

۱- الف) در متن درس

ب) در متن درس

ج) ISAR همان SAR معکوس است که در آن رادار ثابت و هدف متحرک است و روزنه مصنوعی لازم با حرکت هدف شکل می‌گیرد.

د) استخراج نقشه ارتفاع (DEM) و سنجش تغییرات سطح زمین.

برای استخراج نقشه ارتفاع، به دو تصویر SAR نیاز است که از دو مسیر متفاوت منطقه را اسکن کرده باشند. اختلاف فاز دو تصویر به صورت زیر خواهد بود:

$$\Delta\phi = \Delta\phi_{flat} + \Delta\phi_{topo} + \Delta\phi_{atm} + \Delta\phi_{noise}$$

که $\Delta\phi_{flat}$ اختلاف فاز دو تصویر با فرض زمین مسطح و به دلیل اختلاف دو مسیر است و با توجه به معلوم بودن دو مسیر، قابل محاسبه است. $\Delta\phi_{atm}$ و $\Delta\phi_{noise}$ نیز اختلاف فاز ناشی از اتمسفر و نویز هستند که تا حدی قابل جبران می‌باشند. بنابراین در نهایت با محاسبه $\Delta\phi_{topo}$ (که اختلاف فاز ناشی از توپوگرافی است) می‌توان به نقشه ارتفاع زمین دست یافت. برای استخراج تغییرات سطح، باز هم به دو تصویر SAR از منطقه نیاز است که اختلاف فاز آنها استخراج می‌شود:

$$\Delta\phi = \Delta\phi_{flat} + \Delta\phi_{topo} + \Delta\phi_{dis} + \Delta\phi_{atm} + \Delta\phi_{noise}$$

در این حالت $\Delta\phi_{topo}$ با استفاده از یک DEM از منطقه که قبلاً استخراج شده محاسبه و جبران می‌شود. مقدار $\Delta\phi_{flat}$ نیز محاسبه شده و به همراه $\Delta\phi_{atm}$ جبران‌سازی می‌شود. در نهایت $\Delta\phi_{dis}$ که ناشی از تغییرات سطح زمین است باقی می‌ماند که نقشه تغییرات سطح زمین از آن استخراج می‌گردد.

۲- الف)

$$f_0 = 3GHz \Rightarrow \lambda = 10cm = 0.1m$$

$$D = 0.5m$$

$$R = 1km$$

$$\rho_a = \frac{\lambda}{D} R = \frac{0.1}{0.5} \times 1000 = 200m$$

در صورت استفاده از SAR در شیوه کارکرد نواری: $\rho_a = \frac{D}{2} = 25cm$

مشخص است که با استفاده از تکنیک SAR، حد تفکیک $25cm$ و مستقل از برد خواهد بود.

۳- الف)

$$\rho_r = \frac{c}{2B \cos \theta} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 300 \times 10^6 \times \cos(60^\circ)} = 1m$$

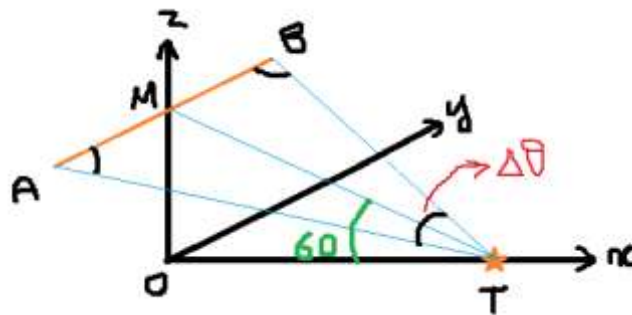
ب)

$$\rho_a = \frac{L_a}{2} = \frac{1}{2} = 0.5m$$

ج)

$$\rho_a = \frac{\lambda}{2\Delta\theta}$$

با توجه به شکل زیر:



فرض می‌کنیم که رادار از نقطه A تا نقطه B (روزنه مصنوعی) حرکت کرده و در طول این مدت هدف در پرتو رادار بوده است. برای محاسبه حد تفکیک سمت طبق فرمول فوق، باید زاویه $\Delta\theta$ در شکل محاسبه شود. در شکل فوق داریم:

$$AM = MB = 2500m, \quad OM = 6000m$$

$$MT = \frac{OM}{\sin(60^\circ)} = \frac{6000}{\sin(60^\circ)} = 6928.2m$$

$$\Delta\theta = 2 \operatorname{atan}\left(\frac{AM}{MT}\right) = 2 \operatorname{atan}\left(\frac{2500}{6928.2}\right) = 0.69 \operatorname{rad}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^9} = 6\text{cm}$$

$$\rho_a = \frac{\lambda}{2\Delta\theta} = \frac{0.06}{2 \times 0.69} \approx 4\text{cm}$$

د)

$$\text{azimuth chirp rate} = \frac{2v^2}{\lambda R_0}$$

$$R_0 = MT = 6928m$$

$$\text{azimuth chirp rate} = \frac{2v^2}{\lambda R_0} = \frac{2 \times 150^2}{0.06 \times 6928} = 108.3 \text{ Hz/s}$$

ه)

$$\text{range chirp rate} = \frac{B}{T_p} = \frac{300 \text{ MHz}}{1 \mu\text{s}} = 3 \times 10^{14} \text{ Hz/s} = 300 \text{ MHz}/\mu\text{s}$$

با مقایسه عدد فوق با جواب قسمت (د) مشاهده می‌شود که نرخ چیرپ در برد بسیار بیشتر از نرخ چیرپ در سمت است.

(و)

حداقل PRF به پهنای باند داپلر بستگی دارد. پهنای باند داپلر را می‌توان با توجه به مقدار کمینه و بیشینه آن محاسبه نمود.

در شیوه نواری با توجه به شکل قسمت (ج)، طول روزنه مصنوعی با استفاده از پهنای پرتو در سمت $(\frac{\lambda}{L_a})$ و نزدیکترین برد $(R_0 = MT)$ به دست می‌آید:

$$L_s = AB \approx R_0 \frac{\lambda}{L_a} = 6928 \times \frac{0.06}{1} = 415.7 \text{ m}$$

بیشینه مقدار داپلر در نقطه A رخ می‌دهد و برابر است با:

$$f_d(\text{max}) = \frac{2v}{\lambda} \cos(\angle A) = \frac{2v}{\lambda} \cos\left(\text{atan}\left(\frac{MT}{AM}\right)\right) = \frac{2 \times 150}{0.06} \cos\left(\text{atan}\left(\frac{6928}{207.8}\right)\right) \approx 150 \text{ Hz}$$

در محاسبه فوق طول AM برابر با نصف طول روزنه مصنوعی (415.7m) در نظر گرفته شده است. به همین ترتیب داریم:

$$f_d(\text{min}) = -\frac{2v}{\lambda} \cos(\angle B) \approx -150 \text{ Hz}$$

بنابراین پهنای باند داپلر برابر با 300Hz خواهد بود و به همین دلیل حداقل مقدار PRF نیز باید 300Hz باشد.

در شیوه نورافکنی همین محاسبه تکرار می‌شود و تنها تفاوت در این است که در آنجا طول روزنه مصنوعی (AB) برابر با 5000 متر است. بنابراین:

$$f_d(\text{max}) = \frac{2v}{\lambda} \cos(\angle A) = \frac{2v}{\lambda} \cos\left(\text{atan}\left(\frac{MT}{AM}\right)\right) = \frac{2 \times 150}{0.06} \cos\left(\text{atan}\left(\frac{6928}{2500}\right)\right) \approx 1700 \text{ Hz}$$

$$f_d(\text{min}) = -\frac{2v}{\lambda} \cos(\angle B) \approx -1700 \text{ Hz}$$

بنابراین در شیوه نورافکنی حداقل مقدار PRF باید برابر با 3400Hz باشد.

راه حل دیگر: می‌توان با استفاده از نرخ چیرپ در سمت و زمان روزنه مصنوعی، پهنای باند داپلر را محاسبه نمود:

$$\text{doppler bandwidth} = \text{azimuth chirp rate} \times \text{synthetic aperture time}$$

$$doppler\ bandwidth = \frac{2v^2}{\lambda R_0} \times \frac{AB}{v}$$

در فرمول فوق، زمان روزنه مصنوعی برابر با طول روزنه مصنوعی (AB) تقسیم بر سرعت سکو است.
در شیوه نواری داریم:

$$doppler\ bandwidth = \frac{2v^2}{\lambda R_0} \times \frac{AB}{v} = \frac{2 \times 150^2}{0.06 \times 6928} \times \frac{415.7}{150} = 300Hz$$

در شیوه نورافکنی:

$$doppler\ bandwidth = \frac{2v^2}{\lambda R_0} \times \frac{AB}{v} = \frac{2 \times 150^2}{0.06 \times 6928} \times \frac{5000}{150} = 3609Hz$$

جواب در اینجا با جواب روش قبل (3700Hz) کمی متفاوت است و این به خاطر آن است که نرخ چیرپ در تمام طول روزنه مصنوعی ثابت نیست (در اینجا ثابت فرض شده) و بنابراین جواب روش قبل دقیق تر است.