

KOMPSAT-2 위성영상을 이용한 영상융합기법 비교연구

Comparative Analysis of Image Fusion Methods using KOMPSAT-2 Imagery

유병혁¹⁾, 지광훈¹⁾²⁾

Byeong-Hyeok Yu, Gwang-Hoon Chi

¹⁾ 과학기술연합대학원대학교 지리정보시스템공학부

²⁾ 한국지질자원연구원 국토지질연구본부

bynghyk@ust.ac.kr

요약 : KOMPSAT-2 위성영상은 공간해상도가 우수한 1-m급 전정색 영상과, 상대적으로 분광해상도가 우수한 4-m급 다중분광 영상을 동시 취득하는 다중 센서이다. 영상융합기법의 적용을 통해 1-m급 고해상도 다중분광 영상의 취득이 가능하며, 이것은 1-m급에서 식별 가능한 객체들을 분류하고 변화 탐지하는데 활용될 수 있다. 본 연구는 IHS (Intensity-Hue-Saturation) 융합 기법의 I (Intensity) 와 δ 값을 조정함으로써 새로운 융합 기법을 제안하였으며, 육안분석과 상관계수를 가지고 다른 융합기법들과 비교분석하였다. 실험 결과, 제안된 기법의 융합영상은 원본 다중분광영상과 가장 높은 상관계수를 나타내었으며, 상관계수가 유사한 웨이브릿 융합 또는 고대역 필터링과의 육안분석에서 확연히 우수한 공간 선명도를 나타내는 것으로 평가되었다.

Keyword : Image fusion, Intensity-Hue-Saturation (IHS), IHS-C, Correlation Coefficient

1. 서론

영상융합이란, 서로 다른 센서로부터 얻은 원자료의 연계를 위한 방법 또는 도구를 제공하는 일정한 틀로 정의된다. 그 목적은 보다 더 나은 품질의 정보를 취득하는 것이며 ‘더 나은 품질’의 정확한 정의는 그 활용에 달려 있다 (Wald, 1999).

KOMPSAT-2 위성영상은 1-m급 전정색 영상과 4-m 다중분광 영상을 동시에 촬영하고 제공하는 다중해상도 센서이다. 이러한 센서들은 적합한 영상융합기법의 적용을 통해 고해상도 다중분광 영상으로 만들어질 수 있으며, 이것은 분류 및 변화탐

지의 정확도에 영향을 줄 수 있다. 따라서 적합한 영상융합기법을 적용하는 것은 중요하며, 다양한 기법들이 가시화 목적 또는 분광정보 보존 등을 목적으로 개발되고 있다 (Wang et al., 2005).

본 연구에서는 KOMPSAT-2 위성영상 자료의 영상융합을 위한 새로운 기법을 제안하고, 다른 기법과 함께 비교분석함으로써 그 성능을 평가하였다. IHS 기법을 분석하고 문제점을 개선함으로써, KOMPSAT-2 위성영상의 분광학적 특성을 고려할 수 있는 영상융합기법 개발의 가능성을 모색하였다.

2. 연구방법

2.1 IHS 융합기법의 이론

IHS 융합기법은 RGB 영상을 IHS 공간으로 변환시킨 후, I (Intensity) 값을 전정색 영상과 대체함으로써 역변환을 통해 RGB 영상을 취득하는 방법이다. 일반적인 IHS 융합기법의 절차는 다음과 같다:

- 1) 저해상도 다중분광 영상은 고해상도 전정색 영상의 공간해상도로 재배열된다.
- 2) IHS 공간으로 변환한다.

$$\begin{bmatrix} I \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{\sqrt{2}}{6} & -\frac{\sqrt{2}}{6} & \frac{2\sqrt{2}}{6} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}. \quad (1)$$

- 3) I 값을 Pan 영상으로 대체한다.
- 4) 역변환을 통해 다시 RGB 영상을 얻는다.

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Pan \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Fast IHS 기법은 이러한 IHS-RGB 변환을 거치지 않고 단순한 산술연산을 통해 RGB 값을 취득할 수 있는 방법으로 그 식은 다음과 같다 (Tu et al., 2004).

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I + (Pan - I) \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$= \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I + \delta \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix}$$

여기서

$$\delta = Pan - I \quad (4)$$

2.2 IHS 융합기법의 개선

(4) 식에서 I 값은 R, G, B 영상의 평균 값으로 계산된다. 그리고 Pan 영상은 I 값을 기준으로 정규화를 거치므로, 방사정규화 공식을 차용하여 다음과 같이 정의될 수 있다 (H.I. Cakir et al., 2006).

$$\delta = I_m + \left(\frac{I_s}{Pan_s} \right) \times (Pan - Pan_m) \quad (5)$$

여기서 m 은 평균을, s 는 표준편차를 나타낸다. Fig. 1은 δ 의 차이에 따라 융합 결과가 어떻게 달라지는가를 명확히 보여준다.

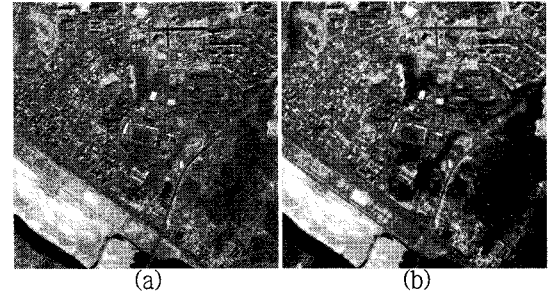


Fig. 1. δ 의 차이에 따른 IHS 구현 결과. (a)는 (4) 식을, (b)는 (5) 식을 각각 따른다.

Table 1. IHS 융합기법들의 I 계산식 (괄호 안의 m 은 평균, w 는 가중치).

IHS Type	I
$IHS(m)_{general}$	$I = \frac{R+G+B}{3} \quad (\delta = Pan - I)$
$IHS(m)_{b=3}$	$I = \frac{R+G+B}{3} \quad (\delta = I_m + \left(\frac{I_s}{Pan_s}\right) \times (Pan - Pan_m))$
$IHS(m)_{b=4}$	$I = \frac{R+G+B+NIR}{4}$
$IHS(w)_{a=0.80,b=0.20}$	$I = \frac{(R+0.80*G+0.20*B+NIR)}{3}$
$IHS(w)_{a=0.75,b=0.25}$	$I = \frac{(R+0.75*G+0.25*B+NIR)}{3}$
$IHS(w)_{a=0.70,b=0.30}$	$I = \frac{(R+0.70*G+0.30*B+NIR)}{3}$
$IHS(w)_{corr}$	$I = \frac{(R_C * R + G_C * G + B_C * B + NIR \quad C * NIR)}{4}$

Fig. 2.은 KOMPSAT-2 MSC의 상대적 반응도를 나타낸다. 그림과 같이 청색 밴드는 전정색 밴드의 바깥쪽에 존재하고, 녹색 밴드와 중첩된다. 또한 전정색 밴드는 근적외선 밴드까지 포함하기 때문에 R, G, B 의 평균은 명확히 I 를 설명할 수 없다. 이것은 IKONOS-2 영상을 통해 이미 제기된 문제점이며 개선방법으로 두 가지가 제시되었다 (Tu et al, 2004).

첫 번째 방법은 근적외선 밴드를 포함해서 4개 밴드의 평균값을 I 값으로 계산하는 것으로, 이것은 근적외선 밴드를 고려하기 때문에 이론적으로 보다 풍부한 분광정보를 포함한다.

두 번째 방법은 92개 IKONOS-2 영상의 실험을 통해 결정된 청색과 녹색 밴드의 가중치를 사용하는 것으로, 기존 실험 결과는 청색 밴드가 0.25, 녹색 밴드가 0.75의 가중치를 가질 때 가장 우수한 성능을 나타낸다고 보고되었다. 본 실험의 KOMPSAT-2 위성영상은 상대적 반응도가 IKONOS-2와 거의 유사하지만 실제 가중치는 다를 수 있다는 가정 하에, 0.2 : 0.8, 0.3 : 0.7의 가중치도 실험에 포함한다.

마지막으로 본 연구에서 제시하는 기법으로써, 사용되는 영상의 전정색 영상과 다중분광 영상의 상관계수를 측정하고, 이를 가중치로 변환함으로써 새로운 식을 도출하였다. 이렇게 제시된 방법은 앞서 소개된 두 기법이 밴드들의 평균값 또는 실험 결과에 따르는데 비해, 실제 상관계수 값을 반영한다는 측면에서 우수한 결과값을 예측한다. 편의상 이 기법은 IHS-C (Correlation coefficients)라고 정의하기로 한다. 개선 기법을 포함해 계산식은 Table 1에서 정리되었다.

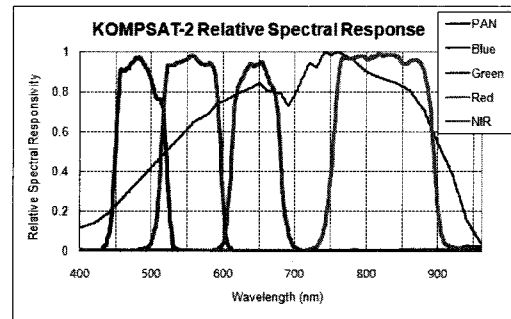


Fig. 2. KOMPSAT-2 MSC의 상대적 반응도 (지준화, 2008)

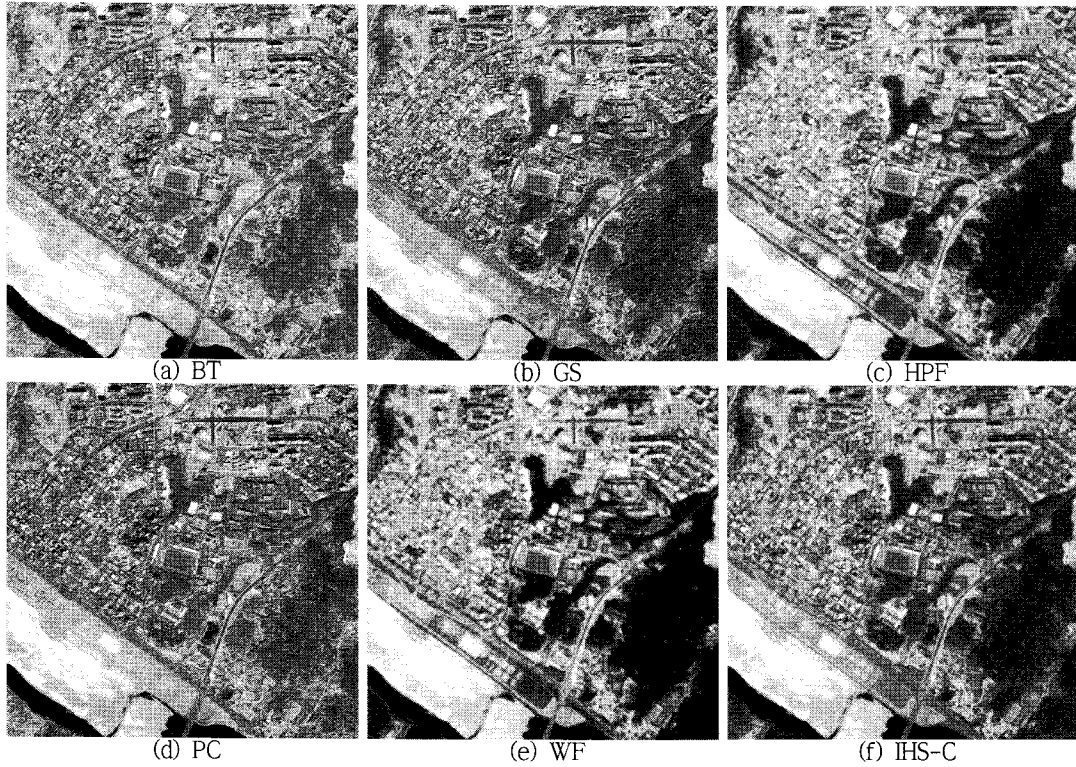
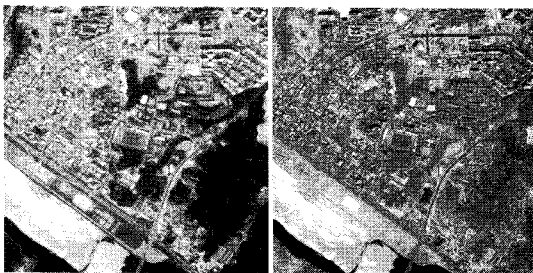


Fig. 4. 9개 영상융합기법들의 처리결과



(a) 다중분광영상 (4-m) (b) 전정색 영상 (1-m)

Fig. 3. 연구지역, 충남 공주시

2.3. 연구지역 및 위성영상 자료

2007년 5월 5일 충남 공주시 지역을 대상으로 촬영된 KOMPSAT-2 위성영상 자료가 사용되었다. 연구지역은 하천, 산림을 비롯해 도심지역을 포함하고 있기 때

문에 다양한 규모에 따라 영상융합 처리 결과를 평가하는데 용이하다 (Fig. 3).

2.4. 영상융합기법 비교분석

제시된 IHS-C 기법을 기존 IHS 기법 또는 영상융합기법들과 비교 평가하기 위해서 상관계수가 사용되었다. 원본 4-m급 다중분광 영상이 참조자료로써 사용되었으며, 따라서 영상융합 처리결과 영상들은 4-m 해상도로 하향 조정되어 재표집 되었다. 이 때 내삽법은 입방 회선법(Cubic convolution)을 사용하였다. IHS 기법 외에 다른 영상융합기법들은 Brovey 변환 (BT), Gram-Schmidt 변환 (GS), 고대역 필터링 (HPF), 주성분 분석 (PCA), 그리고 웨이브

Table 2 원본 다중분광 영상과 IHS 처리 결과 영상의 밴드별 상관계수 (해상도 = 4m)

IHS Type	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Average
$IHS(m)_{general}$	0.0893	0.4204	0.8417	0.7735	0.5312
$IHS(m)_{b=3}$	0.7951	0.8678	0.9281	0.8749	0.8665
$IHS(m)_{b=4}$	0.8238	0.8897	0.9436	0.8957	0.8882
$IHS(w)_{a=0.80,b=0.20}$	0.8107	0.8799	0.9369	0.8864	0.8784
$IHS(w)_{a=0.75,b=0.25}$	0.8115	0.8804	0.9373	0.8869	0.8790
$IHS(w)_{a=0.70,b=0.30}$	0.8122	0.8810	0.9377	0.8875	0.8796
$IHS(w)_{corr}$	0.8246	0.8903	0.9441	0.8963	0.8888

Table 3 원본 다중분광 영상과 영상융합기법 처리 결과 영상의 밴드별 상관계수 (해상도 = 4m)

Image fusion methods	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Average
BT	0.3540	0.5667	0.7177	0.8138	0.6131
GS	0.5410	0.6215	0.6576	0.8336	0.6634
HPF	0.7202	0.8343	0.9178	0.8763	0.8372
PC	0.5133	0.5833	0.5880	0.8436	0.6321
WF	0.7661	0.8643	0.9260	0.8910	0.8619
$IHS(w)_{corr}$	0.8246	0.8903	0.9441	0.8963	0.8888

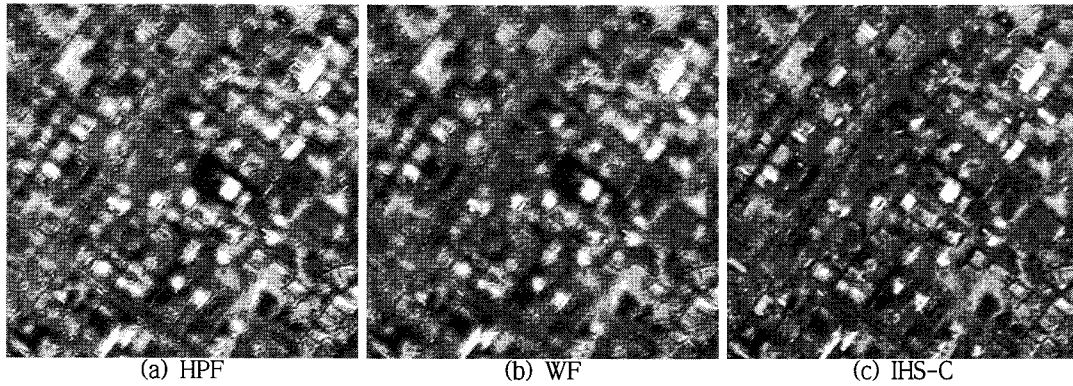


Fig. 5. 영상융합기법 처리결과에의 확대영상

릿 변환 (WT) 이 사용되었으며, ENVI 4.5 소프트웨어를 통해 구현되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 영상융합 결과의 육안분석

먼저 IHS 기법의 δ 값 변경으로 인한 차이는 Fig. 1과 같다. 육안분석은 IHS-C 기

법과 다른 영상융합기법의 대조, 그리고 원본 다중분광영상을 기준으로 식생지역의 분광왜곡을 위주로 해석할 수 있다. 먼저 전체 영상을 대상으로 제시된 Fig. 4에 따르면, Brovey 변환이 6개 영상 중 식생지역의 분광왜곡이 가장 심한 것으로 보인다. 원본 다중분광 영상과 비교했을 때 고대역 필터링과 웨이브릿 변환은 가장 유사한 것으로 확인되었다. GS와 PC는 측

변환 기법으로써, 사용되는 영상 면적에 영향을 받기 때문에 상대적으로 분광왜곡이 큰 결과를 보여준다. IHS-C 기법은 HPF나 WF 과 비교했을 때 식생지역의 채도가 낮게 표현되지만, 비교적 우수한 결과 값을 보여준다. 확대영상에서는 HPF와 WF의 선명도가 IHS-C에 비해 현저히 떨어지는 것을 확인할 수 있다 (Fig. 5).

3.2 영상융합 결과의 상관계수

IHS 기법들의 상관계수 비교는, δ 값의 식을 변경함으로써, 같은 R, G, B 입력 결과에서 평균 0.3 이상의 상관계수 향상이 있었다 (Table 2). 이것은 δ 값의 식을 실제 개념에 맞게 변형한 결과이다.

IHS 기법의 분광왜곡 문제로 인한 해결 방안으로 제시된 6개 기법 비교에서는 IHS-C 기법이 가장 높은 성능을 보이는 것으로 확인되었다. 이것은 전정색 영상과 각각의 다중분광 영상간의 상관성이 고려됨으로써 다중분광정보를 유지하는데 적합함을 보여준다.

기존 영상융합기법들이 비교된 두 번째 상관계수에서는, HPF와 WT가 각각 0.8372, 0.8619로써 비교적 높은 상관계수를 나타내었다 (Table 3). IHS-C 기법은 다른 영상융합기법과 비교했을 때, 역시 가장 높은 성능을 보였다.

결론

본 연구는 KOMPSAT-2 위성영상 자료를 이용하여 제시된 IHS-C 기법의 효율성을 평가하였으며, 육안분석 및 상관계수를 통해 그 성능을 검증하였다. 제시된 기법은 이론적으로 I 값 생성시 밴드별 가중치를 적용함으로써 보다 나은 결과를 얻을 수 있다. 그러나 보다 많은 실험영상에

서 충분한 검증이 요구된다.

δ 수식의 변경을 통해, 대부분의 IHS 기법들은 우수한 분광정보를 유지하는 것으로 평가된다. 특히, IKONOS-2 영상을 가지고 맞춰진 청색 밴드와 녹색 밴드의 가중치는 KOMPSAT-2 영상을 가지고 새로운 값을 도출할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 다수의 KOMPSAT-2 영상을 사용하여 제시된 기법을 검증 또는 개선하는 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- 지준화, 2008. KOMPSAT-2 고해상도 위성 영상의 절대복사보정과 검증, 인하대학교 석사학위 논문: 22.
- Halil Ibrahim Cakir, Siamak Khoram, Stacy A.C. Nelson, 2006. Correspondence analysis for detecting land cover change, Remote Sensing of Environment, 102: 306-307.
- Te-Ming Tu, Ping S. Huang, Chung-Ling Hung, and Chien-Ping Chang, 2004. A Fast Intensity-Hue-Saturation Fusion Technique With Spectral Adjustment for IKONOS Imagery, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1(4): 309-312.
- Wald, L., 1999, Some terms of reference in data fusion, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 37(3): 1190-1193.
- Zhijun Wang, Djemel Ziou, Costas Armenakis, Deren Li, and Qingquan Li, 2005. A Comparative Analysis of Image Fusion Methods, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 43(6): 1391-1402.