

고해상도 광학영상 도출을 위한 영상합성방법의 비교

김윤형, 이규성

인하대학교 지리정보공학과

1. 서론

미국에서 1972년에 최초로 지구를 관측하는 목적으로 Landsat-1호를 발사한 이후로 유럽공동체, 구소련, 인도, 캐나다, 일본 등과 같은 세계 여러 나라들은 지구를 관측하는 목적으로 여러 종류의 인공위성들을 발사하기 시작했고 우리나라도 1999년 12월에 다목적 위성(KOMPSAT)을 발사할 예정으로 있다. 이러한 인공위성들은 관측하는 주된 대상이나 위성을 발사한 목적에 따라서 분광해상력, 공간해상력, 관측주기 및 사용하는 파장대가 서로 다르기 때문에 영상마다 나름대로 독특한 특징을 가지고 있다. 따라서 센서의 종류나 관측대상에 따라서 나름대로 특성을 가지고 있는 여러 종류의 영상들을 합성하는 것은 하나의 영상에서 얻을 수 없는 다른 정보들을 함께 제공할 수 있을 것이다.

영상을 합성하는 것은 크게 다음과 같은 두 가지 유형으로 분류할 수 있다. 먼저 Landsat TM과 같은 광학영상과 RADARSAT과 같은 레이더 영상을 합성해서 두 자료의 장점을 취하고자하는 합성방법 (Anne, 1994)과 Landsat TM과 같이 공간해상도는 떨어지지만 분광해상도를 많이 제공하는 영상과 IRS나 SPOT과 같이 공간해상도는 좋지만 분광해상도가 낮은 Panchromatic 영상을 합성하는 유형이다. (Sunar, 1998) 본 연구에서는 이러한 두 가지 유형 중에서 두 번째 영상합성 유형을 대상으로 하였다. Landsat TM이나 SPOT의 영상을 합성하는 방법에는 기존의 많은 연구가 발표되었으나(Sunar, 1998; Carper, 1990; Yocky, 1996; Chavez, 1991), IKONOS 등과 같은 최신의 고해상도 상업위성을 이용하는 합성방법에 대해서는 거의 연구가 전무한 실정이다. 그렇지만 앞으로 IKONOS와 같은 고해상도 영상은 GIS 데이터의 주기적인 업데이트 및 기존의 영상으로 할 수 없었던 새로운 많은 응용분야에서 고해상도 영상이 사용이 증가할수록 기존에 존재하는 저해상도 영상과의 합성하는 방법 대한 연구가 많이 요구되고 있는 상황이다.

본 연구는 IKONOS와 같은 고해상도 위성의 Panchromatic 모드에서 찍힌 고해상도 영상의 공간해상도와 Multispectral 모드에서 찍힌 칼라영상의 분광해상도를 합성하는 방법으로 기존에 Landsat TM 영상과 SPOT의 Panchromatic 영상을 합성하는데 사용되었던 방법들을 적용해 보고, 각각의 방법들의 결과에 대해서 분광해상도와 공간해상도가 잘 합성되었는지를 비교, 분석하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구방법

가. 연구지역 및 전처리

본 연구에서 사용된 영상은 한국자원연구소가 가지고 있는 항공기 탑재 다중파장주사기(Airborne Multispectral Scanner)를 이용하여 촬영된 대전광역시 일부지역의 영상으로, 약 2m의 공간해상도를 가지고 있다. 다음 표 1은 연구에 사용된 영상자료의 특징을 설명하고 있다.

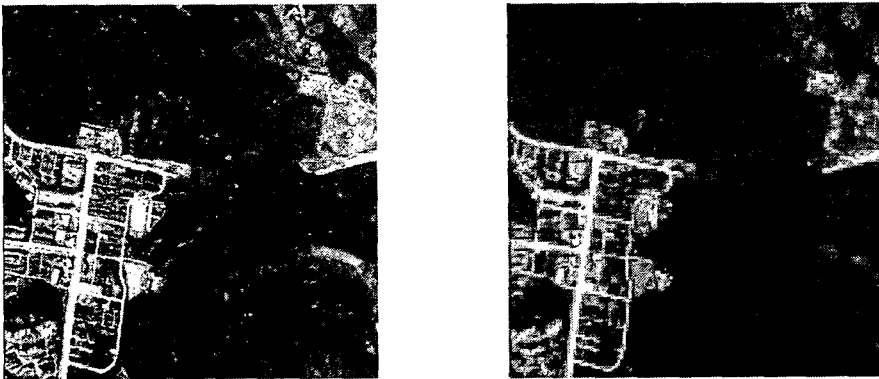
표 1. 영상자료의 특징

Band	파장	특징
1	0.45 - 0.52 μ m	촬영일자 : 1992년 3월 22일 공간해상도 : 2m 촬영지역 : 대전광역시 일부
2	0.52 - 0.60 μ m	
3	0.63 - 0.69 μ m	
4	0.76 - 0.90 μ m	

본 연구에서 사용된 영상은 공간해상도가 동일하므로, 영상합성 방법을 적용하기 위해서는 고해상도 Panchromatic 영상과 저해상도 Multispectral 영상을 만드는 과정이 필요하다. 고해상도 영상과 저해상도 영상의 공간해상도 비율은 IKONOS와 같은 최신의 상업위성들의 Panchromatic 모드에서 찍힌 영상과 Multispectral 모드에서 찍힌 영상의 공간해상도의 비율이 1:4인 점을 감안하여서 원영상의 공간해상도인 2m를 가지는 Panchromatic 영상과 8m의 공간해상도를 가지는 Multispectral 영상을 만들었다.

영상의 해상도를 저감하는 방법은 저감된 영상의 화소값을 추정을 할 때 추정되어야 할 화소값의 위치에서 가장 가까운 위치에 존재하는 원영상의 화소값들의 평균값을 취하는 방식으로 이루어졌다. 이때 화소값을 추정하는데 사용된 화소들의 개수는 원영상과 저해상도 영상의 공간해상도의 비율에 의해서 결정되었다. 즉 원영상과 저해상도 영상의 공간해상도의 비율이 2라는 값을 가지게 되면 저해상도 영상의 화소값을 추정하는데 사용된 화소들의 개수는 저해상도 영상의 화소값을 추정해야 할 위치에서 가장 가까운 원영상의 네 개의 화소값들을 이용하게 된다.

IKONOS에서는 $0.45\mu\text{m}$ 에서부터 $0.90\mu\text{m}$ 까지의 파장대를 이용해서 Panchromatic 영상을 찍게 되는데, 이때 얻어지는 영상은 $0.45\mu\text{m}$ 에서부터 $0.90\mu\text{m}$ 범위에서의 반사값들의 평균값이므로 가시광선 영역의 영상 세 개와 근적외선 영역의 영상 한 개에 대한 평균값을 이용해서 Panchromatic 영상을 만들었다. 그림 1은 본 연구에서 사용된 Panchromatic 영상과 Multispectral 영상 중에서 1번 밴드 영상이다.



a) Panchromatic 영상

b) Multispectral 영상(밴드 1)

그림 1. Panchromatic 영상과 Multispectral 영상

나. 영상합성 방법

영상합성 방법은 IHS(Intensity Hue Saturation) 합성방법, HPF(High Pass Filter) 합성방법, CN(Color Normalized) 합성방법, PCA(Principal Component Analysis) 합성방법, 그리고 Wavelet 합성방법에 대해서 비교 분석하였다. IHS 합성방법은 1982년 Hydan에 의해서 처음으로 사용된 방법으로 세 가지 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계는 RGB 색채모델에 존재하는 저해상도 영상을 IHS 색채모델로 변환하는 과정이다. IHS 색채모델로 변환이 되면 저해상도 영상의 분광해상도는 색조(Hue)와 채도(Saturation)에 존재하게 되고 공간해상도는 명암(Intensity) 영상에 존재하게 된다. 그 다음 단계로는 고해상도 영상을 명암 영상에 대체하는 단계로서 고해상도 영상과 명암영상의 분광해상도가 서로 다르기 때문에 Histogram 매칭기법을 이용해서 분광해상도를 보정하게 된다. 마지막 단계는 고해상도 영상과 색조, 채도 영상을 IHS 색채모델에서 RGB 색채모델로 역변환하는 과정이다.

HPF 합성방법은 고해상도 영상에 High Pass Filter를 적용하여서 공간정보를 추출하고 저해상도 영상에는 Low Pass Filter를 적용하여서 분광정보를 추출한 후, 필터링 처리된 두 개의 영상에 0.5씩 곱한 후 더하게 된다.(Vrabel, 1996) 본 연구에서는 여러 가지 종류의 필터들을 이용해서 HPF 합성방법을 적용하였을때, High Pass Filter로는 3×3 크기의 High-boost 필터를, Low Pass Filter로는 5×5 크기의

중앙값(Median) 필터가 가장 좋은 결과를 보여줬다. High-boost 필터는 다음과 같은 방법으로 적용이 된다. 여기서 α 는 1을 사용하였고 Lowpass 필터는 평균필터를 적용하였다.

$$\text{High-boost 결과} = \alpha \times \text{Original} - \text{Lowpass를 적용한영상}$$

CN 합성방법은 단순한 수학적 모델로써 수식은 다음과 같다.

$$CN = \frac{(\text{저해상도 영상} + 1.0) \times (\text{고해상도 영상} + 1.0) \times 3.0}{\text{모든 저해상도 영상의 합} + 3.0} - 1.0$$

PCA 합성방법은 PCA 분석을 이용해서 이루어지는데, PCA 분석은 여러 개의 밴드에 존재하는 데이터의 양을 손실을 최소로 하면서 데이터를 압축해서 표현하는데 주로 사용되는 방법이다. PCA 합성방법은 IHS 합성방법처럼 세 단계에 걸쳐서 이루어지는데, 첫 번째 단계에서는 저해상도 영상에 PCA 분석을 적용해서 주성분들을 계산하게 되는데 이때, 첫 번째 주성분 요소는 저해상도 영상들의 공간정보를 나타내게 된다.(Chavez, 1991) 두 번째 단계에서는 고해상도 영상으로 첫 번째 주성분을 대체하게 되는데, 이때도 IHS 합성방법처럼 Histogram 매칭 기법을 이용해서 고해상도 영상의 분광해상도를 보정하게 된다. 마지막 단계로는 역변환하는 단계로 이루어진다.

Wavelet 합성방법은 영상에 Wavelet 변환을 적용하면 영상의 공간해상도와 분광해상도가 분류되는 특징을 이용하게 되는데(Yocky, 1996), 우선적으로 저해상도 영상에 Wavelet 변환을 적용하여서 공간해상도와 분광해상도를 분류한 다음에, 마찬가지로 고해상도 영상에도 Wavelet 변환을 적용하여서 공간해상도와 분광해상도를 분리해내게 된다. 그런 다음에는 저해상도 영상의 분광해상도를 고해상도 영상의 분광해상도로 대체한 후에 역변환하게 된다. Wavelet 변환은 Wavelet 변환을 영상에 적용할 때 사용하는 단계에 따라서 얻어지는 결과가 달라지는 특징을 가지고 있는데 본 연구에서는 실험을 통해서 Wavelet 변환을 2단계까지 적용을 했을 때 가장 좋은 결과를 얻었다.

다. 합성방법에 따른 결과비교 방법

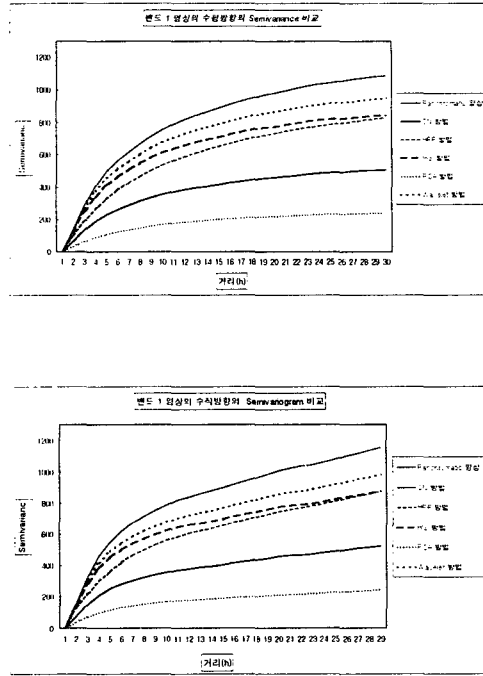
합성방법에 따른 결과 분석은 고해상도 영상의 공간해상도와 저해상도 영상의 분광해상도가 얼마나 잘 합성되었는지에 초점을 두어서 분석을 했다. 분광해상도는 저해상도 영상과 합성된 영상에서 6가지 종류의 피복물들의 화소값을 추출한 후 이 화소값들을 이용해서 그래프를 그린 다음에 이 그래프를 이용해서 비교하였다. 합성방법이 저해상도 영상의 분광해상도를 잘 합성할수록 저해상도 영상의 그래프와 합성한 영상의 그래프는 일치하게 된다. 합성된 영상의 공간해상도 측면에서 비교는 거리에 따른 화소값의 변이도를 나타내는 Semivariogram을 이용하였다. 일반적으로 Semivariogram은 Semivariance의 변화를 이격거리(lag-distance)에 따라 나타낸 것으로 Semivariance는 다음의 식에 의해서 계산이 된다.

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (Z(X_i) - Z(X_i + h))^2$$

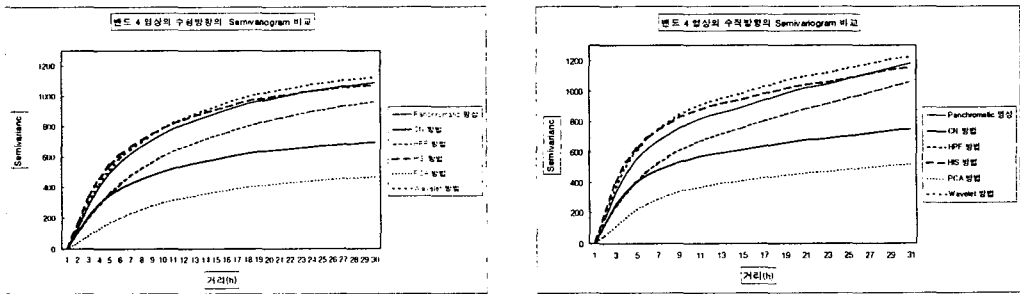
여기서 n은 거리 h만큼 떨어진 한 쌍의 샘플링된 지점들의 총수를 나타내는 값이며, h는 화소들 간의 떨어진 간격(lag-distance)을 의미하고, $Z(X_i)$ 는 X_i 의 위치에 존재하는 화소값을 의미한다. Semivariogram은 일반적으로 범위(range), Sill, nugget effect 등과 같은 정보를 제공하게 되는데 Sill은 Semivariance가 거의 변화가 없을 때의 Semivariance의 값을 의미하게 되고 범위는 거리가 0에서부터 시작하여서 Sill 값을 갖게 되는 거리까지를 의미하게 된다. 화소들간의 거리가 범위를 넘어서면 Sill 값을 가지게 되므로 거의 공간적인 변이가 없다는 의미가 되므로, 원영상과 합성된 영상 사이의 공간해상도가 유사할수록 비슷한 범위를 갖게 된다.

3. 연구결과

합성방법들에 따른 합성영상의 결과는 공간해상도와 분광해상도에 대해서 비교를 했다. 그림 2는 Panchromatic 영상과 합성영상 중에서 밴드 1 영상에 대한 수평, 수직 방향의 Semivariogram이고, 그림 3은 Panchromatic 영상과 밴드 4 영상에 대한 수평, 수직 방향의 Semivariogram이다.



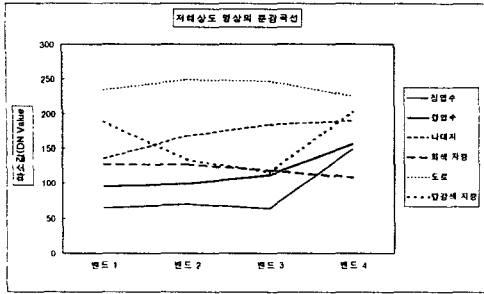
a) 수평방향의 Semivariogram(밴드1) b) 수직방향의 Semivariogram(밴드1)
 그림 2. 밴드 1 영상의 수평, 수직방향의 Semivariogram



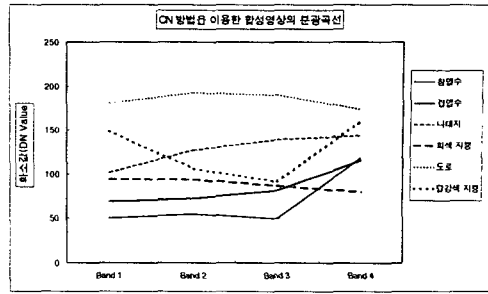
a) 수평방향의 Semivariogram(밴드4) b) 수직방향의 Semivariogram(밴드4)
 그림 3. 밴드 4 영상의 수평, 수직방향의 Semivariogram

Semivariogram의 특징상 공간해상도에 관련된 정보는 범위(range)와 Semivariance의 변이의 기술기로 표현이 된다. 그림 2와 그림 3을 보이면 원래 Panchromatic 영상의 공간해상도에 가장 근접된 형태로 합성된 영상은 Wavelet 방법과 IHS 방법이고, 그 다음으로는 HPF 방법, PCA 방법, CN 방법 순으로 합성을 잘하는 것을 볼 수 있다. 이와 동일한 결과는 밴드 2와 밴드 3에서도 얻을 수 있었다.

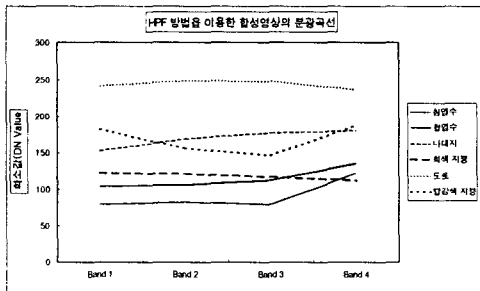
그림 4는 저해상도 영상과 합성영상에 대해서 동일한 6개의 지표물에 대해서 밴드 1에서 밴드 4까지의 화소값의 변이를 보여주고 있는 그래프이다.



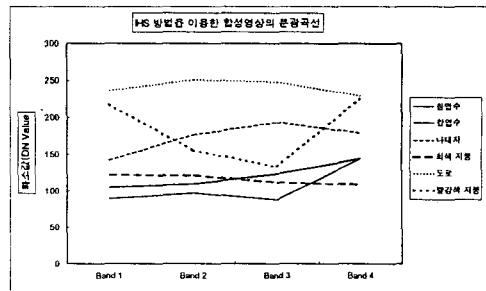
a) 저해상도 영상



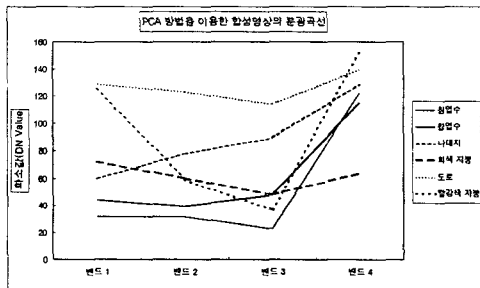
b) CN 방법



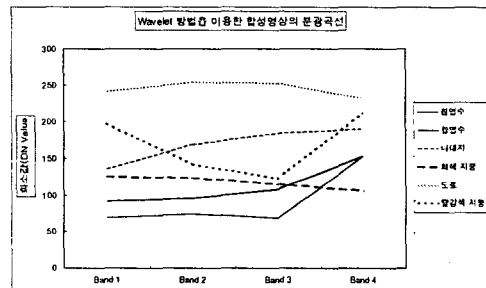
c) HPF 방법



d) IHS 방법



e) PCA 방법



f) Wavelet 방법

그림 4. 합성방법별 화소값 비교

합성방법이 저해상도 영상의 분광해상도를 잘 합성할수록 밴드 1에서부터 밴드 4까지의 지표물에 대한 화소값이 일치해야 한다. 그림 4를 보르면 그래프의 형태상 CN 방법과 Wavelet 방법이 가장 좋은 결과를 보여주고 있는 것을 볼 수 있다. 그러나 CN 방법은 전체적으로 화소값이 저해상도 영상에 비해서 약 50정도가 낮은 것을 볼 수 있다. 따라서 분광해상도를 가장 잘 합성하는 방법은 Wavelet 방법이고, 그 다음으로는 CN 방법, IHS 방법, HPF 방법, PCA 방법 순이다.

4. 결론

본 연구는 2m의 공간해상도를 가지는 고해상도 영상에 대해서 5가지 합성방법을 적용하였는데, 공간 해상도 측면에서는 IHS 합성방법과 Wavelet 합성방법이 좋은 결과를 보여줬으며, 분광해상도 측면에서는 Wavelet 합성방법과 CN 합성방법이 좋은 결과를 보여줬다. 따라서 고해상도 영상을 합성하는데 있어서 가장 적합한 방법은 Wavelet 합성방법이다. 그러나 이 연구는 주로 고해상도 영상의 Panchromatic 영상과 Multipsectral 영상을 대상으로 연구가 수행되어졌으므로, 1m의 공간해상도를 가지는 고해상도 영상과 기존에 많은 자료가 존재하는 Landsat TM이나 SPOT을 합성하는 방법에 대해서도 연구가 필요하다고 생각된다. 또한 본 연구에서 사용된 영상은 항공영상이었으므로, 실제 인공위성 자료와는 약간의 차이가 있다고 생각된다. 따라서 IKONOS와 같은 위성에서 얻어진 인공위성 영상을 실제로 적용해 보아야 한다.

5. 참고문헌

1. Pohl, C. and J. L. Van Genderen, 1998. Multisensor image fusion in remote sensing: concept, methods and applications, INT. J. Remote Sensing, Vol. 19, No.5, 823-854
2. Sunar, F. and N. Musaoglu, 1998. Merging multiresolution SPOT P and Landsat TM data: the effects and advantages, INT. J. Remote Sensing, Vol. 19, No. 2, 219-224
3. Carper, W. J., T. M. Lillesand. and R. W. Kiefer, 1990. The Use of Intensity- Hue-Saturation Transformations for Merging SPOT Panchromatic and Multispectral Image Data, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 56, No. 4, Apr, 459-467
4. Solberg Anne H. Schistad, Anil K. Jain and Torfinn Taxt, 1994. Multisource Classification of Remotely Sensed Data : Fusion of Landsat TM and SAR Images, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 32, No. 4, July, 768-778
5. Yocky David A., 1996. Multiresolution Wavelet Decomposition Image Merger of Landsat Thematic Mapper and SPOT Panchromatics Data, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 62, No. 9, Apr 1067-1074
6. Chavez Pat S., Jr., Stuart C. Sides, and Jeffrey A. Anderson, 1991. Comparison of Three Different Method to Merge Multiresolution and Multispectral Data: Landsat TM and SPOT Panchromatic, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 57, No. 3, March, 295-303
7. Vrabel Jim, 1996. Multispectral Imagery Band Sharpening Study, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 62, No. 9, Sep, 1075-1083