

원격탐사 자료를 활용한 시가화지역의 변화에 관한 연구

김윤수¹ · 정응호² · 류지원^{2*} · 김대욱²

A Study on the Change of Built-up Areas using Remote Sensing Data

Yoon-Soo Kim¹ · Eung-Ho Jung² · Ji-Won Ryu^{2*} · Dae-Wuk Kim²

요 약

본 연구에서는 다중센서 원격탐사 자료를 활용하고 시계열 분석을 통하여 도시의 토지이용과 그 변화양상을 살펴보았으며 결과는 다음과 같다.

첫째, 시계열별 분석결과 택지개발 및 토지구획정리사업 등의 개발사업과 연구단지 및 군 시설물의 배치, 그리고 정부청사 등과 같은 공공시설물의 입지에 의해 대부분의 농지지역이 시가화지역으로 변화되어 왔다. 둘째, 시가화지역의 확장이 현재의 규모와 속도를 유지할 경우 농지지역을 중심으로 시가화지역으로 변화할 것으로 판단되어 이에 대한 도시공간계획의 수립이 요구되어진다. 셋째, 기존의 도시개발사업 자료들을 종합적으로 데이터베이스화하여 과거부터 현재까지 시가화지역의 물리적 확장변화 과정을 보다 체계적으로 모니터링 함으로서, 향후 도시개발을 통한 시가화지역의 물리적 확장방향 및 경향 등을 보다 과학적으로 예측할 수 있는 기틀을 마련하였다.

주요어 : 다시기 위성영상, 원격탐사자료, 토지이용, 시가화지역, 시계열

ABSTRACT

This study was performed to analyze time series landuse pattern of urban areas and the change of the areas by using remotely sensed multiple sensors. The results were as follows.

First, according to the result of time series analysis, most agricultural land has been changed into built-up areas by development work such as the land development or land readjustment project, arrangement of science parks or military facilities, and location of public establishment like government buildings. Second, if the expansion of built-up areas maintains the present scale and speed, it seems that a lot of parts of land would be changed into built-up areas, especially centering around agricultural land, so it is necessary to establish the plan for urban space. Third, I have synthetically collected the data of the project of urban development and systematically monitored the process of in expansion the built-up areas up to now (from the past). I hereby could lay the foundatio

2004년 11월 16일 접수 Recieved on November 16, 2004 / 2005년 6월 7일 심사완료 Accepted on June 7, 2005

1. 한국항공우주연구원 Korea Aerospace Research Institute

2. 계명대학교 환경계획학과 Dept. of Environmental Planning, Keimyung University

* 연락처자 E-mail: jiwon97@paran.com

n that makes us scientifically forecast the direction of expansion in the built-up areas by the urban development in the future.

KEYWORDS : *Multi-temporal Satellite Imagery, Remote Sensing Data, Landuse, Built-up Areas, Time Series*

서 론

최근, 1m급 이하의 고해상도를 제공하는 인공위성 센서기술 및 컴퓨터의 발전에 힘입어 지도제작 및 도시분석 도구로서의 원격탐사는 새로운 전기를 맞이하고 있다. 또한 원격탐사의 기술적·방법적 발전은 도시원격탐사 연구에 필요한 공간·분광·시간·해상도 등의 조건을 충분히 만족하고 있으며, 변화탐지와 시계열 분석을 가능하게 하여 도시분석과 도시계획의 다양한 분야에 원격탐사 기술을 접목하려는 노력이 활발하게 일어나고 있다.

한편, 도시공간의 토지이용은 도시라는 특정 장소를 중심으로 서로간의 밀접한 관련을 가지고 이루어지는 여러 활동이 지표면에 공간적으로 반영되어 나타나는 특성이 있다. 그러므로 장소의 제약과 도시의 여러 활동 사이의 관계를 조사·분석하여 현재의 문제뿐만 아니라 장래에 예상되는 문제까지 예측하여 이에 대한 대응방안을 마련하는 것이 요구되어진다.

따라서, 다양한 도시 토지이용의 특성을 원격탐사 자료를 활용하여 분석하고자 할 경우 분석하고자 하는 현상에 대한 특징을 잘 나타낼 수 있는 자료를 선택하는 것이 요구되어 지는데, 최근의 고해상도 위성영상은 도시의 형태나 토지이용현황 등을 파악하는데 유익한 정보를 제공하며, 과거로부터의 변화·현재의 상태·미래의 도시 토지이용 예측 등 도시의 성장과 변화에 대해서도 유용한 자료로 사용되어지고 있다.

이에, 본 연구에서는 도시지역에 대한 지형공간의 정보를 주기적으로 공급하는 원격탐사자료와 GIS 기법을 활용하여 도시 토지이용에 대

한 시계열별 분석과 이를 통한 시가화지역의 변화를 살펴보고자 한다.

연구범위 및 방법

본 연구에서는 60년대부터 2003년도까지 대전광역시를 대상으로 시가화지역의 변화패턴 및 경향 등을 분석하기 위하여 다시기 원격탐사 자료를 활용하였다. 또한 기본적인 지형정보의 생성 및 획득을 위하여 표 1과 같이 다양한 지형정보 자료와 보조자료를 함께 사용하였다.

원격탐사 자료와 더불어 사용한 지형정보 자료는 70~80년대 제작된 종이지도로 당시의 토지이용 현황정보를 보다 쉽게 파악할 수 있으며, 이들 자료는 고해상도 원격탐사 자료와 비교·분석 및 수정된 후 시대별 최종 토지이용도 제작에 활용되었다. 또한, 과거의 지형정보 파악 및 토지이용도의 정확도를 높이기 위해 60년, 70년, 80년대의 기본지형도를 사용하였고, 이들 화상과 지도 자료뿐만 아니라 토지구획정리사업 및 택지개발사업 지구별 시행내역과 같은 자료도 수집하여 시가화지역의 변화 분석에 활용하였다.

연구동향

원격탐사 자료를 활용하여 토지이용 분류 및 도시제반 현상분석과 관련한 연구동향을 살펴보면, 국외에서는 유럽연합의 MOLAND(monitoring landuse/cover dynamics) 프로젝트를 들 수 있는데, 유럽연합의 대도시를 중심으로 시가화지역의 성장변화를 원격탐사 자료를 이용하여 분석함으로써 지속가능한 개발에 대한 필요한 정보를 추출

TABLE 1. 원격탐사 및 지형정보 자료 리스트

자료 년대	CORONA	IKONOS	Landsat	SPOT	KOMPSAT EOC	Aerial Photo	토지피복/ 이용현황도	종이지도	수치지도
60년대	1962.11.05							1963 1:50,000	
70년대	1970.03.17					1979 (27장)	1972 (종이지도)	1971 1:25,000	
80년대				1988.05.03 (MS)		1985 (29장)	1986 (종이지도)	1986 1:25,000	
90년대			1995.05.03 (TM)	1995.04.10 (Pan)					
			2000.04.06 (ETM+)		2000.03.09	2000 (44장)	2000 (수치지도)		1:25,000 1:5,000
		2001.01.28 (PAN/MS)			2001.03.18				
					2001.04.08				
			2001.05.27 (ETM+)		2001.05.12				
2000년대					2001.06.02				
					2001.09.02				
					2001.10.25				
					2001.11.27				
					2001.12.24				
		2002.03.09 (Pan)	2002.03.11 (ETM+)		2002.04.22				
					2002.11.01				

하고 있다.

국내연구로는 김영표와 김순희(1994)는 Landsat 데이터를 이용하여 수도권내의 도시지역 확장과 물리적 토지이용 변화를 연구하였고, 김광래와 이종성(1998)도 서울시를 대상으로 18년간의 공간변화 패턴을 연구하였다. 김영표 등(2001)은 접근이 불가능한 개성지역을 대상으로 토지이용 현황을 원격탐사자료를 사용하여 분석하였으며, 사공(2002)은 30년간의 수도권 도시화 지역의 확장과정과 특성을 원격탐사 자료를 이용하여 분석하였다.

이러한 연구는 대부분 다시기 위성자료, 그

중에서도 대부분이 landsat 자료를 활용하여 토지이용을 감독, 또는 무감독 분류를 통해 분류하고, 개개 토지이용 항목의 변화를 관찰하여 그 경향과 변화를 분석한 것으로 원격탐사의 자료를 통해 얻어진 도시지역내의 서로 다른 토지이용의 공간형태에 관한 정보와 시계열별로 축적된 원격탐사 자료는 그 자체로 도시환경의 분석에 매우 소중한 정보를 제공한다. 또한 도시 토지이용에 대한 시각적인 표현은 도시확장의 수치적인 모형을 가능하게하여, 미래에 대한 예측이 가능하도록 기초자료를 제공하기도 한다.

시계열별 토지이용현황 구축

본 연구의 시계열 분석을 위한 토지이용도 제작을 위해서 표 1의 자료들을 이용하여 표 2의 토지이용 분류에서 정의한 항목을 기준으로 다음과 같은 작업과정을 거쳐 토지이용도를 제작하였다. 한편, 표 2의 시계열 변화분석을 위한 토지이용 분류기준은 향후 지속될 연구의 일관성을 유지하기 위해, 국립지리원의 분류기준을 기준으로 하여 본 연구에 부합하게 분류기준을 설정·사용하였다. 국립지리원 분류기준을 모두 사용할 경우 시가화지역의 시계열 변화 분석이라는 연구목적에 불필요한 항목이 지나치게 많게 되므로, 이를 필요한 항목별로 묶어 시계열 분석에 적합한 분류기준을 설정하였다(김운수, 2003).

1. 기준 토지이용도 생성

본 연구에서 제작하고자 하는 모든 토지이용도들의 기준을 정하기 위해서 국립지리원이 제작한 2000년 토지이용 현황도를 기준으로 위성자료의 판독 결과에 따라, 해당년도의 토지이용도를 순차적으로 제작해 나가는 방법을 채택하

였다.

기준자료로 활용하기 위해 2000년 토지이용 현황도를 본 연구에서 분류하고자 하는 토지이용 항목들에 맞추어 해당 코드들을 수정하였으며, 수정된 토지이용도를 기초로 2000년 다목적 실용위성 EOC 자료, 항공사진 및 IKONOS 자료 등과 같은 원격탐사 자료와 1:5,000 수치지형도의 각 레이어들을 참고로 하여 반복적 확인과정을 거쳐 최종적으로 수정된 기준 토지이용도를 생성하였다.

2. 원격탐사자료 보정

ERDAS Imagine 8.5의 OrthoBASE를 이용하여 다목적 실용위성 EOC, 항공사진, SPOT 및 코로나 자료 등을 정사보정 하였다. 정사보정에 필요한 지상기준점은 1:5000 수치지형도에서 추출하였으며, 과거 60~70년대 자료에서도 기준점으로 활용할 수 있는 점들은 그대로 사용하였고, 자료에서는 나타나지 않는 점들은 1:25,000 지형도에서 새로운 기준점을 별도로 추출하여 사용하였다. 한편, 항공사진 보정을 위해서는 육군 지도창으로부터 협조 받은 카메라 정보를 바탕으로 화상 전체를 블록화 시킨 후 일괄처리 하였다.

TABLE 2. 시계열 변화분석을 위한 토지이용 분류기준

분류	Code	신규항목	국립지리원 항목 포함내용
시가화지역	1	일반주택지	일반주택지
	2	고층주택지	고층주택지
	3	상업지역	상업·업무지, 유원지
	4	공업지역	공업시설, 공업나지·기타, 채광지역
	5	교통지역	도로, 철로 및 주변지역, 공항, 항만
	6	공공시설	발전시설, 처리장, 교육·군사시설, 공공용지, 매립지
	7	공사지역	육안판독 결과 공사 및 건설 중인 지역
비시가화지역	8	산지	자연초지, 인공초지, 침엽수, 활엽수, 혼합수림, 골프장, 공원묘지, 암벽 및 석산, 나대지 및 인공녹지
	9	농지	경지정리답, 미경지정리답, 보통특수작물, 과수원·기타, 가축사육시설
	10	수계	갯벌, 염전, 하천, 호소, 댐, 백사장, 광천지, 양어장 및 양식장
	11	그린벨트	도시계획법상 그린벨트 지역

3. 지형·지물 추출

앞서 전술한 두 단계의 공정을 통해 생성된 기준 토지이용도와 정사 보정된 원격탐사자료를 바탕으로, 각 해당 연도별 토지이용도를 순차적으로 제작하였다. ArcGIS 8.1에서 주 자료로 사용된 해당연도의 원격탐사 자료와 2000년도의 기준 토지이용도를 중첩 시킨 후, 해당연도 원격탐사 자료의 토지이용 상태에 따라서 기준 토지이용도를 각 레이어별로 수정하였다. 이러한 과정을 통하여 기준년도 즉, 2000년도 토지이용도를 바탕으로 1960년대 토지/이용도까지 순차적으로 제작하였다.

4. 구조화 편집 및 속성입력

편집된 토지이용 현황도를 하나의 페다각형 레이어로 구조화 편집함과 동시에 지형·지물 추출 및 도화 과정에서 발생할 수 있는 누락 부분과 중첩시 발생하는 오차들을 재차 수정하였다. 이렇게 제작된 토지이용도는 GIS 공간분석을 위하여 토지이용 항목간 위상관계를 형성시켜 모두 폴리곤 처리를 하였으며, 이러한 토지이용 상태별 폴리곤을 기준으로 속성입력을 수행하였다.

5. 성과검사

마지막으로 본 연구에서 제작하는 토지이용

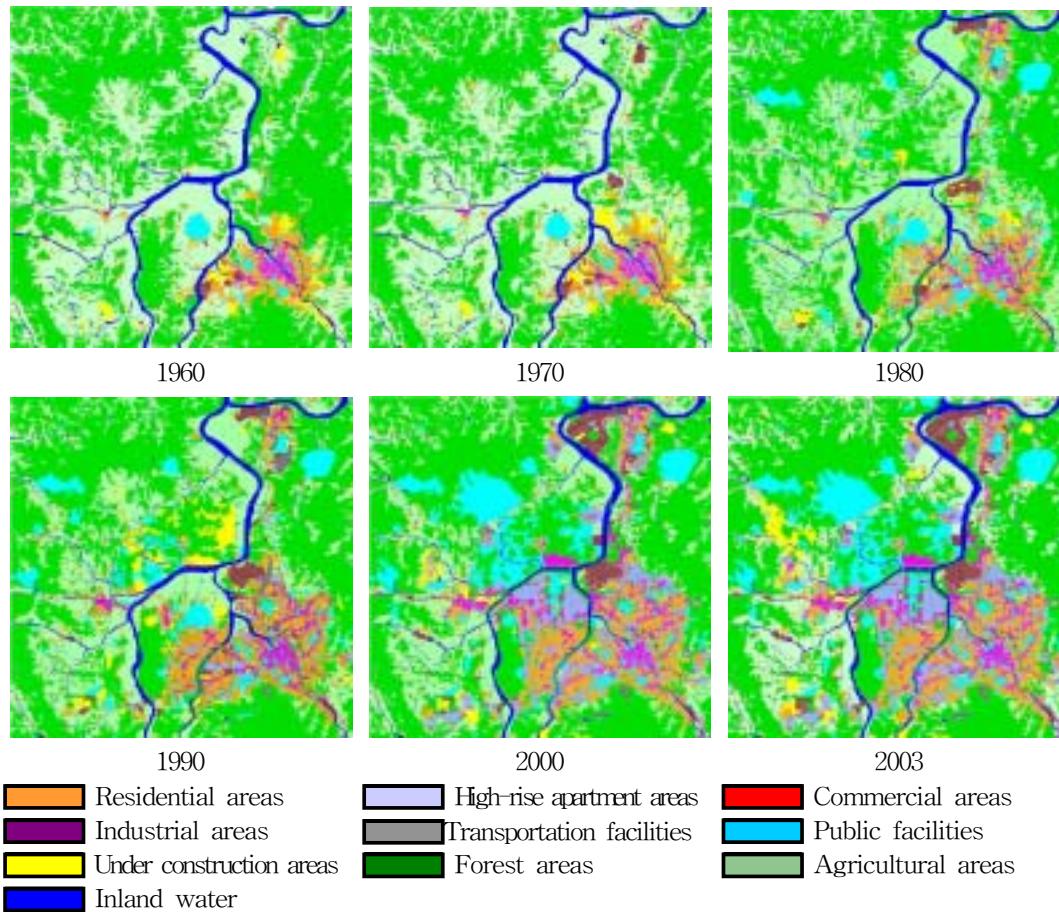


FIGURE 1. 시계열별 토지이용 현황도

도는 측량성과 등의 목적으로 제작된 것이 아니라, 원격탐사 자료를 이용한 시가화지역의 시계열변화 분석 및 확장 시뮬레이션 등의 기초 자료로서 활용하기 위한 것으로 위치 정확도에 대한 별도의 성과심사는 수행하지 않았고, 지형·지물 추출과정에서의 누락 여부, 불필요한 자료의 입력 여부, 경계선의 중복 및 폐합여부, 속성값의 누락 및 입력오류 여부 부분만을 반복하여 확인하였다. 이상의 작업과정을 거쳐 그림 1과 같이 최종 시계열별 토지이용도를 제작하였다.

시가화지역의 시계열별 변화 분석

본 연구에서 수행된 시가화지역의 시계열별 변화분석은 앞 장에서 셰이프 파일 형태로 제작된 토지이용 현황도 시계열별 데이터베이스를 ArcView 3.2를 이용하여 그리드 자료로 변환한 후, 셀 기반의 공간분석을 수행함으로써 이루어졌다.

그림 1과 표 3의 결과에서 볼 수 있듯이 가장 크게 변화된 항목은 비시가화지역의 농지지역으로 60년대에서 2000년사이 줄어든 농지의 총면적은 69.17km²에 달하고 있는데 반해, 산지는 11km²정도 밖에 줄어들지 않았다. 즉, 40년간 변

화된 시가화지역의 전체 면적은 82.32km²으로 농지의 잠식이 차지하는 비율이 약 84%에 이르고 있다.

한편, 시가화지역에서는 90년대를 기점으로 일반주거지의 면적은 거의 변화하지 않고 있으나, 고층주거지로 대표되는 아파트지역의 면적은 급격히 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 아파트가 오늘날 도시의 대표적인 주거유형의 형태로 자리잡고 있음을 나타내는 결과이다. 또한, 공공시설의 면적이 상대적으로 많음을 알 수 있는데, 이는 학교 등의 일반적 공공용지 외에 대덕연구단지, 군시설인 자운대와 국립현충원, 제3정부종합청사 등이 공공용지로 분류되어 나타나는 현상으로 과학·행정 및 군사중심 도시라는 대전광역시의 특수성이 수치적으로 잘 보여주고 있는 것이라 할 수 있다.

이상의 결과를 미루어보면 대전광역시 시가화지역의 변화는 농지지역을 중심으로 이루어진 것을 알 수 있으며, 향후 도시확장이 현재의 규모와 속도를 유지할 경우 현재 남아 있는 서남부권의 농지지역을 중심으로의 변화가 예상되고 있다. 이는 그림 1의 시계열별 토지이용 현황도에서도 잘 나타나고 있는데, 현재 산지를 제외한 가용토지는 서남부권을 제외하고는 거의

TABLE 3. 다시기 토지피복/이용현황별 면적 단위:km²

항목	1960	1970	1980	1990	2000	
시가화 지역	일반주거지	13.77	15.22	18.81	25.99	26.47
	고층주거지	0.08	0.08	0.68	2.68	9.99
	상업지역	1.99	2.13	3.26	5.67	11.31
	공업지역	1.41	2.44	3.83	4.65	6.88
	교통시설	4.83	5.78	10.44	13.29	20.09
	공공시설	3.52	3.65	13.56	18.94	33.62
	공사중	4.47	6.07	5.05	10.72	4.03
	합계	30.07	35.37	55.63	81.94	112.39
비시가화 지역	산지	140.45	136.47	135.73	133.87	129.39
	농지	122.34	120.95	102.77	78.59	53.17
	수계	13.33	13.40	12.07	11.80	11.25
	합계	276.12	270.82	250.37	224.26	193.81

개발이 완료되었음을 확인할 수 있다.

한편, 그림 2는 표 2의 토지이용 분류체계에 따라서 크게 시가화지역과 비시가화지역으로 구분하여 나타낸 결과로서 60년대까지만 해도 지금의 대전역을 중심으로 시가지가 형성되었으나, 70년대에 들어서면서 경제개발에 따라 건설된 고속도로 및 간선도로와 더불어 조금씩 변화하던 것이, 80년부터 급격하게 시가화지역이 확장·변화된 것을 알 수 있다.

특히, 1973년 대덕연구단지 건설기본계획에 의해 대덕연구단지가 교육과 연구지구로 고시되면서, 오늘날의 어은동, 전민동, 신성동 지역이 연구단지의 개발을 위해 기타 용도의 개발이 억제되고 정책적인 차원에서 계획적으로 개발되었다. 또한, 자운동의 대규모 군부대시설, 유성의

국립현충원 등의 공공시설과 배후 기반시설들이 계획적으로 배치됨으로써 이들 지역의 대부분이 비시가화지역인 농지지역에서 시가화지역으로 개발·조성된 것임을 원격탐사 자료를 이용하여 쉽게 확인할 수 있다.

그림 3은 1960년대부터 2000년대까지 10년 단위로 시가화지역만을 중첩시킨 결과로서 시가화지역의 시계열별 변화과정 모습을 잘 나타내고 있다. 시가화지역의 물리적 중심이 60년대 대전역을 중심으로 형성되어 있던 것이, 택지개발 및 토지구획정리사업 등의 개발사업으로 인하여 구역별·시대별로 점점 외형이 확장되어가고 있음을 알 수 있다.

특히, 1990년 이후 시가화지역의 확장이 두드러지게 나타나고 있는데, 이는 신탄진의 공업

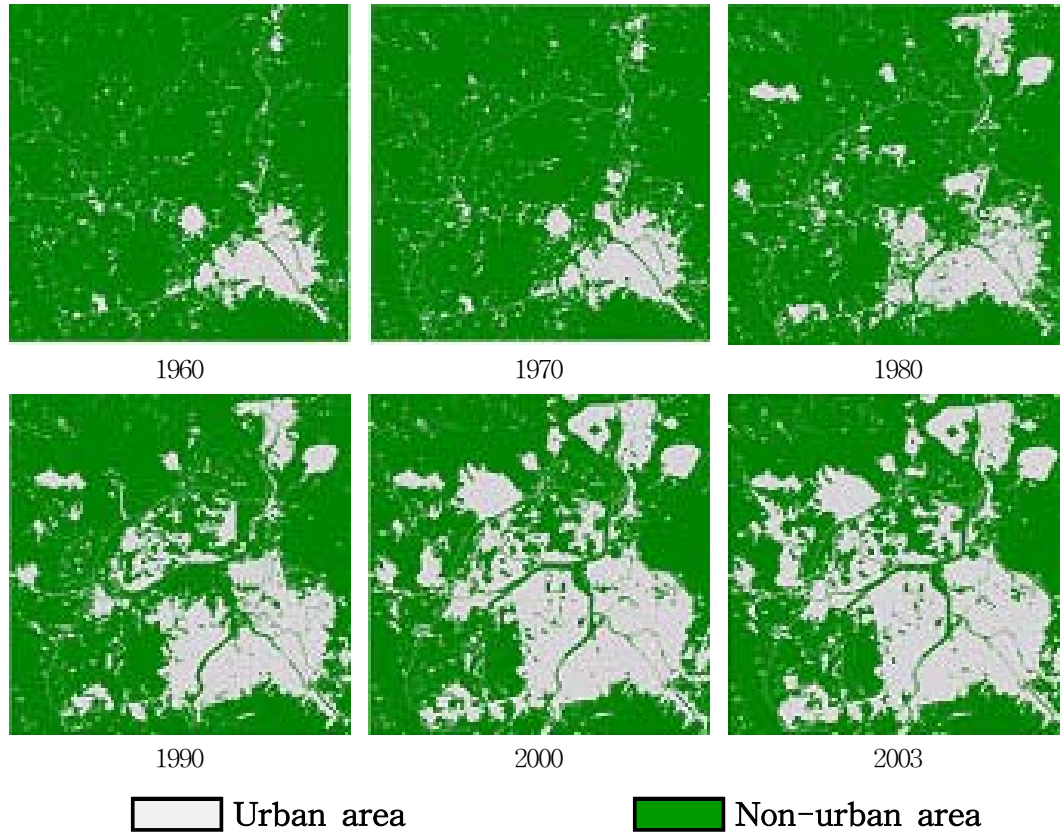


FIGURE 2. 시가화지역의 시계열별 변화과정

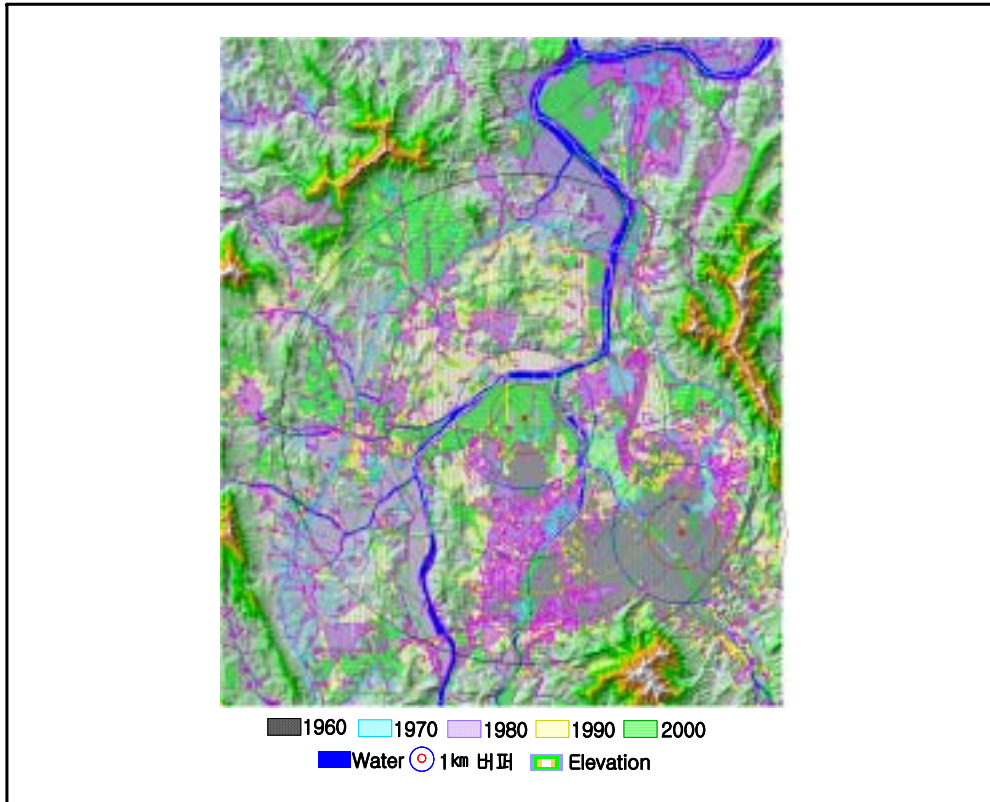


FIGURE 3. 시가화지역의 확장 모니터링

단지 배치, 자운동의 군부대 시설, 노은지구의 월드컵경기장, 둔산지구의 택지개발사업 등으로 인한 물리적 외연적 확장이 진행된 것으로 판단된다. 또한, 60년대 대전역을 중심으로 반경 3~4km에 불과하던 시가화지역의 면적은 2000년대 들어서면서 둔산을 중심으로 반경 10~11km로 확대되었음을 보여주고 있다

이상의 시계열별 원격탐사 자료를 활용하여 대전광역시 시가화지역의 변화과정을 살펴본 결과 자연적 확장보다는 택지개발 및 토지구획정리사업 등의 개발사업과 연구단지 및 군시설, 공업단지 등의 물리적시설의 계획적인 배치가 주요 원인인 것으로 보여진다.

결론 및 고찰

최근의 고해상도 위성영상은 도시의 형태나 토지이용현황 등을 파악하는데 유익한 정보를 제공하며, 과거로부터의 변화·현재의 상태·미래의 도시 토지이용 예측 등 도시의 성장과 변화에 대해서도 유용한 자료로 사용되어지고 있다.

이에, 본 연구에서는 대전광역시를 사례대상으로 원격탐사 자료를 활용하여 도시 토지이용에 대한 시계열별 분석과 시가화지역의 변화를 살펴보았다.

첫째, 시계열별 분석결과 택지개발 및 토지구획정리사업 등의 개발사업과 연구단지 및 군시설물의 배치, 그리고 정부청사 등과 같은 공공시설물의 입지에 의해 대부분의 농지지역이 시가화지역으로 변화되어 왔으며, 향후 시가화지역의 확장이 현재의 규모와 속도를 유지할 경

우 농지지역을 중심으로 시가화지역으로 변화할 것으로 판단되어 이에 대한 향후의 도시공간계획 수립이 요구되어 진다.

둘째, 기존의 도시개발사업 자료들을 종합적으로 데이터베이스화 하여 과거부터 현재까지 시가화지역의 물리적 확장변화 과정을 보다 체계적으로 모니터링 함으로서, 향후 도시개발을 통한 시가화지역의 물리적 확장방향 및 경향 등을 보다 과학적으로 예측할 수 있는 기틀을 마련하였다.

참고문헌

- 강영욱, 박수홍. 2000. 서울대도시지역 도시성장 예측에 관한 연구. 대한지리학회지 35(4): 621-639.
- 국립지리원. 1999. 98' 주제도 시범제작 사업 - 토지이용현황도 및 도로망도-. 231쪽.
- 김광래, 이준성. 1998. 원격탐사 자료를 이용한 서울시 토지피복의 시계열 변화량 추출. 대한국토·도시계획학회지 33(3):363-374.
- 김영표, 김순희. 1994. 인공위성 화상자료를 이용한 수도권 토지이용 실태분석. 한국GIS학회지 2(2)135-145.
- 김영표, 박성미, 한선희. 2001. 고해상도 위성화상을 이용한 토지이용실태 분석연구: 북한 개성지역을 중심으로. 국토연구원, 안양.
- 김윤수, 김정환, 정응호, 류지원. 2002. 위성화상 자료를 활용한 도시성장변화에 관한 연구. 한국지리정보학회지 5(2)81-90.
- 김윤수, 이광재, 류지원, 김정환. 2003. 도시확장 분석을 위한 위성화상 토지이용 분류기준 설정에 관한 연구. 한국지리정보학회지 6(3)83-94.
- 김윤수, 전갑호, 이광재. 2004. KOMPSAT-1 EOC 자료를 활용한 2001년도 대전시 토지 이용 현황의 공간적 분포분석. 한국지리정보학회지 7(3)13-21.
- 김윤수. 2004. 도시분석을 위한 원격탐사자료 활용방안 연구. 계명대학교 대학원 박사학위논문. 65쪽.
- 사공호상. 2002. 원격탐사와 GIS를 이용한 수도권 도시화지역의 확산과정과 특성에 관한 연구. 서울시립대학교 박사학위논문. 103쪽.
- 사공호상, 황승미. 2002. 원격탐사와 GIS연계 활용방안 연구: IKONOS 화상을 이용한 도시분석을 중심으로. 국토연구원, 안양.
- MOLAND Technical Specification. 2000. EUROPEAN COMMISSION, Directorate General Joint Research Centre. Space Application Institute. 19pp.
- Kressler, F., K. Steinnorcher and Younsoo, KIM. 2002. Texture analysis image fusion and KOMPSAT-1. Proceedings of International Symposium on Remote Sensing. Sokcho, Korea. pp.792-797.
- Kressler, F., Younsoo, KIM & K. Steinnorcher. 2002. Urban land cover mapping from KOMSAT EOC panchromatic images using object-oriented classification approach. Proceedings of the Third International Symposium Remote Sensing of Urban areas. Istanbul, Turkey. pp.219-226.
- Steinnorcher K. et al. 1999. Monitoring Urban Dynamics. Austrian Research Center Seibersdorf Final Report. 19pp.
- Wissen U. and F. Petrini-Monteferri. 2001. MoOLAND-Development of reference and historical database for the area of Belgrade. Austrian Research Center Seibersdorf & GeoVILLE Inc Final Report. 89pp.