

SAR 영상 처리를 위한 Wavelet 기반 필터와 Variogram 기반 필터 설계 및 적용

The Application and Design of Wavelet-based Filter and Variogram-based Filter for SAR Image Processing

류희영⁽¹⁾, 이기원⁽²⁾, 권병두⁽¹⁾

Hee Young Yoo⁽¹⁾, Kiwon Lee⁽²⁾, Byung-Doo Kwon⁽¹⁾

(1) 서울대학교 지구과학교육과

(2) 한성대학교 정보시스템공학과

E-mail : skyblue1@snu.ac.kr

요 약

SAR 영상의 Speckle noise는 해석을 방해하는 요인이 되고 분류할 때 분류정확도를 떨어뜨리는 역할을 하기 때문에 이를 감소시키기 위한 전처리 과정이 필요하다. 이 연구에서는 SAR 영상의 Speckle noise를 줄이기 위해서 영상의 특성을 분석하고 영상에 맞는 wavelet 변환을 이용한 필터링 기법과 Variogram에 기반한 필터링 기법을 제시하고 SAR 영상에 대한 적용 실험을 수행하였으며 그 결과를 분석하였다. 실험 결과 variogram 기반 필터링은 기존의 adaptive filter와 유사한 결과를 보였고 wavelet 기반 필터링은 기존의 필터링보다 좀 더 나은 결과를 보였다.

1. 서론

SAR 영상은 광학영상과는 다른 방법으로 자료를 얻기 때문에 광학영상에서 얻을 수 없는 다른 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있어 최근에 많은 분야에서 이용되고 있다. 그러나 광학영상에 비하여 SAR 영상을 이용할 때 가장 어려운 점은 심한 speckle noise이다. SAR 영상의 speckle noise는 해석을 방해하는 요인이 되고, 분류할 때 분류정확도를 떨어뜨리는 역할을 하기 때문에 SAR 영상을 이용할 시에는 반드시 speckle noise를 줄이는 전처리 과정이 필요하다. SAR 영상의 speckle noise를 줄이기 위해서는 기본적

인 mean 필터를 포함하여 Lee, Frost, GammaMAP 등 다양한 필터가 개발 되어 적용되고 있으나 지금도 효과적으로 speckle noise를 줄이기 위한 새로운 기법들이 계속 발표되고 있다. 이 연구에서는 SAR 영상에 대하여 wavelet 변환과 variogram을 이용하여 speckle noise를 감소시키기 위한 새로운 접근 방법을 제시하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 Wavelet 기반 영상 필터

본 연구에서는 영상의 필터링을 위해 일반적으로 사용하는 DWT (Discrete

wavelet transform) 대신 Stationary Wavelet Transform (SWT)을 사용하였다. SWT는 DWT의 단점을 보완하기 위한 방법으로 DWT가 영상을 한 단계 분해할 때마다 다운샘플링을 통해 신호의 길이를 반으로 줄여 역변환을 할 때 정보의 손실이 약간 발생하는 것에 비해 SWT는 다운샘플링 과정이 없어 영상을 그대로 보존한다. Wavelet 필터링을 통한 기존의 연구는 대부분 2-D 영상처리 관점에서 영상을 분해한 후 threshold를 적용하여 잡음을 제거하는 방법으로 필터링을 수행하였다. 그러나 SAR 영상은 포커스의 중심에서 방사형으로 한 번에 촬영하는 광학영상과 달리 side-looking 방식으로 한쪽 방향으로 자료를 얻는 방식이므로 이 연구에서는 필터를 자료 획득방향을 중심으로 설계하였다. 이 연구에서는 SAR signal이 측정 방향의 1-D 신호를 각각 Wavelet 변환하여 필터링한 후 노이즈가 제거된 2-D 영상으로 복원하는 방법을 이용하였다. 신호획득 방향으로만 신호를 여러 레벨로 분해하여 detail band에서 threshold를 주어 필터링하였다. 이 경우 신호 획득방향이 아닌 방향으로 연속성이 떨어질 수 있으므로 신호 획득 방향이 아닌 쪽으로는 1-level 까지만 분해한 후 필터링을 거쳐 신호가 갑자기 크게 변하는 것을 방지하고자 하였다.

2.2 Variogram 기반 영상 필터

Variogram은 일정한 거리에 있는 자료들의 유사성을 나타내는 척도로 식(1)과 같이 정의된다. 정의된 수식에서 알 수 있듯이 variogram은 일정거리 h만큼 떨어진 두 자료들 간의 차이를 제공한 것의 기댓값이다. 따라서 거리가 가까우면 그 값들이 비슷하므로 variogram은 일반적으로 작게 나타나고 거리가 멀어질수록 그 값

이 크게 나타나는 것이 일반적 경향이다.

$$2\gamma(h) = E[(z(x) - z(x+h))^2] \quad (1)$$

영상은 방향에 따라 각기 다른 특성을 나타내는 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 방향 분석을 위해 거리는 한 픽셀을 거리 1로 고정하고 모든 방향, 0도, 45도, 90도, 135도 방향으로 각각 variogram을 작성하였다.

Variogram에 기반을 둔 필터는 정규 크리깅 기법에 그 바탕을 두고 있다. 크리깅은 관심 있는 지점에서 특성치를 알기 위해 이미 값을 알고 있는 주위의 값들의 가중 선형조합으로 그 값을 예측하는 기법으로 정규크리깅은 크리깅 추정식이 편향되지 않으면서 오차 분산을 최소화 하는 크리깅 방법이다. λ 는 가중치로 가중치의 합은 1이 되어야한다.

$$z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i z_i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i \sigma_{ij}^2 - \omega = \sigma_{0i}^2 \quad (4)$$

$$\gamma(h) = \sigma^2 - cov(h) \quad (5)$$

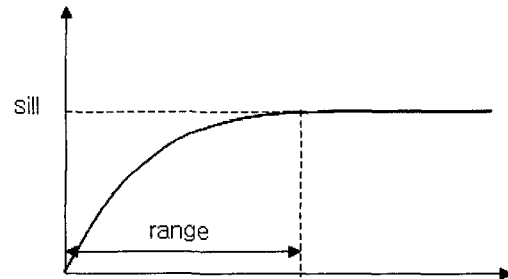


Fig. 1 A typical variogram.

식 (2)~(5)를 바탕으로 다음과 같은 행렬 방정식으로 가중치를 구할 수 있게 된다. 구해진 가중치를 이용해 3×3 mask를 생성한 후 필터링을 하게 된다. 이용되는 variogram은 방향성을 고려한 것으로 이 방법은 원본영상의 특성에 따라 다른 필터를 생성하게 된다.

$$\begin{pmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12}^2 & \dots & \sigma_{1n}^2 & -1 \\ \sigma_{21}^2 & \sigma_{22}^2 & \dots & \sigma_{2n}^2 & -1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{n1}^2 & \sigma_{n2}^2 & \dots & \sigma_{nn}^2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \omega \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_{01}^2 \\ \sigma_{02}^2 \\ \dots \\ \sigma_{0n}^2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

3. 특성분석

이 연구에서 이용한 데이터는 SAR 영상, SAR 영상과 같은 지역의 Landsat TM 영상이다. SAR 영상의 경우 광학영상에 비

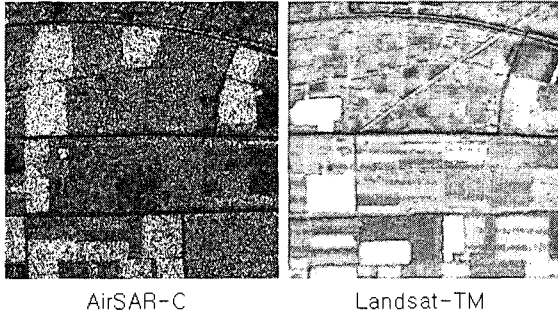


Fig. 2 The test dataset.

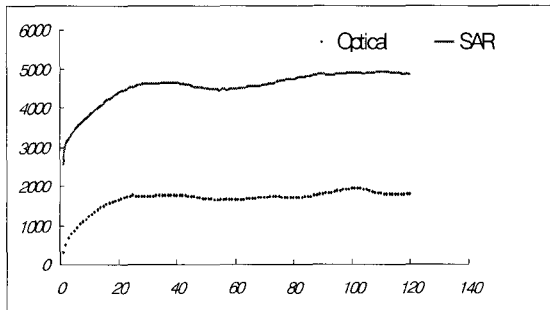


Fig. 3 The experimental variogram for different sensors of Fig. 2.

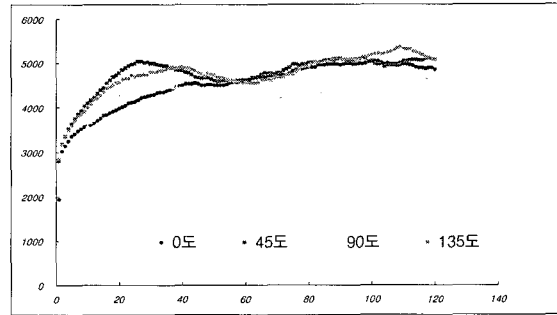


Fig. 4 The experimental variogram for different directions.

하여 noise가 많기 때문에 같은 지역을 촬영한 영상의 경우 상관거리는 약간 멀어지는 것에 비해 너깃과 문턱값이 훨씬 커지는 경향을 보인다. 영상이 방향에 따라 다른 특성을 보인다면 방향에 따른 variogram 결과 역시 방향마다 독특한 특성을 보이는데 SAR의 방향별 variogram을 살펴보면 0도 일 때 급격한 변화 없이 완만하게 증가하는 경향을 보이거나 나머지 각도에서는 특정한 거리에서 variogram이 줄어드는 경향을 보인다. 이는 0도 방향에서는 변화가 적으나 나머지 방향으로는 패턴의 반복이 나타난다고 볼 수 있다. 나머지 방향에서는 50픽셀 부근에서 줄어드는 경향을 보이는데 이는 50픽셀 정도의 패턴이 반복되고 있다는 것을 의미한다.

4. 필터링 평가

앞서 연구방법에 제시한 방법으로 SAR 영상의 노이즈를 제거하고 그 결과 영상과 variogram을 기존에 널리 이용되던 adaptive filter를 이용하여 노이즈를 제거한 결과와 함께 Fig.5와 6에 나타내었다. 필터링 후에는 variogram에서 너깃이 확실히 줄어들어 0에 가까워짐을 알 수 있었고 문턱값 역시 줄어들었다. 그러나 기존의 adaptive filter에 비해 새로 제시한

기법이 너깃, 문턱값 모두 더 많이 줄어드는 경향을 보인다. 너깃이나 문턱값은 줄어들지만 전체적인 variogram의 패턴은 거의 변하지 않는다. 필터링 결과 Lee와 frost 필터의 결과는 거의 유사하였고 1-D 필터가 adaptive filter 보다는 더 필터링에 효과적이었으나 variogram 기반 필터링의 결과는 기존의 adaptive filter와 크게 다르지 않았다. 너깃은 adaptive filter를 이용한 경우에 더 작아졌으나 거리가 멀어지면 variogram 기반 필터를 이용한 경우가 더 작은 variogram값을 보였다.

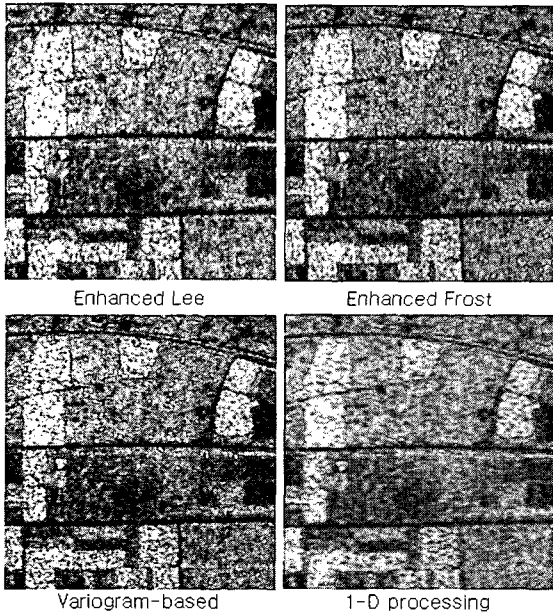


Fig. 5. The results of 2D filters.

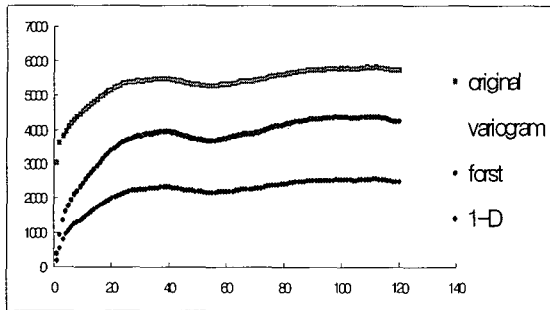


Fig. 6. The results of variogram analysis with respect to several filters.

5. 결론

이 연구에서는 wavelet 변환과 variogram을 이용하여 Speckle noise를 감소시키기 위한 새로운 접근 방법을 제시하였다. 기존의 일반적인 필터링과 달리 영상의 획득 과정이나 영상 전체의 특성을 고려한 필터링으로 특히 1-D 필터링은 variogram 분석 결과, 기존에 이용하던 필터링 기법보다 훨씬 효과적이라는 것을 알 수 있었다. Variogram 기반 필터는 기존에 필터와 결과가 유사하여 큰 장점이 나타나지 않았으나 3×3 사이즈만 고려해본 결과이므로 좀 더 큰 사이즈의 필터 마스크를 위한 가중치를 계산하여 좀 더 실험해볼 필요가 있겠다. 더 나은 필터링에 대한 연구는 추후에 해석이나 분류할 때 정확도를 높이는데 도움이 되고 또한 광학영상에 대해서도 불필요한 노이즈를 제거하는데 본 연구에서 제시한 기법이 적용이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] 최종근, 2002, 공간정보 모델링, 구미서관, 83-124
- [2] Brivio, P. A. and E. Zilioloi, 1991, Remote Sensing and Urban Analysis, London and New York, pp 39-53
- [3] Colombo, S., M. C. Olmo, F. Abarca, and H. Eva, 2004, Variographic analysis of tropical forest cover from multi-scale remotely sensed imagery, Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 58(3):330-34