



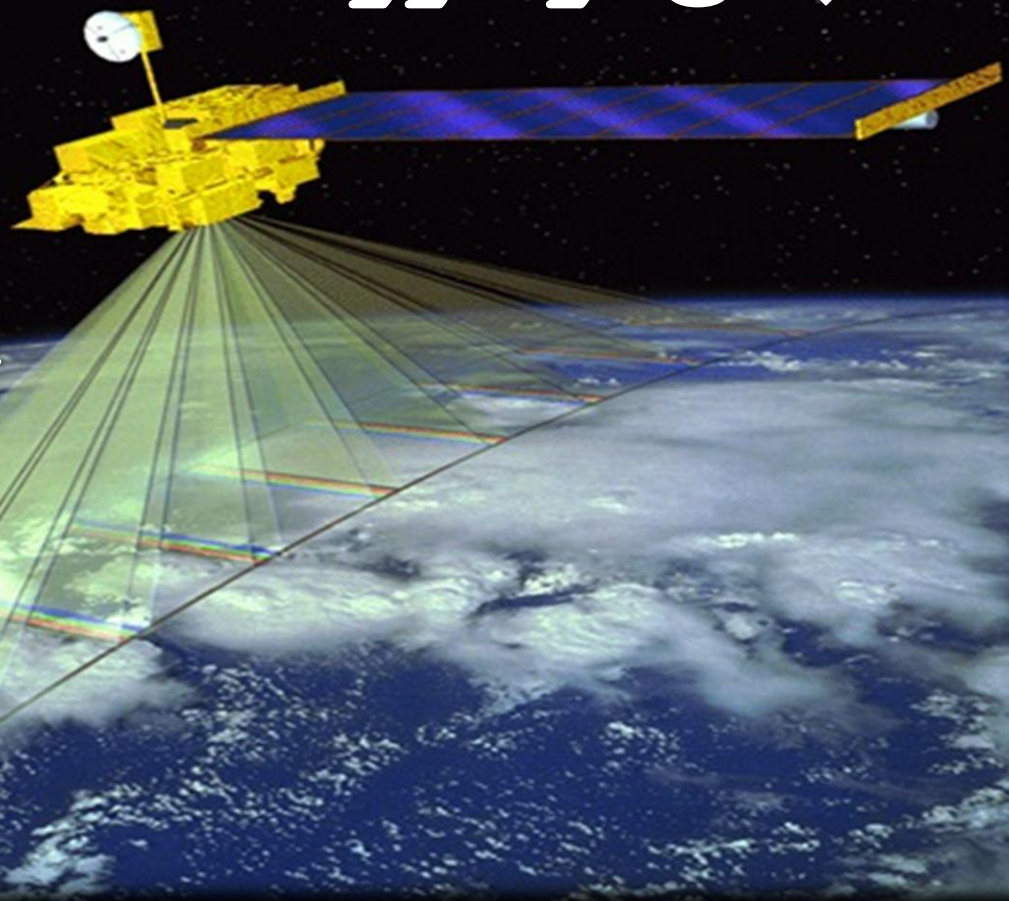
REMOTE SENSING

سنجش از دور

مبحث دوم (۳)

انرژی الکترومغناطیسی

Electromagnetic Radiation



دکتر صالح عبدالهی

Research Gate: Saleh Abdullahi

Google Scholar: Saleh Abdullahi

دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان

عناوین:

1. انرژی الکترومغناطیس

2. طیف الکترومغناطیس

3. تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

4. منحنی رفتار طیفی



□ تعامل انرژی الکترومغناطیس با سیستم زمین:

Interactions within Earth systems:

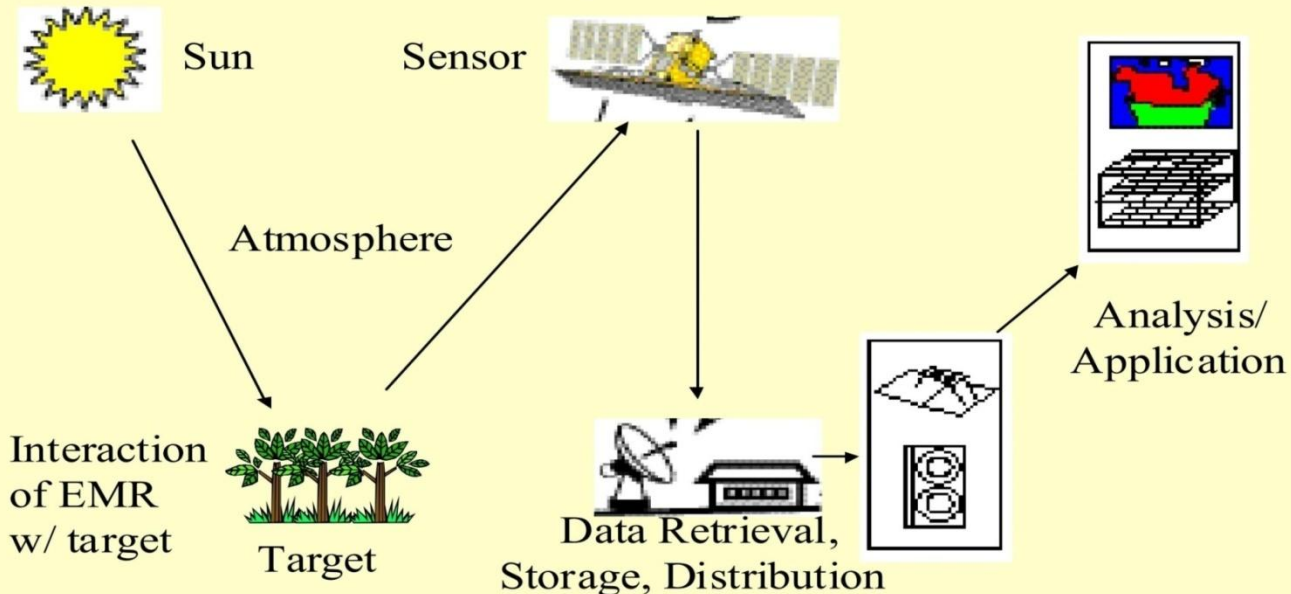
☞ Atmospheric Interactions

☞ Surface Interactions

1. تعامل با اتمسفر

2. تعامل با سطح اشیا و سطح زمین

Elements of Remote Sensing System



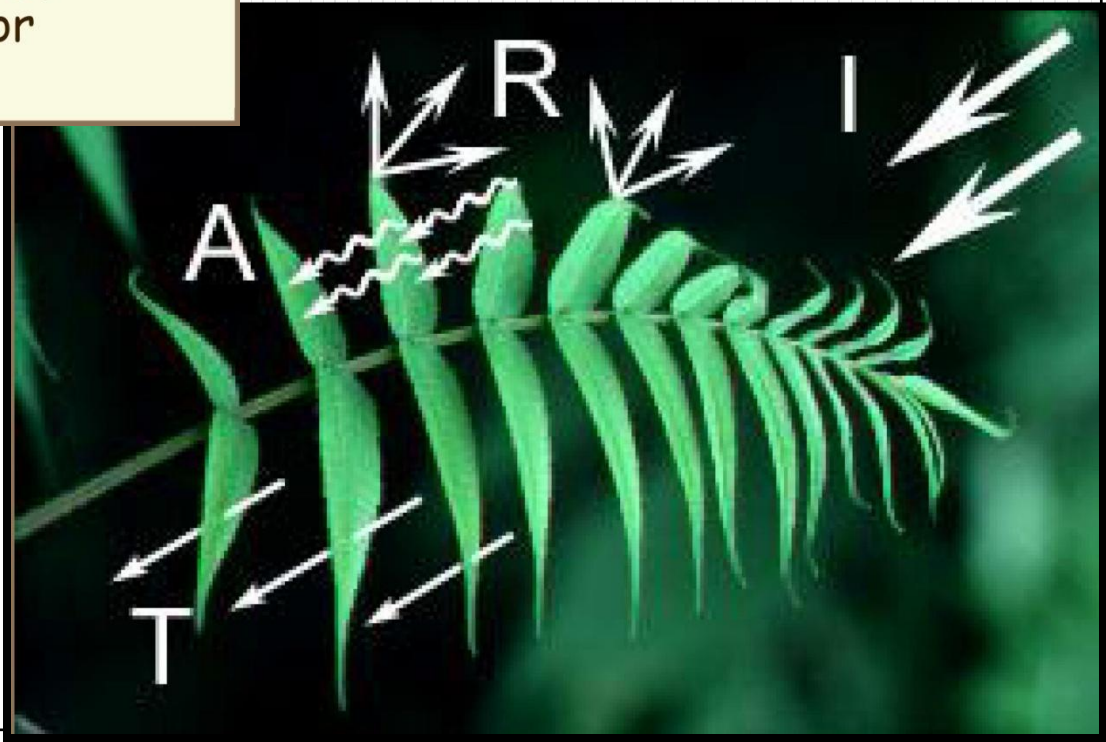
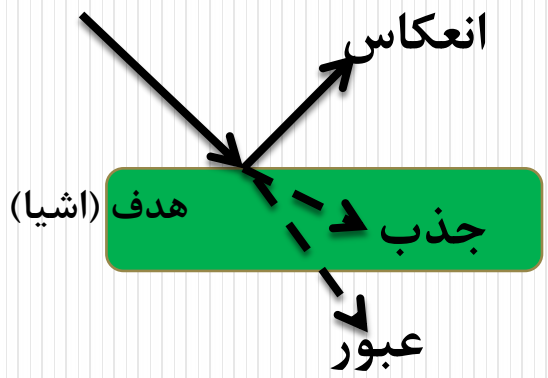


تفاعل انرژی با سطح اشیاء و زمین

Surface Interactions: پس از برخورد انرژی الکترومغناطیس با سطح اشیاء:

- When EMR is incident upon any given Earth surface, three fundamental energy interactions are possible.
- Various fractions of the energy are either reflected, absorbed, or transmitted.

- عبور
- انعکاس
- جذب





تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

Electromagnetic Interactions

📖(1) Transmission (τ)

📖(2) Reflection (ρ)

📖(3) Absorption (α)

○ پس از برخورد انرژی الکترومغناطیس با سطح اشیاء:

- عبور
- انعکاس
- جذب

$$\tau_{\lambda} + \rho_{\lambda} + \alpha_{\lambda} = 1$$



تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ عبور انرژی الکترومغناطیس از سطح اشیاء:

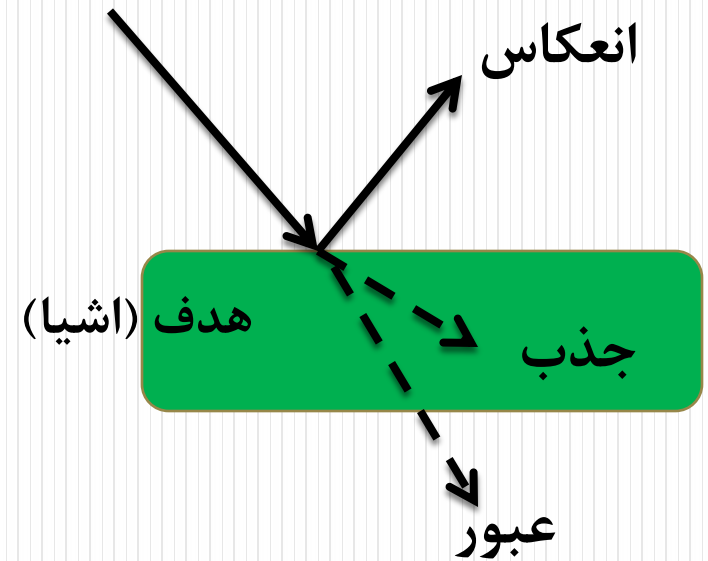
○ عبور از سطح اشیاء

○ وابسته به طول موج

○ محاسبه از طریق نسبت میزان عبور به میزان برخورد انرژی با شی

TRANSMISSION

- ☞ The movement of light through a surface .
- ☞ Transmission is wavelength dependent
- ☞ Transmittance is measured as the ratio of transmitted radiation to the incident radiation. Transmittance therefore is the proportional amount of incident radiation passing through a surface.





تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ انعکاس انرژی الکترومغناطیس از سطح اشیاء:

○ بسیار کاربردی و مورد استفاده برای علم سنجش از دور

○ انرژی برگشته (انعکاس شده) از سطح اشیاء

○ تعریف براساس نسبت میزان تابش انرژی الکترومغناطیس انعکاس شده از سطح به اصل

انرژی برخورد شده با سطح شی

REFLECTION

In our usage reflection is the bouncing of electromagnetic energy from a surface.

The term **reflectance** is defined as the ratio of the amount of electromagnetic radiation, usually light, reflected from a surface to the amount originally striking the surface

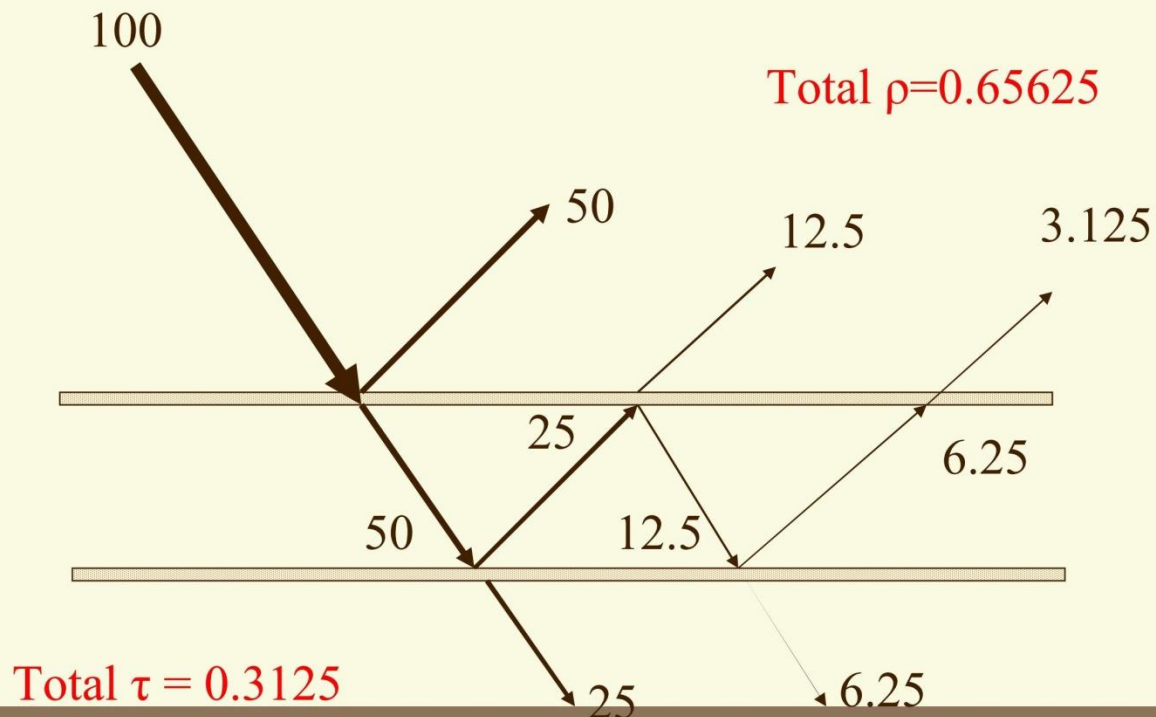


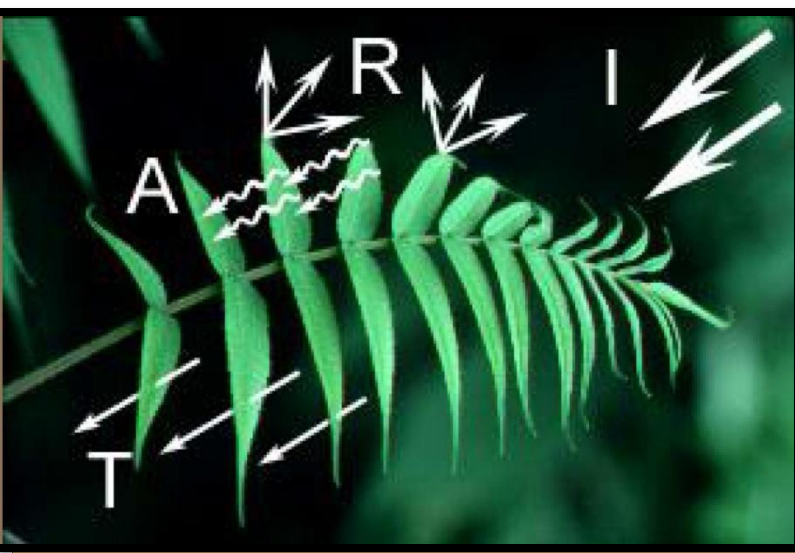
تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ انعکاس و عبور انرژی الکترومغناطیس از سطح پوشش گیاهی

Canopy Reflectance Multiple Leaf Layers

$$\rho=0.50, \tau = 0.50, \alpha=0.0$$





تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ **جذب** انرژی الکترومغناطیس توسط سطح اشیاء:

- انرژی از بین رفته از کل انرژی برخورد شده با شی
- به دلیل تبدیل انرژی به حالت دیگر (معمولا حرارتی)

○ تعریف براساس نسبت میزان انرژی تابشی برخورد شده به شی شفاف به میزان خروجی از آن شی

ABSORPTION

Removal of energy from an incident beam. By conversion of EMR to another form (usually thermal).

defined as the ratio of the amount of electromagnetic radiation incident on a transparent object or medium with that exitant from the object/medium

تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ شار تابش



○ میزان انرژی انعکاس، انتقال و جذب شده در واحد زمان (وات)

○ شدت شار تابشی: میزان شار تابش در واحد مساحت (وات بر متر مربع)

Surface Interactions:

- ☞ Radiant Flux (Φ) is the amount of energy reflected, transmitted, or absorbed in a given period of time (measured in Watts).
- ☞ Radiant Flux Density is radiant flux per unit area (Wm^{-2}).



تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ فرمول شار تابش

○ میزان شار تابشی: میزان انرژی انعکاس + عبور + جذب شده توسط شی

Reflectance, Transmission, and Absorption are expressed as ratios (or percents):

2

$$r_{\lambda} = \Phi_{r\lambda} / \Phi_{i\lambda}$$

$$\tau_{\lambda} = \Phi_{\tau\lambda} / \Phi_{i\lambda}$$

$$\alpha_{\lambda} = \Phi_{\alpha\lambda} / \Phi_{i\lambda}$$

So that ...

$$r_{\lambda} + \tau_{\lambda} + \alpha_{\lambda} = 1$$

Surface Interactions:

□ Radiation budget (energy balance) equation:

1

$$\Phi_{i\lambda} = \Phi_{r\lambda} + \Phi_{\tau\lambda} + \Phi_{\alpha\lambda}$$

where $\Phi_{i\lambda}$ = incident radiant flux as a function of wavelength;
 $\Phi_{r\lambda}$ = reflected radiant flux as a function of wavelength;
 $\Phi_{\tau\lambda}$ = transmitted radiant flux as a function of wavelength; and
 $\Phi_{\alpha\lambda}$ = absorbed radiant flux as a function of wavelength.



تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ نکته مهم **اول** در سنجش از دور

- میزان انرژی انعکاس، عبور و جذب شده توسط اشیاء، نسبت به سطح شی (زمین) و حالت و وضعیت سطح شی متغیر است.
- این اختلاف به ما در تشخیص اشیاء در تصاویر کمک می کند.

BASIS OF REMOTE SENSING, PT. 1:

- The proportions of energy reflected, absorbed, or transmitted vary by Earth surface and surface condition.
 - This allows us to distinguish between features on an image.



تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ نکته مهم **دوم** در سنجش از دور

- نسبت انرژی انعکاس، عبور و جذب شده توسط اشیاء در طول موج های مختلف حتی در یک نوع عارضه متفاوت است.
- بنابراین، یک عارضه غیرقابل تشخیص در یک دامنه طیف الکترومغناطیس، ممکن است در دامنه ای دیگر ظاهری متفاوت داشته باشد.
- در دامنه طیفی مرئی: تفاوت در رنگ ظاهری

BASIS OF REMOTE SENSING, PT. 2:

- The proportions of energy reflected, absorbed, or transmitted vary at different wavelengths, even within a given feature type.
 - Thus, features that are indistinguishable in one spectral range may appear quite different in another.
 - In the visible spectrum, this results in color.



تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ انعکاس انرژی الکترومغناطیس

- انرژی انعکاسی = انرژی تابیده شده به جسم - (انرژی عبوری + انرژی جذبی)
- انرژی انعکاس شده؛ انرژی مورد علاقه یا مورد کاربرد در علم سنجش از دور

Surface Interactions:

☞ Reflectance is the process whereby EMR "bounces off" and object.

$$\Phi_{r\lambda} = \Phi_{i\lambda} - [\Phi_{\tau\lambda} + \Phi_{\alpha\lambda}]$$

☞ This type of surface interaction is most often of interest in environmental remote sensing.

تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ انعکاس انرژی الکترومغناطیس

○ انواع مختلف سطوح انعکاس کننده (انعکاس سطحی)

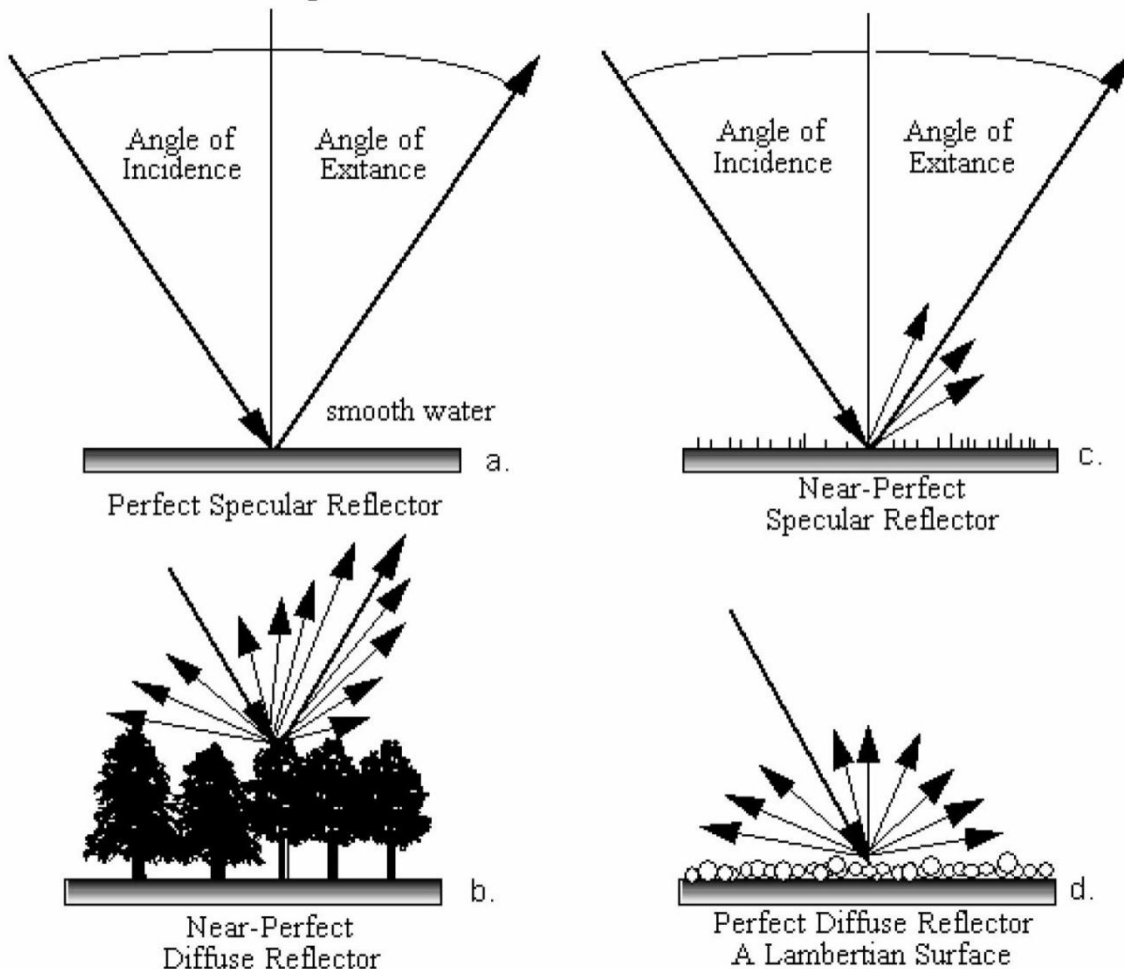
1. انعکاس آینه ای (a)

2. انعکاس شبه آینه ای (c)

3. انعکاس لامبرتی (پراکنده) (d)

4. انعکاس شبه لامبرتی (پراکنده) (b)

Specular Versus Diffuse Reflectance



تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ انعکاس انرژی الکترومغناطیس

1. انعکاس آینه ای (Ideal Specular Reflector) :

○ جسم با سطح بسیار صاف (سطح آب یا جاده)

○ انعکاس و هدایت تمام انرژی در یک جهت مشخص

○ بسته به قرارگیری جسم و سنجنده نسبت به هم : ظاهر شدن شی در

تصویر بسیار تیره یا بسیار روشن

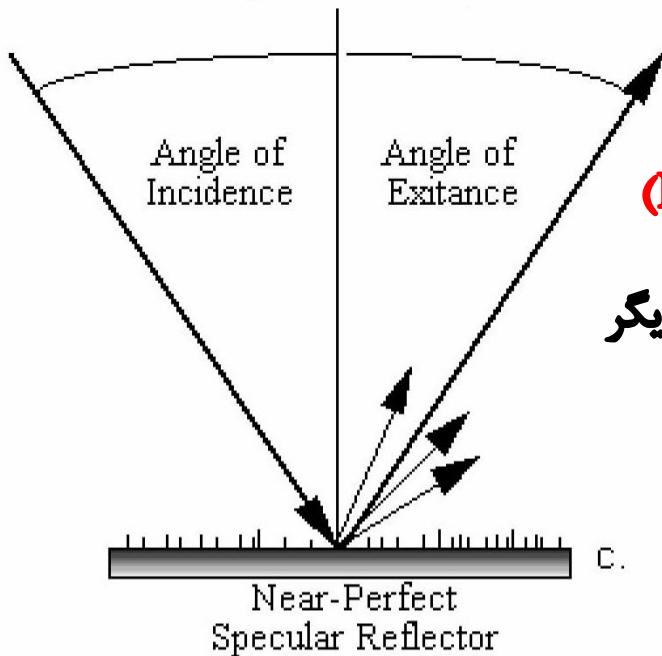
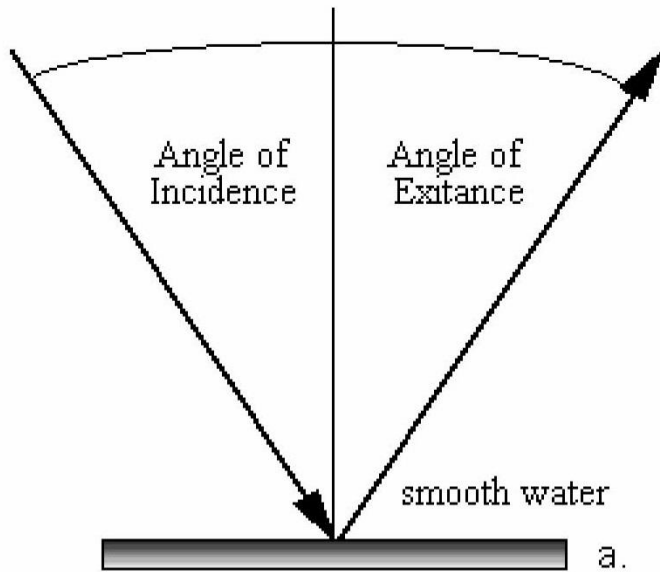
2. انعکاس شبه آینه ای (Near Perfect Specular Reflector)

○ پراکنش انرژی در بیش از یک جهت ولی با مسیر نزدیک به یکدیگر

○ انرژی رسیده به سنجنده در حد متوسط

○ روشن ظاهر شدن شی در تصویر

Specular Versus Diffuse Reflectance



□ انعکاس انرژی الکترومغناطیس

3. انعکاس لامبرتی یا پراکنده (Diffuse Reflector):

○ جسم با سطحی کاملاً ناهموار

○ پراکنش انرژی در تمامی جهات بطور یکنواخت

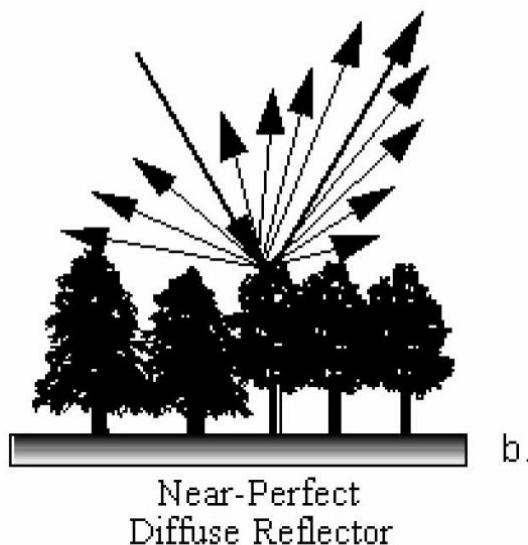
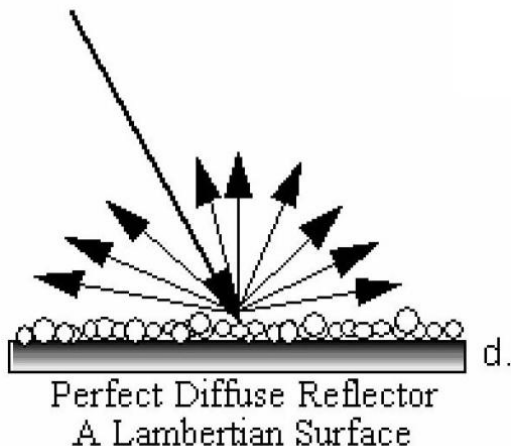
○ میزان ناهمواری جسم وابسته به طول موج

4. انعکاس شبه لامبرتی (Near Perfect Diffuse Reflector)

○ پراکنش انرژی در تمامی جهات بطور غیر یکنواخت

○ بیشتر در مورد گیاهان

○ پیچیدگی تشخیص شی در تصویر و نیازمند پارامترهای مختلف



تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ انعکاس انرژی الکترومغناطیس

○ بطول کلی: رفتار انعکاسی اشیاء وابسته به :

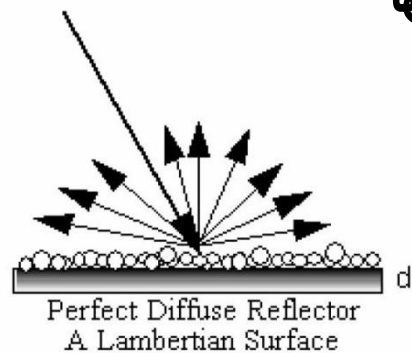
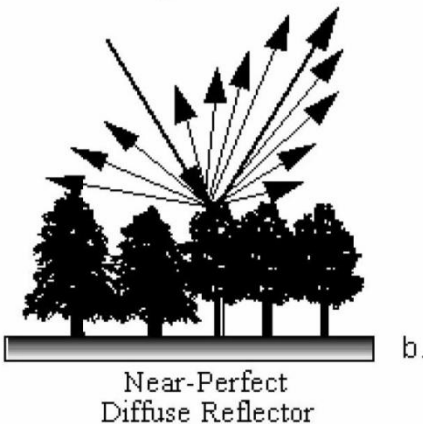
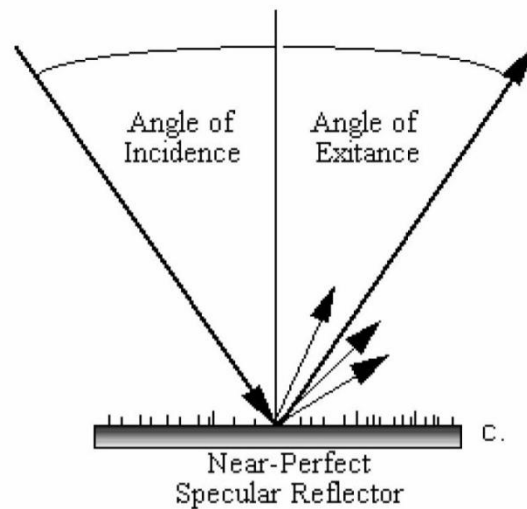
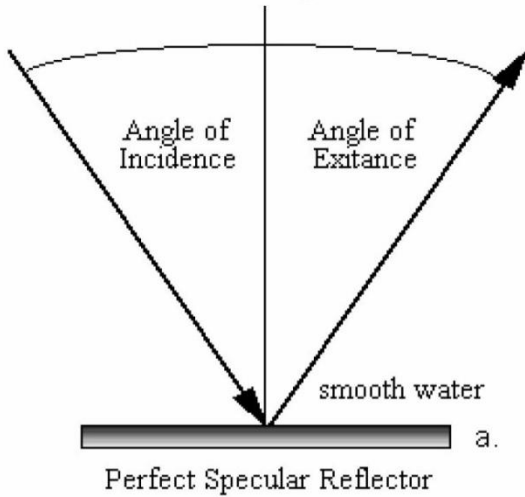
1. ناهمواری سطح

2. طول موج

3. وضعیت منبع انرژی

4. وضعیت و حالت شی

Specular Versus Diffuse Reflectance



○ مجموعه ای از این عوامل باعث:

نوعی از انعکاس های ذکر شده یا مخلوطی از آنها
برای یک شی اتفاق بیفتد.

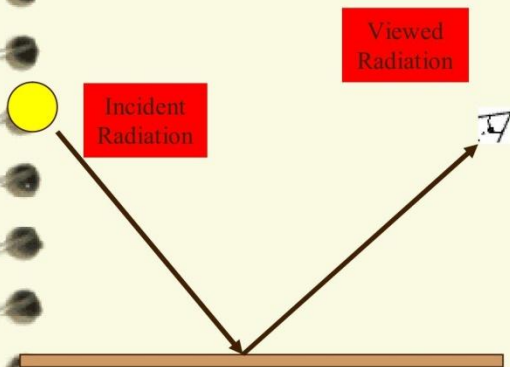
تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ انعکاس انرژی الکترومغناطیس

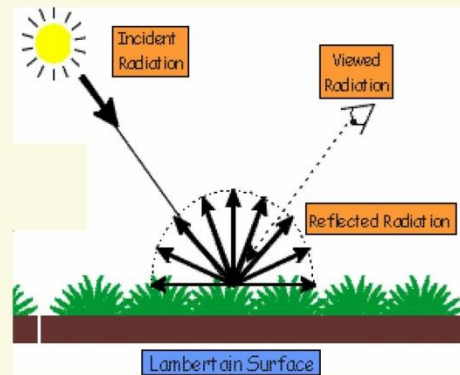
○ انعکاس ایده آل از طرف سطح زمین

“Ideal” Reflection from Surfaces

Depends on the roughness of the surface
relative to wavelength of incident light



Specular Reflector
Very smooth surfaces



Lambertian Reflector
Rough surfaces

تعامل انرژی با سطح اشیاء و زمین

□ انعکاس انرژی الکترومغناطیس

○ میزان ناهمواری جسم وابسته به طول موج

✓ سطح صخره ای : ظاهری صاف در طول موج بلند

✓ سطح شنی : ظاهری ناهموار در طول موج کوتاه

نکته:

○ اگر طول موج برخورد شده کوچکتر از

ذرات روی سطح (ذرات تشکیل دهنده

سطح) باشد: آن سطح ، سطحی ناهموار

نسبت به انرژی وارده خواهد بود (ظاهری

ناهموار).

Surface Interactions:

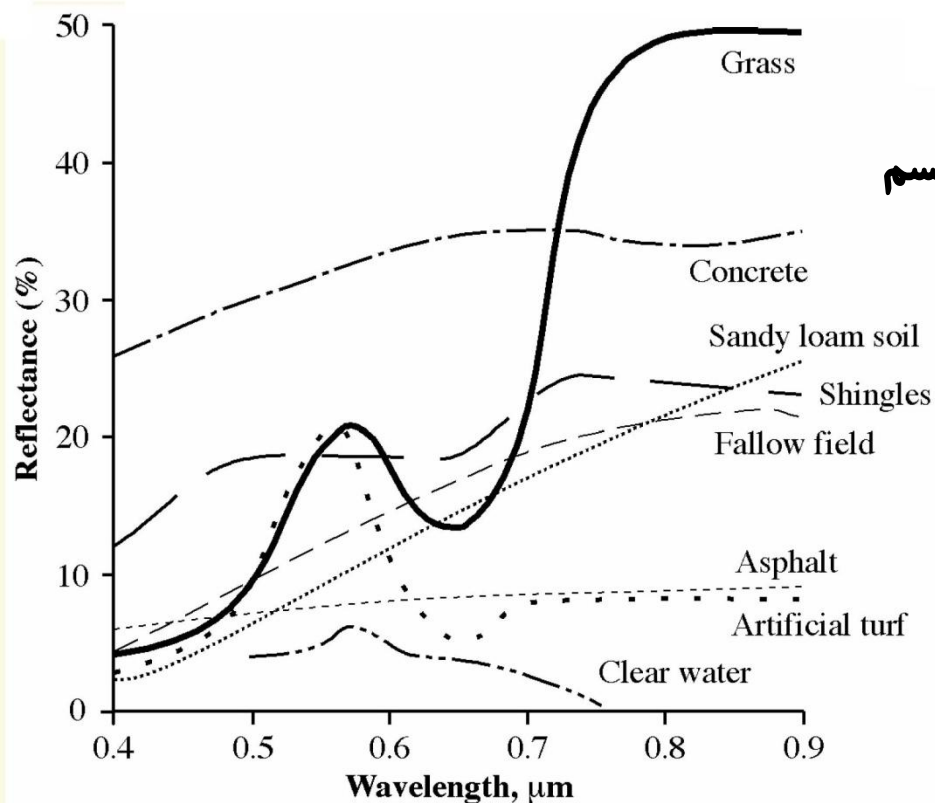
📄 The category that characterizes a surface is dictated by the surface's roughness in comparison to the wavelength of the incident EMR.

- e.g., rocky terrain "appears" smooth to long wavelength radio waves; sand appears rough to short-wavelength visible energy.
- The rule is ... when the incident wavelength is less than surface particle size, the surface is diffuse to that energy.

منحنی رفتار طیفی

تعریف

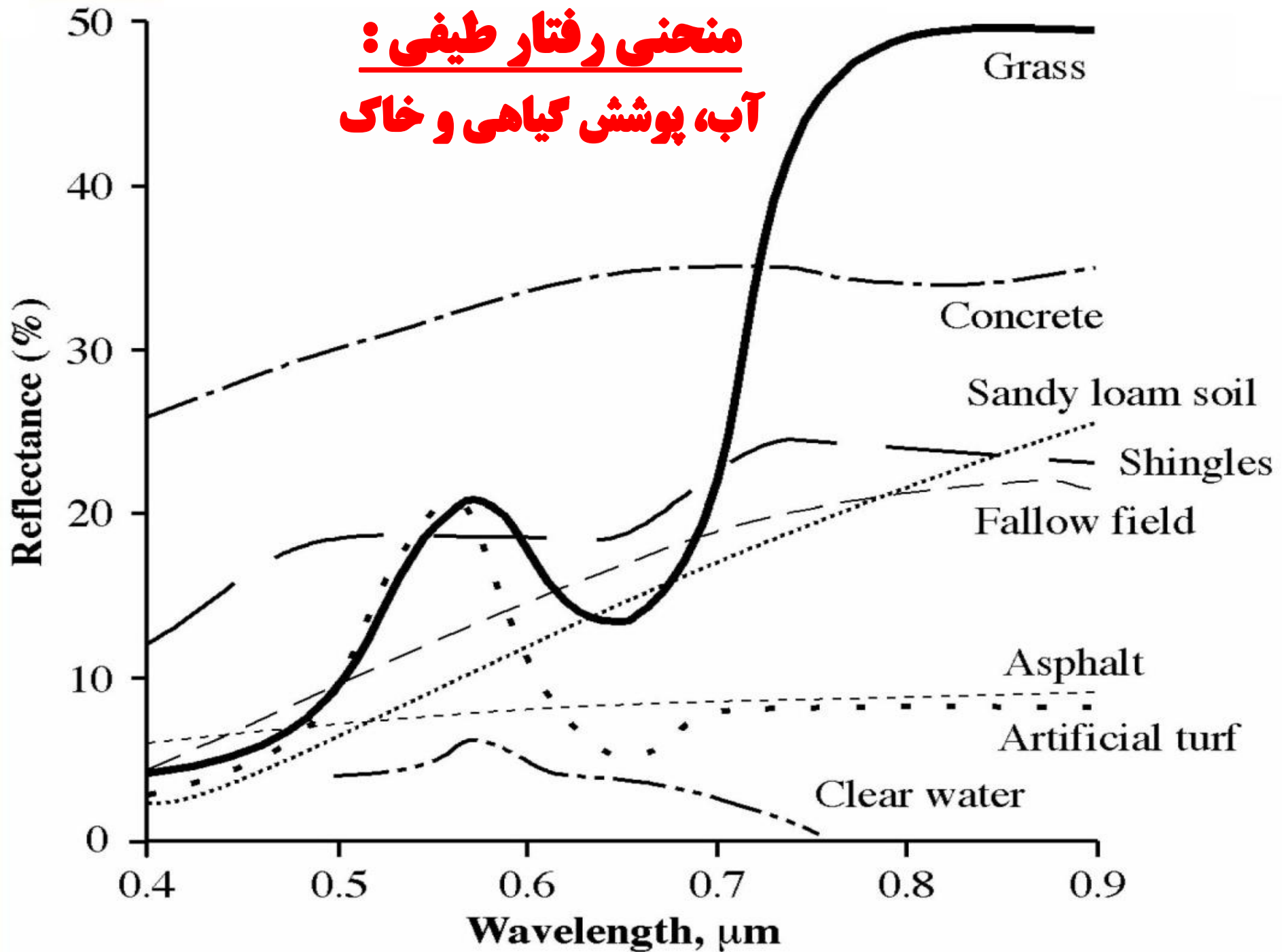
- اهمیت و وابستگی مقدار انرژی دریافتی به سنجنده به : **چگونگی تعامل انرژی و جسم**
- با اندازه گیری و رسم نمودار: مقدار انرژی منعکس شده از کل انرژی رسیده به جسم در طول موج های مختلف؛ منحنی حاصل؛ **"منحنی رفتار طیفی" (Spectral Signature)** خواهد بود.



○ محور افقی نمودار طول موج

○ محور عمودی نمودار نمایانگر درصد انرژی بازگشتی از جسم

منحنی رفتار طیفی :
آب، پوشش گیاهی و خاک



منحنی رفتار طیفی

○ اندازه گیری انرژی ها در آزمایشگاه و یا در محیط های واقعی

○ با ترسیم منحنی رفتار طیفی: کسب اطلاعات بسیار زیادی راجع به اشیاء و چگونگی ظاهر شدن آنها در تصاویر

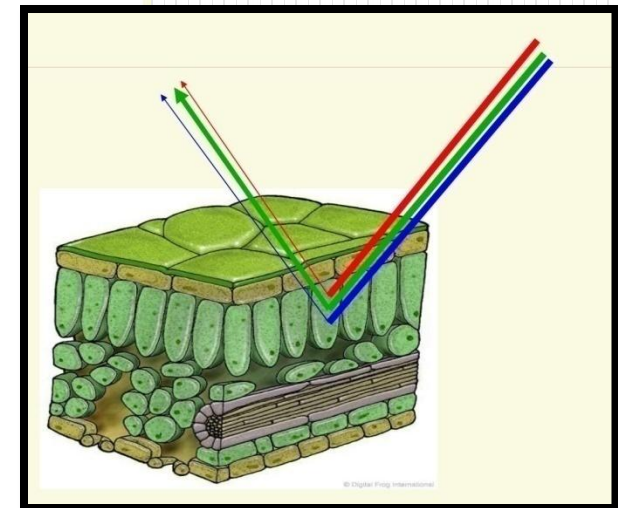
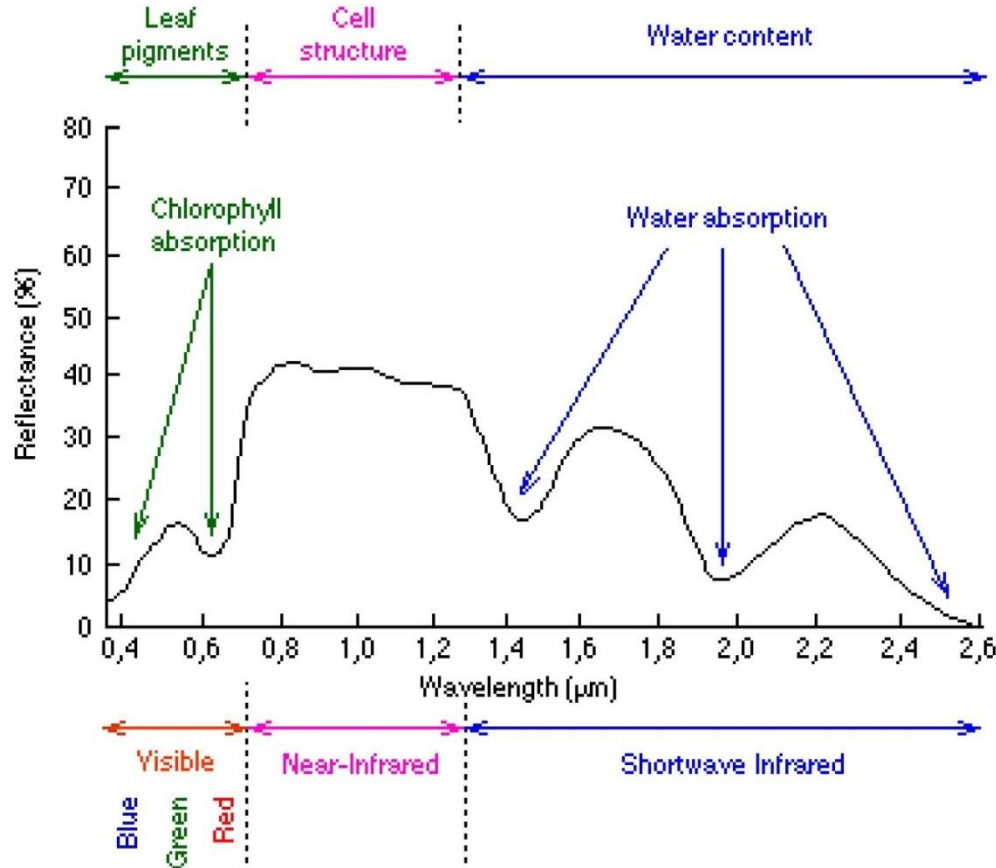
○ بطور مثال؛ نمودار پوشش گیاهی:

Dominant factor controlling leaf reflectance

○ در دامنه قرمز: جذب بالا یا انعکاس پایین

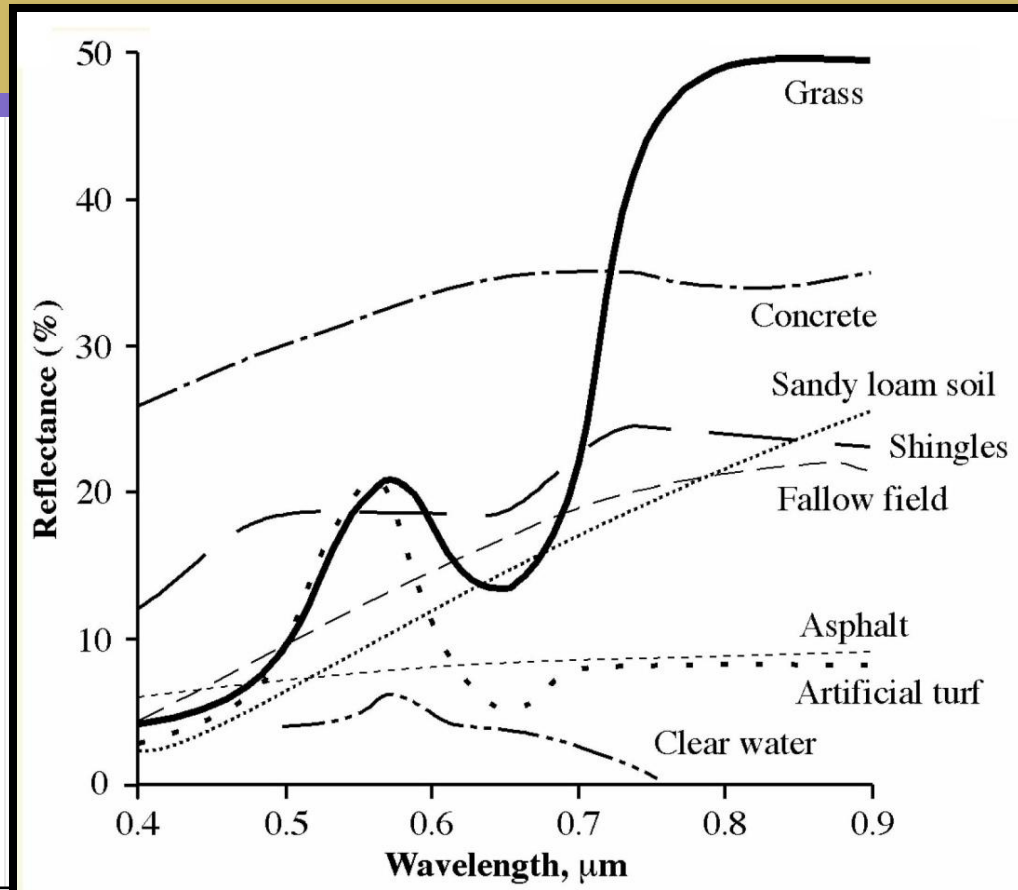
Primary absorption bands

○ در دامنه مادون قرمز: انعکاس بسیار بالا



منحنی رفتار طیفی

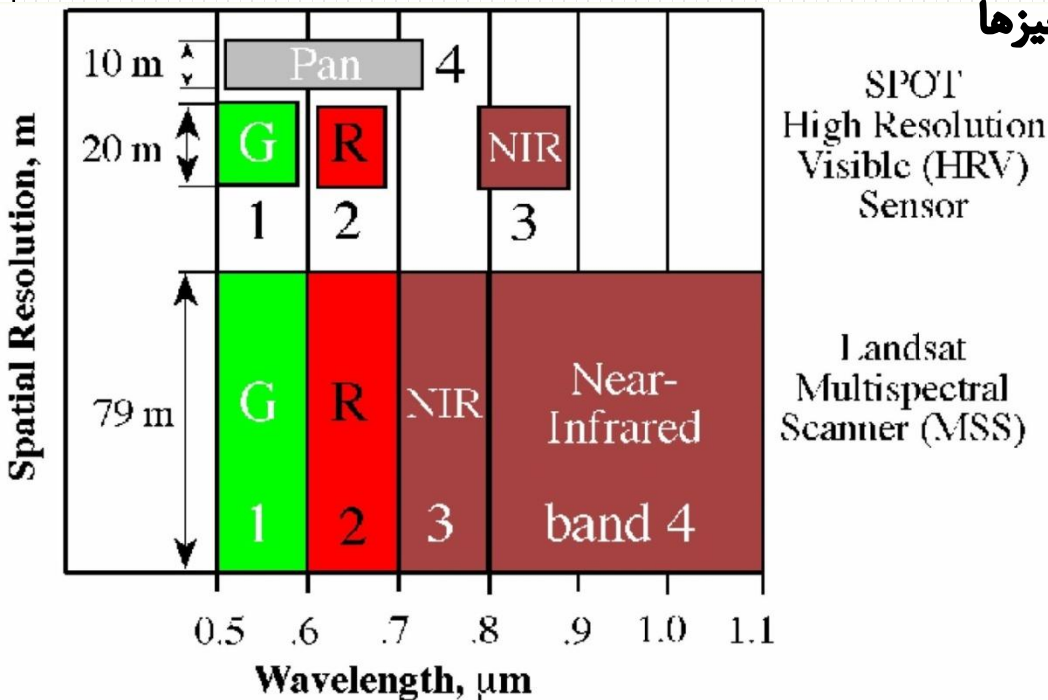
- با رسم نمودار رفتار طیفی چند جسم (همزمان)، وجه تمایز طیفی اجسام را مشاهده و تفسیر بصیری صحیح تر
- در آنالیزهای رقومی: انتخاب باند بهینه؛ با توجه به رفتار شی، خصوصیات سنجنده: تعیین ترکیب بهینه باندها



منحنی رفتار طیفی

- اهمیت منحنی رفتار طیفی در طراحی سنجنده (همچنین اهمیت نیاز کاربران)
- جهت انتخاب و طراحی باندهای طیفی برای سنجنده ها
- افت خیزهای ناگهانی منحنی طیفی : بهترین محل ها برای تعیین باندهای یک سنجنده

○ به دلیل وجود تمایز بسیار زیاد در همین افت و خیزها



پایان

