

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک

سمینار کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن

کاربرد تکنولوژی سنجش از دور در اکتشاف ذخایر هیدروکربوری

محقق:

آزاده آگاه

استاد راهنما:

دکتر رضا کاکایی

تابستان ۱۳۸۳

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به
خواهران عزیزم

تقدیر و تشکر

اکنون که این تحقیق را به تمام رساننده ام خداوند متعال را شاکرم که به من نیرو بخشید و این بنده حقیر را مورد لطف و عنایت خویش قرار داد.

در اینجا وظیفه خود می دانم از زحمات بی دریغ و راهنمایی های ارزنده جناب آقای دکتر رضا کاکایی کمال تشکر را داشته باشم.

چکیده

سنجش از دور فن جدیدی است که بر اساس آن می توان به کمک ماهواره هایی که در مدار زمین قرار دارند، به مطالعه زمین پرداخت. به کمک این ماهواره ها، از اشیاء یا پدیده های زمینی از فاصله دور اطلاعات ارزنده ای بدست می آید، سپس اطلاعات بدست آمده تجزیه و تحلیل گردیده و داده های مفید آن ها استخراج می شود. سنجنده های تعبیه شده در این ماهواره ها با اندازه گیری و ثبت اثرات مربوط به بازتاب محدوده مشخصی از طیف الکترومغناطیسی اطلاعات لازم را فراهم می آورد. هنگامی که امواج الکترومغناطیسی با هر پدیده ای برخورد می نماید سه عمل انعکاس، جذب و عبور صورت می گیرد که میزان هر یک به طول موج انرژی تابیده و نیز ویژگی فیزیکی و شیمیایی پدیده ها بستگی دارد. میزان انرژی بازتابی از هر پدیده روی زمین تابعی از طول موج، خواص ملکولی و درون سلولی هر ملکول و سایر خصوصیات فیزیکی هر پدیده است. به طور کلی سنجش از دور شامل تصویربرداری و تجزیه و تحلیل است. یکی از دلایل اختلاف داده های سنجش از دور، وجود روش های مختلف تصویربرداری است. تصویربرداری مستلزم برخورد انرژی از منبع انرژی به اشیاء و پدیده های سطح زمین است و در اخذ داده های ماهواره ای منابع زمینی که اساس این مطالعه می باشد، منبع تولید انرژی خورشید است.

امواج الکترومغناطیسی بازتابی از سطح زمین بوسیله سنجنده هایی که بر سکوها تعبیه شده اند، ثبت و اندازه گیری می شوند.

سنجنده ها به دو دسته تصویری و غیر تصویری طبقه بندی می شوند. سنجنده های تصویری خود به دو گروه سنجنده هایی که اطلاعات آن ها اساساً دارای ماهیتی مصور و سنجنده هایی که اطلاعات آن ها اساساً دارای ماهیت رقومی هستند، تقسیم می شوند.

سنجش از دور روش نیرومندی در مطالعات زمین شناسی و اکتشافات ذخایر معدنی در مقیاس ناحیه ای می باشد. کاربرد سنجش از دور در این مراحل باعث کاهش قابل توجه هزینه های عملیاتی می شود.

یکی از موارد استفاده تصاویر ماهواره ای در کاوش های ذخایر معدنی، اکتشاف ذخایر هیدروکربوری می باشد. به عنوان مثال با مقایسه کنتراست موجود در انعکاس طیفی، می توان مناطقی را که دارای آلتراسیون هستند، مشخص نمود.

به طور کلی سنجش از دور یک روش غیر مستقیم در اکتشاف ذخایر هیدروکربوری است. با این روش می توان به راحتی زون های آلتراسیون، ساختارهای کنترل کننده ذخایر، محیط های تشکیل ذخایر و پوشش گیاهی مناطق مورد مطالعه را با صرف وقت و هزینه کم بررسی کرده و از این طریق به وجود این ذخایر پی برد.

در این تحقیق توانایی و کاربرد روش های سنجش از دور در اکتشاف ذخایر هیدروکربوری ارائه شده است. با پیشرفت سریعی که این رشته دارد، پیش بینی می شود به زودی موارد استفاده عملی تر و با ارزش تری از آن در پی جویی ذخایر معدنی حاصل شود.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
الف	تقدیم
ب	تقدیر و تشکر
ج	چکیده
د	فهرست مطالب
ط	فهرست اشکال
ک	فهرست جداول

فصل اول: کلیات

۲	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ تاریخچه
۴	۳-۱ جایگاه سنجش از دور

فصل دوم: مبانی سنجش از دور

۷	۱-۲ مقدمه
۷	۲-۲ سیستم سنجش از دور
۸	۳-۲ انرژی الکترومغناطیسی
۸	۴-۲ طیف الکترومغناطیسی
۱۰	۵-۲ منابع و انواع انرژی الکترومغناطیسی مورد استفاده در سنجش از دور
۱۰	۱-۵-۲ انرژی الکترومغناطیسی طبیعی
۱۰	۲-۵-۲ انرژی الکترومغناطیسی مصنوعی
۱۱	۱-۲-۵-۲ طول موج
۱۲	۲-۲-۵-۲ قطبش

- ۶-۲ مکانیسم برخورد متقابل انرژی الکترومغناطیسی با پدیده های روی زمین ۱۲
- ۷-۲ بر هم کنش های جوی با تابش الکترومغناطیسی ۱۶
- ۸-۲ نوسانات گرمای تشعشی در طول روز ۱۸
- ۹-۲ سنجنده ها ۱۹
- ۱-۹-۲ سنجنده های هوایی: ۲۰
- ۱-۱-۹-۲ اسکن کننده چند طیفی ۲۱
- ۲-۱-۹-۲ نحوه کار اسکن کننده چند طیفی ۲۱
- ۳-۱-۹-۲ اسکن کننده خطی فروسرخ گرمایی ۲۲
- ۴-۱-۹-۲ نحوه کار اسکن کننده خطی فروسرخ گرمایی ۲۳
- ۵-۱-۹-۲ رادار هوایی پهلونگر ۲۴
- ۶-۱-۹-۲ نحوه کار رادار هوایی پهلونگر ۲۴
- ۲-۹-۲ سنجنده های ماهواره ای لندست ۲۶
- ۳-۹-۲ سنجنده های لندست ۲۶
- ۱-۳-۹-۲ سیستم سنجنده RBV ۲۷
- ۲-۳-۹-۲ سیستم سنجنده چند طیفی MSS ۲۹
- ۳-۳-۹-۲ سیستم سنجنده چند طیفی T.M ۳۳
- ۱۰-۲ داده های مورد استفاده در سنجش از دور ۳۳
- ۱-۱۰-۲ داده های رقمی ۳۳
- ۲-۱۰-۲ داده های تصویری ۳۵
- ۳-۱۰-۲ داده های کمکی ۳۷
- ۴-۱۰-۲ داده های زمینی ۳۹
- ۵-۱۰-۲ داده های تعیین موقعیت زمینی ۴۱
- ۶-۱۰-۲ داده های نقشه ای ۴۱
- ۷-۱۰-۲ داده های زمینی رقمی ۴۳
- ۱۱-۲ ارسال و دریافت داده های ماهواره ای ۴۳

فصل سوم: پردازش تصویر

۴۷	۱-۳ مقدمه
۴۷	۲-۳ پردازش تصویر پیوسته
۴۸	۳-۳ پردازش تصویر گسسته
۴۹	۴-۳ تصحیح
۴۹	۱-۴-۳ تصحیح رادیومتری
۵۲	۲-۴-۳ تصحیح ژئومتری یا هندسی
۵۴	۵-۳ واضح سازی تصویر
۵۵	۶-۳ عملیات تبدیل تصویر
۵۶	۷-۳ فیلتر سازی
۵۷	۸-۳ تکنیک های طبقه بندی
۵۸	۹-۳ نمایش رنگی داده های تصویری سنجش از دور
۶۰	۱۰-۳ عملیات بین تصاویر
۶۰	۱-۱۰-۳ عملیات جبری
۶۲	۱-۱۰-۳ عملیات منطقی

فصل چهارم: کاربرد سنجش از دور در اکتشاف ذخایر هیدروکربوری

۶۴	۱-۴ مقدمه
۶۸	۲-۴ تاریخچه اکتشافات نفت با داده های سنجش از دور
۶۹	۳-۴ استفاده از سنجش از دور در اکتشافات ذخایر هیدروکربوری
۷۱	۱-۳-۴ نقشه برداری ساختاری
۷۳	۲-۳-۴ کاربرد سنجش از دور برای اکتشاف تراوش های قدیمی هیدروکربورها
	۳-۳-۴ سنجش از دور ژئوبوتانی و نقشه برداری لکه های چربی به منظور اکتشاف ذخایر
۷۹	هیدروکربوری

فصل پنجم: نتیجه گیری

نتیجه گیری ۸۵

فهرست منابع

منابع فارسی ۸۹

منابع انگلیسی ۹۰

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: مرحله های رشد و توسعه یک انتظام علمی	۴
شکل ۱-۲: یک سیستم سنجش از دور	۷
شکل ۲-۲: نامگذاری باند موج های راداری	۱۱
شکل ۳-۲: نموداری نمایشی از یک اسکن کننده چند طیفی	۲۲
شکل ۴-۲: نمایشی نموداری از اسکن کننده خطی فرسرخ گرمایی	۲۳
شکل ۵-۲: نمایشی نموداری از یک رادار هوایی پیلونگر	۲۵
شکل ۶-۲: طرز قرار گیری دوربین های RBV و زمینه تصویرگیری آن ها در ماهواره های لندست اول و دوم	۲۸
شکل ۷-۲: طرز قرار گرفتن دوربین های RBV و صحنه تصویرگیری آن ها در ماهواره لندست سوم	۲۹
شکل ۸-۲: نمایش شماتیک عمل نظاره گری سیستم MSS ماهواره های لندست	۳۰
شکل ۹-۲: طرح شماتیک خطوط نظاره های یک تصویر ماهواره ای با سیستم سنجنده MSS ماهواره های لندست	۳۲
شکل ۱۰-۲: مفهوم نمونه گیری	۳۴
شکل ۱۱-۲: مفهوم کوانتش	۳۴
شکل ۱۲-۲: کوانتش در حالتی که سیگنال دارای نوفه است	۳۴
شکل ۱۳-۲: میدان دید و میدان دید لحظه ای	۳۶
شکل ۱۴-۲: فرمت LTWG	۳۸
شکل ۱۵-۲: گردآوری داده ها از ارتفاع های مختلف	۴۰
شکل ۱۶-۲: تجسمی از سیستم ماهواره های ردیاب و رله داده ها	۴۴
شکل ۱-۳: روش های ترکیب رنگی	۵۹

- شکل ۴-۱: فلوجارت مراحل کاربرد سنجش از دور در اکتشافات ۶۷
- شکل ۴-۲: انواع تله های مناسب برای تجمع ذخایر هیدروکربوری، (a) تله های طاقدیسی، (b) تله های گسلی، (c) تله های چینه ای، (d) سنگ بستر کریستالی و (e) تله های گنبد نمکی ۷۰
- شکل ۴-۳: نمایش شماتیک از نحوه تشکیل آلتراسیون ها در اثر نشت هیدروکربورها ۷۷
- شکل ۴-۴: کشف هیدروکربورها بوسیله نسبت گیری طیفی از داده های سنجنده های مافوق طیفی هوایی ۷۸
- شکل ۴-۵: مناطق چهار آنومالی صوتی ثبت شده را در ناحیه بوش هیل نشان می دهد ۸۳

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: خلاصه نکات مهم نواحی طیفی مورد استفاده در سنجش از دور.....	۹
جدول ۲-۲: انواع پراکندگی جوی به ترتیب اهمیت.....	۱۸
جدول ۳-۲: چهار باند موج ثبت شده توسط سیستم اسکن کننده چند طیفی که بر ماهواره سری	
لندست نصب بوده است.....	۳۰
جدول ۴-۲: نقشه های مورد نیاز در سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی.....	۴۲

« ... سنجش از دور واقعیتی است که زمان آن فرا رسیده است. این تکنولوژی ابزار نیرومندی است که نباید توان اطلاعاتی و پیچیدگی منطقی آن را در استدلال فرآیندهای به کار رفته در تجزیه و تحلیل داده ها کم اهمیت شمرد. پیشگویی می شود که سنجش از دور بتواند درک شیوه های تجزیه و تحلیل داده ها، مدل ها و الگوهای ما را تخریب دهد. » [۷]

فصل اول:

کلیات

۱-۱ مقدمه

عمل بازیابی، شناسایی و تشخیص عوارض و اشیای واقع در فاصله دور که با استفاده از تصاویر و ابزار شناسایی انجام می‌گیرد، به نام سنجش از دور نامیده می‌شود. به عبارت دیگر سنجش از دور را ممکن است شناسایی از فاصله نیز تعریف نمود که این فاصله می‌تواند چند متر تا چند هزار کیلومتر باشد.

برای سنجش از دور تعاریف دیگری نیز ارائه شده که در زیر به مواردی از آن اشاره می‌شود: سنجش از دور دلالت دارد بر سنجیدن اشیاء از مسافتی خاص، یعنی تشخیص و اندازه‌گیری ویژگی از یک جسم، بدون این که شخص در تماس بالفعل با آن جسم باشد [۱۰].

سنجش از دور عبارت است از علم و هنر کسب اطلاعات در مورد اجسام، اراضی یا پدیده‌های مختلف، به کمک جمع‌آوری اطلاعات از آن‌ها، البته بدون تماس با پدیده‌های تحت بررسی و به عبارت دیگر «سنجش از دور» کسب اطلاعات از پدیده‌ها یا اجسام بدون تماس با آن‌ها [۳]. در منابع زمینی سنجش از دور عبارت است از به کارگیری عکس‌های هوایی، عکس‌های فضایی و تصاویر تهیه شده از اطلاعات ماهواره‌ای برای تفسیر و شناسایی و کسب اطلاعات از پدیده‌ها. به طور کلی اطلاعات مورد استفاده سنجش از دور در منابع زمینی، یا ماهیت تصویری دارند که شامل عکس‌های هوایی و عکس‌های فضایی هستند، یعنی انعکاسات اشعه الکترومغناطیسی از روی اجسام بر صفحه فیلمی که در دوربین هواپیما یا فضاپیما قرار گرفته، اثر گذاشته و پس از ظهور فیلم به صورت عکس یا اسلاید مورد بررسی واقع می‌شوند، یا این که ماهیت رقومی دارند، یعنی انعکاسات اشعه الکترومغناطیسی از پدیده‌های منابع زمینی به وسیله سنجنده‌های ماهواره‌ها ثبت شده و پس از ارسال به ایستگاه‌های زمینی و انجام تحصیحات و پردازش لازم، تبدیل به تصاویر شده و مورد تفسیر قرار می‌گیرند و یا به کمک کامپیوتر، مستقیماً تجزیه و تحلیل می‌شوند.

در فصل های بعدی این تحقیق، درباره مبانی سنجش از دور، سنجنده ها که پرتوهای الکترومغناطیس منعکس شده از پدیده ها را ثبت می کنند، داده های مورد استفاده در سنجش از دور، تصحیحات و پردازش تصویر و در نهایت کاربرد این اطلاعات در اکتشاف ذخایر هیدروکربوری بحث خواهد شد.

۲-۱ تاریخچه

تا قبل از سال ۱۹۶۰ میلاد عکس های هوایی تنها سیستم سنجش از دور بود که برای تمامی کاربردها مورد استفاده قرار می گرفت. با آغاز برنامه های فضایی در اوایل دهه ۱۹۶۰ پیشرفت این تکنولوژی سریعتر شد، محدوده سیستم های تابشگر توسعه یافت و مقدار داده های سنجش از دور رو به فزونی نهاد. تکامل سیستم های دوربین به بیش از ۲۳۰۰ سال قبل بر می گردد، هنگامی که ارسطو اصول دوربین اتاق تاریک را مورد آزمایش قرار داد. این تلاش ها برای این بود که تصاویر را بتوان به طور دائم ثبت و نگهداری کرد و مستمراً تا قرن نوزدهم ادامه یافته و در سال ۱۸۳۹ به اوج خود رسید. در این سال اویس داگیور روش مخصوصی را در عکاسی اعلام کرد که بوسیله او و همکارش ژوزف نیپس ابداع شد بود. این روش به سرعت اصلاح شد، شیشه های نوری با کیفیت بوجود آمد و عدسی ها وارد سیستم دوربین های عکاسی گردید. در نتیجه با تحویل قرن نوزدهم عکاسی مدرن نیز پا به عرصه وجود نهاد [۳].

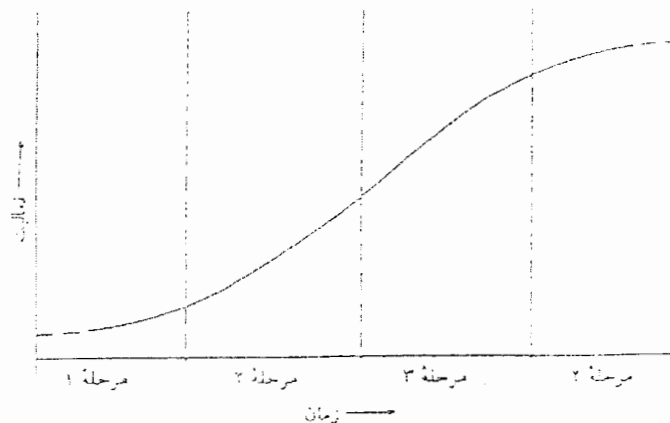
همزمان با این تحولات تحقیقاتی نیز در جریان بود که حساسیت فیلم های عکاسی را به خارج از محدوده طیف مرئی امواج الکترومغناطیس گسترش دهد. این تلاش ها قرین موفقیت بود و نهایتاً به توسعه سایر موارد مرتبط با آن مانند ثبت انعکاس های امواج فرسرخ در هر دو نوع سیاه - سفید و رنگی انجامید. این پیشرفت ها ادامه داشت تا در زمان جنگ جهانی دوم و بعد تا سال ۱۹۶۰ سیستم های تابشگر الکترو - اپتیکی به عرصه ظهور رسیدند. این سیستم ها بر روی امواج ماورا بنفش، مرئی، فرسرخ انعکاسی و فرسرخ حرارتی عمل می کنند. در همین دوره سیستم های رادار هواپرد SLAR^۱ عملیاتی نیز بوجود آمدند. در نتیجه تکنولوژی سنجش از دور از قدرت عملیات در روشنایی روز به کل شبانه روز و تحت هر نوع شرایط آب و هوایی گسترش یافت.

1. Side - looking airborne radar

با این پیشرفت های حاصل شده در سیستم های تابشگر امکان تولید تصاویر در هر دو شکل رقومی و معمولی فراهم گردید [۳].

۳-۱ جایگاه سنجش از دور

چگونگی رشد سنجش از دور را مانند هر انتظام علمی دیگر می توان با یک منحنی نشان داد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱: مرحله های رشد و توسعه یک انتظام علمی [۷].

مرحله اول، دوره رشد اولیه با افزایش اندک متون سنجش از دور است بی آن که شاهد ایجاد سازمانی اجتماعی برای آن باشیم. مرحله دوم، دوره رشد چشمگیر است، که در آن تعداد نشریه های ادواری دو برابر شده و واحدهای پژوهشی تخصصی تأسیس می شوند. مرحله سوم، دوره ای است که در آن آهنگ رشد رو به کاهش می گذارد و هر چند آهنگ رشد سالانه ثابت می ماند، اما تخصص گرایی و بحث در این زمینه افزایش می یابد. مرحله چهارم، دوره نیایی است که در آن آهنگ رشد به صفر می رسد، واحدهای پژوهشی تخصصی و سازمان اجتماعی رو به رکود می گذارند و موضوع به حد تکامل می رسد. موقعیت سنجش از دور در این چهارچوب در هر کشور متفاوت است. در اکثر کشورهای در حال توسعه، سنجش از دور در مرحله اول قرار دارد، در اغلب کشورهای اروپایی در مرحله دوم است و در ایالت های متحده آمریکا به مرحله سوم وارد شده است. هدف نیایی سنجش از دور، رسیدن به مرحله چهارم تکامل است، یعنی هنگامی که

بتوانیم اطلاعات قابل اطمینان سنجش از دور را، به صورت روزمره، برای مدیریت سیاره آسیب پذیر و شکننده خود تولید کنیم [۷].

فصل دوم:

مبانی سنجش از دور

بر هم کنش با جو زمین: انرژی الکترومغناطیسی که از جو زمین عبور می کند و پیچیده و پراکنده می شود.

سنجنده: موج الکترومغناطیسی که با سطح و جو زمین بر هم کنش می کند بوسیله سنجنده ای مانند تابش سنج یا دوربین عکاسی ثبت می شود.

۳-۲ انرژی الکترومغناطیسی

عامل ارتباط بین قسمت های اساسی سیستم سنجش از دور، انرژی الکترومغناطیسی است. انرژی، توانایی انجام کار تعریف شده است و با انجام کار انرژی در اثر رسانش، همرفت یا تابش از نقطه ای به نقطه دیگر منتقل می شود. در سنجش از دور، در درجه اول انتقال انرژی به صورت تابش اهمیت دارد. انرژی تابیده رفتاری مطابق تئوری بنیادی موج دارد. طبق این تئوری یک موج الکترومغناطیسی به طور یکسان و در فواصل مکانی برابر در طول زمان تکرار می شود و با سرعت نور (در دو میدان عمود بر هم که یکی الکتریکی و دیگری مغناطیسی است) منتشر می شود. اما در هنگام بر هم کنش انرژی الکترومغناطیسی با ماده تئوری ذره ای اهمیت پیدا می کند. از سه کمیت برای توصیف امواج الکترومغناطیسی استفاده می شود که عبارتند از:

طول موج (λ) با یکا یا واحد میکرومتر یا میکرون (μm) که فاصله بین دو قله موج متوالی است، فرکانس یا بسامد (ν) با یکای هرتز (HZ) که تعداد قله های موج گذرنده از نقطه ای معین در فضا در واحد زمان است، و سرعت (C) با یکای متر بر ثانیه (ms^{-1}) که در یک محیط معین ثابت و برابر با سرعت نور است. نظر به این که طول موج رابطه ای مثبت و معکوس با فرکانس دارد، موج الکترومغناطیسی می تواند هم به وسیله طول موج خود و هم فرکانسش مشخص شود، زیرا این دو کمیت به یکدیگر تبدیل پذیرند. اما مرسوم است که در سنجش از دور اغلب به جای فرکانس از طول موج برای مشخص کردن موج الکترومغناطیسی استفاده کنند.

۴-۲ طیف الکترومغناطیسی

تابش الکترومغناطیسی به صورت طیف پیوسته ای از طول موج ها و فرکانس ها از طول موج کوتاه با فرکانس بالای امواج کیهانی تا طول موج بلند با فرکانس پایین امواج رادیویی انجام

می گیرد. به طور کلی مهمترین امواج شناخته شده، عبارتند از: گاما، ایکس، فرا بنفش، مرئی، فرورسرخ، میکروموج و امواج رادیویی. طول موج های مورد توجه در سنجش از دور، طول موج های مربوط به تابش مرئی و فرورسرخ نزدیک در باند موج $0.4 \mu\text{m}$ تا $3 \mu\text{m}$ تابش فرورسرخ در باند موج $3 \mu\text{m}$ تا $15 \mu\text{m}$ و تابش میکروموج در باند موج 5 mm تا 500 mm هستند. گاما و ایکس طول موج های بسیار کوتاهی دارند و بوسیله جو بالا جذب شده و در کارهای سنجش از دور مصرفی ندارند (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲: خلاصه نکات مهم نواحی طیفی مورد استفاده در سنجش از دور [۳].

نام ناحیه طیفی	محدوده فرارزادی	تقسیمات فرعی	منبع اصلی انرژی	محدوده تقریبی مناسب عملیات دورسنجی
ماوراءبنفش UV	$0.01-0.4 \mu\text{m}$	بر اساس نزدیکی به نور مرئی؛ ماوراءبنفش خیلی دور $0.03-0.2 \mu\text{m}$ میکرومتر ماوراءبنفش دور $0.2-0.3 \mu\text{m}$ میکرومتر ماوراءبنفش نزدیک $0.3-0.4 \mu\text{m}$ میکرومتر	نور خورشید	$0.3-0.4 \mu\text{m}$ میکرومتر
نور مرئی V.I.	$0.4-0.7 \mu\text{m}$	بر اساس تجزیه نورا آبی $0.4-0.5 \mu\text{m}$ میکرومتر سبز $0.5-0.6 \mu\text{m}$ میکرومتر قرمز $0.6-0.7 \mu\text{m}$ میکرومتر	نور خورشید	$0.4-0.7 \mu\text{m}$ میکرومتر
مادون قرمز IR	$0.7-1 \mu\text{m}$	بر اساس نزدیکی به نور مرئی؛ مادون قرمز نزدیک $0.7-1.3 \mu\text{m}$ میکرومتر مادون قرمز میانی $1.3-3 \mu\text{m}$ میکرومتر مادون قرمز دور $3-14 \mu\text{m}$ میکرومتر بر اساس اهمیت: انعکاسی $0.7-3 \mu\text{m}$ میکرومتر جوازئی $3-14 \mu\text{m}$ میکرومتر	نور خورشید و گرمای زمین	$0.7-1.3 \mu\text{m}$ میکرومتر $3-5 \mu\text{m}$ میکرومتر $7-14 \mu\text{m}$ میکرومتر
مایکروموج M.V	1 mm	بر اساس طول موج: امواج میلیمتری امواج سانتیمتری	نور خورشید و گرمای زمین	تقریباً به طور کامل
رادار (RADAR)	$1-10 \text{ m}$	بر اساس کازگذاری نظامی: باند K $0.75-2.4$ سانتیمتر باند X $2.4-3.75$ سانتیمتر باند C $3.75-7.5$ سانتیمتر باند S $7.5-15$ سانتیمتر باند L $15-30$ سانتیمتر باند P $30-100$ سانتیمتر	مستقیم	باند K باند X

۲-۵ منابع و انواع انرژی الکترومغناطیسی مورد استفاده در سنجش ازدور

طیف الکترومغناطیسی به دو گروه تابش « طبیعی » در طول موج های مرئی و فروسرخ گرمائی و تابش الکترومغناطیسی « مصنوعی » در طول موج های میکروموج تقسیم می شوند [۷].

۲-۵-۱ انرژی الکترومغناطیسی طبیعی

در سنجش ازدور، نور مرئی و تابش فروسرخ نزدیک و میانی که هر دو از سطح زمین بازتابنده می شوند، بیش از همه مورد توجه است. گذشته از این، دو تابش فروسرخ میانی و گرمایی نیز به دلیل گسیل از سطح زمین با اهمیت تلقی می شوند. تئوری موجی چگونگی حرکت چنین انرژی الکترومغناطیسی را توضیح می دهد اما به چگونگی بر هم کنش انرژی الکترومغناطیسی با ماده اشاره ای ندارد، بر هم کنش انرژی الکترومغناطیسی با ماده به کمک تئوری ذره ای قابل توضیح است. بر طبق این تئوری تابش الکترومغناطیسی از واحدهای گسسته بسیار زیادی به نام کوانتا یا فوتون تشکیل شده است. تلفیق این دو تئوری موجب درک بهتر روابط بین طول موج، فرکانس، انرژی تابش و گسندگی تابشی از منابع تابش الکترومغناطیسی که در دماهای مختلف هستند می شود. آن چه این روابط ترکیبی با هم نشان می دهند این است که همه اجسام با دمای بیشتر از نقطه صفر کلوین یا صفر مطلق ($0^{\circ}C$ یا $-273/15$)، از خود پرتو الکترومغناطیسی می تابند. جسم داغی مثل آتش یا خورشید به سرعت از خود تابش الکترومغناطیسی با طول موج های کوتاه و فرکانس های بالا می تاباند. این طول موج های کوتاه پر انرژی هستند و بنابراین به آسانی از دور سنجش پذیر خواهند بود. در مقابل شیء سردی چون سطح زمین، به آرامی از خود تابش الکترومغناطیسی با طول موج بلند و فرکانس پایین می تاباند و این طول موج های بلند کم انرژی هستند، بنابراین سنجش آن ها از دور مشکل می باشد [۷].

۲-۵-۲ انرژی الکترومغناطیسی مصنوعی

یکی دیگر از امواجی که در سنجش از دور دارای اهمیت است، طول موج های میکروموج از همان نوعی که در سیستم های تصویر ساز راداری استفاده می شود، می باشد. رادار پالس های کوتاه انرژی در طول موج های میکروموج را به سوی زمین می فرستد و آنگاه، ابتدای زمان سپری

شده برای رسیدن پالس به زمین و بازگشت آن و در ثانی، شدت و منشأ « پس پراکندگی » یا « پژواک » دریافت شده از اشیاء در میدان دید سنجنده را ثبت می کند. میزان پس پراکندگی شامل اطلاعاتی در مورد اشیاء داخل زمین است و این اطلاعات هستند که در سنجش از دور محیط زیست از ارزش فراوانی برخوردار است [۷].

دو مشخصه انرژی الکترومغناطیسی مصنوعی که اهمیت زیادی دارند، عبارتند از طول موج و قطبش.

۲-۵-۲-۱ طول موج

سیستم رادار در ابتدا برای کار با طول موج میکروموج توسعه یافت اما از نظر تئوری می تواند در هر باند موجی از فرا بنفش ($10^{-7}m$) تا موج های رادیویی ($100m$) را مورد استفاده قرار دهد اما بیشتر سیستم های راداری در محدوده میکروموج در طول موج ها بین 5 mm تا 500 mm کار می کنند. برای شناسایی هر طول موج خاصی که رادار با آن سنجش می کند کدی وجود دارد. در اکثر عملیات سنجش از دور از باند موج های X (بریتانیایی) استفاده می شود با وجود این تعدادی از ماهواره های سنجش از دور از باند موج های بلند تر C و L نیز استفاده می کنند زیرا طول موج های بلندتر به توان کمتری احتیاج دارند (شکل ۲-۲) [۷].

	بریتانیایی	امریکایی	ناتو
۳۰۰	L	L	D
۲۰۰			E
۱۰۰	S	S	F
۷۵			G
۷۰	C	C	H
۲۵			I
۲۰	X	X	J
۲۰	J	Ku	
۱۰	K	K	
۷	Q	Ka	K

شکل ۲-۲: نامگذاری باند موج های راداری [۷].

سیگنال های راداری موج های مصنوعی هستند که به طور انبوه تولید می شوند و مانند اکثر چیزهای مصنوعی که به صورت انبوه تولید شده اند، به طور دقیق مشابه اند و نه تنها در طول موج های یکسان بلکه در صفحه یکسان ارتعاش می کنند. رادارهای اولیه میکروموج ها را با قطبش افقی می فرستادند و آن ها را با قطبش افقی دریافت می کردند. این نوع سیستم راداری، رادار HH خوانده می شود. اما، سطح های ناهموار در پدیده های زمینی به طور فعال انرژی الکترومغناطیسی را ناقطبیده می کنند و به همین دلیل امروز بسیاری از سیستم های راداری پژواک میکروموج های بازگشتی را که به طور قائم قطبیده هستند و به صورت سیگنال افقی به طرف هدف فرستاده می شوند، ثبت می کنند. این نوع سیستم رادار را رادار HV می نامند. رادار HH ماکزیمم بازگشت را از سطح های هموار تخت با زاویه فرود کوچک ثبت می کنند و رادار HV ماکزیمم بازگشت را از سطح های ناهموار ثبت می کنند [۷]. این سیستم ها غالباً با هم استفاده می شوند.

۲-۶ مکانیسم برخورد متقابل انرژی الکترومغناطیسی با پدیده های روی

زمین

برخورد انرژی با ماده، صرف نظر از این که جسم مذکور حالت جامد، مایع یا گاز داشته باشد، به چند صورت ممکن است اتفاق افتد. به عبارتی دیگر، اجسام واکنش های متفاوتی را در برخورد با انرژی الکترومغناطیسی از خود نشان می دهند. واکنش مذکور در اصطلاح « عمل برخورد متقابل » نامیده می شود. چنان چه عمل برخورد متقابل در سطح یک جسم روی دهد، عمل مذکور یک « پدیده سطحی » است و اگر انرژی مورد بحث پس از برخورد با سطح جسم به قسمت های داخلی آن نفوذ یابد، عمل برخورد متقابل، « پدیده حجمی » نامیده می شود. عمل برخورد متقابل اجسام با انرژی الکترومغناطیسی صرف نظر از سطحی یا حجمی، تغییراتی را در انرژی تابشی به وجود می آورد که در پی آن، تغییراتی در مقدار، جهت، طول موج، پلاریزاسیون و فاز انرژی الکترومغناطیسی تابشی پدید می آورد. سنجنده های سنجش از دور، تغییرات مذکور را

1. Polarisation

بازیابی و ضبط می کنند. تصاویر ماهواره ای و داده های آن ها به منظور شناسایی ویژگی های اجسامی که به ایجاد تصاویر مذکور انجام می دهند تجزیه و تحلیل و تفسیر می شوند. در حین عمل برخورد متقابل انرژی الکترومغناطیس و ماده (جسم یا پدیده)، ماده و انرژی هر دو، بر اساس اصول فیزیکی سعی در حفظ و حراست خود دارند. اصل مذکور قانون بقای جرم و انرژی نامیده می شود. با توجه به قانون فوق می توان رابطه زیر را در برخورد انرژی الکترومغناطیسی با هر پدیده ای صادق دانست [۳].

$$E_I(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda) \quad (1-2)$$

که در آن:

E_I : انرژی تابشی یا برخورد کننده با جسم؛

E_R : انرژی منعکس شده از جسم؛

E_A : انرژی جذب شده در جسم؛

E_T : انرژی انتقال یافته از طریق جسم و

λ : طول موج انرژی است.

رابطه فوق، روابط موجود میان انعکاس، جذب و انتقال انرژی را نشان می دهد.

در این رابطه باید پیوسته دو نکته را در نظر داشت؛ اول این که، نسبت انرژی انعکاس یافته، جذب شده، یا انتقال یافته برای هر یک از پدیده های زمینی متفاوت و متأثر از وضع ظاهری و مواد تشکیل دهنده آن ها است. اختلاف مذکور، امکان شناسایی پدیده های مختلف را در یک تصویر ماهواره ای موجب می شود.

نکته دوم این که، نسبت های مذکور در طول موج های مختلف حتی برای همان پدیده، از همدیگر متفاوت خواهد بود. این بدان معناست که عمل متقابل انرژی و دو جسم ممکن است در یک محدوده از طیف الکترومغناطیس نسبت به هم تفاوتی نداشته باشد، در حالی که در محدوده دیگر طیفی، تفاوت های بارزی از همدیگر نشان دهند. این حالت «وابستگی به طول موج» نامیده می شود [۳]. تفاوت های مذکور در محدوده طیف مرئی، رنگ ها را بوجود می آورند. برای مثال، وقتی جسمی را «قرمز» می نامیم که آن جسم در محدوده قرمز طیف مرئی، انعکاس خیلی زیادی از خود نشان دهد و نیز اجسام «سبز» انعکاس خیلی زیادی در محدوده سبز طیف مرئی

از خود بروز می دهند. به عبارت دیگر، چشم انسان تفاوت های مقادیر بازتاب انرژی را از اجسام مختلف در طیف مرئی ارزیابی می کند تا اشیاء و اجسام مختلف را از هم تمیز دهد.

از آن جا که عمل و عکس العمل های متقابل انرژی و ماده نسبت به اجسام مختلف و بر حسب طول موج های انرژی الکترو مغناطیس از حالت خاصی برخوردار است و برای هر جسم ویژه، منحصر به همان جسم است. بنابراین به صورت مختصر برخورد متقابل انرژی و ماده را شرح می دهیم. انحصار حالت خاص به یک جسم، بیش از هر چیز به ویژگی های سطح جسم و ساختمان اتم ها و مولکول های آن بستگی دارد.

ویژگی های برخورد متقابل انرژی و ماده برای اجسام مختلف، اساس علم تفسیر در امر سنجش از دور را تشکیل می دهد. در نتیجه عمل برخورد متقابل انرژی و ماده حالت یا حالات زیر ممکن است رخ دهد [۳]:

الف) ممکن است انرژی تشعشی انتقال یابد، یعنی از جسم بگذرد. در اثنای گذر انرژی الکترومغناطیس از هوا یا از خلا به اجسام یا پدیده های دیگر، سرعت آن تغییر می کند. تغییر سرعت مذکور که به صورت شکست در مسیر حادث می شود، ضریب شکست نام دارد. ضریب شکست اجسام از رابطه ساده زیر بدست می آید [۳].

$$n = \frac{C_a}{C_s} \quad (2-2)$$

که در آن:

C_a نشان دهنده سرعت انرژی در هوا و C_s نشان دهنده سرعت انرژی در داخل جسم است.

ب) ممکن است انرژی تشعشی هنگام برخورد به وسیله جسم جذب شود، در این حالت قسمت بیشتر انرژی صرف گرم کردن جسم می شود.

ج) ممکن است انرژی تشعشی با توجه به درجه گرمای جسم و محیط آن، از جسم مورد نظر تشعشع یابد. در این صورت گرمای جسم بیشتر به مصرف گرم کردن محیط می رسد. کلیه اجسامی که درجه حرارت آن ها بالاتر از صفر مطلق باشد، قادر به تشعشع انرژی از خود هستند.

د) ممکن است انرژی تشعشعی پخش شود. بدین معنی که انرژی پس از برخورد به سطح در کلیه جهات تغییر مسیر دهد و سرانجام جذب یا دوباره پخش شود. پخش انرژی تشعشعی در طول موج های طیف مرئی که به وسینه ذرات اتمسفر روی می دهد، مثال بارزی بر این مدعا است.

ه) ممکن است انرژی تشعشعی منعکس شود، بدین معنی که بدون تغییر در ماهیت خود، پس از برخورد با سطح جسم یا پدیده، انعکاس یابد. زاویه انعکاس انرژی با زاویه برخورد انرژی برابر است و فقط در جهت مخالف آن اتفاق می افتد. مقدار انرژی انعکاسی از عناصر مختلف روی زمین با توجه به ویژگی های خواص حرارتی آن ها بسیار متمایز است.

بیشتر سیستم های سنجش از دور در محدوده هایی از طول موج ها به سنجش می پردازند که انرژی بازتابی در آن ها بیشتر از دیگر انواع انرژی ها است، بنابراین خواص انعکاسی پدیده های زمینی از اهمیت ویژه ای برخوردارند. به همین دلیل بهتر است رابطه بین صور انرژی را به صورت زیر می توان بیان کرد [۳]:

$$E_R(\lambda) = E_I(\lambda) - [E_A(\lambda) + E_T(\lambda)] \quad (3-2)$$

مفهوم رابطه فوق عبارت است از:

انرژی بازتابی از یک پدیده زمینی برابر است با انرژی تابیده بر آن پدیده زمینی مشروط بر آن که مقادیر انرژی جذب شده و نیز منتقل شده از پدیده مذکور را از آن کم کرد.

عمل انعکاس انرژی از یک پدیده یا جسم، در درجه اول به ویژگی سطح جسم مذکور وابسته است. برخی از سطوح بسیار صاف و صیقلی اند و همانند آینه از خاصیت بازتابی فراوانی برخوردارند. در این حالت زاویه بازتاب با زاویه تابش برابر است، در حالی که سطوح ناصاف و غیر صیقلی، انرژی تابشی را در تمام جهات پخش می کنند. لازم به ذکر است که اجسام زمینی تقریباً هیچ یک از حالات مذکور را ندارند بلکه بیشتر از حالتی میانه برخوردارند. برخورداری از این حالت با سطح نا صاف اجسام ارتباط دارد و با طول موج انرژی تابشی بر اجسام مختلف نیز مطابقت می کند. برای مثال در محدوده طول موج های نسبتاً بلند رادیویی (امواج صوتی)، زمین های سنگلاخی نسبت به انرژی تابشی، حالت زمین های مسطح و صاف را دارد، در حالی که در محدوده طول موج های مرئی، زمین های هموار و پوشیده از شن نرم، به صورت زمین های ناصاف ظاهر می شود. به عبارت دیگر، در صورتی که طول موج انرژی تابشی بسیار کوچکتر از تغییرات ارتفاع

زمین یا مواد تشکیل دهنده آن باشد، سطح مذکور به صورت سطح پخش کننده انرژی عمل خواهد کرد [۳].

اساسی ترین تفاوت میان انرژی بازتابی و انرژی پخش شده از سطح یک جسم، زاویه معلوم انرژی بازتابی در مقابل زوایای متعدد انرژی پخش شده از آن جسم است. همین اصل سبب بوجود آمدن سنجنده های چند طیفی گردیده و پایه کار ماهواره ها تشکیل داده است. لازم به ذکر است که انعکاسات پخش شده، حاوی اطلاعات گرانبهائی طیفی در زمینه « رنگ » سطح جسم بازتاب کننده است، در حالی که انعکاسات از سطوح صیقلی پدیده ها فاقد چنین امتیازی اند به همین علت در علم سنجش از دور ما در بیشتر موارد خواهان اندازه گیری پارامترها و ویژگی های انعکاسات از سطح غیر صیقلی پدیده های زمینی هستیم.

انعکاسات از سطح پدیده های روی زمین را می توان با اندازه گیری آن قسمت از انرژی تابشی که از سطوح مذکور منعکس می شود، اندازه گیری کرد. اندازه گیری مذکور بر اساس عمل طول موج انرژی امکان پذیر است و « بازتاب طیفی » نامیده می شود. بازتاب طیفی (R_z) می توان از نظر کمی به طریق زیر محاسبه کرد [۳].

$$R_z = \frac{E_r(\lambda)}{E_i(\lambda)} \times 100 \quad (4-2)$$

که در آن :

$E_r(\lambda)$: انرژی بازتابی از جسم در طول موج (λ)؛

$E_i(\lambda)$: انرژی تابیده بر جسم در طوی موج (λ) است و

R_z : در این رابطه انرژی بازتابی را بر حسب درصد نشان می دهد.

۲-۷ بر هم کنش های جوی با تابش الکترومغناطیسی

همه تابش الکترومغناطیسی، پیش و پس از بر هم کنش با سطح زمین، باید پیش از آشکار شدن بوسیله سنجنده از جو عبور کند. این عبور باعث تغییر سرعت، فرکانس، شدت، توزیع طیفی و راستای تابش در نتیجه پراکندگی، جذب و شکست جوی می شود. این اثر ها در طول موج های

مرئی و فروسرخ بسیار شدید است. در واقع، جو زمین در طول موج های میکروموج چنان تأثیر اندکی بر تابش الکترومغناطیسی دارد که می توان از آن چشم پوشید [۷].

پراکندگی جوی بیش از همه بر مسیر تابش مرئی تأثیر می گذارد، اما می تواند توزیع طیفی طول موج های مرئی و نزدیک مرئی را تغییر دهد. چهار نوع پراکندگی به ترتیب اهمیت عبارتند از: ریلی، می، غیر انتخابی، رامان (جدول ۲-۲). معمولیترین نوع پراکندگی، پراکندگی ریلی نام دارد که طول موج های مرئی کوتاه را تحت تأثیر قرار می دهد و باعث کدوری می شود؛ بنابراین، برای کاهش اثر کدوری بهتر است عکس های هوایی را با استفاده از یک صافی یا فیلتر منهای آبی یا مکمل آبی گرفت. پراکندگی می بر طول موج های بلند مرئی اثر می گذارد [۷].

پراکندگی غیر انتخابی، بر همه طول موج های مرئی به طور یکسان اثر می گذارد و موجب سفید به نظر آمدن مه و ابر می شود. پراکندگی رامان تأثیر متغیری دارد [۷].

بر خلاف پراکندگی، عمل جذب طول موج هایی را که کوتاهتر و بلندتر از نور مرئی هستند تحت تأثیر قرار می دهد [۷]. جذب، هنگامی رخ می دهد که اتم یا مولکول موجود در جو در اثر جذب انرژی الکترومغناطیسی برانگیخته شود، به جای بازگسیل تابش در طول موجی که جذب کرده، آن گونه که در اثر پراکندگی روی می دهد، در عمل جذب انرژی صرف حرکت گرمایی شده و باعث رها شدن آن در طول موج های بسیار بلندتر می شود. بخار آب و دی اکسید کربن و ازن از مهمترین جذب کننده های انرژی الکترومغناطیسی هستند. ناحیه هایی از طیف الکترومغناطیسی که در آن ها جذب جوی کم است روزنه های جوی نامیده می شوند و در واقع از طریق همین « روزنه ها » است که سنجش از دور سطح زمین انجام می گیرد. برای مثال عکس برداری از طریق روزنه مرئی $0.4-0.9 \mu\text{m}$ انجام می شود و سنجش فروسرخ گرمایی از طریق دو روزنه جوی در $3-5 \mu\text{m}$ و $8-14 \mu\text{m}$ انجام می گیرد. البته این روزنه های جوی کاملاً عاری از جذب جوی نیستند، زیرا گازها و ذرات معلق در جو، تابش از جسم های زمینی را جذب می کنند و باعث تضعیف تابش رسیده به سنجنده می شوند و نیز خود این گازها و ذرات معلق تابش گسیل می کنند که موجب افزایش تابش رسیده به سنجنده می شود. این اثرها از لحاظ مکانی و زمانی بسیار متغیر هستند و اغلب لزوم تصحیح جوی داده های سنجش از دور ایجاب می کنند.

هنگامی که تابش الکترومغناطیسی از یک محیط به محیط دیگر وارد می شود، پدیده شکست اتفاق می افتد، مانند شکست تابش الکترومغناطیسی از لایه های جو. البته هنگامی که جو آرام است، این مورد مشکلی ایجاد نمی کند، اما هنگام آشفته گی جوی خمیده شدن موج ها، و بنابراین اثر بر صحت هندسی تصویرهای سنجش از دور غیر قابل پیش بینی است.

جدول ۲-۲: انواع پراکنندگی جوی به ترتیب اهمیت [۷]

نوع پراکنندگی	تعداد ذرات جوی مؤثر	نوع ذرات جوی مؤثر	پراکنندگی	اثر پراکنندگی بر طول موجهای مسرتی و نزدیک مرئی
دیفر	گویا ذرات با طول موج بیشتر از ۱۰۰ میکرون	ماده های از	در احوال آشوبناک و در حالت بارش گریل می کند. پراکنده ای را که در طول موجهای مسرتی و نزدیک مرئی	در طول موجهای کوتاه مرئی اثر می گذارد. موجب گری عکس، جهش طول موج بسیار کم می شود.
میر	ذرات در حد میکرون و کمتر	قطره های آب و یخ	پراکنندگی غیر یکنواخت در طول موجهای مسرتی و نزدیک مرئی	در طول موجهای بلند مرئی اثر می گذارد.
غیر یکنواخت	بزرگتر از طول موج تابش	قطره های آب و یخ	پراکنندگی یکنواخت در طول موجهای مسرتی و نزدیک مرئی	در طول موجهای بلند مرئی اثر می گذارد.
رامند	هر اندازه ای	هر نوعی	پراکنندگی یکنواخت در طول موجهای مسرتی و نزدیک مرئی	در طول موجهای بلند مرئی اثر می گذارد.

۲-۸ نوسانات گرمای تشعشی در طول روز

واکنش اجسام نسبت به انرژی تشعشی الکترومغناطیسی خورشیدی متفاوت و مقدار گرمای تشعشی برخی از اجسام در طول شبانه روز ثابت است. برخی پدیده های دیگر، گرمای تشعشی متغیری دارند. سریعترین تغییرات گرمای تشعشی در موقع طلوع و غروب آفتاب اتفاق می افتد. در مواقعی که منحنی های گرمای تشعشی دو جسم مختلف با یکدیگر تلاقی می کند، بدیهی است که هیچ گونه تفاوتی در گرمای تشعشی آن ها در آن لحظه بخصوص وجود ندارد. این حالت را در اصطلاح « تقاطع گرمایی » می نامند. از این رو، در تجزیه و تحلیل ارقام حاصل از

سنجنده های ماهواره ای، در تفسیر عکس ها یا تصاویر فرسوخ گرمایی، موقع روز (ساعت تهیه عکس و تصویر) و نیز ویژگی های اجسام مختلف و واکنش آن ها در برخورد با انرژی تابشی الکترومغناطیسی از اهمیت ویژه ای برخوردار است [۵].

۹-۲ سنجنده ها

در امر سنجش از دور سیستم های سنجنده با ویژگی های مختلف بهره برداری می شود، که از مهمترین انواع آن ها می توان از سیستم های عکس برداری و ماهواره ای نام برد. تقسیم دوگانه فوق شاید نارسا باشد، زیرا هر یک از سیستم های یاد شده خود به سیستم های ثانوی تقسیم می شوند، آن چه در این تقسیم بندی ساده، مهم به نظر رسیده و معیاری برای طبقه بندی شناخته شده، با توجه به ارقام یا داده های آن ها است. ابزار سنجش از دور به طور کلی دارای دو ویژگی متمایز هستند: تصویرگر با داده های تصویری و غیر تصویرگر با داده های رقومی یا غیر تصویری. نوع اول سنجنده ها شامل انواع دوربین های عکس برداری (اعم از زمینی یا هوایی) با عدسی های مختلف است که با فیلم های متناسب، عکس برداری در طیف های ماورای بنفش، مرئی و فرسوخ را انجام می دهند. سنجنده های غیر تصویری شامل ماهواره ها (اعم از ماهواره های منابع زمینی، دریایی یا دیگر ماهواره ها) است. این نوع سنجنده ها قادرند در محدوده وسیعتری از طیف الکترومغناطیس به سنجش و کسب اطلاعات از منابع زمینی، دریایی، جوی و غیره بپردازند. سنجنده ها بر اساس منبع انرژی به صورت زیر طبقه بندی شده اند [۴]:

الف - سنجنده های فعال:

این سنجنده ها، خود دارای مولد انرژی الکترومغناطیسی هستند. این انرژی ها، به طرف پدیده مورد نظر، فرستاده شده و بازتاب آن ها جمع آوری و ثبت می گردند، مثل عکاسی با فلاش، میکروموج فعال و رادار یا تشخیص و مسافت یابی رادیویی. رادار می تواند تهیه تصویر را در شب یا روز، در هوای ابری یا بارانی سبک انجام داده و این عوامل هیچ اثری در کیفیت تصویر نمی گذارند. امواجی که بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند، دارای طول موجی برابر با $3/3 - 0/8$ میکرومتر می باشند.

ب - سنجنده های غیر فعال:

این سنجنده ها خود دارای مولد انرژی نیستند تا به طرف پدیده بفرستند. بلکه انرژی منعکس شده از پدیده های مختلف زمین را که اشعه الکترومغناطیسی خورشید به آن ها تابیده است، جمع آوری می کنند. مثل عکس برداری در روز با انواع دوربین ها، اسکنرها و میکروموج غیر فعال.

۲-۹-۱ سنجنده های هوایی

برای ثبت تصویرهای تابش الکترومغناطیسی که از سطح زمین بازتابیده یا گسیل می شود، چهار نوع دستگاه وجود دارد که بر عرشه هواپیما نصب می شوند. این دستگاه ها عبارتند از: اسکن کننده های چند طیفی^۱ و اسکن کننده های خطی فرورسرخ گرمایی^۲ که تابش هایی با طول موج های کوتاهتر از $14\mu\text{m}$ را ثبت می کنند، و رادارهای هوایی پهلونگر^۳ و اسکن کننده های میکروموج غیر فعال^۴، که تابش های با طول موج های بلندتر از 5 mm را ثبت می کنند [۷]. اسکن کننده های میکروموج غیر فعال نسبت به قیمتشان کیفیت بالایی ندارند و بنابراین بر خلاف سه دستگاه دیگر در مورد آن ها بحث نخواهیم نمود.

عکس برداری هوایی علاوه بر محدوده ای از طیف مرئی با طول موج های $0.4\mu\text{m}$ تا $0.7\mu\text{m}$ قسمت هایی از طیف فرا بنفش با طول موج های $0.3\mu\text{m}$ تا $0.4\mu\text{m}$ و نیز بخش هایی از طیف فرورسرخ با طول موج های $0.7\mu\text{m}$ تا $0.9\mu\text{m}$ را شامل می شود، بنابراین می توان گفت که محدوده طول موج های $0.3\mu\text{m}$ تا $0.9\mu\text{m}$ از طیف الکترومغناطیس محدوده طیفی سنجش از دور به طریق عکس برداری را تشکیل می دهد. برخی از سنجنده های چند طیفی ماهواره ها نیز می توانند از منابع مختلف زمینی، دریایی یا هوایی در محدوده های مذکور، اطلاعات به دست آورند.

1. Multispectral Scanner
2. Thermal Infrared Linescanner
3. Sideways – Looking Airborne Radar
4. Passive Microwave Scanner

۹-۲-۱-۱ اسکن کننده چند طیفی

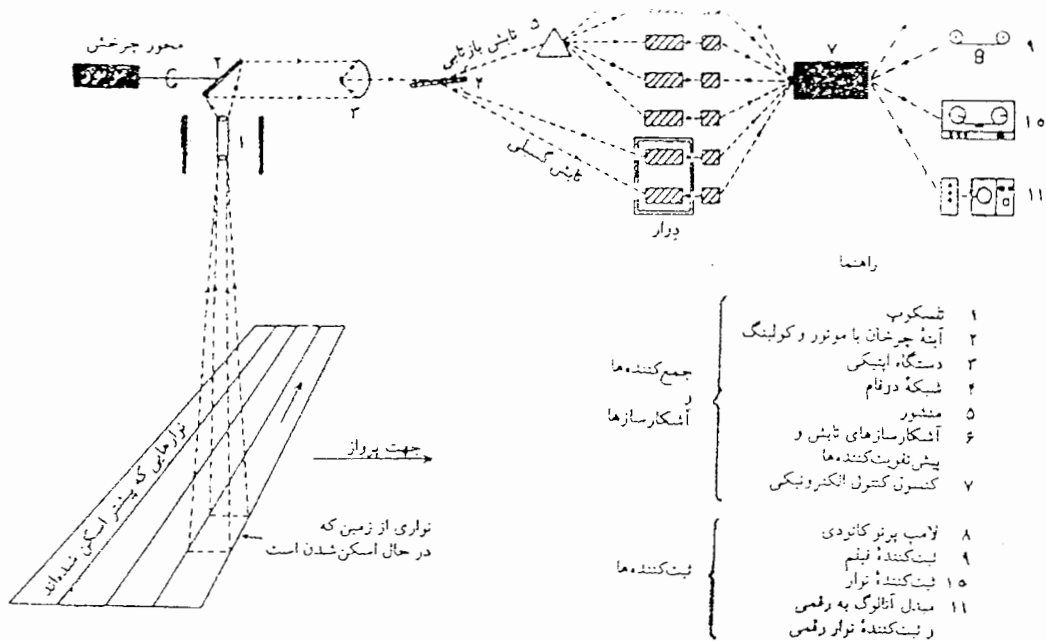
اسکن کننده های چند طیفی، تجهیزاتی نسبتاً ناشناخته برای تصویربرداری از سطح زمین هستند. این مطلب هنگامی که سه مزیت داده های اسکن کننده چند طیفی در عکس برداری هوایی در نظر گرفته می شوند، ممکن است شگفت انگیز باشد. اول این که، اسکن کننده های چند طیفی توان تفکیک تابشسنجی بسیار بالایی در باند موج های باریک و همزمان ثبت شده دارند؛ دوم این که، این باند موج ها بخش نسبتاً وسیعی از طیف الکترومغناطیسی از طول موج های فرا بنفش ($0.3 \mu\text{m}$) تا طول موج های فروسرخ گرمایی ($14 \mu\text{m}$) را شامل می شود و سوم این که، این داده ها را می توان به صورت رقمی برای تصحیح و تحلیل کمی ذخیره کرد. اما، این مزیت ها اغلب تحت الشعاع دو نقطه ضعف بزرگ آن ها قرار می گیرد که عبارتند از: محدودیت دسترسی به سنجنده و هزینه بالای آن.

در سال های اخیر، سه عامل باعث تشویق استفاده از داده های اسکن کننده چند طیفی شده است. اول، دسترسی فزاینده به این اطلاعات از طریق پروژه هایی که توسط دولت ها پشتیبانی می شوند. دوم، استفاده صنعتی از داده های اسکن کننده خطی فروسرخ گرمایی رقمی برای مطالعه کمی افت گرمایی و سوم، رشد سریع دسترسی به تجهیزات برای پردازش داده های اسکن کننده چند طیفی رقمی.

۹-۲-۱-۲ نحوه کار اسکن کننده چند طیفی

اسکن کننده چند طیفی، تابندگی سطح زمین را در راستای خط اسکن، که بر خط مسیر هواپیما عمود است، اندازه گیری می کند. همچنان که هواپیما به سمت جلو حرکت می کند، اندازه گیری تکراری تابندگی امکان ایجاد یک تصویر دو بعدی را فراهم می آورد. این اسکن کننده ها از اواسط دهه ۱۹۶۰ در دسترس بوده اند و تا به امروز بدون تغییر در طرح اولیه خود باقی مانده اند. این اسکن کننده ها از یک بخش جمع کننده^۱، بخش آشکار ساز^۲ و یک بخش ثبت^۳ تشکیل شده اند (شکل ۲-۳) [۷].

1. Collector
2. Detector
3. Recorder



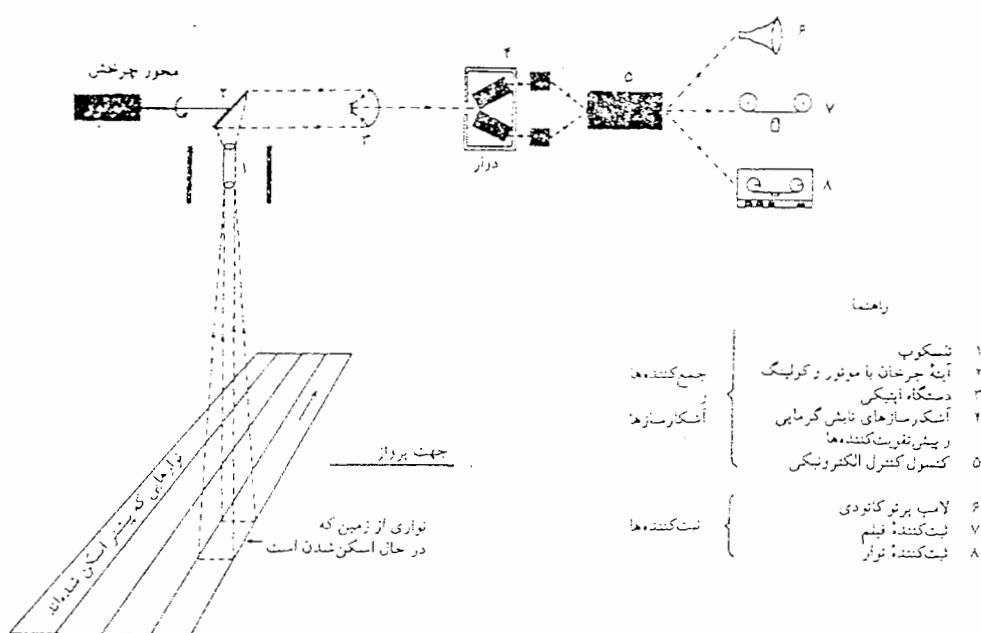
شکل ۲-۳: نموداری نمایشی از یک اسکن کننده چند طیفی. تابش رسیده از سطح زمین از یک تلسکوپ (۱) که بر یک آینه چرخان با موتور و کولینگ (۲) کانونی شده عبور می کند. این تابش سپس به سوی بخش نوری یا اپتیکی (۳) بازتابیده می شود. پس از آن تابش از یک شبکه دو رنگی (۴) عبور داده می شود و به دو قسمت تابش بازتابی و گسیلی تقسیم می شود. تابش بازتابی با استفاده از یک منشور (۵) به مؤلفه های طیفی خود تقسیم می شود و با آشکارسازها و پیش تقویت کننده ها (۶) تقویت می شود. در این حال تابش گسیلی گرمایی به طور مستقیم به ثبت کننده های گرمایی و پیش تقویت کننده ها (۶) می رود. تمام اطلاعات به صورت الکترونیکی بوسیله کنسول الکترونیکی (۷) کنترل می شود. در داخل این کنسول می توان دستگاه های ثبت گوناگونی نصب کرد [۷].

۲-۹-۱-۳ اسکن کننده خطی فرورسرخ گرمایی

اسکن کننده های خطی فرورسرخ گرمایی که برای استفاده نظامی در سال های دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ میلادی توسعه یافتند، در ابتدا برای جاسوسی شبانه و سپس برای مکان یابی وسایل نقلیه موتوری و آتش اردوها مورد استفاده قرار گرفتند. در اوایل سال های دهه ۱۹۶۰ استفاده از آن ها در کاربردهای غیر نظامی آغاز شد و از آن زمان تاکنون در بسیاری از کاربردهای علوم محیط زیستی از آن ها استفاده می شود [۷].

۲-۹-۱-۴ نحوه کار اسکن کننده خطی فرورسرخ گرمایی

اسکن کننده های خطی فرورسرخ گرمایی اولیه دارای دو آشکار ساز گرمایی بودند و تصویر را بر روی یک فیلم عکاسی ثبت می کردند. اما اسکن کننده های خطی فرورسرخ گرمایی امروزی اغلب بخشی از یک اسکن کننده چند طیفی هستند که داده ها به صورت رقمی ثبت می شود. در هر دو این سیستم ها، دانشمندان محیط زیست باید مشخص کنند که چه باند موجی را مورد استفاده قرار می دهند، در چه موقع از روز تصویربرداری انجام می دهند و روش درجه بندی تقریبی آن ها چیست (شکل ۲-۴) [۷].



شکل ۲-۴: نمایشی نموداری از اسکن کننده خطی فرورسرخ گرمایی. تابش گسیل شده از سطح زمین از یک تلسکوپ (۱) عبور می کند. این تلسکوپ بر روی یک آینه چرخان (۲) کانونی شده است. آینه تابش را بر دستگاهی نوری (۳) می تاباند. سپس این دستگاه نوری، تابش را بر دو آشکارساز فرورسرخ گرمایی (۴) کانونی می کند. یکی از این آشکارسازها نسبت به تابش در باند موج $3\mu\text{m}$ تا $5\mu\text{m}$ و دیگری به تابش در باند موج $8\mu\text{m}$ تا $14\mu\text{m}$ حساس است. سیگنال الکترونیکی با استفاده از پیش تقویت کننده ها، پیش از آن که به کنسول کنترل الکترونیکی (۵) وارد شود، تقویت می گردد. یک یا چند دستگاه ثبت کننده در کنسول کنترل الکترونیکی نصب است [۷].

۲-۹-۱-۵ رادار هوایی پهلونگر

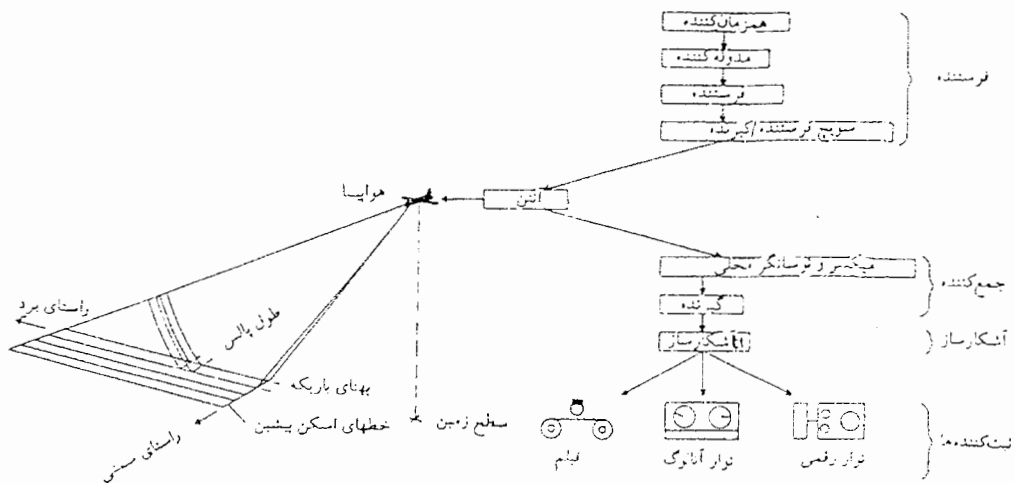
رادار هوایی پهلونگر عوارضی را که در جنب خط پرواز هواپیما قرار دارند سنجش می کند. این رادار با ارسال پالس ها با طول موج بلند تر از طول موج های رادیویی تابش الکترومغناطیسی، اول شدت پالس های بازگشتی به هواپیما را برای آشکار سازی اجسام ثبت کرده و دوم زمان لازم برای رفت و برگشت پالس به هواپیما را برای تعیین فاصله اجسام نسبت به هواپیما اندازه گیری می کند. نظر به این که این پالس ها عمود بر مسیر حرکت هواپیما گسیل می شوند، حرکت هواپیما باعث می شود که خط های پالس بتوانند تصویری بوجود آورند.

هر چند استفاده از رادار در علوم محیط زیستی نسبتاً جدید است، اما قریب به یک قرن است که وجود دارد. در اواسط سال های دهه ۱۸۸۰، تجهیزات آزمایشگاهی آن قدر توسعه یافته بودند که برای تعیین اندازه و مکان یابی اجسام دور، از ارسال پالس استفاده می کردند. اما اندیشه ایجاد تصویر سطح زمین، با استفاده از آنتن چرخان، برای نخستین مرتبه در خلال جنگ جهانی دوم در بریتانیا بوجود آمد. این رادارهای اولیه، تصویرهایی با توان تفکیک پایین از نواحی بزرگ ایجاد می کردند. برای بدست آوردن تصویرهایی با توان تفکیک بالا از نواحی کوچکتر، آنتن رادار در زیر هواپیما نصب شد و بدین ترتیب رادار هوایی پهلونگر متولد گردید. در سال های دهه ۱۹۵۰ استفاده از این نوع رادار در جنگ شتاب زیادی به خود گرفت، زیرا مستقل بودن این رادار از نور خورشید و شرایط آب و هوایی آن را به ابزاری ایده آل برای عملیات شناسایی جنگی تبدیل کرد. در سال های دهه ۱۹۶۰، استفاده غیر نظامی از رادار پهلونگر آغاز شد، اما تا سال های دهه ۱۹۷۰ استفاده از آن چندان گسترش نیافت [۷].

۲-۹-۱-۶ نحوه کار رادار هوایی پهلونگر

مانند اسکن کننده چند طیفی یا اسکن کننده خطی فرسوخ گرمایی، هر رادار هوایی پهلونگر دارای جمع کننده ها، آشکار سازها و ثبت کننده ها و علاوه بر این ها فرستنده^۱ و آنتن نیز هست (شکل ۲-۵) [۷].

فرستنده پالس هایی از انرژی میکروموج تولید می کند که با یک همگام کننده^۱ (همزمان کننده) زمان بندی شده و با یک مدوله کننده^۲ با توان معینی استاندارد می شوند [۷]. برای کسری از ثانیه سوئیچ فرستنده / گیرنده برای فرستادن پالس روشن می شود و فرستنده پالس میکروموجی را از آنتن ارسال می کند. سپس سوئیچ فرستنده / گیرنده به وضع اولیه خود باز می گردد و آنتن به دریافت پالس هایی که از سطح زمین پس پراکنده شده اند، ادامه می دهد. این پالس ها برای تقویت شدن و پردازش بعدی بوسیله یک مخلوط کننده و نوسانگر به شکل مناسبی تبدیل می شوند. پس از طی این مراحل، پالس ها وارد گیرنده می شوند. گیرنده، سیگنال را پیش از ارسال آن به آشکار ساز تقویت می کند. آشکار ساز سیگنالی الکترونیکی تولید می کند که برای ثبت بر روی فیلم عکاسی یا نوار آنالوگ یا رقمی مناسب است.



شکل ۲-۵: نمایشی نموداری از یک رادار هوایی پیلونگر. ملاحظه می شود که رادار هوایی پیلونگر یک پالس میکروموج از طریق آنتن خود به سوی هدف می فرستد و سپس میکروموج های پس پراکنده شده از سطح زمین را با استفاده از همین آنتن گردآوری، آشکارسازی و ثبت می کند [۷].

1. Synchroniser
2. Modulator

۲-۹-۲ سنجنده های غیر تصویری (ماهواره ای)

منظور ما از سنجنده های غیر تصویری آن دسته از سنجنده ها هستند که ابزار سنجشی آن ها به طور مستقیم تصویر تهیه نمی کند، بلکه حاصل سنجش آن ها، اطلاعاتی از شدت و ضعف انرژی بازتابی از عوارض زمینی است. شدت و ضعف انرژی بازتابی بوسیله سنجنده های ماهواره ها دریافت و پس از عملیات مخصوص بصورت علایم رادیویی به زمین مخابره می شود. برخی از سیستم سنجنده های غیر تصویری، برای مأموریت های کوتاه مدت و برخی برای مدت های طولانی در فضا به سنجش ویژگی های منابع طبیعی و فرهنگی زمین اشتغال می ورزند. وانگهی برخی از این سیستم ها سرنشین دار و برخی دیگر به صورت خودکار و بدون سرنشین به فضا فرستاده می شوند تا به جمع آوری اطلاعات بپردازند. ایستگاه فضایی اسکای لب^۱ از جمله بزرگترین سیستم های یاد شده بود که از ماه مه ۱۹۷۳ تا فوریه ۱۹۷۴ به کار سنجش در فضا اشتغال داشت. ایستگاه فضایی مذکور بوسیله موشک ساترن^۲، به فضا پرتاب شده بود [۳].

۲-۹-۳ سنجنده های لندست

ماهواره های لندست همگی دست کم دو نوع سنجنده با خود به همراه داشته اند، یک سیستم اسکن کننده چند طیفی و یک اسکن کننده نقشه بردار موضوعی یا دوربین های تلویزیونی ویدیکون باریکه برگشتی.

در مجموعه ماهواره های لندست که تاکنون ۵ تا از آن ها به فضا فرستاده شده است، در مجموع سه نوع سنجنده به کار گرفته شده است که در زیر به اختصار آورده می شود:

لندست اول تا پنجم تمامی ماهواره ها دارای سنجنده نظاره گر چند طیفی^۳ (MSS) بوده اند. سیستم سنجنده دیگری به نام RBV^۴ در ماهواره های اول تا سوم به کار گرفته شده بود که در لندست های چهارم به بعد با به کار گرفتن سنجنده پر قدرت دیگری به نام سنجنده T.M^۵

1. Sky Lab
2. Satern
3. Multi - Spectral Scanner
4. Return Bean Vidicon
5. Thematic Mapper

سیستم RBV اهمیت خود را از دست داد. در زیر به شرح کار سنجنده های مذکور و محدوده عمل آن ها در طیف الکترومغناطیس می پردازیم.

۱-۳-۹-۲ سیستم سنجنده RBV

دوربین اشعه برگشتی ویدیکون که به اختصار سیستم آر.بی.وی نامیده می شود، برای عکس برداری تلویزیونی از سطح زمین در لندست های اول تا سوم به کار گرفته شد. این سیستم دارای سه دوربین مستقل است که به صورت همزمان قادرند از زمین عکس برداری کنند، با این تفاوت که هر یک از دوربین های یاد شده به محدوده متفاوتی از طیف الکترومغناطیس به شرح زیر حساسیت دارند:

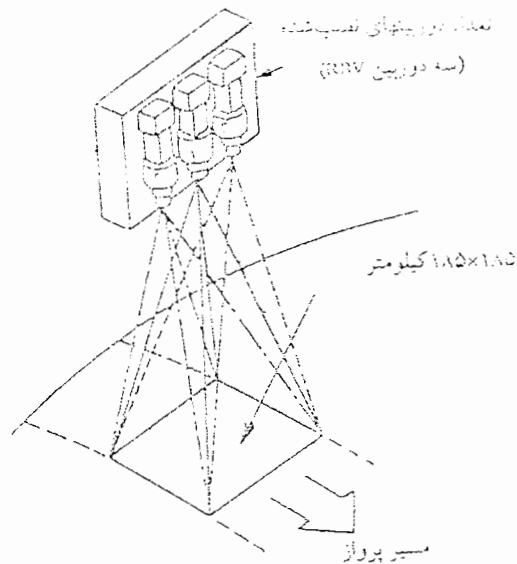
دوربین اول با نام باند یک در محدوده ۰/۴۸۰ تا ۰/۵۷۵ میکرومتر

دوربین دوم با نام باند دو در محدوده ۰/۵۸۰ تا ۰/۶۸۰ میکرومتر

دوربین سوم با نام باند سه در محدوده ۰/۶۹ تا ۰/۸۳ میکرومتر

ملاحظه می شود که باندهای انتخاب شده اول و دوم تنها در طیف مرئی و فقط قسمتی از باند سوم در محدوده فرورسرخ انعکاسی عمل می کنند از آن جا که سیستم سنجنده مذکور انرژی بازتابی خورشیدی را اندازه گیری می کند، فقط قادر است در طول روز و در مدتی که ارتفاع خورشیدی از افق بیش از ۱۰ درجه باشد، عمل کند. روش کار بدین گونه است که در موقع اکسپوز تصویر از صحنه زمینی زیرگذر ماهواره به ابعاد 185×185 کیلومتر بر روی لامپ تصویر دوربین نقش بسته و بعد از اتمام اکسپوز تصویر حاصل با عمل اسکن (قرائت) اشعه الکترونی به صورت علائم ویدیویی در می آید. عمل مذکور برای هر یک از دوربین ها $3/5$ ثانیه به طول می انجامد. عمل اسکن تصویر برای دوربین های سه گانه یاد شده به طور متوالی صورت می گیرد. دوربین های مذکور از هر ۲۵ ثانیه یک بار عمل اکسپوز را انجام می دهند، طرز قرارگیری دوربین های ویدیکون در لندست های اول و دوم در شکل ۲-۶ نشان داده شده است. صحنه تصویرگری دوربین ها منطبق بر یکدیگر است [۳].

سیستم سنجنده آر.بی.وی نصب شده در ماهواره لندست سوم با سیستم به کار گرفته شده

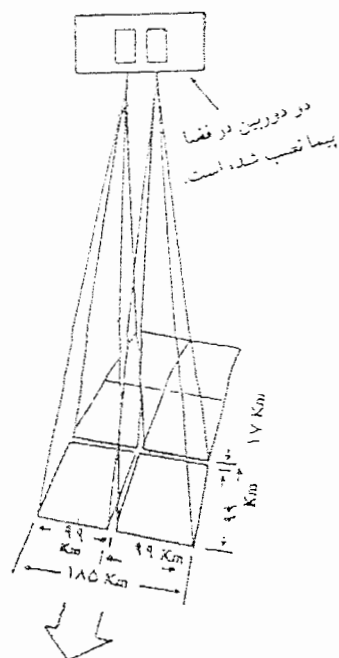


شکل ۲-۶: طرز قرار گیری دوربین های RBV و زمینه تصویرگیری آن ها در ماهواره های لندست اول و دوم [۷].

در لندست های قبلی بسیار متفاوت است. به طوری که در این ماهواره نوع دوربین پان کروماتیک^۱ بوده و تعداد آن ها به دو دوربین تقلیل یافته است که در عمل به جای تصاویر از یک صحنه، هر یک از آن ها از یک چهارم صحنه 185×185 کیلومتری زمین، تصاویر همجوار تهیه می کنند؛ بنابراین ناحیه تصویرگیری هر دوربین مجزا بوده و برای تهیه پوشش کامل از تمامی صحنه 185×185 کیلومتری، هر یک از دوربین های پان کروماتیک یاد شده دو عمل اکسپوز انجام می دهند. در این سیستم صحنه تصویرگری زمینی به ابعاد 99×99 کیلومتر است و در نتیجه از زمین 185×185 کیلومتری چهار تصویر تهیه می شود، طرز قرار گرفتن و عمل دوربین های پان کروماتیک نصب شده در ماهواره لندست سوم در شکل ۲-۷ دیده می شود با مقایسه آن با شکل ۲-۶ تفاوت عمل این سیستم را می توان بررسی کرد. محدوده عمل هر دو دوربین های پان کروماتیک در طیف مرئی بوده، از $0/51$ تا $0/75$ میکرومتر گسترش یافته است. در این دستگاه نیز بعد از عمل اکسپوز تصویر بالقوه با عمل اسکن الکترونی به صورت علایم ویدیویی در می آید. دو تصویر همجوار تهیه شده، علاوه بر پوشش 185 کیلومتری مقداری هم با یکدیگر پوشش مشترک ایجاد می کنند. بدیهی است با کوچکتر شدن پوشش زمینی هر یک از دوربین ها، قدرت تفکیک زمینی آن ها به طور فوق العاده ای بهبود می یابد. هر یک از دوربین های مذکور از هر

1. Panchromatic

۱۲/۵ ثانیه یک بار عمل اکسپوز را انجام می دهند. علاوه بر این، برای دستیابی به قدرت تفکیک بهتر، فاصله کانونی دوربین ها حدود ۲۵۰ میلی متر انتخاب شده که این مقدار، نسبت به دوربین های ویدیکون نصب شده در لندست های اول و دوم، دو برابر افزایش یافته است. بدین ترتیب، مهمترین تغییرات دوربین های تصویرگیری لندست اول و دوم و لندست سوم را می توان در محدوده های طیفی، زمان بندی، فاصله کانونی دوربین و بهبود بخشیدن به لنز دوربین خلاصه کرد [۳].

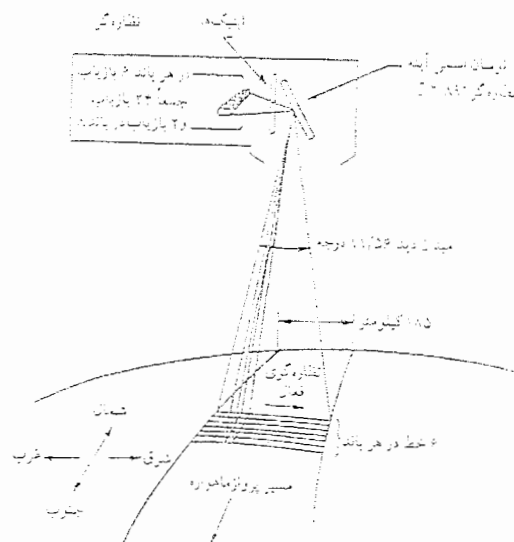


شکل ۲-۷: طرز قرار گرفتن دوربین های RBV و صحنه تصویرگیری آن ها در ماهواره لندست سوم [۷].

۲-۳-۹-۲ سیستم سنجنده چند طیفی MSS

سیستم چند طیفی MSS وسیله سنجش از دوری است که قادر است در مسیر ماهواره از صحنه زمینی زیر ماهواره، به عرض کمی بیش از ۱۸۵ کیلومتر نظاره گری کند. مسیر سنجش مذکور عمود بر مسیر ماهواره است و عمل سنجش به وسیله آینه نوسان یا آینه نظاره گر (به طوری که در شکل ۲-۸ دیده می شود) انجام می گیرد. آینه نظاره گری در نوسان خود از غرب به شرق فعال است و عمل سنجش را انجام می دهد. در برگشت از شرق به غرب خاموش است و پس از رسیدن به مکان اولیه، دوباره به طرف شرق نوسان می کند این عمل به صورت مداوم ادامه

پیدا می کند تا این که از صحنه زمینی 185×185 کیلومتری، تصویر گرفته و تمامی صحنه کاملاً سنجش می شود. در سری ماهواره ای لندست تا چهار باند سنجش چند طیفی کار گذاشته شده که محدوده عمل آن ها در جدول ۲-۳ آمده است [۳].



شکل ۲-۸: نمایش شماتیک عمل نظاره گری سیستم MSS ماهواره های لندست [۷].

جدول ۲-۳: چهار باند موج ثبت شده توسط سیستم اسکن کننده چند طیفی که بر ماهواره سری لندست نصب بوده است [۷].

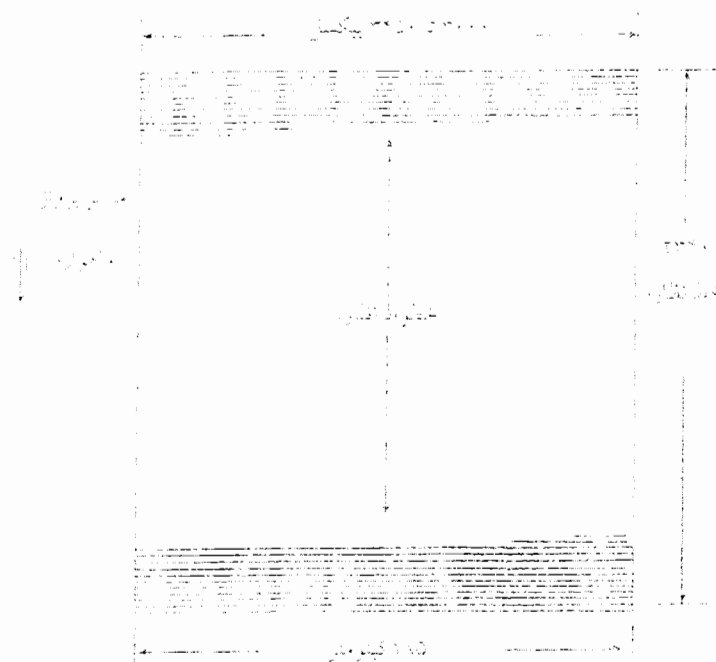
باند	طول موج (نانومتر)	پهنای باند (نانومتر)	تعداد پیکسل	تعداد خطوط	تعداد پیکسل در خط	تعداد پیکسل در خط	تعداد پیکسل در خط
۱	۰.۴-۰.۴۵	۰.۰۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵
۲	۰.۵۵-۰.۶۵	۰.۱۰	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵
۳	۰.۶۵-۰.۸۵	۰.۲۰	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵
۴	۰.۸۵-۱.۱	۰.۲۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵

در لندست سوم یک باند اضافی برای سنجش میزان رطوبت صحنه تصویرگری تعبیه شده بود که به علت عدم کارایی در لندست های بعدی حذف شد. شماره باندها در سیستم سنجنده چند طیفی MSS از چهار آغاز می شود تا از بروز اشتباه با باندهای یک تا سه سیستم سنجنده

RBV جلوگیری به عمل آید. هر یک از باندهای یاد شده دارای بازتاب هایی هستند که قادرند اشعه بازتابی از عوارض زمینی از طریق آینه نوسان کننده را بگیرند و به سیستم تقویت کننده داخلی ماهواره هدایت کنند. تعداد بازتاب ها در هر یک از باندهای ۴ تا ۷، شش تا است و مجموع آن ها برای چهار باند به ۲۴ بازتاب بالغ می گردد. بازتاب های به کار گرفته شده با توجه به عمل ویژه ای که انجام می دهند در باندهای مختلف انواع متفاوت دارند، به طوری که در باندهای ۴ و ۵ و ۶ از بازتاب های Photo Multi Pliers و در باند ۷ برای واکنش بهتر در طیف مادون قرمز از بازتاب های Silicon Photo Diodes و در باند ۸ ماهواره لندست سوم از بازتاب های Cadmium – Tellurides جیوه ای بهره برداری شده است. در باند ۸ که فقط در ماهواره لندست سوم کار گذاشته شده بود، تعداد بازتاب ها به دو بازتاب تقلیل یافته است. بدین ترتیب سیستم MSS در فرآیند نظاره گری، از صحنه تصویرگیری در ۴ باند تصویر تهیه می کند. از آن جا که هر یک از بازتاب ها برای سنجش یک خط نظاره کفایت خواهد کرد، بنابراین هر یک از باندهای سنجنده چند طیفی MSS با هر بار نوسان آینه می توانند شش خط نظاره را سنجش کنند. میدان دید هر یک از بازتاب های باندهای چهار تا هفت سنجنده چند طیفی MSS در موقع نوسان آینه نظاره گر، زمینی به ابعاد 79×79 متر است که یک پیکسل نامیده می شود. در طول خط نظاره هر پیکسل با پیکسل بعدی حدود ۲۳ متر پوشش مشترک ایجاد می کند و بنابراین، ابعاد مفید هر پیکسل در روی زمین تقریباً برابر 57×79 متر خواهد بود. ابعاد واقعی زمینی میدان دید لحظه ای هر بازتاب به ویژگی های فاصله کانونی تلسکوپ های نصب شده در ماهواره، ارتفاع پرواز آن و ابعاد لامپ های نوری واقع در سطح کانونی سنجنده بستگی دارد. میدان دید لحظه ای باند هشت ماهواره لندست سوم، زمینی به ابعاد 237×237 متر تعیین گردیده است [۳].

با نوسان آینه از غرب به طرف شرق تصویر بازتاب شده در مخزن هر یک از بازتاب ها ذخیره می شود. به این ترتیب، در هر نوسان آینه، اطلاعات و علایم تصویری در شش خط نظاره در باندهای چهار تا هفت و دو خط نظاره در باند هشت ماهواره لندست سوم حاصل می آید. سرعت نوسان آینه نظاره گر $13/62$ هرتر در ثانیه و زمان رفت و برگشت آن برابر $73/42$ میلی ثانیه است. در نتیجه مدت نظاره گری آینه برابر با $36/71$ میلی ثانیه خواهد بود، به عبارت دقیقتر، مدت کسب اطلاعات آینه نظاره گر در حرکت غربی به شرقی آن ۳۳ هزارم ثانیه طول می کشد [۳].

در هر نوسان آینه در غرب به شرق، با در نظر گرفتن شش بازیاب در باندهای چهار تا هفت از زمینی به عرض ۷۹ متر در ۱۸۵ کیلومتر یا دو بازیاب برای باند هشت که هر بازیاب آن از زمینی به عرض ۲۳۷ متر در ۱۸۵ کیلومتر مجموعاً قطعه زمینی به ابعاد ۴۷۴ متر در ۱۸۵ کیلومتر سنجش می شود. بنابراین، برای بار دوم نوسان آینه لازم است که ماهواره ۴۷۴ متر در مسیر حرکت خود جابجا شود تا سری خط نظاره های دوم بلافاصله بعد از سری خط نظاره های اول قرارگیرد تا در نتیجه یک تصویر بالقوه ماهواره ای ثبت و حاصل آید. چنان که در شکل ۲-۹ دیده می شود، یک تصویر ماهواره ای با ۲۳۴۰ خط نظاره تشکیل می شود که هر خط نظاره حدود ۳۴۲۰ پیکسل را شامل می شود.



شکل ۲-۹: طرح شماتیک خطوط نظاره های یک تصویر ماهواره ای با سیستم سنجنده MSS ماهواره های

لندست [۳].

بدیعی است نوسانات ماهواره سبب می شود تا تعداد پیکسل ها در خطوط نظاره تعداد قطعی و ثابتی را نداشته باشد و اندکی تغییر کند. سرعت و ارتفاع ماهواره همراه با فاصله کانونی، اندازه لامپ های نوری و زمان بندی نوسان آینه نظاره گر به گونه ای انتخاب شده اند که کیفیت یاد شده را امکان پذیر می سازند. هنگام برگشت آینه نظاره گر از شرق به غرب، صفحه زمینی زیر

ماهواره با استفاده از وسیله مکانیکی از دید بازیاب ها مخفی می شود، تا عمل سنجش صورت نگیرد. علاوه بر این، در زمان بازگشت آینه که عمل سنجش متوقف می گردد، سنجنده های باندهای چهار تا هفت سیستم MSS با اکسپوز به لامپ کالیبرد شده ویژه ای در داخل ماهواره آزمایش می شوند. از نتایج حاصل از کالیبره شدن سنجنده ها به عنوان مرجع و مقایسه با علایم رادیویی بازیاب ها پی در پی استفاده می شود تا اصلاحات لازم در داده های ماهواره ای به عمل آید [۳].

۲-۹-۳-۳ سیستم سنجنده چند طیفی T.M

سنجنده چند طیفی نقشه های موضوعی که به اختصار T.M نامیده می شود، برای اولین بار در لندست چهارم به کار گرفته شد. از سیستم سنجنده T.M علاوه بر سنجنده چند طیفی MSS، در ماهواره های لندست اول تا چهارم استفاده می شد. عنوان نقشه بردار موضوعی برای سنجنده های جدید، به دلیل بهره برداری مورد نظر از سنجنده T.M است که می تواند نقشه های موضوعی و طبقه بندی شده ای را از عوارض و پوشش های زمینی تهیه کند. این سنجنده دارای هفت باند است که عمدتاً برای طبقه بندی محصولات کشاورزی و بالا بردن صحت و دقت طبقه بندی های محصولات یاد شده کشاورزی است [۳].

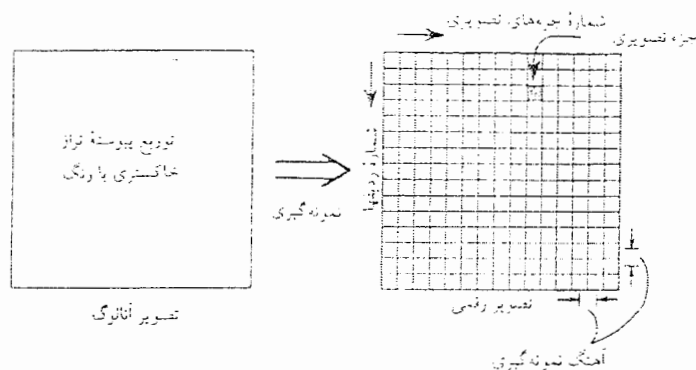
میدان دید لحظه ای سنجنده چند طیفی T.M در کلیه باندها جز باند ششم 30×30 متر و میدان دید لحظه ای باند ششم محدوده ای برابر 120×120 متر است. در مقایسه با توان تفکیک سیستم سنجنده MSS (79×79 متر) ملاحظه می شود که قدرت تفکیک سنجنده TM تا چه حد بالاتر و پیشرفته تر است.

۲-۱۰-۲ داده های مورد استفاده در سنجش از دور

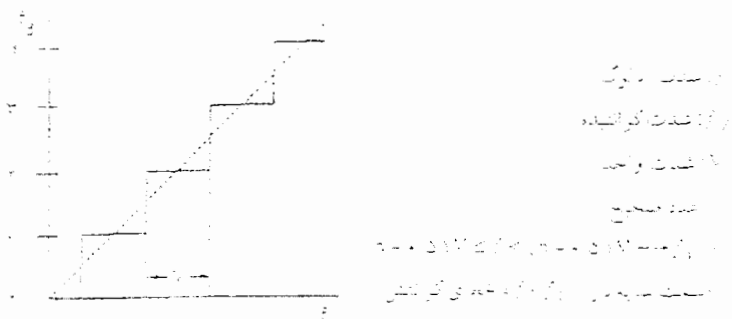
۲-۱۰-۱-۱ داده های رقمی

تصویرهایی با رنگ یا تن خاکستری پیوسته، مانند یک عکس را تصویرهای آنالوگ یا مانستی می نامند از طرف دیگر، یک گروه از سلول های کوچک تقسیم شده با مقدارهای عددی صحیحی از شدت میانگین را که نشان دهنده شدت مربوط به مرکز سلول است، تصویر رقمی

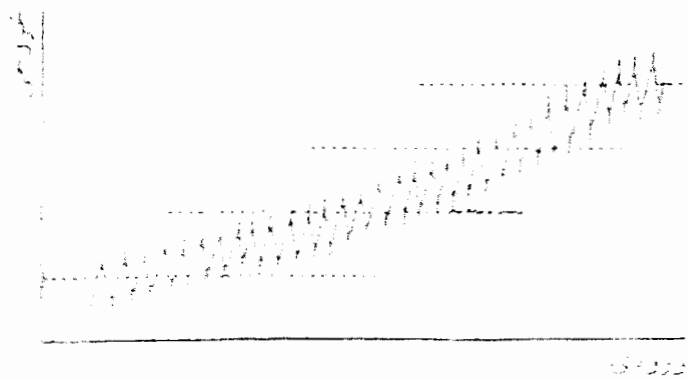
نامیده می شود [۲]. آن طور که در شکل ۲-۱۰ نشان داده شده است تقسیم بندی مکانی به گروهی از سلول ها را نمونه گیری می گویند، در حالی که مطابق شکل های ۲-۱۱ و ۲-۱۲، تبدیل تصویرهای آنالوگ به داده های تصویری رقمی را کوانتس می نامند [۲].



شکل ۲-۱۰: مفهوم نمونه گیری [۲].



شکل ۲-۱۱: مفهوم کوانتس [۲].



شکل ۲-۱۲: کوانتس در حالی که سیگنال دارای نوفه است [۲].

یک سلول تقسیم شده منفرد را پیکسل یا جزء تصویری می گویند. شکل سلول معمولاً برای سهولت استفاده در کامپیوتر به صورت مربع است، اگر چه به صورت مثلثی و شش ضلعی نیز در نظر گرفته می شود. یک تصویر رقمی دارای مختصاتی از شماره جزء های تصویری و شماره ردیف است که به طور معمول از چپ به راست برای شماره جزء تصویری، و از بالا به پایین برای شماره ردیف حساب می شود. مهمترین عامل در نمونه گیری، اندازه جزء تصویری، یا فرکانس یا فراوانی نمونه گیری است. اگر اندازه جزء تصویری بزرگ یا فرکانس نمونه گیری کم باشد ظاهر تصویر بد خواهد شد، در حالی که در حالت عکس حجم داده ها خیلی زیاد خواهد بود. بنابراین نمونه گیری مطلوب باید به دقت انجام گیرد.

قضیه نمونه گیری شانون، برای مشخص کردن حالت مطلوب نمونه گیری در زیر آمده است [۲]: « اگر نمونه گیری با نصف فراوانی ماکزیمم در فرکانس موج آنالوگ اولیه صورت پذیرد، هیچ اطلاعاتی از دست نخواهد رفت ».

پرسشی که در این جا مطرح می شود، چگونگی تعیین تعداد ترازهای کوانتس یا شدت واحد به عنوان مقسم است. اگر تعداد ترازها خیلی کم باشد، خطای کوانتس افزایش خواهد یافت. در حالت عکس همان طور که در شکل ۲-۱۲ نشان داده شده است، حجم داده ها توسط داده های فاقد اطلاعات به دلیل وجود تراز نوقه یا نویز افزایش خواهد یافت.

برای مثال در شکل ۲-۱۲، کوانتس باید به وسیله تراز بزرگتر از تراز نوقه انجام گیرد. در این مثال، انتخاب چهار تراز می تواند برای کوانتس مناسب باشد.

۲-۱۰-۲ داده های تصویری

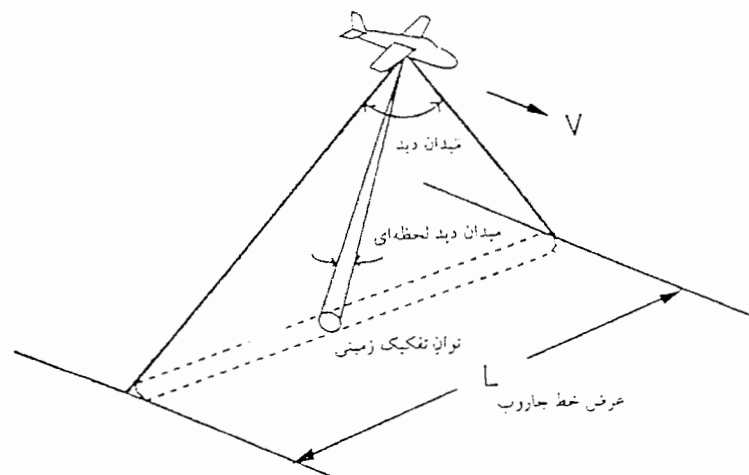
در سنجش از دور، داده های حاصل از باندها یا کانال های متعدد که گستره تابش الکترومغناطیسی را از فرا بنفش به امواج رادیویی تقسیم می کنند، داده های تصویری چند کانالی، داده های تصویری چند باندهی یا داده های تصویری چند طیفی می نامند. داده های تصویری چند کانالی به وسیله آشکار سازهای مختلف بدست می آیند [۲].

آن طور که در شکل ۲-۱۳ نشان داده شده است میدان دید لحظه ای IFOV زاویه متناظر با واحد نمونه گیری است. اطلاعات موجود در یک میدان دید لحظه ای به وسیله یک جزء

تصویری در صفحه تصویر نشان داده می شود. ماکزیمم زاویه دیدی که سنجنده به طور مؤثر می تواند انرژی الکترومغناطیسی را در آن آشکار سازی کند، میدان دید FOV، نامیده می شود. پهنای از زمین که متناظر با میدان دید می باشد، عرض خط جاروب خوانده می شود [۲].

مینیمم سطح یا فاصله قابل آشکار سازی در روی زمین را توان تفکیک زمینی می نامند [۲]. گاهی اوقات نیز ناحیه تصویربرداری شده در روی زمین را که متناظر با یک جزء تصویری یا میدان دید لحظه ای است، توان تفکیک زمینی می گویند.

به دلیل این که آشکار سازها در وضعیت های اندکی متفاوت نسبت به هم نصب می شوند، و راه نوری طول موج های مختلف کمی با هم اختلاف دارد، تصویرهای مربوط به داده های چند کانالی از لحاظ وضعیت هندسی یکسان نیستند. تصحیح چنین خطاهای هندسی بین کانال های مختلف را ثبت می نامند. اصطلاح ثبت را برای ثبت تصویرهای چند زمانی (چند گاهی) نیز به کار می برند.



شکل ۲-۱۳: میدان دید و میدان دید لحظه ای [۲].

داده های تصویری چند باندهای با ترکیبی از وضعیت مکانی (شماره جزء تصویری و شماره ردیف) و باند ارائه می شوند. فرمت داده ها برای تصویرهای چند باندهای به سه نوع زیر طبقه بندی می شود [۲].

الف) فرمت توالی باندها BSQ

داده های تصویری و (شماره جزء های تصویری و شماره ردیف ها) هر باند بصورت جداگانه مرتب می شوند.

ب) فرمت ردیف قرار گرفته در باند BIL

داده های خطی به ترتیب شماره باند مرتب شده و نسبت به شماره ردیف تکرار می شوند.

ج) فرمت جزء تصویری قرار گرفته در باند BIP

مجموعه ای از داده های چند باندهی توسط شماره جزء تصویری و شماره ردیف به طور مکانی نسبت به هر جزء تصویری مرتب می شوند.

در حالتی که خروجی تصویری رنگی باشد فرمت توالی باندها BSQ، مناسبتر است زیرا سه باند به رنگ های سرخ (R)، سبز (G) و آبی (B) اختصاص داده می شود. اما برای طبقه بندی توسط طبقه بندی کننده ماکزیمم احتمال فرمت جزء تصویری قرار گرفته در باند BIP، مناسبتر است. زیرا برای پردازش چند متغیری، داده های چند باندهی برای هر جزء تصویری مورد نیاز است. فرمت ردیف قرار گرفته در باند BIL، نیز در این میان حالت بینابینی میان فرمت های BSQ و BIP دارد. داده های سنجنش از دور معمولاً شامل داده های حاشیه ای متنوعی علاوه بر داده های تصویری است. از سال ۱۹۸۲ به این سو داده های تصویری ماهواره ای در فرمت استاندارد مرسوم به فرمت استاندارد جهانی یا فرمت LTWG (که توسط گروه کاری فنی لندست مشخص شده است) تهیه می شود. فرمت استاندارد جهانی دارای ساختار داده ای موسوم به ابر ساختار با سه ثبت از توصیف کننده حجم داده ها، نشان دهنده فایل و توصیف کننده فایل است که محتوای داده ها را توصیف می کنند. هر دو فرمت BSQ و BIL در فرمت استاندارد جهانی انتخاب می شوند.

۲-۱۰-۳ داده های کمکی

یک صفحه تصویر از ترکیب فایل های متعددی تشکیل شده است که هر کدام از این فایل ها نیز به نوبه خود از ترکیب چندین ثبت یا مدرک تشکیل شده اند [۲].

داده هایی غیر از داده های تصویری در فایل ها را داده های کمکی می نامند. داده های کمکی شامل توصیف فایل ها، داده های تصویری، سکو، سنجنده و پردازش داده ها و همچنین سایر داده ها مثل داده های تله متری است.

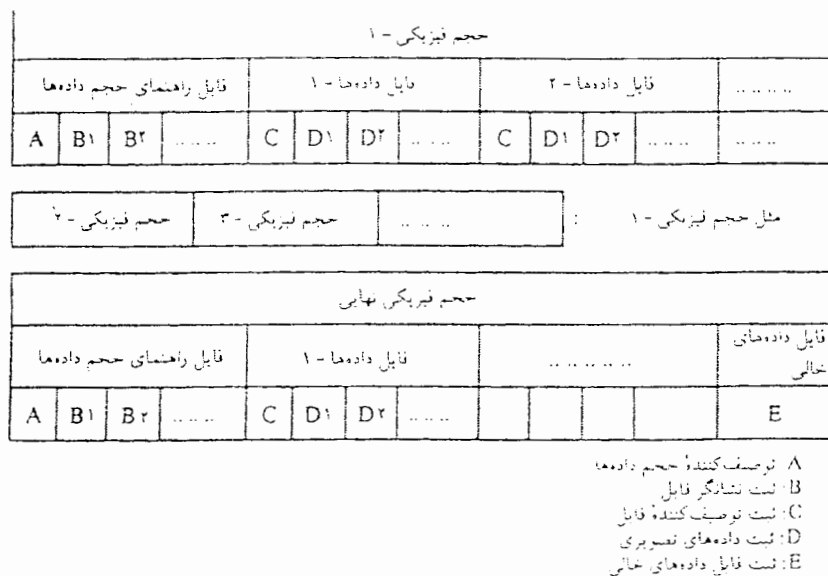
ساختار بنیادی فرمت استاندارد جهانی یا فرمت LTWG با فایل ها و مدارک در شکل ۲-۱۴ نشان داده شده است. فایل ها و مدارک در شکل بصورت زیر هستند [۲]:

فایل خواننده: شامل مدارک اصلی، مدارک فرعی، مدارک حاشیه ای و غیره.

فایل تصویر: شامل مدارک تصویری (اطلاعات خطی و داده های طیفی).

فایل یدکی: شامل مدارک یدکی (کیفیت داده ها).

فایل مکمل: شامل اطلاعات مربوط به ماهواره، آشکارساز و تصحیح داده ها و غیره.



شکل ۲-۱۴: فرمت LTWG [۲].

در این جا یک مدرک نوشتاری وجود دارد که در آن هر موضوعی شرح داده شده است. در فرمت LTWG، این مدرک نوشتاری در فایل راهنمای حجم داده ها قرار دارد. فرمت LTWG در رابطه با محتوای هر مدرک مشخصات ثابتی ندارد، در حالی که فرمت CEOS (کمیته ماهواره های مشاهده زمین) محتوای استاندارد ثبت هایی را مشخص می کند که احتمالاً در آینده بیشتر از فرمت LTWG مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۲-۱۰-۴ داده های زمینی

داده های زمینی که در بعضی موارد « واقعیت » زمینی خوانده می شود، عبارت از مشاهده، اندازه گیری و گردآوری اطلاعات درباره شرایط واقعی در روی زمین به منظور تعیین رابطه بین داده های سنجش از دور و شیء یا پدیده مورد مشاهده است [۲].

اطلاعات مربوط به دریا را نیز گاهی اوقات واقعیت دریایی می نامند.

به طور کلی داده های زمینی باید همزمان با اخذ داده ها از سنجنده یا دست کم در مدت زمانی که شرایط محیطی تغییر نکند، گردآوری شوند. البته نباید گمان کرد که استفاده از کلمه « واقعیت » در مورد واقعیت زمینی بدان معنا است که این گونه داده ها خالی از خطا هستند.

از داده های زمینی برای طراحی سنجنده، درجه بندی و معتبرسازی و سایر موارد تکمیلی استفاده می شود.

برای طراحی سنجنده مشخصات طیفی به وسیله طیف سنج اندازه گیری می شود تا گستره طول موج و عرض باند مطلوب تعیین گردد. برای مقاصد تکمیلی داده های زمینی را برای تجزیه و تحلیل و تصحیح داده ها بکار می برند. مورد اول، برای مثال، انجام بررسی های زمینی در یک ناحیه آزمایشی برای گردآوری داده های نمونه تمرینی به منظور طبقه بندی است. مورد دوم نیز مثلاً مطالعه نقاط کنترل زمینی برای تصحیح هندسی است.

مواردی که به وسیله داده های زمینی مورد بررسی قرار می گیرند به شرح زیر است [۲]:

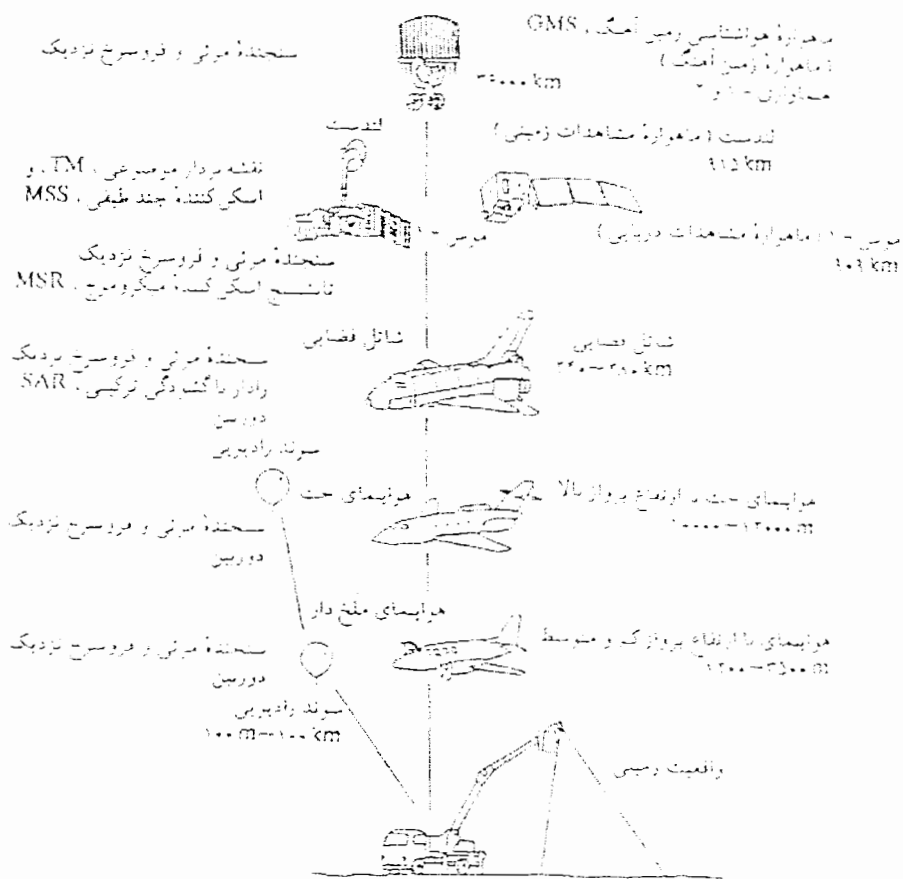
الف) اطلاعات درباره نوع شیء، وضعیت، مشخصه های طیفی، حالت های مختلف، دمای سطحی و غیره.

ب) اطلاعات درباره محیط زیست، سمت و ارتفاع خورشید، تابندگی خورشید، روشنی جو، دمای هوا، رطوبت، جهت وزش باد، سرعت باد، شرایط سطح زمین، ذرات آب معلق در هوا، و میزان بارش و غیره.

با توجه به هدفی که داریم، موارد بالا و زمان بررسی های زمینی باید به دقت انتخاب شود. داده های زمینی در درجه اول شامل ماهیت شیء مورد مشاهده، اندازه گیری به وسیله طیف سنج

و همچنین تفسیر بصری عکس های هوایی و مطالعه با استفاده از نقشه های موجود، و بررسی متون و آمارهای موجود می باشد.

در شکل ۲-۱۵ گردآوری داده ها از ارتفاعات مختلف، که شامل داده های زمینی می باشد، نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۵: گردآوری داده ها از ارتفاع های مختلف [۲].

از آن جا که گردآوری داده های زمینی مستلزم صرف وقت و هزینه بسیار است، بهتر است یک سایت آزمایشی برای طراحی سنجنده، درجه بندی و معتبرسازی، و تصحیح داده ها دایر شود. ناحیه آزمایش باید با توجه به سهولت مطالعه، تنوع ساختارهای موجود، شرایط آب و هوایی و غیره، به دقت انتخاب شود.

۲-۱۰-۵ داده های تعیین موقعیت زمینی

برای انجام تصحیح هندسی صحیح به نقاط کنترل زمین با مشخصات معلوم نیاز است. شرط لازم در مورد نقاط کنترل زمینی آن است که این نقاط باید هم روی تصویر و هم روی زمین یا نقشه قابل تشخیص و یکسان باشند و مختصات تصویری (شماره جزء تصویری و شماره ردیف) و مختصات جغرافیایی (عرض و طول جغرافیایی و ارتفاع) آن ها قابل اندازه گیری باشد [۲].

استفاده از نقشه توپوگرافی سهل ترین راه تعیین مکان نقاط کنترل زمینی است اما به دلیل این که در کشورهای در حال توسعه معمولاً نقشه در دسترس نیست، بنابراین بررسی های مربوط به کنترل را باید از قبل انجام داد.

امروزه سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS، مختصات جغرافیایی را در زمانی کوتاه با استفاده از گیرنده GPS با اندازه گیری اطلاعات زمانی از چند ماهواره ناوبری به دست می دهد.

۲-۱۰-۶ داده های نقشه ای

در سنجش از دور نقشه هایی برای اهداف خاصی مورد نیاز است. در زیر شرحی درباره نقشه های لازم برای سنجش از دور ماهواره آمده است [۲]. برای سنجش از دور هوایی معمولاً به نقشه هایی با مقیاس بزرگتر نیاز است.

الف) نقشه های توپوگرافی

نقشه های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ یا ۱/۵۰۰۰۰ برای انتخاب نقاط کنترل زمینی و استخراج مدل ارتفاعی رقمی^۱ (DEM)، به منظور تصحیح رقمی یا نمایش سه بعدی مناسب ترین وسیله هستند.

ب) نقشه های موضوعی

از نقشه های کاربری زمین، جنگل، خاک و زمین شناسی و غیره برای گردآوری داده های تمرینی به منظور طبقه بندی استفاده می شود. در این مورد نقشه های با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰ مناسب ترین هستند. نقشه های موضوعی را می توان به منظور تلفیق داده های

1. Digital Elevation Model

سنجش از دور و ایجاد یک سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ (GIS). که شامل اطلاعات موضوعی است، رقمی کرد.

ج) نقشه های اقتصادی-اجتماعی

واحدهای سیاسی، شبکه ترابری، توزیع جمعیت، آمارهای کشاورزی و صنعتی، سیستم مالیات، قیمت زمین و غیره عامل های مهمی برای کاربرد سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی، هستند.

در جدول ۲-۴ نقشه های مورد نیاز در سنجش از دور سیستم های اطلاعات جغرافیایی به طور خلاصه آمده است.

جدول ۲-۴: نقشه های مورد نیاز در سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی [۲].

نقشه	مردمها
نقشه های توپوگرافی	- انتخاب نقطه کنترل زمینی برای تصحیح هندسه
	- به عنوان یک نقشه پایه برای تفسیر
	- مدل ارتفاعی رقمی برای تصحیح رقمی
نقشه های موضوعی	- نقشه برداری آرتو فوئو و دید سه بعدی
	- رده بخت شیب و زمکشی برای تجزیه و تحلیل زمین
نقشه های اجتماعی-اقتصادی	- نمونه گیری داده های تمرین برای طبقه بندی
	- زمین سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی
	- کاربرد های سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی

دیده بان^۲ یا یویش و بررسی تصویری تغییرات جهانی با استفاده از سنجنده AVHRR^۱ ماهواره نوا. سنجنده اسکن کننده رنگی مناطق ساحلی^۳ (CZCS)، ماهواره نیمبوس یا ماهواره های هواشناسی زمین آهنگ برای تجزیه و تحلیل تغییرات محیطی زمین مهم است. در چنین مواردی، نقشه های جهانی که تمامی زمین را تحت پوشش قرار می دهند به عنوان مرجع مورد نیاز هستند. تاکنون، ارگان های مختلف سازمان ملل متحد نظیر یونسکو^۴، برنامه محیط زیست سازمان ملل

1. Geographic Information Systems
2. Advanced Very High Resolution Radiometer
3. Coastal Zone Colour Scanner
4. UNESCO

متحد، سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد^۲ و غیره و همچنین ناسا و نوا و دیگر سازمان های بین المللی نقشه های جهانی زیادی را تولید کرده اند.

۲-۱۰-۷ داده های زمینی رقمی

این داده های زمینی داده های توپوگرافی هستند که شامل ارتفاع زمینی، شیب سطح، انواع شیب ها و غیره می باشند و مدل زمینی رقمی^۳ (DTM)، یا مدل ارتفاعی رقمی (DEM)، نام دارند [۲].

۲-۱۱ ارسال و دریافت داده های ماهواره ای

داده های ارسالی از ماهواره های سنجش از دور نه فقط شامل داده های تصویری است، بلکه داده های تله متری از جمله دما، ولتاژ الکتریکی و جریان الکتریکی تجهیزات الکتریکی مختلف نصب شده بر عرشه ماهواره را نیز در بر می گیرد.

چنین داده هایی معمولاً در قالب یک سیگنال رقمی بصورت مدولاسیون کد پالس PCM^۴، با یک پالس دودویی ارسال می شوند، چرا که سیگنال رقمی دارای مزیت هایی چون، ضد نوفه بودن، نیاز به توان الکتریکی کم است و باندهای رادیویی باریکی را در اختیار می گذارد. از آن جا که حجم داده ها یا آهنگ ارسال آن ها بسیار بالا است، باندهای فرکانسی بالایی مانند باند S یا باند X که گستره ای بین چند گیگا هرتز تا ده ها گیگا هرتز را در بر می گیرد برای دستیابی به آهنگ ارسال بالا مورد استفاده قرار می گیرد [۳].

این داده ها عموماً در ایستگاه زمینی بطور مستقیم دریافت می شوند. اما این روش مستقیم فقط محدود به دریافت در زمانی است که ماهواره در معرض دید می باشد، یعنی بطور صوری چند درجه بالای افق. اما معمولاً قرار گرفتن در بالای افق برای دریافت مستقیم کفایت می کند.

دو روش برای ثبت داده های ماهواره ای در نواحی دیگری که خارج از زاویه دید ایستگاه

گیرنده است مورد استفاده قرار می گیرد. این دو روش عبارتند از [۳]:

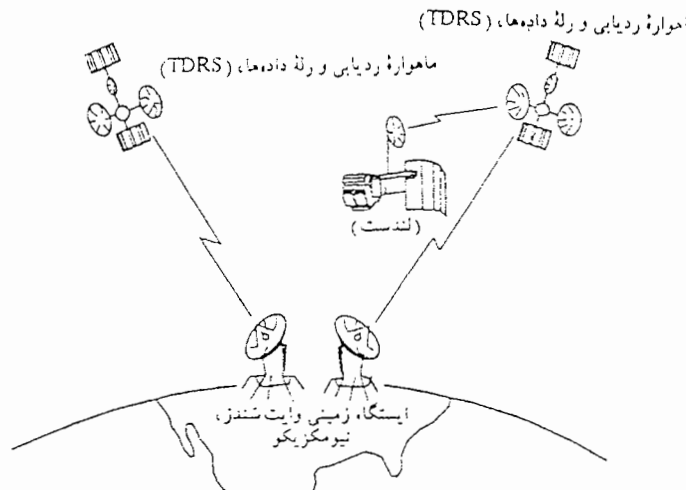
1. UNEP
2. UNFAO
3. Digital Terrain Model
4. Pulse Code Modulation

روش ثبت کننده داده های مأموریت (MDR)^۱

روش ماهواره ردیابی و رله داده ها (TDRS)^۲

روش ثبت کننده داده های مأموریت (MDR)، می تواند داده ها را از نواحی دیگری به جز مناطقی که تحت پوشش ایستگاه زمینی هستند ثبت کند، و سپس داده ها را هنگام عبور ماهواره از فراز ایستگاه زمینی به ایستگاه ارسال دارد. برای مثال ماهواره های نوا و اسپات و ماهواره منابع زمینی ژاپن- ۱ (جرس - ۱) از سیستم ثبت کننده داده های مأموریت استفاده می کنند.

ماهواره های ردیاب و رله داده ها (TDRS)، توسط ناسا بر بالای استوا در 41° و 171° غربی قرار داده شده اند و می توانند تمامی زمین را با ردیابی یک ماهواره کم ارتفاع و رله کردن داده ها به ایستگاه زمینی واقع در وایت سندز ایالت های متحد امریکا تحت پوشش قرار دهند (شکل ۲-۱۶). ماهواره های لندست - ۴ و ۵ با ماهواره های ردیاب و رله داده ها (TDRS)، در ارتباطند.



شکل ۲-۱۶: تجسمی از سیستم ماهواره های ردیاب و رله داده ها [۳].

در ابتدا همه داده های ویدیکپن باریکه برگشتی و سیستم اسکن کننده چند طیفی لندست توسط ایستگاه های گیرنده ناسا در فیرنبلکس آلاسکا و گداستون کالیفرنیا دریافت می شد، اما از

1. Mission Data Recorder
2. Tracking and Data Relay Satellite

سال ۱۹۷۲ ایستگاه های گیرنده جدید متعددی ساخته شده اند که هر یک مسئول دریافت داده های منطقه محدودی از جهان هستند. برای کشورهایی که در محدوده ایستگاه گیرنده قرار ندارند، به دست آوردن داده ها محدودیت دارد. برای مثال، بیشتر خاک عربستان سعودی خارج از برد نزدیکترین ایستگاه های گیرنده به این کشور است که در ایتالیا و هند قرار دارند و در نتیجه فقط ۴ درصد از کل تصویرهای سیستم اسکن کننده و چند طیفی لندست مربوط به عربستان سعودی ثبت شده است [۳].

حتی برای کشورهایی که در محدوده برد ایستگاه گیرنده هستند، تعداد تصویرهای موجود معمولاً کمتر از یکی در هر عبور است. برای مثال، در بریتانیا منطقه های کمی از کشور وجود دارند که به طور میانگین بیش از یک یا دو تصویر سیستم اسکن کننده و چند طیفی لندست با کیفیت مطلوب و بدون ابر از آن ها در هر سال گرفته شده باشد.

فصل سوم:

پردازش تصویر

۳-۱ مقدمه

اصطلاح تصویر مفیوم وسیعی دارد، به طوری که بنابر تعریف، به نمایشی از یک چیز اطلاق می شود و شامل مجسمه و نقاشی هم می شود. در محدوده سنجش از دور، به ثبت پیوسته یا گسسته از یک نمای دو بعدی تصویر گفته می شود. عکس هوایی مثالی از تصویر پیوسته است که در آن جزئیات به وسیله سیگنالی پیوسته که می توانیم آن را دیده و تفسیر کنیم نمایش داده می شوند. تصویر سیستم اسکن کننده چند طیفی لندست مثالی از یک تصویر گسسته است که در آن جزئیات در واحدهای رقمی گسسته که قابل رؤیت نیستند، نگهداری می شوند [۳]. اما می توانیم روی آن ها به طور کمی کار کنیم. این تقسیم ها برای هر نوع تصویر ثابت نیست، به طوری که توانایی تبدیل تصویر ها از حالت پیوسته به گسسته و بر عکس، لازمه اصلی بسیاری از شیوه های پردازش تصویر است. برای مثال، یک دانشمند محیط زیست ممکن است برای تحلیل رقمی بخواهد یک تصویر اسکن کننده خطی فرسرخ گرمایی پیوست را به یک تصویر گسسته تبدیل کرده و سپس برای تفسیر بصری دوباره آن را به تصویر پیوسته تبدیل کند.

نظر به این که همه تصویرهای سنجش از دور نمایش ضعیف از جهان واقعی هستند، دانشمندان محیط زیست توجه خود را هم به پردازش تصویر پیوسته و هم پردازش تصویر گسسته معطوف می دارند تا ارزش تصویرهای خاص برای کاربردهای خاص را به بیشترین حد برسانند [۳].

۳-۲ پردازش تصویر پیوسته

پردازش تصویر پیوسته را می توان برای تصحیح، واضح سازی و طبقه بندی همه انواع تصویرهای پیوسته انجام داد. پنج تا از معروف ترین تکنیک های تصحیح و واضح سازی عبارتند از [۷]: اول بزرگنمایی گزینشی برای تسهیل مشاهده جزئیات در یک منظره یا جدا کردن ناحیه یا

عارضه مورد مطالعه از سایرین؛ دوم، تغییر تباین یا کنتراست^۱ به عنوان وسیله ای برای مطلوب ساختن گستره تن های خاکستری تصویر که با افزودن تباین تصویر می توان به مکان یابی تغییرات تنی بسیار کم و با کاهش تباین تصویر به آشکار ساختن جزئیات ناحیه هایی که با تن بسیار تیره یا بسیار روشن در تصویر ظاهر شده اند پرداخت؛ سوم، واضح سازی لبه های تنی برای نقشه برداری گسل ها، شکستگی شیب عوارض زمینی و مرزهای بافتی در زمین شناسی؛ چهارم، تولید ترکیب های رنگی به عنوان وسیله ای برای دستکاری و نمایش تصویرهای چند بانندی از یک منظره به صورت یک تصویر رنگی؛ پنجم، صاف یا فیلتر کردن راستایی و فضایی برای حذف عوارض منظم در تصویر مانند خط های اسکن و نوارهای ابر، و بارزسازی باقی جزئیات.

فن طبقه بندی که اغلب از آن استفاده می شود، عمل تفکیک تاری است، به این معنی که تن های خاص در یک تصویر سنجش از دور، تراز به تراز تاری از هم مجزا می شوند. معلوم شده است که این کار برای مکان یابی مرزهای تاری و برای ایجاد ارتباط بصری ناحیه های نامجاوری که تن مشابه دارند بسیار مفید است [۷].

بنابراین به طور کلی پردازش تصاویر پیوسته را می توان شامل ۵ تکنیک اصلی تصحیح، واضح سازی، عملیات تبدیل، فیلتر کردن و طبقه بندی دانست.

برای پردازش تصویر پیوسته عمدتاً از هفت دستگاه استفاده می شود. این دستگاه ها عبارتند از: بزرگنمای عکس^۲، چاپگر رنگی دیازو^۳، داجر الکترونیکی^۴، میکرو تارینسج^۵ اسکن کننده، تصویر پرداز آنالوگ^۶، نمایشگر چند جمعی^۷ و پردازنده نوری^۸ [۷].

۳-۳ پردازش تصویر گسسته

تصویر گسسته شامل تعدادی از جزءهای تصویر منفرد به نام پیکسل یا جزء تصویری است، که هر یک از آن ها دارای شدت معین و آدرسی در فضای تصویر دو بعدی است [۷]. مقدار

-
1. Contrast
 2. Photographic Enlarger
 3. Diazo Colour Printer
 4. Electronic Dodger
 5. Scanning Microdensitometer
 6. Analogue Image Processor
 7. Multi - Additive Viewer
 8. Optical Processor

شدت جزء تصویری که با یک شماره رقمی یا ΔN ثبت می شود، به تراز انرژی الکترومغناطیسی رسیده به سنجنده از سطح زمین و تعداد ترازهای شدتی که برای مشخص ساختن گستره شدت تصویر بکار می رود، بستگی دارد. بسیاری از تصاویرهای سنجش از دور دارای گستره شدت ۸ بیتی (2^8) هستند که از صفر برای تابندگی یا بازگشت راداری کم تا ۲۵۵ برای تابندگی یا بازگشت راداری زیاد گسترده است [۷]. آدرس جزء تصویری در فضای تصویر دو بعدی با توجه به فاصله در راستای ردیف ها و گذرها معین می شود.

سه مرحله در پردازش تصویر گسسته وجود دارد: اول، تصاویرهای ذخیره شده بر روی نوارهای سازگار با کامپیوتر^۱ (CCT) که توسط کامپیوتر خوانده می شود؛ دوم، کامپیوتر این داده ها را به صورت مطلوب دستکاری و کنترل می کند و سوم، نتیجه های این دستکاری و کنترل نمایش داده می شود. این سه مرحله خواندن داده ها، پردازش و نمایش را می توان با استفاده از یک کامپیوتر بزرگ، یک میکرو کامپیوتر گرافیک دار یا یک تصویرپرداز رقمی که برای این منظور ساخته شده است انجام داد [۷]. تکنیک های پردازش تصاویر گسسته نیز مشابه تکنیک های پردازش تصاویر پیوسته شامل تصحیح، واضح سازی، عملیات تبدیل، فیلترسازی و طبقه بندی می باشد. لذا در این جا به شرح مهمترین تکنیک های پردازش تصاویر پیوسته و گسسته خواهیم پرداخت.

۴-۳ تصحیح

از مهم ترین تکنیک های تصحیح مورد استفاده در پردازش تصاویر ماهواره ای، تصحیح رادیومتری و هندسی می باشند. لذا در این جا به شرح آن ها می پردازیم.

۱-۴-۳ تصحیح رادیومتری

از آن جا که هر تصویر خطاهای رادیومتری یا تابشسنجی و خطاهای هندسی دارد، بنابراین تصحیح این خطاها ضروری است. تصحیح رادیومتری برای اجتناب از خطاهای رادیومتری یا اعوجاج است، در حالی که هدف از تصحیح هندسی از میان بردن اعوجاج هندسی می باشد [۳].

1. Computer Compatible Tape

زمانی که انرژی الکترومغناطیسی گسیل شده یا بازتابیده از یک شیء یا پدیده توسط سنجنده نصب شده بر هواپیما یا فضا پیما مورد مشاهده قرار می گیرد، انرژی مشاهده شده با انرژی گسیل شده یا بازتابیده از همان شیء یا پدیده از فاصله نزدیک یکسان نیست. این وضع به دلیل سمت و ارتفاع خورشید، شرایط جوی مانند مه، آبروسل یا پاسخ سنجنده و غیره است، که بر انرژی مشاهده شده تأثیر می گذارد. بنابراین، برای تعیین تابیدگی یا بازتابندگی واقعی، این اعوجاجات رادیومتری باید تصحیح شوند.

تصحیح رادیومتری به سه نوع زیر تقسیم می شود [۳].

۱) تصحیح رادیومتری اثرهای مربوط به حساسیت سنجنده

در مورد سنجنده های نوری یا اپتیکی، که از یک عدسی استفاده می کنند، نواحی حاشیه در مقایسه با ناحیه مرکزی تاریک تر خواهد بود. این پدیده را محو شدگی حاشیه می گویند. محو شدگی حاشیه را می توان با $\cos^n \theta$ بیان کرد که در آن θ زاویه پرتو نسبت به محور نوری است. n به مشخصه های عدسی مربوط است و معمولاً برابر ۴ گرفته می شود. در مورد سنجنده های الکترونیکی - نوری، داده های کالیبراسیون یا درجه بندی اندازه گیری شده بین تابیدگی و سیگنال خروجی سنجنده می توانند برای تصحیح رادیومتری مورد استفاده قرار گیرند.

۲) تصحیح رادیومتری برای زاویه خورشید و توپوگرافی

الف) لکه خورشید: تابش خورشید در برخورد با زمین به طور پراکنده بازتابیده شده و موجب خواهد شد که نواحی مختلف در روی تصویر روشن تر شوند. این وضع را لکه خورشید می نامند. لکه خورشید و محو شدگی حاشیه را می توان با کمک یک منحنی سایه که با تحلیل فوریه بدست می آید برای استخراج مؤلفه ای با فراوانی کم تصحیح کرد.

ب) سایه: تأثیر سایه حاصل از ناهمواری های توپوگرافی را می توان با استفاده از زاویه بین راستای تابش خورشیدی و بردار عمود بر سطح زمین تصحیح کرد. یا این که برای جبران این اثر، شماره رقمی هر جزء تصویری را می توان به نسبت مستقیم با فاصله از خورشید افزایش داد [۷].

۳) تصحیح اثرات جوی

تأثیرات جوی مختلف باعث جذب و پراکندگی تابش خورشیدی می شوند. تابش بازتابیده یا گسیل شده از یک شیء یا پدیده و تابندگی مسیر (پراکندی جوی) را باید تصحیح کرد. تابش خورشیدی در حین انتقال به سطح زمین در جو جذب یا پراکنده می شود، در حالی که تابش بازتابی یا گسیلی از یک هدف یا عارضه نیز قبل از آن که به سنجنده برسد در جو زمین جذب یا پراکنده می شود. سطح زمین نه فقط تابش مستقیم خورشید بلکه آسمان فروغ (روشنی آسمان)، یا تابش پراکنده شده در جو را نیز دریافت می کند. یک سنجنده نه تنها تابش مستقیم بازتابی یا گسیلی از یک هدف یا عارضه را دریافت می کند، بلکه همچنین تابش پراکنده شده از هدف و تابش پراکنده شده از جو زمین را نیز دریافت می کند، که تابندگی مسیر نامیده می شود. هدف از تصحیح اثرات جوی در عمل رفع کردن این تأثیرات است. روش های تصحیح اثرات جوی در عمل به روش استفاده از معادله انتقال تابشی، روش استفاده از داده های واقعیت زمین و روش های دیگر طبقه بندی می شوند.

الف) روش استفاده از معادله انتقال تابشی

معمولاً یک پاسخ تقریبی برای معادله انتقال تابشی تعیین می شود. برای تصحیح اثرات جوی باید غلظت آئروسول یا هواویز در ناحیه مرئی و فرورسرخ نزدیک و غلظت بخار آب در ناحیه فرورسرخ گرمایی برآورد شود. چون این مقادارها را نمی توان از روی داده های تصویری تعیین کرد، در نتیجه پاسخ معادله به طور تقریبی تعیین می شود.

ب) روش استفاده از داده های واقعیت زمینی

در زمان اخذ داده ها، هدف هایی که بازتابندگی آن ها معلوم یا اندازه گرفته شده است روی تصویر قابل شناسایی خواهند بود. تصحیح اثرات جوی را می توان با مقایسه بین اندازه کمیت معلوم مربوط به هدف و داده های تصویری (سیگنال خروجی) انجام داد. اما از این روش فقط می توان در محل های خاص با هدف های مشخص یا فصول معین استفاده کرد.

پ) روش های دیگر

سنجنده ای خاص برای اندازه گیری غلظت آئروسول یا غلظت بخار آب به همراه یک سنجنده تصویربردار برای تصحیح اثرات جوی مورد استفاده قرار می گیرد. برای مثال، ماهواره نوا، علاوه بر سنجنده تصویر بردار AVHRR (تابش سنج پیشرفته با توان تفکیک بسیار بالا) به سنجنده HIRS^۱ (ژرفاسنج فرورسرخ با توان تفکیک بالا) برای تصحیح اثرات جوی مجهز است. آسمان فروغ و تیرگی با طول موج رابطه منفی و با فاصله از نقطه ای که درست زیر سنجنده است رابطه مثبت دارد. در تلاش برای حذف اثر وابسته به طول موج، می توان فرض کرد که طولانی ترین باند موج ثبت شده توسط یک سنجنده خاص تأثیری از آسمان فروغ و تیرگی نپذیرفته و این باند موج را می توان به عنوان معیاری برای تعیین میزان اثر آسمان فروغ و تیرگی در سایر باند موج ها بکار برد. برای مثال، در ناحیه های سایه تیره، شماره رقمی برای باند موج ۷ سیستم اسکن کننده چند طیفی لندست نوعاً صفر است. بنابراین، در اولین تقریب شماره رقمی بالای صفر در سه باند دیگر از باند موج های سیستم اسکن کننده چند طیفی لندست می تواند به آسمان فروغ و تیرگی نسبت داده شده و از همه شماره های رقمی کسر شود [۷]. برای تصحیح اثرهای دید غیر قائم، پردازشگران اقدام به انجام تصحیح بر اساس طول مسیر از زمین تا سنجنده می کنند، یا آن گونه که معمول است، همه داده های لبه تصویر را حذف می کند [۷].

۳-۴-۲ تصحیح ژئومتری یا هندسی

تصحیح هندسی برای جلوگیری از اعوجاج های هندسی در یک تصویر معوج انجام می گیرد، و با ایجاد ارتباط بین سیستم مختصات تصویر و سیستم مختصات جغرافیایی، با استفاده از داده های کالیبراسیون یا درجه بندی سنجنده، داده های اندازه گیری شده مربوط به مکان و وضعیت، نقطه های کنترل زمینی، شرایط جوی و غیره عملی می گردد [۳]. مراحل تصحیح هندسی به ترتیب زیر است [۳].

1. High Resolution Infrared Radiation Sounder

(۱) انتخاب روش

پس از در نظر گرفتن مشخصه های اعوجاج هندسی و همچنین داده های مرجع قابل دسترس، یک روش مناسب باید انتخاب شود.

(۲) تعیین پارامترها

پارامترهای مجهولی که معادل ریاضی بین سیستم مختصات تصویر و سیستم مختصات جغرافیایی را مشخص می کنند باید با استفاده از داده های کالیبراسیون و یا نقاط کنترل زمینی تعیین شود.

(۳) بررسی صحت

صحت تصحیح هندسی باید آزمایش و بررسی شود. اگر صحت با معیارها مطابقت نداشته باشد، باید روش یا داده های مورد استفاده برای جلوگیری از خطاها مورد بررسی قرار گرفته و تصحیح شوند.

(۴) درونیابی و نمونه گیری دوباره

باید با استفاده از تکنیک های نمونه گیری دوباره و درونیابی، تصویری کدگذاری شده ایجاد شود. در عمل سه روش تصحیح هندسی وجود دارد که در زیر توضیح داده شده است.

الف) تصحیح سیستماتیک: زمانی که داده های مرجع هندسی یا مشخصه های هندسی سنجنده معین باشند، می توان به طور نظری و سیستماتیک از اعوجاج هندسی جلوگیری کرد. برای مثال، مشخصات هندسی یک دوربین عدسی دار از معادله همخطی بودن با فاصله کانونی مدرج شده، پارامترهای اعوجاج عدسی، و مختصات علائم ثابت معین می شود. تصحیح مماسی یا تانژانتی برای یک اسکن کننده اپتیکی مکانیکی یک نوع تصحیح سیستماتیک است. معمولاً تصحیح سیستماتیک برای رفع کلیه خطاها کافی است.

ب) تصحیح غیر سیستماتیک: چند جمله ای های لازم برای تبدیل از سیستم مختصات جغرافیایی به سیستم مختصات تصویر با بر عکس، با مختصه های نقاط کنترل زمینی که با استفاده از روش کمترین مربعات^۱ تعیین می شوند، بدست می آیند. در این مورد صحت بستگی به ترتیب چند جمله ای ها، و تعداد و توزیع نقاط کنترل زمینی دارد.

ج) روش ترکیبی: ابتدا تصحیح سیستماتیک انجام می شود. سپس خطاهای باقی مانده با استفاده از چند جمله ای های مرتبه پایین تر کاهش می یابد. معمولاً هدف از تصحیح هندسی، بدست آوردن خطایی برابر با به اضافه یا منهای یک جزء تصویری نسبت به موضع واقعی آن است.

۳-۵ واضح سازی تصویر

غالباً در موارد بسیاری تحلیل و تفسیر بصری برای استنتاج اطلاعات از تصاویر سنجش از دور که به صورت عکس های معمولی هستند کافی به نظر می رسد، ولی برای پردازش، ارائه و ایجاد تصویر مورد نیاز استفاده کننده از تصاویر رقومی بدست آمده بوسیله هواپیما یا ماهواره، کامپیوتر لازم است [۳]. اصطلاح واضح سازی به معنی ایجاد تغییر در ظاهر یک تصویر است به نحوی که مفسر بتواند با استفاده از آن، اطلاعات مورد نیاز خود را بیشتر و بهتر از پیش از تصویر اصلی استخراج کند.

نتیجه این که برای رفع نیازهای اطلاعاتی استفاده کنندگان گوناگون نمی توان روشی استاندارد و یکسان را به عنوان بهترین روش آشکار سازی اطلاعات مطرح کرد. علاوه بر این خصوصیت و ماهیت یک تصویر از نظر توزیع نمرات پیکسل در مقیاس ۰-۲۵۵ از یک ناحیه به ناحیه دیگر متفاوت است. بدین لحاظ نیز روش واضح سازی مناسب تصویر یک منطقه جنگلی با روش مناسب یک ناحیه دیگر، برای مثال، یخچال های قطب جنوب کاملاً متفاوت است [۳]. در عین حال تعدادی مقولات کلی درباره روش های واضح سازی تصویر وجود دارد. در این جا نیز همانند بسیاری از شاخه های علوم، سلیقه شخصی در تشخیص و انتخاب نوع سیستم تجزیه و تحلیل مؤثر است. برای مثال بعضی از انواع روش های تبدیل تصویر یا روش های فیلتری را نیز

1. Least Square

می توان جزء روش های واضح سازی آورد. از مهم ترین تکنیک های واضح سازی، روش های افزایش قابلیت تفسیر بصری یک تصویر با استفاده از یکی از دو روش ذیل می باشد [۳].

الف) تغییر تباين یا کنتراست

ب) تغییر تصویر سیاه و سفید به تصویر رنگی

اولین گروه از روش های مذکور شامل روش هایی است که برای از بین بردن نابسامانی های تصویر که در اصطلاح تصویر سنجی، نور دیدگی نامیده می شود بکار می رود. بعضی از تصاویر خیلی تاریک به نظر می رسند. در حالی که بعضی دیگر فوق العاده روشن هستند. در هر دو صورت استنتاج اطلاعات از این تصاویر به آسانی دریافت اطلاعات از تصویر با تباين و وضوح بیشتر نیست. در این جا تباين را می توان توزیع نمرات یا ارزش عددی پیکسل در مقیاس ۰-۲۵۵ و یا (۰-۶۳، ۰-۱۲۷ و ۰-۱۰۲۴) طیف خاکستری دانست. گروه دوم شامل روش هایی است که با کمک آن ها می توان یک تصویر سیاه و سفید را به صورت رنگی نمایش داد. از آن جایی که چشم ها به رنگ و تغییرات رنگی بیشتر از سطوح و یا طیف خاکستری حساسیت دارند، این روش ها نیز مطلوب به نظر می رسد.

روش های دیگر پردازش تصاویر نیز وجود دارند که می توان آن ها را نیز در زمره روش های واضح سازی تصاویر در آورد. این روش ها عبارتند از [۳]: ۱) روش های ویژه آشکارسازی و تشدید حاشیه ها و تفاوت ها. ۲) روش های کاهش پارازیت، شامل نوار زدایی از تصویر، پالایش عددی تصویر. ۳) تبدیل رنگ ها از قبیل آنالیز مؤلفه های اصلی. تمامی روش های مذکور نمایش ظاهری تصویر را دگرگون می سازد، به صورتی که بعضی از ویژگی ها و جنبه های تصویر، مطلوب نظر عامل است، را واضح و آشکار می سازد. هر چند که روش های واضح سازی استاندارد از قبیل آن چه که گفته شد وجود دارد، ولی نظر به گستردگی و تنوع استفاده از داده های سنجش از دور، استفاده از این روش ها باید با توجه به نوع تصویر، نیاز و هدف عامل صورت گیرد.

۳-۶ عملیات تبدیل تصویر

عملیات تبدیل را می توان روش هایی برای ارتقاء کیفی تصاویر به سطحی بهتر و قابل درک به منظور واضح سازی تصویر و استخراج الگوها یا تعبیر تصاویر تعریف کرد، در حالی که تصحیح

رادیومتری یا تابش سنجی باز سازی مقادیر کالیبره شده یا درجه بندی شده فیزیکی از داده‌های مشاهده شده است [۳].

از سوی دیگر، استخراج الگوها را می‌توان عملیاتی تعریف کرد که از طریق پارامترها یا تابع‌های مختلف بر روی تصاویر اولیه به منظور تبدیل ارزش‌های کیفی به مقادیر کمی بکار می‌رود.

فرآیندهایی را که در بالا از آن‌ها نام بردیم می‌توان به عنوان عملیات تبدیل داده‌های تصویری در نظر گرفت. واضح سازی تصویر عمدتاً برای تفسیر تصویر و به دست آوردن یک تصویر خروجی جدید بکار گرفته می‌شود. در صورتی که استخراج الگوها معمولاً برای طبقه بندی تصاویر به روش کامپیوتری یا تجزیه و تحلیل کمی تصاویر بکار می‌رود.

معمولاً الگوهای موجود در یک تصویر به صورت زیر طبقه بندی می‌شوند [۳].

۱) الگوهای طیفی

که شامل تن یا رنگ خاص، گرادیان یا تغییر تدریجی، پارامترهای طیفی و غیره است.

۲) الگوهای هندسی

که شامل لبه‌ها، خطوط، اشکال، اندازه و غیره است.

۳) الگوهای بافتی

که شامل نقش، فراوانی مکانی، همگنی و غیره است.

۳-۷ فیلتر سازی

اعمال فیلتر بر تصاویر رقومی برای حذف، کاهش یا تقویت مولفه‌های فرکانس یک تصویر صورت می‌گیرد.

فیلتر یک تصویر در واقع، نوع تغییر ارزش‌های طیفی است که در آن ارزش هر پیکسل با توجه به ارزش پیکسل‌های مجاور تغییر می‌کند و تصویری جدید با تباین متفاوت با تصویر اصلی تشکیل می‌شود. متداولترین نوع فیلترهای بکار رفته در قلمرو فضایی عمل می‌کند و می‌تواند به فیلترهای کم - گذر یا یکدست کننده و زیاد - گذر و یا فیلترهای تشدید کننده تقسیم می‌شود [۳]. کاربرد فیلترهای یکدست کننده شامل کاهش پارازیت و سایر آثار ناخواسته از قبیل

پدیده نوارهای شش خطی است که تصاویر MSS خام لندست را مطلوب می سازد [۸]. فیلترهای زیاد - گذر یا تشدید کننده برای بهبود قابلیت تفسیر بصری تصویر. برای مثال واضح سازی علامت ها استفاده می شود [۸]. اعمال فیلتر بر تصویر درحوزه فرکانس از طریق کاربرد اصول تبدیل فوریه صورت می گیرد. اگر چه این روش ها اساساً انعطاف بیشتری نسبت به فیلترهای حوزه فضایی دارند اما هزینه کامپیوتری زیاد آن ها قابل چشم پوشی نیست. توسعه و پیشرفت ساخت افزارهای ممکن است به زودی هزینه کامپیوتری را پایین آورده و روش های فرکانسی بیشتری را قابل رقابت سازد.

۸-۳ تکنیک های طبقه بندی

طبقه بندی داده های سنجش از دور به منظور نسبت دادن ترازهای تاری به گروه هایی با مشخصه های همگن، با هدف متمایز کردن اشیا یا پدیده های مختلف از یکدیگر در یک تصویر بکار می رود [۳].

ترازهای تاری را رده می نامند. طبقه بندی بر اساس الگوهای طیفی یا الگوهایی که به صورت طیفی تعریف شده باشند، نظیر تاری، بافت و غیره در فضای الگو انجام می گیرد. به عبارت دیگر می توان گفت که طبقه بندی فضای الگو یا عارضه مورد مطالعه بر اساس قاعده تصمیم گیری به رده های مختلف تقسیم می کند. در بیشتر موارد، انجام عمل طبقه بندی با استفاده از روش های ریاضی طبقه بندی به کمک سیستم های کامپیوتری عملی است. مراحل مختلف طبقه بندی به شرح زیر می باشد [۳]:

- مرحله (۱) تعریف رده های طبقه بندی: در این مرحله با توجه به هدف و مشخصه های داده های تصویری باید تعریف روشنی از رده های طبقه بندی ارائه گردد.
- مرحله (۲) انتخاب الگوها: الگوهای لازم برای متمایز کردن رده ها از همدیگر باید با استفاده از مشخصه های چند طیفی و یا چند زمانی، بافت و غیره تعیین گردد.
- مرحله (۳) نمونه برداری از داده های تمرینی: به منظور تعیین قواعد تصمیم گیری مناسب باید داده های تمرینی را نمونه برداری کرد. پس از انجام این کار تکنیک ها طبقه بندی با نظارت یا بدون نظارت بر اساس مجموعه داده های تمرینی انتخاب می شود.

مرحله ۴) بررسی روش های آماری موجود: تکنیک های طبقه‌بندی مختلف با داده‌های تمرینی مقایسه می‌شود، به طوری که یک قاعده تصمیم‌گیری مناسب برای طبقه‌بندی بعدی گزینش گردد.

مرحله ۵) طبقه‌بندی: بسته به قاعده تصمیم‌گیری، کلیه پیکسل‌ها یا جزءهای تصویری در یک رده منحصر به فرد طبقه‌بندی می‌شوند. به طور کلی دو روش طبقه‌بندی پیکسل و طبقه‌بندی بر اساس میدان، نسبت به مناطق قطعه‌بندی شده وجود دارد.

مرحله ۶) ارزیابی نتایج: در آخرین مرحله نتایج طبقه‌بندی از نظر صحت و کارایی مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۹-۳ نمایش رنگی داده‌های تصویری سنجش از دور

نمایش داده‌های تصویری رنگی سنجش از دور در تعبیر و تفسیر بصری داده‌ها اهمیت زیادی دارد. دو روش برای نمایش داده‌های تصویری رنگی سنجش از دور وجود دارد. یکی از این روش‌ها، روش ترکیب رنگی است که طی آن با استفاده از تلفیق داده‌های چند بانندی، ترکیبی رنگی تولید می‌شود و روش دیگر، روش نمایش شبه رنگی یا کاذب رنگ^۱ است که طی آن به مقیاس تن خاکستری یک تصویر معین رنگ‌های مختلف نسبت داده می‌شود [۳].

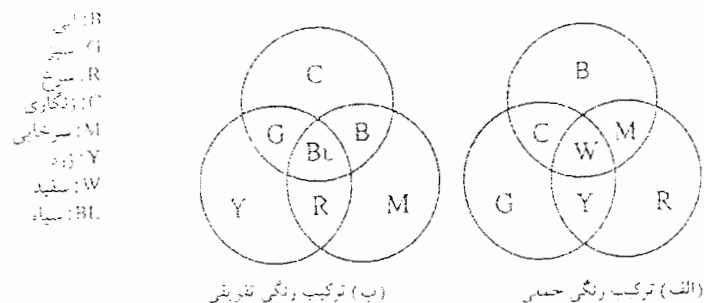
الف) ترکیب رنگی: یک تصویر رنگی را می‌توان از طریق تلفیق سه تصویر چند بانندی برگزیده با استفاده از سه رنگ اصلی تولید کرده و نمایش داد. در این روش بسته به انتخاب سه تصویر در باندهای مختلف و نسبت دادن سه رنگ اصلی می‌توان تصاویر رنگی مختلف ایجاد کرد [۳].

همان گونه که در (شکل ۳-۱) نشان داده شده است دو روش تولید ترکیبی رنگی وجود دارد، که عبارتند از ترکیب رنگی جمعی و ترکیب رنگی تفریقی. در فرآیند ترکیب رنگی جمعی از سه منبع نور با رنگ‌های اصلی (آبی، سبز و سرخ) استفاده می‌شود. این روش در دستگاه نمایشگر چند طیفی یا دستگاه نمایش گرافیکی رنگی بکار گرفته می‌شود. در فرآیند ترکیب رنگی تفریقی از مکمل سه رنگ اصلی (زنگاری، سرخابی و زرد) استفاده می‌شود. نمونه دستگاهی که

این روش در آن بکار می رود دستگاه چاپگر رنگی است. در روش ترکیب رنگی زمانی که سه فیلتر آبی، سبز و سرخ به ترتیب به داده‌هایی که در همان محدوده‌های طیفی آبی، سبز و سرخ تهیه شده اختصاص یابد، نتیجه کار تقریباً مشابه واقعیت‌های موجود در طبیعت خواهد شد که آن را ترکیب رنگی طبیعی می نامند. اما در سنجش از دور تصاویر چند بانندی معمولاً به محدوده‌های طیفی یکسان با محدوده‌های طیفی سه فیلتر رنگی اصلی تقسیم نمی شوند. نواحی نامرئی، نظیر فرورسرخ، غالباً مورد استفاده قرار می گیرند که لازم است به صورت رنگی نمایش داده شوند. چون ترکیب رنگی با باند فرورسرخ دیگر به رنگ طبیعی نیست، به آن ترکیب رنگی مجازی یا کاذب رنگ می گویند. در مورد ترکیب‌های کاذب رنگ نسبت دادن رنگ آبی به باند سبز، رنگ سبز به باند سرخ و رنگ سرخ به باند فرورسرخ نزدیک بسیار متداول است و ترکیب رنگی فرورسرخ نامیده می شود که عیناً مثل آن است که از فیلم فرورسرخ رنگی بدست می آید.

ب) نمایش شبه رنگی: به مقیاس تن خاکستری تقسیم بندی شده یک تصویر معین می توان رنگ های مختلف نسبت داد. این نحوه نسبت دادن رنگ را نسبت دادن شبه رنگی می نامند. برای مثال از تصویر شبه رنگی یک تصویر فرورسرخ گرمایی می توان یک نقشه همدمای تولید کرد [۳].

در صورتی که بخواهیم یک تن رنگی پیوسته ایجاد کنیم باید سه تابع مختلف از سه رنگ اصلی را بکار ببریم.



شکل ۳-۱: روش های ترکیب رنگی [۳].

۱۰-۲ عملیات بین تصاویر

استفاده از عملیات بین تصاویر چند طیفی یا چند گاهی برای واضح سازی تصویر و استخراج الگوها بسیار سودمند است. عملیات بین تصاویر شامل دو تکنیک است که عبارتند از عملیات جبری و منطقی [۳].

۱۰-۳ عملیات جبری

جمع، تفریق، ضرب، تقسیم و ترکیبی از آن ها را می توان برای مقاصد زیادی، از جمله رفع نوفه بکار برد. از آن جا که نتایج عملیات گاهی اوقات می تواند منفی یا مقدار کوچکی بین ۰ و ۱ باشد، برای نمایش تصویر باید از گستره ای که معمولاً در هشت بیت یا از ۰ تا ۲۵۵ است، استفاده کرد. از عملیات نسبت گیری می توان به عنوان یک نمونه یاد کرد که از آن برای استخراج الگوهای زمین شناسی استفاده می شود. عملیات تعیین اختلاف بهنجار شده و شاخص گیاهی نیز، برای دیده بانی یا بررسی تصویری گیاهان با استفاده از داده های سنجنده AVHRR نوا یا سایر سنجنده های فرسرخ نزدیک مرئی بکار می رود [۳].

الف) عملیات حسابی

عملیات جمع، تفریق، ضرب و تقسیم در تصاویر قابل انطباق از یک ناحیه جغرافیایی صورت می گیرد. این تصاویر ممکن است شامل چند باند متفاوت از یک تصویر چند بانده و یا چند باند از چند تصویر جداگانه در زمان های متفاوت حاصل شده باشند. جمع تصاویر در واقع نوعی معدل گیری است. در صورتی که حد اطلاعات تصویر جدید در حد داده های ورودی در نظر گرفته شود، تغییر وزن (معمولاً تقسیم حاصل جمع بر تعداد) داده ها ضروری به نظر می رسد. برای کاهش پارازیت تصاویر یک ناحیه معمولاً از معدل گیری استفاده می شود. از عمل جمع نیز در روش آشکار سازی پدیده های خطی (مانند حاشیه ها) استفاده بسیاری می شود. تفریق تصاویر معمولاً برای نشان دادن تغییرات صورت می گیرد. این عمل زمانی صورت می گیرد که بین زمان تهیه تصویر فاصله افتاده باشد. از تفریق تصاویر، مکرراً برای جدا کردن مؤلفه های فرکانس بالای یک تصویر در خلال فرآیندهای فیلتر کردن استفاده می شود. ضرب تصاویر با سایر اعمال حسابی

متفاوت است. زیرا در این قبیل عملیات معمولاً یک تصویر واقعی و یک تصویر دودویی متشکل از ۱ و ۰ در یکدیگر ضرب می شوند. در واقع از تصویر دودویی به صورت ماسک استفاده می شود. در این حالت پیکسل هایی از تصویر اصلی که در صفر ضرب می شوند حاصل آن ها صفر خواهد شد و پیکسل هایی که در ۱ ضرب می شوند به صورت اولیه باقی خواهند ماند. تقسیم و یا نسبت در واقع یکی از پر کاربردترین اعمال حسابی در کاربردهای زمین شناسی، بوم شناسی و کشاورزی سنجش از دور است. برای پی بردن به تفاوت باندها از تقسیم و یا نسبت گیری استفاده می شود. این تفاوت حاصله ممکن است نشانه نوع به خصوصی از پوشش های زمین باشد. برای مثال نسبت تصویر باند فرورسرخ بر سرخ برای پدیده هایی که انعکاس همانند (فرضاً ابر) در هر دو باند دارند، به نظر می رسد که نزدیک ۱ باشد. ولی در صورتی که انعکاس در باند فرورسرخ بیشتر از باند سرخ مرئی باشد، این نسبت بیشتر از ۱ خواهد بود [۳]. این مثال در خصوص پوشش گیاهی سالم و متراکم صادق است. نسبت گیری ساده، تفاوت های شیب های نمودار انعکاس طیفی مواد سطح زمین را روشن می سازد. مشکلات نسبت گیری عبارتند از سختی تفکیک آثار تابندگی مسیر جو و انتخاب مقیاس واحد برای اطلاعات فشرده شده [۳].

عملیات نسبت گیری می تواند برای استخراج الگوهای زمین شناسی مورد استفاده قرار گیرد. از چنین عملیات می توان برای استخراج میزان اینرسی گرمایی با اعمال روی داده های فرورسرخ گرمایی چند گاهی استفاده کرد.

ب) شاخص گیاهی بهنجار شده^۱ (NDVI)

شاخص گیاهی بهنجار شده به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$NDVI = \frac{ch_2 - ch_1}{ch_2 + ch_1} \quad (1-3)$$

که در آن ch_1 معرف باند سرخ و ch_2 معرف باند فرورسرخ است [۳].

NDVI برای مناطق با پوشش گیاهی متراکم و فشرده مقدار بالایی دارد، در حالی که

مقدار آن در صحرا، یا نواحی فاقد پوشش گیاهی بسیار کم است [۳].

1. Normalized Difference Vegetation Index

۳-۱۰-۲ عملیات منطقی

جمع منطقی یا عملیات ترکیب منطقی OR، ضرب منطقی یا عملیات ترکیب منطقی AND، عملیات درست و نادرست و غیره را می توان برای تصاویر چند گاهی یا ترکیبی از تصاویر سنجش از دور و تصاویر مربوط به نقشه های موضوعی بکار برد. برای مثال یک تصویر سنجش از دور یا نتایج طبقه بندی آن را می توان بر داده های نقشه ای مانند مرزهای سیاسی، یا منطبق کرد. این روش منطبق سازی برای آشکار سازی تغییرات بسیار مفید است [۳].

فصل چهارم:

کاربرد سنجش از دور در اکتشاف

ذخایر هیدروکربوری

۱-۴ مقدمه

فن آوری سنجش از دور همانند دیگر فن آوری های نوین در اکتشاف ذخایر معدنی همچون ژئوفیزیک و ژئوشیمی، می تواند کمک بزرگی برای کشف ذخایر معدنی جدید باشد. در مناطق خشک، سنجش از دور به تنهایی قادر به شناسایی مناطق دگرسان اطراف انواع خاصی از ذخایر معدنی است. با این وجود، بیشتر ذخایر معدنی، مستلزم بررسی و دقت بیشتر بوده، چرا که محیط های کمی در دنیای واقعی وجود دارند که به سادگی آن هایی باشد که در آزمایش سیستم های جدید بکار می روند. با این حال اغلب ذخایر معدنی دگرسان وسیعی در اطراف خود دارند که شاید بیش از دو یا سه برابر ذخیره اصلی و واقعی باشد و بیشتر این مناطق با سنجش از دور قابل شناسایی و بررسی است.

مناطق دگرسانی هدف های بسیار بزرگتری که اکتشاف توده های اصلی می باشد را بدنبال دارند و از آن ها به عنوان راهنمای کانه زایی استفاده می شود. برخی از این مناطق هیچ گونه تغییری در شیمی کلی و کانی شناسی سنگ های متاثر نشان نمی دهند و امکان شناسایی آن ها از طریق سنجش از دور وجود ندارد مگر برخی عناصر کمیاب که در زون دگرسانی غنی هستند و در گیاهان ایجاد مسمومیت می کنند. برخی از این مناطق تغییرات کانی شناسی داشته مانند سرسیتی شدن فلدسپارها و وارد شدن آهن به اشکال اکسیدی و سولفیدی که این تغییرات در زون هوازده موجب حساسیت بیشتر نسبت به منطقه غیر هوازده خواهد شد. این زون های دگرسان در محیط های خشک و نیمه خشک می توانند با سنجش از دور مکان یابی شوند.

مهمترین مشخصه این زون ها قابلیت شناخته شدن با سنجش از دور است، افزایش عمومی در سپیدایی یا بازتابش کلی به دلیل حضور آلودگی های از قبیل اکسید های آهن و تجمعات خاص کانی های رسی می باشد. این مشخصات در صورت داشتن شدت کافی یا پوشش گسترده منطقه ای از دوره اولین ماهواره های لندست قابل شناسایی بوده اند. علاوه بر زون های آلتراسیون

اکثر ذخایر معدنی همراه با مشخصات ساختاری معینی می باشند که بررسی آن ها با داده های سنجش از دور ممکن است به اکتشاف آن ها منتهی شود. در روش پردازش داده های رقومی، غالباً یک واحد سنگ شناسی بر پایه اختلاف جزئی در هوازگی، اختلاط طیف سنگ ها و پوشش گیاهی و رخنمون تازه و هوازده به رده های کوچکتری تفکیک شده است.

گاهی اوقات اختلاف میان سیماهای مختلف، به دلیل ویژگی های مشابه طیفی قابل تشخیص نیست. بنابراین کنترل های صحرایی مناطقی که دارای ناهنجاری مشابه در تصویر ماهواره ای است در تهیه نقشه سنگ شناسی یا نقشه دگرسانی، لازم است.

ابزارهای سنجش از دور چند طیفی مانند T.M قادر به جداسازی واحدهای سنگ شناسی مجزایی هستند که ممکن است واحدهای زمین شناسی جداگانه محسوب نشوند به طوری که نقشه سنگ شناسی انواع سنگ ها را بر اساس ترکیبشان تفکیک می کند در حالی که یک نقشه زمین شناسی گروهی از سنگ ها را بر پایه ویژگی هایی همچون نوع سنگ ها، ارتباط و سن آن ها در یک رده قرار می دهد.

به طور کلی سنجش از دور به منظور انجام مطالعاتی که گستره را در بر می گیرد، باعث کسب نتایج بسیار مطلوب و صرفه جویی در وقت خواهد شد. این فن آوری در جهت تهیه نقشه های زمین شناسی و اصلاح نقشه های قدیمی مورد توجه است. باعث آشکار سازی بسیاری از مجهولات خواهد شد که سرمایه گذاری در این زمینه را توجیه پذیر می سازد.

اما بایستی توجه کرد که سنجش از دور یک روش مستقل برای مطالعه یک ناحیه نمی باشد. به عبارت دیگر، تفسیر داده های سنجش از دور بایستی بوسیله داده های دیگر ناحیه مورد مطالعه از جمله مشاهدات صحرایی، نمونه برداری و آنالیز نمونه ها و حتی اکتشافات سطحی پشتیبانی شوند [۱۴].

کاربرد این روش در مرحله مقدماتی اکتشاف پایان نمی پذیرد. بلکه تفسیر تصاویر به همراه دیگر اطلاعات در هر مرحله اکتشاف می تواند برای شناسایی مناطق هدف مورد استفاده قرار گیرد [۱۳].

تفسیر داده های تصویری، چه به صورت تولیدات آشکار سازی شده یا به صورت تولیدات ساده با استفاده از اصول شناخت تصویر و اصول ژئوتکنیکی انجام می گیرد [۱۴].

کار اصلی در تفسیر تصاویر سنجش از دور کشف پارامترهای زمین شناسی از مشاهدات دقیق بر پایه اصول تفسیر تصاویر و بکارگیری نشانه های مهم فراهم شده بوسیله اصول ژئوتکنیکی می باشد [۱۴].

کاربرد سنجش از دور در اکتشافات شامل چهار مرحله اصلی زیر می باشد (شکل ۴-۱) [۱۴].

الف) تعریف مسئله

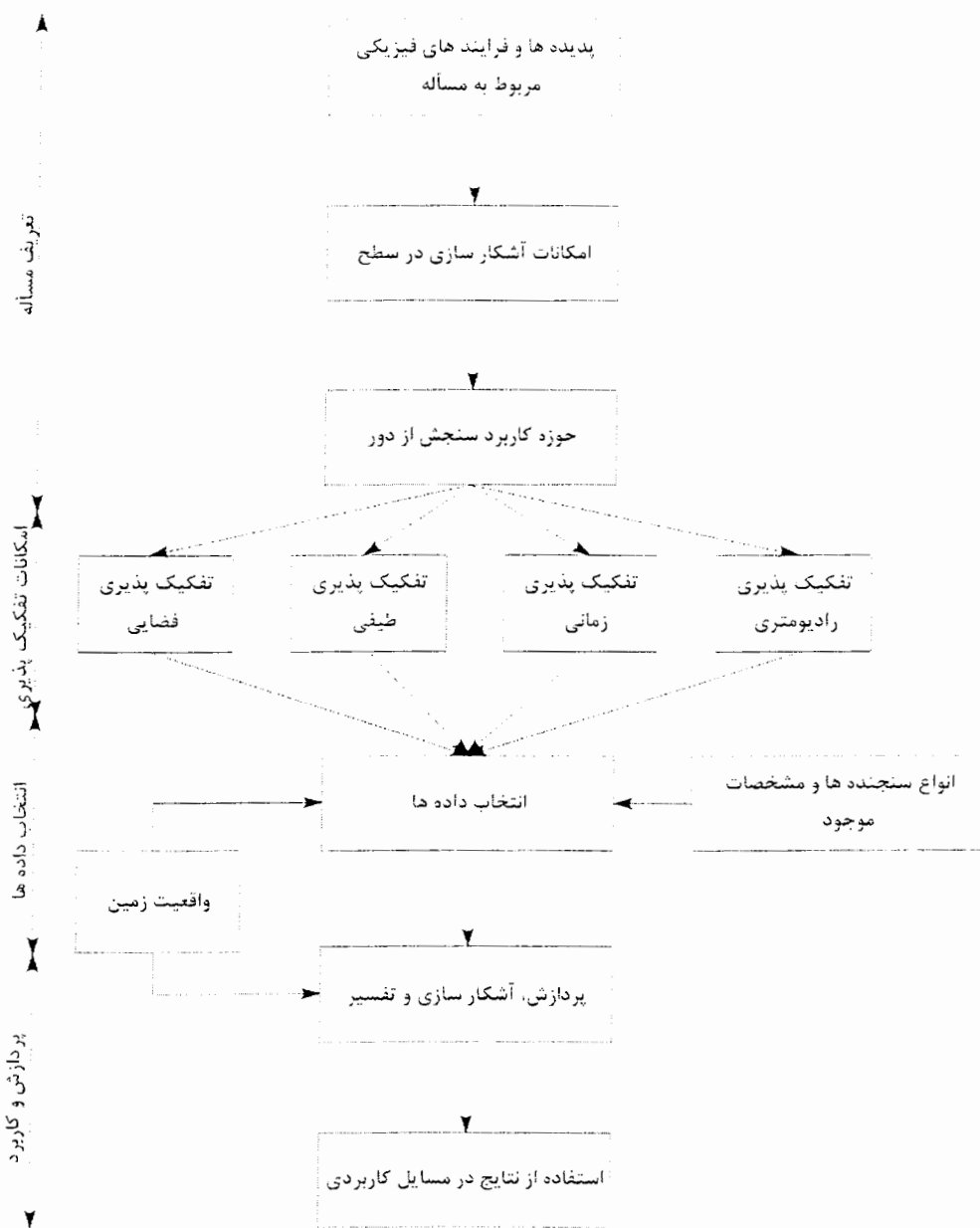
اولین و مهمترین مرحله در کارهای کاربردی تعریف مسئله می باشد. به عنوان مثال شناسایی انواع مشخصات فیزیکی، فرآیندها و پدیده های مربوط تا بدین ترتیب امکانات آشکار سازی پدیده های حاصل در تصاویر سنجش از دور شناخته شوند. به طور خلاصه، برای کاربردهای زمین شناسی ویژه شخص بایستی قادر باشد که به طور دقیق مشخص کند که در داده های سنجش از دور برای چه چیزی جستجو می کند. برای مثال در یک مسئله هوازدگی خاک پارامترهای فیزیکی مهم، نواحی با توپوگرافی شدید، زمین لغزش ها، کمبود پوشش گیاهی، آب های جاری در سطوح بالاتر، مشخصات آبراهه ها و انواع خاک ها و سنگ ها می باشند. بنابراین، این مشخصات برای بیان فیزیکی و تعریف مسئله مهم هستند.

ب) احتیاجات تفکیک پذیری

زمانی که مسئله تعریف شد، مرحله مهم بعدی ارزیابی احتیاجات تفکیک پذیری است. به عنوان مثال چه تفکیک پذیری فضایی^۱، طیفی^۲، رادیومتری^۳ و زمانی^۴ از داده های سنجش از دور برای کشف و تشخیص پارامترهای فیزیکی مورد توجه، کافی خواهد بود. انواع مختلف کاربردها، احتیاجات تفکیک پذیری مختلفی را دارند. برای مثال، در یک بررسی برای نقشه برداری از زمین لغزش ها در یک ناحیه ناهموار، داده های سنجش از دور پان کروماتیک باند وسیع^۵ VNIR با تفکیک پذیری فضایی بالا مورد نیاز هستند. یا برای ترسیم انواع سنگ ها و کانی ها، داده هایی با

-
1. Spatial Resolution
 2. Spectral Resolution
 3. Radiometric Resolution
 4. Temporal Resolution
 5. Visible and Near Infrared Radiometer

تفکیک پذیری طیفی بالا مورد نیاز است. به طور مشابه ای احتیاجات تفکیک پذیری زمانی به پویایی^۱ موقعیت وابسته است.



شکل ۴-۱: فلوچارت مراحل کاربرد سنجش از دور در اکتشافات [۱۴].

ج) انتخاب داده ها

مجموعه داده های سنجش از دور برای یک کار کاربردی در رابطه با احتیاجات تفکیک پذیری، انواع سنجنده ها و مشخصات موجود انتخاب می شوند. اغلب دقتی برای اطمینان مورد نیاز می شود که شرایط اتمسفری و هواشناسی موجود در زمان همگرا شدن امواج سنجش از دور با توجه به گرد و خاک، مه، پوشش ابر، باران، روشن سازی خورشیدی و... بهینه باشند. علاوه بر داده های سنجش از دور، اطلاعات کمکی و زمینی از جمله اطلاعات زمین شناسی ساختمانی، توپوگرافی، خاک، نقشه های گیاهان و دیگر اطلاعات زمینی، بنا بر نیاز جمع آوری می شوند.

د) پردازش، تفسیر و کاربرد داده ها

بعد از مرحله انتخاب، داده ها پردازش، تبدیل، تصحیح، آشکارسازی و به سایر مجموعه داده ها اضافه می شوند. سپس این داده ها برای مشخصات مورد توجه تفسیر می شوند. این تفسیرها بوسیله اطلاعات کمکی و زمینی کنترل می شوند. در نهایت نتایج تفسیرهای داده ها به گروه های کاربردی منتقل می شود.

۴-۲ تاریخچه اکتشافات نفت با داده های سنجش از دور

در اوایل دهه ۱۹۷۰ تا اواسط آن، زمانی که سنجش از دور ماهواره ای دوران آغازین خود را می گذراند، بیشتر زمین شناسان معتقد بودند که اولین استفاده سنجش از دور زمین شناسی برای اکتشاف کانی ها خواهد بود [۱۸]. به استثناء در خور توجه کاشفان نفتی در اکسون^۱ به همراه تعداد کمی از شرکت های نفتی که به طور مشابه ای بر استفاده فتوژئولوژی از عکس های هوایی تاکید داشتند، تعداد کمی تصور می کردند که سنجش از دور می تواند به طور قابل ملاحظه ای در اکتشاف نفت سهیم باشد. به دلیل این که تابش الکترومغناطیسی فقط در چند میلی متر یا کمی بیشتر از مواد سطح زمین نفوذ می کند، تعدادی تصور می کردند که سنجش از دور چند طیفی در کاوش برای ذخایر نفت و گاز که در اعماق زیاد زمین تشکیل می شوند تقریباً بی استفاده می باشد. این تصور دروغ از کار درآمد. اثبات این که سنجش از دور می تواند برای اکتشاف نفت مفید باشد

1. Exxon

توسط تقریباً ده سال بررسی یک گروه متشکل از زمین‌شناسان کمپانی‌های نفتی مختلف و زمین‌شناسان شرکت‌های خدماتی سنجش از دور زمین‌شناسی صورت پذیرفت. این تحقیق که با کمک اطلاعات سال ۱۹۷۶ یک شرکت به نام کمیته ژئوسات^۱ انجام گرفت، نشان داد که حضور احتمالی ذخایر نفت و گاز در عمق چندین هزار فوتی می‌تواند بوسیله نقشه برداری مشخصات ساختاری و تغییرات ترکیبی در سطح زمین با استفاده از روش‌های سنجش از دور مشخص شود. چنین اکتشافی موضوع بحث این فصل می‌باشد که در ادامه به آن خواهیم پرداخت.

۳-۴ استفاده از سنجش از دور در اکتشافات ذخایر هیدروکربوری

یک ذخیره تجاری نفت و گاز به چهار فاکتور اساسی زیر احتیاج دارد:

۱- حضور یک سنگ منبع غنی از ترکیبات آلی که اکنون بوسیله مسیرهای نفوذ پذیر مهاجرت به ذخیره تجاری متصل هستند یا قبلاً متصل بودند [۱۸].

۲- سنگ منبع بایستی در عمقی قرار گرفته باشد که شرایط ژئوترمال موجب تبدیل ترکیبات آلی به هیدروکربورها شوند [۱۳].

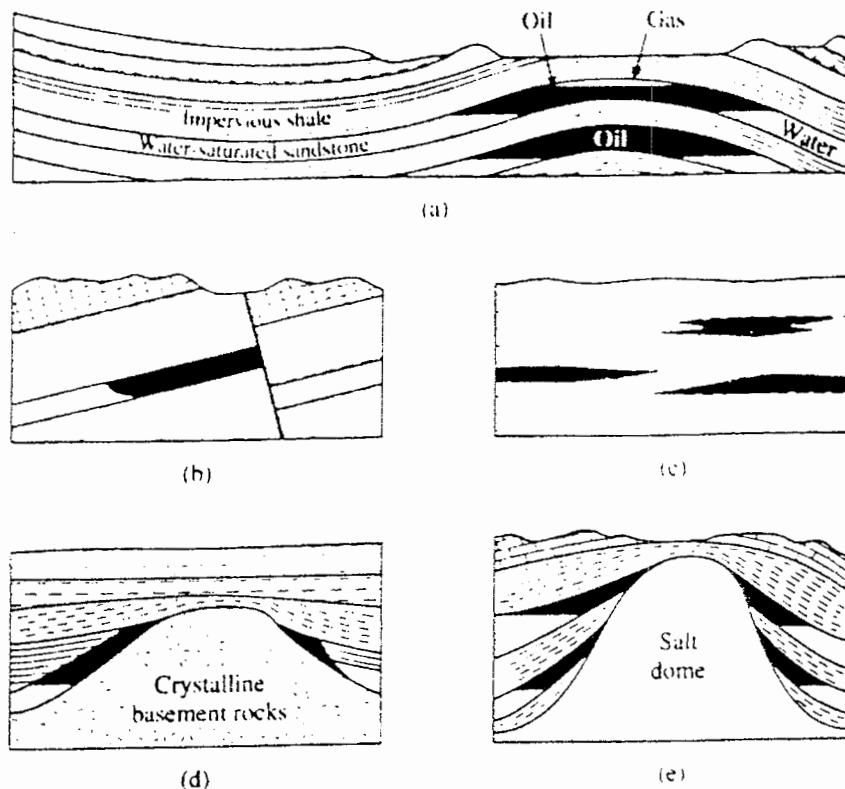
۳- لایه‌های سنگی که به قدر کافی برای مهاجرت سیالات و گازها در یک فاصله قابل توجه نفوذپذیر باشند و به مقدار کافی برای ذخیره سیالات متخلخل باشند [۱۸].

۴- تله‌های ساختاری^۲ یا چینه‌ای^۳ که جلوی مهاجرت سیالات را بگیرد و تشکیل ظرفی از سیالات را در سنگ مخزن متخلخل بدهند [۱۸].

شکل ۲-۴ انواع تله‌های نفتی را نشان می‌دهند. لازم به توضیح است که تله‌های ساختاری به انواعی از تله‌ها گفته می‌شود که بر اساس نیروهای زمین‌ساختی یا تکتونیک به وجود آمده‌اند، که خود به انواع تله‌های طاق‌دیزی^۴، گسلی^۵ و گنبد نمکی^۶ تقسیم می‌شوند. اما تله‌های چینه‌ای شامل انواع تله‌هایی می‌شوند که در اثر تغییر رخساره‌ها، لیتولوژی و... به وجود آمده‌اند. همان‌طور که در شکل ۲-۴ مشاهده می‌شود، سنگ‌هایی که در سطح زمین رخنمون دارند تحت

1. Geosat Committee
2. Structural Traps
3. Stratigraphic Traps
4. Anticline
5. Fault
6. Slat Dome

تأثیر تله های ساختاری ایجاد کننده ذخایر هیدروکربوری می باشند. بدین معنی که این سنگ ها با سنگ هایی که در صورت عدم وجود تله های ساختاری، در سطح رخنمون خواهند داشت متفاوتند [۱۸]. تله های چینه ای برای کشف مشکل تر هستند زیرا هیچ نشانه ساختاری از حضورشان، در سطح زمین وجود ندارد و در عمل چیزی به عنوان منعکس کننده قوی امواج لرزه ای همان طور که در چهار نوع دیگر تله ها وجود دارد، در این نوع تله وجود ندارد.



شکل ۴-۲: انواع تله های مناسب برای تجمع ذخایر هیدروکربوری. (a) تله های طاقدیی، (b) تله های گسلی، (c) تله های چینه ای، (d) سنگ بستر کریستالی و (e) تله های گنبد نمکی [۱۸].

تمام ذخایر هیدروکربوری طی میلیون ها سال زمان تشکیلشان ترک برداشته اند و مقداری نفت و گاز از طریق این ترک ها به سطح زمین نشت کرده اند. در انواع تله های گسلی، گاز و نفت همچنین می توانند در امتداد گسل های تشکیل دهنده تله نشت کنند. با نشت آن ها، هیدروکربورها بر سنگ ها و خاک های بالای ذخیره تاثیر گذاشته و با آن ها واکنش می دهند و باعث تغییر ترکیب شیمیایی آن ها می شوند. بنابراین دو نشانه ژئوشیمیایی و ساختاری ممکن

است در سنگ ها و خاک های سطح وجود داشته باشند که می توانند حضور ذخایر هیدروکربوری زیر سطحی را نشان دهند. اکتشاف نفت با داده های سنجش از دور حداقل سه جنبه دارد که به بخش های زیر تقسیم می شوند [۱۸]: ۱- نقشه برداری ساختاری، که ساختارهای زمین شناسی که می توانند مقادیر تجاری هیدروکربورها را به تله اندازند را جستجو می نماید؛ ۲- نقشه برداری تراوش های قدیمی، که آلودگی های ژئوشیمیایی ناشی از نشت هیدروکربورها در امتداد گسل ها و دیگر زون های ارتباطی با نفوذپذیری بالا را در سنگ ها و خاک ها بررسی می کند؛ ۳- نقشه برداری تراوش های در جریان هیدروکربورها، که در نزدیکی ساحل دریا اغلب شامل بررسی گیاهان غیر عادی که بوسیله هیدروکربورها تغییر یافته اند (آنومالی های ژئوبوتانی) و در دریا شامل جستجو برای لکه های چربی نفت و حباب های گاز می شود.

نقشه برداری ساختاری بطور مقدماتی شامل تفسیر عکس و پردازش فضایی با اندازه های بسیار بزرگتری نسبت به پردازش تصاویر چند طیفی می شود.

به طور مقایسه ای، نقشه برداری آنومالی های ژئوشیمیایی همراه با تراوش های قدیمی هیدروکربورها، نقشه برداری آنومالی های گیاهی همراه با تراوش های جدید هیدروکربورها در ساحل دریا و نقشه برداری لکه های چربی نفت در دریا بیشتر شامل پردازش تصاویر چند طیفی می شوند تا پردازش فضایی.

۱-۳-۴ نقشه برداری ساختاری

طی ده ها سال، زمین شناسان به منظور نقشه برداری رخنمون سنگ ها و نشانه های توپوگرافی ساختارهای زمین شناسی که می توانستند برای ذخایر زیرزمینی نفت و گاز تله ایجاد نمایند، از عکس برداری هوایی استفاده کرده اند. بنابراین، این شگفت انگیز نیست که اولین و بزرگترین استفاده در تاریخ کاربرد داده های چند طیفی ماهواره ای به منظور اکتشاف نفت، نقشه برداری ساختاری بوده است. سری های لندست ماهواره های منابع زمینی برای نقشه برداری ساختاری قادر به ارائه دو فایده زیر نسبت به عکس برداری هوایی می باشند: یک دید اجمالی^۱ و تصویربرداری طیفی. دید اجمالی به زمین شناسان اجازه می دهد که تمام حوضه هایی که به صدا

1. Synoptic

یا هزاران عکس هوایی برای پوششان نیاز دارند را فقط در چند تصویر برای مشخصات خطی و منحنی شکل نشان دهنده ساختارهای زمین شناسی زیر سطحی مورد بررسی قرار دهند. تصویربرداری چند طیفی حتی با قدیمی ترین داده‌های لندست کنتراست‌هایی از جمله رخنمون های سطحی سنگ های دارای ترکیبات شیمیایی مختلف که اغلب برای مشاهده در عکس های هوایی سیاه و سفید مشکل و یا غیر ممکن می‌باشند را فراهم می‌سازد. این تصویربرداری به زمین شناسان در نقشه برداری گسل های با جابجایی قائم که به قدر کافی بزرگ باشند و سنگ های دو سمت آن سن و ترکیب مختلف داشته باشند، کمک می‌کند. این روش همچنین برای نقشه برداری اختلافات ترکیبی بین سنگ های قدیمی تر نمایش داده شده در بالای طاق‌دیس های (فرسایش یافته) شکسته شده و سنگ های جدیدتر در طرفین^۱ (پهلوهای) طاق‌دیس استفاده می‌شود [۱۸]. همچنین، مخصوصاً در نواحی نسبتاً کم آب، افزایش گیاهان در تصاویر کاذب رنگ لندست نقشه برداری آسان‌تر گسل‌هایی که زون های مرطوبی از آب های زیرزمینی را در امتداد گسل (شامل گسل های امتداد لغزش) ایجاد کرده اند یا باعث تشکیل ذخایر آب های زیرزمینی را در سمت بالا آمده گسل های قائم شده اند را اجازه می‌دهد.

تصاویر ژئوفیزیکی داده های گرانی یا مغناطیس هوایی متناظر با پردازش تصاویر سنجش از دور یک ضمیمه مفیدی را در تصاویر ماهواره ای به منظور نقشه برداری ساختاری توسط کسب اطلاعاتی در مورد عمق قرارگیری محدوده های لیتولوژیکی و گسل‌هایی که در ارتباط با ساختار سنگ بستر می باشند و این که آیا نشانه های سطحی از این ساختارها وجود دارد یا نه، فراهم می سازد. در صورتی که تفسیر ساختاری لندست به همراه تصاویر ژئوفیزیکی در مراحل اکتشاف مقدماتی به کار برده شوند، این امکان میسر می شود که نواحی مورد مطالعه برای اکتشافات تفضیلی از جمله لرزه نگاری، اولویت بندی گردند. از طرف دیگر تجمعات ضخیم رسوبات با دانسیته و خودپذیری مغناطیسی^۲ پایین تر از سنگ بستر کریستالین موجب آنومالی های گرانی منفی و از نظر مغناطیس زون های هموار می شوند. بنابراین یک تقریب اولیه از درون آن ها بوسیله بررسی داده های گرانی و مغناطیس بدست می آید [۱۳].

1. Flanks
2. Susceptibility

مجدداً به استثناء زمین شناسان اکسون و تعداد کمی از کارمندان با تجربه فوتولوژی، ارزش تفسیر تصویری تصاویر ماهواره ای یا عکس های هوایی بر روی حوضه های پوشیده شده (همچون نواحی یخی) طی سال های ابتدایی حیات لندست مورد تردید قرار گرفت. این تردید به دلیل محدودیت عکس برداری هوایی در گذشته (مخصوصاً پوشش نواحی کوچکشان) و همچنین فقدان شرح تئوری برای امکان شناسایی نشان های سطحی گسل های قدیمی که اکنون توسط تیل های یخی پوشیده شده اند، بود. این تردیدها اکثراً در سال ها بعد بوسیله اثبات تجربی از بین رفتند.

پوشش رسوبات بر روی ساختارهای زیرزمینی و گیر افتادن آب در امتداد زون های گسلی پدیده هایی هستند که می توانند در حوضه های پوشیده شده نشانه های سطحی ساختارهای زیر سطحی را با کمی کمک یا بدون کمک لرزه نگاری ایجاد کنند [۱۸]. یکی از دلایل وجود گسل های در حوضه های پوشیده شده انطباق مشخصات خطی لندست با مشخصات خطی در تصاویر ژئوفیزیکی داده های گرانی و مغناطیس می باشد. بنابراین تفسیر ساختاری تصاویر لندست و تصاویر ژئوفیزیکی و مقایسه نتایج آن ها با داده های لرزه نگاری مخصوصاً در اکتشاف حوضه های پوشیده شده مفید می باشد.

۲-۳-۴ کاربرد سنجش از دور برای اکتشاف تراوش های قدیمی هیدروکربورها

در بحث قبلی، سنجش از دور چند طیفی یک نقش پشتیبانی را بازی می کرد تا این که بواسطه دید اجمالی داده های ماهواره ای و کارآیی های تصاویر ژئوفیزیکی نقش های اصلی خود را بازی کند. اما در این بخش و بخش بعد، جنبه چند طیفی سنجش از دور برای اکتشاف تراوش های قدیمی و جدید هیدروکربورها مورد توجه است.

مشاهدات بصری مستقیم زمین شناسان منجر به اکتشاف بیشتر میدان های اصلی نفت و گاز دنیا شده است. این مشاهدات شامل بررسی تراوش های فعال گاز و نفت (که موجب رسیدن نفت و گاز از ذخایر هیدروکربوری به سطح می شوند) می باشند. اگر موقعیت تراوش های قدیمی که هیچ مقدار قابل رویتی از گاز و نفت را در سطح ایجاد نمی کند، می توانستند اکتشاف شوند،

موفقیت آمیزترین روش اکتشاف ذخایر تجاری نفت و گاز در دوران قبل از تراوش ها توسعه می‌یافت [۱۸].

به دلیل فشار لیتولوژیکی سنگ های بالای ذخایر هیدروکربوری، نفت و گاز در صورتی که یک راه فرار پیدا کنند از ذخیره خارج می‌شوند. برخی از هیدروکربورها در امتداد گسل هایی که تله را برای ذخایر ساختاری ایجاد می‌کنند، نشت می‌کنند. اگر یک گسلی که ذخیره اولیه را قطع کرده است همچنین سطح زمین را قطع کند، تراوش ها بدون توقف برای چند لحظه می‌توانند در یک مخزن ثانویه بالاتر رخ دهند. گاهی اوقات ممکن است گسل های تله ساز در ذخایر ثانویه، سطح زمین را قطع کنند که در این صورت هیدروکربورها در امتداد آن ها به سطح زمین نشت می‌کنند [۱۸].

حتی ذخایری که به طور چینه ای تشکیل شده اند طی میلیون ها سال می‌توانند گسل خورده شوند، این موقعیت یک فرصتی را برای نشت هیدروکربورها به تله افتاده ایجاد می‌کند. در حقیقت، تصویربرداری ذخایری که بعد از زمان تشکیل و استقرار هیدروکربورها در ذخیره گسل خورده نشده اند، مشکل است. ظاهراً، راه‌های فرار معمولاً فقط اجازه می‌دهند مقدار کمی از کل مقدار هیدروکربورها در ذخیره نشت کنند و گرنه دیگر ذخیره تجاری نفت و گاز وجود نخواهد داشت. البته تراوش های قدیمی گاهی اوقات منبعی که ته کشیده است و اکنون فقط شامل قیرهای چسبناک است را نشان می‌دهند. اما چه اتفاقی برای سنگ ها در طول مسیر نشت هیدروکربورها می‌افتد؟ آیا این سنگ ها دستخوش نوعی ژئوشیمی غیر معمولی می‌شوند؟ آیا آن ها آلترا می‌شوند؟ آیا آلتراسیون های شیمیایی همراه با تراوش های قدیمی هیدروکربورها در این سنگ ها بوسیله روش های سنجش از دور چند طیفی اکتشاف می‌شوند؟

سنگ مخزن های با سن پرمین که اکنون در معرض دید قرار دارند (معمولاً لایه های قرمز رنگ می باشند) بوسیله سیالات احیایی که در زمان تراوش هیدروکربورها در میان خلل و فرج های کوچک ژیبس، تبدیل سولفات کلسیم به کربنات کلسیم و آزاد سازی H_2S تولید شده‌اند، بی رنگ می‌شوند [۱۸].

سیالات غنی شده از H_2S ، Fe^{+3} را در سنگ های مخزن قرمز لایه به Fe^{+2} احیا می‌کنند. در سیالات احیایی قابل حل است و بوسیله این سیالات به مناطق دیگر حمل

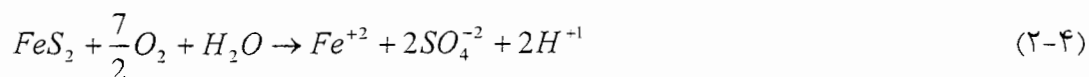
می‌شود. بنابراین سنگ مخزن سفید و تقریباً بدون آهن می‌شوند. این سنگ مخزن های بی رنگ شده شامل مقادیر فراوانی کربنات کلسیم می باشند. بنابراین تصور می‌شود که اگر سنگ هایی که اکنون در سطح رخنمون دارند قبلاً هنگام تراوش هیدروکربورها در طول مسیر نشت آن ها در بالای ذخایر هیدروکربورها قرار گرفته بودند، از نظر آهن بواسطه انواع مشابه ای از مکانیزم های تراوش با رسوب پیریت FeS_2 غنی می‌شوند [۱۸].

این مکانیزم حتی اگر در طول مسیر نشت به جای سنگ مخزن، واحدهای فرو ژیبس^۱ وجود داشت انجام می‌شد. متعاقباً، پیریت بواسطه جریان آب های سطحی یا زیر زمینی اکسیژن دار به اکسیدهای آهن، اکسیده می‌شوند. بنابراین، ذخایر نفت و گاز قرار گرفته در لایه های فرو ژیبس یا در زیر آن ها می‌توانند سنگ های جوان تر در سطح یا نزدیک سطح را با اکسیدهای آهن در طول مسیرهای گسل خورده نشت هیدروکربورها رنگین کنند و بدین ترتیب ارتباطی بین ذخیره هیدروکربوری و سطح را فراهم سازند.

گزارش NASA/Geosat یک فرآیند دو مرحله ای را برای بی رنگ شدن سنگ مخزن شرح داد. طبق این گزارش پیریت از واکنش زیر تشکیل می‌شود [۱۸].

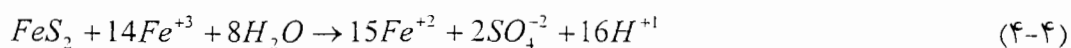


سولفیدهای آهن طبق واکنش های زیر در آب های اکسیژن دار حل می‌شوند [۱۸].



در هنگامی که محلول به احتمال زیاد هنوز در سنگی که بی رنگ می‌شود جریان داشته باشد، اگر مقداری پیریت هنوز در محلول وجود داشته باشد واکنش زیر اتفاق می افتد [۱۸].

1. Gypsiferous



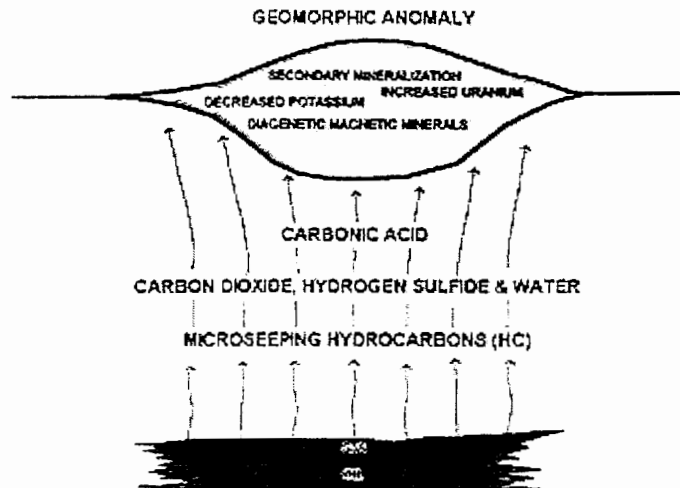
دو نکته جالب توجه در معادله فوق وجود دارد. اول این که، به دلیل اسید سولفوریک حاصل از واکنش (۴-۴) آب های خیلی اسیدی تولید می شوند. این اسیدیته اغلب سیمان کربناته سنگ مخزن را به طور کامل حل خواهد کرد. دوم آن که، Fe^{+2} تولید شده در واکنش (۴-۴) بواسطه واکنش (۳-۴) مجدداً به Fe^{+3} تبدیل می شود. این سری از واکنش ها احتمالاً ادامه می یابد و خاصیت اسیدی محلول افزایش خواهد یافت تا زمانی که هیچ مقداری از پیریت در سمت چپ واکنش (۴-۴) وجود نداشته باشد و یکی از دو واکنش زیر اتفاق بیافتد [۱۸]:



طبق واکنش (۵-۴) هیدروکسید آهن (ژئوتیت) و طبق واکنش (۶-۴) اکسید آهن (هماتیت) تولید می شوند. اگر کاهش مقدار پیریت به دلیل حرکت محلول ها به دور از مناطق مسیر نشت هیدروکربورها جایی که پیریت به آسانی تشکیل می شود (احتمالاً نواحی بی رنگ شده) باشد، ژئوتیت و هماتیت در فاصله کمی از منطقه بی رنگ شده شروع به تشکیل می کنند. اگر حرکت در امتداد گسل قائم باشد دلالت بر این است که نواحی رسوب هماتیت و ژئوتیت در بالای نواحی بی رنگ شده قرار دارند. نواحی پیدایش ژئوتیت و هماتیت ناشی از نشت هیدروکربورها گاهی اوقات ممکن است در اثر عمل فرسایش از بین روند.

از دیگر پدیده های احتمالی در محیط های احیایی شدید، احیا اکسید آهن دو ظرفیتی به مگنتیت Fe_3O_4 و در نتیجه ایجاد آنومالی های مغناطیسی بالا می باشد [۱۳]. این موضوع در اکتشافات نفتی بوسیله برداشت های مغناطیس هوایی اهمیت زیادی دارد. بنابراین بوسیله فیلتر سازی طیفی و آشکارسازی، آنومالی های در ارتباط با تراوش ها را می توان جداسازی نمود [۱۳].

زمانی که سیالات بالا رونده به ماسه سنگ های نفوذپذیر برخورد می کنند، این سیالات وارد لایه های آب دار شده و در جهت شیب هیدرواستاتیک حرکت می کنند. اگر این لایه های آبدار در سطح باشند یا بعداً بوسیله فرسایش رخنمون پیدا کنند، یک ناحیه محلی بزرگی که بوسیله هماتیت و ژئوتیت رنگین شده اند، حاصل می گردد. بنابراین اکسیدهای آهن می توانند نشانه هایی از تراوش های قدیمی هیدروکربورها باشند.



Modified after Saunders et al., 1999

شکل ۴-۳: نمایش شمتاتیک از نحوه تشکیل آلتراسیون ها در اثر نشت هیدروکربورها [۲۰].

مطالعات بیشتر با داده های مافوق صوتی یا حتی با داده ها لندست ممکن است اطلاعاتی را در مورد نشانه های کانی سازی نشت هیدروکربورها به غیر از اکسیدهای آهن نتیجه دهد. محتوای کربنات کلسیم در ماسه سنگ ها یا بر عکس محتوای سیلیکاته آن ها، ممکن است اطلاعات سودمندی را در مورد تراوش های هیدروکربورها دارا باشند. زیرا در بعضی از میدان های نفتی کمترین محتوای کربنات کلسیم در ماسه سنگ مخزن در جایی که بیشترین رنگ پریدگی بوسیله نشت هیدروکربورها اتفاق افتاده است، مشاهده می شود. این مکان جایی است که سیالات نشت کننده خیلی اسیدی هستند. اما کربنات های حل شده کجا می روند؟

شرایط EH و PH در نهایت به سطح یا نزدیک آن جایی که کربنات های آهن از جمله سیدریت و آنکریت احتمالاً از سیالات نشت کننده رسوب می کنند، می رسند. هر دو این کربنات ها در ذخایر سرب و روی تیپ دره می سی سی پی که اغلب در نزدیکی ذخایر نفت و گاز اتفاق

می افتند، یافت می‌شوند. این کربنات‌ها باندهای جذب آهن خاصی در ناحیه طول موج انعکاسی فرورسرخ دارند و اگر کربنات‌های آهن به قدر کافی سطح زمین را برای ساختن بخش قابل ملاحظه‌ای از پیکسل‌های منفرد بپوشانند، قابلیت فراوانی برای کشف بوسیله نسبت‌گیری طیفی دارند. مقدار سیدریت در انواع ماسه سنگ‌ها بوسیله نسبت‌گیری چند طیفی با تعیین یک قانون ترکیب خطی و استفاده از طیف‌های آزمایشگاهی به عنوان ورودی مشخص می‌شود [۱۸]. لذا نسبت‌گیری طیفی معیاری برای کشف محصولات آلتراسیونی در ارتباط با ذخایر هیدروکربوری می‌باشد. به عنوان مثال در نواحی که هیدروکربورها نشت کرده‌اند، داده‌های حاصل از سنجنده‌های مافوق طیفی هوایی بر روی منحنی طیفی یک مشخصه جذبی در نزدیکی ۲/۳۱ میکرومتر نشان می‌دهند (شکل ۴-۴).

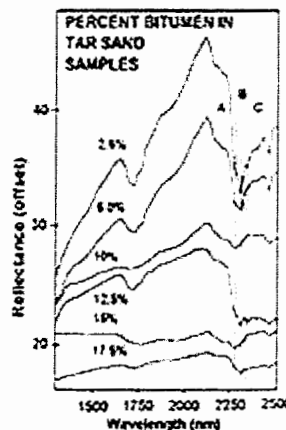
Hydrocarbon Detection

Three-Channel Spectral Ratio

A: Band 115 (2.297 μm)
 B: Band 116 (2.313 μm)
 C: Band 117 (2.329 μm)

$$R = \frac{(A+C)}{2B}$$

$R > 1$ indicates potential hydrocarbons



CARTER 1999

شکل ۴-۴: کشف هیدروکربورها بوسیله نسبت‌گیری طیفی از داده‌های سنجنده‌های مافوق طیفی هوایی [۲۰].

این مشخصه جذبی به مقدار یک ترکیب خاص هیدروکربورها خیلی حساس است. نسبت مجموع مقادیر انعکاس در دو طرف این مشخصه $(A+C)$ بر دو برابر مقدار انعکاس کاهش یافته در نقطه مشخصه مذکور $(2B)$ بر روی منحنی طیفی، معیاری برای کشف هیدروکربورها و اندازه بزرگی آن‌ها می‌باشد [۲۰].

همچنین احتمال کشف کانی‌های خیلی کم نظیری با مشخصات طیفی فرسرخ شاخص حتی با مشخصات طیفی باند مرئی به همراه آلتراسیون های ژئوشیمیایی ناشی از نشت هیدروکربورها وجود دارد. فلدسپات ها و سولفات های آمونیاکی در هنگام برخورد سیالات هیدروترمال با هیدروکربورها و یا دیگر مواد آلی تشکیل می‌شوند. این کانی‌ها ممکن است برای اکتشاف هیدروکربورها مفید باشند. ذخایر هیدروکربورهای که بوسیله حضور کانی های آمونیاکی کشف شده اند به احتمال زیاد در معرض حرارت های اعماق کمتر قرار داشته اند زیرا این کانی ها آمونیاکی با آلتراسیون‌های هیدروترمالی همراه هستند [۱۸].

۳-۳-۴ سنجش از دور ژئوبوتانی و نقشه برداری لکه های چربی به منظور اکتشاف

ذخایر هیدروکربوری

در مناطقی که در آن ها گیاهان سطح زمین را می‌پوشانند، روش های سنجش از دور به طور مستقیم نمی توانند الگوهای طیفی تغییرات ژئوشیمیایی خاک را نشان دهند زیرا بیشتر نوری که وارد سنجنده می‌شود از گیاهان صادر یا منعکس شده است نه از خاک. اما سنجش از دور ژئوبوتانی گاهی اوقات می‌تواند الگوهای طیفی انواع گیاهان و یا استرس های آن ها را با تمرکزهای خاکی فلزات مرتبط سازد. این تمرکزها بواسطه پدیده های ژئوشیمیایی همراه با نشت هیدروکربورها به طور انتخابی افزایش می یابند یا از بین می‌روند. به عبارت دیگر گیاهان می‌توانند به عنوان یک نشانه برای اکتشاف غیر مستقیم نشت هیدروکربورها استفاده شوند. از آن جا که گیاهان از نظر بحث زمین شناسی، زندگی کوتاهی دارند بیشتر نشانه‌های ژئوبوتانی برای کسب اطلاعاتی در مورد تراوش های جدید یا در حال جریان مورد بررسی قرار می‌گیرند تا برای کسب اطلاعاتی از تراوش های قدیمی [۱۸].

گیاهان آب و مواد غذایی خود را بواسطه همزیستی باکتری ها و قارچ ها در نوک ریشه هایشان بدست می آورند. اگر این همزیستی آسیب ببیند، گیاهان از بین می روند و یا ممکن است مشخصات غیر معمولی از خود نشان دهند. افزایش محتوای هیدروکربورها در آب های زیرزمینی به رشد باکتری های بی هوازی که باعث احیای یون سولفات (SO_4^{-2}) به یون سولفید (S^{-2}) می شود، کمک می کند [۱۳]. این عمل در بیشتر میدان های نفتی منجر به تشکیل

سولفید هیدروژن یا گاز ترش می شود. وجود سولفید هیدروژن در این مناطق به رسوب سولفید های فلزات سنگین حمل شده بوسیله آب های زیر زمینی و یا آب های نشت کننده از تشکیلات کمک می نماید. بنابراین همان طور که در بخش قبل نیز بحث شد تشکیل گاز ترش می تواند دلیلی برای همراهی آنومالی های ژئوشیمیایی با برخی از تراوش های هیدروکربوری باشد. گاز ترش و توده های فلزات سنگین به همزیستی نوک ریشه ها آسیب می رسانند [۱۳]. این مطلب ممکن است باعث از رشد باز ماندن، تغییر رنگ، پیری زود رس و یا مرگ در گیاهان شود.

بحث در این باره را با شرح یک مطالعه موردی در ناحیه غرب ناحیه آزمایشی نفتی ویرجینیا^۱ به نام لاست ریور^۲ ادامه می دهیم. این مطالعه به منظور بررسی گونه های گیاهی در ارتباط با تراوش هیدروکربورها ناحیه توسط آبرامز^۳ و همکاران در سال ۱۹۸۴ انجام گرفت [۱۸]. ناحیه مذکور به طور انبوهی از گیاهان پوشیده شده بود و بر روی ذخیره گازی طاقدیسی قرار داشت. از خاک های داخل و خارج میدان گازی ۷۰ نمونه جمع آوری و برای تمرکز منگنز آزمایش شد. تمام نمونه های در مجاورت میدان گازی تمرکز بالایی از منگنز را نشان دادند. اما هیچ ارتباطی بین تمرکز منگنز و پوشش گونه های گیاهی منطقه مشاهده نشد. پوشش گیاهی منطقه عمدتاً به چهار نوع درختان افرا، بلوط، صمغ و نوعی قارچ تقسیم می شد. در ناحیه مذکور دو منطقه آنومالی وار از درختان افرا دیده می شود. در هر دو ناحیه آنومالی مقدار گازهای خاک از حد میانگین ناحیه بالاتر بود. در این مطالعه مشخص شد که بلوط های سوزنی و بلوط های سیاه با گازهای لندفیل ها^۴ (بالا ۶۰٪ مثال و ۴۰ درصد دی اکسید کربن) نسبت به درختان افرا سازگاری کمتری دارند. متان خودش اثر سمی مستقیم بر روی انواع درختان ندارد اما توسعه محیط های خاکی بی هوازی در ناحیه ریشه، یک اثر سمی بر روی بیشتر انواع درختان دارد. گیاهانی که ریشه های سطحی دارند به محل های نزدیک لندفیل ها که از گونه های عمیق ریشه محرومند، حساسیتی ندارند. در ناحیه مذکور افراها ریشه های سطحی دارند به همین دلیل نسبت

-
1. Virginia
 2. Lost River
 3. Abrams
 4. Landfills

به بلوط ها که ریشه های عمیق تری دارند سازگاری بیشتری نسبت به شرایط بی هوای خاک دارند.

آبرامز و همکاران پردازش طبقه بندی چند طیفی نظارت شده را برای داده های چند طیفی هوایی شامل باندهای لندست بعلاوه چندین باند طیفی دیگر را به منظور بررسی های ژئوبوتانی در ناحیه مذکور بکار بردند [۱۸]. بدین ترتیب توانستند افراها، بلوط ها و درختچه های سیاه رنگ صمغ را از انواع دیگر متمایز کنند. از آن جا که جهت شیب و ارتفاع ناحیه مهمترین جدا کننده آنومالی های گیاهی فوق الذکر بود، لذا استفاده از ارتفاعات و شیب های حاصل از یک مدل دیجیتالی ارتفاع DEM به عنوان جدا کننده باندهای طیفی ورودی برای طبقه بندی چند طیفی برای آن ها خیلی سودمند بود. بنابراین بدون اضافه کردن اطلاعات DEM به داده های چند طیفی، به نظر می رسد که تشخیص انواع ژئوبوتانی نشانه های تراوش هیدروکربورها از داده های چند طیفی به تنهایی اگر غیر ممکن نباشد، مشکل است.

پرایس^۱ و همکاران در سال ۱۹۸۵ نشان دادند که بیشتر اطلاعات گیاهی در داده های لندست T.M بوسیله ارتفاع و جهت شیب که خود تحت تاثیر لیتولوژی منطقه هستند، کنترل می شوند [۱۸]. بنابراین گونه های گیاهی که با تراوش های هیدروکربورها در ارتباط هستند بایستی بدون انواع گونه های گیاهی وابسته به جهت شیب و ارتفاع توپوگرافی بررسی شوند تا بدین ترتیب بوسیله مشخصات گیاهی واحدهای لیتولوژیکی در زیر گیاهان کنترل شوند.

در کل طبقه بندی انواع گونه های گیاهی یک پیش نیاز ضروری قبل از این که پدیده های ژئوبوتانی مرتبط با تراوش های هیدروکربورها بتوانند به عنوان یک ابزار پردازشی برای هیدروکربورها بکار روند، می باشند.

از دیگر نشانه های ژئوبوتانی هیدروکربورها رشد غیر طبیعی جسمی گیاهان، افزایش شاخه ها و شکوفایی ثانویه آن ها در حضور قیر طبیعی^۲ در خاک است.

تمام بحث های فوق الذکر در مورد اکتشاف تراوش های جدید هیدروکربورها در سطح زمین توسط سنجش از دور ژئوبوتانی بوده است. تراوش هایی که درون دریا نیز اتفاق می افتند بوسیله

1. Price
2. Bitumen

لکه های چربی نفت که در مرز آب / خاک بوجود می آیند و سپس به طرف سطح آب بالا می آیند و بر روی آب شناور می شوند، نشان داده می شوند. این لکه های چربی بر روی تصاویر ماهواره ای تیره تر از آب دریا به نظر می رسند [۱۸]. تصاویر ماهواره ای برای نقشه برداری لکه های چربی نفت حتی بهتر از تصاویر لندست می باشند. زیرا تصاویر راداری می توانند در هر زمان بدون ملاحظه پوشش ابر و موقعیت خورشید سنجش شوند.

اگر یک مطالعه تصویربرداری ژئوفیزیکی در یک ناحیه دریایی بوسیله یک مطالعه تصویربرداری ماهواره ای چند زمانی به منظور جستجوی نفت مخصوصاً آن هایی که به نظر می رسند که با مشخصات ساختاری خطی یا بسته مهمی در تصاویر ژئوفیزیکی منطبق باشند، هماهنگ شوند، طراحی موقعیت خطوط لرزه ای دریایی برای ثبت بهینه ساختارهای زیر دریایی مرتبط با ذخایر هیدروکربوری ممکن می شود [۱۸]. کاربرد تصاویر ژئوفیزیکی و تصاویر ماهواره ای تراوش ها با همدیگر وقتی که تعداد پتانسیل های ذخایر هیدروکربوری که در هر خط لرزه ای افزایش یابد، زمان زیادی را صرف می کنند.

تراوش های گازی در دریا نیز قابل کشف هستند. تراوش های گازی در زیر آب سبب تشکیل حباب هایی در آب می شوند. این حباب ها در آب یک حرکت آرام و رو به بالا ایجاد می کنند. برخی از این حباب ها می توانند آب های سرد و غنی از مواد غذایی کف را به سطح دریا بیاورند. بنابراین از نظر تئوری تصاویر رنگ و دمای سطح دریا همراه با گرده های فیتوپلانکتون ها^۱ در یک دوره زمانی می بایست نقاط سرد ثابت و گرده های پلانکتونیک در ارتباط با تراوش های هیدروکربورها را آشکار نمایند [۱۳].

لی^۲ و همکاران در سال ۱۹۹۳ یک نشت گازی دریایی را در منطقه ای به نام بوش هیل^۳ بوسیله ردیاب صوتی یک زیر دریایی اتمی کشف کردند [۱۸]. در ناحیه مذکور چهار تیپ آنومالی صوتی ثبت شد (شکل ۴-۵).

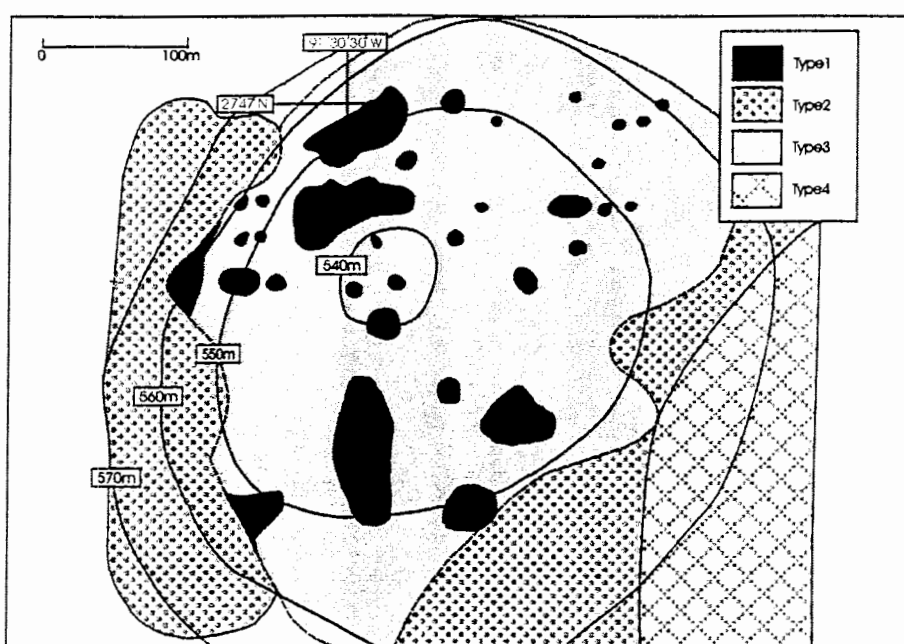
نوع ۱: این ناحیه پژواک های شدید کف دریا ناشی از رخنمون های کربنات های که بیشترین تراوش گازی را دارند را نشان می دهد.

-
1. Phytoplankton
 2. Lee
 3. Bush Hill

نوع ۲: از نظر صوتی هیچ پژواک زیر کف دریایی در این ناحیه مشاهده نمی‌شود، این پدیده مشخصه گاز در رسوبات کف دریا است. رسوبات گلی بوسیله تراوش هیدروکربورها تحت تاثیر قرار نگرفته اند.

نوع ۳: این ناحیه از نظر صوتی با پژواک های شدید زیر کف دریایی آشفته است و در تمام ناحیه بوش هیل دیده می‌شود.

نوع ۴: این ناحیه از نظر صوتی با منعکس کننده‌های پیوسته و موازی زیر کف دریا آشکار می‌شوند و در اطراف ناحیه بوش هیل یافت می‌شوند.



شکل ۴-۵: مناطق چهار آنومالی صوتی ثبت شده را در ناحیه بوش هیل نشان می‌دهد [۱۸].

اما با پیشرفت علوم مشخص شده است که بسیاری از رسوبات کم عمق اشباع شده از هیدرات های متان در کف دریا بواسطه واکنش بین محصولات حاصل از فساد پلانکتون ها و آب فشار بالا و سرد تشکیل شده اند. این موضوع به این معنی است که بسیاری از تراوش های زیر دریایی هیدروکربورها در ارتباط با میدان های هیدروکربوری تجاری نمی باشند [۱۳].

فصل پنجم:

نتیجہ گیری

نتیجه گیری

۱. روش های سنجش از دور در اکتشاف ذخایر معدنی یک روش مستقل نمی باشد بلکه بایستی توسط داده های دیگر ناحیه مورد مطالعه پشتیبانی شوند. این روش ها به دلیل میدان دید وسیعشان مخصوصاً در مراحل ابتدایی اکتشاف که نواحی مورد بررسی گسترده و حجم عملیات بالا می باشد باعث صرف جویی در وقت و هزینه ها می گردد.
۲. اکتشاف هیدروکربورها با استفاده از روش های سنجش از دور به سه صورت: نقشه برداری ساختاری، نقشه برداری تراوش های قدیمی هیدروکربورها و نقشه برداری تراوش های جدید هیدروکربورها انجام می گیرد.
۳. تله های تشکیل دهنده ذخایر هیدروکربوری به دو نوع ساختاری و چینه ای تقسیم می شوند. تله های ساختاری اکثراً با مشخصات ساختاری ویژه ای همراه می باشند که به شناسایی آن ها توسط روش های سنجش از دور کمک شایانی می نماید. اما تله های چینه ای مشخصه های ساختاری قابل تشخیصی با روش های سنجش از دور ندارند و به همین دلیل اکتشاف آن ها با این روش ها خیلی مشکل است.
۴. در نقشه برداری ساختاری تله های نفتی، بکارگیری تصاویر سنجش از دور به همراه تصاویر ژئوفیزیکی این امکان را فراهم می سازند تا نواحی مورد مطالعه برای اکتشافات تفصیلی اولویت بندی شوند.
۵. هیچ چیزی به عنوان تله کاملاً محکم مخصوصاً در مورد هیدروکربورهای سبک وجود ندارد. هر ذخیره هیدروکربوری دستخوش مقدار کمی تراوش در زمان گذشته یا حاضر می باشد. هیدروکربورها در امتداد خطوط دارای بیشترین نفوذپذیری یا زون های شکستگی نشت می کنند. زون های تراوشی با آنومالی های ژئوشیمیایی خاک همراه هستند. زیرا تجمع هیدروکربورها به شرایط احیایی شدید نیاز دارند و آب های تشکیلات

همراه آن ها دارای EH پایینی می باشند. مهاجرت این سیالات احیایی در امتداد مسیرهای گسل خورده ذخایر هیدروکربورها، منجر به رسوب گذاری کانه های آهن و در نتیجه رنگین شدن سنگ های جوان تر در سطح می شود. بدین ترتیب ارتباطی بین ذخیره هیدروکربوری و سطح فراهم می شود. روش های سنجش از دور قابلیت بالایی را برای اکتشاف این نواحی دارا می باشند.

۶. روش های سنجش از دور همچنین کارایی فوق العاده ای برای اکتشاف آنومالی های ژئوبوتانی در ارتباط با تراوش های جدید هیدروکربورها دارند. هیدروکربورها اثر سمی مستقیمی بر روی حیات گیاهی ندارد، اما باعث تشکیل زون های بی هوازی در ناحیه ریشه می شوند. این موضوع بر روی بیشتر انواع گیاهان مخصوصاً گونه های عمیق ریشه اثر سمی دارد. لذا در نواحی میدان های هیدروکربوری گیاهانی با ریشه های سطحی سازگاری بیشتری خواهند داشت. از دیگر نشانه های ژئوبوتانی هیدروکربورها رشد غیر معمول گیاهان در نواحی میدان های هیدروکربوری می باشد. این موضوع احتمالاً در ارتباط با تمرکزهای فلزات در خاک این نواحی می باشد که به طور انتخابی توسط پدیده های ژئوشیمیایی همراه با تراوش های هیدروکربورها افزایش یا کاهش می یابند.

۷. تراوش های جدید هیدروکربورها در محیط های دریایی به صورت لکه های چربی نفت و حباب های گاز ظاهر می شوند. لکه های چربی شناور بر روی سطح دریا در تصاویر ماهواره ای، تیره تر از آب دریا به نظر می رسند. بنابراین به راحتی با استفاده از این تصاویر قابل کشف و شناسایی می باشند. حباب های ناشی از تراوش های گازی در زیر دریا، آب های سرد و غنی از مواد غذایی را به سطح دریا می آورند. این مناطق سرد و غنی از پلانکتون ها بوسیله تصاویر رنگ و دمای سطح دریا کشف و شناسایی می شوند. تراوش های گازی در زیر دریا همچنین بوسیله ردیاب های صوتی زیر دریایی قابل کشف و ردیابی می باشند.

۸. تمام تراوش های زیر دریایی در ارتباط با میدان های هیدروکربوری تجاری نمی باشند. بعضی از آن ها ممکن است در اثر واکنش محصولات فاسد شده پلانکتون ها و آب فشار بالا و سرد تشکیل شده باشند.

۹. در کل می توان گفت که مشخصات ساختاری، نشانه های ژئوشیمیایی و ژئوبوتانی میدان های هیدروکربوری به طور مستقیم بوسیله سنجش از دور قابل بررسی می باشند. اما مکان یابی این میدان ها به طور مستقیم بوسیله این روش غیر محتمل است.

فهرست منابع

فهرست منابع

منابع فارسی

- (۱) استار، ج.، استس، ج.، ۱۳۷۷، مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS).
- مترجم: ثنایی نژاد، س. ح.، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- (۲) انجمن سنجش از دور ژاپن، ۱۳۷۵، مبانی سنجش از دور. مترجم: جاهدی، ف.، فرخی، ش.، چاپ اول، تهران، انتشارات امید.
- (۳) آگاه، آ.، ۱۳۸۰، کاربرد تکنولوژی سنجش از دور در اکتشاف مواد معدنی. پایان نامه کارشناسی، دانشگاه بیرجند.
- (۴) زبیری، م.، مجد، ع. ر.، ۱۳۷۵، آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی (اطلاعات ماهواره ای، عکس های هوایی، فضایی). چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- (۵) علیزاده ربیعی، ح.، ۱۳۷۸، سنجش از دور (اصول و کاربرد). چاپ سوم، تهران، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت).
- (۶) کریم آف، کارتر، ب.، ۱۳۷۹، سیستم های اطلاعات جغرافیایی برای دانش پژوهان علوم زمین (مدل سازی به کمک GIS). گروه اطلاعات زمین مرجع سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- (۷) کوران، پ.، ۱۳۷۳، اصول سنجش از دور. مترجم: حائز، ر.، چاپ اول، تهران، انتشارات امید.
- (۸) میذر، پ. ام.، ۱۳۷۷، پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور. مترجم: دیسفانی، نجفی، چاپ اول، تهران، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت).
- (۹) ویلیامز، ج.، ۱۳۷۶، اطلاعات جغرافیایی از فضا. مترجم: روشن نژاد، ع. ا.، چاپ اول، تهران، انتشارات مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران.
- (۱۰) هارپر، د.، ۱۳۷۵، سنجش از دور. مترجم: قادری، م.، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

- 11) Barrett, E. C. and Curtis, L. F., 1992, *Introduction to Environmental Remote Sensing*. London, Chapman & Hall.
- 12) Bernhardsen, T., 1993, *Geographic Information System*. second Edition, JohnWiley& sons.
- 13) Drury, S., 2001, *Image Interpretation in Geology*. Third Edition, Blackwell Science Inc.
- 14) Gupta, R. P., 1991, *Remote Sensing Geology*. Springer-Verlay.
- 15) Lillesand, T. M. and Kiefer, P. W., 1994, *Remote Sensing and Image Interpretation*, Third Edition, JohnWiley & sons.
- 16) Lo, C. P., 1987, *Applied Remote sensing*, New York, Longman.
- 17) Mather, P. M., 1989, *Computer Processing of Remote Sensend Images*. JohnWiley & sons.
- 18) Vincent, R. K., 1997, *Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensin*, New Jerseg, Prentice Hall Inc.
- 19) <http://rst.gsfc.nasa.gov/front/overview.html>
- 20) http://rst.gsfc.nasa.gov/sect5/sect5_5.html