Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 21(1) 2018, pp. 35-45 ISSN 1226-9719(Print)On
https://doi.org/10.11108/kagis.2018.21.1.035 ISSN 2287-6952(Online)

항공 초분광 영상으로부터 연안지역의 SAM 토지피복분류*

이진덕[1※] · 방건준[1] · 김현호[2]

Land Cover Classification of Coastal Area by SAM from Airborne Hyperspectral Images*

Jin-Duk LEE[1※] · Kon-Joon BANG[1] · Hyun-Ho KIM[2]

요 약

항공기 탑재용 초분광 카메라시스템에 의해 얻어진 영상데이터는 수십 내지 수백의 연속된 초분광 해상도로부터 동시에 각 화소별 완전한 분광 및 공간정보를 포함하고 있으므로 복잡한 연안지역에 대한 해안선 매핑, 특정재료로 이루어진 시설물 탐지, 연안지역의 토지이용 상세분석 및 변화모니터링 등에 그 활용잠재성이 대단히 크다. 육역과 해역을 포함하는 연안지역을 대상으로 항공기 탑재 초분광센서인 CASI-1500으로부터 취득된 초분광 항공영상을 이용하여 분광각매퍼(SAM;Spectral Angle Mapper) 감독분류방법으로 토지피복분류를 행하였다. 첫번째, 대기보정영상에 대하여 육역과 해역이 포함된 지역에 대한 통합분류, 두번째, 육 · 해역의 통합분류결과로부터 육역과 해역의 분리 후 재분류, 그리고 세번째로 육역만을 대상으로 한 분류를 각각 수행하여 결과 및 정확도를 비교하였다. 또한 초분광 항공영상 48개 밴드로부터 IKONOS, QuickBird, KOMPSAT, GeoEye 등 고해상도 위성영상과 동일한 파장대의 4개 밴드영상, 그리고 WorldView-2 위성영상과 동일한 파장대의 8개 밴드영상만을 선택하여 각각 토지피복분류를 수행하고 초분광 48개 밴드영상으로 분류한 결과와 비교하였다. 연구결과, 연안지역에 대한 육역과 해역 통합영상으로 분류하는 것에 비해 육역과 해역 통합영상으로 분류한 후 육역과 해역을 분리하여 재분류를 수행하는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 육역의 분류 결과에서 분광해상도가 높은 영상의 결과일수록 아스팔트나 콘크리트 도로가 더 정확하게 분류되었다.

주요어 : 항공기 탑재 초분광센서, 초분광 영상, 연안지역, 토지피복분류, 분광각매퍼

ABSTRACT

Image data collected by an airborne hyperspectral camera system have a great usability

2018년 2월 2일 접수 Received on February 2, 2018 / 2018년 3월 7일 수정 Revised on March 7, 2018 / 2018년 3월 9일 심사완료 Accepted on March 9, 2018
* 본 연구는 2015년 금오공과대학교 학술연구비(과제번호: 2015-104-053)지원에 의해 수행되었음.
1 금오공과대학교 토목공학과 Dept. of Civil Engineering, Kumoh National Institute of Technology
2 ㈜한성유아이 Hansung UI Inc.
※ Corresponding Author E-mail : jdlee@kumoh.ac.kr

in coastal line mapping, detection of facilities composed of specific materials, detailed land use analysis, change monitoring and so forh in a complex coastal area because the system provides almost complete spectral and spatial information for each image pixel of tens to hundreds of spectral bands. A few approaches after classifying by a few approaches based on SAM(Spectral Angle Mapper) supervised classification were applied for extracting optimal land cover information from hyperspectral images acquired by CASI-1500 airborne hyperspectral camera on the object of a coastal area which includes both land and sea water areas. We applied three different approaches, that is to say firstly the classification approach of combined land and sea areas, secondly the reclassification approach after decompostion of land and sea areas from classification result of combined land and sea areas, and thirdly the land area-only classification approach using atmospheric correction images and compared classification results and accuracies. Land cover classification was conducted respectively by selecting not only four band images with the same wavelength range as IKONOS, QuickBird, KOMPSAT and GeoEye satelllite images but also eight band images with the same wavelength range as WorldView-2 from 48 band hyperspectral images and then compared with the classification result conducted with all of 48 band images. As a result, the reclassification approach after decompostion of land and sea areas from classification result of combined land and sea areas is more effective than classification approach of combined land and sea areas. It is showed the bigger the number of bands, the higher accuracy and reliability in the reclassification approach referred above. The results of higher spectral resolution showed asphalt or concrete roads was able to be classified more accurately.

KEYWORDS : Airborne Hyperspectral Sensor, Hyperspectral Imagery, Coastral Area, Land Cover Classification, Spectral Angle Mapper

서 론

초분광 센서(hyperspectral sensor)는 영상을 구성하는 각 화소에 해당하는 지표물의 연속적이고 완전한 분광정보를 취득하는 장비이고, 초분광센서 영상은 연속적이고 좁은 파장역으로 수십에서 수백 개의 분광밴드를 가지고 데이터를 취득한다. 지표면으로부터 반사 또는 방출되는 태양복사에너지를 감지하여 미세한 분광특성을 분석함으로써 토지피복, 식생, 수질, 갯벌 특성 등의 식별에 이용된다. 초분광 원격탐사시스템은 전형적으로 10nm 이하의 비교적 좁은 밴드 폭을 가진 최소 10개 이상의 분광밴드에서 자료를 수집한다(Baltsavias, 2002). NASA의 Terra 및 Aqua 위성에 탑재된 36개의 밴드로 구성된 MODIS나 224개의 밴드로 구성된 NASA의 AVIRIS가 여기에 속한다.

국내에서도 초분광 영상 분류에 대한 연구들이 수행되어왔다. Han *et al.*(2003)은 초분광 데이터를 이용한 분류를 수행하기 위하여 밴드 추출 방식을 알아보고, 분류영상의 정확도 평가를 통하여 밴드 추출의 효용성을 시험하였다. Ga *et al.*(2004)은 초분광 영상 분류에 있어서 최대우도분류(MLC) 알고리즘보다 SAM(Spectral Angle Mapper), SFF(Spectral Feature Fitting) 알고리즘이 더 효과적임을 확인하였다. Cho *et al.*(2004)은 무감독 SAM 기법을 이용하여 초분광 영상 분류 결과를 발표하였다. Song(2005)은 EO-1 Hyperion 영상 자료를 이용하여 지질매체 분류에 관한 연구를 수행하였다. Cho *et al.*(2006)은 기존 무감독 분광각

분류(USAC, Unsupervised Spectral Angle Classification) 연구에서 해결하지 못한 문제점들을 보완한 반복최적화 무감독 분광각 분류(ISOUSAC, Iterative Self-Organizing USAC) 기법을 제안하였다. Park(2009)는 EO1-Hyperion 초분광 영상의 분류에 있어 이론적으로 밴드수가 많아질수록 분류정확도가 높을 것이라 예상되는, 다변량 통계분석기법중의 하나인 정준상관분석을 적용한 분류기법을 제안하였고, 2009년 정준상관분류에 의한 초분광 영상분류에서 유효밴드를 선정하고 추출하는 방법을 제시하였다. Choi *et al.*(2006)은 Hyperion 영상에 polynomial kernel, RBF kernel을 사용한 SVM 분류기와 분광유사도 커널을 사용한 SVM 분류기를 적용하여 토지피복분류를 시행하고, 분류결과를 통해서 분광유사도 커널을 사용한 SVM 분류기가 정량적, 공간적으로 가장 우수한 결과를 보임을 확인하였다. Byun *et al.*(2007)은 영상의 각 화소스펙트럼을 확률변수로 간주하고 두 스펙트럼간의 유사 상호정보량을 통하여 유사도를 측정함으로써 영상을 분류하는 SMI(Spectral Mutual Information)이라는 새로운 스펙트럼 유사도 측정기법을 제안하였으며, 기존에 개발된 SAM, SSV 분류기법을 이용하여 동일지역에 대해 분류를 수행하고 분류 정확도를 비교 평가하였다. Park(2010)은 초분광 데이터 분류에서 평탄도 제약을 갖는 LDA 규칙화 방법을 소개하고 학습 데이터 조건에 따른 성능을 실험적으로 분석하였다. 김태우 등은 2012년 항공기 탑재 초분광영상을 활용하여 산림지역의 식생-Endmember와 식생지수의 상관분석을 실시하였으며, 2013년에 항공기 탑재 초분광영상을 활용하여 분광각매퍼기법의 감독 및 무감독 분류를 통해서 도시내 소규모 녹지에 대한 정량적 탐지연구를 수행하였다.

본 연구에서는 첫째, 항공 초분광센서 CASI-1500으로부터 취득된 48개 밴드의 초분광영상으로부터 IKONOS, QuickBird, KOMPSAT, GeoEye 위성영상과 동일한 4개 밴드영상, 그리고 WorldView-2 위성영상과 동일한 8개 밴드영상만을 선택하여 각각 토지피복분류를 수행하고 초분광 48개 밴드영상으로 분류한 결과와 비교하였다. 항공 초분광영상이 1m 공간해상도이고 1m급 또는 1m 미만의 고해상도 위성영상과 동일한 밴드 폭의 4개 밴드 또는 8개 밴드영상으로 분류한 결과를 비교하고자 하였다. 둘째, 전처리 작업으로 대기보정을 수행한 영상에 대하여 수행한 후 분광각매퍼(SAM; spectral angle mapper)방법으로 육역과 해역이 포함된 연안지역에 대한 통합분류, 통합지역에 대한 분류결과로부터 육역과 해역의 분리 후 재분류, 그리고 육역만을 대상으로 한 분류를 각각 행하여 이 세가지 결과를 비교하고 정확도를 평가함으로써 육역과 해역이 공존하는 해안선 주변 연안지역에 대하여 초분광영상에 의한 토지피복분류에 적절한 방법을 제시하고자 하였다.

초분광 영상데이터 수집

1. 연구지역

본 연구의 대상지역은 위도 36° 0′ 33″ ~ 36° 9′ 43″ , 경도 126° 0′ 43″ ~126° 0′ 59″ 범위의 충남 태안군 일원의 해역과 육역을 포함하는 연안지역으로서 취락지, 농경지, 산림, 해역 등이 고루 분포되어 있는 총면적 약 582,498㎡를 선정하였다. 그림 1은 연구지역을 나타낸 것이다.

2. 데이터 수집

본 연구에 사용된 항공 초분광센서는 국내에서 운용되고 있는 캐나다 ITRES사의 CASI-1500 모델이다. 이 장비는 380nm~1,050nm의 분광해상도를 가지고 있으며, 최대 288개의 분광밴드를 취득할 수 있다. 푸쉬브룸(push broom) 촬영방식으로서 횡방향의 고정된 폭(swath)을 가지고 촬영 대상지역의 영상을 취득한다. 또한 신호대 잡음비와 방사해상도가 우수하며, 분광해상도 및 공간해상도를 유연하게 조절할 수 있는 장점이 있다.

대상지역의 CASI 초분광 항공영상은 2012년 8월 5일 정오경 촬영되었으며, 촬영고도 약

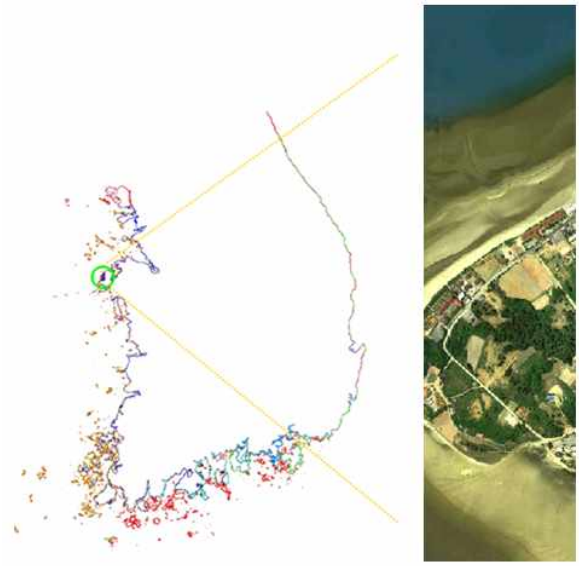


FIGURE 1. Study area(Taean, Chungnam)

2km, 방사해상도 14bit, 공간해상도 1m×1m급, 행 2,400 픽셀, 열 2,862 픽셀로 구성되어 있다. 이 영상은 380nm부터 1,050nm까지의 범위에서 48개의 밴드로 구성되어 있으며, 밴드 폭은 14.4nm이다.

분광각매퍼(SAM) 기법을 이용한 감독분류

영상에 의한 토지피복분류는 분류 주체에 따라 감독분류와 무감독분류의 두 가지로 크게 나눌 수 있다. 또한 감독 분류는 그 방법에 있어 화소 기반 분류와 객체 기반 분류로 나눌 수 있다. 화소기반의 감독분류방법으로 최소거리분류(maximum distance classification), 평행육면체분류(parallel-piped classification), 최대우도분류(maximum likelihood classification), 분광각매퍼 분류(spectral angle mapper classification) 등이 일반적으로 많이 사용되고 있다.

분광각매퍼기법(SAM:spectral angle mapper)은 대기보정된 픽셀을 이용해 이들과 참조스펙트럼과 동일한 n차원에서 비교된다. 여기서 참조 스펙트럼은 현장에서 혹은 실험실에서 측정하고 수집한 분광복사계에 의한 값이거나, endmembers 값이 될 수 있다. 수치지도로부터 추출한 훈련자료를 참조 스펙트럼으로 사용하였다. SAM은 n차원에서 훈련데이터 (γ)와 초분광 영상 픽셀 측정벡터(t) 사이의 각도(α)를 비교하여 가장 작은 각도를 만들어내는 훈련자료 클래스에 이 값을 할당한다. 단순히 2차원으로 본다면, 미지의 물질 t가 물질 k의 스펙트럼보다 참조스펙트럼 γ에 보다 더 유사한 스펙트럼을 가지고 있음을 보여준다. 즉, γ과 t사이의 라디안 각도가 더 작다는 것이다. SAM 알고리즘은 다음 관계식(1)을 사용하여 참조 스펙트럼 r에 대한 미지의 스펙트럼 t의 유사성을 계산해낸다(Jensen, 2005). 이 식에서 n은 초분광 영상에 있는 밴드의 수와 같다.

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} t_i r_i}{(\sum_{i=1}^{n} t_i^2)^{\frac{1}{2}} (\sum_{i=1}^{n} r_i^2)^{\frac{1}{2}}} \right) \quad (1)$$

본래 분광각 α는 각 참조 스펙트럼 r(현장에서 추출된 종점이거나 원격탐사를 이용하여 추출한 종점)과 데이터셋에서 알려지지 않은 영상 화소 스펙트럼 사이에서 계산된다. 각 참조 스펙트럼에 대한 하나의 결과 영상이 산출되며, 이 각도는 결과 SAM 영상에서 화소 값이 된다. 이 과정을 통해 매핑에 사용된 참조 스펙트럼의 수와 동일한 밴드 수를 가진 완전히 새로운 SAM 데이터큐브가 만들어진다.

SAM 결과는 라디안 각도를 임계값으로 두어 분류된 이미지를 생성한다. 임계각이 낮으면 훈련자료와 매치되는 픽셀이 적을 수 있지만 각이 작은 만큼 훈련자료와 더욱 잘 일치한다고 볼 수 있다. 임계값이 높으면 공간적으로 일관성 있는 이미지가 나타날 수 있지만 중첩되는 픽셀은 낮은 임계값으로 했을 경우에 비해 훈련자료와 잘 일치하지 않을 수도 있다.

SAM 기법의 분류에서는 분광해상도의 중요성에 대한 분석을 위해 파장대별로 영상자료를 구분하여 분류를 수행하였다. IKONOS, QuickBird, GeoEye 등(4개 밴드)와 WorldView 등(8개 밴드)의 영상과 동일한 파장대로 영상을 구분하여, 본 연구에서 사용하는 초분광 영상(48개 파장대)와 분류 결과를 비교하여 분석하였다. 이는 분석자의 간섭없이 분광파장대의 능력에 의한 분류정확도의 분석을 위해서 분광해상도의 중요성에 초점을 맞추었다. 그림 2~그림 4는 분광정보를 이용한 분류를 위한 각 파장대별 End-member이다.

End-member에서 보는 바와 같이 초분광 분광정보의 장점인 많은 정보의 수를 이용하여 분광각매퍼기반 분류를 수행하였다. 육역과 해역의 통합분류, 통합분류 후 육역과 해역을 절취하여 재분류, 그리고 분류 전 육역과 해역을 절취하여 분류하는 3가지 방법으로 분광각매퍼 분류를 수행하였다. 이는 유사한 분광특성을 가지고 있는 콘크리트나 아스팔트, 갯벌, 백사장 등의 오분류를 최소화하기 위함이다.

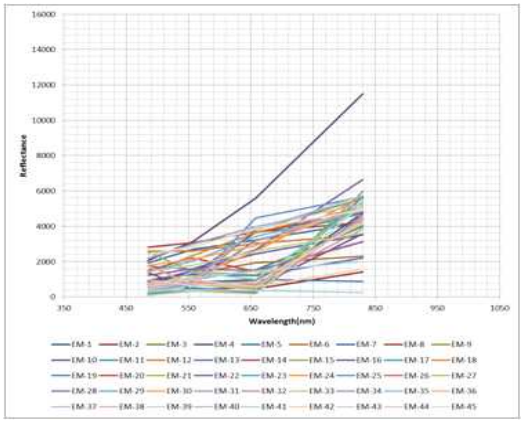


FIGURE 2. End-member of 4 bands

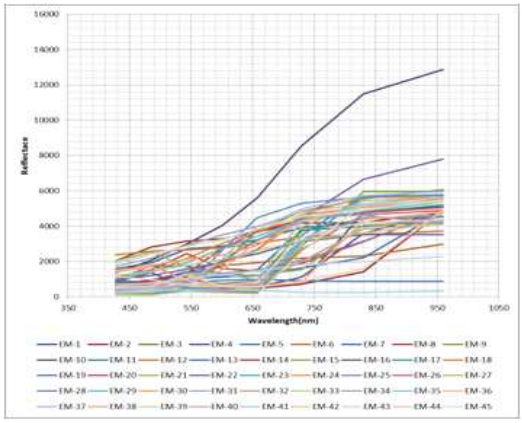


FIGURE 3. End-member of 8 bands

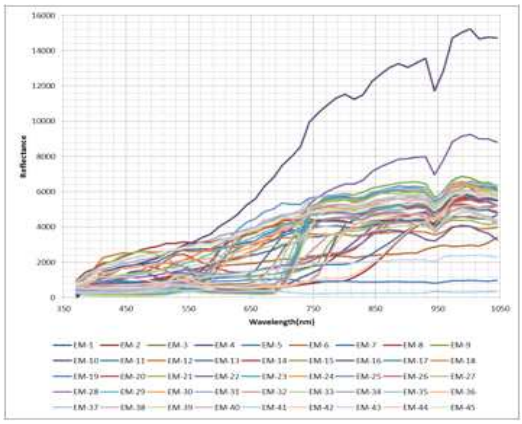


FIGURE 4. End-member of 48 bands

1. 육역과 해역의 통합 분류

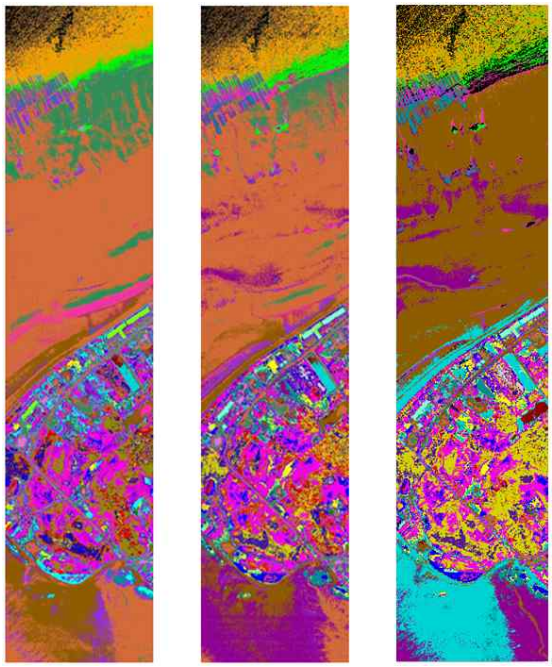
육역과 해역을 절취하지 않고 영상 전체의 End-member를 이용하여 통합 분류를 수행하였다. 다중파장대와 초분광영상의 파장대의 차이점을 비교하기 위해서 4개 밴드 영상과 8개 밴드 영상, 그리고 48개 밴드 영상으로 각각 분류하였으며 이를 통하여 분광해상도의 차이에 따른 결과를 분석하였다.

그림 5는 SAM기법에 의한 초기 분류 결과로서 그림 4에 나타낸 Endmember 수 총 45개 항목으로 분류한 결과이다. 이 초기 분류 영상을 이용하여 같은 지역으로 판단되는 클래스를 동일한 클래스로 분류하였으며, 분류항목은 각각 해수, 갯벌, 백사장(젖은모래), 백사장(마른모래), 주거지(콘크리트), 주거지(지붕), 나지, 식생, 초지 등의 10개의 클래스로 분류하였다.

그림 6은 그림 5의 초기 분류 영상을 같은 지역이라고 판단되는 클래스를 재분류하여 10개의 클래스로 분류한 영상이다. 분류항목에서 콘크리트 도로와 아스팔트 도로가 빠져있음을 알 수 있는데, 이는 콘크리트 도로, 아스팔트 도로와 유사한 분광특성곡선을 가지는 백사장, 갯벌 등과 하나의 분류항목으로 초기 분류 영상에서 분류되어 콘크리트 도로와 아스팔트 도로를 추출해 낼 수 가 없었다. 이는 육역과 해역의 통합 분류로 인해 갯벌, 백사장 등의 콘크리트, 아스팔트 도로와 유사한 분광특성 곡선을 가지는 지역의 End-member를 사용함으로써 생긴 오분류로 사료되며, 이러한 문제점을 보완·수정하기 위해 초기 분류영상에서 육역과 해역을 절취하여 분류를 수행하였다.

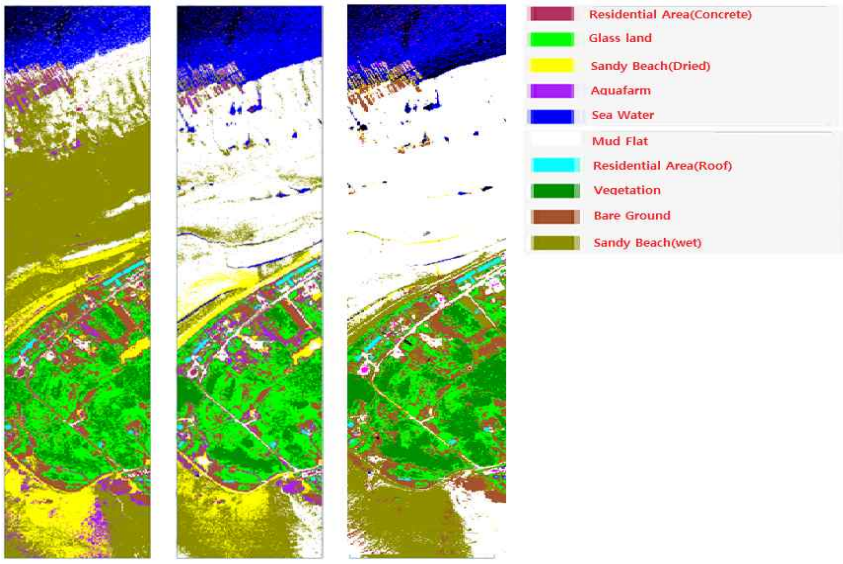
2. 통합분류 영상으로부터 육·해역 분리 후 재분류

전 절에서의 아스팔트도로, 콘크리트도로와 같은 오분류의 발생을 고려하여 영상의 분류후



(a) 4 bands (b) 8 bands (c) 48 bands

FIGURE 5. Result of initial classification from image of combined land and sea areas



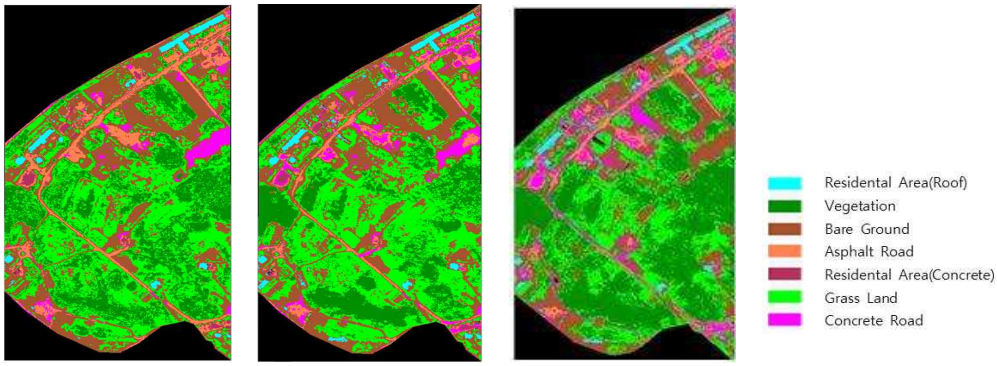
(a) 4 bands (b) 8 bands (c) 48 bands

FIGURE 6. Reclassification by 10 classes from initial classification result

육역과 해역을 분리 절취하여 분류 영상의 45개 클래스를 분류항목에 맞춰 재분류하였다.

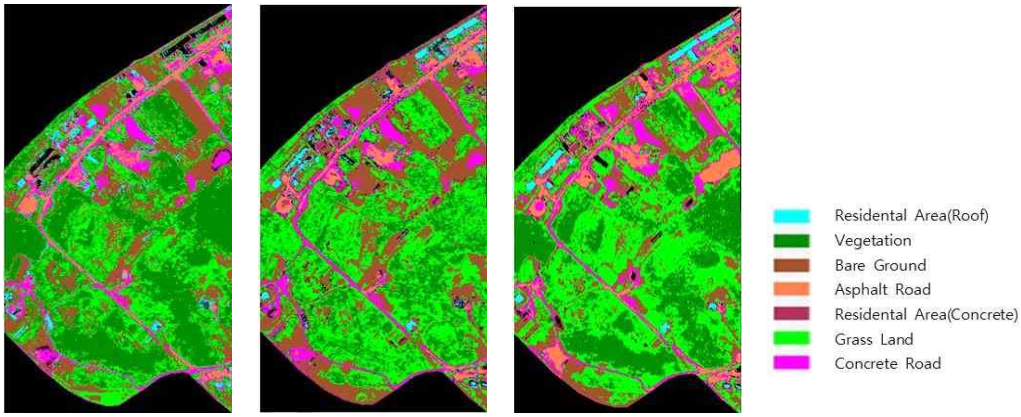
그림 7은 절취 후 육역의 재분류 영상이다.

육역의 분류 결과에서 분광해상도가 높은 영상의 결과일수록 아스팔트나 콘크리트 도로의 분류가 더욱 정확하게 분류가 되었다. 4개, 8개 파장대 영상의 결과에서는 대부분의 콘크리트 도로가 아스팔트 도로로의 오분류가 나타났지만 48개 파장대의 영상에서는 이러한 문제점이 사라졌음을 알 수 있다. 하지만 다른 분류항목의 분광각들보다 초지지역의 분광각이 작다고 인식되는 문제점으로 인해 48개 파장대에서는 초지지역의 분류가 미분류지역으로 나타나는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 분광각 매퍼기법에서는 초기 분류를 수행하기 전에 영상에서 육역만을 절취하여 육역에 존재하는 분



(a) 4 bands (b) 8 bands (c) 48 bands

FIGURE 7. Reclassification of land area only after separating land and sea areas from classification of whole area



(a) 4 bands (b) 8 bands (c) 48 bands

FIGURE 8. Result of classification after tearing off land area only from original image

류항목인 아스팔트, 콘크리트, 초지, 식생, 주거지 등의 분광정보만을 이용한 재분류를 수행하였다.

3. 육지지역의 분류

전 절에서 전술한 바와 같이 초분광 영상에 의한 육역의 분류결과에서 나타난 초지지역의 미분류와 콘크리트, 아스팔트 도로의 겹침현상을 해결하기 위해서 초기분류 이전에 영상을 절취하여 육역에만 존재하는 분류항목의 분광정보들만을 이용한 분류를 수행하였으며, 그 결과를 그림 8에 나타냈다.

영상의 절취 후 초기분류를 수행하였을 때 이전보다 아스팔트나 콘크리트의 분류가 비교적 뚜렷하게 나타났다. 하지만 위성영상의 파장대인 4개, 8개 파장대에서는 주거지로 의심되는 지역에서 비교적 그 경계가 뚜렷하지 못하고 전체적인 미분류 지역이 다수 나타났다. 또한 유사한 분광특성을 가지는 식생과 초지의 분류 또한 위성영상의 파장대 영상에서는 정확한 분류결과를 얻어내긴 힘들었다. 분광정보는 재질의 성분이 영향을 미치게 되므로 초기분류에서 분류항목을 재분류함에 있어서 나대지, 콘크리트, 아스팔트 등의 비슷한 재질을 가지는 분류항목을 구분하는 능력이 가지는 초분광의 48개 밴드 영상에서 다른 위성의 4개, 8개 밴드의 영상보다 더 뛰어났다.

이러한 분류 결과들을 검증하기 위하여 분류 후 참조자료를 이용한 정확도 분석을 행하였다.

정확도 분석

본 연구에서 오차행렬에 의한 분류결과의 검증은 각각의 분류 항목별로 선정된 영상의 총 화소수와 참고자료인 1:5000 수치지도와 영상지도에서 지표피복유형을 대조·확인하여 이루어진다. 이 때 오차행렬은 첫째, 오차행렬의 대각선에 해당하는 전체 검증자료인 화소수를 총 화소 수 로 나눈 전체 정확도(overall accuracy), 둘째로 분류결과가 분석과의 관점에서 특정지역을 어떤 분류기법으로 얼마나 정확히 분류해 내는가 하는 관점에서 본 생산자 정확도(producer accuracy), 셋째로 분류결과를 관심대상 지역에 생성된 지표피복 분류영상이 과연 전체적으로 실제 지표피복과 얼마나 일치하는가를 나타내는, 즉, 검증자료 중 각 분류항목의 대각선에 있는 화소 값을 분류영상의 각 분류항목의 화소 수로 나눈 사용자 정확도(user accuracy)로 분광각매퍼(SAM)기법에 의한 토지피복 분류결과의 정확도를 분석하였다.

표 1은 육역과 해역을 통합분류한 방법(A), 통합분류결과로부터 육역과 해역의 분리 후 재

TABLE 1. Accuracy and reliability according to classification methods and number of bands

A. Classification of combined land and sea areas		
	Overall Accuracy(%)	Kappa Coefficient
4 bands	56.07	0.503
8 bands	67.35	0.631
48 bands	55.75	0.497
B. Reclassification after decompostion of land and sea areas from classification result of combined land and sea areas		
	Overall Accuracy(%)	Kappa Coefficient
4 bands	57.44	0.483
8 bands	58.74	0.501
48 bands	67.70	0.601
C. Land area-only classification		
	Overall Accuracy(%)	Kappa Coefficient
4 bands	63.55	0.555
8 bands	62.63	0.542
48 bands	63.94	0.562

분류한 방법(B), 육역만을 분류한 방법(C)으로 4개 밴드, 8개 밴드, 48개 밴드 영상을 사용하여 각각 처리한 결과를 비교하여 나타낸 것이다.

육역과 해역이 포함된 영상의 통합분류 시 8 밴드 영상의 분류 정확도가 48 밴드에 비해 오히려 높은 정확도를 나타냄으로써 초분광 영상으로 분류할 경우 해역의 영향이 정확도 저하를 가져다주는 것으로 사료되며, 육역과 해역의 통합분류결과로부터 육역과 해역의 분리 후 재분류한 방법의 경우 48개 밴드 영상의 분류 정확도가 4개와 8개 밴드 영상의 분류 정확도보다 비교적 높게 나타났으며 분류결과의 신뢰도 지수인 Kappa 계수 또한 0.60으로 가장 높은 값을 나타냈다. 육역만을 대상으로 분류한 경우 4개 밴드와 8개 밴드 영상으로 분류한 결과와 48개 밴드 전체영상으로부터 분류한 결과가 약 63% 내외의 거의 유사한 정확도를 나타냈으며 Kappa 계수는 모두 0.55 전후의 값을 나타냈다.

결 론

초분광 항공영상과 LiDAR 데이터를 활용하여 연안지역에 대한 공간정보를 추출하기 위한 토지피복 분류 및 해안선 추출 등에 관련된 연구를 수행한 결과, 연안지역에 대하여 분광각매퍼(SAM)기법에 의한 감독분류에서 육역과 해역이 포함된 영상의 단순한 통합분류보다는 육역과 해역의 통합분류결과로부터 육역과 해역의 분리 후 재분류한 방법이 효과적인 것으로 나타났다. 이 때 48개 밴드 영상의 분류 정확도가 4개, 8개 밴드 영상에 비해 높게 나타났으며 분류결과의 신뢰도 지수인 Kappa 계수 또한 0.60으로 가장 높은 값을 나타냄으로써 토지피복분류에서도 분광해상도의 중요성을 인식할 수 있다. 그러나 해역을 제외한 육역만을 대상으로 분류한 경우 4개 밴드와 8개 밴드 영상으로 분류한 결과와 48개 밴드 전체영상으로부터 분류한 결과가 약 63% 내외의 거의 유사한 정확도를 나타냈다.

연안지역에 대한 육 · 해역 통합영상으로 분류한 후 육역과 해역을 분리하여 재분류를 수행하는 경우 4개, 8개 밴드 영상의 결과에서는 대부분의 콘크리트 도로가 아스팔트 도로로의 오분류가 나타났지만 48개 밴드의 영상으로 분류한 결과, 아스팔트나 콘크리트 도로가 더 정확하게 구분되었다. 다른 분류항목의 분광각들보다 초지지역의 분광각이 작다고 인식되는 문제점으로 인해 48개 밴드에서는 초지지역의 분류가 미분류지역으로 나타나는 문제점이 있지만 분광각매퍼기법에서는 초기 분류를 수행하기 전에 영상에서 육역만을 절취하여 육역에 존재하는 분류항목인 아스팔트, 콘크리트, 초지, 식생, 주거지

등의 분광정보만을 이용한 재분류를 수행하는 것도 권장할 만한 방법이다. 이 때 초기분류에서 분류항목을 재분류함에 있어서 나대지, 콘크리트, 아스팔트 등의 비슷한 재질을 가지는 분류항목을 구분하는 능력이 가지는 초분광의 48개 밴드 영상에서 다른 위성의 4개, 8개 밴드의 영상보다 더 우월한 결과를 나타냈다. KAGIS

REFERENCES

Ahmed F. Elaksher, 2008. Fusion of hyperspectral images and Lidar-based DEMs for coastal mapping, Optics and Lasers in Engineering, Vol. 46, Issue 7, pp.493-498.

Baltsavias E.P., 2002. Image spectroscopy and hyperspectral imaging, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 57(3):169-170.

Brook, A., E. Ben-Dor, and R. Richter, 2010. Fusion of hyperspectral images and Lidar data for civil engineering structure monitoring, Proceedings of Hyperspectral 2010 Workshop, Frascati, Italy. Available at: http://earth.esa.int/workshops/hyperspectral_2010/papers/p_brook2.pdf

Byun, Y.K., Y.D. Uh and K.Y. Yu, 2013. Classification of hyperspectral images using spectral mutual information, Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System, 15(3):33 -39 (변영기, 어영담, 유기윤, 분광 상호정보를 이용한 하이퍼스펙트럴 영상분류, 한국지형공간정보학회지, 15(3):33-39).

Cho, H.K., D.S. Kim, K.Y. Yu, and Y.I. Kim, 2006. A study on the hyperspectral image classification with the iterative self-organizing unsupervised spectral angle classification, Korean Journal of Remote Sensing, 22(2):111-121 (조현기, 김대성, 유기윤, 김용일, 반복최적화 무감독 분광각 분류 기법을 이용한 하이퍼스펙트럴 영상 분류에 관한 연구, 대한원격탐사학회지, 22(2):111-121).

Choi, J.W., Y.K. Byun, Y.I. Kim, and K.Y. Yu, 2006. Support vector machine classification of hyperspectral image using spectral similarity kernel, Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System, 14(4):71-77 (최재완, 변영기, 김용일, 유기윤, 분광 유사도 커널을 이용한 하이퍼스펙트럴 영상의 Support Vector Machine(SVM) 분류, 한국지형공간정보학회지, 14(4):71-77).

Ga, C.O., D.S. Kim, Y.K. Byun, and Y.I. Kim, 2004. A comparison of classification techniques in hyperspectral image, Proceeding of 2004 Fall Conference, Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, pp.251-256. (가칠오, 김대성, 변영기, 김용일, 2004. 하이퍼스펙트럴 영상의 분류 기법 비교, 한국측량학회 2004년 추계학술발표회 논문집, pp.251-256).

Han, D.Y., Y.W. Cho, Y.I. Kim, and Y.W. Lee, 2003. Feature selection for image clasiification of hyperion data, Korean Journal of Remote Sensing, 19(2):171-179(한동엽, 조영욱, 김용일, 이용웅. 2003. Hyperion 영상의 분류를 위한 밴드 추출, 대한원격탐사학회지, 19(2):171-179)

Jensen John R, 2005. Remote Sensing and Digital Image Processing, Sigma Press, pp.473-495. (John R. Jensen, 2005. 원격탐사와 디지털 영상처리, 시그마프레스, pp.473-495.)

Kim, H.H., 2013. Extraction of geospatial information of coastal area using

airborne hyperspectral imagery and LiDAR DEM, Doctoral Dissertation, Kumoh National Institute of Technology. (김현호, 2013. 초분광 항공영상과 LiDAR DEM을 이용한 연안지역의 공간정보 추출, 금오공과대학교 박사학위논문)

Kim, S.H., K.S. Lee, J.R. Ma, and M.J. Kook, 2005. Current status of hyperspectral remote sensing: principle, Data Processing Techniques, and Applications, Korean Journal of Remote Sensing, 21(4):341-369 (김선화, 이규성, 마정림, 국민정, 2005. 초분광 원격탐사의 특성, 처리기법 및 활용 현황, 대한원격탐사학회지, 21(4):.341-369).

Kim, T.W., D.J. Choi, K.J. Wi, and Y.C. Seo, 2013. Detection of small green space in an urban area using airborne hyperspectral imagery and spectral angle mapper, Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 16(2):88-100 (김태우, 최돈정, 위광재, 서용철, 2013. 분광각매퍼 기법을 적용한 항공기 탑재 초분광영상의 소규모 녹지공간 탐지, 한국지리정보학회지, 16(2):88-100).

Kim, T.W., K.J. Wi, and Y.C. Seo, 2012. Correlation analysis with vegetation indices and vegetation-endmembers from airborne hyperspectral data in forest area, Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 15(3):.52-65 (김태우, 위광재, 서용철. 2012. 산림지역의 항공기 탑재 하이퍼스펙트럴 영상에 대한 식생-Endmember와 식생지수의 상관 분석, 한국지리정보학회지, 15(3):.52-65).

Park, M.H. 2009. A study on feature selection and feature extraction for hyperspectral image classification using canonical correlation classifier, Journal of Korean Society of Civil Engineering 29(3-D):419-421 (박민호. 2009. 정준상관분류에 의한 하이퍼스펙트럴영상 분류에서 유효밴드 선정 및 추출에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 29(3-D):419-421).

Park, R.J., 2010. An experimental study on smoothness regularized LDA in hyperspectral data classification, Journal of the Korean Institute of Intelligent Systems, 21(4):341-369 (박래정, 2010. 하이퍼스펙트럴 데이터 분류에서의 평탄도 LDA 규칙화 기법의 실험적 분석, 한국지능시스템학회 논문지, 21(4):341-369).

Rebecca A. Smith, Jennifer L. Irish and Michael Q. Smith, 2000. Airborne LIDAR and airborne hyperspectral imagery: A fusion of two proven sensors for improved hydrographic surveying, Proceedings of Canadian Hydrographic Conference, Montreal, Canada.

Song, J.H., 2005. A Study on Geological Materials Mapping Using the EO-1 Hyperion Image Data, Master Degree Thesis, Chonnam National University (송지훈, 2005. EO-1 Hyperion 영상 자료를 이용한 지질매체 분류에 관한 연구, 전남대학교 석사학위논문).

Suresh Subramanian, Nahum Gat, Michael Sheffield, Jacob Barhen, Nikzad Toomarian, 1997. Methodology for hyperspectral image classification using novel neural network, Algorithms for Multispectral and Hyperspectral Imagery III, SPIE, Vol.3071, Orlando, FL, pp.1-10. KAGIS