www.engclubs.net

A site for all Engineers

بخش اول : کلیات

تعریف، مکانیسم و تاریخچه علم و هنر سنجش از دور

- تکنولوژی و علمی تعریف می شود که بدون تماس مستقیم، مشخصه های یک شی یا پدیده را تعیین، اندازه گیری تجزیه و تحلیل می نماید.
- سنجش از دور عبارت است از علم و هنر کسب اطلاعات در مورد اجسام و پدیده های مختلف، بدون تماس فیزیکی با آنها.
- سنجش از دور عبارت است از بکارگیری عکسهای هوایی، عکسهای فضایی و تصاویر ماهواره ای ، برای تفسیر و شناسایی و کسب اطلاعات از پدیده ها.

- سنجیدن اشیا از مسافتی خاص بدون اینکه شخص در تماس بالفعل با آن شئی باشد.

- علم تولید اطلاعات برای بررسی و اندازه گیری پدیده ها از مسافت دور بدون تماس فیزیکی با آنها.

Remote sensing is defined as the acquisition of information about an object without being in physical contact with it .

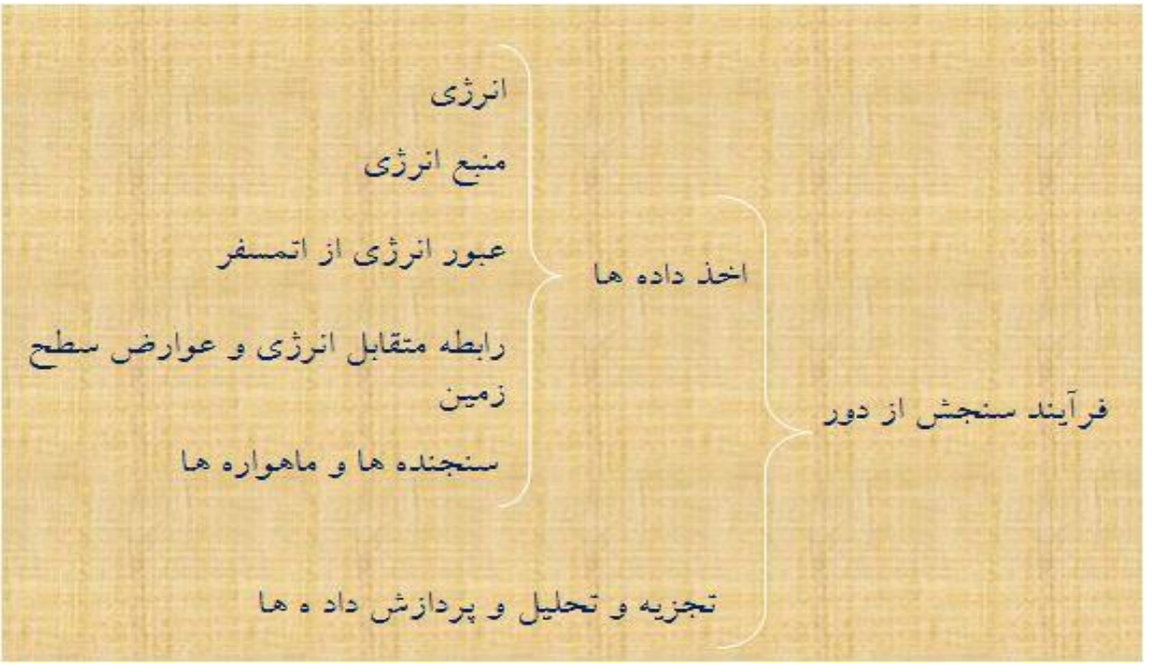
هدف سنجش از دور

تامین داده های مکانی Spatial Data Acquisition به منظور بهره گیری در برنامه ریزی و تصمیم گیری در زمینه های مختلف مانند؛ منابع محیطی ؛ برنامه ریزی فضایی ؛ پروژهای مهندسی و ...

ابزارهای تامین داده های مکانی :

الف) روشهای پیمایشی و زمین مبنا Ground-based methods:

ب) روشهای سنجش از دوری Remote sensing methods:



تاریخچه

-سنجش از دور Remote Sensing اولین بار در دهه ۵۰ توسط خانم Evelyn Pruitt (اویلین پروایت) در امریکا بکار گرفته شد

- سنجش ازدور متکی بر ابزارهای مستقر در سطح بالا تراز سطح زمین در بیش ۱۵۰ سال قبل با بکارگیری پرندگان آغاز شد

-عکسبرداری هوایی از تاریخ و قدمت چندان زیادی برخوردار نیست و تاریخ آن کم و بیش مقارن با پیدایش هنر و علم عکاسی و صنعت هوانوردی است .

-با اختراع هواپیما در سال ۱۹۰۳ اولین فیلمبرداری هوایی بوسیله ویلبر رایت در سال ۱۹۰۹ انجام شد .

-استفاده از عکسهای هوایی در طی دو جنگ جهانی اول و دوم برای مقاصد نظامی توسعه و گسترش زیادی یافت.

با اختراع هواپیما توسط براران Wright در سال ۱۹۰۳ عکسبرداری هوایی با هواپیما آغار و اولین عکس هوایی توسط این دو بردار از شهر چنتوچیلی Centocelli ایتالیا گرفته شد .

اولین ماهواره سنجش از دوری در اکتبر ۱۹۵۷ با نام SPUTNIK 1 (ماهواره) توسط شوروی سابق در مدارقرار گرفت . این ماهواره یک فرستنده رادیویی با خود حمل میکرد و با وزن نزدیک به ۱۲۸ کیلوگرم در فاصله حداقلی ۲۴۸ و حداکثری ۸۹۴ کیلو.متری از سطح زمین قرارداشته و در ۹۶ دقیقه یک بار زمین را دور میزد. این ماهواره کمتر از سه ماه عمر کرد

- در سال ۱۹۵۹ اولین ماهواره تصویربرداری با نام Corona توسط امریکا Launch شد. این ماهواره داری یک دوربین عکسبرداری بود که پس ار ماموریت جهت تخلیه اطلاعات به زمین برگردانده می شد.

ماهوارهای Explorer 1(1959)و Mercury (1963) و سفینه Gemini(1966) ،و Apollo(1969) ازجمله ابزارهای عکسبرداری فضایی بودند که در کنار ماهوارهای سری Sputnik شوری ، توسط امریکا بکار گرفته شدند

در سال ۱۹۷۲ اولین ماهواره منابع رمینی با عنوان ERTS (Earth Resources Technology Satellite) که بعدا Landsat 1 نامیده شد در مدار قرارگرفت .این ماهواره داری یک سیستم سنجنده چند طیفی دیجیتالی بود (Multi Spectral) . با نصب این ماهواره علم سنجش از دور تحولی جدی یافت وعملا از انحصار نظامیان خارج و در اختیار سایر دانشمندان قرار گرفت. .

- در سال ۱۹۷۸ با نصب اولین ماهواره راداری با عنوان SeaSat علم سنجش از دور به تکامل نسبی دست یافت .
- از آن تاریخ تاکنون قریب به هزار ماهواره سنجش از دوری از با طیف و قدرت تفکیکهای متفاوت و همچنین فرکانس های مختلف راداری توسط کشورهای مختلفی از جمله آمریکا شوروی ، هندوستان ، فرانسه، کانادا، استرالیا، زاپن و ... نصب گردیده است.

تاریخچه عکسبرداری هوایی در ایران

- در ایران در سال ۱۳۳۱ از حوزه زاینده رود اصفهان عکسهای هوائی برداشته شد و عکسبرداری توسط شرکت K.L.M به منظور انجام امور عمرانی آن حوزه انجام گرفت.
- در سال ۱۳۳۴ بمنظور تهیه نقشه صحیح از کلیه استانها کشور عکسبرداری هوائی شروع گردید.
- از سال ۱۳۳۲ با آغاز فعالیت سازمان نقشه برداری کشور به صورت پیوسته از مناطق مختلف ایران عکسبرداری هوایی انجام گرفته‌است.

- در حال حاضر آرشیوی مشتمل بر ۸۰۰۰ حلقه فیلم هوایی بالغ بر دو میلیون قطعه عکس هوایی از مناطق مختلف کشور تهیه گردیده که به صورت مرتب در زمینه‌های مختلف منجمله فعالیت‌های تحقیقاتی و ارجاع به مراجع قضائی مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- بطور کلی از تمامی مناطق کشور عکس‌های هوایی در مقیاس‌های پنجاه و پنج هزارم مربوط به دهه ۳۰ هجری شمسی، بیست هزارم مربوط به دهه چهل و چهل هزارم مربوط به دهه هفتاد و همچنین عکس‌های هوایی ده‌هزارم و یا پنج هزارم از اکثر شهرهای کشور موجود می‌باشد.
- در ایران اولین عکس هوایی از شهر تهران در سال ۱۹۵۶ (اردیبهشت ۱۳۳۵) با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ گرفته شد
- در سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۳۶ اولین عکسبرداری سرتاسری ایران توسط خارجی ها صورت گرفت و در سال ۱۳۴۳ تا دو سال بعد عکسبرداری سرتاسری ایران توسط سازمان نقشه برداری کشور تهیه شد
- پوشش سراسری جدید۱:۲۵۰۰۰ از کشور از سال ۱۳۷۰ و تبدیل آنها به نقشه های رقومی
- تهیه عکس های هوایی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰ از برخی شهرهای کشور.

سازمانهای درگیر سنجش از دور در ایران

- سازمان نقشه برداری کشور
- سازمان فضایی ایران
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران
- وزارت جهاد کشاورزی
- سایر سازمانها و بخش خصوصی

فیزیک نور و طیف الکترومغناطیس

نور دارای تعریف دقیقی نیست، جسم شناخته شده یا مدل مشخص که شبیه آن باشد وجود ندارد

لیکن ماهیت آن به کمک روشهای تجربی معلوم و مشخص گردیده است.

نور خاصیت دو گانه‌ای دارد ۱- خاصیت موجی ۲- خاصیت ذره‌ای

●ماهیت ذر ه ای

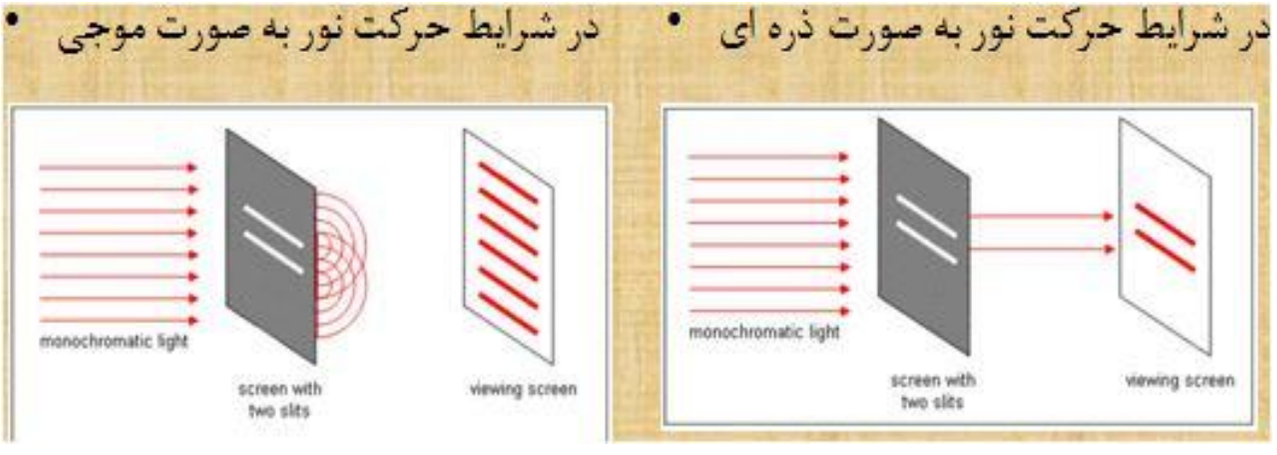
اسحاق نیوتن (Isaac Newton) - پرتوهای نور ذرات کوچکی هستند که از یک جسم نورانی نشر می شوند .این ذارات در محیطهای همگن به نظر می رسد در امتداد خط مستقیم منتشر می شوند (بوجود آمدن سایه) .

●ماهیت موجی

کریسیتان هویگنس (Christiaan Huygens) ۱۶۲۹-۱۶۹۵ - حرکت نور به صورت موجی است و از چشمه های نوری به تمام جهات پخش می شود (پراش نور در اطراف مانع.)

ویژگی های طیف الکترومغناطیس

- انرژی طیف الکترومغناطیس از لحاظ ماهیت دارای دو ویژگی موجی و ذره ای می باشد .
- در حرکت موجی انرژی الکترومغناطیس بوسیله یک سری پیوسته امواج مساوی و تکراری در واحد زمان انتشار می یابند.
- این امواج دارای دو مؤلفه الکتریکی و مغناطیسی می باشند که با دو علامت E و B نمایش داده می شوند .
- این دو مؤلفه در دو صفحه عمود بر هم قرار دارند و عمود بر مسیر انتشار امواج می باشند.
- هنگامی که نور از یک فضای با تراکم کم به یک فضای با تراکم زیاد حرکت می کند و یا برعکس ، سرعت و طول موج آن تغییر می کند ولی فرکانس آن ثابت خواهد بود.
- در حالت انتشار ذره ای بر روی رفتار انرژی الکترومغناطیس تاکید شده و طی آن فوتون ها و کوانتوم ها با سرعت نور تابش می نمایند.
- انرژی تابشی که از خورشید به صورت امواج و با سرعتی ثابت (۳۰۰۰۰۰کیلومتر در ثانیه) انتشار می یابد.



نور نوعی موج است که در فضا انتشار می‌یابد و از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ساخته شده‌است. این میدان‌ها در حال انتشار بر یکدیگر و بر جهت پیشروی موج عمود هستند.

گاهی به تابش الکترومغناطیسی **نور** می‌گویند، ولی باید توجه داشت که نور مرئی فقط بخشی از گستره امواج الکترومغناطیسی است .

بسامد امواج الکترومغناطیسی

بَسامَد، یا تَواتُر *Frequency* به اندازه‌گیری تعداد دفعاتی گویند که یک رویداد تناوبی در واحد زمان اتفاق می‌افتد.

اندازه‌گیری زمان میان دو رویداد پیاپی (تناوب) و سپس اندازه‌گیری بسامد به عنوان وارونه این زمان است، رابطه بسامد به این گونه‌است،

$$f = \frac{1}{T}$$

فرکانس با هرتز(Hz) اندازه گیری می‌شود. یک هرتز به این معنی است که یک واقعه یک بار بر ثانیه رخ می‌دهد.

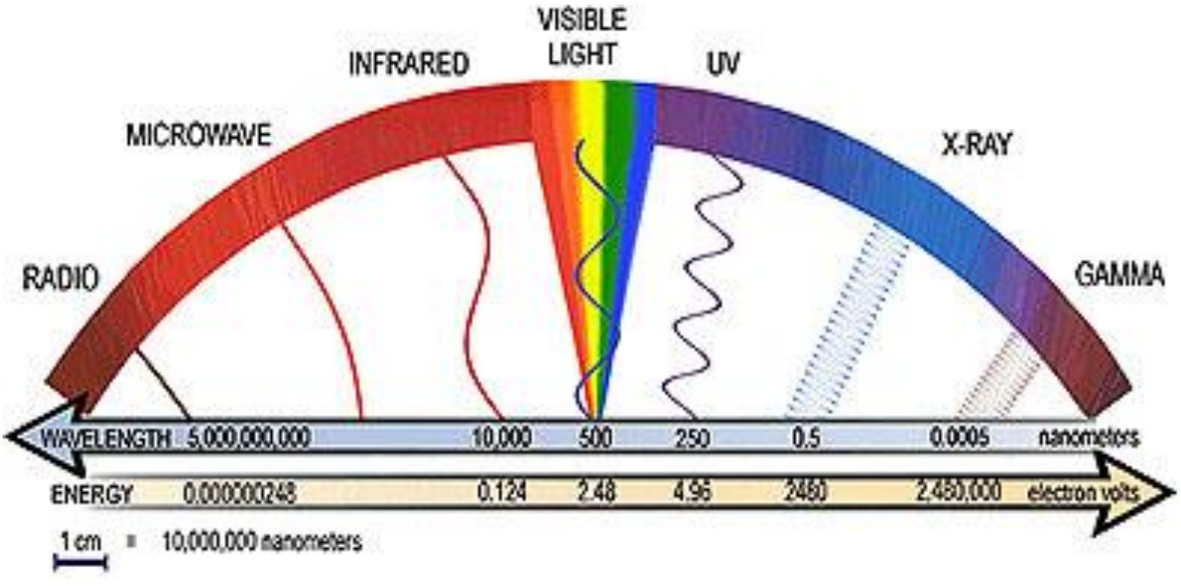
فرکانس رابطه معکوسی با مفهوم طول موج دارد. فرکانس f برابر است با سرعت v یک موج تقسیم بر طول موج است که،

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

در موارد خاص که امواج الکترومغناطیسی از خلا عبور می کنند، v=c که در آن c برابر سرعت نور در خلا است و این عبارت به صورت زیر در می آید،

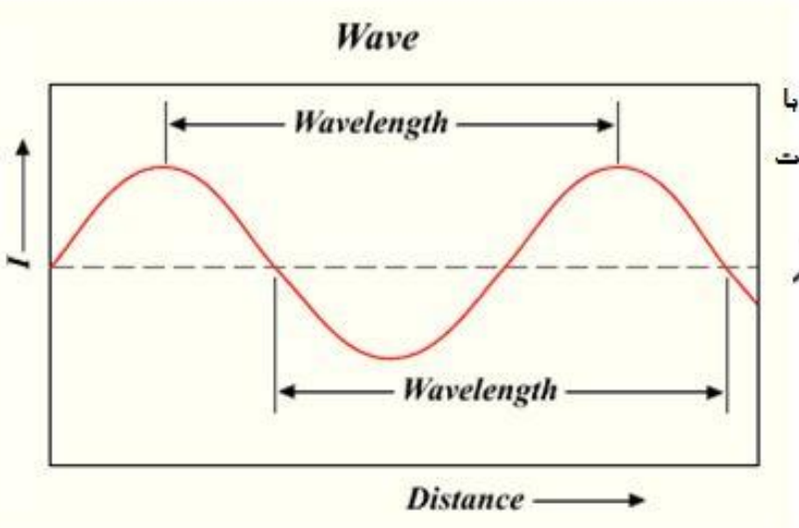
$$f = \frac{c}{\lambda}$$

طول انواع موج ها



طول امواج الکترومغناطیسی

طول موج: به فاصله بین دو قله متوالی موج (یادو نقطه نظیر هم روی یک موج)گفته می‌شود و آن را با λ نشان می‌دهند. برای دو موجی که دارای سرعت یکسان باشند موجی که دارای فرکانس بالاتری است طول موج کوتاه‌تر دارد و موجی که فرکانس پایین‌تری دارد، طول موج بلندتری دارد

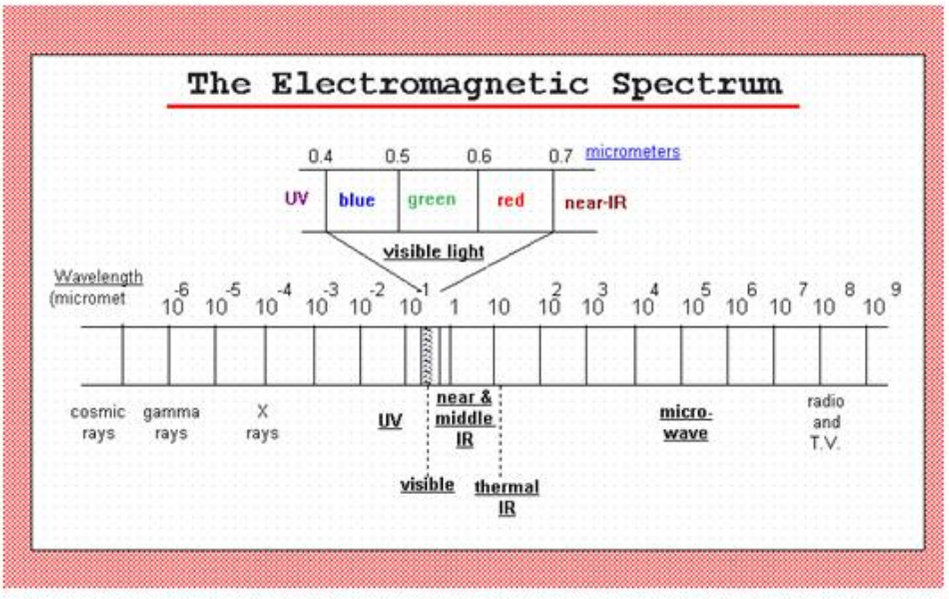


طول موج رابطه معکوسی با مفهوم فرکانس دارد. طول یک موج برابر است با سرعت v یک موج تقسیم بر فرکانس است که:

$$\lambda = \frac{v}{f},$$

امواج الکترومغناطیسی به شکل طیفی پیوسته ،در باندهای طیفی مختلفی قرار می گیرند. مهمترین امواج شناخته شده به ترتیب افزایش طول موج عبارتند از:

- گاما
- ایکس
- ماوراء بنفش
- مریی
- مادون قرمز
- مایکروویو
- رادیویی



- **امواج ماوراءبنفش**
- محدوده ماوارای بنفش (UV) شدیدا توسط اتمسفر زمین پخش و جذت شده و امکان عبور از آن را ندارد .

- لذا تشعشع یا انعکاس آن قابل دسترس برای بسیاری از سنجده نبوده و کارایی جندانی در علم سنجش از دور ندارد .
- هرچند در این محدوده تشعشات ارزشمندی از کانیهای اولیه قابل دریافت است .

امواج مرئی visible spectrum

- طیف مرئی (نام بخشی از طیف الکترمغناطیسی است که با چشم انسان قابل رویت و تشخیص است.
- طول موج طیف مرئی بین ۳۸۰ تا ۷۵۰ نانومتر و بسامد آن‌ها بین ۴/. تا ۷/. میکرومتر است.

مادون قرمز **Infrared**

- تابش فروسرخ یا به عبارتی «اشعه مادون قرمز»در علم فیزیک به قسمی از طیف امواج الکترومغناطیسی گفته می‌شود که طول موج آن‌ها بلند تر از دامنه نور مرئی و کوتاه تر از دامنه امواج رادیویی باشند.
- این امواج بعد از برخورد با جسم موجب گرم شدن آن می‌شود. این امواج دسته‌ای از پرتوهای نامرئی خورشید هستند. به همین سبب وقتی در مقابل نور خورشید قرار می‌گیریم احساس گرما می‌کنیم. این امواج دارای طول موج بیش تر از امواج مرئی و بسامد(فرکانس) کمتر از آن‌ها هستند.
- در نمودار طیف الکترومغناطیس بعد از امواج مرئی (قابل مشاهده) قرار دارد. این امواج در نمودار بعد از رنگ قرمز در امواج مرئی که کم‌ترین شکست را نسبت به بقیه رنگ‌ها دارد قرار می‌گیرد. به همین سبب به آن‌ها امواج فروسرخ یا مادون قرمز می‌گویند.

امواج ماکروویو

- مایکروویو یا میکروویو ، از ترکیب دو واژه مایکرو یا میکرو(MICRO)، به معنی کوچک و ویو(WAVE) ،به معنی موج تشکیل شده است و به معنای امواج با طول موج کوتاه و تعداد نوسانات (فرکانس) بسیار بالا می باشد. مایکروویو نوعی از امواج الکترومغناطیسی است، در واقع امواجی رادیویی با فرکانس بسیار بالا هستند. هر چه فرکانس تشعشع بالاتر رود، طول موج آن کمترمی‌شود فرکانس چنین امواجی، بین۳۰۰ مگاهرتز تا چند گیگاهرتز در ثانیه می تواند باشد. برد چنین امواجی کوتاه بوده و در حد چند متر است، ولی میزان نفوذ آن ها نسبتاً بالا است. هر چه فرکانس بیشتر باشد، شدت نفوذ بیشتر ولی برد امواج، کوتاه تر می شود .
- این امواج ممکن است در برخورد با یک ماده ، منعکس، منتشر یا جذب شود. مواد فلزی این امواج را کاملاً منعکس می‌کنند. اغلب مواد غیرفلزی مثل شیشه و پلاستیک امواج را از خود عبور می‌دهند و موادی که جاری آب هستند مانند غذاها و حتی انسان، انرژی این امواج را جذب می‌کنند. اگر سرعت جذب انرژی یک ماده بیش از سرعت از دست دادن آن باشد، دمای آن ماده بالا می‌رود.
- امواج دارای طول موج کوتاه، هنگام برخورد به ماده، چنان موجب ارتعاش و تغییر قطب های منفی و مثبت موجود در آن می شوند که این جنبش بالای ملکول ها موجب به هم خوردن شدید آن ها و ایجاد اصطکاک در ملکول ها و در نهایت سبب گرم شدن آن ماده می شود.
- .محدوده طیفی راداری بلندترین طول موجهای بکار گرفته شده در علم سنجش از دور را به خود اختصاص داده است.

- امواج این محدوه به سبب ویزگیهای طول موج نفوذ و برد چندانی در فرم طبیعی خود ندارند . لذا این امواج به صورت مصنوعی نیز تولید شده که کاربرد چشمگیری در سنجش از دور رادری دارد .
- قابلیت عبور از برخی از موانع جوی ازجمله ابرها و عدم وابستگی به نور مرنی از جمله اصلی ترین ویژگیهای این تکنیک در سنجش از دور است.

امواج رادیویی Radiowaves

- موج‌های رادیویی گونه‌ای موج الکترومغناطیسی است که طول موج آن در طیف الکترومغناطیسی بلندتر از فروسرخ است.همانند دیگر موج‌های الکترومغناطیسی، موج‌های رادیویی نیز با سرعت نور حرکت می‌کنند.
- موج‌های رادیویی بصورت طبیعی توسط آذرخش و اجرام فلکی تولید می‌شوند.
- موج‌های رادیویی تولید شده بصورت مصنوعی، در سیستم‌های ارتباطاتی ثابت و متحرک، سخن‌پراکنی، رادار و دیگر سیستم‌های ناوبری، ارتباطات ماهواره‌ای، شبکه‌های رایانه‌ای و بسیاری دیگر کاربرد دارند.
- فرکانس‌های مختلف موج‌های رادیویی، دارای ویژگی‌های انتشار مختلفی در هواکره زمین هستند.موج‌های رادیویی بلند ممکن است بخشی از زمین را بصورت مداوم پوشش دهند.
- موج‌های رادیویی کوتاه نیز می‌توانند با پخش شدن بسوی یون‌کره، بازتاب شده و کل کره زمین را سیر کنند.طول موج‌های کوتاه‌تر بازتاب و خم‌شدگی بسیار کمی دارند و فقط می‌توانند در خط دید سیر کنند.

جسم سیاه Black body

جسم سیاه : از نقطه نظر تئوریک یک جذب کننده ایده آل است که می تواند ۱۰۰٪ انرژی را جذب نماید و لذا به واسطه عدم باز تابش سیاه دیده میشود.. در طبیعت جسم سیاه مطلق وجود ندارد
در فیزیک، جسم سیاه جسمی است که همه نوری را که به آن می‌تابد جذب می‌کند. هیچ تابش الکترومغناطیسی از جسم سیاه بازنمی‌تابد یا نمی‌گذرد. به همین دلیل این جسم وقتی که سرد است سیاه دیده می‌شود.
اگر جسم سیاه داغ شود (درجه حرارت بیشتر از صفر مطلق)، از خود موج الکترومغناطیسی تابش می نماید که به آن تابش حرارتی می گویند. طیف این تابش مستقل از جسم سیاه است و فقط به دمای آن بستگی دارد.
اجسام در طبیعت توان تابشی کمتری به نسبت جسم سیاه هم دمای خود دارند.
-جسمی است که کاملاً سیاه و یک جذب کننده کامل است که هیچ انرژی را منعکس نمی کند بلکه پس از گرم شدن شروع به تشعشع می کند و طول موج این تشعشع با طول موج دریافتی فرق می کند.میزان انرژی تولید شده با توان ٤ درجه حرارت رابطه مستقیم دارد. $Ebb=\delta^2 \times Tk4$
-قابلیت نشرطیفی سمتی : نسبت تابندگی طیفی یک جسم در راستای خاص $(\theta و \phi)$ را به نسبت تابندگی جسم همدمای . ویژگیهای تابشی و نشری جسم سیا با نظریات پلانک ؛ وین و استفان توجیه میکردد.

- **قوانین جسم سیاه**

- با افزایش دمای جسم میزان تشعشعات زیاد می شود.
- با افزایش دمای جسم دامنه طول موج بیشتر می شود.
- با افزایش دمای جسم حداکثر تشعشعات به سمت طول موجهای کوتاهتر گرایش می یابد.

- در درجه حرارتهای مختلف میزا ن تشعشعات در طول موجهای مختلف با یکدیگر متفاوت است.

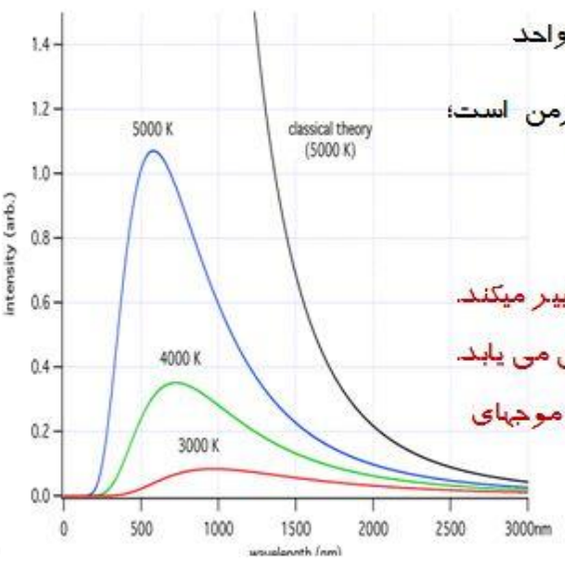
قانون پلانک Planck Law

$$I(\nu)d\nu = \frac{2h\nu^3}{c^2}\frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

توزیع طیفی مبتنی بر رابطه شدت تابش برحسب فرکانس از قانون پلانک برای جسم سیاه به دست می‌آید :
در رابطه بالا:

- $I(\nu)d\nu$ مقدار انرژی بر واحد سطح بر واحد زمان است که در واحد زاویه فضایی در بازه بسامدی ν و $\nu+d\nu$ می‌تابد؛
- T دمای جسم سیاه ؛ h ثابت پلانک ؛ c سرعت نور و k ثابت بولتزمن است؛

در صورتیکه تابع توزیع پلانک برای دماهای مختلف ترسم شود به چندویژگی مهم در خصوص الگوی توزیع طیفی تابش جسم سیاه بدست می آید :



1) مقدار تابش طیفی تابع طول موج بوده و به طور پیوسته تغییر میکند.

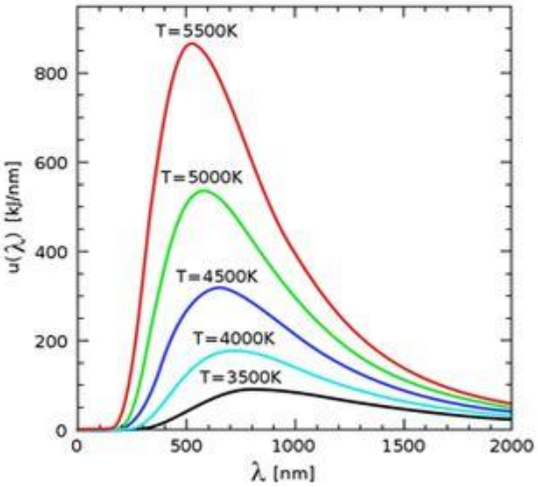
۲) در طول موج های مختلف مقدار تابش با افزایش دما افزایش می یابد.

۳) با افزایش دما ناحیه طیفی واجد حداکثر تمرکز تابش به طول موجهای کوتاهتر نزدیک میشود

با توجه به رابطه پلانک ، طول یک موج بلند باشد ، انرژی تولیدی کمتر است بنابراین امواج بلند مانند رادیویی و مایکوویو انرژی کمتری دارند.

قانون استفان-بولتزمن Stefan–Boltzmann law

این قانون رابطه بین مقدار کل انرژی را که یک جسم از خود تابش می‌کند و دما ی آن جسم را بیان می‌کند. طبق این قانون کل انرژی تابیده شده از واحد سطح جسم سیاه در واحد زمان با توان چهارم دمای آن جسم بر حسب کلوین متناسب است و با معادله زیر بیان می‌شود:



J مقدار کل انرژی که جسم تابش میکند T دمای جسم و б ثابت بولتزمن برابر با :

$$j^\star = \sigma T^4$$

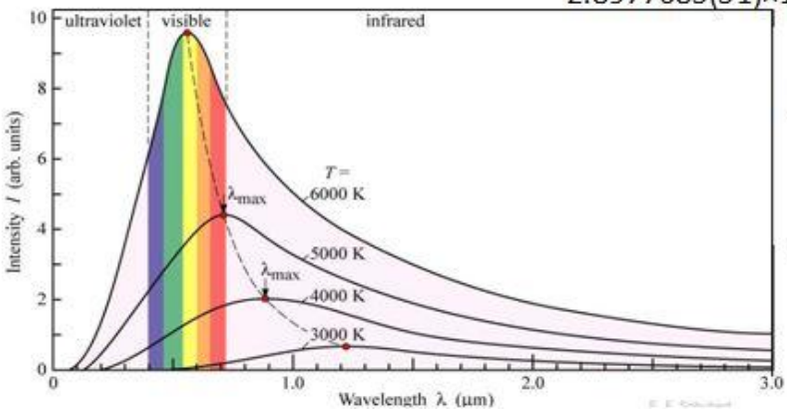
$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2h^3} = 5.670400 \times 10^{-8}\,\mathrm{J\,s^{-1}m^{-2}K^{-4}}$$

Wien's displacement law قانون جابجایی وین

توزیع طیفی spectrum یک جسم سیاه با درجه حرارات مشخص با توزیع طیفی آن در سایر درجات حرارتی ارتباط و همبستگی دارد به نحویکه با داشتن یک توزیع طیفی از یک جسم در یک درجه حرارت مشخص می توان توزیع طیفی آن را در سایر درجات حرارتی محاسبه نمود. همچنین توزیع طیفی جسم سیاه یک ماکزیمم دارد که طول موج متناظر، λ_{max}، به دما بستگی دارد

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

b ثابت جابجایی وین و برابر با $2.8977685(51)\times10^{-3}$ m K.

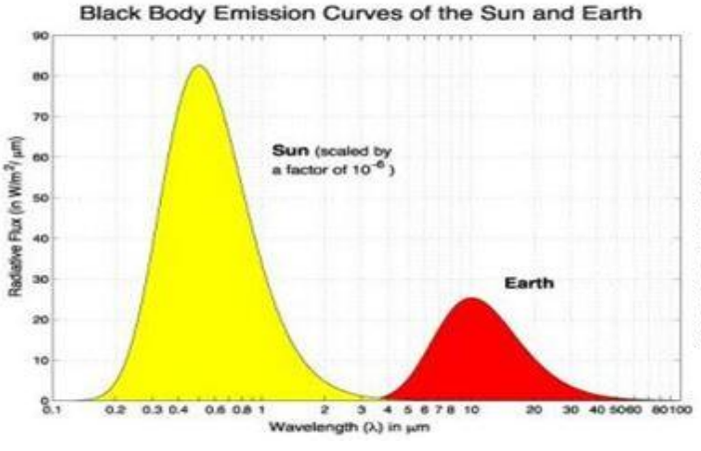


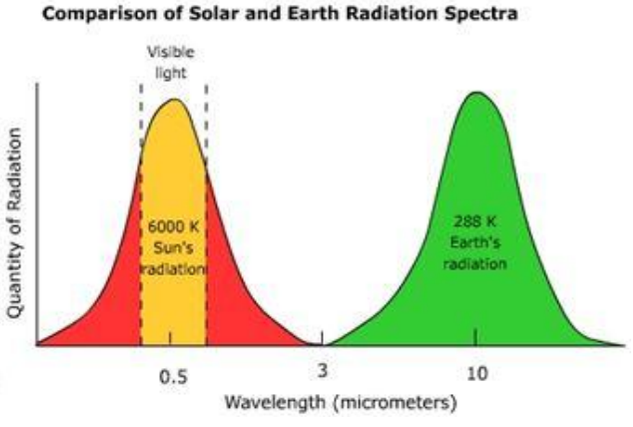
قانون جابجایی وین در ارتباط با ماکزیمم شدت تابش در واحد فرکانس در ارتباط با قانون پلانک قابل بیان است .

$$\nu_{\max} = \frac{T \times 59\ \mathrm{GHz}}{\mathrm{K}}$$

تابش خورشید و زمین

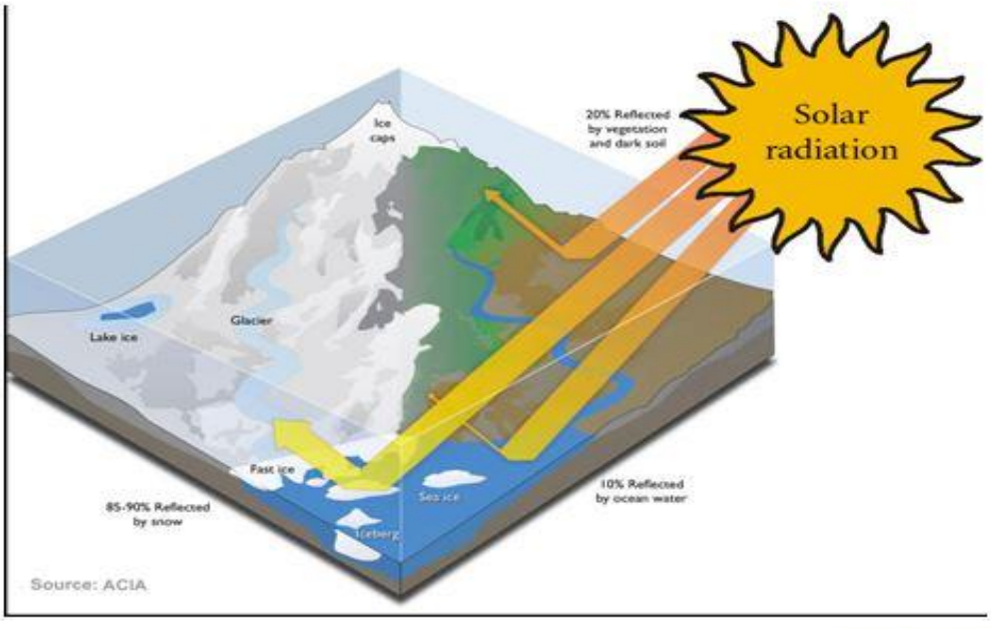
خورشید یک تابش کننده و جذب کنند ایده آل است لذا امواج را در تمامی طول موجهای تابش میکند. مقدار تابش خورشدی ۳۰ میلیون برابر بیش از زمین است. حداکثر تابش خورشید در دمای۵۹۰۰ کلوین در حدود ۳۰مگاوات بر مترمربع در واحد زاویه فضایی و زمین با درجه حرارت ۳۰۰ کلوین در حدود ۱۰ وات است توزیع طیفی تابش زمین و خورشید موید تمرکز بیشنه خورشید در طول موجهای کوتاه (۴۹۰ نانومتریا نور سبز) و زمین در طول موجهای بلند (۹.۶۶ میکرون یا مادون قرمز حرارتی) است . در طول موجهای مشابه خورشید به مرتب بیش از زمین تابش میکند مثلا در ۱۰میکرون زمین ۱۰ وات و خورشید ۳۰۰۰ تابش میکند. یعنی خورشید ۳۰۰ برابر زمین





آلبدو Albedo

آلبدو : کمیتی برای بیان توان بازتابیReflectivity سطح یک جسم
مقادیر این کمیت می‌تواند از صفر (تاریک مطلق) تا یک (روشن مطلق) تغییر پیدا کند.
آلبدو فقط در محدوده طیفی انعکاسی مفهوم دارد



عبورپذیری Transmissivity

عبورپذیری، خاصیتی است که کسری از تشعشع فرودی را که توسط سطح عبور داده می شود، تعیین می کند و با پارامتر نمایش داده می شود.
البته اگر محیط کدر باشد، عبور وجود ندارد و جذب و بازتاب فرآیند های سطحی اند

جذب مندی Absorptivity

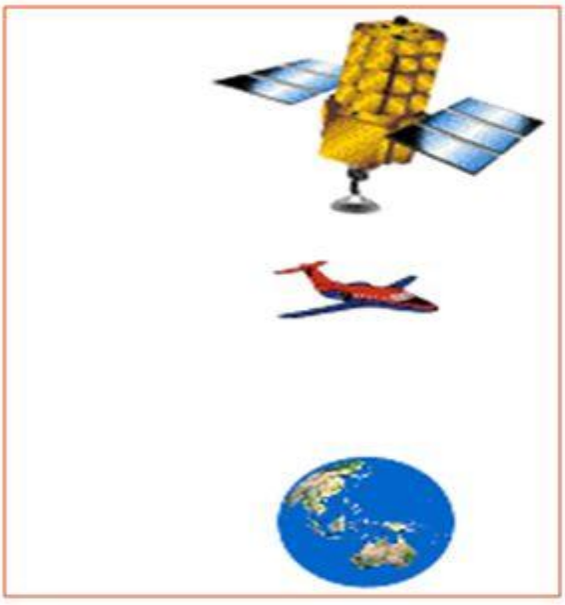
جذبمندی (قابلیت جذب پذیری) خاصیتی است که کسری از تشعشع فرودی را که توسط سطح جذب می شود تعیین می کند. چون این خاصیت، مانند گسیل مندی ، دارای وابستگی جهتی و طیفی است، جذبمندی طیفی جهتی هر سطح، (α) کسری از شدت طیفی فرودی در جهتی است که توسط سطح جذب می شود

رابطه ی موجود بین این سه پارامتر به قرار زیر است.

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

بخش دوم: سکوها و سنجنده های سنجش از دور

سکوها platforms



- به محلی که سنجنده بر روی آن قرار می گیرد .یا وسیله ای که سنجنده را با خود حمل میکند سکو میگویند . سکوها به سه دسته عمده تقسیم میشوند :
- ۱- سکوهای زمینی Ground borne
- ۲- سکوهای هوایی Air borne
- ۳- سکوهای فضایی Space borne،

۱- سکوهای زمینی Ground borne

- این سکوها روی زمین استقرار داشته (مانند سه پایه یا بازوی متحرک) و برای کار های تحقیقات زمینی علم سنجش از دور مانند شبیه سازهای آزمایشگاهی جمع آوری داده های سطح زمین (با حداقل اثرات اتمسفری) و ... استفاده می شود.

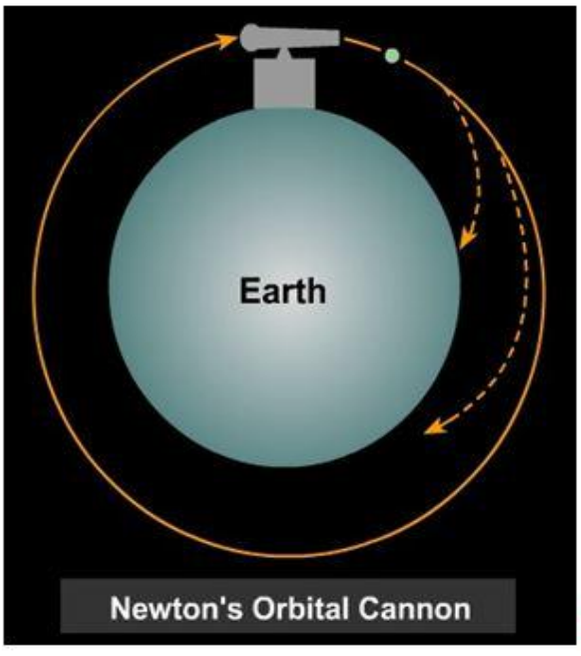
۲- سکوهای هوایی Air borne:

- سکوهای که محدود فعالیت آن در جو قرار داشته (کمتر از ۱۳ کیلومتری در بالای سطح زمین) سکوهای هوایی نامیده می شوند. مانند بالن ،هلیکوپتر و انواع هواپیماهای عکس برداری .

۳- سکوهای فضایی Space borne:

- سکوهای که محدود فعالیت آن در فضا قرار داشته (بیش از ۲۰۰ کیلومتری در بالای سطح زمین) و اتمسفر زمین بر آنها تاثیر نمی گذارد، سکوهای فضایی نامیده می شوند. مانند راکت ها ، شاتل و ماهواره

قوانین حرکت ماهواره در فضا



قانون جاذبه نیوتن:

پرتابه ای که بطور افقی پرتاب شود، مسیری قوسی شکل را بطرف زمین می پیماید و سرانجام به سطح زمین سقوط می کند. اما چون زمین به شکل کره استّ، اگر پرتابه ای باسرعت زیاد از بالای یک قله پرتاب شود، تحت تاثیر گرانش مسیری منحنی را طی خواهد کرد. اگر سرعت این پرتابه به اندازه ی کافی باشد، می تواند یک دایره ی کامل را حول زمین طی کند و دائم دور زمین بچرخد

نیوتن استدلال کرد که، نیروی گرانشی که بر سطح این کره پراکنده شده است، می بایست متناسب با مجذور شعاع آن ضعیف شود

قانون جهانی گرانش

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

در این رابطه m1, m2 بترتیب جرم دو جسم، G ثابت جهانی گرانش برابر با (G= 6.672 x 10-11 N2/kg2) و R فاصله ی دو جسم است

بر پایه این رابطه: شدت گرانش وارده از طرف زمین بر اجسام مستقل از جرم آنها است و تنها به جرم زمین و فاصله آنها دارد

قوانین حرکت ماهواره در فضا

بر مبنای قانون نیوتن در خصوص ماهواره ای که در پوسته زمین در مداری دایره ای باشد، خواهم داشت :

1 $F_{net} = (M_{sat} \cdot v^2) / R$

-خالص نیرو مرکز گرا ماهواره (F_{net}) ، M_{sat} جرم ماهواره
، V سرعت و R ارتفاع آن از مرکز زمین

2 $F_{grav} = (G \cdot M_{sat} \cdot M_{Central}) / R^2$

این نیروی برابر نیروی گرانش زمین F_{grav} است
که مرکز زمین $M_{Central}$ برماهواره وارد می کند

3 $(\cancel{M_{sat}} \cdot v^2) / R = (G \cdot \cancel{M_{sat}} \cdot M_{Central}) / R^2$

- از آنجاکه $F_{grav} = F_{net}$ خواهیم داشت :

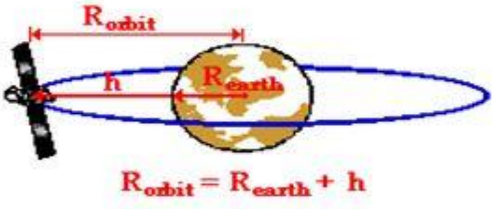
در رابطه ۳ به سبب حضور M_{sat} در دو طرف قایلیت حذف داشته که موید بر تاثیری جرم ماهواره و موثر بودن سرعت آن است.

4 $v^2 = (G \cdot M_{Central}) / R \longrightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M_{central}}{R}}$

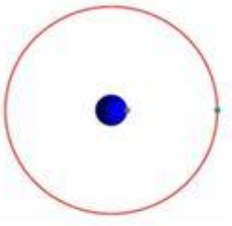
معادله سرعت ماهواره در مداری دایره ای

5 $a = \frac{G \cdot M_{central}}{R^2}$

با توجه به قانون گرانش (رابطه ۲) ، شتاب ماهواره نیز بدین صورت خواهد بود:



$R_{orbit} = R_{earth} + h$



دوره زمانی لازم برای طی یک مدار کامل از سوی ماهواره تابع قوانین کپلر (قانون سوم) و بر اساس رابطه ذیل است:

6 $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4 * \pi^2}{G * M_{central}} \longrightarrow T = SQRT\ [(4 \bullet pi^2 \bullet R^3) / (G*M_{central})]$

$R^3 = [\ (T^2 \bullet G \bullet M_{central}) / (4 \bullet pi^2)\ ]$

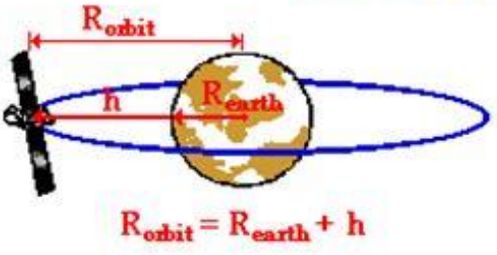
7 $hs = R - Re$

ارتفاع ماهواره نیز از طریق این رابطه قابل محاسبه خواهد بود:

نکته قابل توجه:

برابر سه رابطه ذیل سرعت ماهواره ، شتاب ماهواره و دوره زمانی تکمیل یک مدار و بازگشت ماهواره مستقل از جرم آن بوده و صرفا تحت تاثیر جرم زمین و شعاع دوران ماهواره یا ارتفاع آن به نسبت سطح زمین است .

$v = \sqrt{\frac{G * M_{central}}{R}}$ $a = \frac{G * M_{central}}{R^2}$ $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4 * \pi^2}{G * M_{central}}$



$R_{orbit} = R_{earth} + h$

وضعیت سکوهای Attitude of Platform:

تصحیح خطای هندسی تصاویر تصاویر تنها وابسته به هندسه **Geometry** سنجنده نبوده بلکه به هندسه سکوی نیز وابسته است . لذا ضرورت دارد وضیت هندسی سکوی نیز به دقت محاسبه کردد. هندسه سکو عموما بر اساس سه محور هندسی پدیده های زمینی **(X,Y,Z)** در سه محورچرخشی **( ) roll ( ), pitch ( ) and yaw** در امتداد مسیر حرکت سکو تعیین میشود.

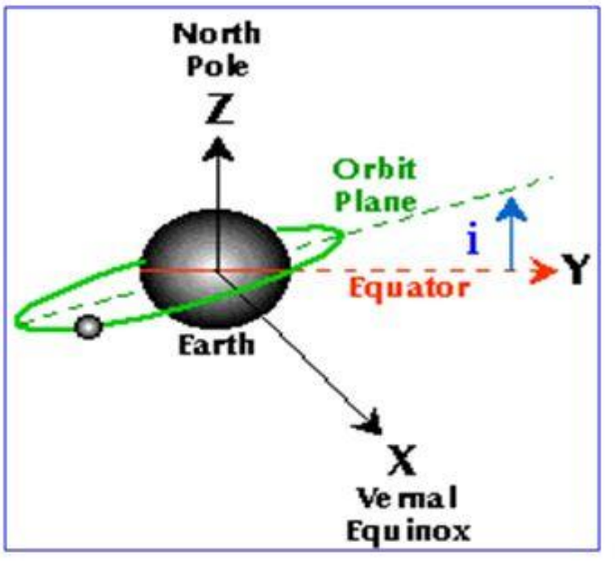
ارتفاع سکو Altitude of Platform:

فاصله سکو یا ماهواره تا سطح آبهای آزاد زمین که بر حسب کیلومتر تعیین میشود . این فاصله در دقت زمینی یا توان تفکیک زمینی Spatial Resolution داده های ارسالی تاثیر میگذارد . ماهوار های سنجش از دوری عموما در ارتفاع ٤٠٠ تا ٣٦٠٠٠کیلومتری قرار دارند.

زاویه میل سکوها Inclination Angle of Platforms:

زاویه حاصل از برخورد صفحه مداری سکو با خط استوا

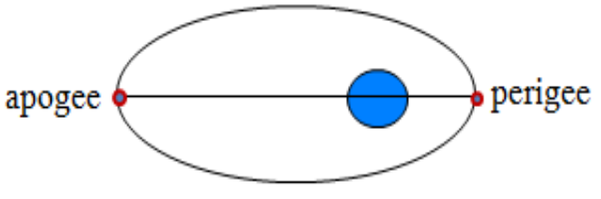
مقدار این زاویه تمایل سکو تعیین کننده ای میدان دید سنجنده Field of view در عرض جغرافیای زمین است . به عوان مثال، اگر این زاویه ۶۰ درجه باشد میدان دید سنجنده ماهواره در بالای زمین بین عرض های جغرافیای ۶۰ درجه شمالی تا ۶۰ درجه جنوبی خواهد بود . لذا این ماهواره قادر به تصویر برداری از عرضهای بلاتر از ۶۰ درجه در شمال و جنوب زمین نخواهد بود



مدار ماهواره ها

نقطه حضیض Perigee point : نزدیک ترین نقطه با سطح زمین برای ماهواره های با مدار بیضوی

نقطه اوج Apogee point : دور ترین نقطه با سطح زمین برای ماهواره های با مدار بیضوی



ماهواره با مدار هم گردش زمین Prograde Orbit : ماهواره با مدار گرداش واجد $i< 90$

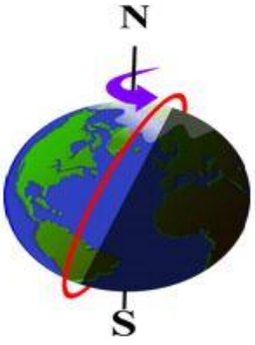
ماهواره با مدار نا هم گردش با زمین Rertograde Orbit : ماهواره با مدار گرداش واجد $i> 90$

www.engclubs.net

تقسیم بندی مدار بر مبنای جهت حرکت ماهواره ها

نقطه صعود Ascending Node : نقطه اتصال صفحه مداری ماهواره با صفحه استوا زمین در حرکت به سمت شمال

نقطه نزول Descending Node : نقطه اتصال صفحه مداری ماهواره با صفحه استوا زمین در حرکت به سمت جنوب



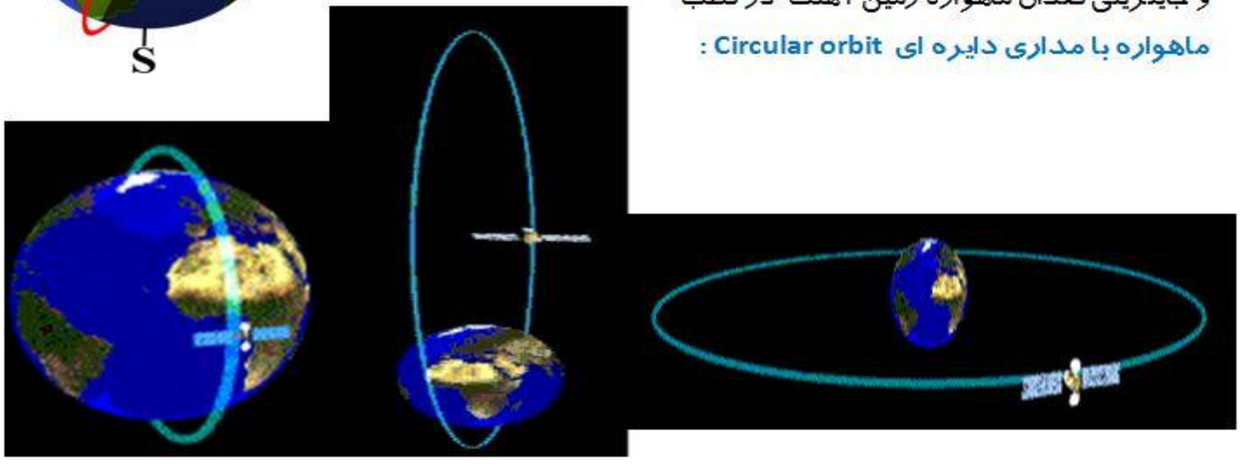
تقسیم بندی مدار ماهواره ها بر مبنای زاویه برخورد

ماهواره های جنب قطبی Near Pole orbits : زاویه i کمتر یا بیش تر از ۹۰ درجه

ماهواره های مداری Polar orbits : i=90 با قابلیت تصویر برداری از قطبین

ماهواره ها با مداری بیضوی Elliptical orbits : با قابلیت مشاهده طولانی قطب و جایگزینی فقدان ماهواره زمین آهنگ در قطب

ماهواره با مداری دایره ای Circular orbit :

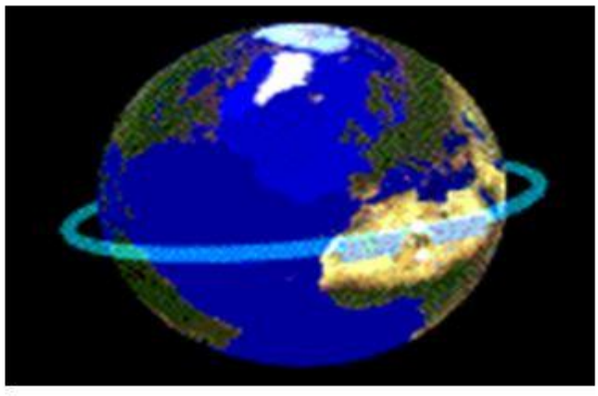


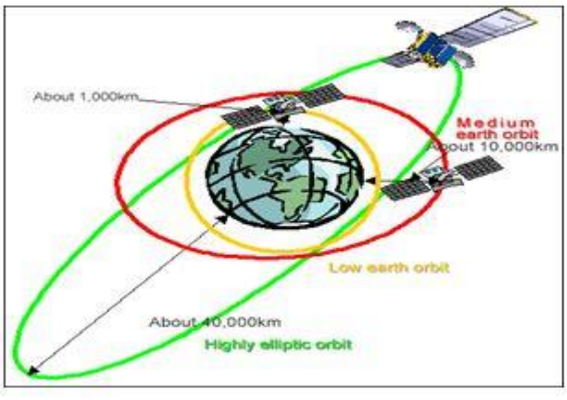
تقسیم بندی ارتفاعی ماهواره ها Altitude classifications

•**Low Earth orbit (LEO)**: Geocentric orbits ranging in altitude from 0–2000 km

•**Medium Earth orbit (MEO)**: Geocentric orbits ranging in altitude from 2,000 km to just below geosynchronous orbit at 35,786 km. Also known as an intermediate circular orbit.

•**High Earth orbit (HEO)**: Geocentric orbits above the altitude of geosynchronous orbit 35,786 km (22,236 mi).



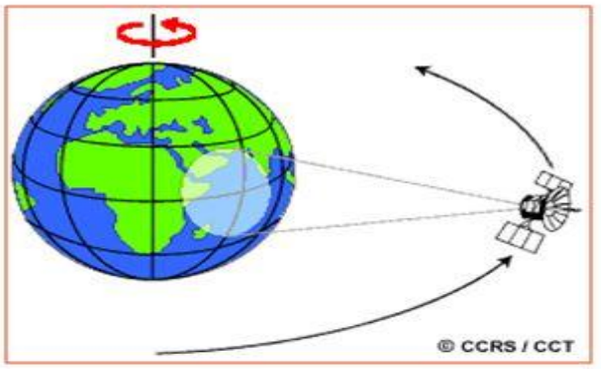


انواع ماهواره برپایه مدارهای حرکتی : Satellite Orbits Categories

Sun-synchronous orbit: An orbit which combines altitude and inclination in such a way that the satellite passes over any given point of the planets's surface at the same local solar time.

Geosynchronous orbit (GSO): Orbits with an altitude of approximately 35,786 km (22,236 mi).

Geostationary orbit (GEO): A geosynchronous orbit with an inclination of zero. To an observer on the ground this satellite would appear as a fixed point in the sky



سنجنده(Sensor)

- **سیستم دریافت کننده داده در ماهواره و یا سطح زمین ، سنجنده (Sensor) نامیده می شود .**
- سنجنده وسیله ای است که اشعه الکترومغناطیسی منعکس شده از پدیده های مختلف یا سایر انرژی ساطع شده(مانند مادون قرمز حرارتی) را جمع آوری نموده و به شکلی مناسب برای کسب اطلاعات از محیط اطراف ارائه می دهد.
- **بیشتر سنجنده های مورد استفاده در سنجش از دور برای اندازه گیری فوتون ها یا اثر فتوالکتریک طراحی گردیده اند.**

انواع سنجنده(Sensor type)

- **دوربین های رقومی و آنالوگ**
- **سنجنده های چند طیفی**
- **سنجنده های حرارتی**
- **سنجنده های راداری**
- **سنجنده های لیزری**
- **سنجنده های صوتی**

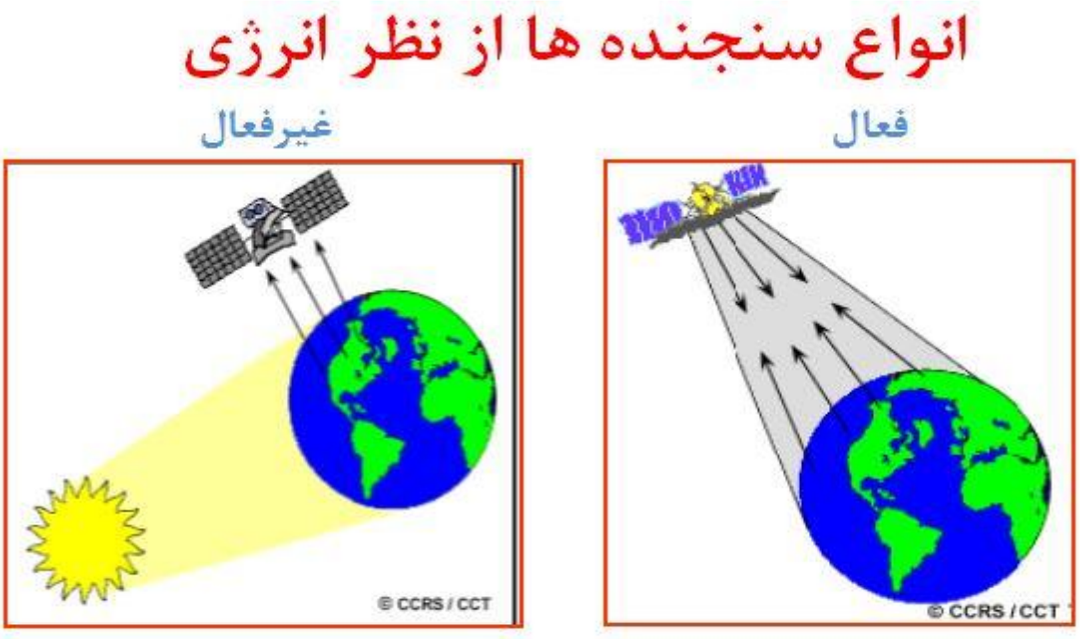
سیستمهای سنجش از دوری به طور عمده به دو نوع عمده تقسیم می شوند :

۱- سنجش از دور تصویری Imaging (Image forming) Remote Sensing

- بازده اطلاعاتی این روش قابلیت تبدیل به عکس را دارد و خود به دو نوع فرمی Framing و اسکنی Scanningتقسیم میشود . در روش فرمی اطلاعات دریافتی در لحظاتی خاص و در یک قاب یا چارچوب تعریف شده(عکس) در داخل دستگاه (دوربین) ثبت میشود . (مانند دوربین های عکسی) حال آنکه در روش اسکنی اطلاعات دریافتی مداوم درمرمت رقومی بیتی bits یا پیکسلی Pixels نقطه به نقطه یا خط به خط ثبت میشود

۲- سنجش از دور غیر تصویری Non- Imaging (Non-Image forming) Remote Sensing

- در این روش کمیت های طیفی یا توابع موثری چون زمان و فاصله ثبت شده که قابلیت تبدیل به تصویر را ندارد. مانند تشعشع سنجی ، طیف سنجی ، حرارت سنجی و ...



دوربین های هوایی

- دوربین های هوایی اولین سنجنده مورد استفاده در سنجش از دور و عکسبرداری هوایی می باشد.
- دوربین های هوایی به چهار گروه عمده ذیل تقسیم می گردند:
  - دوربین های یک عدسی
  - دوربین چند عدسی
  - دوربین استریپ
  - دوربین پانورامیک
  - دوربین های متقارب
- دوربین یک عدسی معمول ترین دوربین های مورد استفاده در عکسبرداری هوایی و یا تصاویر ماهواره ای آنالوگ می باشند. این دوربین های توانایی دریافت تصاویر با کیفیت هندسی خوب را دارا می باشند.
- در این دوربین ها عدسی نسبت به صفحه کانونی ثابت می باشد و فیلم در هنگام عکسبرداری ثابت است و برای خنثی کردن اثر حرکت هواپیما در لحظه عکسبرداری فیلم کمی به جلو کشیده می شود.
- طبقه بندی این دوربین ها بر اساس زاویه میدان دید می باشد و به سه دسته ذیل تقسم می گردند:
  - زاویه معمولی کمتر از ۷۵ درجه (Normal angle)

- زاویه باز بین ۷۵ تا ۱۰۰ درجه (Wide angle)
- زاویه خیلی باز بیشتر از ۱۰۰ درجه (super wide angle)

سنجنده های رقومی

- سنجنده های رقومی ابزارهایی هستند که می توانند اثر فتوالکتریک ناشی از بازتابش طیف الکترومغناطیس از روی سطوح و پدیده های گوناگون را جمع آوری نموده و ثبت نمایند.
- سنجنده های رقومی و یا دوربین های الکترواپتیکال به دو دسته تصویری و غیر تصویری طبقه بندی می گردند.
- سنجنده های تصویری با استفاده از ابزارهای مختلف می توانند یک نواری از منطقه تحت پوشش را همانند دوربین های تلویزیونی برداشت نمایند. این سنجنده های به دو دسته نوری مکانیکی و نوری الکتریکی تقسیم می گردند.
- در سیستم های نوری مکانیکی از یک آئینه دوار استفاده گردیده است ولی سیستم های نوری الکتریکی فاقد این بخش می باشند.
- سنجنده های غیر تصویر از قبیل دوربین عکاسی ، انواع طیف سنج و پراکنده سنج ، برای اندازه گیری یک کمیت از قبیل ارتفاع و سرعت باد مورد استفاده قرار می گیرند.

انواع روش های برداشت تصویر توسط سنجنده

-سنجنده هایی که در طول مسیر حرکت ماهواره اطلاعات سطح زمین را برداشت می نمایند (Along Track)
- سنجنده هایی که در عرض مسیر حرکت ماهواره اطلاعات سطح زمین را برداشت می کنند (Cross Track)
- سنجنده هایی که بصورت قابی و یکنواخت اطلاعات یک منطقه را برداشت می نمایند (Frame Systems)

سنجنده های راداری

- سنجنده های راداری کاربردهای بسیار در زمینه های کنترل ترافیک فرودگاهها شناسایی خودروهای با سرعت غیر مجاز ، ردیابی مسیر حرکت ماهواره‌ها و فضاپیماها ، ردیابی مسیر حرکت کشتی ها ، شناسایی دشمن ، هدایت جنگ‌افزارها ، شناسایی طوفانها ، شناسایی تندبادهای دریایی و گردبادها ، باز کردن درب در مدخل فروشگاهها ، تولید نقشه های توپوگرافی ، تولید مدل رقومی ارتفاع زمین ، شناسایی پدیده های زیر سطحی زمین ، شناسایی مسیر حرکت در زیر دریایی و ... دارا بوده و از جمله متداول سنجنده های راداری می باشد.
- امروزه علاوه بر امواج رادیویی از امواج لیزر نیز جهت شناسایی پدیده های و یا سرعت سنجی و فاصله یابی در سنجنده های راداری استفاده می شود.

اهداف استفاده از رادار

-شناسایی حضور یا عدم حضور یک جسم در فاصله‌ای مشخص: عمدتاً آنچه که شناسایی می‌شود متحرک است و مانند هواپیما، اما رادار قادر به شناسایی حضور اجسام که مثلاً در زیرزمین نیز مدفون شده‌اند، می‌باشد. در بعضی از موارد حتی -
-رادار می‌تواند ماهیت آنچه را که می‌یابد مشخص کند، مثلاً نوع هواپیمایی که شناسایی می‌کند.
-اندازه گیری سرعت اجسام: به عنوان مثال کنترل سرعت خودروها در بزرگراه‌ها توسط پلیس.
-تهیه نقشه و تصویر برداری: شاتل‌های فضایی و ماهواره‌ها از رادار برای تهیه نقشه عوارض جغرافیایی سطح زمین و یا ماه و دیگر سیارات استفاده می‌کنند.

انواع سنجنده راداری

- سنجنده های با روزنه دید ترکیبی (SAR)
- سنجنده با روزنه دید واقعی (SLAR)
- سنجنده های لیدار (LIDAR)

سنجنده های حرارتی

- با استفاده از دوربین ها وسنجنده های سنجش از دوری می توان انرژی بازتابی و تشعشع یافته از پدیده های مختلف سطح زمین را در طول موج های مادون قرمز بویژه مادون قرمز حرارتی دریافت کرده و پردازش نمود.
- استفاده از عکس های مادون قرمز و مادون قرمز حرارتی امروزه توسعه بسیاری یافته و کاربردهای متعددی از آن در زمینه مدیریت محصولات کشاورزی ، سیستم های مراقبت و نظارت ، سیستم های ردیاب ، پزشکی ، عایق بندی اماکن ، کنترل نشت حرارت ، ردیابی لکه های نفتی ، امداد و نجات و ... گزارش گردیده است.
- طول موج های بازتابی از محدوده مادون قرمز بازتابی توسط فیلم های مادون قرمز و یا سنجنده های مادون قرمز قابل ثبت و ذخیره سازی می باشد.
- در ناحیه مادن قرمز حرارتی می توان تشعشع ناشی از پدیده های زمینی را از طریق صفحات نیمه هادی از قبیل تیتانیوم و یا ژرمانیوم مشخص کرده و توسط سیستم ثبت اطلاعات سنجنده ذخیره سازی نمود.

- **مزایای تصاویر حرارتی**
- **پخش اتمسفری طول موج مادون قرمز حرارتی کمتر است.**
- **سنجش انرژی حرارتی در شب و روز می تواند انجام شود.**
- **کاربردهای مختلفی از جمله نظامی، مدیریت حوادث(آتش سوزی جنگل)، تهیه نقشه های حرارتی و... .**

نکات فنی مهم در یک سنجنده

- قدرت تفکیک فضایی (Spatial Resolution)
- قدرت تفکیک طیفی (Spectral Resolution)
- قدرت تفکیک رادیومتریک (Radiometric Resolution)
- قدرت تفکیک زمانی(Temporal Resolution)

قدرت تفکیک مکانی یا فضایی (Spatial resolution)

- کیفیت وضوح فضائی توانایی تشخیص دو شی کاملا نزدیک بهم برروی یک تصویراست همچنین کمترین فاصله میان دو شی است که تصاویر اشیاء در آن مجزا بنظر می رسند.
- کوچکترین شی قابل تشخیص بر روی تصویر.
- به عبارت دگر مفهوم این واژه به حداقل مساحتی از زمین که قابل تشخیص است یا کوچکترین عنصر شکل دهنده تصویر می باشد.
- استفاده از توان تفکیک فضایی در رابطه با اهداف تحقیق متفاوت می باشد. مثلا" تصویری با قدرت تفکیک ۱*۱ کیلومتر برای مطالعه تاج درختان، سقف ماشین و چمنهای اطراف جاده مناسب نیست. چنین تصویری وسیله ای مناسب برای تهیه نقشه های بزرگ مقیاس از بافت شهری، برسی و شناخت تغییرات پوشش گیاهی در یک ناحیه کوچک و یا شناسایی محصولات یک زمین کوچک است. در چنین تصویری مطالعه حد ومرز و یا تغییرات یک واحد

فضایی بزرگتر مانند یک شهر امکان پذیر نمی باشد. برای چنین منظوری توان تفکیک فضایی ۱۰ متر مناسبتر خواهد بود. در حالیکه همین تصویر برای تهیه نقشه دما مناسب نیست و برای این منظور می توان از توان تفکیک ۵۰۰متر یا یک کیلومتری مناسب تر است بنابراین همیشه نمی توان گفت که تصاویر با توان تفکیک بیشتر دارای ارجحیت هستند.

- با توجه به اینکه ارتفاع ماهواره ها دچار تغییر می باشد میدان دید لحظه ای متنایب با تغییر ارتفاع افزایش یا کاهش پیدا می کند. در ارتفاع کم، میدان دید لحظه ای کوچک و با افزایش ارتفاع بزرگ می شود. میدان دید لحظه ای متداولترین روش بیان توان تفکیک فضایی است.

تقسیم بندی ماهواره ها بر اساس توان تفکیک فضایی

- ماهواره‌های با توان تفکیک فضایی پایین (توان تفکیک فضایی بیش از ۲۰۰ متر) با پوشش جهانی
- ماهواره‌های با توان تفکیک فضایی متوسط (توان تفکیک فضایی ۵ تا ۲۰۰ متر) با پوشش تناوبی جهان
- ماهواره‌های با توان تفکیک فضایی بالا (توان تفکیک فضایی کمتر از ۵ متر) یا دقت تفکیک ویژه
- ماهواره های با توان تفکیک طیفی و فضایی بالا

- قدرت تفکیک طیفی(spectral resolution)

- به پهنای باندهای طیفی مورد استفاده در سنجنده یا توانایی سنجنده برای توصیف دامنه های طیفی ، قدرت تفکیک طیفی سنجنده گفته می شود.

سنجنده پانکروماتیک

- سنجنده ای که بازتاب طیفی را در تمام طول موجهای مرئی آبی ، سبز و قرمز طیف الکترومغناطیس بطور یکجا دریافت می کنند ، سنجنده پانکروماتیک (PAN) نامیده می شوند و تصاویر حاصل از این سنجنده تصاویر سیاه و سفید یا پانکروماتیک نامیده می شوند.
- در تصاویر سیاه و سفید تاثیر تمام بخش های طیف الکترومغناطیس بر روی فیلم و سنجنده یکسان نیست و معمولاً بخش قرمز طیف اثر بیشتری در ثبت اطلاعات دارد.
- در این تصاویر بدلیل اجتناب از دریافت تاثیر اثرات جوی از فیلتر های بخصوصی از قبیل فیلتر زرد استفاده شده و از ثبت تاثیر نور آبی بر روی فیلم جلوگیری می گردد.

سنجنده ه های چند طیفی

- سنجنده هائی که از نواحی مختلف طیف الکترومغناطیس تصویر دریافت می کنند و تصاویر حاصل از هر یک از باندهای طیفی این سنجنده بر روی صفحه نمایش شبیه یک تصویر پانکروماتیک معمولی می باشد .
- با ترکیب باندهای مختلف این تصاویر می توان تصاویری با رنگهای کاذب (False Color Composite) و یا حتی با رنگهای واقعی تهیه نمود .
- عکسهای رنگی نیز در واقع انرژی طیف الکترومغناطیس را در طول موجهای مختلف طیف الکترومغناطیس دریافت و ضبط می نمایند.

توان تفکیک طیفی

- محدوده های طیفی مورد استفاده در سنجش از دور
  - محدوده طیف مرئی و مادون قرمز
  - محدوده طیف مادن قرمز حرارتی
  - محدوده مایکروویو
- تصاویر پانکروماتیک

- تصاویر چند طیفی Multi spectral
- تصاویر مادن قرمز
- تصاویر حرارتی
- تصاویر Hipper spectral
- تصاویر ابرطیفی
- تصاویر راداری

قدرت تفکیک رادیومتریک

- قدرت تفکیک رادیومتریک بیانگر توانایی سنجنده در شناسایی و ثبت تعداد درجات خاکستری بر عوارض و پدیده های مختلف می باشد. هر پیکسل تعداد مشخصی از بیت های کامپیوتر را اشغال می کند و هر چه تعداد این بیت ها بیشتر باشد عمق تصویر بیشتر است .
- قابلیت سنجنده در تبدیل انرژی الکترومغناطیسی به گامهای خاکستری.
- قدرت تفکیک رادیومتری سنجنده، با تعداد بیتهای ذخیره شده در ارتباط می باشد.
- به عنوان مثال سنجنده های با قدرت تفکیک رادیومتری ۸ بیت، قابلیت تبدیل انرژی الکترو مغناطیسی به ۲۵۵ گام خاکستری را دارند.

قدرت تفکیک زمانی(Temporal resolution)

کمترین فاصله زمانی ممکن بین دو تصویر برداری متوالی.

تصویر و عکس:

- تصویر(image) عبارت است از هرگونه نمایش تصویری صرفنظر از اینکه چه طول موجها یا ابزار سنجش از دور در ثبت انرژی الکترومغناطیسی استفاده شده است.
- عکس به تصویری اطلاق می گردد که در صفحه فیلم ثبت شده باشد که معمولا در طول موجهای مریی و مادون قرمز انعکاسی تشکیل می گردد.
- پس بنابه تعریف هرعکسی می تواند تصویر باشد اما هرتصویری نمی تواند عکس باشد.

خصوصیات تصویر ماهواره ای

- تصویر ماهواره ای یک ساختار شبکه در فرمت رقومی است که از اجزاء کوچکتری بنام پیکسل تشکیل گردیده است.
- روشنایی هر پیکسل بوسیله اعداد رقومی یا DN نمایش داده می شود.
- میزان روشنایی هر پیکسل بیانگر میزان انرژی الکترومغناطیسی منعکس شده از سطح اجسام و عوارض سطح زمین می باشد.

پیکسل pixel

- هر تصویر رقومی از مجموعه ای عناصر یا جزئیات تصویر تشکیل شده است که پیکسل(Pixel) نامیده می شود .
- پیکسل سطحی است که تصویرکوچکتر از آن نشده و عوارض کوچکتر از آن در تصویر دیده نمی شود .
- پیکسل کوچکترین جز یک تصویر می باشد.
- اندازه پیکسل بیانگر دقت هندسی تصاویر مختلف ماهواره ای می باشد .

- به هر پیکسل یک رقم خاص نسبت داده می شود که در واقع میانگین ارزشهای رقمی یا انعکاس امواج از سطح مورد نظر در روی زمین است.
- ارزش عددی هر پیکسل باعث ظهور تن های مختلف با درجات روشنائی متفاوت بر روی تصویر می شود .
- نکته مهمی که باید به آن توجه داشت این است که اگرچه هر پیکسل کوچکترین جزء یک تصویر است ولی این موضوع باعث مشاهده تمام عوارض زمینی بزرگتر یا مساوی با ابعاد فضایی پیکسل ها بر روی تصاویر ماهواره ای و یا عکس های هوایی نمی شود.
- بعنوان مثال در تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست با قدرت تفکیک ۳۰ متر عوارض خطی بویژه راههای با عرض حدود ۵ متر مشاهده می گردد ولی عوارض نقطه ای با ابعاد ۳۰ × ۳۰ متر ممکن قابل مشاهده و یا شناسایی نباشند.

مزیت سیستم اسکنرهای چند طیفی(MSS) بر سیستمهای عکسبرداری

- دامنه طیفی وسیعتر
- قابلیت قدرت تفکیک طیفی بالاتر
- سیستم اسکنرهای چند طیفی همه باندهای بطور همزمان از طریق یک سیستم اپتیکی اخذ می کند.
- داده های چند طیفی بصورت الکترونیکی ثبت می شوند.
- ماهیت رقومی داده های چند طیفی، مخابره کردن این داده ها به ایستگاههای گیرنده زمینی و پردازش سریع آن را در محیطهای کامپیوتری تسهیل می نماید.

بخش سوم: مشخصات انواع ماهواره ها و سنجنده های هواشناسی

NOAA

- **(Advanced Very High Resolution Radiometer(AVHRR)**
- اولین ماهواره از این سری، در سال ۱۹۷۰میلادی به فضا پرتاب شد.
- در ارتفاع ۸۵۰ کیلومتری زمین و در هر شبانه روز دو پوشش کامل از زمین دارد و دارای دو حسگر است
- قدرت تفکیک در مرکز ۱۱۰۰ متر و در گوشه ها ۳۰۰۰ متر
- عرض تصویر برداری ۲۷۰۰ کیلومتر
- خورشید آهنگ ومدار نزدیک قطبی
- سنجنده AVHRR مهمترین و اولین سنجنده این ماهواره می باشد.
- **دارای ۵ کانال اخذ اطلاعات است(مرئی- مادون قرمز نزدیک –مادون قرمز نزدیک- دو باند مادون قرمز حرارتی)** .

کاربردهای سنجنده AVHRR

- **کاربردهای هواشناسی:**
- الف) شناسایی نوع ابرها و درصد پوشش آنها
- ب) تعیین جبهه های جوی و مراکز کم فشار و پر فشار
- **کاربرد در منابع طبیعی:**
- تهیه نقشه های پوشش اراضی و پوشش گیاهی و نظارت بر تغییرات آنها
- تهیه تصاویر هم دمای سطح آب و نظارت بر جریانهای دریایی
- مطالعه تغییرات مناطق ساحلی و پهنه های جزر و مدی
- تهیه نقشه رطوبت خاک
- ردیابی و پیگیری مسیر حرکت لکه های نفتی
- تهیه تصاویر محل تجمع فیتو پلانگتونها
- مکانیابی آتش سوزی جنگلها

ماهواره ترا (Terra)

- ماهواره ترا متعلق به ناسا بوده و پنج سنجنده مختلف بر روی آن نصب گردیده است.
- مشخصات مداری این ماهواره دقیقاً همانند ماهواره لندست ۷ می باشد.
- این ماهواره در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری سطح زمین و با زاویه میل ۹۸,۲ درجه در ساعت ۱۰:۳۰ صبح به وقت محلی از مناطق مختلف سطح زمین عبور می نماید.
- این ماهواره در سال ۱۹۹۹ به فضا پرتاب شد و از میان اطلاعات حاصل از سنجنده های مختلف این ماهواره ، اطلاعات سنجنده مودیس (Modis) و استر (Aster) در ایران قابل دریافت می باشد.
- **نام ماهواره : ترا**
- **نام سنجنده : استر**
- **زمان تصویر برداری در استوا : ۱۰,۳۰ صبح**
- **زاویه میل سکو : 98.3 در جه**
- **زمان لازم برای یک گردش کامل در مدار : ۹۸,۸ ذقیقه**
- **تکرار تصویر : ۱۶ روز**
- **قدرت تفکیک زمینی : ۱۵ تا ۹۰ متر**
- **تاریخ نصب : ۱۸ سپتامبر ۱۹۹۹**

سنجنده مودیس (MODIS)

- **این سنجنده هر ۱ الی ۲ روز یکبار یک پوشش تصویری از زمین را بطور کامل در ۳۶ باند طیفی تهیه می نماید.**
- **سنجنده مودیس در حال حاضر بر روی دو ماهواره TERRA و AQUA قراردارد.**
- **سنجنده MODISبطور ردیفی دیدی به عرض ۲۳۳۰ کیلومتر را در بر می گیرد و کل زمین را در ۳۶ باند طیفی که از ۱,۴ mتا ۰,۴ در توان تفکیک ۲۵۰ متر، ۵۰۰ متر و ۱۰۰۰ متر تصویر برداری می نماید.**

- **مشخصات تکنیکی MODIS به شرح زیر است:**
  - **ارتفاع ماهواره: ۷۰۵ کیلومتر**
  - **اسکن: ۲۳۳۰ کیلومتر و طول هر پله اسکن ۱۰ کیلومتر**
  - **نرخ ارسال اطلاعات: ۱۱ Mbps در پیک زمانی روز**
  - **دریافت اطلاعات بصورت ۱۲ بیتی**
  - **توان تفکیک: باند (۱ و۲) دویست و پنجاه متر، (باند ۳ و۷) پانصد متر، (باند ۸ تا ۳۶) هزار متر**

طول عمر: ۵ سال

کاربردهای سنجنده مودیس (MODIS)

- مطالعات جنگل
- مرز بندی صحراها و مناطق خشک زمین
- بررسی تغییرات آب و هوایی سطح زمین مانند رطوبت و دما و مقدار برف و یخ سطح زمین
- بررسی سطح پوشش گیاهی از طریق
- بررسی مقدار صدمات یا یخزدگی محصولات و منابع غذایی
- بررسی نحوه آب شدن یخها، گرم شدن زمین و تاثیر آن برروی سیکل آبی و همچنین بررسی تغییرات رودخانه ها و هشدارهایی مبنی بر سیل و مدیریت متدهای آبیاری
- اندازه گیریهای روزانه ای آب و هوای سطحی و شرایط اتمسفری مانند دما و رطوبت
- بررسی صدمات وارد بر فیتوپلنکتنها در اثر نوسانات محیطی اقیانوسها
- بررسی و پیش بینی اثرات پدیده EININOبر چرخه غذایی (محصولات دریایی) جهت کمک به صید ماهیگیران
-

باندهای سنجنده MODIS

BAND	کاربرد اصلی	طول موج
1 – 2	محدوده های زمین/ابر	0.62 – 0.876
3 – 7	خواص زمین/ ابر	155.0.459 – 2
8 – 16	رنگ اقیانوس/ فتوپلانکتون/ بیو ژئو شیمی	0.405 – 0.877
17 – 19	درجه حرارت بخار آب اتمسفر	0.890 – 0.965
20	سطح زمین / ابر	3.660 - 3.989
24 – 25	دمای اتمسفر	4.433 - 4.549
26 – 29	بخار آبهای ابرهای سیروس	1.360 - 8.700
30	ازون	9.580 - 9.880
31 – 32	دمای سطح زمین و ابر	10.780 - 12.280
33 – 36	ارتفاع ابر	13.185 - 14.385

سنجنده Aster

Aster یکی از ۵ سنجنده نصب شده بروی ماهواره Terra است که توسط NASA با همکاری دولت ژاپن ساخته و در سال ۱۹۹۹ در مدار قرار گرفت . این ماهواره اولین ما هواره با قدرت تفکیک طیفی زیاد در نوع خود بود که امکان تهیه تصاویر در محدوده طیفی مرئی و مادون قرمز نزدیک VNIR مادون قرمز میانی SWIR و مادون قرمز حرارتی TIR را فراهم اورد .

ماهواره لندست

- این ماهواره ابتدا تحت عنوان ERTS1 یا ماهوره تکنولوژی منابع زمینی ، در سال ۱۹۷۲ با موشک دلتا به فضا پرتاب گردید.
- طول این ماهواره ۳ متر ، قطر آن ۱/۵ متر و پهنای آن بهمراه باله ها ۴ متر و وزن آن ۹۵۳ کیلوگرم است
- ماهواره های Landsat دارای سه نسل مختلف می باشند:
  - ماهواره های نسل اول که شامل ماهواره های لندست ۱ و ۲ و ۳ (دهه ۱۹۸۰-۱۹۷۰)
  - ماهواره های نسل دوم که شامل لندست ۴ ، ۵ یا ماهواره های (دهه ۱۹۹۰-۱۹۸۰)
  - ماهواره های نسل سوم یا ماهواره های لندست ۶ و ۷

مشخصات ماهواره لندست 1 الي 7

شماره ماهواره	تاریخ پرتاب پایان زمان استفاده	سنجنده	قدرت تفکیک بر حسب متر	نحوه ارتباط با ایستگاه زمینی	ارتفاع	دوره بازگشت	حجم داده ((مگابایت
Landsat 1	07/23/72 (01/06/78)	RBV MSS	80 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 2	01/22/75 (02/25/82)	RBV MSS	80 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 3	03/05/78 (03/31/83)	RBV MSS	40 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 4*	07/16/82	MSS TM	80 30	Direct downlink TDRSS	705	16	85
Landsat 5	03/01/84	MSS TM	80 30	Direct downlink TDRSS**	705	16	85
Landsat 6	10/05/93 (10/05/93)	ETM	15 (pan) 30	Direct downlink with recorders	705	16	85
Landsat 7	04/15/99	ETM+	15 (pan) 30 60	Direct downlink with recorders (solid state)	705	16	150

خصوصیات سنجنده ETM لندست۷

Band Number	Spectral Range(microns)	Ground Pixel Size (m)
1	.45 to .515	30
2	.525 to .605	30
3	.63 to .690	30
4	.75 to .90	30
5	1.55 to 1.75	30
6	10.40 to 12.5	60
7	2.09 to 2.35	30
Pan	.52 to .90	15

کاربردهای ماهواره لندست

موارد استفاده کلی:

۱- کشاورزی (شناسایی محصولات- جنگلداری)

۲- تجزیه تحلیل زمانمند

۳- مدیریت منابع آب

۴- شناسایی مسائل زیست محیطی (تجزیه تحلیل ابرها- جنگل زدایی- آلودگی- فعالیتهای آتشفشانی)

۵- اکتشاف (آب- نفت- معدن)

مزایا: ایستگاههای زمینی زیادی در سراسر زمین دارد واطلاعات آن راحت تر در دسترس میباشد.

ماهواره منابع زمین اسپات spot

اسپات عنوان محموعه ای از ماهواره های منابع زمینی است که توسط کشور فرانسه با مشارکت سوئد و بلژیک در سال ۱۹۹۰ راه اندازی شد . این ماهواره اولین ماهواره منابع زمین بود که قابلیت انعطاف در چرخش سنجنده در هر دو سوی نقطه نادیر را داشت و برای سنجنده امکان تصویر برداری از دوگذر.

طرفین سنجنده امکان تصویر برداری از دوگذر طرفین گذر اصلی را فراهم میآورد . با این تکنیک مسله عدم امکان تهیه زوج تصاویر ماهواره ای با پوشش مشترک حل گرید. هرچند به سبب وجود فاصله زمانی بین دو تصویر مشترک ترکیب آن با مشکاتی مواجه است. آخرین نسل از این ماهواره با عنوان **Spot – 5** در سال ۲۰۰۲ نصب گردید .

- ماهواره اسپات یک ماهواره منابع زمینی با قدرت تفکیک فضایی بالا می باشد.
- تصاویر اخذ شده توسط این ماهواره با چهار قدرت تفکیک فضایی مختلف ۲,۵ ، ۵ ، ۱۰ و ۲۰ متر تهیه گردیده و به کاربران ارائه می گردد.
- اولین ماهواره اسپات در سال ۱۹۸۶ توسط موشک آریان یک به فضا فرستاده شد .
- وزن این ماهواره ۱۷۵۰ کیلوگرم و به ابعاد ۲×۲×۳/۵ متر بوده و طول باله خورشیدی آن ۱۵/۶ متر می باشد.
- ماهواره در مدار قطبی (۹۸/۷ درجه) ، در ارتفاع ۸۳۲ کیلومتری ، هر ۱۰۱/۴ دقیقه یک دور به دور کره زمین می چرخد.

- زمان عبور از خط استوا ۳۰ : ۱۰ صبح و در عرض جغرافیایی ایران ۱۱ صبح است .
- تعداد دوران در هر شبانه روز ۱۴/۲ می باشد و دوره بازگشت آن ۲۶ روز است.
- ماهواره اسپات دارای دور دوربین می باشد و در صورتی که هر دو دوربین ، بحالت عمودی تصویر برداری نمایند ، فاصله بین دو گذر در خط استوا ، ۱۰۸ کیلومتر خواهد شد.
- ماهواره اسپات ۲ در سال ۱۹۹۰ و ماهواره اسپات ۳ در سال ۱۹۹۳ به فضا پرتاب شده و در مدار قرار گرفتند.
- مشخصات مداری و نوع سنجنده های مورد استفاده در ماهواره ها ۱ تا ۳ اسپات شبیه یکدیگر می باشد. بنابراین میتوان ماهواره اسپات را به دو نسل اول و دوم تفکیک کرد.
- ماهواره اسپات ۴ که نسل دوم این سری ماهواره می باشد در سال ۱۹۹۸ و ماهواره اسپات ۵ در سال ۲۰۰۲ به فضا پرتاب گردیدند.
- عمر متوسط ماهواره های اسپات ۱ الی ۳ حدود ۳ سال و ماهواره های اسپات ۴ و ۵ حدود ۵ سال می باشد.

مشخصات فنی ماهواره اسپات

- تصاویر ماهواره اسپات ۱ تا ۳ دارای ۴ باند طیفی می باشند که یک باند آن بصورت پانکروماتیک و سه باند دیگر بصورت چند طیفی از سطح زمین برداشت می گردید.
- در ماهواره اسپات ۴ و ۵ یک باند طیفی در محدوده مادن قرمز میانی به این ماهواره اضافه گردیده است.
- همچنین بجای سنجنده پانکروماتیک در ماهواره اسپات ۴ یک سنجنده تک باندی در ناحیه قرمز طیف مریی قرار گرفته است.
- در ماهواره اسپات۵ دو سنجنده پانکروماتیک با قدرت تفکیک فضایی بالا(HRS) تعبیه شده و قدرت تفکیک فضایی آن ۵ متر است.
- این دو سنجنده بطور همزمان می توانند یک منطقه را پوشش داده و تصویر برداری نمایند که در این صورت با مدل سازی قدرت تفکیک فضایی آن ۲,۵ متر خواهد شد.
- این دو سنجنده می توانند بصورت یک دوربین متقارب جلو و عقب مسیر حرکت ماهواره را با زاویه میل ۲۰ درجه برداشت نمایند.
- منطقه تحت پوشش پوشش در این تصویر برداری ۱۲۰ × ۶۰ کیلومتر خواهد بود. در این سیستم هر یک از سنجنده ها می توانند با تغییر زاویه دید خود جلو و یا پشت سر ماهواره را برداشت نمایند.
- سنجنده های این ماهواره دارای آرایه خطی(Push broom) بوده و داده ها زمینی را در طول مسیر حرکت (Alone Track) برداشت می نماید.
- تعداد سنجنده ها در نسل های مختلف ماهواره اسپات متفاوت است.
- کلیه ماهواره های اسپات می توانند یک منطقه را بصورت مایل برداشت نمایند.

ویژگیهای طیفی سنجنده های Spot – 5

نام باند	قدرت تفکیک	محدوده طیفی
1 (green)	10 m	500-590 nm
2 (red)	10m	610-680 nm
3 (near IR)	10m	780-890 nm
4 (Shortwave IR)	20m	1,580-1,750 nm
Panchromatic	2.5m	480-710 nm

ماهواره منابع زمین سری IRS

- برنامه تحقیقات فضایی در هند وستان از دهه ۵۰ میلادی آغاز و در سال ۱۹۷۵ موفق به نصب اولین ماهواره با عنوان خفاش آریائی **Aryabhata** شد.
- **Bhaskara** عنوان دومین ماهواره هندی بود که در سال ۱۹۷۹ در مدار قرارگرفت . در سال ۱۹۸۰ هند ماهواره منابع زمینی **Rohin**را آزمایش کرد و به دنبال آن در سال ۱۹۸۸سری **IRS** را بکار گرفت که آخرین نسل آن با عنوان **IRS P5** یا **Cartosate – 1** با یک باند در سال ۲۰۰۵ و **IRS P6** با سه سنجنده چند طیفی در سال ۲۰۰۳ در مدار قرار گرفت .
- **ماهواره IRS۱A/۱B** –
  - بررسی و مدیریت منابع زمینی از قبیل کشاورزی، زمین‌شناسی و هیدرولوژی می باشد.
  - ماهواره IRS دارای سنجنده های تصویری بنام LiSS-I ، LiSSII، LiSSIIIو Pan می باشد. این دو ماهواره ، اولین سریهای ماهواره های عملیاتی سنجش از دور هند بودند که دارای دو سنجنده پوشش دهنده تصویر گر خطی بوده که به اختصار LISSI و LISSII نامیده شدند. این دو سنجنده جهت اخذ داده ها در چهار باند طیفی (در نواحی مرئی و مادون قرمز نزدیک) با قدرت تفکیک مکانی ۷۲,۵ متر و ۳۶,۲۵ متر با دوره تناوب ۲۲ روز طراحی شدند.
- **ماهواره IRS P۲**
  - IRS-P 2 یک نمونه تغییر یافته دوربین LISS را حمل می کند.
- **ماهواره IRS-۱C**
  - این ماهواره اولین ماهواره از نسل دوم می باشد که از مشخصات فنی و پوشش بهتری نسبت به ماهواره های قبلی سازمان فضایی هند برخوردار است.
  - داده های این ماهواره بوسیله ایسگاههای زمینی هند ، آمریکا ، آلمان ، تایوان و تایلند اخذ ، پردازش و توزیع می گردد.

ماهواره منابع زمین ایکونوس Ikonos

یکونوس اولین سری از ماهواره های تجاری منابع زمین است . که با هدف عرضه اطلاعات آن به خریداران
عمومی توسط شرکت Lockheed Martin Commercial Space Systems در نیویورک راه اندازی گردید .
ین ماهواره تا مدتی به عنوان پردقت ترین ماهواره در جهان مطرح بود. اولین نسل از این ماهواره قرار بود
در سال ۱۹۹۹ نصب شود که ناموفق بود و سری دوم آن در سال ۲۰۰۰ نصب شد .

مشخصات ماهواره IKONOS

Satellite: IKONOS	نام ماهواره : IKONOS
Swath width:11 kilometers)	پهنای گذر : ۱۱ کیلومتر
Altitude: 681 kilometers	ارتفاع سکو: ۶۸۱ کیلومتر
Quantization :Best 8 - 11 bits	دقت رادیومتری : ۸ بیت
Inclination: near polar (98 degree)	زاویه میل سکو : نزدیک به قطب (۹۸ درجه)
Circle the earth : every 98 minutes	زمان لازم برای طی هر مدار : ۹۸ دقیقه
Revisit Nadir off : 1.5 day	تناوب زمانی تصویر برداری : ۱۵ روز
Repetition time : 35 days	تکرار تصویر : ۳۵ روز
Launch date: September 1999	تاریخ قرار گیری در مدار : سپتامبر ۱۹۹۹

ماهواره منابع زمین QuickBird

ا QuickBird برتر ین ماهواره تجاری منابع زمین به لحاظ قدرت تفکیک زمین است که با هدف عرضه
اطلاعات آن به خریداران عمومی توسط شرکت DigitalGlobe در سال ۲۰۰۱ در امریکا راه اندازی گردید

مشخصات ماهواره Quickbird

Satellite: Quickbird	نام ماهواره : Quickbird
Swath width:16.5 kilometers)	پهنای گذر : ۱۶.۵ کیلومتر
Altitude: 450 kilometers	ارتفاع سکو: ٤٥٠ کیلومتر
Quantization : 11 bits	دقت رادیومتری : ۱۱ بیت
Inclination: 97.2 degree	زاویه میل سکو : ۹۷.۲ درجه
Circle the earth : every 93.5 minutes	زمان لازم برای طی هر مدار : ۹۳.۵ دقیقه
Revisit Nadir of : 1.5- 3 day	تناوب زمانی تصویر برداری : ۳تا ۱.۵ روز
Launch date: Octobr 18 2001	تاریخ قرار گیری در مدار : اکتبر۲۰۰۱

ماهواره منابع زمین WorldView-1

این ماهواره تقریبا مشابهه ماهواره ایکونوس است که توسط همان شرکت در سپتامبر سال ۲۰۰۷ در مدار قرار گرفت. اولین تصاویر ارسالی توسط این ماهواره مبایست تا قبل از ۱۸ اکتبر ۲۰۰۷ دریافت شود . این ماهواره نسبت به ایکونوس از دقت زمین بالتری برخور داراست و علاو بر آن از قابلیت تعیین موقیت دقیق پدید ه نیز برخور دار است.

مشخصات ماهواره WorldView-1

Sensor : Panchromatic	نام سنجنده: تک باندی PAN
Orbit Altitude : 496 Km	ارتفاع سکو: ٤٩٨ کیلومتر
Orbit Inclination : 98 degree (sun-synchronous)	زاویه میل سکو : ۹۸ درجه
Equator Crossing Time : 10:30 AM	زمان عبور از استوا : ۱۰.۳۰ صبح
Revisit Time : 1.7 – 5.9 days	نتاوب تصویر برداری : ۱.۵ تا ۵.۹ روز
Swath Width : 17.6 Km at nadir	پهنای گذر: ۱۷.۶۰ کیلومتر
Orbit Time : 94.6 minutes	زمان لازم برای هر گردش : ۹٤.۶ دقیقه
Dynamic Range : 11 bits per pixel	دقت رادیومتری : ۱۱ بیت
Resolution: 0.50 meters GSD at 20° off-nadir	قدرت تفکیک : نیم متر
Launch Date : September 18, 2007	تاریخ قرار گیری در مدار : می ۲۰۰۵

ماهواره های راداری Microwave Satellites

ماهوار های سنجش از دوری راداری به ماهواره های اطلاق میگردد که به صورت فعال از پدیده های زمین اطلاعاتی تهیه می نمایند .از معرف ترین ماهواره های این گروه میتوان به ,ERS , RADARSAT, SRTM اشاره گرد .

ماهواره راداری SRTM (Shuttle Radar Topography Minion)

سفینه فضایی راداری امریکا با ماموریت تهیه نقشه توپوگرافی برای جهان در سال ۲۰۰۲ در مدار قرار گرفت . این ماهواره داده های التیمتری با دقت ارتفاعی ۳۰ و ۹۰ متر از جهان تهیه کرده که قابلیت تبدیل به DEM و تولید نقشه های توپوگرافی را دارد. داده های ارتفاعی ۹۰ متری این ماهواره در آدرس ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm به رایگان قابل دسترس میباشد.

Satellite : SRTM, NASA	نام ماهواره : SRTM
Swath width : 50 km	پهنای گذر : ۵۰کیلومتر
Spatial resolution 30 - 90metre	قدرت تفکیک زمینی: ۹۰تا۳۰ متر
Circle the earth : 16 time pre day	تعداد گردش در روز :۱۶ بار
Time taken complete earth circle : 11 days	چرخش کامل به دور زمین : ۱۱ روز
Total number of orbits : 179	تعداد مدار : ۱۷۵
Area covered : 60degree N – 59 degree S	پوشش : ۶۰ درجه N تا ۵۹ درجه S

بخش چهارم: ماهواره های هواشناسی زمین آهنگ

ماهواره هواشناسی متئوست Meteosat

- متئوست-۱ در۱۹۷۷ پرتآب ودر ۱۹۷۹ از کار افتاد۰
- متئوست-۲ سال ۱۹۸۱ پرتآب ومانند ماهواره عملیاتی زمین آهنگ هر نیم ساعت یکبار تصویر در ۳ باند موج مرئی وفروسرخ نزدیک وفرو سرخ گرمائی وناحیه جذب بخار آب فروسرخ میانی ثبت میکند۰ باند موج بخار آب رطوبت جوی را ثبت وهمراه بآباند موج فروسرخ گرمائی برای مدل سازی جوی وپیش بینی وضع هوا کاربرد دارد۰
- توان تفکیک مکانی در باند موج مرئی وفروسرخ نزدیک در استوا ۲,۵ کیلومتر ودر باندموج بخار آب وفروسرخ گرمائی ۵ کیلومتر است۰
- در اروپای شمالی درباند موج مرئی وفرو سرخ نزدیک به ۴ کیلومتر باند موج بخار آب وفرو سرخ گرمائی به ۸ کیلومتر کاهش می یآبد.

ماهواره Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES)

با سابقه ترین نوع ماهواره هواشناسی است که در طی ۲۰ سال گذشته توسط NASA بکار گرفته شده است. این ماهواره ها از نوع زمین آهنگ هستند (Geostationary) که تا عرض های ۷۰ درجه را پوشش می دهند.

GOES -8 آخرین نوع از این ماهواره هاست که در سال ۱۹۹۴ در مدار قرار گرفت. این ماهواره قادر است هر ۱۵ دقیقه یک بار تصاویر تهیه و ارسال نماید .

Band	Wavelength Range (μm)	Spatial Resolution
1	0.52 - 0.72 (visible)	1 km
2	3.78 - 4.03 (shortwave IR)	4 km
3	6.47 - 7.02 (upper level water vapour)	4 km
4	10.2 - 11.2 (longwave IR)	4 km
5	11.5 - 12.5 (IR window sensitive to water vapour)	4 km

ماهواره Indian National Satellite (INSAT)

- این ماهواره در ۷۴ درجه طول شرقی تقریباً روی اقیانوس هند قرار گرفته و توسط سازمان فضایی هندوستان به فضا پرتاب شده است.
- این ماهواره در محدوده طیف مرئی (0.55تا 0.75 میکرومتر) و در باند مادون قرمز (10.5 تا 10.25 میکرومتر) کار می‌کند.
- قدرت تفکیک آن در باند مرئی 2.75 کیلومتر و در باند مادون قرمز ۱۱ کیلومتر می‌باشد.

دسترسی به داده های ماهواره ها

الف: لندست **http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html**

ب: مودیس **http://modis.gsfc.nasa.gov/**

امیدوارم این جزوه مورد توجه عزیزان علاقه مند به آب و هواشناسی ماهواره ای قرار گرفته باشد.

با تشکر میثم طولابی نژاد

Meysam.toulabi@gmail.com

---

www.engclubs.net