Journal of the Korean Society of Remote Sensing, Vol.16, No.1, 2000, pp.87~98

고해상도 다중분광영상 제작을 위한 합성방법의 비교

김윤형 · 이규성
인하대학교 지리정보공학과

Comparison of Image Merging Methods for Producing High-Spatial Resolution Multispectral Images

Yoon-Hyoung Kim and Kyu-Sung Lee
Department of Geoinformatic Engineering, Inha University

Abstract : Image merging techniques have been developed to integrate the advantage of different data type. The objective of this study is to present the optimal method for merging high spatial resolution panchromatic image, such as the latest commercial satellite data, and low spatial resolution mulitspectral images. For this study, a set of 2m resolution panchromatic and 8m resolution multispectral data were simulated by using airborne multispectral data. Five merging methods of MWD, IHS, PCA, HPF, and CN were applied to produce four bands of high spatial resolution multispectral data. Merging results were evaluated by visual interpretation, image statistics, semivariogram, and spectral characteristics. From the aspects of both spatial resolution and spectral information, the wavelet-based MWD merging method have shown very similar results compared with the original data used for the merging.

Key Words : image merging, image fusion, high resolution, MWD, semivariogram

요 약 : 상업위성에서 공급되는 고해상도영상의 활용을 증대하기 위한 영상합성에 대한 관심이 증가하고 있다. 합성에 사용된 고해상도 흑백영상과 저해상도 다중분광영상은 항공기탑재 다중분광주사기에 의해 촬영된 네 밴드의 영상을 이용하여 모의 제작하였다. 모의 합성된 2m 해상도의 흑백영상과 8m 해상도의 네 밴드 영상에 대하여 다섯 가지 합성방법(MWD, IHS, PCA, HPF, CN, PCA)을 적용하였다. 합성된 영상에 대해서 원래 영상들이 가지고 있던 공간해상도와 분광정보 측면의 특성을 분석하고자, 육안판독, 통계치비교, semivariogram, 분광반사특성 등을 비교하였다. MWD 변환방법에 의하여 합성된 영상이 공간해상도 및 분광정보 측면에서 모두 합성에 사용된 원래 영상과 근접한 결과를 보였다.

1999년 12월 10일 접수 : 2000년 1월 14일 수리.

1. 서 론

지구관측위성의 증가와 함께 다양한 사양을 갖춘 위성영상자료의 획득이 가능하게 되었고, 센서에 따라 서로 다른 공간해상도와 파장영역의 영상들의 장점을 함께 활용하고자 하는 관심이 증가하고 있다. 일반적으로 센서에서 감지되는 신호는 공간해상도, 파장폭, 감지시간 등의 인자에 의하여 제한을 받게 되므로, 어느 하나의 인자에 우선하여 영상을 촬영하면 다른 인자는 그 만큼 희생되어야 한다. 즉 공간해상도가 높은 영상을 얻기 위해서는 파장폭을 상대적으로 넓게 해야 하고, 반대로 파장폭을 좁게 하여 여러 파장대의 영상을 얻기 위해서는 공간해상도를 낮추어야 한다. 가령 SPOT 위성영상에서 10m 해상도 자료는 광역의 파장폭으로 흑백영상을 얻는 데 반하여, 공간해상도를 20m로 낮추면 여러 파장대의 영상을 얻을 수 있다. 이와 같이 공간해상도와 분광영역을 달리하는 광학영상자료를 합성하여 고해상도와 다중분광영상을 합성하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

영상합성(merging/fusion)은 일반적으로 고해상도 흑백영상과 저해상도 칼라영상을 합성하여 고해상도 칼라영상을 도출하는 목적으로 진행되어 왔는데, 가장 자주 적용된 사례로 SPOT 흑백 영상과 Landsat TM 영상을 합성하여 SPOT의 공간해상도와 TM의 분광정보를 함께 이용하는 경우를 들 수 있다(Carper, 1990; Schetselaar, 1998; Sunar, 1998). 또한 다양한 영상합성방법에 대한 비교 연구가 진행되어 왔는데, Chavez(1991)는 Landsat TM 영상과 SPOT 흑백 영상을 합성하기 위하여 IHS(intensity-hue-saturation) 칼라변환방법, 주성분분석(PCA-principal component analysis) 방법, 그리고 HPF(high pass filtering) 방법을 적용하여, 그 결과에 대한 육안판독과 통계치 비교를 HPF 합성방법이 가장 좋은 결과를 보여주고 있다. Vrabel(1996)은 SPOT의 흑백 영상을 SPOT의 다중분광영상영상과 Landsat TM 영상과 합성하는데 있어서 IHS, HPF, CN(color normalization) 방법 등을 적용한 결과 CN 방법이 다른 방법들에 비해서 상대적으로 우수하다는 것을 제시하였다. 최근에는 종전의 방법과는 다른 다중해상구조 웨이브렛 변환(MWD-multiresoltuoin wavelet decompostion)변환을 이용한 합성방법을 제시하였고, 기존의 IHS 방법과 비교하여 개선된 결과를 보여주었다(Garguet-Duport *et al.*, 1996). 국내 연구로는 SPOT과 Landsat TM 영상을 합성한 사례가 있는데, 주로 칼라변환을 통한 IHS 방법을 적용하였다 (최철웅, 1997; 손덕재, 1991). 최근 안기원(1998)은 5m 공간해상도를 가진 IRS위성의 흑백영상과 TM 영상을 다섯 가지 방법을 적용하여 합성하였고, 각 방법에 의한 합성결과를 원 자료의 공간해상도와 분광특성 측면에서 비교하였다.

최근 민간분야의 지구관측위성 개발과 함께 종전에 비하여 고해상도의 영상이 공급되기 시작하였다. 이러한 상업목적의 위성영상은 1m급의 공간해상도를 갖춘 영상으로서 정밀 지도제작을 비롯하여 지금까지의 위성자료와는 다른 활용이 기대되고 있다. 본 연구는 최신의 상업위성에서 얻어지는 고해상도 영상과 유사한 특성을 가진 광학영상을 대상으로 여러 가지 영상합성방법을 적용하고, 그 결과에 대해서 공간해상도 측면과 분광특성 측면의 비교·분석을 통하여 고해상도 영상에 적용할 수 있는 최적의 합성방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 자료 및 방법

1) 연구자료

본 연구의 수행 시점은 고해상도 상업위성이 발사되기 이전이므로, 연구에 사용된 자료는 항공기에서 촬영된 다중분광주사기(airborne multispectral scanner-AMS) 자료를 사용하였다. 영상자료는 한국자원연구소의 Daedalus AA3600 시스템에 의하여 촬영되었는데, 이 주사기는 회전반

사경으로 비행방향에 직교하여 촬영하는 횡축주사기(across-track scanner) 방식으로서 가시광선, 근적외선, 열적외선 파장영역에서 모두 10개의 파장대로 구분하여 다중분광영상을 얻을 수 있다. 연구에 사용된 영상은 대전광역시 서구 탄방동의 일부지역으로 1992년 3월 22일 오전 10:00에서부터 11:00시 사이에 촬영된 영상으로 2m의 공간해상도를 가지고 있다. 항공영상은 비행기의 흔들림과 넓은 주사각(TFOV) 등에 의하여 심한 기하학적 왜곡현상을 볼 수 있는데, 연구에 사용된 영상은 그러한 기하학적 왜곡을 이미 한국자원연구소의 처리시스템에 의하여 보정된 후 공급된 자료이다. 다음 Table 1은 영상합성을 위한 모의영상을 제작하기 위하여 사용된 영상 및 센서의 특성을 보여주고 있다.

영상합성을 위해서는 높은 공간해상도를 가진 흑백영상과 공간해상도가 떨어지는 다중분광영상(multispectral image)이 요구되나, 위의 AMS 영상은 모든 밴드가 동일하게 2m의 공간해상도를 가지고 있다. 따라서 표1의 자료를 이용하여 고해상도 흑백영상과 저해상도 다중분광영상을 모의 제작하였다. SPOT 또는 상업위성인 IKONOS의 고해상도 흑백영상은 가시광선과 근적외선을 포함한 넓은 파장영역에서 촬영된다. 모의 흑백영상은 AMS영상의 2m의 공간해상도를 유지하면서 IKONOS의 흑백영상과 동일한 파장영역인 0.45μm에서부터 0.90μm의 구간에서 감지되는 분광특성을 나타내기 위하여 AMS 네 개 밴드의 영상을 평균하여 제작하였다. 아울러 저해상도 다중분광영상은 IKONOS의 영상과 같이 공간해상도의 비율이 4:1이 되게끔 원 영상의 해상도를 8m로 저감하여 AMS영상 네 개 밴드에 대하여 모두 8m의 공간해상도를 갖는 모의 영상을 제작하였다. 영상합성을 위하여 모의 제작된 영상은 사방 600m 면적으로 산림 및 개발지가 적절히 혼합된 지역으로 2m 해상도의 흑백영상과 네 개 밴드의 8m 해상도 다중분광영상이다 (Fig. 2-a, b).

Table 1. Characteristics of the airborne multispectral scanner data for the study

Scanner		. Daedalus AA3600 AMS . across-track type
spectral band	1	0.45 - 0.52μm
	2	0.52 - 0.60μm
	3	0.63 - 0.69μm
	4	0.76 - 0.90μm
ground resolution		2 meters
quantization		8 bit
TFOV		95°

2) 영상합성

영상합성은 지금까지 발표된 방법 중 다섯 가지를 선정하여 적용하였다. 다섯 가지 영상합성방법은 비교적 새로운 기법으로 wavelet 변환을 이용한 MWD (multiresolution wavelet decomposition) 방법, 색변환 기법의 일종인 IHS(intensity-hue-satuation) 방법 및 CN(color normalization) 방법, 주성분분석을 이용한 PCA(principal component analysis) 방법, 그리고 필터링기법을 이용한 HPF(high pass filtering) 방법 등이다. 다섯 가지 합성 방법을 적용하기 위하여 기존의 영상처리 소프트웨어를 사용한 경우도 있으나, 기존의 도구에서 지원되지 않는 MWD방법, CN방법, HPF방법 등은 직접 프로그램을 작성하여 영상을 합성하였다.

(1) MWD(multiresolution wavelet decomposition) 합성방법

Wavelet 변환은 비교적 최근에 개발되고 있는 기법으로서 신호처리 및 영상분야에서 다양하게 적용되고 있는 데, 특히 영상처리 분야에서는 영상압축, 경계선 추출 및 물체 인식, 영상합성등 활발하게 이용되고 있다(Vetterli and Kovacevic, 1995). 영상을 wavelet 변환하게 되면, 2×2화소의 값들이 평균되는 개략영상(approximation image)과 인접한 두 개 화소값의 차이를 나타내는 세부영상(detail images)으로 나누어지게 된다. 여기서 세부영상은 원 영상의 가로방향, 세로방향, 그리고 대각선 방향의 세부적인 차이를 나타내는 세 개의

영상으로 구성된다. 개략영상과 세부영상은 모두 원래 영상(m열, n행)보다 1/4만큼 축소된 크기(m/2열, n/2행)로 변환되게 된다. 첫 단계에서 생성된 개략영상을 다시 wavelet 변환하면 두 번째 단계의 개략영상과 세부영상들이 생성되는 데, 이 영상들은 원래 영상보다 가로 세로가 각각 1/4만큼 축소된 크기를 갖는다. 이와 같이 다중해상구조로 wavelet 변환을 거듭하여 마지막 단계에 이르게 되면, 그 단계의 개략영상과 각 단계의 세부영상들을 사용하여 wavelet 역변환을 실시하면, 정보의 손실없이 원래 영상으로 복원되게 된다.

MWD방법은 일반적으로 고해상도 흑백영상을 변환하여 개략영상과 세부영상으로 나눈 후, 개략영상을 각각의 저해상도 다중분광영상으로 대체한 뒤 이를 다시 wavelet 역변환함으로써 두 영상을 합성하게 된다. 이 과정에서 흑백영상의 높은 공간해상도는 세부영상에 유지되며, 대체된 다중분광영상의 분광정보는 개략영상에 포함되게 되어 이들을 역변환함으로써 공간해상도와 분광정보를 함께 취하는 결과를 갖게 된다. 아래 Fig. 1은 AMS영상에서 모의 제작된 2m 해상도의 흑백영상과 8m 해상도의 다중분광영상을 합성하는 과정을 보여준다. 먼저 2m 해상도의 흑백영상을 2단계의 wavelet 변환을 실시함으로써, 8m 해상도

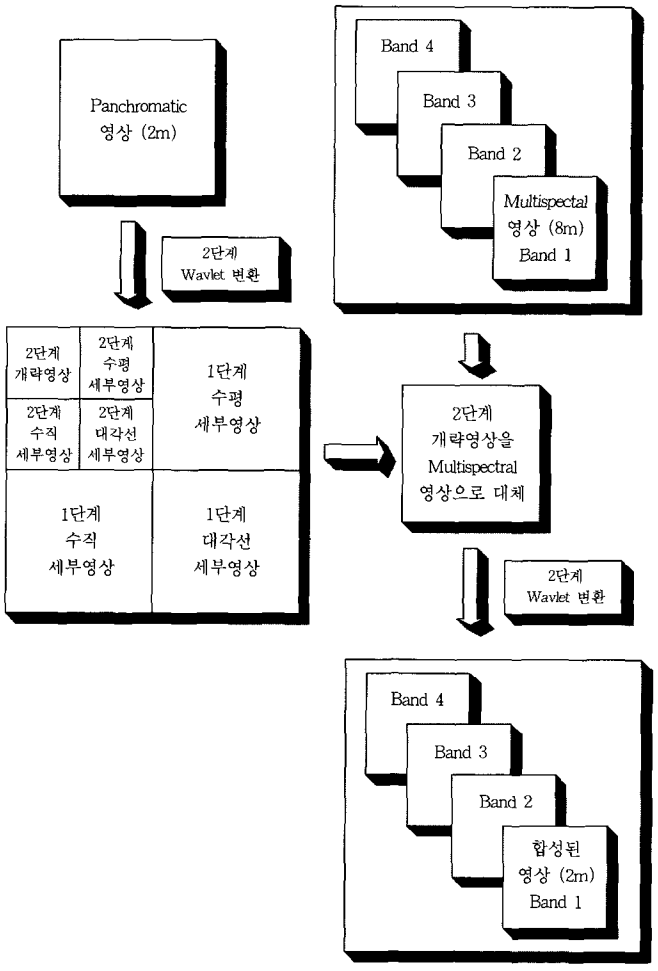


Fig. 1. Image merging procedure using MWD

의 다중분광영상과 동일한 화소크기를 갖는 개략영상과 세부영상을 얻게 되었다. 두번째 단계의 개략영상을 각각의 다중분광영상으로 대체한 뒤 이를 다시 역변환함으로써 2m 해상도를 갖는 네 개 밴드의 다중분광영상으로 합성하였다.

(2) IHS (Intensity-Hue-Saturation) 합성방법

IHS 방법은 가장 널리 사용되고 있는 영상합성 방법으로서, 먼저 RGB 색채모델의 칼라영상을 IHS 색채모델로 변환하여, 명암(intensity), 색상(intensity), 그리고 채도(saturation)를 나타내는 세 영상으로 분할하게 된다. 8m 해상도의 다중분광영상 중 밴드 2, 3, 4를 이용하여 IHS 색채모델로 변환하였고, 이중 명암에 해당하는 영상을 2m 해상도의 흑백영상으로 대체하였다. 물론 2m 흑백영상을 변환된 명암영상(intensity)의 평균과 분산에 가깝도록 선형변환을 실시하였다. IHS변환된 결과물 중 명암영상을 고해상도 흑백영상으로 대체한 후, 이를 다시 RGB 모델로 역변환하여 2m 해상도를 갖는 세 밴드의 다중분광영상이 제작되었다.

(3) PCA (Principal Component Analysis) 합성방법

주성분 분석은 위성영상처리에서 자주 적용되는 변환기법으로서, 여러 밴드에 존재하는 정보를 소수의 주성분으로 집약시켜 자료의 양을 줄이거나, 원 영상에서 잘 나타나지 않는 특정 지표물을 강조하는 목적으로 사용되어 왔다. PCA 방법을 이용한 영상합성은 주성분 분석에 의하여 얻어진 첫 번째 주성분이 저해상도 영상들의 가장 공통적인 정보 즉 저해상도의 영상의 공간적인 특성을 포함하게 되므로 첫 번째 주성분을 고해상도 영상으로 대체하였다. 네 개 밴드의 8m 다중분광영상을 PCA변환하여 첫 번째 주성분을 2m 해상도의 흑백영상으로 교체한 뒤, 이를 다시 역변환함으로써 2m의 공간해상도와 네 개 밴드의 분광정보를 포함하는 영상을 합성하였다. IHS 합성방법은 한 번에 세 개의 분광밴드만을 합성할 수 있지만, PCA 방법은 밴드 수에 관계없이 영상합성을 할 수 있다.

(4) HPF (High-Pass Filter) 합성방법

영상의 특정 부분을 강조 또는 억제하는 방법으로 필터링기법이 자주 사용되고 있다. 일반적으로 평균필터와 같은 low pass filter는 영상의 잡음을 억제하거나 지형지물의 경계선을 무디게 하여 영상을 전체적으로 부드럽게 만들어 결과적으로 공간해상도를 떨어뜨리는 효과를 가지고 있다. 반면에 high pass filter는 모서리나 경계선 등과 같은 영상의 세부적인 내용을 강조하는 효과를 가지고 있다고 할 수 있다. HPF 합성방법은 각각의 저해상도 영상에 low pass filter를 적용하여 분광해상도를 유지하고 고해상도 영상에 대해서는 high pass filter를 적용하여서 공간해상도를 강조한 후, 두 영상의 가중평균으로 한 밴드의 고해상도 영상을 합성하게 된다. 이때 가중치의 결정은 공간해상도와 분광정보가 유사한 비율로 합성되도록 결정하였다.

HPF 합성방법에 있어서 합성된 영상의 질을 결정하는 가장 중요한 인자로는 저해상도 영상과 고해상도 영상에 사용되는 필터의 가중치와 필터의 크기를 들 수 있다. 본 연구에서는 일반적으로 많이 사용되는 여러 종류의 필터를 적용하여 그 결과를 비교 검토하여, 최종적으로 8m 저해상도 영상에 적용된 low pass filter는 3×3 크기를 가지는 중앙값 필터를 사용하였고, 2m 고해상도 흑백영상에 적용한 high pass filter는 9×9 크기를 가지는 high-boost 필터를 사용하였다.

(5) CN (Color Normalized) 합성방법

CN 합성방법은 위에서 열거된 방법들과 달리 간단한 밴드간의 조합식으로 영상을 합성하게 되는데, 저해상도 분광밴드와 고해상도 흑백영상의 곱을 저해상도 영상의 합으로 나누어 정규화하는 과정을 통하여 이루어진다. 네 개 밴드의 저해상도영상과 고해상도 영상의 합성은 다음과 같은 단순한 수식에 의하여 이루어졌다. 이식에서 분모와 분자에 1과 3이 더해진 이유는 단지 0으로 나누어

지는 것을 피하기 위함이다 (Vrabel, 1996).

$$CN_i = \frac{(M_i+1)*(P+1)*3}{\sum_i M_i+3} - 1 \qquad (1)$$

여기서 CN_i = $_i$번째 저해상도 밴드와 고해상도 흑백영상의 합성결과

M_i = $_i$번째 8m 저해상도 영상

P = 2m 고해상도 흑백영상

3) 합성결과 비교

고해상도 흑백영상과 저해상도 다중분광영상을 합성하는 목적은 흑백영상의 공간해상도를 유지하면서 저해상도 다중분광영상이 가지고 있는 여러 파장영역의 분광정보를 결합하는데 목적이 있다. 따라서 위에서 적용한 다섯 가지 방법의 비교는 합성된 결과영상이 포함하고 있는 고해상도와 각 파장대의 분광정보 특성을 파악하는 측면에서 실시하였다. 먼저 합성 전후 영상간의 기본통계치 비교와 육안판독, semivariogram 비교, 특정 지표물의 분광특성 비교를 통하여 시행하였다. 영상 전체에 대한 평균, 표준편차, 상관계수 등의 통계치 비교를 통하여 합성 전후 영상의 화소값 변화 특성을 분석하였다. Semivariogram은 일정 간격에 따라 분리되어 있는 모든 쌍의 화소값의 반분산(semiavariance)를 이격거리(lag-distnace)에 따라 표시한 그래프로서 영상의 공간적 구조와 인접 화소간의 변이를 파악할 수 있다. 일정거리 h로 이격된 모든 화소 쌍의 semivariance는 다음의 식에 의해서 계산되는 데, 이격거리 h를 영상의 한 방향으로 잡아 계산할 수 있으며 이차원적으로도 계산이 가능하다 (Burrough, 1986).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^{n} (Z_i - Z_{i+h})^2 \qquad (2)$$

여기서 n = 거리 h만큼 떨어진 화소쌍의 총 갯수

h = 화소간의 이격거리 (lag-distance)

Z_i = $_i$ 위치의 화소값

본 연구에서는 수평 및 수직방향으로 이격거리를 증가시키면서 각각의 h에 대한 semivariance를 구하여, semivariogram을 작성하였다. 합성 전후 영상의 semivariogram 곡선들에 대한 유사여부를 비교하면 인접 화소간 화소값의 차이에 의하여 나타나는 공간해상도의 변화를 판독할 수 있게 된다.

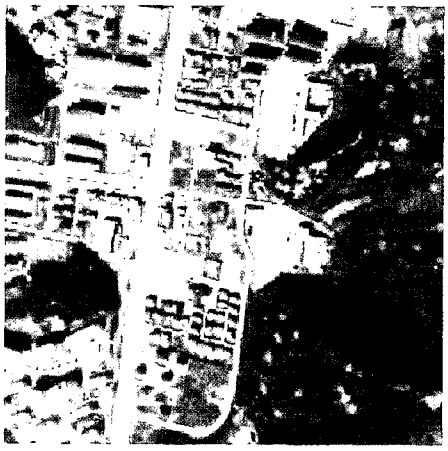
마지막으로 실시한 합성방법간의 비교는 분광특성의 유지여부를 관찰하는 측면에서 실시하였는데, 영상에서 판독되는 산림, 도로, 나지 등 다섯 종류의 지표물을 선정하여 파장밴드별 화소값의 변이를 비교하였다. 다섯 종류의 지표물에 대하여 각각 9개 화소들의 평균값을 구한 후 저해상도 다중분광영상과 각 합성영상들에 대한 분광 곡선을 그려 그 차이를 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

다섯 가지 방법에 의하여 합성된 결과에 대한 정량적인 비교에 앞서 먼저 각 합성영상에 대한 육안판독을 시행하였다. 칼라영상은 근적외선 파장대에 해당하는 밴드 4와 적색 및 녹색광 파장대에 해당하는 밴드 3, 2를 RGB 색채모델에 맞추어 제작하였다 (Fig. 2). 다섯 가지 방법으로 합성된 영상에서 모두 2m 흑백영상에서 나타나는 공간해상도가 잘 표현되었음을 관찰할 수 있었다. 합성된 칼라영상을 저해상도 칼라영상과 비교하였을 때 일반적인 색의 농도 및 분포에 커다란 차이점이 없게 나타났으나, 원 영상과 가장 유사한 색조를 보이는 합성영상은 MWD 방법(c), IHS방법(생략), CN 방법(d)에 의하여 생성된 영상이다. 다만 CN방법에 의하여 합성된 영상은 다른 합성영상에 비하여 경계선 부분이 다소 희미하게 보이고 있다. PCA 방법(e)과 HPF 방법(f)에 의하여 합성된 영상들은 원 영상인 저해상도 다중분광영상과 비교하여 산림 및 개발지역에서 모두 변화된 색조를 보이고 있다. 결국 영상지도 등과 같이 주로 판독목적으로만 영상을 합성하고자 할 경우, MWD방법과 함께 비교적 적용이 간단한 IHS방법 및 CN방법도 효과적이라 할 수 있다.

(a) 2m panchromatic

(b) 8m multispectral



(c) MWD

(d) CN

(e) PCA

(f) HPF

Fig. 2. Simulated 2m resolution panchromatic image (a), 8m resolution multispectral image (b), and color composite of merged results (c - f)

2m 해상도의 흑백영상은 합성된 네 개 밴드의 영상과 직접적인 비교가 적절하지 않기 때문에, 통계치 비교는 8m 다중분광영상과 합성된 2m 다중분광영상간에 비교하였다. 근적외선 파장대인 밴드 4에 대하여 원 영상과 합성된 영상들에 대한 통계치는 Table 2와 같다. 가시광선 파장대 영상인 밴드 1, 2, 3에 대해서도 통계치 비교를 하였으나, 그 결과는 Table 2의 밴드 4에서 보여주는 유형과 크게 다름없이 나타났다.

먼저 합성 전후 영상에서 평균값을 비교해보면은 MWD방법과 IHS방법에서 원 영상과 매우 유사한 결과를 보이고 있고 나머지 영상들은 다소의 차이를 보이고 있으나, 전체값의 분산형태를 나타내는 표준편차에는 커다란 차이가 없었다. 상관계수는 각 합성방법에 따른 결과물을 원래의 영상과 비교하여 얻어진 값인데 0.87에서 0.90까지 매우 높은 상관관계를 보여주고 있으며, 합성방법간에 뚜렷한 차이가 없는 걸로 나타났다. 결국 통계치 비교에 있어서도 Fig. 2에서 보여준 영상판독 결과와 상당히 일치하는 결과를 보여주고 있다. 즉, MWD 방법과 IHS 방법에 의하여 합성된 영상이 다른 방법에 비하여 커다란 차이는 아닐지라도 원래 영상에 보다 근접한 결과를 나타내고 있다.

육안에 의한 영상비교 및 통계치 비교는 저해상도 다중분광영상이 가지고 있는 일반적 특성을 간단히 비교하였다면, semivariogram은 합성영상과 고해상도 흑백영상간의 공간적 구조에 치중하여 비교한 것이라 할 수 있다. 합성된 영상에서 원 영상의 공간해상도가 그대로 유지되었다면, 인접 화소간의 변이가 원 영상과 매우 유사하게 나타날 것이다. 특히 semivariogram에서 이격거리에 따른 공간적 의존도(spatial dependence)를 의미하는 한계거리(range) 범위내에서의 기울기 여부는 공간해상도의 일치 여부를 분석하는 데 중요한 지표가 될 수 있을 것이다.

Fig. 3은 연구지역에 대해서 각 방법들에 의해서 합성된 1번 밴드 영상에 대하여 수평방향으로 계산된 semivariance를 이격거리에 따라 그린 것이다. 먼저 Fig. 2에서 관찰되었듯이 영상내에 특정한 방향으로 분포하고 있는 뚜렷한 지형지물이 없기 때문에 수직방향의 semivariogram은 수평방향과 거의 동일한 결과를 보여주었다.

위의 그래프에서 HPF 방법과 MWD방법에 의하여 합성된 영상이 원 영상인 2m 흑백영상과 가장 유사한 형태의 한계거리(range)와 기울기를 보여주고 있다. IHS 방법에 의한 합성결과는 이격거리가 멀어질수록 원 영상과 다소 차이가 있지만, 한계거리 범위이내에서는 원 영상과 거의 유사한 semivarince를 보여주고 있기 때문에, 공간해상도 측면에서는 원 영상과 큰 차이가 없다고 할 수 있다. CN방법과 PCA방법에 의한 합성결과는 원 영상의 곡선에 비하여 커다란 차이가 보이고 있는데, 이는 Fig. 2의 영상에서도 두 영상이 공간해상도 및 분광정보 측면에서 다소 차이를 보이는 것과 일치한다. 물론 흑백영상의 파장영역과 합성된 각 밴드 영상의 파장영역이 다르기 때문에 위와 같은 semivariogram의 직접적인 비교에는 다소 무리가 있을 수 있지만, 영상합성과정에서 흑백영상

Table 2. Comparison of image statistics for band 4 (near IR) among five merged images as well as original image

data		mean	std	corr. coefficient	range
low-resolution multispectral band 4		147.4	35.9	1.00	0 - 255
merged image (band 4)	IHS	140.8	39.1	0.88	0 - 255
	CN	110.1	31.0	0.87	0 - 255
	PCA	105.4	25.2	0.90	3 - 196
	HPF	132.7	38.6	0.88	11 - 255
	MWD	146.9	39.9	0.89	0 - 255

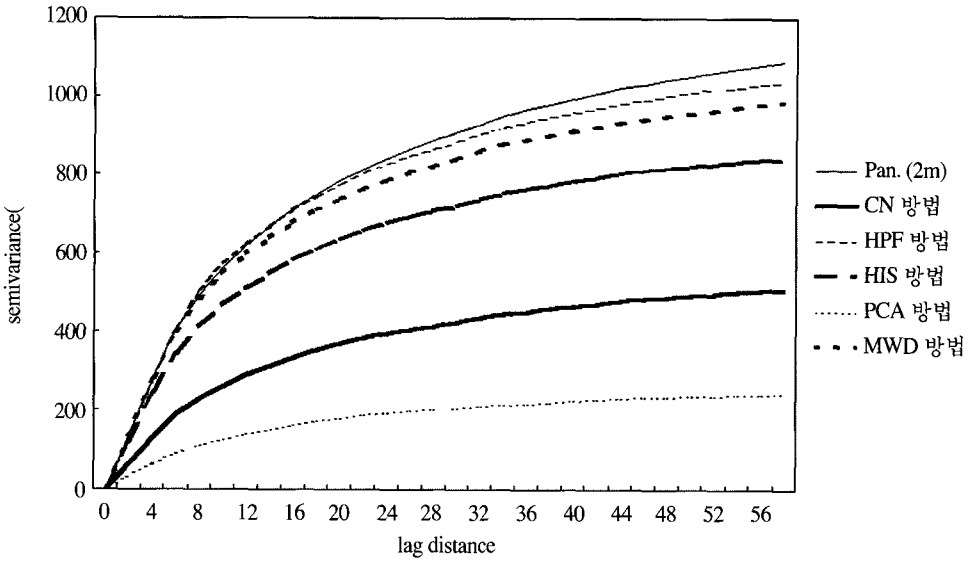
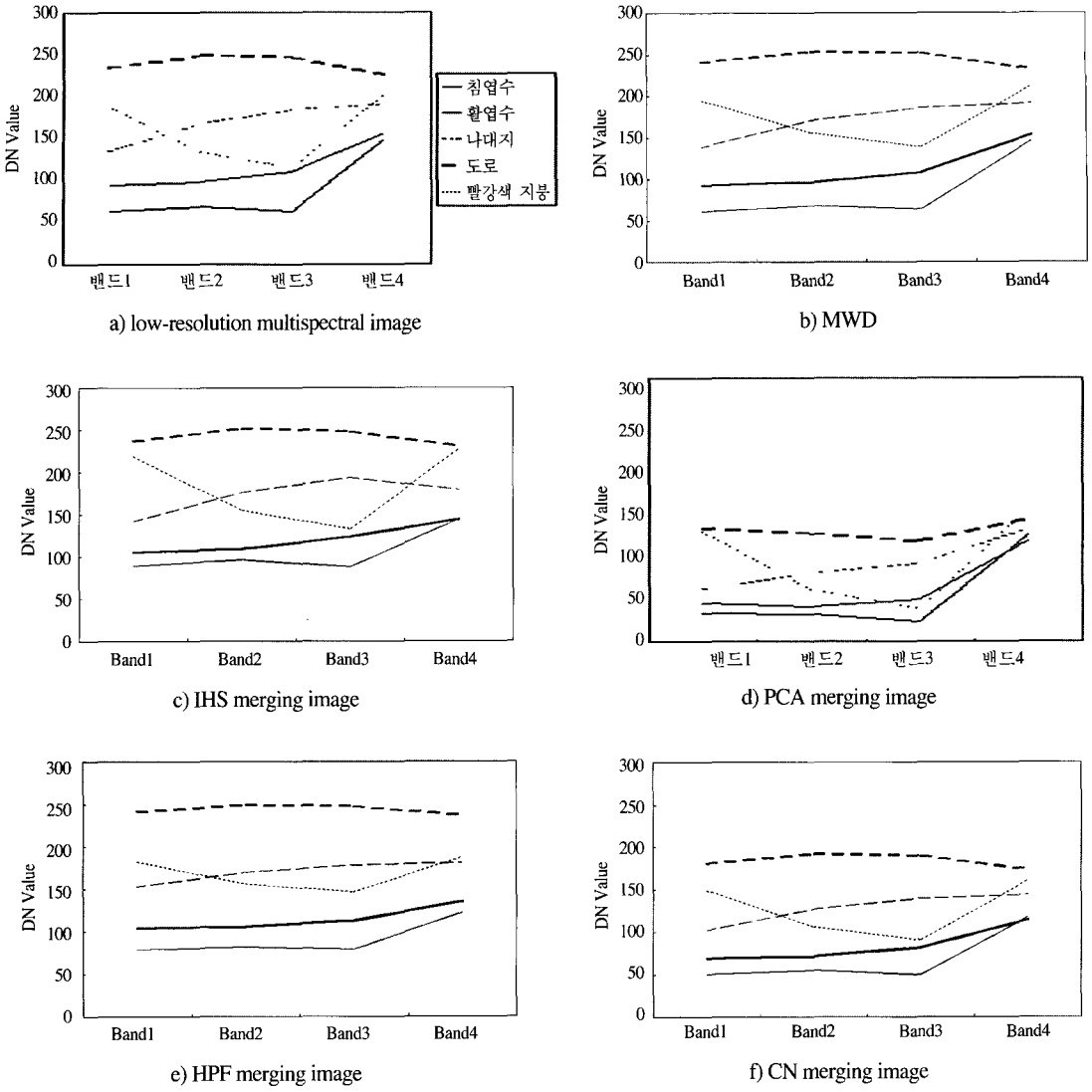


Fig. 3. Comparison of semivarigram derived from original pancromatic and merged data by five merging methods (for band 1)

의 공간해상도를 이용하였기 때문에 유사성 비교가 나름대로 의미를 갖는다고 판단된다. 이러한 결과를 뒷받침하듯 나머지 밴드 2, 3, 4에 대해서도 semivariogam를 구하여 비교한 결과, Fig. 3의 밴드 1과 거의 동일한 유형의 그래프를 얻을 수 있었다.

Fig. 4는 연구지역에서 확인되는 침엽수림, 활엽수림, 나지, 도로, 지붕 등 다섯 가지 지표물을 선정하여 저해상도 다중분광영상과 합성영상들간의 상대적 분광반사곡선을 비교한 것이다. 파장밴드에 따른 각 지표물이 갖는 화소값의 전체적 변화 유형을 살펴보면 MWD 방법에 의한 합성결과가 원래의 다중분광영상과 가장 일치하게 나타나고 있다. 그리고 IHS방법과 CN방법 또한 상당히 유사한 형태의 분광반사특성을 보이고 있으나, CN 방법은 전체적으로 화소값이 낮게 분포되어있음을 볼 수 있고 IHS 방법은 산림의 특성이 가시광선 영역과 근적외선 영역에서 뚜렷하게 구별되지 않고 있다. HPF 합성의 결과는 밴드 2와 밴드 3에서 저해상도 영상에 비해 상대적으로 화소값이 높게 나타나 네 개 밴드간 분광곡선의 기울기가 무뎌져 거의 차이가 없이 나타나고 있다. PCA 합성방법은 저해상도 영상에 비해서 다섯 종류의 지표물의 화소값이 전체적으로 낮아졌다. 선정된 지표물에 대한 반사특성과 관련된 밴드별 화소값의 변이를 분광반사곡선의 형태로 그려 비교해 본 결과 MWD 합성방법이 가장 근사한 결과를 보여주었다.

결국 합성된 영상에 대한 육안판독, 통계치 비교, semivariogram, 그리고 분광반사특성을 비교한 결과 모든 비교 항목에 있어서 공통적으로 MWD 방법이 합성에 사용된 두 종류 영상의 특성을 나은 결과를 보여주고 있다. 몇몇 비교 항목에 따라 IHS 방법이나 HPF 방법이 MWD 방법과 함께 거의 동일한 결과를 보여주기도 했으며, 그 차이 또한 매우 미미하게 나타나고 있다. 합성결과에 대한 비교는 본 연구에서 시도된 항목 이외에 영상분류 또는 특정 지형지물인식 등 보다 실질적인 측면에서 접근해 볼 수 있을 것이며, 그러한 합성방법에 대한 비교 연구는 고해상도 상업영상이 공급되기 시작한 만큼 앞으로 매우 활발하게 진행되리라 판단된다.



a) low-resolution multispectral image

b) MWD

c) IHS merging image

d) PCA merging image

e) HPF merging image

f) CN merging image

Fig. 4. Comparison of relative spectral characteristics of merging results

4. 결 론

상업위성에 의한 고해상도 영상 공급과 함께 이러한 자료가 가지고 있는 단점을 보완하여 보다 효과적으로 활용하기 위한 시도로 영상합성기법에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구에서는 항공기탑재 다중분광영상을 이용하여 2m의 공간해상도를 갖는 고해상도 영상과 8m 해상도의 다중분광영상을 모의 제작하여, 다섯 가지 영상합성 방법을 적용하였고 그 결과를 공간해상도 측면과 분광정보 측면에서 비교 분석하였다. 다섯 가지 합성방법 중에서 공간해상도 측면에서는 MWD 방법, IHS 방법, HPF 방법이 원래의 고해상도 흑백영상과 유사한 결과를 나타냈고, 밴드별 분광반사특성을 비교한 측면에서는 MWD 방법이 보다 나은 결과를 보여주었다.

본 연구에서 실시한 비교 항목만을 고려한다면, 향후 활용이 급증할 수 있는 고해상도 상업위성영

상을 합성하기 위한 방법으로 MWD 방법이 가장 적합하다고 판단된다. 다만 MWD 변환방법이 최근에 개발되기 시작한 기법이고 위성영상처리 분야에 도입된 시기가 짧기 때문에, 기존의 IHS 합성방법이나 PCA 합성방법처럼 표준화된 합성과정을 적용하기 어렵고 또한 변환과정에서 구체적인 변환알고리즘의 선정 등에 관한 추가적인 연구가 필요할 것이다. 또한 이번 연구에서는 동일한 시기에 촬영된 항공기탑재 다중분광영상을 이용하여 모의 제작된 영상을 사용하였으나, 실제 위성영상인 경우 흑백영상과 다중분광영상간의 파장 영역 및 촬영시기에 있어서 다소의 차이가 있을 것이며 합성결과 또한 차이가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서 사용된 모의영상이 가지고 있는 한계를 고려한다면, 최근 공급되기 시작한 고해상도 상업위성영상을 이용한 검증작업이 필요할 것이다.

영상합성의 주된 목적은 두 가지 서로 다른 형태의 영상자료가 가지고 있는 장점을 함께 이용하는 것이나, 합성결과에 대한 비교 분석은 주로 육안 판독 등 주로 질적인 측면에서 시행되어 왔다. 특히 합성영상의 활용범위를 확대하기 위해서는 합성된 영상에서 갖는 공간해상도 측면보다 합성에 사용된 원 자료가 가지고 있는 다파장 밴드의 분광특성을 최대한 유지하는 측면에서 비교분석이 필요하다. 지금까지의 영상합성 결과물의 주된 이용은 영상지도 제작 등 주로 판독 목적에서 국한되어 왔고, 영상분류나 경계선 추출 등 보다 세부적이고 구체적인 측면에서 활용된 사례는 거의 없다고 할 수 있다. 이처럼 고해상도 흑백영상과 저해상도 다중분광영상이 합성된 결과물이 지금보다 세부적인 분야에서 활용되기 위해서는 합성방법의 개발과 함께 보다 객관성을 갖춘 비교방법에 대한 연구가 요구된다.

사 사

본 연구는 정보통신부 지능형 GIS S/W 연구센터 지원 사업으로 진행되었음을 밝히며, 연구에 필요한 항공탑재 다중분광영상을 제공해 주신 한국자원연구소에 감사드립니다.

참고문헌

손덕재, 이종훈, 1991, 색변환과 영상개선기법을 이용한 SPOT P-mode와 XS-mode 영상합성, 한국측지학회지, 9(2):103-113.

안기원, 서두천, 1998, IRS-1C PAN 데이터와 Landsat TM 데이터의 중합방법 비교분석, 대한원격탐사학회지, 14(2):149-164.

최철웅, 정휘철, 남영현, 강인준, 1997, Full SPOT Image와 Landsat TM을 이용한 3차원 인공위성 영상지도 제작기법에 관한 연구, 1997년도 대한토목학회 논문집(Ⅲ), 대한토목학회, 81-84

Burrough, P.A., 1986, *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford Univ. Press, New York, pp194.

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*, 56(4):459-467.

Chavez, Pat S., Jr., S. C. Sides, and J. A. Anderson, 1991, Comparison of Three Different Method to Merge Multiresolution and multispectral Data: Landsat TM and SPOT panchromatic, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 57(3):295-303.

Garguet-Duport, B., J. Girel, J. M. Chassery, and G. Pautou, 1996, The Use of Multiresolution Analysis and Wavelet Transform for Merging SPOT Pnachromatic and

multispectral Image Data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(9):1057-1066.

Schetselaar, E. M., 1998. Fusion by the IHS transform: should we use cylindrical or spherical coordinates?, *Int. J. Remote Sensing*, 19(4):769-765.

Solberg, A. H. S., A. K. Jain and T. Taxt, 1994. Multisource Classification of Remotely Sensed Data : Fusion of Landsat TM and SAR Images, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32(4):768-778

Sunar, F., and N. Musaoglu, 1998, Merging multiresolution SPOT P and Landsat TM data: the effects and advantages, *Int. J. Remote Sensing*, 19(2):219-224

Vetterli, M. and J. Kovacevic, 1995. *Wavelets and Subband Coding*, Prentice-Hall, pp488.

Vrabel, J., 1996, Multispectral Imagery Band Sharpening Study, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(9): 1075-1083