتمسفر باعث تجزیه ازن گردیده و از تکاثف آن می کاهد. علاوه بر این، 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 این گونه عناصر (محلل ازن) در فضای استراتسفر مصرف محصولات دارای اروسول<sup>۳۳</sup> و کار کرد تولیدات صنعتی خنک کننده از قبیل کولر می باشد که باعث انتشار فلورو کربن‌ها در فضا گردیده و به نوبه خود با ورود به جو (استراتسفر) به تجزیه گاز ازن پرداخته و باعث از هم پاشیدن چتر محافظ ازن می‌گردد. در نتیجه این فعل و انفعالات شیمیایی اشعه‌های خطرناک انرژی خورشیدی منتشره در طول موج‌های ماوراء بنفش به سطح 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 در اثر رقت لایه ازن بر آورد کرده‌اند. زیر نظر گرفتن مداوم کیفیت و کمیت لایه گاز ازن، درجه تکثف و تراکم آن در فضای استراتسفر و طبقات پایین آن از جمله مواردی است که ماهواره‌های فضایی - با سیستم جمع آوری اطلاعات فضایی خودشان می‌توانند در رابطه با بهبود محیط زیست انجام داده و به متخصصین امر یاری نمایند (۲۴).

علاوه بر کاربرد داده‌های ماهواره‌های لندست در اوضاع نیواری، ماهواره‌های ویژه هواشناسی نیز به نوبه خود در این رابطه به فضا پرتاب گردیده‌اند. اولین آنها به نام ماهواره تلویزیونی و مطالعاتی مادون قرمز یا تیروس<sup>۳۴</sup> که در آوریل سال ۱۹۶۰ به فضا پرتاب شد و بعداً با تکمیل تقایص فنی به نام سری ماهواره‌های نیمبوس<sup>۳۵</sup> یا ابر ادامه یافت. و بالاخره ماهواره‌های فرستنده تصاویر اتوماتیک<sup>۳۶</sup> در مدار زمین قرار داده شده‌اند که برخلاف ماهواره‌های لندست، گردش آنها همزمان با خورشید نبوده، بلکه همزمان با زمین<sup>۳۷</sup> می‌باشد. این ماهواره‌ها در نقطه ثابتی در فضا در روی خط استوا قرار گرفته و با زمین به گردش خود ادامه می‌دهند. ماهواره‌های فرستنده 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 .

بعد از این بحث اجمالی درباره نحوه کاربرد داده‌های ماهواره‌ای لندست و دیگر ماهواره‌ها در پدیده‌های اتمسفری، بهتر است به بررسی کاربرد آن ماهواره‌ها در دریاها نیز اشاره کنیم. اخیراً روش‌های استفاده از داده‌های ماهواره‌های لندست و آمار جمع آوری شده مستقیم به وسیله کشتی‌های مطالعاتی در رابطه با اندازه‌گیری‌های حرارت سطح دریاها، با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. نتیجه این بررسی‌ها نشان داد که به وسیله کاربرد «خط برگشت آماری»<sup>۲۸</sup> می‌توان این دو را به هم ارتباط داد (باتقریب خطای ۵/۰ درجه سانتی گراد). مقایسه آماری ارقام جمع آوری شده در طول مسیر کشتی با داده‌های ماهواره‌های لندست نشان داد که مشابهاً زیادی در هر دو مجموعه وجود دارند (۲۶).

هریک از موارد ۱۲ گانه یادشده در جدول شماره ۳ می‌تواند به‌طور گسترده‌تر مورد بحث قرار گیرد. مثلاً با بررسی داده‌های ماهواره‌ای در رابطه با موارد ۳ و ۴ یاد شده در جدول مزبور برنامه‌ریزی‌های منظم در جهت بهبود وضع محیط زیست می‌تواند جامعه عمل پوشد، به شرح زیر:

الف - مطالعه و بررسی مناطق کوهستانی برف‌گیر و محاسبه 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 حوضه آبریز دریاچه تاهوان<sup>۲۹</sup> به عمل آمد و در مقایسه آن با تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای سال‌های قبل همان ناحیه (در سال ۱۹۷۵) معلوم گردید که مقدار آب نسبت به سال‌های معمولی فوق‌العاده ناچیز خواهد بود و به همین مناسبت با همکاری‌های صاحبان امور ناحیه پیش‌بینی‌های لازم جهت صرفه‌جویی در مصرف آب به عمل آمد و برنامه‌ریزی‌های لازم در جهت مقابله با کمبود آب در آن سال تدوین و به مرحله اجرا گذاشته شد (۲۷).

به دلیل تکراری بودن پوشش‌های ماهواره‌های لندست، متخصصین امر

توانسته اند نسبت به تجزیه و تحلیل مقدار برف سالانه حوضه های آبریز کوهستان ها اقدام نموده ، با زیر نظر گرفتن روند ذوب برف اطلاعات ذیقیمتی را در اختیار برنامه ریزان کشاورزی ، شهری ، و محافظین سدها قرار دهند . بدین وسیله خطر آتی که ممکن است کم آبی و یا طغیان رودخانه ها در جوامع بشری آن مناطق به وجود آورد ، برآورد شده و به نحو مقتضی نسبت به رفع آنها اقدام گردد . شکل ۲ که به عنوان نمونه انتخاب شده است مجموعه تصاویر ماهواره ای شامل چهار منظره از مقدار پوشش برف ناحیه کوهستان های ویند ریور<sup>۴۰</sup> واقع در ایالت وایومینگ در روزهای ۱۵ آوریل (الف) ، ۲۱ مه (ب) ، ۸ ژوئن (ج) و ۶ اوت (د) می باشد .

برابر شرحی که در قسمت اول این مقاله آمد ، بدیهی است که پوشش های دیگری نیز در فواصل فیما بین این تصاویر فضایی ، توسط ماهواره ها تهیه شده اند . با تجزیه و تحلیل این گونه تصاویر دیجیتال تغییرات پوشش برف کوهستان و در نتیجه مقدار و روند ذوب آن برای متخصصین امور روشن می گردد<sup>۴۱</sup> . روشن است که اندازه گیری های برف و ممیزی های زمینی در چنان کوهستان های وسیع و صعب العبور با وسایل عادی و معمولی تا چه حد می تواند نارسا ، ناکامل و حتی امکان ناپذیر باشد .

شکل ۳ به عنوان نمونه از ممیزی طغیان رودخانه ها توسط ماهواره های لندست به نظر می رسد . در بهار ( ماه مارس ) سال ۱۹۷۳ رودخانه می سی سی پی طغیان نمود و هزاران هکتار سرزمین های نواحی اطراف خود را زیر آب گرفت . جریان عادی رودخانه در سمت چپ عکس دیده می شود و قسمت سمت راست همان عکس ، تصویر ماهواره ای از همان رودخانه را در روزهای طغیانی آن نشان می دهد . مساحت زمین های زیر آب رفته در طول این رودخانه با تجزیه و تحلیل داده های ماهواره ای برآورد گردید<sup>۴۲</sup> . روشن است که چنان تصاویر دیجیتال نه تنها برای برآورد خسارات وارده و قسمت های آب گرفته می توانند مفید فایده باشند ، بلکه برای برنامه ریزی های بعدی در جهت پیش گیری های لازم از خسارت های احتمالی در آینده نیز بسیار سودمند خواهند بود . مطالعاتی که در رابطه با طغیان ۱۲۰۰ میل

در طول کرانه‌های رودخانه می‌سی‌سی‌پی و شعبات 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 این‌گونه مطالعات مرهون داده‌های ماهواره‌ای همراه با امکان بررسی مقایسه‌ای آنها به دلیل وجود پوشش‌های مکرر فضایی از ناحیه مزبور بوده است. در سال ۱۹۷۵ می‌سی‌سی‌پی پایین واقع در ایالت لوئیزیانای آمریکا دوباره طغیان نمود. مدیریت برنامه‌ریزی استان طی مطالعات خود که با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای انجام گرفت، زمین‌های زیر آب رفته را به شرح زیر برآورد نمود<sup>۴۳</sup>:

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 - ثبت و تهیه نقشه‌های مربوط به تعیین آب در مخازن آب‌های سطحی مانند سدها، دریاچه‌های فصلی و غیره در زمان‌های مختلف،

ج - به‌دست آوردن اطلاعات لازم در رابطه با خصوصیات سفره‌های آبی، منابع و ماهیت رسوبات آبرفتی،

د - مطالعات مربوط در رابطه با نحوه وقوع سیلاب‌ها و برآورد وسعت مناطق سیل‌زده،

ه - تهیه نقشه‌های هیدرولوژی و تعیین رژیم هیدرولوژیک حوضه‌های آبریز در جهت برنامه‌ریزی‌های صحیح در مدیریت منابع آب،

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



ز - بررسی آب های گل آلود به منظور شناسایی محل زندگی و تمرکز میگو و ماهی در فصول مختلف ،

ح - شناسایی رسوبات معلق رودخانه های پر آب و بررسی توسعه دلتای آنها در رابطه با برنامه ریزی های محلی ،

ط - بررسی تغییرات ساحلی دریا و اقیانوس ها، جریانات دریایی، جزر مدها و دیگر پدیده های دریایی به منظور برنامه ریزی های ساحلی و عملیات کشتی رانی،

ی - شناخت تالاب های ساحلی<sup>۴۴</sup> در زمینه بررسی های گسترش تخم ریزی ماهی ها و امکان ایجاد شکار گاه ها و تفریح گاه های عمومی و برنامه ریزی های اجتماعی در رابطه با جغرافیای اوقات فراغت (۲۸) .

صورت ریز اجمالی دیگر کاربردهای سنجش از دور در محیط زیست :  
در جلسات سمینار مشورتی منابع و محیط زیست ایالات متحده در سال ۱۹۷۵ نتیجه گیری شد که سنجش از دور می تواند در بسیاری از مفاهیم محیط زیست و در جهت بهبود وضع زندگی مردمان نواحی مختلف روی زمین نقش عمده ای را به عهده گیرد . مثال هایی که در زیر نام برده می شوند، عناوین یا زمینه پروژه هایی هستند که با استفاده از داده های ماهواره ای در رابطه با بهبود محیط زیست انجام پذیرفته اند :

الف - آمایش و برنامه ریزی سرزمین . مثال : گرین سوامپ<sup>۴۵</sup> در ایالت فلوریدای آمریکا .

ب - دستاورد زمین های جدید از طریق پر کردن باتلاق ها . مثال : بنگلادش .

ج - تشخیص و شناسایی ریخت و پاش نفت در دریاها و تمام آب های ساحلی .

د - تهیه نقشه طغیان و امداد رسانی . مثال : رودخانه می سی سی پی (آمریکا)، رودخانه های ایندوس و چناب (پاکستان) .

ه - شناسایی و تفکیک زمین های شهری از زمین های کشاورزی . مثال : فونیکس<sup>۴۶</sup> در ایالت آریزونا ی آمریکا .

و - تهیه مدل‌های اکولوژیکی و مدیریت آب . مثال : اورگلیدز<sup>۴۷</sup> در ایالت فلوریدا .

ز - خطرات مربوط به زمین شناسی ، مثال : شناسایی گسل‌ها در کالیفرنیا<sup>۴۸</sup> .

### تصاویر دیجیتال ماهواره‌ای و ممیزی‌های مختلف منابع زمینی

یکی از موارد بسیار بارز استفاده از تصاویر دیجیتال ماهواره‌ای ، بررسی و مطالعه آنها در رابطه با ضرر و زیان یا خسارات وارده به پدیده‌های کشاورزی می‌باشد . به عنوان مثال ، دو تصویر دیجیتال رنگی ماهواره‌ای لندست تنها به فاصله ۱۸ روز از یکدیگر از مزارع قهوه برزیل تهیه شده ( اولی به تاریخ ۱۳ و دومی به تاریخ ۳۱ ژوئیه ۱۹۷۵ ) ، هر یک ناحیه‌ای به وسعت ۱۳۲۲۵ میل مربع از مزارع قهوه برزیل را زیر پوشش قرار داده بودند . به دنبال وقوع یک سرمای ناگهانی و عبور جبهه هوای بسیار سرد ، این دو تصویر که یکی قبل و دیگری بعد از وقوع سرمایزدگی درختان قهوه تهیه شده بودند به کمک کامپیوتر تجزیه و تحلیل و مورد مقایسه قرار گرفته و خساراتی را که سرما بر هزاران درخت قهوه وارد آورده بود برآورد شد . بدیهی است برآورد خسارت برای منطقه‌ای به وسعت فوق‌الذکر و با در نظر گرفتن مدت کار بررسی و هزینه مربوطه اگر از طریق ممیزی‌های معمول مورد اقدام قرار می‌گرفت با چه مشکلات فراوانی که مواجه نمی‌گردید<sup>۴۹</sup> .

برای طبقه‌بندی کشت‌های متنوع و شناسایی آنها و نیز در جهت زیر نظر گرفتن درجه رشد و احیاناً تشخیص علایم امراض نباتی ، مفسرین تصاویر دیجیتال ماهواره‌ای لندست کمک‌های بیمانندی در اختیار متخصصین کشاورزی قرار می‌دهند . شکل ۴ حاصل طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای محصولات کشاورزی زیر کشت بخش هولت کانتی<sup>۵۰</sup> را در ایالت نبراسکا نشان می‌دهد . وقتی نتایج این طبقه‌بندی با ممیزی‌های مستقیم و عملیات روی زمین ناحیه مزبور مورد مقایسه قرار گرفت ، صحت تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی مزبور که به کمک کامپیوتر انجام گرفته بود بین ۷۰ تا ۹۰

درصد متغیر بود. لیکن وقتی نتایج این طبقه‌بندی با تصاویر پوشش‌های متعدد (بعدی) ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفت، درصد درستی عمل طبقه‌بندی به بیش از ۹۰ درصد افزایش یافت. در تصویری که از نظر گذشت، کدهای رنگی به شرح زیر به کار گرفته شده است<sup>۵۱</sup>:

مفهوم کد رنگی	کد رنگی
انواع ذرت برای تغذیه حیوانی	قرمز
ذرت غذایی	زرد
مزارع آفتاب گردان	زرد تیره (سیر)
یونجه و علفزار	سبز روشن (مات)
چمنزار	سبز تیره (سیر)
نوعی گیاهان بلند که بعضی از گونه‌های آن ارزش غذایی دارد	آبی
یونجه‌زار	سبز بسیار تند

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<sup>۵۲</sup> در کوستاریکا و گسترش آن در سال‌های ۱۹۴۵، ۱۹۶۵، ۱۹۷۸ با استفاده از عکس‌های هوایی انجام گرفت. بعد از پرتاب ماهواره‌های لندست در دهه ۱۹۷۰

و به وجود آمدن تصاویر دیجیتال، همزمان با بررسی عکس‌های هوایی، تصاویر دیجیتال ماهواره‌های لندست نیز برای پیشبرد این منظور به کار گرفته شده و گسترش شهر مزبور به کمک کامپیوتر نیز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج به دست آمده بسیار رضایتبخش بود. روشن است که در بررسی‌های بعدی، با توجه به پایین بودن هزینه اطلاعات و داده‌های هوایی ماهواره‌ای، تصاویر فضایی اندازه‌گیری‌های سیستماتیک گسترش 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 نقشه شهرها اقدام کرده‌اند. تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای صاحبان امور را قادر می‌سازد تا زمین‌های شهری را برحسب موارد استفاده‌هایی که از آنها به عمل می‌آید، طبقه‌بندی کرده و نقشه آمایش سرزمین‌های شهری را آماده نمایند. شکل ۵ نمونه‌ای از این قبیل فعالیت‌ها را نشان می‌دهد که در آن، زمین‌های شهری برحسب نوع استفاده به ۸ نوع طبقه‌بندی شده‌اند. نقشه مزبور با استفاده از داده‌های ماهواره‌های لندست اول تهیه گردیده و ناحیه متروپولیتن مینیاپولیس - سن پل<sup>۵۳</sup> واقع در ایالت مینه‌سوتا را نشان می‌دهد<sup>۵۴</sup>. کدهای رنگی و مفاهیم آنها به شرحی که در نقشه تصویری (شکل ۵) به کار گرفته شده عبارتند از:

مفهوم کد رنگی	کد رنگی
ناحیه مرکزی شهر	صورتی متمایل به بنفش
ناحیه همجوار مرکز شهر شامل مراکز صنعتی ، تجاری و فرهنگی	صورتی روشن
نواحی مسکونی : منازل تک خانواری دارای فضای سبز و درخت	قرمز (مات)
نواحی مسکونی : منازل تک خانواری کم تراکم تا متراکم	زرد
آب	آبی
محل‌های استخراج معادن ( سنگ معدن ، شن و ماسه )	بنفش
فعال و غیرفعال و یا زمین‌های پر شده مناطق جنگلی : غالباً جنگل - علفزار و یا درختان زمین‌های باتلاقی	سبز
زمین‌های زیرکشت ، چمنزار (مراتع) و مرداب‌ها	سبز روشن
اتوبان‌ها	خط تیره درشت
شاهراه‌های اصلی	خط تیره ظریف
محدوده بخش‌ها	خط بریده - بریده

علاوه بر این، مطالعات مربوط به داده‌های سنجش از دور به دست اندرکاران 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.

در خاتمه ذکر این نکته را لازم می‌دانند که از جمله عوامل مهم در بررسی‌های مربوط به داده‌های دیجیتال ماهواره‌ای در کلیه موارد، استفاده همزمان از داده‌های ماهواره‌های لندست، عکس‌های هوایی و ارقام آمارگیری‌های نمونه و مستقیم در روی زمین می‌باشد، و تنها با این روش است که به نتایج قابل اطمینان و درست‌تری در شناسایی، تشخیص و در نتیجه به طبقه‌بندی صحیح پدیده‌های مختلف پوشش‌های روی زمین دست خواهیم یافت.

## یادداشت‌ها

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

2. National Aeronautics and Space Administration (NASA)

3. Earth Resources Technology Satellite (ERTS)

4. Godard Space Flight Center

5. Greenbelt

6. Earth Resources Observation Systems (EROS)

7. Suix Falls

۸- دقت تفکیک یا resolution تصاویر ماهواره‌های لندست  $79 \times 79$  متر بوده و شکل هندسی آنها به علت مدار گردش نزدیک به قطبی ماهواره‌ها و نیز حرکت زمین زیر پوشش، مربع شبیه به لوزی می‌باشد.

۹- « عنصر - عکس » یا pixel شکل خلاصه شده دو کلمه picture (عکس) و element (عنصر و عامل) است.

10. sun - synchrnous

11. Multi Spectral Scanner (MSS)

۱۲- نظر به هدف این مقاله، از بحث در جزئیات ونحوه انجام سنجش اطلاعات سنجنده‌های MSS در اینجا خودداری می‌شود. علاقمندان می‌توانند به منابع یاد شده در آخر مقاله و یا به نگارنده مراجعه فرمایند.

۱۳- در مسیر گردش مداری فعال، ماهواره به کسب و سنجش انرژی بازتابی از اجسام مختلف روی زمین می‌پردازد، در حالی که در گردش مداری غیرفعال به دلیل این که از روی نیمکره تاریک زمین عبور می‌کند، قادر به انجام این عمل نبوده و سنجنده‌های آن در کانال‌های مختلف خاموش می‌باشند.

۱۴- مطابق نظریه اسحق نیوتون که از نقطه نظر تئوری به اثبات رسیده است ، بیضی شکل بودن زمین در نتیجه تأثیرات قوانین حرکت و قانون قوه جاذبه حاکم بر کرات گردنده به دور خود به وجود آمده است . جهت اطلاع بیشتر به شماره ۱۱ لیست مآخذ و منابع مراجعه فرمایید .

۱۵- NASA ، پیشین .

۱۶- همانجا .

۱۷- همانجا .

#### 18. scan. line

۱۹- علاقه‌مندان به شماره ۲۲ در فهرست مآخذ و منابع مراجعه بفرمایند .

#### 20. Gray Scale

#### 21. Return Beam Vidicon (RBV)

۲۳- میکرون (MICRON) برابری میلی‌متر است که اخیراً بیشتر به نام میکرومتر

(Um) نامیده می‌شود .

۲۳- Watkins ، ۱۹۷۸ ، پیشین .

#### 24. Coufson

#### 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



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

۶۱ - NASA ، Sp 360 ، ۱۹۷۶ ، پیشین .

52. San Jose

53. Minnea Polis - St. Paul

۵۲ - NASA ، Sp 360 ، ۱۹۷۶ ، پیشین .

## منابع و مأخذ

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.
- ۷- نشریه مرکز سنجش از دور ایران ، « کاربرد سنجش از دور در کارتوگرافی 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 Airways Experiment Station, Miscellaneous Paper, M-76-9 ,

13. 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 Photogrammetry, Falls Church, Va. 1975, PP. 75 - 179.

Dona, Robert W.; "Solar and Atmospheric Effects on Imagery Derived From Aircraft Reflectance Measurements" Proceedings of the tenth International symposium on Remote Sensing of environment, Vol. 2, Oct. 1975, PP. 682 - 694.

Janley, Morain A. ; "Interpretation and Mapping of Remote Sensing Data" in : Remote sensing : Techniques for environmental monitoring , Hamilton Publishing Company, Santa Barbara, Ca. 1975, PP. 127 - 165.

Johnson, John A. ; "Communications for Imaging and Remote Sensing" in : Manual of Remote sensing , Robert G-Reeves ed . , American Society of Photogrammetry, Falls Church, Va. 1975,

14. Johnson, Walter; "The Presentation of Information" in: Remote Sensing for Development, Jan. J. Nossin ed., Elsevier Publisher, Amsterdam, 1975, PP. 101 - 110.

15. Johnson, L.W. ; "Remote Sensing as a Source of Data for Development" in : Surveys for Development, J. J. Nossin ed . , Elsevier, Amsterdam, 1975, PP. 71 - 84.

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

21. Mozorova L.I.; "Appearance of the Main Urnl 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 and Futur  
Methuen and Company, London.

24. Hidalgo H., and Musa S. ; "The Role of Rand  
in Habitat" in: Habitat Vol. II, 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 Temper  
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,

«محمود؛ خلاصه‌ای از تکنولوژی و کاربرد فن منجش از دور، بویژه  
در بررسی و تشخیص منابع طبیعی». «بوشهر اطلاعاتی چاپ نهمه  
ایران، ۱۳۵۲».

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