



UFES

CENTRO TECNOLÓGICO

ENGENHARIA ELÉTRICA

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS I

BRUNO BAPTISTA GUERRA

Vitória

2021/1 Earte

1 Lista 1 PDI:

1) Use a técnica de fatiamento de níveis de intensidade para realçar a aorta da figura Fig10.15(a).jpg.

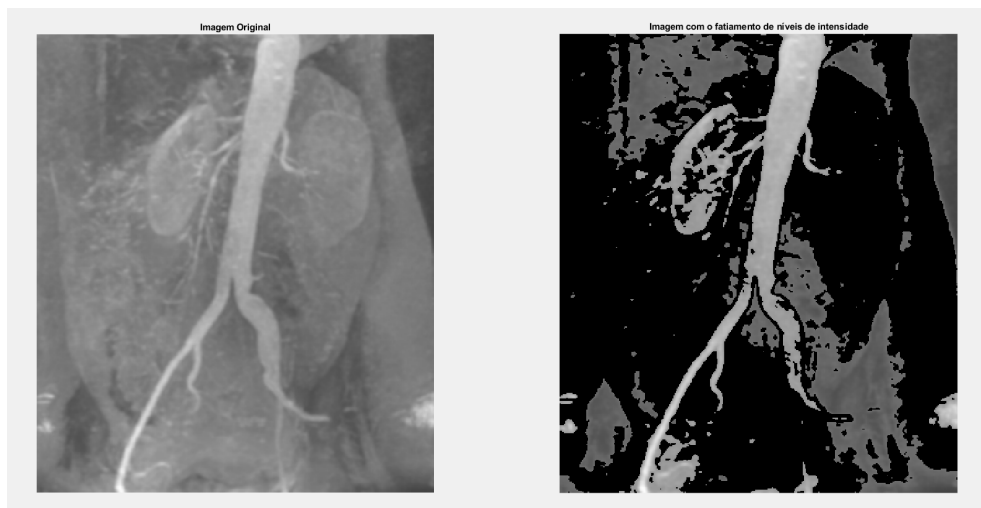


Figura 1: Imagem original à esquerda. Imagem processada com fatiamento de níveis de intensidade à direita.

O fatiamento foi feito em um único intervalo, $[110; 150]$, com a condição de quando estivesse naquela posição da matriz e a intensidade fosse maior que 110 e menor que 150, naquele ponto se igualaria à zero, senão, o pixel se manteria original. A escolha dos níveis para fatiamento foi feita de maneira empírica.

2) Faça uma rotina que implemente uma máscara de convolução espacial de dimensão $N \times N$ (N ímpar) Discute as soluções de tratamento de bordas. Teste a rotina implementada anteriormente na imagem lena.tif, para os seguintes casos:

a) filtro passa-baixas, **b)** filtro laplaciano e **c)** máscara de nitidez.



Figura 2: a) Imagem Original; b) Imagem com filtro passa-baixa; c) Imagem com filtro laplaciano; d) Imagem com máscara de nitidez.

3) Reduza a imagem `frexp_1.png` eliminando alternadamente as linhas e colunas. Compare a imagem original com a reduzida. O que aconteceu com ela? Que procedimento você poderia aplicar para reduzir esse efeito? Aplique a solução imaginada para evitar esse efeito na imagem reduzida. Compare a nova imagem com as outras duas e avalie o resultado.

A imagem a ser reduzida é mostrada abaixo na Figura 3:

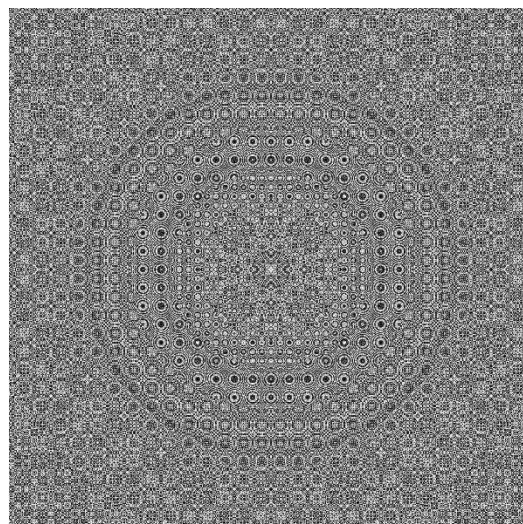


Figura 3: Imagem Original

Eliminando as linhas e colunas, encontramos o resultado obtido na figura à esquerda. Enquanto, na figura à direita temos uma imagem suavizada com um filtro passa-baixas.

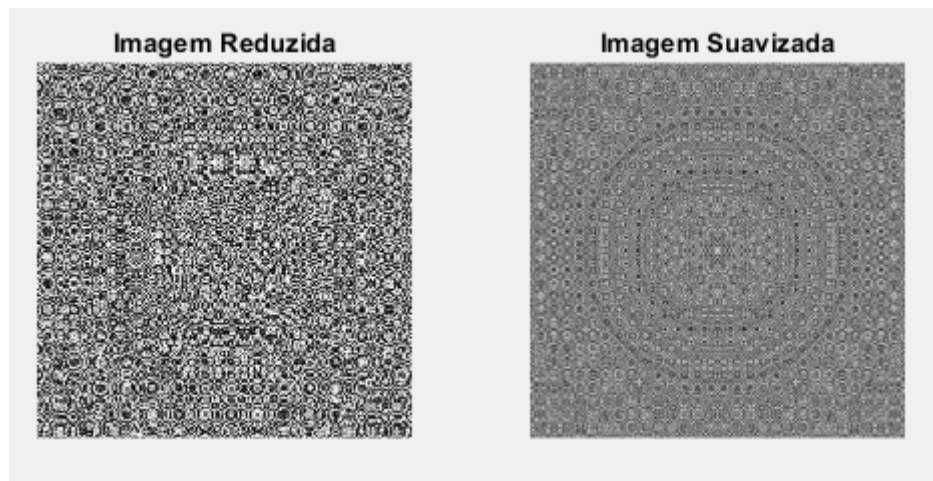


Figura 4: Na esquerda, temos a figura que foi obtida eliminando linhas e colunas. Na direita, sendo obtida da mesma maneira, porém, filtrada com um filtro passa-baixas.

Algo a ser observado na segunda sub-figura é que a redução direta através da eliminação de linhas e colunas, resulta em componentes de maior figura adequando a subamostragem da imagem reduzida, consequentemente, resulta em um efeito de *aliasing*, corrompendo a imagem. Na imagem suavizada, antes de subdimensionar a imagem, aplicamos um filtro de média 3x3, no qual o efeito inadequado desse processo é efeito de “borramento”, entretanto, conseguimos observar que foi preservado maior parte do conteúdo da imagem comparando-se a imagem original, além de sem *aliasing* aparente.

4) Observar que a fase da transformada de Fourier contém muita informação sobre a imagem. Para isto, tome as imagens lena.tif e elaine.tif, obtenha suas transformadas, troque a componente de fase de cada uma delas e obtenha as inversas. Avalie os resultados.

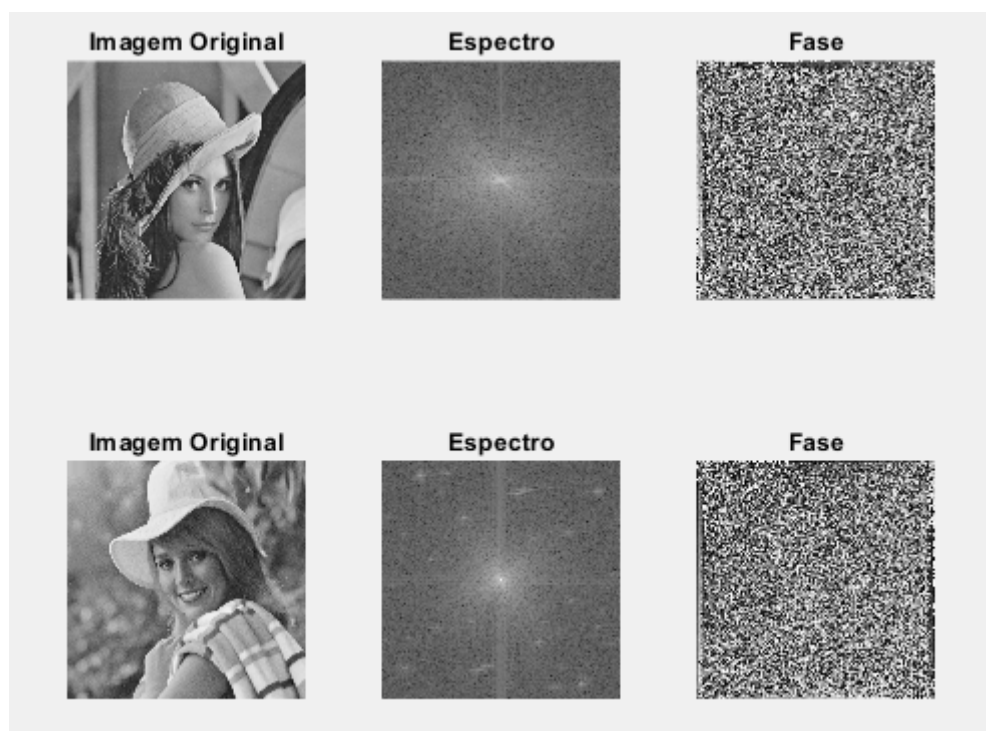


Figura 5: Imagens originais com seus respectivos espectros de potência e fases.

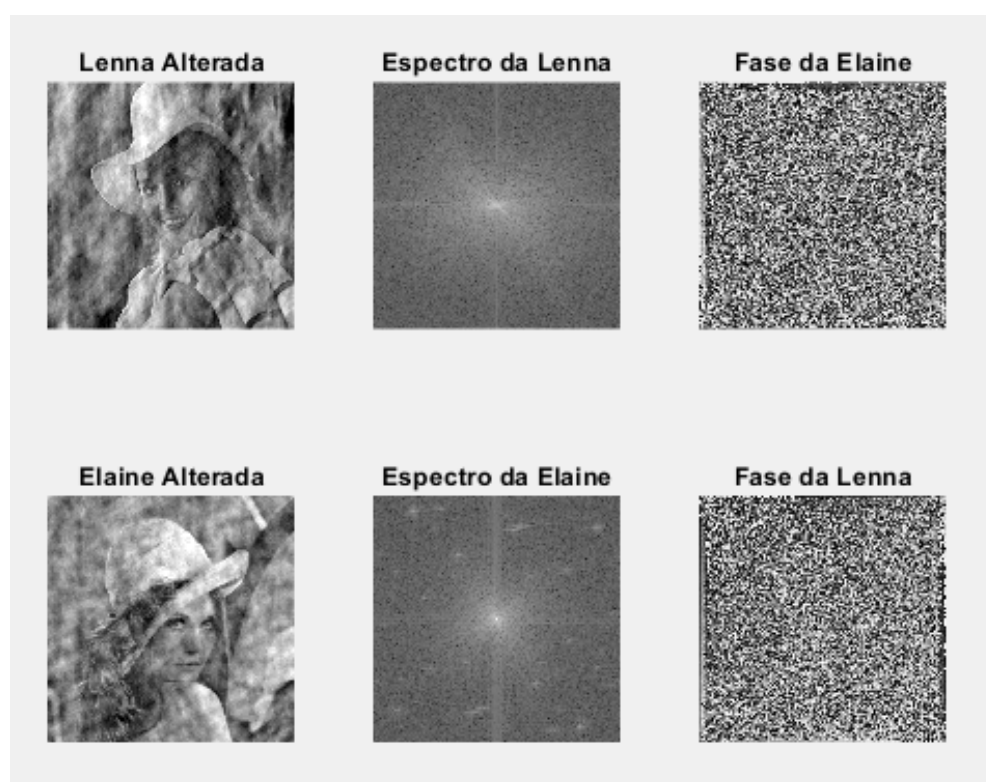


Figura 6: Imagens alteradas mantendo o espectro de potência e alterando as fases.

A partir da Figura 5 e 6, fica evidente que a fase das imagens, mesmo que não sejam visualmente descritivas, são elas que carregam maior

parte da informação das imagens. Podemos notar que ao trocar de fase, podemos observar que na dimensão espacial, as figuras acabam parecendo terem sido trocadas.

5) Faça uma rotina que implemente, no domínio da frequência, um filtro passa baixa de Butterworth de ordem n e frequência de corte D_0 . Aplique esse filtro com $n = 1$ sobre a imagem “lena.tif” para dois valores de frequência de corte. Aplique novamente o filtro sobre a mesma imagem e mesmas frequências de corte, mas com $n = 8$. Comente os resultados.



Figura 7: Na primeira linha, as imagens foram filtradas por um filtro de ordem $n = 1$ e na segunda linha, com ordem $n = 8$. Na primeira coluna, a frequência de corte foi $D_0 = 20$, enquanto na segunda coluna, $D_0 = 60$.

A partir das imagens obtidas na Figura 7, podemos observar os resultados encontrados dos filtro passa-baixas de Butterworth, onde para $D_0 = 20$ temos uma suavização menor nas imagens (vista na primeira coluna da Figura 7) e que se aumentarmos o filtro de ordem 1 para 8, temos um

borramento maior, diminuindo a nitidez da imagem da Lena e dificultando a identificação.

Quando vamos para a segunda coluna onde temos uma filtragem mais suave com $D0 = 60$, podemos ver que com o filtro de ordem 1, temos um pequeno borramento na imagem e quando aumentamos para ordem 8, temos um efeito maior de borramento, deixando artefatos de *ringing* nas bordas da figura. Esse efeito está presente em ambas as imagens de ordem 8, porém na com $D0$ menor a imagem fica muito mais distorcida, onde esse efeito fica disfarçado dentre os demais elementos da imagem borrada.

6) Para a imagem ruidosa1.jpg e ruidosa2.jpg aplique filtros de média nas dimensões 3x3 e 11x11. Aplique também filtros de mediana nas dimensões 3x3 e 11x11. Compare os resultados obtidos com os dois filtros.

Compare com a imagem original.jpg calculando-se a PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) segundo a equação:

$$\begin{aligned} PSNR &= 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) \\ &= 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right) \end{aligned}$$

onde

$$MSE = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i, j) - K(i, j)]^2$$

$I(i, j)$ e $K(i, j)$ são as imagens originais e ruidosas, respectivamente, e MAX é o maior valor de nível de cinza, sendo igual a 255. Compare os resultados e discuta.

Abaixo, temos na Figura 8 a “original.tif” onde iremos trabalhar nessa questão 6:

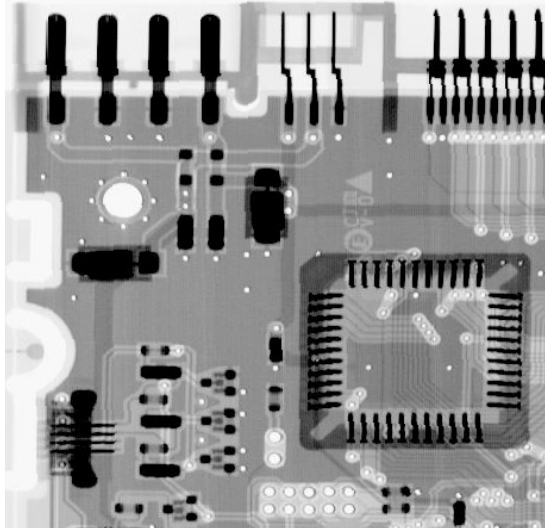


Figura 8: Imagem original sem ruídos.

Dada a Figura 8, temos as imagens “ruidosa1.tif” e “ruidosa2.tif” que são as imagens corrompidas por sal e pimenta que serão reconstruídas a partir de filtros de média e mediana.

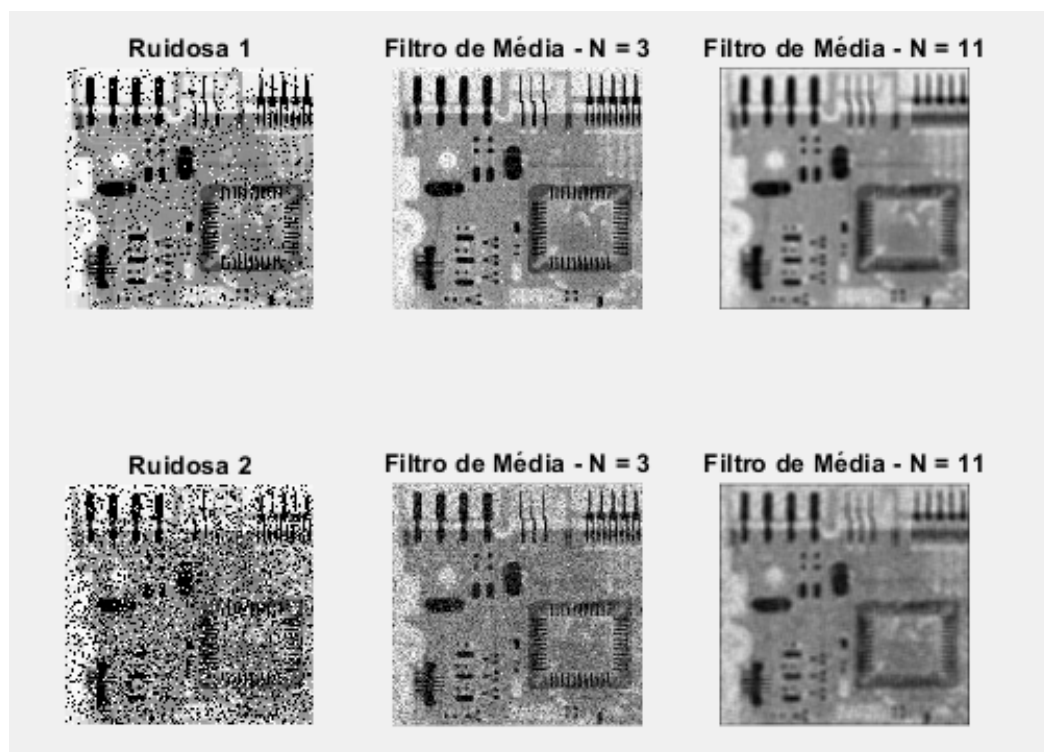


Figura 9: Imagens ruidosas da “original.tif” sendo recuperadas por filtros de média 3x3 e 11x11.

Comparando com a imagem “original.tif”, a relação sinal-ruído máximo calculado foi:

$$\text{PSNR}_{R_1} = 14,38$$

$$\text{PSNR}_{R_{1M3}} = 20,76$$

$$\text{PSNR}_{R_{1M11}} = 16,62$$

$$\text{PSNR}_{R_2} = 9,64$$

$$\text{PSNR}_{R_{2M3}} = 15,57$$

$$\text{PSNR}_{R_{2M11}} = 14,57$$

Quanto maior o valor da razão sinal-ruído, menos ruidosa é a imagem. Dessa forma, podemos verificar que o filtro de média 3 x 3 gerou um resultado melhor que o filtro de média 11 x 11, tanto para a figura ruidosa1.tif quanto para a figura ruidosa2.tif. A máscara de tamanho 3 não consegue mascarar o ruído sal-e-pimenta completamente, mas em comparação, a máscara de tamanho 11 tem um efeito mais drástico, borrando a figura de modo indesejável.

Resultados melhores são alcançados empregando um filtro de mediana, como será mostrado a seguir.

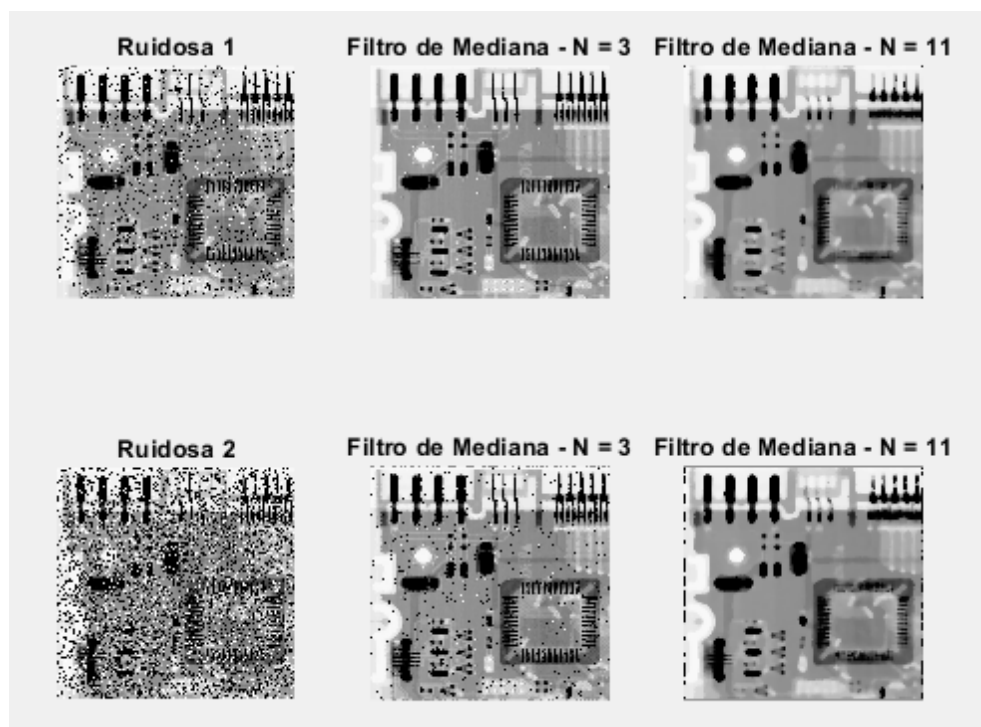


Figura 10: Imagens ruidosas da “original.tif” sendo recuperadas por filtros de mediana 3x3 e 11x11.

Comparando com a imagem original, a relação sinal-ruído máximo calculado foi, na ordem das imagens:

$$\text{PSNR}_{R1} = 14,38$$

$$\text{PSNR}_{R1M3} = 27,88$$

$$\text{PSNR}_{R1M11} = 17,35$$

$$\text{PSNR}_{R2} = 9,64$$

$$\text{PSNR}_{R2M3} = 17,94$$

$$\text{PSNR}_{R2M11} = 15,66$$

Quanto maior o valor da razão sinal-ruído, menos ruidosa é a imagem. Dessa forma, podemos verificar que o filtro de mediana 3x3 gerou um resultado melhor que o filtro de mediana 11x11, tanto para a figura ruidosa1.tif quanto para a figura ruidosa2.tif. Na Figura 10 vemos o resultado, a máscara de tamanho 11 afeta também outros elementos da imagem, não apenas o ruído sal-e-pimenta, e por isso apresenta piores resultados.

Vale ressaltar que o filtro mediano é o mais indicado para ruídos sal-e-pimenta e pode ser visto nos resultados acima (valores de PSNR correspondentes) que este gerou resultados melhores que o filtro de média, mostrado na Figura 9.

Perguntas:

1) Uma imagem de 1024x1024 pixels cobre uma região de 200x200 m².

a) Quais são as dimensões dos pixels?

Cada pixel terá a dimensão de 19,5 x 19,5 cm² ou 0,2 x 0,2 m².

b) Qual é a profundidade da imagem se os valores dos pixels variam de 0 a 65535 (A imagem é monocromática)?

Cada pixel é representado por 16 bits. Logo, não podemos afirmar que a imagem é monocromática ou colorida apenas pela profundidade. Uma imagem que se encontra em escala de cinza possui apenas uma matriz de 1024x1024 enquanto que uma imagem colorida possui 3 matrizes 1024x1024 (RGB).

c) Outra imagem da mesma região, com pixels de 0,1x0,1 m², teria maior ou menor resolução espacial? Quantos pixels teriam nesta imagem?

Uma imagem com pixels 0,1x0,1 m² vai possuir maior resolução espacial, com 4 vezes maior número de pontos, 2048x2048. Um total de 4.194.304 pontos.

2) Qual seria o resultado de uma imagem filtrada no domínio do espaço por um filtro de média de mesmas dimensões da imagem (considere que não seja feita preenchimentos com zero na imagem)?

Uma imagem filtrada com uma máscara de média sofre um borramento maior à medida que o tamanho da máscara aumenta. Um filtro de mesma dimensão destruiria completamente a imagem, borrando ela totalmente, com um nível de intensidade quase constante. Seria um filtro passa-baixas com frequência de corte próxima ao zero.

3) É possível fazer alguma operação não linear por meio de convolução? Explique sua resposta. É possível realizar filtragem no domínio da frequência com um filtro mediana? Se não, o que fazer neste caso? Neste sentido, a máscara que implementa o filtro mediana como pode ser categorizado? Explique.

Não é possível, já que a convolução é uma operação linear sendo inviável uma operação não-linear por meio dele. Da mesma forma, não é possível realizar uma filtragem com um filtro mediana no domínio da frequência, sabendo que a transformação de Fourier é uma operação linear, enquanto o filtro mediana, não. A filtragem mediana é executada no domínio espacial em um processo parecido com a convolução, porém para esse caso, ordenando e escolhendo 50º percentil da vizinhança.