SPOT-VGT S10 NDVI 자료를 이용한 충청남도 연평균식생지수 분석

김성훈 · 장동호

공주대학교 지리학과

(2013년 11월 20일 접수, 2013년 12월 3일 수정, 2013년 12월 9일 게재 확정)

Analysis of Yearly Mean Vegetation Index Using SPOT-VGT S10 NDVI Data in Chungcheongnam-do, South Korea

Sung-Hoon Kim · Dong-Ho Jang

Department of Geography, Kongju National University

(Received 20 November 2013, Revised 3 December 2013, Accepted 9 December 2013)

Abstract : In this study, the yearly mean normalized difference vegetation index(YMNDVI) in Chungcheongnam-do was calculated using S10 NDVI data of the vegetation sensor for SPOT 4 and 5. Based on this calculation, statistical values such as mean value, standard deviation and coefficient of variation were determined. In addition, a comparative analysis was performed by calculating YMNDVI for cities and counties of Chungcheongnam-do. The YMNDVI of Chungcheongnam-do revealed a slight increase during 14 years between 1999 to 2012. However, it showed only a slight change within the range of 0.476 to 0.553, and no significant increase or decrease was noted. As a result, the highest YMNDVI was 0.553 at 2009, the lowest YMNDVI was 0.476 at 2001 and 2006. The mean value of YMNDVI in Chungcheongnam-do for 14 years turned out to be 0.502. As a result of the regional YMNDVI analysis, the highest YMNDVI region was Geumsan-gun, followed by Geryong-si, Cheongyang-gun and Gongju-si. The lowest YMNDVI region was Taean-gun, followed by Dangjin-si, Seosan-si and Seoecheon-gun. An analysis of coefficient of variation in the research area showed that the mean value of Chungcheongnam-do was 4.2%, while the overall value was also not that high.

Key Words : SPOT VEGETATION, S10 NDVI, YMNDVI, Chungcheongnam-do

1. 서론

최근 인간 활동에 의한 기후변화는 지구 역사적으로 생물들이 경험하지 못한 속도로 빠르게 진행되어 생물다양성이 크게 감소될 것으로 예상된다. 즉 현재 진행되고 있는 기후변화의 속도는 자

연적인 기후변화 속도보다 매우 빨라 이런 변화를 생물이 적응할 수 있을지 불확실하다(한국농촌경제연구원, 2009). 국립기상연구소는 한반도의 연평균 기온이 지난 100년간 1.8℃ 상승하였고, 비슷한 기간 전 지구 평균기온이 0.75℃ 상승한 점을 감안하였을 때, 한반도의 온난화 속도가 평균

보다 두 배 이상 빨라 진 것으로 분석하였다(기상청, 2013).

이러한 기온 상승은 다양한 환경 분야에서 광범위하게 영향을 줄 것으로 예상되며, 그 중 생태계와 관련하여 식생종의 변화, 생물종 및 생물 다양성의 변화, 산림 및 농업 생산량 등의 변화를 초래할 가능성이 높다(채희문, 2012; 신현택 외, 20120). 특히, 산림생태계는 기후변화의 원인 물질로 생각되고 있는 이산화탄소를 흡수하거나 방출할 수 있는 역할을 하기 때문에 기후변화와 밀접한 관련이 있다(Dale *et al.*, 2001; 변정연 외, 2012). 또한 산림생태계는 지구의 대기 순환뿐만 아니라 가뭄과 홍수로부터 토지를 보호하고, 풍부한 생물 다양성을 제공하며 생태계에 영향을 미치는 매우 중요한 자원으로 그 중요성이 부각되고 있다.

최근 들어 기후변화로 인한 산림생태계 변화를 과학적으로 예측, 평가하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 특히 식생환경 변화를 원격탐사 자료를 이용하여 분석하는 연구들이 여러 분야에서 광범위하게 진행되고 있다(김인환 외, 2011; 김장수·장동호, 2012; 김성훈·장동호, 2013). 원격탐사 자료는 광범위한 지역에 대한 주기적 조사가 가능하며, 시·공간적 변동성이 큰 지역의 관찰에 용이하다. 따라서 많은 시간과 비용이 들어가는 현장조사 대신에 시계열적인 공간 변화에 대한 신속하고 정확한 정보처리가 가능한 원격탐사 기술이 매우 유용하게 사용 될 수 있다(김성훈·장동호, 2013). 특히, 원격탐사 자료를 활용한 산림환경 변화 연구 중 식생의 분포량과 활도를 지시하는 정규식생지수(NDVI, Normalized Difference Vegetation Index)는 식생 변화를 정량적으로 탐지할 수 있어 넓은 지역의 식생활력도를 탐지하는데 폭넓게 활용되고 있다(Li and Guo, 2012).

원격탐사 자료를 이용한 식생환경 변화와 관련된 선행연구들을 살펴보면, 국외의 경우, Zhang *et al.*(2012)은 SPOT VEGETATION 센서의 NDVI 자료를 이용하여 중국 북동부 사막지역의 생태 및 환경 보호를 위해 실시한 생태복원프로젝트의 효과에 대한 평가를 실시하였으며, Liu *et al.*(2011)은 위성영상의 식생지수를 이용하여 중국 북부지방의 식생변화 탐지를 실시하였다. 이밖에 다양한 위성의 센서를 이용하여 NDVI 모니터링, 산불탐지 등의 다양한 연구가 수행되었다(Maselli, 2004; Lentile *et al.*, 2006).

국내의 경우, 차수영 외(2009)는 북한 개마고원 및 백무고원을 대상으로 식생의 생물계절 특징에 대한 모니터링 연구를 수행하였으며, 김인환 외(2011)는 한반도 영역의 지난 10년간 NDVI 자료를 이용하여 조화분석을 실시, 이를 통해 식생 성장 주기 변화 양상을 정량적으로 평가하였다. 또한 정명희 외(2012)도 MODIS NDVI 자료와 하모닉 모델(Harmonic Model)을 이용하여 한반도의 산림 변화 모니터링에 대한 연구를 수행한 바 있다.

이상의 NDVI를 이용한 식생 모니터링에 대한 연구들은 주로 하모닉 분석에 중점을 두고 있다. 하모닉 분석은 전처리 된 영상에서 완전히 제거되지 못한 노이즈를 제거할 수 있으며, 1년 주기로 성장과 쇠퇴를 반복하는 한반도의 식생 분석에 적합한 연구방법이다. 하지만 하모닉 분석은 자료처리의 어려움과 식생의 변화 탐지에 있어서 시각적으로 유용하지 못하다는 단점이 있다. 또한 최근 들어 기후변화로 인한 전지구적 기온 상승은 광역적 식생 변화를 포함한 생물종의 서식환경 변화에 영향을 주고 있어서 체계적이고 과학적인 모니터링이 필요한 시점이다.

본 연구에서는 시기별 YMNDVI(Yearly Mean Normalized Difference Vegetation Index) 개념을

이용하여 연도별 식생지수를 산출하여 다년간 식생 변화를 시각적·정량적으로 탐지하고자 한다. 특히 기후자료 및 임상통계자료와 YMNDVI의 상관성 검토를 통해 식생지수 변화 원인을 분석하고자 한다. 또한 충남 시·군별 YMNDVI 변화를 도출하여 향후 지역단위의 식생변화 탐지를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구지역, 연구방법 및 자료

1) 연구지역

연구지역인 충청남도는 한반도 중부지방의 서쪽에 위치하며, 북으로는 대체로 아산만을 경계로 경기도의 평택시·안성군과 맞닿아 있으며, 동으로는 충청북도의 진천군·청원군, 대전광역시, 충청북도의 보은군·영동군과 접하고 있다. 남으로는 주로 금강을 경계로 전라북도의 군산시·익산시·완주군·진안군·무주군과 접경하고 있으며, 서쪽으로는 바다에 면하여 서해와 접하고 있다. 연구지역인 충청남도의 지리적 좌표는 $126^{\circ}06'39''\text{E} \sim 127^{\circ}37'23''\text{E}$, $35^{\circ}59'02''\text{N} \sim 37^{\circ}04'19''\text{N}$ 에 해당한다. 충청남도는 2013년 현재 8개 시, 7개 군 등으로, 총 15개 시·군으로 구성되어 있으나, 본 연구에서는 2011년을 기준으로 과거 연기군을 포함한 총 16개의 시·군으로 연구를 수행하였다(그림 1).

충청남도 지형은 강원도의 오대산 부근에서 태백산맥으로부터 갈라져 남남서 방향으로 달리는 산지가 충청북도와 경기도의 경계를 이루다가 충청남도의 중앙을 달리는 차령산맥, 그 북서쪽의 가야산지, 남동쪽의 계룡산지, 그리고 남동쪽의 금산분지를 둘러싸고 있는 금산고원 등에 의해 결정된다. 차령산맥은 평균고도 600m 정도로써 충청남도에서 가장 연속성이 가장 강한 산지이지만

그림 1. 연구지역 위치도

우리나라의 다른 산맥들은 물론 강원도와 경기·충북의 차령산맥 상부지역에 비해서도 그 고도와 연속성은 낮은 편에 속한다. 가야산지는 충청남도의 북서부에서 남북으로 달리면서 태안반도를 내륙지방과 갈라놓고 있으며, 서해안지역의 일반적인 특징인 저산성 산지와 구룡성 산지로 노년기 지형의 양상이 나타난다. 계룡산지는 계룡산을 주봉으로 하여 남북방향으로 달리는 산지로 가야산지와 함께 잔구성 산지의 모습이 나타난다(충청남도지편찬위원회, 2006).

2) 연구방법 및 사용자료

본 연구에서는 SPOT VEGETATION S10 NDVI 자료를 이용하여 1999년부터 2012년까지의 연도별식생지수(YMNDVI)를 산출하고, 이를 바탕으로 평균값, 표준편차, 변동계수 등의 통계값을 작성하였다. 이를 통하여 1999년부터 2012년까지 14년간의 YMNDVI에 대한 변화 추이를 유발하는 요인을 검토하였다. 또한 충청남도 시·군별 YMNDVI를 산출하여 통계값을 비교하고, 이에 대한 원인을 분석하고자 하였다. 이를 위해 다음과 같은 연구방법으로 수행하였다.

첫 번째로, 연구지역의 YMNDVI의 변화를 알아보기 위해 SPOT VEGETATION 센서의 S10 NDVI 자료를 획득하였다. S10 NDVI 자료는 하루 동안 관측한 모든 영상을 전구 영역에 대해 모자이크 처리한 자료, 즉 S1자료를 10동안의 주기로 병합한 자료이다. S10 NDVI 결합 방법에는 최대값 결합(Maximum Value Compositing: MVC) 기법을 이용하였는데, MVC 기법은 10일 동안 동일한 위치의 화소 값에 대하여 가장 높은 값을 선택하는 방법으로 NDVI 산출 시, 구름과 대기, 지표면의 수분에 의해 발생하는 오차를 최대값을 활용하여 보정하는 가장 일반적인 방법이다(Eidenshink and Faundeen, 1994).

두 번째로, SPOT VEGETATION 센서의 S10 NDVI 자료의 정확도를 비교하기 위해 Landsat TM에서 획득한 NDVI 자료와 비교분석하였다. 이를 위해 동일시기의 Landsat TM(2009년 5월 1일) 자료와 S10 NDVI 자료(2009년 5월 1일~10일)의 편차영상을 제작하였다.

세 번째로, 취득한 S10 NDVI 영상을 (식 1)에 따라 실제 NDVI(Real NDVI)로 변환하며, 변환된 Real NDVI는 MVC 기법을 통해 월 최대 식생지수(Maximum Monthly Normalized Difference Vegetation Index: MNDVI)를 작성하였다. 또한 작성된 12개의 MNDVI를 재 취합하여 평균하면 YMNDVI를 산출할 수 있다(Zhang *et al.*, 2012). 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$NDVI_{real} = (0.004 \times DN) - 0.1 \quad (1)$$

$$MNDVI = \max(NDVI_1, NDVI_2, NDVI_3) - 0.1 \quad (2)$$

$$MNDVI = \frac{\sum_{i=1}^{12} MNDVI_i}{12} \quad (3)$$

마지막으로, 작성된 YMNDVI의 통계 값을 추출하여 평균값과 표준편차를 구했으며, 이를 변

동계수로 변환하였다. 도출된 통계값을 이용하여 14년간의 충청남도 YMNDVI에 대한 시계열적 변화를 살펴보았으며, 소폭으로 증가하거나 감소하는 추세에 대한 요인을 분석하기 위해 임상의 성장에 큰 영향을 미치는 기온 및 강수량 자료와 임상통계자료 중 산림면적과 임목축적과의 상관관계를 분석하였다. 최종적으로 충남 시·군별 YMNDVI 변화를 도출하여 지역별 변화 차이를 검토하였다.

본 연구에 사용된 SPOT 위성은 프랑스 주도하에 벨기에와 스웨덴과 공동으로 개발되었으며, VEGETATION 센서는 농작물 및 환경변화를 매일 관측하기 위한 목적으로 탑재되었다. 1998년 3월에 발사된 SPOT 4호부터 VEGETATION 센서가 탑재되기 시작하였으며, 2002년 5월에 발사된 SPOT 5호 위성에서도 같은 성능의 센서를 탑재하였기 때문에 밴드폭, 주기해상도, 공간해상도, 관측폭 등이 동일하다(표 1). 본 연구에서는 1999년부터 2001년까지는 SPOT 4호의 영상을 사용하였으며, 2002년부터 2012년까지는 SPOT 5호의 영상을 사용하였다. 두 위성영상의 처리 단계별 오차는 없으며, 영상분석 및 자료처리에는 ERDAS IMAGINE 9.1과 ArcMap 9.3을 이용하였다.

표 1. SPOT VEGETATION 특징

	SPOT-4	SPOT-5
밴드폭(μm)	B0: 0.43~0.47 B2: 0.61~0.68 B3: 0.78~0.89 B4: 1.58~1.75	B0: 0.43~0.47 B2: 0.61~0.68 B3: 0.78~0.89 B4: 1.58~1.75
주기 해상도	1 일	1일
공간 해상도	1km	1km
관측폭	2,250km	2,250km

출처: Jensen, 2005

그림 2. Landsat TM NDVI와 SPOT S10 NDVI 영상 및 편차영상

3. SPOT VEGETATION를 이용한 YMNDVI 산출 결과

1) 충청남도 YMNDVI 작성

본 연구에서는 YMNDVI의 변화를 알아보기 위해 SPOT VEGETATION 센서의 S10 NDVI 자료를 사용하였다. 특히, S10 NDVI 자료의 정확도를 비교하기 위해 Landsat TM에서 획득한 NDVI 자료와의 편차영상을 작성하여 비교분석하였다.

그 결과, Landsat TM은 산지지역의 지형 및 구릉지의 식생까지 잘 표현되는 것을 확인할 수 있었다. 반면에 S10 NDVI는 smoothing filter를 적용한 것처럼 산지 및 구릉지의 식생분포가 다소 완화되어 표현되었다. NDVI에서 작성된 편차영상에서는 높은 산지지역보다는 구릉지 및 해안지역에서 NDVI 값이 다른 것으로 나타났다(그림 2). 즉, 당진 및 천안, 아산지역의 구릉지와 홍성 및 태안지역의 해안가를 중심으로 NDVI 값의 편차가 큰 것으로 나타났다. 이밖에 금산군 일대에서도 NDVI 편차가 큰 지역이 산발적으로 나타난다. 이러한 원인은 전자의 경우 공간해상도의 차에 기인한 것으로 판단된다. 즉 Landsat TM의 경우 공간해상도가 30m 인데 비해, S10 NDVI는 1

km의 공간해상도를 보유하고 있어서 여러 개의 지면피복 유형이 혼합되어 과대 표현되는 것으로 판단된다. 반면에 후자의 경우는 Landsat TM 영상을 이용하여 연구지역을 추출하면서 시기가 서로 다른 영상을 사용하였기 때문에 편차가 과대추정된 것으로 판단된다.

충남지역의 NDVI 편차영상의 통계를 살펴보면, 편차 최대값은 음으로 -0.832 , 양으로 0.322 로 나타났다. 하지만 편차 평균은 -0.189 로 S10 NDVI 값과 Landsat NDVI 값의 편차 차이가 크지 않은 것으로 비교분석 되었다. 그림 3은 이를 최종적으로 확인하기 위하여 작성된 편차영상의 히스토그램이다. 편차영상에서 히스토그램은 NDVI 편차가 0을 기준으로 값이 커질수록 화소

그림 3. Landsat TM NDVI와 SPOT S10 NDVI 편차영상의 히스토그램

그림 4. 연구지역 연도별 YMNDVI(1999~2012년)

수(frequency)가 기하급수적으로 감소하며, 대부분 $-0.347 \sim 0.01$ 사이에 분포하였다. 따라서 한반도 및 동아시아 지역의 식생지수 변화 분석에 S10 NDVI 자료의 활용은 유용할 것으로 판단된다.

2) 충청남도 YMNDVI 산출 결과

식생활력도를 나타내는 NDVI는 산림 환경을 모니터링하고 시계열 변화에 기초하여 식생의 연중 변화 양상을 추정 하는 등 산림 분야에서 중요하게 활용될 수 있다. NDVI는 상대 값으로 -1 에서 $+1$ 범위를 가지며, $+1$ 에 가까울수록 식생의 분포량과 활성도가 크다는 것을 의미한다. 그림 4는 연구지역의 연도별 YMNDVI 값을 지도화한 것이다. YMNDVI 값은 취득된 S10 NDVI 영상과 MVC기법을 이용하여 MNDVI를 계산하였고, 계산된 12개의 월별 영상을 취합한 뒤 평균값을 계산하여 최종 작성하였다.

14년간 충청남도의 YMNDVI 변화 추세를 보면, 1999년부터 2001년까지는 감소하였으며, 2002년부터 2004년까지는 증가하였다. 이후 2006년까지는 약간 감소하였으며, 2009년까지 다시 증가하는 추세이다. 따라서 14년간의 YMNDVI 추세는 지속적으로 증가하거나 감소하는 등의 일관성은 관찰할 수 없으며, 특정한 패턴도 없다. 또한 1999년부터 2012년까지 14년간 YMNDVI는 $0.476 \sim 0.553$ 사이의 범위에서만 변동이 있을 뿐, 큰 폭으로 증가하거나 감소하지 않았다. 시기별로 보면, 2009년의 YMNDVI가 0.553으로 가장 높았으며, 2001년과 2006년의 YMNDVI가 0.476으로 가장 낮다. 14년간 충청남도 YMNDVI의 평균값은 0.502로 나타났다(그림 5).

1999년부터 2012년까지 14년간의 충청남도 YMNDVI는 연도별로 소폭 증가하거나 감소하는 추이를 보이는데, 이러한 차이를 유발하는 요

그림 5. YMNDVI 분석결과(1999~2012년)

인을 분석하기 위해 임상의 성장에 큰 영향을 미치는 기온 및 강수량 자료와 임상통계자료 중 산림면적과 임목축적과의 상관관계를 분석하였다. 분석에 사용된 자료 중 기온 및 강수량자료는 충남에 분포하고 있는 기상대(서산, 천안, 보령, 부여, 금산)의 14년간의 자료를 활용하였으며, 임상통계자료는 2012년 자료를 제공하지 않아 1999~2011년까지의 자료만을 활용하였다.

먼저 자료의 유의성 검증 결과, 강수량, 평균기온, 임목지면적, 임목축적 모두 유의수준 5%에서 YMNDVI의 변화에 대해 통계적으로 유의하다. 하지만, 상관성 분석에서는 평균기온의 상관계수가 0.427, 강수량의 상관계수가 -0.12 , 임목지면적의 상관계수가 0.023, 임목축적의 상관계수가 0.379로 나타나서 전반적으로 상관성이 없다. 다만, 평균기온과 임목축적의 변화는 YMNDVI와 약간의 상관성이 있는 것으로 분석되었다(그림 6). 향후 충청남도의 평균기온이 상승하거나 임목축적이 증가할 경우 YMNDVI도 어느 정도 상승할 것으로 예상된다.

3) 충청남도 시/군별 YMNDVI 산출 결과

본 연구에서는 충청남도 YMNDVI의 지역별 변화 차이를 검토하기 위하여 시·군별로 1999년부터 2012년까지 14년간의 평균값과 변동계수를

그림 6. 요소별 상관관계 분석 결과

작성하여 비교·분석하였다(그림 7). 그 결과, 평균값이 가장 높은 지역은 금산군으로, YMNDVI는 0.584였으며, 뒤를 이어 계룡시가 0.569. 청양군이 0.568, 공주시가 0.562로 높게 나타났다. 반면에 YMNDVI가 가장 낮은 지역은 태안군으로 0.385였으며, 다음으로 당진시가 0.440, 서산시가 0.443, 서천군이 0.459 등으로 낮았다.

시·군별로 보면, 충청남도의 변동계수는 4.2% 정도로 전체적으로 높지 않은 것으로 분석되었다. 시·군별로 살펴보면, YMNDVI가 가장 낮은 태안군의 변동계수가 5.3%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 당진시가 5.0%, 서산시가 4.9%로 나타났다. 반면에 가장 낮은 지역은 금산군으로 변동계수는 3.4%였으며, 뒤를 이어 청양군이 3.6%, 공주시가 3.8%로 낮다.

YMNDVI의 평균값과 변동계수가 시·군별로 차이가 나타나는 주된 원인은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 먼저, 임목지 면적이 해당 시·군의 전체 면적에서 차지하는 비율이 높을수록 평균값이 높게 나타났으며, 반면에 변동계수는 낮게 나타났다(그림 8). 즉, 시·군별 YMNDVI의 차이는 임목지 면적의 비율 차에 따른 결과이다. 다음으로, 지리적 위치와 지형적 특성으로 인해 평균값과 변동계수의 시·군별 차이가 나타난다. 즉, 서해와 인접한 해안지역의 시·군이나 구릉지의 면적이 넓은 태안군, 서산시, 아산시, 서천군 등이 평균값이 대체적으로 낮게 나타났다.

이러한 시·군별 YMNDVI 값의 지역적 차이를 임목지 면적 비율과 비교하여 보면, 공주시, 계룡시, 금산군, 청양군 등의 시·군은 전체 면

그림 7. 시·군별 YMNDVI 및 변동계수

그림 8. 시·군별 임목지 비율과 YMNDVI의 관계

적 중 임목지 면적이 차지하는 비율이 높게 나타났으며, 이에 따른 YMNDVI도 높게 나타났다. 반면에 서해안과 인접해 있는 지역은 대부분 YMNDVI가 낮게 나타나는 경향을 보였다. 하지만, 보령시는 서해안에 인접한 시·군이고 임목지 면적 비율이 16개 시·군 중 높은 편에 속하지만, YMNDVI 값은 낮다. 이러한 원인은 보령시가 서해안과 인접한 시·군이지만, 주변에 비교적 높은 차령산맥의 산지가 분포하기 때문인 것으로 판단된다. 이밖에 태안군은 임목지 면적 비율이 16개 시·군 중 중간이지만, YMNDVI는 가장 낮은 것으로 나타났다. 이처럼 태안군의 YMNDVI가 가장 낮은 이유는 서해안과 인접한 지역이 가장 많기 때문이기도 하지만, 해발고도가 높은 산지가 분포하지 않고 대부분이 경작지로 이용되는 저구릉성 지대이기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 SPOT VEGETATION 센서의 S10 NDVI 자료를 이용하여 1999년부터 2012년까지 충청남도 및 16개 시·군별 YMNDVI를 산출하였으며, 산출된 YMNDVI의 통계값을 이용

하여 충청남도의 시계열적 변화와 16개 시·군별 YMNDVI의 지역적 차이를 비교·분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 충남지역의 S10 NDVI 자료의 정확도를 비교하기 위해 Landsat TM에서 획득한 NDVI 자료와의 편차영상을 작성하였으며, 그 결과 충남지역의 NDVI 편차 평균은 -0.189 로 S10 NDVI 값과 Landsat NDVI 값의 편차 차이가 크지 않은 것으로 비교분석 되었다. 따라서 한반도 및 동아시아 지역의 식생지수 변화 분석에 S10 NDVI 자료의 활용은 유용할 것으로 판단된다.

둘째, S10 NDVI 자료를 기초로 한 YMNDVI의 통계값 분석 결과, 1999년부터 2012년까지 14년간 연구지역의 YMNDVI는 약간 상승한 것으로 나타났지만, 그 변동 폭은 크게 증가하거나 감소하지는 않았다. 연도별 변동요인의 원인을 분석한 결과, 평균기온 및 임목축적의 변화가 YMNDVI의 변화와 약간의 상관성이 있는 것으로 분석되었다.

셋째, 연구지역 YMNDVI의 지역별 변화 차이를 변동계수를 이용하여 분석한 결과, YMNDVI 평균값이 가장 높은 지역은 금산군이었으며, 가장 낮은 지역은 태안군이었다. 변동계수의 충청남도 평균값은 4.2%였으며, 전체적으로 높지 않

은 것으로 분석되었다. 시·군별로 살펴보면, 태안군이 변동계수 값이 가장 높았으며, 금산군이 가장 낮게 나타났다.

이상의 연구결과를 종합 고찰하여 보면, 지난 14년간 충청남도 지역의 식생 변화 추이는 뚜렷하지 않았으며, 강수량과 임목지 면적의 상관성은 없는 것으로 분석되었다. 특히 강수량의 경우, 식생과의 관계가 매우 높음에도 불구하고, YMNDVI와의 상관성이 거의 없는 것으로 분석되었는데, 이는 충청남도 지역의 기후통계를 5개의 관측소 자료만을 이용하여 작성한 것도 하나의 이유가 될 수 있을 것이다. 따라서 14년간 충청남도 YMNDVI의 미세한 차이는 평균기온 및 임목축적의 변화와 더불어 비임목지의 YMNDVI 변화에 대한 차이인 것으로 판단된다. 또한 시·군별 YMNDVI의 차이는 해당 시·군의 전체 면적에서 임목지 면적 비율과 큰 상관성이 있었지만, 태안군, 보령시 등의 지역은 지리적 위치와 지형적 특징에 따라 YMNDVI의 차이가 나타났다.

하지만 본 연구는 12년간의 연구 자료를 이용하여 산출된 식생지수의 변화를 분석했을 뿐, 실제로 식생이 변한 지역을 탐지하는 연구를 수행하진 않았다. 향후에는 다양한 모델과 기법을 통해 식생변화 지역을 탐지하는 연구를 수행할 것이며, 이러한 연구는 식생과 기후변화에 대한 기초자료와 장기적 임상 변화 탐지 및 복원 등의 모니터링에서 활용도가 높을 것으로 판단된다.

사사

이 논문은 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2012-2068)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 기상청, 2013, 기후변화 시나리오 이해와 활용.
- 김성훈·장동호, 2013, 기후변화에 따른 강원 산지지역의 지형요소별 임상 변화 분석 -다중시기 위성영상 및 ASTER DEM을 이용하여-, 한국지형학회지, 20(2), 117-128.
- 김인환·한경수·김상일, 2011, 1KM NDVI 10년자료를 이용한 한반도 식생의 경년변동 분석, 대한원격탐사학회지, 27(1), 17-24.
- 김장수·장동호, 2012, 다중시기 위성영상과 ASTER DEM자료를 이용한 충남해안지역의 임상 변화 분석, 한국지형학회지, 19(1), 69-81.
- 변정연·이우균·최성호·오수현·유성진·권태성·성주한·우재욱, 2012, 시공간 정보기반 산림 생태계의 기후변화 취약성 평가, 대한원격탐사학회지, 28(1), 159-169.
- 신현탁·성정원·이명훈, 2012, 경상남도수목원 내 식물종의 개화시기 변화 연구, 기후연구, 7(3), 241-254.
- 정명희·이상훈·장은미·홍성욱, 2012, MODIS NDVI 시계열 패턴 변화를 이용한 산림식생 변화 모니터링 방법론, 한국공간정보학회지, 20(4), 47-55.
- 차수영·서동조·박종화, 2009, MODIS 자료를 이용한 북한 개마고원 및 백무고원 식생의 생물계절 모니터링, 대한원격탐사학회지, 25(5), 399-409.
- 채희문·이현주·엄기중, 2012, 기후변화 대비 강원지역 산림부분 현황 분석 및 취약성 평가, 산림과학, 28(2), 106-117.
- 충청남도지편찬위원회, 2006, 충청남도지.
- 한국농촌경제연구원, 2009, 농업전망 2009(1), 한국농업·농촌, 도전과 새로운 희망.
- Dale, V. H., Joyce, L. A., McNulty, S., Nielson, R. P., Ayres, M. P., Flannigan, M. D., Hanson, P. J., Irland, L. C., Lugo, A. E., Peterson, C. J., Simberloff, D., Swanson, F. J., Stocks, B. J., and Wotton, B. M., 2001, Climate change and forest disturbances, *Bioscience*, 51(9), 723-734.

- Eidenshink, J. C. and Faundeen J. L., 1994, The 1km AVHRR global land data set: First stages of implementation, *International Journal of Remote Sensing*, 15(17), 3443-3462.
- Jensen, J. R., 2005, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Prentice Hall.
- Maselli, F., 2004, Monitoring forest conditions in a protected Mediterranean coastal area by the analysis of multiyear NDVI data, *Remote Sensing of Environment*, 89, 423-433.
- Lentile, L. B., Smith, F. W., and Shepperd, W. D., 2006, Influence of topography and forest structure on patterns of mixed severity fire in ponderosa pine forests of the South Dakota Black Hills, *International Journal of Wild-Land Fire*, 15(4), 23-27.
- Li, Z. and Guo, X., 2012. Detecting Climate Effects on Vegetation in Northern Mixed Prairie Using NOAA AVHRR 1-km Time-Series NDVI Data, *Remote Sensing*, 4, 120-134.
- Liu, S., Wang, T., Guo, J., Qu, J., and An, P., 2010, Vegetation change based on SPOT-VGT data from 1998-2007, Northern China, *Environ Earth Sci*, 60, 1459-1466.
- Zhang, G., Dong, J., Xiao, X., Hu, Z., and Sheldon, S., 2012, Effectiveness of ecological restoration projects in Horqin Sandy Land, China based on SPOT-VGT NDVI data, *Ecological Modelling*, 38, 20-29.