سیستمهای اسکنینگ[1]

سنجش از دور

نگارش: علیرضا اوسطی

اشاره

سیستمهای سنجش از دور عکسی مستعد سنجش نواحی مرئی و نزدیک فروسرخ (مادون قرمز)[2] الکترو مغناطیس هستند (۰/۹μm الی ۰/۴μm=λ). سایر نواحی طیف الکترو مغناطیس که دارای طول موج بلندتری هستند، می‌توانند بالقوّه برای مقاصد سنجش از دور سودمند باشند. متأسفانه، عدسیهای شیشه‌ای قراردادی و لایه‌های حساس عکسی[3] قادر نیستند که این ناحیه از طیف الکترو مغناطیس را کشف و ثبت نمایند. روش دیگر کشف و ثبت توأم مرئی، فروسرخ نزدیک و باندهای طول موج بلندتر، مثل فروسرخ حرارتی و انرژی میکروویوی اسکنرهای هوابردی[4] است. اسکنرهای هوابردی به طور چشم‌گیری با دوربینهای هوایی تفاوت دارند زیرا اسکنرهای هوایی قادر هستند انرژی از زمین زیر را به عنوان خطوط اسکنی که هریک از آنان عمود برخط پرواز هستند جمع‌آوری نمایند. نگارهٔ (۱). عمل جاروب کردن به‌وسیله‌ی آیینه‌ی دورانی که هادی تابش ورودی به طرف کشف کننده است انجام می‌پذیرد. کشف کننده اسکنر یا لایه حساس دوربین عکسبرداری قراردادی (سنتّی) قابل مقایسه است. اهداف آنهادر راستای کشف، اندازه‌گیری و ثبت انرژی الکترومغناطیس متمرکز گردیده است.

آنها در مقایسه بالایه‌های حساس فیلم به طول موجهای بلندتر از ۱μm مثل فروسرخ حرارتی و نواحی امواج میکروویوی طیف الکترومغناطیس حساس هستند. سیستمهای اسکنینگ هوابردی را می‌توان به سیستمهای اسکنینگ فعال[5] و نیز غیرفعال[6] دسته‌بندی نمود.

● سیستمهای اسکنینگ غیر فعال

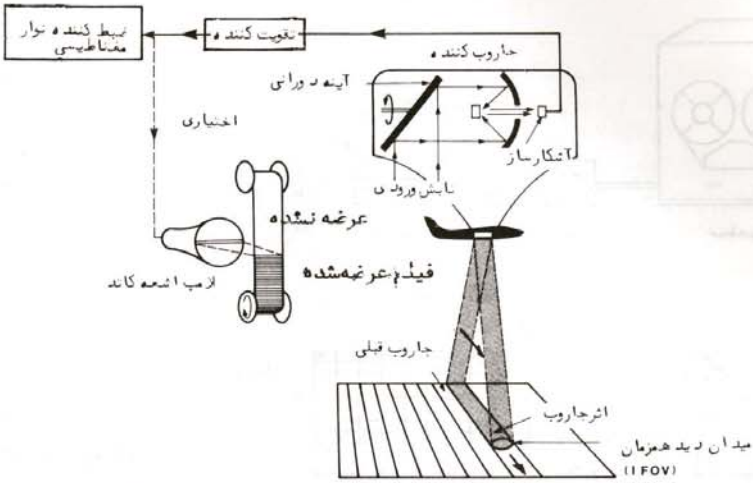
در حال حاضر دو نوع سیستم اسکنینگ غیر فعال در جریان است؛ نوع اوّل، سیستمی که فقط به باند طیفی منفرد مثل فروسرخ حرارتی و نواحی امواج میکروویوی از طیف الکترو مغناطیس حساس است. نوع دوم سیستمی ک از پیچیدگی خاصی برخوردار است و این سیستم به باندهای طیفی متعددی حساس بوده دامنه این باندها ممکن است از مرئی به نواحی امواج میکروویوی طیف ممتد گردد.

● سیستمهای اسکنینگ فروسرخ حرارتی

توسعه به‌کارگیری روش اسکنینگ فروسرخ حرارتی اساساً بعد از جنگ جهانی دوم به منظور مقاصد نظامی رایج گردید. این سیستم در خلال ۱۰ الی ۱۵ سال اخیر روبه گسترش نهاده و در زمینه‌های غیرنظامی ازآن بهره گرفته‌اند.

نظر به اینکه سیستمهای اسکنینگ فروسرخ قادر هستند انرژی ساطع شده از زمین را دربانده‌ای امواج میکروویو طیفی از (۸μmالی ۱۴μm) و (۳μm الی ۵/۵μm) اندازه‌گیری نمایند، مورد توجه هستند. زیرا این باندهای انرژی با طول موجهاییکه معمولاً با حرارت ساطع شده از زمین در ارتباط هستند تطابق پیدا می‌کنند از این رو آنها را باندهای انرژی فروسرخ حرارتی می‌نامند. سیستمهای اسکنینگ فروسرخ حرارتی با سیستمهای فروسرخ عکسی تفاوت دارند. از ویژگیهای خاص این سیستمها، کاربرد آنان به هنگام شب یا روز است. هر چند این تکنیکهابر راستای آشکار سازی حرارت و تولید عکسهای حرارتی[7]، استوار هستند، مع‌الوصف سیستم، قادر به ثبت درجه حرارت به طور مستقیم نمی‌باشد. زیرا سیستم، اختلافات درجه حرارت رابین مؤلفه‌های گوناگون می‌سنجد.

ملاحظه می‌شود که اسکنرهای حرارتی معمولاً از تلسکوپی که تابشهای حرارتی ساطع شده از زمین را به آشکار ساز هدایت و منتقل می‌نماید، تشکیل یافته‌اند. انتخاب آشکارسازهای نمونه را می‌توان در جدول (۱/۱) ملاحظه کرد.



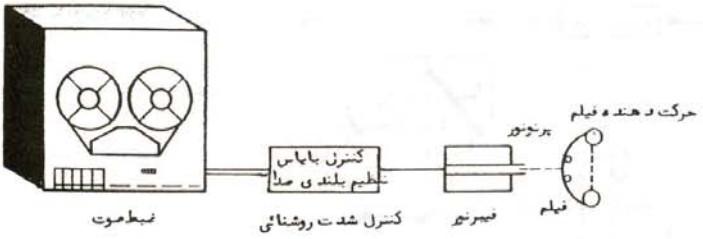
نگارهٔ (۱) شرح ساده ای از سیستم جاروب‌کننده فروسرخ حرارتی

● **جدول ۱/۱: ویژگیهای اسکنر حرارتی**

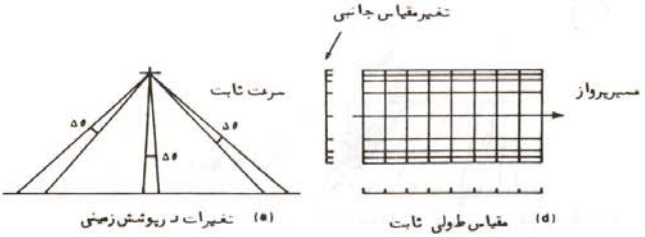
حساسیت طیفی دامنه μm	اختصارات شیمیایی	نوع آشکارساز
۳ تا ۱۴	Ge:Hg	Mercury doped germanium
۰ تا ۳	Insb	Indium anumonide
۸ تا ۱۴	Hg Cd Te	Mercury cadmium telluride

وظایف آشکار سازها، تبدیل تابش دریافتی به علائم الکترونیکی است. علائم الکترونیکی مستقیماً روی نوار مغناطیسی برای پردازش، بعد از پرواز ثبت می‌کردند.

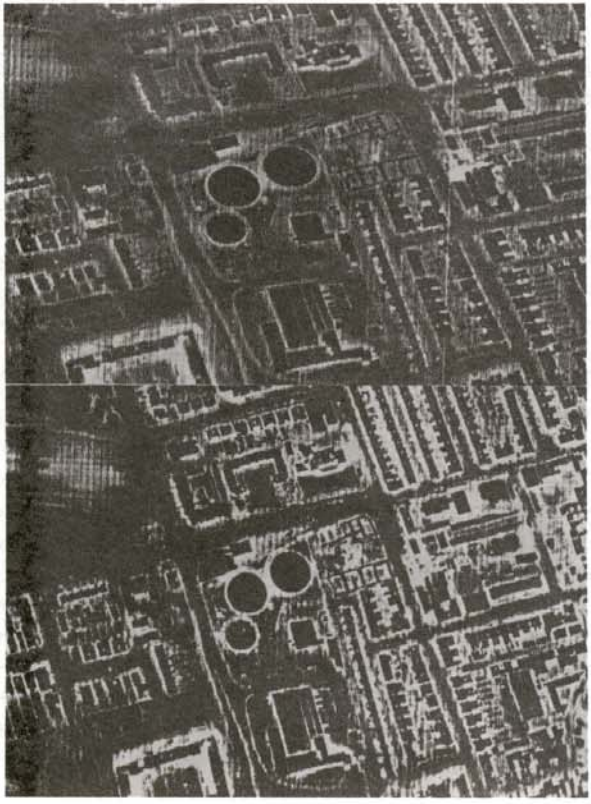
برخی سیستمها ممکن است به منظور ثبت یک تصویر و دید سریع[8] در خلال پرواز به وسیلهٔ به‌کارگیری نوأم لامپ اشعه کاتدی (CRT) و ثبات فیلم تسهیلاتی را به این منظور به‌وجود آورند. به منظور کالیبره کردن و تعیین کمیّت داده‌های حرارتی، درجات حرارت مرجع دو جسم سیاه معمولاً در انتهای هر خط اسکن ثبت می‌شوند. درجه حرارت این دو جسم سیاه از طریق اپراتورکنترل و تنظیم می‌گردد. بنابراین مجموعه داده‌ها برای پرواز از بین دو درجه حرارت شناخته شده حاصل می‌شود. از آنجاییکه آشکارسازهای موجود در اسکنرها کاملاً شبیه به آشکار سازهای هواپیما هستند لذا لازم است مجموعه آشکارسازهای موجود در اسکنرهای هواپیما به منظور تقلیل اثر تابش زمین توسط آنان خنک گردند. بنابراین تغییرات درجات حرارتی که ثبت می‌شوند کلاً در ارتباط با تغییرات درجه حرارت سطح زمین هستند. بنابراین تغییرات درجه حرارت حتی حدود ۰/۲ درجه سانتیگراد می‌تواند با بهره‌گیری از این قبیل سیستمها تعیین گردد. برای تعیین درجه حرارت مطلق، اطلاعات مربوط به قدرت تابندگی اشیاء مورد سنجش قرار گرفته، به صورت یک عامل بحرانی جلوه‌گر می‌گردد. بعد از ثبت داده حرارتی روی نوار مغناطیسی، لازم است داده‌ها به منظور تولید تصویری که از آن تفسیر می‌تواند صورت گیرد، برگشت شوند. این فرآیند شامل تبدیل سیگنال الکترونیکی ذخیره‌گردیده به یک پرتو نوری با استفاده از یک پرتو فیبر نوری[9] و عرضه[10] برروی یک نوار پیوسته ۱۲۵ میلیمتری فیلم سیاه و سفید پانکروماتیک که از این طرف به آن طرف در مقابل پرتو حرکت می‌کند می‌باشد. شدت شعاع نور با سیگنال الکترونیکی متناسب است. این مسئله در نگارهٔ ۲ شرح داده شده است. مقیاس در امتداد خط پرواز به وسیلهٔ کنترل سرعت که در آن فیلم از این طرف به آن طرف فیبر نوری در حرکت است تصحیح می‌شود. در تمامی حالتها دو سرعت همبسته می‌گردند تا اطمینان دهند که محورهای (X و Y) تقریباً هم مقیاس هستند. برای فیلم منفی سطوح زمین که برخوردار از درجه حرارت بالایی هستند، باعث ازدیاد تن‌های عکس روشن روی تصویر می‌گردند. پهنه‌های باقیمانده شامل تن‌های خاکستری هستند که می‌توانند طبق داده‌های کسب شده از طریق منبع مرجع جسم سیاه تفسیر شوند. نگارهٔ ۴ نمونه‌ای از این نوع تصویری محسوب می‌گردد. داده‌های ثبت شده در پرواز در قالب تصاویر سیاه و سفیدی که بعداً پردازش و چاپ می‌شوند اساساً یک ارزیابی کیفی از درجه حرارت زمینی هستند. همچنین برای بسیاری از کاربردها دقت اندازه‌گیری درجه حرارت از نقاط ویژه برای زمین مورد نیاز است. مقادیر کیفی می‌توانند از طریق تبدیل داده‌های ثبت شده روی نوار مغناطیسی به شکل رقومی به وسیلهٔ پردازش کامپیوتری درآیند. این تغییر آنالوگ به رقومی شامل تغییر مداوم شکل سیگنال انالوگ به یک سری از مقادیر عددی ناپیوسته است. در کامپیوتر سازگار[11] داده‌ها ممکن است پردازش، تجزیه و تحلیل و به صور گوناگون ارائه گردند.



نگارهٔ (۲) برگشت داده‌ها به منظور تولید مجدد تصویر



نگـــارهٔ (۳) تـــغییرات مقیـــاس در تصویری اسکنینگ حرارتی
الف) هندسه آیینه اسکنینگ دورانی
ب) نتیجه تغییر مقیاس در تـصویری اسکنر ترمیم نشده.



نگارهٔ (۴)
تصویر فروسرخ حرارتی
بالا) ترمیم نشده
پایین) ترمیم شده

ویژگیهای هندسی

گرچه تصویر فروسرخ حرارتی دارای ظاهری هم چون عکس هوایی است معهذا از نظر هندسی تفاوتهای بسیاری باآن دارد. اولین و مهمترین اختلاف آنها را در مقیاس می‌توان مشاهده نمود. با وجود این به صورت هندسی ترمیم می‌شود، تصویری اسکنر حرارتی تغییرات دقیق مقیاس را در امتداد عمود بر جهت پرواز نشان می‌دهد. واپیچش مقیاس توسط هندسه آیینه اسکنر ایجاد می‌شود. هندسه آیینه اسکنینگ و تغییر مقیاس در نگارهٔ ۳ و ۴ شرح داده شده‌اند.

الف) مقیاس در امتداد اسکن در لبه‌های تصویر فشرده می‌شود. این پدیده به علت وجود سیستم اسکنینگ حادث می‌شود و علت آن این است؛ هنگامی که سیستم دارای سرعت زاویه‌ای یکنواختی است طول بیشتری از زمین را در فاصله زمانی ارائه شده به وسیلهٔ سیستم اسکنری که به طور مایل روبه زمین از هواپیما هدفگیری می‌شود، از سیستم اسکنری که در موقعیت نادر هدفگیری می‌شود، تصویر می‌نماید. خوشبختانه منشاء این تغییر مقیاس معمولاً در خلال پردازش بعد زمینی تصویر حذف می‌گردد بنابراین، نتیجه تصویر ترمیم شده خواهد بود. (نگارهٔ ۴).

ب) تغییرات مقیاس کوچکتر ممکن است از طریق تغییرات در ارتفاع پرواز هواپیما پیش آید. این تغییرات مقیاس می‌تواند هم در پرواز و هم در خلال پردازش کنترل شود. دومین اختلاف هندسی اساسی که مابین تصویری اسکنر حرارتی و عکس هوایی وجود دارد جابجایی تصویر می‌باشد. در حالتی که عکس هوایی کاملاً قائم است و از مرکز تصویر (از نقطه اصلی) جابجایی تصویر شعاعی است جابجایی تصویر در تصویری اسکنر حرارتی بر خط مرکزی تصویر عمود است لذا، جابجایی فقط در یک بعد صورت می‌گیرد.

سیستمها بر مبنای هواپیما

تعدادی از اسکنرهای حرارتی که در هواپیما نصب گردیده‌اند، در حال حاضر از آنها بهره گرفته می‌شود. ویژگیهای مربوط به این اسکنرها در جدول (۱/۲) آمده است.

سیستمها بر مبنای ماهواره

بسیاری از تصاویر حرارتی فروسرخ که دارای قدرت تفکیک پایین هستند، به وسیلهٔ ماهواره‌های هواشناسی کسب می‌شوند. قدرت تفکیک پایین آنها محدودیت استفاده این سیستمها را در مقاصد مهندسی تشدید می‌کند معهذا، دو سیستمی که باید تعمّق بیشتری در مورد آنها انجام گیرد ماهواره‌های NOAA[12] و HCMM[13] هستند. یک نمونه از ماهواره NOAA ماهواره NOAA - 5 است. این ماهواره در خلال سالهای ۷۹-۱۹۷۶ میلادی وارد عملیات گردید. و در نزدیکی مدار قطب و در یک ارتفاع ۱۵۱۰ کیلومتری قرار گرفت. این ماهواره با خود چندین سنجنده از جمله یک رادیومتری که دارای قدرت تفکیک بالایی است (VHRR)[14] حمل نمود. رادیومتر از نوع اسکنینگ بوده و قادر به تولید تصاویر فروسرخ حرارتی در محدوده باند طول موج ۱۰/۵μm الی ۱۲/۵ μm بوده و قدرت تفکیک (زمینی) فضایی‌آن حدود ۹۰۰ متر می‌باشد. یک کاربرد جالب توجه از تصویری 5 - NOAA توسط آقای Mc Ginnis, Berg در سال ۱۹۸۰ میلادی گزارش شده است . Berg، استفاده از داده VHRR کامپیوتری را برای تهیه نقشه از سیلاب رودخانه در حوضه رودخانه کنتاکی مورد بحث و ارزیابی قرار داده است.

HCMM در اوایل سال ۱۹۷۸ میلادی به فضا پرتاب گردید و در یک ارتفاع ۶۲۰ کیلومتری و در یک مدار نزدیک به دایره قرار گرفت. این ماهواره با خود یک رادیومتر اسکنر دوکاناله که می‌توانست داده‌ها راتواُماً در قسمتهای نزدیک مرئی (۰/۵ μm تا ۱/۱ μm) و حرارتی (۱۰/۵μmالی ۱۲/۵μm) از طیف الکترومغناطیس در زمان حداقل و حداکثر درجه حرارت (۲۳۰° و ۱۳۳۰°) کسب نماید، حمل نمود. میدان دید رادیومتر، یک زاویه ۶۰ درجه را اسکن نموده و تصاویری را به عرض ۷۲۰ کیلومتر تولید می‌نماید. قدرت تفکیک زمین در کانال حرارتی حدود ۶۰۰ متر است. ماهواره HCMM به منظور اندازه گیری تغییرات درجه حرارت عوارض موجود بر سطح زمین و به منظور تشخیص هویت و شرایط موجود آنها ساخته شده‌اند. اختلاف درجه حرارت و داده‌ی مدل اینرسی حرارتی توسط اولین تصحیح هندسی واز داده‌ها روز و شب

جدول (۱/۲)

اسکنر	دامنه طیفی برحسب μm	IFOV (mrad)	قدرت تفکیک برحسب متر درارتفاع‌پرواز ۵۰۰کیلومتری	حساسیت درجه حرارت برحسب سانتی‌گراد	میدان دید(°)	سرعت‌اسکن‌کردن نوسانات درثانیه	آشکارساز
ENI	۳/۵الی ۵/۵	۱/۵	۰/۷۵	۰/۳	۱۴۰	۵۰	INSb
Airscan Hawker - Siddel فضا-هواگولیس ۲۱۴ - ۲۰۴ - ۲۰۱	۸ الی ۱۴	۱/۵	۰/۷۵	۰/۲۵	۱۲۰	۵۰۰	Hgcdte
۴۰۱	۸ الی ۱۴				۱۲۰	۵۰۰	Hgcdte
Daedalus DS -1250 DS -1230	۸ الی ۱۴ ۸ الی ۱۴	۲/۵ ۱/۷	۱/۲۵ ۰/۸۵	۰/۲۵ ۰/۲۰	۷۷ ۷۷	۸۰ ۸۰	Hgcdte Hgcdte
BTM	۳ الی ۵/۵	۲/۵	۱/۲۵	۰/۵	۱۲۰	-	INSb
Instruments	۸ الی ۱۴	۲/۵	۱/۲۵	۰/۵۰	۱۲۰	-	Ge:Hg
Texas RS -310	۰/۳ الی ۱۴	۱/۵	۰/۷۵	-	۹۰	۲۰۰	-

تصحیح و آنگاه رقوم وار مجموعه داده‌ها را می‌پوشاند. داده اینرسی حرارتی از طریق کاربرد مدل حرارتی ریاضی نسبت به داده شب و روز و داده باند مرئی کسب شده‌اند. از داده‌های اینرسی حرارتی به منظور تشخیص نوع سنگ و موقعیت منابع معدنی بهره گرفته می‌شود. (سال ۱۹۸۲ میلادی ,watson). در سال ۱۹۸۲ میلادی آقای Heilman و آقای Moore اعلام نمودند که از داده‌های ماهواره‌ای HCMM برای ارزیابی رطوبت خاک و عمق منابع آبی زمین کم عمق بهره گرفته‌اند. یک کاربرد دیگر آن که قابل ذکر است و توسط آقای Schowengert در سال ۱۹۸۲ میلادی گزارش شده است او در این بخش یک روش پردازش رقومی را که از ترکیب قدرت تفکیک بالاتر داده MSS باند هفت Landsat با داده ماهواره HCMM به منظور تألیف نقشه حرارتی از دریاچه ویرجینیا است مورد بحث قرار می‌دهند.

در آینده‌ای نه چندان دور ممکن است ماهواره‌های حرارتی که تغییرات و اصلاحات اساسی در قدرت تفکیک آنها صورت گرفته است به‌بازار عرضه شوند. آقای Townsend در سال ۱۹۸۱ میلادی TIM[15] را به عنوان جانشین برای HCMMهاپیشنهادنموده است. چنانچه ساخت این ماهواره‌ها تحقق یابدآنها می‌توانند دارای قدرت تفکیک ۱۰ متر در باند μm ۸ الیμm۱۰ در مدار ۶۰۰ کیلومتری باشند. سیستمهای ماهواره‌ای از این نوع می‌توانند با پتانسیل بسیار قوی به منظور تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی در مناطق دورافتاده دنیا به‌ویژه در مکانهایی‌که تولید داده‌های حرارتی هوابردی هزینه‌های بسیاری را دربرخواهند داشت مورد استفاده واقع شوند.

رادیومترهای اسکنینگ میکروویوی

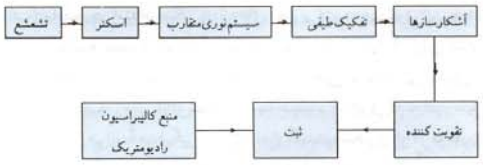
رادیومترهای اسکنینگ میکروویوی از نوع دوم سیستمهای اسکنینگ غیرفعال به شمارمی‌روند که در مقایسه با نوع اوّل کاربرد بسیار کمتری دارد. این نوع سیستمها قادر هستند انرژی الکترومغناطیس ساطع شده را در طولهای موج میکروویوی ۱ میلیمتر الی ۱ متر بسنجند. کلیه عوارضی که در این طولهای موج انرژی ساطع می‌نمایند در مقایسه با تابش فروسرخ حرارتی بسیار ضعیف هستند.

اسکنرهای چند طیفی MSS[16]

مدتهای مدیدی سیستمهای عکسبرداری که تابش بازتابیده را می‌سنجیدند و نیز سیستمهای اسکنر میکروویوی که کشف و اندازه‌گیری تابش ساطع گردیده، را به‌عهده داشتند محور بحثها و تبادل افکار بوده‌اند. وسیله‌ای که می‌تواند در کشف و ثبت همزمان تشعشع تابشی و بازتابیده در باندهای طیفی متعدد، نقش حساس و سازنده‌ای را ایفا کند اسکنرهای چند طیفی هستند. اینک اصول کلی آنها را مورد بحث و ارزیابی قرار می‌دهیم.

اصول کلی

تکنیک جمع‌آوری اطلاعات با بهره‌گیری از این نوع ابزار و وسایل شبیه به اسکنرهای حرارتی است. سیستم، تصویری را در یک نوع متوالی توسط ثبت تابشهای (تابش یا بازتابش) در امتداد یک خط اسکن، عمود بر خط پرواز تولید می‌کند. حرکت به جلوی سکوی سنجنده نوار اسکن شده را به جلو می‌برد و در نتیجه یک تصویر اسکن خطی ایجاد می‌شود. عملیات اسکنرهای چند طیفی را می‌توان در نگارهٔ ۵ ملاحظه نمود.



نگارهٔ (۵) اجزاء یک سیستم اسکنر چند طیفی

نقاط روی زمین به سبک راستری معمولاً توسط یک منشور چرخنده مداوم و یا یک آیینه در حال نوسان در موقعیت سیستم ماهواره‌ای اسکن گردیده و به عنوان MSS مکانیکی نوری نامیده می‌شوند. آنگاه تابش توسط یک منشور و یا شبکه پراش[17] به عناصر طیفی پراکنده می‌گردد. این وسیله تابش ورودی به کانالها و یا باندهای طیفی را منشعب می‌نماید.

آرایه‌ی آشکار سازهای الکترونیکی که در موقعیت مناسب هندسی پست پراش قرار می‌گیرد. تابش در ناحیه طول موج را که به آن حساس است آشکار می‌سازد. آنگاه سیگنال تقویت شده روی برخی واسط متناسب ثبت می‌گردد، معمولاً روی نوار و یا از راه دور به زمین یا ایستگاه گیرنده ماهواره‌ای ارسال می‌گردد. به‌علاوه به منظور کالیبره کردن داده‌های جمع شده در هر کانال به‌طریق رادیومتری اغلب سیستمهای MSS منبع سیستم داخلی را یکی می‌نمایند. این منبع کالیبراسیون توسط سیستم اسکن شده و در ابتدا و انتهای هر خط اسکن با داده تابش ثبت می‌شود.

سیستمهای برمبنای هواپیما

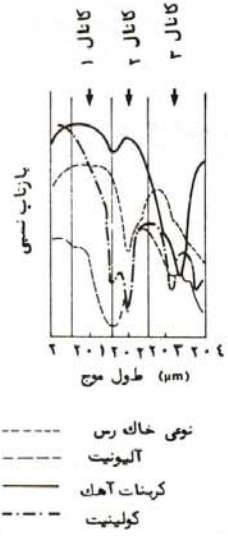
در سالهای اخیر تمایل بسیاری در ارتباط با استفاده از سیستمهای اسکنر چند طیفی که در هواپیما کاربرد دارند مشهود است. کارهای اولیه انجام گرفته در این راستابرمی‌گردد به سال ۱۹۶۵ میلادی که در ERIM[18] صورت پذیرفت. این تلاشها و پی‌گیریهای مداوم به توسعه اسکنر یازده کانالهای که باعث پوشش دامنه μm ۰/۳۸ الی μm ۱۲/۲۵ است انجامید. چندین سازمان دیگر نیز در این زمینه اسکنرها را توسعه و بهبود بخشیده‌اند ولی اخیراً داده MSS هوابردی به عنوان مبنای تجاری در اروپا معمول گردیده است. در حال حاضر استفاده از سیستمهای MSS هوابرد ی در کشور انگلستان توسط دو سازمان PNC[19] و HGG[20] صورت می‌گیرد.

ویژگیهای مهم و اصلی این سیستمها که اخیراً به کار گرفته شده‌اند در جدول (۱/۳) موجود است.

جدول (۱/۳): نمونه‌ای از سیستم MSS بر مبنای هواپیما

جزئیات	سیستم Hunting Daedalus AADS1268 ATM[۲۱]	سیستمهای PNC MRII(a)	سیستمهای PNC MKII
تعداد باندهای موج	۱۱	۳	۴
دامنه‌های طیفی برحسب			
کانال ۱	۰/۴۲ - ۰/۴۵	۲/۰۵ - ۲/۱۵	۷/۲ - ۸/۹
″ ۲	۰/۴۵ - ۰/۵۲	۲/۱۵ - ۲/۲۵	۸/۸ - ۱۰/۲
″ ۳	۰/۵۲ - ۰/۶۰	۲/۲۸ - ۲/۴۰	۱۰/۱ - ۱۰/۹
″ ۴	۰/۶۰۵ - ۰/۶۲۵		۱۰/۹ - ۱۳/۹
″ ۵	۰/۶۳ - ۰/۶۹		
″ ۶	۰/۶۹۵ - ۰/۷۵		
″ ۷	۰/۷۶ - ۰/۹۰		
″ ۸	۰/۹۱ - ۱/۰۵		
″ ۹	۱/۵۵ - ۱/۷۵		
″ ۱۰	۲/۰۸ - ۲/۳۵		
″ ۱۱	۸/۵۰ - ۱۳		
قدرت تفکیک فضایی (Mards)	۲/۵(۱/۲۵ اختیاری)	۳/۳	۱/۵
عرض مسیر(°) روی زمین	۸۵	۷۰	۱۲۰

اولاً قدرت تفکیک فضایی آنها در مقایسه با سیستمهای ماهواره‌ای به مراتب بیشتر بوده و با پرواز در ارتفاعات کم، این امکان میسّر است که قدرت تفکیک فضایی ۱ متر الی ۲ متر کسب گردد. و در ثانی در مقایسه با سیستمهای ماهواره‌ای استفاده کننده، تعداد بیشتری باند موج طیفی در اختیار دارد. از این باندها ممکن است به منظور تعیین و تشخیص عوارض مورد نیاز بهره گرفته شود. فی‌المثل باندهای طیفی انتخاب شده در اسکنر PNC MRII (a) که وسیله را امکان پذیر می‌سازد تا بتواند نباتات و مواد معدنی موجود در خاک را شناسایی نماید. رابطه بین ویژگیهای طیفی مواد معدنی موجود در خاک و کربناتها و باندهای موج PNC MKII (a) در نگارهٔ ۶ آمده است.



نگارهٔ (۶) ویژگیهای طیفی خاک رس معدنی و کربناتها

سومین ویژگی حاصل از داده‌ی MSS هوابردی منوط به کاربرد این داده‌ها اعم از این که همانند شکل تصویری که به طور مستقیم می‌تواند از ماهواره کسب گردد، باشد و یا مانند تصویری که می‌توان در آینده از ماهواره‌ای نظیر Spot انتظار داشت.

فی‌المثل با استفاده از باند ۲ و ۴ و ۵ اسکنر Daedalus 1268 این امکان میسّر است که یک منظر «ترکیب رنگ حقیقی» که می‌تواند با به‌کارگیری باندهای ۱ و ۲ و ۳ مربوط به Landsat - 5، TM کسب گردد همانند شود.

سیستمهای برمبنای ماهواره

در مقایسه با استفاده و کاربرد محدود از تصاویر MSS بر مبنای هواپیما، تصویری MSS ماهواره‌ای دارای کاربرد بسیار وسیع بوده و می‌تواند به سهولت دردسترس قرار گیرد. توسعهٔ سیستمهای MSS ماهواره‌ای تجاری در امور نظامی ابعاد تازه و گسترده‌ای به خود گرفته است. اگرچه عکسبرداریهای ماهواره‌ای از اوایل دهه ۱۹۶۰ میلادی پا به عرصه میدان نهادند مع‌الوصف تا دههٔ ۱۹۷۰ میلادی تصاویر MSS ماهواره‌ای موجود نبوده‌اند. تعدادی تصاویر تجربی از ماهواره‌هایی نظیر Skylab در سال ۱۹۷۳ میلادی به دست آمد، ولی اغلب تصویری MSS ماهواره‌ای از طریق Landsat کسب گردیده است.

سیستم ماهواره‌ای Landsat که سابقاً به عنوان ماهواره تکنولوژی منابع زمینی[۲۲] معروف بوده، توسط NASA تولید گردیده‌اند. این سیستم به منظور ارزیابی امکان جمع‌آوری داده‌ی منابع زمینی توسط ماهواره‌ی بدون

بقیه در صفحه ۴۲