

위성영상의 토지피복분류에 의한 도시 변화량 분석

An Analysis for Urban Change for the Land Cover Class of Satellite Images

황의진^{1)*} · 신계종²⁾ · 이강일³⁾ · 최석근⁴⁾

Hwang, Eui-Jin · Shin, Ke-Jong · Lee, Gang-il · Choi, Seok-Keun

- 1) 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail: qkqh0110@chungju.ac.kr)
- 2) 충주대학교 공과대학 도시건설공학과 교수(E-mail: gjsin@chungju.ac.kr)
- 3) 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail: gangil0@hanmail.net)
- 4) 충북대학교 공과대학 토목공학과 부교수(E-mail: skchoi@chungbuk.ac.kr)

요 지

본 연구는 연구대상지의 위성영상을 이용하여 물, 산림, 인공구조물, 나대지, 경작지, 초지의 6항목으로 토지피복 분류를 수행하였으며, 인공위성 영상에 나타난 시계열적인 토지피복의 변화 현상을 파악하였다. 이러한 각각의 결과를 통하여 종합적인 도시지역 내의 공간현상을 파악하고자 하였고, 시간의 경과에 따라 각각의 항목별 변화에 대한 통계량을 추출하기 위해 GIS의 GRID 연산을 수행하여 도시 내 공간적인 변화를 분석하였다. 연도별 위성영상을 분석한 결과 체계적인 도심의 모습으로 발전시키는데 중요한 기초자료로 이용될 수 있고, 도시계획 수립 및 개발을 위한 의사결정 자료로 이용할 수 있으며, 도시의 향후 발전 형태를 예측하고 과거자료들을 분석하여 주요지역에 필요한 제반시설물들의 위치를 결정하는데 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

1. 서 론

최근 들어 영상정보를 얻기 위하여 위성영상을 이용한 원격탐사기술과 GIS를 결합하려는 시도가 많이 행하여지고 있다. 즉, 공간지형 자료를 얻기 위하여 항공사진뿐만 아니라 위성영상을 활용하고자 하는 것이다. GIS자료 구축을 위하여 원격탐사자료인 위성영상을 이용하면 단시간에 매우 광범위한 지역의 데이터를 획득할 수 있으며, 여러 시간대의 영상으로부터 지형, 토지, 자연생태계, 도시화 등의 변화에 대한 자료를 획득할 수 있는 장점이 있다. 또한 수치표고모델(DEM: Digital Elevation Model)이나, 토지이용도 및 피복도에 관련된 주제도도 생성할 수 있어서 저렴한 비용으로 수치 지도를 제작하거나 수정할 수 있다.

우리나라의 도시문제에 대한 GIS 이용은 선진국 못지않은 수준에 달하고 있지만, 인공위성 데이터에 대한 인식부족과 영상자료의 경비부담 등의 문제로 많은 부분에서 기대 만큼 실용화되지 못하고 있는 실정이다. 그러나 심각한 문제로 대두되고 있는 도시환경 문제는 도심 지역만을 고려하는 단편적인 시각으로는 해결하기는 어렵고, 도심지역과 그 주변지역을 폭넓게 고려하는, 즉 대규모 지역이 분석 가능한 인공위성 데이터를 이용할 경우 보다 효율적인 연구가 수행될 수 있을 것이다.

따라서, 본 연구는 원격탐사를 통한 연구대상지의 1995년 영상과 2002년 영상에 대해 물, 산림, 인공구조물, 나대지, 경작지, 초지의 6항목으로 토지피복 분류를 수행하였으며, 인공위성 영상에 나타난 시계

열적인 도시피복의 변화 현상을 파악하였다. 이러한 각각의 결과를 상호 유기적으로 통합하여 종합적인 도시지역내의 공간 현상을 파악하고자 하였다. 또한 시간의 경과에 따라 각각의 항목별 변화에 대한 통계량을 추출하기 위해 GIS의 GRID 연산을 수행하여 도시내 공간적인 변화를 분석하였다.

본 연구의 연도별 분류영상을 분석한 결과 체계적인 도심의 모습으로 발전시키는데 중요한 기초자료로 이용될 수 있고, 도시계획 수립 및 개발을 위한 의사결정 자료로 이용할 수 있다.

2. 이론적 배경

2.1 GIS 및 원격탐사

지형공간정보체계는 인간 생활영역에 존재하는 모든 형태의 정보를 효과적으로 수집, 저장, 갱신, 조정, 분석, 표현할 수 있도록 하는 컴퓨터 하드웨어, 소프트웨어, 지리적 자료 그리고 인적자원의 통합체라 할 수 있다.

지형공간정보체계는 자연 및 사회, 경제적 정보를 지리적 공간위치에 맞게 입력·저장하여 여러 목적에 맞게 활용·분석하는 기술로써 각종 데이터 수집과 처리작업에 대해 경제성과 능률성을 제공해주며, 디지털 컴퓨터의 이용으로 데이터 저장 및 공간정보 이용에 획기적인 계기를 마련해 주었다. 지형공간정보체계는 실세계의 모델을 의미하며, 자료는 상호 관련되어 접근, 변화, 관리되기 때문에 환경변화의 분석, 경향분석, 또는 의사결정과 결과 예측 등을 수행하는데 유용한 모델이다. 최근에는 인공위성이나 항공촬영용 비행기로부터 Sensor를 통하여 입수된 HDDT(High Density Digital Tape) 수집 방법이 중요하게 작용하고 있다(그림1).

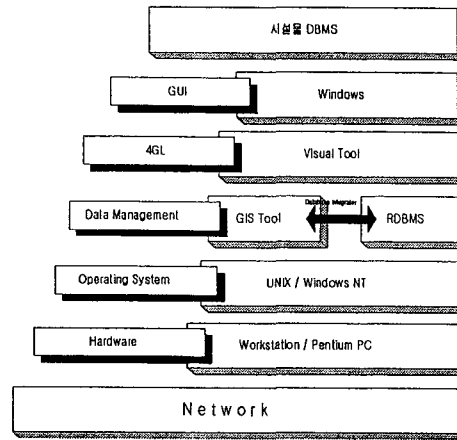


그림 1. GIS 개념그림

원격탐사(Remote Sensing)는 대상물로부터 반사 또는 복사되는 전자파 등에 의해 원거리 측정하여 분석할 수 있으며, 사용되는 수신을 센서라 하고 카메라와 스캐너 등이 여기에 해당한다. 그리고 이런 센서를 탑재하는 이동체를 플랫폼이라 하는데 항공기와 인공위성 등이 있다. 그림2는 이러한 일련과정을 그림으로 나타내었다.

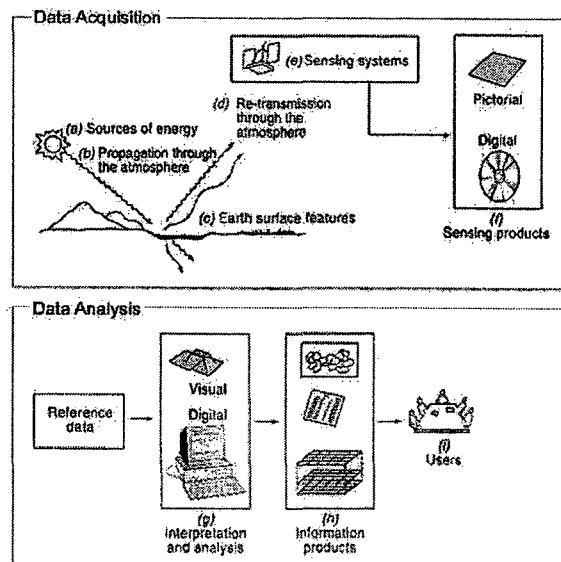


그림 2. 인공위성의 자료 획득 원리

2.2 영상의 전처리

인공위성이나 항공기에 의해 추출된 정보는 지도 형식으로 사용자들에게 제공되거나 GIS에서 기본도 자료에 통합될 수 있다. 이와 같이 지도의 투영 특성과 축척을 부여하기 위하여 원격탐사 영상을 변환시키는 것을 "기하보정"이라 한다.

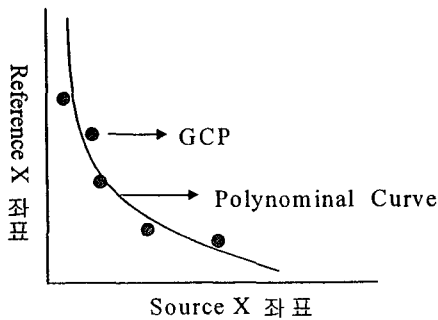


그림 3. 지상기준점과 다항식

지상기준점은 왜곡 보정을 위해 쓰이고, 그림3은 기하보정을 통하여 불규칙 형태로 추출되는 점들을 나타내었다. 기하보정을 위해서는 영상에서 뚜렷이 구분되고 시간에 따라 변화가 심하지 않은 지역을 각각 지도와 위성영상에서 선택해야 한다. 기하보정된 결과의 위치오차는 RMSE로 나타낼 수 있다.

$$RMSE = \sqrt{(x_r - x_i)^2 + (y_r - y_i)^2}$$

여기에서, x_i 및 y_i 는 참조 좌표이고, x_r 및 y_r 은 기하보정 후 좌표이다. 그리고 $(x_r - x_i)$ 는 x 잔차, $(y_r - y_i)$ 는 y 잔차이다. 위 식은 1차식이지만 지상기준점의 개수, 영상의 뒤틀린 정도, 영상의 해상도 정도 등에 따라 2차 이상의 방정식을 사용할 수 있다.

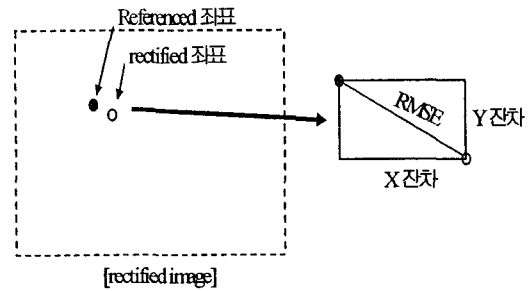
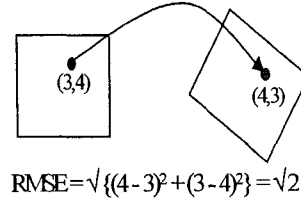


그림 4 RMSE 계산 예

2.3 토지피복분류

토지의 피복분류처리는 위성영상의 개개 화소들이 지질학적 또는 지표면 피복 형태 같은 지리학적인 실측치와 상관식이 성립됨을 의미한다. 즉, 분류처리는 정해진 수의 분류항목이나 범주로 화소들을 소팅하는 처리라 할 수 있다.

기존 영상 자료로부터 추출하고자 하는 정보의 형태에 따라 분류항목들은 탐사지역 내에서 나타난 기지 목표물의 분광반사 특성들(분광신호)과 비교되어 화소 값에 "물" 또는 "토지"와 같은 지상 사상을 상관시킨다. 하나의 분류된 원격탐사 영상이 디지털 주제도의 형태를 갖고 있으며, 위성영상의 분석은 다음과 같은 방정식을 사용하여 표현할 수 있다.

$$BV_{ij}(1) \leftrightarrow BV_{ij}(2) \rightarrow D_{ij}$$

여기에서, D_{ij} = 변화영상의 화소값,
 $BV_{ij}(1)$ = 시기1의 분류영상 화소값
 $BV_{ij}(2)$ = 시기2의 분류영상 화소값,
 i = line의 수, j = pixel의 수이다.

3. 분석 및 고찰

본 연구의 대상지역은 충주시 전체지역을 선정하였으며, 충주시는 우리나라의 중앙부와 동북부에 위치하여 동북으로 제천시, 서쪽으로 음성군, 남쪽으로 괴산군과 경상북도, 북쪽으로 경기도/강원도와 경계를 이루는 지역으로 위도상으로 볼 때 대개 북위 37도 16분 ~ 36도 18분을 차지한 중위도 지역으로 온대 계절풍 지대를 형성하고 있다. 그림5는 위성영상의 RGB화 한 것으로 지역의 형상을 표현하였다.

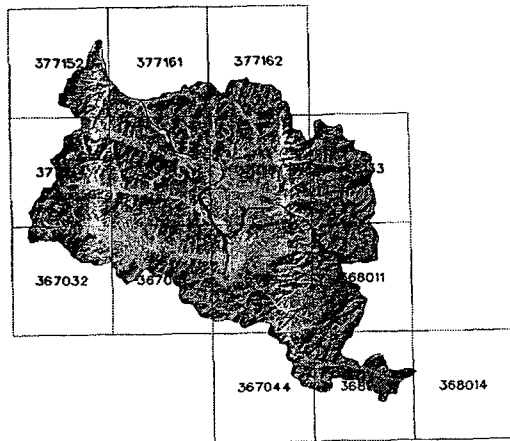


그림 5. 연구대상지역 영상

표 1. 원격탐사 영상의 정보

관 측 일	1995년 10월	2002년 11월
위성/센서	LANDSAT 5호 / TM	
PATH-ROW	116 - 34	
FORMAT	BIL	

3.1 도시변화량 분석

토지피복에 대한 감독분류를 수행하기 위해서 식별 가능한 토지피복을 6가지 항목인 물, 산림, 인공구조물, 나대지, 농경지, 초지 등으로 분류하여 표본 추출을 실시하였다. 이 때 유사한 분광특성만을 가

진 화소로 자동표본추출을 해주는 Region Growing 기법을 이용하여 트레이닝 표본을 선정하였으며, 분류항목간 공분산 행렬, 평균벡터, 표준편차 등의 통계치를 추출하였다. 이후 최대우도 분류 결정규칙을 이용하여 토지피복분류를 실시하였고, 이 피복분류를 통하여 도심의 변화와 활용 형태를 분석할 수 있다.

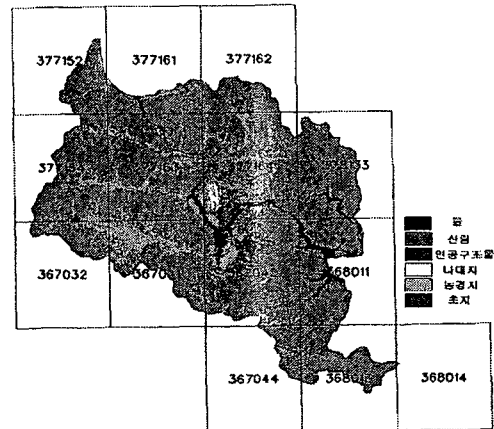


그림 6. 토지피복분류영상(1995년)

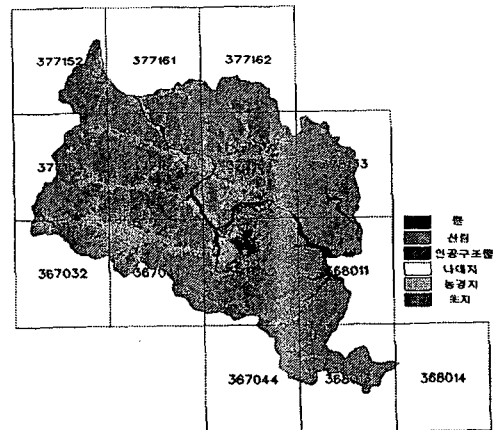


그림 7. 토지피복분류영상(2002년)

3.2 변화탐지

토지피복의 분류항목별 변화율은 1995년 분류항목을 기준으로 2002년의 변화를

나타낸 것이다. 두 시기의 영상은 1995년 10월과 2002년 11월에 관측되었고, 관측일이 1개월가량 차이가 나기 때문에 계절적 차이로 약간의 분류항목별 오차를 포함하고 있다.

물의 경우는 일부지역에서 산림으로 변화한 지역이 발생하였는데, 이는 산림지역의 음지가 물과 비슷한 반사특성을 나타내기 때문인 것으로 사료된다. 산림의 경우는 시기적인 차이 때문에 초지로 변환한 지역이 있는데, 분류 시에 초지와 산림의 경계가 모호한 경우가 발생하기 때문으로 판단된다. 인공구조물의 경우는 개발이 진행 중인 나대지로 변환한 지역이 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 나대지의 경우는 인공구조물과 초지로 변환한 지역이 가장 많은 것으로 분석되었다.

농경지의 변화는 인공구조물과 나대지로 변환한 지역이 많게 나타났고, 초지의 경우는 비슷한 반사특성을 나타내는 산림으로 변환한 경우가 많았으며, 농경지 지역이 두 번째를 차지하고 있다.

변화탐지의 결과로부터 충주시가 나대지와 농경지가 개발되고 있음을 알 수 있고, 행정구역은 큰 변화가 이루어진 충주시와 이류면의 비교를 통하여 표 2 및 3과 같이 주변지역변화를 알 수가 있다.

표 2. 변화탐지의 항목별 변화율(%)

구 분	2002년 영상						
	물	산림	인공물	나대지	농경지	초지	
1995년 영상	물	90.7	4.2	2.4	1.1	0.0	1.7
	산림	1.7	91.3	1.4	0.9	1.3	3.4
	인공물	0.5	2.9	51.0	17.6	21.0	7.0
	나대지	0.0	13.4	16.0	42.0	24.0	4.7
	농경지	0.1	10.3	3.6	18.8	52.9	14.3
	초지	0.4	38.4	9.3	10.1	23.1	18.8

표 3. 변화탐지의 항목별 변화율(%)

구 분	2002년 영상						
	물	산림	인공물	나대지	농경지	초지	
1995년 영상	물	89.2	4.8	4.4	0.7	0.6	0.4
	산림	1.9	91.3	1.1	0.9	1.1	3.8
	인공물	0.9	1.6	71.3	16.1	7.2	2.9
	나대지	0.9	13.2	21.2	25.8	14.2	24.8
	농경지	0.1	11.7	15.7	18.3	46.7	7.5
	초지	2.4	34.9	10.1	10.9	21.4	20.4

3.3 결과분석 및 고찰

위의 분석한 자료는 LANDSET 위성의 TM 영상자료를 기초로 분석한 결과로써 기본적 셀의 크기를 30m로 시계열 분석하여 피복상태의 변화를 알 수 있었다. 1995년부터 2002년까지의 충주시의 변화 형태를 면단위의 행정구역으로 비교·분석한 결과 대부분 산림으로 이루어진 농촌형태를 가지고 있었으며, 많은 변화는 없었지만 충주시를 기준으로 한 지역주변의 촌락들은 인공구조물의 비율이 상대적으로 많은 증가추세를 보이고 있다. 평탄한 지형에서는 인공구조물이 형성되어지고 조금씩 늘어난 산림지역의 변화는 도로와 같은 선형체계를 가지고 있어 이 지역은 산악지역을 도로로 건설을 하고, 그 도로 지역을 중심으로 촌락과 같은 인공구조물들이 평지부에 건설되고 있는 형태를 갖추고 있음을 알 수 있었다.

대부분의 지역이 인공구조물과 나대지로 변화한 것으로 분석되며, 특히 충주시 지역은 인공구조물의 면적이 많은 변화를 보이고 있다. 그리고 인공구조물과 나대지의 변화량이 많이 변화한 지역을 보면 우선 수안보중심의 관광지역이 우선적으로 보이고, 그 주변의 상모면 또한 다른

행정구역보다는 변화량이 늘어나는 것을 알 수 있다. 또 하나의 지역으로는 충주대학교 주변의 변화로 1995년보다 2002년에는 많은 인공구조물과 도로 면적이 늘어난 것을 알 수 있다.

이들 자료를 가지고 분석하면 충주시는 도심을 중심으로 도로의 선형에 따라 발달되고 있고, 주거형태는 평지부의 토지를 사용하지 않으며, 대부분 산악지역의 토지를 이용하여 건설하고 있음을 알 수 있다. 또한 도로확장을 통한 관광지역의 발전이 이루어짐을 알 수 있으며, 교육여건을 통한 발전이 더불어 이루어짐을 알 수 있다.

도시의 형태를 분석하고 연구하는데 GIS와 위성자료를 이용한 도시의 시계열적인 분석이 가능하며, 이런 자료들의 누적으로 도시의 발전 형태를 추정할 수 있고, 도심의 발달에 주요패턴이 어떠한 것에 영향을 받아 이루어지는가를 분석할 수 있다.

4. 결 론

위성영상을 이용하여 도시변화량을 추출하고 분류항목별 변화량을 분석한 결과는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 연도별 분류영상을 분석한 결과 영상과 각각의 랜덤 포인트를 모니터 상에 출력하고, 95년은 94.54%와 02년은 96.09%의 분류정확도를 얻었다.
2. 도시행정구역별 변화된 면적을 분석하고 지역특성과 발전패턴 분석을 통하여 체계적인 도심의 모습으로 발전시키는데 중요한 기초자료로 이용될 수 있고, 도시계획 수립 및 개발을 위한 의사결정 자료로 이용할 수 있다.
3. 위성 자료는 시차적인 분석을 통하여 도시의 향후 발전 형태를 예측하고 과

거자료들을 분석하여 주요지역에 필요한 제반시설물들의 위치를 결정하는데 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 신수현, 국민정, 이규성 (2004) 한반도의 다중시기 NDVI를 이용한 가뭄지수 적용성 분석, GIS/RS 공동 춘계학술 발표회, pp. 203~208.
- 양인태, 한성만, 박재국, (2002) 원격탐사 영상의 분류정확도 향상을 위한 인공 지능형 시스템의 적용, 한국측량학회지, 제 20권 제 1호, pp. 21~32.
- 윤홍식, 조재명, 안영준, (2002) 인공위성 영상을 이용한 남한강 유역의 토지피복 변화량 검출, 한국측량학회지, 제 20권 제 2호, pp. 41~50.
- 한갑수 (2003), GIS와 원격탐사를 이용한 경관유형의 특성분석에 관한 연구. 한국지리정보학회지 6권 3호 pp.117~126.
- Peters A. J. et al., (2002), Drought Monitoring with NDVI Based Standardized Vegetation Index, PE&RS 69(8), pp. 899~906.
- Fung, T. and E. LeDrew(1998), "The Determination of Optimal Threshold Levels for Change Detection Using Various Accuracy Indices", PE & RS, Vol.54, No.10, pp. 1449~1454.
- Green, K.D. Kempka, and L. Lackey(1994), "Using Remote Sensing to Detect and Monitor Land-Cover and Land-Use Change", PE & RS, Vol.60, No.3, pp. 331~337.
- ESRI (1997), "User's Guide, Cell-based Modeling with GRID", Environmental Systems Research Institute, Redlands.