

# RS와 GIS를 이용한 도로주변의 토지이용분석

## Land Use Analysis of Road Circumstance using Remote Sensing and GIS

최석근<sup>1)</sup> · 황의진<sup>2)</sup> · 박경식<sup>3)</sup>

Choi, Seok Keun · Hwang, Eui Jin · Park, Kyeong Sik

### Abstract

In this study we did the monitor the change of a urban land coverage to forecast and to deal with various city problems according to urban development. The amount of change of a land coverage used the landsat satellite image and was calculated by analyzing the situation and the distribution aspect of land cover of the road circumstance by time series. We interpreted two images which are taken picture different time and calculated the amount of the area change through integration of the spatial analysis technique of remote sensing and GIS for this study. We could create the development model of the urban area by continuous analysis of satellite and geographic data.

Keywords : GIS, remote sensing, satellite image, time series, spatial analysis

### 초 록

본 연구는 도시 발전에 따른 여러 가지 도시문제들을 예측하고 대처하기 위해 도시내 토지형태가 어떻게 변화되었는지 모니터링하였다. 충주시가 촬영된 Landsat 위성영상을 대상으로 도로주변의 피복상태를 분석하고, 그 분포양상을 시계열로 비교분석하여 변화량을 계산하였다. 이를 위해 원격탐사의 공간분석기술과 GIS기술을 통합하여, 시각적으로 두 시기의 영상을 판독하고 정량적 면적변화를 추출하였다. 그 결과 위성자료와 지형공간정보들의 지속적인 분석과 통계분석을 통하여 도심지역의 발전 모형을 생성 할 수 있었다.

핵심어 : 지리정보시스템, 원격탐사, 위성영상, 시계열, 공간분석

## 1. 서 론

위성영상을 이용한 도심 분석은 인구의 이동패턴 및 산업 발전 모형을 계획하는데 많이 이용되고 있다. 이러한 문제는 이전의 재래식방법으로 감시·분석하는데 한계가 있기 때문에 수치표고모델이나(Richards, 1986 ; Colby, 2001), 토지이용도 및 토지피복도에 관련된 주제도를 저렴한 비용으로 생성할 수 있어 수치지도를 제작하거나 원격탐사기술과 GIS를 결합하려는 시도가 많이 행하여지고 있다(김진광 외, 2006 ; Jensen 외, 1996).

현재 원격탐사 기술은 해상도가 향상되고 있고, 다중분

광밴드(Multi-spectral Band)의 영상자료를 보다 쉽게 얻을 수 있어 많은 발전이 되고 있다(김형진 외, 2005). 위성영상이 일정한 시차(Time Interval)를 두고 반복적으로 제공된다는 사실을 고려한다면, 방대한 대용량 자료처리를 위하여 새로운 차원의 차세대 원격탐사자료 처리 및 최적화를 위한 연구 개발이 필수적인 문제라는 것을 알 수 있다(양인태 외, 2003; Ranson, 1984).

이러한 기술들의 발전으로 도시지역에 대한 제반 문제의 해결을 위한 GIS의 이용은 새로운 개념의 시스템이 등장한 이후 약 30년이 경과되고 있다. 그러나 그 대부분의 시도는 도시지역에 대한 데이터베이스 구축이라고 하

1) 정희원 · 충북대학교 공과대학 토목공학과 부교수(E-mail:skchoi@chungbuk.ac.kr)

2) 연결저자 · 정희원 · 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:qkqh0110@chungju.ac.kr)

3) 정희원 · 인하공업전문대학 항공지형정보시스템과 조교수(E-mail:pks@inhac.ac.kr)

는 독자적인 측면에서의 접근이 그 주류를 차지하고 있다. 마찬가지로 인공위성 데이터에 의한 도시문제에의 적용도 독자적인 사용목적에 중점을 두어왔다.

따라서 본 연구는 도심 현상들이 어떻게 변화하며, 토지형태에 대한 증감현상이 어떻게 이루어지는지를 확인하고, 분석·검토하여 도시의 발전방향을 추정하고, 이로 인해 발생되어지는 도시문제들을 예측·검토하고자 한다. 이를 위해 충주시 전역을 대상으로 도로 주변의 토지 피복형태에 대한 분포 양상을 시계열로 비교분석하여 변화량을 추정하였으며, 이를 바탕으로 농촌지역과 도시지역의 변화현상을 비교하였다.

## 2. 자료 전처리

### 2.1 정사투영영상제작

본 연구에 사용된 영상은 Landsat 5호의 TM영상으로 1995년 10월과 2002년 11월에 각각 촬영된 것 중 필요한 도심지역에 대한 서브영상이다.

위성영상을 이용하여 토지변화를 정량적으로 추출하기 위한 기하보정을 수행하였으며, 사용된 수치지도는 충주 지역의 1:25,000축척 14도엽이고, 각각의 수치지도는 세계측지계좌표체제로 변환하였다. 수치지도와 영상은 그림 3과 같다.

기하보정을 하기 위해서는 영상에서 뚜렷하게 구분되고 시간에 따라 변화가 심하지 않은 지역을 각각 지도와 위성영상에서 선택하여 지상기준점으로 활용해야 한다.

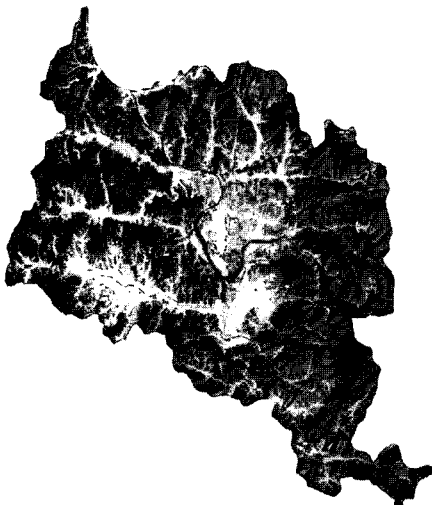


그림 1. 1995년 Landsat-5 영상



그림 2. 2002년 Landsat 영상

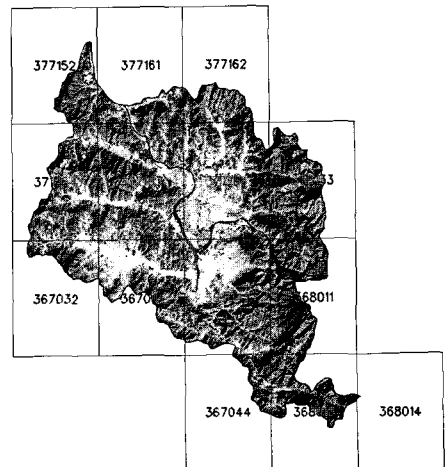


그림 3. 대상지역의 영상과 수치지도

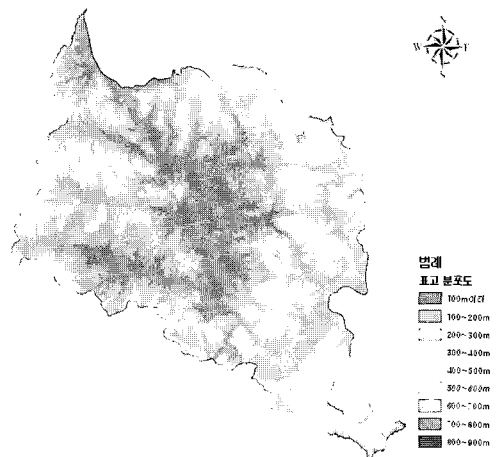


그림 4. 대상지역의 DEM

표 1. 투영매개변수

Horizontal	Projection Type	Transverse Mercator		
	Spheroid Name	WGS84		
	Datum Name	ITRF97		
	원점축척계수 (Scale factor)	1.0000		
	투영원점 (중부원점)	위도	38° 00'00.000"N	
		경도	127° 00'10.405"E	
False easting		200,000m		
False northing		500,000m		
Units	meter			
Vertical	Spheroid Name	WGS84		
	Datum Name	ITRF97		
	Units	meter		
	Type	height		

본 연구에서는 1:25,000 수치지도로부터 도로의 교차점이나 호수의 제방, 따로 떨어져 있는 건물과 같은 지역 총 18점을 지상기준점으로 선정하였다. 대상지역에 대한 DEM 영상은 그림 4와 같다.

그러나 지형이 평탄한 지역은 큰 오차가 발생하지 않지만 본 대상지역과 같이 산지가 많아 지형의 기복이 심한 경우에는 GCP에 의한 기하보정만으로는 소요의 정확도를 기대할 수 없다. 따라서, DEM을 이용하여 정사투영영상을 제작하였다.

표 1은 정사투영영상을 제작하기 위해 설정한 투영정보이다.

DEM 역시 1:25,000축척의 수치지도로부터 취득하였다. 수치지도로부터 기준점, 표고점 및 등고선 레이어만을 따로 추출하여 불규칙삼각망(TIN)을 형성하고 다시 격자형 DEM으로 변환하였다. 격자 간격은 영상의 2화소 이내의 크기에 해당되어야 하므로 Landsat 위성영상의 화소크기 30m를 설정하였다. 그림 4는 1:25,000수치지도로부터 생성한 수치표고모형이다.

정사투영영상 제작시 영상재배열을 보간방법으로는 최근린보간법을 사용하였다.

정사투영영상을 제작한 결과  $x=12.45$ ,  $y=13.0m$ 의 RMSE를 나타냈으며, 이 결과는 Landsat TM 영상의 통상적 허용오차 0.5화소(약 15m)를 만족하였다.

## 2.2 토지피복분류

토지피복분류는 위성영상의 개개 화소들이 지질학적인 또는 지표면 피복형태 같은 지리학적인 실측치와 상관식이 성립됨을 의미한다(Green 외, 1994). 즉, 정해진 수의 분류항목이나 범주로 영상의 화소들을 나열하는 처리라 할 수 있다. 영상으로부터 정보를 분류하기 위해서는 원영상의 정보들과 탐사지역 내에서 나타난 기지 목표물의 분광반사 특성을 비교하여 화소 값에 “물” 또는 “토지”와 같은 지상사상을 상관시켜야한다. 위성영상의 정보분류는 다음과 같은 방정식을 사용하여 표현할 수 있다.

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

여기서,  $D_{ij}$  = 변화영상의 화소값,

$BV_{ij}(1)$  = 시기1의 분류영상 화소값,

$BV_{ij}(2)$  = 시기2의 분류영상 화소값,

$i$  = line의 수,

$j$  = pixel의 수 이다.

토지피복의 분류체계는 목적에 따라 다양하게 선정할 수 있다. 본 연구의 경우는 도심주변의 토지피복을 참고하여 도시발달에 따른 변화량을 산출하기 때문에 물, 산림, 인공구조물, 나지, 농경지, 초지 등으로 그 분류항목을 선정하였다.

## 3. 분석 및 고찰

### 3.1 연구대상지역 현황

본 연구대상지역은 우리나라의 중앙부와 동북부에 위치하며, 위도상으로 북위 37도 16분~36도 18분을 차지한 중위도 지역이다. 충주시 행정구역전역을 선정하였다.

본 연구에서는 위성영상 자료에서 분류대상 인자들을 이용하여 분석 자료를 만들고 이 영상자료에 수치지도로부터 추출한 지상기준점과 DEM자료를 중첩하여 기복변위가 제거된 정사투영영상을 제작하였다. 완성된 정사투영영상으로부터 고도와 경사에 따른 모델을 완성하여 주변지역과의 도로연관성을 인지함으로써 도로를 중심으로 이루어진 토지의 피복형태를 분석하였다. 그림 5는 충주시 전 지역의 토지피복도이고, 그림 6은 충주시지역을 관통하는 간선도로를 중심으로 연구 수행한 대상범위이다.



그림 5. 충주시 RGB 영상의 도로현황

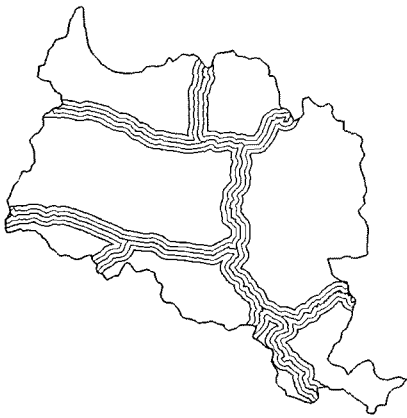


그림 6. 도로주변 범위선정

### 3.2 토지피복분류

토지피복에 대한 감독분류를 수행하기 위하여 식별 가능한 토지피복을 6가지 항목인 물, 산림, 인공구조물, 나대지, 농경지, 초지등으로 분류하여 표본 추출을 실시하였다. 이 때 유사한 분광특성만을 가진 화소로 자동표본 추출을 해주는 Region Growing 기법을 이용하여 트레이닝 표본을 선정하였으며, 분류항목간 계산값을 추출하였다. 이후 최대우도 분류 결정규칙을 이용하여 토지피복분류를 실시하였다.

분류정확도는 연도별 분류영상에 200개의 랜덤 포인트를 발생시켜 분류결과 영상과 각각의 랜덤 포인트를 모니터 상에 출력하고 축척 1:25,000 수치지도를 참고하여 평가하였다. 전체 정확도는 1995년은 94.54%와 2004년은 96.09%로 나타났다. 표 2는 충주시전역에 이르는 지역을 감독분류를 통하여 6가지의 피복형태로 분석한 것이다.

표 2. 충주시 토지피복분류별 면적

항 목	픽 셀 수	면적(m <sup>2</sup> )	비율
물	49,715	44,743,500	5%
산 립	724,197	651,777,300	66%
인공구조물	47,173	42,455,700	4%
나 대 지	59,522	53,569,800	5%
농 경 지	120,898	108,808,200	11%
초 지	91,636	82,472,400	8%
합 계	1,093,141	983,826,900	100%

표 3. 1995년과 2004년의 면적

분류항목	95년 영상		04년 영상	
	면적(km <sup>2</sup> )	비율(%)	면적(km <sup>2</sup> )	비율(%)
물	35.6	3.6	39.4	4.0
산림	667.5	67.8	655.6	66.6
인공구조물	17.2	1.7	42.2	4.3
나대지	14.6	1.5	53.5	5.4
농경지	145.3	14.8	109.5	11.1
초지	103.6	10.5	83.6	8.5
계	983.8	100.0	983.8	100.0

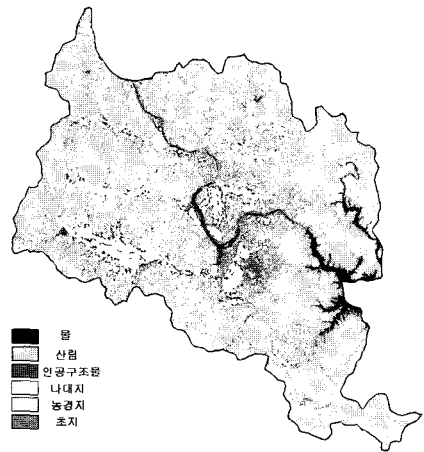


그림 7. 토지피복분류영상(1995)

표 3은 촬영된 영상으로부터 추출한 분류항목별 면적을 비교한 것이다.

그림 7과 8은 1995년 2004년의 영상을 분류한 것으로 연도별 수치를 비교하면 산림 및 농지의 감소에 비해서 인공구조물의 증가가 이루어진 것으로 보아 전체적인 도시화 과정이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

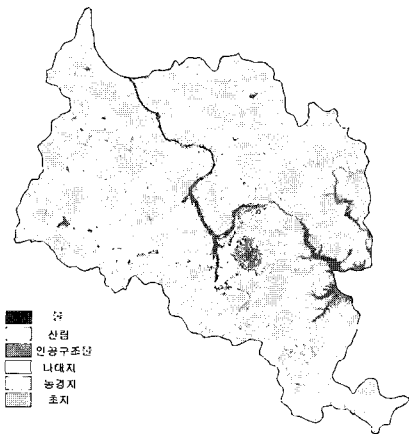


그림 8. 토지피복분류영상(2004)

### 3.3 분류별 토지피복변화율(1995)

도로주변의 토지피복형태를 1995년의 도로를 중심으로 500m, 1km로 표현한 것으로 도로를 중심으로 어떠한 피

복형태를 가지고 있는지를 분석한 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 500m에서 1km로 대상지역으로 갈 때 초지 및 인공구조물에 증가되어짐을 그림 9 및 10과 같이 알 수가 있다.

1995년의 도로주변의 수치적 토지피복분석 결과는 표 4와 같이 나타났고, 도로주변의 토지피복이 500m을 하였을 경우 전체면적에 11.7%를 차지하며, 2km으로 분석 하였을 때는 전체면적의 22.6%을 차지한다. 그중 도로를 중심으로 인공구조물의 전체 면적의 36.3%와 54.5%으로 도로주변에 거의 분포됨을 알 수 있으며, 초지 및 나대지의 분포율이 500m을 하였을 때에는 낮은 분포를 보인다.

1km을 분석한 값에는 33.8%와 46.8%로 나타내어지는 것으로 이곳의 토지피복분류로 분석한 결과 향후에 이루어지는 발전이 도로주변의 거리를 많이 두지 않는 곳으로 이루어질것임을 나타내고 있다.

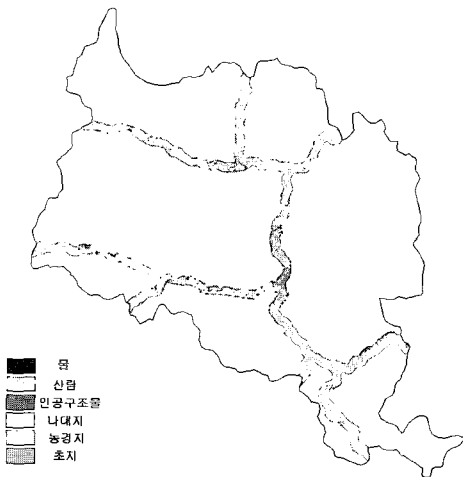


그림 9. 1995년 500m의 토지피복분류

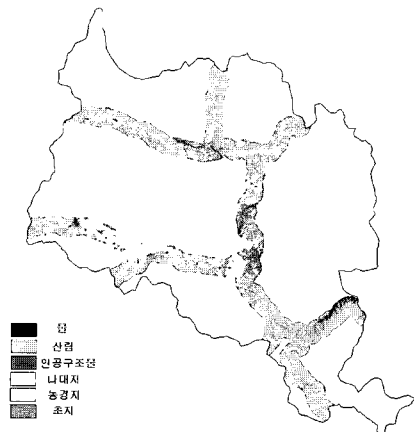


그림 10. 1995년 1km의 토지피복분류

표 4. 1995년의 구역별 면적비율비교표

	500m(m <sup>2</sup> )	1000m(m <sup>2</sup> )	총면적(m <sup>2</sup> )	1000비율	2000비율	증가율
물	2,513,700	5,942,700	35,600,000	7.1	16.7	9.6
산림	40,158,900	96,905,700	667,500,000	6.0	14.5	8.5
인공구조물	6,248,700	9,373,500	17,200,000	36.3	54.5	18.2
나대지	3,264,300	4,933,800	14,600,000	22.4	33.8	11.4
농경지	34,626,600	56,972,700	145,300,000	23.8	39.2	15.4
초지	27,922,500	48,456,900	103,600,000	27.0	46.8	19.8
합 계	114,734,700	222,585,300	983,800,000	11.7	22.6	11.0

1995년 비퍼면적비율

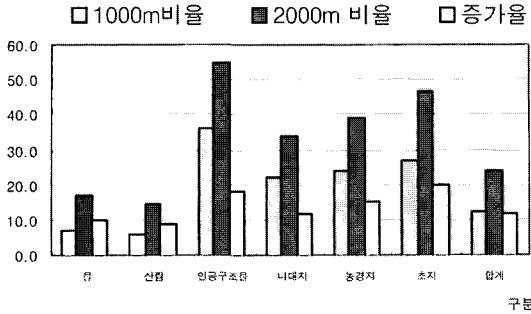


그림 11. 1995년의 구역별 면적비율비교

2004년 비퍼면적비율

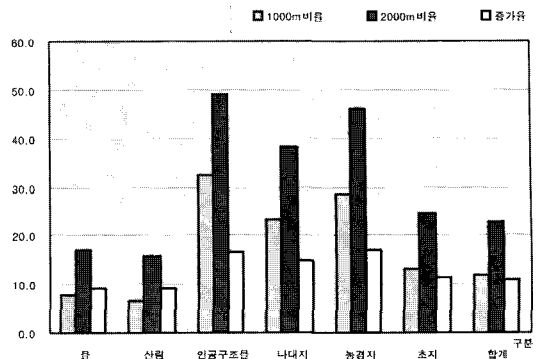


그림 14. 2004년의 구역별 면적비율비교

### 3.4 분류별 토지피복변화율

그림 12 및 13은 2004년도의 500m 및 1km에 대한 토지피복분류를 나타낸 결과이다.

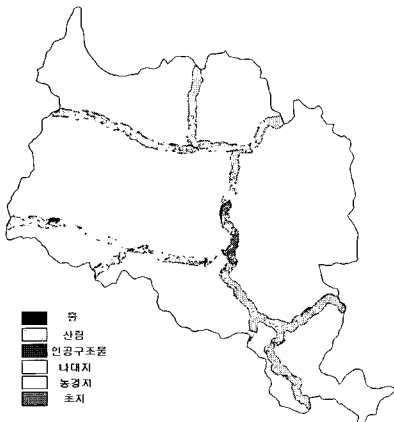


그림 12. 2004년 500m의 토지피복분류

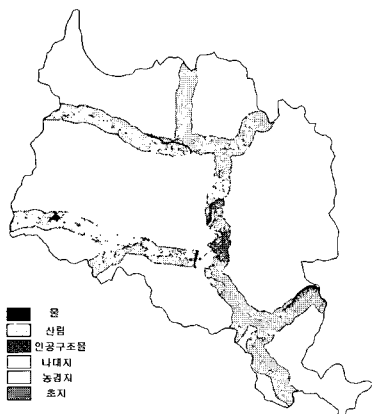


그림 13. 2004년 1km의 토지피복분류

그림 14는 2004년의 토지피복분류를 주변지역의 경계 범위에 따라 분류한 것으로 표 5의 값을 비교하면 2004년의 구분 형태는 500m의 주변지역에 인공구조물 32.2%와 나대지 23.4%, 농경지 28.7%로 도로주변의 지역이 평지의 형태로서 나대지 지역의 증가 및 농경지로의 발전모형을 알 수가 있다.

### 3.4 분류별 토지피복변화율

표 6은 1995년과 2004년의 인공구조물의 면적의 비교한 것으로 1995년의 인공구조물의 넓이는 6,248,700m<sup>2</sup>의로 전체 인공구조물의 비교율은 36%였으나 2004년의 인공구조물의 면적은 13,604,400m<sup>2</sup>으로 전체인공구조물 면적의 32%를 차지하고 있다.

도시화의 주요 표본인 구조물의 토지피복을 비교하여 볼 때 면적은 2배정도의 확산이 이루어져 인구가 증가함을 알 수 있지만 도로주변 500m의 비율은 줄어든 것으로 나타나 기존의 도로주변의 생활 패턴에서 교통수단의 발달로 조금은 소음이나 위험도가 적은 산림쪽으로 이동하였음을 유추할 수 있다. 그것은 1km의 범위내에 토지피복분류를 분석하면 알 수가 있다.

표 7은 도로 1km내의 토지피복형태를 시계열로 분석한 것으로 인공구조물의 비율은 500m와 같은 정도의 변화율을 보이고 있다.

그러나 전체적인 면적으로 보았을 때는 500m의 지역 보다는 더 많은 량의 면적이 나타나는 것을 알 수가 있다. 또한 계속적인 발전의 양상을 알 수 있는 나대지의 면적은 점차로 늘어나는 것으로 나타나고 있다. 전체적인 추세로는 초지와 같은 지역의 면적을 점차적으로 줄어 들고

표 5. 2004년의 구역별 면적비율비교표

	1000m(m <sup>2</sup> )	2000m(m <sup>2</sup> )	총면적(m <sup>2</sup> )	1000비율	2000비율	증가율
물	3,061,800	6,754,500	39,400,000	7.8	17.1	9.4
산림	43,167,600	104,108,400	655,600,000	6.6	15.9	9.3
인공구조물	13,604,400	20,675,700	42,200,000	32.2	49.0	16.8
나대지	12,525,300	20,400,300	53,500,000	23.4	38.1	14.7
농경지	31,389,300	50,130,000	109,500,000	28.7	45.8	17.1
초지	10,986,300	20,516,400	83,600,000	13.1	24.5	11.4
합 계	114,734,700	222,585,300	983,800,000	11.7	22.6	11.0

표 6. 시계열 구역면적별 비율(500m)

	1995년면적(m <sup>2</sup> )	비율	2004년면적(m <sup>2</sup> )	비율
물	2,513,700	7	3,061,800	8
산림	40,158,900	6	43,167,600	7
인공 구조물	6,248,700	36	13,604,400	32
나대지	3,264,300	22	12,525,300	23
농경지	34,626,600	24	31,389,300	29
초지	7,922,500	27	10,986,300	13
합계	114,734,700	12	114,734,700	12

표 7. 시계열 구역면적별 비율(1000m)

	1995년면적 (m <sup>2</sup> )	비율	2004년면적(m <sup>2</sup> )	비율
물	5,942,700	17	6,754,500	17
산림	96,905,700	15	104,108,400	16
인공 구조물	9,373,500	54	20,675,700	50
나대지	4,933,800	34	20,400,300	38
농경지	56,972,700	39	50,130,000	46
초지	48,456,900	47	20,516,400	25
합 계	222,585,300	24	222,585,300	24

#### 4. 결 론

본 연구는 도시가 형성되고 발전하는데 도로의 중요성 및 그에 따른 발전 패턴을 분석하기 위하여 위성영상과 GIS를 도입하여 피복의 분류 및 구분 항목의 변화량을 분석함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 1995년의 전체 인공구조물의 비교율은 36%였으나, 2004년의 인공구조물의 면적은 13,604,400m<sup>2</sup>로 전체인공구조물면적의 32%를 차지하고 있어 도로주변의 생활에서 산림지역으로 개발되고 있음을 알 수 있었다.

2. 토지피복형태를 시계열로 분석한 결과 인공구조물의 비율은 500m와 같은 정도의 변화율을 나타냈고, 초지의 면적은 점차적으로 줄어들고, 개발 중인 나대지와 인공구조물의 면적이 늘어나면서 도로형태는 평지부를 사용하지 않고, 산악지역을 이용하여 건설하고 있음을 알 수 있었다.

3. 도로주변의 이용형태를 분석한 결과 도로는 도심의 형성에 주요한 요소이며, 촌락의 형태는 도로 선형에 따라 발전을 하고 있는 것으로 나타났다. 또한 도시 발전을 유도하기 위해서는 교통이 뒷받침되어야함을 알 수 있었고, 도시내의 도로형태는 평지부의 토지를 사용하지 않고, 대부분 산악지역의 토지를 이용하여 건설하고 있음을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

- 김진광, 이호남, 장세진, 채옥삼 (2006), 토지피복지도 제작을 위한 초분광 영상 EO-1 Hyperion의 최적밴드 선택기법 연구, 한국측량학회지, 제 24권, 제 3호, pp. 289-298.
- 김형진, 박종선, 최승필 (2005), 분광반사특성을 이용한 식생피복율과 분리평가의 효용성, 한국측량학회지, 제 23권, 제 4호, pp. 393-400.
- 양인태, 최승필 (2003), Landsat TM 영상을 이용한 지표변화정

있으며, 개발 중인 나대지와 인공구조물의 면적이 늘어나는 것을 알 수가 있다.

이러한 자료들을 보면 도로는 도심의 형성에 주요한 요소이며, 촌락의 형태는 도로의 선형에 따라 발전을 하고 있는 것으로 나타나 도시 발전을 유도하기 위해서는 교통이 뒷받침되어야함을 알 수 있다. 주거형태가 평지부에 건설되면 도시와 도시와의 도로형태는 평지부의 토지를 사용하지 않고, 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 있었다.

보 추출, 한국측량학회지, 제 21권, 제 3호, pp. 261-268.  
Colby, J. D. (2001), Topographic Normalization in Rugged Terrain, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 57, No. 5, pp. 531-537.  
Green, K., Kempka, D. and Lackey L. (1994), Using Remote Sensing to Detect and Monitor Land-Cover and Land-Use Change, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 60, No. 3, pp. 331-337.

Jensen J. R. (1996), *Introductory Digital Image Processing* Edition, Prentice Hall, pp. 240-243  
Ranson, K. Smith, J. and Lin, T. (1980), The Lambertian Assumption and Landsat Data, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 46, No. 9, pp. 1183-1189.  
Richards J. A. (1986), *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 40-42.

---

(접수일 2006. 12. 23, 심사일 2007. 4. 2, 심사완료일 2007. 4. 12)