

Landsat 영상자료를 이용한 사막지역의 토지피복 변화 분석

Detection of Land Cover Change Using Landsat Image Data in Desert Area

에르덴치멕¹⁾ · 최병길²⁾ · 나영우³⁾ · 김태훈⁴⁾

M, Erdenechimeg · Choi, Byoung Gil · Na, Young Woo · Kim, Tae Hoon

Abstract

This study aimed at monitoring, mapping, and assessing the land degradation in the desert area. In this research, the Landsat TM and ETM+ imageries to assess the extent of land degradation for study area during the period from 1991 to 2007. Were used to study supervised, unsupervised classification and NDVI land cover changes in the desert area in Mongolia. The classified map consists of five classes of water, vegetation, slight desertification, middle desertification and sever desertification. It shows that for determination classification methods and NDVI, desertification map of the study area are prepared. The result showed accounting for a clear deterioration in vegetative cover, an increase of sever desertification and a decrease in middle desertification and slight desertification respectively of the total study area.

Keywords : Landsat image, Mongolian desert, Land cover change

초 록

본 연구의 목적은 위성영상자료를 이용하여 사막지역의 토지피복상태의 변화를 분석하는데 있다. 따라서 본 연구에서는 위성영상자료를 이용한 사막지역의 토지피복상태를 분석하였다. 이 연구에서는 사막지역의 토지피복상태를 분석하기 위해서 몽골 지역을 연구 대상으로 하고 1991년부터 2007년까지의 Landsat TM과 ETM+ 영상자료를 이용하고 정규화 식생지수 및 무감독분류와 감독분류 방법에 의해 사막지역의 토지피복상태 변화를 분석하였다. 토지피복 상태를 수계, 녹지, 사막지역으로 구분하고 다시 사막지역은 약, 중간, 강 사막지역으로 분류하고 분석하였다. NDVI 지표와 분류된 사막지역과의 상관관계를 분석함으로써 시간적 변화에 따른 사막화 지역의 토지피복 상태 변화를 분석하고자 한다. 위성영상자료를 이용하여 분석한 결과 사막주변영역에서 녹지는 감소하고 있는 것으로 나타나 사막지역이 확대되고 있는 것을 알 수 있었다.

핵심어 : 위성영상, 몽골사막지역, 토지피복 변화

1. 서 론

1.1 연구 목적 및 배경

이 연구의 목적은 위성영상자료를 이용하여 사막지역의 토지피복상태의 변화를 분석하는데 있다. 온실가스

증가로 인한 지구온난화 문제는 세계적으로 기후변화, 이상기온, 폭우, 가뭄 등의 많은 문제를 초래하고 있다. 대한민국에서는 중국지역의 사막지역으로부터 발생하는 황사가 매년 봄철마다 심각한 문제로 대두되고 있다. 이러한 사막지역의 확대는 산성비, 황사 등 인간의 건강

1) 인천대학교 일반대학원 토목환경공학과, 박사과정(E-mail : erd_22@incheon.ac.kr)
2) 정회원 · 인천대학교 도시과학대학 건설환경공학과 교수(E-mail : bgchoi@incheon.ac.kr)
3) 교신저자 · 정회원 · 인천대학교 공과대학 공학기술연구소 연구교수(E-mail: survey@incheon.ac.kr)
4) 정회원 · 인천대학교 일반대학원 토목환경공학과 박사과정(E-mail:maverick08@nate.com)

및 생활에 영향을 주고 있는 실정이다. 따라서 사막화 방지를 위해서는 우선 사막화의 과학적 근거에 의해 진행정도를 정확히 파악하고 대책을 마련할 필요가 있다. 그러나 사막지역의 경우 매우 광범위하게 분포하고 있으며 따라서 시간에 따른 사막화를 분석하기 위해서는 많은 어려움이 있다.

위성영상이 다양한 분야에서 광범위하게 이용되고 있으며, 사막지역의 토지피복 분류 및 변화를 파악하려는 연구도 지속적으로 이루어지고 있다. SPOT, Landsat, Terra, Aqua 위성의 MODIS(MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) 센서 등으로 부터 취득된 위성영상을 이용하여 사막화 진행을 탐지하는 연구(Liu et al. (2003). Huang, S. and Siegert, F. (2006), Liu, H. et al. (2008)) 들이 진행되어 왔으나 많은 선행연구에서는 토지피복 상태를 파악하기 위해 정규식생지수(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)를 사용한 정량적인 평가가 대부분이었다. 또한 한국에서는 Landsat TM(Thematic Mapper) 영상을 이용한 무감독분류 방법이나 감독분류 방법에 의한 산림, 식생, 토지 등 토지피복을 분류하고자 하는 연구들이 진행되어 왔으며, 영상융합에 의한 정확도 향상에 관한 연구들도 진행되고 있다.

본 연구에서는 Landsat 위성영상자료를 이용한 몽골 북서부 사막지역을 대상으로 NDVI, 감독분류, 무감독분류 방법에 의해 시간변화에 따른 토지피복의 상태변화를 분석하였다.

1.2 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 영상분류기법을 활용하여 Landsat TM 과 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) 위성영상자료를 이용한 몽골 북서부 사막지역의 토지피복 상태의 시간적, 공간적 변화를 분석하고자 한다. 즉, 본 연구에서는 몽골 북서부지역의 오보스 호수(Uvs Lake) 분지 지역에 있는 몽골에서 가장 큰 규모의 모래언덕인 부룩데린 엘스 지역을 대상으로, 사막지역의 특성이 잘 나타나는 여름철 (1991년, 2002년, 2007년)에 촬영된 Landsat TM 및 ETM+ 다중분광 영상 자료를 취득, 처리 한 다음, 토지피복 상태를 수계, 녹지, 사막지역으로 구분하고 다시 사막지역은 약(slightly), 중간(moderately), 강(severely) 사막지역으로 분류하고 분석한다. NDVI 지표와 분류된 사막지역과의 상관관계를 분석함으로써 시간적 변화에 따른 사막화 지역의 토지피복 상태 변화를 분석하고자 한다.

몽골 북서부 사막지역을 대상으로 영상분류방법 및

NDVI에 의한 분류체를 정립하고 Landsat TM과 Landsat ETM+ 위성영상자료의 전처리과정을 거쳐 감독분류, 무감독분류, NDVI에 의한 토지피복지도를 제작한다. 제작된 토지피복지도를 이용하여 시간변화에 따른 분류체계별 면적 변화 및 상관관계 분석을 통하여 몽골 사막지역의 토지피복 변화 특성을 분석한다. 다음 그림 1은 본 연구의 흐름도를 나타내고 있다.

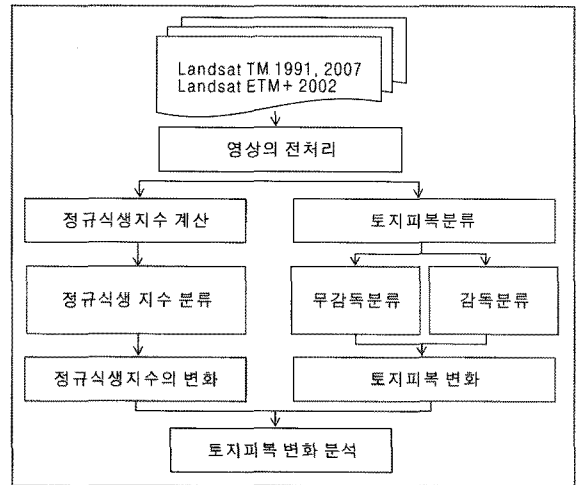


그림 1. 연구 흐름도

2. 위성영상 자료 획득 및 처리

2.1 영상 분류방법

영상 분류 작업의 개괄적인 목표는 영상내에 존재하는 모든 픽셀을 몇 개의 토지피복 항목이나 주제별로 자동 항목화 하는 것이다. 무감독분류 방법 중 가장 많이 사용되고 있는 K-mean 알고리즘 방법을 사용하였다. Ni 개의 픽셀을 갖는 i번째 집단 $S_i(k)$ 의 중심을 $S_i(k+1)$ 은 다음과 같은 형태로 나타난다.

$$S_i = \left(\frac{1}{N_i} \right) \sum x \quad i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (1)$$

이러한 과정은 모든 집단에 대하여 $S_i(k) = S_i(k+1)$ 이 만족될 때까지 계속 반복되어지며, 모든 집단에 대해 더 이상 중심 값의 변화가 없으면 분류 작업을 끝내고 결과를 출력하게 된다.

감독분류 방법에는 정확도가 비교적 높은 최대우도법(Maximum likelihood)을 사용하였다. Landsat TM 또는

ETM+ 영상자료의 경우 NDVI는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$NDVI = \frac{band4 - band3}{band4 + band3} \quad (2)$$

일반적으로 다양한 지표 구성 물질 중 구름, 물, 눈 등과 같이 수분을 포함 하는 경우에는 가시광선이 근적외선보다 반사값이 크기 때문에 NDVI 값이 음수가 되며, 암석, 마른 토양 등은 두 파장 대에서 반사특성이 거의 같기 때문에 NDVI 값은 0 에 가깝게 나타난다. 녹색식물인 경우에는 가시광선 영역의 반사율이 근적외선 영역보다 적으며, 따라서 NDVI 값이 양수가 된다. 식생이 존재하는 대부분의 영역은 식생이 갖는 수분 상태를 고려하지 않는다면 보통 0.1 ~ 0.6 사이의 값을 갖는 것이 일반적이다.

2.2 자료 취득

본 연구에서는 토지피복 항목의 분류방법 결정을 위한 연구 대상 지역은 몽골 오보스 아이막의 부룩데린 엘스 사막 지역으로 경도 91.33E ~ 91.03E, 위도 51.24N ~ 50.55N의 지리학적 위치를 갖고 있는 140-25 scene의 1991년 7월, 2002년 7월, 2007년 6월에 취득된 Landsat TM ETM+영상을 이용하였다. 그림 2는 연구대상지역의 영상 자료를 나타내고 있다.

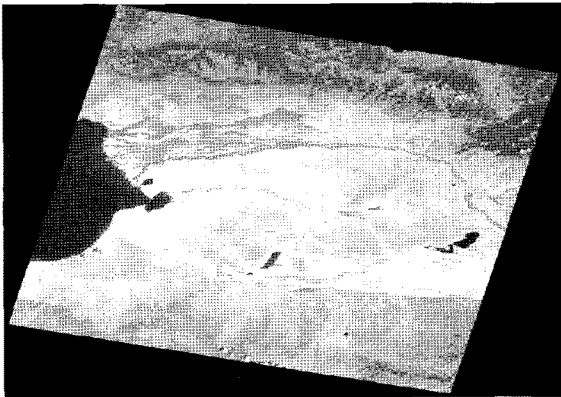


그림 2. 연구 대상지역

2.3 자료 처리

1991년부터 2007년까지의 Landsat TM과 ETM+ 영상자료를 이용하고 정규화 식생지수(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index) 및 무감독분류와 감독분류 방법에 의해 사막지역의 토지피복상태 변화를 분석하다.

Broyer 변환과 PCA 변환을 이용한 영상 합성 방법으로는 ERDAS IMAGINE 9.1의 Resolution Merge 모듈을 사용하였다.

3. 사막지역의 토지피복도 작성

3.1 무감독 분류방법에 의한 토지피복도

본 연구에서는 연구대상지의 사막지역의 토지피복 변화를 탐지하기 위해 구축된 위성영상에 대한 영상분류를 수행하였다. 무감독 분류는 영상에 나타나 있는 지역에 대한 사전정보 없이 수학적인 도구를 사용하여 분류하는 방법으로서, Landsat TM 데이터와 Landsat ETM+데이터의 7개 밴드중에서 2, 3, 4 번의 밴드를 사용하여 분류작업을 행한 다음, 수계, 녹지, 약 사막지역, 중간 사막지역, 강 사막지역 등 5개의 항목을 정하여 무감독 분류를 반복수행하였다. 그림 3은 1991년, 2002년, 2007년의 무감독 분류방법에 의해 작성된 토지피복지도를 나타내고 있다.

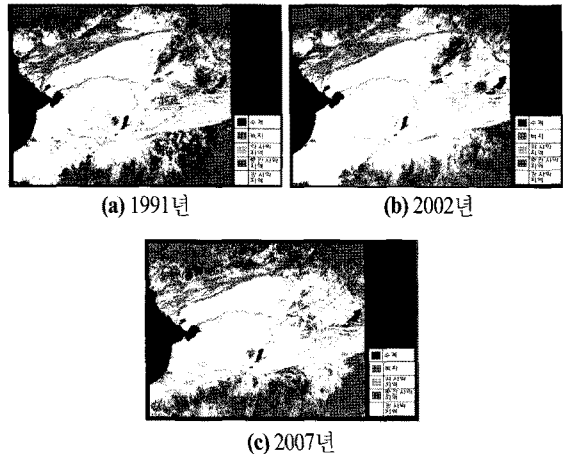


그림 3. 무감독분류 방법에 의한 토지피복지도

무감독분류방법에 의한 사막지역의 토지피복 상태 변화를 분석한 결과 수계는 전체 면적의 8.1%에서 5.8%로 다소 감소하고 있는 것으로 나타났으며, 녹지는 6.5%에서 4.9%로 감소하였다가 7.5%로 약간 증가한 것으로 나타났다. 또한 사막지역의 경우 약 사막지역은 6.0%에서 3.8%로 중간 사막지역은 23.0%에서 22.1%로 감소하고 있으나 강 사막지역은 56.3%에서 60.9%로 크게 증가하고 있는 것으로 나타났다.

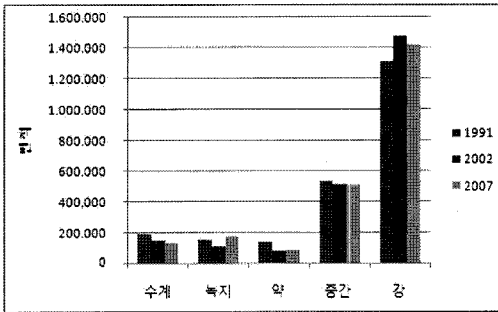


그림 4. 무감독분류 방법에 의한 토지피복별 면적비교

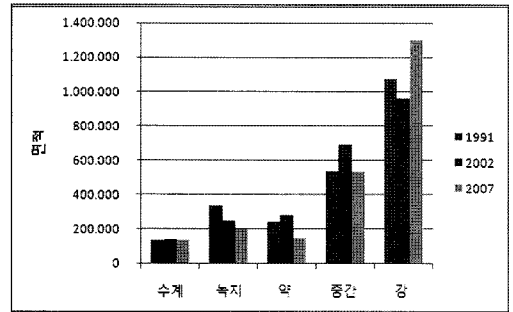


그림 6. 감독분류 방법에 의한 토지피복별 면적

표 1. 무감독분류 방법에 의한 토지피복별 면적 비교

분류항목	면적 (ha)			증가율 (%)	
	1991년	2002년	2007년		
수계	187,896	143,150	134,311	-28.52	
녹지	151,251	113,628	173,445	14.67	
사막지역	약	140,495	84,286	87,459	-37.75
	중간	536,092	510,896	513,607	-4.19
	강	1,311,149	1,474,823	1,417,962	8.15
	합계	1,987,736	2,070,005	2,019,028	1.57

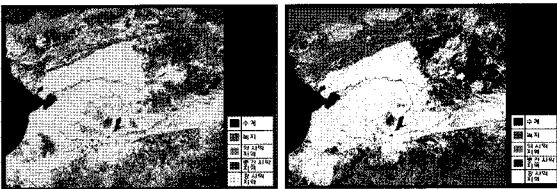
대상지역의 감독분류방법에 의한 감독분류방법에 의한 사막지역의 토지피복 상태 변화를 분석한 결과 수계는 전체 면적의 5.8%에서 5.9%로 다소 증가하고 있는 것으로 나타났으며, 녹지는 14.4%에서 8.6%로 감소한 것으로 나타났다. 또한 사막지역의 경우 약 사막지역은 10.5%에서 6.3%로 감소하였으나, 중간 사막지역은 23.1%에서 23.2%로 다소 증가하였으며 강 사막지역은 46.2%에서 56.1%로 크게 증가하고 있는 것으로 나타났다.

3.2 감독 분류방법에 의한 토지피복도

대상지역의 감독 분류방법에 의한 토지피복지도에서 토지피복별 면적을 분석한 결과 시간 변화에 따라 토지의 수분상태를 나타내는 수계는 다소 증가하였으며, 녹지는 감소하고 있는 것을 알 수 있다. 또한 사막지역의 경우 약 사막지역 경우 감소하고 있으나 중간 사막지역과 강 사막지역이 증가하고 있는 것으로 나타났다.

표 2. 감독분류 방법에 의한 토지피복별 면적 비교

분류항목	면적 (ha)			증가율 (%)	
	1991년	2002년	2007년		
수계	135,549	143,039	136,754	0.89	
녹지	334,046	251,442	198,642	-40.53	
사막지역	약	244,036	282,680	145,658	-40.31
	중간	537,784	693,834	539,631	0.34
	강	1,076,086	959,425	1,301,953	20.99
	합계	1,857,906	1,935,939	1,987,242	6.96



(a) 1991년

(b) 2002년



(c) 2007년

그림 5. 감독분류 방법에 의한 토지피복지도

3.3 식생지수에 의한 토지피복도

식생지수는 일반적으로 다양한 지표 구성에 따라 수분을 포함 하는 경우에는 가시광선이 근적외선보다 반사값이 크기 때문에 식생지수 값이 음수가 되며, 암석, 마른 토양 등은 두 파장 대에서 반사특성이 거의 같기 때문에 식생지수 값은 0에 가깝게 나타난다. 따라서 본 연구에서는 0에 가까운 값을 갖는 지역을 사막지역으로 분류하고, 녹색식물인 경우에는 가시광선 영역의 반사율이 근적외선 영역보다 적 NDVI 값이 양수가 되므로 보통 0.10 ~ 1.00 사이의 값을 갖는 것이 일반적이다. 식생지수에 의한 토지피복분류 방법에서는 NDVI 값에 따라 보통 0.1에

서 1.0까지를 녹지로 보고 있으며, 수분을 포함한 경우 음수값, 암석이나 마른 토양의 경우 0에 가깝게 되므로 수계를 -1.0에서 -0.01로, 녹지는 0.14에서 1.0으로 구분할 수 있으며, 사막지역의 경우 0에 가까운 정도에 따라 강 사막지역, 중간사막지역, 약 사막 지역으로 구분할 있다. 대상지역은 몽골의 대표적인 사막지역으로 본 연구에서는 사막지역의 토지피복 특성을 고려하기 위해서 NDVI지수를 단계화하여 다음 표 3과 같이 토지피복별 식생지수 범위를 선정하였다.

표 3. 토지피복분류별 식생지수 범위

분류 항목	기준범위	
수계	-1.00 ~ -0.01	
녹지	0.14 ~ 1.00	
사막지역	약	0.10 ~ 0.14
	중간	0.07 ~ 0.10
	강	-0.10 ~ 0.07

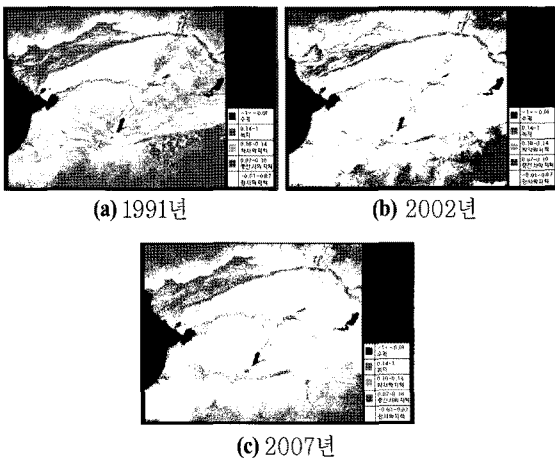


그림 7. 식생지수 방법에 의한 토지피복지도

대상지역의 식생지수 분류방법에 의한 토지피복지도에서 토지피복별 면적을 분석한 결과 시간 변화에 따라 토지의 수분상태를 나타내는 수계는 다소 증가 하였으며, 녹지는 크게 감소하고 있는 것을 알 수 있다. 또한 사막지역의 경우 약 사막지역과 중간사막지역의 경우 감소하고 있으나 토지피복의 대부분을 차지하는 강 사막지역이 증가하고 있어 전체 사막지역이 증가하고 있는 것으로 나타났다. 식생지수에 의한 방법으로 사막지역의 토지피복 상태 변화를 분석한 결과 수계는 전체 면적의 5.4 %에서 5.7 %

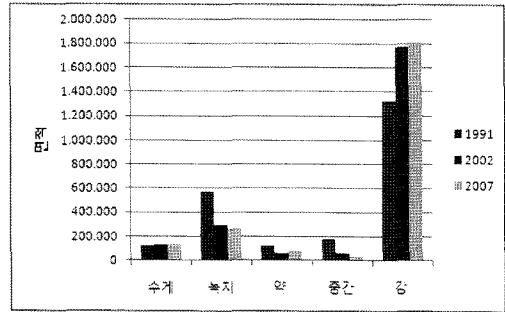


그림 8. 식생지수에 의한 토지피복별 면적

로 다소 증가하고 있는 것으로 나타났으며, 녹지는 24.8 %에서 11.4%로 크게 감소한 것으로 나타났다. 또한 사막지역의 경우 약 사막지역은 5.5 %에서 3.5%로 중간 사막지역은 7.5 %에서 1.5 %로 감소하였으며 강 사막지역은 56.9 %에서 77.9 %로 크게 증가하고 있는 것으로 나타났다.

표 4. 식생지수에 의한 토지피복별 면적 비교

분류항목	면적 (ha)			증가율 (%)	
	1991년	2002년	2007년		
수계	126,164	133,133	132,019	4.64	
녹지	576,040	291,346	265,947	-53.83	
사막지역	약	127,387	62,270	80,940	-36.46
	중간	174,295	64,295	34,985	-79.93
	강	1,322,663	1,775,736	1,812,890	37.06
	합계	1,624,345	1,902,301	1,928,815	18.74

3.4 토지피복분류 방법별 상관관계

토지피복분류 방법별 신뢰성을 분석하기 위해 년도별 토지피복분류에 따른 상관관계를 분석하였다. 상관도의 연도별 평균값을 분석해보면 감독분류방법과 무감독분류 방법은 상관도가 약 96.72 %로 높게 나타났으며, 식생지수에 의한 방법과 무감독분류에 의한 방법이 90.37 %, 감독분류에 의한 방법이 85.13 %로 무감독방법에 의한 분류방법과 상관성이 있는 것으로 나타났다.

위성영상자료를 활용한 토지피복 변화에 대한 신뢰성을 높이기 위해서는 수치지도나 현장자료를 이용한 검증과정이 필요하지만 몽골지역의 경우 수치자료가 충분하지 못해 그 정확도를 검증하기에는 어려움이 있다. 위성영상자료의 분류방법별 토지피복변화를 살펴보면 분

류방법별로 약간의 차이는 있으나 평균적으로 수계는 전체 면적 2백3십만ha 중에서 약 6.4%에서 약 5.8%로 다소 감소하고 있는 것으로 나타났으며, 녹지는 15.2%에서 9.1%로 크게 감소하고 있는 것으로 나타났다. 또한 사막지역의 경우 약 사막지역은 7.3%에서 4.5%로 중간 사막지역은 17.9%에서 15.6%로 감소하고 있으나 강 사막지역은 53.1%에서 65.0%로 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이는 사막지역의 특성상 약 사막지역이나 중간 사막지역이 강 사막지역으로 사막화되고 있음을 나타내고 있다.

4. 결론

이 연구에서는 몽골에서 가장 큰 사구인 오보스 아이막의 부록데린 엘스 사막지역 토지피복상태 변화를, Landsat TM과 ETM+ 영상자료를 이용하여 무감독분류, 감독분류 방법과 NDVI에 의한 방법으로 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, Landsat 위성영상자료의 경우 공간해상도는 다른 위성영상자료에 비해 비교적 낮으나 광범위한 지역에서의 다중분광영상을 얻을 수 있어 사막지역과 같은 넓은 지역에서의 토지 피복 상태를 분석하는데 유용함을 알 수 있었다.

둘째, 위성영상자료의 분광특성을 집단화 시키고 영상을 등급에 따라 분류하는 무감독분류와 감독분류 방법 및 가시광선 영역 적외선 영역의 연산을 통한 NDVI에 의한 방법의하여 사막지역의 토지피복 상태를 수계, 녹지, 사막지역으로 효과적으로 분류 할 수 있음을 알 수 있었다.

셋째, 토지피복 상태별 면적을 비교한 결과 수계와 녹지는 점차 감소하고 있으며 약사막지역 및 중간 사막지역은 감소하고 강사막지역은 증가하고 있는 것으로 나타나 대상지역에서는 사막화가 계속해서 진행되고 있음을 알 수 있었다.

넷째, 토지피복분류 방법별 상관관계를 분석한 결과 감독분류 방법과 무감독분류 방법은 큰 상관관계를 가지고 있었으며, NDVI에 의한 방법은 무감독분류 방법 보다는

감독 분류방법과 좀 더 상관관계가 있는 것으로 나타나, 사막지역의 토지피복을 분류하는 데는 식생지수에 의한 방법과 감독분류에 의한 방법을 사용하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

향후, 본 연구에서 제작된 토지피복지도는 사막화 방지를 위한 대책 수립 및 사막화 원인을 좀 더 명확하게 파악하는데 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- 강승수 (2006), Landsat TM과 ETM+ 영상자료를 이용한 도시지역의 토지피복에 따른 열 분포 해석, 석사학위논문, 금오공과대학교, pp. 23-35.
- 곽미숙 (2005), 위성영상과 GIS를 이용한 광주광역시 토지이용 변화에 관한 연구, 석사학위논문, 전남대학교, pp. 18-25.
- 박준규 (2010), Landsat 영상을 이용한 식생의 변화 탐지, 한국측량학회지, 한국측량학회, 28권, 제 2호, pp. 241-248.
- 이기한 (2008), 몽골 황사발생 현황 조사 및 대응사업 추진방안 연구, 국립환경과학원, pp. 61-66.
- 이사로 (2006), 지질도 GIS 시스템 구축, 한국지질자원연구원, 과학기술부, pp. 75-80.
- Fadhil, A. M. (2009), *Land Degradation Detection Using Geo-Information Technology for Some Sites in Iraq*, Journal of Nahrain University, Vol.12 (3), pp. 94-108.
- Liu, H., Zhou, C., Cheng, W., Long, E. and Li, R. (2008), *Monitoring Sandy Desertification of Otindag Sandy Land based on Multi-data Remote Sensing Images*, Acta Ecologica Sinica, 28(2) pp. 627-635.
- Begzsuren, Sh. (2007), *Integrated desertification assessment in Southern Mongolia*, Ph.D desertation, Wilhelms Universited, Bonn, Germany, pp. 22-44.

(접수일 2010. 08. 17, 심사일 2010. 08. 17, 심사완료일 2010. 08. 23)