

COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ENTRE VÁRIOS FILTROS PARA A REDUÇÃO DO RUÍDO "SPECKLE" EM IMAGENS DE RADAR

Silvia Shizue Ii
Gerald Jean Francis Banon

Ministério da Ciência e Tecnologia-MCT
Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

A utilização crescente das imagens de radar de abertura sintética na área de sensoriamento remoto, se deve principalmente ao fato da aquisição dessas imagens possuir uma característica de independência climática. Infelizmente, elas são perturbadas por um ruído denominado "speckle", o qual as deixam com um aspecto granuloso.

Vários métodos foram propostos para melhorar a qualidade visual de tais imagens. Neste trabalho, os filtros de Lee e Frost são apresentados para a redução do "speckle", e seus resultados analisados através de uma comparação visual das imagens resultantes obtidas de uma imagem original SAR580.

ABSTRACT

Synthetic aperture radar images have become an increasing popular remote sensing data, because of its climatic independent acquisition characteristics. Unfortunately, they are disturbed by a so called "speckle" noise, which gives them a granular aspect.

In the past, several methods have been prepared to improve the visual quality of such images. In this work, Lee and Frost filters for "speckle" reduction are presented, and their performance are discussed through a visual comparison of resulting images obtained from a original SAR580 image.

1. INTRODUÇÃO

O sistema SAR (Synthetic Aperture Radar) é uma potente técnica de sensoriamento remoto que tem a capacidade de não depender da presença ou ausência de uma cobertura de nuvens. É entretanto, um sistema imageador que apresenta ruídos "speckle".

O resultado é que as imagens tem uma aparência granulada o qual pode ter um efeito ruim para a interpretação visual, ou para o uso de certos algoritmos numéricos, já usado no processamento de imagens produzidas por outros imageadores.

Consequentemente, técnicas para reduzir o ruído "speckle", que ainda retêm bordas e características de interesse, são de grande valor.

2. PROPRIEDADES DO RUÍDO "SPECKLE"

O ruído "speckle" em uma imagem SAR é multiplicativo, isto é, a imagem possui mais ruídos onde a sua intensidade é maior.

Pelo menos dois modelos já foram propostos. Um primeiro (Goodman (1976)) no qual o ruído tem um desvio padrão proporcional à média. Um segundo (Lee (1983)) considerado aqui, no qual o ruído de desvio padrão constante multiplica-se com a imagem. Neste caso mostra-se que a razão do desvio padrão da imagem com ruído com sua média é constante e igual ao próprio desvio padrão do ruído Lee (1983).

A literatura traz diversos algoritmos para a redução de ruídos "speckle". A seguir faremos uma breve descrição de alguns deles.

3. ALGORÍTMOS DE REDUÇÃO DO "SPECKLE"

Seja D o conjunto de pontos da imagem.

Seja R o conjunto dos valores radiométricos.

$$X : (i,j) \in D \rightarrow X(i,j) \in R$$

$$\text{Seja } D_W = D \ominus W$$

(erosão de D por W)

São definidos agora as imagens média, variância e desvio padrão de X , denotadas respectivamente M_W, V_W, DP_W .

$$M_W : (i,j) \in D \rightarrow M_W(i,j) = \begin{cases} \frac{1}{|W|} \sum_{(k,l) \in W(i,j)} X(k,l) & \text{se } (i,j) \in D_W \\ X(i,j) & \text{se não} \end{cases}$$

onde: $|W|$: número de pontos em W

W : conjunto de pontos dentro de uma janela 5x5 (centralizada em (0,0))

$W(i,j)$: conjunto de pontos dentro de uma janela 5x5 transladada por (i,j) (centralizada em (i,j))

$$V_W : (i,j) \in D \rightarrow V_W(i,j) = \begin{cases} \frac{1}{|W|} \sum_{(k,l) \in W(i,j)} X^2(k,l) - M_W^2(i,j) & \text{se } (i,j) \in D_W \\ X(i,j) & \text{se não} \end{cases}$$

Obs : Daqui adiante adota-se a seguinte convenção:

$Y=X$ isto significa que para todo $(i,j) \in D : Y(i,j) = X(i,j)$

$Y=mX$ isto significa que para todo $(i,j) \in D : Y(i,j) = mX(i,j)$

para todo número real m tal que $mx \in R$ quando $x \in R$.

$$DP_W = (V_W)^{1/2}$$

3.1. FILTRO SÍGMA

O filtro sigma, proposto por Lee (1983), foi desenvolvido baseado na probabilidade sigma de uma distribuição Gaussiana. O pixel a ser processado é trocado pela média dos pixels vizinhos, numa janela 3x3, estando esses níveis de cinza dentro do limite de dois desvios padrões do pixel em questão. Consequentemente os ruídos "speckle" são suprimidos sem bordas borradas e detalhes finos.

O algoritmo sigma é definido da seguinte forma :

Sejam $P_1 \dots P_n$ n pontos da imagem tal que a radiometria interna de cada janela $W_{(P_1)} \dots W_{(P_2)}$ seja "uniforme" (correspondendo a um mesmo alvo na terra).

Sejam $m_1 \dots m_n$ as médias locais $m_i = M_W(P_i)$ onde w é a janela $l \times l$.

Sejam $v_1 \dots v_n$ as variâncias locais correspondentes.

$$v_i = V_W(P_i)$$

$$\sigma_i = (v_i)^{1/2}$$

$$\text{Sejam } (m, dp) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (m_i, \sigma_i)$$

$$\text{e } (x_i, y_i) = (m_i - m, v_i - dp)$$

$$\text{Seja } S = \sum_{i=1}^n \begin{bmatrix} x_i^2 & x_i y_i \\ x_i y_i & y_i^2 \end{bmatrix}$$

Sejam λ_1 e λ_2 os dois valores próprios de $S = [s_{ij}]$ (isto é solução da equação característica

$$|\lambda I - S| = 0), \text{ e seja}$$

$$\sigma = \frac{\min(\lambda_1, \lambda_2) - s_{22}}{s_{21}}$$

Este valor de σ corresponde ao parâmetro de inclinação da reta passando pelo centro de gravidade das nuvens de pontos $P_1 \dots P_n$ e cuja direção coincide com o primeiro momento de inércia das nuvens. Em outros termos a reta é ajustada aos dados segundo o método dos vetores próprios.

Uma vez determinado σ , a imagem filtrada de X denotada Y , é dada por:

$$Y : (i, j) \rightarrow Y(i, j) = \begin{cases} \frac{\sum_{(k,l) \in W(i,j)} \delta(i,j)(k-i, l-j) X(k-l)}{\sum_{(k,l) \in W} \delta(i,j)(k,l)} & \text{se } (i, j) \in D_W \\ X(i, j) & \text{se não} \end{cases}$$

onde W é a janela 3×3

onde:

$$\delta(i, j) = \begin{cases} (k, l) = \\ \delta(i, j) \\ 1 & \text{se } (1-2\sigma)X(i, j) \leq X(i+k, j+1) \leq (1+2\sigma)X(i, j) \\ 0 & \text{se não} \end{cases}$$

para todo $(k, l) \in W$ e todo $(i, j) \in D_W$

3.2. ALGORÍTMO DE LEE

O segundo algoritmo proposto por Lee(1983) é definido na seguinte forma :

$$Y = \left(1 - \frac{V_W}{V_W + V'_W}\right) M_W + \frac{V_W}{V_W + V'_W} X$$

$$\text{onde : } V'_W = \left(\frac{M_W}{m}\right)^2 \cdot v$$

$$\text{onde : } m = \frac{1}{|D|} \sum_{(i,j) \in D} X(i, j)$$

$$v = \frac{1}{|D|} \sum_{(i,j) \in D} X^2(i, j) - m^2$$

3.3. ALGORÍTMO DE FROST

O algoritmo desenvolvido por Frost(1982) toma a seguinte forma :

$$Y = Ax$$

$$\text{onde : } A = k \frac{DP_W}{M_W} \exp \left(-\frac{1}{2} \frac{DP_W}{M_W} \right)$$

onde k é um valor ajustável.

4. APLICAÇÃO AOS DADOS SAR580

Os algoritmos de Lee, Frost e o filtro sigma foram testados com uma imagem, do sensor SAR580 adquirida em 12/07/84, sobre uma área no sul da Alemanha.

Para o algoritmo de Frost, o melhor resultado obtido foi com desvio padrão igual a 2.5 (valor que menos mudou o valor médio da radiometria).

O filtro sigma foi testado usando-se dois valores para σ : 0.28

(valor estimado por Lee(1983), usando os dados do sensor SEASAT) e 0.55 (valor estimado através da imagem do sensor SAR580, a ser processado).

A Fig. 1 mostra o próprio resultado da estimação de σ .

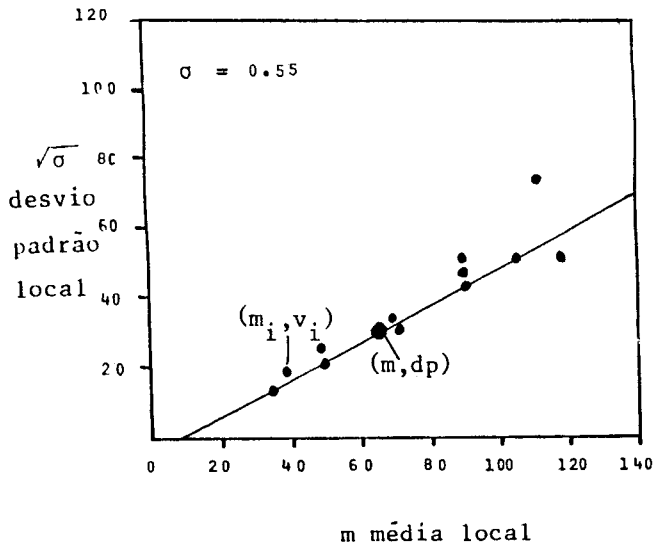


Fig.1 - Estimativa do desvio padrão do ruído "speckle" a partir de n pontos (m_i, v_i) seguindo a método dos vetores próprios.

4.1. COMPARAÇÃO ENTRE OS ALGORÍTMOS

Algoritmo de Lee : foi o que melhor tirou o ruído, mas deixou a imagem levemente borrada (Fig.3).

Algoritmo de Frost : quase não houve redução do ruído (Fig.4).

Filtro Sigma : resultado não satisfatório com $\sigma = 0.28$ (Fig.5). Redução razoável com pouco borramento com $\sigma = 0.55$ (Fig.6).

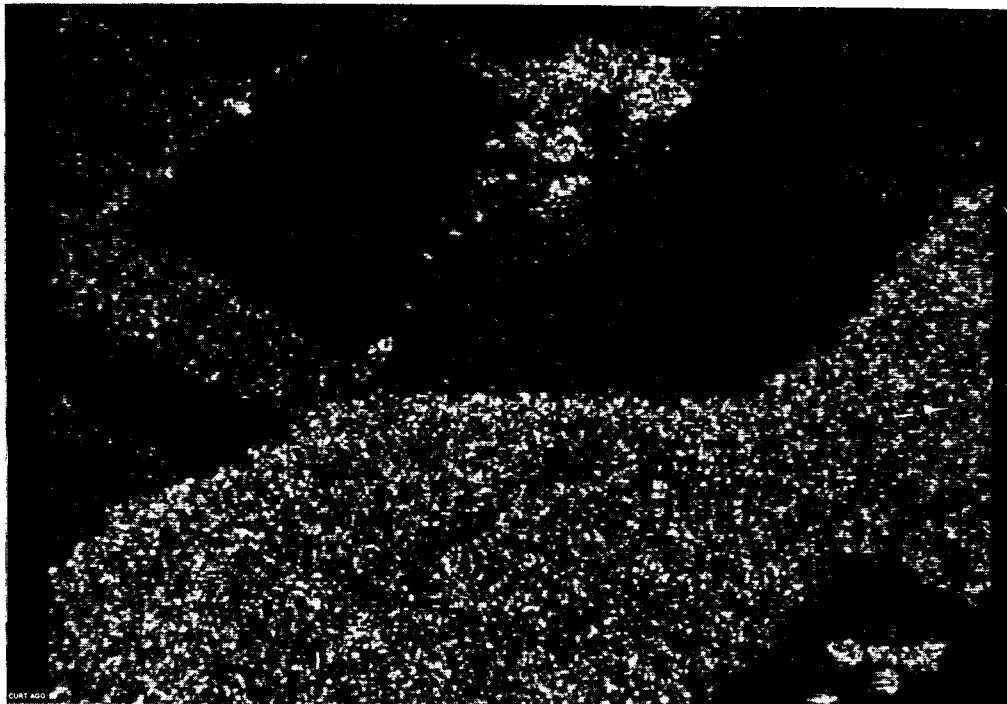


Fig. 2 - Imagem Original

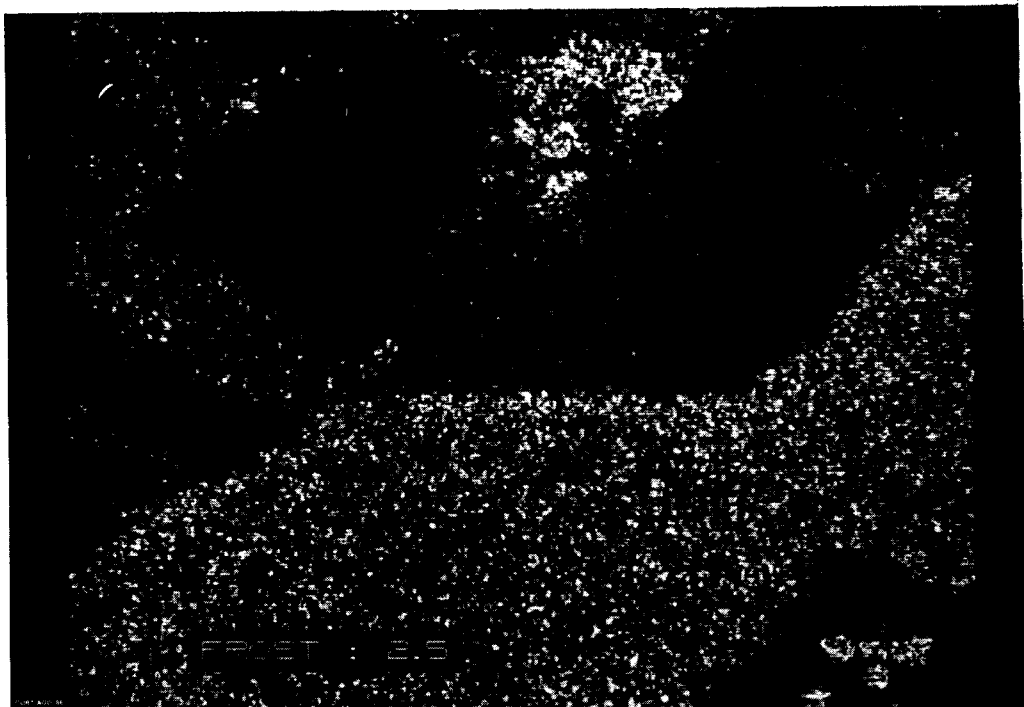


Fig. 3 - Aplicação do Algoritmo de Frost com $DP = 2.5$



Fig. 4 - Aplicação do Algoritmo de Lee

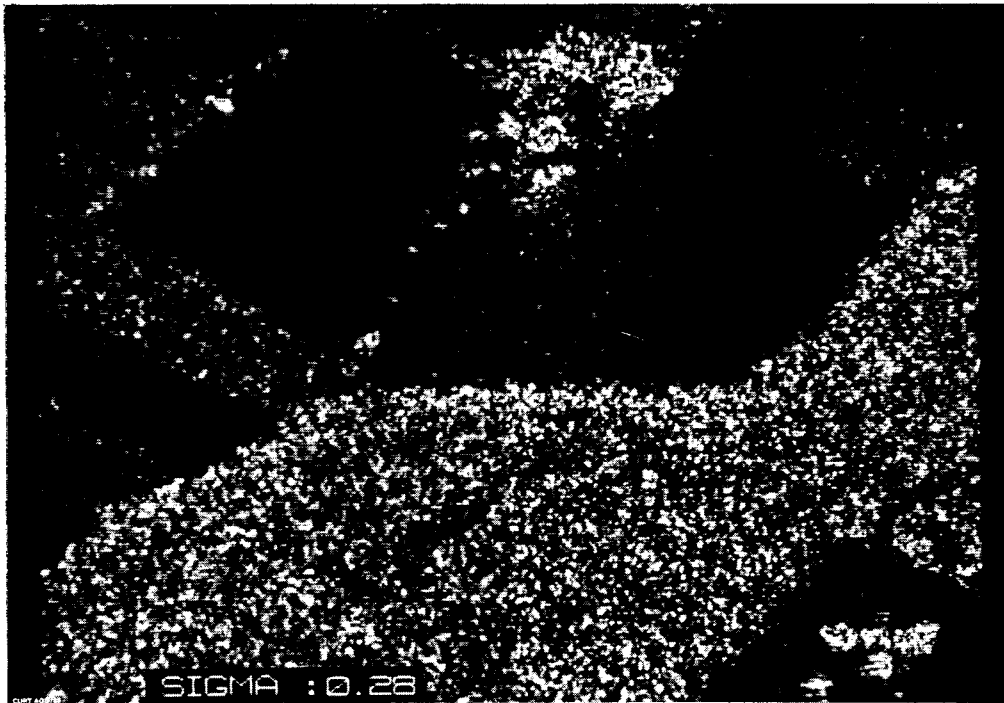


Fig. 5 - Aplicação do Filtro Sigma com $\sigma = 0.28$



Fig. 6 - Aplicação do Filtro Sigma com $\sigma = 0.55$

5. CONCLUSÃO

Para a avaliação dos resultados foram observados os seguintes itens:

- De um modo geral a impressão visual do ruído "speckle" persiste mesmo depois destas filtragens.

- Com excessão do algoritmo de Frost e do filtro sigma com $\sigma = 0.28$, os resultados obtidos mostram uma modificação no sentido da suavização do ruído "speckle".

- Para o filtro sigma, com o valor $\sigma = 0.28$ correspondente a um outro sensor radar (SEASAT), o resultado não foi satisfatório. Um estudo estatístico sobre a imagem a ser processada para derivar um valor de σ adaptado, mostra-se essencial para garantir um bom desempenho do filtro sigma.

Outros filtros de uso geral, filtros morfológicos como o da mediana e os filtros modais, podem ser aplicados à redução do ruído "speckle".

Futuramente, poderá ser feito um trabalho de comparação entre todos esses filtros.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LEE J.S Speckle Analysis and Smoothing of Synthetic Aperature Radar Images, Computer Graphics and Image Processing; 17 : 24-32; 1981.

LEE J-S A Simple Speckle Smoothing Algorithm for Synthetic Aperature Radar Images, IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics; 13(1) : 85-89, 1983.

MACFARLANE, N ; THOMAS, M.H.B. Speckles reductions algorithms and their Application to SAR Images. In: SATELLITE REMOTE SENSING REVIEW & PREVIEW; Proceedings of a Tenth Anniversary International Conference held at the University of Reading, sept. 18-21, 1984. Reading, England, Remote Sensing Society, 1984. p.391-400.