



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

PROVA OBJETIVA

TG24

ENGENHARIA DE SISTEMAS DE SATÉLITES RADARES DE ABERTURA SINTÉTICA



SUA PROVA

- Além deste caderno contendo **45 (quarenta e cinco)** questões objetivas, você receberá do fiscal de prova o cartão de respostas;
- As questões objetivas têm **5 (cinco)** opções de resposta (A, B, C, D e E) e somente uma delas está correta.



TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



INFORMAÇÕES GERAIS

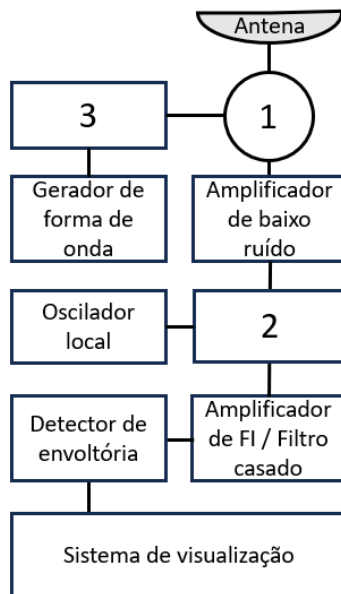
- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas e também confira seu cargo. Caso tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em seu cartão de respostas, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher o cartão de respostas;
- Para o preenchimento do cartão de respostas, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Reserve tempo suficiente para o preenchimento do seu cartão de respostas. O preenchimento é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca do cartão de respostas em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas as marcações realizadas no cartão de respostas;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.

Boa Prova!

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

1

A figura a seguir apresenta o diagrama em blocos simplificado de um radar típico.



As caixas 1, 2 e 3 representam, respectivamente, os seguintes equipamentos:

- (A) transdutor de modos ortogonais, misturador e conversor A/D.
- (B) filtro passa-baixas, circulador e misturador.
- (C) circulador, misturador e amplificador de potência.
- (D) duplexador, modulador FM e conversor D/A.
- (E) filtro passa-faixa, duplexador e discriminador de fase.

Atenção: o enunciado a seguir refere-se às duas próximas questões.

A equação radar descreve o comportamento teórico de um radar e pode ser obtida em função de diversos parâmetros de desempenho.

Use a equação radar que estima o alcance teórico máximo (R) de uma radar a partir da seção reta radar do alvo (σ), da potência de transmissão (P_t), da abertura efetiva da antena (A_e), da sensibilidade do receptor (S_r) e do comprimento de onda da portadora (λ) e pode

ser escrita como $R^4 = \frac{P_t A_e^2 \sigma}{4\pi \lambda^2 S_r}$.

2

Considere um radar típico com as especificações listadas na tabela abaixo.

Parâmetro	Valor
P_t	$800kW$
A_e	$8m^2$
σ	$1m^2$
f	$1200MHz$
S_r	$10^{-12}W$
$\log_{10} 2$	0,3
$\log_{10} \pi$	0,5

O seu alcance máximo teórico, em km, é aproximadamente igual a

- (A) 100.
- (B) 5.
- (C) 160.
- (D) 50.
- (E) 200.

3

O INPE deseja iniciar o projeto de uma família de radares embarcados em satélites de baixa órbita de altitude fixa. Para isso, deseja-se inicialmente estimar o peso do *payload* (M) que é composto por três parcelas.

O peso total do radar é composto pelo peso da antena ($M_A = CA_e$), o peso do transmissor ($M_T = DP_t$), e o peso dos demais equipamentos, M_{outros} , que é igual a um valor fixo. C e D são constantes.

Quando o peso total do satélite $M = M_A + M_T + M_{outros}$ é mínimo, o peso M_A da antena é igual a

(A) $2^3 \sqrt{\frac{C^2 D \pi R^4 \lambda^2 S_r}{\sigma}}$.

(B) $\sqrt[3]{\frac{C^2 D \pi R^4 \lambda^2 S_r}{\sigma}}$.

(C) $\sqrt[3]{\frac{4\pi R^4 \lambda^2 S_r}{\sigma}}$.

(D) $\sqrt[3]{\frac{CD^2 \pi R^4 \lambda^2 S_r}{\sigma}}$.

(E) $2^3 \sqrt[3]{\frac{8CD^2 \pi R^4 \lambda^2 S_r}{\sigma}}$.

4

A relação sinal-ruído na entrada e na saída da cadeia de recepção de um radar é igual a 15 dB e 13 dB, respectivamente.

A figura de ruído da cadeia de recepção do referido radar, em dB, é igual a

- (A) -2.
- (B) 2.
- (C) 28.
- (D) $10^{0,2}$.
- (E) $10^{-0,2}$.

5

Um radar de vigilância aérea possui uma frequência de repetição de pulsos igual a 2,4kHz.

O alcance teórico não-ambíguo do radar, em km, é igual a

- (A) 125000.
- (B) 62500.
- (C) 1250.
- (D) 125.
- (E) 62,5.

6

Radares embarcados em plataformas espaciais podem ser utilizados para realizar uma fotografia bidimensional da superfície terrestre a partir do processamento do sinal retroespalhado.

Assinale a opção que indica o radar mais utilizado, pois obtém uma excelente resolução sem a necessidade de antenas grandes.

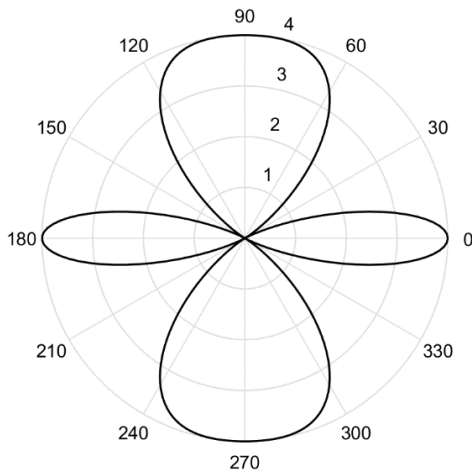
- (A) Radar CW.
- (B) Radar de varredura eletrônica.
- (C) Radar Doppler.
- (D) Radar de detecção de alvos móveis.
- (E) Radar de abertura sintética.

7

A esfera metálica é um tipo de alvo muito utilizado na calibração de equipamentos de medidas de seção transversal de radar e como elemento básico para a decomposição de alvos complexos. A seção reta radar monostática de duas esferas distantes entre si pode ser representada pela equação a seguir, onde l é a distância entre duas esferas, λ é o comprimento de onda, θ é o ângulo de observação em relação à normal que interliga as duas esferas, σ_o é a seção transversal monostática de uma esfera metálica e σ_r é a seção transversal monostática das duas esferas espaçadas entre si de l .

$$\frac{\sigma_r}{\sigma_o} = 2 \left[1 + \cos \left(\frac{4\pi l}{\lambda} \sin \theta \right) \right]$$

O gráfico a seguir é a representação polar de $\frac{\sigma_r}{\sigma_o}$ em função do ângulo θ de duas esferas de raio 0,5 cm e distantes entre si de 2,5 cm.



A frequência na qual a curva acima foi obtida, em GHz, é igual a

- (A) 2.
- (B) 3.
- (C) 6.
- (D) 8.
- (E) 12.

8

Idealmente, o diagrama de ambiguidade de uma forma de onda baseada em ruído branco possui o formato de “uma tachinha”; um platô retangular com um único pico ao centro. Isto ocorre pois o ruído branco é um sinal aleatório. Consequentemente, a precisão nas medidas de retardo e frequência são independentes e determinadas, respectivamente, a partir da largura de banda e da duração do pulso.

O código de Costas, uma forma de onda que busca replicar o diagrama de ambiguidade descrito acima, consiste em

- (A) transmitir pulsos de largura aleatoriamente variável. A frequência da portadora é fixa e a frequência de repetição de pulsos é fixa.
- (B) transmitir pulsos de largura fixa. A frequência da portadora realiza saltos em frequência durante a transmissão do pulso. A frequência de repetição de pulsos é fixa.
- (C) transmitir pulsos de largura fixa. A frequência da portadora é fixa e a frequência de repetição de pulsos é aleatoriamente variável.
- (D) transmitir pulsos de largura fixa. A frequência da portadora é modulada em FM. A cada pulso transmitido, o esquema de modulação FM é modificado. A frequência de repetição de pulsos é fixa.
- (E) transmitir pulsos de largura aleatoriamente variável. A frequência da portadora é modulada em FM linear. A frequência de repetição de pulsos é aleatoriamente variável.

9

A atenuação por formações meteorológicas possui um papel fundamental no funcionamento de radares meteorológicos. A atenuação do sinal radar por nuvens é devido, em sua maior parte, à concentração de partículas de água e gelo que possuem raios menores do que 100 micrômetros. Para comprimentos de onda maiores do que 0,5 cm, a atenuação é igual a $K_1 M$, onde K_1 é o coeficiente de atenuação cuja unidade é dB/(km.g/m³) e M é a concentração de água líquida na nuvem, em g/m³.

A tabela abaixo apresenta valores de K_1 para diferentes temperaturas e comprimento de onda do sinal radar.

Temperatura (°C)	Comprimento de onda (cm)			
	0,9	1,24	1,8	3,2
20	0,647	0,311	0,128	0,0483
10	0,681	0,406	0,179	0,0630
0	0,99	0,532	0,267	0,0858

Com base nos dados apresentados, a atenuação do sinal radar por nuvens é

- (A) inversamente proporcional a M.
- (B) diretamente proporcional ao comprimento de onda.
- (C) diretamente proporcional à temperatura.
- (D) aproximadamente igual a 0,81 dB/km quando $M = 2g/m^3$, a temperatura é igual a 10°C e a frequência é igual a 24,2GHz.
- (E) a maior quando a frequência é igual a 9,375GHz.

10

A função ambiguidade é uma importante ferramenta para analisar o desempenho de diferentes formas de onda utilizada em radares. É uma transformação bilinear que permite a análise no domínio tempo-frequência de sinais não-estacionários no domínio do tempo. Com relação à função ambiguidade, analise as afirmativas a seguir.

- I. A função ambiguidade é uma função linear.
- II. O máximo da função ambiguidade sempre ocorre quando a frequência Doppler é nula e na posição real do alvo.
- III. A função ambiguidade é par.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) I e II, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I e III, apenas.

11

O radar além do horizonte possui a capacidade de detectar alvos à longa distância, usualmente entre 1000 km e 3000 km. Utiliza como mecanismo de propagação principal ondas espaciais que são refletidas pela ionosfera.

A frequência de operação típica deste tipo de radar está na faixa conhecida como

- (A) HF.
- (B) VHF.
- (C) UHF.
- (D) Ku.
- (E) Ka.

12

O sinal de saída de um filtro casado ideal, quando a relação sinal-ruído na entrada é maior do que 10 dB, é igual a:

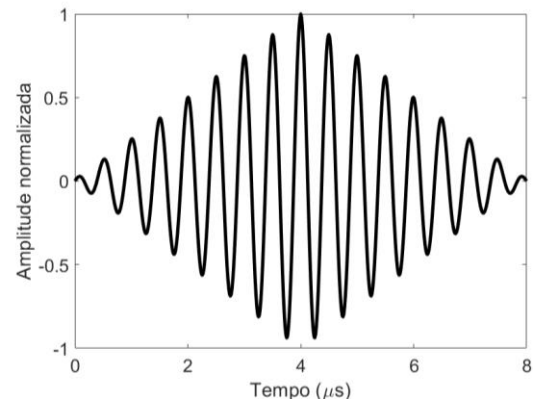
$$\int_{-\infty}^{\infty} s(k)s(k - t + 5 \times 10^{-6})dk.$$

Sendo $s(t)$ o sinal na entrada do filtro casado e $S(f)$ a transformada de Fourier do sinal de entrada, a função de transferência do filtro casado é igual a

- (A) $\frac{10^5 f}{\pi} S^*(f)$.
- (B) $S^*(f)e^{-j10^{-5}\pi f}$.
- (C) $10^{-5}\pi f S(f)$.
- (D) $\frac{1}{2\pi} S(f)e^{j10^{-5}\pi f}$.
- (E) $[S(f)]$.

13

A figura a seguir representa a amplitude normalizada do sinal de saída do filtro casado de um radar quando o sinal de entrada é um pulso retangular de largura fixa que modula uma portadora senoidal de frequência igual a 2MHz.



A largura do pulso retangular, em μs , é igual a

- (A) 16.
- (B) 8.
- (C) 4.
- (D) 2.
- (E) 1.

Atenção: o enunciado a seguir refere-se às duas próximas questões.

Considere um sinal $x(t)$ gerado por um radar que utiliza técnicas de compressão de pulso. O sinal $x(t)$ do tipo *chirp* gerado no radar possui a seguinte expressão geral:

$$x(t) = \Pi(2 \times 10^5 t) \cos(6\pi \times 10^6 t + \pi \times 10^{11} t^2),$$

em que a função retangular é definida como:

$$\Pi(x) = \begin{cases} 1, & |x| < 1/2 \\ 0, & |x| > 1/2 \end{cases}$$

O argumento da função trigonométrica de um sinal do tipo *chirp* define o seu tipo de modulação em frequência, que pode ser linear ou não-linear.

14

O sinal *chirp* expresso por $x(t)$ é do tipo

- (A) linear.
- (B) não-linear quadrático.
- (C) não-linear côncavo.
- (D) não-linear convexo.
- (E) não-linear logarítmico.

15

A largura de banda de varredura de um sinal *chirp* é a diferença entre as frequências instantâneas no final e no início do pulso.

A largura de banda de varredura de $x(t)$ é igual a

- (A) 11,25 Hz.
- (B) 200 kHz.
- (C) 3 MHz.
- (D) 16,67 kHz.
- (E) 500 kHz.

16

O Radar de Abertura Sintética (SAR) é um sensor que emite radiação eletromagnética na faixa das micro-ondas.

Com relação às principais faixas de frequência (bandas) utilizadas pelos SAR imageadores e sua interação com os alvos terrestres, assinale a afirmativa correta.

- (A) Quanto maior a frequência utilizada, maior é a penetração da radiação eletromagnética nos alvos.
- (B) A maior penetração nos alvos é alcançada pela radiação eletromagnética com os maiores comprimentos de onda.
- (C) As bandas com as maiores frequências possuem menor energia.
- (D) A banda com os menores comprimentos de onda são ideais para observação da interação da radiação com o dossel florestal.
- (E) As maiores resoluções espaciais nas imagens geradas por SAR orbitais são obtidas por sensores que funcionam com os maiores comprimentos de onda.

17

As distorções geométricas nas imagens SAR, causadas pela superfície topográfica da Terra e pela visada característica da obtenção dos dados, apresentam peculiaridades, que dependem da relação do ângulo de incidência local com o ângulo de inclinação do terreno.

Com relação às distorções geométricas mais comuns em imagens SAR, analise as afirmativas a seguir.

- I. O sombreamento (*shadowing*) é maior para menores ângulos de incidência.
- II. O encurtamento de rampa (*foreshortening*) é um caso extremo da inversão (*layover*).
- III. A inversão (*layover*) ocorrerá quando o ângulo de incidência local for menor do que o ângulo de inclinação do terreno.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) III, apenas.
- (D) I e II, apenas.
- (E) II e III, apenas.

18

Na geração de imagens por radares de abertura sintética (SAR), existem diversos parâmetros que podem influenciar no chamado retroespalhamento (*backscattering*), que vem a ser a parte da energia eletromagnética refletida pelo alvo na direção da antena.

Nesse contexto, assinale a opção que apresenta os parâmetros que são classificados como referentes apenas ao sistema SAR.

- (A) Frequência, ângulo de incidência, resolução e geometria.
- (B) Frequência, rugosidade, geometria e constante dielétrica.
- (C) Frequência, polarização, geometria e constante dielétrica.
- (D) Frequência, polarização, ângulo de incidência e constante dielétrica.
- (E) Frequência, polarização, ângulo de incidência e resolução.

19

A geometria de aquisição de dados por SAR para a geração de imagens pode ser um dos grandes desafios para sua correta interpretação, exigindo muitas vezes operadores muito experientes. Nesse sentido, analise as afirmativas a seguir e assinale (V) para a verdadeira e (F) para a falsa.

- () A interpretação de imagens SAR é bastante similar à interpretação das imagens ópticas, exceto pela impossibilidade de geração de imagens coloridas.
- () Imagens SAR obtidas por aeronaves sofrem menos distorção geométrica devida à variação do ângulo de incidência do que imagens obtidas por sensores SAR orbitais.
- () As imagens complexas, obtidas como primeiro produto do processamento SAR, estão referenciadas à direção coincidente com a linha de visada (*line of sight*), conhecida por *Slant Range*.
- () As imagens SAR são geradas com resoluções espaciais iguais, tanto para linhas como para as colunas da imagem.
- () Os maiores ângulos de incidência produzem, nas imagens SAR, áreas mais escuras na imagem, devido ao menor retroespalhamento.

As afirmativas são, respectivamente,

- (A) V – F – V – F – V.
- (B) F – V – V – F – V.
- (C) F – F – F – V – V.
- (D) F – F – V – F – V.
- (E) F – F – V – F – F.

20

Diferentemente dos sensores ópticos, os sensores SAR produzem originalmente imagens complexas, no sentido de que os valores de seus *pixels* são compostos por uma parte real e outra imaginária.

Assinale a opção que analisa corretamente as características dos valores de uma imagem logo após o processamento SAR.

- (A) Considere o número complexo $Z = X \cdot e^{is}$, na forma polar, que representa o valor de um pixel da imagem SAR. Então X corresponde ao valor da fase do sinal e s ao valor da amplitude.
- (B) O número real corresponde ao valor de intensidade do sinal recebido pela antena e o número imaginário a fase desse sinal.
- (C) O número real corresponde ao valor de amplitude do sinal recebido pela antena e o número imaginário a fase desse sinal.
- (D) A fase do sinal recebido pela antena SAR é desprezada em todas as aplicações para as imagens produzidas.
- (E) A natureza coerente do funcionamento dos sensores SAR proporciona a obtenção do valor da fase do sinal recebido.

21

O Radar de Abertura Sintética (SAR) foi inventado em 1951 por Carl Atwood Wiley, enquanto trabalhava para a Goodyear Aerospace Corporation.

Com a limitação de obtenção de imagens com alta resolução espacial por radares de abertura real, o SAR representou uma grande revolução na obtenção de imagens por Radar.

Sobre o SAR, analise as afirmativas a seguir.

- I. O sistema SAR faz uso do movimento da plataforma em que está acomodada a antena e da variação da frequência recebida pela antena (efeito doppler) para obter vários ecos provenientes do mesmo alvo e, a partir do armazenamento dessas informações e da capacidade de processamento eletrônico, gerar uma imagem de alta resolução espacial.
- II. As características do princípio utilizado e consequente processamento dos sinais para a obtenção das imagens SAR são idênticos para ambas as direções da imagem resultante.
- III. A resolução da imagem SAR é sempre a mesma na direção das linhas e das colunas.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) III, apenas.
- (D) I e II, apenas.
- (E) II e III, apenas.

22

Quanto às características do SAR e à resolução espacial de imagens, assinale a afirmativa correta.

- (A) O princípio desenvolvido para o funcionamento dos radares de abertura sintética (SAR) é especialmente importante para geração de imagens de alta resolução na direção perpendicular ao deslocamento do conjunto plataforma/antena.
- (B) A solução para melhora na resolução espacial na direção conhecida como alcance (*range*) é a utilização de uma técnica de modulação do sinal em frequência, diminuindo a potência do sinal e tornando-o mais estável.
- (C) A resolução das imagens SAR na direção *range* depende da banda de frequência do pulso modulado transmitido pela antena (*chirp*).
- (D) A grande diferença entre a forma como funciona o SAR na direção da trajetória da plataforma/antena e na direção perpendicular é que nesta a frequência varia enquanto naquela, permanece constante.
- (E) O sensor do tipo SAR é o único tipo de radar que utiliza o sinal modulado em frequência (*chirp*).

23

Considere uma região totalmente plana que foi levantada por um SAR para geração de uma imagem. A resolução desse sistema SAR na direção do alcance inclinado (*slant range*) é de 2 m.

Após o processamento para transformar a geometria dessa imagem do alcance inclinado (*slant range*) para o alcance no terreno (*ground range*), o valor da resolução espacial no terreno, em metros, em um ponto em que o ângulo de incidência é 30° é

Caso necessário, considere $\sqrt{2} = 1,41$ e $\sqrt{3} = 1,73$.

- (A) 1,0.
- (B) 2,0.
- (C) 2,3.
- (D) 2,8.
- (E) 4,0.

24

A melhora da resolução espacial na direção do deslocamento da antena constitui uma das principais vantagens do SAR. Considere um SAR sobrevoando uma região.

Sobre a resolução espacial ao procurar identificar alvos dessa região, assinale a afirmativa correta.

- (A) A resolução espacial em azimute em um SAR depende da largura do feixe da antena e da distância da antena ao alvo.
- (B) A resolução espacial em azimute em um SAR depende da frequência base da radiação emitida pela antena.
- (C) A resolução espacial em azimute em um SAR depende da banda de frequência do sinal modulado emitido pela antena.
- (D) O valor da resolução espacial em azimute em um SAR depende exclusivamente do tamanho da antena na dimensão da direção do deslocamento.
- (E) O valor da resolução espacial em azimute em um SAR depende do tamanho da antena na dimensão da direção do deslocamento e da distância ao alvo.

25

Um dos maiores problemas da imagem SAR é a ocorrência do efeito Speckle, o qual, normalmente, dificulta a interpretação visual e requer técnicas para o processamento digital.

A respeito do Speckle e sua natureza, assinale a afirmativa correta.

- (A) O Speckle existente em imagens SAR é decorrente da soma coerente de muitos espalhadores elementares dentro de uma célula de resolução.
- (B) O Speckle só é encontrado em imagens geradas pelos sensores SAR.
- (C) O Speckle é estritamente um ruído, similar por exemplo, a um ruído térmico dentro do sensor.
- (D) Devido à própria natureza do Speckle, regiões muito homogêneas do terreno em termos de cobertura do solo e rugosidade serão menos afetadas pelo efeito.
- (E) Entre pixels vizinhos, pode se considerar que não há correlação em termos de Speckle.

26

O Speckle, apesar de prejudicar a interpretação de imagens SAR, pode ser estatisticamente modelado e, portanto, ser tratado matematicamente em diversas aplicações.

Nesse sentido, sob determinadas condições, conhecidas como “Speckle totalmente desenvolvido (*Fully Developed Speckle*)”, a amplitude segue a distribuição de *Rayleigh* e a intensidade uma distribuição Exponencial.

Analise as condições necessárias para a suposição do Speckle totalmente desenvolvido, a seguir.

- I. O número de espalhadores dentro da célula de resolução é grande e os mesmos são independentes uns dos outros.
- II. A amplitude e a fase de cada espalhador são independentes entre si.
- III. A fase dos espalhadores é uniformemente distribuída entre $-\pi$ e $+\pi$.

Assinale a opção que apresenta as condições necessárias para se considerar a hipótese do Speckle totalmente desenvolvido.

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) II e III, apenas.
- (D) I e III, apenas.
- (E) I, II e III.

27

A respeito do Speckle e de formas para minimizar seu efeito na interpretação das imagens, analise as afirmativas a seguir e assinale (V) para a verdadeira e (F) para a falsa.

- () O Speckle nas imagens SAR pode ser reduzido por meio do processamento multi visadas (*Multi-look*) ou por utilização de filtros específicos para tal fim.
- () Os filtros de redução de Speckle que não utilizam nenhum modelo para os dados são mais eficazes por sua simplicidade.
- () Uma das consequências imediatas da aplicação de filtros e do processamento multi visadas é a perda de resolução espacial nas imagens resultantes.
- () Para tratar o problema comum da presença de Speckle em bordas, usualmente não resolvido por filtros que utilizam estatística local, uma solução pode ser a utilização de janelas direcionais.
- () A utilização de filtros do tipo Boxcar, não adaptativos, raramente levam a efeito de bordas muito borradas.

As afirmativas são, respectivamente,

- (A) V – V – V – V – F.
- (B) V – F – V – V – F.
- (C) F – F – V – V – F.
- (D) V – F – F – V – F.
- (E) V – F – V – F – V.

28

De posse de uma imagem SAR em intensidade com 4 *looks*, foram calculados os valores da média e desvio padrão dos níveis de cinza dos pixels contidos em determinada região homogênea e representativa da imagem, obtendo-se respectivamente 20 e 12.

O valor do número equivalente de visadas (*looks*) estimado com as informações obtidas a partir do trecho homogêneo da imagem é de, aproximadamente,

- (A) 1.
- (B) 1,67.
- (C) 2,17.
- (D) 2,78.
- (E) 4.

29

Com relação às matrizes que descrevem corretamente os dados polarimétricos para o caso de espalhadores determinísticos (pontuais) e não determinísticos, quando a matriz apresenta a composição coerente das matrizes de espalhamento individuais de todos centros de espalhamento internos na célula de resolução, respectivamente, assinale a afirmativa correta.

- (A) Matriz de espalhamento $[S]_{2 \times 2}$ e Matriz de Coerência $[T]_{3 \times 3}$
- (B) Matriz de espalhamento $[S]_{3 \times 3}$ e Matriz de Coerência $[T]_{3 \times 3}$
- (C) Matriz de Coerência $[T]_{3 \times 3}$ e Matriz de Espalhamento $[T]_{2 \times 2}$
- (D) Matriz de Coerência $[T]_{2 \times 2}$ e Matriz de Espalhamento $[T]_{2 \times 2}$
- (E) Matriz de Jones $[S]_{3 \times 3}$ e Matriz de Coerência $[T]_{2 \times 2}$

30

A respeito dos vetores de espalhamento e de Pauli e das matrizes de Coerência e Covariância, assinale a afirmativa correta.

- (A) O vetor de Pauli K_P é obtido aplicando a base matricial de Borgeaud à Matriz de Espalhamento, causando uma expansão lexicográfica.
- (B) O vetor de espalhamento K_L é obtido aplicando-se a base matricial de Borgeaud à Matriz de Espalhamento, causando uma expansão lexicográfica.
- (C) A matriz de Covariância $[C]_{3 \times 3}$ é obtida por meio do produto vetorial entre o Vetor de Pauli K_P e seu complexo conjugado transposto.
- (D) A matriz de Coerência $[T]_{3 \times 3}$ é obtida por meio do produto vetorial entre o Vetor de espalhamento K_L e seu complexo conjugado transposto.
- (E) As matrizes de covariância $[C]_{3 \times 3}$ e de coerência $[T]_{3 \times 3}$ são ambas hermitianas, têm os mesmos autovalores reais e não negativos e os mesmos autovetores.

31

Entre os tipos de radares, há os radares de abertura sintética (SAR – *Synthetic Aperture Radar*), nos quais a antena é sintetizada a partir de uma antena real.

Sobre a técnica de abertura sintética em radares, analise as afirmativas a seguir e assinale (V) para a verdadeira e (F) para a falsa.

- () Objetiva aumentar, em relação aos radares de abertura real, o poder de resolução espacial das imagens geradas;
- () Seu objetivo é eliminar ruídos inerentes ao processo de imageamento ativo;
- () Justifica-se pelo relacionamento inverso entre a resolução nominal e o tamanho de antena-radar.

As afirmativas são, respectivamente,

- (A) V – V – V.
- (B) F – V – V.
- (C) V – V – F.
- (D) F – F – F.
- (E) V – F – V.

32

Sobre o relacionamento entre as grandezas envolvidas na modelagem matemática explicitada por meio de uma equação-radar, assinale a afirmativa correta.

- (A) A potência recebida pela antena-radar, após o retroespalhamento de sinais-radar causado pelos alvos, é inversamente proporcional à potência transmitida.
- (B) Maiores distâncias entre a antena-radar e os alvos contribuem para o aumento da potência recebida.
- (C) Maiores seções transversais de alvos contribuem para menores potências recebidas.
- (D) Maiores aberturas de antena-radar contribuem para maiores potências recebidas.
- (E) Os espalhamentos isotrópicos não dependem da geometria de propagação do sinal-radar.

33

Além dos parâmetros físicos-geométricos associados aos alvos, os parâmetros do sistema de aquisição (frequência, polarização, ângulos de visada e de incidência) também definem as condições para o imageamento por radar.

Sobre ângulos de visada, é correto afirmar que

- (A) a visada lateral é necessária para se evitar ambiguidades nos sinais recebidos pelas antenas-radar.
- (B) a visada ao nadir não contribui para a ocorrência de ambiguidades na recepção dos sinais pelas antenas-radar.
- (C) a visada lateral não acarreta distorção geométrica nas imagens-radar.
- (D) a visada lateral e a visada a nadir geram imagens-radar com a mesma distorção geométrica.
- (E) a visada lateral é necessária somente em imageamento por veículos aéreos não-tripulados.

34

As imagens-radar apresentam consideráveis diferenças em relação às imagens ópticas. No tocante à interpretação visual de imagens-radar, assinale a afirmativa correta.

- (A) As imagens-radar, se filtradas, não apresentam nenhum tipo de ruído.
- (B) Originalmente, as imagens-radar apresentam baixa resolução espectral.
- (C) A resolução espacial observada em imagens-radar nunca apresenta diferenças em azimute e alcance (*range*).
- (D) A resolução radiométrica de uma imagem-radar não depende do nível de discretização dos sinais retroespalhados pelos alvos.
- (E) Imagens-radar sempre apresentam tamanho de *pixel* igual à resolução espacial nominal.

35

A ocorrência de ruídos do tipo *speckle* em imagens-radar é uma característica inerente ao processo de imageamento.

Sobre a ocorrência desse tipo de ruído em imagens adquiridas por radares, assinale a afirmativa correta.

- (A) Deve-se aos múltiplos espalhadores que existem no interior de células de resolução no terreno.
- (B) A técnica de processamento-radar *multilook* não possibilita a sua suavização.
- (C) Maiores tamanhos de janela de filtragem garantem sua eliminação total.
- (D) Sua percepção está associada à análise visual espectral das imagens-radar, e não à análise radiométrica.
- (E) Ocorre apenas em imagens-radar adquiridas por plataformas aerotransportadas (aeronaves), não sendo observadas em aquisição orbital (satélites).

36

O imageamento por radar possui parâmetros atrelados à geometria do mecanismo de aquisição.

Sobre os aspectos geométricos referentes à aquisição de imagens-radar, analise as afirmativas a seguir e assinale (V) para a verdadeira e (F) para a falsa.

- () A visada lateral acarreta distorção geométrica crescente no sentido de *near range* para *far range*.
- () A distorção geométrica ocorrida em imagens-radar pode impactar na necessidade de uma correção geométrica conhecida como conversão *slant to ground range*.
- () A conversão *slant to ground range* pode ser entendida como uma adaptação do processo de ortorretificação de imagens ópticas.

As afirmativas são, respectivamente,

- (A) V – V – V.
- (B) V – V – F.
- (C) V – F – F.
- (D) F – V – F.
- (E) F – V – V.

37

As polarizações, incidente e retroespalhada, são um dos parâmetros de imageamento por radar. Podem ser do tipo H, no caso de propagação da onda em um plano horizontal, ou do tipo V, no caso da propagação da onda em um plano vertical.

Nesse contexto, sobre os radares polarimétricos e multipolarizados analise as afirmativas a seguir.

- I. Apresentam como vantagem a possibilidade de maior diferenciação estatística na extração de informações dos alvos imageados.
- II. As imagens-radar adquiridas em polarização HV e VH apresentam alta correlação estatística entre si.
- III. As imagens-radar adquiridas em polarização HH e VV apresentam alta correlação estatística entre si.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) I e II, apenas.
- (D) I e III, apenas.
- (E) III, apenas.

38

Sobre a modelagem estatística dos dados adquiridos por radares imageadores, analise as afirmativas a seguir.

- I. O sinal recebido pelas antenas-radar é modelado pelo produto de fatores referentes ao retroespalhamento devido aos alvos e referentes ao ruído *speckle*.
- II. O sinal recebido pelas antenas-radar é modelado pela soma de parcelas referentes ao retroespalhamento devido aos alvos e referentes ao ruído *speckle*.
- III. A técnica de processamento-radar *multilook* não altera a modelagem estatística dos dados.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) III, apenas.
- (D) I e III apenas.
- (E) II e III, apenas.

39

Assinale a opção que melhor justifica o método utilizado em campo para auxílio ao processo de geocodificação de imagens-radar.

- (A) Utilização de espelhos planos em trechos de solo exposto, devido à reflexão total em estruturas espaciais bidimensionais.
- (B) Utilização de espelhos planos em trechos de massas d'água, devido à reflexão total em estruturas espaciais bidimensionais.
- (C) Utilização de *corner-reflector* (refletores de canto), devido à difração em estruturas espaciais triédricas.
- (D) Utilização de *corner-reflector* (refletores de canto), devido ao mecanismo de refração em estruturas espaciais triédricas.
- (E) Utilização de *corner-reflector* (refletores de canto), devido ao mecanismo *double bounce* (dupla reflexão) em estruturas espaciais triédricas.

40

A potência recebida pelas antenas-radar após o retroespalhamento causado pelos alvos imageados é uma das variáveis físicas envolvidas na modelagem matemática explicitada em uma equação-radar.

Nesse contexto, analise as afirmativas a seguir.

- I. A propriedade física da refletividade total de alvos especulares permite a obtenção de sinais retroespalhados mais potentes.
- II. A propriedade física da refletividade é significativamente observada em corpos d'água extensos, devido ao comportamento especular.
- III. A rugosidade de alvos contribui para sinais retroespalhados mais potentes.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) III, apenas.
- (D) I e II, apenas.
- (E) II e III, apenas.

41

Sobre a polarização dos sinais de onda emitidos e recebidos pelas antenas-radar, analise as afirmativas a seguir e assinale (V) para a verdadeira e (F) para a falsa.

- () Alvos superficiais horizontais, tais como regiões de solo exposto, contribuem para maior retroespalhamento quando interagem com sinais emitidos em polarização horizontal.
- () Árvores são exemplos de alvos que possuem a capacidade de despolarizar um sinal de onda emitido por antena-radar.
- () A refletividade de corpos d'água depende do plano de polarização da onda incidente.

As afirmativas são, respectivamente,

- (A) F – V – V.
- (B) F – F – V.
- (C) V – F – F.
- (D) V – V – F.
- (E) V – V – V.

42

A conversão *slant to ground range* é um procedimento bastante necessário no processamento digital de imagens-radar.

Sobre essa técnica, assinale a afirmativa correta.

- (A) Permite corrigir efeitos de latitudes geográficas no processo de imageamento.
- (B) Permite obter imagens em que os pixels têm igual dimensão em range e azimute.
- (C) Não acarreta modificação na modelagem estatística da imagem.
- (D) É uma transformação espacial que depende da existência de ruídos termais.
- (E) Sua realização impacta em ganhos espectrais.

43

O imageamento por radar apresenta características inerentes ao modo ativo de aquisição, implicando vantagens e desvantagens no uso desses sensores imageadores.

Nesse contexto, assinale a opção que indica corretamente as características desse tipo de imageamento.

- (A) Modo ativo que permite independência de condições de luminosidade; realizado na faixa espectral das micro-ondas (frequência menor que a região do visível); dados adquiridos são quantificados em formato complexo (amplitude e fase).
- (B) Modo ativo que permite independência de condições de luminosidade; realizado na faixa espectral das ondas de rádio (frequência maior que a região do visível); dados adquiridos são quantificados em formato complexo (amplitude e fase).
- (C) Modo ativo que permite independência de condições de luminosidade; realizado na faixa espectral das micro-ondas (frequência maior que a região do visível); dados adquiridos são quantificados em formato complexo (amplitude e fase).
- (D) Modo ativo não-intrusivo; realizado na faixa espectral das micro-ondas (frequência maior que a região do visível); dados adquiridos são quantificados em amplitude e intensidade.
- (E) Modo ativo não-intrusivo; realizado na faixa espectral das micro-ondas (frequência maior que a região do visível); dados adquiridos são quantificados em amplitude e intensidade.

44

A calibração radio-métrica de imagens-radar é, por vezes, necessária, visando propiciar uma melhor interpretação visual.

Sobre esse procedimento, analise as afirmativas a seguir e assinale (V) para a verdadeira e (F) para a falsa.

- () Baseia-se na correlação positiva entre a potência dos sinais de retorno e os valores dos níveis de cinza dos pixels.
- () Pode ser aplicada de maneira relativa ou absoluta, dependendo se é feita comparando-se com outras imagens adquiridas em outras condições ou se considerada somente a própria imagem, respectivamente.
- () Para a sua realização, pode ser considerado também a existência do ruído termal existente.

As afirmativas são, respectivamente,

- (A) F – F – F.
- (B) F – V – V.
- (C) F – F – V.
- (D) V – F – V.
- (E) V – F – F.

45

As imagens-radar apresentam vantagens e desvantagens de uso em relação a imagens-ópticas. Nesse contexto, assinale a opção que contém somente vantagens do uso dos radares imageadores em relação aos sensores ópticos.

- (A) Interpretação visual e resolução espectral.
- (B) Resolução espacial e conversão *slant to ground range*.
- (C) Independência de luminosidade e calibração radiométrica.
- (D) Processamento interferométrico e filtragem *speckle*.
- (E) Informação polarimétrica e aquisição em menor frequência/menor comprimento de onda.

Realização

