اصول سیستمهای تصویربرداری راداری

دکتر عبدالله سیف
استادیار گروه جغرافیای دانشگاه اصفهان

مژگان انتظاری
دانشجوی دکترا ژئومورفولوژی دانشگاه اصفهان
Emil: Entezary54@Yahoo.com

چکیده

ازدیرباز روش‌های مختلفی برای جمع آوری داده‌ها وجود داشته است. انجام مشاهدات نجومی نقشه برداری زمینی، هیدروگرافی، فتوگرامتری و سنجش از دور، روش‌های عمده جمع آوری اطلاعات مکانمند می‌باشند. سنجش از دور راداری مبحثی جالب و خاص است که جنبه‌های متفاوتی از سنجش از دور را نمایان می‌سازد. سنجنده‌های راداری که سنجنده‌های فعال نامیده می‌شوند قادرند تقریباً در تمامی شرایط تصویربرداری کنند و موانعی از قبیل بارش، ابروشب نمی‌توانند مشکل خاصی برای آنها ایجاد کنند. واژه رادار که امروز در سرتاسر دنیا کاربرد دارد، همانند رادیو و تلویزیون یک اصطلاح بین المللی شده است. در واقع اختراع رادار از یک پدیده فیزیکی و بسیار طبیعی به نام انعکاس گرفته شده است. امواج رادیویی و الکترومغناطیس نیز قابلیت انعکاس و بازتاب دارند و رادار بر اساس همین خاصیت ساده بوجود آمد. ساده‌ترین رادارها در حقیقت از یک فرستنده و یک گیرنده رادیویی بوجود آمدند. رادار یک سیستم الکترومغناطیسی است که برای تشخیص و تعیین موقعیت هدف بکار می‌رود. با رادار می‌توان درون محیطی را که برای چشم، غیرقابل نفوذ است دید. مانند تاریکی، باران، مه برف، غبار و غیره. اما مهمترین مزیت رادار توانایی آن در تعیین فاصله یا حدود هدف می‌باشد. کاربرد رادارها در اهداف زمینی، هوایی، دریایی، فضایی و هواشناسی می‌باشد. ایجاد سیستمی با توانایی بالا در ردیابی پدیده‌ها و ایجاد تصاویر باکیفیت بالا از آنها، هدف عمده ساخت رادار تصویری می‌باشد. در این مقاله سعی شده است ضمن معرفی کلی سنجنده‌های فعال به تأکید بیشتر بر سیستم‌های راداری و مکانیسم عمل آنها پرداخته و ویژگی‌های این تصاویر را معرفی کرده و زمینه را برای تحقیقات کاربردی‌تر در آینده فراهم کنیم.

مقدمه

گاه امکان بررسی اجسام از نزدیک وجود ندارد. برای مثال جهت بررسی سطح اقیانوس‌ها نقشه برداری از اراضی جغرافیایی لزوم ساخت وسایلی که بتوانند از راه دور این کار را انجام دهند به چشم می‌خورد. با دستیابی به تکنولوژی سنجش از راه دور بسیاری از این مشکلات برطرف گشت. در واقع این روش امکان بررسی اجسام و سطوحی که نیاز به بررسی از راه دور دارند را فراهم می‌آورد. سنجش از راه دور را می‌توان به دو بخش فعال و غیر فعال تقسیم کرد. گستره طول موج امواج مایکروویو نسبت به طیف مادون قرمز و مرئی سبب گردیده تا از سنجش از راه دور به وسیله امواج این طیف استفاده گردد. عملکرد سیستم‌های سنجش غیر فعال همانند سیستم‌های سنجش دما عمل می‌کنند. در این گونه سیستم‌ها با اندازه‌گیری انرژی الکترومغناطیسی که هر جسم به طور طبیعی از خود ساتع می‌کند نتایج لازم کسب می‌گردد. هواشناسی و اقیانوس نگاری از کاربردهای این نوع سنجش می‌باشد. در سیستم‌های سنجش فعال از طیف موج مایکروویو برای روشن کردن هدف استفاده می‌شود. این سنسورها را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد: سنسورهای تصویری و غیر تصویری (فاقد قابلیت تصویر برداری). از انواع سنسورهای غیر تصویری می‌توان به ارتفاع سنج و اسکترومترها (پراکنش سنج) اشاره کرد. کاربرد ارتفاع سنج‌ها در عکس برداری جغرافیایی و تعیین ارتفاع از سطح دریا می‌باشد. اسکترومترها که اغلب بر روی زمین نصب می‌گردند میزان پراکنش امواج را از سطوح مختلف اندازه‌گیری می‌کنند. این وسیله در مواردی همچون اندازه‌گیری سرعت باد در سطح دریا و کالیبراسیون تصویر رادار کاربرد دارد. معمول‌ترین سنسور فعال که عمل تصویر برداری را انجام می‌دهد رادار می‌باشد.

رادار (detection and ranging radio) مخفف و به معنای آشکار سازی به کمک امواج مایکروویو است. به طور کلی می‌توان عملکرد رادار در چگونگی عملکرد سنسورهای آن خلاصه کرد. سنسورها سیگنال‌های مایکروویو را به سمت اهداف مورد نظر ارسال کرده و سپس سیگنال‌های بازتابیده شده از سطوح مختلف را شناسایی می‌کند. قدرت (میزان انرژی) سیگنال‌های پراکنده شده جهت تفکیک اهداف مورد استفاده قرار می‌گیرد. با اندازه‌گیری فاصله زمانی بین ارسال و دریافت سیگنال‌ها می‌توان فاصله تا اهداف را مشخص کرد. از مزایای شاخص رادار می‌توان به عملکرد رادار در شب یا روز و همچنین قابلیت تصویر برداری در شرایط آب و هوایی مختلف اشاره کرد. امواج مایکروویو قادر به نفوذ در ابر مه، گرد و غبار و باران می‌باشند. از آنجاییکه عملکرد رادار با طرز کار سنسورهایی که با طیف‌های مرئی و مادون قرمز کار می‌کنند متفاوت است لذا می‌توان با تلفیق اطلاعات بدست آمده تصاویر دقیقی را بدست آورد.

تاریخچه

اولین تجربه در مورد بازتابش امواج رادیویی توسط هرتز آلمانی در سال ۱۸۸۶ بدست آمد. سپس در سال ۱۹۰۱ هوگو ژرنسبارک که او را ژول ورن آمریکایی می‌نامند، در یک داستان علمی – تخیلی، رادار را طرح ریزی کرد. در سال ۱۹۰۶، یک دانشجوی ۲۳ ساله آلمانی، به نام هولفس یر دستگاهی ساخت که با اصول رادارهای امروزی می‌توانست امواجی را بسوی موانع بفرستد و بازتاب آنها را دریافت دارد. آزمایش اساسی ارسال

امواج الکترو مغناطیسی بسوی هـواپیماهای در حـال پـرواز، بـوسیله یک دانشمند فرانسوی به نام پیر داوید انجام یافت. در آغاز جنگ دوم جهانی بود که تکنسینهای انگلیسی موفق شدند، نخستین مـدلهای راداری امـروزی را بسازند. اما کار او یک مشکل اساسی داشت. امواج تا نقطه‌ای که او می‌خواست نمی‌رسیدند و تنها تا پنج هزار متر برد داشتند. به همین دلیـل یک فـرانسـوی دیگر به نام «موریس پونت» در سال ۱۹۳۰ موفق به اختراع دستگاهی جالب به نام «مانیترون» شد که امواج بسیار کوتاه رادیویی را بوجود می‌آورد و به همین دلیل رادارهایی که به کمک این وسیله تکمیل شدند توانستند تا دهها کیلومتر بیش از رادار قبلی امواج را ارسال کنند. دستگاه اختراعی پونت در سال ۱۹۳۵ ابتدا درکشتی معروفی به نـام نـرماندی نـصب شـد و تـوانست آن را از خـطر برخورد با کوههای عظیم یخی شـناور در اقـیانوس مـحافظت کـند و بـه ایـن ترتیب رادار علاوه بر استفاده وسیع در هوا سطح دریاها را هم به تسخیر خود در آورد (مظاهری، ۱۳۸۳).اولین رادارهای تصویری در طی جنگ جهانی دوم برای آشکار سازی و موقعیت یابی کشتیها و هواپیماها استفاده شـد. بـعد از جنگ جهانی دوم رادار با دیـد جـانبی (SLAR) جـهت جستجوی اهـداف نظامی و کشف مناطق نظامی ساخته شد. اینگونه رادارهـا بـا داشـتن آنـتن در سمت چپ و راست مسیر پرواز قادر به تفکیک دقـیق‌تر اهـداف مـورد نـظر بودند. در سال ۱۹۵۰ با تـوسعه سـیستمهای SLAR تکـنولوژی رادار دهـانه ترکیبی (رادار با آنتن ترکیبی) گامی در جهت ایـجاد تـصاویر بـا کـیفیت بـالا برداشته شد. در سال ۱۹۶۰ استفاده از رادارهای هوایی و فضایی توسعه یافت و علاوه بر کاربرد نظامی جهت نقشه‌برداریهای جغرافیایی و اکتشافات علمی و... نیز مورد استفاده قرار گرفتند. ***(Marc, 2007)***.

انواع سنجنده‌ها

الف – سنجنده‌های فعال: این سنجنده‌ها خودشان انرژی تولید می‌کنند.

ب – سنجنده‌های غیر فعال: از انرژی طبیعی نور خـورشید یـا انـتشار حرارتی یا اشعه میکروویو استفاده می‌کنند.

– بررسی سنجنده‌های فعال و غیر فعال

انواع سنجنده‌های فعال

الف – غیراسکن‌کننده – غیر تصویر دار

از انواع سنسورهای غیر تصویری می‌توان به ارتفاع سنج و اسکترومترها (پراکنش سنج) اشاره کرد. کاربرد ارتفاع سنج‌ها در عکس برداری جغرافیایی و تعیین ارتفاع از سطح دریا می‌باشد. اسکترومترها که اغـلب بـر روی زمـین نصب می‌گردند، میزان پـراکـنش امـواج را از سـطوح مـختلف انـدازه‌گـیری می‌کنند. این وسیله در مواردی همچون اندازه‌گیری سرعت باد در سطح دریا و کالیبراسیون تصویر رادار کاربرد دارد ***(جاهدی، ۱۳۸۴)***.

ب – اسکن کننده – تصویربردار

۱– لیدار: (LIDAR: LIght Detection And Ranging)

۲– سونار: (SONAR: SOund Navigation And Ranging)

۳– رادار: (RADAR: RAdio Detection And Ranging)

سنجنده‌های لیدار

سیستم لیدار بااستفاده از محاسبه زمان بازگشت پالس‌های اشعه لیزر که به سمت ارسال می‌شود فاصله را محاسبه می‌کند. سرعت ارسال این امـواج بسیار زیاد است همچنین این سیستم مـجهز بـه GPS بـوده و بـرای تـولید DEM استفاده می‌شود.

– مزایای سنجنده‌های لیزری و LIDAR

الف – سنسورهای فعال غیرتصویری دارند.

ب – از نظر معادلات شبیه معادلات ماکرویو است.

ج – دریافت مستقیم اطلاعات سه بعدی.

د – اطلاعات سطح و کف آب ذخیره می‌شوند. (cloudsky.ir)

– معایب سنجنده‌های لیزری و LIDAR

الف – سیستم در هر صورت طبیعت غیر تصویری دارد.

ب – در این سنجنده‌ها طیف و ccd را نداریم Z ،Y ،X ذخیره شده است.

– کاربردهای LIDAR

الف – اندازه‌گیری آلودگی هوا

ب – اندازه‌گیری محتویات جوی در استراتوسفر

ج – اندازه‌گیری عمق آب

د – اندازه‌گیری ضخامت لایه نفت روی آب (جاهدی، ۵۴، ۱۳۷۵)

سنجنده‌های سونار

این تکنولوژی با استفاده از انتشار صدا در زیـر آب قـادر بـه شـناسایی دیگر ناوها یا کشتی‌ها است. در انگلستان تکنولوژی فـوق بـا نـام ASDIC (1948) شناخته شده است. در سال ۱۹۰۶، اولین سـونار غـیر فـعال جـهت شناسایی توده‌های یخ توسط **لویس‌نیکسون** اختراع گردید. در جنگ جـهانی اول به علت نیاز به شـناسایی اهـداف دریـایی تـمایل بـه اسـتفاده از سـونار افزایش یافت. **پاول‌دانکوین** فرانسـوی بـه هـمراه **کـنستانتین‌چـلوسکی** روس موفق به اختراع اولین سونار فعال در سال ۱۹۱۵ شدند. اگر چـه مـبدل‌های پیزوالکتریک نسبت به این سونار ترجیح داده شدند، اما در جای خود ایـن نوع سونارها آینده روشنی را در علم رادارشناسی باز کردند.

در سال ۱۹۱۶ زیر نظر بخش تحقیقاتی و اخـتراعـات نـاوگان دریـایی بریتانیا، **رابرت‌بویل** (فیزیکدان کانادایی)، پروژه‌ای را بـر عـهده گـرفت و بـا تشکـیل کـمیته تـحقیقاتی تشـخیص ضـد زیـر دریـایی (یـا زیـر دریـایی)، (Submarine detection investigation Committee (anti or alied موفق به ساخت نمونه آزمایشی شدند که بـا نـام مـخفف ASDIC شـناخته می‌شود. در سال ۱۹۱۸ انگلیس و ایالات متحده موفق به ساخت سیستم‌های مجهز به سونار فعال گشتند، در سال ۱۹۲۳ تولید این نوع سیستم‌ها به طور رسمی آغاز گشت. تکنیک تشخیص نابودگرهای سیستم‌هایی که مجهز بـه تکنیک ASDIC بودند، در سال ۱۹۲۲ ساخته شد. پس از جنگ جهانی دوم ناوگان آمریکا اقدام به تولید کشتی‌ها و زیر دریایی‌هایی کـه دارای فـناوری

معروف به ماهی کوچک بودند، کرد *(لشکری، ۱۳۸۵)*.

سنجنده میکرو موج (رادار)

برخی از ماهواره‌ها حامل سنجنده‌های میکرو موج فعال و غیر فعال می‌باشند. سنجنده‌های فعال، پالس‌های میکرو موجی را برای روشن نمودن مناطق مورد نظر ارسال می‌کنند و با ضبط و یا اندازه‌گیری میکرو موج پخش شده (پژواک) از سطح زمین و یا دریا، تصاویری تهیه می‌شوند. این در حالی است که سنجنده‌های غیر فعال فقط علائم و اثرات میکروموج تابشی زمین (تابش جسم سیاه در طیف میکرو موج) را اندازه‌گیری می‌کند. این تصاویر را می‌توان در شب و روز تهیه نمود. پوشش ابر نمی‌تواند مانع کارسنجنده‌های میکرو موج فعال شود. یک سامانه تصویر برداری میکرو موج فعال می‌تواند تصاویری با قدرت تفکیک بالا را از سطح زمین تهیه کند. رادار یکی از انواع این گونه سامانه‌ها می‌باشد.

مزایای سنجنده‌های میکرو موج

مزیت‌های استفاده از سنجنده‌های میکرو موج عبارتند از:

۱- این سنجنده‌ها تحت هر شرایط آب و هوایی کار می‌کنند و توانایی سنجش در روز و شب را دارند.

۲- قادر به توصیف بافت (Texture) سطح می‌باشند.

۳- در حالت سنجنده‌های فعال، این سنجنده‌ها خود منبع روشن سازی خود را تأمین می‌کنند.

۴- سطوحی که از ابر یا مه پوشیده شده‌اند برای تصویر برداری مسئله‌ای ایجاد نمی‌کنند.

۵- قابلیت تشخیص نوع پوشش سطح وجود دارد (خصوصاً پوشش‌های گیاهی مختلف)

۶- بارزسازی اطلاعات ترکیبی با استفادهاز SAR و تصاویر اپتیکی امکان‌پذیر است.

معایب سنجنده‌های میکروموج

معایب سنجنده‌های میکرو موج عبارتنداز:

۱- اعوجاجات تصویر

۲- سایه دار بودن منطقه وسیعی از زمین که در آن تنوع پوشش وجود دارد.

۳- قدرت تفکیک ضعیف و نامطلوب خصوصاً برای سنجنده‌های فعال

۴- کار کردن با تصاویر راداری مشکل است و فقط تعداد اندکی بسته نرم‌افزاری وجود دارد که می‌توانند با تصاویر راداری کار کنند. در حقیقت ما در زمینه تصاویر راداری محدودیت کاری داریم و نرم افزارهای پردازش نیز در این راستا معدود می‌باشند.

کاربرد سنجنده‌های میکروموج

سنجنده‌های راداری و محصولات آنها کاربردهای وسیعی دارند که ذیلاً به تعدادی از آنها اشاره می‌شود.

۱- زمین‌شناسی شامل: پوشش گیاهی، پوشش زمینی، عمق خاک، رطوبت خاک، الگوها و تغییرات زمان خاک

۲- برف: انواع برف، حالات مختلف ذوب شدن برف

۳- جنگل: پوشش جنگلی، تمایز نوع پوشش گیاهی در نواحی جنگلی

۴- کاربری اراضی: الگوها و تغییرات زمانی زمین

۵- اقیانوس: الگوهای مختلف جریان آب اقیانوسی، جریانهای سطحی *(مباشری، ۱۳۸۵)*

انواع سیستم‌های تصویر برداری رادار

۱- رادار با گشودگی واقعی RAR (Real Apertare Radar)

۲- رادار با گشودگی مصنوعی SAR (Synthetic Aperture Radar)

رادار با گشودگی واقعی RAR

این نوع سیستم راداری بر روی هواپیما نصب می‌شوند و یک سیستم کاملاً استاندارد راداری می‌باشند. به این معنی که یک آنتن با طول مشخص به همراه مشخصات سیکنال ارسالی بیشتر خصوصیات و قدرت تفکیک سیستم را تعیین می‌کنند و به پردازشی بجز آنچه برای تولید تصاویر قابل استفاده انجام می‌شود نیاز نیست. آنتن در این سیستم‌ها در یک یا هر دو طرف هواپیما عمود بر جهت پرواز شروع به ارسال سیگنال کرده و بلافاصله شروع به جمع آوری انرژی‌های بازگشتی می‌کند. ازاین رو به این سیستم‌ها، رادارهای هوا برد با دید جانبی نیز می‌گویند.

SLAR:(رادارهای هوا برد با دید جانبی)

قابلیت نصب بر روی هواپیما دارد و به صورت مایل منطقه را تصویر برداری نموده و منطقه زیر خود را برداشت نمی‌نماید *(فاطمی، ۱۳۸۴)*.

رادار با گشودگی مصنوعی SAR

در این نوع سیستم‌ها یک آنتن با طول بلند شبیه سازی می‌شود. شبیه سازی بر این اساس انجام می‌گیرد که یک عارضه می‌تواند در مدت زمان طولانی‌تری مشاهده شده و اطلاعات مربوط به آن جمع آوری می‌گردد. برای شبیه سازی این آنتن تمامی بازگشت‌های از یک شیء در تمام مدت زمانی که شیء در دید سنجنده است ثبت می‌گردد و سپس تمامی آنها مورد پردازش قرار می‌گیرند. در این پردازش‌ها تنها بازگشت‌های یک شیء مورد استفاده قرار می‌گیرد و بازگشت‌های مربوط به عوارض دیگر از پردازش حذف می‌گردند. این فرایند برای تمامی پیکسل‌ها انجام می‌شود تا به دقت مورد نظر برای هر پیکسل رسید. در حقیقت با استفاده از اطلاعات زیادی که در مورد یک شیء جمع آوری می‌گردد می‌توان با تمرکز بر روی شیء به یک عرض موج باریک‌تر و کوچک‌تر رسید و بنابراین قدرت تفکیک را بهبود بخشید *(فاطمی، ۱۳۸۴)*.

در قسمت مایکروویوالکترومغناطیس معمولاً امواج با فرکانس آنها شناخته می‌شوند. سنجش از دور راداری موج هایی با فرکانس ۳ تا ۳۰۰ گیگا هرتز را به کار می‌گیرد. بعضی از این دامنه‌ها بوسیله حروف نامگذاری

شده‌اند و برای راحتی کار معمولاً از این نام‌ها استفاده می‌شود. (چون این سیستم از رادار در ثبت داده‌ها بهره می‌گیرد، تحت هر شرایط جوی و متناسب با نیاز کاربر می‌توان اطلاعات را ثبت و اخذ کرد.

سنجنده SAR ماهواره در فرکانس ۵/۳ مگاهرتز با پلاریزه نمودن فرستنده و گیرنده افقی عمل می‌کند. SAR یک عرض ۵۰۰ کیلومتری را در روی زمین می‌پوشاند تا هر سه روز یکبار، امکان پوشش کامل شمال کانادا را فراهم آورد. برد زاویه فرود بین ۲۰ تا ۵۰ درجه است که در اکثر کاربردها لازم می‌باشد. SAR قادر است در هر مدار تا ۲۸ دقیقه در راستای طبیعی تصویربرداری کند *(Young. 2002)*.

مکانیسم عمل

همانطور که امواج دریا و امواج صوتی پس از رسیدن به مانعی منعکس می‌شوند، امواج الکترومغناطیسی هم وقتی به مانعی برخورد کردند، برمی‌گردند و ما را از وجود آن آگاه می‌سازند. به کمک امواج الکترومغناطیسی نه تنها از وجود اجسام در فاصله دور با خبر می‌شویم، بلکه به طور دقیق تعیین می‌کنیم که آیا ساکن هستند یا از ما دور و یا به ما نزدیک می‌شوند؟ حتی سرعت جسم نیز به خوبی قابل محاسبه است. وقتی امواج منتشر شده از رادار، به یک جسم دور برخورد می‌کنند، به طرف نقطه حرکت بر می‌گردند. امواج برگشتی توسط دستگاههای خاص در مبدأ تقویت می‌شوند و از روی مدت رفت و برگشت این امواج، فاصله بین جسم و رادار اندازه‌گیری می‌شود *(مباشری، ۱۳۸۵)*.

اصول رادار

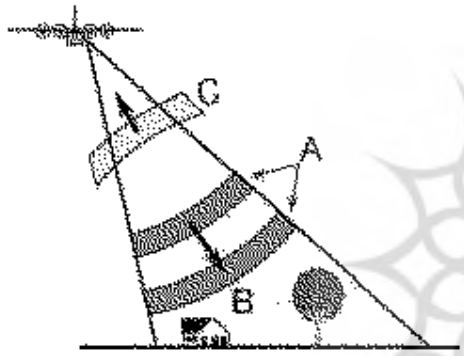
یک سیستم تصویر برداری راداری از چهار جزء اصلی تشکیل شده است. فرستنده، آنتن، گیرنده و ثبت کننده.

فرستنده وظیفه تولید سیگنال و انتقال این انرژی ماکروویو به آنتن را دارد. آنتن با ارسال و هدایت امواج الکترومغناطیس منتظر برخورد امواج با اشیاء، واکنش با آنها و بازگشت انرژی می‌ماند. آنتن پس از دریافت امواج آنها را به گیرنده ارسال می‌کند. گیرنده این امواج را می‌گیرد پس از فیلتر کردن و تقویت، در نهایت به سوی ثبت کننده، هدایت می‌کند. ثبت‌کننده این انرژی‌های دریافتی را بر روی وسایل نگهداری داده ذخیره می‌کند.

اندازه و شکل آنتن به گونه‌ای طراحی می‌شود که مشخصات نهایی لازم نظیر قدرت تفکیک را فراهم آورد. اغلب اوقات شکل آنتن به صورت مستطیلی است که به آن دریچه یا گشودگی نیز می‌گویند.

امواج الکترو مغناطیس به صورت پالس هایی با فرکانس ثابت به سمت اشیاء فرستاده می‌شوند. این امواج در طول مسیر خود به عوارض گوناگون سطح زمین واکنش نشان داده و برحسب وضعیت شیء مقداری از انرژی به سمت آنتن باز پس فرستاده می‌شود. بنابراین پس از ارسال یک پالس اکوهای متعددی به سمت آنتن از طرف اشیاء بازگشت داده می‌شود. مجموعه این بازگشت‌ها به صورت یک خط ثبت می‌شوند. بسته به فاصله میان شیء و گیرنده، جایگاه انرژی بازگشتی از آن شیء در خط محاسبه می‌شود. پس از ارسال یک پالس و دریافت بازگشت‌های آن، یک پالس دیگر فرستاده می‌شود. به این ترتیب با حرکت ماهواره یا هواپیما خطوط پشت سر هم شکل گرفته و یک چهار چوب دو بعدی از ارقام مربوط به انرژی‌های بازگشتی ثبت می‌گردند.

پس از پردازش همین ارقام و اعداد در ایستگاههای زمینی منجر به تولید تصاویر معمولی راداری می‌گردد. در حقیقت می‌توان سیستم‌های راداری را نوعی سیستم اندازه‌گیری فاصله دانست. همان طور که در نگاره ۱ مشاهده می‌شود فرستنده پالس‌های کوتاه مایکروویو (A) را که بوسیله آنتن رادار به صورت پرتو متمرکز می‌شوند (B) با فاصله زمانی معین تولید می‌کند. آنتن رادار بخشی از سیگنال‌های باز تابیده شده (C) از سطوح مختلف را دریافت می‌کند.



نگاره ۱

با اندازه‌گیری مدت زمان ارسال پالس و دریافت پژواک‌های پراکنده شده از اشیاء مختلف می‌توان فاصله آنها و در نتیجه موقعیت آنها را تعیین نمود. با ثبت و پردازش سیگنال بازتابیده توسط سنسور تصویر دو بعدی از سطح مورد نظر تشکیل می‌گردد.

پهنای باند

از آنجاییکه گستره طیف امواج مایکرو ویو نسبت به طیف‌های مرئی و مادون قرمز وسیع‌تر می‌باشد لذا اکثر رادارها از این طیف استفاده می‌کنند. در رادارهای تصویری اغلب از طول موج‌های زیر استفاده می‌شود.

Ku band&k&ka	X_ band
C_band	S_band
L_band	(max) P_band

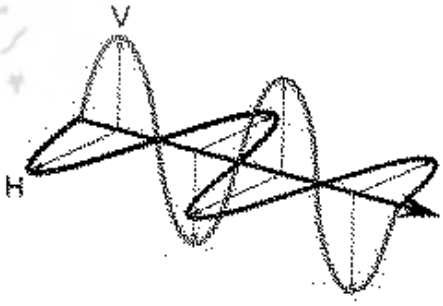
تمامی طول موج‌های استفاده شده در رادارهای تصویری در محدوده سانتیمتر است.طول موج رادار در نحوه تشکیل تصویر مؤثر می‌باشد. با افزایش طول موج شاهد تصاویر با کیفیت بهتر می‌باشیم. در نگاره‌های ۲ و ۳ از دو طول موج متفاوت استفاده شده است. شما می‌توانید تفاوت آشکاری را که در این نگاره‌ها وجود دارد مشاهده نمایید. علت این تفاوت تغییر در نحوه فعل و انفعال سیگنال با سطح اشیاء می‌باشد.

نگاره ۲

نگاره ۳

قطبیدگی (Polarization)

هنگامی که در مورد امواج الکترومغناطیسی همانند امواج مایکروو صحبت می‌گردد بحث درباره قطبیدگی حائز اهمیت می‌باشد. قطبیدگی عبارت است از جهت میدان الکتریکی در امواج الکترومغناطیسی. به طور کلی می‌توان قطبیدگی امواج را به سه دسته تقسیم بندی کرد: قطبیدگی خطی و دایره‌ای وبیضوی. اغلب رادارهای تصویری از قطبیدگی خطی استفاده کرده که این نوع قطبیدگی را می‌توان به دو بخش عمودی (Vertical) و افقی (Horizontal) تقسیم بندی کرد (نگاره ۴) اغلب سنسورهای رادار طوری طراحی شده‌اند که قابلیت ارسال و همچنین دریافت امواج را به یکی از دو صورت بالا دارا هستند. در بعضی از رادارها دریافت و ارسال امواج با ترکیبی از دو نوع قطبیدگی انجام می‌پذیرد (*فاطمی*، ۱۳۸۴).



نگاره ۴

به طور کلی می‌توان چهار ترکیب از قطبیدگی را در نظر گرفت:

* HH　　* VV

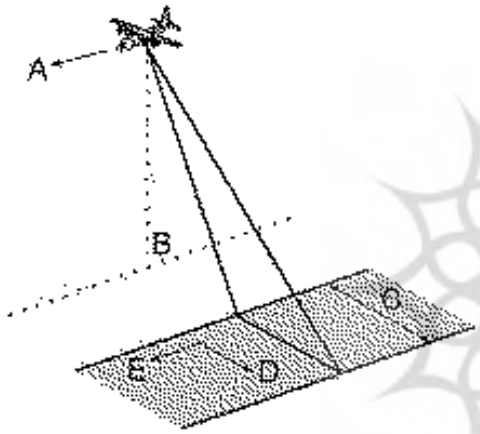
* HV　　* VH

حرف H نشان دهنده قطبیدگی افقی و حرف V نمایانگر قطبیدگی عمودی می‌باشد. در چهار ترکیب بالا حرف سمت راست نحوه دریافت سیگنال را نشان می‌دهد.

هندسه رادار (radar geometry)

در سیستم تصویر برداری رادار هوایی با جابجا نمودن سکو در یک مسیر مستقیم که مسیر پرواز (A flight)(direction) نامیده می‌شود عمل تصویر برداری انجام می‌گردد. نقطه‌ای که درست در زیر پای سنجنده در سطح زمین است را ندیر (B) (nadir) می‌نامیم.

آنتن رادار امواج را برای روشن کردن نوار تصویر (Swath) (C) ارسال می‌کند. با قرار گرفتن نوارهای تصویر در کنار هم ناحیه تصویر (Track) (ناحیه خاکستری رنگ) تشکیل می‌گردد که این ناحیه نسبت به خط ندیر فاصله دارد. محور طولی ناحیه تصویر که با مسیر پرواز موازی می‌باشد را و سمت (E) (Azimuth) محور عرضی را که بر مسیر پرواز عمود است را برد (D)(rang) می‌نامیم.



نگاره ۵

واژه‌شناسی

دامنه نزدیک (Near Range): کوچکترین فاصله مایل و یا فاصله زمینی به نادیر را می‌گویند.

دامنه دور (far range): بزرگترین فاصله مایل و یا فاصله زمینی به نادیر را می‌گویند.

برد مایل یا فاصله مایل (Slant range): فاصله میان سنجنده تا اشیاء را گویند. سیستم‌های تصویر برداری راداری به صورت مایل تصویر برداری می‌کنند. این جهت مایل که در آن فواصل اندازه‌گیری می‌شود را جهت جانبی یا جهت فاصله (Distance Rang) گویند.

فاصله زمینی (ground range): معادل فاصله مایل است و فاصله جغرافیایی نیز نامیده می‌شود.

زاویه تابش (Incidence angle): زاویه بین پرتو رادار و سطح زمین.

زاویه دید (Look angle): زاویه بین خط عمود و پرتو رادار.

آزیموت (Azimuth): جهت حرکت سکو را گویند.

طول برداشت (Swath Lenght): فاصله‌ای که توسط رادار در جهت آزیموت برداشت می‌شود.

عرض برداشت (Swath Width): مقطع بخشی از زمین که توسط سیگنال پوشش داده شده و برداشت می‌شود.

اثرات سطح بر تصویر رادار

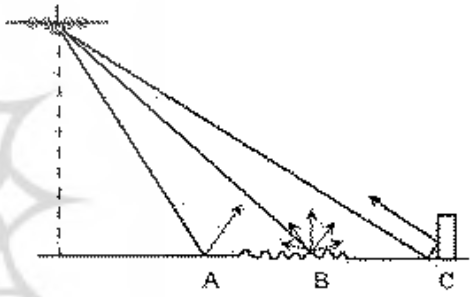
میزان روشنایی (درخشندگی) تصویر به میزان پراکندگی (Scattering) سیگنال‌های مایکروویو در برخورد با سطح بستگی دارد. پراکنش سیگنال به پارامترهایی از قبیل مشخصات رادار (فرکانس قطبیدگی هندسه دید و...) و همچنین خصوصیات سطح (پستی و بلندی نوع پوشش و...) وابسته است. به طور کلی می‌توانیم عوامل بالا را در سه عامل اصلی زیر خلاصه کنیم:

۱) صیقلی بودن سطح

۲) هندسه دید و رابطه آن با سطح

۳) درصد رطوبت و خصوصیات الکتریکی سطح

صیقلی بودن سطح مهمترین عامل تعیین کننده روشنایی تصویر می‌باشد. سطوح صاف موجب بازتابش آینه‌ای (A) در فعل و انفعال سیگنال رادار با سطح می‌گردند. در نتیجه این نوع بازتابش مقدار اندکی از سیگنال‌های بازتابیده شده به سمت رادار باز می‌گردند.



نگاره ۶

بنابراین سطوح صاف با درجه تیره‌گی بیشتر در تصویر ظاهر خواهند گشت. سطوح ناصاف سیگنال‌های رادار را تقریباً به صورت یکنواخت بازتاب می‌دهند. و در نتیجه بخش عمده‌ای از این سیگنال‌ها به سمت رادار باز می‌گردند. بنابراین سطوح نا صاف با درجه روشنایی بیشتر در تصویر مشاهده می‌شوند. به این نوع انعکاس بازتابش پخشیده (B) گفته می‌شود. احتمال وقوع انعکاس زاویه‌ای (C) در نواحی که از سطوح عمود برهم تشکیل شده وجود دارد. به بیان ساده‌تر سیگنال‌های باز تابیده شده از سطح اول پس از برخورد به سطح دوم به سمت رادار بازتاب داده می‌شود. این نوع انعکاس به طور معمول در مناطق شهری (ساختمان‌ها، خیابان‌ها، پل‌ها و...) اتفاق می‌افتد. صخره‌ها، کوه‌ها و نیزار رودخانه‌ها نیز سیگنال رادار را اینگونه بازتاب می‌دهند.

زاویه تابش (incidence angle) نیز در نحوه شکل‌گیری تصویر همچنین صیقلی بودن سطوح نقش ایفا می‌کند. با در نظر گرفتن سطح و طول موج ثابت با افزایش زاویه تابش سیگنال‌های کمتری به سوی رادار باز می‌گردند و در نتیجه درجه تیره گی افزایش می‌یابد. به بیان دیگر با افزایش زاویه تابش سطوح صیقلی‌تر از مقدار واقعی خود در تصویر ظاهر می‌شوند.

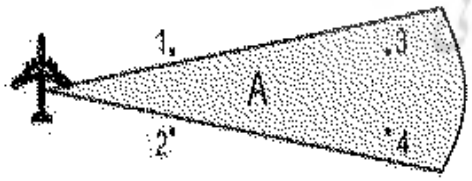
به طورکلی تغییردر هندسه دید در بهبود نقشه‌های جغرافیایی و همچنین بر طرف کردن اختلال هایی از قبیل سایه دار شدن و کاهش عمق تصویر مؤثر می‌باشد. وجود رطوبت در خصوصیات الکتریکی و حجم اجسام مؤثر می‌باشد. تغییر در خواص الکتریکی در جذب ارسال و همچنین نحوه شکل‌گیری تصویر مؤثر می‌باشد. بنابراین درصد رطوبت اجسام در فعل و انفعال سیگنال رادار و متعاقباً تصویر مؤثر می‌باشد. معمولاً با افزایش رطوبت جسم سیگنال‌های بیشتری توسط جسم بازتابیده می‌شود. برای مثال علفزارهای وسیع در هنگامی که مرطوب هستند در تصویر رادار روشنتر ظاهر می‌شوند.

دقت تفکیک (Spatial Resolution)

به میزان توانایی رادار جهت تفکیک اشیاء مختلف از همدیگر دقت تفکیک گفته می‌شود. برخلاف سیستم‌های نوری افزایش دقت تفکیک در رادار بر اساس خصوصیات امواج مایکروویو و همچنین تأثیرات هندسی انجام می‌پذیرد. در رادارهایی که از یک آنتن جهت ارسال امواج استفاده می‌کنند یک پالس موج ارسال گشته و با دریافت پژواک آن توسط گیرنده تصویر تشکیل می‌شود.

دقت تفکیک را می‌توان در دو راستا بررسی کرد. در جهت سمت ناحیه تصویر که دقت سمت (azimuth resolution) نامیده می‌شود و در جهت برد که آن را قدرت تفکیک جانبی (resolution range) می‌نامیم.

دقت برد به طول پالس رادار (p) بستگی دارد. در صورتی که عمل تفکیک با طول بیشتر از نصف پالس صورت گیرد اهداف از یکدیگر قابل تشخیص‌اند. دقت سمت به پهنای ستون امواج رادار یا پهنای زاویه‌ای (A) (beam widh) و همچنین برد مایل (Slant rang) وابسته است. با افزایش پهنای زاویه‌ای می‌توانیم شاهد دقت سمت باشیم. در نگاره ۷ اهداف ۱ و ۲ که در محدوده نزدیک قرار دارند توسط رادار به راحتی قابل تشخیص اند در حالیکه هدف‌های ۳ و ۴ که در محدوده دور قرار گرفته‌اند قابل تشخیص نمی‌باشند. همچنین با افزایش طول آنتن رادار می‌توان دقت سمت را افزایش داد.

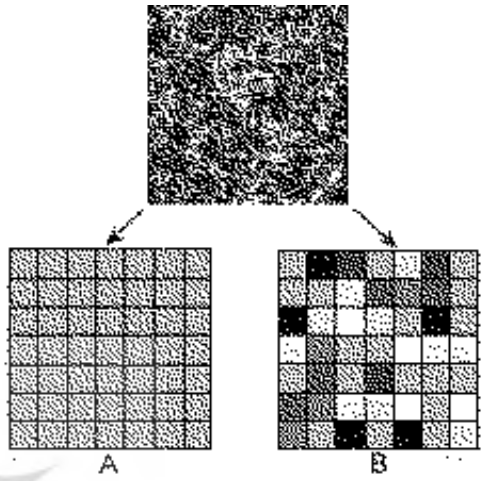


نگاره ۷

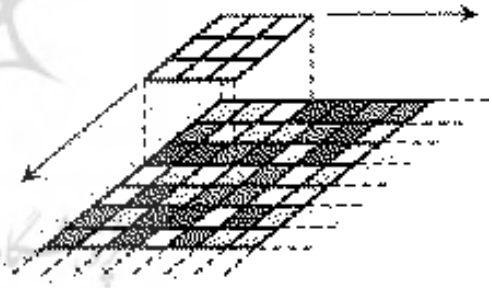
خصوصیات تصویر رادار

در تصاویر رادار با نوعی اختلال مواجه هستیم که به نویز اسپیکل (Speckle) معروف است. این اختلال که باعث ظاهر شدن دانه‌های ریز و درشت (بافت فلفل نمکی) در تصویر می‌شود زاییده ساختار بهم ریخته سطح و همچنین تداخل سیگنال‌های بازتابیده می‌باشد. به عنوان نمونه یک سطح هموار مانند علفزار (نگاره ۸) را در نظر می‌گیریم. بدون در نظر گرفتن اثر این اختلال پیکسلهای تصویر با درجه روشنایی یکسان مشاهده

می‌شوند. حال آنکه در تصویر حقیقی به علت تداخل سیگنال‌های پراکنده شده پیکسل‌ها دارای درجات روشنایی متفاوت می‌باشند. در واقع نویز اسپیکل کیفیت تصاویر را کاهش داده و در نتیجه در تحلیل تصاویر با مشکل مواجه می‌شویم. حال برای کاهش این اثر می‌توان دو روش را بکار برد.



نگاره ۸



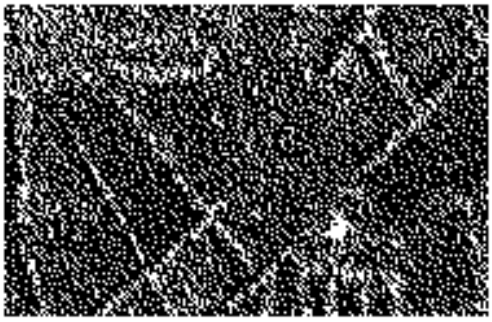
نگاره ۹

۱) دید چندگانه (multi-Looking processing)

در این روش هر پرتو رادار به چندین زیر پرتو (اشعه) تقسیم شده و هر اشعه وظیفه پوشش دادن یک ناحیه را بر عهده دارد. با ثبت تصاویر تشکیل شده توسط هر اشعه و معدلگیری از آنها جهت تشکیل تصویر نهایی می‌توان نویز اسپیکل را کاهش داد.

۲) فیلترینگ (Spatial Filtering)

پس از پایان یافتن مرحله اول و تشکیل تصویر اولیه فیلتر کردن تصویر آغاز می‌شود. در این روش با حرکت دادن یک پنجره متشکل از تعدادی پیکسل (معمولا ۵*۵ یا ۳*۳) در طی سطر و ستون تصویر از پیسکل‌هایی که هر پنجره پوشش می‌دهد معدلگیری (درجه روشنایی پیکسل‌های موجود در هر پنجره اندازه‌گیری شده و پیکسلی با درجه روشنایی واحد جایگزین پنجره مربوطه می‌گردد) انجام می‌شود.

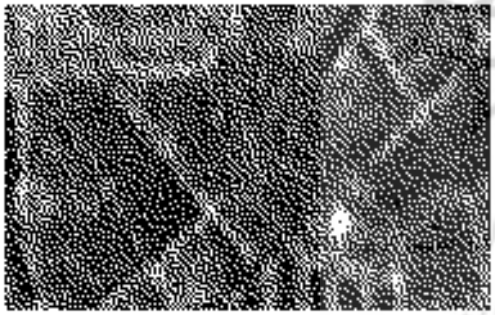


نگاره ۱۰

بایستی توجه داشته باشیم که کاهش نویز اسپیکل باعث کاهش وضوح تصویر می‌گردد.

همان طور که در نگاره‌های ۱۰ و ۱۱ مشاهده می‌شود، نگاره ۱۱ نسبت به تصویر دیگر دارای وضوح کمتری است. درنتیجه برای ایجاد تصاویر با جزئیات دقیق نمی‌توان از این روش استفاده کرد. زمانی که سطح هدف را وسیع در نظر بگیریم کاهش نویز اسپیکل می‌تواند مثمر ثمر باشد.

گاه نیاز به استفاده از اندازه‌گیری‌های دقیق جهت مقایسه مشاهدات و بدست آوردن نتایج لازم می‌باشد. در نتیجه بایستی دقت ابزار اندازه‌گیری افزایش پیدا کند.



نگاره ۱۱

این فعل توسط فرآیندی به نام کالیبراسیون (Calibrasion) انجام‌پذیر است. از آنجائیکه عمل اندازه‌گیری از اعمال اصلی رادار می‌باشد در نتیجه کالیبراسیون بسیار مهم می‌باشد. کالیبراسیون تلاش می‌کند تا اختلاف میان مقدار انرژی سیگنال بازتابیده با مقدار

اندازه‌گیری شده توسط رادار کاهش یابد. در نتیجه کالیبراسیون دقیق ما شاهد تصاویری با دقت اندازه‌گیری یکسان توسط رادار خواهیم بود.

در کالیبراسیون نسبی سعی بر افزایش دقت سیستم رادار است. در حالیکه در کالیبراسیون مطلق با نصب دستگاه‌هایی بر روی زمین انرژی سیگنال‌های بازتابیده شده از سطح اندازه‌گیری شده و پس از تقویت به سوی رادار فرستاده می‌شوند. رادار می‌تواند با استفاده از این مقادیر به مقدار حقیقی انرژی دست پیدا کند، و در نتیجه استنباط دقیقتری از سطح حاصل داشته باشد. (Marc, 2007)

کاربردهای پیشرفته

علاوه برکسب و استفاده درست از اطلاعات، کاربردهای خاص رادار به شرح زیر می‌باشد:

نخست تکنولوژی تصویر سه بعدی(Stereo image) می‌باشد. در این روش با پوشش دادن ناحیه تصویر با زوایای تابش متفاوت و همچنین بهره‌گیری از جهت‌های دید متفاوت یا مخالفت و انطباق تصاویر ایجاد شده می‌توان یک تصویر سه بعدی از ناحیه تصویر ایجاد کرد. در نتیجه اختلال هایی از قبیل سایه دار شدن بعضی نواحی برطرف گردیده و زمینه برای تحلیل دقیقتر تصاویر فراهم می‌گردد. این تکنولوژی در تحلیل تصاویر مناطق جنگلی و جغرافیایی و همچنین نقشه برداری از اراضی کاربر دارد.

از دیگر پیشرفت‌های حاصل شده می‌توان به قطبش سنجی (Polarimetry) اشاره کرد. در این روش امکان دریافت و ارسال سیگنال‌های مایکروویو به صورت ترکیبی از قطبیدگی افقی و عمودی وجود دارد. در نتیجه ما می‌توانیم چهار ترکیب VH HV HH VV را برای دریافت یا ارسال امواج در نظر بگیریم. بدین طریق با ایجاد تصویری با ویژگی‌های مختلف نتایج لازم جهت دستیابی به تصیر دقیقتر حاصل می‌گردد (شفیعی،۱۳۸۵).

نتیجه

با در نظر گرفتن شرایط فعلی که در دنیای امروز وجود دارد، لزوم دستیابی به فناوری‌هایی از قبیل ساخت رادار، و به طور گسترده‌تر، سنجش از راه دور، احساس می‌شود. لذا ابتدا بایستی به اطلاعات ترکیبی از رشته‌های مختلف، نظیر زمین‌شناسی، مخابرات، هواشناسی و...، دسترسی داشته باشیم، تا بتوانیم به یک تکنولوژی کوچک اما پیچیده دست پیدا کنیم. بنابراین با دسترسی به علوم جدید، علاوه بر بالا بردن دید خود نسبت به مسائل علمی مختلف، می‌توانیم در جهت پیشرفت علمی کشور عزیزمان گام برداریم.

منابع و مآخذ

۱-انجمن سنجش از دور ژاپن، ترجمه جاهدی، فرشید. فرخی، شاهد، ۱۳۵۷، مبادی سنجش از دور، مرکز سنجش از دور ایران

۲-اکرمی، قادر، ۱۳۸۵، لیدار جایگزین رادار، نشریه صف، شماره ۲۲۴

۳-حمزه‌ای، محمد تقی، ۱۳۸۳، کاربردهای رادار لیزری، نشریه دریا، شماره ۵.

۴-فاطمی، سید باقر. رضایی، یوسف، ۱۳۸۴، مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده.

۵-لشگری، صالح، ۱۳۸۶، رادار سونار، مرکز تحقیقات و فناوری اتوماسیون صنعتی ایران.

۶-مباشری، محمدرضا، ۱۳۸۵، مبانی فیزیک در سنجش از دور و فناوری ماهواره، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

۷-مظاهری خیاوری، احمد، ۱۳۸۴، تاریخچه‌ای از رادار، نشریه صنایع هوایی، شماره ۱۷۷.

8- Barone PM (Barone, P.M.), Graziano F (Graziano, F) Pettinelli E (Pettinelli, E.), Corradini RG (Corradini,R.Ginanni). 2007, Ground - Penetrating radar investigations into the Construction techniques of the Concordia Temple (Agrigento, Sicily, Italy) , ARCHAEOLOGICAL PROSPECTION 14.

9- Grohmann CH, 2004, Mprphometric analysis in geographic information systems: applications of free software GRASS and R, COMPUTERS & GEOSCIENCES 30 (9-10)

10- Grohmann CH (Grohmann, Carlos Henrique) ,Riccomini C (Riccomini, Claudio), Alves FM (Alves, Fernando Machado), 2007, SRTM-based morphotectonic analysis of the Pocos de Caldas alkaline Massif, Southeastern Brazil, COMPUTERS GEOSCIENCES 33

11- Hamilton SK (Hamilton, Stephen K.) , Kellndorfer J (kellndorfe, Josef) ,Lehner B (Lehner, Bernhard), Tobler M (Tobler, Mathias), 2007, Remote sensing of floodplain geomorphology as a surrogate for biodiversity in a tropical river system, Geomorphology.

12- Holden, josepeh . 2003. Hydrological connectiveity of soil pipes determined by ground - penetrating radar tracer detection, School of geography, university of leeds.

13- katelyn M. Mileshosky, 2006, privacy nd Security

14- Mac Chouinard. Jean. 2007 Canadian space agency IPY planing Canadian space agency. Power Point.

15- Nawawi, Mohd., Khiruddin. Abdullah. 2007, Geology and cover mapping of gunung jeria, Kedah using AIRSAR data, School of physics, university san Malaysia (sum).

16- Souza PWM (Souza, Pedro Walfir M., Jr), paradella WR (Paradella , Waldir Renato) 2005, Use of RADARSAT -1 fine mode and Landsat - 5 TM selective principal component analysis for geomorphological mapping in a macrotidal mangrove coast in the Amazon region, CANADIAN JOURNAL OF REMOTE SENSING 31.

17- Sarunjith KJ, Sanjeevi S. 2007, Reconnaissance -Level Mapping of Vulnerable areas in a tsunami - prone coast using shuttle radar - derived Digital Elevation Model, CURRENT SCIENCE

18- Young, Soo Kim and Ryool lee, 2002, Feasibility Study of synthetic aperture radar adaptability of the payload to kompsat platform, Korea aerospace research institute, Yusung Korea.

19- www. ccrs.nrcan.gc.ca

20- www. Cloudsky.ir

21- www. mhud.ir

22- www.canadian space agency.com

23- www.micromages.com