한국지리정보학회지 13권 1호 : 89~100(2010)

고해상도 위성영상의 토지피복분류와 정확도 비교 연구*

오치영[1] · 박소영[1] · 김형석[2] · 이양원[1] · 최철웅[1※]

Comparison of Landcover Map Accuracy Using High Resolution Satellite Imagery*

Che-Young OH[1] · So-Young PARK[1] · Hyung-Seok KIM[2]
Yanng-Won LEE[1] · Chul-Uong CHOI[1※]

요 약

본 연구는 다양한 고해상도 위성영상을 사용하여 토지피복도를 제작하고 영상종류와 피복도의 분류에 따른 정확도를 비교함에 목적이 있다. 토지피복도 작성시 세분류의 다양함을 위해 시가지와 농지, 수역 등을 포함하는 낙동강 하구 일대를 연구지역으로 선정하였고, 1m 이상의 해상도를 가지는 KOMPSAT2, QuickBird, IKONOS, 항공사진등을 육안판독 후 분류 하였다. 영상과 피복분류에 따른 토지피복도를 작성 후 상호 비교 한 결과 영상별 정확도는 항공사진과 QuickBird가 KOMPSAT2와 IKONOS 보다 상대적으로 높은 것으로 나타났고, 분류방법에 따른 일치도는 대분류의 경우 0.934~0.956, Kappa value는 0.905~0.937, 중분류의 일치도는 0.888~0.913, Kappa value는 0.872~0.901, 세분류의 일치도는 0.833~0.901, Kappa value는 0.813~0.888로 나타났다. 또한 영상별 혼돈발생 정도는 분류 항목에 따라 대분류의 경우 시가화 건조지역과 나지의 혼돈이 발생했고, 중분류는 논, 밭, 하우스 재배지, 인공초지에서 주로 발생하며, 세분류의 경우 자연녹지, 시설물 경작지, 간석지와 해수면으로 주로 나타났다. 본 연구를 통해 토지피복도 작성시 육안판독에 의한 고해상도 영상분류는 전체 80% 이상의 일치도를 나타내어 활용이 가능했고, 고해상도 영상을 사용할수록 정확한 분류가 가능하며 영상의 촬영시기가 토지피복도 작성에 중요함을 알 수 있었다.

주요어 : IKONOS, KOMPSAT2, QuickBird, 토지피복지도, 정확도

ABSTRACT

The aim of this study is to produce land cover maps using satellite imagery with various degrees of high resolution and then compare the accuracy of the image types and categories. For the land cover map produced on a small-scale classification the estuary area around the

2010년 1월 2일 접수 Received on January 2, 2010 / 2010년 3월 9일 수정 Revised on March 9, 2010 / 2010년 3월 17일 심사완료 Accepted on March 17, 2010
* 이 논문은 한국항공우주연구원 기초기술연구회의 위성정보 활용 지원운영사업(FN09620)의 연구 결과임을 밝힙니다.
1 부경대학교 위성정보과학과 Dept. of Geoinformatic Engineering, Pukyong National University
2 부경대학교 해양생산시스템공학과 Dept. of Marine Production System Eng, Pukyong National University
※ 연락저자 E-mail : cuchoi@pknu.ac.kr

Nakdong river, including an urban area, farming land and waters, was selected. The images were classified by analyzing the aerial photos taken from KOMPSAT2, Quickbird and IKONOS satellites, which all have a resolution of over 1m to the naked eye. Once all of the land cover maps with different images and land cover categories had been produced they were compared to each other. Results show that image accuracy from the aerial photos and Quickbird was relatively higher than with KOMPSAT2 and IKONOS. The agreement ratio for the large-scale classification across the classification methods ranged between 0.934 and 0.956 for most cases. The Kappa value ranged between 0.905 and 0.937; the agreement ratio for the middle-scale classification was 0.888~0.913 and the Kappa value was 0.872~0.901. The agreement ratio for the small-scale classification was 0.833~0.901 and the Kappa value was 0.813~0.888. In addition, in terms of the degree of confusion occurrence across the images, there was confusion on the urbanized arid areas and empty land in the large-scale classification. For the middle-scale classification, the confusion mainly occurred on the rice paddies, fields, house cultivating area and artificial grassland. For the small-scale classification, confusion mainly occurred on natural green fields, cultivating land with facilities, tideland and the surface of the sea. The findings of this study indicate that the classification of the high resolution images with the naked eye showed an agreement ratio of over 80%, which means that it can be used in practice. The findings also suggest that the use of higher resolution images can lead to increased accuracy in classification, indicating that the time when the images are taken is important in producing land cover maps.

KEYWORDS : IKONOS, KOMPSAT2, QuickBird, Landcover Map, Accuracy

서 론

지난 1970년대 초반부터 제공된 인공위성의 원격탐사 기술로 제작한 토지이용 및 토지피복 분류는 국토 모니터링의 기본으로 인간 활동에 따른 자연적, 사회적 변화를 반영하고, 구축된 3차원 공간정보는 국토관리의 계획과 의사결정에 다양하게 사용된다. 특히, 위성영상의 이용은 정보의 최신성이나 분류의 자동화 및 결과의 수치화 등의 측면에서 이점을 가지고 있으며, Jackson(1977)과 Jensen(1996)은 넓은 유역에 대해서는 시간과 비용면에서도 효과적이라고 하였다. 1999년부터 등장하기 시작한 고해상도 위성영상은 지표면에 대한 매우 상세한 정보를 제공해주고 있다. 고해상도 위성영상이란 일반적으로 공간 해상도가 1미터 이하의 높은 해상도를 가진 위성영상을 뜻한다(구자용, 2007).

고해상도 위성영상을 이용한 변화탐지는 국지 단위 환경변화 탐지를 위해 그 필요성이 높아지고 있는 실정이며, 특히 변화가 심하고 주기적인 갱신이 필요한 도심지역의 변화탐지는 국토환경변화 및 지역계획 연구에 대한 효율적인 의사결정 지원이 가능하여 그 활용에 많은 주목을 받고 있다. 최근 이용되고 있는 고해상도 영상으로는 KOMPSAT2, IKONOS, QuickBird, 항공사진 등이 있다.

고해상도 위성영상을 이용한 국내외 토지피복변화에 관한 연구로 KOMPSAT 위성의 EOC 센서와 다중 분광 영상정보를 가진 Landsat 7 ETM+ 센서와 화소 값(DN) 분석 및 다중분해능 영상 분류를 수행하여 토지이용현황 주제도와 대비 분석한 결과, 도로 정보와 같은 선형적인 요소의 추출이 용이함을 나

타내었고(이기원 등, 2002), 위성영상을 처리하기 위하여 기존의 분광패턴 분류기법을 보완한 연구(장동호와 김만규, 2003)로부터 높은 공간 해상도를 이용한 텍스쳐 분석(설경진, 2004), 그리고 이미선 등(2009)은 KOMPSAT2와 QuickBird 영상을 이용해 경기도 안성천 유역, 경안천 유역, 충청북도 괴산 소수면 유역의 정밀농업 토지이용도를 작성하였고, IKONOS 영상에 토지피복분류 방법과 매개변수법과 비매개변수법을 혼합한 감독분류와, 퍼지이론을 적용한 감독분류 그리고 무감독분류방법을 각각 적용후 토지피복분류를 하여 도시의 성장과 변화를 관찰하였고(사공호상과 임정호, 2003), IKONOS 영상과 기존에 작성된 토지이용도를 이용하여 퍼지분류 기법을 적용후 국지적 규모의 토지피복 변화를 분석하여 95% 정확도를 산출하였다(장동호와 김만규, 2003).

국토 관리를 위한 항공사진은 국토의 보존과 시설물 관측을 위해 국가에서 일정한 주기로 관측되고, 그 형태는 사진 또는 투명양화 필름을 사용해 보관하며 흑백의 영상과 저해상도로 관측되었다. 그러나 최근 공간정보 기술의 발달로 인해 항공라이다와 함께 육안판독이 가능한 고해상도의 다중분광 영상으로 획득 한다.

항공사진을 이용한 토지피복에 관한 연구는 부산시에서 주기적으로 촬영하는 항공사진을 이용해 양지연과 최철웅(2006)은 토지피복 변화 분석을 통해 해운대 해수욕장과의 상관관계를 분석하였고, 이진덕(2008)등은 단일밴드의 다시기 항공사진을 영상대차법과 영상대비법을 이용해 소도시 지역의 변화를 검출하였고, 장안진(2006)등은 컬러항공사진과 LiDAR 데이터를 이용한 수목 개체 및 수고 추정연구를 통해 산림지역을 추정하였다.

원격탐사자료를 이용한 토지이용 및 토지피복 분류와 관련된 연구는 지난 20여 년 동안 꾸준히 진행되어 왔으나(박종화, 1992, 이규성, 1994, Cha et al, 2007), 고해상도 위성 영상을 육안판독에 의해 분류하여 비교한 선행 연구는 찾아보기 어렵다.

본 연구는 기존의 영상학적 분류기법에 따른 토지피복과 달리 1m 급 이상의 고해상도 영상들을 이용해 육안판독에 의한 낙동강 하구 일대의 토지피복도를 작성하며, 작성된 토지피복도의 상대적 비교와 영상학적 판단을 통해 정확도를 산정함에 있다.

연구지역과 자료 및 연구방법

본 연구의 대상 지역은 부산광역시 강서구와 사하구 경계에 위치한 을숙도 주변의 서부산권역 일대 4.92 × 4.92㎞이며 면적은 약 24.2㎢ 이다. 연구지역의 경위도는 그림 1과 같이 동경 128도 55분~128도 59분, 북위 35도 4분~35도 8분이다. 연구지역인 낙동강 하구 일대는 약 24.2㎢ 라는 국소지역이지만 산림, 도시, 농촌, 해양으로 구성되어 다양한 토지피복이 가능한 곳이다.

FIGURE 1. 연구 지역도(항공사진)

TABLE 1. 연구 자료

종류	촬영시기	해상도	비고
위성영상	2008.01.17	1m	KOMPSAT2(1매)
	2006.08.06	1m	IKONOS(1매)
	2004.10.02	0.6m	QuickBird(1매)
항공사진	2007.10.	0.6m	1:5,000(4매)

본 연구의 다중시기 영상의 토지 피복변화 분석을 위해 사용된 자료는 표 1과 같고 연구 방법은 그림 2와 같다.

FIGURE 2. 연구 흐름도

토지피복도 제작과 평가

1. 위성영상의 정사보정

정사보정된 위성영상은 토지피복에 대한 현재의 상황을 가장 잘 묘사한 자료로 연구의 시간적 범위를 결정하고, 이에 맞춰 공간속성 자료를 생성할 수 있으며, 지형·지물, 위치, 거리, 각도, 면적 등 다양한 정보를 얻을 수 있는 특징을 가진다(Wolf and Dewitt, 2000).

정사처리된 영상은 그림 3과 같다. QuickBird와 항공사진의 경우 정사보정된 영상을 제공받았으며, IKONOS와 KOMPSAT2 는 RPC를 이용해 보정한 결과 IKONOS 오차량의 표준편차는 Vx = 1.329, Vy = 0.589, RMSE=1.454였으며, KOMPSAT2 오차량의 표준편차는 Vx = 3.255, Vy = 1.031, RMSE=3.414로 나타나 연구에 활용 가능했다.

FIGURE 3. 정사보정된 영상

2. 토지피복도 제작

토지피복도 작성은 환경부(2008) 토지피복도 제작규정에 의거 대분류와 중분류를 하였으며 세분류의 경우 부산광역시(2007) 비오톱 지도 제작 규정에 의한 항목을 기준하였다. 이는 환경부 토지피복도 제작규정이 일부 토지이용적 측면이 포함되어 하천 주변지역의 조도계산에 직접적으로 사용되는 토지피복과 일부 상치되며, 또한 본 연구의 토지피복도 작성시 수문학적 계산에 입력되는 내용을 원칙으

TABLE 2. 토지피복도 제작결과(단위 : 1000㎡)

대분류	중분류	세분류	Quick Bird	IKONOS	항공 사진	KOMPSAT2
나지	기타나지	건설 현장지역	27	108	52	143
		건설현장이 아닌 나지	11	63	44	69
농업 지역	기타 재배지	휴경지	–	–	2	22
	논	논	404	436	75	293
	밭	밭	188	206	149	204
	하우스 재배	시설물 경작지	70	85	135	162
산림 지역	산림	임간나지	20	–	39	26
		천연림	2,372	2,405	2,351	2,283
수역	하천 및 호소	대규모 수면	2,777	2,712	2,743	2,835
		소하천및농수로	65	131	1211	74
		양어장	89	120	95	130
		저수지	–	282	263	320
	해양	간석지	29	391	8	827
		해수면	6,165	5,733	6,110	5,251
시가화 건조 지역	공공시설지	교육시설	367	324	355	346
		기타공공시설	582	581	517	542
		대규모운동시설	41	39	40	64
		쓰레기 매립장	416	413	396	376
		유수지	17	16	16	12
		하수처리장	349	399	349	401
		행정시설	28	1	1	6
	공업지역	대규모공업지	2,085	2,149	2,229	2,171
		일반공업지	161	192	147	228
	교통지역	도로시설	1,894	1,726	1,825	1,697
		철도시설	83	106	89	103
		항만시설	38	89	85	209
	상업지역	일반상업지	481	410	461	462
		혼합지	306	310	274	230
	주거지역	공동주택지	762	796	739	923
		단독주택지	1,245	1,123	1,251	1,202
		촌락지	8	121	14	67
초지	인공초지	기타녹지	708	589	544	353
		도시공원	111	252	115	222
	자연초지	자연녹지	2,285	1,876	2,264	1,931
합계			24,200	24,200	24,200	24,200

로 하되, 토지피복적 관점만 이용하고 토지이용적 관점은 이용하지 않기에 토지피복적 성격이 보다 강한 부산광역시 비오톱 지도 작성시 이용되는 토지피복분류의 세분류 항목을 사용하였다.

토지피복도 작성시 높은 정확도와 계절적 토지피복 변화를 고려해 영상학적 분류 기법을 제외한 시간적·물적 노력이 많이 소요되는 육안판독에 의해 자료를 구축하였고, 영상별 토지피복도 제작결과는 표 2와 같다.

3. 분류별 토지피복도 분석

토지피복도 분석시 시기별 변화와 영상간의 차이를 나타내기 위해 피복 분류방법별 SPSS 13.0을 이용해 Kappa value 와 일치도를 산정하여 비교하였다(표 3~8).

3.1 대분류 토지피복도 분석

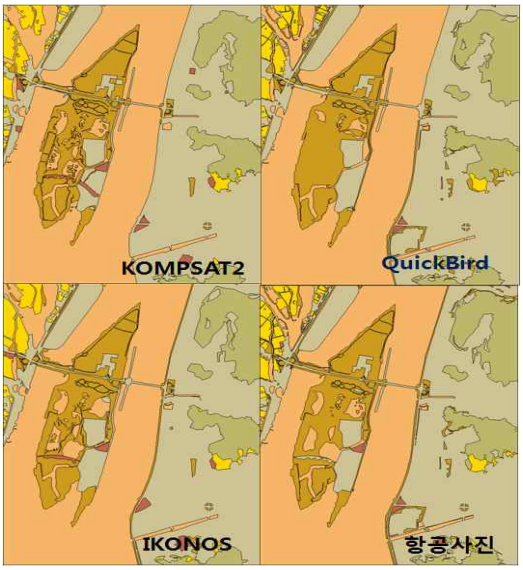

FIGURE 4. 대분류 피복지도

육안판독으로 분류된 대분류피복 지도는 그림 4와 같다. 대분류 지도간 비교 분석한 결과 나지↔시가화 건조지역 간 혼돈이 가장 많았다. 이는 최근 부산광역시 강서구 지역에 그린벨트 해제로 인해 나타나는 현상으로 판단되며, 나지↔초지, 나지↔농업지역으로 변화하는 것은 가을 추수 후 농경지가 나지로 구분되는 현상이 발생되어 나타난 것으로 판단된다.

TABLE 3. 영상 간 대분류 Matching Rate

	KOMPSAT2	IKONOS	QuickBird	항공사진
KOMPSAT2	1	0.955	0.934	0.942
IKONOS	0.955	1	0.936	0.948
QuickBird	0.934	0.936	1	0.956
항공사진	0.942	0.948	0.956	1

TABLE 4. 영상 간 대분류 Matching Rate

	KOMPSAT2	IKONOS	QuickBird	항공사진
KOMPSAT2	1	0.935	0.905	0.916
IKONOS	0.935	1	0.907	0.925
QuickBird	0.905	0.907	1	0.937
항공사진	0.916	0.925	0.937	1

영상별 대분류 분석결과 표 3, 표 4와 같이 일치도는 0.934~0.956이고, Kappa값은 0.905~0.925로 영상의 상이함으로 인한 불일치는 매우 낮은 것으로 나타났다. 가장 높은 일치도는 항공사진과 QuickBird이며 가장 낮은 일치도는 QuickBird와 KOMPSAT2였다. 이런 결과는 해상도와 관련이 높을 것으로 판단된다.

KOMPSAT2는 IKONOS와 일치도&Kappa값이 높으며, QuickBird와는 일치도가 낮다. 이는 KOMPSAT2과 QuickBird 영상의 촬영 시간적 격차가 약 4년으로 가장 오랜 시차를 보여 경년변화에 의한 것으로 판단된다.

IKONOS는 KOMPSAT2와 가장 일치도가 높고, QuickBird와 가장 낮다. QuickBird는 KOMPSAT2와 낮고, 항공사진과 높다. 항공사진은 QuickBird와 높고 KOMPSAT2와 낮은 것으로 나타났다.

3.2 중분류 토지피복도 분석

대분류 후 중분류제작 결과 그림 5와 같이 나타났다. 중분류 결과 논↔밭↔하우스재배지, 인공초지↔기타재배지↔자연초지 간 혼돈이 가장 많았다. 논, 밭, 하우스재배지 등 농업지역과 같은 경우 계절적 특성 및 우리나라의 이모작이라는 농업 패턴에 따른 결과로 판단된다. 또한, 기타 재배지와 초지의 경우 영상에서 판독자가 육안으로 두 항목을 명확히 판독하는데 어려움이 있어 나타난 결과라 판단된다.

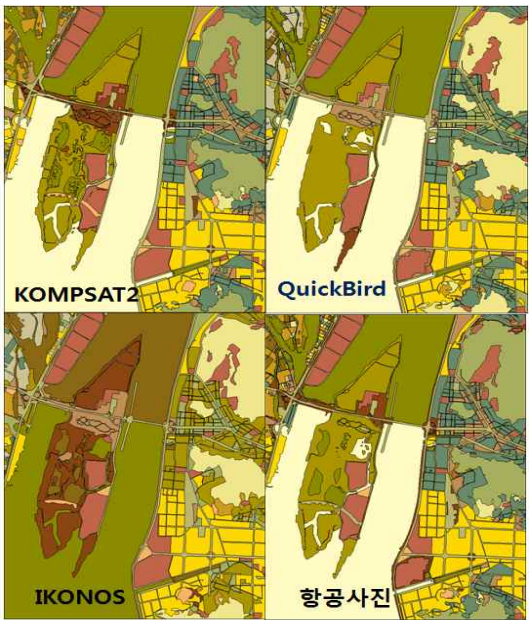

FIGURE 5. 중분류 피복지도

그 밖에 일부 변화가 있는 지역은 주거지역↔상업지역, 밭↔기타나지↔자연초지이다.

주거지역과 상업지역의 경우, 상업지역의 특성상 대규모 상업지역을 제외하고는 대부분이 주거지역에 혼재되어 분포하고 있어 판독자의 주관적인 판단에 따른 오분류가 발생한 것으로 판단된다. 밭, 기타나지, 자연초지의 경우는 대분류와 마찬가지로 가을추수 후 농경지가 나지로 구분되는 현상이 발생되어 나타난 것으로 판단된다.

TABLE 5. 영상 간 중분류 Matching Rate

중분류 일치도	KOMPSAT2	IKONOS	QuickBird	항공 사진
KOMPSAT2	1	0.913	0.889	0.888
IKONOS	0.913	1	0.899	0.894
QuickBird	0.889	0.899	1	0.913
항공사진	0.888	0.894	0.913	1

TABLE 6. 영상 간 중분류 Kappa Value

중분류 Kappa V.	KOMPSAT2	IKONOS	QuickBird	항공 사진
KOMPSAT2	1	0.900	0.873	0.872
IKONOS	0.900	1	0.884	0.878
QuickBird	0.873	0.884	1	0.901
항공사진	0.872	0.878	0.901	1

영상별 중분류 토지피복도를 제작한 결과, 일치도는 0.888~0.913이고(표 5), Kappa값은 0.872~0.901로(표 6) 영상의 상이함으로 인한 불일치는 매우 낮을 것으로 판단된다. 중분류도 제작 결과 가장 높은 일치도는 KOMPSAT2와 IKONOS 이며, 낮은 일치도는 QuickBird 와 KOMPSAT2이였다.

KOMPSAT2는 IKONOS 와 일치도&Kappa 값이 높으며, 항공사진과 일치도가 낮다. 이런 결과는 영상 간 해상도에 따른 판단된다.

3.3 세분류 토지피복도 분석

세분류 토지피복 지도는 그림 6과 같이 작성되었다. 영상간 세분류 토지피복중 불일치지역은 주로 을숙도 지역이였다. 그 원인은 QuickBird 영상에서 2004년에는 습지구역이 없었으나 2004년 이후 인공습지구역 신설과 명지대교 건설에 의한 토지피복의 시간적 변화에 따른 것으로 판단된다. 또한, 을숙도 경계지역은 조석간만의 차에 따른 결과라 판단된다.

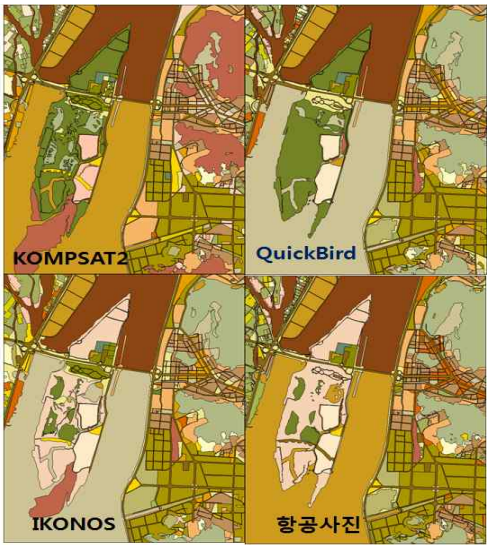

FIGURE 6. 세분류 토지피복도

세분류 결과 산림내초본↔천연림, 해수면↔간석지 간 혼돈이 가장 많았다. 산림내초본과 천연림은 육안판독시 판독오류로 인한 결과로 판단되며, 해수면과 간석지는 조석간만의 차에 따른 결과이다. 또한, 일부 변화가 있는 지역은 단독주택지↔촌락지, 도시공원↔자연녹지, 밭↔시설물경작지↔논, 밭↔공업지, 도시공원↔도로 및 관련시설이다.

단독주택지와 촌락지, 도시공원과 자연녹지와 같은 경우는 판독자의 판독오류에 의한 결과이며 밭, 시설물경작지, 논 같은 경우는 중분류와 마찬가지로 계절적 특성 및 우리나라의 이모작이라는 농업 패턴에 따른 결과라 판단된다. 또한, 도시공원과 도로 및 관련시설은 을숙도 명지대교가 건설되어 나타난 결과이며, 밭과 공업지 역시 개발에 따른 결과이다.

TABLE 7. 영상 간 세분류 Matching Rate

세분류 일치도	KOMPSAT2	IKONOS	QuickBird	항공 사진
KOMPSAT2	1	0.881	0.833	0.839
IKONOS	0.881	1	0.861	0.862
QuickBird	0.833	0.861	1	0.901
항공사진	0.839	0.862	0.901	1

TABLE 8. 영상 간 세분류 Kappa Value

세분류 Kappa V.	KOMPSAT2	IKONOS	QuickBird	항공 사진
KOMPSAT2	1	0.868	0.813	0.820
IKONOS	0.868	1	0.844	0.845
QuickBird	0.813	0.844	1	0.888
항공사진	0.820	0.845	0.888	1

영상별 세분류 토지피복도를 제작한 결과, 일치도는 0.833~0.901이고(표 7), Kappa값은 0.813~0.888로(표 8) 영상이 상이함으로 인한 불일치는 낮을 것으로 판단된다. 가장 높은 일치도는 항공사진과 QuickBird이며 낮은 일치도는 QuickBird와 KOMPSAT2였다. 이러한 결과는 해상도와 다소 관련이 높을 것으로 판단된다. KOMPSAT2는 IKONOS와 일치도&Kappa값이 높으며, QuickBird와 일치도가 낮다.

그 이유는 QuickBird와 KOMPSAT2 영상의 촬영 시간적 격차가 약 4년으로 가장 오랜 시차를 보여 시간차에 의한 것으로 판단된다.

4. 분류별 토지피복도 비교 고찰

영상별로 항목별 혼돈정도를 분석한 결과는 다음 표 9와 같다.

본 논문에서의 혼돈정도란 육안으로 판독한 분류 항목에 다른 영상과 비교 하여 항목별 각 10% 이상의 차이를 나타낼 때를 혼돈 된다고 하며, 각 영상별로 차이가 나는 개수를 나타낸 것이다.

대분류 항목에 대한 혼돈은 영상별로 비교적 비슷한 분포를 보였으며, 분류항목 중 시가화 건조지역, 나지, 초지, 농업지역에서 많은 혼돈을 보였다. 이 중 시가화 건조지역과 나지에서 가장 많은 혼돈을 보였다. 또한, 초지와 농업지역의 경우는 가을추수 후 농경지가 초지로 구분되는 현상이 발생되어 나타난 것으로 판단된다.

TABLE 9. 영상별 대분류 혼돈 개수

대분류(7항목)	KP	IK	Qu	AP
시가화/건조지역	3	3	3	3
농업지역			1	1
산림지역				
초지	1	1	2	
습지				
나지	3	3	3	3
수역				
합계	7	7	9	7

IK:Ikonos, QU:QuickBird, KP:Kompsat, AP:항공사진

중분류 항목에 대한 혼돈정도는 표 10과 같이 영상별 비슷한 분포를 보였다. 분류항목 중 주거지역, 상업지역, 논, 밭, 하우스재배지, 기타재배지, 자연초지, 인공초지, 기타나지 등에서 혼돈이 발생하였고. 기타재배지, 자연초지, 인공초지, 기타나지의 경우 영상 판독자가 육안으로 판독하는데 있어 항목 간 구분의 어려움, 가을추수 후 농경지가 나지로 구분되는 현상 등에 의해 나타난 결과라 판단된다. 또한, 주거지역과 상업지역의 경우 상업지역의 특성상 주거지역에 혼재되어 분포하고 있어 판독자의 오독으로 인해 나타난 결과라 판단된다.

세분류 항목에 대한 혼돈정도는 표 11과 같다. 역시 대분류·중분류와 같이 비슷한 분포를 보였다. 분류항목 중 단독주택지, 촌락지, 대규모공업지, 행정기관, 대규모운동시설, 기타공공시설, 도시공원, 자연녹지, 기타녹지, 건설현장이 아닌 나지, 논, 밭, 시설물경작지, 휴경지, 천연림, 임간나지, 저수지, 간석지, 해수면 등에서 혼돈이 발생하였다. 이 중 자연녹지, 간석지, 해수면이 가장 많은 혼돈을 보였으며, 이는 을숙도 하부지역의 조석간만의 차에 따른 차이로 인해 발생 한 결과라 판단된다. 또한, 단독주택지와 촌락지, 도시공원과 자연녹지는 비슷한 분포 패턴을 가지는 지역으로 판독자의 오류 및 육안판독의 어려움에 따른 결과로 판단된다.

논, 밭, 시설물경작지, 휴경지 등은 중분류와 마찬가지로 계절적 특성 및 농업패턴에 따른

TABLE 10. 영상별 중분류 혼돈 개수

중분류(22항목)	KP	IK	Qu	AP
주거지역		2	1	1
공업지역				
상업지역		2	1	1
위락시설지역				
교통지역				
공공시설지역				
논	3	3	2	2
밭	2	2	3	3
하우스재배지	2	2	2	2
과수원				
기타재배지	3	1	1	1
활엽수림				
침엽수림				
혼효림				
자연초지	2		2	2
인공초지	2	1	1	2
내륙습지				
연안습지				
자연 나지				
기타 나지		1	1	
내륙수				
해양수				
합계	14	14	14	14

IK:Ikonos, QU:QuickBird, KP:Kompsat, AP:항공사진

결과이며, 농경지가 가을추수 후 건설현장이 아닌 나지 또는 기타녹지 등으로 분류되는 혼돈도 발생하였다.

영상별 토지피복지도를 세분류, 중분류, 대분류별로 일치도를 비교해보면 표 12와 같다. 대분류의 경우 일치도는 0.934~0.956, Kappa value는 0.905~0.937, 중분류의 경우 일치도는 0.888~0.913, Kappa value는 0.872~0.901, 세분류의 경우 일치도는 0.833~0.901, Kappa value는 0.813~0.888로 나타났다. 토지피복지도의 정밀도가 높아질수록 일치도가 작아지는 경향을 보이고 있으나 80% 이상의 일치도를 보이므로 영상의 상이함으로 인한 불일치는 매우 낮을 것으로 판단된다.

TABLE 11. 영상별 세분류 혼돈 개수

세분류(36항목)	KP	IK	Qu	AP
단독주택지		2	1	2
공동주택지				
촌락지		2	1	2
일반 상업지				
대규모 공업지	1		1	
일반공업지				
혼합지				
교육시설				
행정기관	2	1		1
대규모 운동시설				1
기타 공공시설	1	1		
철도 및 관련시설				
도로 및 관련시설				
항만 및 관련시설				
유수지				
발전소				
하수처리장				
상수도 사업장				
쓰레기 매립장				
도시공원		1		1
자연녹지	1	2	2	2
기타녹지		1		1
건설 현장지역				
건설현장아닌나지			2	1
논		2		1
밭	1		1	
시설물 경작지	1	1	1	1
휴경지	2		1	1
천연림	1	2		1
임간나지	1	1	1	
대규모 수면				
소하천 및 농수로				
저수지	1		2	
양어장				
간석지	2	1	2	2
해수면	2	1	2	2
합계	16	18	17	19

(IK:Ikonos, QU:QuickBird, KP:Kompsat, AP:항공사진)

TABLE 12. 영상간 일치도 분석 결과

	대분류		중분류		세분류	
	H	L	H	L	H	L
KP	IK	Qu	IK	AP	IK	Qu
IK	KP	Qu	KP	Qu	KP	Qu
Qu	AP	KP	AP	KP	AP	KP
AP	Qu	KP	Qu	KP	Qu	KP
MR	0.934~0.956		0.888~0.913		0.833~0.901	
KA	0.905~0.937		0.872~0.901		0.813~0.888	

(H:High, L:Low IK:Ikonos, QU:QuickBird, KP:Kompsat, AP:항공사진, MR:일치도, KA:Kappa value)

또한, 영상별로 살펴보면 분류항목에 따라 대체적으로 동일한 분포를 보이고 있으며, KOMPSAT2는 IKONOS와 일치도가 높고, QuickBird와 일치도가 낮게 나타났다. 이러한 결과는 KOMPSAT2와 IKONOS의 경우 두 영상간의 해상도가 비슷하므로 일치도가 높게 나타나며, KOMPSAT2와 QuickBird와는 두 영상간의 해상도 차이뿐만 아니라 촬영 시간적으로도 4년이라는 가장 오랜 시차를 가지므로 시간차에 의해 일치도가 낮게 나타난 것으로 판단된다.

IKONOS는 KOMPSAT2의 결과와 같이, KOMPSAT2와 일치도가 높고, QuickBird와 일치도가 낮게 나타났다. QuickBird는 항공사진과 일치도가 높고, KOMPSAT2와 일치도가 낮게 나타났다. 항공사진 또한 QuickBird와 일치도가 높고, KOMPSAT2와 일치도가 낮게 나타났다.

이 같은 결과는 해상도 차이에 의한 것으로 본 연구에 사용된 영상 중 고해상도 영상인 QuickBird와 항공사진은 일치도가 높게 나타나며, 상대적으로 해상도가 떨어지는 KOMPSAT2와는 일치도가 낮게 나타난 것으로 판단된다.

결론 및 고찰

본 연구는 1m급 이상의 고해상도 위성영상과 항공사진을 이용해 육안판독에 의한 동일지역의 토지피복도를 대분류, 중분류, 세분류로 작성 하였고, 작성된 토지피복도의 정확도 분석 및 비교를 하였다.

첫째, 영상별로 제작된 토지피복지도의 대분류, 중분류, 세분류별 일치도를 분석한 결과, 피복분류항목이 많아질수록 일치도가 더 낮게 나타났지만, 전체적으로 80% 이상의 일치도를 나타내어 육안판독에 의한 세분류 방법이 가능함을 나타냈다.

둘째, 영상과 피복분류에 따른 토지피복도를 작성 후 상호 비교 한 결과 영상별 정확도는 대분류, 중분류, 세분류 모두 항공사진과 QuickBird가 KOMPSAT2와 IKONOS 보다 상대적으로 높은 것으로 나타났고, 이는 해상도에 의한 영향이라 판단된다.

셋째, 분류방법에 따른 일치도는 대분류의 경우 0.934~0.956, Kappa value는 0.905~0.937, 중분류의 일치도는 0.888~0.913, Kappa value는 0.872~0.901, 세분류의 일치도는 0.833~0.901, Kappa value는 0.813~0.888로 나타났다.

넷째, 영상별 혼돈발생 정도는 분류 항목에 따라 대분류의 경우 시가화 건조지역과 나지의 혼돈이 발생했고, 중분류는 논, 밭, 하우스재배지, 인공초지에서 주로 발생하며, 세분류의 경우 자연녹지, 시설물 경작지, 간석지와 해수면으로 주로 나타났다.

피복지도별 분석 결과 영상의 특성으로 인한 결과로 대분류시 을숙도지역에서 발생한 불일치 지역은 QuickBird 영상의 시기적인 차이 와 명지대교 건설에 의한 토지피복의 시간적 변화에 의한 것으로 판단되었다. 그리고 중분류의 경우 논, 밭, 하우스재배지 등과 같은 농업지역의 혼돈은 계절적 특성 및 연구지역의 농업 패턴에 의해 오분류가 발생한 것이라 판단된다. 또한 기타재배지, 자연초지, 인공초지, 기타나지에서 많은 혼돈을 보였는데 이는 영상 판독자의 오독 또는 가을추수 후 농경지가 초지로 구분되는 현상으로 판단된다. 그 외 주거지역과 상업지역 간의 혼돈도 판독자의 오독으로 인해 나타난 결과라 판단된다. 그리고 세분류는 간석지와 해수면 간 혼돈이 가장 많고, 이는 조석 차에 따른 결과라 판단된다. 또한, 행정기관, 기타공공시설의 혼돈은 개발로 인한 결과로, 대규모운동시설, 단독주택지, 촌락지, 도시공원, 자연녹지 등은 영상 판독자의 오독으로 인한 결과이며, 저수지는 분류자의 판단 오류로 인해 발생한 것으로 판단된다

본 연구를 통해 육안판독을 이용한 토지피복지도 작성시 정확도 향상을 위해서는 동일한 계절과 시기의 영상을 사용해야 하며 세분류도 작성시 작업자의 현장 조사를 통한 사전경험이 필수적이라 판단된다. 또한 해안지역의 피복분류 작성시 조석차를 고려해야 할 것이다. KAGIS

참고 문헌

구자용. 2007. 고해상도 위성영상을 이용한 토지피복도 제작기법 연구. 국토지리학회지 41(1):83-94.

박종화. 1992. Landsat 녹색식생지수를 이용한 서울시 도시 녹지 변화 조사. 대한원격탐사학회지 8(1):24-43.

부산광역시. 2007. 비오톱지도 제작을 통한 낙동강 일원 자연환경보전종합계획.

사공호상, 임정호. 2003. IKONOS 영상의 토지피복분류 방법에 관한 실증 연구. 한국지리정보학회지 6(3):107-116.

설경진. 2004. 텍스쳐 분석에 의한 고해상도 위성영상의 분류 - 도심지역을 중심으로. 상명대학교 대학원 석사학위 논문.

양지연, 최철웅. 2006. 해운대 해수욕장의 해안지형 및 토지피복 변화 분석. 한국지리정보학회지 9(1):101-115.

이규성, 정미령, 윤정숙. 1999. 북한 지역 산림면적 변화의 규모와 특성. 한국임학회지 88(3):352-363.

이기원, 유영철, 송무영, 사공호상. 2002. Landsat 7 ETM+와 KOMPSAT EOC 영상 자료를 이용한 다중 분해능 영상 분류결과와 토지이용 현황 주제도 대비 분석. 한국 GIS 학회 10(2):331-343.

이진덕, 연상호, 이동호. 2008. 다시기 항공사진으로부터 영상대차법과 영상대비법을 이용한 소도읍 지역의 변화 검출. 한국지리정보학회지 11(1):116-124.

이미선, 김성준, 신형섭, 박진기, 박종화. 2009. KOMPSAT-3급 위성영상을 이용한 농업 토지이용 및 작물 생육정보 추출. 대한원격탐사학회지 25(5):411-421.

장동호, 김만규. 2003. IKONOS 영상자료를 이용한 토지피복도 개선. 한국GIS 학회 11(2):101-117.

장안진, 유기윤, 김용일, 이병길. 2006. 컬러항공사진과 LiDAR 데이터를 이용한 수목 개체 및 수고 추정. 대한원격탐사학회지 22(6):543-551.

환경부. 2008. 도시생태현황지도(비오톱지도)작성지침.

Cha, S. and C. Park, 2007. The utilization of google earth images as reference data for the multitemporal land cover classification with MODIS data of North Korea, Korean Journal of Remote Sensing 23(5):483-491.

Jackson, T.J., T.M. Ragan. and W.N. Fitch. 1977. Test of Landsat-based Urban Hydrologic Modeling. J. Water Resour. Plann. Manage. Div., ASCE 103(WRI) : 141-158.

Jensen, John R., 1996, Introductory Digital Image Processing : A Remote Sensing Perspective, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall. 316pp.

Wolf, P. R. , Dewitt, B. A. 2000. Elements of Photogrammetry with Applications in GIS, 3rd Ed., Mc GrawHill. pp.234.