

청주 북부지역의 토지이용 매핑과 변화탐지

Land-use Mapping and Change Detection in Northern Cheongju Region

나상일* · 박종화*** · 신형섭***

Sang-Il Na* · Jong-Hwa Park*** · Hyoung-Sup Shin***

Abstract

Land-use in northern Cheongju region is changing rapidly because of the increased interactions of human activities with the environment as population increases. Land-use change detection is considered essential for monitoring the growth of an urban complex. The analysis was undertaken mainly on the basis of the multi-temporal Landsat images (1991, 1992 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. The area of each land-use category was also calculated for monitoring land-use changes. Land-use statistics revealed that substantial land-use changes have taken place and that the built-up areas have expanded by about 17.57km² (11.47%) over the study period (1991 - 2000). This study illustrated an increasing trend of urban and barren lands areas with a decreasing trend of agricultural and forest areas. Land-use changes from one category to others have been clearly represented by the NDVI composite images, which were found suitable for delineating the development of urban areas and land use changes in northern Cheongju region. 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.

Keywords : Land-use, Remote sensing (RS), GIS, DEM, Normalized difference vegetation index (NDVI), Change detection

1. 서 론

교통의 중심지인 청주시 주변은 오창과학산업단지의 개발과 교통의 발달에 따른 인구유입으로 도시규모가 확대되고 매우 빠른 속도로 택지개발이 진행되

고 있다. 도시의 팽창은 도시의 열과 교통 환경문제는 물론 강우패턴과 유출률 변화를 가져와 불안정한 대기환경을 만들어 국지성폭우와 낙뢰 등 기상환경 변화를 야기하기도 한다. 또한 토지피복형태의 변화는 유출형태와 토사유실, 저지대의 침수 문제 등 다양한 형태의 환경문제를 야기하기도 한다. 토지이용/토지피복 변화는 지구환경변화를 탐지하는데 유용하게 활용되고 있다. 지구환경변화 연구의 궁극적인 목표는 각 분야에서 발생할 수 있는 시나리오에 따른 영향을 평가하고 여기에 요구되는 문제점 해결과 방재활동을 제시하는 것일 것이다. 이러한 관점에서 다변하는 청주시주변 환경변화를 조사하는데 있어 가

* (주)선도소프트 U-전략사업단

** 충북대학교 농업생명환경대학 지역건설공학과

*** 충북대학교 농업생명환경대학 지역건설공학과 대학원

† Corresponding author. Tel.: +82-43-261-2577

Fax: +82-43-271-5922

E-mail address: jhpak7@cbnu.ac.kr

2008년 1월 25일 투고

2008년 5월 10일 심사완료

2008년 5월 13일 게재확정

장 유용하게 활용할 수 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 구분의 활용은 다중분광밴드 영상의 특징을 적용할 수 있다는 점에서 다양하게 활용되고 있다(Homer 등, 2004).

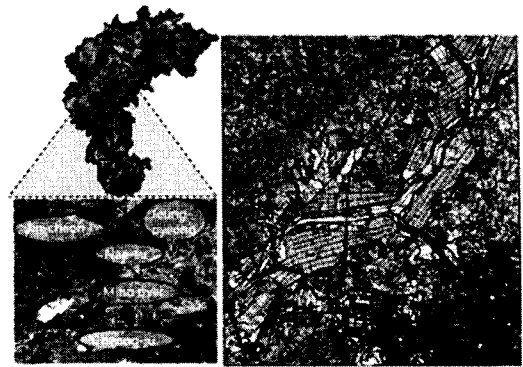
지금까지 위성원격탐사는 다양한 위성영상 데이터를 이용하여 토지이용과 토지피복 변화를 탐지하기 위해 널리 응용되어 왔다(Ehlers 등, 1990; Treitz 등 1992; Lopez 등, 2001). 특히 도시의 팽창(Lopez 등, 2001), 도시 계획과 경작지 감소(Li, 1998; Prenzel, 2004)에 관한 연구가 주로 연구되어 왔다. 변화탐지 기법에 있어서도 영상차 이용방법, 식생지수차 이용방법, 주성분분석 이용방법, 직접 다관측일 분류방법, 영상비 방법, 변화벡터해석 등 다양한 방법이 제시되어 활용되고 있다(Singh, 1989; Cho, 1999; Mas, 1999). 이러한 해석기법들은 지역과 해석분야에 따라 다르게 적용되어 지구변화를 탐지하고 예상되는 문제를 해결하는데 많은 도움을 주었다. 본 연구에서도 도시발달에 따른 영향분석과 토지이용패턴의 변화를 파악하여 이 지역의 변화특성을 조사하는데 중점을 두었다. 여기에 지금까지 영상분야에서는 연구되지 않은 ΔQ 방법(Saitou, 1986)을 DEM자료에 3D 투영법을 활용하여 변화를 탐지하고 가시화하는 방법을 제시하여 그 활용도를 확장하고 이용도를 높여 가고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 Landsat TM과 ETM 위성영상을 이용하여 청주북부지역의 토지이용/피복 변화량을 ΔQ 방법을 이용하여 탐지하고, DEM 자료와 투영법을 활용한 이미지제작 기법으로 지난 10년 동안 토지이용/토지피복이 어떠한 변화를 가져왔는지를 분석하고 검토하였다.

II. 연구대상 지역 및 사용데이터

1. 연구대상 지역

연구대상 지역은 Fig. 1과 같이 유역면적 287.32km²,



R(7)-B = 87:85:81 (E 127° 26' 54", N 36° 43' 29") DEM

Fig. 1 RGB composite image [R(7)-G(5)-B(1)] and DEM of study area

길이 39.07km의 미호천 유역 중 청주시, 청원군, 진천군, 괴산군의 일부를 포함하는 22.5km×27.7km영역이다. 이 지역은 1시 방향에서 7시 방향 대각으로 미호천이 흐르고 천 주변으로 농경지가 분포하고 있으며, 동남과 북서 방향에는 산이 분포하고 있다. 또한 이 지역은 청주시와 청원군의 토지이용 변화를 잘 알아볼 수 있는 지역으로 도심과 산림 및 농경지가 적절하게 분포되어 토지이용형태와 토지피복변화 파악이 용이한 지역이다.

2. 사용 데이터

토지이용 변화탐지 해석에 사용한 데이터는 Table 1과 같이 공간해상도 30m인 Landsat TM과 ETM 데이터(Path:115, Row:34와 35)와 수치고도자료(DEM)를 이용하였다. 연구대상 지역의 위성영상은 10년의 시간해상도를 기준으로 양질의 데이터를 선별하여

Table 1. Usage of satellite images and digital elevation model (DEM) data

Landsat Images				
Path/Row	115/34		115/35	
Sensor	L5 TM	L7 ETM+	L5 TM	L7 ETM+
Date	91. 8.28	'00. 5. 8	92. 5. 2	'00. 5. 8
DEM				
Scale	1/25,000			
No.	367024	367033	367062	367071
Area	Jincheon	Jeungpyeong	Cheongju	Naesu

1990년대 영상으로 '91년과 '92년의 영상을 이용하였고, 2000년대 영상으로 '00년의 영상을 이용하였다. 또한, DEM자료는 국립지리원 발행 1/25,000 수치지형도(1999.10.18 발행)에서 추출한 4개 지역 자료를 이용하였다.

III. 위성영상처리

1. 전처리작업

토지이용/피복 분류를 위하여 위성영상처리는 Fig. 2와 같이 기하보정(geometric correction), 영상집성(mosaic) 및 해당지역의 영상추출(subset), 복사보정 등의 전처리를 먼저 수행하였다. 여기서 기하보정은 영상처리에서 각 영상에 따라 약간씩 차이를 갖는 공간오차를 보정하고 공간좌표를 설정하기 위한 참조데이터로 국립지리원에서 제작한 1/25,000 수치지형도를 단순화시킨 후 TM좌표에서 국제규격의 UTM 좌표(UTM/WGS-84)로 변환하여 영상 대 영상(image to image) 방법으로 수행하였다.

$f(x, y)$ 는 원영상이며, $\hat{f}(x, y)$ 는 $f(x, y)$ 의 기하보정을 실시한 영상으로 임의의 원영상의 좌표 값 x, y 에 대해 $f(x, y)$ 와 $\hat{f}(x, y)$ 사이의 오차 $e(x, y)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$e(x, y) = \hat{f}(x, y) - f(x, y) \quad (1)$$

따라서 두 영상간의 총 오차는

$$\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\hat{f}(x, y) - f(x, y)] \quad (2)$$

여기서 영상의 크기는 $M \times N$ 이고, 기하보정은 각 지상기준점(Ground Control Points, 이하 GCP)의 평균 제곱근오차(Root Mean Square Error, 이하 RMSE) 확인이 가능하기 때문에 식 (3)과 같이 RMSE가 최대한 지점부터 위치를 조절하거나 제거하여 평균 RMSE가 0.5화소(15m)이하가 되도록 조정하였다.

$$RSME = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\hat{f}(x, y) - f(x, y)]^2} \quad (3)$$

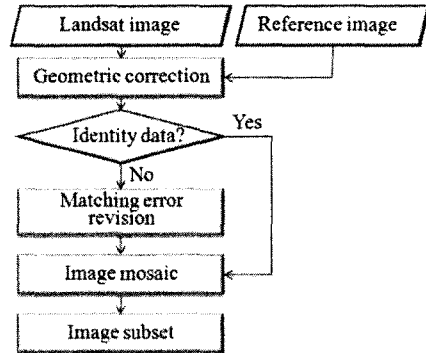


Fig. 2 Flowchart of Landsat image data pre-processing

원영상을 기준좌표계 위치로 변환하여 재배열(resampling)하는 방법은 최근린내삽법(nearest neighbor)을 이용하여 30m 간격으로 재배열하였다. 영상집성은 2000년도 영상의 경우 두 영상의 촬영날짜가 5월로 동일하여 중첩부분의 평균 화소값을 이용하여 영상집성한 후 대상지역의 데이터를 추출하였다. 그러나 1990년대의 경우 두 영상의 촬영시기가 약 4개월 차이가 있어 토지이용형태 등에 차이를 나타낼 수 있다. 따라서 원활한 비교를 위하여 중첩부분을 1992년도 5월의 화소값을 중첩하여 5월 영상을 기준으로 영상집성한 후 해석범위에 맞추어 대상지역의 데이터를 추출하였다.

2. 토지피복분류

토지이용과 피복분류 항목 설정은 미국지질조사원(USGS)의 1단계 분류항목과 우리나라 환경부의 1단위 분류체계를 참고하고 대상지역이 내륙지역인 점을 감안하여 Fig. 3과 같이 습지를 제외한 농경지, 나지, 시가지, 초지, 산림, 수역의 6개 항목으로 설정하였다. 토지이용과 피복형태분류기법은 Fig. 4와 같이 Richards와 Jia(1999)가 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. 무감독분류된 지역은 대부분 산림과 도심지이다. 오분류된

지역은 1999년에 간행된 1/25,000 수치지형도를 참조자료로 영상전체에 고른 분포를 갖도록 10~30개의 표본집단(Training data)을 선정하여 최대우도분류법(maximum likelihood)으로 감독분류를 실시하였다. 최대우도분류법의 판별함수는 다음과 같다.

$$g_{ii}(x) = P(X/\omega_i)P(\omega_i) \quad (4)$$

여기서, ω_i 는 클래스 i 를, $g_{ii}(X)$ 는 ω_i 에 관한 판별함수, X 는 화소벡터, $P(\omega_i)$ 는 ω_i 의 선행확률, $P(X/\omega_i)$ 는 ω_i 요소의 화소벡터 X 에 관한 확률밀도함수이다. 이 때 화소벡터 X 는 $g_{ii}(X)$ 가 가장 큰 클래스인 경우를 의미한다.

실제적인 적용에서는 식(4)의 대수형을 사용하였다. 식 (4)에서 발생하는 상수를 소거하면 ω_i 에 관한 판별함수는 다음과 같다.

$$G_{ii}(X) = (X - M_i)^T \sum_i^{-1} (X - M_i) + \ln \left| \sum_i \right| - 2 \ln P(\omega_i) \quad (5)$$

여기서, \sum_i 는 ω_i 의 분산-공분산 매트릭스이며, M_i 는 ω_i 의 평균 벡터이다. 화소는 $G_{ii}(X)$ 가 가장 작은 값에 해당되는 등급을 의미한다.

이렇게 얻어진 데이터는 Fig. 4와 같이 최종적으로 분류결과의 노이즈를 줄이기 위해 퍼지분류와 3×3 다수 필터링작업을 수행하였다.

Classification	Contents
Farm	paddy, upland, vinyl house, stable
Barren	mine, beach, riverside, undeveloped area
Urban	residence, industry, trade, traffic, town, public
Glass	plain, golf course, park cemetery, hill
Forest	broadleaf, needle-leaf
Waters	river, watercourse, lake, seawater

- Unsupervised classification
 - ISODATA clustering
 - Maximum of clusters : 100
 - standard deviation : 95%
 - Maximum iteration : 50
- Supervised classification
 - Maximum likelihood
 - Training data : 10~30
 - fuzzy theory
 - 3×3 Majority filtering

Fig. 3 Description of different land cover classes of the study area and applied classification method

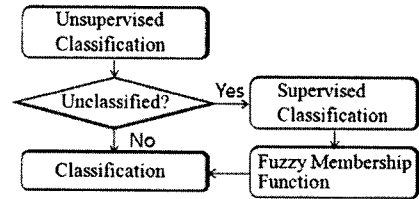


Fig. 4 Land use / Land cover classification method

3. 정확도 검사와 Kappa(κ)치

토지이용과 토지피복분류를 위한 정확도 검사는 다음의 3가지(전체, 사용자, 생산자) 정확도에 대해 검토하였다.

$$Overall Accuracy = \frac{Number\ Correct}{Total\ Number} = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \quad (6)$$

$$Users\ Accuracy = \frac{Number\ Correct}{Classified\ Total} = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \quad (7)$$

$$Producers\ Accuracy = \frac{Number\ Correct}{Reference\ Total} = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \quad (8)$$

여기서 r 은 에러 매트릭스에 대한 행과 열이며, N 은 전 화소수, X_{ii} 는 분산 매트릭스의 i 행과 i 열의 수, X_{i+} 는 분류된 전체의 에러 매트릭스 i 행의 합, X_{+i} 는 분류된 전체의 에러 매트릭스 i 열의 합이다.

Kappa(κ)는 다음 식을 이용해 구하였다(Salovaara, 등 2005).

$$KAPPA = \frac{Observed\ Accuracy - Chance\ Agreement}{1 - Chance\ Agreement} \quad (9)$$

$$= \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \left(N \sum_{i=1}^r X_{i+} \times X_{+i} \right)}{N^2 - \left(\sum_{i=1}^r X_{i+} \times X_{+i} \right)}$$

4. 수치표고모델(DEM) 작성

위성영상은 화소단위의 레스터 모델이므로 수치지

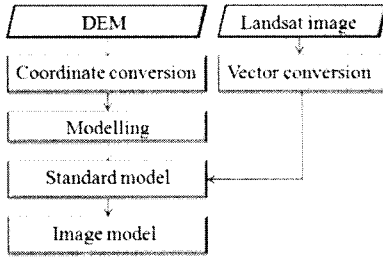


Fig. 5 Flowchart of DEM data processing

형도의 공간단위 벡터 모델과 매칭하지 않는다. 따라서 Fig. 5와 같이 1/25,000 수치지형도를 UTM좌표(UTM/WGS-84)로 변환한 후 모델링을 통해 기본 DEM을 제작하고, 전처리된 위성영상을 벡터 모델로 전환하였다. 전환 후 기본 DEM의 각 좌표에 대응하는 위성영상을 중첩하여 위성영상 DEM을 작성하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 토지이용/피복형태 분류

청주북부지역 Landsat TM과 ETM위성영상에 대해 먼저 히스토그램을 이용하여 복사보정을 실시하였다. 얻어진 1990년대와 2000년의 보정 데이터를 이용하여 청주북부지역의 토지이용/피복분류를 6개로 구분하면 Fig. 6과 같다. 분류 결과 8~9년 사이에 변화가 가장 많은 지역은 오창주변 지역과 청주시였으며, 다음으로 공항주변과 증평읍, 진천읍 주변 지역으로 나타났다. 이에 비해 미호천의 북서쪽과 남동쪽에 위치한 산림지역은 높은 지형에서 변화가 적고 낮은 지형의 변화는 약간 많았으며, 미호천주변의 평야는 많은 개발과 훼손이 없이 농경지를 그대로 유

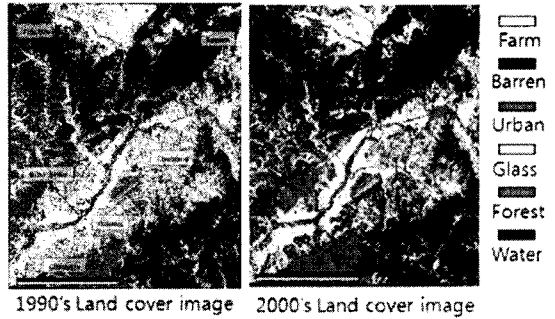


Fig. 6 Land use/cover classification map of northern Cheongju region using Landsat TM and ETM.

지하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 Table 2와 같이 토지피복을 6개 등급으로 분류하여 8~9년 사이의 변동특성을 조사한 결과, 시가지가 7.2km², 나지가 4.7km² 증가한 반면 농경지는 5.36km², 산림은 4.8km² 감소하였다. 이 결과는 청주주변에 오창과화산업단지 개발이 진행되면서 이 지역의 토지이용/피복형태 변화가 가장 큰 영향을 미쳤고, 청주시의 인구가 1990년 477,783명(116,827가구)에서 2000년 586,700명(179,676가구)으로 증가한 영향을 잘 반영한 결과로 해석된다(KNSO, 1990, 2000). 미호천 남서쪽의 청주시와 도심부근의 농경지 및 초지 지역이 시가지로 바뀌는 도시화 확산현상이 빠르게 진행되어 율량동과 하북대 등의 아파트건설에 따른 영향이 반영된 것으로 해석된다.

2. 토지이용/피복 변화탐지

분류된 토지이용/피복 분포의 변화탐지를 위한 정확도 검사는 수치지형도를 이용하여 Fig. 2와 같이 위성영상에서 추출한 분류결과와 참조자료에서 추출

Table 2 Area and percentage of change of different land cover classes of 1990's and 2000's classified images

	Unit	Farm	Barren	Urban	Glass	Forest	Waters	Total
1990's	km ²	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)
2000's	km ²	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)
Variation (%)		-5.36	+4.27	+7.20	-0.73	-4.80	-0.59	0

한 기준자료를 비교하는 방법으로 실시하였다. 기하 보정 과정을 거친 수치지형도에서 지형도만을 추출한 후 영상과 비교하여 비교적 구분이 명확한 검사점(GCP)을 선정하였다. 분류항목당 연도별로 50~100점의 GCP를 선정하여 Fig. 3의 과정을 통해 토지이용/피복 분류를 하였다. 8~9년 사이의 변화특성을 ΔQ 변화탐지기법을 통해 얻어낸 결과는 Fig. 8의 왼쪽영상과 같다. 3번째 영상은 두 시기의 변화탐지기법을 통해 얻어진 토지이용/피복 변화를 나타

낸 영상이며 4번째 영상은 Landsat영상에 변화된 지점을 중첩하여 나타낸 영상이다. 이러한 ΔQ 변화탐지기법을 사용할 경우 두 관측시기의 변화차이를 명확하게 나타낼 수 있고 지역의 공간적인 변화특성의 분석과 변화예측 활용에 유용한 자료가 될 것이다.

얻어진 값에 대해 연대별 토지피복분류 정확도검사 결과 Table 3, 4와 같이 전체의 정확도(overall accuracy)는 1990년이 76.44%, 2000년이 80.84%를 나타냈다. 이와 같이 1990년의 TM영상을 이용한 토지피복분류 결과보다 2000년의 ETM영상을 이용한 분류 결과가 높은 정확도를 나타내어 TM영상보다 ETM영상이 높은 정도로 분류됨이 확인되었다.

Table 5와 같이 클래스별 평균 사용자 정확도(user's accuracy)는 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. Kappa치의 경우 전체의 정확도(overall accuracy)는 1990

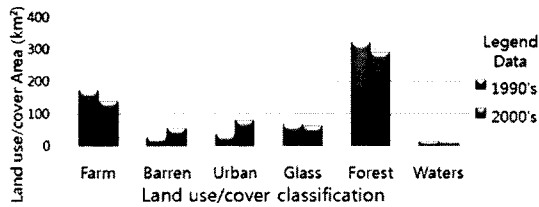


Fig. 7 Relationship between land use/cover classification and area for 1990's and 2000's classified images

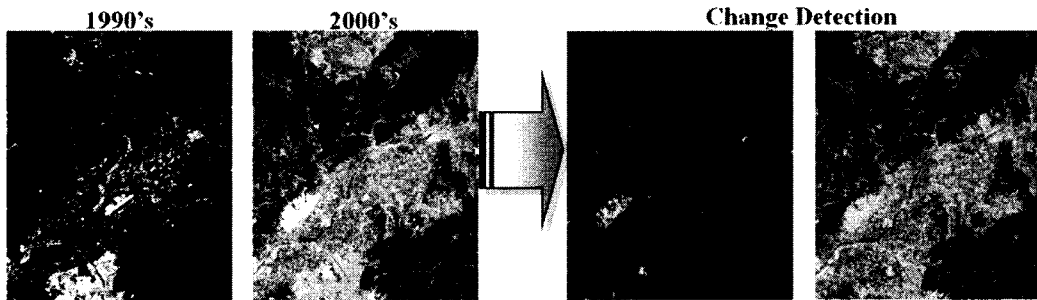


Fig. 8 Land cover change detection image between 1990' and 2000' using ΔQ method.

Table 3 Error matrix for assessing the classification accuracy of 1990's

		Reference Data							Total	U.A(%)
		Farm	Barren	Urban	Glass	Forest	Waters			
Classified Data	Farm	65	22	6	23	0	1	117	55.56	
	Barren	2	25	2	4	0	0	33	75.76	
	Urban	1	2	61	7	0	0	71	85.92	
	Glass	3	7	0	24	0	0	34	70.59	
	Forest	6	2	0	11	105	1	125	84.00	
	Waters	1	4	0	0	1	64	70	91.43	
	Total	78	62	69	69	106	66	450		
	P.A(%)	83.33	40.32	88.41	34.78	99.06	96.97			

Overall Accuracy: 76.44%

Table 4 Error matrix for assessing the classification accuracy of 2000's

		Reference Data							Total	U.A(%)
		Farm	Barren	Urban	Glass	Forest	Waters			
Classified Data	Farm	64	10	5	0	0	0	79	81.01	
	Barren	0	30	2	29	3	0	64	46.88	
	Urban	11	4	74	2	0	0	91	81.32	
	Glass	4	6	0	22	0	0	32	68.75	
	Forest	6	0	0	3	103	0	112	96.96	
	Waters	0	2	0	0	0	74	76	97.37	
	Total	85	52	81	56	106	74	454		
P.A(%)	75.29	57.69	91.36	39.29	97.17	100.00				

Overall Accuracy: 80.84%

Table 5 Accuracy statistics for the classification result

		Farm	Barren	Urban	Glass	Forest	Waters	Overall
Producer Accuracy (%)	1990	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	
	mean	79.31	49.01	89.89	37.03	98.11	98.48	
User Accuracy (%)	1990	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	
	mean	68.28	61.32	83.62	69.67	90.48	94.40	
kappa	1990	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
	mean	0.61	0.56	0.80	0.65	0.84	0.94	0.74

년이 71%, 2000년이 77%로 Landsat ETM영상이 TM영상보다 높은 것으로 나타났다. Kappa치의 정확도는 연도에 따라 약간의 차이는 있으나 두 시기의 평균값을 비교해 볼 때 수역(94%)>산림(84%)>도심(80%)>초지(65%)>농경지(61%)>나지(56%)의 순으로 나타났다.

이 결과는 분광특성이 상대적으로 일정한 수역과 타 항목에 비하여 상대적으로 넓은 면적을 차지하는 산림이 높은 정확도를 보였으며, 계절적 변화가 적을 수록 정확도가 높은 것으로 나타났다. 특히 농경지의 경우는 5월에 모내기 등으로 수변공간과 같은 형태로 분류될 수 있어 약간의 오차가 발생하는 것으로 판단되며, 나지의 경우도 발작물의 재배 이전과 이후의 계절적 피복형태의 차이에 따른 영향이 반영된 것으로 해석된다. 또한 수역에서 나타나는 정도 차이는 1992년과 2000년 4월의 평균 강우량이 각각 110.1mm, 56.1mm인 점을 감안하면 대상지역의 영

상취득 전의 강우량이 영향을 미치는 것으로 해석된다(KMA, 1991, 1992, 2000).

얻어진 결과를 종합해보면 약 10년 동안 청주북부 지역의 토지이용/피복형태의 변화는 청주시와 오창 등의 인구증가에 따른 도심개발과 주거공간이 증가한 반면 산림과 농경지가 줄어드는 특징을 보였다.

3. 수치표고모델(DEM) 작성 결과

Fig. 5에 제시한 방법으로 6개의 피복형태로 구분된 영상자료와 위성영상의 수치표고모델 및 기본 수치표고모델을 중첩하여 3차원으로 모형화하여 각 연대별 토지피복 수치표고모델을 나타내면 Fig. 9와 같다. DEM을 고려한 1990년과 2000년의 토지피복 수치표고모델을 살펴보면 고도가 낮은 지역의 토지피복 변화가 높은 지역에 비해 많은 것을 알 수 있다. 청주시, 오창과학산업단지 주변을 중심으로 하는 저

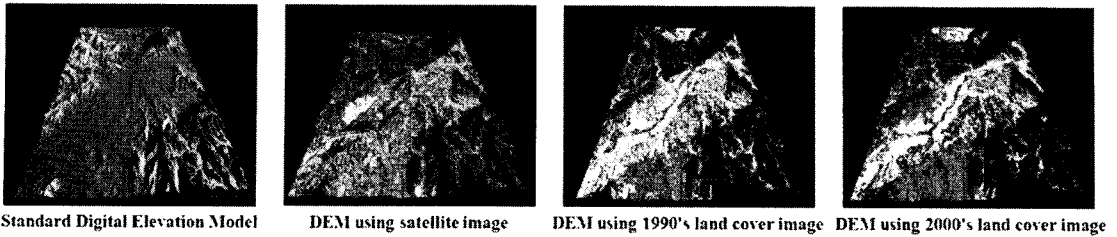


Fig. 9 3D change detection visualization map of Digital Elevation data (DEM) merged satellite image

지대 즉 농경지, 산림 및 평지의 경우 토지이용/피복 형태 변화가 높고 두드러진 점이 확인되었다. 한편 미호천의 북쪽과 동남쪽에 위치한 높은 산림지역의 토지이용/피복변화는 거의 없는 것으로 파악되었다. Table 2와 Fig. 8에 나타난 결과와 같이 변화는 고도 200m 이하에서 대부분이 발생하였고 그 이상의 고도에서는 변화가 거의 없는 것으로 파악되었다.

이와 같이 본 연구에서대상지역의 3차원 수치고도 모형(3D DEM)을 제작하여 사용한 결과 얻어진 특징은 다음과 같다.

1) DEM의 등고선 데이터를 위성영상과 접목하여 3D DEM화함으로써 토지이용/피복형태의 고도별 파악이 용이해지고 가시화효과가 큰 것으로 나타났다. 앞으로 위성영상의 이미지를 활용할 때 고해상도의 위성영상을 중첩함으로써 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 있었다.

앞으로 이러한 위성영상과 DEM의 결합을 통한 방법은 토지이용/피복분류만이 아니라 수자원분석과 지역의 재난관리, 분석 및 피해파악 해석에 있어서도 다양하게 활용될 수 있을 것이다.

IV. 결론

본 논문에서는 Landsat TM과 ETM영상을 이용하여 1990년과 2000년의 청주북부지역의 토지이용/피복 변화량을 ΔQ 방법으로 파악하고, 1/25,000 수치지형도에서 추출한 DEM자료와 투영법에 의한 이미지제작 기법을 이용하여 3D DEM을 제작하였다. 얻

어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 1990년과 2000년의 Landsat영상을 이용하여 복사보정을 실시한 후 분석한 토지피복 변화량은 시가지 +44.9km², 나지 +26.67km²가 증가하고, 농경지 -33.42km², 산림 -29.94km², 초지 -4.53km², 수역 -3.68km² 순으로 감소한 것으로 나타났다. 이것은 도시화에 따른 개발과 도심확장에 따른 결과로 판단된다.

2. 토지피복분류 정확도검사 결과 전체 정확도(overall accuracy)는 1990년과 2000년에서 각각 76.44%, 80.84%로 나타났다. 따라서 Landsat ETM 영상(2000년)이 TM영상(1990년)의 토지피복분류 결과보다 높은 정확도를 나타내었고, 높은 정도로 분류됨이 확인되었다.

3. 평균 사용자 정확도(user's accuracy)는 농경지 68.28%, 나지 61.32%, 시가지 83.62%, 초지 69.67%, 산림 90.48%, 수역 94.40%로써, 수역과 산림 지역의 정확도가 높고 다음이 시가지, 초지, 농경지, 나지 순으로 나타났다.

4. Kappa치 전체의 정확도(overall accuracy)는 1990년이 71%, 2000년이 77%로 Landsat ETM영상이 TM영상보다 높은 특징을 보였다. Kappa치의 정확도는 두 시기의 평균값으로 비교해 볼 때 수역(94%)>산림(84%)>도심(80%)>초지(65%)>농경지(61%)>나지(56%)의 순으로 나타났다.

5. 기존의 평면적인 토지피복분류 방법에 DEM을 고려한 3D DEM을 제작하여 제시하였다. 그 결과 기존의 평면적 영상처리에 비하여 조감도의 활용을 늘릴 수 있고, 고도별 토지이용과 토지피복 변화파악이 용이하다는 것이 확인되었다.

References

1. Cho, S.H., 1999. Digital change detection by post-classification comparison of multi-temporal remotely sensed data. *J. KSRE*, 16(4), pp. 367-373.
2. Ehlers, M., Jadcowski, M. A., Howard, R. R., Brostuen, D. E. 1990. Application of SPOT data for regional growth analysis and local planning. *Photo. Eng. and Remote Sensing*, 56, pp. 175-180.
3. Homer, C., Huang, C., Limin, Y., Wylie, B., and Coan, M. 2004. Development of a 2001 national land cover database for the United States, *Photo. Eng. and Remote Sensing*, 70 (7), pp. 829-840.
4. Korea Meteorological Administration (KMA) Homepage, 1991, 1992, 2000.
5. Korea National Statistical Office (KNSO) Homepage, <http://www.kosis.kr/html/InterStatic/>, 1990, 2000
6. Li, X., 1998. Measurement of rapid agriculture land loss in the Pearl River Delta with the integration of remote sensing and GIS. *Environment and Planning B*, 25, pp. 447-461.
7. Lopez, E., Bocco, G., 2001. Predicting land-cover and land use change in the urban fringe a case in Morelia city, Mexico. *Landscape and urban planning*, 55, pp. 271-285.
8. Mas, J. F., 1999. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *Int. J. of Remote Sensing*, 20(1), pp. 139-152.
9. Prenzel, B., 2004. Remote sensingbased quantification of land-cover and land use change for planning. *Progress in planning*, 61, pp. 281-299.
10. Richards J.A. and X. Jia, 1999. *Remote Sensing Digital Image Analysis*, 3rd Ed., Springer- Verlag, Berlin.
11. Saitou, N., 1986. On the Delta Q-test of Templeton, *Mol. Biol. Evol.* 3(3), pp. 282-284.
12. Salovaara, K. J., Thessler, S., Malik, R. N., and Tuomisto, H., 2005. Classification of Amazonian primary rain forest vegetation using Landsat ETM+ satellite imagery, *Remote Sensing of Env.*, 97(1), pp. 39-51.
13. Singh, A., 1989. Digital change detection techniques using remotely sensed data, *Int. J. of Remote Sensing*, 10(6), pp. 989-1003.
14. Treitz, P.M., Howard, P. J. Gong, P., and 1992. Application of satellite and GIS technologies for land-cover and land use mapping at the rural-urban fringe: a case study. *Photo. Eng. and Remote Sensing*, 58, pp. 439-448.