

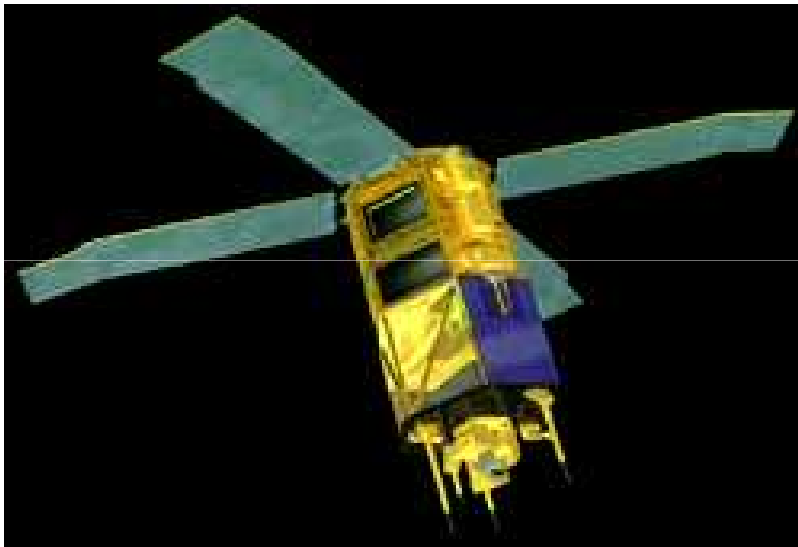


مبانی سنجش از دور

(جلسه ششم)



مطالب این جلسه



- یادآوری
- سنجنده‌های راداری و سیستم‌های تصویربرداری در آنها
 - رادار با گشودگی مصنوعی
 - Synthetic Aperture Radar
 - SAR
 - اعوجاجات هندسی در تصاویر راداری
 - خصوصیات مهم عوارض

یادآوری

• در جلسه قبل،

■ خصوصیات و پارامترهای سیگنال راداری

■ اجزای یک سیستم راداری

Transmitter □

Antenna □

Receiver □

Recorder □

■ آشنایی با چند اصطلاح مهم

■ انواع قدرت تفکیک در سیستم‌های راداری

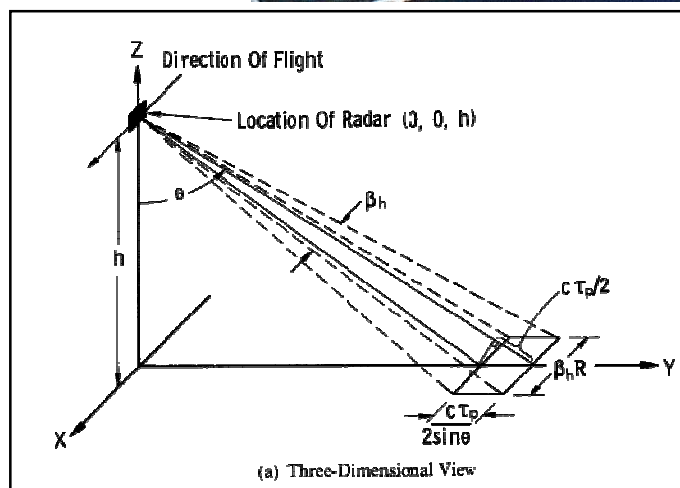
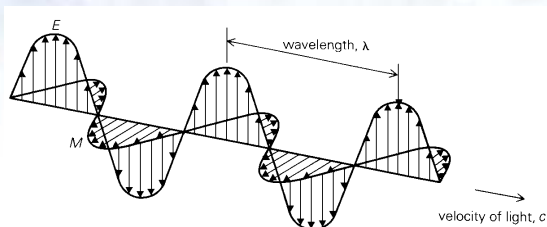
Range Resolution □

Azimuth Resolution □

■ انواع سیستم‌های تصویربرداری راداری

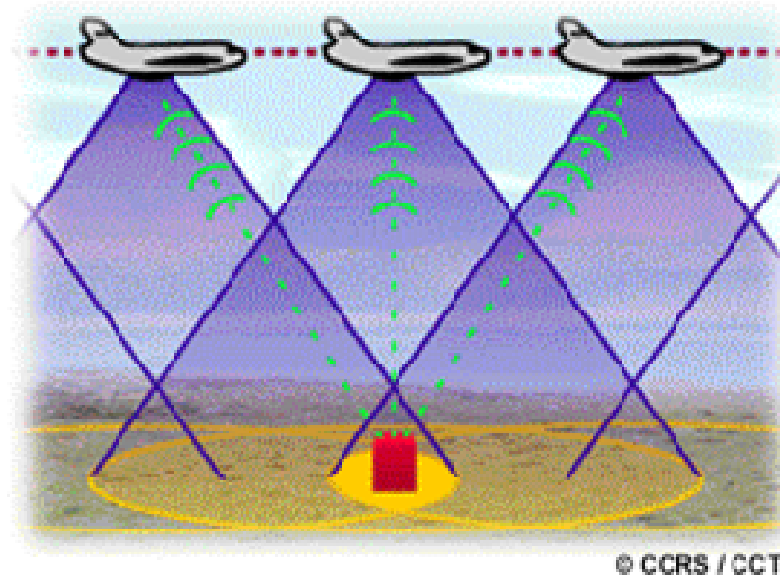
SLAR یا RAR □

SAR □



سیستم‌های تصویربرداری راداری رادار با گشودگی مصنوعی:

- یکی از انواع سیستم‌های تصویربرداری راداری
 - Synthetic Aperture Radar
 - SAR
- شبیه‌سازی یک آنتن با طول بلند با فرض براین که یک عارضه می‌تواند در مدت زمان طولانی‌تری مشاهده گردد.



سیستم‌های تصویربرداری راداری

رادار با گشودگی مصنوعی:

- تمامی بازگشت‌ها (Echoes) از یک شی در مدت زمانی که شی در دید سنجنده است، ثبت می‌گردد.

- با تمرکز بر روی یک شی می‌توان به عرض پالس کوچک‌تری رسید و در نتیجه، قدرت تفکیک را بهبود بخشید.

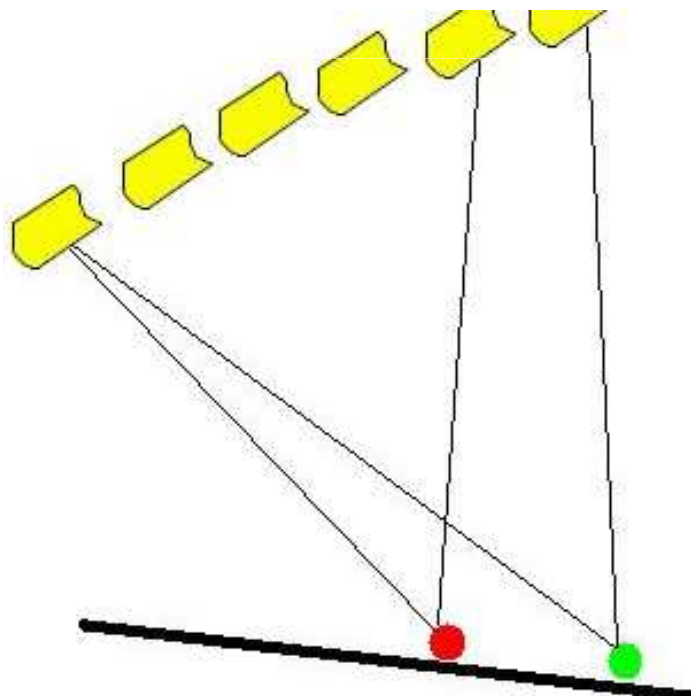
- قابلیت تغییر در حجم برداشت برای

سطح دقتی خاص

- سیستم‌های SAR، سیستم‌هایی پیچیده

هستند و نیاز به حجم بالایی از پردازش

برای رسیدن به دقت مورد نظر دارند.

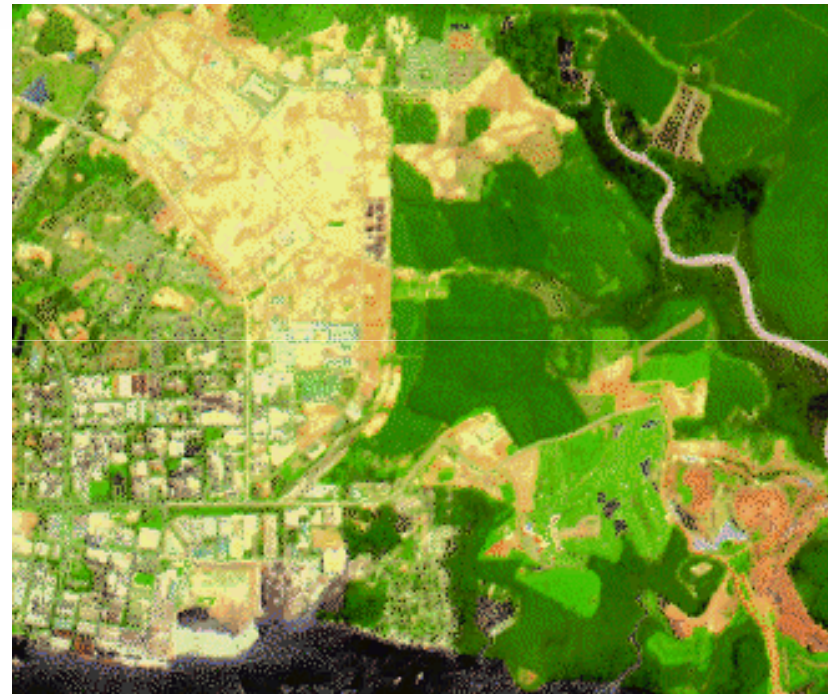


سیستم‌های تصویربرداری راداری

رادار با گشودگی مصنوعی:



تصویر سنجنده ERS با سیستم تصویربرداری
SAR و اندازه پیکسل ۵/۱۲ متری



تصویر سنجنده SPOT با اندازه پیکسل ۲۰ متری

سیستم‌های تصویربرداری راداری

رادار با گشودگی مصنوعی:

• قدرت تفکیک مکانی در SAR: ؟

■ قدرت تفکیک جانبی (Range Resolution) تقریباً مشابه با سیستم‌های RAR محاسبه می‌گردد

■ قدرت تفکیک در جهت آزمون (Azimuth Resolution) وابسته به مقدار پردازشی است که بر روی داده‌ها باید انجام گیرد تا عرض پالس باریک‌تری به دست آید، در نتیجه طول آنتن بزرگ‌تری شبیه‌سازی گردد.

■ قدرت تفکیک در جهت آزمون در سیستم‌های SAR از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$A_r = \frac{\lambda}{2D_s} R$$

R فاصله مایل تا شی، λ طول موج و D_s طول آنتن شبیه‌سازی شده

سیستم‌های تصویربرداری راداری

رادار با گشودگی مصنوعی:

$$A_r = \Delta L = \beta \cdot R \quad \beta = \frac{\lambda}{D_R} \quad \text{در سیستم‌های RAR داریم:}$$

حال اگر طول آنتن شبیه‌سازی شده D_S نامیده شود، خواهیم داشت:

$$D_S = \beta \cdot R \quad \Rightarrow \quad D_S = \frac{\lambda}{D_R} R$$

در نتیجه، در سیستم‌های SAR داریم:

$$A_r = \frac{\lambda}{2D_S} R \quad \xrightarrow{D_S = \frac{\lambda}{D_R} R} \quad A_r = \frac{D_R}{2}$$

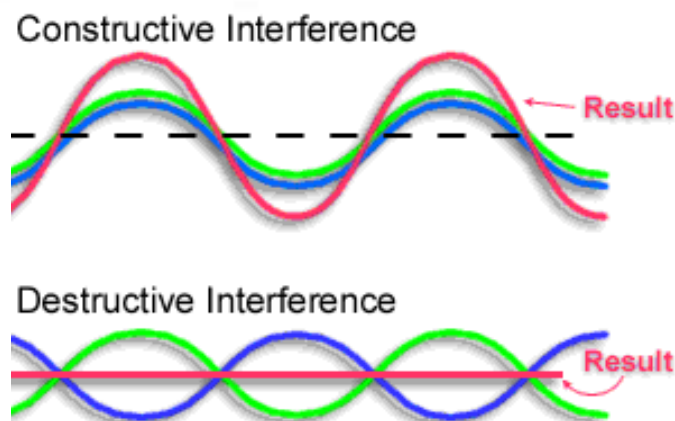
سیستم‌های تصویربرداری راداری

رادار با گشودگی مصنوعی:

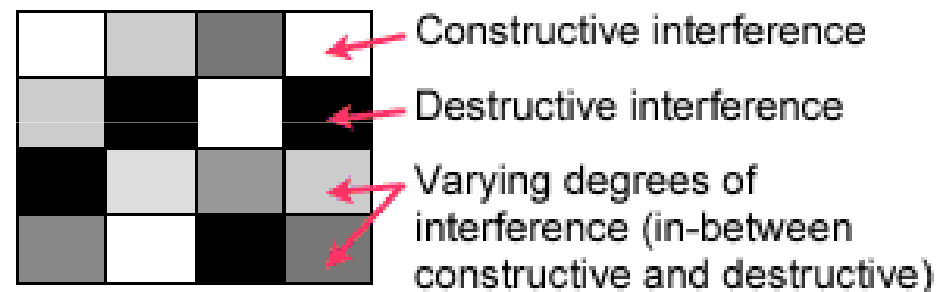
- رابطه $A_r = \frac{D_R}{2}$ (قدرت تفکیک در جهت آزیموت برای سیستم‌های SAR) به فاصله سنجنده تا شی بستگی ندارد، لذا ارتفاع سنجنده تاثیری در قدرت تفکیک این نوع از سنجنده‌ها نخواهد داشت.
- هرچه طول آنتن در سیستم‌های SAR کوچک‌تر باشد، قدرت تفکیک بهتری حاصل خواهد شد.
- در کنار همه این مزایا، طبیعت سیستم SAR باعث ایجاد نوعی نویز در اطلاعات با نام نویز لکه (Speckle Noise) می‌گردد.
- این نویز در ارائه قدرت تفکیک آزیموتی ایده‌آل در سیستم‌های SAR محدودیت ایجاد می‌کند.

سیستم‌های تصویربرداری راداری

رادار با گشودگی مصنوعی:



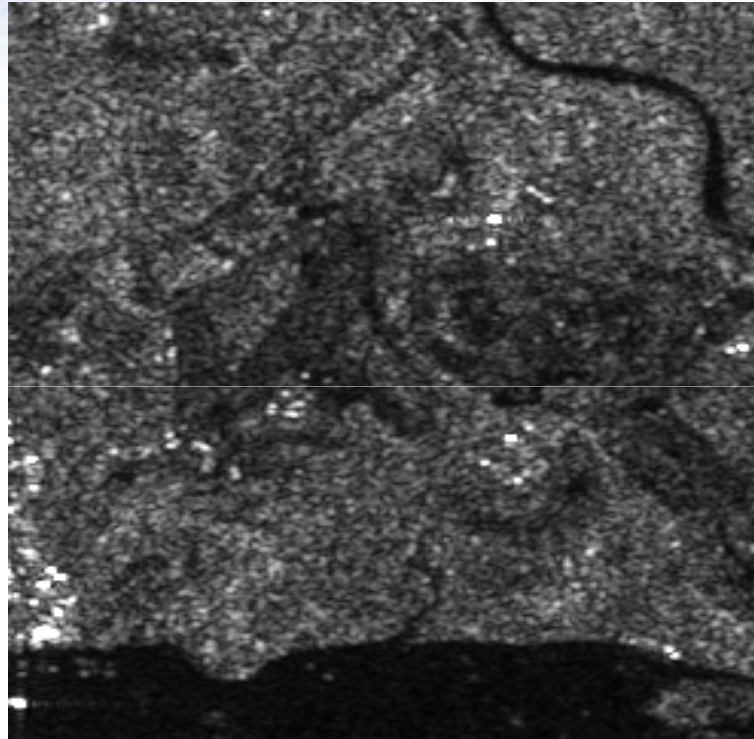
Example of Homogeneous Target
(being imaged by a radar sensor)



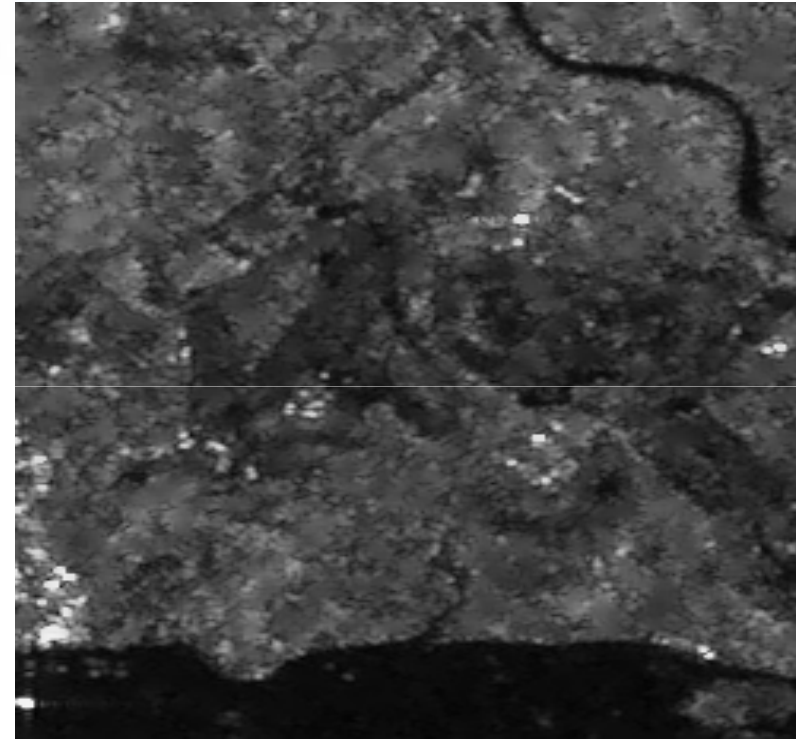
- تصاویر خام سیستم‌های SAR به علت وجود خطای Speckle به صورت دانه‌دانه دیده می‌شوند. (Grains of salt and pepper)

سیستم‌های تصویربرداری راداری

رادار با گشودگی مصنوعی:




تصویر دارای نویز Speckle



تصویر پس از اعمال فیلتر حذف Speckle

- اثر Speckle را می‌توان با اعمال فیلتر میانگین‌گیری بر روی پیکسل‌های همسایه و یا طراحی آنتن برای استفاده از چند زیربخش تصویری (Look)



سیستم‌های تصویربرداری راداری

اعوجاجات هندسی در تصاویر راداری:

- سیستم‌های تصویربرداری راداری، سیستم‌های اندازه‌گیری فاصله مایل براساس محاسبه تاخیر زمانی پالس ارسالی و دریافتی هستند.
- به علت چنین هندسه خاصی، چندین نوع اعوجاج هندسی در شکل و اندازه عوارض به وجود می‌آید:
 - پدیده وارونگی (Layover)
 - پدیده کوتاه‌شدگی (Foreshortening)
 - سایه‌های راداری (Radar Shadows)
- تمامی پدیده‌های بالا تابعی از زاویه دید و شیب محلی سطح زمین هستند.

سیستم‌های تصویربرداری راداری اعوجاجات هندسی در تصاویر راداری:

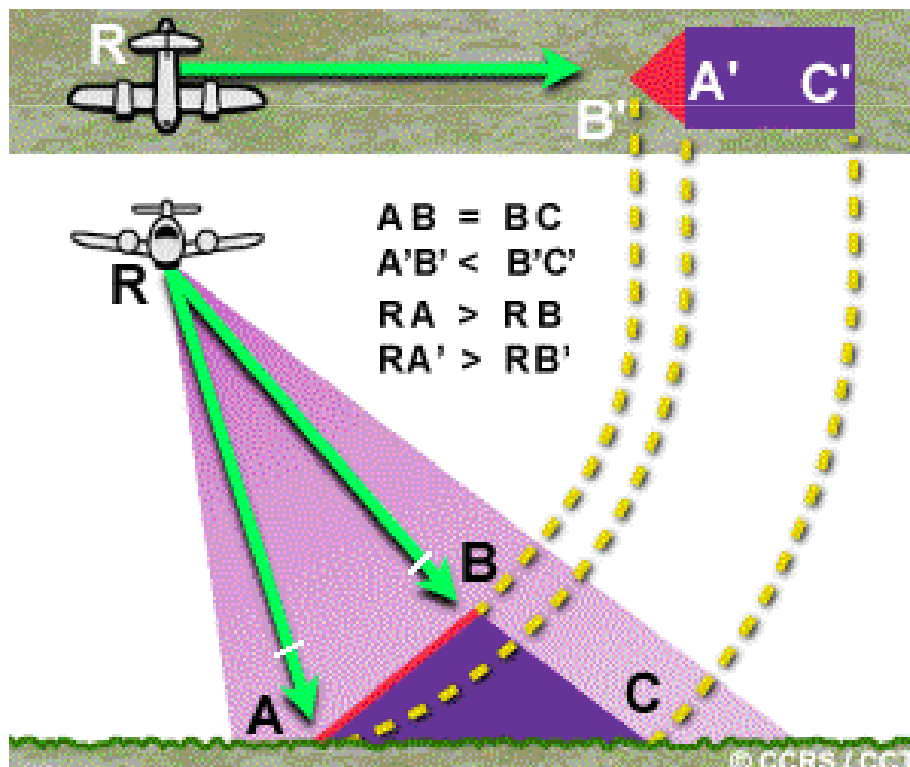
- پدیده وارونگی در مناطقی که دارای شیب و ارتفاع زیاد و یا زوایای فرود محلی کوچک هستند، رخ می‌دهد.

- در این حالت نوک شی همیشه به سنجنده نزدیک‌تر است، بنابراین موج ابتدا به نقاط بالایی شی برخورد

می‌کند و سپس انعکاسات مربوط

به نقاط پایینی شیب به سمت
سنجنده روانه می‌گردد.

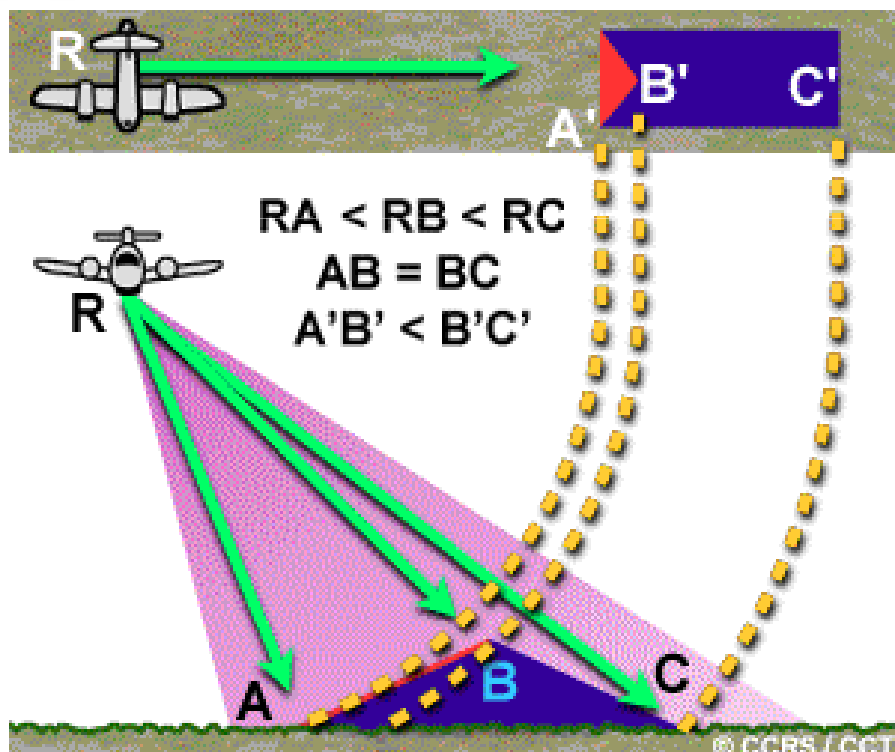
- به عبارت دیگر، نقاط بالایی
زودتر از نقاط پایینی ثبت
می‌گردند.



سیستم‌های تصویربرداری راداری

اعوجاجات هندسی در تصاویر راداری:

- پدیده کوتاه‌شدگی زمانی رخ می‌دهد که طول شیب‌دار رو به سنجنده، کوتاه‌تر از مقدار واقعی ثبت شود.



- این پدیده هنگامی رخ می‌دهد که زاویه فرود محلی کوچکتر از زاویه فرود ولی بزرگ‌تر از صفر باشد.
- با کم شدن زاویه گسترش، مقدار کوتاه‌شدگی کاهش می‌یابد.

سیستم‌های تصویربرداری راداری

اعوجاجات هندسی در تصاویر راداری:

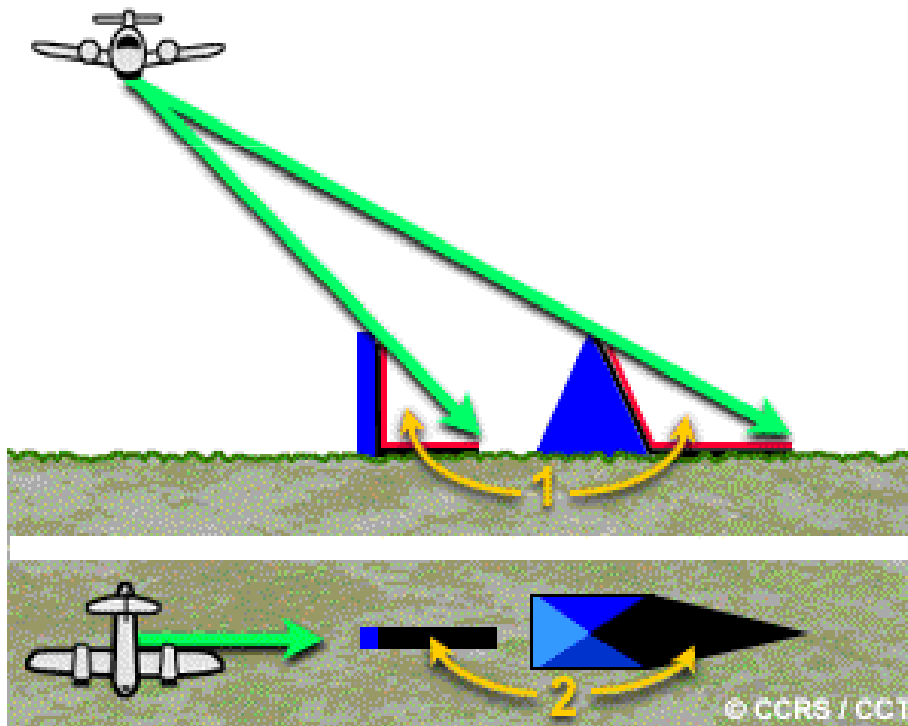
- جدول زیر درصد کوتاه‌شدگی را بر حسب مقدار زاویه فرود نمایش می‌دهد:

زاویه فرود بر حسب درجه	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰
درصد کوتاه شدگی	۰	۱.۵	۶	۱۳	۲۳	۳۵	۵۰	۶۵	۸۲	۱۰۰

- شیب‌هایی از زمین که با زاویه فرود صفر درجه برداشت می‌شوند، دارای بیشترین حد کوتاه‌شدگی بوده و تبدیل به یک نقطه می‌شوند.

سیستم‌های تصویربرداری راداری اعوجاجات هندسی در تصاویر راداری:

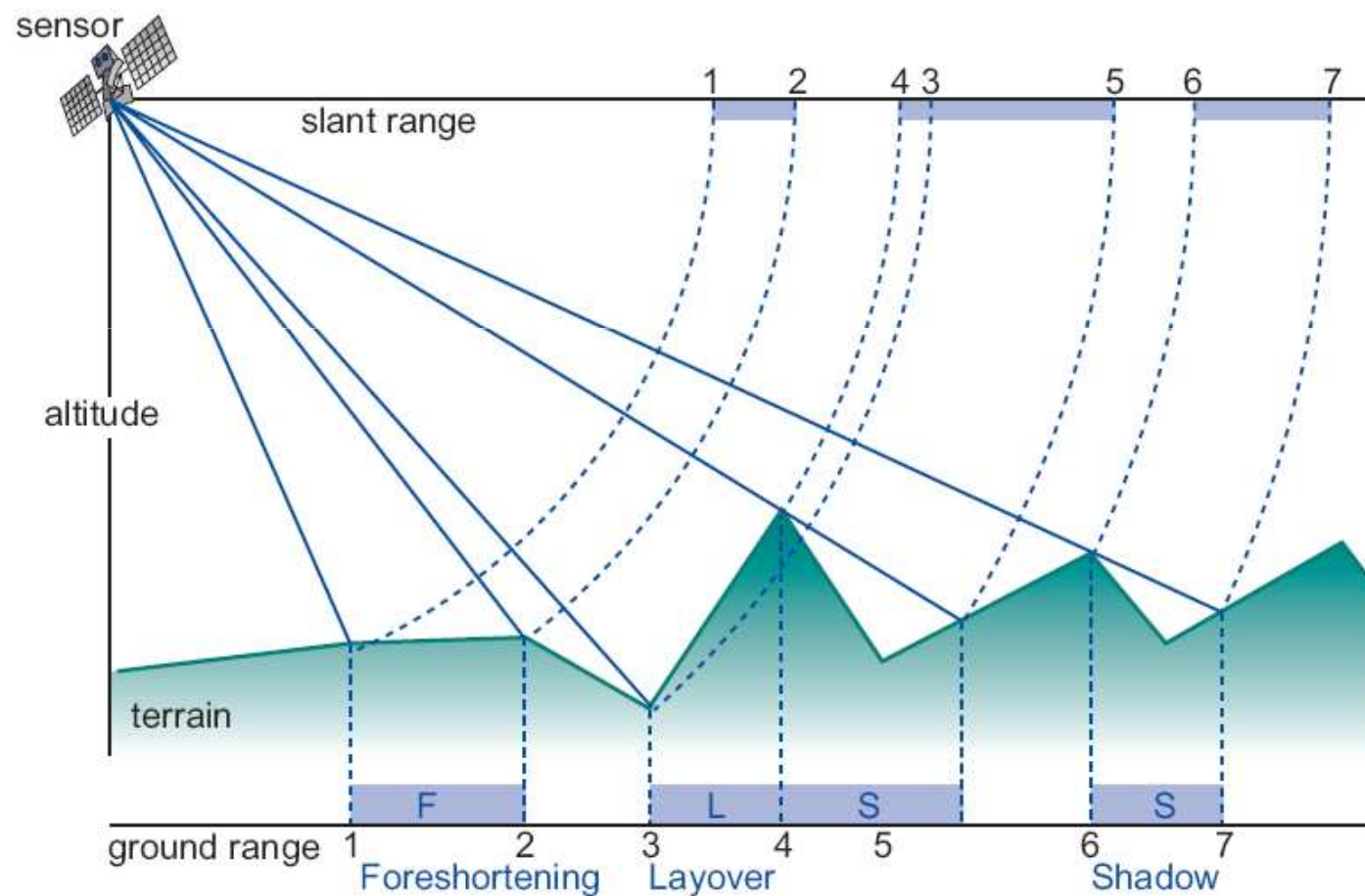
- سایه‌های راداری شامل مناطقی از سطح زمین هستند که امواج مایکروویو را دریافت نمی‌کنند و به همین علت، هیچ نوع بازگشتی به سنجنده ندارند.




- این پدیده به علت شیب مثبت اشیا نسبت به جهت ارسال امواج ایجاد شده و در تصاویر راداری، به صورت مناطق تیره و تاریک ظاهر خواهند شد.
- اندازه و شدت سایه‌های راداری به زاویه گسترش و شیب زمین بستگی دارد.

سیستم‌های تصویربرداری راداری

اعوجاجات هندسی در تصاویر راداری:





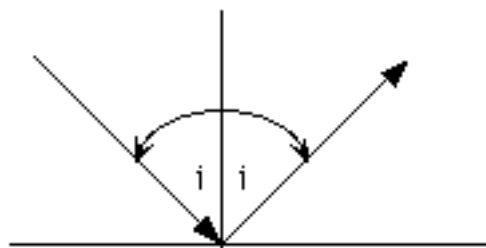
سیستم‌های تصویربرداری راداری

خصوصیات مهم عوارض:

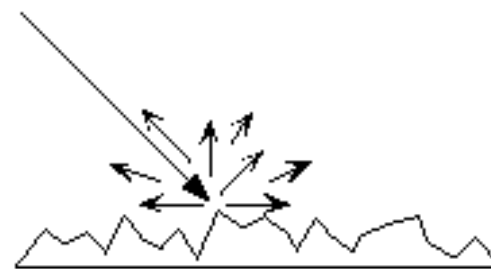
- برای تفسیر بصری عوارض در تصاویر راداری، دانستن بعضی از واکنش‌های میان اشیا و انرژی الکترومغناطیس ضروری است.
- مهم‌ترین خصوصیات اشیا که بر چگونگی و کیفیت شکل‌گیری تصاویر تاثیر می‌گذارند، عبارتند از:
 - ناهمواری‌های سطوح (Surface Roughness)
 - پراکنش حجمی (Volume Scattering)
 - وضعیت و توجیه اشیا (Angularity of Target)
 - ثابت هدایت الکتریکی (Dielectric Constant)

سیستم‌های تصویربرداری راداری ناهمواری‌های سطوح :

- میزان تغییرات و نامنظمی ارتفاعی نسبت به یک سطح مبنا
▪ متفاوت با توپوگرافی و جابه‌جایی ارتفاعی
- عمق ارتفاعی مطرح در Surface Roughness چیزی حدود ۱ تا ۴۵ سانتی‌متر است (در اندازه طول موج امواج راداری).
- براساس میزان ناهمواری سطوح، انعکاس سطحی را می‌توان به ۳ دسته عمده «انعکاس آینه‌ای»، «انعکاس پراکنده» و «انعکاس کاملاً پراکنده» طبقه‌بندی کرد.



Specular Reflection



Total Diffused Reflection

سیستم‌های تصویربرداری راداری ناهمواری‌های سطوح :

- ناهمواری یک سطح را می‌توان تابعی از طول موج و زاویه دید سنجنده در نظر گرفت.

- به طور کلی، وقتی طول موج افزایش می‌یابد سطح هموارتر به نظر می‌رسد.

- تغییرات ارتفاعی کمتر از
یک هشتم طول موج ← (Smooth) سطح هموار
Specular Reflection (انعکاس آینه‌ای)

- سطح انرژی بازگشتی پایین ← تصویری تیره

- مانند سطح آرام آب یا سطح جاده‌های آسفalte

سیستم‌های تصویربرداری راداری ناهمواری‌های سطوح :

- در طول موج‌های پایین‌تر، سطح ناهموار به نظر می‌رسد.
- اگر سطح کمی ناهموار باشد، انرژی دریافتی را در جهات مختلف و به میزان بیشتر در زاویه مقابل زاویه فرود منعکس می‌کند.

تغییرات ارتفاعی بین نیم
تا یک هشتم طول موج ← سطح ناهموار
Diffused Reflection (انعکاس پراکنده)

- سطح انرژی بازگشتی بالا ← تصویری روشن‌تر
- مانند پوشش‌های گیاهی تنک و کوتاه یا زمین‌های شخم‌خورده

سیستم‌های تصویربرداری راداری ناهمواری‌های سطوح :

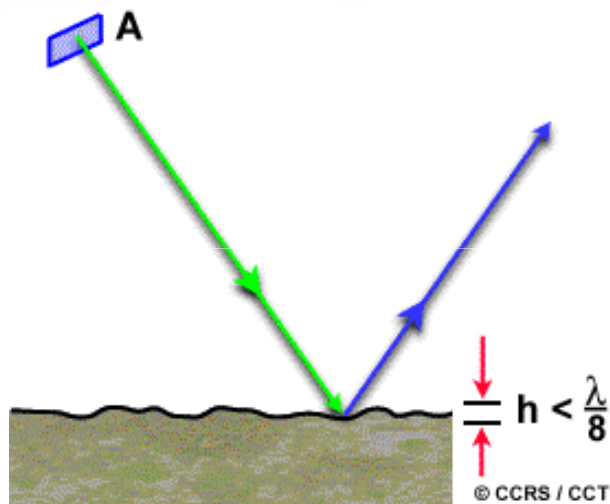
▪ سطوح کاملاً ناهموار، انعکاسات قوی به سمت سنجنده ایجاد می‌کنند.

تغییرات ارتفاعی بیشتر از
نیمی از طول موج ←
سطح کاملاً ناهموار
Total Diffused Reflection
(انعکاس کاملاً پراکنده)

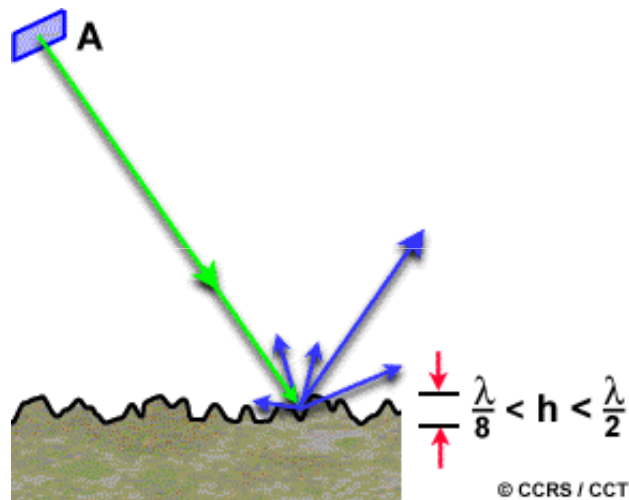
▪ سطح انرژی بازگشتی بسیار بالا ← تصویری کاملاً روشن

▪ مانند مناطق سنگلاخی حاشیه رودخانه‌ها

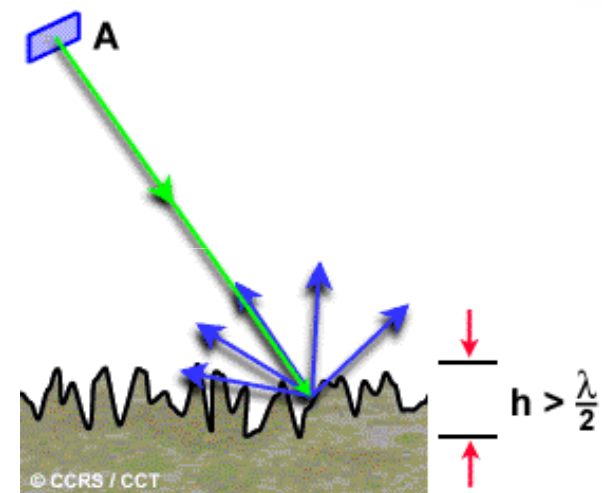
سیستم‌های تصویربرداری راداری ناهمواری‌های سطوح :



سطح آینه‌ای



سطح ناهموار



سطح کاملاً ناهموار



سیستم‌های تصویربرداری راداری

پراکنش حجمی :

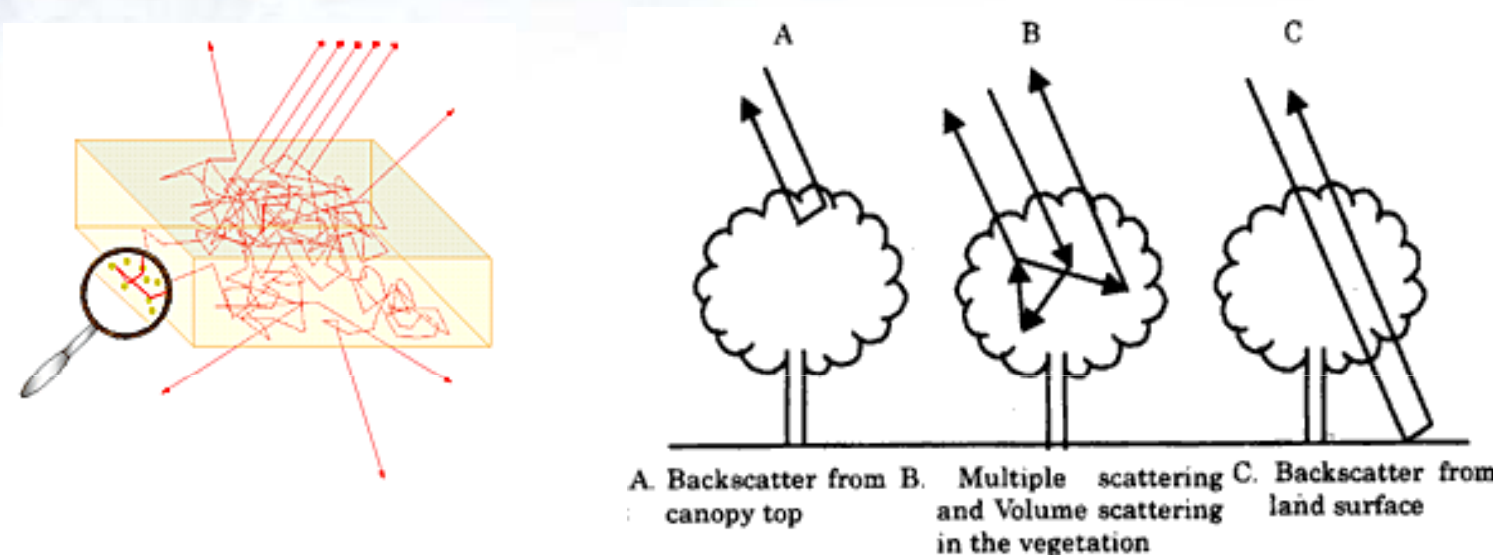
- در حالت عادی، امواج پس از برخورد با سطح شی و با توجه به خصوصیات فیزیکی شی و موج در جهاتی گوناگون منعکس می‌شوند. چنین انعکاسی را «پراکنش سطحی» (Surface Scattering) می‌نامند.

- در تصویربرداری راداری به علت طول موج بلند امواج مایکروویو، آن‌ها قابلیت نفوذ به داخل بعضی از اشیاء را دارند. چنین انعکاسی را «پراکنش حجمی» (Volume Scattering) می‌نامند.

- در حقیقت، قسمتی از موج الکترومغناطیس در محل برخورد با سطح عارضه منعکس شده و قسمتی دیگر تا حدی در شی نفوذ می‌کند.

سیستم‌های تصویربرداری راداری

پراکنش حجمی :

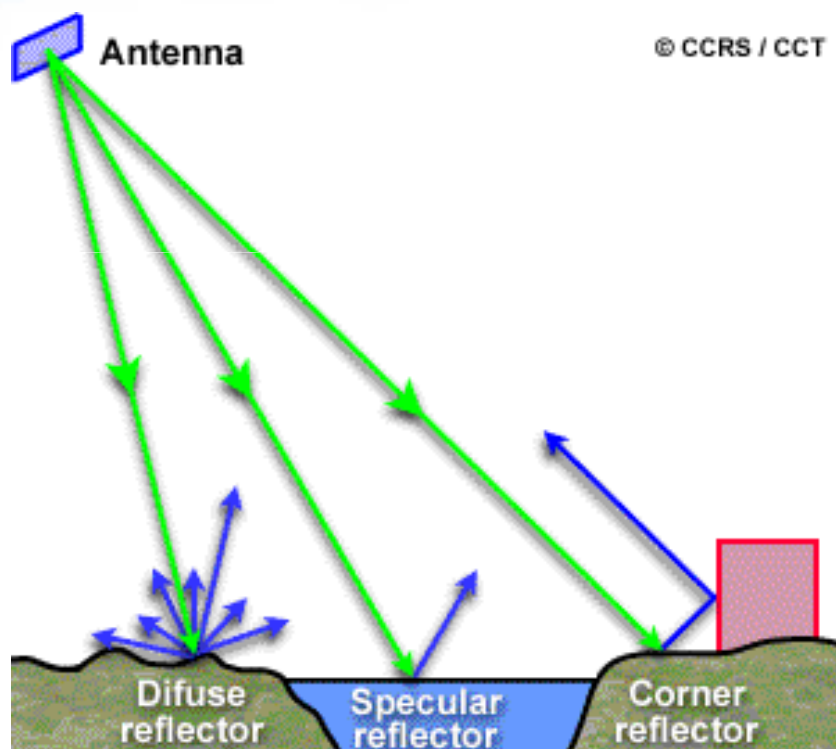


- پراکنش حجمی تابعی از خصوصیات فیزیکی شی نظیر درصد رطوبت و خصوصیات سیستم راداری نظیر طول موج، پلاریزاسیون و زاویه فرود می‌باشد.
- پراکنش حجمی را عموماً می‌توان در هنگام برخورد امواج با درختان و همچنین ماسه‌های ساحلی مشاهده کرد.

سیستم‌های تصویربرداری راداری

وضعیت و توجیه اشیا :

- شکل و وضعیت هندسی اشیا می‌تواند بر روی مقدار انرژی بازگشتی اثرگذار باشد.



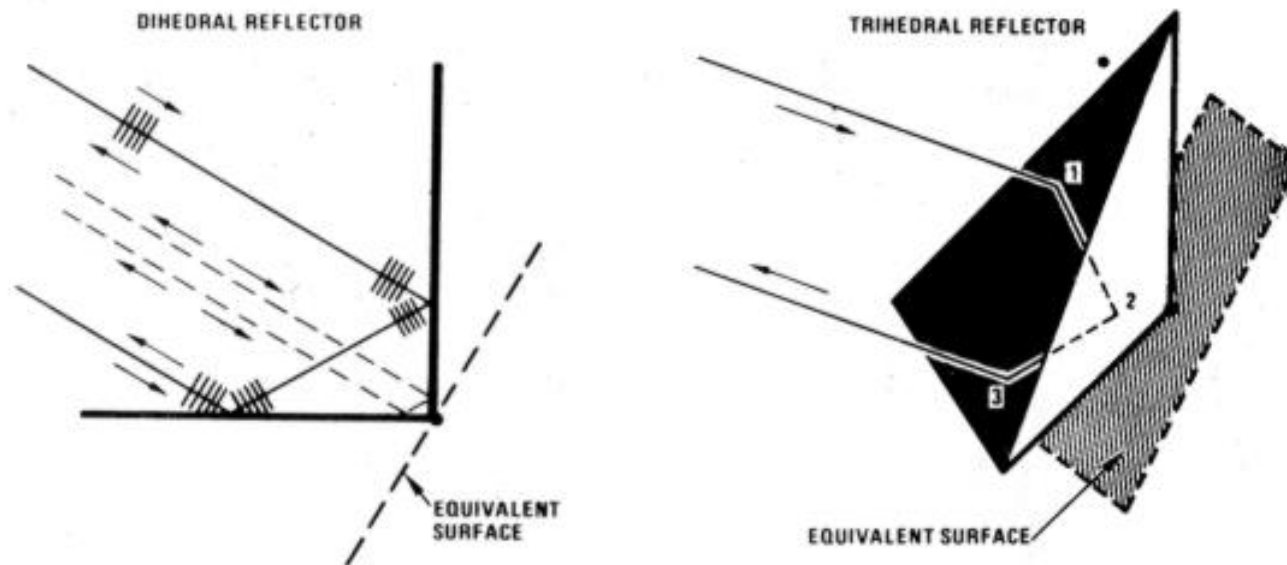
- توجیه هندسی بعضی از اشیا به گونه‌ای است که می‌تواند مقدار انرژی قابل توجهی را به سمت سنجنده بازگرداند و باعث ایجاد نقاط بسیار روشن بر روی تصویر گردد. چنین اشیایی را «بازگشت‌دهنده‌های گوشه‌ای» (Corner Reflectors) می‌نامند.
- بازگشت‌دهنده‌های گوشه‌ای اکثراً در مناطق شهری دیده می‌شوند.

سیستم‌های تصویربرداری راداری

وضعیت و توجیه اشیا:

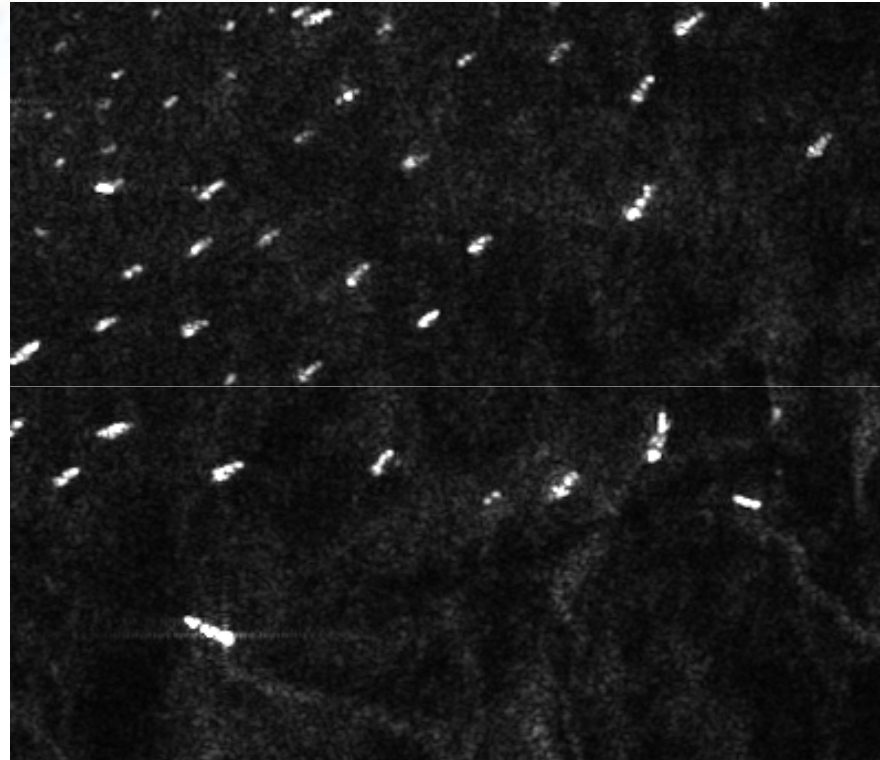
- بازگشت‌دهنده‌های گوشه‌ای شامل دو نوع عمده هستند:
 - دو پهلویی (Dihedral)
 - سه پهلویی (Trihedral)

CORNER REFLECTORS



سیستم‌های تصویربرداری راداری

وضعیت و توجیه اشیا :



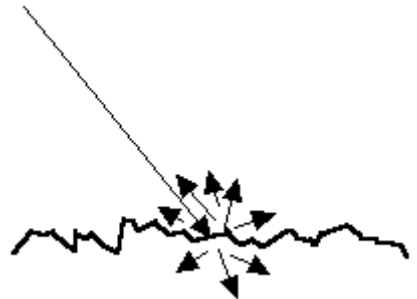
تصویر SAR از منطقه‌ای بندری در شیکاگو، ایالات متحده
کشتی‌ها با به‌وجود آوردن برگشت‌دهنده‌های گوشه‌ای نسبت به سطح ساکن آب، میزان انرژی قابل‌توجهی
را به سنجنده بازگردانده‌اند و در نتیجه در پس زمینه تیره آب، به خوبی قابل تشخیص هستند.

سیستم‌های تصویربرداری راداری

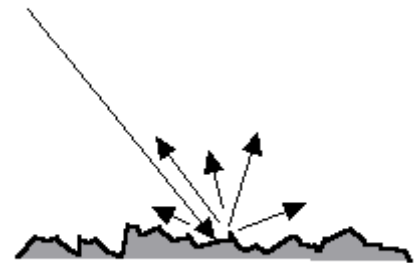
ثابت هدایت الکتریکی :

- پارامتری برای اندازه‌گیری چگونگی رفتار شی در مقابل سیگنال دریافتی
 - مشخص کننده جذب، انعکاس یا انتقال موج الکترومغناطیس دریافتی
- ثابت هدایت الکتریکی بالا در یک شی به مفهوم قابلیت انعکاس بیشتر امواج الکترومغناطیس توسط آن شی و ثابت پایین، به مفهوم قابلیت نفوذ بیشتر در شی است.
 - بین ۳ تا ۱۶، برای سنگ و خاک خشک.
 - بین ۳۰ تا ۶۰، برای خاک مرطوب
 - حدوداً ۸۰، برای آب با املاح معدنی

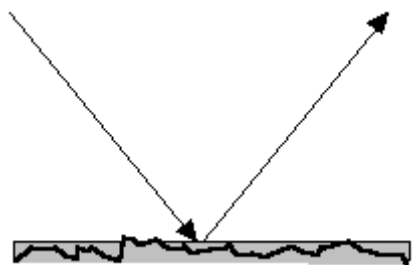
سیستم‌های تصویربرداری راداری ثابت هدایت الکتریکی :



خاک خشک



خاک مرطوب



سطح آبی



در جلسه بعد . . .