

# 위성 영상의 공간 및 분광대역 특성을 활용한 적응 FIHS 융합

서용수<sup>1\*</sup> · 김중곤<sup>2</sup>

## An Adaptive FIHS Fusion Using Spatial and Spectral Band Characteristics of Remote Sensing Image

Yong-Su SEO<sup>1\*</sup> · Joong-Gon KIM<sup>2</sup>

### 요 약

FIHS(Fast Intensity Hue Saturation) 융합은 빠른 계산 능력 때문에 널리 이용되고 있으나 IHS(Intensity Hue Saturation) 융합과 마찬가지로 분광정보 왜곡 현상이 나타난다. 본 논문에서는 각 분광 대역의 비율을 이용하여 분광정보 왜곡을 줄일 수 있는 융합법(FIHS-BR)과 공간정보 및 분광 대역의 비율을 활용한 적응 FIHS 융합법(FIHS-SABR)을 제안하였다. 제안한 FIHS-BR 융합은 각 분광 대역의 비율을 이용하여 구한 분광 대역별로 서로 다른 공간 해상도 개선 값을 더하여 분광정보 왜곡을 줄일 수 있도록 하였으며, FIHS-SABR 융합은 국부 영상의 공간정보 특성에 따라 적응적으로 결정된 공간 해상도 개선 값을 각 분광 대역의 비율에 따라 분광 대역별로 재조정하여 분광 정보 왜곡을 더 많이 줄일 수 있도록 하였다. 제안한 FIHS-BR 융합과 FIHS-SABR 융합의 성능을 확인하기 위하여 IKONOS 위성 영상에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며, 실험 결과 제안 방법들이 기존 융합 영상에서 색상 왜곡이 심하게 나타나는 삼림지역 등에서 색상 왜곡 현상이 적게 나타남을 확인할 수 있었으며, 융합 영상의 분광정보 특성 평가 결과도 가장 우수함을 확인할 수 있었다.

주요어: FIHS 융합, 적응 FIHS 융합, 색상 왜곡, 분광 대역 비율

### ABSTRACT

Owing to its fast computing capability for fusing images, the FIHS(Fast Intensity Hue Saturation) fusion is widely used for fusion purposes. However, the FIHS fusion also distorts color in the same way such as the IHS(Intensity Hue Saturation) fusion technique. In this paper, a FIHS fusion technique(FIHS-BR) which reduces color distortion by using the ratio of each spectral band and an adaptive FIHS fusion(FIHS-SABR) using spatial information and

2009년 11월 19일 접수 Received on November 19, 2009 / 2009년 12월 11일 수정 Revised on December 11, 2009 / 2009년 12월 17일 심사완료 Accepted on December 17, 2009

1 동서대학교 전자공학과 Dept. of Electronic Eng., Dongseo University

2 경남정보대학 인터넷정보과 Dept. of Internet Information, Kyungnam College of Information & Technology

\* 연락처 E-mail : seoyong@dongseo.ac.kr

the ratio of each spectral band are proposed. The proposed FIHS-BR fusion reduces color distortion by adding different spatial detail improvement values for each spectral band. The spatial detail improvement values are derived from the ratio of spectral band. And the proposed FIHS-SABR fusion reduces more color distortion by readjusting the spatial detail improvement values for each spectral band according to the ratio of the spectral bands. The spatial detail improvement values are derived adaptively from the characteristics of spatial information of the local image. To evaluate the performance of the proposed FIHS-BR fusion and FIHS-SABR fusion, a computer simulation is performed for IKONOS remote sensing image. Results from the experiments show that the proposed methods have less color distortion for the forest regions which reveal severe color distortion in the traditional FIHS fusion. From the evaluation results of the characteristics of spectral information for fused image, we show that the proposed methods have best results.

*KEYWORDS: FIHS Fusion, Adaptive FIHS Fusion, Color Distortion, Ratio of Spectral Bands*

## 서론

Landsat 7, IKONOS 등과 같은 대부분의 원격탐사 시스템에서는 센서 등의 기술적 한계로 인하여 고 공간 해상도와 저 분광 해상도 특성을 가지는 전정(PAN: Panchromatic) 영상과 저 공간 해상도와 고 분광 해상도의 다중분광(MS: Multi-spectral) 영상을 제공하고 있다. 그러나 위성 영상을 활용하는 물체탐지(Feature Detection), 변화감시(Change Monitoring), 지표 영역분류(Land Cover Classification) 등의 응용 분야에서는 고 공간 해상도의 다중분광 영상을 필요로 하고 있다. 따라서 고 공간 해상도의 PAN 영상과 고 분광 해상도의 MS 영상을 융합하여 고 공간 해상도의 다중 분광 영상을 만들어 내는 위성영상 융합에 대한 많은 연구가 진행되어 오고 있다. 이들 위성영상 융합법들 중에서 가장 대표적인 것은 IHS(Intensity Hue Saturation) 융합, PCA(Principal Components Analysis) 융합, 산술 조합(Arithmetic Combinations) 융합, 웨이블릿 기반(Wavelet based) 융합법이다(Wang, 2005; 김현, 2009).

융합법 중에서 가장 많이 활용되고 있는 IHS 융합은 컬러영상을 RGB 공간에서 IHS

공간으로 변환하여 저 공간 해상도의 I(Intensity) 영상을 고 공간 해상도의 PAN 영상으로 대체하고, 이를 IHS 역변환하여 고 공간 해상도의 다중분광 융합 영상을 얻는다. IHS 융합법은 많은 양의 자료를 신속하게 융합할 수 있고, 공간 필터링을 거치지 않고 공간 해상도를 개선시킬 수 있어 가장 많이 활용되고 있으나, 분광정보 왜곡 현상이 심하게 나타나는 문제점이 있다(Zhang, 2004).

Tu(2004)는 적은 계산으로 인하여 많은 용량의 데이터를 빠르게 융합할 수 있는 고속 IHS(FIHS: Fast IHS)기법을 제안하였다. Tu(2004)가 제안한 FIHS 기법에서도 IHS 기법에서 일반적으로 발생하는 분광정보 왜곡 현상이 나타나며, 이를 해결하기 위하여 I 영상을 만들 때 NIR(Near Infrared) 대역 성분을 포함시켜 분광정보 왜곡 현상을 줄이도록 하였다. Choi(2006)는 빠르고 쉽게 실행할 수 있는 상층 파라미터를 사용한 FIHS 기법을 제안하였다. 이 기법에서는 분광정보 왜곡을 최소화 하도록 영상의 공간 및 분광 해상도 간의 상층 정도를 상층계수를 사용하여 쉽게 제어할 수 있도록 하였다.

Xu(2008)는 기존의 FIHS 기법들이 I 영상을 생성할 때 주로 IKONOS나 QuickBird 위

성 영상에 대해 효율적으로 동작하도록 생성하는 것을 센서의 분광 응답 특성을 고려하여 모든 종류의 위성 영상에 대해 효율적으로 동작할 수 있도록 하였다. 또한, 이 기법에서는 영상 융합시 더해지는 세부 공간정보 개선 값을 각 분광 대역의 값의 크기에 따라 대역별로 결정하여 공간해상도 개선과 분광정보 왜곡 현상 감소를 조정하였다.

김중근(2009)은 각 화소 단위로 주변 영상의 특성에 따라 서로 다른 가중치 값을 사용하여 공간 해상도 개선 값을 구하여 공간해상도 개선과 분광정보 왜곡 현상 감소를 적응적으로 조정할 수 있는 적응 FIHS 융합(FIHS-Spatial Adaptive: FIHS-SA)을 제안하였다. 이 기법에서는 국부 영상의 공간정보 특성에 따른 공간 해상도 개선 값을 사용하여 공간 해상도 개선과 분광 정보 왜곡 현상 감소 효율을 높일 수 있도록 하였다.

본 논문에서는 각 분광 대역의 비율을 이용하여 분광정보 왜곡을 줄일 수 있는 융합법(FIHS-Band Ratio: FIHS-BR)과 공간정보 및 분광 대역의 비율을 활용한 적응 FIHS 융합법(FIHS-Spatial Adaptive Band Ratio: FIHS-SABR)을 제안하였다. 제안한 FIHS-BR 융합은 저 공간 해상도의 다중분광 영상에 똑 같은 크기의 공간 해상도 개선 값을 더하는 것으로 인하여 나타나는 분광정보의 왜곡을 줄이기 위하여, 각 분광 대역의 비율을 이용하여 구한 분광 대역별로 서로 다른 공간 해상도 개선 값을 더하여, 분광정보 왜곡을 줄일 수 있도록 하였으며 FIHS-SABR 융합은 국부 영상의 공간정보 특성에 따라 적응적으로 결정된 공간 해상도 개선 값을 각 분광 대역의 비율에 따라 재조정하여 분광 정보 왜곡을 더 많이 줄일 수 있도록 하였다.

제안한 FIHS-BR 융합과 FIHS-SABR 융합의 성능을 확인하기 위하여 IKONOS 위성 영상에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며, 실험 결과 제안 방법들이 기존 융합 영

상에서 색상 왜곡이 심하게 나타나는 삼림지역 등에서 색상 왜곡 현상이 적게 나타남을 확인할 수 있었으며, 융합 영상의 분광정보 특성 평가 결과도 가장 우수함을 확인할 수 있었다.

## FIHS 영상 융합

### 1. IHS 영상 융합

위성 영상 융합을 위한 많은 융합법들 중에서 IHS 융합은 많은 양의 자료를 신속하게 융합할 수 있고 구현이 용이하여 가장 많이 사용되고 있으며, 컬러영상을 RGB 공간에서 IHS 공간으로 변환하여 IHS 공간에서 저 공간 해상도의 I 영상을 고 공간 해상도의 PAN 영상으로 대체 한 후 PAN과 H, S를 역변환하여 융합된 RGB 컬러영상을 얻는다. IHS 영상 융합은 다음과 같은 과정을 통하여 이루어진다.

- 각 분광 영상의 크기를 PAN 영상의 크기와 같도록 재배열한다.
- IHS 변환을 수행한다.

$$\begin{bmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{\sqrt{2}}{6} & -\frac{\sqrt{2}}{6} & \frac{2\sqrt{2}}{6} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

- 식 (1)의 I 영상을 PAN 영상으로 대체한다. I 영상을 PAN 영상으로 대체하기 전에 PAN 영상을 I 영상에 매칭 시킨다.
- 대체된 PAN 영상을 이용하여 IHS 역변환 하여 융합된 RGB 영상을 얻는다.

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} PAN \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서,  $R, G, B, I, v_1, v_2$  는 융합전의 영상에 대한 화소값이며,  $R', G', B'$  은 융합된 영상의 화소값을 나타낸다.

## 2. FIHS 영상 융합

계산량이 적어 방대한 양의 데이터를 빠르게 융합할 수 있는 FIHS 기법에서는 PAN 영상의 크기와 같도록 재배열된 원래의 RGB 영상으로부터 덧셈만으로 쉽게 융합 영상을 구할 수 있다. FIHS 융합은 IHS 융합의 역변환 과정에서 역변환 식인 식 (2)를 다음과 같이 간략화하여 구현한다.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{new} \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (3) \\ &= \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I + I_{new} - I \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I + \delta \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix} \end{aligned}$$

여기서, 공간 해상도 개선 값을 의미하는  $\delta$  와 명암 영상  $I$  는

$$\begin{cases} \delta = I_{new} - I \\ I = \frac{R + G + B}{3} \end{cases} \quad (4)$$

와 같다. Tu(2004)가 제안한 FIHS 융합(FIHS)에서는 융합 영상의 명암 영상에 해당하는  $I_{new}$  를 PAN 영상으로 대체하여

$$\delta = PAN - I \quad (5)$$

와 같이 정의하였다. IKONOS 와 QuickBird 등과 같은 최근에 발사된 위성의 PAN 영상의 경우에는 기존 위성 영상에 비해 대역폭이 확대되어  $R, G, B$  대역 외에 NIR 대역까지 포함되어 식 (4)에서와 같이  $I$  영상을 생성할 경우 공간 해상도 개선 값인 ( $PAN - I$ )에 의해 공간 해상도 개선과 동시에 심한 분광정보 왜곡 현상이 나타난다. 이러한 분광정보 왜곡 현상을 줄이기 위하여 PAN 영상과 MS 영상의 대역 불일치 특성을 고려하여 NIR 대역을 포함(FIHS-NIR)하여 식(6)과 같이  $I$  영상을 구하여 사용하였다.

$$I = \frac{R + 0.75 \times G + 0.25 \times B + NIR}{3} \quad (6)$$

FIHS 융합에서 공간 해상도 개선과 분광정보 왜곡은 서로 상충적이다. Choi(2006)는 상충계수를 사용하여 공간 해상도 개선과 분광정보 왜곡 정도를 조절할 수 있는 FIHS 기법을 제안하였다. 이 기법에서는 융합 영상의 명암 영상에 해당하는  $I_{new}$  를

$$I_{new} = PAN - \frac{PAN - I}{t} \quad (7)$$

와 같이 정의하고, FIHS 역변환을

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} R + (I_{new} - I) \\ G + (I_{new} - I) \\ B + (I_{new} - I) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} PAN - \frac{PAN - I}{t} + (R - I) \\ PAN - \frac{PAN - I}{t} + (G - I) \\ PAN - \frac{PAN - I}{t} + (B - I) \end{bmatrix} \quad (8) \end{aligned}$$

$$= \begin{bmatrix} R + \frac{t-1}{t}(PAN - I) \\ G + \frac{t-1}{t}(PAN - I) \\ B + \frac{t-1}{t}(PAN - I) \end{bmatrix}$$

와 같이 수행하여 빠르고 쉽게 융합할 수 있도록 하였다. 이 융합법은 PAN 영상의 공간적 세밀함과 MS 영상의 분광정보의 보존 정도를 서로 다른 상중계수를 사용하여 사용자가 결정할 수 있도록 하였다.

### 3. 공간정보 특성을 활용한 적응 FIHS 영상 융합

위성 영상 융합은 다중분광 영상의 공간 해상도를 개선하기 위한 것으로 공간 해상도 개선을 위한 처리를 수행하면 분광정보의 왜곡이 발생한다. 공간 해상도 개선과 분광정보 보존은 서로 상충적이며, 하나의 영상내에서 영상의 국부적 특성에 따라 공간 해상도 개선과 분광정보 보존 정도를 적응적으로 결정하여 영상 융합의 효율성을 높일 수 있다. 즉, 영상의 평탄 영역에서는 공간 해상도 개선보다는 분광정보 왜곡 현상을 적게 하고, 에지 영역 및 텍스처 영역에서는 공간 해상도를 개선할 필요가 있다.

김중곤(2009)은 위성 영상의 국부적 공간정보 특성에 따라 다중분광 영상의 공간적 해상도 개선과 분광정보 보존을 적응적으로 결정할 수 있는 적응 FIHS 융합법(FIHS-SA)을 제안하였다. 이 융합법에서는 명암 영상에 해당하는  $I_{new}$  를

$$I_{new} = (1 - \omega) I + \omega PAN \quad (9)$$

와 같이 정의하여 각 화소 단위로 주변 영상의 특성에 따라 평탄 영역의 화소인 경우 작은 값의 가중치( $\omega$ )를 사용하여  $I_{new}$  가  $I$  영상의 분광특성을 많이 갖도록 하여 분광정보의 손실을 줄일 수 있도록 하고, 에지 영역이나 텍스처 영역에서는 큰 값의 가중치( $\omega$ )를 사용하여  $I_{new}$  가 PAN 영상의 공간 해상도 성분을 많이 갖도록 하여 공간 해상도를 향상시킬 수 있도록 가중치 값을 적응적으로 결정하였다. 여기서, 가중치  $\omega$  는  $0 \leq \omega \leq 1$  의 값을 가지며, PAN 영상의 국부적 평탄도, 에지 정도,

복잡도 등에 따라 적응적으로 결정한다.

적응 가중치( $\omega$ )를 이용한 적응 FIHS의 역변환 식은 다음 식(10)과 같다.

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + (I_{new} - I) \\ G + (I_{new} - I) \\ B + (I_{new} - I) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix} \quad (10)$$

여기서, 공간 해상도 개선 값  $\delta$  는

$$\delta = I_{new} - I \quad (11)$$

$$= (1 - \omega) I + \omega PAN - I$$

$$= \omega (PAN - I)$$

와 같다.

### 4. 분광대역 특성을 활용한 FIHS 영상 융합

FIHS 영상 융합 기법에서는 식(12)에서와 같이 MS 영상의 융합 영상을

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + (I_{new} - I) \\ G + (I_{new} - I) \\ B + (I_{new} - I) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix} \quad (12)$$

와 같이 각각의 분광 영상에 공간 해상도 개선 값인  $\delta$  를 더하여 구한다.

여기서,  $\delta$  는

$$\delta = I_{new} - I \quad (13)$$

와 같으며, FIHS 융합의 경우  $I_{new}$  와  $I$  는 대부분

$$\begin{cases} I_{new} = PAN \\ I = \frac{R + 0.75 \times G + 0.25 \times B + NIR}{3} \end{cases} \quad (14)$$

와 같이 구하여 사용한다. 식 (14)와 같이 고 공간 해상도의 분광 영상의 명도 영상  $I_{new}$  를 PAN 영상으로 대치하여 사용함으로써 공간 해상도를 개선할 수 있으나, 이로 인하여 분광정보 왜곡이 발생하게 된다. 즉, 식(12)의 다중

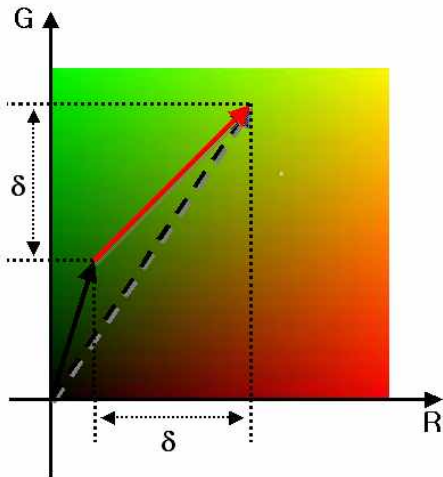
분광 융합 영상인  $R'$ ,  $G'$ ,  $B'$  은 저 공간 해상도의 다중분광 영상인  $R$ ,  $G$ ,  $B$  에 공간 해상도 개선 값인 똑 같은 크기의  $\delta$  를 더하여 융합하기 때문에 그림 1 (a)와 같이 RGB 좌표계에서 색상 차가 발생하며 이로 인하여 분광 정보의 왜곡이 발생하게 된다.

본 논문에서는 저 공간 해상도의 다중분광 영상인  $R$ ,  $G$ ,  $B$  에 식 (10), (12)와 같이 똑 같은 크기의  $\delta$  값을 더하므로 인하여 나타나는 분광정보 왜곡을 줄이기 위하여, 각 분광대역의 비율을 이용하여 구한 서로 다른 공간 해상도 개선 값을 더하여, 분광정보 왜곡을 줄일 수 있도록 하였다. 제안한 분광대역의 비율을 이용한 FIHS 영상 융합(FIHS-BR)은

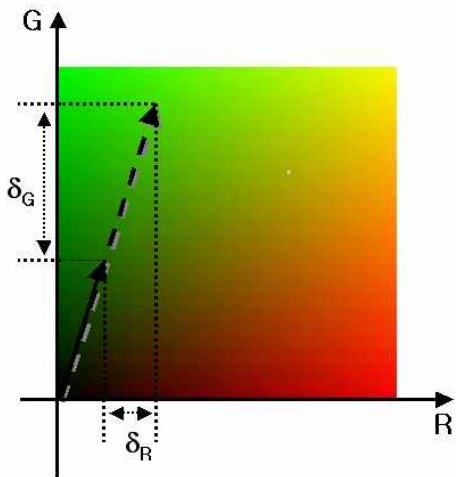
$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + (I_{new} - I) \\ G + (I_{new} - I) \\ B + (I_{new} - I) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta_R \\ G + \delta_G \\ B + \delta_B \end{bmatrix} \quad (15)$$

와 같다. 여기서,  $\delta_R$ ,  $\delta_G$ ,  $\delta_B$  는

$$\begin{bmatrix} \delta_R \\ \delta_G \\ \delta_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \times \frac{R}{(R+G+B)} \times \delta \\ 3 \times \frac{G}{(R+G+B)} \times \delta \\ 3 \times \frac{B}{(R+G+B)} \times \delta \end{bmatrix} \quad (16)$$



(a)  $\delta$  에 의한 색상 차



(b)  $\delta_R$ ,  $\delta_G$ ,  $\delta_B$ 에 의한 색상 차

FIGURE 1. RGB 좌표계에서의 다중 분광 융합 영상의 색상 차(R-G 영역)

$$\delta = PAN - I \quad (17)$$

와 같으며, 공간 해상도 개선 값인 똑 같은 크기의  $\delta$  대신에 분광대역의 비율에 따라 구한  $\delta_R$ ,  $\delta_G$ ,  $\delta_B$  를 더하여 그림 1 (b)와 같이 RGB 좌표계에서 색상 차가 발생하지 않고, 색상의 명도 값만 변하게 되어 분광 정보의 왜곡을 줄일 수 있도록 하였다. RGB의 3개 대역이 아닌 일반적인 K개의 대역을 가지는 MS 영상에 대한 식(15)의 융합 식은

$$MS_k' = MS_k + \delta_k \quad (18)$$

$$\delta_k = K \times \frac{MS_k}{\sum_{i=1}^K MS_i} \times \delta \quad (19)$$

와 같이 나타낼 수 있다.

## 5. 공간정보 및 분광대역 비율을 활용한 적응 FIHS 영상 융합

위성 영상의 국부적 공간정보 특성에 따라 다중분광 영상의 공간 해상도 개선과 분광정보 보존을 적응적으로 결정할 수 있는



(a) PAN 영상



(b) RGB 컬러 영상



(c) PAN 영상의 부분 영상



(d) RGB 컬러 영상의 부분 영상

FIGURE 2. IKONOS PAN 영상과 RGB 컬러 영상

FIHS-SA 융합은 공간 해상도 개선과 함께 분광정보 왜곡을 많이 감소시킬 수 있으나 예지 영역이나 텍스처 영역 또는 식생지수가 높은 영역에서는  $\delta$  값이 크게 나타나며, 큰  $\delta$  값을 저 해상도의 다중분광 영상에 똑 같이 더하기 때문에 이들 영역에서 여전히 분광정보의 왜곡이 나타난다.

본 논문에서는 이러한 분광정보의 왜곡 현상을 줄이기 위하여 공간정보 및 분광대역 특성을 활용한 적응 FIHS 영상 융합(FIHS-SABR) 기법을 제안하였다. 제안한 FIHS-SABR 융합은

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + (I_{new} - I) \\ G + (I_{new} - I) \\ B + (I_{new} - I) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta_R \\ G + \delta_G \\ B + \delta_B \end{bmatrix} \quad (20)$$

와 같다.

여기서, 각 대역의 공간 해상도 개선 값인  $\delta_R, \delta_G, \delta_B$ 는 FIHS-BR 융합에서와 같이 식(16)과 같이 구하고, 이 식에서 필요한 공간해상도 개선 값  $\delta$ 는 FIHS-SA 영상 융합에서와 같이 PAN 영상의 국부적 평탄도, 예지 정도, 복잡도 등의 공간정보 특성에 따라 식(11)과



(a) RGB 컬러 해 영상



(b) FIHS 융합 결과 영상



(c) FIHS-NIR 융합 결과 영상



(d) FIHS-SA 융합 결과 영상



(e) FIHS-BR 융합 결과 영상



(f) FIHS-SABR 융합 결과 영상

FIGURE 3. 영상 융합법에 따른 융합 결과 영상의 부분 영상





(a) RGB 컬러 해 영상



(b) FIHS 융합 결과 영상



(c) FIHS-NIR 융합 결과 영상



(d) FIHS-SA 융합 결과 영상



(e) FIHS-BR 융합 결과 영상



(f) FIHS-SABR 융합 결과 영상

FIGURE 4. 영상 융합법에 따른 융합 결과 영상의 부분 영상

같이 적응적으로 구하여 사용한다.

### 실험 결과 및 고찰

제안한 융합법의 성능을 확인하기 위하여 4m 해상도를 갖는 1024×1024 크기의 IKONOS PAN 영상과 16m 해상도의 256×256 크기의 IKONOS 다중분광 영상들에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 256×256 크기의 다중분광 영상은 1024×1024 크기로 상향 재배열하여 PAN 영상과 크기가 같도록 하였으며, 1024×1024 크기의 PAN 영상 및 다중분광 영상은 그림 2와 같다.

실험에서 식 (11)의 가중치  $\omega$  는 각 화소에 대하여 기준 화소와 인접 화소들의 평균값의 차를 활용하여 식 (21)과 같이 구하여 사용하였다(Zhang, 2008).

$$\omega = \alpha + (1 - \alpha) \omega' \quad (21)$$

$$\omega' = \frac{|\overline{M} - M|}{\text{Max}(\overline{M}, M)}$$

여기서,  $\alpha$ 는 가중치의 최소값을 지정하는 기본 값이며,  $M$ 은 PAN 영상의  $(i, j)$  위치의 화소 값, 그리고,  $\overline{M}$ 는 PAN 영상의  $(i, j)$  위치 주변 화소 값들의 평균이다.

또한, 본 논문에서 제안한 FIHS-BR 융합과 FIHS-SABR 융합에서 IKONOS 영상의 분광대역 비율값은 식(16)과 같이 구하여 사용하였다.

실험 영상에 대한 FIHS 융합, FIHS-NIR 융합, FIHS-SA 융합, 그리고 본 논문에서 제

안한 FIHS-BR 융합과 FIHS-SABR 융합에 의한 결과 영상은 그림 3과 같다. 그림 3 (a)의 영상은 4m 해상도를 갖는 1024×1024 크기의 RGB 컬러 영상에 대한 부분 영상이다. 이 영상은 각 융합법에 의한 융합 결과 영상과 비교 대상이 되는 해 영상(solution image)으로 본다. 그림 3 (b)~(f)는 기존 융합법과 제안한 융합법으로 융합한 RGB 컬러 결과 영상의 부분 영상이다. 그림 4에서는 주택 지역과 삼림 지역의 시각적 특성을 비교 분석하기 위하여 해 영상과 각 융합법에 의한 RGB 컬러 결과 영상에서 이들 지역을 포함하는 지역의 부분 영상을 나타내었다.

실험 결과 본 논문에서 제안한 FIHS-BR 융합의 경우 기존 융합법과 같은 공간 해상도를 나타내면서 기존 융합법에서 색상 왜곡이 심하게 나타나는 삼림지역 등에서 색상 왜곡 현상이 적게 나타남을 확인할 수 있었으며, FIHS-SABR 융합도 예지 영역이나 텍스처 영역에서 기존 기법과 비슷한 해상도를 유지하면서 전체적으로 분광정보 왜곡 현상이 가장 적게 나타남을 확인할 수 있었다.

IKONOS 영상 융합에 대한 ERGAS(Relative Dimensionless Global Error in Synthesis), RASE(Relative Average Spectral Error), RMSE(Root Mean Squared Error), SID(Spectral Information Divergence), 그리고 R, G, B 영상에 대한 상관관계수(CC: Correlation Coefficient) 등의 분광 특성 결과를 표 1에서와 같이 나타내었다.

본 논문에서 제안한 FIHS-BR 융합은 시각

TABLE 1. IKONOS 융합 영상의 분광정보 특성 평가 결과

	ERGAS	RASE	RMSE	SID	CC		
					R	G	B
Reference Values	0	0	0	0	1	1	1
FIHS	5.4254	21.7162	0.0866	0.0076	0.9303	0.9280	0.9118
FIHS-NIR	3.9208	15.7059	0.0627	0.0064	0.9710	0.9694	0.9559
FIHS-SA	3.5023	14.0136	0.0559	0.0059	0.9777	0.9775	0.9699
FIHS-BR	3.7590	15.0750	0.0601	0.0065	0.9753	0.9724	0.9555
FIHS-SABR	3.4244	13.7008	0.0547	0.0065	0.9781	0.9783	0.9704


적 개선과 동시에 분광 특성이 개선됨을 알 수 있으며, FIHS-SABR 융합의 경우 가장 우수한 분광정보 특성을 나타내어 분광정보 보존이 가장 우수함을 알 수 있다.

### 결 론

본 논문에서는 각 분광 대역의 비율을 이용하여 분광정보 왜곡을 줄일 수 있는 융합법(FIHS-BR)과 공간정보 및 분광 대역의 비율을 활용한 적응 FIHS 융합법(FIHS-SABR)을 제안하였다. 제안한 FIHS-BR 융합은 저 공간 해상도의 다중분광 영상에 똑 같은 크기의 공간 해상도 개선 값을 더하는 것으로 인하여 나타나는 분광정보의 왜곡을 줄이기 위하여 각 분광 대역의 비율을 이용하여 구한 분광 대역별로 서로 다른 공간 해상도 개선 값을 더하여 분광정보 왜곡을 줄일 수 있도록 하였으며, FIHS-SABR 융합은 국부 영상의 공간 정보 특성에 따라 적응적으로 결정된 공간 해상도 개선 값을 각 분광 대역의 비율에 따라 분광 대역별로 재조정하여 분광 정보 왜곡을 더 많이 줄일 수 있도록 하였다.

제안한 FIHS-BR 융합과 FIHS-SABR 융합의 성능을 확인하기 위하여 IKONOS 위성 영상에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며, 실험 결과 제안 방법들이 삼림지역 등에서 색상 왜곡 현상이 적게 나타남을 확인할 수 있었으며, 융합 영상의 분광정보 특성 평가 결과도 가장 우수함을 확인할 수 있었다.

### 감사의 글

본 논문의 저자는 연구에 필요한 IKONOS 영상자료를 제공해 주신 한국항공우주연구원 위성정보연구소 관계자 분들과 심사를 통해 귀중한 조언을 해 주신 심사위원님들께 감사드립니다. 

### 참고 문헌

김중근, 김창화. 2009. 위성 영상의 국부적 특성을 활용한 적응 FIHS 영상 융합. *경남정보대학 논문집*. 37:24-35.

김현, 유재호, 김중근, 서용수. 2009. IKONOS 영상을 활용한 IHS, FIHS, PCA, BT, WT 영상 융합법의 비교분석. *한국해양정보통신학회 2009년도 춘계종합학술대회 논문집*. 13(1): 599-602.

Choi, M.J. 2006. A New Intensity-Hue-Saturation Fusion Approach to Image Fusion With a Tradeoff Parameter. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing* 44(6): 1672-1682.

Tu, T.M., P.S. Huang, C. Hung and C. Chang. 2004. A Fast Intensity-Hue-Saturation Fusion Technique With Spectral adjustment for IKONOS Imagery. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing Letters* 1(4): 309-312.

Wang, Z., D. Ziou, C. Armenakis, D. Li and Q. Li. 2005. A Comparative Analysis of Image Fusion Methods. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing* 43(6): 1391-1402.

Xu, J., Z. Guan and J. Liu. 2008. An Improved IHS Fusion Method for Merging Multi-spectral and Panchromatic Images Considering Sensor Spectral Response. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Beijing. Vol. XXXVII, Part B7, pp.1169-1174.

Zhang, H., P. Du and Z. Yin. 2008. Performance Assessment of IHS Fusion Method for Remote Sensing Images Based on Multiple Attribute Decision Making. *2008 Congress on Image and Signal Processing*:768-772.

Zhang, Y. 2004. Understanding Image Fusion. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 9:657-661. 