



به نام خدا

موضوع ارایه:

**رادارهای تصویربرداری ISAR و SAR**

تهیه کننده:

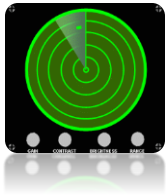
**مجید خدای**

با تشکر از جناب آقای دکتر امامی

پاییز ۹۱

# اهداف تحقیق

- ✓ مقدمه
- ✓ مروری بر کارهای انجام شده
- ✓ رادارها باموج فرکانس پله ای
- ✓ نحوه تشکیل تصویر
- ✓ فرکانس داپلر
- ✓ مدهای کاری رادارها
- ✓ نحوه انعکاس امواج
- ✓ شبیه سازی امواج با استفاده از نرم افزار EMANIM
- ✓ منابع



# مقدمه

امروزه سیستم های راداری دارای کاربردهای فراوانی در زمینه های مختلف **نظامی و غیرنظامی** دارد. تصویربرداری راداری توسط دو دسته رادارهای **ISAR** و **SAR** انجام می شود.

در SAR معمولاً رادار متحرک بوده و از اهداف ثابتی چون عوارض پوسته زمین ، شهرها و.... تصویر برداری می کند.

از طرف دیگر رادار ISAR معمولاً ثابت بوده و از اهداف متحرکی نظیر کشتی ، هواپیما ، اجرام آسمانی ، موشک و.... تصویر برداری می کند.

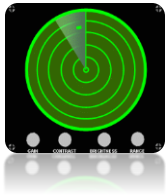
روش مرسوم در این رادارها انجام پردازش داپلر به کمک تبدیل فوریه است.

اما به علت حرکت پیچیده مانور دار هدف طیف داپلر متغییر با زمان شده و استفاده از تبدیل فوریه سبب مات شدگی تصویر نهایی خواهد شد.

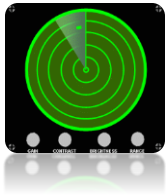
بر این مبنا تغییر پذیری با زمان طیف داپلر تا حد امکان جبران شود و سپس تبدیل فوریه به کار گرفته شود

1. Synthetic Aperture Radar
2. Inverse synthetic aperture radar

# مروری بر کارهای انجام شده



لازمه تشکیل تصویر وجود حرکت نسبی بین رادار و هدف است. در SAR این حرکت توسط رادار تامین می شود و هدف معمولاً ثابت است ، حال آنکه در ISAR رادار معمولاً ثابت است و هدف متحرک می باشد . از سوی دیگر حرکت نسبی (که می بایستی شامل مولفه های دورانی نیز باشد ) باعث ظهور فاز مزاحمی در سیگنال دریافتی رادار می شود این مولفه فاز مزاحم حتی در ساده ترین مدل های حرکتی با زمان تغییر کرده و به تبع باعث تغییرپذیر با زمان طیف داپلر هدف می شود در نتیجه استفاده از تبدیل فوریه برای پردازش داپلر<sup>1</sup> و استخراج اطلاعات هدف در راستای برد متقاطع موضوعیت نخواهد داشت.

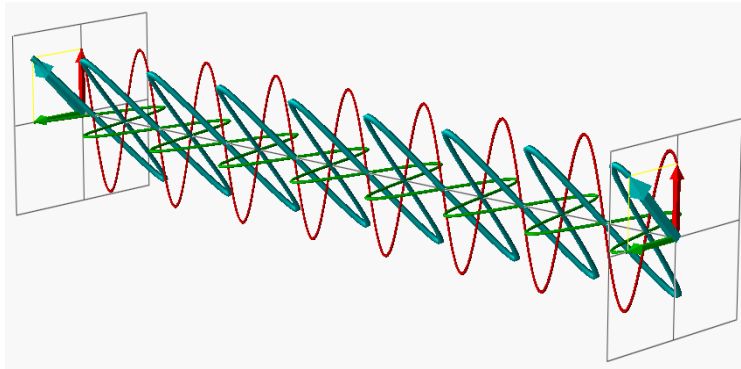


## دسته بندی رادارها

بسته به شکل موج ارسالی رادارها به دو دسته تقسیم می شوند:

- **رادارهای شکل موج پیوسته**

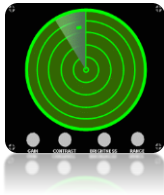
در این رادارها انتشار امواج به صورت موج پیوسته می باشد و باید از دو رادار فرستنده و گیرنده استفاده نمود.



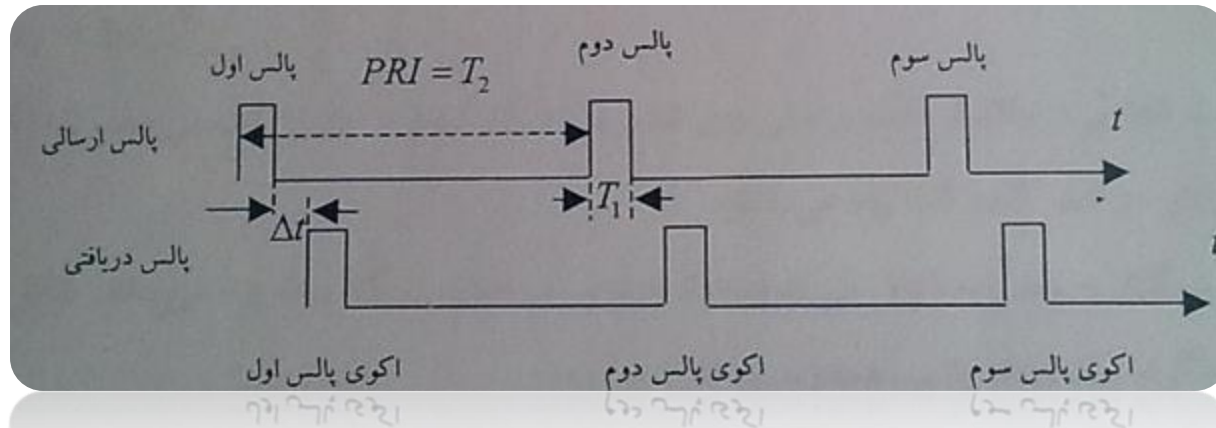
- **رادارهای پالسی**

از یک سلسله شکل موج پالسی برای ارسال استفاده می شود. ارسال پالس در فواصل زمانی بسیار کوتاه صورت می گیرد و در بقیه زمانها فرستنده خاموش می باشد، و رادار وظیفه آنالیز سیگنال دریافتی را بر عهده دارد. بنابراین نیازی به دو آنتن نبوده و در این زمان می توان از همان آنتن فرستنده برای دریافت استفاده نمود.



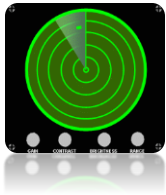


در شکل فوق سیگنال ارسالی و دریافتی با فرض عدم وجود تداخل رانشان می دهد. در این شکل پهنای پالس ارسالی  $T_1$ ، پریود میان پالسها  $T_2$ ، که فاصله تکرار پالس PRI می نامند و  $\Delta t$  میزان تاخیر پالس دریافتی است رادار در هر PRI، فقط برای  $T_1$  ثانیه انرژی را منتشر می کند و در بقیه زمانها منتظر دریافت اکو می ماند و پس از مدتی تاخیر سیگنال منعکس شده از هدف را دریافت می کند.



با توجه به تاخیر بین پالس اول و اکوی آن فاصله هدف برابر است با:

$$R = C \frac{\Delta t}{2}$$



اگر بازتاب پالس ارسالی اول بعد از ارسال پالس دوم دریافت شود، رادار آن را به عنوان بازتاب پالس دوم منظور کرده و در تعیین فاصله دچار اشکال می شود، لذا برد بدون ابهام بصورت زیر قابل تعریف است:

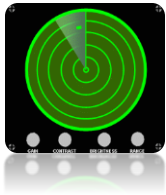
$$R = C \frac{T_2}{2}$$

بافرض سیگنال ارسالی رادار به صورت :

$$p_t(t) = p_0(t) \cdot \cos(\omega_c t)$$

سیگنال دریافتی صرفنظر از تداخل و تضعیف به علت تاخیر و شیفت دوپلر بصورت زیر می باشد:

$$p_r(t) = p_0(t - \Delta t) \cdot \cos((\omega_c - \omega_d)t - \omega_c t)$$



# رادار ISAR با موج فرکانس-پله ای

قدرت تفکیک نمودارها در بعدبرد، با کاهش پهنای پالسها افزایش می یابد و در واقع متناسب پهنای باند ارسالی است. بنابراین برای بدست آوردن رنج پروفایل ها با قدرت تفکیک بالا در برد به ارسال پالسهایی بسیار کوتاه نیاز است، و در نتیجه با دو مشکل عملی مواجه هستیم:

✓ ارسال توان پیک بسیار زیاد در زمان کوتاه

✓ نیاز به A/D های بسیار سریع با محدوده دینامیکی قابل قبول

بنابراین در ISAR قدرت تفکیک در برد عموماً با استفاده از شکل موجهای دیگری بدست می آید که عبارتند از:

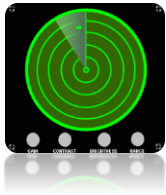
❖ پالسهای چرپ<sup>1</sup>

❖ فوج های فرکانس-پله ای<sup>2</sup>

1.chirp-pulse

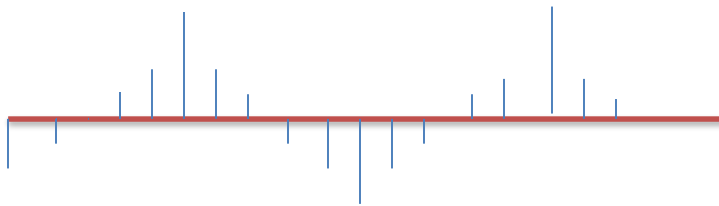
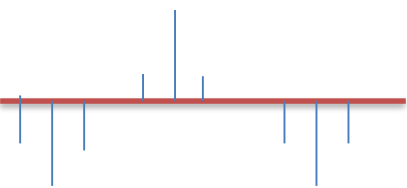
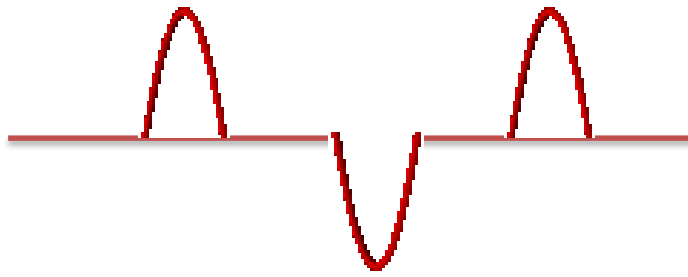
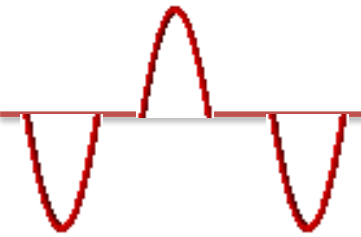
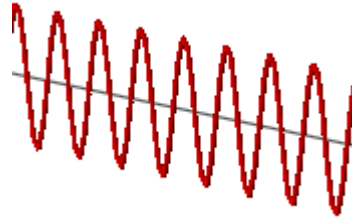
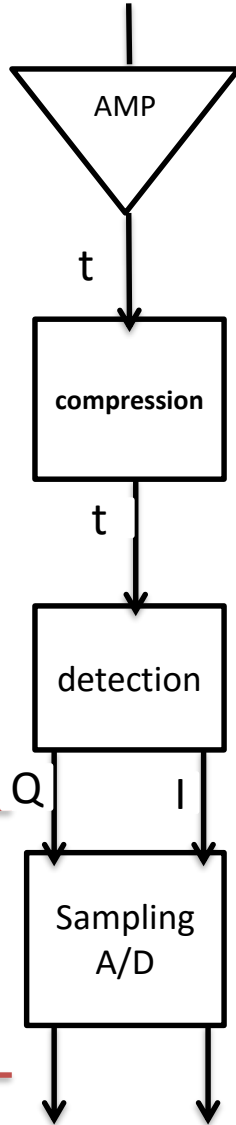
2.steps-frequency burst





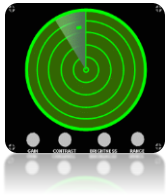
From  
MIXER

بدست آوردن نمودار بردها در chirp-pulse ISAR



در روش chirp-pulse ISAR به جای ارسال پالس پالسهای بسیار کوتاه پالسهایی با عرض معمولی ارسال می شوند. در آشکارساز سیگنال رابه پهنای پالس تقسیم می کنیم

- 1. Inpulse(i)
- 2. quardature(Q)

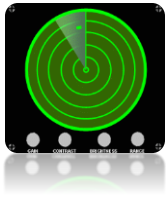


# تشکیل تصویر

بخش زیادی از تحقیقات انجام شده به بررسی روشهای مختلف تشکیل تصویر از نمونه های دریافتی اختصاص یافته است.

حرکتهای موثر تعیین کننده برای تشکیل تصویر:

- حرکت آهسته
- حرکت مانوردار
- حرکت با مانور زیاد



# تشکیل تصویر با استفاده از امواج رادیویی

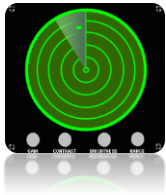
تصاویر به دست آمده در این حوزه را می توان به دو دسته کلی زیر تقسیم کرد:

## تصاویر پزشکی:

که مهمترین آنها MRI است و بر خلاف حوزه هایی که در تشکیل تصویر پزشکی به کار می روند برای انسان بدون عوارض جانبی است.

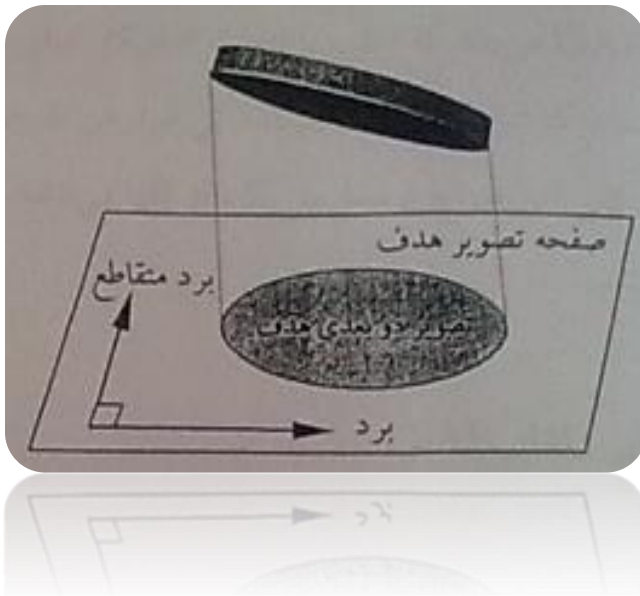
## تصاویر راداری:

دسته ای دیگر از تصاویر بدست آمده در حوزه RF می باشد که با پردازش مناسب پژواک دریافتی توسط رادار بوجود می آیند. از جمله کاربردهای تصاویر راداری می توان به زمین شناسی، کشف معادن و منابع زیرزمینی، کشف آلودگیهای زیست محیطی، مسایل نظامی و... اشاره کرد.



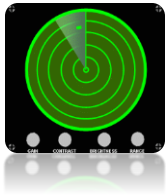
# لازمه تشکیل تصویر

تشکیل تصویر به کمک پردازش همدوس<sup>1</sup> پژواکهای<sup>2</sup> دریافتی از هدف انجام می شود . ابتدا فرستنده رادار دنباله ای از پالسها را به سمت هدف ارسال می کند و پژواک آنها توسط گیرنده دریافت می شود ، سپس از سیگنال دریافتی نمونه برداری شده و این داده های خام مورد پردازش قرار می گیرد نهایتا داده های پردازش شده در یک ماتریس دو بعدی جای می گیرد، که این ماتریس همان تصویر دو بعدی هدف است.

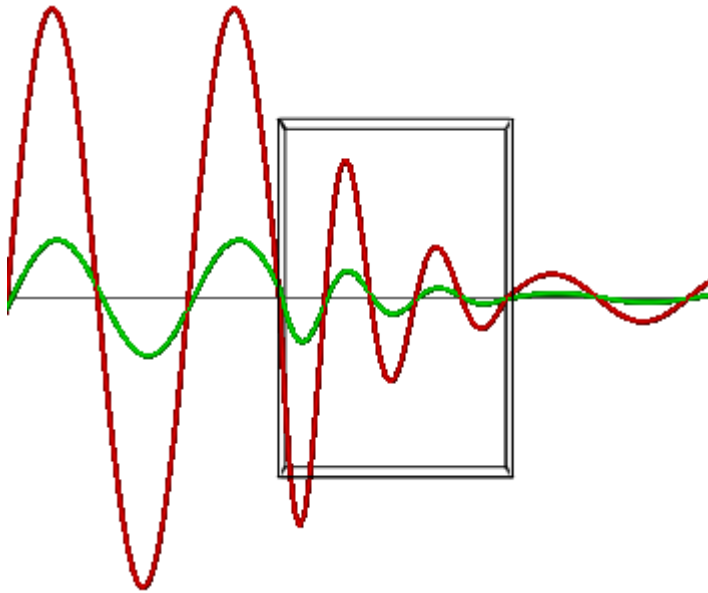


1. Coherent

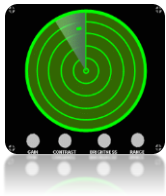
2. High Resolution RADAR (HRR)



# ماتریس دو بعدی



$D_{1,1}$	$D_{1,2}$	. . .	$D_{1,N}$
$D_{2,1}$	$D_{2,2}$	. . .	$D_{2,N}$
.			.
.			.
.			.
$D_{N,1}$			$D_{N,N}$

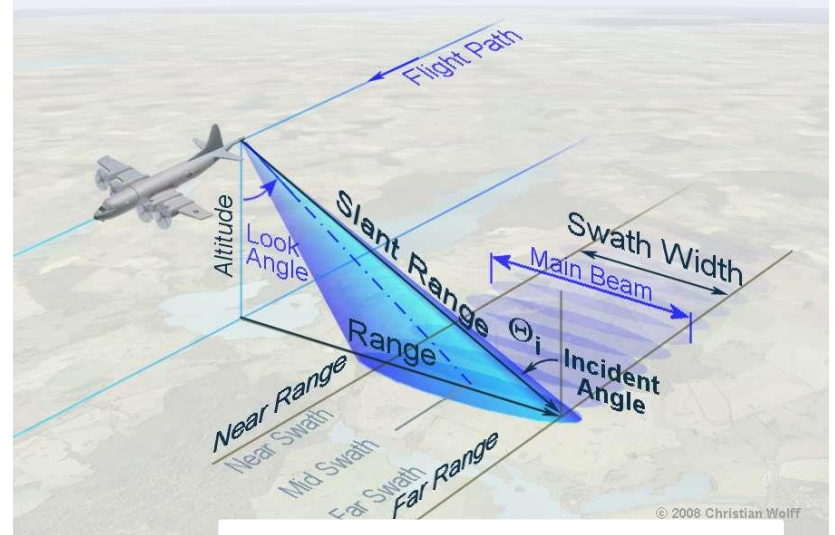
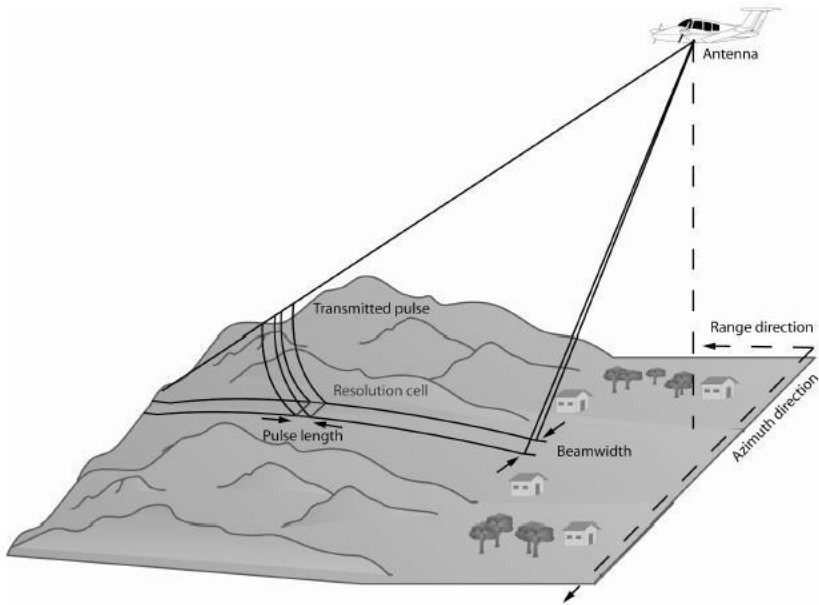


# انواع رادارهای SAR

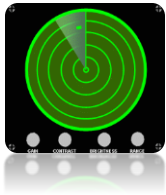
رادارهای SAR دارای دو نوع مجزا است:

**Side-looking SAR ✓**

در این نوع بیم رادار حداکثر قدرت تفکیک بدست آمده در بعد برد متقاطع معادل نصف پهنای بیم واقعی رادار (روی سطح هدف) است.

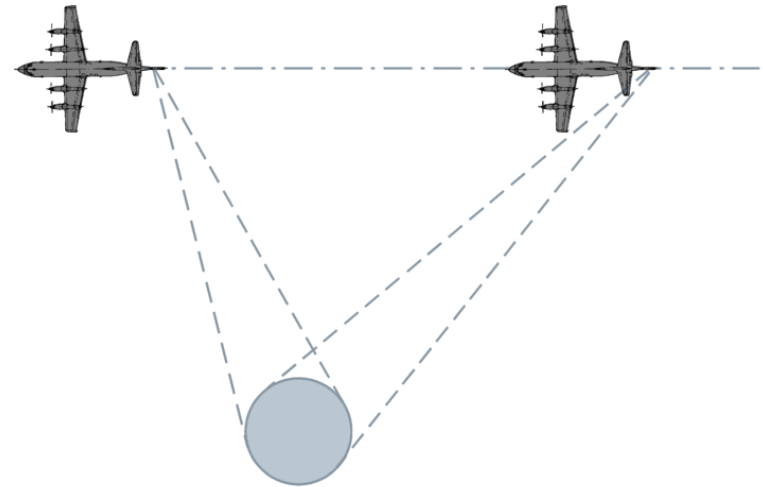
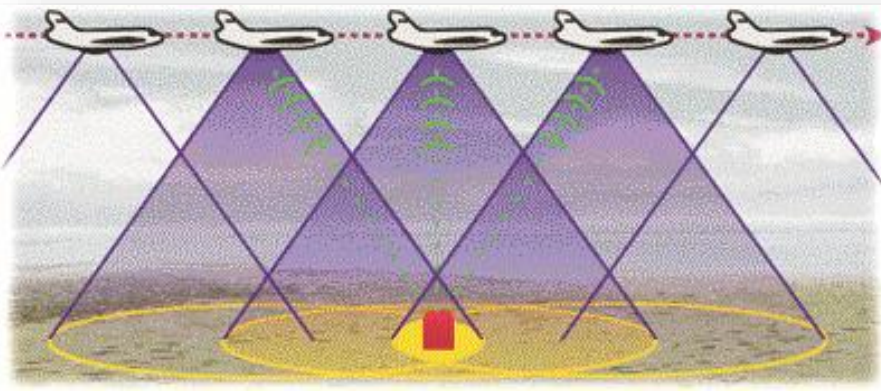


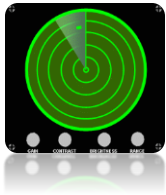
1. beam



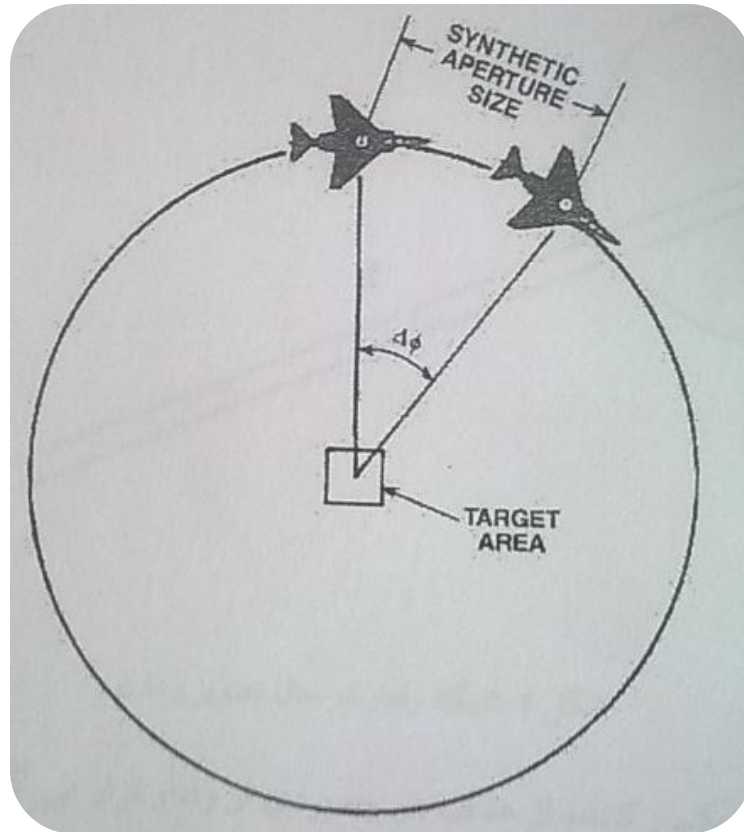
## Spotlight SAR ✓

در این نوع رادار بیم رادار در مدت زمان نقشه برداری در حین حرکت آنتن، بر سطح مورد نظر باقی می ماند و همراه با حرکت آنتن حرکت نمی کند در این حالت قدرت تفکیک در بعد متقاطعاً پهنای بیم رادار محدود نمی شود



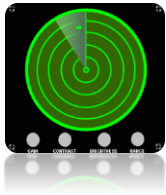


# رادار ISAR



با کمی تغریب می توان spotlight SAR را بصورت شکل روبرو تصویر نمود. در این شرایط اطلاعات دریافتی با حالتی که رادار در مرکز دوران باشد و هدف به دور آن گردش کند تفاوتی ندارد. این دقیقاً چیزی است که در ISAR رخ می دهد. به عبارت بهتر رادار ISAR گونه ای رادار SAR است که در آن هدف متحرک و رادار ساکن است، در این شرایط تصویر برداری از اهداف متحرکی مانند هواپیما، کشتی و ... انجام می پذیرد.





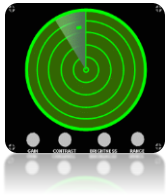
# فرکانس داپلر

برای جداسازی منعکس کننده های داخل یک سلول لازم به فراگیری فرکانس داپلر داریم:

❖ فرکانس داپلر

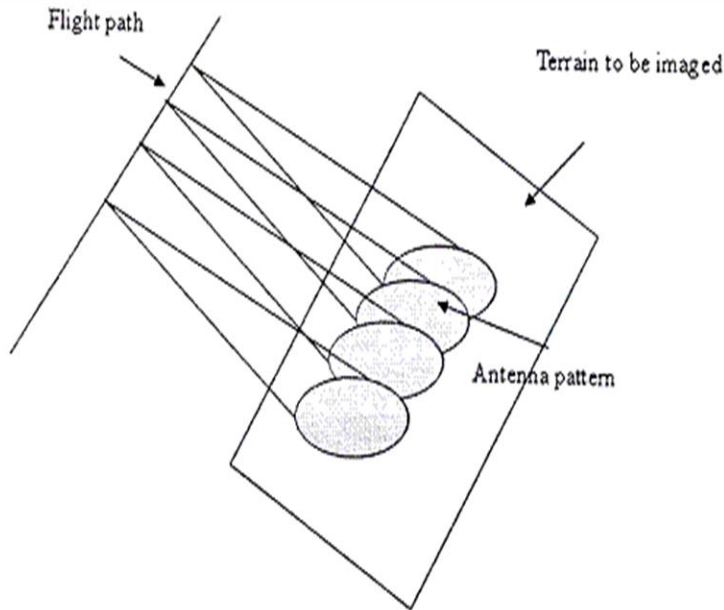
در حالت ایده ال می توان اکوی یک سیگنال ارسالی را به صورت شیفیت یافته همان سیگنال ارسالی به ازای تاخیر موجود ، در نظر گرفت

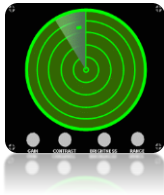
$$S_r = \sin(2\pi f(t - T_d))$$



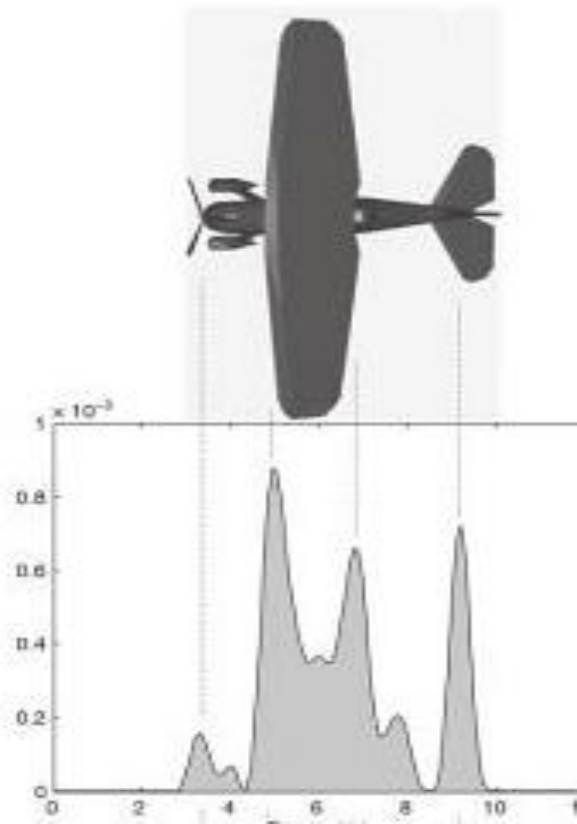
## نحوه تغییر داپلر

بر اساس این شکل ، در طول مدت زمانی که سیگنال اکوی هدف توسط رادار دریافت می‌گردد، فاصله مستقیم هدف تا رادار دچار تغییر میشود . در واقع نرخ تغییر این فاصله است که سبب تغییر داپلر سیگنال دریافتی از هدف می‌گردد و همین تغییر داپلر کلید اصلی در بعد سمت است SAR بهبود قدرت تفکیک

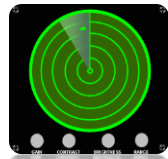




## تصویر هدف در بعد برد

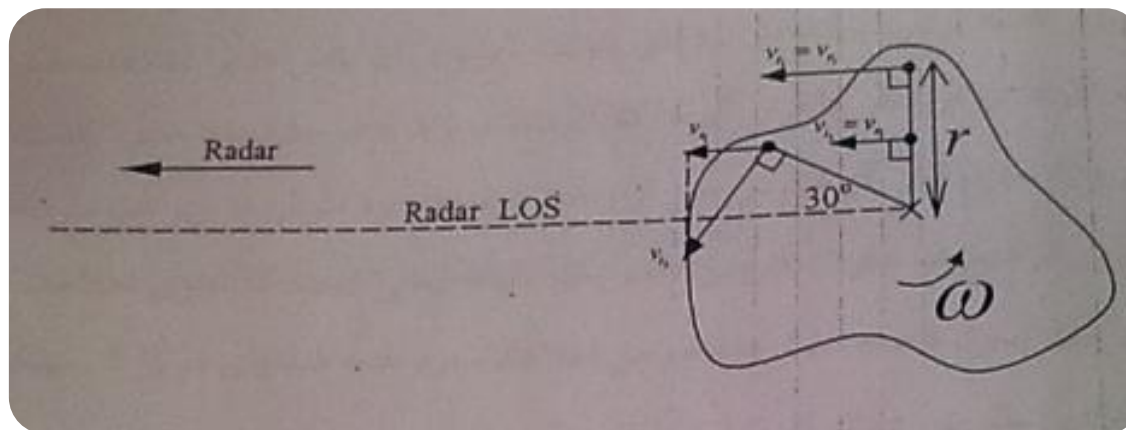


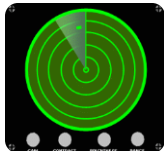
تصویر در بعد برد، همان نمودار برد هدف است. با ارسال یک پالس به سمت هدف می توان با استفاده از تفاوت تاخیر میان پژواکهای دریافتی از قسمت‌های مختلف هدف که دارای بردهای متفاوتی هستند، نمودار برد هدف را بدست آورد. در واقع به ازای ارسال هر پالس به سمت هدف، داده های دریافتی از آن (مربوط به سلولهای فاصله ای که هدف در آنها واقع است) یک نمودار برد هدف را تشکیل می دهد



# تصویر هدف بعد برد متقاطع

برای تشکیل تصویر در بعد برد متقاطع از حرکت چرخشی هدف استفاده می شود. بر اثر این حرکت چرخشی، منعکس کننده هایی از هدف که در یک سلول برد قرار دارند، هر یک با سرعت متفاوتی از بقیه به رادار نزدیک و یا از آن دور می شود و در نتیجه هر یک از آنها شیفیت دوپلر منحصر به فردی دارند که با سایر منعکس کننده های واقع در آن سلول فاصله متمایز است.





# مدهای کاری سیستم SAR و ISAR

سه مودکاری متداول برای سیستم های SAR و ISAR در نظر گرفته شده است:

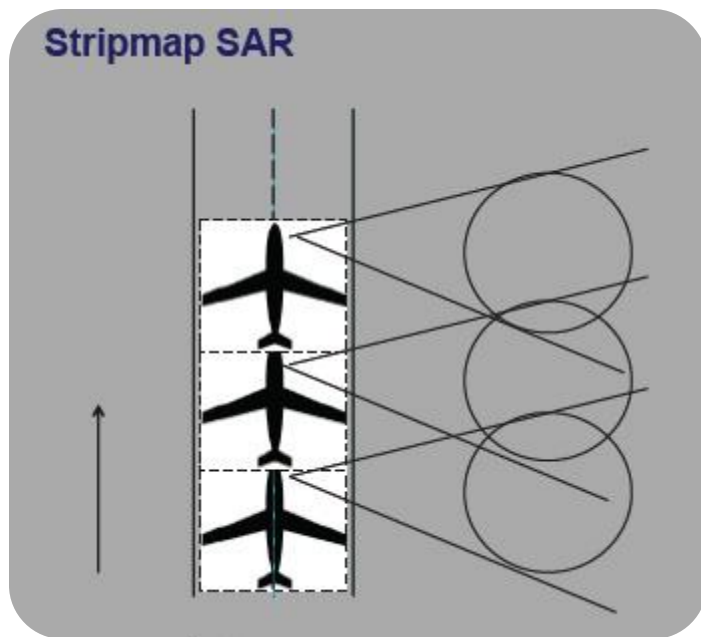
❖ مود نواری ۱

❖ مود اسکن ۲

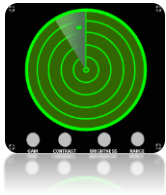
❖ مود تابش نقطه ای ۳

مود نواری:

این مود از مرسوم ترین مودها است که بیم آنتن رادار همواره ثابت بود و به یک جهت ثابت نسبت به مسیر پرواز اشاره می کند. این مود پیوسته یک نوار از زمین، موازی با مسیر پرواز را مشاهده می کند.

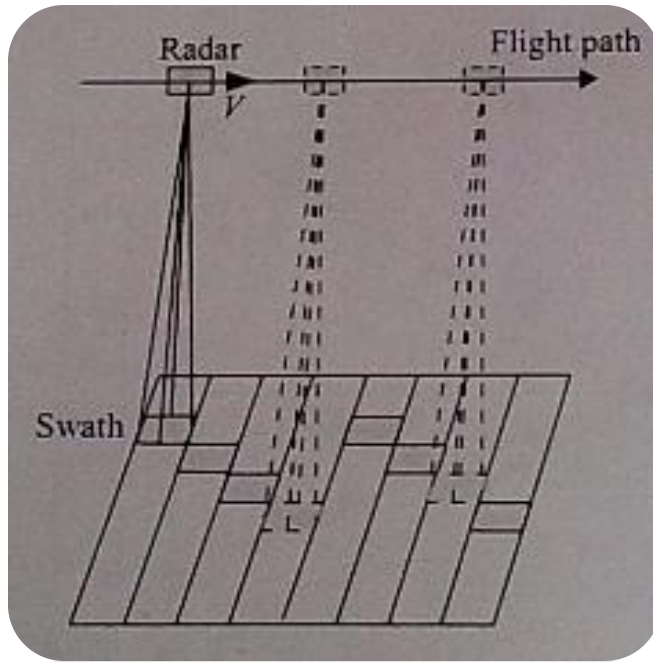


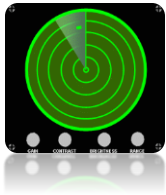
- 1.Stripmap
- 2.Scan
- 3.spotlight



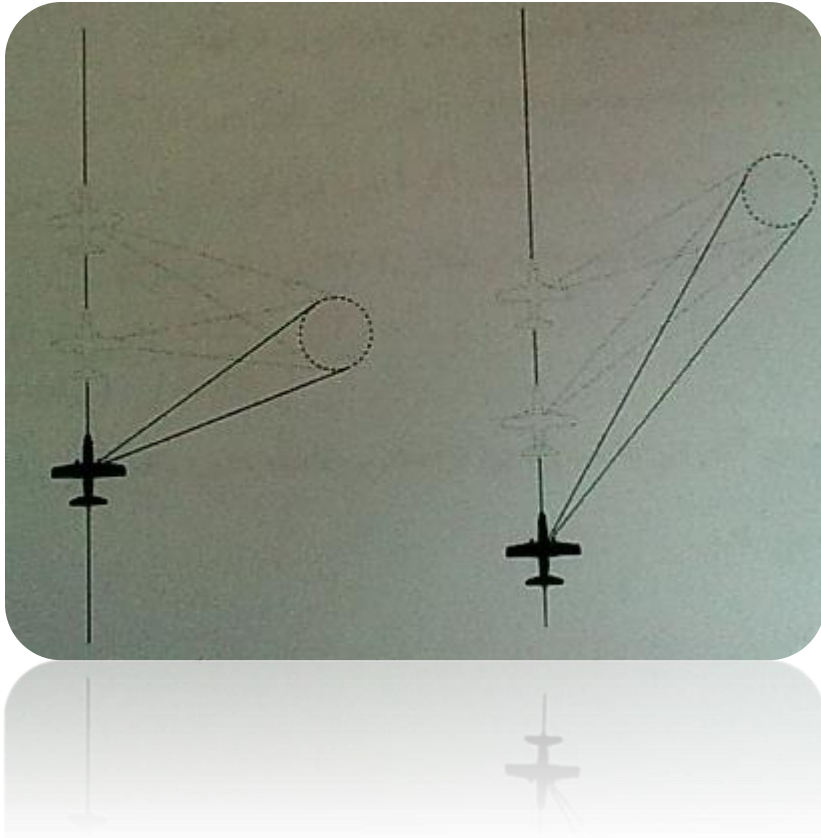
# مود اسکن

این مود برای عریض کردن ناحیه پوشش در جهت بردنسبت به حالت نواری بکار می رود و از آننتی که بیم ان به طور الکترونیکی قابل تغییر جهت است، ناحیه ای که توسط هر بیم خاص تصویر برداری می شود، زیربازه مشاهده نامیده می شود. اساس مود اسکن، به اشتراک گذاشتن زمان کاری رادار بین دو چند زیربازه مشاهده جداگانه است، طوری که پوشش تصویری کامل بدست.

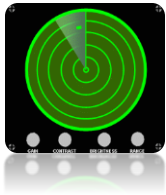




## مود تابش نقطه ای



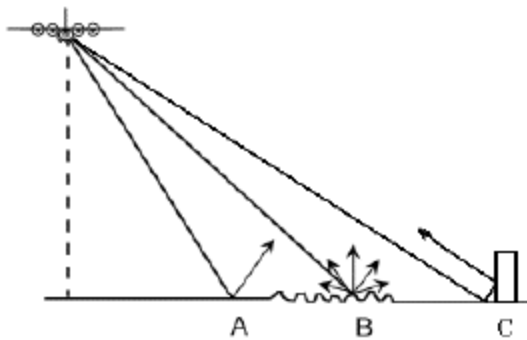
این مود برای بدست آوردن یک تصویر با قدرت تفکیک سمت خیلی خوب از یک هدف به کار می رود. وقتی سکو حرکت می کند و از هدف می گذرد، جهت بیم چنان عوض می شود که همچنان به سمت هدف متمرکز باشد و همواره آن ناحیه خاص را روشن می کند. دو نوع بایبیم عرضی و بیم لوچ



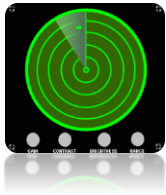
# انعکاس

## ❖ انعکاس آینه ای (A)

این انعکاس به وسیله یک سطح صاف ایجاد می شود در این حالت انرژی برخوردی انعکاس یافته و هیچ بخش برگشت داده شده به منبع نداریم . در این حالت سطوحی که صاف و نرم هستند به صورت نواحی با تن تیره در یک تصویر ظاهر می شود



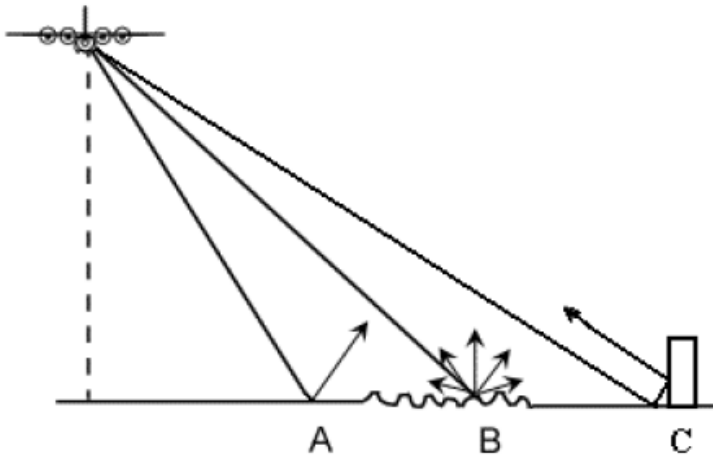




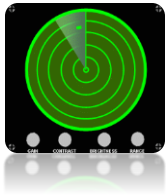
## انعکاس گوشه ای (C)

این انعکاس انرژی تابیده شده را مستقیماً به سمت آنتن بر می گرداند. در این حالت در تصویر در تصویر چنین عارضه ای بسیار روشن ظاهر می شود.

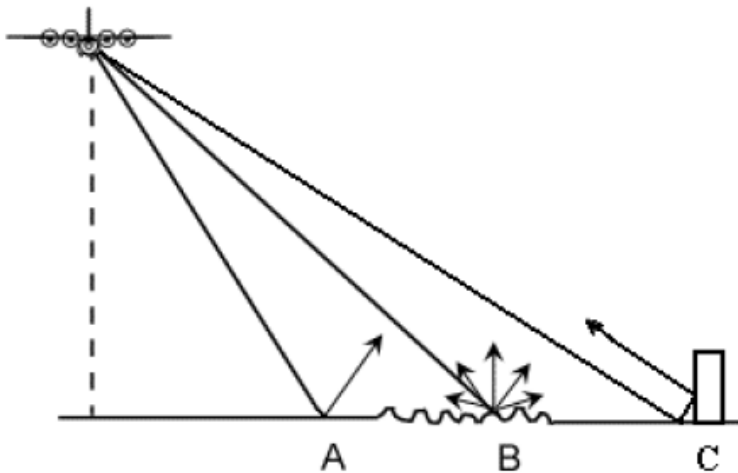
این حالت وقتی است که ما ساختمانها ، محیطهای شهری و همچنین سطوح مربوط به صخره ها و محیطهای طبیعی را داریم



## انعکاس پراکنده شده<sub>1</sub> (B)



این انعکاس به وسیله سطحی ناهموار ایجاد می شود به طوری که امواج پراکنده شده انرژی تغریبا به طور مساوی به همه جهتها پراکنده می شود در این حالت بخش قابل توجهی از انرژی به سمت رادار برگشته می شود. در این حالت بخش قابل توجهی از انرژی به سمت رادار برگشته می شود. چنین سطوح ناهمواری در یک تصویر روشنتر ظاهر خواهند شد.



# منابع

- [1]. Wong, F.H Cumming, I.G Digital processing of synthetic aperture Radar data algorithms and implementation, Artech house,2005
- [2]. Maitre, H., processing of synthetic aperture radar images , Wiley,2008
- [3]. Richard, j.A., remote sensing with imaging Radar, Springer,2009
- [4]. Sullivan, J., Radar foundations for imaging and advanced concepts , Scitech,2004
- [5]. Wehner, R., High resolution Radar, Artech house, 1995

با تشکر از توجه شما