



مباحث ویژه (پردازش سیگنال های راداری)

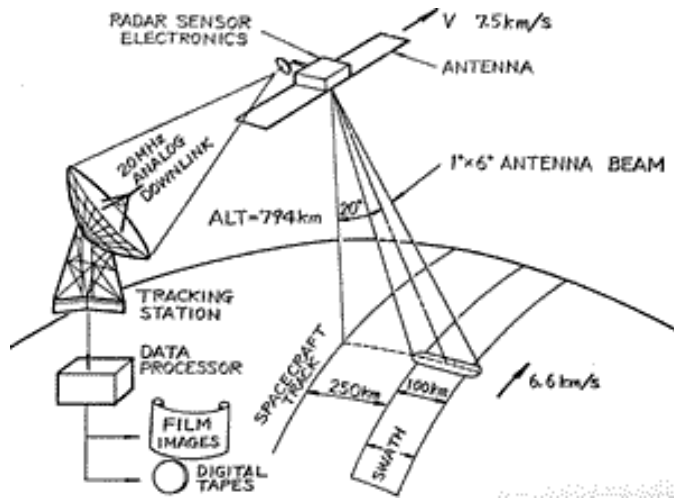
نیم سال دوم ۰۴-۰۵

رادار روزنه مصنوعی (معرفی کلی)

سرفصل مطالب

- معرفی و کاربردها
- حد تفکیک در رادار
- مفهوم روزنه مصنوعی و نحوه تشکیل آن
- جمع آوری داده و تشکیل تصویر در SAR
- انواع SAR
- برخی سامانه های موجود

معرفی و کاربردها

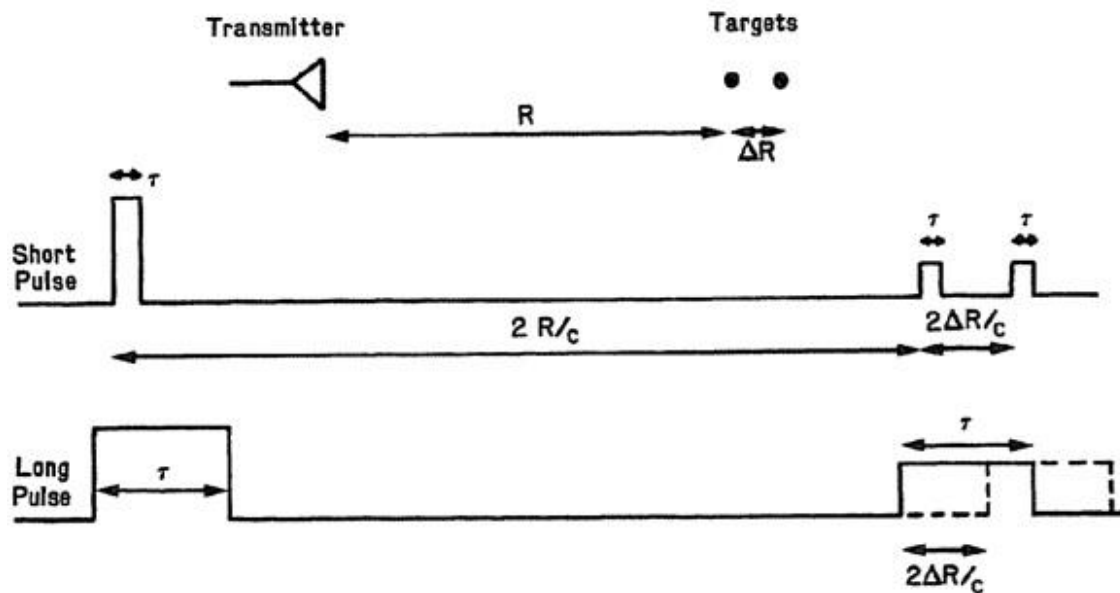


- SAR: یک سامانه راداری نصب شده بر یک **سکوی متحرک**
- هدف: تهیه تصاویر سطح زمین با قدرت تفکیک مناسب، **مستقل از نور و شرایط آب و هوایی مختلف** با استفاده از امواج الکترومغناطیس در باند مایکروویو
- تصاویر (نقشه دو یا سه بعدی از **بازتاب پذیری**)
- سکوی حامل رادار: ماهواره، هواپیما، پهپاد، بالگرد، خودرو

معرفی و کاربردها

- ❖ ویژگی ها و کاربردهای اصلی SAR
 - قدرت تفکیک بالا (مستقل از فاصله)
 - عدم وابستگی به شرایط آب و هوایی (با انتخاب مناسب باند فرکانسی)
 - تصویربرداری در شب و روز
 - مکمل سامانه های نوری
 - قابلیت استخراج اثر قطبش (ساختار فیزیکی، ثابت دی الکتریک)
 - کاربردهای متعدد:
 - توپوگرافی (تولید DEM به وسیله تداخل سنجی)
 - اقیانوس شناسی (طیف امواج، سرعت باد، جریان های اقیانوسی)
 - یخسارشناسی (پایش یخسار، رطوبت برف)
 - کشاورزی (رطوبت خاک، پایش و طبقه بندی محصولات کشاورزی)
 - زمین شناسی (تمایز نواحی زمین، پایش زیرسطحی)
 - جنگل شناسی (ارتفاع جنگل، جنگل زدایی)
 - آشکارسازی اهداف متحرک (MTI)
 - پایش زلزله و آتشفشان (تداخل سنجی تفاضلی)
 - پایش محیطی (لکه های نفتی، سیل)
 - کاربردهای نظامی

□ RADAR: Radio Detection And Ranging



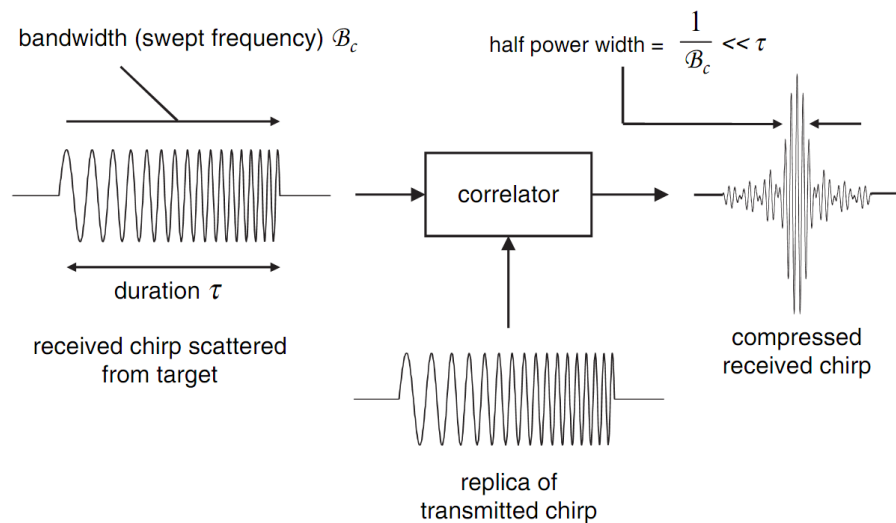
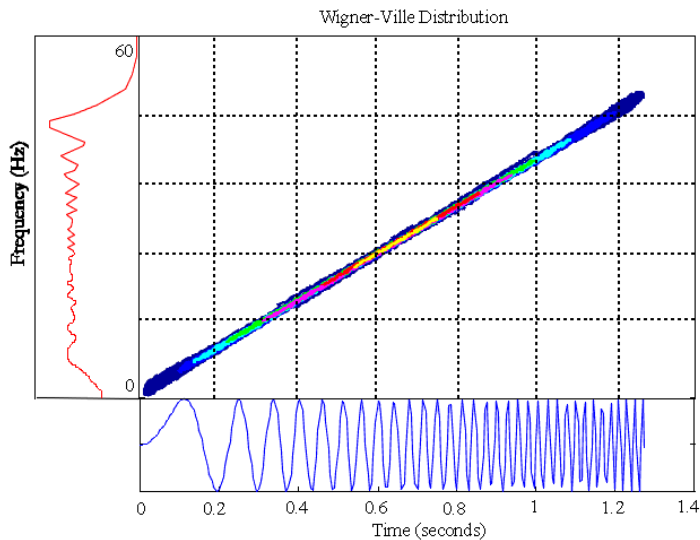
□ حد تفکیک: $\Delta R = c\tau/2$

□ حد تفکیک مناسب در برد ← پالس ارسالی باریک: **توان قله بالا**

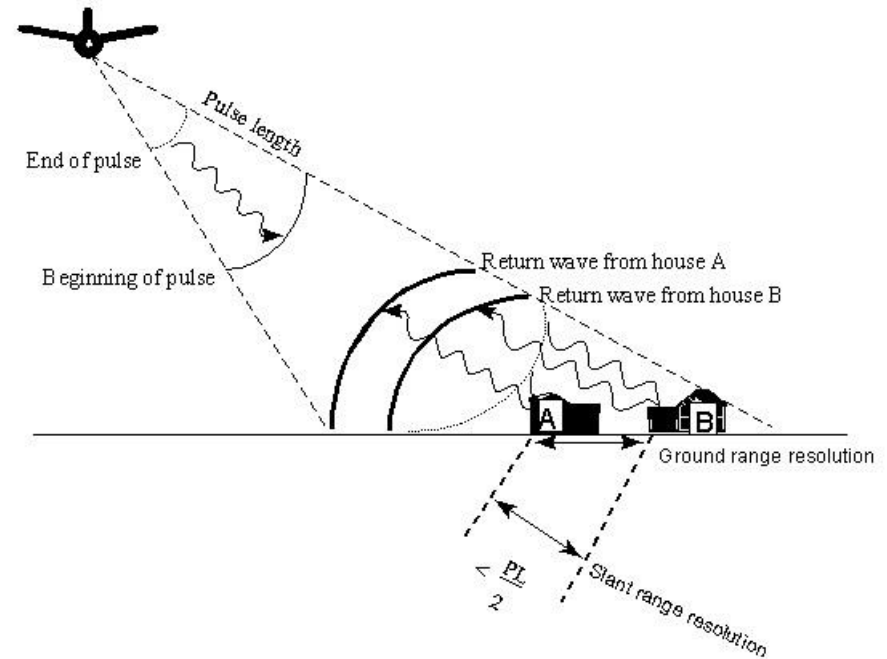
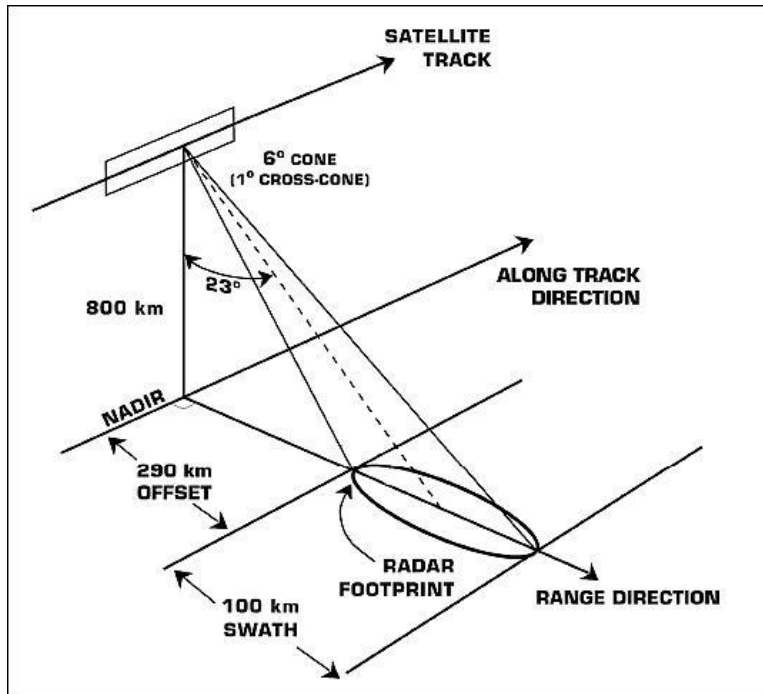
□ راه حل: اعمال یک **مدولاسیون** به پالس ارسالی و **فشرده سازی پالس** در گیرنده

□ مشهورترین مدولاسیون: LFM (chirp signal)

□ حد تفکیک: $\Delta R = \frac{c}{2B_c}$

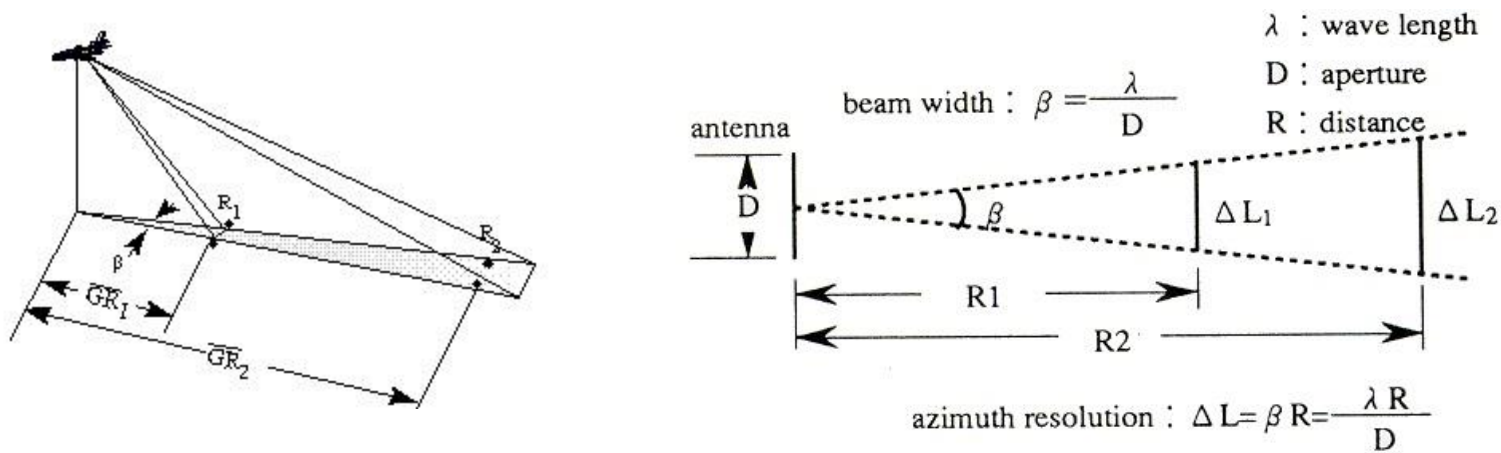


هندسه کنارنگر در SAR برای تفکیک اهداف در برد: $\Delta R = \frac{c}{2B_c \cos(\theta)}$ □



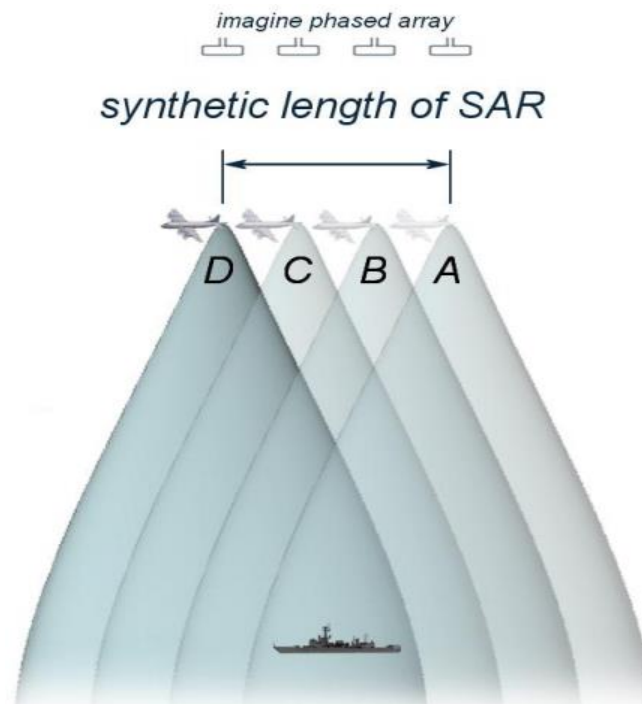
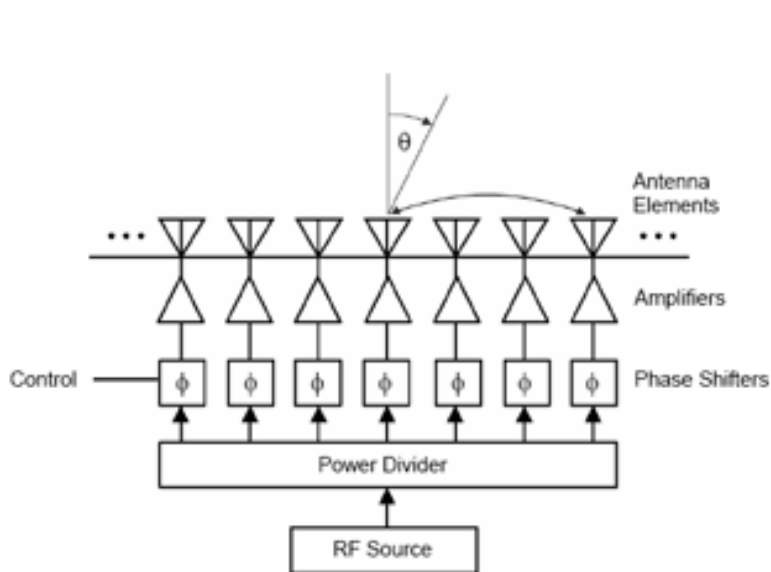
حد تفکیک در رادار

- حد تفکیک در سمت (در جهت حرکت رادار)=پهنای پرتو در سمت
- کاهش پهنای پرتو در سمت ← افزایش طول روزنه (آنتن)

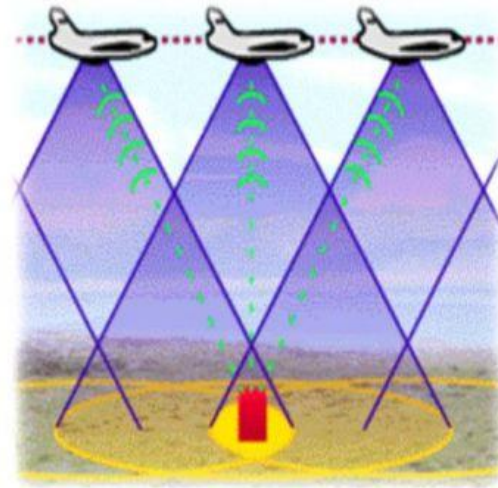
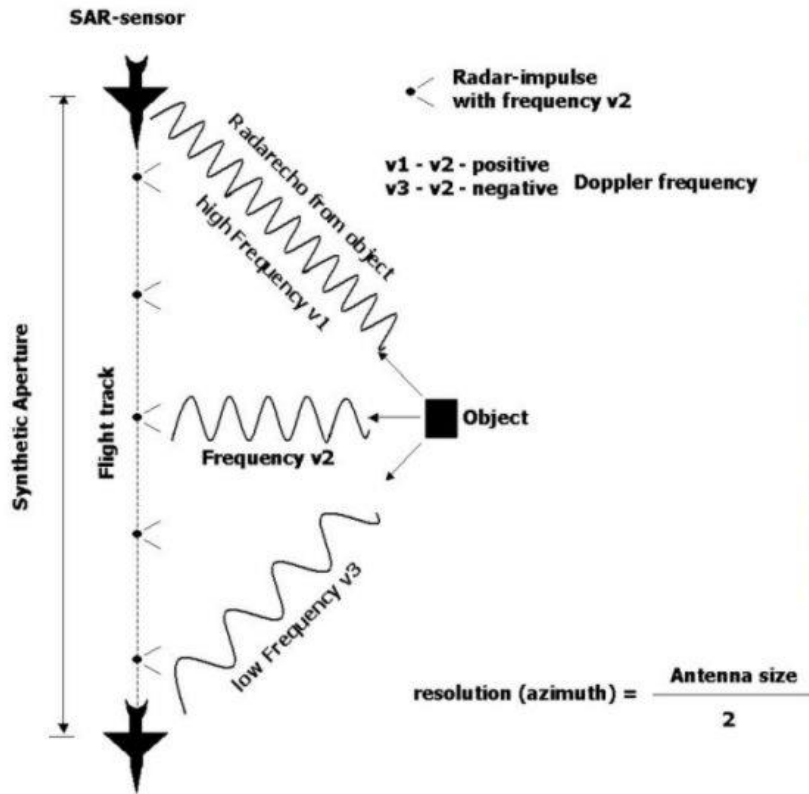


- مثلاً برای داشتن حد تفکیک ۱ متر در فاصله ۱۰ کیلومتری در فرکانس ۱ گیگاهرتز، طول روزنه مصنوعی باید ۳ کیلومتر باشد!!
- راه حل: ایده روزنه مصنوعی با حرکت رادار و دریافت سیگنال در یک گستره طولانی (روزنه مصنوعی طولانی)

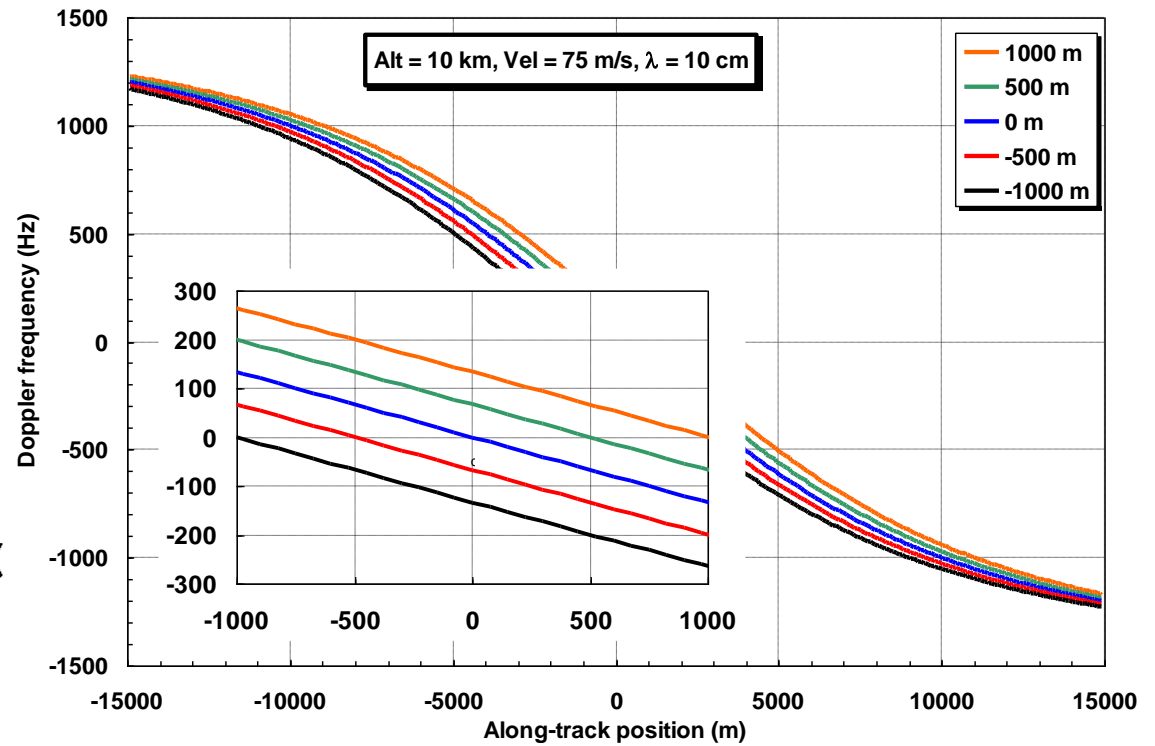
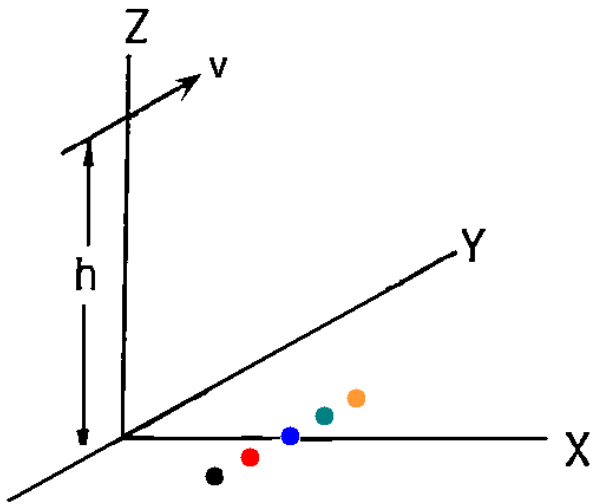
- کاهش پهنای پرتو با استفاده از یک **آرایه خطی** از آنتن ها ← افزایش طول روزنه
- **روزنه مصنوعی**: دریافت سیگنال با یک **آنتن کوچک** و در **زمان های متوالی**

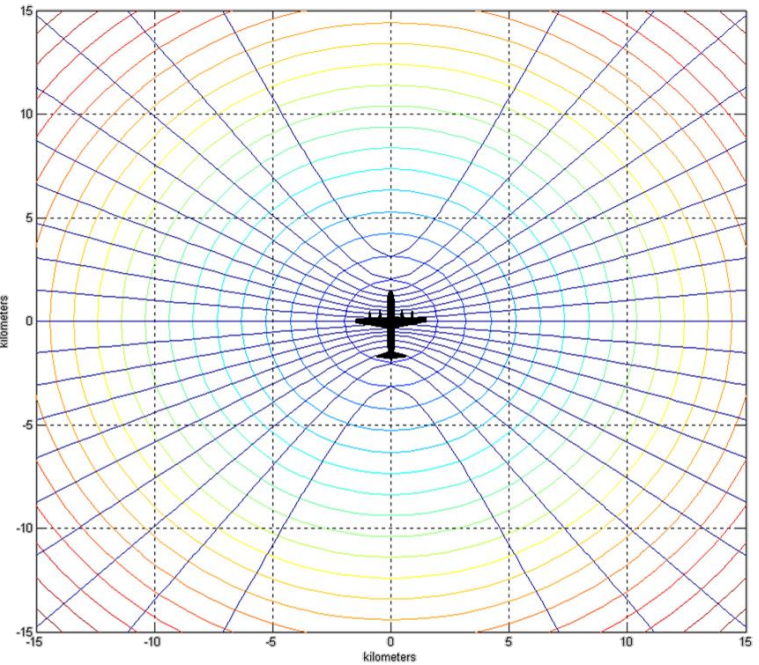
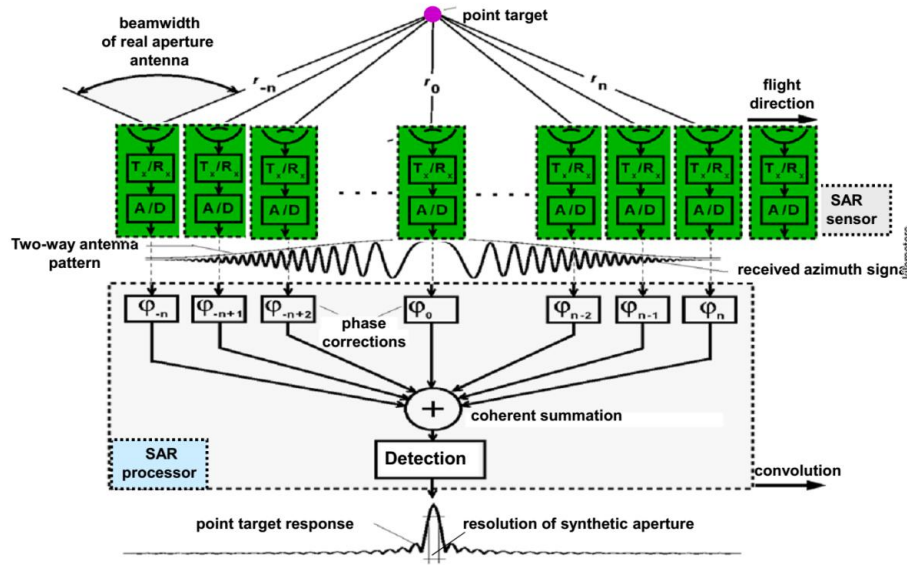


□ مفهوم روزنه مصنوعی از دید پردازش سیگنال (پدیده **فرکانس داپلر**):



مثال: □

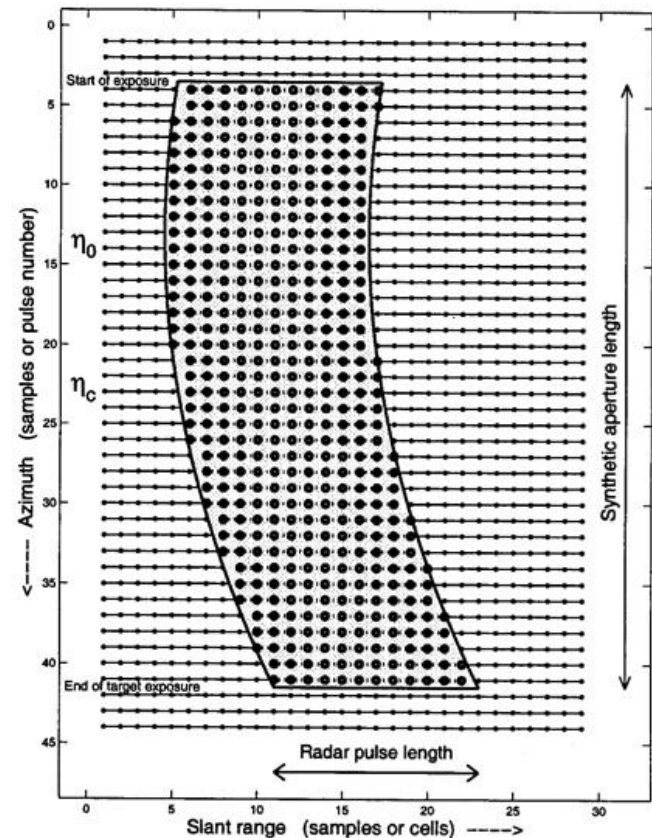
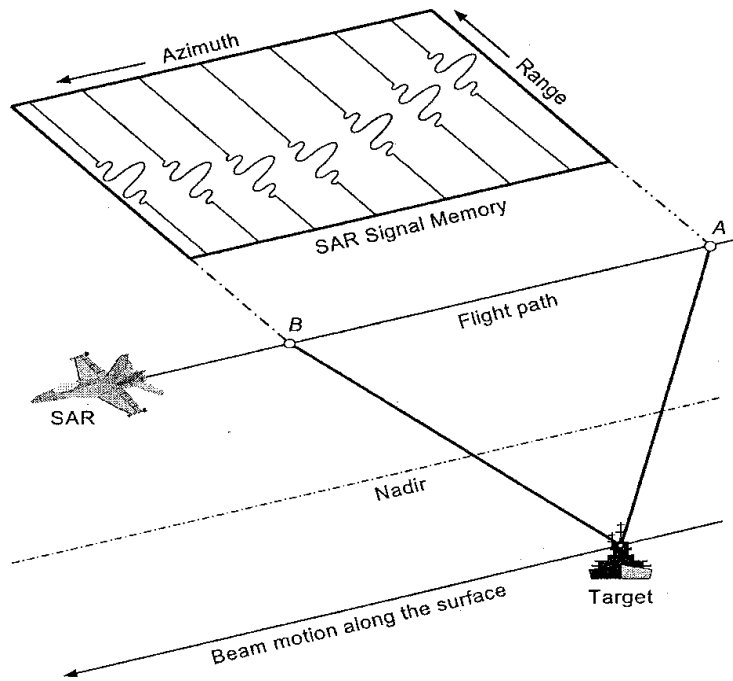




Isorange and isodoppler lines
($v=10$ m/s, $h=1500$ m, $\rho_r = 2$ m, $\lambda = 3$ cm)

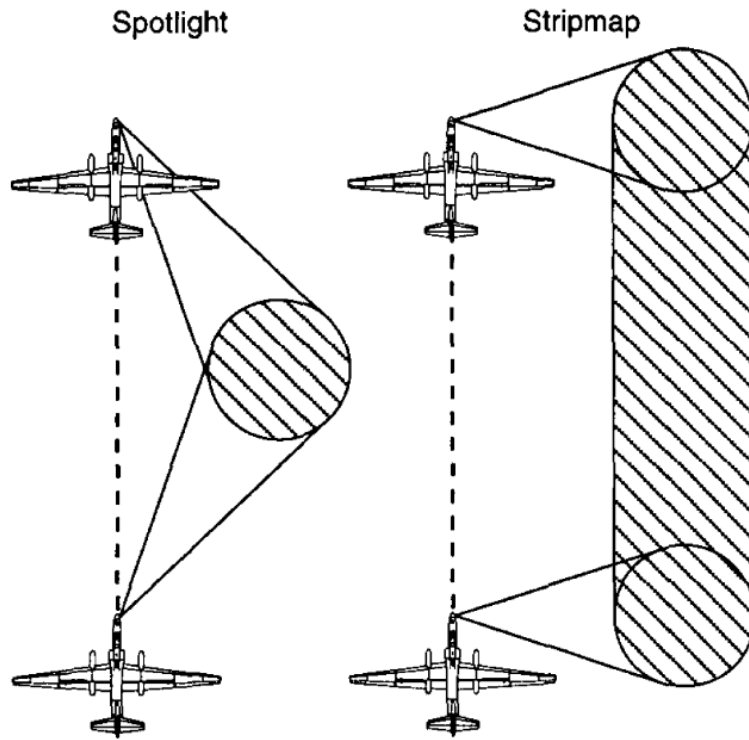
جمع آوری داده و تشکیل تصویر

□ نمونه های هر پالس دریافتی در یک سطر از **ماتریس داده خام**



جمع آوری داده و تشکیل تصویر

□ دو شیوه کاری SAR: **نواری** (strip-map) و **نورافکنی** (spotlight)



$$\text{spotlight: } \rho_a = \frac{\lambda}{2\Delta\theta}$$
$$\text{stripmap: } \rho_a = \frac{L_a}{2}$$

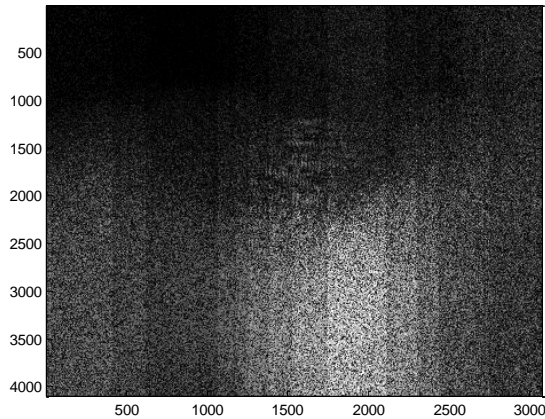
جمع آوری داده و تشکیل تصویر

- تشکیل تصویر با استفاده از ماتریس داده خام و به کمک **الگوریتم های تشکیل تصویر**
- الگوریتم های حوزه زمان: انعطاف پذیری بیشتر، الگوریتم های حوزه فرکانس: سرعت بیشتر
- انتخاب نوع الگوریتم وابسته به هندسه، پارامترها و دقت مورد نظر
- یکی از مشهورترین الگوریتم ها: **الگوریتم برد-دایر (RDA)** مبتنی بر فشرده سازی داده در برد و سمت

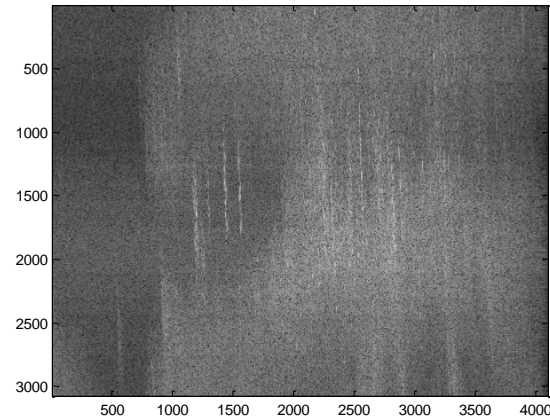


جمع آوری داده و تشکیل تصویر

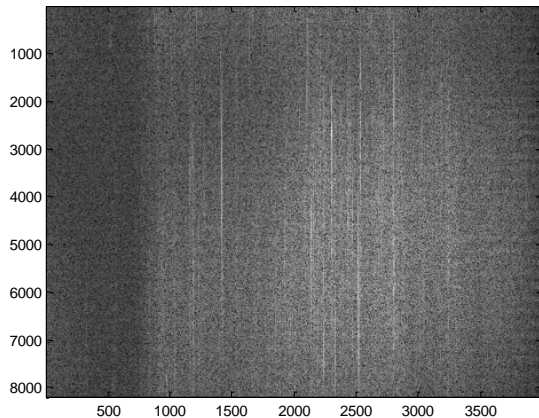
Raw
Data



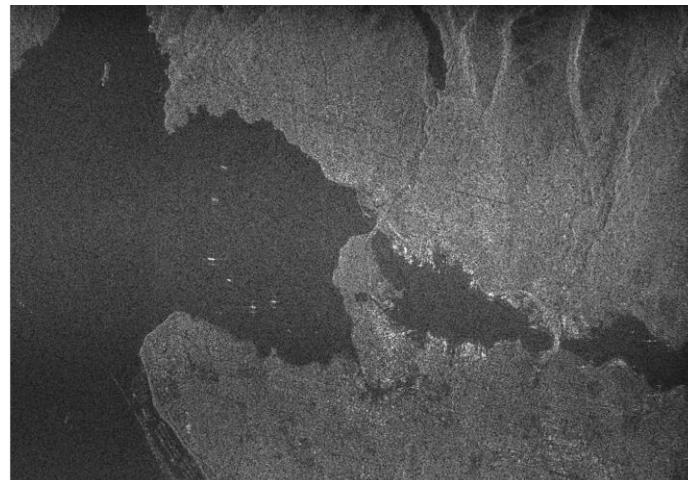
After Range
Compression



After
RCMC



Final
Image

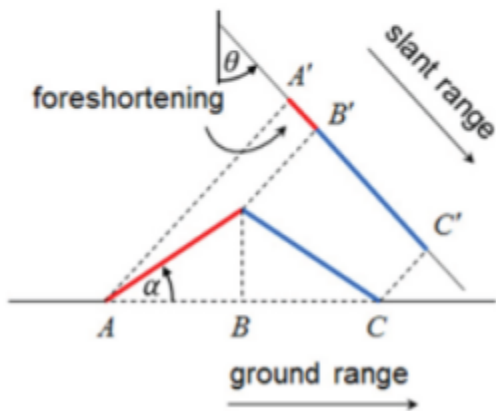


جمع آوری داده و تشکیل تصویر

□ اعوجاج هندسی در تصاویر SAR

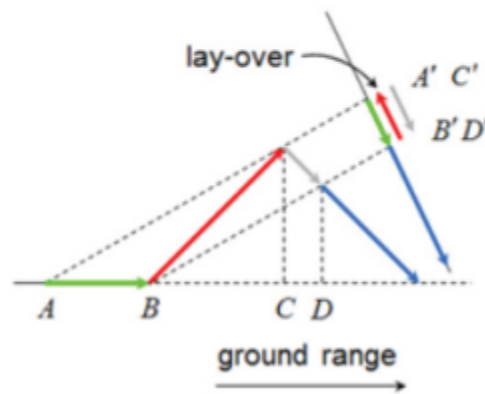
FORESHORTENING

- Sensor-facing slope foreshortened in image
- Foreshortening effects *decrease* with increasing look angle



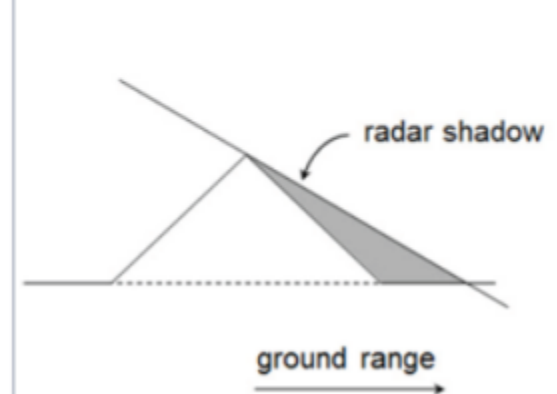
LAYOVER

- Mountain top overlain on ground ahead of mountain
- Layover effects *decrease* with increasing look angle



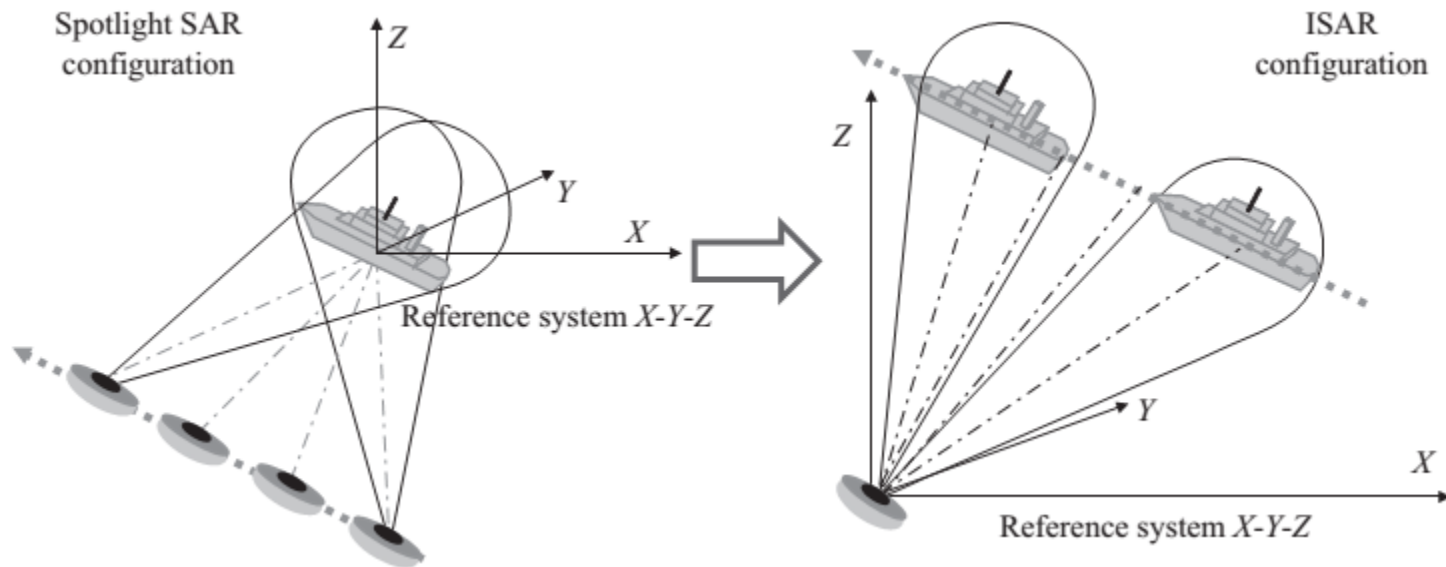
SHADOW

- Area behind mountain cannot be seen by sensor
- Shadow effects *increase* with increasing look angle

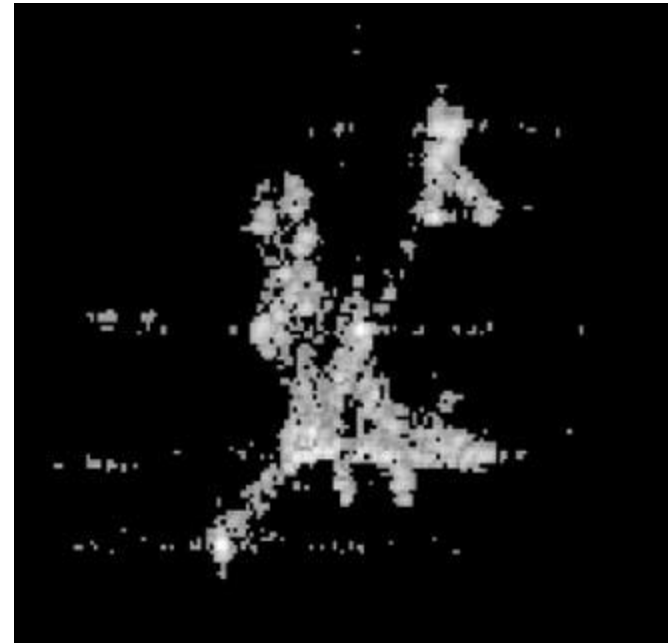
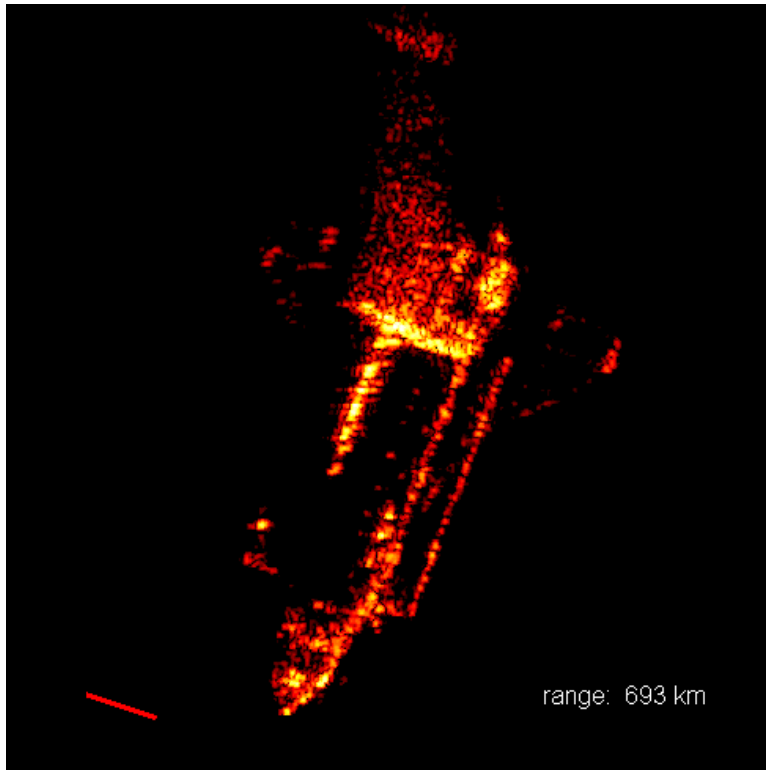


Inverse SAR (ISAR)

□ آنتن ثابت و هدف متحرک

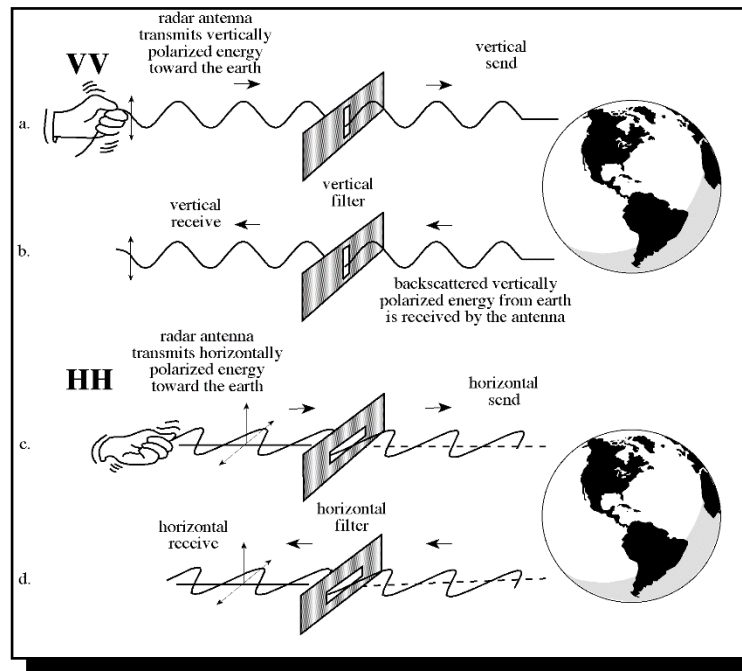


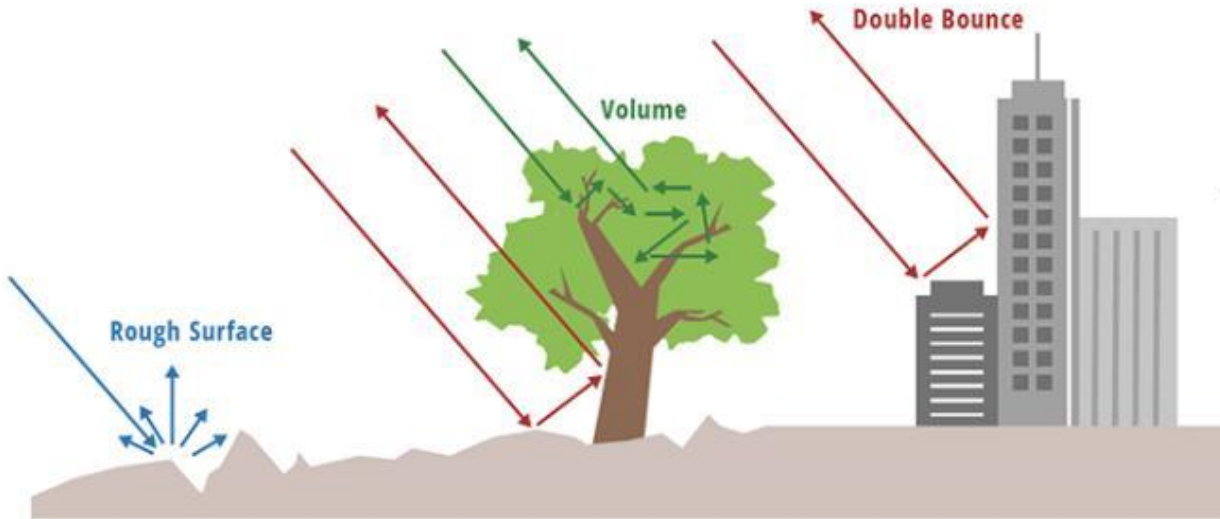
□ دو تصویر ISAR



Polarimetric SAR(PolSAR)

- استفاده از **قطبش های مختلف** موج هنگام ارسال و دریافت جهت استخراج ویژگی های صحنه
- قطبش های مرسوم مورد استفاده: **HH**، **VV**، **HV** و **VH**



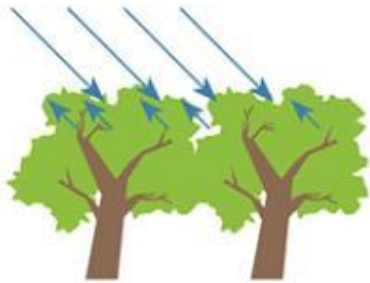


RELATIVE SCATTERING STRENGTH BY POLARIZATION:

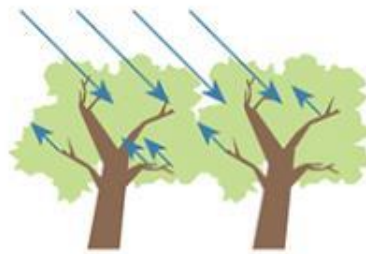
Rough Surface Scattering $|S_{VV}| > |S_{HH}| > |S_{VH}|$ or $|S_{HV}|$

Double Bounce Scattering $|S_{HH}| > |S_{VV}| > |S_{VH}|$ or $|S_{HV}|$

Volume Scattering Main source of $|S_{VV}|$ and $|S_{VH}|$



X-BAND 3 cm



C-BAND 6 cm

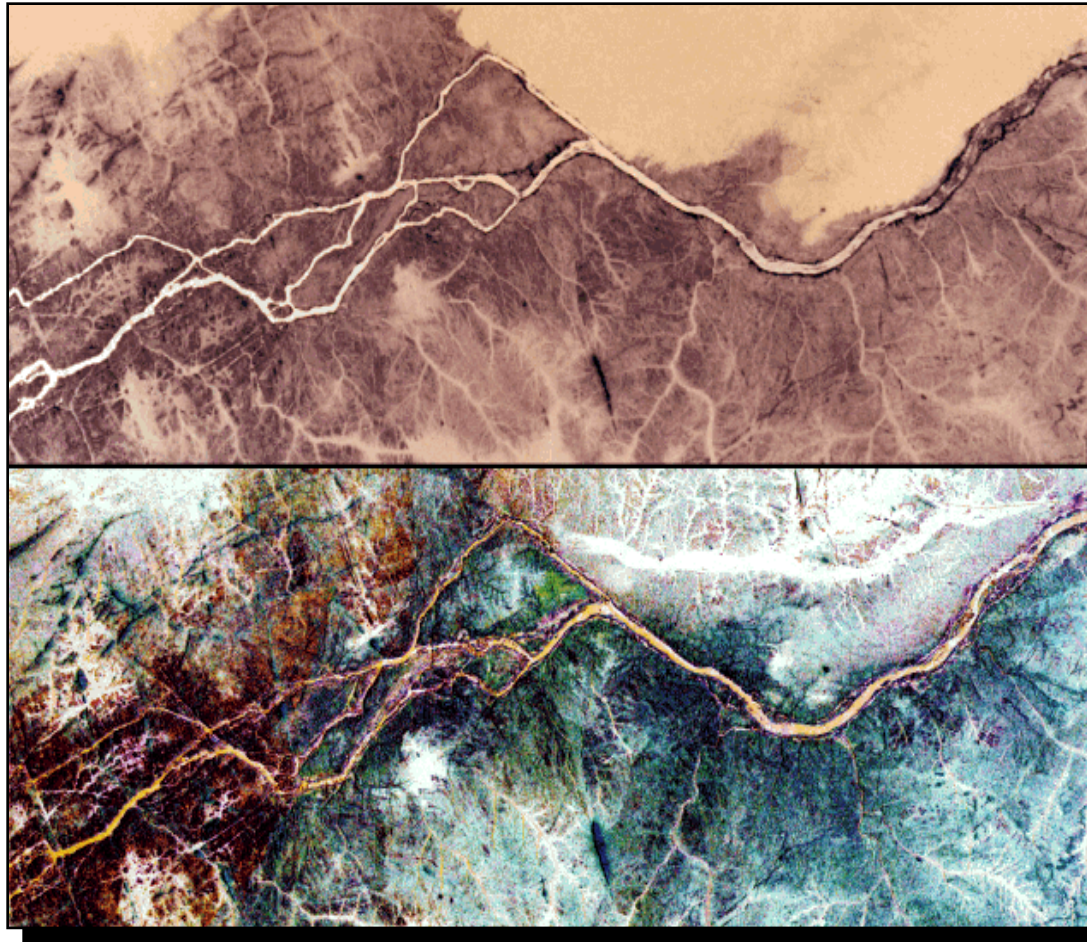


L-BAND 24 cm



P-BAND 65 cm

Nile River
Sudan

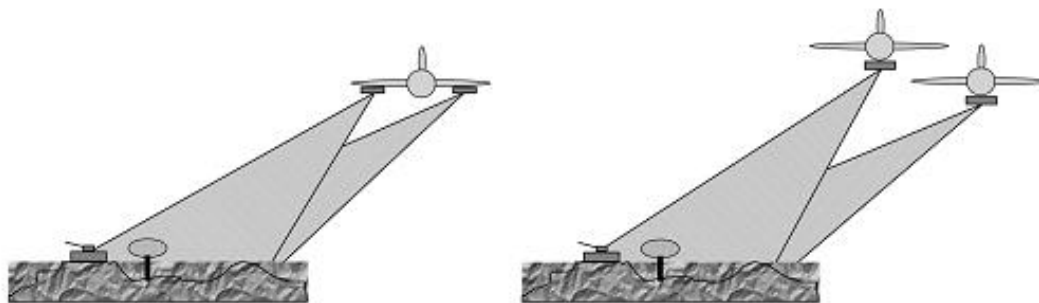


Space
Shuttle
Color-
Infrared
Photograph

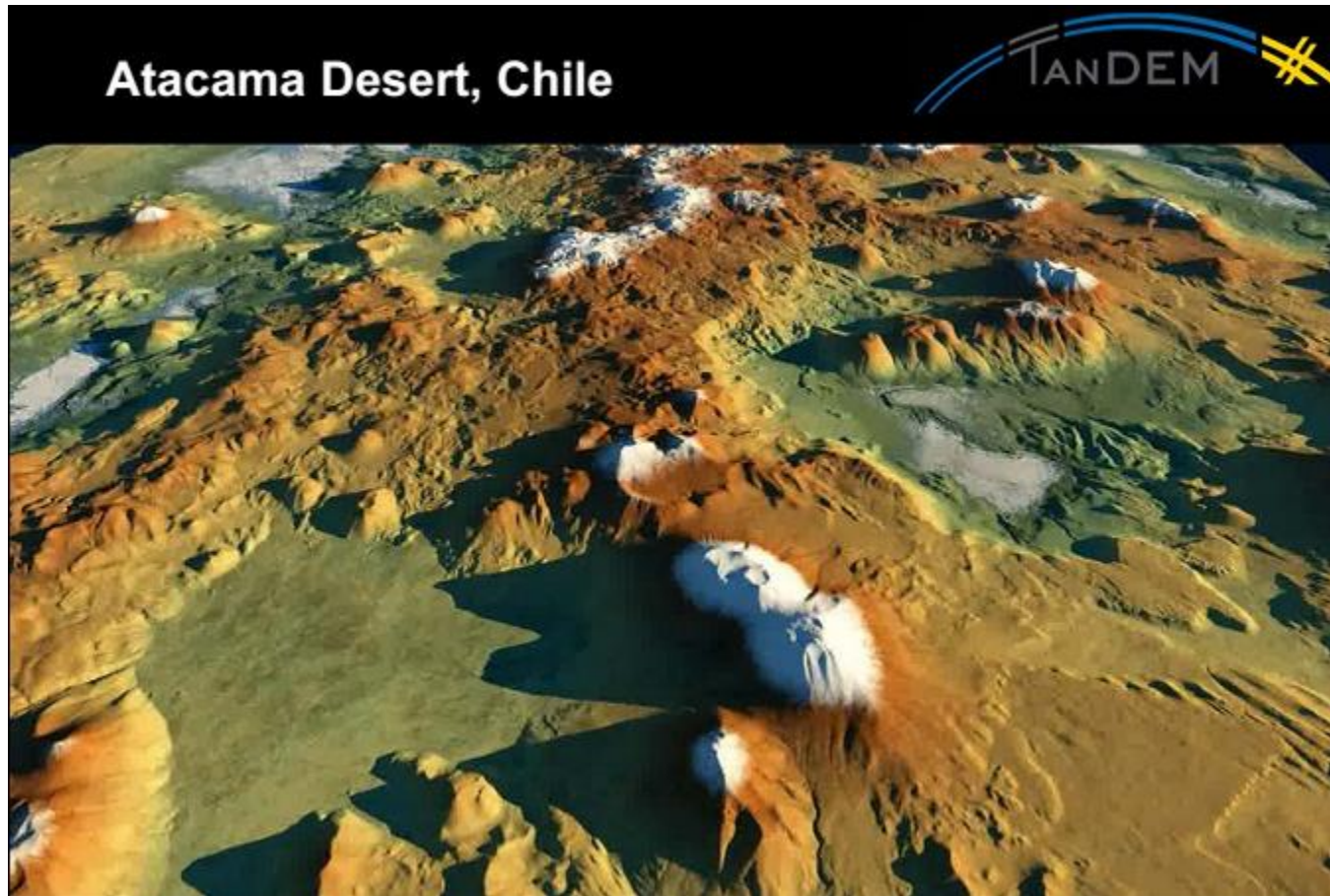
SIR-C Color
Composite:
• Red =
C-band HV
• Green =
L-band HV
• Blue =
L-band HH

Interferometric SAR (InSAR, IFSAR)

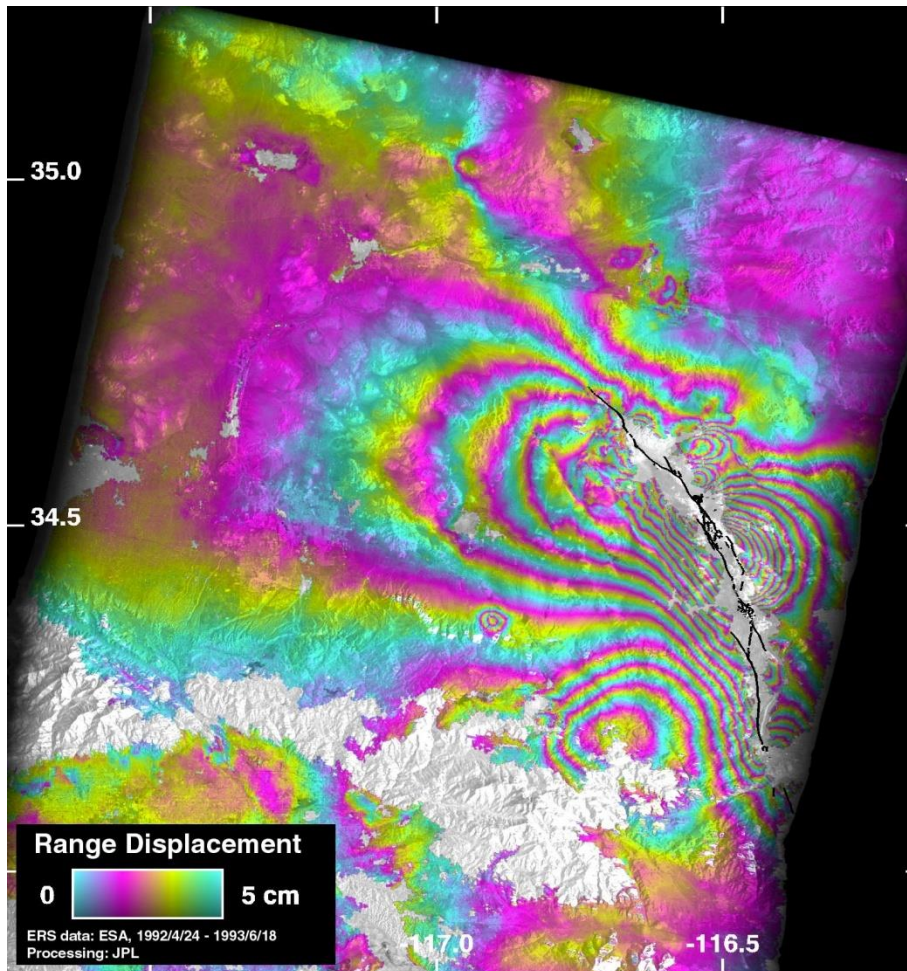
- Across-track Interferometry: استفاده از تکنیک های **تداخل سنجی** برای استخراج ارتفاع سطح یا DEM با استفاده از دو مسیر جداگانه به صورت همزمان (one-pass) یا در دو زمان متفاوت (two-pass)
- Along-track Interferometry: اسکن در یک مسیر به صورت همزمان (DPCA) یا دو زمان متفاوت (Differential Interferometry) برای تشخیص تغییرات سطح (**تداخل سنجی تفاضلی**)



One-pass and two-pass IFSAR



**Two-pass
IFSAR
Image**



**Differential
Interferometry**
June 28, 1992
California
Earthquake

برخی سامانه های موجود

رادار روزنه
مصنوعی
(معرفی کلی)

26

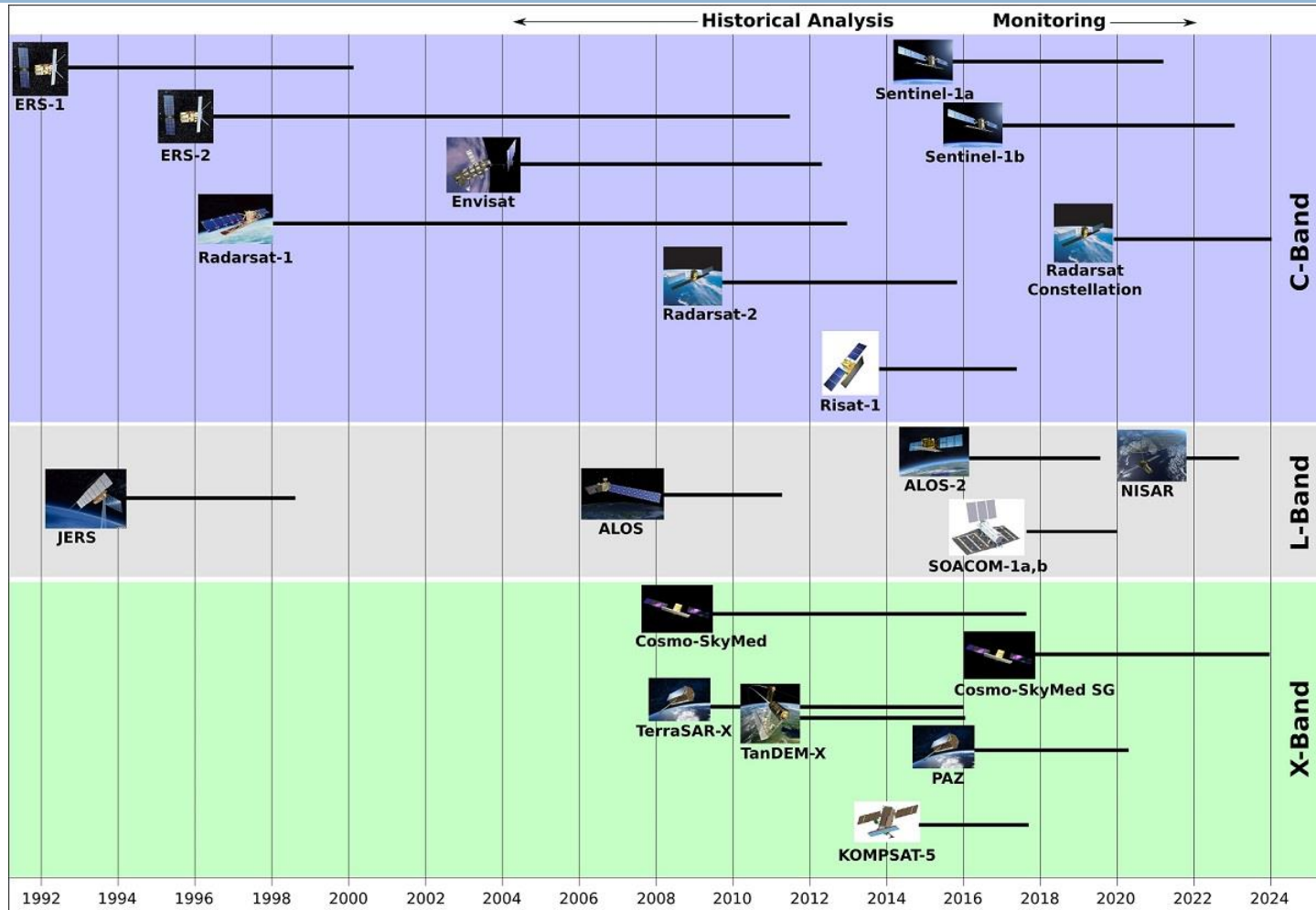
مشخصات تعدادی از سامانه های SAR فضاپایه

Satellite	Agency/Country	Year	Band	Resolution	Polarization	Weight
SEASAT-SAR	NASA/USA	1978	L	6, 25	HH	2,290
SIR-A	NASA/USA	1981	L	7, 25	HH	
SIR-B	NASA/USA	1984	L	6, 13	HH	
ERS-1/2	ESA	1991/1995	C	5, 25	VV	2,400
ALMAZ-1	USSR	1991	S	8, 15	HH	3,420
					HH	(payload)
JERS-1 SAR	NASDA/Japan	1992	L	6, 18	HH	1,400
	NASA/USA		C/L	7.5, 13	quad	11,000
SIR-C/X-SAR	DLR/Germany	1994	X	6, 10	VV	(approx.)
	ASI/Italy					
RADARSAT-1	CSA/Canada	1995	C	8, 8	HH	3,000
SRTM	NASA/USA	2000	C	15, 8	dual	13,600
	DLR/Germany		X	8, 19	VV	(payload)
ENVISAT-ASAR	ESA	2002	C	10, 30	dual	8,211
ALOS-PALSAR	JAXA/Japan	2006	L	5, 10	quad	3,850
SAR-Lupe (5)	Germany	2006–2008	X	0.5, 0.5	quad	770
RARDASAT-2	CSA/Canada	2007	C	3, 3	quad	2,200
Cosmo-SkyMed (4)	ASI/Italy	2007–2010	X	1, 1	quad	1,700
TerraSAR-X	DLR/Germany	2007	X	1, 1	quad	1,230
TanDEM-X	DLR/Germany	2009	X	1, 1	quad	1,230
RISAT-1	ISRO/India	2012	C	3, 3	dual	1,858
HJ-1-C	China	2012	S	5, 20	VV	N/A

برخی سامانه های موجود

رادار روزنه
مصنوعی
(معرفی کلی)

27



- Radarsat2 (2003) : Canadian remote SAR system
 - ▣ Range: 789 km
 - ▣ Period: ~100 minutes
(orbits per day: 14)
 - ▣ Repeated cycle: 24 days
 - The same beam in a specific region
 - ▣ Electronically beam forming
 - ▣ C-band, several polarizations
 - ▣ Resolution: ~ 3-100 (m)
 - ▣ Swath width: up to 500 (km)



برخی سامانه های موجود

رادار روزنه
مصنوعی
(معرفی کلی)

29

مشخصات تعدادی از سامانه های SAR هواپایه

Sensor	Agency/Country	Band	Resolution
C/X-SAR	CCRS/Canada	X/C	0.9, 6
AIRSAR	NASA/USA	C/X/L	0.6, 3
E-SAR	DLR/Germany	X/C/S/L/P	0.3, 1
F-SAR	DLR/Germany	X/C/S/L/P	0.3, 0.2
Pi-SAR	NICT, JAXA/Japan	X/L	0.37, 3
EMISAR	DCRS/Denmark	C/L	2, 2
PHARUS	TNO-FEL/Netherlands	C	1, 3
Ingara	DSTO/Australia	X	0.15, 0.3
RAMSES	ONERA/France	W/Ka/Ku/X/C/S/L/P	0.12, 0.12
CALABAS	FOA/Sewden	HF/VHF	3, 3
DBSAR	NASA/USA	L	10, 10
UAVSAR	NASA/USA	L	1.0, 1.8
Lynx	Sandia/USA	Ku	0.1, 0.1

برخی سامانه های موجود

رادار روزنه
مصنوعی
(معرفی کلی)

30

Lynx

(Sandia National Laboratories, USA)

مشخه	مقدار (توضیحات)
وزن	55kg
توان فرستنده	320w
برد مایل	30km
باند فرکانسی	Ku (15.2-18.2GHz)
شیوه های کاری	Stripmap, spotlight, GMTI, CCD
آنتن	Horn-fed dish antenna 3.2 deg. Azimuth beam, 7 deg. Elevatin beam
حد تفکیک	Spotlight: 0.1m-3m Strip-map: 0.3m-3m

