

# Landsat TM과 ETM<sup>+</sup> 영상자료를 활용한 도시지역의 토지피복과 도시열섬의 변화 검출

## Change Detection of Land Cover and Urban Heat Island from Landsat TM and ETM<sup>+</sup>

이진덕<sup>1)</sup> · 최용진<sup>2)</sup> · 박진성<sup>3)\*</sup>

Jin-Duk Lee · Yong-Jin Choi · Jin-Sung Park

<sup>1)</sup>금오공과대학교 토목환경공학부 교수 E-mail: [jdlee@kumoh.ac.kr](mailto:jdlee@kumoh.ac.kr)

<sup>2)</sup>금오공과대학교 대학원 토목공학과 박사과정: [dumizzang@empal.com](mailto:dumizzang@empal.com)

<sup>3)</sup>금오공과대학교 대학원 토목공학과 석사과정: [raven17@kumoh.ac.kr](mailto:raven17@kumoh.ac.kr)

### 요 지

도시지역의 급변하는 토지이용의 패턴 및 토지피복상태 등의 도시환경의 변화를 분석하는 것은 도시계획 및 개발계획을 기획, 입안하는데 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다. 본 연구에서는 구미시를 대상지역으로 하는 Landsat TM과 Landsat ETM<sup>+</sup> 인공위성 영상데이터로부터 토지피복/토지이용 분류를 수행함으로써 18년간의 광역적 도시변화를 탐지하였다. 또한 도시의 발전과 지표면 온도의 상관성을 알아보기 위하여 열적외선 파장영역을 이용하여 온도를 추출하였다. 시가지 확장으로 인한 지표면 온도의 상승을 확인하고 이를 통해 토지이용/토지피복의 상관관계 분석 및 식생지수분포를 비교하였다.

### 1. 서 론

인공위성을 이용한 원격탐사 자료는 1972년 Landsat 위성의 발사 이후 관측 자료가 수치형태로 보관되어 오고 있으며, 컴퓨터에 의한 신속한 분석이 가능하여 이를 이용한 토지이용 실태분석에 매우 효과적임이 입증되어 왔다. 지금까지는 Landsat TM, Landsat ETM<sup>+</sup>, SPOT, JERS-1등의 위성영상으로부터 10m~30m의 지상분해능을 가지고 지표면의 피복을 분석하고 지질도, 식생도, 토양도등의 주제도 작은 물론, 1/50,000까지의 지형도 및 수치표고모형 등의 3차원 위치정보를 추

출해 왔다.

도시개발은 긍정적인 측면과 더불어 환경 및 생태계 파괴, 녹지감소라는 부정적인 면도 수반되게 마련이므로 도시지역의 급변하는 토지이용의 패턴 및 토지피복상태 등의 도시환경의 변화를 분석하는 것은 도시계획 및 개발계획을 기획, 입안하는데 중요한 참고자료로 활용할 수 있을 것이다. 이에 광역에 대하여 주기적으로 수차형태의 인공위성 영상데이터를 이용한다면 단시간 내 토지이용 및 토지피복 분류도를 얻을 수 있으며, 따라서 지표환경이 급변하는 도시 지역에서 최신의 토지이용 정보를 갱신하여 표현, 전달할 수

있는 효율적인 수단이 될 수 있을 것이다. 아울러 토지이용, 토지피복 분류도는 최근 그 중요성이 강조되고 있는 GIS의 데이터베이스 구축을 위한 베이스 맵으로서 필수적이다.

본 연구에서는 구미시를 대상지역으로 하는 Landsat TM과 Landsat ETM+ 인공위성 영상데이터를 이용하여 토지피복/토지이용 분류를 수행함으로써 18년간에 걸친 광역적 도시변화를 탐지하였다. 또한 도시의 발달과 지표면 온도의 상관성을 알아보기 위하여 Landsat 영상으로부터 열적외선 파장영역을 이용하여 온도를 추출하였다. 최종적으로 도심지 확장으로 인한 지표면 온도의 상승을 확인하고 이를 통해 토지이용/토지피복의 상관관계 분석 및 식생지수도를 작성하여 비교해 보고자 하였다.

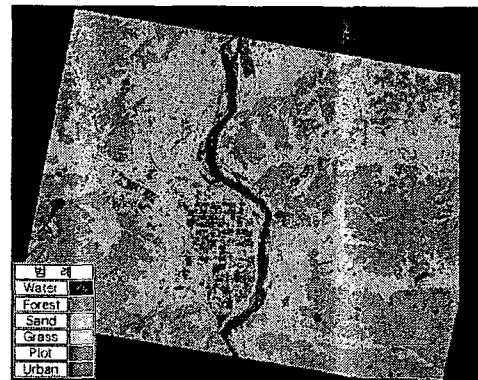
도시화가 진행되면서 도시의 온도가 상승하는 도시열섬 현상이 나타나는데 이를 Landsat 영상을 이용해 탐지하기 위하여 Landsat 열적외선 데이터로부터 지표 표면온도를 계산하고 토지피복별 지표 온도를 비교 분석하고자 하였다.

## 2. 토지이용 분류 및 변화추출

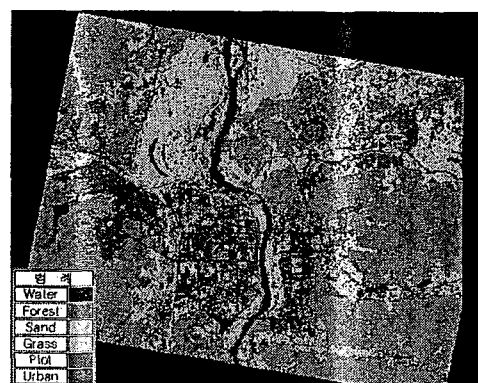
USGS(united states geological survey)와 국토지리정보원의 분류 체계에 따라 시가지, 산림지, 농경지, 수역, 수변 모래지역, 나지, 6개 항목으로 분류항목을 설정한 후 토지피복 현황을 파악하였다

무감독 및 감독 분류는 7개 밴드 중 6번 밴드를 제외한 나머지 6개의 밴드에 대하여 밴드별 조합을 통한 시행과정을 거쳐 최적의 밴드조합이라고 판단되는 1, 4, 5 밴드조합을 취하여 분류 작업을 행하였다. 감독분류의 검증항목은 해석 대상영

역을 디스플레이한 후 모든 항목에 대하여 그것을 대표할 수 있는 몇 개의 검증항목을 선정하여야 하며, 이때 검증항목의 화소 수가 많을수록 평균과 분산의 정도는 높아지지만 일반적으로 한 개의 검증항목 크기는 사용 밴드 수의 10~100배의 화소수가 되도록 하는 것이 바람직하다. Landsat 위성 데이터의 무감독 및 감독 분류결과를 이용하여 1985년과 2003년의 토지피복별 면적을 산정하고 피복별 면적의 변화량을 파악하였다. 시가화 면적을 추출한 결과 18년의 기간동안 도시화지역의 면적이 약 3-4배 정도 증가한 것을 확인할 수 있었다.



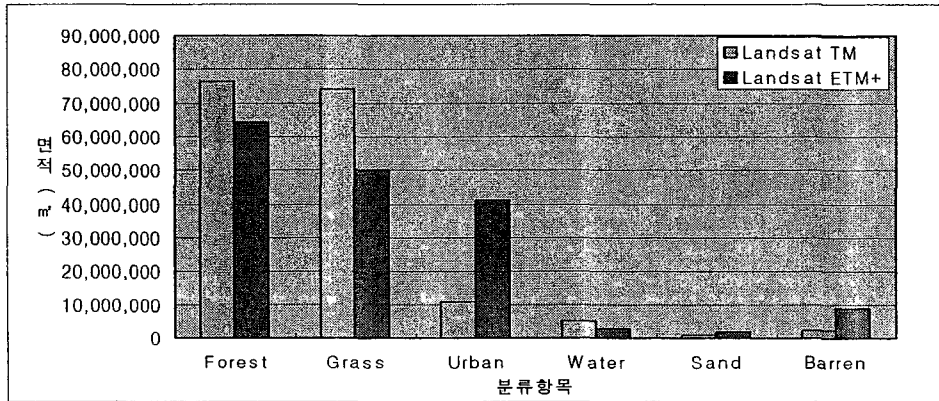
<그림 1> Landsat TM 영상(1985년)의 감독분류



<그림 2> Landsat ETM+ 영상(2003년)의 감독분류

<표 1> 토지이용 분류 및 변화추출

분류항목	Pixel 수		Percentage(%)		면적(㎡)		
	TM	TM+	TM	ETM+	Landsat TM	Landsat ETM+	면적 증감
Forest	334,804	279,196	35.864	30.179	76,445,293.940	64,327,885.004	12117408.94 (감소)
Grass	317,535	218,711	34.649	23.639	73,856,243.878	50,389,592.896	23466650.98 (감소)
Urban	45,953	178,799	4.967	19.327	10,587,756.628	41,196,011.001	30608254.38 (증가)
Water	22,982	12,930	2.484	1.398	5,295,145.536	2,979,124.175	2316021.361 (감소)
Sand	4,922	7,655	0.532	0.829	1,134,048.661	1,766,046.930	631998.269 (증가)
Barren	10,575	39,480	1.143	4.267	2,436,522.672	9,096,351.309	6659828.637 (증가)
Total	736,771	736,771	79.639	79.639	169,755,011.315	169,755,011.315	



<그림 3> 감독분류에서 피복 분류항목에 따른 점유 면적 비교

### 3. 식생지수(Vegetation Index) 분석

일반적으로 식생이 아닌 구름, 눈, 토양 등의 토지피복은 -1에서 0에 가까운 값을 가지게 되며 식생의 경우 0에서 1사이의 값을 가지게 된다. 그러나 산림과 같은 식생이 풍부한 지역이라도 식생이 밀집되어 있거나 건강한 식생의 경우 근적외선에서의 반사값이 높아 노화된 식생 또는 병해충의 피해를 입은 식생보다 상대적으로 높은 식생지수를 가지게 된다.

NDVI(normalized difference vegetation

index)는 가장 일반적으로 사용되어지는 식생지수이며, 일반적으로 식생에 의한 파장별 반사율은 태양광선의 입사각과 위성의 촬영 각도에 의해 변하고, 대기 상태에 따라서도 관측되는 값이 다르므로 일반화에 의해서 이들의 영향을 어느 정도 감소시킬 수 있다.

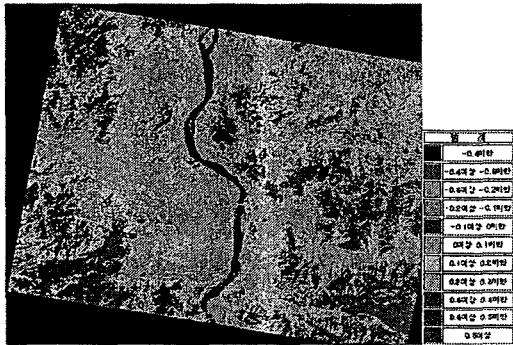
Landsat 위성영상자료로부터 구하는 정규식생지수(NDVI)는

$$NDVI = \frac{band4 - band3}{band4 + band3}$$

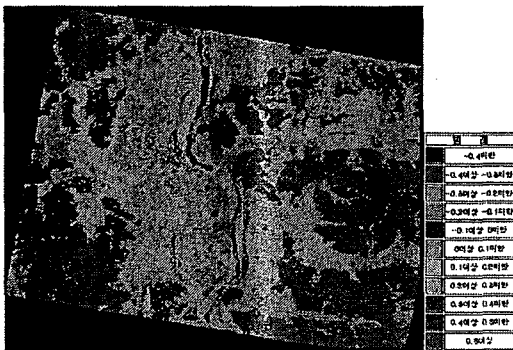
과 같은 밴드간 연산에 의해 도출할 수 있다.

Landsat TM 영상은 1985년 4월 영상이고 Landsat ETM+ 영상은 2003년 10월의 영상이다. 위와 같은 사실로 미루어 4월(봄)과 10월(가을)은 뚜렷한 계절의 차이를 보이고 있다. 시가지 지역이 확장된 영상으로부터 얻어진 식생활력도를 분석한 결과 비록 TM영상과 ETM+영상의 계절적 차이가 있지만 도시의 발달로 인하여 활력도의 차이를 확인할 수 있었다.

그리고 열 분포와 식생간의 관계를 분석한 결과 지표 온도가 높은 도시 지역일수록 식생지수가 낮게 나온 것을 볼 수 있었고 반면에 지표 온도가 낮은 산지나 농지는 대체로 식생지수가 높게 나온 것을 볼 수 있었다.



<그림 4> Landsat TM 자료(1985년)로부터 식생지수 추출



<그림 5> Landsat ETM+ 자료(2003년)로부터 식생지수 추출

#### 4. 도시지역의 열 분포 특성 추출

##### 4.1 열적외 테이터로부터 토지피복별 온도의 계산

Landsat TM 밴드 6은 열적외 영역에 존재하며 이 밴드를 통해 나타나는 영상 자료의 밝기는 이 파장대에서의 에너지 세기, 즉 지표면 온도를 반영하고 있는 것이다. 이 영상의 밝기로부터 실제온도를 계산하기 위해 표면온도의 변화를 측정하기 위해 표면방사 온도를 TM 열적외선 데이터로부터 유도하였다. 영상의 디지털넘버(DN)를 방사온도로 변환하기 위한 2차 모델식은 다음식과 같다.

$$T(K) = 209.831 + 0.834DN - 0.00133DN^2$$

위의 식은 물질 고유의 방사율은 고려하지 않고 물체가 흑체라고 생각하고 구한 방사온도이다. 방사율이 보정된 온도는 다음 식을 통하여 계산되어진다.

$$T_s = \frac{T(K)}{1 + (\lambda T(K)/\alpha) \ln \epsilon}$$

여기서,  $\lambda$  = 방사 파장 길이 (=11.5 $\mu$ m)

$$\alpha = \frac{hc}{K} (=1.438 \times 10^{-2} \text{mK})$$

K = 스테판 볼츠만 상수

$$K (=1.38 \times 10^{-23} \text{J}K^{-1})$$

h = 플랑크 상수 (6.26 $\times 10^{-34}$  Js)

c = 빛의 속도 (=2.998 $\times 10^8$  ms $^{-1}$ )

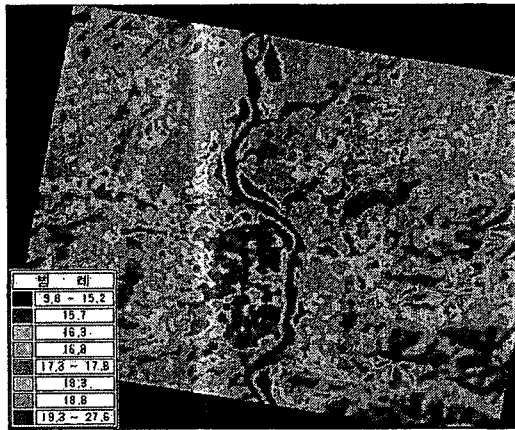
##### 4.2 지표온도 추출

그림 6은 Landsat TM의 열적외 영상(밴드 6)을 데이터 처리하여 얻어진 지표 온도를 나타내는 영상이다. 이 영상은 1985년 4월 영상으로서 당시 평균 기온은 10.8 $^{\circ}$ C였으며, 시가지와 수역은 약 18 $^{\circ}$ C의 현저한

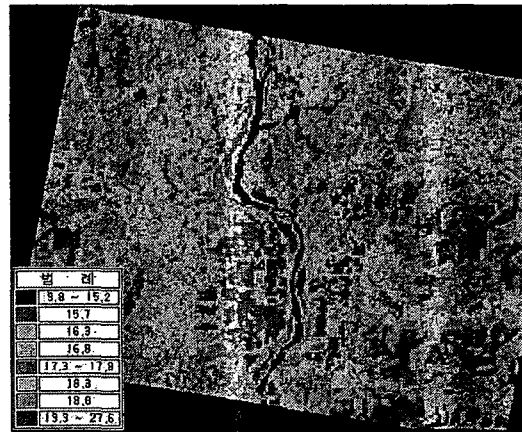
차이를 보이는 것을 알 수 있다.

그림 7은 Landsat ETM+의 열적외 영상  
을 데이터 처리하여 얻어진 지표 온도를 나  
타내는 영상이다. 이 영상은 2003년 10월  
영상으로써 구미지역에 대한 지표 온도의  
차이를 보여주고 있다. 당시 평균 기온은  
평균 19.2℃였으며, 시가지와 수역의 기온

차가 27.3℃로 가장 크게 차이를 보인 것을  
알 수 있다. 두 시기의 온도차를 보면 계절  
적인 차이를 고려하더라도 같은 지역에서  
약 8.4℃ 정도의 차이를 보인 점으로 보아  
약 18년 동안 활발한 도시화 진행에 기인  
하는 것으로 볼 수 있다.



<그림 6> Landsat TM의 열 분포 영상



<그림 7> Landsat ETM+의 열 분포 영상

<표 2> Landsat TM 영상과 Landsat ETM+ 영상의 열 분포 차이

	Urban	Forest	Grass	Water	Sand	Barren
Landsat ETM+	41.4℃	26.2℃	27.1℃	20.3℃	28.5℃	21.3℃
Landsat TM	27.6℃	17.8℃	18.3℃	15.2℃	19.3℃	16℃
온도차	13.8℃	8.4℃	8.8℃	5.1℃	9.2℃	5.3℃

Landsat ETM+ 영상으로부터 지표온도를  
분석한 결과 도시지역의 온도는 28~41℃로  
분포되었고 수계지역은 14~20℃로 분포되  
었으며 녹지는 22~27℃의 분포를 보였다.  
이처럼 동일한 대기 온도지만 지표면의 피  
복에 따라서 10℃, 많게는 20℃이상 차이가  
나는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 1985  
년과 2003년 영상을 비교하면 같은 도시화  
지역이지만 1985년 영상은 20~27℃, 2003  
년 영상에서는 28~41℃의 분포를 나타내

어 도시화의 진행정도에 따라서도 15℃ 이  
상의 온도 차이를 보이는 것을 확인할 수  
있었다.

### 참고 문헌

1. 이광재, 조명희, "공간정보기술을 활용  
한 도시지역 지표온도 분포 특성 해석",

- Korea Journal of Remote Sensing, Vol. 20, No.6, pp.397~408, 2004.
2. 박은주, Landsat 위성영상을 이용한 도심지 확장 및 온도 변화탐지, 석사학위논문, 연세대학교, 2004.
  3. 이진덕, 연상호, 유재엽, 김성길, Landsat TM과 JERS-1 OPS영상을 이용한 도시지역의 토지이용 변화 검출”, 한국지리정보학회지, 제2권, 제1호, pp.73~83, 1998.
  4. Kass Green, Dick Kempka & Lisa Lackey., “Using Remote Sensing to Detect and Monitor Land-cover and Land-Use Change”, PE&RS, Vol.1~12, pp.331~338, 1994.
  5. R. M. Fuller, G. B. Groom & A. R. Jones., “The Land-Cover Map of Great Britain: An Automated Classification of Landsat Thematic Mapper Data”, PE&RS, Vol. 1-12, pp.553~562, 1994.