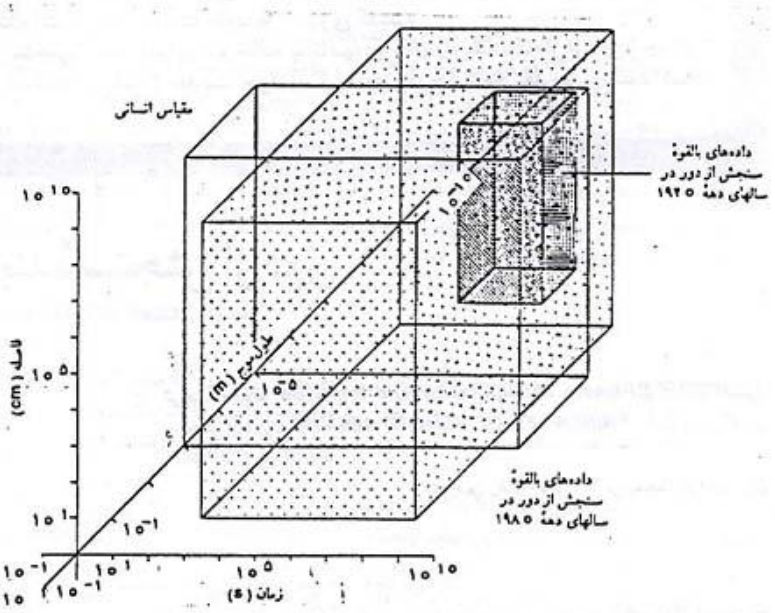
حرفه‌ای است آزموده شود؛ برای مثال، طبقه‌بندی داده‌های سنجندهٔ تابشسنج با توان تفکیک بسیار بالای پیشرفتهٔ ماهوارهٔ نُوا با استفاده از یک تصویرپرداز رقمی برای تولید نقشه‌های گیاهی در غیاب داده‌های زمینی.

۴ **روش‌شناسی استنتاجی /کمّی.** در این روش‌شناسی آزمایشهایی طرح و داده‌هایی گردآوری می‌شوند تا فرضیه با استفاده از قاعده‌های تصمیم‌گیری دقیق و تکرارپذیر که در آنها میزان خطا معلوم است، آزموده شود؛ برای مثال، استفاده از داده‌های اسکن‌کنندهٔ خطی فروسرخ گرمایی هوایی رقمی درجه‌بندی‌شده برای پیشگویی گرمای سطح دریا تا میزان ترازهای آزمایش‌شدهٔ صحت.



رابطهٔ بین ادراک ما از واقعیت و واقعیت بالقوه‌ای که داده‌های سنجش از دور می‌توانستند در پنج دههٔ اخیر در اختیار ما بگذارند.

بدون توجه به روش‌شناسی، علم معمولاً بر اساس اصالت اندیشه‌ها، نبوغ و به‌کار بردن ابتکار در انجام آزمایشها و روشنی فکر مورد داوری قرار می‌گیرد، در حالی که در مورد سنجش از دور اغلب بر اساس سودمند بودن آن قضاوت می‌شود. محتوای مطالب مجله‌های عمدهٔ سنجش از دور گستردگی این رهیافت واقعگرایانه به علم را آشکار می‌کند. خوشبختانه این گرایش در حال تغییر است، به‌طوری که فقط در سال ۱۹۸۴، مقاله‌های چاپ‌شده در مجله‌های مورد بحث شش مسئله علمی مهم را مطرح کردند که عبارتند از، جایگاه مدلها در سنجش از دور، محدودیتهای برونیابی فضایی داده‌های سنجش از دور، سازگاری نتیجه‌ها، خطاهای ذاتی در داده‌های سنجش از دور، فراوانی فضایی زیستمحیط ما و محدودیتهای به‌کارگیری داده‌های سنجش از دور در یک مقیاس برای حل مسائل در مقیاسی دیگر.

مقیاس مطالعات سنجش از دور

کار با اطلاعات در یک مقیاس انسانی برای ما بسیار راحت است. این واقعیت نشان می‌دهد که چه چیز برای ما از طریق حواس پنج‌گانه دسترس‌پذیر است و در فاصله‌ای بین کمتر از یک میلیمتر تا چند کیلومتر در فضا، یا در کمتر از یک ثانیه تا چند دهه از نظر زمانی، بین طول موجهای مرئی و گرمایی تابش الکترومغناطیسی وقوع می‌یابد.

در سالهای دههٔ ۱۹۴۰ داده‌های سنجش از دور، همگی در مقیاس انسانی قرار داشتند، اما امروزه داده‌ها از این مقیاس فراتر رفته‌اند. ما با توجه به تجربه‌هایمان در مقیاس انسانی به‌طور طبیعی می‌کوشیم تا داده‌های سنجش از دور را به مقیاسهایی که با آنها آشنا هستیم، تبدیل کنیم. از نیمهٔ دوم دههٔ ۱۹۸۰ به این طرف آگاهی ما دربارهٔ ارزش داده‌های گردآوری‌شده در مقیاس فراتر از مقیاس انسانی، افزایش یافته است. داده‌های سنجش از دور به‌تدریج ولی به‌یقین برای پدیده‌های جهانی که به آرامی یا به‌سرعت در حال تغییرند و خود را در گستره‌های مختلف طیف تابش الکترومغناطیسی نمایان می‌سازند، به‌کار گرفته می‌شوند و عدهٔ زیادی از مردم جهان شانس نظاره کردن ماکروفضا را خواهند داشت.

چرا از امواج میکروموج برای سنجش از دور استفاده می‌شود؟

ترجمهٔ مقالهٔ Why microwaves for remote sensing? از مجلهٔ ACRES Australian Centre، تألیف پیتر رادونی، مهندس پروژه در Update/July 1994 (ACRES) for Remote Sensing؛

مترجم: مهرداد رضایی نژاد، مرکز سنجش از دور ایران

مقدمه

از لحاظ تاریخی تکنیکهای تابشسنجی میکروموج در سالهای دههٔ ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ برای اندازه‌گیری انرژی الکترومغناطیسی که منبع آن خارج از زمین است به‌کار گرفته شد. سنجش تابشهای میکروموج زمینی در اواخر سالهای دههٔ ۱۹۵۰، دو دهه پس از زمانی شروع شد که رصدهای رادیواخترشناسی و مشاهدات جوّی به‌کمک آنتنهایی که از سطح زمین به‌سوی آسمان نشانه رفته بودند، آغاز شده بود. بیش از ۱۰۰ سال است که از عکس، و نزدیک ۵۰ سال از عکس رنگی، و در اوقات اخیر از تصویرهای اپتیکی فضا استفاده شده است. پس دیگر چرا از امواج میکروموج استفاده می‌شود؟

برای این پرسش چند پاسخ وجود دارد: مهمترین دلیل استفاده از امواج میکروموج، توانایی آنها در نفوذ از ابرها، و تا حدودی هم از باران، و مستقل بودن آنها از خورشید به‌عنوان منبع روشنایی است. ابرهای یخی که تا آن حد چگالند که جلو نور خورشید را گرفته و سطح زمین را تاریک می‌کنند و در نتیجه مانع از عکسبرداری هوایی می‌شوند، تقریباً اثری بر امواج میکروموج ندارند.

دلیل دیگر برای استفاده از میکروموجها این است که آنها در مقایسه با امواج نوری به عمق بیشتری در گیاهان نفوذ می‌کنند. گسترهٔ نفوذ امواج میکروموج در گیاهان بستگی به میزان رطوبت و چگالی گیاه و همچنین طول موج تابش دارد. طول موجهای بلندتر نافذتر از طول موجهای کوتاهتر هستند. طول موجهای کوتاهتر حامل اطلاعاتی از قشرهای بالایی و طول موجهای بلندتر حاوی اطلاعات مربوط به قشرهای پایینی و زیرِ سطح زمین می‌باشند. در مناطقی که به‌حد کافی خشک هستند، میکروموجها می‌توانند به‌میزان قابل ملاحظه‌ای در زمین نفوذ کنند.

دلیل سوم برای استفاده از امواج میکروموج، آن است که اطلاعات قابل حصول از این نوع امواج با اطلاعات قابل حصول از امواج مرئی و فروسرخ تفاوت دارد، به‌طوری که در شرایط مناسب برای سنجش در این سه ناحیه از طول موجها کار سنجنده‌هایی که در این سه ناحیه عمل می‌کنند مکمل همدیگر خواهد بود. برای مثال، رنگ مشاهده‌شده در باندهای مرئی و فروسرخ نزدیک نشانه‌ای از رزونانس یا تشدید مولکولی در قشر سطحی گیاه یا خاک است، در حالی که «رنگ» در ناحیهٔ میکروموج نتیجهٔ ویژگیهای هندسی و دی‌الکتریک حجمی لایهٔ سطحی مورد مطالعه می‌باشد.

میزان پس‌پراکندگی راداری اساساً به ویژگیهای فیزیکی سطحی و نزدیکِ سطحی ـ مخصوصاً شیب، ناهمواریها و ناهمگنیهای حجمی ـ و تا حدودی به ویژگیهای دی‌الکتریک سطحی بستگی دارد. بنابراین استفاده از رادار مخصوصاً برای تهیهٔ نقشه‌های ساختاری مورفولوژیکی، طبقه‌بندی عوارض زمینی، تعیین پوشش سطحی، تهیهٔ نقشه‌های کارتوگرافی، مشاهدهٔ یخهای قطبی، و پویش و بررسی تصویری الگوهای اقیانوسی ـ که همهٔ آنها به‌صورت تغییرات ناهمواری یا شیب بیان می‌شوند ـ مفید است.

دو نوع اطلاعات را می‌توان از تصویرهای رادار باگشودگی ترکیبی (SAR)، Synthetic Aperture Radar، به‌دست آورد: الگوها یا اشکال نواحی مورد مشاهده، و تُن و بافت تصویرهای راداری. در تصویرهای راداری، همانند تصویرهای اپتیکی اشکال زمین‌شناسی بزرگ مقیاس مانند چینها، تپه‌ها، الگوهای زهکشی، و خطوط گسل را می‌توان به‌وسیلهٔ شیب آنها آشکار کرد. اما یکی از برتریهای رادار آن است که ناظر می‌تواند جهت تابش‌دهی را نیز به‌اختیار برگزیند. از ناهمواری سطح می‌توان برای تشخیص و تفکیک انواع مختلف سطوح، و برای افزایش بیشتر تباین یا کنتراست استفاده کرد.

به‌دلیل این عوامل، روشنایی نسبی یا آلبِدوی سطوح در تصویرهای راداری نسبت به روشنایی نسبی تصویرهای اپتیکی و فروسرخ تغییرات بیشتری دارد. گسترهٔ ماکزیمم در روشنایی نسبی اپتیکی حدود مضرب ۱۰ از تیره‌ترین باز تا روشنترین نمکها است. در هنگام استفاده از رادار انرژی پس‌پراکنده‌شده در زاویه‌های فرود بالا به‌وسیلهٔ ناهمواری سطح معین شده و با ضریبی از ۱۰ بین واحدهای زمین‌شناسی مجاور تغییر می‌کند. در زاویه‌های فرود پایین (کمتر از ۳۰ درجه)، تغییری در شیب سطح به‌اندازهٔ چند درجه می‌تواند دامنهٔ امواج رادار را با ضریبی از ۲ یا بیشتر تغییر دهد.

نکتهٔ مهمتر این است که اگر شرایط مناسب باشد (بسته به مدار ماهواره) این امکان وجود دارد که تغییر فاز سیگنالهای برگشتی بین دو یا چند مدار نزدیک به هم را آشکارسازی کرده و داده‌های راداری را برای تهیهٔ نقشه‌های توپوگرافی به‌کار برد.

در زمین‌لرزهٔ سال ۱۹۹۲ در لَندِرز کالیفرنیا، از تداخل سنجیِ رادار باگشودگی ترکیبی برای مشخص کردن حرکت ایجادشده در سطح زمین استفاده شد.

تاریخ تکامل سیستم رادارِ باگشودگی ترکیبی

این باور وجود دارد که نخستین پردازشگر رادارِ باگشودگیِ ترکیبیِ رقمی برای کاربردهای غیرنظامی، سیستم مک‌دونالد دِت‌ویلِر و شرکا (MDA)، MacDonald Dettwiler and Associates، باشد که برای مرکز سنجش از دور کانادا (CCRS)، Canadian Centre for Remote Sensing، ساخته شد، و یک سیستم تک‌نگره بود.

امروزه تکنیکهای رقمی به این دلیل بر تکنیکهای اپتیکی یا نوری ترجیح داده می‌شوند که در پردازش اپتیکی مقداری از اطلاعات تابشسنجی از دست می‌رود. برای تولید مدلهای ارتفاعی رقمی (DEM)، Digital Elevation Models، لازم است که از تغییر فاز جلوگیری شود، که البته در پردازش اپتیکی فاز پایسته می‌ماند اما بهتر است که این داده‌ها را به‌صورت رقمی دستکاری کرد.

در نخستین روزهای ابداع رادارِ باگشودگیِ ترکیبی تکنولوژی رقمی قادر به کار با حجم زیاد داده‌ها در زمانی مناسب و معقول نبود و تکنیکهای آنالوگ یا پیوسته که از اپتیک استفاده می‌کردند برای انجام پردازشِ بدونِ تأخیر زمانی به‌کار می‌رفتند. از این تکنیکها در برخی از متون به‌عنوان پردازش نوری نام برده می‌شود.

در جدول ۱ مهمترین وقایعی که در سیر تکامل و توسعهٔ سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی نقش داشته‌اند آمده است.

جدول ۱: مهمترین وقایعی که در سیر تکامل و توسعهٔ سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی نقش داشته‌اند.

تاریخ	تکامل
۱۹۵۱	کارل ویلی از مؤسسهٔ گودییر مفهوم واضح‌سازی باریکهٔ دوپلر را مطرح می‌کند.
۱۹۵۲	در دانشگاه ایلینویز مفهوم واضح‌سازی باریکهٔ دوپلر به‌طور عملی نشان داده می‌شود.
۱۹۵۳	در طی پروژهٔ وُلورین برنامهٔ توسعهٔ سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی فرمولبندی می‌شود.
۱۹۵۷	در طی پروژهٔ میشیگان نخستین تصویر سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی با استفاده از همبسته‌کنندهٔ اپتیکی تهیه می‌شود.
اواسط سالهای دههٔ ۱۹۶۰	ویژگی همبستگی سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی الکترونیکی آنالوگ با تأخیر زمانی به‌طور عملی نشان داده می‌شود.
اواخر سالهای دههٔ ۱۹۶۰	ویژگی همبستگی سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی الکترونیکی رقمی با تأخیر زمانی به‌طور عملی نشان داده می‌شود.
اوایل سالهای دههٔ ۱۹۷۰	سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی رقمی بدون تأخیر زمانی به‌طور عملی با جبران حرکت نشان داده می‌شود.

تکامل پردازشگر سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی

سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی امکان تولید تصویری را می‌داد که ابعاد پیکسل یا جزء تصویری (جزء قابل تفکیک در تصویر) آن در راستای مسیر گذر مستقل از فاصله از رادار بوده و برای آنتنهای کوچک، می‌توانست کوچکتر از حد ممکن باشد. این مورد گام مهمی در بهترکردن توان تفکیک رادارهای هوایی بود و تصویربرداری راداری فضایی با توان تفکیک بالا را ممکن ساخت.

تولید تصویر از سیگنالهای دریافتی به‌وسیلهٔ سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی کار پیچیده‌ای است. پردازشهای اولیهٔ تصویرهای سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی توسط سیستمی نوری مشابه با آنچه که در تولید هولوگرامها یا تمام‌نگاشتها به‌کار می‌رود، انجام می‌گرفت. توسعهٔ سیستمهای پردازش الکترونیکی تا ساخته‌شدن مدارهای مجتمع (IC) بزرگ‌مقیاس به تأخیر افتاد.

در آن زمان کامپیوترها آن قدر پیچیده نبودند که بتوانند حجم عظیمی از داده‌ها را بدون تأخیر زمانی پردازش کنند. با مطالعهٔ مقاله‌های اولیه در بارهٔ پردازش تصویرهای راداری می‌توان دریافت که مؤلفان این مقاله‌ها چه لذت و شعفی را در حل مسائل مربوط به پردازش تصویرهای راداری احساس می‌کردند، چیزی که حتی امروزه نیز زمینهٔ مستعدی برای پژوهش است. برای اینکه تصوری از حجم داده‌ها و توان لازم برای پردازش آنها داشته باشید، چند نمونه ذکر می‌کنیم. برای پردازش یک تصویر سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی ماهوارهٔ اِرس - ۱، ۱ - ERS، (۱۰۰ km × ۱۰۰ km) با استفاده از یک کامپیوتر PC - ۴۸۶ DX که با سرعت پردازش ۳۳ MHz عمل می‌کند، ۸۷ ساعت وقت لازم است، در حالی که پردازش همان صحنه با استفاده از کامپیوتر سیلیکون‌گرافیکس ۴ ساعت وقت می‌گیرد. در پردازشگرهای باز هم سریعتر نظیر آیترز، Aethers، این کار در عرض ۲٫۵ دقیقه به‌انجام می‌رسد. برای مثال با در نظرگرفتن خط جاروبی به‌عرض ۱۰۰ km، و توان تفکیک ۲۵ m فرض کنیم که هر آرایهٔ ترکیبی، synthetic array، شامل ۴۰۰۰ جزء و هر خط شامل ۷۰۰۰ جزء باشد. در این صورت شاخصی تقریبی از آهنگ کار با داده‌ها عبارت خواهد بود از:

(توان تفکیک در راستای سمت / جزءهای سمتی) ×
(توان تفکیک در راستای برد / جزءهای برد) ×
(تعداد جزءهای آرایه)
= (۷۰۰۰) × (۱۰۰۰۰۰ / ۲۵) × (۴۰۰۰) =
بیلیون عمل در ثانیه ۴٫۴۸ =

به‌عنوان مقایسه‌ای تقریبی (با چشم‌پوشی از تراکم، و سایر کارهای تفننی) در نظر بگیرید که یک تلویزیون رنگی ۱۰ میلیون بایت در ثانیه تولید می‌کند. به‌طور تقریب برای تولید یک تصویر سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی به حجم داده‌ای معادل تولید ۱۰۰ کانال تلویزیونی در یک ثانیه نیاز است.

تاریخ استفاده از سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی در ماهواره‌ها

پیشنهاد استفاده از سنجنده‌های سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی در فضا در اوایل سالهای دههٔ ۱۹۶۰ مطرح شد. در سال ۱۹۶۲، شرکت جی. پی. ال. نخستین از چهار آزمایش موشکی خود را در میدان پرتاب موشک وایت سندز نیومکزیکو در ایالتهای متحد امریکا انجام داد. این موشکها حامل یک رادار مطالعات جوّی باندِ L آزمایشی بودند که برای نصب در سفینهٔ مَه‌نشین طراحی و ساخته شده بود. در ماهوارهٔ اقیانوس‌شناسی سی‌سَت -A، Seasat-A، که در سال ۱۹۷۸ به فضا پرتاب شد، نیز یک سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی نصب بود. اما بر خلاف تصور عمومی، این رادار نخستین سیستم راداری از نوع مورد بحث نبود که به فضا پرتاب شد. با این حال ماهوارهٔ سی‌سَت -A، نخستین مأموریت ماهواره‌ای در این مورد بود. در دنبالهٔ آزمایشهای موشکی شرکت جی. پی. ال. در سال ۱۹۶۶ این سیستم به یک سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی هوایی شرکت مزبور تبدیل شد. در فاصلهٔ زمانی بین خاتمهٔ آزمایشهای موشکی شرکت جی. پی. ال. در سال ۱۹۶۶ و تصویب مأموریت سی‌سَت در سال ۱۹۷۵، ناسا، NASA، آزمایش مطالعهٔ جوّی ماه با مه‌نورد آپولو، Apollo Lunar Sounder Experiment (ALSE) را به انجام رساند. این آزمایش مشترکاً با همکاری مؤسسهٔ پژوهشهای زیستمحیطی میشیگان (ERIM)، Environmental Research Institute of Michigan، و شرکت جی. پی. ال. بر عرشهٔ مَه‌نورد آپولو - ۱۷ در ماه دسامبر ۱۹۷۲ انجام پذیرفت. سیستم آزمایشی شامل ۴ زیر سیستم سخت افزاری بود: (۱) تجهیزات الکترونیکی مولد RF - ۸ سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی همدوس، Coherent SAR (CSAR)؛ (۲) تقویت‌کنندهٔ IF؛ (۳) آنتن VHF؛ (۴) ضبط‌کنندهٔ نوری. در قلب سیستم، رادارِ باگشودگیِ ترکیبی همدوس قرار دارد که می‌تواند در هر کدام از سه فرکانس راداری (۱۵۰ MHz، ۱۵، ۵) عمل نماید.

سه هدف از این آزمایش مورد نظر بود: آشکارسازی ساختارهای زمین‌شناسی زیر سطح زمین؛ تولید پروفیل پیوستهٔ کرهٔ ماه؛ و تهیهٔ نقشهٔ سطح ماه در باند موجهای راداری.

موفقیت آزمایش مطالعهٔ جوّی ماه با مه‌نورد آپولو و همچنین مشاهدهٔ پدیده‌های اقیانوسی توسط سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی هوایی باندِ L شرکت جی. پی. ال.، باعث شد که ناسا در سال ۱۹۷۵ استفاده از سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی را به‌عنوان بخشی از مأموریت سی‌سَت بپذیرد. با وجود سابقهٔ ۱۰ سالهٔ کار با سیستمهای رادارِ باگشودگیِ ترکیبی هوایی در مشاهدات اقیانوس‌شناسی، سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی سی‌سَت موجب اختلاف نظر و بحث فراوان در جامعهٔ علمی گردید.

مخالفین بر این عقیده بودند که زمان تلفیق همدوس بسیار زیاد بوده (حدود ۲٫۵ ثانیه)، و در اثر حرکت سطح اقیانوس باعث ناهمبستگی سیگنالها می‌شود. این مورد از لحاظ نظری هرگز حل نشد و تنها هنگامی که سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی بر سی‌سَت نصب شده و به پرواز درآمد، این معضل حل شد. با شروع کار سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی سی‌سَت، این سنجنده به سنجش تعدادی از الگوهای اقیانوسی نادر پرداخت که به‌طور بارز به درک و شناخت بیشتر ما از اقیانوسهای کرهٔ زمین یاری کرد. گر چه این سیستم برای تصویربرداری از اقیانوسها طرحریزی شده بود، اما سی‌سَت کاربردهای متنوعی یافت که از مهمترین آنها می‌توان زمین‌شناسی، یخهای قطبی، و تهیهٔ نقشه‌های کاربری زمینها، land use، را می‌توان نام برد. اما به‌دلیل کوتاه‌مدت بودن دورهٔ گردآوری داده‌ها توسط این ماهواره موفقیت آن نیز محدود جلوه نمود. ۱۰۰ روز پس از پرتاب سی‌سَت به فضا در ماه ژوئیهٔ ۱۹۷۸، قطعی کامل جریان برق به‌دلیل اتصال کوتاه در اتصالات بخش سلولهای خورشیدی باعث پایان ناخواستهٔ این مأموریت بسیار مهم گردید.

نتایج علمی نخستین حاصل از مأموریت سی‌سَت بلافاصله منجر به تصویب انجام پروازهای گروه رادارهای تصویربردار مستقر بر شاتل (SIR)، Shuttle Imaging Radar، توسط ناسا شد. این سیستمها که بسیاری از طرحهای سی‌سَت در آنها به‌کار گرفته شده بود، سیستمهای رادارِ باگشودگیِ ترکیبی باندِ L، HH (قطبش افقی - افقی)، و تک‌کانالی بودند. SIR-A، نخستین شاتل از این گروه بود که اساساً برای کاربردهای زمین‌شناسی و کاربری زمینها طراحی شده بود و زاویهٔ ثابت ۴۵ درجه نسبت به قائم داشت، در حالی که SIR-B شامل یک آنتن قابل تنظیم در محدودهٔ ۱۵ تا ۶۰ درجه بود. سیستم SIR-A شامل یک ثبات نوری بود و تمام تصویرها به‌صورت نوری پردازش می‌شد.

SIR-B سیستمی کاملاً رقمی بود و از ویژگی کوانتایی بودن گزینشی، selectable quantisation، (بین ۳ تا ۶ بیت در هر نمونه) برخوردار بود. این وضع دست پژوهشگر را در انتخاب گسترهٔ فعالیت وسیعی باز می‌گذاشت.

SIR-C که در ماه آوریل سال ۱۹۹۴ به فضا پرتاب شد حامل یک سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی باندِ L و C، و همچنین یک سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی باندِ X با قطبش یا پُلاریزاسیون عمودی، محصول مشترک آلمان و ایتالیا بود. این

سیستمها به‌طور همگام عمل کرده و قادر به ضبط همزمان نه قطبش (باندهای L و C به‌صورت افقی - افقی، افقی - عمودی، عمودی - افقی، عمودی - عمودی و باند X به‌صورت عمودی - عمودی). در جدول ۲ فهرست این پارامترها آمده است.

نتیجه‌گیری

کاربرد سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی در سنجش از دور نسبتاً جدید است. در حالی که مدتی نسبتاً طولانی برای محرز شدن اینکه سنجنده‌های اپتیکی کاربردهای مفیدی در زمینه‌های مختلف دارند سپری شده است، اما سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی هنوز در حال گذراندن روند تکاملی خود است. همان طور که کاربردهای جدید از دانشگاهها به سوی بازار روانه می‌شوند، سیستم رادارِ باگشودگیِ ترکیبی نیز می‌رود تا به‌عنوان بخشی از سیستم اطلاعات جغرافیایی، GIS، ظاهر شود.

جدول ۲: فهرست مأموریتهای رادار تصویربردار فضایی

نام فضاپیما	سی‌سَت	SIR-A	SIR-B	ERS-۱	ERS-۲	JERS-۱	SIR-C	رادارسَت
سکو	ماهواره	شاتل	شاتل	ماهواره	ماهواره	ماهواره	شاتل	ماهواره
زمان پرتاب	ژوئن ۱۹۷۸	نوامبر ۱۹۸۱	اکتبر ۱۹۸۴	ژوئیهٔ ۱۹۹۱	ژوئیهٔ ۱۹۹۱	فوریهٔ ۱۹۹۲	آوریل ۱۹۹۴	۱۹۹۵
طول موج	L	L	L	C	C	L	L/C	C
قطبش (ها)	HH	HH	HH	VV	VV	HH	HH,VV	HH,VV
ارسال/دریافت							HV,VH	
توان تفکیک در راستای برد (m)	۲۵	۴۰	۱۷-۵۸	۲۰	۲۰	۱۸	۱۵-۴۵	۲۵
توان تفکیک سمتی (m)	۲۵	۴۰	۲۵	۱۶	۱۶	۱۸	۲۵	۲۸
تعداد نگره‌ها	۴	۶	۴	۳	۳	۳	۴	۴
زاویهٔ نگرش (درجه)	۲۰	۴۷	۱۵-۶۰	۲۳	۲۳	۳۵	۱۵-۵۵	۲۰-۵۰
عرض خط جاروب (km)	۱۰۰	۵۰	۱۰-۶۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	۲۰-۳۰۰	۴۵-۵۰۰
مدار (درجه)	۱۰۸	۳۸	۵۷	۹۸/۵	۹۸/۵	۹۷/۷	۵۷	۹۸/۶

پیوست:

توضیحی فنی دربارهٔ رادارِ باگشودگیِ ترکیبی

رادار هوایی پهلونگر، Side Looking Airborne (SLAR) Radar، معمولاً در محدودهٔ معینی از ارتفاعها و زاویه‌های نزول و با سریعترین آهنگ ارسال تپ یا پالس ممکن عمل می‌کند. بنابراین تنها راه بالا بردن توان تفکیک مکانی آن، کاهش دادن پهنای باریکهٔ موج است. اما، پهنای باریکهٔ موج (β) به‌کمک طول موج میکروموجها (λ) و طول آنتن (AL) تعیین می‌شود.

$$\beta = \frac{\lambda}{AL}$$

بنابراین برای کاهش پهنای باریکهٔ موج (β) باید از کاهش زیاد در طول‌موج (λ) استفاده کرد، یا طول آنتن (AL) را خیلی افزایش داد. کاهش زیاد طول موج عملی نیست، زیرا باعث حساسیت میکروموجها نسبت به اثرهای جوّی مانند ابرهای بارانزا می‌شود. طول آنتن را نیز نمی‌توان افزایش داد، زیرا که احتمال بروز مخاطرات هوانوردی را بالا می‌برد. برای غلبه بر این مشکل می‌توان طول مؤثر آنتن را با استفاده از حرکت هواپیما افزایش داد.

همچنان که هواپیما بر فراز جسمی در روی زمین پرواز می‌کند، جسم در شعاع باریکهٔ موجی آنتن وارد شده، سپس از آن عبور کرده و خارج می‌شود. در مدت زمانی که جسم در شعاع باریکهٔ میکروموج ارسالی از رادار است، تعدادی تپ یا پالس میکروموج را که هر کدام فرکانسی متفاوت با فرکانس میکروموج ارسالی اولیه دارند، پس‌پراکنده خواهد ساخت. اطلاعات مربوط به پس‌پراکندگی و فرکانس را می‌توان به‌صورت الکترونیکی ترکیب کرد. در این حال می‌توان آنتن را به بلندی خط سیر پرواز هواپیما (که از جایی اندازه‌گیری می‌شود که سنجنده ابتدا و انتهای جسم را آشکارسازی می‌کند) و دارای باریکهٔ موجی به پهنای جسمی که آشکارسازی می‌شود، در نظر گرفت. چنین رادار هوایی پهلونگری را *رادارِ با گشودگیِ ترکیبی* (SAR)، Synthetic Aperture Radar، می‌نامند. با این توضیح دلیل دادن نام رادارِ باگشودگیِ ترکیبی به این سیستم معلوم می‌گردد. برای اطلاعات و توضیحات بیشتر دربارهٔ رادارِ باگشودگیِ ترکیبی می‌توانید به کتاب *اصول سنجش از دور*، تألیفِ پُل کوران Paul J. Curran، که به مرحلهٔ انتشار رسیده است، مراجعه کنید.

دعوت ایران برای استفادهٔ صلح‌آمیز از فضا

سی و دومین نشست کمیتهٔ فرعی علمی و فنی فضا از ۶ تا ۱۷ فوریهٔ ۱۹۹۵ برابر با ۱۷ تا ۲۸ بهمن ماه ۱۳۷۳ در وین برگزار شد. آقای مجتبی ارسطو، نمایندهٔ دائمی جمهوری اسلامی ایران در سازمان ملل متحد، که به نمایندگی از سوی ایران در این نشست شرکت جسته بود، بر استفادهٔ صلح‌آمیز از فضا تأکید کرد. ایشان گفتند که استفادهٔ صلح‌آمیز از فضا فقط از طریق بهره‌برداری از آن در جهت رفاه و بهبود وضع بشر می‌تواند عملی گردد.

نمایندهٔ دائمی جمهوری اسلامی ایران در سازمان ملل متحد تأکید کرد که انتقال تکنولوژی فضایی و برگزاری دوره‌های آموزشی، کشورهای در حال توسعه را قادر خواهد ساخت تا مشکلات موجود خود در رابطه با بلایای طبیعی را رفع نمایند.

آقای ارسطو ادامه داد که تأسیس مراکز آموزشی در مقیاس منطقه‌ای و برنامهٔ اعطای کمک هزینهٔ تحصیلی، اطلاعات لازم را برای مقابله با مشکلات برای کشورها ایجاد خواهد کرد. ایشان افزوند که کنفرانس بین‌المللی «تکنولوژی فضایی و کشورهای در حال توسعه» از تاریخ ۲۳ تا ۲۷ ماه مه ۱۹۹۵ برابر با ۲ تا ۶ خرداد ۱۳۷۴ در تهران برگزار خواهد شد. اهداف این کنفرانس ترویج تکنولوژی فضایی در کشورهای در حال توسعه به عنوان بخشی مهم از برنامه‌های توسعهٔ آنها، مطالعهٔ امکانات و فرصتهای همکاری بین این کشورها در حال حاضر و آینده و فعالیتهای بین‌المللی فضایی خواهد بود.

● منبع: *Tehran Times/Vol.XVI, No.262, Feb. 12, 1995*

سخنی با خواننده

با تبریک آغاز بهار و سال ۱۳۷۴، دوره‌ای جدید از خبرنامهٔ مرکز سنجش از دور ایران را شروع می‌کنیم. دورهٔ چهارم خبرنامه را در سایهٔ توجهات و علاقه‌مندی خوانندگان خود با موفقیت سپری کردیم و خوشحالیم که نشریهٔ ما ارزش توجه از سوی جامعهٔ سنجش از دور ایران را داشت. در دورهٔ حاضر از خبرنامه تغییراتی داده‌ایم که از جملهٔ آنها تبدیل دورهٔ انتشار خبرنامه از دو ماه به چهار ماه است. در ضمن به طوری که شاهد بوده‌اید، بخش فارسی و انگلیسی خبرنامه را به صورت جداگانه انتشار داده‌ایم. در مورد خبرنامهٔ انگلیسی، گفتنی است که دورهٔ انتشار به شش ماه تغییر یافته است و شمارهٔ اول و دوم دورهٔ حاضر این خبرنامه را در اوایل تابستان امسال در یک جلد انتشار خواهیم داد. رویکرد مهم دیگر در دورهٔ حاضر خبرنامه گرایش به نشر مطالب تحقیقی و بنیادی در سنجش از دور است که خوانندگان محترم از این شمارهٔ خبرنامه شاهد آن خواهند بود. بدینوسیله سعی خواهیم کرد به عنوان بازویی از مرکز سنجش از دور ایران به ایجاد و هموار ساختن بستری برای پژوهش و خط فکری علمی و سازگار با اهداف مرکز سنجش از دور ایران بپردازیم.

همچنین یکی از هدفهای مهم ما تشویق هر چه بیشتر به ایجاد ارتباط علمی سازنده میان کارشناسان و متخصصان سنجش از دور خواهد بود.

آنچه در مورد خبرنامه بر آن باور داریم توجه و التفات خوانندگان ما به عنوان وزنهٔ اصلی ادامهٔ حیات خبرنامه است و امیدواریم که مثل سابق در آینده نیز هرگز توجه خویش را از ما دریغ ننمایید.

به طوری که خوانندگان محترم خبرنامه آگاهند، سال ۱۹۹۵ میلادی از سوی سازمان ملل متحد، *سال بردباری* اعلام شده است. بردباری با قدری تأمل دربارهٔ آن مفهوم عمیقی را در ذهن ایجاد می‌کند که نمی‌توانیم جنبه‌های شگرف و سازندهٔ آن را نادیده بگیریم. شاید در واقع امر بتوان گفت که بردباری و تحمل دیگران و ایجاد فرصتها و شرایط مساعد برای همه موهبت گرانبهایی باشد که داشتن آن از سوی مسئولان و اعضای جامعه به طور اعم و جوامعی نظیر جامعهٔ سنجش از دور ایران به طور اخص زمینه‌ساز ترقیات و شکوفایی سحرانگیز جامعه باشد. نمی‌توان منکر شد که جامعهٔ سنجش از دور ایران در چند سال اخیر با تغییراتی اساسی مواجه بوده است، که اساساً مثبت و سازنده بوده‌اند و این مایهٔ خوشوقتی است. با این حال، این جامعه هنوز نیازها و کاستیهایی دارد که لازم است در سایهٔ فداکاریها و توجهات کل اعضای این جامعه به رفع آنها همت گمارده شود. در واقع آیندهٔ سنجش از دور در ایران در گرو برنامه‌ریزی و حرکت علمی و سازمان یافته است و اقدامات روبنایی و مقطعی نمی‌توانند کاری از پیش ببرند. ما در این راه محتاج گرایش به استفاده از شایستگیها و توجه به آنها و طرد کم‌مایگی یا بی‌مایگی و اهمیت دادن به تجارب و تلاش برای انتقال آنها هستیم. خوشبختانه جریانهای فعلی موجود، در کل چنین مسیری را طی می‌کنند و امیدواریم که سال حاضر بتواند سال به ثمر نشستن هر چه بیشتر این تلاشها و تمایلات باشد.

سردبیر

خبرنامهٔ مرکز سنجش از دور ایران
●
دورهٔ انتشار: چهار ماه
سال پنجم، شمارهٔ ۱ / فروردین ۱۳۷۴
●
مدیر مسئول: شاهرخ فرحی
سردبیر: پرویز تاریخی
هیئت ویراستاران: رضا حائز، پرویز تاریخی
گرافیست: حبیب‌اله فهرمانی‌نژاد
حروفچین کامپیوتری: آمنه ثنایی

با همکاری: گروهی از کارشناسان مرکز سنجش از دور ایران
هماهنگی، تهیه، و تولید: واحد پژوهش، آموزش و علوم فضا
توزیع: واحد استفاده‌کنندگان و هماهنگی امور مناطق (تلفن: ۲۵۶۲۴۴۹)
آدرس: تهران ۱۹۸۱۶، سعادت‌آباد، خیابان ۱۶۲، شمارهٔ ۲۲، خبرنامهٔ مرکز سنجش از دور ایران
صندوق پستی: ۱۱۳۶۵/۶۷۱۳
تلفن: ۲۵۶۳۲۵۷ فاکس: ۲۵۶۲۴۷۲

تصویر روی جلد

سال نو مبارک!

زمین، این مأوای دیرینهٔ انسان و سایر موجودات زنده به حبابی سحرانگیز، شکننده و آسیب‌پذیر در عالم پرتکاپو و در حال تغییر و تحول می‌ماند که امروزه با فعالیتها و دخالت آدمی، در روند تطور طبیعی آن اختلالات و مخاطراتی بروز کرده که خطر شکستن و انهدام آن را افزایش داده است. به راستی زمین زیبا موهبتی نهائی است که نباید در مراقبت و حفاظت آن لحظه‌ای تأمل و تردید به خود راه دهیم. تکنولوژی سنجش از دور یکی از مؤثرترین ابزارها برای نظارت و مدیریت معقولانه و هوشمندانهٔ زمین است که استفادهٔ درست از آن ضامن بقای طبیعی این کرهٔ زیبا در آینده خواهد بود.

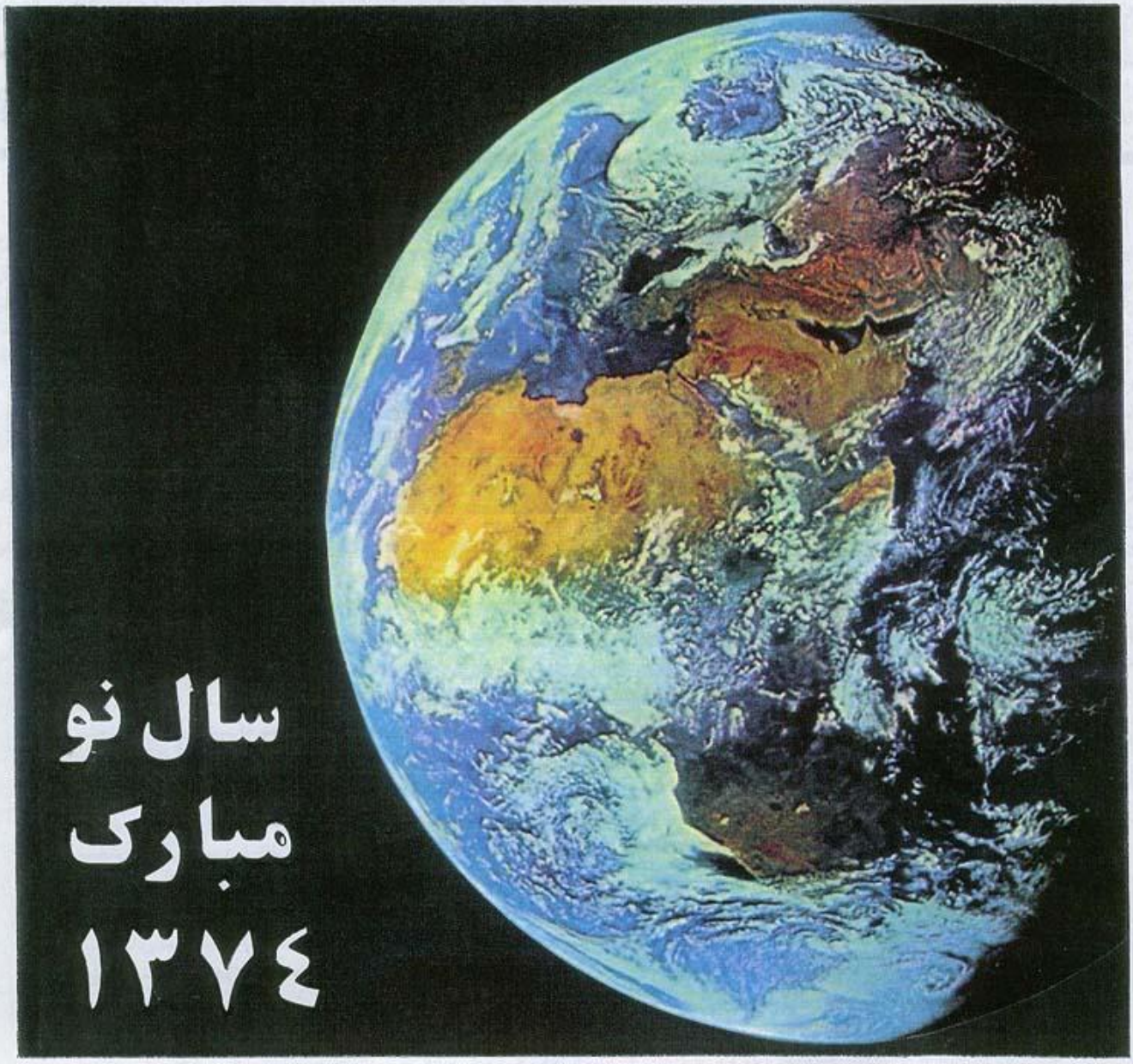
با آرزوی حیاتی طولانی و پردوام برای زمین!

● نقل مطالب این اثر با ذکر منبع آن آزاد است.

سال پنجم، شمارهٔ ۱ /فروردین ۱۳۷۴

خبرنامه مرکز سنجش از دور ایران

وزارت پست و تلگراف و تلفن



دراین شماره می‌خوانید:

پیام مدیر عامل ۲
دعوت ایران برای استفادهٔ صلح‌آمیز از فضا ۳
سخنی با خواننده ۳
دوره‌های آموزش اصول و فن سنجش از دور و کاربرد داده‌های ماهواره‌ای در استانهای فارس و یزد ۴
همکاری مشترک دانشگاه تربیت مدرس و مرکز سنجش از دور ایران برای آموزش نیروی انسانی متخصص سنجش از دور ۴
دومین کنفرانس سیستمهای اطلاعات جغرافیایی ۴
افریقای جنوبی ماهوارهٔ سنجش از دور به فضا پرتاب می‌کند ۵
پرتاب یک هزار ماهواره به فضا در دههٔ آینده ۶
پیشبینی زمین لرزه به‌کمک ماهواره ۶
آتلانتیس ماهوارهٔ تحقیقاتی آلمانی را شکار می‌کند ۶
حال و آیندهٔ سنجش از دور ۷
چرا از امواج میکروموج برای سنجش از دور استفاده می‌شود؟ ۸