

공개된 토지피복도를 활용한 위성영상 분류

Image Classification for Military Application using Public Landcover Map

홍우용*	박완용**	송현승**
Woo-Yong Hong	Wan-Yong Park	Hyeon-Seung Song
정철훈*	어양담***	김성준*
Cheol-Hoon Jung	Yang-Dam Eo	Seong-Joon Kim

Abstract

Landcover information of access-denied area was extracted from low-medium and high resolution satellite image. Training for supervised classification was performed to refer visually by landcover map which is made and distributed from The Ministry of Environment. The classification result was compared by relating data of FACC land classification system. As we rasterize digital military map with same pixel size of satellite classification, the accuracy test was performed by image to image method. In vegetation case, ancillary data such as NDVI and image for seasons are going to improve accuracy. FACC code of FDB need to recognize the properties which can be automated.

Keywords : Landcover Information(토지피복정보), Satellite Image(위성영상). Supervised Classification(감독분류), FACC Land Classification System(FACC 지형분류 체계)

1. 서론

비접근지역의 토지피복분류자료는 일제 강점기에 제작된 조선임야분포도를 제외하면 위성영상을 이용하여 제작한 비접근지역의 농업기반 특성 분석을 위한 토지피복분류도와 환경부에서 제작한 토지피복 분류

자료가 있는데, 제작에 사용된 Landsat TM 영상 획득 시기와 분류체계의 상이함이 존재하고 있다^[1]. 군은 비접근지역에 대하여 TTADB(Tactical Terrain Analysis Data Base)에서 포함하고 있는 내용과 지형지물 정의를 기반으로 한 VITD(Vector Product Interim Terrain Data) 및 SHP(Shape) 파일 형식의 지형지물 속성자료인 FDB(Feature DataBase)를 보유하여 활용중이다^[2].

그런데 군사적 활용을 위한 비접근지역의 토지피복 분류는 군사적 목적의 분류체계에 맞게 되어야 하므로 기존의 민간에서 구축한 분류자료를 사전지식 자료로 활용하거나 외부로부터 수집되는 첩보수준의 자료를 가공하여 지형자료에 반영하여 최신화 작업을 수행할

† 2009년 9월 22일 접수~2009년 12월 18일 게재승인

* 건국대학교 사회환경시스템공학과

** 국방과학연구소(ADD)

*** 건국대학교 신기술융합학과

책임저자 : 박완용(wyPark@add.re.kr)

필요가 있다. 우리나라에서는 다목적 실용위성 2호의 성공적인 발사로 인해 고해상도의 영상을 한반도 전역을 대상으로 획득하고 있고, 이외에 군이 보유하고 있는 각종 영상자료를 가지고 수정 갱신이 가능하지만, 보다 쉽고 전역적 적용이 가능한 토지피복 분류 연구는 최근까지도 이루어지지 않고 있다. Eo 등^[3]은 비접근지역에 대하여 VITD와 QuickBird 영상을 이용하여 MLC(Maximum Likelihood Classification) 분류 적용시 자동 트레이닝 설정에 따른 분류 결과를 분석하였으며, 김선화 등^[4]은 Landsat ETM+과 EO-1 Hyperion 영상을 분류하여 가능성을 실험한 바 있다. 한편, 신대식 등^[5]은 남북방 한계선에 걸친 지역에 대한 군사지형코드 분류체계 규격의 식생 속성 수정 및 최신화를 시도한 바 있고, 홍석영 등^[6]은 북한 전역을 대상으로 수치표고모델, 경사분포 현황 그리고 10개 분류항목에 대한 토지 피복도를 작성하였다. 또한 정승규 등^[7]은 MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 다중시기 영상을 선형분광혼합화소분석을 이용하여 광역적 수준의 토지피복 분류도를 구축하는 연구를 수행한 바 있다.

본 연구에서는 중저해상도 영상인 Landsat TM 영상을 활용하여 기 제작된 민간 토지피복도 분류 결과를 기반으로 군사코드 분류체계로 트레이닝을 하여 지형코드별 영상분류를 실험하였다. 또한 이렇게 제작된 중저해상도 영상을 사전확률 자료로 하여 고해상도 영상 분류에 적용하여 군사지형코드 자료의 최신화 가능성을 분석하였다.

2. 토지피복 분류체계와 군사지형자료 분류체계

지형공간정보에서 다루는 지형지물과 그 속성에 관한 자료를 표준화시키고자 하는 노력은 이전부터 진행되어 왔으며, 이에 대한 필요성과 방법에 대한 연구가 진행되기도 하였다^[8]. 최근 들어서는 국가공간정보 체계구축 사업을 통해 그동안 여러 가지 분류 항목 및 자료 형식 그리고 지방자치단체별로 구축, 보유중인 지형공간정보를 체계적으로 통합하고 이를 공유함으로써 공간정보를 필요로 하는 모든 곳에 효과적으로 활용하고자 하는 사업이 시범사업으로 수행중이다^[9]. 민간부분에서 구축된 여러 종류의 지형정보를 군사지형정보체계로 도입하여, 다양한 속성을 가진 지형자료의 통합, 최신화 및 자료제작 비용 절감 등을 고려

하면 민간부분에서 제작한 자료와 군 지형자료의 호환성 연구가 필요한 시점이다.

토지피복도는 토지표면의 물리적 현황 즉 지표면의 상태를 나타내는 것으로서, 환경 분야에서 지표면의 이용현황 공간적 파악 및 정책 수립의 기초자료이다. 인간활동이 미치는 지표면은 과거에 비해 빠른 속도로 변화하고 있어, 토지피복 현황을 신속하고 정확하게 파악하기 위해서 위성영상자료를 기반으로 한 원격탐사 기술이 적용되어 왔다. 우리나라 환경부에서는 1998년부터 전국을 대상으로 토지피복도를 제작하여 구축하였다. 1998년에는 위성영상을 이용하여 전국의 대분류 토지피복도를 제작하였으며, 2001년부터 2004년까지는 전국의 중분류 토지피복도를 제작하였다. 대분류 토지피복도는 우리나라 전역을 대상으로 위성영상 처리를 통하여 7개 토지유형으로 구분하였으며, 중분류 토지피복도는 위성영상을 판독하여 23개 토지유형으로 세분한 자료이다. 중분류 토지피복도는 대분류 토지피복도보다 지도의 축척이나 내용면에서 자세한 정보를 담고 있다^[10].

지형자료에 대한 분류체계는 각각의 활용목적별로 상이하여 분류체계간의 정확한 mapping은 현실적으로 어려움이 있다^[11]. 이것은 어느 특정 분류체계에서 하나의 항목으로 정의된 것이 다른 분류체계에서는 2개 이상으로 분리되거나 일부분만 포함될 수 있는 등 여러 가지 경우가 발생하기 때문이다. 군사지형자료에서 기반으로 하는 FACC(Feature and Attribute Coding Catalogue) 지형분류의 경우에도 일반적으로 원격탐사 센서 특징을 고려한 분류체계가 아니어서 USGS(United States Geological Survey) 분류체계에 비해 다소 세분류되어 있다. 이러한 특성을 고려하여 Table 1과 같이 두 분류체계간의 유사항목을 추출, 관련 항목을 연관시켜 실험을 수행하였다.

3. 실험 및 분석

가. 실험 방법 및 결과

실험에 적용할 위성영상은 2006년 9월에 획득한 공간해상도 30m급 Landsat TM과 2004년 8월에 촬영된 2.4m급 QuickBird Multiband 영상으로서 경기도 북부지역을 포함하고 있다. 2년간의 시기차이는 비접근지역의 특성상 변화가 크게 없을 것으로 가정하였고, 계절의 유사성을 고려하였다. 영상의 하단부 영역이 일부

Table 1. 토지피복도 중분류체계와 FACC 비교표

FACC				토지피복도	
Code	Name	Description	Category	대분류	중분류
AA010	Mine	채광지역	Culture-Extraction	나지	채광지역
AA012	Quarry	채석장	Culture-Extraction	나지	채광지역
AB000	US-Disposal Site/Waste Pile UK-Refuse Tip/Slag Heap	폐기물처리장	Culture-Disposal	시가화/건조지역	공공시설지역
AC000	Processing Plant Treatment Plant	하수처리장	Culture-Processing Industry	시가화/건조지역	공공시설지역
AD010	US-Power Plant UK-Power Plant	발전소	Culture-Power Generation	시가화/건조지역	공공시설지역
AD030	Substation Transformer Yard	변전소	Culture-Power Generation	시가화/건조지역	공공시설지역
AH050	Fortification	요새	Culture-Institutional/ Government	시가화/건조지역	공공시설지역
AK040	US-Athletic Field UK-Athletic Field	운동장	Culture-Recreational	시가화/건조지역	공공시설지역
AK100	Golf Course	골프장	Culture-Recreational	초지	골프장
AK160	US-Stadium/Amphitheater UK-Stadium/Amphitheater	스타디움	Culture-Recreational	시가화/건조지역	공공시설지역
AK170	Swimming Pool	수영장	Culture-Recreational	시가화/건조지역	공공시설지역
AL015	Building	빌딩	Culture-Miscellaneous Features	시가화/건조지역	주거지역
AL020	Build-up Area	도시화지역	Culture-Miscellaneous Features	시가화/건조지역	주거지역
AL030	US-Cemetery UK-Cemetery/Gravelyard	묘지	Culture-Miscellaneous Features	초지	기타초지
AL200	Ruins	유적	Culture-Miscellaneous Features	나지	기타나지
AL210	Snow Shed/Rock Shed	눈/암반 지역	Culture-Miscellaneous Features	나지	기타나지
AM060	Storage Bunker/ Storage Mount	저장 병커/마운트	Culture-Storage	시가화/건조지역	공공시설지역
AN060	US-Railroad Yard/Marshalling Yard UK-Railroad Yard/ Marchalling Yard	철로 지역	Culture-Transportation- Rail road	시가화/건조지역	교통지역
AQ116	Pumping Station	양수장	Culture-Associated Transportation	시가화/건조지역	공공시설지역
AQ140	Vehicle Storage/ Parking Area	격납고, 주차장	Culture-Associated Transportation	시가화/건조지역	공공시설지역
AT050	Communication Building	통신 건물	Culture-Communications/ Transmission	시가화/건조지역	주거지역
BA040	Water(Except Inland)	수역	Hydrography-Coastal Hydrography	수역	해양수

FACC				토지피복도	
Code	Name	Description	Category	대분류	중분류
BH010	Aqueduct	도수관	Hydrography-Inland Water	시가화/건조지역	공공시설지역
BH030	Ditch	도랑	Hydrography-Inland Water	수역	내륙수
BH040	Filtration Beds Aeration Beds	정수장, 배수장	Hydrography-Inland Water	시가화/건조지역	공공시설지역
BH050	Fish Hatchery Fish Farm/Marin Farm	양어장	Hydrography-Inland Water	수역	내륙수
BH080	Lake/Pond	호수/연못	Hydrography-Inland Water	수역	내륙수
BH090	Land Subject Inundation	습지	Hydrography-Inland Water	습지	내륙습지
BH130	Reservoir	저수지	Hydrography-Inland Water	수역	내륙수
BH135	Rice Field	논	Hydrography-Inland Water	농업지역	논
BH140	River/Stream	강/하천	Hydrography-Inland Water	수역	내륙수
BI020	Dam/Weir	댐/둑	Hydrography-Miscellaneous Inland Water	시가화/건조지역	공공시설지역
DB090	Embankmen/Fill	제방	Physiography-Landforms	시가화/건조지역	공공시설지역
DB160	Rock Strata/Rock Formation	석축	Physiography-Landforms	시가화/건조지역	공공시설지역
EA010	Cropland	논, 밭등의 경작지	Vegetation-Cropland	농업지역	밭
EA030	Nursery	보육원	Vegetation-Cropland	시가화/건조지역	상업지역
EA040	Orchard/Plantation	과수원	Vegetation-Cropland	농업지역	과수원
EB020	Scrub/Brush/Bush	덤플, 관목숲	Vegetation-Rangeland	산림지역	혼효림
EC030	Trees	산림	Vegetation-Woodland	산림지역	활/침엽수림
EC040	Cleared Way/Cut Line/Firebreak	억제선	Vegetation-Woodland	나지	기타나지
ED020	Swamp	늪/습지	Vegetation-Wetland	습지	내륙습지
FA001	Administrative Area	행정 지역	Demarcation-Boundaries/ Limits/Zones(Topographic)	시가화/건조지역	공공시설지역
FA015	Firing/Gunnery Range	사격장	Demarcation-Boundaries/ Limits/Zones(Topographic)	나지	기타나지
FA070	Demilitarized Zone	비무장지대	Demarcation-Boundaries/ Limits/Zones(Topographic)	산림지역	혼효림
GB005	Airport/Airfield	비행장	Aeronautical Information-Aerodrome	시가화/건조지역	교통지역
GB015	Apron/Hardstand	에이프런	Aeronautical Information-Aerodrome	시가화/건조지역	교통지역
GB035	Heliport	헬기장	Aeronautical Information-Aerodrome	시가화/건조지역	교통지역
GB055	Runway	활주로	Aeronautical Information-Aerodrome	시가화/건조지역	교통지역
GB075	Taxiway	유도로	Aeronautical Information-Aerodrome	시가화/건조지역	교통지역

환경부 토지피복 중분류지도가 제작되어 있어서 위성 영상 감독분류의 트레이닝 영역선정시 스펙트럼 분포의 참고자료로 활용하였다.

분류 항목은 기본적으로 토지피복지도 중분류 체계를 따르되, 트레이닝 가능한 것을 선정하였으며, 이렇게 분류된 결과를 군이 보유중인 군사지형자료와 결과를 비교하였다.

군사코드와 영상분류코드의 정확도 분석을 위하여 ESRI ArcGIS의 ArcToolBox Modeler를 활용하였으며,

수립된 모델은 Fig. 1과 같다.

Fig. 2는 연구에 사용된 Landsat TM영상과 환경부 토지피복지도 현황을 나타내고 있다. 두 자료가 중첩된 지역에 대해서 도시 및 시가지(주거지역, 공공시설), 농업지(농경지, 기타농경지), 초지, 산림지(낙엽수, 상록수, 혼합산림), 수계, 습지, 나지의 11개 항목으로 분류하였으며 Landsat TM 영상의 6번 밴드는 열밴드 임으로 제외하고 진행하였고 QuickBird 영상은 4개 밴드 모두를 사용하였다. 연구결과의 일반성을 위해서 Landsat 영상

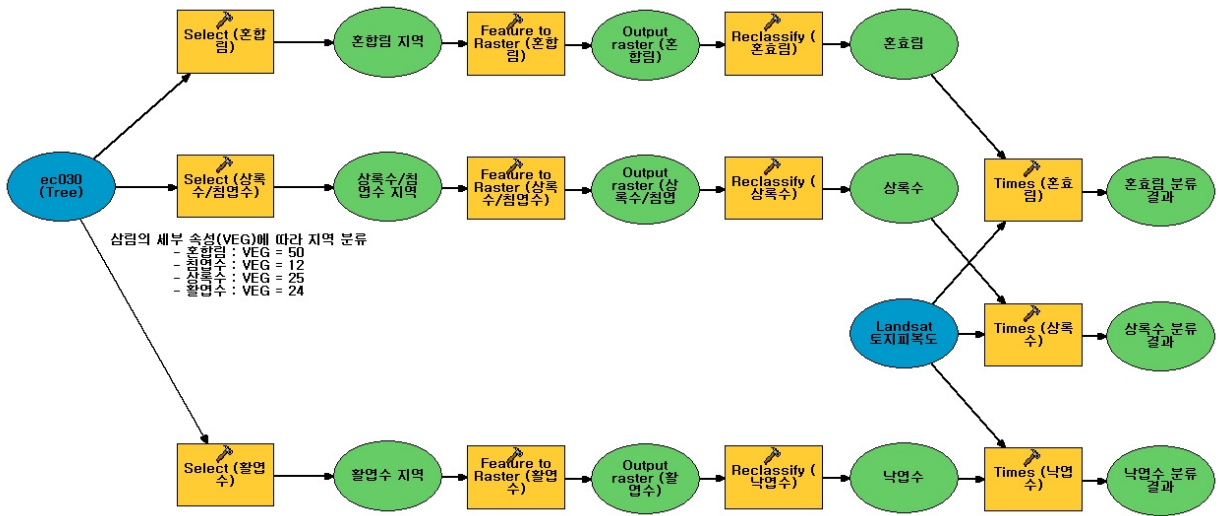


Fig. 1. 군사코드와 영상분류코드의 정확도 분석을 위한 모델

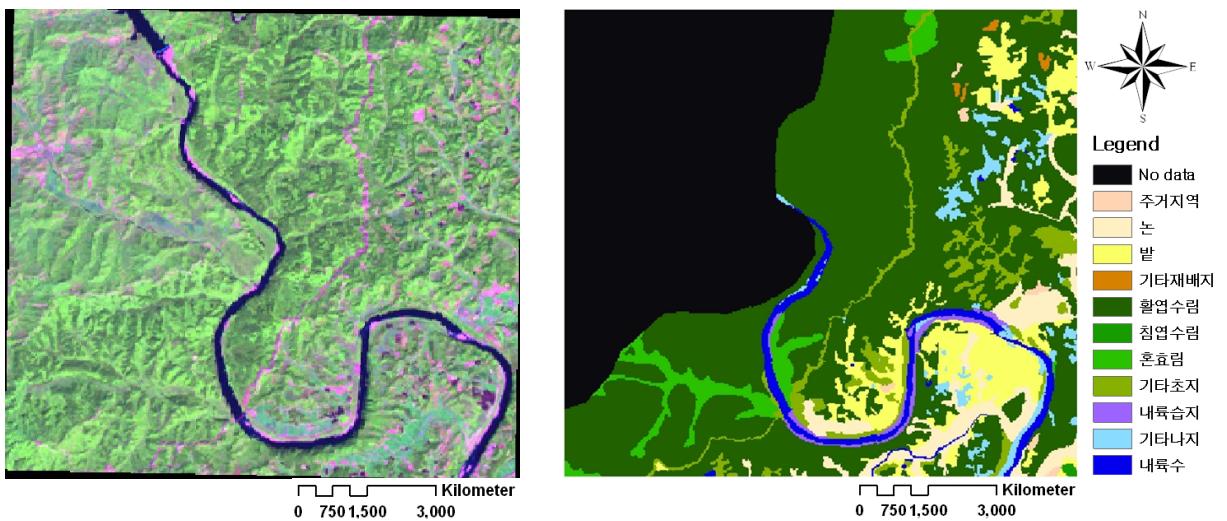


Fig. 2. 실험지역 Landsat TM 영상과 환경부 토지피복지도 중첩 현황

분류는 MLC를 포함하여 MatLab으로 수행, 결과를 제작하였고, QuickBird 영상분류도 비교적 단순하면서 일반적으로 활용되는 IDRISI 상용프로그램을 사용하였다.

정확도 평가는 Landsat TM의 경우 기존 군지형자료를 영상과 같은 격자간격의 래스터자료를 생성하여 모든 화소에 대해 결과 비교를 하였고, QuickBird는 군지형 자료의 축척이 1:50,000 임을 감안하여 Landsat과는 달리 팬크로매틱 영상으로부터 stratified random sampling 하여 표본에 대한 정확도 평가를 수행하였다.

트레이닝은 Fig. 5와 같이 환경부 토지피복지도를 고려하여 적용하였다. 민간부분의 기하보정방법과 군자

료가 상이하여 시각적 참조로 하여 트레이닝 영역을 생성시켜 분류항목별 스펙트럼 특성을 분류자에 입력하여 MLC 분류를 하였고 분류결과에 대한 FDB와의 비교는 오차행렬(Error Matrix)로 수행하였으며, 결과는 Table 2, 3과 같다.

나. 결과 분석

본 연구에서는 민간에서 제작한 토지피복지도를 샘플링 참조로 활용한 군지형정보체계와의 호환성 및 갱신 가능성을 고려한 것으로서, 군지형정보 상세수준이 1:50,000 임을 감안 정확도 분석에는 한계가 있고, 차이를 분석한 것으로서 분류 전처리로 일반적으로 고려

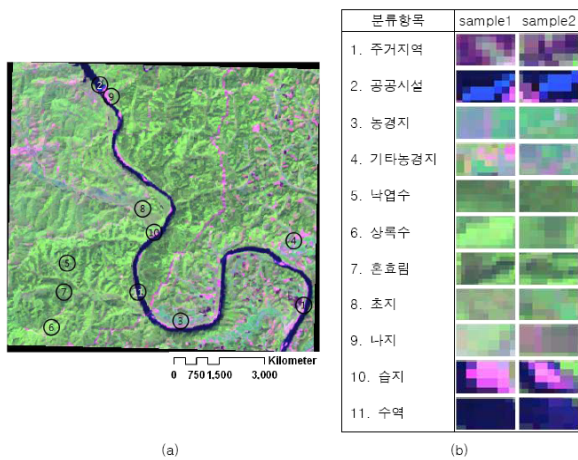


Fig. 3. Landsat TM 영상에 대한 (a) 트레이닝 영역 (b) 클래스별 화소샘플(색상조합 R : 3번밴드, G : 4번밴드, B : 7번밴드)

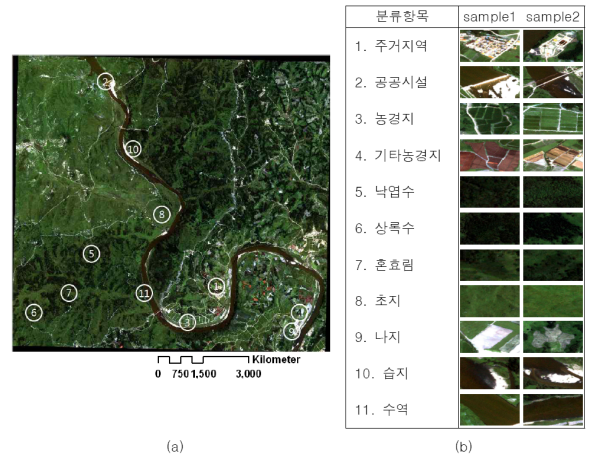


Fig. 5. QuickBird 영상에 대한 (a) 트레이닝 영역 (b) 클래스별 화소샘플(색상조합 R : 3번밴드, G : 2번밴드, B : 1번밴드)

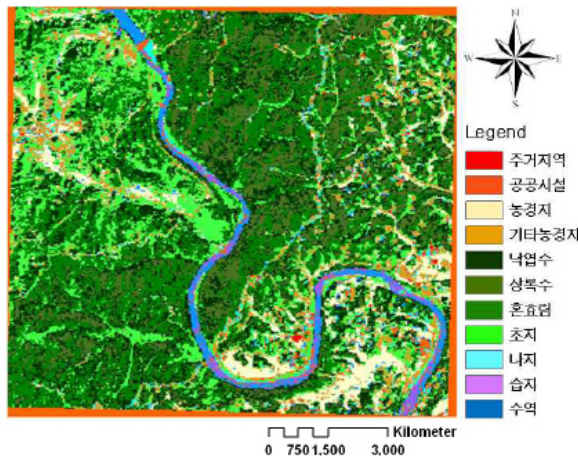


Fig. 4. Landsat TM 영상에 대한 분류 결과

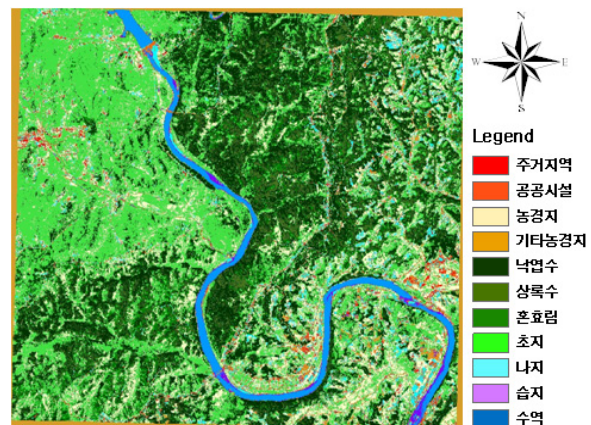


Fig. 6. Quickbird 영상에 대한 분류 결과

공개된 토지피복도를 활용한 위성영상 분류

Table 2. Landsat TM 분류 결과 정확도 평가

	상록수	낙엽수	혼효림	수역	농경지	기타 농경지	습지	주거 지역	공공 시설	초지	나지	합계	사용자 정확도
주거지역	2239	124	8435	10	6979	-	-	6336	-	0	-	24,123	26.3%
공공시설	61650	32062	27327	37060	81935	-	-	2041	-	42	-	242,117	-
농경지	13087	5598	78132	2909	526980	-	-	4204	-	0	-	630,910	83.5%
기타농경지	11353	11271	204435	3889	233352	-	-	11312	-	403	-	476,015	-
낙엽수	14083	403501	1189385	20084	102562	-	-	340	-	284	-	1,730,239	23.3%
상록수	15582	253497	1197236	4370	12494	-	-	74	-	0	-	1,483,253	1.1%
혼효림	397	707749	1467370	2685	75532	-	-	599	-	465	-	2,254,797	65.1%
초지	0	161004	418689	7231	239132	-	-	659	-	1058	-	827,773	0.1%
나지	0	2224	64933	9332	37918	-	-	3706	-	12	-	118,125	-
습지	35670	2596	13065	105295	4097	-	-	6	-	0	-	160,729	-
수역	5898	4130	18095	173038	31179	-	-	253	-	0	-	232,593	74.4%
합계	159,959	1,583,756	4,687,102	365,903	1,352,160	-	-	29530	-	2,264	-	-	-
생산자 정확도	9.7%	25%	31.3%	47%	39.0%	-	-	21.5%	-	47%	-	-	-

Table 3. QuickBird Multispectral 분류 결과 정확도 평가

	주거 지역	공공 시설	농경지	기타 농경지	낙엽수	상록수	혼효림	초지	나지	습지	수역	합계	사용자 정확도
주거지역	7,732	-	68,205	-	3,892	3,490	48,361	117	-	-	3,001	134,798	5.7%
공공시설	6,738	-	43,441	-	2,039	341	37,769	-	-	-	991	91,319	-
농경지	5,412	-	423,404	-	197,953	11,118	469,953	603	-	-	7,232	1,115,675	38.0%
기타농경지	2,387	-	90,017	-	39,294	14,701	26,193	63	-	-	844	173,499	-
낙엽수	497	-	52,547	-	470,890	7,834	1,912,137	81	-	-	3,138	2,447,124	19.2%
상록수	43	-	2,145	-	131,342	616	565,394	-	-	-	2,600	702,140	0.1%
혼효림	172	-	39,061	-	307,267	56,842	723,195	27	-	-	55	1,126,619	64.2%
초지	1,630	-	542,709	-	419,252	2,824	762,744	026	-	-	834	1,731,019	0.1%
나지	4,928	-	81,989	-	8,355	-	121,366	144	-	-	2,520	219,302	-
습지	71	-	4,265	-	1,043	-	9,685	-	-	-	4,863	19,927	-
수역	-	-	400	-	248	-	9,065	-	-	-	28,945	38,658	74.9%
합계	29,610	-	1,348,183	-	1,581,575	97,766	4,685,862	2,061	-	-	55,023	-	-
생산자 정확도	26.1%	-	31.4%	-	29.8%	0.6%	15.4%	49.8%	-	-	52.6%	-	-

되는 지형보정과 최적 밴드 선정 등은 일단 생략하였다. 분류결과는 GIS(Geographic Information System)자료로서 갖추어야 할 85% 분류정확도 기준에 미치지 못했다^[1]. 결과를 종합하면 폴리곤 단위영역의 크기는 위성영상분류 결과보다 훨씬 큰 반면, 속성분류 체계 자체가 워낙 상세해서 완벽한 호환성 판단에는 한계가 있었다.

수목에 대한 분류(상록수, 낙엽수, 혼효림)는 상록수와 낙엽수의 분류가 불명확하고 전반적으로 혼효림으로 분류되는 경향이 있었다. 특히 저해상도 영상의 경우 단위픽셀의 공간영역이 커서 혼효림의 특성이 나타나지만, 미터급 이하의 고해상도의 경우 혼효림 영역에 대한 트레이닝이 쉽지 않고 클래스 분리도가 충분히 확보되기 힘든 부분이 있었다. 또한 상록수와 낙엽수를 좀 더 명확히 식별하기 위해서는 계절별 영상과 정규식생지수와 같은 부가정보의 활용이 분류정확도 향상에 도움이 될 것으로 보인다.

주거지역의 경우, Landsat 분류결과에서 기타 농경지로 오분류되는 경향이 있었고 이것은 고해상도인 QuickBird에서도 마찬가지로 결과 나타났다. 주거지역과 공공시설은 단지 스펙트럼 정보로는 분류에 한계가 있고, 보조자료의 활용과 오브젝트 기반 특성분류 방법이 분류정확도를 보장할 것을 생각된다. 이러한 판단은 스펙트럼 특성이 차별화되는 수역분류의 정확도가 높은 것으로 입증되고 있다. 단 FACC에는 습지에 대한 속성이 있지만, 실험지역의 FDB 경우 습지가 포함되어 있지 않아 분석의 한계가 있었다.

초지의 경우에도 FACC 분류상 내용이 포함되어 있고 QuickBird 흑백영상으로 확인한 바로는 실체가 있으나 FDB에서 누락되어 이번 실험에서는 한국의 지역적 특성을 고려하여 AL030(묘지)를 초지로 분류하였고 이것은 초지지역이 확보되어 있는 영역을 통해 입증 될 수 있을 것으로 기대한다. 상록수는 위성영상 분류결과와 FDB와 큰 차이를 보이고 있고, 이전 연구 결과에서도 실험지역의 침엽수림 자체의 영역이 미미한 것으로 판단하여 영상분류 정확도가 높다고 판단하고 있다.

이전 연구와는 상이한 것이 QuickBird 영상의 경우 사전확률을 적용한 것과 적용하지 않은 것이 큰 차이가 없으므로, 사전확률의 역할이 두드러지는 클래스간 분리도 높지 않은 한 환경부 토지피복도 기반의 트레이닝 결과와 FDB 분류 결과와의 상관성이 높지 않다고 판단된다.

4. 결론

최근들어, 민간기관에서 한반도를 대상으로 지형자료를 제작중이며, 군에서는 이러한 자료를 활용, 보다 정확하고 최신성을 보유한 군지형자료 구축을 수행하여야 한다. 본 연구에서는 민간기관에서 제작한 토지피복 분류 결과를 시각적으로 참조하여 실험지역 영상에 트레이닝, 감독분류를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 분류항목 체계가 상이한 분류결과로부터 트레이닝을 하여 분류를 실시, 군 지형코드에 연관시킨 결과, GIS 기초자료로서 갖추어야 할 85% 분류정확도 기준에 미치지 못했다.

둘째, 실험에 활용된 현재 환경부에서 배포한 한반도 분류결과와 군지형자료의 시기적 불일치와 분류체계의 상이함으로 인해 트레이닝으로부터 분류정확도 평가에 이르는 공정의 일관성을 갖추는데 한계가 있었다.

셋째, 본 연구에서는 단일시기의 단영상을 사용한 분류결과이므로, 계절별 영상, NDVI(Normalized Difference Vegetation Index) 정보를 활용하면 현실적인 분류정확도 향상이 기대되며, 자동 변화탐지 등의 적용을 위해 향후 FDB의 FACC에서 자동 추출항목 식별을 통한 분류체계간 호환 연구가 필요한 것으로 사료된다.

References

- [1] 이규성, 윤여상, 김선화, 신정일, 윤정숙, 강성진, 한반도 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위한 현안 분석, 대한원격탐사학회, 제25권, 제1호, pp. 71~84, 2009.
- [2] 이용용, 어양담, 박완용, 서병준, 송현승, 유향미, VITD 규격분석, TEDC-508-040353, 국방과학연구소, 2004.
- [3] Yangdam Eo, Gyeongwook Lee, Dooyoul Park, Wanyong Park, Changno Lee, Supervised Classification Using Training Parameters and Prior Probability generated from VITD - The case of QuickBird Multispectral Imagery, Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 24, No. 5, pp. 517~524, 2008.
- [4] Sun-Hwa Kim, Jung-Rim Ma, Kyu-Sung Lee, Yang-Dam Eo, Yong-Woong Lee, Potential of Hyperspectral Data for the Classification of VITD Soil Classes,

- Proceedings of International Symposium on Remote Sensing 2005, Jeju, Korea, 2005.
- [5] 신대식, 박현춘, 차승훈, 윤근원, 판독기를 적용한 반자동 지형속성 분류기법 연구, 국방과학연구소, ADDR-408-090194, 2009.
- [6] 홍석영, 임상규, 이승호, 이정철, 김이현, 위성영상을 이용한 북한의 농업환경 분석, 한국환경농학회지, 제27권, 제2호, pp. 120~132, 2008.
- [7] 정승규, 박종화, 김상욱, MODIS 다중시기 영상의 선형혼합화소분석을 이용한 한반도 토지피복분류도 구축, 대한원격탐사학회, 제22권, 제6호, pp. 553~563, 2006.
- [8] 송현승, 이병길, 박성복, 이상지, GIS 지형지물 및 속성부호표준화에 관한 연구, 한국지형공간정보학회지, 제3권, 제2호, pp. 63~74, 1995.
- [9] 국토연구원, 국가공간정보 통합DB 구축, 운영, 관리, 활용방안 연구, 국토해양부, 2008.
- [10] 한국환경정책평가연구원, 위공위성영상자료를 이용한 토지피복분류, 환경부, 1999.
- [11] James R. Anderson, Ernest E. Hardy, John T. Roach and Richard E. Witmer, A Land Use and Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data, U.S. Geological Survey, 1976.