

# 무감독분류 기법을 이용한 동아시아지역의 식생변화 경향분석: 1999~2010 NDVI 10-day 자료를 바탕으로 The Trend Analysis of Vegetation Change Applied to Unsupervised Classification Over East Asia: Using the NDVI 10-day data in 1999~2010

김상일\* · 한경수\*\* · 피경진\*\*\*

Kim, Sang Il · Han, Kyung Soo · Pi, Kyoung Jin

## 要 旨

식생의 토지피복은 지구시스템의 일반적인 순환이나 탄소 교환 모델을 설명하기 위한 중요한 변수이다. 본 연구의 동아시아지역의 식생의 상태를 모니터링하고 그에 따른 변화를 이해하는 것이 주목적이다. SPOT VGT센서로부터 취득된 1999년부터 2010년의 NDVI 10-day MVC자료를 이용하였으며 12년간의 토지피복 변화를 비교 분석하였다. 최종적으로 분류된 class를 토지피복에 따라 각각의 class에 해당하는 1999년과 2010년의 Dynamic zone과 Static zone을 나누어 Dynamic zone에 대한 positive change zone과 negative change zone에 대한 분석을 수행하였다. 따라서 각 class에 해당하는 피복들이 대다수 2010년으로 갈수록 변화가 나타나고 있으며 실제 사막지역이 동진하여 식생의 변화가 나타나고 있다는 것을 12년 동안의 자료를 분석하여 확인하였다.

핵심용어 : SPOT VEGETATION, NDVI, Dynamic Zone, Static Zone, 사막지역

## Abstract

Vegetative land cover is an important variable many Earth system process, general circulation and carbon exchange model requires vegetative cover as boundary layer necessary to run model. The purpose of this study is to detect and to understand land surface change. To monitor changes of East Asia vegetation, we used NDVI 10-day MVC data derived from SPOT VEGETATION during 12 years from 1999 to 2010. Finally, according to the land cover of classified class, we performed analysis for dynamic zone(positive change zone and negative change zone), static zone in 1999, 2010. Therefore, land covers corresponding to each class have appeared change by 2010. Land cover change was confirmed by analyzing data during 12 years which appeared vegetation change of surrounding the actual desert area to east.

Keywords : SPOT VEGETATION, NDVI, Dynamic Zone, Static Zone, Desert Area

## 1. 서 론

식생은 물균형, 태양복사의 흡수와 재방출, 잠열과 탄소순환과 같은 프로세스에 영향을 미치기 때문에 식생의 구성과 분포 변화는 지역이나 전지구 규모의 분류 변화에 가장 중요한 요소 중 하나이다. 이러한 에너지 균형, 수문학과 기후 시스템과 같은 환경 시스템의 여

러 측면에 영향을 미치는 토지피복과 변화는 전지구의 기후변화 연구에 중요한 요소로 간주된다(Nemani et al., 1996; XUE, 1996). 지표의 상태와 지표 변화의 특징들은 위성데이터를 이용하여 효과적으로 접근할 수 있으며 또한 공간적으로 넓은 범위와 내부적인 데이터 간의 일관성을 제공할 수 있다. 이러한 이유로 식생을 모니터링하는 중요성이 증가하고 있고 지표와 대기 사

2011년 11월 14일 접수, 2011년 12월 12일 채택

\* 학생회원 · 부경대학교 대학원 공간정보시스템공학과 석사과정(kim.sangill@gmail.com)

\*\* 교신저자 · 부경대학교 환경해양대학 공간정보시스템공학과 부교수(kyung-soo.han@pknu.ac.kr)

\*\*\* 부경대학교 대학원 공간정보시스템공학과 박사과정(pi.kyoungjin@gmail.com)

이의 상호작용을 모델하고 예측하기 위해서 광범위하게 사용된다. 특히 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)는 RED와 NIR밴드에서 얻을 수 있으며 지표 상태와 변화에 믿을 만한 지표로 간주된다 (Myneni et al., 1998; Huemmrich et al.,1999; Cuomo et al., 2001; Lanfredi et al., 2003). 또한 위성 이미지의 시계열적인 분석을 위한 효과적인 방법론 개발은 식생의 변화를 이해하는 것에 가장 중요한 문제 중 하나이며, 시계열적인 요소는 ecosystem과 식생의 상태에 대한 필수적인 정보를 제공한다. 연간 및 장기간 생물적 기후학 패턴의 차이는 전지구 ecosystem 모니터링과 모델링에 중요한 요소이고(Reed et al., 1994, Schwartz, 1999) 시간이 지남에 따라 토지 피복의 변화가 정량적으로 얼마나 변화했는지, 이유가 무엇인지를 더 잘 이해할 수 있도록 한다. 특히 원격탐사의 시계열적인 데이터는 지표변화를 이해하기 위한 중요한 요소이다 (Bethany et al., 2006). 이처럼 식생의 변화와 시기를 정확하게 탐지하는 것은 자원의 관리와 자원의 사용을 용이하게 한다. 또한 동아시아의 식생은 전지구 환경변화의 hot spot이고 급속하게 변화하는 환경을 예측할 수 있는 지표이기 때문에 이 지역의 ecosystem 모니터링은 환경적인 변화를 위해 필수적이다. 또한 미래의 토지 계획에 있어 유용하게 이용될 수 있다. 따라서 이 연구는 동아시아지역의 식생의 상태를 모니터링하고 그에 따른 변화를 이해하는 것이 주목적이다.

### 2. 자료 및 연구영역

본 연구의 연구지역은 동아시아영역으로 위도 20°N to 50°N, 경도 100°E~145°E이다. SPOT/VGT(VEGETATION)은 식생 분석에 사용할 수 있는 채널수가 많은 이점이 있어 SPOT 위성의 VGT센서로부터 취득된 NDVI를 사용하였다. 또한 본 연구에서 사용한 VGT S-product는 S1과 S10의 두 레벨로 제공되며 연구에 사용된 자료는 지리보정과 대기보정이 완료된 S10 자료를 이용하였으며 이는 1일 자료인 S1 자료를 10일 동안에 종합 처리한 것이다. 그 중 NDVI MVC(Maximum Value Compositing)는 10일 동안의 NDVI값 중 최대값을 취하는 것으로 NDVI 산출 시 가장 일반적인 방법 중 하나이며 대기의 영향을 최소화하는 방법이다 (Eidenshink and Faundeen, 1994). 하지만 이러한 과정을 거쳤음에도 불구하고 제거되지 못한 인자들로 인해 NDVI에 low peak가 나타난다. 따라서 이러한 low peak를 제거하기 위한 많은 연구 중 다중다항회귀식을 이용한 방법(염종민 외, 2006)으로 재생산된 NDVI를

이용하였다. 다중다항회귀식을 이용한 방법은 high peak를 추적하여 회귀값을 산출하고 기존의 NDVI 회귀식을 이용하여 산출된 NDVI를 비교하는 방법이다. 따라서 경험적인 반복 과정을 거쳐 low peak가 제거된 보다 선형적인 NDVI 시계열 자료를 제공할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 동아시아 지역의 식생의 변화를 추론하기 위해 SPOT/VGT의 재생산된 NDVI를 1999년부터 2010년 자료를 이용하였다. 토지피복의 종류와 비율을 파악하기 위해 보조자료로 2001년에 제작한 1km MODIS Land Cover를 사용하였다.

### 3. 연구 방법 및 자료처리

전반적인 연구 방법은 그림 1과 같고 구체적인 방법은 다음과 같다.

기후대를 고려한 토지피복 class의 sub-class clustering을 수행하기 위한 방법은 식 (1)에 나타나 있다. MODIS Land Cover 2001년을 이용하여 각각의 class에 대하여 무감독분류를 수행하기 위한 클러스터의 수를 결정하였으며 sub-class clustering은 1999년부터 2010년 12년간의 SPOT /VGT S10 NDVI자료에 대해 수행되었다.

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \| X_i^{(j)} - C_j \|^2 \tag{1}$$

식 (1)에서 i는 해당 픽셀을 나타내며 j는 해당화소의

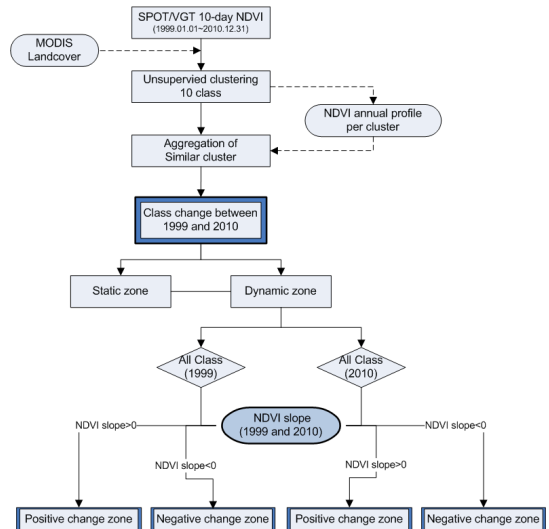


그림 1. 동아시아지역의 식생변화 경향분석을 위한 연구 흐름도

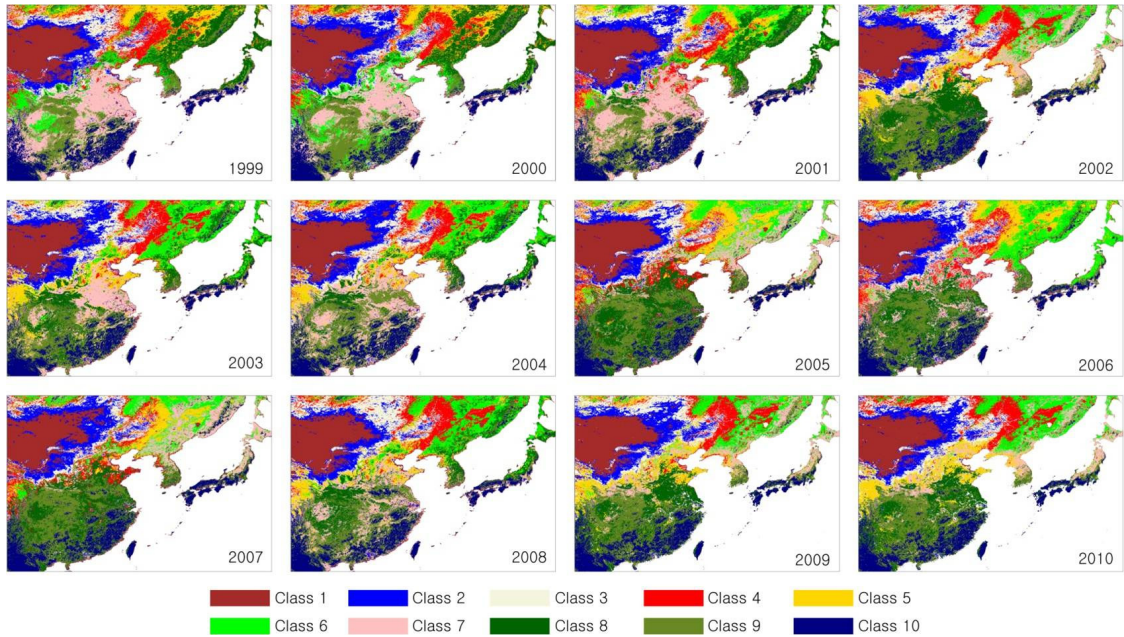


그림 2. 1999년부터 2010년까지의 SPOT VEGETATION의 무감독분류 결과(10 Class)

클러스터를 나타낸다.  $k$ 는 클러스터 수를 의미하며  $n$ 은 픽셀의 수를 나타낸다.  $\|X_i^{(j)} - C_j\|^2$ 은  $j$ 번째 클러스터의  $i$ 번째 화소값  $X_i^{(j)}$ 와  $j$ 번째 클러스터의 중심값  $C_j$ 와의 물리적 거리(Euclidian distance)를 나타낸다. ISODATA 감독 분류법은 정해진 개수의 초기 클러스터에 대한 중심벡터를 임의로 설정하여 클러스터를 수행하는 방법으로 반복 계산시 각 클러스터의 새로운 평균이 계산되며 클러스터 정리 시 클러스터의 표준편차 값을 분석하여 편차가 너무 큰 경우 두 개의 클러스터로 분리 할 수 있다. 이러한 클러스터 분리 기능을 가짐으로써 읽어 들인 모든 픽셀은 분광 특성상 물리적 거리가 가장 가까운 클러스터로 할당된다. 무감독분류는 감독분류에 비해 광범위한 사전지식 없이 통계적인 반복에 의해 유사한 픽셀들을 그룹화 하는 것으로 간단하고 빠르게 수행될 수 있는 장점을 가지고 있다.

MODIS Land Cover Map의 sub-class clustering 결과로 10개의 class로 재 분류하였으며(그림 2) 대표적인 연도별 class 내의 클러스터 NDVI 성장곡선은 그림 3과 같다. 그림 3은 성장곡선의 대표적인 예로 1999년의 class 8과 2010년의 class 8이 서로 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이는 분류된 각 클러스터의 NDVI 성장곡선은 동일한 class 임에도 불구하고 다양하게 나타나는데 이는 동일한 class 내에서 발생하는 성장주기의 이질성을 잘 보여주고 있다.

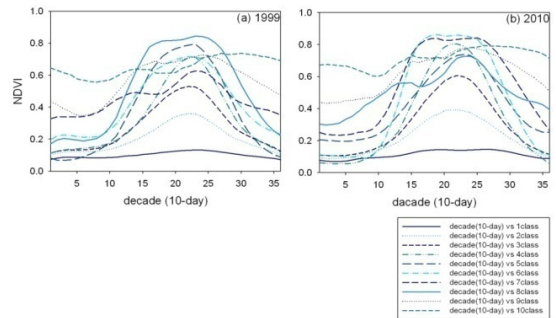


그림 3. 1999년, 2010년 class의 NDVI 성장곡선

따라서 sub-class clustering한 동아시아지역의 각각의 클러스터에 대하여 비슷한 성질을 가지는 성장곡선을 class별로 재 분류하여 NDVI 성장곡선을 고려하여 명명하였다. 명명한 Class들의 NDVI 성장곡선은 그림 4와 같고 이러한 복잡한 성장구조를 보이는 각 class의 자료를 비슷한 성질로 재분류하여 보다 자료의 분석을 용이하게 한다.

#### 4. 분석 및 결과

최종적으로 분류된 class를 토지피복에 따라 각각의 class에 해당하는 1999년과 2010년의 변화 지역(Dynamic zone)과 변화하지 않은 지역(static zone)을

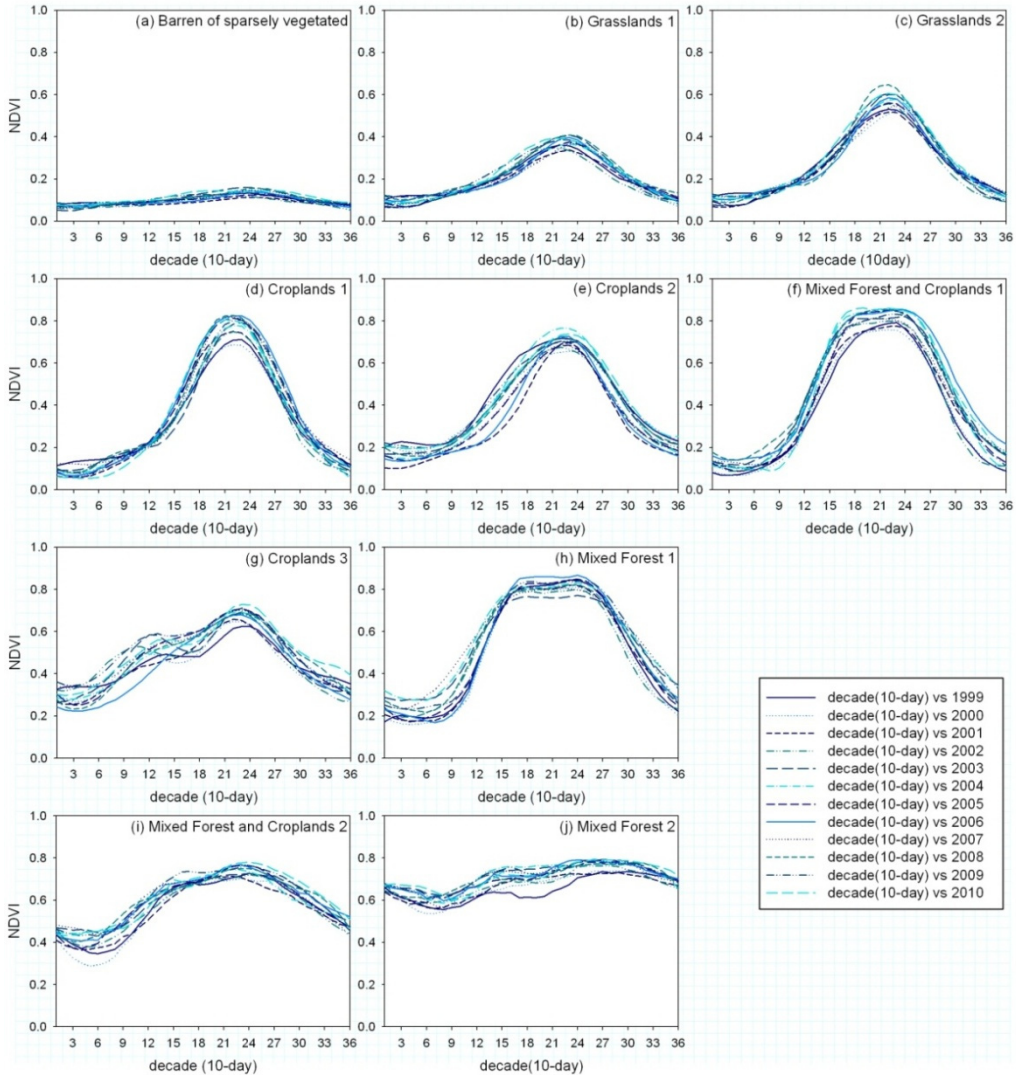


그림 4. Class별 통합된 각 class의 성장곡선

나누고 12년 동안의 NDVI 기울기를 이용해 Dynamic zone에 대한 1999년과 2010년에 대한 positive change zone 과 negative change zone에 대한 분석을 하였고 그림 5와 같이 나타내었다.

먼저 식생밀도가 가장 낮은 Barren of sparsely vegetated는 그림 5(a)와 같이 두 연도 모두 고비사막을 중심으로 분포되어 있다. 또한 각 연도의 Dynamic zone은 고비사막 변두리에서 분포가 감소한 것을 볼 수 있다. 그리고 고비사막의 동쪽으로 변화가 있음을 확인 할 수 있다. Grasslands 1과 Grasslands 2는 그림 5(b),(c)와 같이 고비사막을 중심으로 그 가장자리 동쪽으로 변화가 크게 나타났으며 negative change zone의

비율이 상대적으로 크다. 이는 사막화의 영향으로 보이며 전반적으로 동쪽으로 확장하고 있으며 사막화와 관련되어 식생의 감소가 보인다. 그림 5(d)는 croplands 1로 작물지역이 상대적으로 1999년보다 2010년에 줄어들었으며(표 1) 그림 5(e)에서와 같이 croplands 2는 작물지역이 남하하고 있는 것으로 보여 진다. 그림 5(f)는 상대적으로 1999년보다 2010년에 Dynamic zone의 변화가 없다(표 2). 이는 2010년에 해당하는croplands 3의 수가 1999년보다 상대적으로 2010년의 면적이 줄어들었다는 것을 알 수 있고 농업지역의 변화가 있었다는 것을 알 수 있다. 그림 5(g)는 mixed forest 1지역으로 negative change zone의 영향이 큰 것으로 보아 식

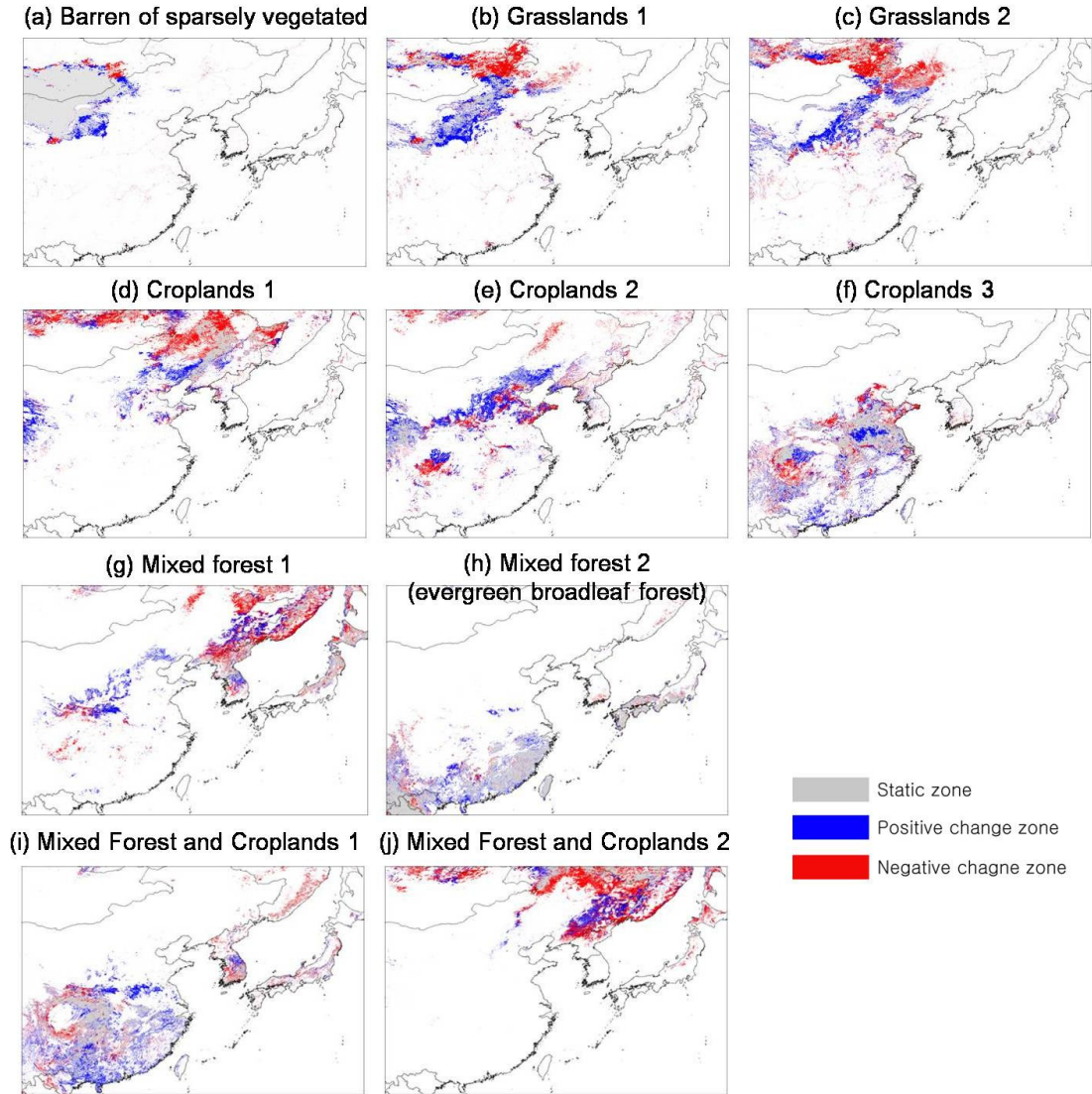


그림 5. 1999년과 2010년의 static zone과 Dynamic zone(positive change zone과 negative change zone)의 비교

생의 상태가 좋지 않은 것으로 보인다(표 2). 또한 Mixed Forest 2의 그림 5(h)는 mixed forest중 evergreen broadleaf forest로 변화가 가장 없는 class이다. Mixed Forest and Croplands 1의 그림 5(i)는 식생의 상태가 호전되고 있으며 그림 5(j)에 해당하는 Mixed Forest and Croplands 2는 만주지역과 북한지역의 식생의 밀도가 악화되고 있으며 식생의 변화가 negative change zone으로 남하하고 있는 것을 단적으로 알 수 있다.

또한 표 1은 각 class에 해당하는 면적을 비교한 것으로 전반적으로 2010년으로 갈수록 사막주위 class들의 면적이 증가하였다.

하지만 이와는 다르게 Croplands 3과 Mixed Forest 1 지역은 2010년으로 갈수록 면적이 줄어드는 경향을 보인다. 종합하여 각 class에 대한 dynamic zone의 positive change zone과 negative change zone의 변화를 나타내는 표 2는 dynamic zone에서 전반적으로 부정적인 변화가 크게 나타나며 특정 class에서는 부정적인 영향이 큰 변화를 보인다. 따라서 각 class에 해당하는 피복들이 대다수 2010년으로 갈수록 변화가 나타나고 있으며 실제 사막지역이 동쪽으로 이동하여 식생의 변화가 나타나고 있다는 것을 단적으로 알 수 있다.

표 1. 1999년과 2010년의 각 Class별 총 면적과 Dynamic zone 면적 비교

Class	1999		2010	
	Total area(km <sup>2</sup> )	Dynamic zone(km <sup>2</sup> )	Total area(km <sup>2</sup> )	Dynamic zone(km <sup>2</sup> )
Barren of sparsely vegetated	1191037	119871	1224504	153338
Grasslands 1	855003	395603	1015983	556583
Grasslands 2	1114795	643693	1277722	806620
Croplands 1	937201	520966	1112262	696027
Croplands 2	836769	551676	849306	564213
Croplands 3	1443115	583884	1032135	172904
Mixed Forest 1	931598	517953	733702	320057
Mixed Forest 2	1175675	301388	1187328	313041
Mixed Forest and Croplands 1	782244	462921	878316	558993
Mixed Forest and Croplands 2	1256865	388492	1470988	602615

표 2. Total dynamic zone의 각 Class별 positive change zone과 negative change zone의 면적 비교

Class	dynamic zone(km <sup>2</sup> )	
	Positive	Negative
Barren of sparsely vegetated	169,481	103,728
Grasslands 1	534,797	417,389
Grasslands 2	645,222	805,091
Croplands 1	461,965	755,028
Croplands 2	665,005	450,884
Croplands 3	420,632	336,156
Mixed Forest 1	344,026	493,984
Mixed Forest 2	413,521	200,908
Mixed Forest and Croplands 1	588,844	402,263
Mixed Forest and Croplands 2	280,838	741,076
Total class	4,524,331	4,706,507

5. 결론

본 연구는 동아시아지역의 토지피복의 상태를 모니터링하고 변화를 이해하는 것에 그 목적이 있다. 자료는 SPOT VGT센서로부터 취득된 1999년부터 2010년의 NDVI 10-day MVC자료를 이용하였으며 다중다항 회귀식으로 재생산된 NDVI를 이용하여 12년간의 토지피복 변화를 비교 분석하였다. 각 class마다 무감독분류 통해 10개의 class로 재 분류하였으며 NDVI 패턴이 비슷한 클러스터들은 분류하여 명명하였다. 또한 전반적으로 2010년으로 갈수록 총면적이 증가하였지만 작농지역이나 forest는 상대적으로 면적이 줄어들었다. 또한 고비사막을 중심으로 Dynamic zone은 고비사막 변두리에서 변화 경향을 알 수 있다. dynamic zone에서 전반적으로 부정적인 변화가 크게 나타나며 특정 class

에서는 부정적인 영향이 큰 변화를 보인다. 따라서 각 class에 해당하는 피복들이 대다수 2010년으로 갈수록 변화가 나타나고 있으며 실제 사막지역이 동진하여 식생의 변화가 나타나고 있다는 것을 단적으로 알 수 있다. 향후에는 이렇게 발생한 지역의 위치를 확인하여 앞으로의 관심 대상영역으로 삼을 수 있을 것으로 사료되며 식생과 관련한 다양한 변수들을 이용하여 좀 더 심도 깊은 연구가 진행되어 야할 필요성이 있다.

감사의 글

본 연구는 기상청 “기상지진개발사업(CATER 2006-4016)”의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 염종민, 한경수, 김영섭, 2006, “정규식생지수(NDVI) 산출시 발생하는 노이즈 제거에 관한 연구”, 대한원격탐사학회 2006년도 춘계학술대회 논문집, *대한원격탐사학회*, Vol.9, pp.113-116.
2. Bethany, A. B., Robert W. J., John F. H. and John F. M., 2006, “A curve fitting procedure to derive inter-annual phenologies from time series of noisy satellite NDVI data”, *Remote sensing of environment*, Vol.106(2), pp.137-145.
3. Cuomo, V., Lanfredi, M., Lasaponara, R., Macchiato, M.F., Simoniello, T., 2001, “Detection of inter-annual variation of vegetation in middle and southern Italy during 1999-1999 with 1 km NOAA AVHRR”, *journal of Geophysical Research*, Vol.106 (17), 863-917, 876.
4. Eidenshink, J. C. and Faundeen, J. L., 1994, “The 1 km AVHRR global land data set: first stages in

- implementation”, *International Journal of Remote Sensing*, Vol.15, pp.3443-3462.
5. Huemmrich, K.E., Black, T.A., Jarvis, P.G., McCaughey, J.H., Hall, E.G., 1999. “Remote sensing of carbon/water/energy parameters: high temporal resolution NDVI phenology from micrometeorological radiation sensors”, *journal of Geophysical Research*, 104 (27), 935-1027, 944.
  6. Lanfredi, M., Simoniello, T., Lasaponara, R., Cuomo, V. Macchiato, M.F., 2003. “Multiresolution spatial characterization of land degradation phenomena in Southern Italy from 1985 to 1999 using NOAA-AVHRR NDVI data”, *journal of Geophysical Research*, Vol.30, p.1069.
  7. Myneni, R.B., Tucker, C.J., Asrar, G., Keeling, C.D., 1998. “Interannual variation in satellite sensed vegetation index data from 1981 to 1991”, *journal of Geophysical Research*, Vol.103, pp.6145-6160.
  8. Nemani, R., Running, S.W., 1996 “Implementation of a hierarchical global vegetation classification in ecosystem function models”, *Journal of Vegetation Science*, Vol.7(3), pp.337-346.
  9. Reed, B. C., Brown, J. F., Vanderzee, D., Loveland, T. R., erchant, J. W., and Ohlen, D. O., 1994, “Measuring phenological variability from satellite imagery”, *Journal of Vegetation Science*, Vol.5, pp.703-714.
  10. Schwartz, M. D., 1999, “Advancing to full bloom: Planning phenological research for the 21st century”. *International Journal of Biometeorology*, Vol.42, pp.113-118.