

초분광영상의 분광라이브러리를 이용한 토지피복분류의 정확도 향상에 관한 연구*

The Study on Improving Accuracy of Land Cover Classification using Spectral Library of Hyperspectral Image

박정서** · 서진재*** · 고제웅**** · 조기성*****
Park, Jung-Seo · Seo, Jin-Jae · Go, Je-Woong · Cho, Gi-Sung

Abstract

Hyperspectral image is widely used for land cover classification because it has a number of narrow bands and allow each pixel to include much more information in comparison with previous multi-spectral image. However, Higher spectral resolution of hyperspectral image results in an increase in data volumes and a decrease in noise efficiency. SAM(Spectral Angle Mapping), a method based on vector inner product to compare spectrum distribution, is a highly valuable and popular way to analyze continuous spectrum of hyperspectral image. SAM is shown to be less accurate when it is used to analyze hyperspectral image for land cover classification using spectral library. this inaccuracy is due to the effects of atmosphere. We suggest a decision tree based method to compensate the defect and show that the method improved accuracy of land cover classification.

Keywords: Hyperspectral image, SAM(Spectral Angle Mapping), decision tree, land cover classification, spectral library

1. 서 론

원격탐사(Remote Sensing)는 인공위성이나 항공기에 탑재된 센서에서 취득된 전자기파 에너지를 통

해 대상물에 대한 정보를 직접적인 접촉없이 추출하는 기술이다.

원격탐사에 의해 취득된 영상자료의 품질은 공간해상도(Spatial Resolution), 복사해상도(Radiometric

* 본 논문은 2016년 전북대학교 산업기술대학원 박정서의 석사학위논문에서 수정·보완한 논문입니다.

** 전북대학교 토목공학과 석사 Department of Civil Engineering, Chonbuk National University (First author: pjs1004@ekr.or.kr)

*** 전북대학교 토목공학과 석사과정 Department of Civil Engineering, Chonbuk National University (tjwsw1@naver.com)

**** 송원대학교 교수 Department of Civil Engineering, Songwon University (woong@songwon.ac.kr)

***** 전북대학교 교수 Department of Civil Engineering, Chonbuk National University, RCIT (Corresponding author : gscho@jbnu.ac.kr)

Resolution), 분광해상도(Spectral Resolution) 등과 같은 해상도에 의해 결정 된다. 과거에는 식별 대상의 크기를 줄일 수 있는 공간해상도와 대상을 더 정확하게 탐지할 수 있도록 하는 복사해상도를 중점으로 광학 센서가 개발되었다. 그러나 현대에 들어 컴퓨터 소프트웨어를 활용한 자동적인 분석과 다양한 토지피복에 대한 분류가 쟁점으로 떠오르게 되면서 기존의 10개 미만의 분광밴드를 지닌 다중분광영상(Multi Spectral Image)은 그 한계를 극복하지 못하였다.

이와 같은 한계를 극복하기 위해 개발된 초분광영상(Hyperspectral Image)은 기존의 다중분광영상에 비해 분광해상도를 크게 높은 영상으로서 밴드 수가 많고 밴드 폭이 좁아 영상 내에서 한 픽셀이 가지는 정보량을 크게 증가시킨 영상이다. 높아진 분광해상도로 인해 분광특성을 연속적인 스펙트럼 분포의 취득이 가능해지고 이는 비슷한 물체를 분류할 수 있는 가능성을 높여 토지피복분류를 하는데 있어 가장 적합한 영상으로 평가 받고 있다. 조형갑(2014)은 다중분광영상과 초분광영상을 이용한 수종분류에 연구를 수행한 결과, 초분광영상을 이용한 수종분류가 더 높은 분류 정확도를 입증하였다(조형갑 2014).

초분광영상을 해석하기 위한 수단중 하나인 분광라이브러리(Spectral Library)는 지상분광계(Radiometer)를 활용하여 지표물의 분광특성을 기록한 데이터베이스(Database)이다. 미국지질조사국(USGS), 존스홉킨스대학교(JHU), 미국 항공우주국 제트추진연구소(JPL)등에서는 광물, 토양, 인공물, 액체 등의 다양한 물질에 대한 분광 반사율을 측정하여 이를 구축하였다. 지상물의 반사율 데이터를 축적한 분광라이브러리를 활용한 초분광영상의 분류는 기존의 분류방식과는 다르게 사용자가 트레이닝 샘플을 지정할 필요가 없어 분류과정을 간편하게 할 수 있다. 그러나 기 구축된 분광라이브러리를 국내에 적용하기에는 물질의 종류나 상태가 다르고 대기를 거쳐 취득되는 영상의 반사율 스펙트럼 분포의 변화로 인해 분류를 하는데

어려움이 있다. 때문에 신정일(2010)은 현존하는 분광라이브러리를 분석하여 기존 분광라이브러리의 단점을 파악하고 국내의 피복에 맞는 분광라이브러리를 설계 및 구축하는 연구를 수행하였다(신정일 외 2010).

따라서 본 연구에서는 국내의 피복에 맞는 클래스를 선정하고 이에 대한 분광반사율을 취득하여 분광라이브러리를 제작하였다. 또한 대기영향에 의해 변화하는 스펙트럼 분포로 인한 분류 오차를 최소화하기 위해 기존에 적용하던 분류기법인 SAM(Spectral Angle Mapping)기법에 Decision Tree기법을 적용하여 분류 정확도를 향상시킬 수 있는 방법에 대하여 연구를 진행하였다.

2. 이론적 배경

2.1. 초분광영상

초분광영상은 수많은(large number), 좁은(narrow), 연속적인(contiguous) 밴드의 높은 분광해상도(high spectral resolution) 특성을 보이는 영상을 말한다(van der Meer 2001). 때문에 각각의 화소가 지니고 있는 정보량이 크게 증가하여 다중분광영상에 비해 지상대상물에 대하여 세밀한 분석이 가능하다.

지표면에 존재하는 물질은 고유의 분광반사특성(spectral characteristic)을 지닌다(신정일 외 2010). 물질이 지니는 고유의 분광반사특성은 원격탐사를 통해 취득되고 이를 분석하여 물질의 종류나 상태를 분석할 수 있다. 초분광센서(Hyperspectral Sensor)를 통해 취득된 반사율 데이터는 기존의 영상과는 다르게 연속적인 스펙트럼 분포를 보이기 때문에 새로운 분석방법이 요구된다.

2.2. 초분광영상의 분석기법

초분광영상을 통해 취득된 각 지상물의 분광 정보

를 통한 지표 분석은 영상에 존재하는 모든 화소를 비슷한 등급(Class)으로 묶는 분류(Classification), 영상 내의 특정 등급에 해당하는 화소를 찾는 탐지(Detection), 영상내의 임의의 화소에 대한 등급을 찾는 인식(recognition)으로 구분된다. 초분광영상을 통해 취득되는 분광정보는 연속적인 스펙트럼 분포를 가진다. 따라서 초분광영상을 활용한 분석은 스펙트럼 분포의 유사도를 측정하여 이루어진다. 대표적인 유사도 측정 방법으로는 최소거리법(Minimum Distance), SAM(Spectral Angle Mapping), Spectral Correlation Mapping), SSS(Spectral Similarity Scale)이 있다. 가장 보편적인 유사도 측정기법으로서 SAM(Spectral Angle Mapping)기법은 분광차원에서 화소의 밝기 값을 벡터로 가정하여 두 벡터간의 내적을 통해 유사도를 측정하는 방식이다(kruse et al 1993). 때문에 스펙트럼 분포의 수치적 비교 가능하여 가장 일반적인 기법으로 활용되어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 SAM 기법을 기본 분석자로 선정하였고 해당 기법을 사용한 분류결과와 SAM 기법의 계수로 제작된 Decision Tree의 분류결과를 비교하는 연구를 수행하였다.

2.3. 분광라이브러리

지표면의 물질이 지닌 고유의 분광반사특성은 원격 탐사를 통해 취득되는 영상자료의 분석을 가능하게 한다. 분광라이브러리(Spectral Library)는 지표면에 다양한 물질의 분광반사자료와 그에 부가되는 정확한 물질의 정의 및 측정방법에 관한 보조자료를 포함하는 데이터베이스로 정의할 수 있다(신정일 외 2010). 현재 대표적인 분광라이브러리는 미국 지질조사국(United State Geological Survey, USGS), 미국 항공우주국 제트추진연구소(Jet Propulsion Laboratory, JPL), 존스홉킨스대학교(JHU)의 분광라이브러리, ASTER 라이브러리 등이 있다.

2.3.1. USGS 분광라이브러리

USGS 분광라이브러리는 Beckman UV 5270, ASD Fieldspec FR, Nicolet FTIR, AVIRIS의 4가지 분광반사측정기를 사용하였다. 각각의 장비별 파장영역과 측정방법이 모두 다르며, 481종류의 광물과 식생, 암석에 대한 광학 반사도를 제공한다. 또한 표본의 화학적 성분분석이 가능한 경우 X선 회절(XRD) 분석이나 X선 형광(XRF)분석 그리고 전자미세탐침(EM)을 이용한 성분분석을 실시하여 화학적 순수도를 등급으로 표현하였다 (Clark et al. 1993).

2.3.2. JPL 분광라이브러리

NASA JPL에서 제작된 라이브러리는 Beckman UV 5270, Grating Spectrophotometer의 분광반사측정기를 사용하여 제작되었으며, 160여개의 광물에 대해 세계토양학회 기준을 적용하여 토양입자의 크기를 미세입자($45\mu\text{m}$), 중간입자($45-125\mu\text{m}$), 굵은입자($125-500\mu\text{m}$)의 3가지 종류로 구분하였다.

2.3.3. JHU 분광라이브러리

미국의 존스홉킨스 대학교에서 제작된 라이브러리는 Beckman UV 5270, Grating Spectrophotometer, Nicolet FTIR의 분광반사측정기를 사용하여 제작되었으며, lunar, manmade, meteorite, rocks, soil, vegetation, water로 구분되어져 있으며, XRD분석 및 정량적인 화학분석이 포함되어져 있다.

2.3.4 ASTER 분광라이브러리

ASTER 라이브러리는 NASA의 California institute of Technology에서 구축한 라이브러리로서 USGS, JPL, JHU의 라이브러리를 종합한 라이브러리로서 식생, 인공물, 광물 등 2400개의 분광정보를 기록한 라이브러리이다.

3. 연구지역 및 데이터

3.1. 연구대상지역

본 논문에서는 전라북도 고창군 발산마을 일대 1km × 1km의 지역으로서 토양, 수목, 인공구조물, 물 등 토지피복분류를 수행하기 위한 다양한 Class가 고루 분포되어 있는 지역을 연구대상지로 선정하였다. Figure 1은 연구대상지역으로 선정된 항공영상이다.



Figure 1. Region of Research



Figure 2. CASI 1500 source : Geostory 2016a

3.2. 영상의 제원

본 논문에서 사용된 초분광영상은 캐나다 ITRES사에서 개발한 CASI 1500 초분광 센서로 취득된 영상이다. 해당 장비에 의해 측정되는 분광범위는 380nm~1050nm로서 가시광영역과 근적외선영역을 포함하고 있으며, 최대 공간해상도는 0.5m, 최대 분광해상도는 24nm로서 두 해상도를 자유롭게 조정할 수 있다. 방사해상도는 14bit이며 시야각은 40°로서 식생 분류 및 수종분류, 피복분류 등에 활용되고 있다. Figure 2는 CASI 1500 초분광 센서의 사진이며, Table 1은 CASI 1500의 세부사양이다.

본 논문에 사용된 영상은 2014년 10월 24일에 촬영된 영상으로서 48개의 밴드를 가지고 380~1050nm의 파장범위를 지니고 있다. 공간해상도는 1m이며, 행 1000 픽셀, 열 1000픽셀로 구성되어 있다. 기하보정은 ENVI 소프트웨어의 FLAASH(Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes)모듈을 이용하여 보정하였다. Table 2는 해당영상의 분광대역을 표시한 것이다.

Table 1. CASI 1500 Specifications

CASI-1500	
Item	Specification
Spectral Range	380~1050nm
Band	36~288
Band Width	2.4~9.6nm
Spatial Resolution	0.5~2m
Radiometric Resolution	14bit
Pixel Size	20×20micron
Viewing Angle	40°
Channel	1500

Table 2. Spectrum of Image

Band	Spectrum	Band	Spectrum
1	370.2±7.2nm	25	715.1±7.2nm
2	384.6±7.2nm	26	729.4±7.2nm
3	399.6±7.2nm	27	743.7±7.2nm
4	413.4±7.2nm	28	758.1±7.2nm
5	427.8±7.2nm	29	772.4±7.2nm
6	442.2±7.2nm	30	786.8±7.2nm
7	456.6±7.2nm	31	801.1±7.2nm
8	471.0±7.2nm	32	815.4±7.2nm
9	485.3±7.2nm	33	829.8±7.2nm
10	499.7±7.2nm	34	844.1±7.2nm
11	514.1±7.2nm	35	858.5±7.2nm
12	528.5±7.2nm	36	872.8±7.2nm
13	542.8±7.2nm	37	887.1±7.2nm
14	557.2±7.2nm	38	901.5±7.2nm
15	571.5±7.2nm	39	915.8±7.2nm
16	585.9±7.2nm	40	930.2±7.2nm
17	600.3±7.2nm	41	944.5±7.2nm
18	614.6±7.2nm	42	958.8±7.2nm
19	629.0±7.2nm	43	973.2±7.2nm
20	643.3±7.2nm	44	987.5±7.2nm
21	657.7±7.2nm	45	1001.9±7.2nm
22	672.0±7.2nm	46	1016.2±7.2nm
23	686.4±7.2nm	47	1030.6±7.2nm
24	700.7±7.2nm	48	1044.9±7.2nm

4. 적용 및 고찰

4.1. Reference Data 구축

기존의 원격탐사를 활용한 토지피복분류는 영상에 대한 사전정보를 지닌 분석자가 분석하고자 하는 Class에 따라 각각의 Training Sample을 지정하여 수행된다. 그러나 본 연구의 목적이 분광라이브러리를 활용한 토지피복분류의 분류정확도 향상이기 때문에 본 논문에서는 Training sample을 라이브러리에 포함된 반사율로 대체하고 이를 여러 연구를 통해 검증된 분류결과를 Reference Data로 설정하여 분류정확

도를 분석을 수행하였다.

Reference Data의 구축은 ENVI 소프트웨어의 ROI(Region Of Interest)모듈을 이용하였으며, 분류 기법은 SAM(Spectral Angle Mapping)을 사용하였다.

4.1.1. 클래스 선정

분석자가 분류 클래스를 지정해야 하는 감독분류의 특성상 각 클래스에 대한 Training Sample을 지정하는 것은 분류 정확도에 매우 민감하게 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 정확한 픽셀의 속성정보를 파악하기 위해 현장답사를 실시하였고 이를 토대로 식생, 물, 도로, 토양, 건물, 비닐에 해당하는 6개의 클래

Table 3. Class Selection of Reference Data

Class	High-Level	Color
Soil	dark	yellow
	light	
	red	
Vegetation	broad	green
	conifer	
	crop	
	grass	
Water	Low	blue
	Deep	
Road	concrete	red
	asphalt	
Building	blue	cyan
	green	
Vinyl	white	magenta
	black	

스를 선정하였다. 또한 해당 분류결과가 Reference Data로 활용되어야 하므로 분류정확도를 높이기 위해 각 클래스를 세분화시키고 각각 16pixel씩 샘플을 취득하였다. Table 3은 본 연구에서 분류를 위해 선정할 클래스를 나타낸 표이고 Figure 3은 ENVI 소프트웨어의 ROI모듈에서 선정된 클래스를 Training Sample로 설정한 화면이다.

4.1.2. Reference Data 제작

영상 분류시 분석자는 서로 다른 분광 집단과 정보 집단을 대응시키는 결정을 분석 단계에서 수행해야 한다. 영상 분류는 분류 주체에 따라 감독분류(Supervised Classification)와 무감독분류(Unsupervised Classification)의 두 가지로 크게 구분할 수 있다 (이강철, 2014).

감독분류는 분석자가 Training sample을 설정하면 지정된 분석기법을 통해 모든 화소를 Training Sample과 비교하여 가장 유사하다고 생각되는 Training Sample을 선정해 분류하는 방법이다. 감독 분류 방법 중 하나인 SAM(Spectral Angle Mapping)기법은 분광차원에서 화소의 밝기를 벡터로 가정하여 Training Sample의 벡터와 영상내 화소 벡터의 내적을 통해 두

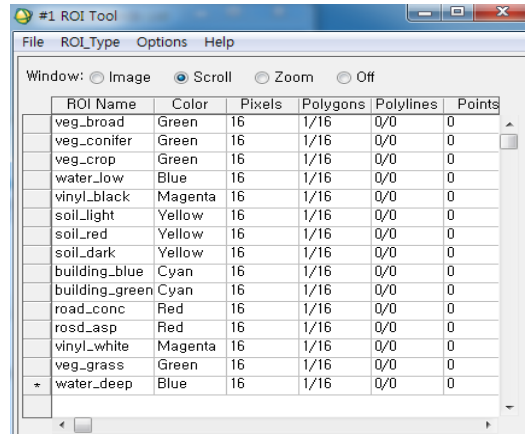


Figure 3. ROI Module

벡터의 각도를 측정하는 방식이다. 때문에 두 화소가 가지는 스펙트럼 분포에 대한 유사성을 검토할 수 있는 특성을 지니고 있어 물질의 종류나 성질에 따라 다양한 분포를 가지는 초분광영상을 해석하는데 효율적인 분류 기법이다 (김대성 2010). 따라서 본 연구에서는 SAM 분류 기법을 활용하여 Reference Data를 제작하였다. Figure 4는 영상 내에서 Training Sample을 취득하여 SAM기법을 적용하여 제작된 Reference Data이다.

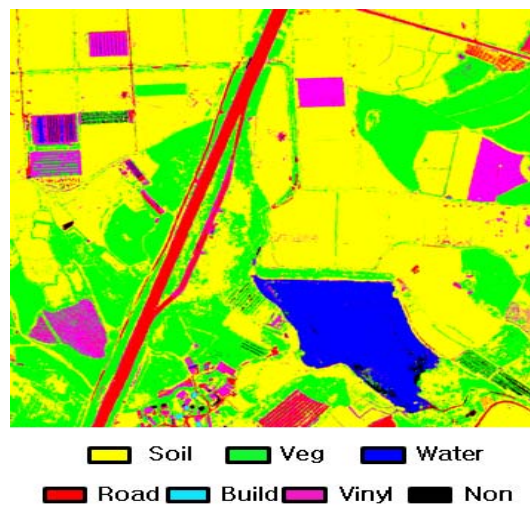


Figure 4. Result of Classification, Threshold=0.2

4.2. 분광라이브러리를 활용한 토지피복분류

4.2.1. 신규 분광라이브러리 제작

ASTER 분광라이브러리는 NASA의 California institute of Technology에서 구축한 라이브러리로서 대표적으로 사용되는 USGS, JPL, JHU의 라이브러리를 종합한 라이브러리이다. 이에 해당 라이브러리는 식생, 인공물, 광물 등 2400개의 다량의 분광정보를 보유하고 있다. 그러나 ASTER 라이브러리에서 제공하는 분광특성에 대한 주요 물질이 광물이고 활용 가능한 클래스인 토양이나 인공 구조물의 경우 국내의 실정과는 맞지 않는다.

따라서 본 연구에서는 국내와 물질의 종류나 상태가 크게 다르지 않는 침엽수, 활엽수, 농작물, 포장의 경우에는 ASTER 분광라이브러리를 활용하였고 나머지 클래스는 Figure 5와 같은 지상분광계를 활용하여 세종시 지역을 대상으로 Figure 6과 같은 신규라이브러리(인공물 48가지, 흙 20가지, 식생 85가지, 물 6가지, 기타 14가지)를 제작하여 활용하였다. Table 4는 사용된 지상분광계의 사양을 나타낸 것이다.



Figure 5. Spectrometer
source : Geostory 2016b

Table 4. Spectrometer Specification

name	FieldSpec 3
manufacturer	ASD Inc.
spec	wavelength : 0.35-2.5 μ m spectral resolution 350-1050nm(14nm) 1000-2500nm(2nm)

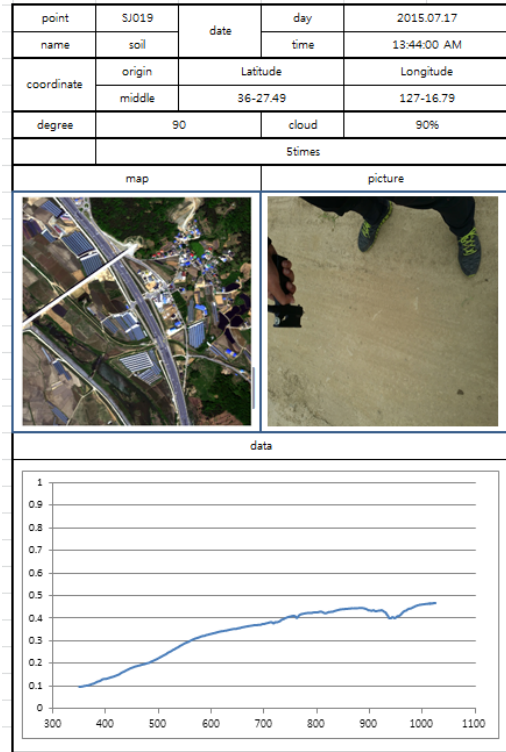


Figure 6. New Spectral Library

4.2.2. 클래스 선정 및 라이브러리 데이터 선정

라이브러리를 활용한 분류결과를 Reference Data와 비교하기 위해서는 Reference Data를 제작 시에 선정했던 클래스와 같은 클래스를 선정할 필요가 있다. 그러나 신규 라이브러리를 제작하기 위해서 데이터를 취득한 지점이 연구대상지와 달라 본 연구에서는 대분류 클래스는 유지하고 세분류 클래스를 일정 부분 변경하였다.

Table 5는 분광라이브러리를 활용한 토지피복분류를 수행하기 위해 선정된 클래스와 Training Sample을 지정하기 위해 사용된 분광라이브러리의 종류를 나타낸 표이다.

Table 5. Class Selection of Library Data

Class	High-Level	Color	library
Soil		yellow	New
Vegetation	broad	green	Aster
	conifer		
	crop		New
	grass		
Water		blue	New
Road	concrete	red	Aster
	asphalt		
Building	blue	cyan	New
	green		
Vinyl	white	magenta	New
	black		

그대로 적용하였다. 그 결과 Figure 7과 같은 분류결과를 얻을 수 있었다.

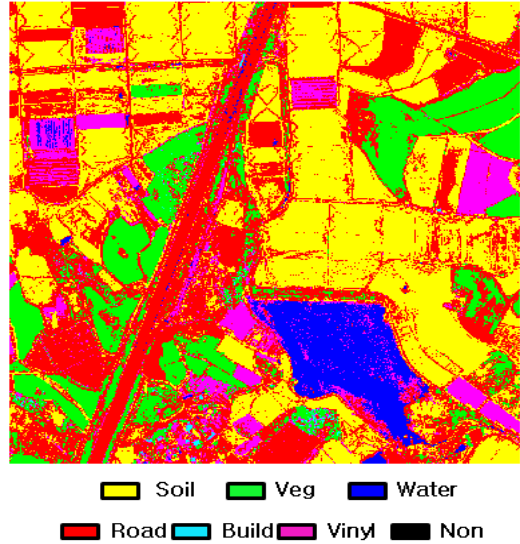


Figure 7. Result of Classification, Threshold=0.4

4.2.3. 라이브러리를 이용한 토지피복분류 및 정확도 평가

본 연구에서는 라이브러리를 이용한 토지피복분류의 정확도 향상을 목적으로 하고 있다. 따라서 Reference Data와의 정확도 평가를 위해 Training Sample을 라이브러리의 반사율 데이터로 변경하고 SAM기법을

Table 6. Accuracy Evaluation

Overall Accuracy = 62.12%								
Kappa coeffic = 0.49								
class	Soil	Veg	Water	Road	Building	Vinyl	Non	Total
Soil	361013	0	0	159043	29	23416	0	543501
Veg	2319	140285	0	121954	2140	13716	0	280424
Water	0	0	48937	745	0	8001	0	57683
Road	1	0	3035	46731	0	3710	0	53477
Building	0	0	0	82	267	173	0	522
vinyl	0	0	21	33005	0	24000	0	57026
non	12	8	696	2044	457	4150	0	7347
합계	363345	140293	52689	363604	2893	77176	0	
Class		User's Accuracy			Producer's Accuracy			
Soil		99.36%			66.42%			
Vegetation		99.99%			50.02%			
Water		92.88%			84.84%			
Road		12.85%			87.39%			
Building		9.23%			51.15%			
Vinyl		31.10%			42.09%			

Table 6은 분류 결과에 대해 Reference Data와 비교하여 정확도 평가를 수행한 결과이다. 흙, 식생의 경우에는 사용자 정확도는 90%이상이나 분석자 정확도는 50-70%사이로 낮은 정확도를 보이 것으로 보아 두 클래스는 참조자료의 화소가 분류결과와 화소안에 존재 하나 다량의 화소가 다른 클래스로 분류되었음을 알 수 있다. 도로의 경우에는 사용자 정확도가 12.85%, 분석자 정확도가 87.39%로서 분류결과가 자신의 클래스에 해당하는 화소를 놓치지 않았지만 다른 클래스를 자신의 클래스로 가져오는 오류를 나타냈음을 알 수 있다.

따라서 이와 같은 오차를 줄이기 위해 본 연구에서는 Decision Tree기법을 활용하여 가지의 순서를 적절히 배치함으로써 분류 정확도를 향상 시키고자 하였다.

4.2.4. Decision Tree를 활용한 토지피복 분류 및 정확도 평가

Decision Tree 기법이란 의사결정 규칙을 Tree형태로 설정하여 분류를 시행하는 방법이다. Decision Tree 기법을 활용한 분류는 데이터의 특징을 통해 규칙을 설정하여 가지치기 형태로 분류를 수행하는 방식이다. 본 연구에서는 각 클래스의 Training Sample을 영상내의 모든 화소와 비교함에 있어서 결정계수로 SAM값을 이용하였다.

Figure 8은 본 연구에서 사용된 Decision Tree의 개념도이며 Figure 9는 이를 수행한 토지피복분류 결과이다.

Table 7은 Decision Tree 기법을 활용한 분류 결과를 Reference Data와 비교하여 정확도 평가를 실시한 결과이다. 그 결과 전체 정확도 85.20%, 카파계수 0.76 으로서 일반적인 SAM분류 기법만을 수행한 결과에 비해 분류 정확도가 크게 증가한 것을 알 수 있다.

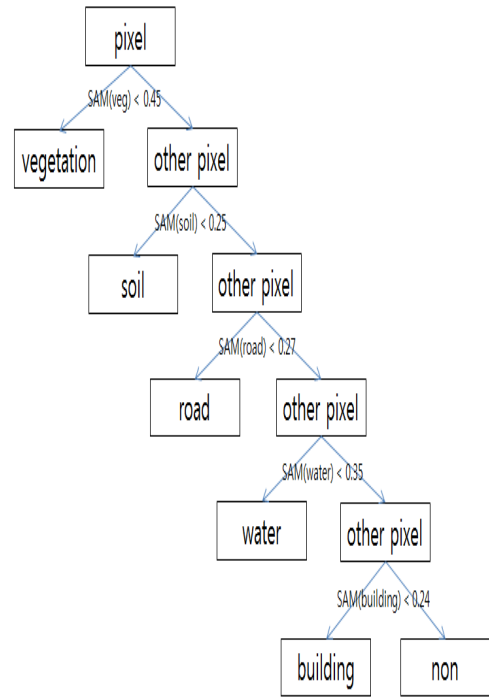


Figure 8. Conceptual Diagram

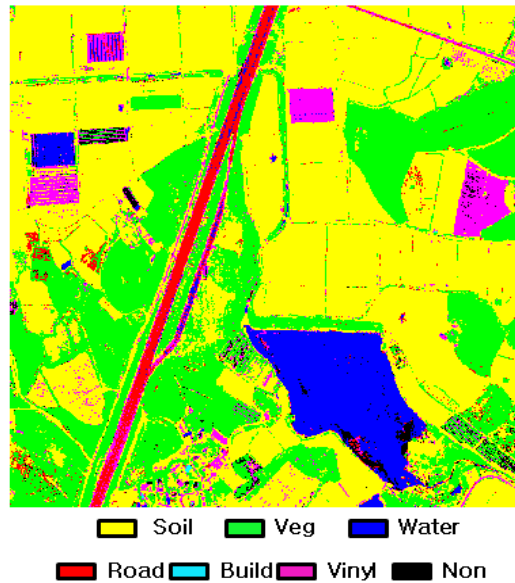


Figure 9. Result of Classification using Decision Tree

흙, 식생, 물의 경우 기존의 사용자 정확도가 90%대에서 80%대로 소폭 하락했지만 생산자 정확도는 80-90%대로 크게 상승한 것을 알 수 있다. 또한 도로, 건물, 비닐의 경우에는 낮은 0-30%대의 낮은 정확도를 보이다가 50-80%로 향상하였고 건물을 제외하고는 생산자 정확도 또한 향상되었다. 다만, 건물의 생산자 정확도가 소폭 하락되었는데 이는 가지 순서가 뒤에 배치하게 되어 앞선 순서에서의 오분류가 누적된 결과로 판단된다. Figure 10은 사용자정확도를 비교한 그래프이고 Figure 11은 생산자정확도를 비교한 그래프이다.

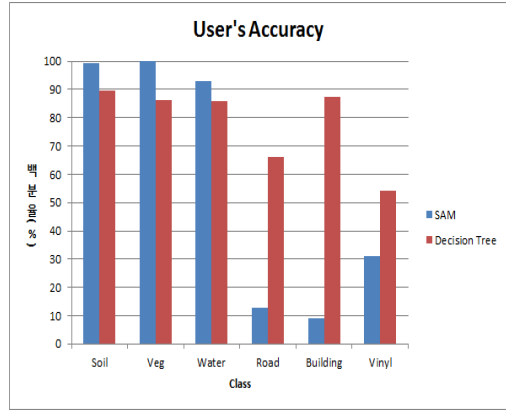


Figure 10. Comparison of User's Accuracy

Table 7. Accuracy Evaluation of Decision Tree

Overall Accuracy = 85.20%
Kappa coeffic = 0.76

class	Soil	Veg	Water	Road	Building	Vinyl	Non	Total
Soil	482100	39816	0	9092	0	3676	3676	543501
Veg	19313	257342	0	453	0	2715	601	280424
Water	0	0	56377	12	0	10	1264	57683
Road	12709	0	6542	21858	0	12368	0	53477
Building	39	0	0	31	199	177	76	522
Vinyl	22820	0	1914	1392	0	29498	1402	57026
non	35	907	953	155	29	711	4577	7367
합계	537016	298065	65786	32993	228	54296	11616	
Class	User's Accuracy			Producer's Accuracy				
Soil	89.77%			88.70%				
Vegetation	86.37%			91.77%				
Water	85.70%			97.73%				
Road	66.25%			40.87%				
Building	87.28%			37.12%				
Vinyl	54.33%			51.72%				

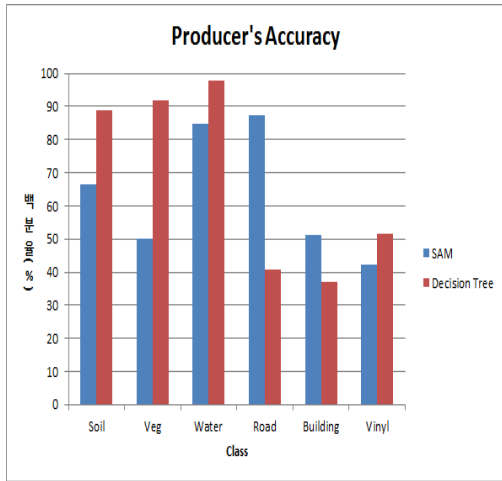


Figure 11. Comparison of Producer's Accuracy

5. 결론

본 연구에서는 라이브러리를 활용한 토지피복분류 정확도 향상을 위해 국내 토지피복현화에 맞는 신규 라이브러리를 구축하고 Decision Tree의 가지 순서를 적절히 배치함으로써 토지피복분류를 수행하였다. 이에 대한 정확도 평가를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

항공분광센서를 통해 취득되는 물체의 스펙트럼분포는 대기의 영향으로 인해 지상분광계로 취득된 스펙트럼 분포와 상이하여 SAM기법을 활용한 분류 결과 다량의 오분류를 보였다. 그러나 정확도 평가 결과를 통해 분류순서를 적절히 배치함으로써 정확도를 향상시킬 수 있음을 가정하였고 사용자 정확도와 분석자 정확도를 통해 Decision Tree의 가지 순서를 배치하였고 클래스의 개별적인 분류를 통해 가지의 결정계수를 설정하였다.

제작된 Decision Tree 기법을 적용한 토지피복분류의 정확도를 분석한 결과 전체정확도와 카파계수가 62.12%, 0.49에서 85.20%, 0.76으로 크게 증가한 것을

확인할 수 있었고 각 클래스의 사용자 정확도와 분석자 정확도 또한 전반적으로 향상되었음을 확인하였다. 향후 Decision Tree의 결정계수를 SAM 뿐만 아니라 다양한 유사도 기법을 적용함으로써 각 클래스가 가지는 특징을 찾아 세분류를 할 수 있는 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부의 재원으로 한국연구재단(NRF-2012R1A1A2038703)의 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

References

- 김대성. 2010. Hyperion 초분광영상의 분광정보를 이용한 하이브리드 변화 탐지 기법 연구. 박사학위 논문. 서울대학교 대학원.
- Kim DS. 2010. *Hybrid Change Detection using Spectral Profile Information of Hyperion Hyperspectral Images - Focusing on Unsupervised change Detection* [Thesis]. Seoul National University.
- 김대성, 김진곤, 변용기, 김용일. 2004. 무감독 SAM 기법을 이용한 하이퍼스펙트럴 영상 분류. 한국 측량학회 춘계 학술발표회 논문집. p. 159-164.
- Kim DS, Kim JG, Byun YK, Kim YI. 2004. The Hyperspectral Image Classification with the Unsupervised SAM. *The spring conference of KSGPC*, p. 159-164.
- 신정일, Yasser Maghsoudi, 김선화, 강성진, 이규성. 2008. 지상 초분광카메라 영상의 복사보정. 대한원격탐사학회. 24(2):213-222.
- Shin JI, Yasser Maghsoudi, Kim SW, Kang SJ, Lee KS. 2008. Vicarious Radiometric Calibration of the Ground-based Hyperspectral Camera Image.

- Journal of Korean Society of Remote Sensing*, 24(2):213-222.
- 신정일, 김선화, 이규성. 2010. 한반도 지역의 지표특성을 고려한 분광라이버리의 설계 및 구축. *대한원격탐사 학회지*, 26(5):465-475.
- Shin JI, Kim SW, Lee KS. 2010. Design and Construction of Spectral Library for the Korean Peninsular. *Journal of Korean Society of Remote Sensing*, 26(5):465-475.
- 이강철. 2014. 항공 하이퍼스펙트럴 영상을 이용한 토지피복분류. 석사학위논문. 전북대학교 산업기술대학원.
- Lee KC. 2014. *Land Cover Classification Using Airborn Hyperspectral Imagery* [Thesis]. Chonbuk National University.
- 조형갑. 2014. 수종분류를 위한 초분광영상과 다중분광영상의 정량적 비교 분석. 석사학위논문. 인하대학교대학원.
- Cho HG. 2014. *Quantitative Comparison Between Hyperspectral and Multispectral Image for Classification of Tree Species* [Thesis]. Inha University.
- Adams JB, Gillespie AR. 2006. *Remote Sensing of Landscapes with Spectral Images - A Physical Modeling Approach*. United Kingdom at the University Press Cambridge.
- Clark RN, Swayze GA, Gallagher AJ, King AJ, Calvin WM. 1993. The U. S. Geological Survey, Digital Spectral Library : Version 1 (0.2 to 3.0 μ m). U.S. Geological Survey. Open file report. 95:592.
- Geostroy. 2016a. CASI 1500 [Internet]. [http://www.geostroy.co.kr/equipment/hyper.php]. Last accessed 24 November 2016.
- Geostroy. 2016b. FieldSpec 3 [Internet]. . [http://www.geostroy.co.kr/equipment/spectroscope.php]. Last accessed 24 November 2016.
- Kruse FA, Lefkorf AB, Boardman JW, Heiedbrecht KB, Shapiro AT, Barloon PJ, Goetz AFH. 1993. The Spectral Image Processing System(SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data. *Remote Sensing of Environment*, 44:145-163.
- Van der Meer FD, De Jong SM. 2001. *Imaging Spectrometry : Basic Principles and Prospective Application*. Kluwer Academic Puplichers.
- Van der Meer FD. 2006. The Effectiveness of Spectral Similarity Measure for the Analysis of hyperspectral Imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(1):3-17.

2016년 10월 06일 원고접수(Received)

2016년 11월 02일 1차심사(1st Reviewed)

2016년 11월 22일 2차심사(2st Reviewed)

2016년 12월 07일 게재확정(Accepted)

초 록

밴드 수가 많고 밴드 폭이 좁은 초분광영상은 기존의 다중 분광 영상에 비해 각 픽셀이 함유하고 있는 정보가 많아 영상을 이용한 토지피복분류를 하는데 있어 최적의 영상으로 평가 받고 있다. 하지만 초분광영상의 높은 분광해상도로 부터 증가된 데이터의 용량과 노이즈로 인해 다중분광영상을 분석하는 기법을 그대로 적용하기에는 효용성이 떨어진다. 초분광영상의 분석 기법으로서 벡터의 내적을 활용하는 SAM(Spectral Angle Mapping)은 연속적인 스펙트럼을 보이는 초분광영상의 특성을 해석하는데 가장 보편적인 방법이다. 이에 본 연구에서는 분광라이브러리를 이용한 초분광영상의 토지 피복분류를 수행하기 위해 SAM기법을 채택하였으나 대기영향의 노이즈로 인해 낮은 정확도를 보였다. 이를 보완하기 위한 방법으로서 Decision Tree 기법을 제안하였고 그 결과, 분류 정확도를 향상시킬 수 있었다.

주요어 : 초분광영상, SAM(Spectral Angle Mapping), Decision Tree, 토지피복분류, 분광라이브러리