

## 빠른 IHS 기법을 이용한 IKONOS 영상융합

# IKONOS Image Fusion Using a Fast Intensity-Hue-Saturation Fusion Technique

윤공현\*

Yun, Kong Hyun

### 要 旨

영상융합의 많은 방법들 중에 IHS 기법은 많은 대용량의 자료를 빨리 융합할 수 있는 장점을 가지고 있다. IKONOS 영상에 대하여 IHS기법은 향상된 공간해상도의 결과를 보여주고 있으나 분광의 왜곡을 포함하고 있다. 즉, 융합된 다중파장대 영상과 원래 다중파장대영상의 비교시 분광정보의 왜곡이 나타난다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서는 분광정보 조정을 통하여 빠른 처리 속도를 지니는 IHS기법을 제안하였다. 실험결과 제안된 방법은 고전적인 IHS 융합기법보다 속도와 영상 질의 측면에서 더 나은 결과를 보여주었다.

**핵심용어** : 영상융합, IHS 변환, 분광정보 조정

### Abstract

Among various image fusion methods, intensity-hue-saturation(IHS) technique is capable of quickly merging the massive volumes of data. For IKONOS imagery, IHS can yield satisfactory "spatial" enhancement but may introduce "spectral" distortion, appearing as a change in colors between compositions of resampled and fused multispectral bands. To solve this problem, a fast IHS fusion technique with spectral adjustment is presented. The experimental results demonstrate that the proposed approach can provide better performance than the conventional IHS method, in both processing speed and image quality.

**Keywords** : Image fusion, Intensity-hue-saturation(IHS) transformation, Spectral adjustment

## 1. 서 론

영상융합은 지상에 존재하는 자연 및 인공 지물에 대하여 보다 정확한 정량적, 정성적인 정보를 취득하고자 다양한 센서들로부터 취득된 영상을 융합하여 컬러영상을 제공하는 기법으로서 1960년대 후반부터 꾸준히 연구되어 왔다. 영상융합에 대한 개념은 많은 기존 연구 문헌에서 merging, combination, synergy, integration과 같은 유사한 용어로 불리워왔다. 원격탐사분야에서는 영상융합의 정의를 다음과 같이 정의하고 있다. "영상융합은 서로 다른 센서로부터 얻은 원자료를 연계하기 위한 방법 및 도구를 제공 할 수 있는 일정한 틀이다. 그 목적은 보다 나은 질 높은 영상을 취득하는 것이며 그 성과는 적용하기에 달려 있다"(Wald, 1999).

광학원격탐사분야에서는 물리적 또는 기술적인 제한 때문에 몇몇의 인공위성 센서들은 공간해상력 측면에서

는 충분한 식별력을 보여주고 있으나 분광학적으로 지상의 지물을 식별하기 위한 충분한 파장대를 제공하고 있지 못하다. 반면 일부 다른 인공위성 센서들은 충분한 파장대를 제공하고 있지만 공간 해상력의 제한을 갖는 경우도 있다. 많은 응용 분야에 있어서 2개 이상의 다중센서로부터 취득된 자료를 조합 또는 융합하는 것은 보다 원 대상물에 대하여 보다 광범위한 정보를 제공해 줄 수 있다. 몇몇 상업용 인공위성들은 이러한 종류의 2중-해상력을 지닌 센서를 탑재하여 지구상을 회전하면서 자료를 취득하고 있는데 대표적으로 1999년 9월 24일에 처음 발사된 IKONOS 인공위성은 1m의 전정영상(panchromatic image)과 4m의 다중파장대영상(multispectral images)을 제공하고 있다. 1m라는 공간해상력으로 인하여 지상에서 길이가 1m 이상이 되는 자연 또는 인공지물에 대한 식별이 가능하게 되었으며 특히 일반주택, 자동차, 나무 등 상대적으로 다른 지물에 비해 작은 지물들의 정

2006년 2월 14일 접수, 2006년 3월 6일 채택

\* 정희원, 연세대학교 건설공학연구소, 연구원 (ykh1207@yonsei.ac.kr)

보를 취득하는데 큰 도움이 된다. 또한 분광학적 정보를 추가로 이용함으로써 지상에 대하여 보다 상세한 식별이 가능한데 이러한 경우에 고해상도 전정영상(High-Resolution Panchromatic Imagies, HRPIs)과 저해상도분광영상(Low-Resolution Panchromatic Imageis, LRPIs)의 융합이 필요하게 된다.

현재까지 많은 영상융합기법에 관한 연구가 진행되어 왔으며 발표되었다(Carper et al., 1990 ; Chavez et al., 1991, Nunez et al., 1999, Ranchin and Wald, 2000 ; TU et al., 2001; Zhang et al., 2002 ; Aiazzi et al., 2003; Sohn et al., 2003). TU 등은 Intensity-Hue-Saturation 변환과 Principal Component Analysis 변환, Brovey 변환, Wavelet 변환이 공간 및 분광학 측면에서 IHS와 같은 기본 프레임을 기반으로 비교분석하기도 하였으며 그 결과 다른 대표적인 융합방법들이 IHS와 같은 기본 프레임을 사용하여 유사한 처리 방식이란 것을 보여주었다. Chavez 등은 wavelet 변환 기법이 공간해상도를 향상시키는데 효과가 있지만 분광정보의 왜곡을 발생시킨다는 것을 보여주었으며 다른 융합기법들은 고주파수 성분뿐 만 아니라 저주파수 성분까지 융합과정에서 삽입시키기 때문에 융합된 영상의 평균값을 변화시키기도 한다는 것을 밝혀내었다. 실제 적용에 있어서 wavelet 변환은 다중해상도분석에서 변이 불변성(transition invariance)과 적절한 필터의 선택의 어려움 때문에 IKONOS 영상 융합에서 그리 효율적이지 못하다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Aiazzi 등은 잉여 다중해상도 분석에서 컨텍스트 기반 고주파 상세 성분을 삽입시키는 기법을 제안하였다. 반면 IHS 기법은 재배열된 다중파장대영상을 이용하여 많은 용량의 자료를 신속하게 융합할 수 있으며 특히 공간필터링을 거치지 않고 만족스러운 성과를 낼 수 있는 기법이다. 하지만, IHS 기법의 결과는 충분히 향상된 공간해상도를 보여주고 있으나 분광학적 왜곡 현상을 수반한다. 그러하므로 분광왜곡은 향후 분류와 같은 응용분야에서 적용할 경우 필수적으로 줄여야 하는 부분이다.

본 연구는 IKONOS 영상에 대하여 고해상도 전정영상과 다중파장대영상을 융합하여 분광정보의 왜곡을 최소화 시키는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 비교적 간단한 분광 조정 기법을 제안하였으며 기존 전통적인 IHS 방법을 개선하여 빠른 처리를 가능하게 하였다. 실제 실험에서는 대전지역과 평택지역 IKONOS 영상이 사용되었으며 2 영역의 샘플지역을 대상으로 실험하였다.

## 2. RGB-IHS 변환 모형

지금까지 여러 가지 RGB-IHS 변환 모형에 대한 수학적 모형에 대하여 제시해왔다(Gonzalez and Woods, 1992;

Pratt et al., 1991). 속도처리에 대해선 여기선 논의로 하고 이러한 제시된 알고리즘은 두개의 좌표체계, 즉 원통모형과 구 모형으로 크게 대별되고 있다. 융합과정 중에 발생하는 분광 정보의 왜곡의 원인을 알기 위해서 RGB-IHS 변환 모형의 기본 개념을 잘 살펴야 한다. 첫 번째로 RGB-IHS 변환 시스템은 선형 변환이다.

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

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

식 (1)에서 변수  $v_1$ 과  $v_2$ 는 직교좌표체계에서 x축과 y축이며 명도(Intensity)는 z축을 나타낸다. 이러한 방법으로 색상(Hue)과 채도(Saturation)는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$H = \tan^{-1}\left(\frac{v_2}{v_1}\right) \text{ 및 } S = \sqrt{(v_1^2 + v_2^2)} \quad (2)$$

또한 이와 반대 방향으로 수평면이 맥스웰 삼각형과 평행하고 수직축이 RGB 육각형 모형의 명도 선분에 놓여 있을 때까지 RGB 육각형모형을 회전시킬 수 있다. 그러함으로써 비선형 RGB-IHS 변환 시스템은 다음과 같이 나타내 질 수 있다(Gonzalez and Woods, 1992).

$$I = (R + G + B)/3 \quad (3a)$$

$$H = \begin{cases} \cos^{-1}(a) & \text{if } G \geq R \\ 2\phi - \cos^{-1}(a) & \text{if } G \leq R \end{cases} \quad (3b)$$

$$\text{단, } a = \frac{(2B - G - R)/2}{\sqrt{(B - G)^2 + (B - R)(G - R)}}$$

$$S = 1 - \frac{3\min(R, G, B)}{R + G + B} \quad (3c)$$

이러한 두개의 RGB-IHS 변환 모형은 채도 부분에서 표현이 다르다. 식 (1)과 식 (2)에서 유사한  $\sqrt{(v_1^2 + v_2^2)}$  값을 갖는 영상소들은 명도와 무관하게 같은 채도를 갖게 된다. 이런 영상소들은 IHS 모형 공간에서 채도 원통(saturation barrel)을 형성한다. 식 (3a), (3b) 및 (3c)에서 변환 시스템을 위하여  $\sqrt{(v_1^2 + v_2^2)}$  과 유사한 값을 갖는 영상소

들은 채도 원뿔에서 표면에 위치하게 되는데 그 값은 명도값에 비례한다. 식 (1), (2), (3a), (3b), (3c)의 상호 연관성은 Ledley 등(1990) 논문에서 상세히 설명되어 있다.

### 3. IHS 융합 및 분광정보 왜곡

전통적인 IHS 융합기법은 RGB 영상을 IHS 공간으로 변환시키고 IHS 공간에서 명도의 값을 전정영상으로 대체한 후 기존의 색상정보와 채도정보를 이용하여 역변환을 통하여 RGB 공간으로 변환시켜 얻게 된다. 각 영상소들은 IHS 융합에서 아래와 같은 절차에 의하여 실행된다.

절차 1) 분광해상도 영상의 크기를 같은 지역적 범위를 갖는 전정영상의 개수만큼 확대할 수 있도록 재배열(resampling)한다.

절차 2)

$$\begin{pmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{\sqrt{2}}{6} & -\frac{\sqrt{2}}{6} & \frac{2\sqrt{2}}{6} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (4)$$

절차 3) 명도를 전정영상으로 대체한다.

절차 4)

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Pan \\ v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} \quad (5)$$

R, G, B, I,  $v_1$ ,  $v_2$ 는 각 원래 RGB 영상에 대응되는 영상소값을 나타내며 R', G', B'는 융합된 영상에서 대응되는 영상소값을 나타낸다. 식 (2)를 식 (6)과 같은 형태로 변형하여 처리 속도를 빠르게 할 수 있도록 아래와 같이 재구성하였다.

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I + (Pan - I) \\ v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I + \delta \\ v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (6)$$

단,  $\delta = Pan - I$  이다.

식 (3)은 융합된 영상  $[R', G', B']^T$ 은 IHS-RGB 변환을 거치지 않고 단순히 산술연산만으로 가능하다는 것을 보여주고 있다. 즉, IHS 영상 융합은 위 식 (6)을 이용하여 빠르게 처리를 할 수 있는 것이다. IHS 융합이 식 (6)에 의하여 실행된 후 융합된 영상은 전정영상의 공간해상도를 제공하나 분광정보의 왜곡을 불러일으킨다. TU 등 (2001)은 IHS 공간에서 색상은 변하지 않고 바뀐 채도정보만이 컬러 왜곡을 발생시킨다는 사실을 밝혀냈다. 또한 영상융합 이전 및 이후의 상관성은 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{S'}{S} = \frac{I - a}{I} = \frac{Pan}{I} = \frac{I}{I + \delta} \quad (7)$$

단, S와 S'는 변환 이전과 이후의 채도를 나타낸다. 식 (7)에서 채도와 명도의 곱은 일정한 상수이며 영상의 채도는 명도에 반비례 한다는 것을 알 수 있다. 좀 더 정확하게 표현하면, 채도는 기존 채도에 비해 커지게 되는 경우 ( $S' > S$ ), 전정영상의 밝기값에 대응되는 명도보다 작게 된다. 이와 반대로 채도가  $S' < S$ 인 경우에는 전정영상의 밝기값이 명도보다 커지게 된다. 대부분 IKONOS 영상에서 빌딩, 도로, 토지분포 지역의 명도는 대응되는 전정영상의 밝기값 보다 약간 크다. 즉, 영상융합 후 채도는 약간 커지게 되며 융합영상의 질에는 거의 영향을 받지 않는다. 하지만 식생지수가 높은 지역의 경우 전정영상의 밝기값은 명도보다 상당히 크다. 이러한 부분이 바로 작은 채도를 나타내게 하며 그 결과 분광정보의 곡을 발생시키게 된다. 그러하므로 전정영상과 명도의 차이가 클 경우 영상융합에서  $\delta$ 는 아주 중요한 역할을 하게 된다.

### 4. IKONOS 영상융합시 문제점 및 해결방향

IKONOS 영상융합시 반사분광곡선에 대한 영향을 먼저 파악하여야 한다. 그림 1은 IKONOS 영상의 파장대별 반사분광곡선을 나타낸 것이다. 이상적으로는 다중파장대가 전정영상 파장대의 전 영역에 걸쳐 분포하여야 한다. 하지만 실제로는 Green 파장대와 Blue 파장대가 약간 겹쳐 있음을 알 수 있고 또한 Blue 파장대는 전정영상 파장대의 3-dB 컷오프 기준으로 바깥쪽에 위치하고 있음을 알 수 있다. 더욱이 전정영상 파장대의 반사분광곡선은 NIR 파장대의 바깥부분까지 펼쳐져 있음을 볼 수 있다. 이러한 불일치 현상 즉 명도의 파장대가 전정영상 파장대와 유사하지 않기 때문에 분광 정보의 왜곡이 발생하게 된다.

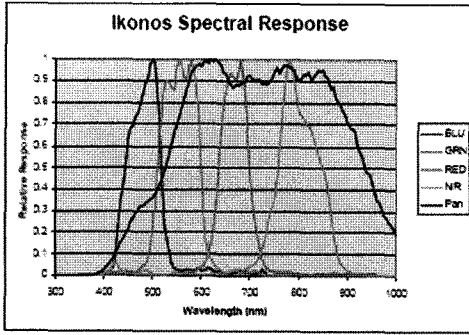


그림 1. IKONOS 영상의 반사분광곡선

반면에 식생지수가 높은 지역은 상대적으로 NIR 파장대 또는 전정영상 파장대에서 상대적으로 높은 밝기값을 갖는 것으로 나타나지만 RGB 파장대에서는 낮게 나타난다. 식생지수가 높은 지역에 대하여 NIR 파장대 영향이 명도에 영향을 미치지 않기 때문에 명도는 전정영상의 파장대의 밝기값보다 작게 나타난다. 바로 이러한 이유로 큰  $\delta$  값을 생성해내며 융합영상에서 식생지수가 높은 지역에서 분광정보의 왜곡이 특히 심하게 일어난다.

이러한 왜곡현상을 해결하기 위하여  $\delta$  값을 낮추는 방법이 필요하다, 즉 NIR 파장대의 영향을 명도의 범위에 포함시켜야 한다. 이렇게 하기 위하여 식 (6)으로부터 일반화된 IHS 융합기법은 식 (8)과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \\ NIR' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \\ NIR + \delta \end{pmatrix} \quad (8)$$

단  $\delta' = Pan - I' = Pan - (R+G+B+NIR)/4$ 이며  $I' = (R+G+B+NIR)/4$  이다. 이러한 제안 방법은 계산의 효율성에서 뿐만 아니라 기존의 3개의 RGB 파장대만을 이용하던 기법에서 일 진보하여 NIR 파장대까지 포함하여 그 정확성을 높이게 된다. NIR 파장대에서 상대적으로 높은 밝기값을 갖는 식생지역 때문에 RGB 파장대에서는 낮은 값을 보여준다. 그래서  $I' > I$  이므로 식생지역에서는 식 (9)가 산출될 수 있다.

$$\begin{aligned} I' &= \frac{R+G+B+NIR}{4} > \frac{R+G+B}{3} \\ &= I \rightarrow 3 \times NIR > R+G+B \end{aligned} \quad (9)$$

표 1. 경중률 a, b의 변화에 따른 상관계수

|     |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a   | 0.9   | 0.85  | 0.8   | 0.75  | 0.7   | 0.65  | 0.6   |
| b   | 0.1   | 0.15  | 0.2   | 0.25  | 0.3   | 0.35  | 0.4   |
| CCs | 0.628 | 0.767 | 0.834 | 0.838 | 0.829 | 0.815 | 0.803 |

그러므로 분광정보의 왜곡은 식 (8)에  $\delta'$  값을 대체하여 계산함으로써 완화시킬 수가 있다. 좀 더 정확하게 표현하면 식 (8)에서 채도정보의 압축이 경감되며 식 (7)은  $S'/S = I'/Pan$ 으로 변하게 된다. 이것은 식(5)의 값이 1에 훨씬 더 가까워짐을 의미한다. 하지만 그림 1에서 볼 때 Green 파장대는 전정영상의 파장대의 분광곡선에 완전히 포함되지 않고 Blue 파장대는 전정영상 파장대의 3-dB 컷오프 기준으로 상당히 벗어나 있다. 이러한 두 가지의 불일치를 해결하기 위하여  $\delta''$ 는 식 (10)과 같이 수정될 수 있다.

$$\begin{aligned} \delta'' &= Pan - I'' \\ &= Pan - \frac{(R+a \times G+b \times B+NIR)}{3} \end{aligned}$$

단,  $\delta'' = Pan - I''$   
 $= Pan - (R+a \times G+b \times B+NIR)/3$  (10)

식 (10)에서  $\delta''$ 을 얻기 위해서는 경중률 a, b를 계산해야 하는데 이 값은 다양한 지형을 나타내는 영상마다 값이 달라진다. a, b는 이론적으로 모형화 하기는 불가능하기 때문에 다양한 지역에 걸친 실험으로서 그 값을 산정할 수 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 대전지역과 평택 지역에 다양한 대상지를 선택하여 20개의 IKONOS 영상을 취득하여 테스트를 하였다.

최적의 경중률 a, b 값을 산정하기 위하여 20개의 IKONOS 영상에 대하여 IHS 기법 융합을 실시하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이 Blue 파장대가 Green 파장대보다 전정영상 파장대에서 훨씬 더 멀리 위치하고 있기 때문에  $a+b=1$  그리고  $a > b$ 는 간단한 사실을 발견할 수 있다. 최적의 a, b 값을 산출하기 위해 융합된 각 파장대별 영상 결과와 전정영상과의 상관계수를 계산하였다. 20개 IKONOS 영상에 대한 처리 결과는 표 1에 나타나 있다. 표 1에서 a 값은 0.9에서 0.6까지 분포하며 b 값은 0.1에서 0.4까지 분포한다. 각 단계에서 a, b 값은 0.05를 간격으로 증감시켰다. 표 1에서 보는 바와 같이 최적의 Green 파장대와 Blue 파장대의 최적 경중률은 각각 0.75와 0.25로 나타나 있다. 이 경중률은 20개 영상을 포함하고 있는 실험대상지역에 대한 최적의 값을 산정된 것이다.

이런 산출 값을 이용하기 위하여 식 (8)과 유사한 식 (11)를 제시할 수 있다.

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \\ NIR' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R + \delta' \\ G + \delta' \\ B + \delta' \\ NIR + \delta' \end{pmatrix} \quad (11)$$

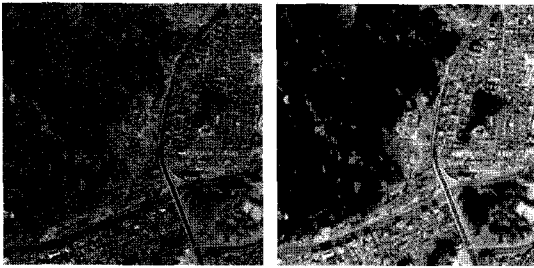
### 5. 실험 및 결과

본 연구에서 제안된 방법을 실험하여 입증하기 위하여 대전지역의 IKONOS 영상을 선택하여 실험하였다.

총 2 지역(A, B 지역)의 영상을 선택하였는데 지역에 대한 영상은 그림 2와 같다.

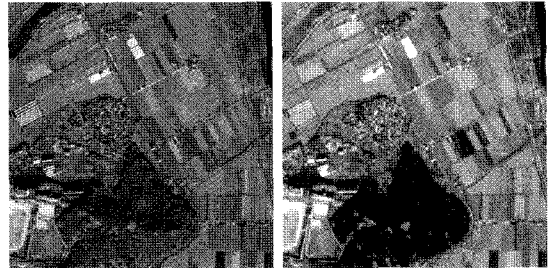
영상은 IKONOS-2에 의해 2001년 11월 19일 촬영된 것이며 대전지역의 한 부분이다. 각 테스트 지역의 크기는 가로 1km, 세로 1km이다. 테스트-A 지역은 대부분 식생지수가 높을 것으로 여겨지는 산악지역이 상대적으로 많이 포함되게끔 선정하였으며 테스트-B 지역은 식생지수 뿐만 아니라 다른 여러 지역들이 상대적으로 고루 분포된 지역을 선정하였다. B지역의 경우 식생지수가 높지 않은 휴과 경작지가 많이 포함되어 있으며 주택 등도 포

함되어 있다. 그리고 테스트 방법은 총 3가지의 방법을 사용하였다, 즉 식 (6), (8), (11)에 의한 식을 사용하였다. 테스트-A 지역에서의 융합 결과는 그림 4에 나타나 있다. 명백하게 식 (6)에 의한 방법이 원 RGB 합성영상보다 많은 분광정보 왜곡을 포함하고 있으며 이러한 사실은 표 2에 제시되어 있다. 또한 NIR 파장대 정보를 이용하여 융합을 시도한 식 (8)의 결과는 고전적인 식 (6)에 의한 방법보다 더 나은 결과를 보여주고 있으며 식 (11)에 의한 결과가 가장 분광정보 왜곡이 적은 것으로 나타났다. 특히 본 연구에서 제시한 접근방법의 타당성을 검토하는 측면에서 산악지역의 분광정보 왜곡이 식 (11)에 가장 적은 것으로 나타났으며 실제 영상에서도 가장 원영상과 가까운 것을 보여주고 있다. 테스트-B 지역의 영상의 결과는 그림 5에 나타나 있다. 테스트-B 지역은 식생지역이 농경지, 비닐하우스 또는 주로 휴과로 구성되어 지역으로서 면적이 테스트-A 지역에 비해 상대적으로 고루 분포되어 있는 곳이다. 테스트-B 지역의 결과도 제시한 이론적 배경에 부합되게끔 결과가 산출되었다. 즉



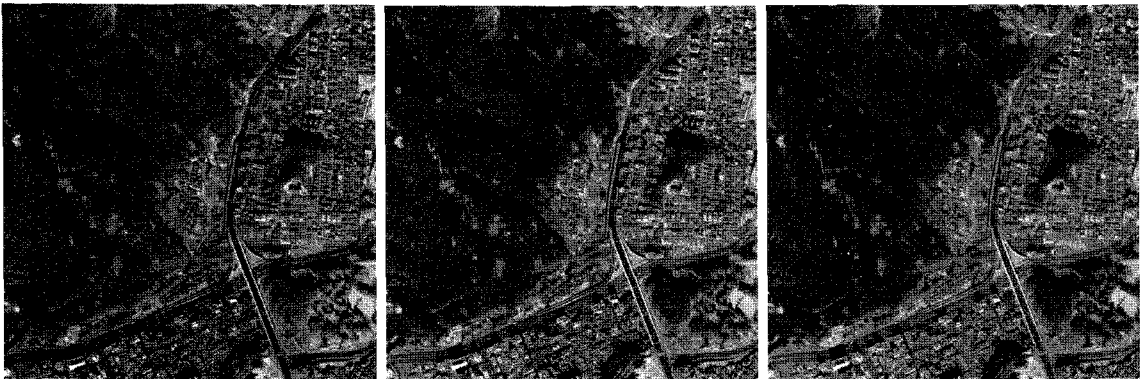
(a) (b)

그림 2. 테스트-A 지역 영상; (a) 전정영상 (b) RGB 합성 영상



(a) (b)

그림 3. 테스트-B 지역 영상; (a) 전정영상 (b) RGB 합성 영상



(a) (b) (c)

그림 4. 테스트-A 지역 융합결과 영상; (a) 식 (6)에 의한 방법, (b) 식 (8)에 의한 방법, (c) 식 (11)에 의한 방법

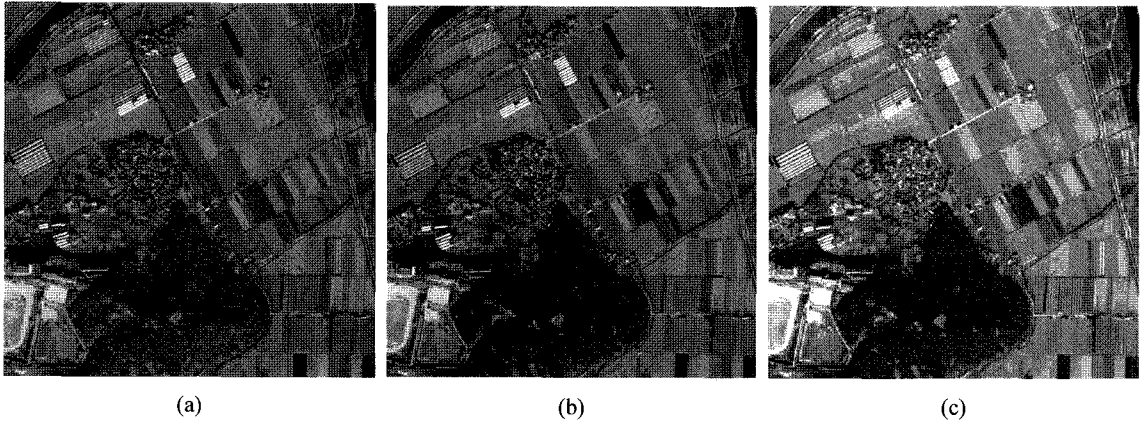


그림 5. 테스트-B 지역 융합결과 영상; (a) 식 (6)에 의한 방법, (b) 식 (8)에 의한 방법, (c) 식 (11)에 의한 방법

표 2. 방법과 테스트지역에 따른 상관계수

|   | 테스트-A 지역 |          |          | 테스트-B 지역 |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 식 (6)    | 식 (9)    | 식 (12)   | 식 (6)    | 식 (9)    | 식 (12)   |
| R | 0.655145 | 0.804113 | 0.836568 | 0.826803 | 0.884652 | 0.926891 |
| G | 0.636478 | 0.800147 | 0.834942 | 0.772278 | 0.849813 | 0.906010 |
| B | 0.600158 | 0.784705 | 0.824236 | 0.721060 | 0.817364 | 0.888152 |

식 (11)에 의한 결과가 가장 좋았으며 그 다음 식 (6), 식 (8)에 의한 결과의 순서로 나타나 있다. 이 결과는 다양한 테스트 지역을 포함하는 일반적인 경우에 있어서도 제안된 방법이 다소 나았음을 보여주고 있다. 표 2 는 전체성과의 결과를 보여주고 있다. 성과의 판단 기준은 융합된 각 파장대의 영상과 원 RGB 합성영상과의 상관계수값을 이용하였다. 상관계수의 값은 1에 가까울수록 융합결과가 좋은 것을 의미한다.

### 6. 결 론

현재까지 영상융합에 관련된 많은 연구에서 가장 큰 핵심은 전정영상의 높은 공간해상도를 확보하면서 분광정보의 왜곡을 최소화 하는데 있다. 즉, 전정영상에서 높은 공간해상도의 정보를 취득하고 동시에 고분광의 정보까지 같이 취득하여 지상에 대한 정량적 및 정성적 정보를 높은 정확도로 취득하는 것이다. 특히 IKONOS 영상과 같이 이상적이지 못한 파장대간의 반사분광곡선의 특성으로 인하여 IHS 융합기법의 적용시 상당히 큰 분광정보의 왜곡을 발생시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 분광정보의 조정을 통하여 왜곡을 최소화시켰으며 또한 기존의 고전적인 IHS기법보다 처

리속도가 빠른 기법을 제안 하였으며 실제 대전지역 IKONOS 영상을 대상으로 실험 해 본 결과 제안된 기법이 상당히 효율적임을 알 수 있었다.

### 참고문헌

1. Aiazzi, B., L. Alparone, S. Baronti, and A. Garzelli, 2003, "Context-driven fusion of high spatial and spectral resolution images based on oversampled multiresolution analysis", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 40, issue 10, pp. 2300-2312.
2. 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 & Remote Sensing*, Vol. 56, pp. 459-467.
3. Chavez, P. S., S. C. Sides, and J. A. Anderson, 1991, "Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data: Landsat TM and SPOT panchromatic", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 57, No. 3, pp. 295-303.
4. Gonzalez, R. C., and R. E. Woods, 1992, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, Reading, MA.
5. Ledley, R. S., M. Buas, T. J. Golab, 1990, "Fundamentals

- of true-color image Processing”, *Proc. Int. Conf. Pattern Recognition 1*, pp. 791–795.
6. Nunez, J., X. Otazu, O. Fors, A. Prades, V. Pala, and R. Arbiol, 1991, “Multiresolution-based imaged fusion with additive wavelet decomposition”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 37, issue 3, pp. 1204–1211.
  7. Pratt, W. K., 1991, *Digital Image Processing*, Second ed., Wiley, New York.
  8. Ranchin, T. and L. Wald, 2000, “Fusion of high spatial and spectral resolution images: the ARSIS concept and its implementation”, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 66, No. 1 pp. 49–61.
  9. Sohn, Hong-Gyoo, Konghyun Yun, and Hoon Chang, 2003, “Analysis of Image Fusion Methods Using IKONOS Imagery”, *KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol. 7, No. 5 pp. 577–584.
  10. Tu, T. M., S. C. Su, H. C. Shyu, and P. S. Huang, 2001, “A new look at IHS-like image fusion methods”, *Information Fusion*, Vol. 2, pp. 177–186.
  11. Wald, L., 1999, “Some terms of reference in data fusion”, *IEEE Transactions on Geoscience and remote sensing*, Vol 37, issue 3, pp. 1190–1193.
  12. Zhang, Y., 2002, “Problems in the fusion of commercial high-resolution satellite images as well as Landsat 7 images and initial solutions”, in *Geospatial Theory, Processing and Applications: Proc. ISPRS Commission IV Symp.*, Ottawa, ON, Canada.