



CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



OTIMIZAÇÃO DE ALGORITMO DE DETECÇÃO DE ALVOS PARA IMAGENS SAR UWB

Lucas Pedroso Ramos

Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa
lucasp@alunos.unipampa.edu.br

Idenilton Ferreira Silva

Acadêmico do curso de Engenharia de Telecomunicações da Universidade Federal do Pampa
ideniltont@gmail.com

Victor Israel Anchieta de Medeiros

Acadêmico do curso de Engenharia de Telecomunicações da Universidade Federal do Pampa
victormedeiros96@gmail.com

Renato Machado

Professor do curso de Engenharia de Telecomunicações da Universidade Federal de Santa Maria

renatomachado@ufsm.br

Dimas Irion Alves

Professor do curso de Engenharia de Telecomunicações da Universidade Federal do Pampa
dimasalves@unipampa.edu.br

Resumo. O artigo tem como objetivo apresentar uma otimização para o algoritmo de detecção de alvos, para radares do tipo SAR UHF UWB, proposto pela Swedish Defence Research Agency (FOI). Essa otimização é baseada na variação dos elementos estruturantes utilizados nas operações morfológicas contidas no algoritmo e na variação de seu limiar de detecção. A fim de validar a proposta, são apresentados resultados de simulação, considerando imagens obtidas pelo radar CARABAS II. Estes resultados apresentaram melhor desempenho quando comparados aos resultados apresentados em [1].

Palavras-chave: SAR, CARABAS II, CDA, Operações Morfológicas.

1. INTRODUÇÃO

Os radares de abertura sintética (SAR – *Synthetic Aperture Radar*) baseiam-se no arranjo de antenas virtual que é criado a partir da movimentação do sistema SAR (acoplado em aeronaves ou satélites) em

relação ao alvo. A abertura de antena obtida equivale àquela que seria obtida por um arranjo de antenas real com dimensões na ordem de alguns quilômetros. Por essa razão o arranjo virtual se faz necessário. Dessa forma, este tipo de dispositivo é capaz de alcançar uma melhor resolução espacial, conforme apresentado em Oliver e Quegan [2]. Além disso, esse tipo de dispositivo torna possível a obtenção de imagens de duas e três dimensões para regiões de interesse.

Dentre as diversas aplicações em que radares SAR são empregados, podem-se destacar os sistemas FOPEN (penetração em região de floresta), que utilizam sinais na faixa de frequências VHF, para transpassar as copas das árvores, de modo a permitir o monitoramento de regiões florestais, seja para aplicação civil (detecção de desmatamento), como para aplicações militares (detecção de alvos militares). Neste contexto, está inserido o radar sueco CARABAS II, desenvolvido pela SAAB, em conjunto com a FOI, conforme apresentado em Gustavsson [3].



É importante salientar que radares SAR FOPEN devem possuir uma elevada probabilidade de detecção de alvos e uma baixa presença de falsos alarmes. Assim, esse trabalho tem como objetivo apresentar uma otimização para o algoritmo de detecção de alvos proposto pela FOI. Resultados de simulação são apresentados demonstrando que a melhoria proposta resulta em melhoria de desempenho, para as duas métricas avaliadas.

2. ALGORITMO PROPOSTO PELA FOI.

Esta seção está dividida de acordo com a divisão do algoritmo apresentada em Ulander *et. al* [4] e Lundberg *el. Al* [1]. É importante salientar que as características dos dados de entrada e as configurações de simulação utilizadas em [1] são idênticas às utilizadas nesse trabalho, de modo a permitir a comparação de resultados.

2.1 Algoritmo de Detecção de Mudanças

O método utilizado baseia-se em um teste de hipótese, entre duas imagens, sendo uma de referência e outra de análise. Para testar a hipótese, utiliza-se um teste de razão de verossimilhança, que é dado pela razão das probabilidades condicionais das hipóteses de haver alvos ou não. Essa razão pode ser escrita como:

$$I_d[x, y] = \Delta(z) = \frac{s^T C^{-1} z[x, y]}{|s^T C^{-1} s|} \quad (1)$$

em que $[x, y]$ refere-se aos eixos linha e coluna, respectivamente das imagens, s é uma matriz coluna que pode assumir os valores $s = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ ou $s = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$, na qual o valor 0 está associado a imagem de referência e o valor 1 está associado a imagem de análise, r denota a operação de transposição matricial, C é a matriz covariância 2×2 feita em blocos de tamanho 100×100 pixels a qual é variada em passos de 10 pixels ao longo da imagem

e z é a matriz que contém os dados das imagens de análise e de referência.

2.2 Normalização CFAR.

Esta etapa é caracterizada pela presença de filtro de normalização que é aplicado na imagem diferença, obtida a partir de (1). Conforme descrito em [4], o filtro CFAR (*constant false alarm rate*) é uma estrutura composta por uma moldura externa com valores diferentes de zero, de tamanho 31×31 pixels, e uma caixa interna de guarda com valores iguais a zero, de tamanho 17×17 pixels. Para o processo de filtragem, centraliza-se o filtro no pixel de interesse e calcula-se a média (μ) e o desvio padrão (σ) dos pixels da estrutura externa. O novo valor de amplitude para o pixel centralizado é dado por:

$$I_N[x, y] = \frac{I_d[x, y] - \mu}{\sigma} \quad (2)$$

2.3 Análise de Detecção

Após a imagem ser normalizada, é estabelecido um limiar para gerar uma imagem binária. Nela, caso um pixel da imagem normalizada possua amplitude maior que o limiar, ele é representado com o valor 1, caso contrário ele é representado com o valor 0.

Por fim, são realizadas três operações morfológicas, sendo elas: duas dilatações e uma erosão. Não há informações quanto ao elemento estruturante utilizado pela FOI. Por esta razão, utiliza-se um elemento estruturante quadrático com tamanho 3×3 pixels. Esta escolha foi embasada na resolução do sistema que é de, aproximadamente, 3 metros e ao fato de que o elemento quadrático é o mais utilizado para esse tipo de aplicação.



3. OPERAÇÕES MORFOLÓGICAS

Segundo Serra [5], a morfologia matemática é uma ciência que aborda a forma e a estrutura, baseada em conceitos de conjuntos teóricos, topológicos e geométricos. Ela tem por objetivo extrair informações relativas à geometria e a topologia de um conjunto desconhecido, pela transformação através de um conjunto definido, chamado elemento estruturante, que percorre a imagem em estudo.

Dentre as operações morfológicas destacam-se duas operações elementares: dilatação e erosão. A dilatação permite expandir pixels separados através do elemento estruturante, permitindo a sua união em um conjunto de pixels. A erosão tende a fazer com que grupos de pixels, menores que o elemento estruturante, sejam eliminados da imagem

3.1 Elementos Estruturantes

De acordo com Jacques [6], um elemento estruturante é definido como um conjunto conhecido em forma e tamanho, que interage com a imagem em estudo. No universo digital, o elemento estruturante é definido em relação aos pixels que o formam, com origem no pixel central. Dentre os elementos estruturantes mais usuais, podem-se destacar os seguintes:

Quadrático: Elemento no formato de quadrado com largura de N pixels. O elemento de ordem $N = 3$ é descrito por:

$$(H_1) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} (3)$$

Diamante: Elemento plano, possui a forma de diamante, em que N significa a distância da origem aos pontos do diamante. O elemento com ordem $N = 1$ é dado por:

$$(H_2) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} (4)$$

em que “1” significa um pixel ativo que irá interagir com os pixels da imagem.

Existem outros formatos de elementos estruturantes como: vertical, horizontal, retangulares, etc. Na simulação, consideram-se máscaras quadradas, diamantes e outra que foi definida de acordo com a orientação e formato geométrico dos alvos, a qual foi definida como “caso especial”.

A escolha das máscaras foi realizada com intuito de aumentar a probabilidade de detecção de alvos (Pd) e reduzir a taxa de falsos alarmes (FAR). Devido à geometria dos alvos, para o caso especial, foram escolhidas as máscaras de erosão e dilatação, respectivamente, dados por:

$$(H_3) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} (5)$$

$$(H_4) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} (6)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fim de realizar a avaliação de desempenho para os diferentes elementos estruturantes, inicialmente foram replicados os resultados obtidos pela FOI. Para isso, utilizou-se o mesmo conjunto de dados e os mesmos parâmetros de simulação descritos em [1]. A Tabela 1 apresenta uma comparação entre os resultados obtidos e os apresentados em [1].

Tabela 1. Comparação entre os resultados do algoritmo da FOI e da simulação

Algoritmo	Pd	FAR(/km ²)
FOI	97,00%	0,67
Simulação	97,00%	0,65

Nota-se a existência de uma pequena diferença entre os desempenhos apresentados na Tabela 1, a qual é justificada pela ausência de informações referentes aos elementos estruturantes



utilizados em [1]. Dado que a divergência apresentada é pequena e que a simulação obteve desempenho superior ao resultado apresentado em [1], pode-se afirmar que a reprodução do algoritmo é válida.

Após a validação do algoritmo, foram realizados testes variando os elementos estruturantes utilizados nas operações morfológicas. É importante salientar que foi utilizado um elemento quadrático para a segunda dilatação de todas as simulações. Os resultados destes testes são apresentados na Tabela 2, considerando o valor de $N=2$, para o elemento estruturante em diamante.

Pode-se notar que a utilização do mesmo limiar de detecção (Th) selecionado pela FOI, para a janela diamante, resulta em uma diminuição de cerca de 50% da taxa total de falsos alarmes. No entanto, para esse cenário houve uma redução na probabilidade de detecção de alvos. Desta forma, percebe-se que a variação do limiar de detecção pode resultar em um melhor desempenho.

Tabela 2. Resultados da simulação para diferentes elementos estruturantes

Elemento Estruturante	Pd	FAR(/km ²)
FOI	97,00%	0,65
Diamante, Th:6	95,83%	0,1319
Diamante, Th:5,8	96,17%	0,1944
Diamante, Th:5,6	96,83%	0,2639
Diamante, Th:5,4	97,33%	0,4514
Caso Especial	97,50%	0,4714

Devido aos resultados apresentados na Tabela 2, buscou-se otimizar o valor de Th para o elemento estruturante no formato diamante. Após, diversos testes, obteve-se um valor de Th de 5,45 o qual resultou em um aumento da probabilidade de detecção e

uma redução da taxa de falsos alarmes, cujos valores foram $Pd = 97,33\%$ e $FAR = 0,3750$.

5. CONCLUSÃO

O trabalho apresentou uma análise de desempenho para o algoritmo de detecção de alvos SAR UHF UWB, proposto pela FOI, em termos da variação de seu elemento estruturante. Os resultados mostraram que a utilização de um elemento estruturante no formato diamante utilizando o limiar de 5,45, apresentou um desempenho superior ao algoritmo proposto pela FOI.

Além disso, é válido ressaltar que o caso especial analisado apresentou um melhor desempenho que o algoritmo da FOI. Como trabalho futuro, deseja-se realizar um estudo com a finalidade de otimizar este limiar.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Lundberg, M.; et al. "A challenge problem for detection of targets in foliage," Proc. SPIE Algorithms for Synthetic Aperture Radar Imagery XIII. vol. 6237. 2006.
- [2] Oliver, C. and Quegan, S., Understanding synthetic aperture radar images. SciTech Publishing, 2004
- [3] Gustavsson, A., et al. "Development and operation of an airborne VHF SAR system-lessons learned," IEEE Int. Geoscience and Remote Sensing Symp. (IGARSS'98). vol. 1. 1998, pp. 458-462.
- [4] Ulander, L. M. H., et al. "Performance of the CARABAS-II VHF-band synthetic aperture radar," IEEE Int. Geoscience and Remote Sensing Symp. (IGARSS'01). vol. 1. 2001, pp 129 - 131.
- [5] Serra, J. Image analysis and mathematical morphology. Academic press, 1982.
- [6] Facon, Jacques. "A Morfologia Matemática e suas Aplicações em Processamento de Imagens." VII Workshop de Visão Computacional-WVC 2011. Vol. 13. 2011.