한국지형공간정보학회
(Journal of the Korean Society for Geospatial Information System)
Vol.22 No.3 September 2014 pp.155-160

ISSN: 1598-2955 (Print)
ISSN: 2287-6693(Online)
http://dx.doi.org/10.7319/kogsis.2014.22.3.155

연구논문

해상도변화에 따른 항공초분광영상 토지피복분류의 분류정확도 비교 연구

Study of Comparison of Classification Accuracy of Airborne Hyperspectral Image Land Cover Classification though Resolution Change

조형갑* · 김동욱** · 신정일***
Cho, Hyung Gab · Kim, Dong Wook · Shin, Jung Il

要 旨

본 논문에서는 각기 다른 3가지 해상도로 촬영된 항공 초분광영상을 이용하여 건물, 도로, 산림 등 8가지 분류군에 대해 토지피복분류를 실시하고 정확도를 비교하는 연구를 수행하였다. 연구는 24밴드(0.5m 공간해상도), 48밴드(1.0m 공간해상도), 96밴드(1.5m 공간해상도)로 각각 1000m, 2000m, 3000m고도에서 촬영된 초분광영상을 이용하여 8가지 클래스에 대해 토지피복분류를 수행하였다. 그 결과 2000m고도에서 촬영된 48밴드 초분광영상을 이용하여 분류한 영상이 가장 높은 분류정확도를 보였고, 24밴드, 96밴드 순으로 분류정확도가 높게 나타났다. 초분광영상 활용에 있어서 1m 공간해상도에 48개밴드를 사용하여 토지피복분류를 수행함에 있어 적합함을 확인하였고 항공 초분광영상을 활용한 주제도 제작과 관련하여 정확도와 실용성 면에서 공간정보 품질이 개선될 것으로 기대한다.

핵심용어 : 초분광영상, 공간해상도, 분광해상도, 분류

Abstract

This paper deals with comparison of classification accuracy between three land cover classification results having difference in resolution and they were classified with eight classes including building, road, forest, etc. Airborne hyperspectral image used in this study was acquired at 1000m, 2000m, 3000m elevation and had 24 bands(0.5m spatial resolution), 48 bands(1.0m), 96 bands(1.5m). Assessment of classification accuracy showed that the classification using 48 bands hyperspectral image had outstanding result as compared with other images. For using hyperspectral image, it was verified that 1m spatial resolution image having 48 bands was appropriate to classify land cover and qualitative improvement is expected in thematic map creation using airborne hyperspectral image.

Keywords : hyperspectral, Spatial Resolution, Spectral Resolution, Classification

1. 서 론

지표물의 정보를 추출하기 위한 측량기술은 인간이 측량장비를 현장에서 직접 측량하는 직접 측량방법과 항공기를 통해 사진을 촬영하여 도화기로 작업하여 측량하는 항공사진측량방법, 위성영상이나 항공 초분광영상 또는 지상분광계를 이용하여 측량하는 원격탐사 측량기법이 있다. 이러한 다양한 측량기법들 중 원격탐사를 이용한 측량기법은 기존 측량기법을 발전시키기 위해 다양한 분야에서 사용되어 왔으며, 특히 토지피복을 분류하기 위해서 원격탐사 자료는 비교적 정확하고 효율적인 수단으로 사용되어 왔다(Yoon et al., 2009).

항공초분광영상을 이용한 측량방법은 농작물, 수질, 산림 등에서 특화된 측량방법으로 활용성이 검증되었다(Kim et al., 2005; Cho and Lee, 2014). 그 중 Jang et al(1999)는 토지피복도 제작에 초분광영상이 다중분광영상에 비해 얼마나 효과적인지 연구를 수행하였으

Received: 2014.09.11, accepted: 2014.09.22

* 정회원 · ㈜지오스토리, 공간정보팀(Members, Geospatial Information Team, GEOSTORY Co., Ltd, chohg0316@geostory.co.kr)
** 정회원 · ㈜지오스토리, 솔루션개발팀(Members, Solution Development Team, GEOSTORY Co., Ltd, kim_9dw@naver.com)
*** 교신저자 · 정회원 · ㈜지오스토리, 기술연구소(Corresponding Author, Member, Research of Technology, GEOSTORY. Co., Ltd, jishin@geostory.co.kr)

며, 최적밴드 선택을 통해 초분광영상을 효율적으로 활용할 수 있는 방안을 마련하였다.

다중분광영상이 한정된 파장영역에서 정보를 획득하는 반면, 초분광영상은 수십 개 또는 수백 개의 밴드를 가지고 있으며, 좁은 밴드폭의 연속적인 파장영역을 가지고 있어 미세한 차이를 가지고 있는 특정 토지피복에 대해 정밀한 분류 및 탐지가 가능하다(Goetz, 2009; Karaska et al., 2004).

이 논문에서는 최신 측량기술인 항공초분광센서를 이용한 측량기술의 활용가능성을 검증하고 다양한 주제도제작을 위한 제반을 마련하고자 한다. 항공초분광센서의 활용가능성을 검증하기 위해 먼저 고도에 따른 초분광영상의 분광적인 차이와 공간적인 차이를 비교하고, 동일 샘플지역에 대해 토지피복 분류를 실시하여, 실제 자료와 비교해 분류정확도를 산출해 비교하고자 하였다.

2. 연구자료 및 방법

2.1 연구지역

본 연구의 연구지역은 전라남도 고흥군의 일부 지역을 선정하여 촬영 하였으며, 연구지역에는 고흥만을 포함하는 수계지역, 논, 밭 등 농업지역, 초지, 나지 등으로 구성되어있으며, 산림과 마을이 형성되어 있어 토지피복분류를 하기에 적합한 지역으로 총 5,133 x 509m 범위의 지역으로 선정하였다(Fig. 1).

2.2 연구에 사용된 자료

2.2.1 CASI-1500 hyperspectral image

토지피복분류를 수행하기 위해 사용한 영상은 캐나다의 ITRES사에서 개발한 CASI-1500(compact airborne spectrographic imager – 1500) 항공 초분광 센서로 380-1050nm의 파장영역을 가지고 있으며, 최대 288개의 분광밴드를 획득할 수 있는 초분광센서이며, 2010년 국내에 도입되어 산림, 해양 등 다양한 분야에 사용하였다(ITRES, 2010).

연구에 사용한 초분광영상은 2014년 2월 21일날 ㈜지오스토리에서 보유한 King Air 90 항공기에 탑재하여 촬영된 영상이며, 복사보정을 수행하였고, 보어사이트촬영 및 기준점측량을 통해 정사보정으로 제작하였다.

분광해상도와 공간해상도의 차이에 따른 토지피복분류 분류정확도를 비교하기 위해 초분광센서를 3가지 방식으로 촬영하였다(Table 1).

첫 번째 촬영방식은 24밴드로 촬영된 초분광영상으로 3가지 방식 중 공간해상도가 가장 높으며(0.5m), 밴드 수는 가장 적다.

두 번째 촬영방식은 48밴드로 촬영된 영상으로 1m의 공간해상도를 가지고 있다.

마지막 촬영방식은 96밴드로 가장 높은 분광해상도를 보이고 있으며, 가장 낮은 공간해상도를 나타내고 있다(1.5m).

Table 1. CASI-1500 image specification

Image No (altitude).	Spectral resolution	Spatial resolution
Hyper 1 (1000m)	24 Band (14.4nm width)	0.5m
Hyper 2 (2000m)	48 Band (7.2nm width)	1.0m
Hyper 3 (3000m)	96 Band (3.6nm width)	1.5m

24 Band, 0.5m spatial resolution

48 Band, 1.0m spatial resolution

96 Band, 1.5m spatial resolution

Figure 1. Study area

2.2.2 In-situ data

본 연구에서 수행한 8개 클래스의 토지피복분류의 정확성을 확인하기 위해 고흥 현지측량과 수치도화를 통해 50cm급 공간해상도에서 제작된 수치지도에서 검증표본을 추출하였다. 50cm 공간해상도에서 추출한 참조자료는 각기 다른 공간해상도의 초분광영상에 적용하기 위해 좌표정보를 토대로 동일위치의 참조자료를 각각 1m, 1.5m 공간해상도로 추출하여 검증자료로 사용하였다.

Table 2. training site of each classes

class	Training site
Building(black proof)	12 point
Building(blue proof)	11 point
Paddy(rice)	17 point
Water(sea)	10 point
Water(reservoir)	10 point
Road(Asphalt)	26 point
Road(concrete)	21 point
Forest	27 point

2.3 토지피복분류

2.3.1 훈련표본선정

초분광영상을 이용하여 토지피복분류를 하기 위해서는 훈련표본을 선정하여야 한다. 훈련표본은 연구지역 내 모든 피복물에 대해 분류를 하는게 타당하지만 이 논문은 해상도에 대한 비교논문으로서 분광특성이 명확히 다른 피복물로 한정하여 국소적인 범위의 피복물과 유사한 분광특성을 가진 피복물을 제외하여 선정하였다. 이 같은 방식으로 훈련표본은 각기 다른 분광특성을 가진 피복물로 정했으며, 건물(검은색 지붕, 파란색 지붕), 아스팔트 도로, 산림, 수계(해양수, 내륙수), 논, 콘크리트 도로로 총 8가지 클래스를 선정하여 훈련표본을 선정하였다.

건물의 경우, 촬영된 영상에 건물의 지붕이 찍히게 되는데 재질에 따라 다양한 분광특성을 가지고 있기 때문에 지붕의 재질을 고려해 검은색 지붕과 파란색 지붕으로 구분하였다.

선정된 8가지 클래스의 분광반사곡선은 Fig. 2 와 같다.

각각의 클래스의 분광반사곡선을 비교해보면, 클래스마다 각기 다른 특성을 가지고 있음을 확인할 수 있다. 건물의 지붕은 검은색과 파란색이 확연한 차이를 보이며, 이는 검은색 지붕이 빛을 흡수하는 성질 때문에 낮은 태양복사에너지로 나타나는 성질이 있다. 또한, 수계의 경우, 해양수와 내륙수가 유사한 패턴을 보이고 있지만 500-600nm구간에서 내륙수의 복사에너지가 더 높게 나타나는데 이는 내륙수의 물은 해양수에 비해 정체되어 있기 때문에 클로로필a 등의 영향에 따라 녹색광 영역에서 반사가 높게 일어나는 성질이 있다. 그 외 아스팔트와 콘크리트 도로는 콘크리트가 아스팔트보다 빛을 더 강하게 반사하기 때문에 높은 반사특성을 보인다.

이와 같이 얻어낸 훈련표본은 클래스별로 Table 2와 같이 선정하였다.

2.3.2 SAM(spectral angle mapper)

초분광영상을 이용하여 토지피복 분류를 수행하기 위해 화소단위의 분광정보를 이용하여 분류를 실시하는 감독분류 방법을 적용한다.

초분광영상에 적용하기 위해 대표적으로 사용하는 감독분류 기법인 최대 우도비 분류법(maximum likelihood classification, MLC)은 선정된 클래스의 값을 가지고 화소가 어떤 클래스에 속할지를 확률로써 할당하는 분류 기법으로 가장 보편적으로 사용하는 분류기법이다

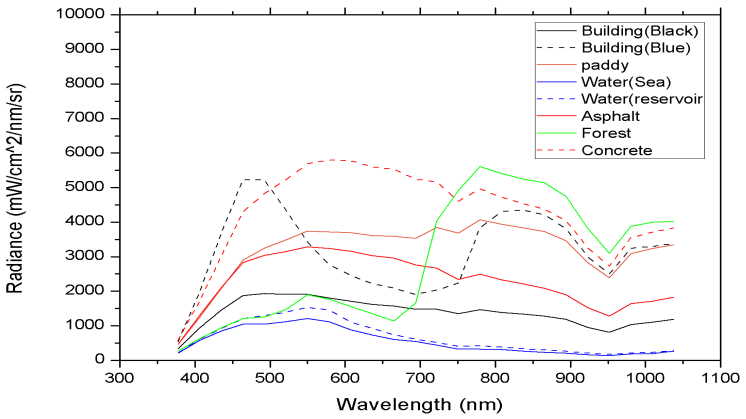


Figure 2. spectral curve of 8 classes

(Lo and Yeuong, 2002). 하지만 MLC기법은 클래스를 구성하는 훈련샘플이 영상의 밴드수보다 많아야 한다는 가정을 전제로 하게 되므로 밴드수가 많은 초분광영상을 이용하여 분류를 수행할 경우 한정된 지역에 과도한 표본을 선정해야 하는 어려움이 존재한다(Jia and Richards, 1994). 이는 영상의 정보량을 압축하여 밴드의 수를 줄이는 방법으로 해결 가능하지만 본 연구에서는 원영상의 전체 밴드의 영상을 사용하여 분광해상도의 차이에 따른 비교를 수행한다는 측면에서 적합하지 않다. 또한, 통계학습이론에 기반을 둔 SVM(Support Vector Machine)은 비선형 경계를 결정하고 자료를 분류하기 위한 커널을 사용한다. 하지만, SVM의 커널방식은 벡터간의 내적이나 거리차를 이용하므로 초분광영상 분류에 적합하지 않다(Choi et al., 2006).

이와 같은 이유로 비교적 적용이 쉬우며 초분광영상에 대표적으로 사용되는 영상 분류 기법 중 SAM (spectral angle mapper)을 이용하여 분류를 수행하였다.

SAM은 밴드간의 상관관계를 이용하여 분광각을 생성해 영상의 모든 지점 중 분광각의 범위 내에 포함되는 분광값을 찾아내어 클래스를 부여하는 기법이다 (Cho et al., 2010; Chang, 2003). 이 기법은 임계값의 설정이 복잡하지 않고 처리속도가 빨라 maximum likelihood나 minimum distance기법보다 많이 사용하고 있다.

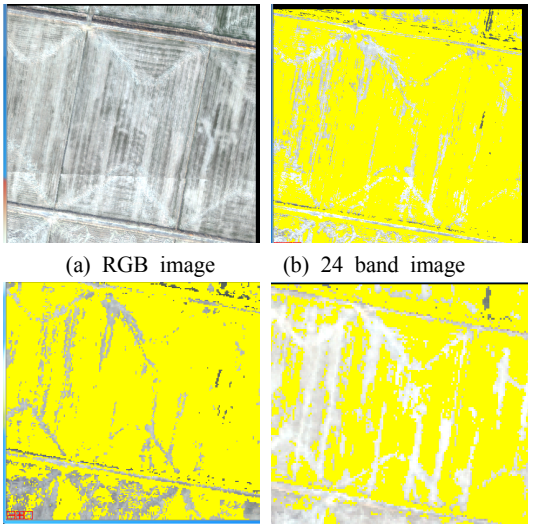
이 기법의 임계값 설정은 밴드별 상관관계로 이루어진 분광각의 최대각도를 결정해주는 것으로 단위는 라디안 단위로 주어지며, 각이 클수록 많은 화소를 클래스에 포함시킬 수 있는 반면 오분류가 생길 확률이 높다.

본 연구에서는 해상도의 차이에 의한 분류정확도의 차이를 비교해보고자 동일한 임계값(Maximum angle = 0.5)을 부여하여 24밴드, 48밴드, 96밴드 영상에 SAM기법을 적용하였다

3. 연구 결과

3.1 해상도별 분류 결과 이미지 비교

각기 다른 해상도별로 토지피복분류를 실시한 후 분류결과를 8개 피복별로 분류결과를 비교해 보면, 전체적으로 48밴드로 분류한 Hyper 2가 육안으로 봐도 가장 잘 분류가 되었으며, 이는 공간해상도가 0.5m 인 Hyper 1이나 96밴드를 가진 Hyper 3 보다 1m 공간해상도와 48밴드의 분광해상도가 토지피복분류에 있어서 적합한 초분광영상 촬영 조건임을 나타낸다. 특히, Fig. 3과 같이 논 지역에서 96밴드로 분류한 Hyper 3영상 (Fig. 3-(d))은 1.5m의 상대적으로 낮은 공간해상도로



(a) RGB image (b) 24 band image

(c) 48 band image (d) 96 band image

Figure 3. classification result for paddy

인해 혼합화소가 생겨 미분류(unclassified)가 발생함을 확인할 수 있다.

3.2 해상도별 분류 정확도 비교

토지피복분류를 실시한 영상분류 결과의 정량적인 비교를 위해 8개 피복에 대해 오차행렬(Error matrix)를 계산하였다. 오차행렬은 분류결과가 참조자료와 얼마나 일치하는지를 검증하는 정확도 산정 방법으로 분류결과의 클래스별로 정확도 산출이 가능하며 영상별 전체 정확도(overall accuracy, OA)를 산출하여 영상별 비교가 가능하다(Congalton, 1991).

본 연구에서 산출된 분류결과의 전체분류정확도와 클래스별 정확도를 산출한 결과는 다음 Table 3, Table 4, Table 5와 같으며, 48밴드로 분류를 수행한 Hyper 2영상이 가장 높은 분류정확도(OA=86.9%)를 나타내었으며, Hyper 1(OA=83.5%), Hyper 3(OA=66.9%)순으로 나타났다.

하지만 인공물에 해당하는 건물과 도로에서는 24밴드로 분류한 Hyper 1이 가장 높은 분류정확도를 나타냈으며, 그 외 자연물에서는 Hyper 2, Hyper 3의 분류정확도가 더 높게 나왔다.

이는 인공물에서는 공간해상도의 차이로 인해 혼합화소가 생기는 영향으로 간주되며, 논이나 수계와 같은 피복에서는 항공 촬영영상에서 공간해상도 차이의 영향이 지배적이지 않기 때문에 분광해상도가 높은 Hyper 2, Hyper 3의 분류정확도가 높게 나온 것이라 보여진다.

Table 3. Classification accuracy of 8 classes using Hyper 1

class	Ground Truth							
	Building (black)	Buildin g(blue)	Paddy	Water (sea)	Water(reser voir)	Road(asph alt)	Forest	Road
Building(black proof)	98.72	2.68	0.15	0.01	0.05	0.12	1.00	0.00
Building(blue proof)	0.00	96.66	0.00	0.00	0.00	0.00	2.72	0.00
Paddy(rice)	0.18	0.41	79.74	0.00	0.00	0.00	20.36	10.32
Water(sea)	0.36	0.07	0.00	97.85	6.34	0.00	0.00	0.00
Water(reservoir)	0.00	0.00	0.00	2.14	93.59	0.00	0.00	0.00
Road(Asphalt)	0.32	0.00	0.17	0.01	0.03	99.52	0.00	0.36
Forest	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	75.92	0.00
Road(Concrete)	0.41	0.24	19.68	0.00	0.00	0.36	0.00	89.32

Overall accuracy = 83.49%, Kappa coefficient = 0.6711

Table 4. Classification accuracy of 8 classes using Hyper 2

class	Ground Truth							
	Building (black)	Building (blue)	Paddy	Water (sea)	Water (reservoir)	Road (asphalt)	Forest	Road (concrete)
Building(black proof)	88.50	4.83	0.06	0.02	1.32	5.82	0.79	5.16
Building(blue proof)	0.73	83.72	0.00	0.00	0.00	0.00	9.38	0.00
Paddy(rice)	4.74	1.66	84.46	0.00	0.00	2.91	13.40	27.70
Water(sea)	0.00	0.00	0.00	97.80	0.00	0.00	0.00	0.00
Water(reservoir)	0.18	0.00	0.00	2.18	98.50	0.00	0.00	0.00
Road(Asphalt)	5.47	2.62	0.27	0.00	0.18	88.22	0.00	4.23
Forest	0.00	0.69	0.54	0.00	0.00	0.00	76.43	0.94
Road(Concrete)	0.36	6.48	14.67	0.00	0.00	3.06	0.00	61.97

Overall accuracy = 86.91%, Kappa coefficient = 0.7252

Table 5. Classification accuracy of 8 classes using Hyper 3

class	Ground Truth							
	Building (black)	Building (blue)	Paddy	Water (sea)	Water (reservoir)	Road (asphalt)	Forest	Road (concrete)
Building(black proof)	67.97	21.93	0.01	0.00	4.56	0.00	1.97	10.10
Building(blue proof)	2.73	14.33	0.00	0.00	0.13	0.00	24.43	0.00
Paddy(rice)	9.38	3.51	57.97	0.00	1.48	0.00	1.33	32.32
Water(sea)	0.00	0.00	0.00	98.49	0.00	0.00	0.00	0.00
Water(reservoir)	0.00	1.46	0.00	1.51	91.28	0.00	0.00	0.00
Road(Asphalt)	11.72	57.31	2.72	0.00	2.01	98.15	0.00	16.16
Forest	0.78	0.00	0.22	0.00	0.40	0.00	72.28	16.16
Road(Concrete)	7.42	1.46	39.08	0.00	0.13	1.85	0.00	25.25

Overall accuracy = 66.93%
Kappa coefficient = 0.4751

4. 결 론

본 연구는 항공 초분광센서로 촬영된 각기 다른 3가지 종류의 밴드 영상을 이용하여 인공물, 논, 수계, 산림 등 8가지 피복물에 대해 토지피복분류를 실시하고 분류결과에 대한 분류정확도의 차이를 비교하여 토지피복분류를 위해 적합한 초분광영상 촬영 방식을 선정하고자 하였다.

이를 위해 각각 0.5m 공간해상도에서 촬영된 24밴드 초분광영상과 1m 공간해상도의 48밴드 초분광영상, 1.5m 공간해상도의 96밴드 초분광영상을 획득하고 SAM 분류기법을 통해 분류를 수행하였다.

그 결과, 48밴드를 사용하여 분류를 수행한 초분광영상이 가장 높은 분류정확도를 나타내면서 인공물, 자연물을 분류하기 위해 가장 적합한 촬영조건으로 나타났다. 전체정확도는 48밴드를 사용한 초분광영상이 가장 높았지만 인공물에서는 24밴드를 사용한 초분광영상이 높게 나타났다. 이는 인공물의 경우, 넓은 범위로 분포되어있는 논, 수계, 산림과 같은 자연물에 비해 차지하는 면적이 작고 주변지물과 분광반사특성이 확연히 다르게 나타나기 때문에 분광해상도보다 공간해상도의 영향을 받게 된다.

이 같은 결과는 48밴드를 사용하여 분류를 수행했을 때 공간해상도와 분광해상도의 조건을 동시에 만족하여 토지피복분류를 수행할 수 있음을 확인하는 결과이며, 향후에 환경부에서 정의한 토지피복분류 체계나 세부적인 분류체계를 적용해 피복물에 대한 분류를 수행하여 비교해볼 필요가 있다. 또한, 좀더 정밀한 비교를 위해 동일한 공간해상도에서 다양한 분광해상도를 가지는 초분광영상의 비교를 수행하거나 동일한 밴드 수에서 각기 다른 공간해상도로 촬영된 초분광영상을 비교함으로써 밴드의 수나 공간해상도가 토지피복분류에 어떤 영향을 끼치는지에 대한 정밀한 분석을 실시하여 토지피복분류에 있어서 적합한 해상도를 찾는 연구가 후속적으로 수행되어야 한다. 이 밖에도 SAM분류기법 뿐만 아니라 최근 초분광영상과 관련된 연구가 활발히 진행되고 있는 분광혼합분석(Spectral Mixture Analysis)을 활용하여 분류를 수행하는 연구를 수행할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축개발사업 연구비지원(13도시건축A02)에 의해 수행되었음.

References

1. Chang, C. I., 2003, Hyperspectral imaging: techniques for spectral detection and classification, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 2-35.
2. Cho, H. G. and Lee, K. S., 2014, Comparison between hyperspectral and multispectral images for the classification of coniferous species, Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 30, No. 1, pp. 25-36.
3. Cho. M. A. Debba, P. Mathieu, R. Naidoo, L. Aardt, J. V. and Asner, G. P., 2010, Improving discrimination of savanna tree species through a multiple-endmember spectral angle mapper approach: canopy-level analysis, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 48, No. 11, pp. 4133-4142.
4. Choi, J. W. Byun, Y. G. Kim, Y. I. and Yu, K. Y., 2006, Support vector machine classification of hyperspectral image using spectral similarity kernel, Journal of the Korean Society for Geospatial information System, Vol. 14, No. 4, pp. 71-77.
5. Congalton, R. G., 1991, A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data, Remote Sensing of Environment, Vol. 37, pp. 35-46.
6. Goetz, A. F. H., 2009, Three decades of hyperspectral remote sensing of the earth : a personal view, Remote Sensing of Environment, Vol. 113, Supplement 1, pp. S5-S16.
7. ITRES, 2008, ITRES CASI instrument manual.
8. Jang, S. J. Lee, H. N. Kim, J. K. and Chae, O. S., 1999, A study on the EO-1 hyperion's optimized band selection method for land cover/land use map, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Vol. 17, No. 4, pp. 289-297.
9. Jia, X. and Richards, J. A., 1994, Efficient maximum likelihood classification for imaging spectrometer data sets, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 32, No. 2, pp. 274-281.
10. Karaska, M. A. Huguenin, R. L. Beacham, J. L. Wang, M. H. Jensen, J. R. and Kaufmann, R. S., 2004, AVIRIS measurements of chlorophyll, suspended minerals, dissolved organic carbon, and turbidity in the Neuse river, North Carolina, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 70, No. 1, pp. 125-133.
11. Kim, S. H. Lee, K. S. Ma, J. R. and Kook, M. J., 2005, Current status of hyperspectral remote sensing: principle, data processing techniques, and applications, Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 21, No. 4, pp. 341-369.
12. Lo and Yeung., 2002, Concepts and techniques of geo-graphic information systems, Upper Saddle Reiver, NJ: Prentice-Hall, p. 492.
13. Yoon, J. S. Kang, S. J. and Lee, K. S., 2009, The reflectance patterns of land cover during five years (2004~2008) based on MODIS reflectance temporal profiles, Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 25, No. 2, pp. 113-126.