اشاره‌ای به

مبانی و اصول دورکاوی

خلاصه:

دورکاوی دارای دو فرآیند اصلی تصویربرداری و تجزیه و تحلیل تصاویر می‌باشد که روشهای مختلف تصویربرداری عامل تفاوتها و خصوصیّات گوناگون اطلاعات ماهواره‌ای است.

لازمه تصویربرداری برخورد انرژی از منبع نوری با اشیاء و پدیده‌های سطح زمین است و خورشید بزرگترین منبع تولید انرژی است. انتقال انرژی به زمین به صورت امواج الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد، در عمل بسیاری از امواج با برخورد به جَو تحلیل رفته و در نتیجه انرژی خورشید در محدودهٔ خاصی از طیف الکترومغناطیسی به سطح زمین می‌رسد.

اطلاعات ماهواره‌ای در طیف‌های مختلف الکترومغناطیسی دارای خصوصیاتی است که در بهره‌گیری از تصاویر، آگاهی از آن شرایط ضروری است، ویژگیهای مهم آن عبارت از مقیاس، درجه روشنایی، تن، رنگ، کنتراست، گام خاکستری، قابلیّت تفکیک و تشخیص عوارض، قدرت ثبت و میزان پوشش می‌باشد.

از : مهندس مهدی مدیری

سنجش از دور

دانش سنجش از دور از دو بخش اصلی شکل می‌گیرد که عبارت اند از:

۱) تصویربرداری؛

۲) فرآیند تصویر.

● تصویربرداری

در دانش سنجش از دور ازنظر فیزیکی، اطلاعات مورد نیاز معمولاً از طریق اندازه‌گیری و ثبت تغییرات در میدانهای الکترومغناطیسی، ثقل و امواج صوتی صورت می‌گیرد که در این بحث استفاده از امواج الکترومغناطیسی مورد بهره‌برداری می‌باشد.

تغییراتی که اندازه‌گیری آنها، سنجش از دور را در میدان الکترومغناطیسی امکان‌پذیر نموده و تجزیه و تحلیل اطلاعات در شناسایی اشیاء مختلف استفاده می‌شود عبارت است از تغییرات طیفی، مکانی و زمانی.

الف) تغییرات طیفی

در طول موجهای مختلف، بازتابهای متفاوت در مورد یک جسم صادق است یعنی مشخصات طیفی پدیده‌های مختلف فرق می‌کند و در نتیجه:

- در یک طول موج، اجسام مختلف دارای بازتابی متفاوت هستند.

- هر جسم دارای مشخصات طیفی خاصی است.

دسته‌ای از امواج الکترومغناطیسی که از خورشید تابیده می‌شود پس از برخورد با پدیده‌ای در سطح زمین، مقادیر متفاوتی از امواج آن منعکس می‌شود و اختلاف در میزان انعکاس به طول موج یا فرکانس امواج برخورد کننده و نوع پدیده بستگی داشته که برای هر پدیده‌ای بازتاب خاص خود می‌باشد.

ب) تغییرات مکانی

پدیده‌های مختلف که در موقعیت گوناگونی قرار می‌گیرند از خود خصوصیّات انعکاسی متفاوتی بروز می‌دهند. به تعبیری، تغییرات مکانی اندازه‌گیری شده تابعی از موقعیت پدیده و پدیده‌های همجوار است که آنرا تغییرات شکلی نیز گویند.

ج) تغییرات زمانی

تغییراتی که در ارتباط با تغییرات طبیعی مانند ذوب برف، زمان کاشت و برداشت و تغییرات مصنوعی چون احداث بزرگراهها، که بر منطقه اثر می‌گذارند، تغییرات زمانی نامیده می‌شوند.

سنجنده‌های عمل کننده در میدان الکترومغناطیس براساس منبع انرژی به سنجنده‌های فعال و غیرفعال تقسیم می‌شوند. سنجنده‌های فعال دارای منبع انرژی مصنوعی هستند مانند رادار، عکسبرداری با فلاش و عکسبرداری با اشعه X. سنجنده‌های غیرفعال در واقع از منبع انرژی طبیعی (خورشید) استفاده می‌نمایند از جمله عکسبرداری هوایی و روش اسکنینگ. همچنین براساس بازده اطلاعاتی به سنجنده تصویری مانند دوربینهای عکسبرداری و اسکنرها (عکسی و رقومی) و سنجنده غیرتصویری مانند اسپکترومترها، رادیومترها و ترمومترها دسته‌بندی می‌شوند. در سنجش از دور سنجنده‌های تصویری که ماهیّت مصّور (اعم از عکسی ورقومی) دارند مورد نظر می‌باشند برای ورود به بحث چگونگی تصویربرداری، اشاره‌ای به فیزیک سنجش از دور گریزناپذیر است.

○ **فیزیک سنجش از دور** - به طور خیلی خلاصه لازمه تصویربرداری، برخورد انرژی ساطع شده از یک منبع انرژی با پدیده‌ها و سپس ثبت و تجزیه و تحلیل واکنشهای مشاهده شده به منظور شناخت هر پدیده می‌باشد لذا فراهم شدن شرایط سنجش از دور با فراهم بودن عوامل ذیل ممکن است.

۱) منبع انرژی - خورشید بزرگترین منبع انرژی است که انتقال انرژی خورشید به صورت تشعشع امواج الکترومغناطیس[1] با طول موج مختلف انجام می‌یابد، این امواج از جّو زمین عبور کرده و با پدیده‌های روی زمین برخورد می‌نماید. لازم به توضیح می‌باشد در عمل انرژی بخشی از امواج در برخورد با بعضی از گازها و ناخالصیهای جّو به تحلیل رفته و در محدودهٔ خاصّی از طیف الکترومغناطیس انرژی به زمین می‌رسد.

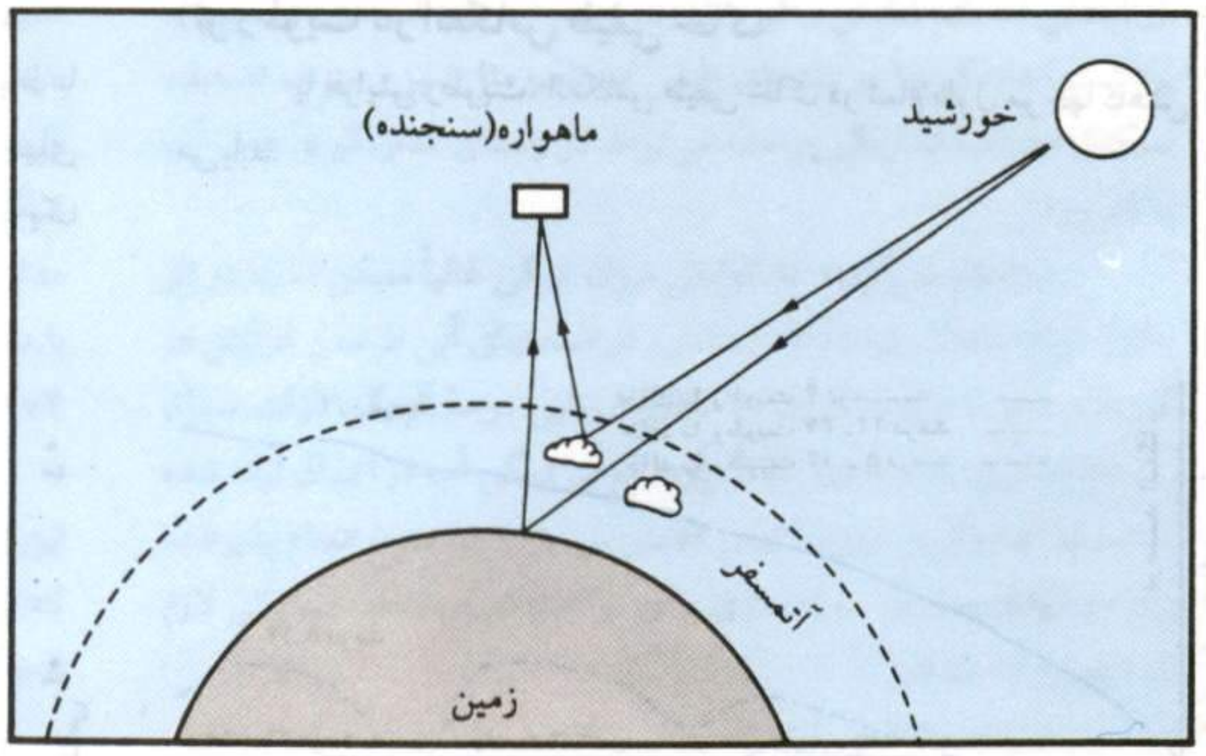
در برخورد امواج با پدیده‌های مختلف زمین ترکیبی از سه عمل (انعکاس، جذب و عبور) و نیز ثبت واکنشهای پدیده‌ها درطول موجهای مختلف، تشخیص پدیده امکان پذیر می‌شود.

۲) مسیر عبور - (از منبع انرژی به طرف پدیده روی زمین و انعکاس از پدیده به طرف سنجنده) در عبور[2] تشعشعات از خورشید به سطح کره زمین واکنشهای مختلفی در اثر عبور از جّو زمین انجام می‌گیرد.

الف) در عبور از جوّ از شدت تشعشع در کلیه طول موجها کاسته می‌شود.

ب) در بخشهایی از طیف تشعشع، کاهش یا شدت ناگهانی در اثر جذب و پراکنش انرژی در جّو بوجود می‌آید.

۳) پدیده‌های روی زمین - فعل و انفعالات انرژی و ماده در اثر برخورد تشعشعات خورشیدی با پدیده‌های مختلف به صورت انعکاس، جذب و عبور امواج برخورد کننده است و میزان هر یک به طول موج انرژی تابیده شده و خصوصیّات فیزیکی و شیمیایی پدیده‌ها بستگی دارد. در سنجش از دور به طور معمول فقط انرژی منعکس شده مورد اندازه‌گیری



قرار می‌گیرد که میزان انرژی تابیده شده تلقی می‌گردد.[۳]

میزان واکنش انعکاسی پدیده‌های مختلف در هر طول موج به شرایط و خواصّ مولکولی وسلّولی پدیده و ناخالصیهای موجود و همچنین خصوصیّات فیزیکی و ظاهری پدیده‌ها بستگی دارد، در نتیجه در یک طول موج معیّن پدیده‌های مختلف، خصوصیّات انعکاس متفاوتی از خود بروز می‌دهند و واکنش انعکاسی هر پدیده در طول موجهای متفاوت، متغیّر است.

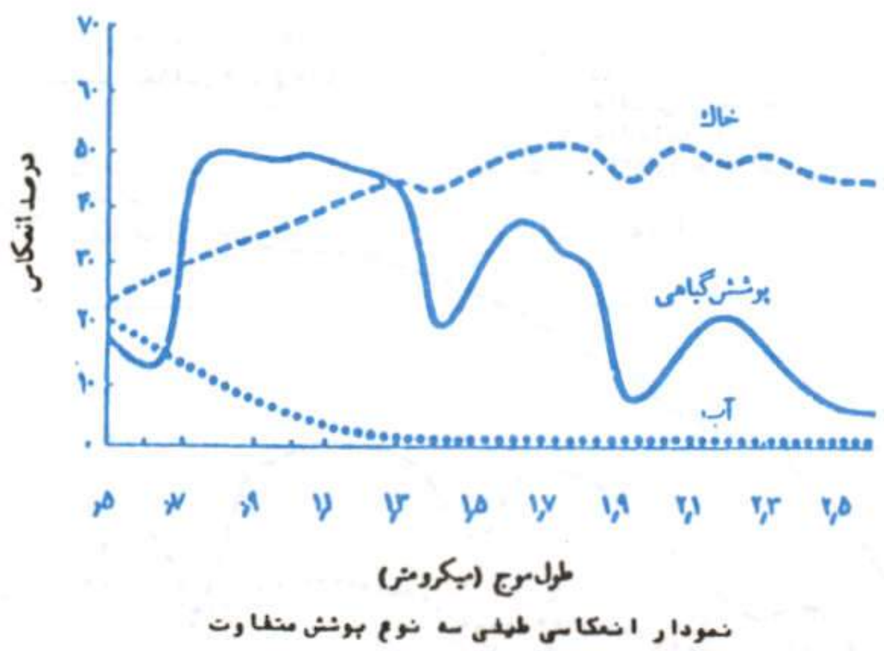
۴) سنجنده - اخذ و ثبت امواج پس از انعکاس یا دفع از پدیده‌ها به وسیله سنجنده، انجام می‌شود. استفاده از سنجنده‌های تصویربرداری سنجش از دور، در مقایسه با انواع دیگر سنجنده‌ها از قدمت زیادی برخوردار است از جمله عکسبرداری هوایی سیاه و سفید تا سنجنده‌های چندطیفی تصویربرداری امروزه که به صورت پیچیده‌ای در آمده‌اند. به طوری که سنجنده‌های عکسبرداری قادرند فراتر از محدودهٔ بینایی چشم انسان عمل نمایند. در حال حاضر دامنه فعالیت سنجنده‌های تصویربرداری در محدودهٔ طول موجهای بین ۰/۳ تا ۰/۹ میکرومتر می‌باشد. درسنجش از دور ترکیب فیلمهای مختلف موجود در بازار با فیلترهای گوناگون این امکان فراهم شد تا خصوصیّات انعکاسی پدیده‌های مختلف را به طور دلخواه در باندهایی از محدودهٔ فوق ثبت نمود.

۵) امکانات فرآیند اطلاعات ثبت شده - فرآیند اطلاعات و تبدیل آنها به اطلاعات قابل بهره‌برداری از ارکان سیستم سنجش از دور است.

از ترکیب عوامل فوق یک مدل سنجش از دور تشکیل و امکان تصویربرداری از عوارض و پدیده‌های مختلف زمین فراهم می‌گردد. که از این میان، عوامل منبع انرژی، مسیر عبور و پدیده‌ها براساس خصوصیّات طبیعی بوده و در واقع شرایط نسبتاً ثابتی را دارا می‌باشند لیکن عوامل سنجنده و فرآیند دو عنصر و پایه مصنوعی هستند که همواره در سایه پیشرفتهای علمی و فنی و رشد و گسترش تکنولوژی، شرایط مطلوبتری را برای تصویربرداری فراهم می‌آورند. این همه تحوّل و توسعه دانش سنجش از دور در سایه دستاوردهای علمی ساخت سنجنده و سیستمهای فرآیند بهتر و دقیقتر و سریع می‌باشد. برای مشخص نمودن جایگاه پیشرفتهای تهیه و هدایت سنجنده‌های مدرن با فرآیند نوین با کارآیی بالا آشنایی با چگونگی ثبت اطلاعات توسط سنجنده‌ها لازم به نظر می‌رسد.

○ ثبت اطلاعات

بررسی وتجزیه و تحلیل خصوصیّات انعکاسی برای سه پدیده پایه در طبیعت «آب، خاک و پوشش گیاهی» کمک اساسی به تشخیص پدیده‌های مختلف در سنجش از دور می‌نماید.



نمودار انعکاسی طیفی سه نوع پوشش متفاوت

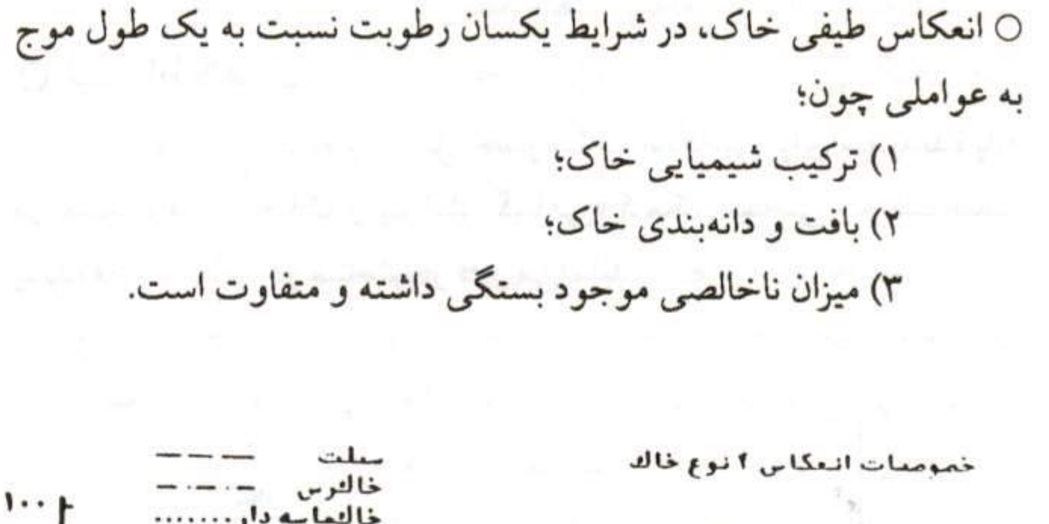
■ انعکاس طبیعی آب

○ آب زلال انعکاس کمتری نسبت به آب گل آلود را دارد و انرژی بیشتری را جذب می‌نماید

○ میزان انعکاس طبیعی آب زلال با افزایش طول موج کاهش می‌یابد تا

آن‌جا که در طول موج مادون قرمز نزدیک کلیه انرژی جذب می‌شود.

○ انعکاس بیشتر طول موج محدودهٔ نور مرئی درآب گل آلود در ارتباط با وجود مواد معلق در آن می‌باشد لیکن شدت انعکاس درطول موجهای مادون قرمز تدریجاً کاهش یافته تا این که در طول موج حدود یک میکرومتر به صفر می‌رسد (کلّ انرژی تابیده شده جذب می‌شود).



■ انعکاس طیفی خاکها

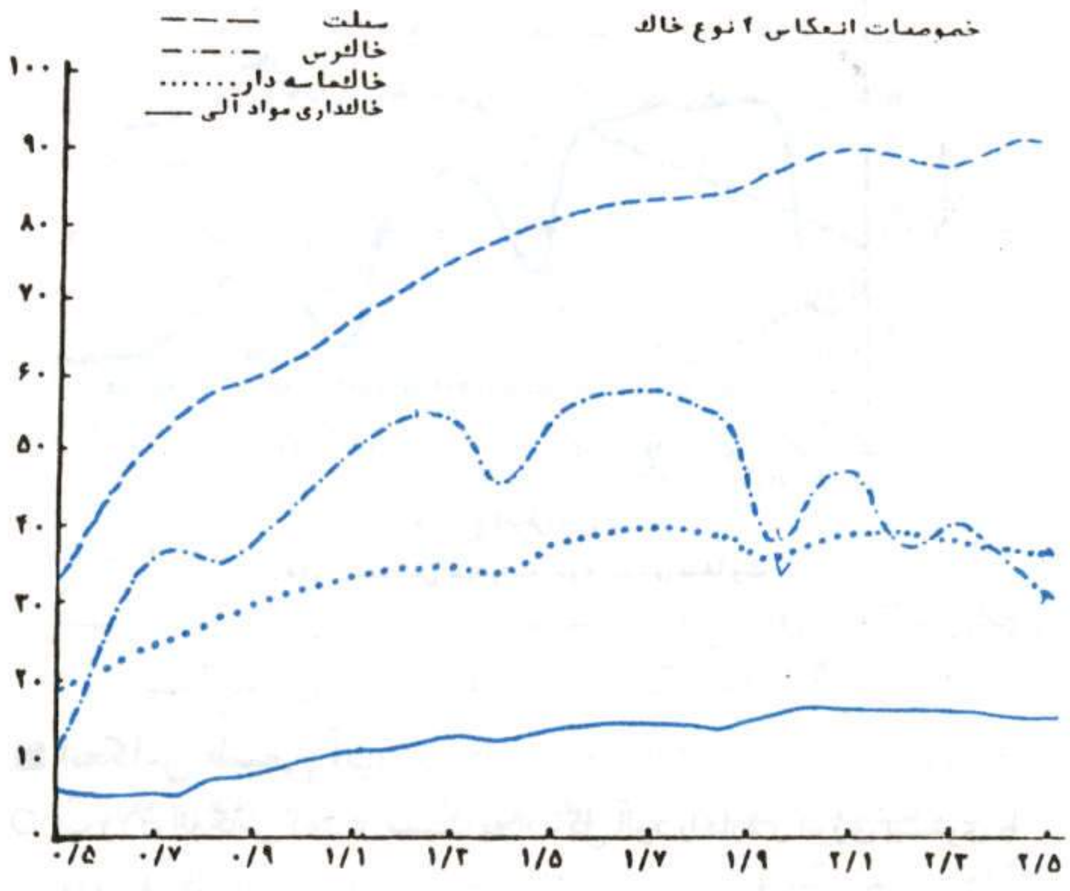
○ انعکاس طیفی خاک با کاهش طول موج کم می‌شود.

○ انعکاس طیفی خاک، در شرایط یکسان رطوبت نسبت به یک طول موج به عواملی چون؛

۱) ترکیب شیمیایی خاک؛

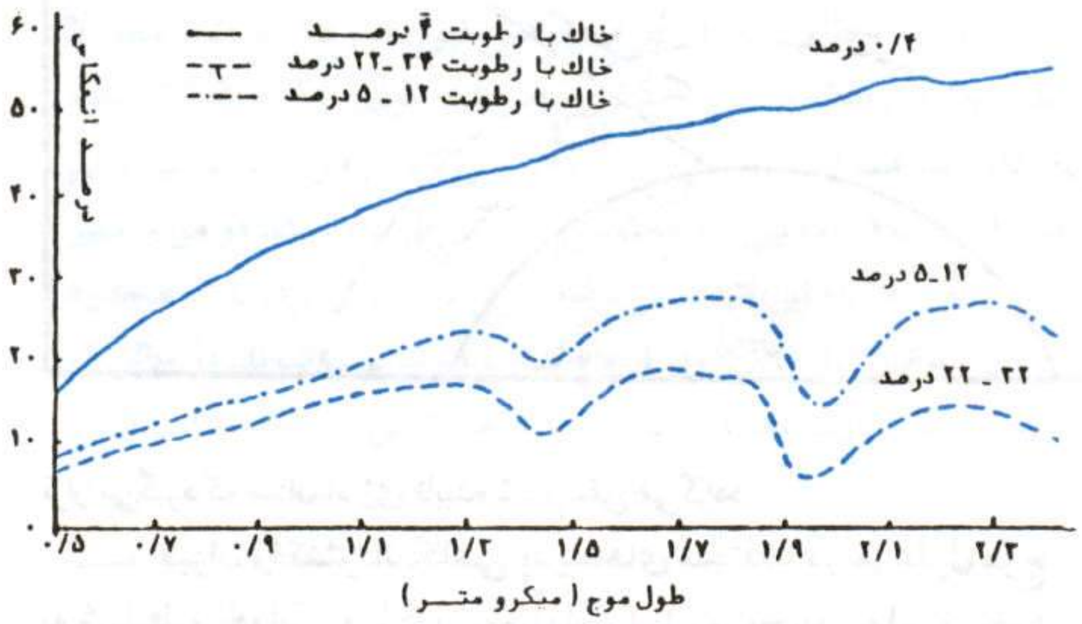
۲) بافت و دانه‌بندی خاک؛

۳) میزان ناخالصی موجود بستگی داشته و متفاوت است.



اثر رطوبت در انعکاس طیفی خاک

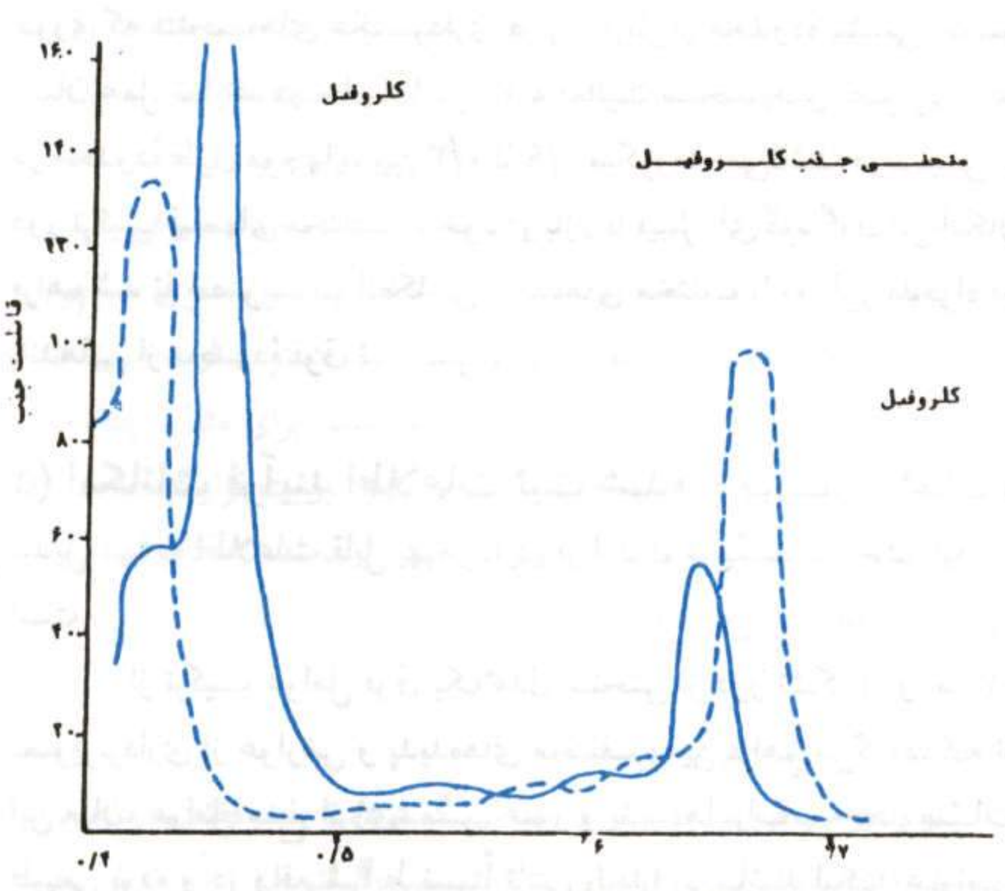
با افزایش رطوبت، انعکاس طیفی خاک در تمام طول موجها کاهش می‌یابد.



میزان کاهش انعکاس براثر افزایش رطوبت خاک در محدودهٔ طول موجهای جذب آب به مراتب بیشتر از کاهش نسبت به سایر طول موجهاست مثلاً در خاک رس به علت ساختار مولکولی خاک با آب، کاهش میزان انعکاس در این طول موج بسیار محسوس است.

■ انعکاس طیفی پوشش گیاهی

○ انرژی تابیده شده به پوشش گیاهی به وسیله ذرّات رنگی موجود در



گیاهان در محدودهٔ نور مرئی جذب می‌شود.

○ بیشترین انعکاس انرژی در محدودهٔ طیفی مادون قرمز نـزدیک بـوده و جذب انرژی در کمترین حدّ است.

○ میزان جذب انرژی به وسیله آب گیاهان در طول موجهای بلند به حداکثر می‌رسد.

مقایسه انعکاس طیفی پوشش گیاهی با خاک رس (مرطوب)

○ وجود آب و رطوبت در گیاه و خاک رس بـاعث حـداقـل انعکـاس در محدودهٔ «باندجذب آب» می‌شود.

○ وجود کلروفیل در گیاهان باعث جذب انرژی در محدودهٔ نور مرئی است.

○ ساختمان درون سلّولی گیاه باعث انعکـاس شـدید در مـحدودهٔ امـواج مادون قرمز نزدیک است.

به طور کلّی در ثبت اطلاعات مربوط به پدیده‌های زمین ایـنگونه نتیجه می‌گیریم که:

اولاً : واکنش انعکاسی هر پدیده در طول موجهای مختلف متغیّر است؛

ثانیاً: انعکاس پدیده‌های مختلف نسبت به یک طول موج مـعیّن، متفاوت می‌باشد؛

ثالثاً: در پدیده‌های آب، خاک و پوشش گیاهی، میزان انعکاس در محدودهٔ نور مرئی به هم نزدیک‌اند.

رابعاً: انعکاس پوشش گیاهی در محدودهٔ مادون قرمز نزدیک از آب و خاک بیشتر است.

منابع:

1) GIS: A Management Perspective - 3. Remote Sensing.

2) Colwell, R.N.(ed.) 1983, Manual of Remote Sensing, 2nd edn, 2vols, American Society of photogrammetry, Virginia.

3) Harris, Ray,Dr. 1987, Satellite remote Sensing, Routledge & Kegan Paul Ltd. New york.

4) Carran, paulj: Principles of Remote Sensing, Longman Scientific and Technical, John & willey & Sons. 1988.

5) Remote Sensing of Environment, An Interdisciplinary Journal, Volume 31, March 1990.

6) Volume 33, Number 1, July 1990.

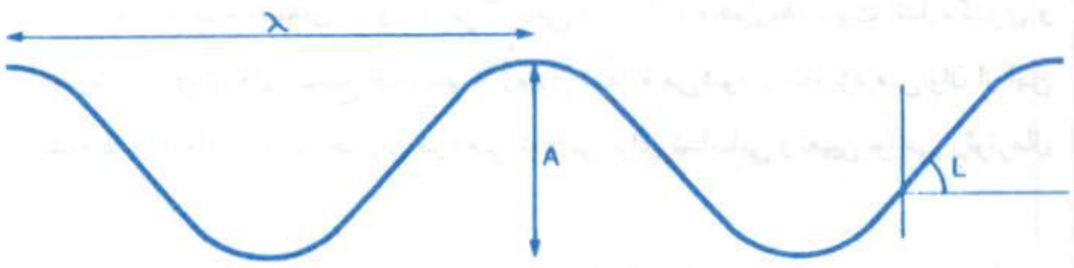
7) Volume 33, Number 2, August 1990.

۸ - مدیری ، مهدی : مبانی و اصول دورکاوی ، جزوه درسی.

پاورقی:

۱) تشعشعـات الکترومغنـاطیسی بـه صـورت امـواج حـرکت مـی‌کنند و ایـن امـواج الکترومغناطیس پس از برخورد با اشیاء و پدیدهای زمین منعکس می‌گردند و اطلاعاتی درباره پدیده‌ها حاصل می‌شود.

امواج سطحی اشکالی از انرژی موجی در فضای آزاد هستند و با یک فاز ثابت در روی سطحی که عمود بر مسیر و جهتی است که در آن موج حرکت می‌کند. امواج سطحی دارای طول موج (λ)، میدان نوسان (A) و فاز (L) می‌باشد واین خصوصیّات درنگارهٔ ۱ نشان داده شده است. امواج سطحی درسرعت نور C حرکت می‌کنند که تقریباً ۳۰۰ میلیون متر در ثانیه (ms^{-1}) است و دارای طول موجی با دامنه‌ای از $3\times10^{-9}m$ (پرتوگاما) تا نور قابل رؤیت ($0/7\times10^{-6}m$ - ۰/۴) گـرفته هـمچنین تـا طـول مـوج رادیـویی خـیلی بـلند $3\times10^{6}m$ است.



نگارهٔ (۱)

از آنجاییکه سرعت در سرعت نور ثابت شده است پس فرکانس امواج سطحی با طول موجهایش با یکدیگر نسبت معکوس دارند. به عبـارتی وقـتی طـول مـوج کوتـاه‌تر می‌شود، امواج بیشتری در یک دوره زمانی معیّن از یک نقطه عبور می‌کند و در نتیجه فرکانس بزرگتر می‌گردد. سنجش از دور در محدودهٔ قابل رؤیت و مادون قرمز معمولاً از طول موجهایی استفاده می‌کنند که دامـنه امـواج سـطحی است. امّـا در سـنجش از دور

میکروویو معمولاً از طول موج و فرکانس استفاده می‌شود در جدول طولهای موج فرکانسهایی که معمولاً در سنجش از دور استفاده می‌شود، عرضه می‌گردد. درجدول از میکرومتر (μm) و نانومتر (nm) استفاده شده زیرا هر دو برای توصیف و بیان طولهای موج قابل رؤیت و پرتو الکترومغناطیسی مادون قرمز به کار برده می‌شوند.

$1\mu m = 10^{-6} m$ (یک میلیونیم متر)

$1nm = 10^{-9} m$ (یک میلیاردیم متر)

جدول طول موج و فرکانس به کار رفته در ماهوارهٔ سنجش از دور را نشان میدهد.

نوع امواج	طول‌موج(برحسب میکرومتر ونانومتر	فرکانس	مثال
امواج مرئی(قابل رؤیت)	0.4-0.7 μm 400-700nm	-	SPOT HRV
امواج مادون قرمز نزدیک	0.7-1.5 μm 700-1500nm	-	NOAA VHRR
امواج مادون قرمز میانه	1.5-3.0 μm 1500-3000nm	-	Landsat TM
امواج مادون قرمز حرارتی	8.5-12.5 μm 8500-125000nm	-	Meteosat
امواج میکروویو	10 - 300mm	1-12.5 GHz	-
باند X-	24 - 38mm	8-12.5 GHz	-
باند C-	38 - 75mm	4-8GHz	ERS-1
باند L-	150 - 300mm	1-2 GHz	Seasat

تشعشع جسم سیاه

کلیه اجسام با دمای بالای صفر درجه کلوین (0K=-273ċ) از خود پرتو الکترومغناطیسی ساطع می‌کنند. دمای شئی (جسم) طول موج حداکثر تشعشع انرژی را با قانون جابجایی وین تعیین می‌کند.

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

در عبارت بالا λ_{max} طول موج حداکثر تشعشع انرژی، T دمای شئی (برحسب درجه کلوین) و a مقدار ثابت ($2848 \mu mk$)است. با استفاده از قانون وین، دمای یک پدیده دور را می‌توان با مشاهده طیفش و تعیین طول موج حداکثر تشعشع‌اش اندازه‌گیری نمود. هرچه جسم (شئی) گرمتر باشد، طول موج حداکثر تشعشع انرژی‌اش کوتاه‌تر خواهد بود.

برای نمونه λ_{max} زمین با دمای سطحی ۲۸۸ کلوین تقریباً $10\mu m$ است، در حالی که λ_{max} خورشید با دمای سطحی ۶۰۰۰ C کلوین در حدود $0/55\mu m$ می‌باشد.

این رابطه در سنجنده‌های مادون قرمز گرمایی در عرشه ماهواره‌ها جهت اندازه‌گیری و سنجش دمای ابرهای سطح اقیانوسها و زمین استفاده می‌شود و به‌ویژه می‌توان از این سنجنده‌های مادون قرمز حرارتی در زمین شناسی برای شناسایی و تعیین نواحی ژئوترمال استفاده نمود.

یک جسم سیاه لازم نیست که سیاه باشد ولی یک شئی است که قدرت تشعشع ۱ است یعنی تمامی انرژی ای که از خود ساطع می‌کند جذب می‌نماید. زمین و خورشید اجسام سیاه هستند. برای یک جسم سیاه، رابطه بین صدور تشعشع امواج الکترومغناطیسی و فرکانس آن با قانون تشعشع پلانک معیّن می‌شود.

$$E = hf$$

که در این عبارت E انرژی تشعشعی، f فرکانس تشعشعی و h مقدار ثابت پلانک است. پلانک از داده‌های تجربی و آزمایشی استفاده نمود تا انرژی حاصل از تشعشع یک جسم سیاه را در $Wm^{-2}A^{-1}$ به دست آورد که در این عبارت:

$$E\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \left(\frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \right)$$

h) مقدار ثابت پلانک ($6.266\times10^{-34}Js$)؛

k) مقدار ثابت Boltzmahn ($1.38\times10^{-23} JK^{-1}$)؛

c) سرعت نور ($3\times10^{8}ms^{-1}$)؛

λ) طول موج انرژی (Å)؛

T) دمای مطلق جسم سیاه (برحسب درجه کلوین)

نگارهٔ ۲ این رابطه را در صورت دیاگرام نشان می‌دهد و بدیهی است که اجسام گرم‌تر در یک طول موج کوتاه‌تر از خود انرژی بیشتری ساطع می‌کنند تا اجسام سردتر.

معادله برای یک طول موج نوشته شده است. بنابراین می‌توان این معادله را برای همه طولهای موج مجدداًنوشت تا مجموع قدرت تشعشع برای هر واحد سطح از یک جسم سیاه در Wm^{-2} به دست آید.

$$E = \frac{2\pi^5 K^4}{15C^2h^3} T^4$$

در این معادله از آنجاییکه h,c,k,π همگی ضرایب ثابتی هستند لذا می‌توان معادله را به معادله زیر؛

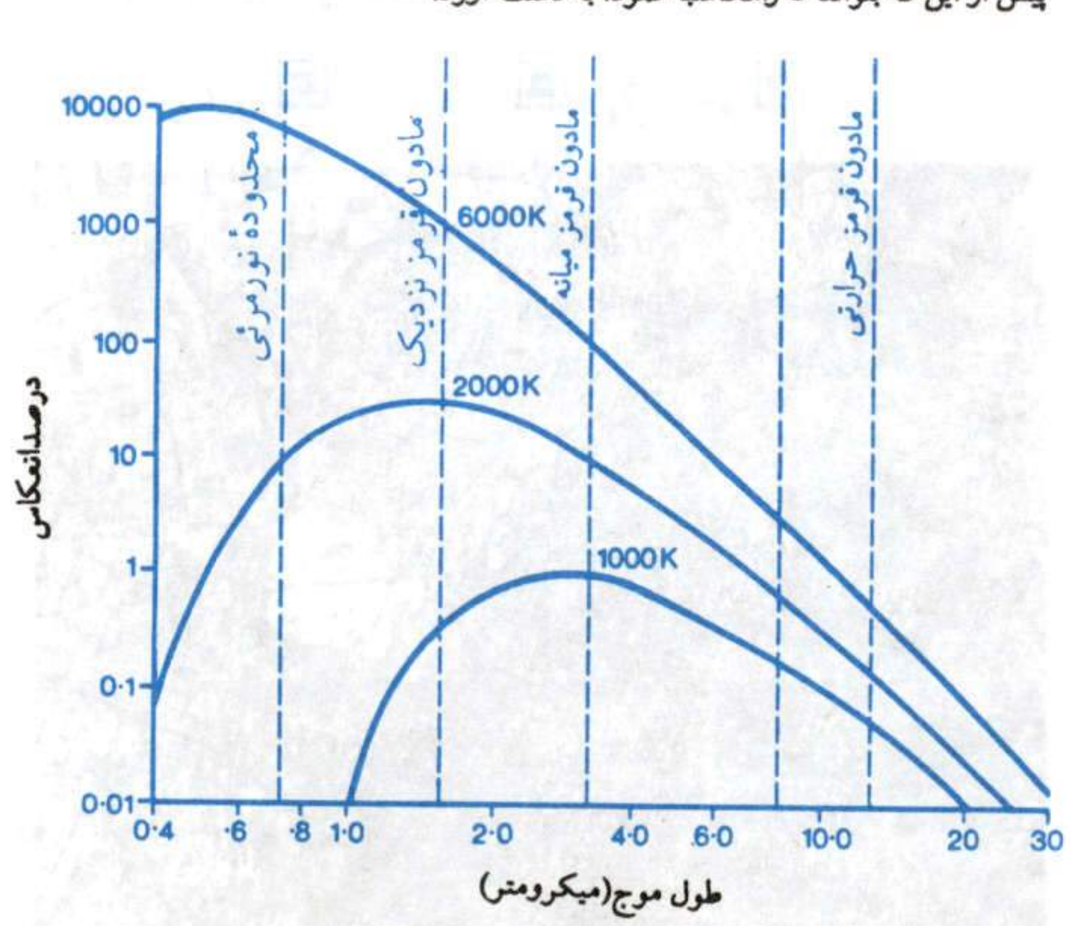
$$E = \sigma T^4$$

ساده نمود که از قانون stefan و Boltzmann تبعیت می‌کند و σ ضریب stefan-Baltzmann (یعنی $5.67\times10^{8}Wm^{-2}K^{-4}$) می‌باشد.

با وجود این، معادله را باید مجدداً به طور کامل به صورت زیر نوشت:

$$E = \sigma T^4 \varepsilon$$

تا قدرت تشعشعی را شامل گردد. بنابراین اندازه‌گیری E ترکیبی از اندازه‌گیری E,T است. وقتی یک جسم سیاه اندازه‌گیری می‌شود E=1 می‌گردد و لذا می‌توان آنرا نادیده گرفت. ولی در برخی موارد (برای نمونه، ابرهای سیروس) Eکمتر از ۱ می‌شود لذا اثراتش را باید پیش از این که بتواند T رامحاسبه نمود. به دست آورد.



نگارهٔ (۲)

۲) تشعشع ساطع شده از خورشید در محدودهٔ طول موج ۰/۵ تا ۰/۷ میکرومتر (ناحیه مرئی طیف الکترومغناطیس) به حداکثر می‌رسد و تشعشعات با طول موج بیش از ۲/۵ میکرومتر بسیار ناچیز می‌باشد.

۳) اصولاً میزان عبور انرژی از اجسام کم و قابل اغماض است.