

Redução de Speckle em Imagem de Radar Usando um Algoritmo de Detecção de Bordas

Taciana A. Malheiros Vannucci¹
Prof. Jorge A. Silva Centeno²
Prof. Hideo Araki³

Departamento de Geomática
Universidade Federal do Paraná Centro Político Caixa Postal 19.001
CEP 81.531-990 - Curitiba - PR

² ✉ centeno@geoc.ufpr.br

³ ✉ haraki@geoc.ufpr.br

Conteúdo

- 1 Introdução
- 2 Filtragem
- 3 Filtro com detector de bordas (FDB)
 - 3.1 Caracterização da vizinhança
 - 3.2 Atribuição do novo valor
- 4 Teste do filtro com detector de bordas (FDB)
- 5 Aplicação do filtro a uma imagem real
- 6 Conclusões
- 7 Referências Bibliográficas

Resumo: O speckle é um ruído multiplicativo que altera os níveis de cinza de imagens de radar causando um efeito de textura na imagem. A presença deste ruído é um fator limitante na identificação de objetos em tais imagens. No presente trabalho, um filtro adaptativo, baseado na discriminação de pixels das bordas e das áreas homogêneas, é apresentado. Se a região for considerada homogênea, é realizada uma filtragem passa-baixa; se uma borda for encontrada na vizinhança do pixel, um valor deduzido de uma das classes que formam a borda é usado. São apresentados resultados de testes realizados com imagens sintéticas e reais. A faixa de variação do parâmetro que controla o algoritmo de detecção de bordas foi estimada a partir de imagens sintéticas, onde a localização das bordas é conhecida. A qualidade da imagem filtrada foi avaliada analisando-se os efeitos de suavização e de preservação de bordas. Com base no valor ótimo do parâmetro, o filtro foi aplicado sobre imagens reais.

Palavras chave: Speckle, processamento de imagens, radar

1 Introdução

O *speckle* é um ruído que pode ser detectado em qualquer tipo de imagem de sensoriamento remoto, por ser mais comum em imagens de RADAR e causa na imagem uma aparência granulosa, diminuindo assim sua nitidez. Ele é causado pelo espalhamento dos sinais devido a rugosidade da superfície.

Para amenizar este ruído existem dois métodos: *multi-look* e filtragem. O *multi-look* pode ser utilizado quando se tem imagens obtidas por meio do Synthetic Aperture RADAR (SAR), sendo que a imagem corrigida é composta da média de várias imagens geradas separadamente. O segundo método consiste em reduzir o *Speckle* a partir dos valores (Digital Number, DN) dos pixels vizinhos. Uma proposta de filtro, baseado na análise da vizinhança, será apresentada a seguir.

2 Filtragem

As técnicas de filtragem são transformações onde cada pixel da imagem original é modificado em função dos valores de cinza dos pixels vizinhos. Para o processo de filtragem inicialmente é definida uma vizinhança em torno do pixel (janela móvel). A partir dos valores dos DN's nesta região é calculado um novo valor para o pixel central.

Vários filtros tem sido desenvolvidos para a redução do ruído Speckle e para o aumento da relação sinal-ruído, objetivando uma melhoria na separabilidade entre classes presentes em uma imagem com uma mínima perda de informação. Estes filtros são divididos em dois grupos: filtros gerais e filtros específicos. Entre os filtros gerais estão os filtros Média e Mediana. Os filtros específicos mais utilizados são os filtros Frost, Lee e Kuan. (LOPES, TOUZI e NEZRY, 1990).

3 Filtro com detetor de bordas (FDB)

O processo de filtragem pode afetar significativamente a imagem original, chegando ao ponto de distorcer o valor real do pixel, quando utilizado sem os devidos cuidados. As propriedades desejadas de um filtro são: manter o valor médio do retorno do RADAR (backscatter); preservar as bordas presentes na imagem e a informação de textura.

Com o intuito de efetuar uma suavização seletiva da imagem, foi implementado um filtro que basicamente consta de duas etapas. Na primeira, a região em torno do pixel é analisada na procura de eventuais bordas e áreas homogêneas. Na Segunda fase, um novo valor é calculado em função do resultado da primeira fase. Quando a região em torno do pixel for considerada homogênea, uma filtragem passa-baixa é efetuada. Quando a análise apontar a presença de uma borda na vizinhança, ou seja, a região contém dois objetos diferentes, é considerado que existem duas sub-regiões: uma clara e outra escura. Neste caso o pixel central

comparado com a média destas duas sub-regiões e um novo valor calculado a partir da média da região espectralmente mais próxima.

3.1 Caracterização da vizinhança

Os níveis de cinza de uma imagem digital podem ser escritos como uma função $z = f(x,y)$, onde x e y denotam a posição do pixel na imagem (linha/coluna) e z o valor do pixel.

Numa imagem ideal os objetos apareceriam como regiões planas, com o mesmo valor de nível de cinza. A presença de bordas entre objetos causaria uma mudança brusca deste valor, pois o objeto vizinho tem uma aparência diferente, mais clara ou mais escura.

A principal dificuldade na localização das bordas na imagem desconhecida, motivo pelo qual elas devem ser identificadas. Para isto, varia o nível de cinza na vizinhança de cada pixel analisada deslocando uma janela $m \times m$ ao longo da imagem. Para caracterizar uma borda, é necessário diferenciar regiões "planas" (ou seja, onde os DN's dos pixels sejam iguais) de regiões de transição. Lastimosamente, dificilmente são encontradas regiões totalmente homogêneas em imagens reais. As regiões correspondentes a um objeto ou uma mesma classe geralmente podem ser descritas como uma região homogênea (ideal), com ruído superposto.

Utilizando a fórmula de um plano, pode-se descrever uma região homogênea na imagem como:

$$Z = f(x,y) = a_1 \cdot x + a_2 \cdot y + a_3 + e(x,y) \quad (1)$$

Onde $e(x,y)$ é o ruído, cuja distribuição é normal.

Estimativas dos parâmetros da equação deste plano (a_1 , a_2 e a_3) podem ser obtidas através do procedimento dos mínimos quadrados. A solução procurada é aquela que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos em cada pixel.

$$S^2 = \sum_x \sum_y [a_1 \cdot x + a_2 \cdot y + a_3 - f(x,y)]^2 \quad (2)$$

A partir do resultado desta estimativa, duas hipóteses são verificadas:

H_0 : A região é homogênea, ou seja, $a_1 = a_2 = 0$

H_1 : A região não é homogênea, isto é, $a_1 \neq 0$ e/ou $a_2 \neq 0$.

O resultado deste teste aponta a presença de regiões homogêneas ou bordas na região definida pela janela $m \times m$. Este procedimento baseado no algoritmo de detecção de bordas proposto por Haralick (1981) e descrito em Centeno (1997).

As imagens de RADAR são caracterizadas pela textura granulada, própria do *Speckle*, que é um ruído multiplicativo. Para tornar este ruído linear, o valor do logaritmo dos níveis de cinza é utilizado em lugar do valor lido diretamente na imagem. Assim, a equação (2) pode ser aplicada.

A verificação das hipóteses H_0 e H_1 é efetuada utilizando um teste de Fisher. Como em outros testes estatísticos, o resultado do teste de Fisher depende do grau de significância do teste. Um teste rigoroso fornece a detecção de bordas, enquanto um valor estatístico de Fisher mais tolerante favorece as regiões homogêneas.

3.2 Atribuição do novo valor

O teste de Fisher revela a presença de uma borda ou uma região homogênea na imagem. Quando a região é considerada homogênea, o novo valor é atribuído de toda a vizinhança (janela 3x3).

$$Z' = 1/9 \sum_x \sum_y f(x,y) \tag{3}$$

Quando uma borda existe, suposto que a vizinhança é ocupada por duas classes de níveis de cinza, cada uma delas corresponde a um objeto na imagem. Como a princípio não se conhece quais pixels pertencem a cada classe, uma análise de agrupamento é efetuada para separar os pixels em dois grupos, pixels "claros" e "escuros".

Adotando como referência os valores extremos da vizinhança:

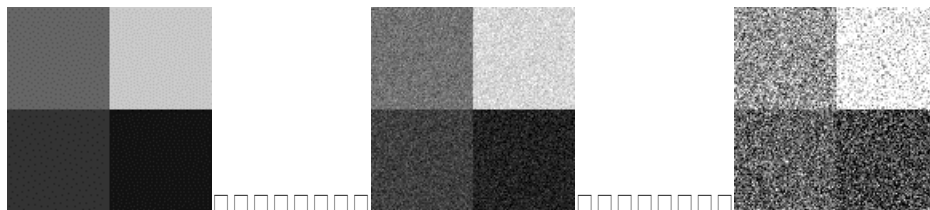
$$E = \min(f(x,y)) \text{ na vizinhança} \tag{4}$$

$$C = \max(f(x,y)) \text{ na vizinhança}$$

O pixel (x,y) pertence à classe 1 (escuro) se a distância entre o seu nível de cinza e o valor mínimo (E) for menor que a distância que o separa do valor máximo (C). Com isto a vizinhança é separada em dois grupos e o pixel central enquadrado num deles. O novo valor atribuído ao pixel é o valor do grupo no qual o pixel central foi classificado, ou seja, o grupo mais próximo.

4 Teste do filtro com detector de bordas (FDB)

Para avaliar o filtro com detector de bordas (FDB) usou-se uma imagem sintética ideal (128x128 pixels), conforme mostra a fig. 1a. Os valores desta imagem foram adulterados adicionando a cada pixel um ruído aleatório com média zero e diferentes variâncias. As figuras 1b e 1c mostram as imagens com ruído com variância de 15 e 20 respectivamente.



(a) [Diagram showing noise distribution]

(b) (c)

Figura 1 : (a) Imagem sintética ideal (sem ruído), (b) Imagem sintética com ruído $\sigma=15$, (c) Imagem sintética com ruído $\sigma=20$.

:

O parâmetro que controla o grau de significância de Teste de Fisher. Vários testes foram realizados com as imagens sintéticas variando o grau de significância. A figura 2 apresenta os resultados destes testes. As imagens cinzas correspondentes às regiões homogêneas, enquanto que as áreas claras mostram as regiões consideradas bordas. Nota-se que à medida em que o valor do parâmetro do filtro cresce, uma maior parte da imagem é considerada homogênea. Isto se deve ao fato de um valor alto da estatística de Fisher ser mais tolerante no teste. Com isto, mesmo regiões com pequena variação dos níveis de cinza são consideradas planas, ficando apenas as regiões com elevada variação como bordas.

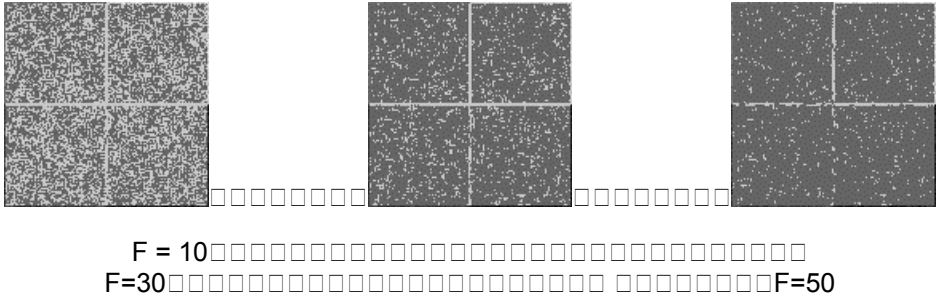


Figura 2 : Discriminação de regiões na imagem 1b. F representa o valor da estatística de Fisher.

Um teste realizado (ex. $F=10$ na fig. 2) identifica um elevado número de áreas heterogêneas, mesmo onde originalmente havia uma única classe. Isto se deve à alteração introduzida pelo ruído. A situação ideal é aquela na qual as bordas sejam detectadas (para garantir sua preservação no seguinte passo) e ao mesmo tempo as regiões homogêneas sejam bem caracterizadas. No exemplo da Fig. 2, a imagem central ($F=30$) mostra uma situação melhor que as outras, pois nela as bordas podem ser bem vistas e poucas bordas aparecem dentro das áreas homogêneas.

Para avaliar o efeito do valor do parâmetro na qualidade da imagem, fez-se uma análise comparativa entre a imagem resultante e a original. O teste consiste em quantificar o grau de semelhança entre as áreas homogêneas da imagem resultante das mesmas na imagem original e paralelamente avaliar quanto as bordas foram suavizadas. Como trata-se de uma imagem sintética, a localização exata das bordas e áreas homogêneas é conhecida e o teste é objetivo. O mesmo não ocorre com imagens reais.

O teste consiste de duas componentes:
Avaliação da suavização das áreas homogêneas: A diferença entre os níveis de cinza originais $f(x,y)$ e após a filtragem $g(x,y)$ numa área homogênea é medida

$$d = [f(x,y)^2 - g(x,y)^2] \tag{5}$$

Um valor para toda a imagem (Q_1) é obtido a partir da diferença média:

$$Q_1 = m \cdot ia(d) \tag{6}$$

Avalia o da presen de bordas: O grau no qual as bordas foram deformadas avaliado calculando a varia o do gradiente m io ao longo das bordas da imagem. O gradiente de uma borda horizontal calculado como :

$$g = f(x,y) - f(x, y+1) \tag{7}$$

O gradiente de uma borda vertical:

$$g = f(x,y) - f(x+1, y) \tag{10}$$

logo:

$$Q_2 = m \cdot ia(g) \tag{11}$$

A figura 3 mostra o desempenho do filtro em rela o de bordas (Q_2) e a suaviza o de e as homog e as (Q_1).

Os resultados mostram que a varia o do par etro do filtro influencia o resultado, podendo favorecer a preserva o de bordas ou a suaviza o da imagem (Fig. 3). O valor imo seria aquele que possibilitasse um balan entre os dois efeitos, aproximando o imagem resultante da imagem original. O valor do par etro a ser usado depende do ru o na imagem. Uma compara o visual revelou que as imagens sint icas geradas com ru o (F=20) tem caracter isticas similares a imagens reais de RADAR. Assim pode-se verificar que o valor do par etro F=45, pode ser usado para filtrar uma imagem real.

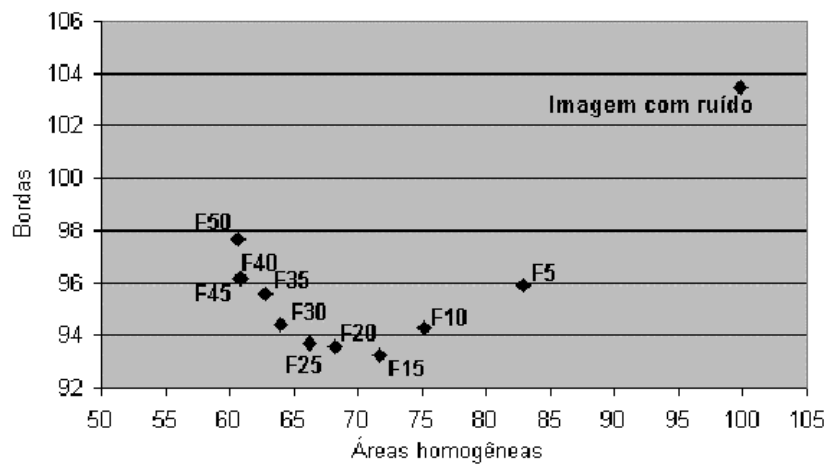


Figura 3 : Avalia o da qualidade da imagem filtrada em termos de preserva o de bordas e suaviza o de e as homog e as, para ru o = 20

5 Aplica o do filtro a uma imagem real

Uma imagem real de RADAR (512x512 pixels) da região de Bonn na Alemanha (Fig. 4), adquirida em 17 de novembro de 1995 pelo RADARSAT-1, com resolução de 6,25 metros.

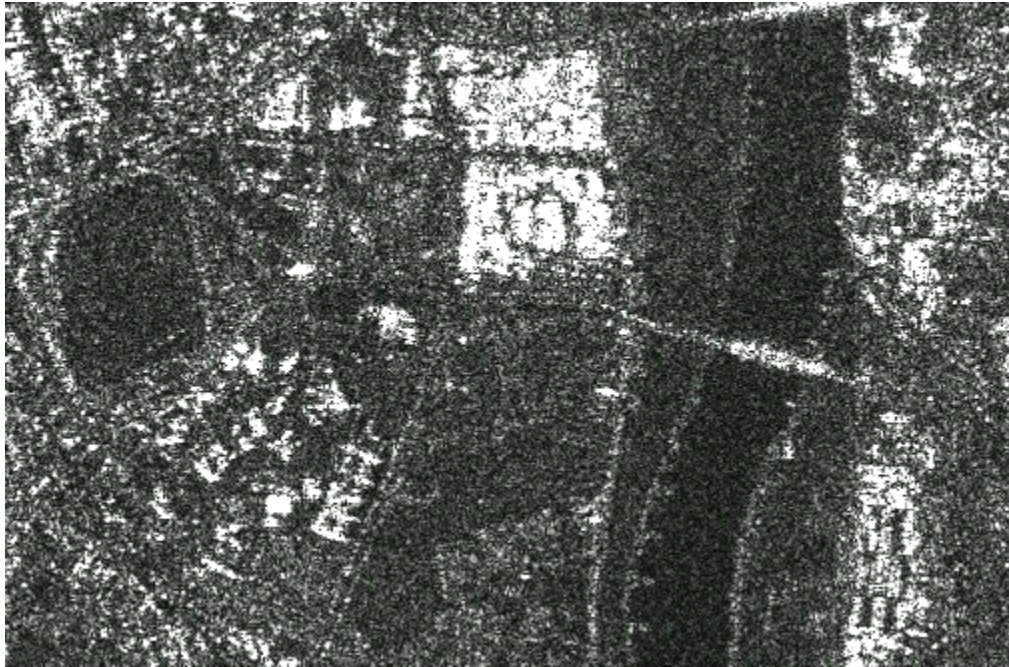


Figura 4 : Imagem original - Região de Bonn/Alemanha.

O resultado da filtragem pode ser visto na figura 5. Com esta imagem pode-se verificar a eficiência do filtro FDB. As áreas homogêneas foram suavizadas reduzindo o *Speckle* e as bordas foram realçadas. As regiões homogêneas, como a área do rio, foram suavizadas, pois a variação dos DN's nestes locais é pequena, logo o teste consegue caracterizá-las como uma única região. Já nas áreas de bordas bem definidas, como ocorre na região clara na parte superior da imagem, as bordas foram bem preservadas, salientando com isso a forma dos objetos. Nota-se também que as ruas e pontes foram preservadas e até destacadas em relação à imagem original.



Figura 5 : Resultado do filtro FDB aplicado • imagem real

6 Conclusões

Um filtro para a redução do Speckle, que baseia-se no princípio da detecção de bordas e áreas homogêneas na vizinhança adjacente ao pixel, foi testado com imagens reais e sintéticas. O referido filtro possui um parâmetro, associado à estatística de Fisher, que permite controlar o efeito da filtragem, favorecendo ou não, a preservação de bordas e detalhes.

A fixação de um valor mínimo do parâmetro foi pesquisada, verificando-se que valores entre 15 e 45 são os que proporcionam melhores resultados. No entanto, o valor mínimo depende da intensidade do ruído na imagem.

O processo foi testado com uma imagem sintética, com ruído similar ao ruído presente numa imagem real e a partir deste teste foi obtido um valor que posteriormente foi utilizado na imagem real ($F=45$). A vantagem do filtro proposto é que, como ele detecta as bordas na imagem, os objetos aparecem melhor definidos.

7 Referências Bibliográficas

CENTENO, J.A.S. e HAERTEL, V.. (1997) An adaptative Image enhancement Algorithm. Pattern Recognition, Vol 30 N° 7, pp 1183-1189.

HARALICK R.M... Edge and Region Analysis for Digital Image Data. In: Image Modelling, A.Rosenfeld, Ed. Pp 171-184. Academic Press, New York. 1981.

LOPES, A., TOUZI, R. e NEZRY, E.. (1990) Adaptative Speckle Filters and Scene Heterogeneity. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol 28, N° 6. pp 992-1000.

