

IKONOS 영상을 활용한 IHS, FIHS, PCA, BT, WT 영상 융합법의 비교분석

김현* · 유재호* · 김종곤** · 서용수*

*동서대학교 정보시스템공학부 전자공학과

**경남정보대학 첨단전략산업학부 인터넷정보과

A Comparative Analysis of IHS, FIHS, PCA, BT and WT Image Fusion Methods Using IKONOS Image Data

Hyun Kim* · Jae Ho Yu* · Joong Gon Kim** · Yong Su Seo*

*Dongseo University

**Kyungnam College of Information & Technology

E-mail : thyndi@bdu.ac.kr, seoyong@dongseo.ac.kr

요 약

본 논문에서는 IKONOS 영상에서 고공간 해상도인 PAN 영상과 저공간 해상도인 MS 영상을 사용하여 IHS 융합법, FIHS 융합법, PCA 융합법, BT 융합법, WT 융합법으로 각각 처리한 후, 그 결과를 공간해상도 및 분광특성의 측면에서 비교 분석하였다. 이 5가지 방법에 의한 융합결과를 분광특성의 측면에서 평가한 결과 FIHS, BT, PCA, IHS, WT 융합법 순으로 칼라왜곡이 나타났다. 공간특성의 측면에서 평가한 결과는 거의 동일한 공간해상도를 나타내었으며, Original IKONOS 위성영상에서는 식별하기 어려운 건물지붕의 형태, 건물사이의 도로 등이 명확히 잘 구별되고 있다. 정량적 결과분석에서는 평균, 표준 편차, 상관계수 등을 사용하여 비교하였다.

ABSTRACT

This paper presents a comparative analysis of five different fusion methods. The five different methods to merge multispectral images and panchromatic image are IHS, FIHS, PCA, BT and WT methods. The comparative analysis based on visual analysis and quantitative analysis are performed using the merged results. From the results the FIHS method provide good result, BT, PCA, IHS and WT method show the next order.

키워드

image fusion, wavelet transform, brovey transform, PCA, IHS

1. 서 론

영상융합(image fusion)이란 고공간 해상도(high spatial resolution)인 흑백영상과 저공간 해상도(low spatial resolution)인 다중분광(MS : multispectral) 영상을 융합시켜 고공간 해상도인 다중분광 영상을 만들어내는 기법이다. 대부분의 지구자원 탐사위성들과 비행기 탑재 센서들은 고공간 해상도인 PAN (panchromatic) 영상과 저공간 해상도인 MS 영상을 같이 수집하고 있다. 원격탐사의 여러 가지 응용분야에 이용하기 위해서는 고공간 해상도이고 동시에 고분광 해상도(high spectral resolution)인 영상이 요구되므로, 영상융

합법은 이러한 영상들의 응용능력을 한층 높여줄 수 있는 중요한 기술이다. 영상융합법의 성능개선과 칼라왜곡 감소에 주안점을 둔 많은 논문들이 발표되고 있다. 여러 가지 영상융합 방법들 중에서 가장 대표적인 것은 IHS 융합법[1,3], PCA 융합법[2] 및 웨이블릿(Wavelet) 융합법[5,6] 등이다.

본 논문에서는 IKONOS 영상에서 고공간 해상도인 PAN 영상과 저공간 해상도인 MS 영상을 사용하여, IHS 융합법[1,3], FIHS 융합법[3,4], PCA 융합법[2], BT 융합법[6], WT 융합법[5,6]으로 각각 처리한 후, 그 결과를 공간해상도 및 분광특성의 측면에서 비교 분석하였다.

II. IHS, FIHS, PCA, BT, WT 융합법

2.1 IHS 융합법

IHS 융합법은 칼라영상을 RGB 공간에서 IHS 공간으로 변환하는 방법을 이용한 것으로 처리과정은 크게 3가지의 변환단계로 구성된다[1,3].

Step 1 : RGB 성분을 IHS 성분으로 변환시킨다.

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

Step 2 : 명도 I 성분영상의 히스토그램에 고공간해상도인 PAN 영상의 히스토그램을 매칭시킨 PAN 영상을 구한다.

Step 3 : I 성분영상을 매칭 시킨 PAN 영상으로 대체시킨 후, 아래의 역변환 공식을 사용하여, 역변환시켜 IHS 법으로 융합된 RGB 성분을 구한다.

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

2.2 FIHS 융합법

FIHS 융합법에서는 계산량이 적어 방대한 양의 데이터를 빠르게 융합할 수 있다. 그리고 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 구현하였다[3,4].

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

여기서, 공간 해상도 개선 요소를 의미하는 δ 와 I 는

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

와 같다. Tu 등이 제안한 FIHS 기법에서는 융합 영상의 명암 영상에 해당하는 I_{new} 를 PAN 영상으로 대체하여

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

와 같이 정의 하였으며, 분광정보 왜곡 현상을 줄이기 위하여 NIR 을 포함하고 PAN 영상과 다중분광 영상의 대역 불일치 특성을 고려하여 I 영상을 식(6)과 같이 구성하였다[3].

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

2.3 PCA 융합법

PCA 융합법은 상관계수가 큰 다중분광 영상(B1, B2, B3, ..., Bn)을 상관계수가 작은 새로운 주성분 영상(PC)으로 변환하는 방법을 이용한 것으로 다음의 3단계로 구성된다[2].

Step 1 : RGB 성분을 PCA 성분으로 변환한다.

$$\begin{bmatrix} PC_1 \\ PC_2 \\ \vdots \\ PC_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{21} & \dots & K_{n1} \\ K_{12} & K_{22} & \dots & K_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{1n} & K_{2n} & \dots & K_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Step 2 : 첫 번째 주성분 영상(PC1)의 히스토그램에 고공간해상도인 PAN 영상의 히스토그램을 매칭시킨 PAN 영상을 구한다.

Step 3 : PC1 영상을 매칭시킨 PAN 영상으로 교체시킨 후, PCA 역변환시켜 PCA법으로 융합된 RGB 영상을 구한다

2.4 BT 융합법

Brovey Transform은 다른 센서들로부터 얻은 데이터들을 융합시키는 가장 간단한 방법이다. 변환수식은 아래에 나타낸 3개의 식과 같다[6].

$$R = \frac{B_3}{B_1 + B_2 + B_3} \times PAN \quad (8)$$

$$G = \frac{B_2}{B_1 + B_2 + B_3} \times PAN \quad (9)$$

$$B = \frac{B_1}{B_1 + B_2 + B_3} \times PAN \quad (10)$$

2.5 WT 융합법

웨이브렛변환 융합법은 최근에 다양한 방법으로 신호처리와 영상처리에 응용되고 있다. 특히 영상처리분야에서 영상압축, 영역추출, 물체인식, 영상융합 등에 널리 사용되고 있다. 영상을 웨이브렛 변환시키면 한 개의 근사영상(approximation image)과 세 개의 정밀영상(detail image)이 생성된다. 웨이브렛 변환 공식은 아래와 같이 정의 된다[5].

$$W_{(a,b)} = \int f(t) \frac{1}{\sqrt{|a|}} \varphi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad a > 0, b \in R \quad (11)$$

a : scalar factor

b : translation factor

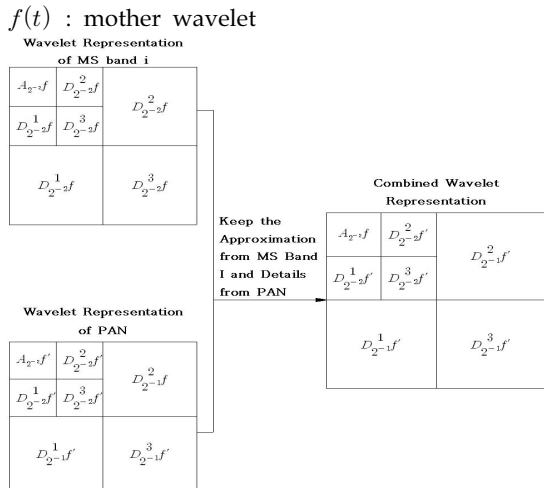


그림 1. IKONOS PAN 영상과 MS Band I 의 웨이블릿변환 융합과정

그림 1은 PAN 영상의 다중해상도 구성요소와 MS 영상의 다중해상도 구성요소의 Band 간의 융합과정을 나타내고 있다. 근사영상은 MS 영상으로부터 추출된 영상이고, 정밀영상은 PAN 영상으로부터 추출된 영상이다. 최종적인 융합영상을 얻기위해 웨이블릿 역변환을 수행한다[6].

III. 실험 결과 및 고찰

3.1 실험 영상데이터

본 연구에 사용된 위성영상은 IKONOS 영상의 PAN 영상과 MS 영상들로 영상의 크기는 1024 × 1024 이다. 대상지역은 도로, 아파트, 산림, 하천, 교량, 정수장, 철도, 공원 등을 포함하는 지역이다. 실험에 사용한 MS 영상(Band1, 2, 3) 및 PAN 영상은 그림 2와 같다.



(a) Original RGB image (b) IKONOS_PAN
그림 2. IKONOS 실험 영상

3.2 성능평가를 위한 실험 결과 및 고찰

본 연구에서는 5가지 융합법(IHS, FIHS, PCA, BT, WT)의 성능평가를 위해 시각적인 분석과 정량적인 분석으로 영상 융합법들 간의 성능을 평가하였다.

3.2.1 시각적인 분석(Visual Analysis)

실험 영상데이터의 RGB 원영상의 일부분을 잘

라낸 부분영상은 그림 3.(a)이고 5가지 융합법의 결과 영상의 부분영상은 그림 3. (b)-(f)와 같다. 공간해상도 개선의 측면은 그림3. (b)-(f) 의 5가지 융합법 모두에서 개선되었음을 알 수 있고, 그림 3. (a)의 원영상과 가장 유사한 순서로 나열하면 IHS법, PCA법, FIHS법, BT법, WT법의 순서이나, IHS법과 PCA법, FIHS법의 시각적인 차이는 미약하여 통계값을 가지고 판단해야 할 정도이다.



(a) Original image (b) IHS fused image



(c) FIHS fused image (d) PCA fused image



(e) BT fused image (f) WT fused image

그림 3. IHS, FIHS, PCA, BT 및 WT 융합법에 의한 융합결과 부분영상

(a) 원영상, (b)-(f) 융합결과 영상

그림3.(b)-(f)에서 보는 바와 같이 건물지붕의 모양과 건물사이의 도로 등을 세밀하게 식별할 수 있게 되었으며, 원영상이며 해영상인 그림3.(a)와 비교하면 공간해상도의 차이를 확실히 식별할 수 있다. 분광정보 왜곡의 측면은, 칼라가 원영상과 가장 유사한 순서로 나열하면 FIHS법, BT법, PCA법, IHS법, WT법의 순이나, FIHS법, BT법, IHS법의 시각적인 차이는 미약하다.

3.2.2 정량적인 분석(Quantitative Analysis)

영상융합법의 성능평가를 위한 정량적인 평가 기준으로는 평균, 표준 편차, 상관계수 등을 사용하였다. 이들 평가기준들에 대해 계산한 결과는

각각 표 1 - 표 3와 같다.

표 1. 융합결과 영상의 평균

Method	Mean		
	Band1(R)	Band2(G)	Band3(B)
Original	98.68	101.74	104.44
IHS	99.85	101.33	103.66
FIHS	89.66	92.73	95.42
PCA	98.68	101.77	104.46
BT	98.72	101.78	104.55
WT	103.96	105.91	108.65

표 1의 평균값은 Band 1, 2, 3 모두에서 PCA 법이 원영상과 가장 유사한 값을 나타내며, BT법, IHS법, WT법, FIHS법의 순이다.

표 2. 융합결과 영상의 표준편차

Method	Standard Deviation		
	Band1(R)	Band2(G)	Band3(B)
Original	51.13	50.81	49.50
IHS	52.56	50.48	48.38
FIHS	50.28	49.47	48.02
PCA	53.38	50.46	47.46
BT	51.08	50.77	49.46
WT	36.87	36.74	35.06

표 2에서 표준편차는 BT법이 원영상과 가장 유사한 값을 가지며, IHS법, FIHS법, PCA법의 순이고, WT법이 가장 큰 차이값을 보였다.

표 3. 융합결과 영상의 상관계수

Method	Correlation Coefficients		
	Band1(R)	Band2(G)	Band3(B)
IHS	0.828	0.806	0.772
FIHS	0.953	0.952	0.950
PCA	0.817	0.797	0.801
BT	0.832	0.803	0.767
WT	0.894	0.894	0.890

표 3에서 상관계수 값은 Band 1, 2, 3 모두에서 FIHS법이 원영상과 가장 유사한 값을 나타내며, WT법, IHS법, BT법, PCA법의 순이나 이들 모두에서 거의 비슷한 상관계수 값을 갖는다.

IV. 결 론

본 논문에서는 IKONOS 영상에 대하여 IHS, FIHS, PCA, BT, WT 법을 이용한 융합결과를 비교분석하였다. 시각적 분석결과 1) 공간특성의 측면에서 평가한 결과는 거의 동일한 공간해상도를 나타내었으며, Original IKONOS 위성 영상에서는 식별하기 어려운 건물지붕의 형태, 건물사이의 도로 등이 명확히 잘 구별되고 있다. 2) 분광특성 왜곡의 측면은, 칼라성분이 원영상과 가장 유사한 순서로 나열하면 FIHS법, BT법, PCA법, IHS법,

WT법의 순서이고 WT 법은 칼라왜곡이 가장 심하게 나타났다. 하천, 공원, 아파트, 정수장의 색조는 유사하나, 산림의 색상은 왜곡되어 있음을 알 수 있다.

정량적 결과분석에서는 평균, 표준 편차, 상관 계수 등을 사용하여 비교하였다. 표1 - 표3과 같이 평균값은 PCA법에서 원영상과 가장 유사한 값을 나타내며, FIHS 법에서 가장 큰 차이를 보였다. 표준편차는 BT법과 IHS법이 원영상과 가장 유사한 값을 보였다. 상관계수는 FIHS법, WT법, IHS법, BT법, PCA법의 순이나 큰 차이는 없다.

향후 연구과제는 실험 데이터를 만드는 여러 가지 방법에 따라 다양한 데이터를 준비하고 다양한 평가기준들을 사용한 성능평가 방법에 대한 비교분석 연구가 요구된다.

참고문헌

[1] Z. Wang, D. Ziou, C. Armenakis, D. I, and Q. Li, "A Comparative Analysis of Image Fusion Methods," IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing, vol. 43, no. 6, June 2005, pp. 1391-1402

[2] 서용수, 정상중, 정민규, "IHS, PCA 및 GIM 영상 합성법의 비교분석", 대한전자공학회, 반도체·신호처리·컴퓨터·산업전자 소사이어티, 2006년도추계학술대회논문집 II, 제29권 제2호, pp. 854-857, 2006.

[3] T. M. Tu et al. "A Fast Intensity-Hue-Saturation Fusion Technique With Spectral adjustment for IKONOS Imagery," IEEE Trans. Geosci. and Remote Sens. Lett. vol. 1, no. 4, Apr. 2004, pp.309-312

[4] Myungjin Choi, "A New Intensity-Hue-Saturation Fusion Approach to Image Fusion with a Tradeoff Parameter", IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, vol. 44, no. 6, pp. 1672-1682, June 2006.

[5] Han S.H. "Image Fusion of Landsat and Korean Satellite Kompsat," ISPRS. Cogress Istanbul 2004 Proceeding of Commission I, 2004. 7, pp.507-512

[6] J. Zhou et al. "A wavelet transform method to merge Landsat TM and SPOT PANchromatic data", Int. j. of Remote Sensing, 1998, vol. 19, no. 4, pp.743-757.