



# مبانی سنجش از دور

(جلسه پنجم)

# مطالب این جلسه

- یادآوری

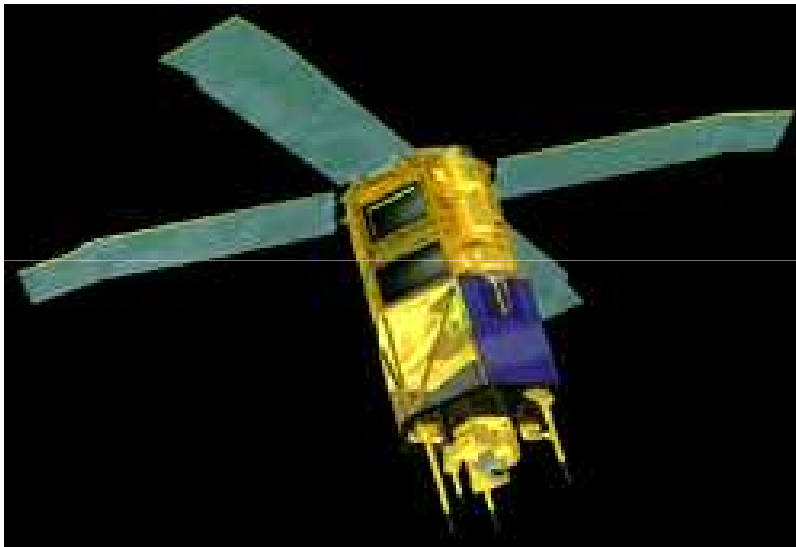
- سنجنده‌های راداری و سیستم‌های

تصویربرداری در آن‌ها

- خصوصیات و پارامترهای سیگنال راداری

- اجزای سیستم تصویربرداری راداری

- انواع سیستم‌های تصویربرداری راداری



# یادآوری

- در جلسه قبل،

- سنجنده‌های مطرح در سنجش از دور

- IKONOS

- QuickBird

- هم‌چنین،

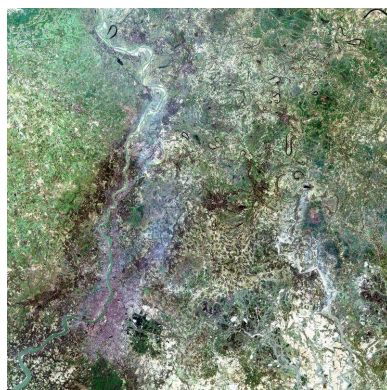
- مفاهیم ابتدایی سنجنده‌های راداری

- مفاهیم ابتدایی

- تاریخچه

- نام‌های استاندارد بخش مایکروویو طیف الکترومغناطیس

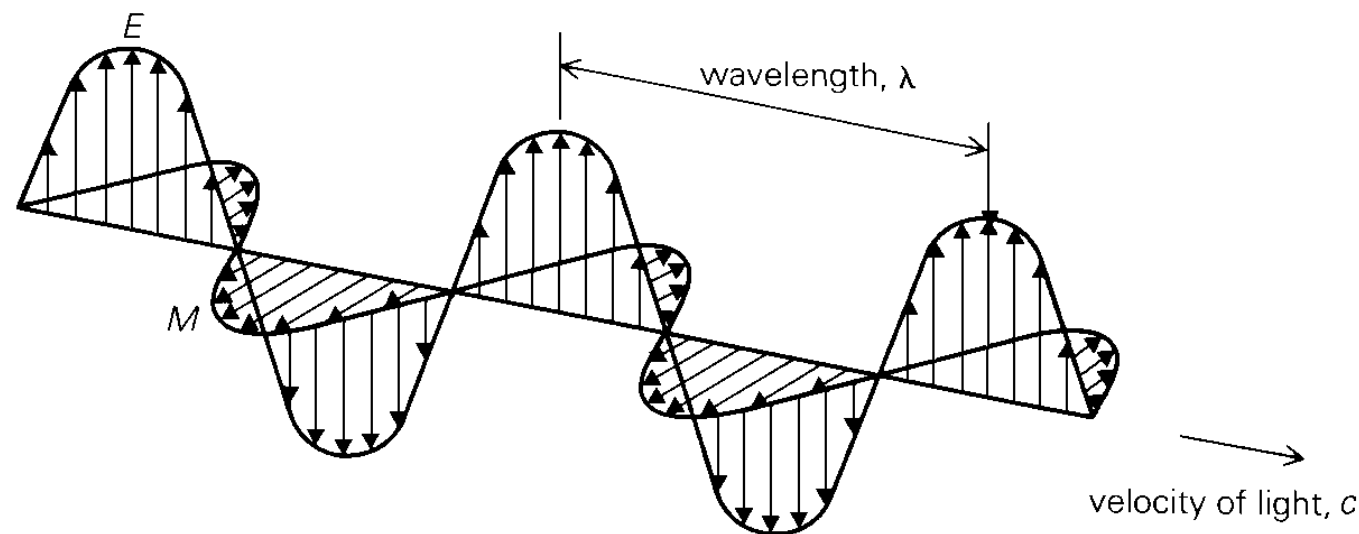
- مزایا و معایب



# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## پارامترهای سیگنال راداری:

- می‌دانیم که حرکت امواج الکترومغناطیس به صورت سینوسی و با سرعت نور فرض می‌شود.
- موج الکترومغناطیس از دو موج الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم تشکیل شده‌است.





# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## پارامترهای سیگنال راداری:

- مهم‌ترین پارامترهای موج الکترومغناطیس عبارتند از:
  - طول موج (Wavelength): فاصله میان دو نقطه یکسان موج
  - فرکانس یا بسامد (Frequency): تعداد موجی است که در واحد زمان از یک نقطه مشخص عبور می‌کند.
  - تناوب (Period): زمانی است که در آن یک موج کامل از یک نقطه عبور می‌کند.
  - فاز (Phase): بخشی از تناوب است که از زمان شروع یک موج تا یک نقطه مشخص طول می‌کشد.
  - رابطه میان طول موج، تناوب و سرعت نور و همچنین تناوب و فرکانس :

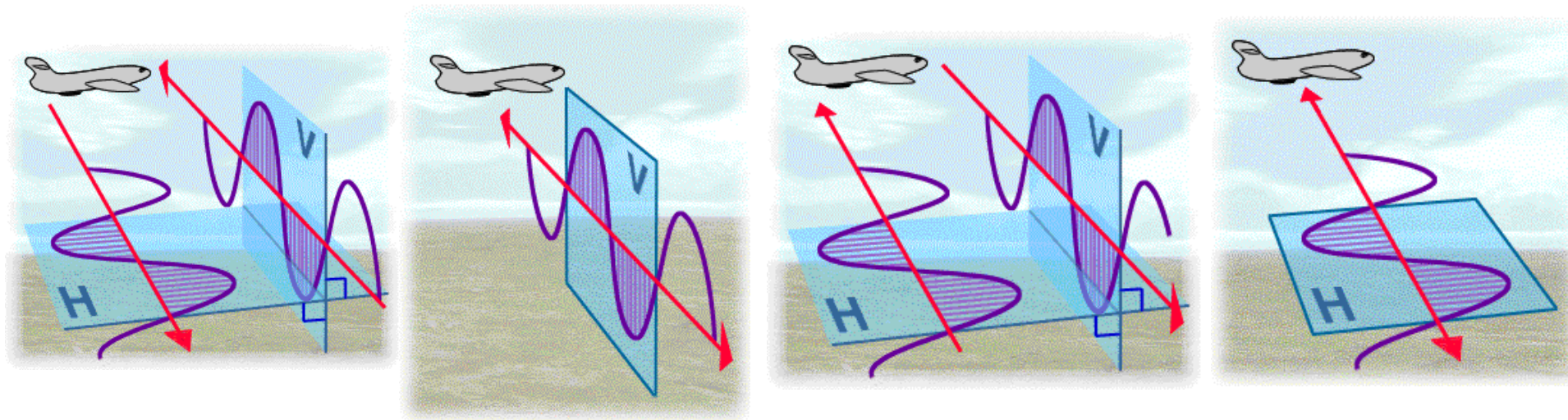
$$C = \frac{\lambda}{T} \quad T = \frac{1}{F}$$

# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## پارامترهای سیگنال راداری:

■ پلاریزاسیون (Polarization): جهت نوسان بردار میدان الکتریکی نسبت به محور انتشار موج یا به عبارت دقیق‌تر نسبت به سطح مرجعی که توسط آنتن فرستنده راداری تعریف می‌شود، می‌باشد.

□ بسته به این که پلاریزاسیون در کدام صفحه قرار بگیرد، پلاریزاسیون عمودی یا افقی نامیده می‌شود.



# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## اجزای یک سیستم راداری:

- یک سیستم تصویربرداری راداری از ۴ جز اصلی تشکیل شده است:
  - فرستنده (Transmitter): وظیفه تولید سیگنال و انتقال انرژی مایکروویو به آنتن بر عهده فرستنده است.
  - آنتن (Antenna): وظیفه ارسال و هدایت امواج الکترومغناطیس به سطح زمین و دریافت امواج بازگشتی از زمین را بر عهده دارد.
    - اغلب اوقات به صورت مستطیلی، دریچه یا گشودگی (Aperture)
  - گیرنده (Receiver): آنتن پس از دریافت امواج آن‌ها را به گیرنده انتقال می‌دهد. گیرنده این امواج را گرفته و پس از فیلتر و تقویت، به سوی ثبت کننده هدایت می‌کند.
  - ثبت کننده (Recorder): انرژی‌های دریافتی را بر روی فضای ذخیره‌سازی از پیش تعیین شده در سنجنده ذخیره می‌کند.



# سیستم‌های تصویربرداری راداری

- سیستم‌های تصویربرداری راداری به ۲ دسته عمده طبقه‌بندی می‌شوند:



■ رادار با گشودگی واقعی

Real Aperture Radar □


RAR □

■ رادار با گشودگی مصنوعی

Synthetic Aperture Radar □

SAR □






# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## رادار با گشودگی واقعی :

- قالب‌ها بر روی سکوها‌ی هواپرد نصب می‌شود.
- یک سیستم کاملاً استاندارد راداری
  - آنتن فیزیکی با طول مشخص به همراه مشخصات سیگنال ارسالی
- در سیستم‌های RAR، به پردازشی به غیر از آنچه برای تولید تصاویر قابل استفاده انجام می‌شود، نیاز نیست. (بر خلاف SAR)
- جهت ارسال امواج بر مسیر حرکت سکو عمود است.
  - Side-Looking Airborne Radar
  - SLAR



# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## آشنایی با چند اصطلاح مهم:

- ارتفاع (Altitude): فاصله عمودی میان سنجنده و سطح زمین. این فاصله گاه از سطح بیضوی و گاه از msl تعیین می‌شود.
- نادیر (Nadir): نقطه‌ای روی زمین در راستای شاقولی در پایین سنجنده
- آزیموت (Azimuth): جهت حرکت سکو
- فاصله مایل (Slant Range): فاصله میان سنجنده تا اشیا. در سیستم‌های راداری تمامی پارامترها در سیستم مختصاتی مایل اندازه‌گیری می‌شوند.
- فاصله زمینی (Ground Range): فاصله زمینی معادل فاصله مایل
- دامنه نزدیک (Near Range): کمترین فاصله مایل یا زمینی به نادیر
- دامنه دور (Far Range): بیشترین فاصله مایل یا زمینی به نادیر

# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## آشنایی با چند اصطلاح مهم:

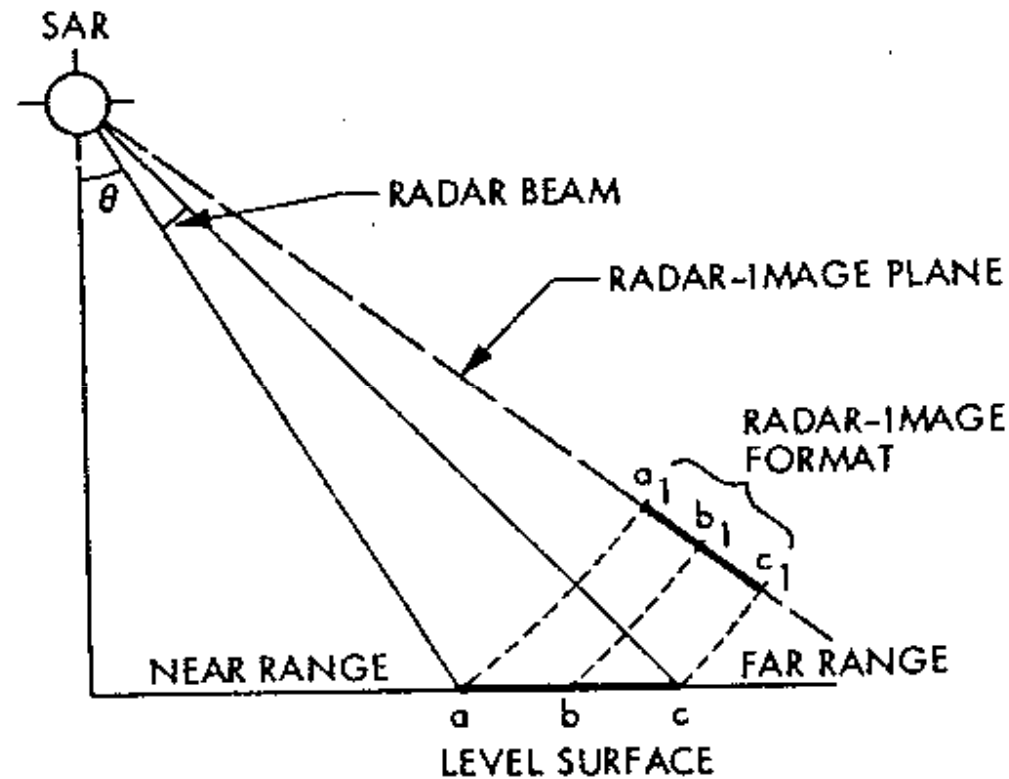



Figure 1. Radar-image format showing slant-range presentation  $a_1b_1c_1$  relative to ground-range  $abc$ , assuming a level surface. Long-dashed line represents radar-image plane. Look angle  $\theta$  is inclination of the radar beam off vertical





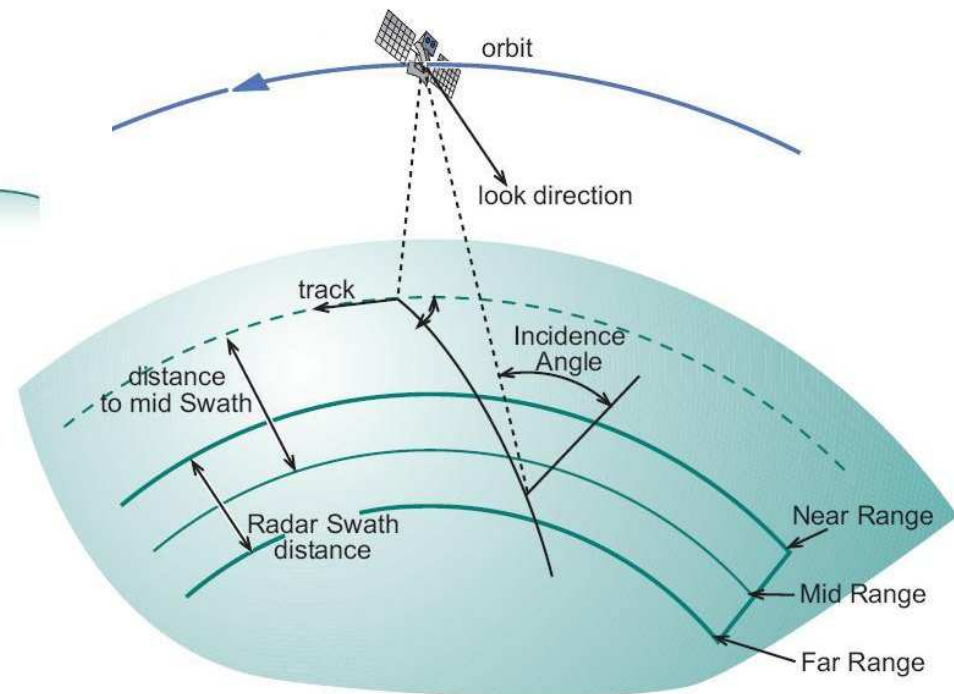
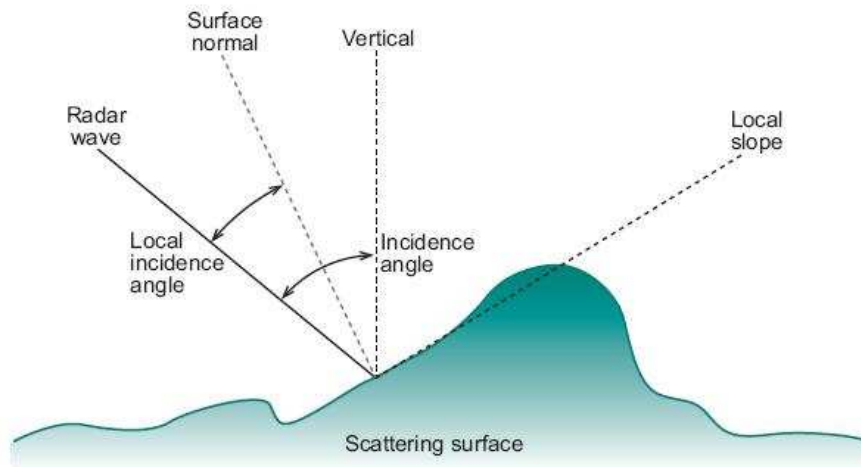
# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## آشنایی با چند اصطلاح مهم:

- عرض برداشت (Swath Width): مقطع بخشی از سطح زمین که توسط سیگنال پوشش داده و برداشت می‌شود.
- طول برداشت (Swath Length): فاصله‌ای که توسط رادار در جهت آزمون برداشت می‌شود.
- زاویه دید (Look Angle, Illumination Angle): زاویه میان بردار عمود بر سطح زمین و راستای موج در محل سنجنده.
  - هر سنجنده زاویه دید مخصوص به خود را دارد.
- زاویه فرود (Incident Angle): زاویه میان راستای موج و راستای شاقولی در زمین.
  - اگر سطح زمین صاف فرض شود، آن‌گاه زاویه دید و زاویه فرود برابر می‌شود.

# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## آشنایی با چند اصطلاح مهم:



# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## آشنایی با چند اصطلاح مهم:

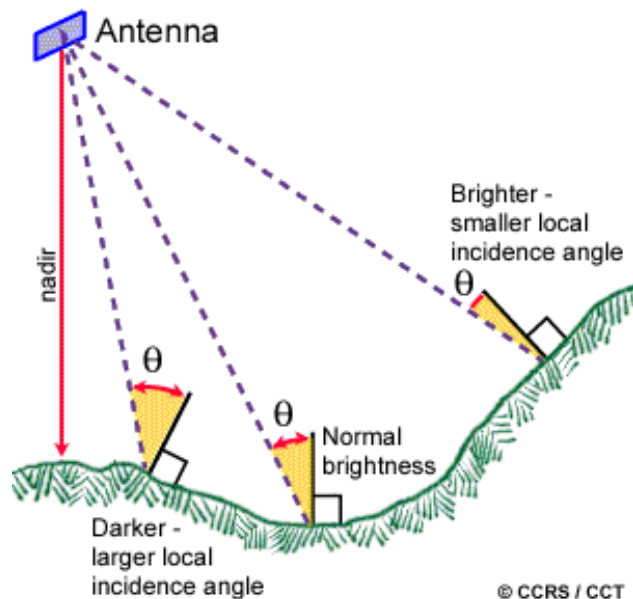
- زاویه فرود محلی (Local Incident Angle): زاویه میان راستای موج و خط عمود بر هر المان در سطح زمین.

- زاویه فرود محلی تابعی از زاویه دید و شیب محلی زمین است.

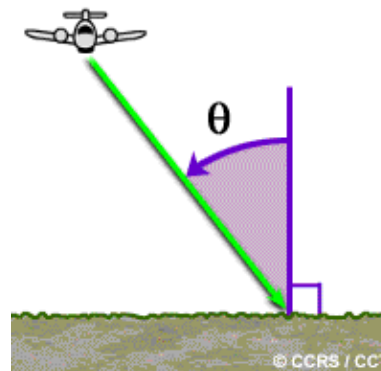
- با زاویه دید ثابت، ازدیاد شیب باعث کاهش زاویه فرود محلی می‌شود و همچنین با شیب ثابت، کاهش زاویه دید باعث کاهش زاویه فرود محلی خواهد شد.

- هر چه زاویه فرود محلی بزرگ‌تر باشد، آن جسم

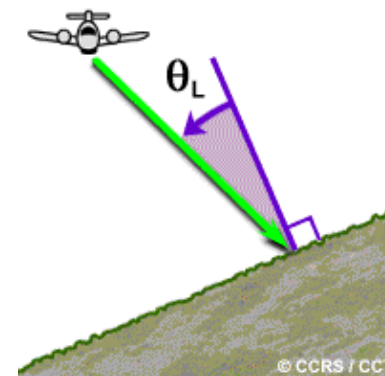
بر روی سطح زمین تیره‌تر دیده می‌شود.



© CCRS / CCT



© CCRS / CCT



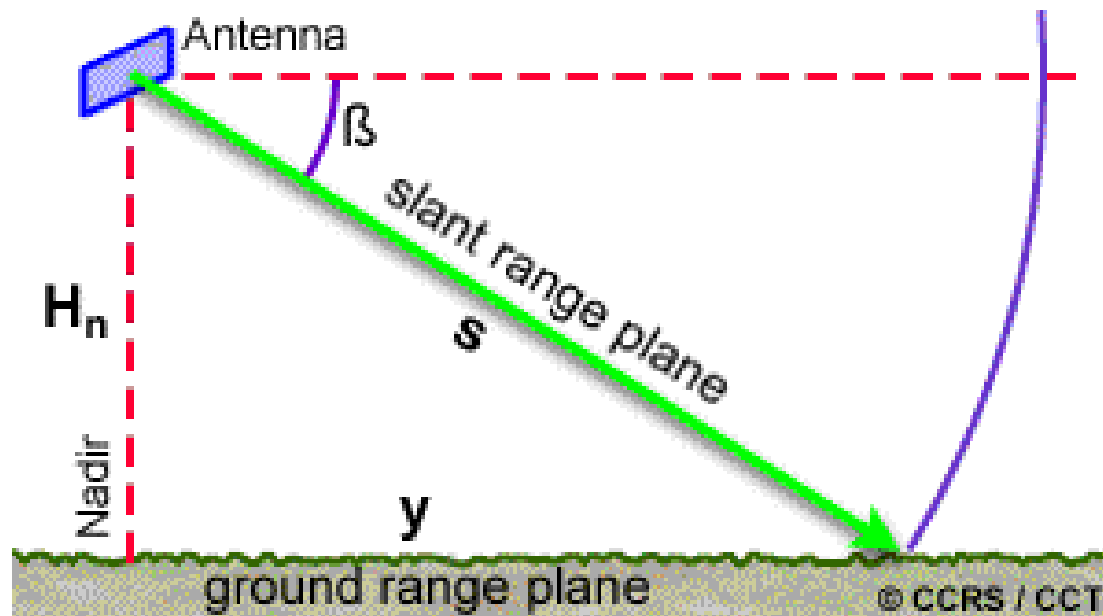
© CCRS / CCT



# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## آشنایی با چند اصطلاح مهم:

- زاویه گسترش (Depression Angle): زاویه میان خط افق از سنجنده و راستای موج.
- مجموع زاویه دید و زاویه گسترش در همه حال  $90^\circ$  درجه می‌باشد.
- زاویه  $\beta$  در تصویر زیر





# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## قدرت تفکیک مکانی:

- قدرت تفکیک مکانی در سیستم‌های راداری عملاً توانایی سنجنده برای تشخیص دو شی نزدیک به هم به صورت نقاط مجزا تعریف می‌شود.
- سیستم‌های راداری SLAR دارای ۲ قدرت تفکیک می‌باشند:
  - قدرت تفکیک جانبی (Range Resolution)
    - قدرت تفکیک در جهت عمود بر مسیر پرواز
    - تابعی از طول پالس
  - قدرت تفکیک در جهت آزیموت (Azimuth Resolution)
    - تابعی از عرض پالس

# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## قدرت تفکیک جانبی:

- قدرت تفکیک در جهت عمود بر مسیر پرواز که تابعی از طول پالس (Pulse Length) است.
- هر چه طول پالس کوچک‌تر باشد، قدرت تفکیک بهتری حاصل می‌شود.
- طول پالس، طول فیزیکی سیگنال میکروویو است که از حاصل ضرب سرعت انتشار موج (C) در تاخیر پالس (t) به دست می‌آید:

$$PL = c \cdot \tau$$

- t در سنجنده‌های گوناگون مقدار متفاوتی است (بین ۴/۰ تا ۱ میکروثانیه)
- مقدار طول پالس تقریباً از ۸ تا ۲۱۰ متر متغیر است.
- هر چه طول پالس کوچک‌تر باشد، قدرت تفکیک مکانی بهتر است.



# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## قدرت تفکیک جانبی:

- کوچک‌تر شدن طول پالس باعث ضعیف شدن انرژی ارسالی و در نتیجه، انرژی دریافتی شده و تشخیص و ثبت انرژی‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد.

- بر اساس طول پالس، قدرت تفکیک جانبی در فاصله مایل عبارت‌است از:

$$R_r = \frac{c \cdot \tau}{2}$$

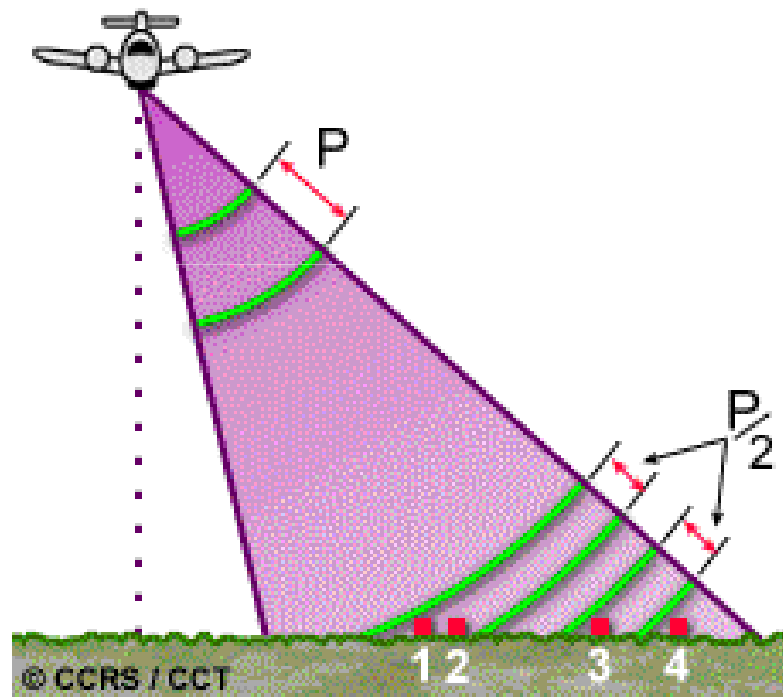
- قدرت تفکیک جانبی زمینی (Ground Range Resolution) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$GR_r = \frac{c \cdot \tau}{2 \cdot \sin(\theta)}$$

▪  $\theta$  زاویه دید سنجنده است.

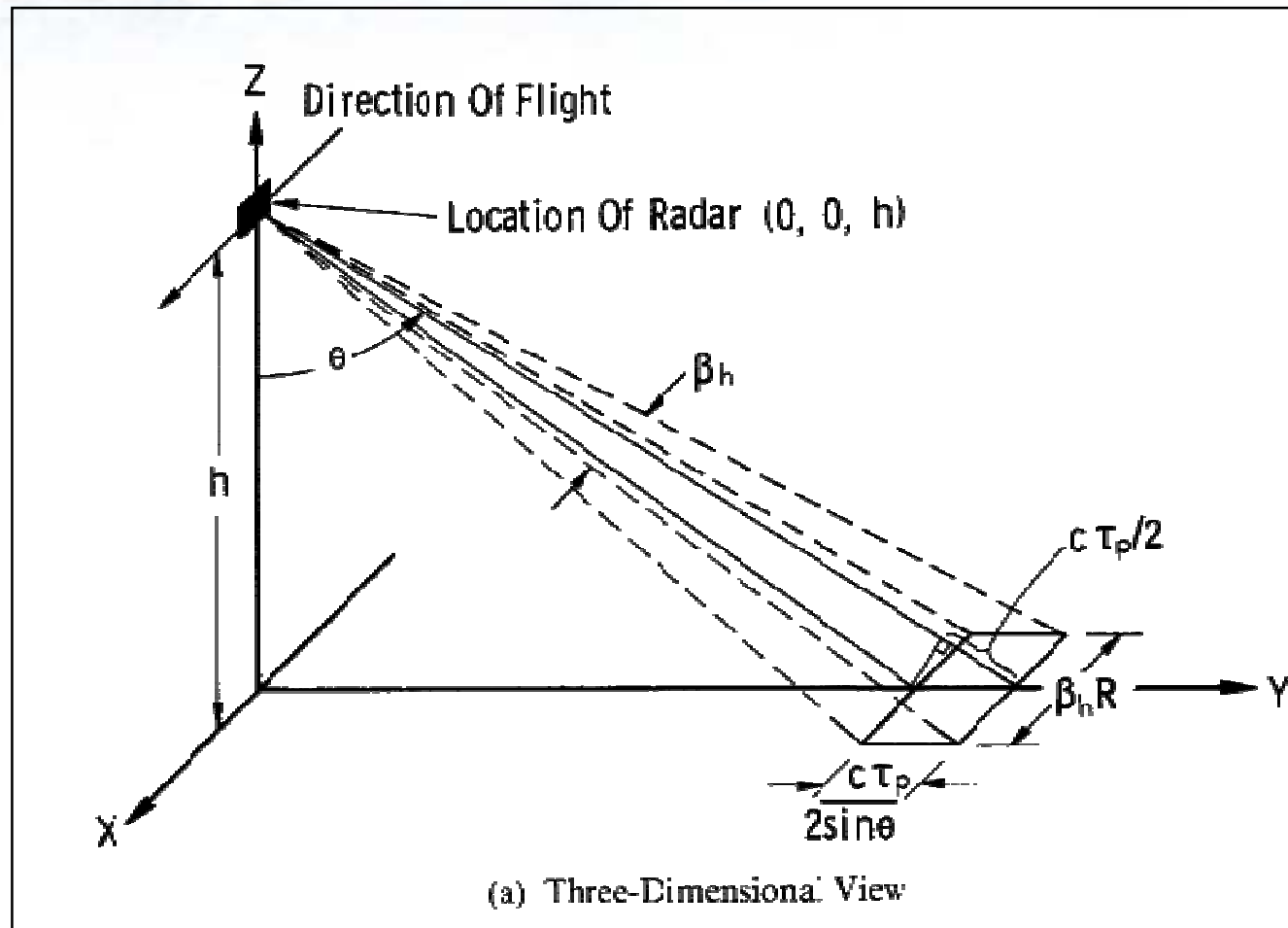
# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## قدرت تفکیک جانبی:



# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## قدرت تفکیک جانبی و جانبی زمینی:



# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## قدرت تفکیک در جهت آزیموت :

- از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$A_r = \beta.R$$

در رابطه فوق،  $R$  فاصله مایل تا شی و  $\beta$  عرض پالس (Beam Width) است. مقدار فاصله  $R$  از دامنه نزدیک تا دامنه دور متغیر است.

$$\beta = \frac{\lambda}{D}$$

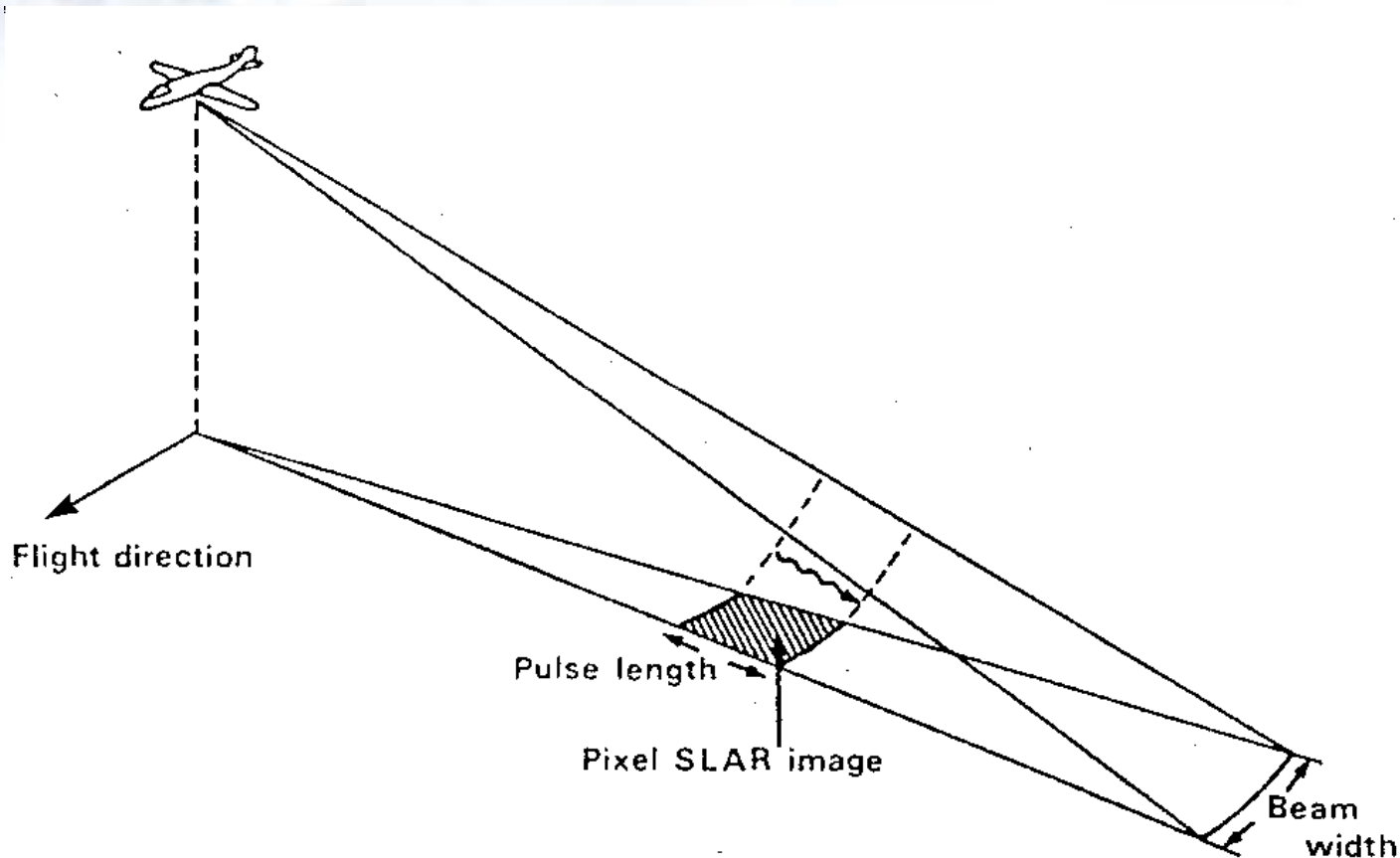
عرض پالس نیز از این رابطه تعیین می‌شود:


- که در این رابطه،  $D$  گشودگی یا طول آنتن (Aperture) و  $\lambda$  طول موج می‌باشد.
- با دور شدن از سنجنده، مقدار  $R$  بزرگ‌تر می‌شود بنابراین قدرت تفکیک در جهت آزیموت بدتر می‌شود.



# سیستم‌های تصویربرداری راداری

## قدرت تفکیک در جهت آزیموت :





## در جلسه بعد . . .

- سیستم‌های تصویربرداری راداری
  - رادار با گشودگی مصنوعی
    - Synthetic Aperture Radar □
    - SAR □
  - اعوجاجات هندسی در تصاویر راداری
    - پدیده وارونگی
    - کوتاه‌شدگی
    - سایه‌های راداری