

도시성장 분석을 위한 위성영상 토지이용 분류기준 설정

Land Use/Cover Classification Nomenclature for Urban Growth Analysis

김윤수* · 이광재 · *류지원
Youn-Soo Kim*, Kwang-Jae Lee, Ji-Won Ryu

한국항공우주연구원 위성운영센터
우)305-333 대전광역시 유성구 어은동 45
Tel) +82-42-860-2388, FAX) +82-42-860-2605, E-mail) younsoo@viva.kari.re.kr
*계명대학교 도시공학과

요약

도시의 물리적 성장을 분석하기에 원격탐사 자료는 매우 유용한 도구를 제공한다 할 수 있다. 도시의 물리적 성장은 도시의 토지이용과 밀접하게 관련되어 있으며 지속 가능한 도시 성장을 위하여서는 토지이용을 중심으로 한 성장관리가 필수적이다. 그러나 위성영상을 이용한 도시 토지이용의 분류는 우선 그 기준이 사용자의 관점에 따라 다르고 영상의 해상도 등에 따라 달리 그 기준이 정해질 수 있다. 도시의 성장 분석을 위해서는 다중시기의 위성영상 및 항공사진을 이용하여 토지이용 분류를 수행하고 시기별 토지이용 변화와 양상을 분석함으로써 성장요인을 추출하고 이를 기반으로 향후의 도시 성장을 예측할 수 있는 성장모델 개발이 가능해 진다. 따라서 본 연구에서는 도시성장 예측모델 개발의 전 단계로써 도시의 성장관리를 위해 사용되는 다양한 공간 해상도를 지닌 원격탐사 자료의 국내외 다양한 분류기준의 검토를 통해 토지이용 분류 기준을 도시 성장관리의 측면에서 설정하고자 한다.

주요어: 토지이용 분류, 위성영상, 분류기준, 도시성장

1. 서론

현대 국가의 경영에 있어 합리적인 결정을 내리기 위해서는 복잡하게 얽혀진 특정 현상에 대해 다양한 관점에서의 정보를 취득하는 것이 필수적이다. 토지이용 및 토지피복 정보는 이러한 다양한 도시 정보의 하나로 도시 난개발, 환경 파괴 등

도시 불경제를 줄이고 삶의 질 향상을 추구하는 현대 도시계획의 주요한 역할을 하고 있다. 지속가능한 개발을 위해서는 계획단계에서 현재의 토지이용 현황을 기반으로 미래 토지이용계획을 수립하여야 한다. 즉, 도시민 삶의 질 향상을 위해 도시 토지이용의 효율성이 강조되고 이를 위한 가장 중요한 전제조건은 현재의 토

지이용 경향과 시간에 따른 변화 양상이라 할 수 있다. 토지이용 현황은 현장조사, 지적자료 해석, 항공사진, 또는 위성자료 등의 원격탐사 자료를 이용하여 수집할 수 있다. 기존의 위성영상은 항공사진과 비교하여 공간해상도의 한계로 인하여 용도 표시가 어려운 혼합용도 고밀도 지역을 표시하기에는 많은 제약조건들을 지니고 있었으나 최근에는 공간해상도가 보다 향상된 고해상도위성뿐만 아니라 SAR, RADAR 등 각종 다양한 종류의 위성들이 발사되고 있어 앞으로의 많은 활용 가능성을 제시하고 있다. 뿐만 아니라 최근 GIS 연계, 통계자료 사용, 항공사진 병합 사용 등의 다양한 통합 분석 방법이 시도되고 있어 활발한 연구가 진행되고 있다. 토지피복/이용 분류는 1972년 Landsat 1호가 발사된 이후부터 원격탐사 자료의 가장 대표적이고 전형적인 응용방법 중 하나로 자리 잡고 있으며 자료의 주기성 및 광역성 등의 다양한 장점을 바탕으로 지도제작 관련 응용연구 또한 활발히 진행되고 있다. 하지만 이러한 토지피복/이용분류를 위해서는 센서의 특성, 계절적 요인, 지표의 상태 등 매우 많은 인자들이 고려되어야 하는데 특히 활용 목적에 따라서 다양한 분류항목들이 설정될 수 있어서 체계적인 분류항목 설정 없이는 도출 결과의 타당성을 제시할 수 없다. 따라서 이장에서는 토지피복/이용도 제작과 관련된 국내외의 사례를 분석함과 동시에 본 연구에 가장 적합한 토지피복/이용 분류항목 체계를 제시하고자 한다.

II. 토지이용 분류체계

토지이용의 유형은 대항목에서 점차 소항목으로 세분화 되는 계층적 분류법에 의해 분류되는 것이 일반적이다. 이는

Anderson 분류법, 국립지리원 분류기준, CORINE 분류기준 등의 모든 분류기준에 적용된다고 할 수 있다. 특정 분류기준을 설정하기 위해서 우선 토지이용정보를 사용하고자 하는 목적을 분명히 하여야 한다. 본 논문에서는 다중시기 위성영상을 사용하여 도시의 물리적 성장을 분석하기 위해 다중시기의 토지이용 현황을 작성하여 변화경향을 파악하는데 적합한 분류체계를 설정하고자 함이 그 목적이라 할 수 있다.

1. 국내 분류기준 현황

우선 국내 지도제작을 담당하고 있는 국립지리원은 자체규정에 따라 1972년부터 토지이용현황도(1:25,000)를 제작하기 시작하여 1981년까지 전국을 대상으로 720도엽을 제작하였으며 국토이용계획의 기초 자료로 제공하고 있다(국립지리원). 이를 최근에는 주제도 사업의 일환으로 1:25,000 토지이용현황도를 수치화 시키고 있으며 현재 414도엽이 수치지도화 되어 있다. 이는 경북과 강원도를 제외한 대부분의 지역이다.

표 1. 국립지리원 분류기준

대분류	중분류	세분류
1. 도시지역	도시계획법에 의한	지역지구제에 의한
2. 농업지역	1. 경지구역	1. 밭구역
		2. 전답구역
	2. 허락지구	3. 피수원구역
		4. 삼전구역
		5. 초지 및 목장구역
3. 산림지역	1. 산림보전지구	1. 허락구역
		2. 용역림구역
	2. 개간촉진지구	2. 농용림구역
		3. 피수원상권 개발구역
4. 공업지역	1. 공업진흥지구	3. 보안림구역
	2. 준공업지구	4. 제지구역
5. 지천 및 문화재 보전지역	1. 자연환경보전지구	1. 경계개발구역
		2. 문화재 보전지구
		2. 피수원상권 개발구역
		3. 초지 목장 개발구역
		3. 관광휴양지구
6. 유보지역	4. 예안보전지구	
	5. 수산자원보전지구	

이는 지표상의 토지피복과 시가지와 같은 인위적인 토지이용을 모두 반영한 것

으로 토지이용분류는 대분류, 중분류, 세분류의 3단계의 계층구조를 가지며 사용자의 필요에 따라 단계별 호환성을 가지도록 하였다. 표 1은 국립지리원의 토지이용현황도 분류항목을 나타내고 있다. 제작방법은 크게 항공사진을 이용한 도화, 1:5,000 수치지형도의 레이어 분류 및 편집, 현지조사과정으로 이루어져 있다.

환경정책평가연구원의 인공위성 영상자료를 이용한 토지피복분류 보고서(전성우, 1999)에서 제시하는 토지피복분류단계(안)는 미국의 USGS 토지피복분류체계, GAP Land Cover Analysis, 유럽의 CORINE 프로젝트의 내용을 국내 실정에 맞게 수정하여 제안한 것으로 환경부, 건설교통부, 산림청, 농어촌진흥공사, 국립지리원 등 토지피복분류도를 사용할 가능성이 있는 국내 기관들의 자문을 들어 분류항목을 설정하였다. 이 보고서에서는 토지피복분류상 1단위는 7항목, 2단위 22항목, 3단위 50항목으로 분류체계를 설정하고 있는데 기하 및 방사학적 보정을 마친 Landsat TM 영상을 수계의 마스킹 처리 후 무감독분류와 감독분류를 이용하여 생성된 분류지도를 제작하였다. 이를 1차 검증 후 참조자료를 활용하여 정확도가 보다 향상된 최종 분류지도를 생성하였는데 2단위의 토지피복분류는 인공위성 자료만을 이용해서는 구축이 불가능하며 방대한 양의 참조 및 보조자료의 사용이 불가피하다고 진술하고 있다. 또한 이 보고서는 우리나라에서 구축되는 토지피복분류도의 전체정확도 하한선을 CORINE의 3단계 수준과 비교하였을 때 약 85% 정도가 바람직하다고 제시하고 있다. 한편 환경부에서는 환경관리에 필요한 기초 자료를 생성하기 위하여 원격탐사자료를 활용한 지역별 토지피복도를 제작하였는데 이는 일반적인 토지이용 및 관리와는 달리 환경 생

태관리에 필요한 토지의 피복상태 파악에 주안점을 두고 있다(이규성, 2000). 이들 자료는 기본적으로 앞에서 언급한 환경정책평가연구원의 보고서 자료에 나타난바와 같이 USGS(U.S. Geological Survey)의 Anderson 분류방식과 유럽의 CORINE(Coordination of Information on the Environment) 프로젝트에서 제시한 토지피복분류체계를 기초로 하여 3단계로 분류체계를 정립하였다. 다음의 표 2에서는 환경부의 3단계로 구성된 토지피복분류체계를 보여주고 있다.

표 2. Anderson 분류기준

1st Level	2nd Level
1 Urban or built-up land	11 Residential 12 Commercial and service 13 Industrial 14 Transportation, communications, and utilities 15 Industrial and commercial complexes 16 Mixed urban or built-up land 17 Other urban or built-up land
2 Agricultural land	21 Cropland and pasture 22 Orchards, groves, vineyards, nurseries, and ornamental horticultural areas 23 Confined feeding operations 24 Other agricultural land
3 Rangeland	31 Herbaceous rangeland 32 Shrub and brush rangeland 33 Mixed rangeland
4 Forest land	41 Deciduous forest land 42 Evergreen forest land 43 Mixed forest land
5 Water	51 Streams and canals 52 Lakes 53 Reservoirs 54 Bays and estuaries
6 Wetland	61 Forested wetland 62 Nonforested wetland
7 Barren land	71 Dry salt flats 72 Beaches 73 Sandy areas other than beaches 74 Bare exposed rock 75 Strip mines, quarries, and gravel pits 76 Transitional areas 77 Mixed barren land
8 Tundra	81 Shrub and brush tundra 82 Herbaceous tundra 83 Bare ground tundra 84 Wet tundra 85 Mixed tundra
9 Perennial snow or ice	91 Perennial snowfields 92 Glaciers

환경부의 대분류 토지피복분류도는 Landsat TM 영상을 근간으로 대분류 체계로 제작한 1:50,000 축척의 지도로서 80년대 말과 90년대 말의 남북한 전역에 대해 시가화/건조지역, 농업지역, 산림지

역, 초지, 습지, 나지, 수역의 7가지 분류 항목으로 구축되어 있다.

2. 국외 분류기준 현황

외국의 경우 다양한 위성원격탐사자료를 활용하여 토지피복/이용도를 제작하여 사용하고 있으며 이와 관련된 연구 또한 활발히 진행되어오고 있다. 특히 미국의 National Land Cover Characterization Project(NLCCP)는 Multi-Resolution Land Characterization(MRLC)의 일환으로 시작되었다. 한편 MRLC는 지질조사국(USGS), 환경보호청(EPA), 국립해양대기국(NOAA), 산림청(Forest Service)에 의하여 시작되었는데 이는 미국본토를 대상으로 일관성 있는 토지피복자료를 구축하고자하는 공통의 관심으로 비롯되었다. 그 결과 National Land Cover Data 1992(NLCD 92) 라는 전국 토지피복분류도를 구축하였으며 현재 이를 네트워크를 통하여 공개 및 배포하고 있다. NLCD는 Landsat 자료뿐만 아니라 지형도, 센서자료, 토양도 및 기존의 토지피복도를 참고로 하여 30미터 픽셀로 총 21개의 클래스로 토지의 특성을 분류하였다. 이렇게 구축된 자료는 수자원 관리, 환경조사, 교통모델링, 화재위험평가 등 국가 또는 각 지역별로 다양한 분야에서 활용되어지고 있다.

유럽연합의 CORINE(Coordination of Information on the Environment) 프로젝트는 1985년 유럽국가들 간의 환경자료 공유 및 환경감시를 위한 일관성 있는 환경정보 생성 및 구축에 그 목적을 두고 시작되었다. 1986년 포르투갈이 처음으로 시범사업에 착수하여 1990년에 토지피복 지도를 작성한데 이어 1993년 CORINE 토지피복분류법이 최종적으로 확정됨으로 인하여 CORINE Technical Guide가 출판되었다. 1998년 유고슬라비아의 연방이었던 보스니아와 마케도니아의 참여로 1999

년 기준으로 총 28개 국가가 CORINE 프로젝트에 참여하고 있는데 이렇듯 CORINE 프로젝트의 주체인 유럽연합은 유럽환경청(Europe Environment Agency)을 설립하고 유럽환경정보·관찰 네트워크를 구축하기 위한 사업의 하나로 European Topic Centre on Land Cover(ETC/LC) 프로그램을 발주하였으며 이 ETC/LC의 주된 목적은 유럽 환경정책의 개발과 수행을 위한 토지피복 정보를 구축, 제공, 관리하는데 있다(전성우, 1999). 현재 CORINE 프로젝트에서는 토지피복분류 체계를 3단계로 나누어 구분하고 있으며 1단계에서는 5가지, 2단 14가지, 3단계 44가지의 분류항목을 가지고 있다. 이들 분류 체계는 CORINE 프로젝트에 참여하고 있는 모든 국가에 대하여 동일하게 적용되고 있다.

한편 가까운 일본은 지도제작 기관인 국토지리원(Geographical Survey Institute)과 일본 국토청(National Land Agency)에 의해 토지이용도가 제작되어지고 있다. 주로 1:25,000, 1:50,000, 1:200,000의 토지이용도를 발간하고 있으며 그 외에도 NOAA AVHRR 자료를 바탕으로 작성한 30~간격의 수치지도를 제작하고 있다. 제작방법은 주로 항공사진과 지형도를 미리 판독하고 현지조사를 통하여 변화한 부분만을 편집도로 작성하여 제작하고 있는데 1:25,000 토지이용도의 경우 총 35개의 분류항목으로 구분되어 있다.

영국의 Ordnance Survey에서는 Land-Line Digital Map 이라 불리는 수치화된 토지이용도를 제공하고 있다. 이 데이터는 영국의 대축척 지도를 수치화하고 측량을 실시하여 지형도상의 지형지물을 보완하며 건물의 경계선과 토지소유 경계, 도로, 하천과 지형지물의 명칭이 표기되어 있다. 지역에 따라 다양한 축척으로 제공되며,

도시지역은 1:1,250, 농촌지역은 1:2,500, 산악지역은 1:10,000으로 제작되고 있다. Land-Line 데이터는 NTF와 DXF 포맷으로 각각 구분되어 사용되어지고 있는데 NTF는 37개, DXF는 43개의 분류코드를 가지고 있다. 이들 보다 더 세밀한 분류를 필요로 하는 경우는 Land-Line map의 분류항목에 26개 지형지물을 첨부하여 표현하고 있다.

III. 토지피복/이용항목 설정

이상과 같이 토지피복/이용 분류항목은 그 활용목적에 따라 매우 다양하게 토지피복단계를 설정할 수 있으며 그 항목 또한 명확하게 구분되어질 수 있다. 앞에서 살펴보았듯이 외국의 토지분류체계를 국내에 그대로 도입할시 빙하, 만년설, 올리브농원 등과 같은 항목에서 이미 차이가 있어 그대로 받아들이기에는 문제가 있다. 따라서 외국의 사례를 바탕으로 하여 국내의 실정을 충분히 고려한 분류체계를 구축할 필요성이 있다. 특히 본 연구에서와 같이 기존 토지피복/이용에 많이 활용되지 않았던 아리랑 1호 EOC 영상을 기본 자료로 활용할 때에는 더욱 그러하다고 할 수 있다.

국내에서는 국토공간 이용 및 관리, 환경 및 교통 대책, 재해예방 및 긴급구조체계 구축 등의 다양한 분야에 지리정보시스템을 적용하기 위하여 그 구축 기반이 되는 기본도의 수치화 사업이 추진 중에 있다. 이러한 국가 지리정보시스템의 구축에 있어서 데이터의 최신성은 필수적인 요소로서 기존의 항공사진에 의한 데이터 구축의 한계점을 위성영상을 활용함으로써 보완할 수 있을 것으로 기대된다. 영국의 Ordnance Survey에서는 1m panchromatic 영상을 이용하여 1:10,000 또는 그 이하

의 지형도 제작이 가능하다는 연구결과를 발표한바 있으며 또한 다중분광영상을 이용한 피복분류로 토지이용도의 제작도 가능함을 보였다(김용일, 1999). 그러나 우리나라의 경우 지도축척별 평균갱신 주기가 최소 3, 4년이므로 지형지물의 변화를 비롯한 도시공간 확장 내용을 주기적이고 체계적으로 반영하지 못하고 있을 뿐만 아니라 그 데이터의 활용도 가치 또한 떨어진다고 할 수 있다. 표 3은 USGS의 토지피복/이용분류체계 구분에 있어 위성영상의 센서체계 및 해상도에 따라서 구분한 것으로 이 표에서 SPOT 영상을 기준으로 생각한다면 아리랑 1호 EOC 영상의 경우 2단계까지의 분류는 가능한 것으로 보여주고 있다.

표 3. USGS의 토지피복/이용분류체계 구분

분류단계	영상판독 포맷
1단계	Landsat MSS 영상
2단계	소축척 항공사진, Landsat TM, SPOT 영상
3단계	중축척 항공사진
4단계	대축척 항공사진

도시의 성장 분석을 위하여서는 다중시기의 위성영상 및 항공사진을 이용하여 토지이용 분류를 시행하고 시기별 토지이용 변화와 양상을 분석함으로써 성장요인을 추출하고 이를 기반으로 향후의 도시성장을 예측할 수 있는 성장모델 개발이 가능해진다. 그러나 지속적이고 신뢰성 있는 자료를 제공하기 위해서는 토지이용 분류체계의 표준화가 이루어져야 한다. 지금까지 많은 토지이용 분류에 대한 수많은 연구가 진행되어 왔으나 자료의 분류기준이 상이하고 서로 다른 방법과 축척에 따라 독립적으로 자료가 수집되어 호환성이 거의 없다고 할 수 있고 이는 각 연구에 있어 중복적인 노력이 투자되어 효율성을 저해하는 큰 요인이라 할 수 있

다. 본 연구에서는 이러한 표준화를 위해 국립지리원 분류기준을 사용하였다. 그러나 국립지리원 분류기준을 모두 사용할 경우 도시 지역의 물리적 성장분석이라는 연구목적에 불필요한 항목이 지나치게 많게 되므로 이를 항목별로 묶어 도시 분석에 적합한 분류기준을 설정하였다.

표 4. 연구에 사용된 분류기준

Level I	Level II	Code
1. 도시	1.1 일반주거지	1
	1.2 고층주거지	2
	1.3 상업지역	3
	1.4 공업지역	4
	1.5 교통시설	5
	1.6 공공시설	6
	1.7 공사중	7
2. 비도시	2.1 숲	8
	2.2 농경지	9
	2.3 수계	10
	2.4 보호지역	11

즉, 국립지리원 분류기준의 대분류를 예로 들면 농지, 임지, 수계 등을 비도시 지역으로 통합하여 비도시라는 대분류 항목을 설정하고 도시 및 주거지 항목은 중분류 기준을 역시 EOC 영상의 판독가능성과 도시의 물리적 성장분석에 필수적인 7개 항목으로 분류하였다. 특히 대규모 개발공사가 진행 중인 지역에 대해 “공사중”이라는 항목을 별도로 선정하여 도시 토지이용 분류의 정확도를 높이하고자 하였다.

IV. 결론

도시 토지이용이란 인간의 제반활동이 지표상에 나타난 결과라는 측면에서 “일정한 토지공간위에서 일어나는 제반활동 또는 이용의 형태”로 정의되어진다. 토지이용이 도시 관리 및 도시계획 수립에 매

우 중요하다라는 점은 주지의 사실이나 그 분류체계에 대해서는 확정된 기준이 없고 사용자의 필요에 따라 분류체계가 만들어지고 있는 실정이다. 그러나 최근 원격탐사기술과 영상처리 기술의 발전은 토지이용 자료의 표준화가 필수적임을 나타내고 있고 원격탐사기술이 토지이용 분류에 광범위하게 사용되면서 서로 다른 목적을 위해서도 현재의 토지이용분류 시스템과 호환되는 분류 기준설정이 요구되고 있다.

본 연구에서는 도시성장 모니터링의 한 단계로써 국내외 다양한 분류기준의 검토와 다목적실용위성 EOC 영상의 판독 가능성, 그리고 도시 분석에 필수적인 분류 항목 등을 국립지리원 분류기준을 중심으로 본 연구목적에 부합하게 수정하여 설정하였다.

참 고 문 헌

- Meinel G., and Hennerdorf J. Stand der Diskussion europaeischer Landnutzungsnomenklaturen - Herausforderung fuer die Bildverarbeitung (Pro Smart II - Nomen), 2001, Institute fuer Oekologische Raumentwicklung e. V.
- Bossard M., Feranec J. and Otahel J, 1994, CORINE land cover technical guide - Addendum 2000, European Space Agency.
- Anderson J., Hardy E., Roach J and Witmer R., 1976, A Land Use Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data - USGS.
- 권기욱, 유병권, 2000, 도시토지이용계획, 태림문화사.
- 세분류 토지피복분류도 제작지침(안), 2001, 환경부.

- 이규성 외, 2000, 다목적 실용위성의 지
상활용 및 검보정, 한국자원연구소.
- 이양재, 고준환 외, 1996, 서울시 토지이
용 정보체계 구축방안 연구.
- 정수 외, 1999, '98 주제도 시범제작 사
업 - 토지이용현황도 및 도로망도 -,
국립지리원.
- 한국환경정책·평가연구원, 1999, 인공위성
영상자료를 이용한 토지피복분류, 환경
부.