

# Landsat영상과 DEM을 이용한 청주북부지역의 토지이용 변화특성

## Characteristics of Land-use Changes Northern Cheongju Region using Landsat Images and DEM

나상일\*, 박종화\*\*

Sang Il Na, Jong Hwa Park

### Abstract

Land-use in Cheongju region is changing rapidly because of the increased interactions of human activities with the environment as population increases. We used multi-temporal Landsat images (1991 and 2000) and DEM data in a post-classification analysis with GIS to map land-use distribution and to analyse factors influencing the land-use changes for Cheongju City.

Land-use statistics revealed that substantial land-use changes have taken place and that the built-up areas have expanded by about 17.57km<sup>2</sup>(11.47%) over the study period (1991–2000). Agricultural lands and forests have decreased substantially while urban and barren lands have been on the increase. Rapid economic developments together with the increasing population were noted to be the major factors influencing rapid land use changes.

Urban expansion has replaced urban and barren lands, thereby affecting habitat quality and leading to serious environmental degradation.

**Key words:** Land-use, DEM(Digital Elevation Model), Landsat

### 1. 서 론

청주시의 경우 도시규모의 확대는 매우 빠른 속도로 진행되고 있다. 도시의 팽창은 도시의 열 환경문제는 물론 강우패턴과 유출률 변화를 가져와 불안정한 대기환경을 만들어 국지성폭우와 낙 뇌 등 기상환경변화를 야기하기도 한다. 다변화하는 청주시주변 환경변화를 조사하는데 있어 가장 유용하게 활용되고 있는 방법으로 원격탐사기법이 있다. Landsat 등 위성으로부터 얻는 영상자료는 정기적이고 반복적으로 자료를 취득하기 때문에 특정지역의 토지피복 및 토지이용 변화분석에 가장 활용성이 높은 것 중 하나이다. 특히 위성영상의 토지피복 분류와 토지이용 구분에의 활용은 다중분광밴드 영상의 특징을 적용할 수 있다는 점에서 다양하게 활용되고 있다(Homer et al., 2004).

또한 높은 공간해상도를 갖는 위성영상을 이용하여 지형을 분석하는 방법 중 수치고도모델(Digital Elevation Model; 이후 DEM)을 작성하여 활용하는 것이다. 앞으로 도시화에 따른 토지피복형태의 변화 또는 환경변화를 파악하고 훼손되어 가는 환경의 복원 등에 활용될 수 있는 기법 마련이 필요하며 위성 데이터의 다양한 활용방안을 모색해 갈 필요성이 있다.

\* 정회원 · 선도소프트 U-전략사업단 · E-mail : sangil917@hanmail.net

\*\* 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : jhpak7@chungbuk.ac.kr

본 연구에서는 Landsat 위성영상을 이용하여 청주지역의 토지피복 변화량을 파악하고, DEM 자료와 투영법에 의한 이미지 제작 기법을 이용하여 지난 10년 동안 토지피복과 토지이용이 어떠한 변화를 가져왔는지를 분석하고 검토하였다.

## 2. 연구지역과 사용 데이터

### 2.1 연구지역

연구대상 지역은 그림 1과 같이 길이 39.07km, 유역면적 287.32km<sup>2</sup>의 미호천 유역 중 청주시와 청원군의 경계를 따라 진천군, 괴산군의 일부를 포함하는 22.5km×27.7km 영역이다. 이 지역은 청주시와 청원군의 변화를 잘 알아볼 수 있는 유역으로 도심과 산림 및 농경지가 적절하게 분포되어 토지이용형태와 토지피복변화 파악이 용이한 지역이다.

### 2.2 사용 데이터

본 연구에서 사용한 데이터는 광역적인 환경조사에 유용한 위성영상과 1/25,000의 DEM를 이용하였다. 청주지역의 토지피복변화 조사에 사용한 데이터는 표 1과 같이 공간해상도 30m인 Landsat TM과 Landsat ETM+ 영상 및 DEM이다.

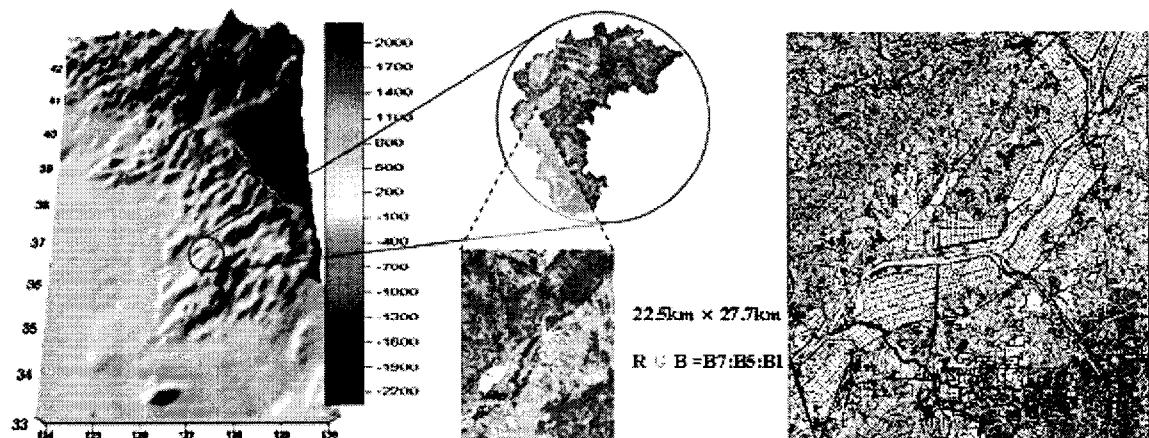


그림 1 연구대상지역의 위치와 Landsat TM영상 및 DEM데이터

표 1 사용 영상 데이터와 DEM 데이터

Landsat 영상				
영상위치	115/34		115/35	
사용 센서	Landsat 5 TM	Landsat 7 ETM+	Landsat 5 TM	Landsat 7 ETM+
관측날짜	91.08.28	00.05.08	92.05.02	00.05.08
DEM (Digital Elevation Model) 데이터				
도면크기	1/25,000			
도번 지역	367024 진천	367033 증평	367062 청주	367071 내수

### 3. 위성영상처리

#### 3.1 전처리작업

토지피복분류를 위하여 위성영상처리는 기하보정(geometric correction), 영상집성(mosaic) 및 해당지역의 영상추출(subset), 복사보정 등의 전처리를 먼저 수행하였다. 여기서 기하보정은 영상처리에 있어 각 영상에 따라 약간씩 차이를 가지고 있는 공간오차를 보정하고 공간좌표를 설정하기 위해 국립지리원에서 제작한 1/25,000 수치지형도를 단순화시킨 후 TM좌표에서 국제규격의 UTM좌표(UTM/WGS-84)로 변환하여 image to image 방법으로 수행하였다. 이 때 각 GCP의 RMSE 확인이 가능하기 때문에 RMSE가 최대인 지점부터 위치를 조절하거나 제거하여 평균 RMSE가 0.5화소(15m)이하가 되도록 조정하고, 원 영상을 기준좌표계의 위치로 변환하여 재배열(re-sampling) 방법으로 최근린내삽법(nearest neighbor)을 이용하여 30m 간격으로 재배열 하였다. 영상집성은 2000년도 영상의 경우 두 영상의 촬영날짜가 동일하여 중첩부분의 평균 화소값을 이용하여 mosaic한 후 대상지역의 데이터를 추출하였다. 1990년대의 경우는 두 영상의 촬영시기가 약 4개월 차이가 있어 토지이용형태 등에 약간의 차이를 나타낼 수 있다. 따라서 원활한 비교를 위하여 2000년도 5월의 화소값을 중첩하여 mosaic한 후 해석범위에 맞추어 대상지역의 데이터를 추출하였다.

#### 3.2 토지피복분류

토지피복분류 항목 설정은 미국지질조사원(USGS)의 1단계 분류항목과 우리나라 환경부의 1단위 분류체계를 참고하고 대상지역이 내륙지역인 점을 감안하여 습지를 제외한 농경지, 나지, 시가지, 초지, 산림, 수역의 6개 항목으로 설정하였다. 토지이용과 피복형태분류기법은 Richards와 Jia(1999)이 제시한 무감독분류(unsupervised classification)와 감독분류(supervised classification)가 혼용된 방법을 사용하였다. 무감독분류는 ISODATA기법을 이용하여 군집수 100개, 반복횟수 50회, 수렴도 95%를 기준으로 1차 분류하고, 오분류된 지역은 감독분류를 실시하였다. 무감독 분류된 지역은 대부분 산림과 도심지이다. 오분류된 지역은 1990년대 진행된 1/25,000 수치지형도를 참조자료로 영상전체에 고른 분포를 갖도록 10~30개의 표본집단(Training Data)을 선정하여 최대 우도분류법(maximum likelihood)으로 감독분류를 실시하였다. 이렇게 얻어진 데이터는 최종적으로 분류결과의 노이즈를 줄이기 위해 fuzzy 분류와 3×3 Majority 필터링(filtering) 작업을 수행하여 노이즈를 최소화하였다.

#### 3.3 수치표고모델(DEM) 작성

1/25,000 수치지형도를 UTM좌표(UTM/WGS-84)로 변환한 후 모델링을 통해 기본 수치표고모델(DEM)을 제작하고, 전처리된 위성영상을 벡터 모델로 전환하였다. 여기서, 위성영상은 화소단위의 래스터 모델이기 때문에 수치지형도의 공간단위 벡터 모델과 매칭(matching)되지 않기 때문이다. 전환 후 기본 수치표고모델(DEM)의 각 좌표에 대응하는 위성영상을 중첩하여 위성영상 수치표고모델을 제작하였다.

### 4. 결과 및 고찰

#### 4.1 토지이용형태 분류

Landsat 위성영상자료를 Histogram에 복사보정을 실시한 후(그림 2) 분석한 1990년대와 2000

년의 청주북부지역의 토지이용분류 결과를 6개의 피복형태로 구분하여 나타내면 그림3과 같다. 변화가 많은 지역은 청주시와 오창 주변 지역이 가장 두드러졌으며, 다음으로 공항과 증평읍 주변으로 나타났다. 이에 비해 미호천의 북서쪽과 남동쪽에 위치한 산림지역 변화는 높은 지역의 변화가 적고 낮은 지역의 변화는 약간 큰 것으로 나타났다. 또한 미호천주변의 평야는 많은 훼손이 없이 농경지로 있는 곳이 많은 것으로 나타났다. 이러한 경향은 표 2와 같이 토지피복을 6개 등급으로 분류하여 10년 사이의 변동특성을 조사한 결과, 시가지가  $7.2\text{km}^2$ , 나지가  $4.7\text{km}^2$  증가한 반면 농경지는  $5.36\text{km}^2$ , 산림은  $4.8\text{km}^2$  감소하였다. 10년 사이에 진행된 식생피복의 변화를 나타내면 그림 4와 같다. 이 결과는 최근 들어 청주시의 인구증가가 빠르게 진행되어 2005년 현재 60만을 넘는 것을 잘 반영한 결과로 남서쪽의 청주시와 도심부근의 농경지 및 초지 지역이 시가지로 바뀌는 도시화 확산현상이 빠르게 진행되는 것을 반영한 것으로 해석된다.

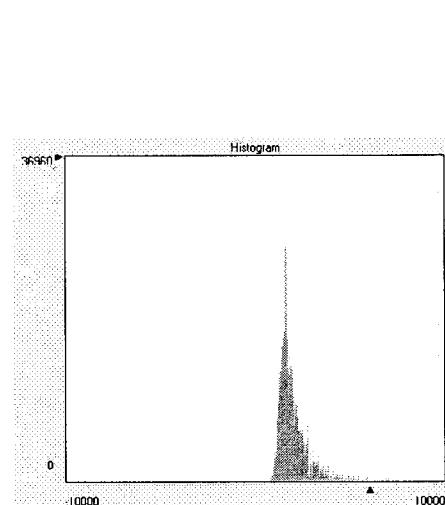


그림 2 Histogram을 이용한 복사보정

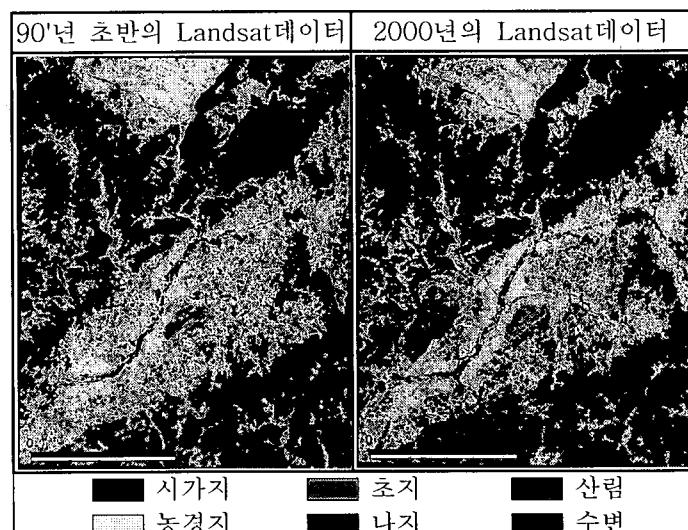


그림 3 Landsat영상을 이용한 토지피복분류

표 2 1990년 초반과 2000의 토지피복 및 토지이용의 변화

연도별	분류	농경지	나지	시가지	초지	산림	수변	전체
1990년 초반		170.31	24.64	33.73	65.2	318.1	12.16	624.14
(%)		(27.29)	(3.95)	(5.40)	(10.45)	(50.97)	(1.95)	(100.00)
2000년		136.89	51.31	78.63	60.67	288.16	8.48	624.14
(%)		(21.93)	(8.22)	(12.60)	(9.72)	(46.17)	(1.36)	(100.00)
토지피복변화(%)		-5.36	+4.27	+7.20	-0.73	-4.80	-0.59	0

#### 4.2 토지피복분류 결과 평가

분류된 토지피복분포의 정확도 검사는 수치지형도를 이용하여 위성영상에서 추출한 분류결과와 참조자료에서 추출한 기준자료를 비교하는 방법으로 실시하였다. 기하보정을 거친 수치지형도에서 지형도만을 추출한 후 영상과 비교하여 비교적 구분이 명확한 검사점을 선정하였다. 분류항목당 연도별로 50~100점의 검사점을 선정하여 분류 결과와 비교하여 산출한 연대별 토지피복분류 정확도 검사 결과 전체의 정확도(overall accuracy)는 1990년이 76.44%, 2000년이 80.84%를 나타났다. 따라서 ETM영상을 이용한 2000년의 토지피복분류 결과가 TM영상을 이용한 1990년의

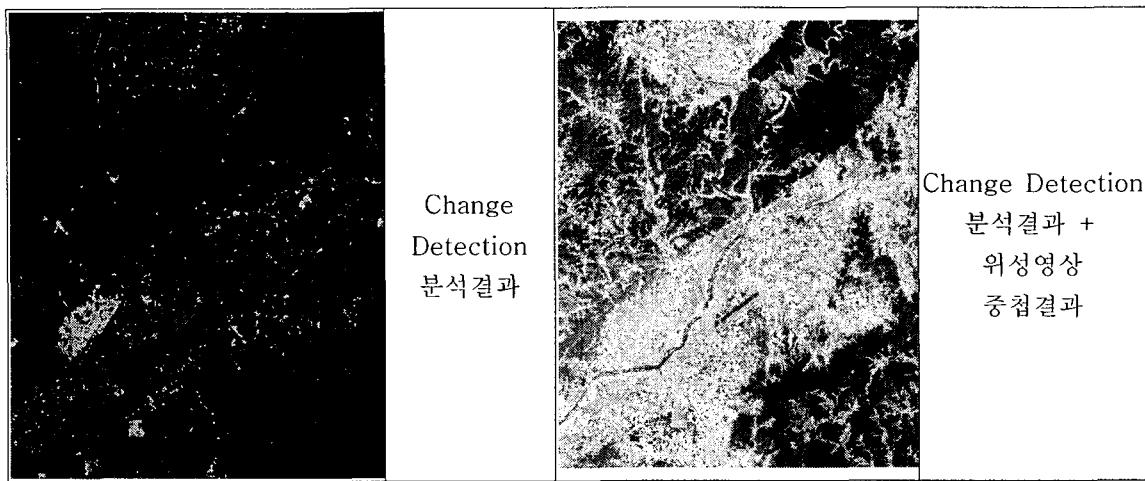


그림 4 1990년대와 2000년의 청주북부지역의 토지피복변화

토지피복분류 결과보다 높은 정확도를 나타내어 ETM영상이 TM영상보다 높은 정도로 분류됨을 확인 할 수 있었다.

클래스별 평균 사용자 정확도(user's accuracy)는 표 3과 같이 농경지 68.28%, 나지 61.32%, 시가지 83.62%, 초지 69.67%, 산림 90.48%, 수역 94.40%로써 수역과 산림 지역의 정확도가 높았고 다음이 시가지, 초지, 농경지, 나지 순으로 나타났다. 이 결과는 분광특성이 상대적으로 일정한 수역과 타 항목에 비하여 상대적으로 넓은 면적을 차지하는 산림이 높은 정확도를 보였다. 또한 계절적인 변화가 적을수록 정확도가 높은 것으로 나타났다.

표 3 위성영상 분류 정확도 평가

분류 정확도		농경지	나지	시가지	초지	산림	수변	전체 정확도
생산자 정확도 (%)	1999	83.33	40.32	88.41	34.78	99.06	96.97	
	2000	75.29	57.69	91.36	39.29	97.17	100.00	
	평균	79.31	49.01	89.89	37.03	98.11	98.48	
사용자 정확도 (%)	1999	55.56	75.76	85.92	70.59	84.00	91.43	
	2000	81.01	46.88	81.32	68.75	96.96	97.37	
	평균	68.28	61.32	83.62	69.67	90.48	94.40	
Kappa 값	1999	0.46	0.72	0.83	0.65	0.79	0.90	0.71
	2000	0.77	0.40	0.77	0.64	0.90	0.97	0.77
	평균	0.61	0.56	0.80	0.65	0.84	0.94	0.74

#### 4.3 수치표고모델(DEM) 작성

6개의 피복형태로 구분된 영상자료와 위성영상의 수치표고모델 및 기본 수치표고모델을 중첩하여 3차원으로 모형화하여 각 연대별 토지피복 수치표고모델을 나타내면 그림 5와 같다.

DEM을 고려한 1990년과 2000년의 고도모델을 살펴보면 고도가 높은 지역에 비해 낮은 지역의 토지피복 변화가 많은 것을 알 수 있다. 미호천의 북서쪽과 남동쪽에 위치한 높은 산림지역의 피복변화는 거의 없는 반면 청주시를 중심으로 하는 저지대 산림 및 평지의 경우 피복형태 또는 토

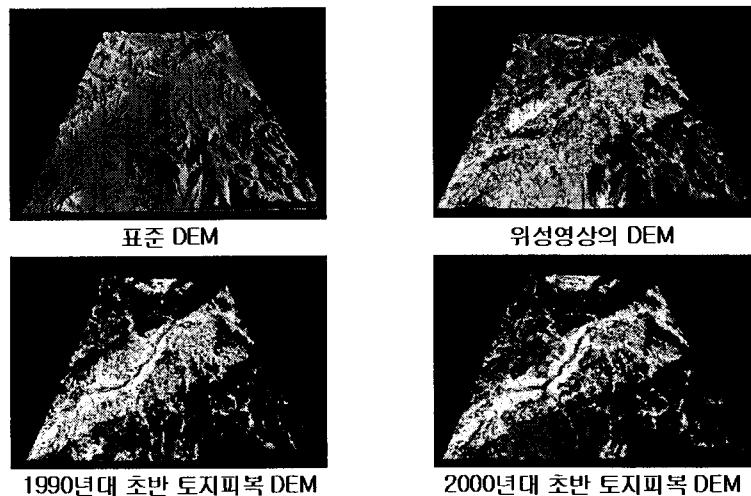


그림 5 Landsat영상과 DEM을 이용한 3D구현

지이용이 크게 변한 것을 알 수 있다. 이와 같이 본 연구에서 3차원 분석을 위하여 대상지역의 3 차원 수치고도모형을 제작하여 사용한 결과 얻어진 점은 다음과 같다.

- 1) 수치고도모형(DEM)의 등고선 데이터를 위성영상과 접목하여 3차원(3D)화함으로써 토지피복형태의 고도별 파악이 매우 용이해지고 가시화효과가 큰 것으로 나타났다. 앞으로 위성영상의 이미지를 활용할 때 고해상도의 위성영상을 중첩함으로서 3차원 효과를 확장시키고 정밀도를 높일 수 있을 것이다.
  - 2) 고도별 영상처리로 기존의 평면적 영상처리보다 조감도의 활용을 늘릴 수 있고 고도별 변화특징을 보다 쉽게 파악할 수 있다는 점을 확인할 수 있었다.
- 앞으로 이러한 위성영상과 DEM의 결합을 통한 방법은 토지이용만이 아니라 수자원분석에 있어서도 다양하게 활용될 수 있을 것이다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 Landsat위성영상을 이용하여 1990년과 2000년의 청주북부지역의 토지피복 변화량을 파악하고, 1/25,000 수치지형도에서 추출한 DEM자료와 투영법에 의한 이미지 제작 기법을 이용하여 토지피복 DEM을 제작하였다. 그 결과, 1990년과 2000년의 Landsat영상을 이용하여 복사보정을 실시한 후 분석한 토지피복 변화량은 시가지  $+44.9\text{km}^2$ , 나지  $+26.67\text{km}^2$ 가 증가하고, 농경지  $-33.42\text{km}^2$ , 산림  $-29.94\text{km}^2$ , 초지  $-4.53\text{km}^2$ , 수역  $-3.68\text{km}^2$ 이 감소한 것으로 나타났다. 이것은 도시화에 따른 개발과 도심지 확장에 따른 결과로 판단된다. 기존의 평면적인 토지피복분류 방법에 DEM을 고려한 수치고도모형을 제작하여 제시하였다. 그 결과 기존의 평면적 영상처리에 비하여 조감도의 활용을 늘릴 수 있고, 고도별 토지이용과 토지피복의 변화파악이 용이하다는 것을 확인할 수 있었다.

## 참 고 문 현

1. Homer, C., Huang, C., Limin, Y., Wylie, B., & Coan, M. 2004. Development of a 2001 national land cover database for the United States, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 70(7): 829–840.