

다목적 실용위성 2호 고해상도 영상을 이용한 지리 정보 추출 기법 - 영상융합과 지리객체 기반 분석을 중심으로 -

양병윤* · 황철수**

Semi-Automated Extraction of Geographic Information using KOMPSAT 2 : Analyzing Image Fusion Methods and Geographic Objected-Based Image Analysis

Byungyun Yang* · Chulsue Hwang**

요약 : 본 연구는 해안지역의 지속 가능한 개발과 보존을 위하여 고해상도 위성영상의 활용을 극대화 하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 다목적 실용위성 2호 영상 자료를 이용하여 빌딩추출에 가장 적합한 영상 융합기법을 제시하고 분석하였으며, 이와 함께 기존에 널리 사용되어오던 화소 기반한 영상분석과 최근 고해상도 위성영상 활용의 증가와 함께 관심을 받고 있는 지리객체 기반한 영상분석을 비교하여 고해상도 영상에 적합한 지리 정보추출 기법을 탐색 하였다. 본 연구에서 제안된 분석방법과 평가 방법들은, 향후 발사 예정인 다목적 실용 위성 3호와 그 외 고해상도 위성영상을 이용한 해안지역의 지리정보 추출에 효과적으로 사용될 것이다.

주요어 : 지리객체기반 영상 분석, 화소기반 영상 분석, 지리정보 과학, 영상 융합

Abstract : This study compared effects of spatial resolution ratio in image fusion by Korea Multi-Purpose SATellite 2 (KOMPSAT II), also known as Arirang-2. Image fusion techniques, also called pansharpening, are required to obtain color imagery with high spatial resolution imagery using panchromatic and multi-spectral images. The higher quality satellite images generated by an image fusion technique enable interpreters to produce better application results. Thus, image fusions categorized in 3 domains were applied to find out significantly improved fused images using KOMPSAT 2. In addition, all fused images were evaluated to satisfy both spectral and spatial quality to investigate an optimum fused image. Additionally, this research compared Pixel-Based Image Analysis (PBI) with the GEOgraphic Object-Based Image Analysis (GEOBIA) to make better classification results. Specifically, a roof top of building was extracted by both image analysis approaches and was finally evaluated to obtain the best accurate result. This research, therefore, provides the effective use for very high resolution satellite imagery with image interpreter to be used for many applications such as coastal area, urban and regional planning.

Key Words : GEOgraphic-Based Image Analysis (GEOBIA), Pixel-Based Image Analysis (PBI), GIScience, Image fusion

* 조지아대학교 CRMS 연구원(Research Associate, Center for Remote Sensing and Mapping Science (CRMS), University of Georgia), yby@uga.edu

** 경희대학교 지리학과 교수(Professor, Department of Geography, Kyung Hee University), hcs@khu.ac.kr

1. 서론

1) 연구의 배경과 문제제기

연안 지역은 인간과 자연에게 다양한 생태계 서비스와 경제적인 이익을 가져다 준다(Page and Connell, 2006; Yang *et al.*, 2012b). 이와 반대로, 인간과 자연 현상에 의한 활동들은 연안 지역에 커다란 문제점을 주기도 한다. 예를 들어, 인간의 지속적인 개발에 대한 욕구는 연안의 급격한 도시화와 인구밀도를 가중시키고 있다. Small and Nicholls(2003) 에 따르면 전세계 인구의 약 40%가 해안 50 km 이내에 거주하며, 미국의 경우 약 37%의 인구가 해안에 인접한 지역에 거주한다(Crowell *et al.*, 2007). 또한, 해안 침식과 퇴적, 그리고, 해류와 같은 자연현상 역시 연안 지역을 변화시키는 중요한 요소로 간주되고 있다(Yang *et al.*, 2012a). 이와 같이 인간과 자연활동에 의한 변화들은 연안 지역의 변화를 모니터링 하는데 중요한 요인으로 간주되며 연안 지역의 관리와 보존을 위해 이 지역의 지리정보 구축은 반드시 수반되어야 한다. 상대적으로 광활한 연안 지역의 경우 위성영상을 이용한 지리정보 추출과 지도화 작업은 인구 밀도 변화의 예측이나 도시 개발의 변화를 모니터링 하는데 유용하며(Kim *et al.*, 2011), 특히 급변하는 해양자원을 효과적으로 관리할 수 있는 중요한 요소가 되기도 한다(Yang, 2011).

우리나라는 1m급 고해상도 촬영이 가능한 다목적 실용위성 2호(또는, 아리랑 2호)(Korea Multi-Purpose SATellite II: KOMPSAT 2, also known as Arirang 2)를 2006년 발사하여 현재까지 활발히 운용하고 있다. 다목적 실용위성 2호는 지구자원탐사의 목적을 가지며, 1m의 흑백영상(Panchromatic image)과 4m 컬러영상(Multispectral image)을 동시에 제공한다. 흑백영상은 높은 해상도를 그리고 컬러영상은 다중밴드(≤ 4 밴드)를 가지고 있기 때문에 지리정보 추출에 효과적으로 사용되기 위해서는 두 영상 간의 융합이 필수적이다. 그런데 문제는 이런 영상 융합을 통해 얻은 결과에서 흔히 색상이 왜곡되거나 적용된

알고리즘에 따라 다른 결과가 도출되는 현상이 발견된다는 점이다(Zhang, 2002). 따라서 고해상도 위성 영상을 이용한 혼합영상을 만들 때, 최적화된 영상 융합 기법을 발견하기 위한 평가 방법들이 절실이 요구된다.

영상 융합의 결과를 통해 얻은 혼합영상은 다양한 응용분야의 활용을 위해 토지이용 및 피복 분류의 단계를 가진다. 일반적으로 토지이용 및 피복 분류는 화소(Pixel)의 분광반사도 값을 이용한 통계적 방법에 의해 지리객체들을 분류한다(Jensen, 2007; Lillesand *et al.*, 2008). 그러나 기존의 화소 분광정보에 기반한 영상분류과정은 다음과 같은 3가지 제약을 가지고 있다. 우선 분광정보는 하나 이상의 정보를 가지고 있어 단일 정보를 이용하여 통계적 방법에 의해 영상을 분류하는데 한계를 가진다(Blaschke *et al.*, 2008). 둘째 인접한 화소 또는 그룹간의 공간 관계를 이용하지 않아 최종적으로 영상분류 결과를 얻기 위해 보다 많은 단계를 요구한다. 마지막으로 이른바 ‘salt-and-pepper’ 효과에 대한 문제는 분광정보를 이용하여 영상을 분류할 때 원하지 않는 분광정보까지 분류되거나 미 분류되는 문제점을 가지고 있다(Blaschke *et al.*, 2008). 이런 배경에서 앞서 제시된 문제점들을 해결하기 위한 영상분류법이 요구되며, 이는 고해상도 위성영상의 효과적인 활용에 직접적인 연관성을 가질 것으로 예상된다.

2) 연구목적

최근 고해상도 위성영상 이용의 급증은 다양한 응용분야로의 활용을 기대하고 있다. 그러나 앞서 언급되었던 영상 융합과 영상분류와 같은 지리정보 추출 기법들이 가지는 문제점들을 고려해 볼 때, 고해상도 위성영상에 적합한 영상 융합 방법의 발견과 이에 대한 평가 그리고 토지이용 및 피복 분류를 위한 최적의 방법이 요구되고 있다.

이러한 배경에서 본 연구는 다목적 실용위성 2호 영상자료를 이용하여 지리정보 추출기법들을 분석하고 평가해 보고자 한다. 구체적으로 다목적 실용위성 2호 영상 자료를 이용하여 다양한 영상 융합 방법

들을 시도해 보고 그 결과를 비교하였다. 이를 통해 본 연구에서는 분광정보와 공간정보를 이용한 정량적 평가를 수행하여 가장 높은 정확도를 갖는 최적화된 영상 융합 기법을 발견하였다. 다음으로 그 최적화된 영상 융합 결과를(혼합영상) 이용하여 토지 이용 및 피복 분류를 위한 영상 분류를 시도하였다. 특히 본 연구에서는 토지 이용의 유형 중에 하나인 빌딩을 추출하기 위하여 화소 기반한 영상분석(Pixel-Based Image Analysis: PBIA)과 지리객체 기반한 영상분석(GEOgraphic-Based Image Analysis: GEOBIA)을 수행하였다. 또한 그 결과들을 비교하여 고해상도 위성 영상에 적합한 영상분류 방법을 탐색하였다. 지리객체기반 영상분석은 다양한 정보와의 결합을 통해 지리객체들을 보다 쉽게 그리고 정확하게 추출할 수 있어 고해상도 위성 영상을 이용한 지리정보 추출에 매우 효과적으로 사용되고 있는 방법이다.

2. 연구지역과 다목적 실용위성 2호

1) 연구지역

미국 동부해안선의 80% 이상을 평행 사주섬이 보호하고 있으며, 그 평행 사주섬은 해안습지와 하구역 그리고 내만 수역으로 구성되어 있다(Yu, 2009). 본 연구의 관심지역인 Jekyll 섬은 조지아 주에 속한 평행사도(Barrier islands) 중에 하나로서, 다른 평행사도들에 비해 인간의 손이 덜 미친 자연 친화적인 섬 중에 하나이다(Figure 1).

현재 Jekyll 섬은 관광객의 수요 증진을 위하여 재개발이 계획되고 있다. 그러나 조지아 주 1971 Act에 의하면, 만약 개발된 지역이 전체 면적의 35%를 넘게 되면, 개발을 금지하는 조항을 만들어 무분별한 개발로부터 그 자신을 보호하고 있다(McDonald, 2010). 최근 Jekyll 섬을 관리하는 주 당국(Jekyll Island Authority)에 의한 자체 조사에서 약 33%의 면적이 개발된 것으로 조사 되어 약 2%에 해당하는 개발을 추진 중에 있다(JIA, 2004). 그러나, 조지아 대학의 원

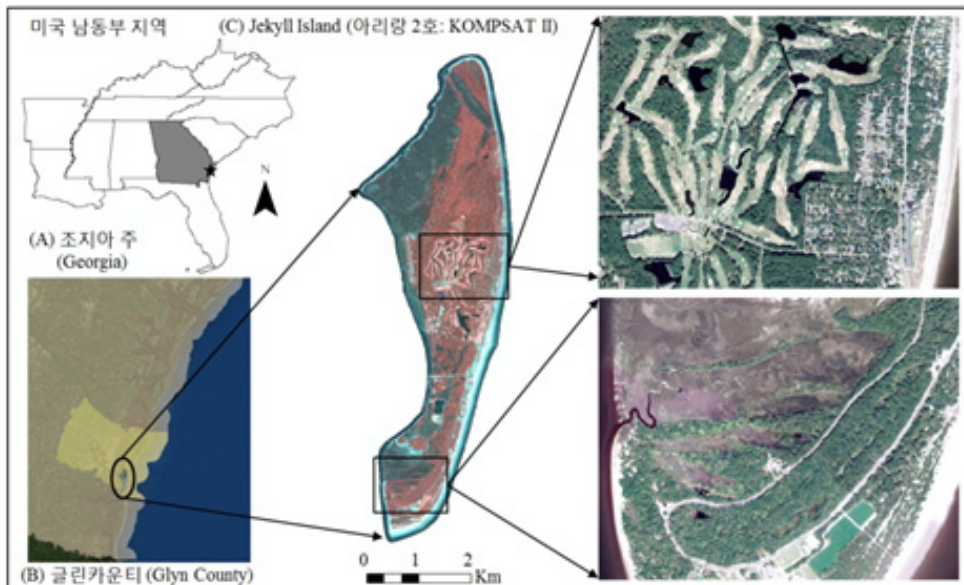


Figure 1. Study area(Jekyll Island, GA, USA). 연구지역(미국 남동부에 위치한 Jekyll 섬)

Table 1. Specification of KOMPSAT 2. 다목적 실용위성 2호(아리랑 2호)

다목적 실용위성 2호	분광 밴드영역(μm)	공간해상도(m)	방사해상도(bit)	취득일
흑백영상	0.50-0.90	1	10	2008년 4월17일
컬러영상	Red: 0.45-0.52 Green: 0.52-0.60 Blue: 0.63-0.69 Infra-red: 0.76-0.90	4		

격탐사와 지도 연구소(Center for Remote Sensing and Mapping Science)에 의한 결과에서는 이미 개발된 지역이 35%가 넘었다는 가능성을 제시하였다(Yang *et al.*, 2012a). 이와 같이 연안 지역의 개발과 보존에 관한 판단에서 고해상도 위성영상을 활용한 보다 정확하고 정밀한 지리정보의 구축은 해안지역의 개발과 보존을 위한 의사결정지원에 매우 중요한 근거자료가 될 수 있다.

2) 연구자료

본 연구에서는 고해상도 위성영상의 응용과 지리 정보 구축의 활용을 극대화하기 위하여 다목적 실용위성 2호 영상 자료를 이용하였다. 아리랑 위성 2호라고도 불리는 이 위성은 2006년 7월 28일에 한국항공우주연구원(Korean Aerospace Research Institute: KARI)에 의해 발사되었으며(Table 1), 연구지역의 영상은 2008년 4월 17일에 취득되었다.

다목적 실용위성 2호 영상 자료는 1m의 공간해상도를 갖는 흑백영상과 4m의 공간해상도를 갖는 컬러영상으로 구성되며, 이 컬러영상은 4개의(Red, Green, Blue, and Infra-red color)밴드를 가진다. 다목적 실용위성 2호는 지구자원탐사와 관측을 목적으로 지질학, 지도 학, 해양, 환경, 재난, 토지관리, 작물 또는 식물 변화탐색 등의 분야의 응용에 무한한 잠재력을 가지고 있다(Kressler, 2006).

3. 연구 방법론

1) 영상 융합 기법

Pohl and Genderen(1998)와 Gangkofner *et al.* (2008) 에 따르면, 영상 융합 방법은 공간영역(Spatial domain), 스펙트럴 대체(Spectral substitution) 그리고 산술 변형(Arithmetic transform) 방법의 3가지로 구분된다. Figure 2는 본 연구에서 제공된 영상 융합 기법의 적용과 평가방법에 대한 작업의 흐름도를 보여주고 있다.

공간영역은 고주파를 이용하여, 흑백영상과 컬러영상을 통합하는 방식으로 고주파 대역(High Pass Filter: HPF)기법과 감산해상도 통합(Subtractive Resolution Merge: SRM)이 있다. HPF 기법은 경계를 강조하거나 선명하게 만드는 고 대역 필터의 마스크를 이용하여 흑백영상을 강조하고, 이 정보를 컬러영상에 resampling한 후 최종적으로 선형 히스토그램매치를 이용하여 두 영상을 통합하는 방식이다(Aiazzi *et al.*, 2002 and Yang, 2011). SRM 기법은 HPF 방법과 유사한 방식으로, 고주파 컴포넌트를 이용한다. 또한 컬러영상과 흑백영상의 공간해상도의 비율이 대략적으로 4:1의 비율을 가질 때 적합한 영상 융합기법으로 알려져 있다(Lane, 2009).

스펙트럴대체(또는 분광정보를 이용하는) 방법은 영상의 각 밴드 별 분광정보를 이용하여 흑백영상에 적용하는 방법으로서, 주성분 분석(Principal Component Analysis: PCA), 강도-색조-채도(Intensity-

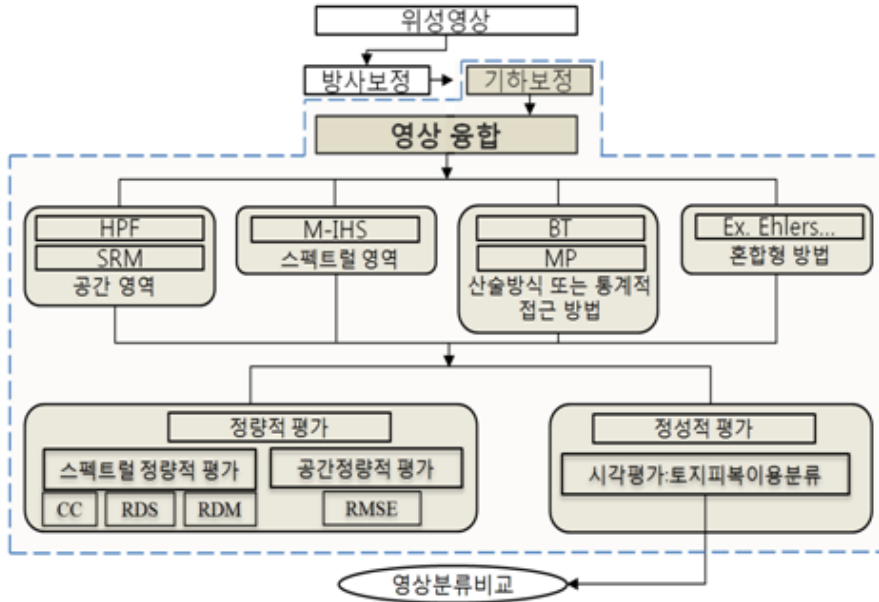


Figure 2. Work-flow for implementing image fusion methods and evaluation of fused images.
최적화된 영상 융합방법을 찾기 위한 연구 흐름도

Hue-Saturation: IHS), 또는 수정된 강도-색조-채도 (Modified Intensity-Hue-Saturation: MIHS)가 이 영역에 속한다(Vrabel, 1996; Zhou *et al.*, 1998).

산술 변형 방법 또는 통계적 접근 방법은 컬러영상의 각 밴드 별 분광정보 값을 흑백영상의 화소 값과 통합시킴으로써 영상 융합을 시도한다. 본 연구에서 사용된 Brovey 방법은 흑백영상과 컬러영상의 통합을 위해 비율 알고리즘을 이용하여, 적색, 초록, 파랑의 대비를 시각적으로 증가시키는 방법이다. 곱셈 (Multiplicative: MP)방법은 가감 알고리즘(Subtractive algorithm)을 이용하며, 도심지의 객체들을 강조하기 위하여, 강도 컴포넌트(Intensity component)를 증가시키는 방법이다(ERDAS, 2010; Yang, 2011).

그 이외에 두 가지 영역을 함께 사용하는 혼합형 방법(Hybrid methods) 있다. Ehlers 영상 융합 방법은 IHS 변형방법과 Fourier 영역을 함께 이용하며(Klonus and Ehlers, 2007), 또 다른 방법으로 IHS와 Wavelet 정보를 통합한 혼합형 방법이 있다 (González-Audicana *et al.*, 2004).

본 연구에서는 앞서 제시된 영상 융합 기법들 중

에 혼합형 방법을 제외한 5가지 영상 융합 방법들이 사용되었으며, 다목적 실용위성 2호 영상자료를 위한 최적화된 영상 융합 기법을 찾기 위하여 정량적 평가 방법을 이용하였다. 정량적 평가방법에는 스펙트럴 정보를 이용하는 평가(Spectral quality assessment)와 공간정보를 이용하는 평가(Spatial quality assessment)로 대별된다. 먼저, 스펙트럴 정보를 이용하는 평가 방법에는 상관계수(Correlation Coefficient: CC), 표준편차와 평균값을 이용한 상대편차 분석(Relative Difference to Standard deviation: RDS and Relative Difference to Mean: RDM)방법이 있으며(Kim *et al.*, 2011; Yang, 2011), 공간정량적 평가 방법은 Edge-filtering을 이용하여 흑백영상과 혼합영상을 강조한 후에, 이 두 영상의 같은 위치에 있는 화소의 에지 위치(Edge location)을 평균제곱근오차(RMSE)를 이용하여 비교 분석하는 방법이다(Gangkofner *et al.*, 2008).

2) 지리객체 기반한 영상분석

본 연구에서는 최적화된 영상 융합 기법을 발견한 후 지리객체 기반한 영상분석(GEOgraphic Object-Based Image Analysis; GEOBIA)을 이용하여, 고해상도 위성영상을 이용하여 빌딩 추출을 통해 그 결과의 정확도를 분석하고자 한다. GEOBIA는 최초로 의학 적 응용을 위해 사용된 객체 기반한 영상분석(Object-Based Image Analysis: OBIA)에서 출발하여, 2008년 이후 지리정보과학(Geographic Information Science: GISci.)의 한 분과에 속하게 되었다(Hay *et al.*, 2008). 아래 Figure 3 는 이번 연구에서 제안된 GEOBIA의 작업 흐름도를 보여주고 있다.

GEOBIA의 작업흐름은 크게 영상분할 과 영상 분류 단계로 구분된다(Hay *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2010). 이 두 단계는 계층적 과정 속에 발전적 학습법을 통해 영상을 분류하고 군집화한다. 영상분할 기법은 동일한 특성을 갖는 지역을 지리 객체(Geo objects)화(또는 영상 객체)하는 단계와 분할된 지리 객체를

분류하는 과정을 갖는다. 좀더 구체적으로 지리 객체를 만들기 위해 영상분할의 알고리즘이 매우 중요하다. 본 연구에서는 다중해상도 분류기법(Multiresolution segmentation algorithm)을 이용하였다. 다중해상도 분류기법은 유사한 화소 값들을 분류(Segment) 하기 위하여 성장(Growing), 통합(Merging)과 분할(Splitting)의 과정을 갖는다(Blaschke *et al.*, 2008). 이러한 3단계의 과정은 색상 과 모양(Shape, compactness and smoothness) 동질성 기준(Homogeneity criterion)을 통해 최종적으로 지리 객체로 분할 된다. 결과적으로, 동일한 특성을 갖는 지역(Homogeneous areas)은 커다란 지리 객체들로 분할되고, 이질적 특성을 갖는 지역(Heterogeneous areas)은 작은 지리 객체들로 분할되어 군집화된다. 다중해상도 분류기법을 이용한 지리 객체 분류는 축척매개변수의 값에 따라 다양한 크기로 분류가 된다. 축척매개변수 값은 추출하고자 하는 지리 객체의 크기를 결정하는데, 다시 말해 추출하고자 하는 대상이 무엇이고, 그 대상이 어떠한 크기 또는 패턴을 갖는지에 따라, 축척매개 변수

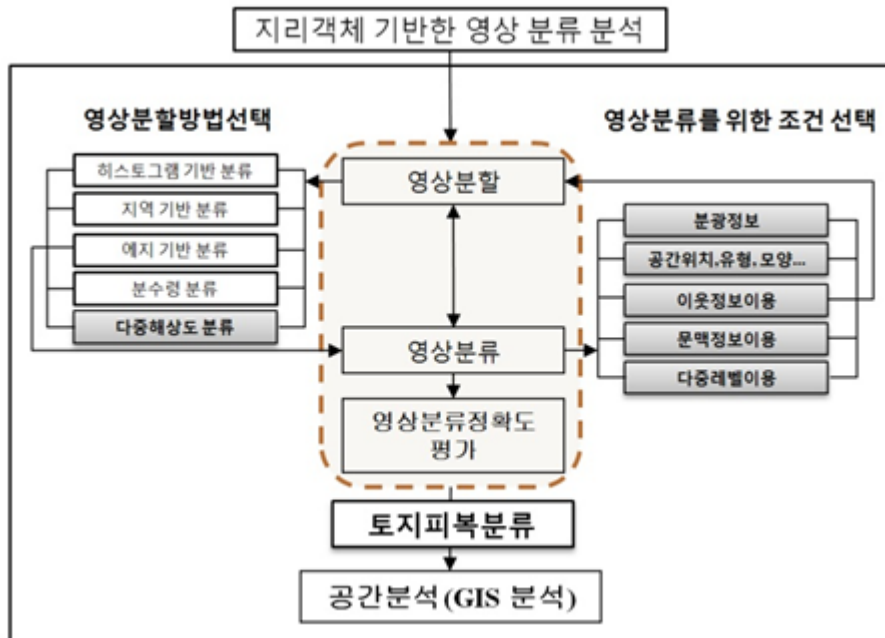


Figure 3. Work-flow for GEOBIA. 지리객체 기반한 영상분석을 위한 연구 흐름도

값을 다르게 줄 수 있다. 일반적으로 표준화된 축척매개변수 값의 범위는 없으며, 추출하고자 하는 관심대상의 객체에 따라 시행착오의 반복적인 과정을 통해, 과도한(영상내의 객체를 실제보다 많이 분할) 또는 충분하지 않은 영상분할(Over or under segmentation)을 피하기 위한 최적의 값을 갖는 축척매개변수를 찾는 노력이 필요하다. GEOBIA의 또 다른 장점은 영상분할과 분류를 통해 얻은 래스터 자료를 직접 벡터 자료화 할 수 있다는 점이다(Castilla *et al.*, 2008).

본 연구에서는 Figure 3에서와 같이 최적의 영상 융합 결과값을 갖는 혼합영상을 통해 GEOBIA를 이용한 빌딩추출을 시도하였으며, 이를 위해 다중해상도 분류와 영상분류를 위한 조건들을 통해 빌딩을 추출하였다. 최종적으로 PBIA를 통해 분류된 빌딩과 함께 참조지도를 이용하여 정확도 평가를 수행하였다.

4. 결과

1) 영상 융합결과

앞서 제시된 3가지 영역의 영상 융합방법들을 통해, 연구 지역 전체를 위한 1m 해상도를 갖는 혼합영상들이 구현되었다. 그러나, 아래 Figure 4에서는 다음 장에서 수행하게 될 빌딩추출의 결과물을 비교하기 위하여, 한 지역만을 확대하여 제공하였다.

혼합영상의 원 컬러영상(Figure 4a)은 영상 내에 있는 객체들이 무엇인지에 대한 심층적 예측은 가능하지만, 주차장, 도로, 바다 등등의 명확한 대상에 대한 인식은 어려웠다. 하지만, 영상 융합결과를 통해 나온 영상들은 4b(스펙트럴대체 영역), 4c(공간영역), 그리고 4d(산술변형)는 도로의 경계선, 수영장, 주차장, 빌딩, 그리고 사구에 있는 식물 등이 명확히 구별되었다.

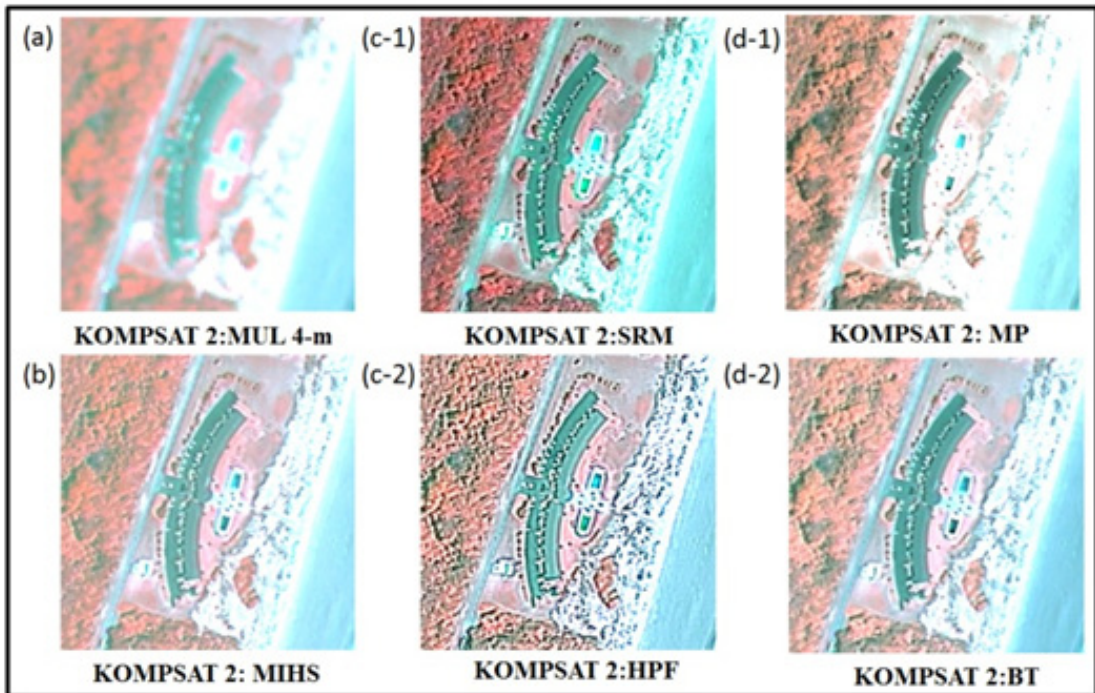


Figure 4. Results of image fusion (false color composite at a scale of 1:2,000). 영상 융합 결과

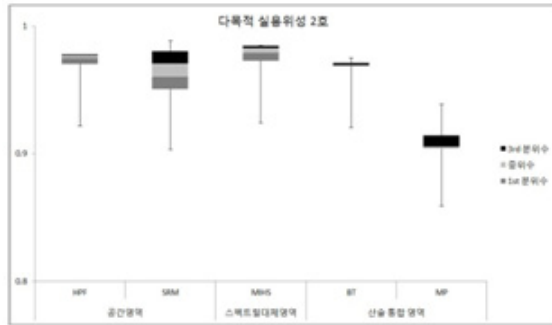
이처럼 영상 융합의 결과는 일반적으로 시각평가에 의해 향상된 결과를 비교하고 판단할 수 있다. 다시 말해, 영상의 선명도와 객체의 왜곡 정도(공간왜곡), 밴드 합성에 의한 영상의 질감 등의 차이를 통해 영상의 좋고 나쁨을 구별할 수 있다. 하지만, 이러한 영상 판독은 매우 주관적인 경향을 갖는다. 일반적으로 위성영상의 판독은 영상 해독자의 경험과 지식에 따라, 같은 영상에 동일한 방법과 조건을 사용하더라도 서로가 상이한 결과를 가져오게 된다(Wald, 2000). 그러므로, 좀더 객관적인 평가의 기준이 요구된다. 따라서, 다음 장에서 객관적 평가를 위하여 분광정보와 공간정보를 이용한 정량적 평가 방법을 수행하였다.

2) 영상 융합결과 평가

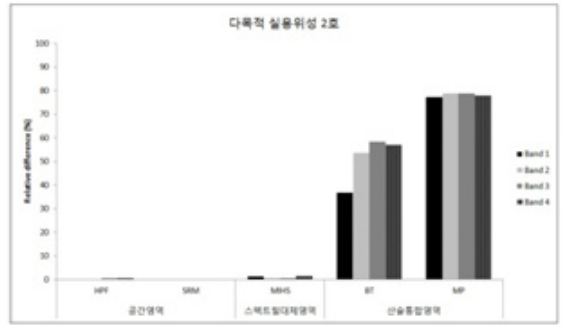
시각에 의한 영상 융합 결과의 평가는 영상 자료의 주관적 성향을 가지므로, 최종 결과물인 지리정보 추출물의 결과에도, 서로 다른 결과를 가져올 수 있다. 또한, 시각에 의한 평가 방법은 혼합 영상이 가지는 컬러의 왜곡을 평가하기에는 매우 어렵다(Wald, 2000). 따라서, 통계적인 방법을 통해 그 결과를 객관화하는 작업이 수반되어야 한다.

Figure 5는 영상 융합 결과에 대하여 스펙트럴 정보를 이용한 평가 결과와(CC, RDM, and RDS) 공간정보를 이용한 평가 결과(RMSE)을 보여주고 있다.

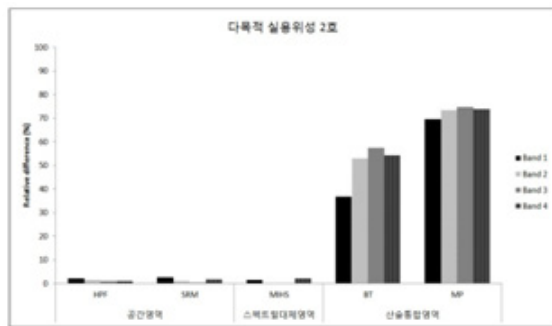
상관계수를 이용하는 방법은 혼합영상과 원 컬러 영상의 밴드 별 컬러의 유사성(Color similarity)을 평가하는 가장 일반적인 방법으로, 고해상도 위성 영상 평가에 널리 이용되고 있다(Wald *et al.*, 1997;



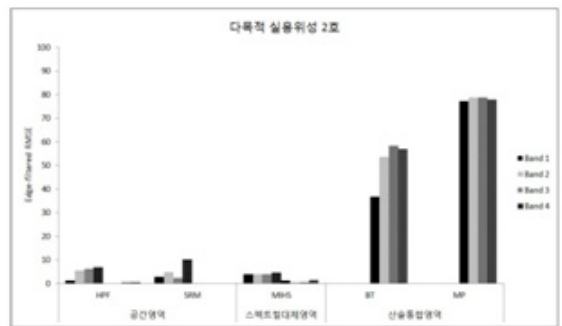
(a) 상관계수(CC)



(b) 상대편차평균값(RDM)



(c) 상대편차표준편차(RDS)



(b) 평균제곱근오차(RMSE)

Figure 5. Spectral and spatial quantitative assessment for fused images. 혼합영상을 위한 정량적 평가방법

Karathanassi *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2011; Yang, 2011). 두 영상에 대한 상관계수의 값이 +1에 가까울수록 높은 상관관계를 의미하며, -1에 가까울수록 반대의 결과를 의미한다. 본 연구에서의 다목적 실용위성 2호 영상자료에 대한 상관계수 분석결과 모든 영역에서 각 밴드 별로 +0.9 이상의 값을 나타냈다(HPF: +0.98, SRM: +0.97, MIHS: +0.98, BT: +0.97, MP: +0.91). 따라서, 상관계수만을 이용한 평가로는 최적의 영상 융합 법을 판별하기 어려웠다(Figure 5a).

다음으로, 표준편차와 평균값에 대한 상대편차 이용하는 방법(5b와 5c)은 혼합영상의 분광반사 값을 이용하여 그 빈도를 히스토그램을 이용하여 원 컬러 영상과의 차이를 비교하는 방법이다(Karathanassi *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2011; Yang, 2011). 이 방법은, 차이 값이 0%에 가까울수록 원 컬러 영상과의 높은 유사성이 있음을 의미한다. 본 연구에서 사용된 다목적 실용위성 2호에서, 공간영역에 속하는 HPF와 SRM 그리고 스펙트럴대체영역에 속하는 MIHS는 각각 1.5%, 1.5%와 1.1%의 높은 유사성을 보여주었으며, 산술변형영역에 속하는 BT와 MP의 경우 각각 50%와 75%의 매우 낮은 유사성을 보여 주었다(Figure 5b와 5c). 이처럼 앞서 제시된 상관계수와, 분광정보의 표준편차와 평균값의 차이를 비교하는 3가지 방법 들은 혼합된 영상의 컬러정보를 원영상과 비교하는 방법으로, 스펙트럴 정량적 평가 방법에 속한다.

다음으로 이어지는 방법은 공간적으로 객체의 상세함의 정도를 비교하는 정량적 방법이다. 이 방법은 Sobel edge 연산방법을 이용하여, 원 흑백영상과 혼합된 영상에 대해 공간적으로 어느 정도 유사성을 갖는지 비교하는 방법이다(Pradhan *et al.*, 2006; Gangkofner *et al.*, 2008; Yang, 2011). 좀더 구체적으로 언급하자면, 3x3의 kernel(또는 Moving window)을 이용하여, 원 흑백영상과 혼합된 영상에 있는 객체에 대한 edge를 강조한 뒤, 평균제곱근 오차를 이용하여 두영상에 대한 공간적 불일치를 비교하는 방법이다. 즉, 각 화소의 공간왜곡의 평균 양을 수량화하여 비교 하는 방법이다. 다목적 실용위성 2호의 경우 공

간영역과 스펙트럴 대체영역에 속해 있는 HPF, SRM 그리고 MIHS 영상 융합 방법들이 각각 +5.1, +5.1, +4.2의 RMSE 값을 가졌다. 특히, MIHS에 의한 혼합 영상은 모든 밴드의 영역이 +5 이하로서 안정적인 결과를 보여주었다. 산술변형영역에 속하는 BT와 MP는+51과 +78의 높은 공간적 불일치를 보여주었다.

앞서 제공된 정량적 평가 방법을 종합하자면, 공간영역에 속하는 HPF와 SRM 그리고, 스펙트럴 대체영역에 속하는 MIHS이 모든 평가 방법에서 높은 유사성을 보여 주었다. 다시 말해, 다목적 실용위성 2호 영상자료와 같은 고해상도 위성영상의 경우 공간영역과 스펙트럴대체 영역이 적합함을 알 수 있었다. 특히, MIHS 방법은 모든 평가 방법에서 가장 높은 공간적 일치도와 컬러정보의 높은 유사성 보여주었다. 따라서, 본 연구에서는 MIHS를 이용하여 지리정보 추출을 위해 적합한 영상분류 방법의 탐색에 이용하였다.

5. 영상분류기법 비교

본 장에서는 영상 융합의 평가를 통해 얻은 최적의 혼합 영상(MIHS에 의해 도출된 결과)을 이용하여, PBIA와 GEOBIA에 의한 영상분류 결과를 비교하고자 한다. 본 연구에서는 두 방법론의 결과물을 비교하기 위하여 단일 객체(빌딩)만을 추출하여 서로에 대한 정확도를 비교하였다.

1) PBIA와 GEOBIA에 의한 빌딩 추출

먼저, 일반적으로 널리 알려진 화소 기반한 영상 분류(PBIA)를 시도하였다. 영상분류 방법은 무 감독 과 감독 분류로 나누어지는데, 본 연구에서는 무 감독 분류 방법인 ISODATA(Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique)방법을 이용하여 영상분류를 시도하였다. 이 방법은 자기발견 학습법으로 k-평균 군집화 알고리즘을 이용하여 사용자가 원하는

만큼의 군집 분류를 수행할 수 있다(Schowengerdt, 1997; Duda *et al.*, 2001; Stow *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2008).

Figure 6A는 ISODATA에 의한 빌딩추출 결과를 보여주고 있다. A-a는 MIHS에 의한 혼합영상으로 1m 해상도와 4개 밴드의 분광정보를 갖는다. ISODATA를 이용하여, 20 classes를 이용하여 세부적인 영상분

류를 시도하였다(A-b). 이후, 재 분류 과정을 통해 빌딩의 지붕과 주차장이 추출되었으며(A-c). 최종적으로, 빌딩의 지붕이 추출(A-d) 되었다. 재 분류과정에서 사용된 영상자료는(A-c) 원하지 않는 지역들(해안가, 산림과 주차장)에서, 빌딩 지붕과 비슷한 분광정보들이 분류되었다. 따라서, 불 필요한 부분에 대한 분류들을 제거하고 연구의 관심지역인 빌딩만을

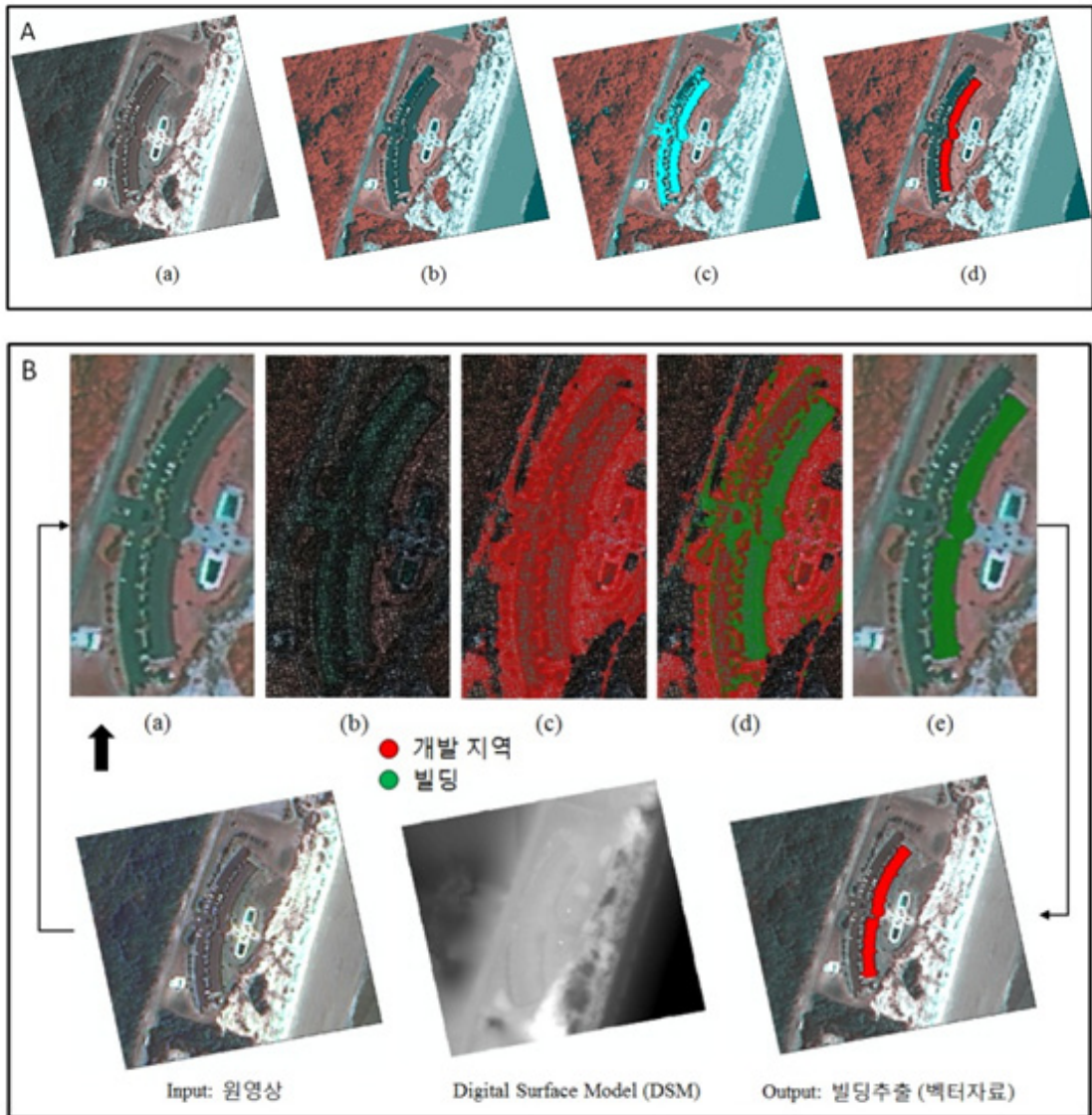


Figure 6. Comparison of PBIA and GEOBIA. 화소기반과 지리객체기반한 영상분석방법에 의한 빌딩 추출비교

수동적으로 추출하였다(A-d).

다음으로 GEOBIA에 의한 결과에서는 먼저, 영상 분할을 통해 지리객체를 구분하였다(B-b). 이때, 축척 매개변수 5를 사용하여 빌딩 추출을 위한 지리객체를 분할하였으며, 수치표면모델(Digital Surface Model: DSM)을 이용하여 고도 14.15~15.74m 평균값의 범위를 갖는 지리객체들을 2차 분류하였다(B-c). DSM은 LiDAR(Light Detection and Ranging) multiple return points에 의해 1m의 공간해상도를 갖는 래스터 포맷으로 변환되었다. 다음으로, 2차로 분류된 지역에 속해있는 나무들을 제거하기 위하여 분광정보를 이용하여 다음의 공식과 함께 나무를 제거하였다. $([\text{Mean green}] \setminus [\text{Mean blue}] + [\text{Mean green}] + [\text{Mean red}])$. 일반적으로 빌딩과 나무들은 분광정보에 있어 상당한 차이를 보인다. 따라서, 이 공식에 의한 그린비율(Green ratio)의 값이 $\leq +0.38$ 의 범위에 있는 지리객체들이 3차단계에서 분할되었다(B-d). 다음으로, 주차장과 빌딩지붕과의 각 밴드 별 분광정보 값의 차이를 구분하여 주차장을 제거하였다. 다음으로 빌딩 주변의 분류되지 않은(Miss-classified)

작은 지리객체들을 문맥정보(Context information)를 이용하여, 기존에 분류된(3차 단계에서 분류된) 빌딩 객체에 첨가하였다. 다시 말해, 이웃객체와의 관계(Relations to neighbor objects) 함수를 이용하여, 빌딩경계 가까이 있는 $\leq +0.4$ 의 값을 갖는 지리객체들을 새롭게 추가하여 빌딩지붕을 추출하였다. 이후 통합(Merging) 방법으로 여러 개로 분할된 지리객체들을 하나의 객체로 만들고(B-e), 최종적으로 벡터자료로 변환하였다.

2) 두 영상기법에 의한 빌딩 추출물 비교

영상분류 이후 그 결과에 대한 정확도 평가는 토지 이용 및 피복의 분류를 위해 반드시 수반되어야 하는 단계이며, 그 결과를 검증하기 위한 가장 효과적인 방법이다(Jensen, 2007; Lillesand *et al.*, 2008). 본 연구에서는 두 결과물의 정확도를 비교하기 위하여 Non-site-specific assessment 방법(Blaschke *et al.*, 2008)의 하나인 참조 지도(Reference map)와의 비교로 PBIa와 GEOBIA에 의한 영상분류 결과물의 정확도를 평

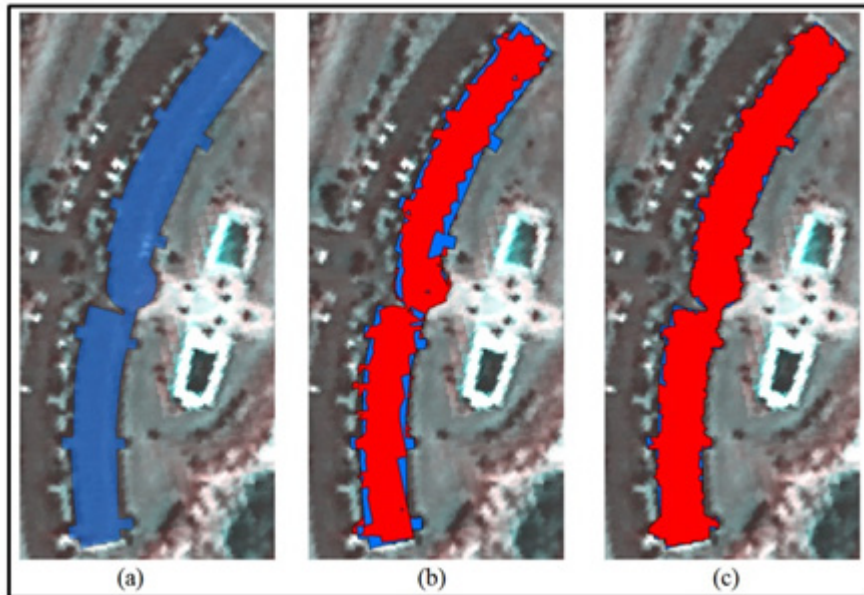


Figure 7. Non-site specific assessment for evaluating building extractions with a reference map. 참조지도를 이용한 빌딩추출물 a(PBIa에 의한)와 b(GEOBIA에 의한) 정확도 평가

가하였다.

Figure 7a는 0.5m의 고해상도 항공사진으로부터 추출된 빌딩이며, 영상분류평가를 위한 참조지도로 이용되었다. 이 참조지도의 빌딩 면적은 4434.63m², PBIA에 의한 빌딩(Figure 7b) 면적은 약 3631.2m²으로 약 81.9%의 정확도를 얻었다. GEOBIA에 의한 빌딩(Figure 7c) 면적은 약 4305m²으로 약 97.1%의 정확도를 갖는다. 따라서, GEOBIA에 의한 영상분류가 매우 높은 정확도를 보여 주었다.

6. 요약 및 결론

위성 영상으로부터 보다 정확한 지리정보를 추출하고 이 추출된 지리객체가 다양한 분야에 적극적으로 활용되어지기 위해서는 지리 정보 추출 기법인 영상 융합과 영상 분류에 대한 정확한 이해와 분석이 수행되어야 한다. 특히 고해상도 영상과 점점 더 다양해지는 다중 밴드를 갖는 위성 영상에 대한 최적의 영상 융합과 분류 방법에 대한 탐색은 지리 정보 구축의 질적 향상을 유도 할 수 있는 매우 중요한 지리 정보 추출 기법이 될 것이다. 만약 정확한 측정의 기준과 평가 없이 일반적으로 사용되어오던 영상융합 기술이 고해상도 위성영상에 이용된다면, 신뢰할 수 없는 지리 정보 구축의 가능성을 내포하게 될 것이다. 따라서 고해상도 위성영상 자료, 특히 대한민국의 고해상도 위성영상 자료가 다양한 응용분야에 활발히 이용되어지기 위하여 다양한 연구가 반드시 수행되어야 할 것이다.

이에 따라 본 연구는 연안 지역을 대상으로 다목적 실용위성 2호 영상자료를 이용하여 연구지역에 적합한 최적의 영상 융합 기술과 영상분류 기법의 발견을 시도하였다. 좀더 자세히 요약하자면, 본 연구에서 제안된 3가지 영상 융합 방법들(공간영역, 스펙트럴 대체 영역, 산술변형영역)을 이용하여 혼합영상의 결과물들을 시각적으로 그리고 분광정보와 공간정보를 이용한 정량적 평가를 통해 최적의 영상융합 결과물을 발견하였다. 그 결과 공간영역에 속하는 HPF와

SRM, 스펙트럴대체 영역에 속하는 MIHS영상 융합 방법이 가장 높은 공간 일치도와 유사성을 보여주었으며, 특히 MIHS는 모든 정량적 평가방법에서 최고의 결과 값을 보였다.

다음으로 MIHS로부터 얻은 혼합영상을 이용하여 고해상도 위성영상 내에 있는 빌딩 추출에 가장 적합한 영상분류 기법의 발견을 시도하였다. 먼저 PBIA의 무 감독 분류인 ISODATA를 이용하여 빌딩을 추출하였으며, 또한 GEOBIA를 이용하여 빌딩 추출물의 결과를 통해, 최적의 영상분류 결과물을 갖는 방법을 발견하였다. ISODATA와 GEOBIA는 모두 자기발견적 학습을 갖는 영상분류방법이다. 그러나 GEOBIA와의 가장 큰 차이점은인간의 인식(human cognition), 즉 영상판독자의 경험과 지식을 하나의 계층적 구조 안에 입력하여 자동화된 영상분류가 가능한 영상분류 규칙(a rule set)을 만들 수 있다는 점이다. 물론 PBIA의 분광정보를 통해 좀더 다양한 기준들과 통계 방법들을 적용한다면, 더욱 정확한 결과를 얻을 수도 있을 것이다. 그러나, 앞서 제시된 PBIA의 제한 점들처럼 매우 많은 영상 분류 단계가 요구되며, GEOBIA처럼 모든 영상 분석의 규칙들을 자동화하는 데에 매우 복잡한 단계가 요구되고 있다. 비록 본 연구에서는 단일 객체(빌딩)만을 이용한 지리 객체 기반 영상 분석을 수행하였으나 GEOBIA를 이용하여 제시된 하나의 규칙(4가지 단계를 포함하고 있는)을 통해 연구 지역내의 모든 빌딩에 대한 자동화된 추출이 가능하다. 또한, LiDAR와 같은 보조 자료를 직접 고해상도 위성영상과 함께 이용할 수 있기 때문에 높은 위치 정확도를 갖는 지리정보 추출이 가능한 장점을 갖는다. 이는 분광정보만을 이용하는 방법보다는 더욱 정확하고 정밀한 영상분류 결과값을 발견해 낼 수 있다.

본 연구는 앞서 수행된 연구들을 통해 다음의 두 가지 한계를 발견하였다. 먼저 본 연구에서 제안된 영상 융합 방법들 이외의 영상융합 방법의 적용이 요구된다. 특히 고해상도 위성 영상은 서로 다른 평가 방법에 따라 다르게 반응하기 때문에 각 영상 별로 최적화된 영상융합기법의 발견은 지리정보를 추출하기 이전에 반드시 수행 되어야 할 단계이다. 이는 고

해상도 위성영상 활용의 실용적 측면에서 매우 중요한 의미를 가진다. 평가 방법에 있어, 본 연구에서는 분광정보와 공간정보의 정략적 평가 방법에 포함되는 4가지 통계 방법들을 통해 그 결과를 단계적으로 분석하여 최적화된 영상융합결과를 얻어 내었다. 그러나 그 이외 다양한 영상 평가 방법들이 있다. 가령, Mean structural similarity index(MSSIM), Peak signal to noise ratio(PSNR), and UIQI(a universal image quality index)과 같은 방법들은 인간의 시각 체계를 이용한 평가 비교 방법이며, 방사왜곡의 정도를 측정하는데 이용되는 방법들이다(Wang *et al.*, 2002 and 2004). 아직은 고해상도 위성영상의 혼합영상에 대해 널리 규격화된 평가 방법들이 없기 때문에(Zhang, 2002 and 2008) 새로운 평가방법의 기준이 제시되어야 할 것이다.

두 번째로 GEOBIA를 이용하여 지리 객체를 분류할 때, 축척분할 값의 크기에 따라 많은 양의 지리 객체를 만들어 내는 과 분할 문제와 적은 양의 지리 객체를 만들어 내는 소 분할에 대한 대안 문제점 있다. 그리고 고해상도 위성영상과 같은 방대한 양의 자료를 다루기 위한 분석 처리 시간도 자동화된 영상 분류와 신속한 지리정보 구축을 위해 반드시 해결되어야 할 과제이다.

결론적으로, 본 연구에서 제안된 영상 융합 방법 중 MIHS가 연구지역을 촬영한 다목적 실용위성 2호 영상자료에 가장 적합한 조건을 갖는 영상 기법으로 발견 되었다. 또한 높은 정확도를 요구하는 연안해 지역의 빌딩 추출에 있어서도 다양한 정보의 활용이 가능한 GEOBIA방법이 최적의 영상분류 기법으로 결정되었다. 이러한 지리정보 추출 기법들의 분석 과정과 결과는 앞으로의 고해상도 위성영상의 활용을 극대화하는데 중요하게 작용할 것이다.

사사

본 연구에서 사용된 다목적 실용위성 2호는 2008년 4월 한국항공우주연구원(KARI)에 의해 연구 목적

으로 제공받은 영상입니다. 다시 한번, 본 연구 논문을 통해 감사의 마음을 전하고자 합니다.

참고문헌

- Aiazzi, B., Alparone, L., Baronti, S., and Garzelli, A., 2002, Context-driven fusion of high spatial and spectral resolution images based on oversampled multiresolution analysis, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40(10), 2300-2312.
- Blaschke, T., Lang, S., Hay, G. J., 2008, *Object-Based Image Analysis: Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications*, Springer, Inc, Verlag Berlin Heidelberg, 817p.
- Castilla, G., Hay, G.J., and Ruiz, J.R., 2008, **Size-controlled region merging(SCRM): An automated delineation tool for assisted photointerpretation**, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 74(4), 409-419.
- Crowell, M., Edelman, S., Coulton, K., and McAfee, S., 2007, How many people live in coastal areas?, *Journal of Coastal Research*, 23(5), Iii-Vi.
- Duda, R., Hart, P. E., and Stork, D .G., 2001, *Pattern Classification*, 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 680p.
- ERDAS, 2010, *ERDAS Imagine electronic Help document*, Atlanta, **Georgia: The Earth to Business Company**.
- Gangkofner, U.G., Pradhan, P.S., and Holcomb, D.W., 2008, Optimizing the high-pass filter addition technique for image fusion, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 74(9), 1107-1118.
- Gonzalez-Audicana, M., Salera, J.L., Catalan, R.G., and Garcia, R., 2004, Fusion of multispectral and panchromatic images using improved IHS and PCA mergers based on wavelet decomposition, *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 42(6), 1291-1299.
- Hay, G.J., and Castilla, G., 2008, Geographic object-based image analysis (GEOBIA): A new name for a new

- discipline, *Object-Based Image Analysis - Spatial Concepts for Knowledge-driven Remote Sensing Applications* (T. Blaschke, S. Lang, and G.J.Hay, editors), Springer-Verlag, Berlin, 75-89.
- Jensen, J. R., 2007, *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective*, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 592p.
- JIA, 2004. *Jekyll Island State Park Island-wide Master Plan Update*.
- Karathanassi, V., Kolokousis, P., Ioannidou, S., 2007, A comparison study on fusion methods using evaluation indicators, *International Journal of Remote Sensing*, 28(10), 2309-2341.
- Kim, H., and Ku, C., 2008, A machine learning approach for knowledge base construction incorporating GIS data for land cover classification of Landsat ETM+ image, *Journal of the Korean Geographical Society*, 43(5), 761-774.
- Kim, H., and Choi, J., 2011, Hybrid dasymmetric mapping for population density surface using remote sensing data, *Journal of the Korean Geographical Society*, 46(1), 50-66.
- Kim, M., Holt, J.B., and Madden, M., 2011, Comparison of Global-and Local-scale Pansharpening for Rapid Assessment of Humanitarian Emergencies, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 77(1), 51-63.
- Kim, M, **Madden, M, and Xu Bo, 2010, GEOBIA Vegetation Mapping in Great Smoky Mountains National Park with Spectral and Non-spectral Ancillary Information**, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 76(2), 139-149.
- Klonus, S., Ehlers, M., 2007, Image fusion using the Ehlers spectral characteristics preservation Algorithm, *GIScience and Remote Sensing*, 44(2), 93-116.
- Kressler, F., Kim, Y.S., Schiller, C. and Steinnocher, K., 2006, *Kompsat 1 and Kompsat 2 from a European perspective*, **Proceedings from the 2nd International Workshop "The Future of remote sensing"**, October, 17th-18th, Antwerp, CD-ROM 5.
- Lane, M.A., 2009, **Multi-class Automated and semi-automated feature extraction Using ERDAS** IMAGINE Objective, http://earth.eo.esa.int/rtd/Events/2009_ESA-EUSC-JRC/Papers/Pap_Lane.pdf, European Space Agency, Paris (Accessed 12.11.2011).
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., and Chipman, J., 2008, *Remote Sensing and Image Interpretation*, 6th Ed., John Wiley & Son, Inc, New York, 756p.
- McDonald, B., 2010, *Remember Jekyll Island State Park*, Langdon Street Press, Minneapolis, MN:, 290p.
- Page, S., and Connell, J., 2006, *Tourism: A Modern Synthesis*, Thomson Learning, 3rd Ed., London, UK, 546p.
- Pohl, C., and **Van Genderen, J.L., 1998, Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications**, *International Journal of Remote Sensing*, 19(5), 823-854.
- Pradhan, P., King, R., Younan, N.H., and Holcomb, D.W., 2006, **The effect of decomposition levels in wavelet-based fusion for multiresolution and multi-sensor images**, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44(12), 3674-3686.
- Schowengerdt, R. A., 1997, *Remote Sensing Models and Methods for Image Processing*, 2nd Ed., Academic, New York, NY, 525p.
- Small, C. and Nicholls, R. J., 2009, A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones, *Journal of Coastal Research*, 19(3), 584-599.
- Stow, D., Coulter, L., Kaiser, J., Hope, A., Service, D., Schutte, K., and **A. Walters, 2003, Irrigated Vegetating Assessments for Urban Environments**, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(4), 381-390.
- Vrabel, J., 1996, Multispectral imagery band sharpening study, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(9), 1075-1083.
- Wald, L., Ranchin, T., and Mangolini, M., 1997, Fusion of satellite images of different spatial resolutions: **Assessing the quality of resulting images**, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63(6), 691-699.
- Wald, L., 2000, A conceptual approach to the fusion of Earth observation data, *Surveys in Geophysics*,

- 21(2), 177-186.
- Wang, Z and Bovik, A. C., 2002, **A universal image quality index**, *IEEE Signal Processing Letters*, 9(3), 81-84.
- Wang, Z, Bovik, A. C., and Sheikh, H. R., Simoncelli, E. P., 2004, Image quality assessment: From error visibility to structural similarity, *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(4), 600-612.
- Yang, B. Y., 2011, *A GIScience Framework for Sustainable Development, Tourism and Management of Coastal Barrier Islands in Georgia*, Dissertation, University of Georgia, 153p.
- Yang, B. Y., Madden, M., Jordan, T. R., and Cordell, K.H., 2012a, **Geospatial Methods for Demarcating Barrier Islands**, *Ocean & Coastal Management*, 55(1), 42-51.
- Yang, B. Y., Madden, M., Jordan, T.R., and Kim, J. W., 2012b, Geospatial analysis of barrier island beach availability, *Tourism Management*, 33(4), 840-854.
- Yu, Keun Bae, 2009, Coastal zone management in the United States of America, *Journal of the Korean Geographical Society*, 44(4), 481-496 (in Korean).
- Zhang, Y. 2002, **A New Automatic Approach for Effectively Fusing Landsat 7 as well as IKONOS Images**, *IEEE/IGARSSmag*, Toronto, Canada, June, 24-28.
- Zhang, Y. 2008, **Methods for Image Fusion Quality Assessment**, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Vol XXXVII. Part B7. Beijing 2008.
- Zhou, J., Civco, D.L., and Silander, J.A., 1998, **A wavelet transform method to merge landsat TM and SPOT panchromatic data**, *International Journal of Remote Sensing*, 19(4), 743-757.
- 교신: 황철수, 130-701, 서울특별시 동대문구 경희대로 26 경희대학교 지리학과(이메일: hcs@khu.ac.kr, 전화: 02-961-9313, 팩스: 02-964-0250)
- Correspondence: Chulsue Hwang, Department of Geography, Kyung Hee University, 26 Kyunghee-daero, Dongdaemun-gu, Seoul 130-701, Korea (e-mail: hcs@khu.ac.kr, phone: +82-2-961-9313, fax: +82-2-964-0250)
- 최초투고일 2012. 3. 20
수정일 2012. 4. 4
최종접수일 2012. 4. 12