

한반도 지역에서의 수문인자산정을 위한 식생 정보 분석 및 활용 ; 천리안 위성을 이용하여

Application of Normalized Vegetation Index for Estimating Hydrological Factors in the Korea Peninsula from COMS

박종민* / 백종진** / 김성준*** / 최민하****

Park, Jongmin / Baik, Jongjin / Kim, Seong-joon / Choi, Minha

Abstract

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) used as input data for various hydrologic models plays a key role in understanding the variation of Hydrometeorological parameters and Interaction between surface and atmosphere. Many studies have been conducted to estimate accurate remotely-sensed NDVI using spectral characteristics of vegetation. In this study, we conducted comparative analysis between Communication, Ocean and Meteorological Satellite and MODerate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) NDVI. For comparison, Maximum Value Composite (MVC) was used to estimate 8-day and 16-day composite COMS NDVI. Both 8-day and 16-day COMS NDVI showed high statistical results compared with MODIS NDVI. Based on the results in this study, it can be concluded that COMS can be widely applicable for further ecological and hydrological studies.

keywords : Communication, Ocean and Meteorological Satellite (COMS), MODIS, NDVI, MVC

요 지

정규식생지수 (Normalized Difference Vegetation Index)는 각종 수문모델, 지표-대기 모델에 입력 자료로 사용되는 인자로 대기과 지표사이의 에너지 교환 및 수문기상학적 인자의 변동성을 파악하는데 매우 중요하다. 이에 따라, 식생 고유의 분광반사 특성을 이용하여 인공위성으로 관측하는 NDVI 값의 정확한 모의를 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 국내 최초의 정지궤도위성인 Communication, Ocean and Meteorological Satellite (COMS)에서 산출된 정규식생지수의 적용성을 판단하기 위해 Maximum Value Composite (MVC) 방법을 활용하여 산정한 16일 단위, 8일 단위의 정규식생지수와 MODerate-resolution Imaging Spectro-radiometer (MODIS) 센서에서 관측된 정규식생지수와 비교·검증을 실시하였다. 그 결과 16일 단위와 8일 단위 NDVI 모두 좋은 결과를 나타내었다. 이러한 결과를 토대로 COMS의 활용 가능성을 확인할 수 있었으며 추후 수문·생태학적 연구에 중요한 자료로 사용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 천리안 위성, MODIS, 정규식생지수, MVC

* 성균관대학교 수자원대학원 수자원학과 석사과정 (e-mail: jmpark1@skku.edu)

Graduate student, Department of Water Resources, Graduate School of Water Resources, Sungkyunkwan University

** 성균관대학교 건설환경시스템공학과 박사수료 (e-mail: jjbaek@skku.edu)

Ph.D. Candidate, Department of Civil & Environmental Engineering, Sungkyunkwan University

*** 건국대학교 생명환경과학과 사회환경시스템공학과 교수 (e-mail: kimsj@konkuk.ac.kr)

Professor, Department of Civil and Environmental System Engineering, Konkuk University

**** 교신저자, 성균관대학교 수자원대학원 수자원학과 부교수 (e-mail: mhchoi@skku.edu, Tel: 82-10-9352-4068)

Corresponding Author, Department of Water Resources, Graduate School of Water Resources, Sungkyunkwan University

1. 서 론

지구 온난화가 가속됨에 따라 지구 표면온도의 상승, 빙하의 소실, 산림의 감소 등 의 극심한 변화를 겪고 있다. IPCC (2013)에 따르면 지구 온난화로 인하여 1880년에서 2012년 동안 평균 기온이 0.85°C 이상 올라간 것으로 조사 되었으며, 만약 지구의 온도가 현재에서 6°C 이상 올라가 면 지구에서 생명체가 살기 힘들 정도로 이르게 된다고 한다. 이러한 문제에 직면한 현재에 정확한 발생요인에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 추세이다.

지구의 온난화로 인해 산림 쇠퇴, 생물다양성 감소와 같이 생태계에 미치는 영향이 가중되며, 기후 및 인간의 생활 에 많은 영향을 미치는 등 급격한 변화가 발생하게 된다. 특히, 기후변화로 인하여 식생의 생장에 어떠한 변화양상을 미치는가를 관찰하기 위한 연구가 진행되고 있다. 최근 기후변화에 관한 연구들에 관한 새로운 타당성을 식생변화에서 찾을 수 있다(Kang et al., 2003). 지구 온난화와 가뭄과 같은 환경 문제 등을 해결하기 위하여 세계 각국들의 노력이 증대되고 있으며, 각종 환경 인자에 대한 정확한 통계 자료를 요구함에 따라 지역적인 규모보다는 국가적 규모에서 식생지수를 예측 및 파악하는 것이 필요하게 되었다.

식생지수를 산정하는 일반적인 방법으로는 현지 측정 방법과 원격탐사 자료를 이용한 방법이 있다. 현지 측정 방법은 식생의 분광반사 특성을 활용하여 식생지수를 산정하는 지상 관측용 분광측정기(Spectro-radiometer)가 이용되고 있다(Kimura et al., 2004). 그렇지만, 현지측정 방법은 광범위한 지역을 측정하기에는 비용과 시간이 소요되는 문제를 가지고 있기 때문에 많은 분야에서, 측정 지점 이외에 대한 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)를 산정하기위해 원격탐사를 이용한 광범위 식생지수의 산정이 요구되었다.

인공위성은 영상자료간의 분광 반사율을 이용한 식생의 측정을 통해서 범지구적인 식생의 변화를 지역적, 광역적, 물리적인 범위에서 다양한 방법으로 관측 가능하다. 인공위성을 이용한 식생의 관측은 광범위한 지역에 대해서 생태환경의 변화 및 특징을 모니터링, 이산화탄소의 순환 등을 목적으로 하고 있어(Jiang et al, 2008), 기후변화 및 변동성으로 인한 지상 식생의 변화를 파악하는데 중요한 역할을 한다(Heumann et al., 2007). 과거에는 소규모 지역에 대해서 지구관측을 목표로 하는 극궤도 위성인 System Pour l'Observation de la Terre (SPOT), Landsat 시리즈를 통해서 높은 해상도의 소규모지역의 산림지역 및 경작지에 대한 식생 지수를 판단할 수 있었다. 하지만, 소규모

지역이 아닌 범지구적인 식생지수 관별에 대한 필요성이 대두되면서, 미국립해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)의 Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) 영상 자료, the Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) 등이 활용되어 왔으며, 전 세계적인 식생지수의 변화에 대해서 약 30년 정도의 자료가 확보 되어 있다. 현재에는 NASA Earth Observation System (EOS)에 의해 극궤도 위성인 Terra와 Aqua의 다양한 공간 및 분광해상도 및 광영적인 촬영 범위를 가진 Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) 센서를 통해 산정된 식생지수가 전 세계적으로 사용되고 있다. MODIS에서 산출된 NDVI의 경우 전 세계적으로 다양한 지역에서 지점자료와의 비교 및 SeaWiFS, AVHRR 등의 위성들과의 비교검증을 통하여 적용성이 검증되었다(Brown et al., 2006, Wardlow and Egbert, 2008, Mellor et al., 2013). MODIS와 같은 극궤도 인공위성은 정지궤도위성에 비하여 고도가 낮기 때문에 보다 기상현상을 자세히 관측할 수 있고, 지구를 공전하면서 관측하기 때문에 전 지구적인 범위에서의 관측이 가능하다. 하지만, 같은 지역을 하루에 두 번 관측하기 때문에 시간적 변동성이 심한 기상 인자에 대한 연속적인 변화를 관측하는 것은 어렵다.

본 연구에서는 국내 정지궤도위성인 천리안 위성에 탑재되어있는 해상탐색체(Geostationary Ocean Color Imager, GOCI)를 이용하여 2012년과 2013년 한반도에서의 정규식생지수(NDVI)를 산출하고, MODIS NDVI와의 물리적 분석 및 통계결과 비교를 통하여 COMS NDVI의 적용가능성을 판단하였다.

- 1) MODIS NDVI의 경우 16일 단위로 관측되기 때문에 Maximum Value Composite (MVC) 방법을 이용하여 COMS에서 관측된 NDVI값을 16일 단위로 산출하였으며 MODIS NDVI와 비교하였다.
- 2) 짧은 기간에 대해서 식생의 변동성을 파악하기 위해 MVC 방법을 이용하여 8일 단위의 COMS NDVI값을 산정하여 비교하였다.
- 3) 마지막으로, COMS에서 관측된 NDVI의 시공간적인 분포와 상관성을 분석을 실시하였다.

2. 연구방법

2.1 연구지역

동북아시아에 위치한 한반도는 중위도(32.5°~40.0°N, 124.5°~130.0°E)에 위치해 있다. 한반도는 서쪽으로는 황

해, 동쪽으로는 동해, 남쪽으로는 남해로 삼면이 바다로 둘러싸여 있다. 지형적인 특성으로는 국토의 70% 이상이 산지로 이루어져 있으며, 상대적으로 해발고도가 높은 산지는 동쪽에 치우쳐져 있다. 한반도는 여름철에 고온다습한 북태평양 기단의 영향을 받으며, 겨울에 대륙성 한대기단인 시베리아 기단의 영향을 받는다. 한반도에서의 식생은 남북 위도의 차이에 따라 북쪽으로는 침엽혼합림 남쪽으로는 낙엽 활엽수림의 분포를 가지고 있으며 한반도는 뚜렷한 사계절을 띄고 있어 식생의 성장과 쇠퇴가 1년 주기로 반복된다. 이에 따른 각각의 기후 특성, 식생 조건 및 식생 분포가 다르게 나타난다.

COMS와 MODIS를 통해 산정된 NDVI 값을 지점에서 비교하기 위해 청미천과 설마천을 연구지역으로 선정하였다. 청미천과 설마천은 유량조사사업단에서 관리하고 있는 플릭스 타워가 있는 지역으로 Asiaflux에 속해있다. Asiaflux는 동아시아의 탄소순환 및 물 순환의 측정을 통하여 순환 메커니즘을 이해하고 더 나아가 동아시아의 생태계의 지속적인 모니터링을 목표로 하고 있다(Baek and Choi, 2012, Kwon and Kim, 2010). 청미천과 설마천 유역에 관한 정보는 아래의 Table 1에 표기되어 있다.

2.2 천리안 위성(Communication, Ocean and Meteorological Satellite, COMS)의 해상탐재체(Geosatellite Ocean Color Imager, GOCI)

본 연구에서 사용될 GOCI 센서는 한반도 주변의 해양생태계 모니터링, 연안-해양환경감시 및 관리, 해양 수산정보의 생산, 기후변화 모니터링 및 장·단기 해양환경의 임무를 가지고 있다. 이 밖에 기상관측을 위한 Meteorological Imager (MI) 센서와 국산의 Ka 밴드 통신 탐재체도 탑재되어 있다(Baek and Choi, 2012; Baek et al., 2013). GOCI 센서는 2010년 6월 27일에 국가 우주개발 중장기 계획에 의해 천리안 위성에 탑재되었다. 한반도를 중심으로 서해, 남해 동해 부근을 관측하고 있으며, 2,500×2,500 km(중심 지점 : 130°E, 36°N) 영역에서 해양의 변화를 하루의 낮 시간(09~16 hr, local time) 동안 8번 관측한다. GOCI 인

공위성 이미지 자료는 공간해상도 500×500 m를 가지고, 총 8개의 밴드(412, 490, 512, 555, 660, 680, 765, 875 nm)를 탑재하고 있으며, 한국해양과학기술원 해양위성센터(<http://kosc.kordi.re.kr/>)에서 제공 된다(Han et al., 2010). GOCI에서 관측된 인공위성 자료는 한반도 해역의 종합적인 해양환경정보의 실시간 분석 및 자료처리 기반 구축이라는 세부목표를 기준으로 GOCI Data Processing System (GDPS)를 통해 실시간으로 처리되며, 원시자료(Level-1, L1) 및 각종 산출물(L2, L3)들이 제공되고 있다(Han et al., 2010; Ryu et al., 2012). COMS의 GOCI센서에 대한 자세한 설명은 Table 2에서 확인할 수 있다.

2.3 MOderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Sensor

본 연구에서 사용된 NASA에서 제공하는 MODIS 자료는 극궤도위성인 Terra/Aqua에 각각 탑재되어 있고, 대기 관측, 해양 및 육상 관측이 가능한 다목적 센서 36개의 밴드(공간해상도: 250 m, 500 m, 1,000 m)를 구성하고 있으며, 0.4~14.4 μ m의 파장영역을 가지고 있다(Van Leeuwen et al., 2011; Miliareisis, 2009).

최근 기후변화에 대한 관심이 증대하면서, 전 세계적으로 광범위 관측이 가능한 극궤도 위성에 탑재된 MODIS 센서를 활용한 인자들의 분포양상 및 시간적인 변동에 대한 연구가 계속되고 있고, National Aeronautics and Space Administration (NASA)와 National Space Science Data Center (NSSDC) 같은 많은 기관들의 연구를 통해 여러 분야의 product들을 제공하고 있다. MODIS 자료는 sinusoidal 투영체계를 기준으로 전 세계를 격자체계로 제공한다. MODIS NDVI는 합성기간과 공간해상도에 따라 여러 가지 산출물로 제공되나, 본 연구에서는 NASA에서 운영하는 Warehouse Inventory Search Tool (WIST)에서 NDVI가 산출되는 MOD 13에서 자료를 취득하였다.

본 연구에서는 MODIS (Sinusoidal Projection, SIN)와 비교하기 위해서 COMS와 MODIS 두 자료 모두 연구목적에 맞도록 TM좌표로 변환하였다. 또한, COMS GOCI에

Table 1. Description of Cheongmicheon and Sulmacheon (<http://www.hsc.re.kr/>)

Site	Land Use (IGBP)	Location	Elevation (m)	Canopy Height	Mean Annual air temperature (°C) & precipitation (mm)
Cheongmicheon (CMC)	Cropland (Rice)	37° 9' 35"N 127° 39' 10"E	141 m	1 m	11.5 °C 1,332 mm
Seolmacheon (SMC)	Mixed Forest	37° 56' 20"N 126° 57' 17"E	293 m	15 m	11.5 °C 1,107 mm

Table 2. Characteristics of GOCI (Ryu, et al. 2012)

Geostationary Ocean Color Imager (GOCI)			
Central point		130E, 36N	
Spatial Resolution		500 × 500 m	
Field of regard		Local Area (2,500 × 2,500 km)	
Wavelength		0.4 μm to 14.4 μm	
Observation period		1 hours (8 times per day)	
Band	Band Center (nm)	Band Width (nm)	Primary Use
B1	412	20	Yellow Substance and Turbidity
B2	443	20	Chlorophyll absorption maximum
B3	490	20	Chlorophyll and other pigments
B4	555	20	Turbidity, suspended sediment
B5	660	20	Baseline of fluorescence signal, Chlorophyll, suspended sediment
B6	680	10	Baseline of fluorescence signal, Chlorophyll, suspended sediment
B7	745	20	Atmospheric correction and baseline of fluorescence signal
B8	865	40	Aerosol optical thickness, vegetation, water vapor reference over the ocean
Level	Abbreviation		Products
Raw	Raw		Raw
L0	L0		L0
L1	L1A		L1A
	LAB		L1B
L2	L2A		LW, LWB, KD, CDOM, CHIL, TSS, RI, VIS, LAND_EVI, LAND_NDVI, DUST_AE, DUST_AOT,
	L2B		A, BB, MASK
L3	L3		FGI, WCL, PP, WCV, DP

*Spectral radiance values unit : W m⁻² μm⁻¹ sr⁻¹

센서 자료는 MODIS 자료(1 × 1 km)와 비교하기 위해 resampling을 하였다(Lee et al., 2009; Hong et al., 2011; Baek et al., 2013).

2.4 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Maximum Value Composite (MVC)

원격탐사에서 관측되는 전자기적 에너지는 태양(short-wave)과 지구(long-wave)에서 서로 다르다. 일반적으로 태양에서 방출되는 태양에너지(solar radiation)는 300~3,000 nm으로 분포되며, 인간에게 가장 친숙한 가시광선 영역(400~700 nm)은 그 중 작은 부분을 차지하고 있다. 지구에서는 태양에너지로부터 받은 에너지를 방출되는데 대체적으로 3,000~14,000 nm의 사이로 9,900 nm에서 최대 정점을 이룬다. 이렇듯이 전자기적 에너지의 특성을 관찰, 파악을 통하여 원격탐사 기법이 이뤄진다.

일반적으로 식생과 빛의 상호작용은 흡수율(absorbance), 투과율(transmittance), 반사율(reflectance)의 3가

지로 구분 할 수 있다(Hatfield and Pinter Jr., 1993). 1) 식물이 광합성 작용을 위해 빛을 이용하는 것(absorbance), 2) 식생의 식물 조직을 그대로 통과하는 것(transmittance), 3) 식물 표면으로부터 반사되는 것(reflectance). 이러한 속성을 통해 식물 잎으로부터 반사되는 빛의 분광학적 성질과 식생의 잎의 색상으로 식생의 스트레스와 식생 상태를 전자기적 에너지의 형태로 판별할 수 있다.

초기에는 Birth and Mcvey (1968)가 단순식생지수(Simple Ratio, SR)를 발표하였으며, 식생 모니터링을 위해 개발된 지수 중 가장 일반적인 정규식생지수(NDVI)는 Rouse et al. (1973)에 의해 개발되었다. 이는 녹색 식물의 분포량과 활동성, 광합성 흡수복사량등과 같은 것들의 식생의 정보를 파악하기 수 있으며, 인공위성의 밴드들을 통해 식물 고유의 분광 반사도 특성을 이용한 방법으로 식생의 성장상태를 나타낼 수 있다(Eq. (1)).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1)$$

여기서, ρ_{NIR} 는 근적외선 밴드의 분광반사도, ρ_{RED} 는 적외선 영역의 적색 밴드의 분광반사도이다. NDVI는 NIR와 Red 밴드의 reflectance 비로 값의 범위는 일반적으로 -1에서 +1의 범위로 나타낼 수 있으며, 양수값(+1)은 녹색 식물의 증가, 음수값(-1)은 황무지, 물, 눈, 구름 등으로 식생이 존재하지 않는 지역을 나타낼 수 있다.

식생지수는 여러 외부조건에 의해 값이 변질 및 오차가 발생하게 된다. 이에 대해 Eidenshink and Faundeen (1994)에서 제안된 MVC 방법은 구름 및 대기에 대한 오염, solar zenith angle, scan angle effects 등의 영향을 적게 받는 방법이다. 이는 NDVI의 변동성이 크게 변하지 않는다는 가정하에 동일한 위치의 화소에서 최대값 NDVI를 선택하여 시공간적인 오차를 보정하는 가장 보편적인 방법이다. MVC 방법을 사용 할 때 적절한 기간을 산정하는 것이 중요하다. 최대치를 구하는 기간이 길어지면 구름의 영향을 줄여줄 수 있지만 짧은 기간에서의 NDVI의 변동성을 반영하지 못하게 된다.

3. 결과 및 고찰

3.1 COMS와 MODIS NDVI 비교 및 검증

본 연구에서는 COMS GOCI에서 산출된 NDVI의 자료

와 MODIS에서 제공되는 NDVI의 값을 비교하기 위하여 유량조사사업단에서 관리하는 청미천과 설마천 두 지점을 기준으로 비교·검증하였다. 일반적으로, MODIS NDVI는 식생의 변동성이 크게 변하지 않는다는 가정을 기본으로 16일 단위로 제공된다. 천리안 위성은 하루에 8번 관측되기 때문에 MODIS와의 비교를 위하여 MVC 방법을 통하여 16일 단위의 식생지수를 산정하였다. 또한, 좀 더 짧은 기간 동안의 식생 변화를 관측하기 위하여 COMS NDVI를 8일단위로 산정하고 MODIS NDVI는 16일 관측값을 기준으로 식생지수의 변동성을 선형으로 가정하여 8일 단위의 NDVI 값을 산정하여 비교하였다. 사용된 검증방법으로는 Bias (mean error), 상관계수(Correlation coefficient, R), 평균제곱근 편차 (Root mean Square Error, RMSE), 결정계수 (Correlation of Determination, R^2)와 Pearson 상관계수 (P)를 이용하였다. Bias와 RMSE는 0에 가까울수록, 상관계수, 결정계수 및 Pearson 상관계수는 1에 가까울수록 두 자료간의 유사성을 나타낸다.

Fig. 1(a)~(d)를 보면 COMS와 MODIS에서 관측된 NDVI의 일치성을 나타낸 것이다. 청미천과 설마천에서 모두 양(+)의 관계를 나타냈으며, 전반적으로 설마천에서 높은 일치성을 나타내었다. Table 3은 16일 단위 COMS NDVI와 MODIS NDVI, 8일 단위의 COMS NDVI와 8일

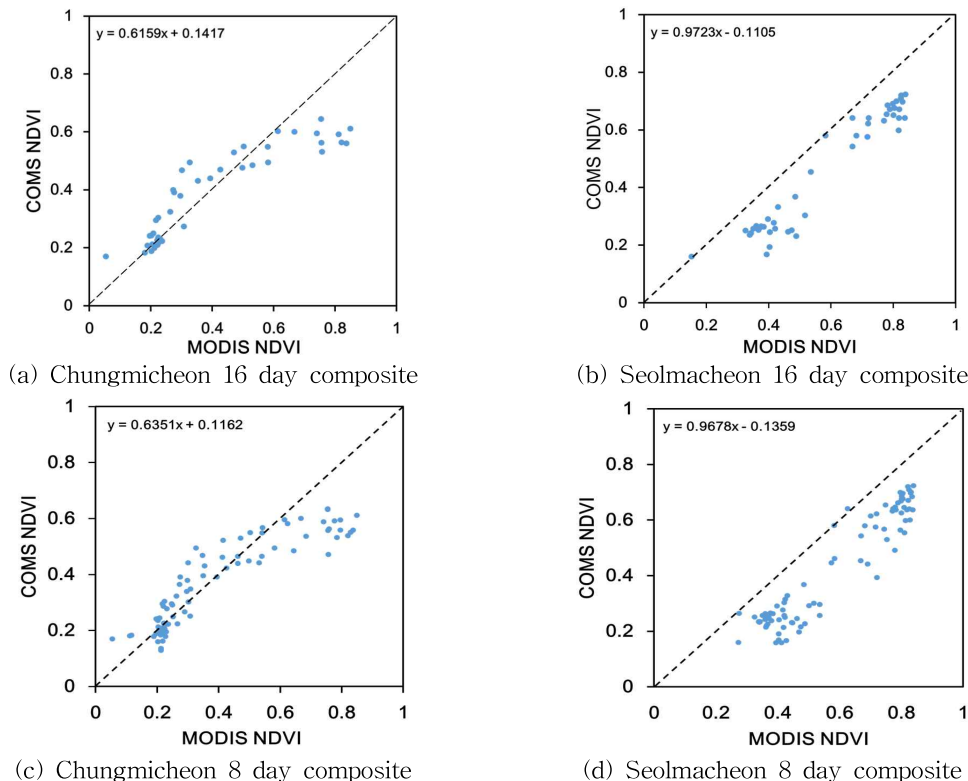


Fig. 1. Scatter Plots of NDVI from MODIS and COMS

단위의 MODIS NDVI를 비교한 scatter plot의 기울기와 절편 및 통계 결과를 나타내었다. 각 비교에서 나타난 R은 0.90에서 0.96 사이의 값을 가졌으며, R^2 는 0.86에서 0.94의 범위를 나타내었다. 청미천의 경우 8일 단위 NDVI 값의 비교와 16일 단위 NDVI 값의 비교 결과가 유사하게 나타났으나 설마천에서는 16일 단위 NDVI 비교 결과가 8일 단위 NDVI 비교 결과보다 높은 상관계수와 결정계수를 보였다.

또한, Fig. 2에서 확인할 수 있듯이, COMS에서 산정된 8일 및 16일 단위 NDVI와 MODIS NDVI이 유사한 경향성을 가지고 있음을 알 수 있다. 그러나 MODIS NDVI가 전반적으로 COMS NDVI에 비해 0.014에서 0.18의 Bias 값을 가짐을 통해 과대산정된 것을 알 수 있다. 이러한 이유는 선행연구를 통해서 파악할 수 있다. Hnimina et al. (2013)은 Fluxnet에 속해있는 7개의 지점을 선정하여 식물의 분광특성을 지상관측용 분광 측정기를 이용하여 산정된 NDVI와 MODIS에서 산정된 NDVI 값을 비교한 결과 식생 조건에 상관없이 MODIS NDVI가 지상에서 관측된 NDVI보다 과대 산정되는 결론을 도출하였다.

3.2 식생지수 분포 지도 비교

두 지점(청마천, 설미천)에서 COMS와 MODIS NDVI의 유사성을 바탕으로 식생지수의 공간적 분포에 대한 비교를 수행하였다. COMS와 MODIS NDVI의 공간적 분포를 분석하기 위해 두 위성에서 관측한 한반도 영역에서의

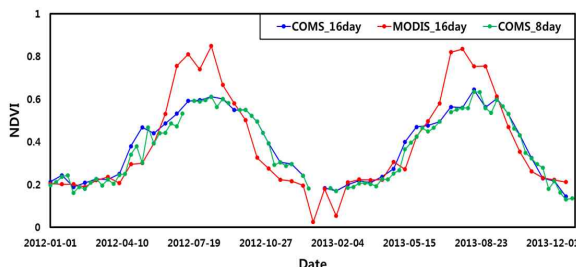
식생지수의 공간 분포와 더불어 두 인공위성 기반 식생지수의 잔차를 구하여 이를 공간적인 분포로 나타내었다 (Fig. 3).

Fig. 3에서 확인할 수 있듯이, 한반도 영역에서의 COMS에서 관측된 NDVI와 MODIS에서 관측된 NDVI의 경향이 유사한 것을 확인할 수 있다. 두 자료간의 공간적인 값의 차이를 확인하기 위해 Fig. 3(c)와 (f)에 잔차를 나타내었다. 이 그림에서 나타나 있듯이 전반적으로 작은 잔차(0~0.2)를 보이는 반면에, 상대적으로 고도가 높은 지역에서 0.5까지 차이나는 것을 확인할 수 있다. 특히, Fig. 3(c)에서는 남부지방에서 상대적으로 고도가 높은 지역에서 잔차가 크게 나타난 것을 확인할 수 있다. 이러한 차이는 식생의 성장기에 지표면 온도와 NDVI가 역관계를 보인다는 Sun and Menas (2007)를 통해서 설명할 수 있다. Sun and Menas (2007)에 따르면, 고도가 높은 곳에서는 지표면 온도가 낮아지기 때문에, MODIS NDVI 값이 상대적으로 높게 산정된다는 결과를 나타내었다. 또한, COMS와 MODIS가 관측되는 시간에 따른 차이, 구름, 에어로졸과 같은 대기 인자들에 의한 산란과 발산에 따른 영향으로 인해 잔차가 발생할 수 있다.

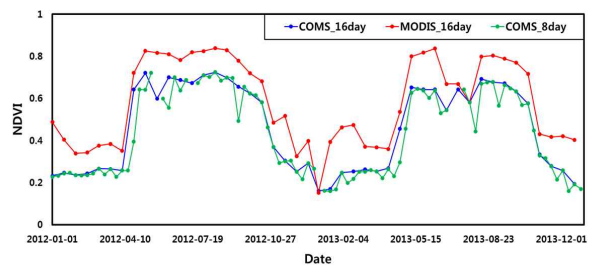
COMS GOCI는 하루에 낮 시간 동안 8번 관측하는 반면에 MODIS sensor는 overpass time에 의해 하루에 1~2회 관측된다. 이는 더 많은 인공위성 이미지를 관측함에 따라 GOCI sensor의 값이 MODIS의 값보다 구름 및 에어로졸과 같은 영향을 줄일 수 있을 것으로 파악된다.

Table 3. Statistical Results of Comparison between MODIS and COMS

	Site	Bias	RMSE	R^2	R	P	Slope	Intercept
MODIS 16Day VS. COMS 16Day	CMC	0.014	0.108	0.886	0.906	0.820	0.6262	0.1348
	SMC	0.055	0.167	0.866	0.903	0.816	0.9723	-0.1105
MODIS 8Day VS. COMS 8day	CMC	0.127	0.138	0.942	0.963	0.926	0.6351	0.1162
	SMC	0.180	0.226	0.916	0.944	0.892	0.9678	-0.1359



(a) Chungmicheon



(b) Seolmacheon

Fig. 2. Time series of COMS NDVI (8-day composite and 16-day composite) and MODIS NDVI

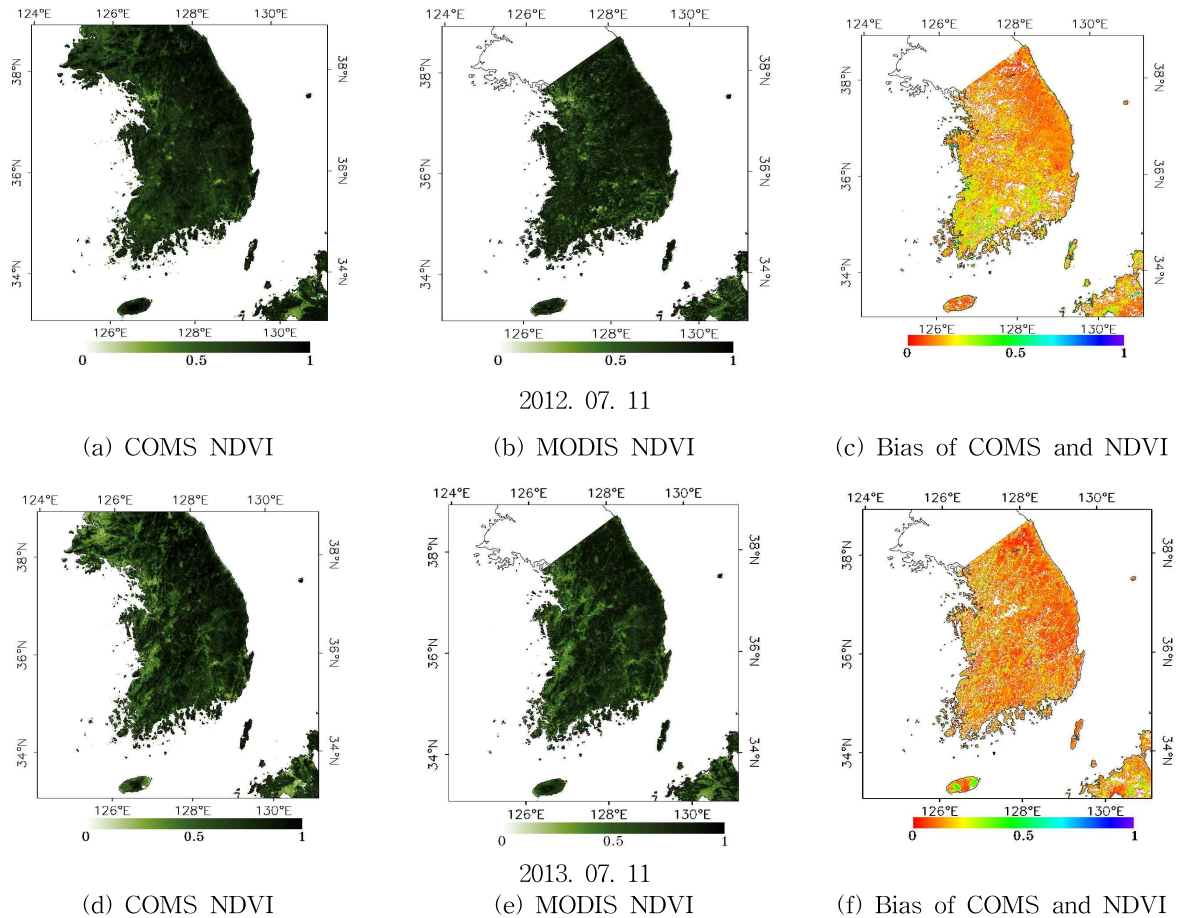


Fig. 3. Spatial Distribution of NDVI from COMS and MODIS

4. 결론

식생지수에 대한 분석은 수문학, 생태학의 이해에 필요한 연구로써, 각종 기상, 수문, 생태 및 환경 등에 영향을 끼치고 효율적인 수자원관리에 있어서 기초적인 자료로 널리 이용된다. 특히, 식생지수의 분석을 통하여 효율적인 농업관계시스템을 구축할 수 있을 뿐만 아니라 식생지수 기반의 가뭄 지수를 산정함으로써 가뭄의 분석 및 예측을 가능하게 하고 이에 따른 대응방안 수립에 유용하다 (Park, 2013). 특히, 원격탐사기법을 활용하여 산출된 식생지수 데이터는 미 관측지역에서 식생의 변동성이 파악할 뿐만 아니라 시공간적인 변동성을 파악하는 데에 유용하다.

본 연구에서는 COMS NDVI의 적용성을 판별하기 위해 MVC 방법을 활용하여 8일과 16일 단위의 NDVI값을 산출을 통해, 전 세계적으로 많은 선행 연구가 이루어진 MODIS NDVI값과 비교·검증을 실시하였다. 청미천과 설

마천에서의 두 위성자료의 시계열 자료를 확인한 결과 유사한 경향을 나타내는 것을 확인 하였으며, 시공간적 분포를 바탕으로 두 자료에 대한 공간분포와 잔차를 나타내었다. 두 인공위성 자료의 전반적인 결과는 비슷하게 나타났으나, 고도가 높은 지역에서는 높은 잔차를 나타내는 것을 확인 할 수 있었다. 그러나 전반적으로 전 지역에서 낮은 잔차를 보이는 것으로 보아 COMS NDVI의 적용가능성을 확인 할 수 있었다. 높은 고도에서의 큰 잔차를 발생하는 이유에 대해서는 추후 연구가 필요할 것으로 보이고, 한반도의 지역적인 특성을 고려하여 분석한 식생지수를 통해 지역적 특성이 반영된 강우, 증발산 등 각종 수문 기상인자 산정에도 활용할 수 있을 것이다.

물리적인 접촉이 이루어지지 않고 목표물에 대한 정보를 얻는 원격탐사 기술의 발전은 식생의 물리적인 생물학적 스트레스를 판단하는 능력을 크게 향상시켰으며, 인공위성 식생영상자료(NDVI, EVI and LAI, etc)는 광범위하게 식생을 연구하는데 많은 도움이 되고 있다. 장기간 동

안 인공위성 기반 식생자료의 확보를 통해 한반도에서의 공간적인 식생 변화를 보다 정확하게 산정할 수 있을 것이다. 그렇지만, 토양의 색과 수분조건, 대기의 조건, 양방향의 반사조건 등으로 많은 오차가 발생하게 되므로 인공 위성뿐만 아닌 실측자료와의 비교를 통한 보정방법으로 외부적인 조건의 영향을 받지 않고 식생만의 특성만을 판별할 수 있는 지수의 개발이 요구된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(14AWMP-B079384-01)에 의해 수행되었습니다.

References

- Baek, J.J., Sur, C.Y., and Choi, M.H. (2012). "Assessment of Outgoing Longwave Radiation using COMS: Cheongni and Sulma Catchments." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 46, No. 5, pp. 465-476.
- Baek, J.J., Byun, K.H., Kim, D.K., and Choi, M.H. (2013). "Assessment of Solar Insolation from COMS : Sulma and Cheongmi Watershed." *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 29, No. 1 pp. 137-150.
- Baek, J.J., and Choi, M.H. (2012) "Availability of Land Surface Temperature from the COMS in the Korea Peninsula." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 45, pp. 755-765.
- Birth, G.S., and McVey, G. (1968). "Measuring the color of growing turf with a reflectance spectroradiometer." *Agronomy Journal*, Vol. 60, pp. 640-643.
- Brown, M.E., Pinzon, J.E., Didan, K., Morisette, J.T., and Tucker, C.J. (2006). "Evaluation of the consistency of long-term NDVI time series derived from AVHRR, SPOT-Vegetation, SeaWiFS, MODIS, and Landsat ETM+ Sensors." *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, Vol. 40, No. 7, pp. 1787-1793.
- 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, No. 17, pp. 257-277.
- Han, H.J., Ryu, J.H., Yang, C.S., Cho, S., and Ahn, Y.H. (2010). *Preleminary analysis of data processing for geostationary ocean color remote sensing data from GOCI/COMS*. International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), pp.3700-3703.
- Hatfield, J.L., and Pinter Jr, P.J. (1993). "Remote Sensing for crop protection." *Crop Protection*, Vol. 12, No. 6, pp. 403-413.
- Heumann, B.W., Seaquist, J.W., Eklundh, L., and Jonsson, P. (2007). "AVHRR derived phenological change in the Sahel and Soudan, Africa, 1982-2005." *Remote Sensing of Environment*, Vol. 108, pp. 385-392.
- Hmimina, G., Dufrêne, E., Pontailier, J.Y., Delpierre, N., Aubinet, M., Caquet, B., de Grandcourt, A. Burban, B., Flechard, C., Granier, A. Gross, P., Heinesch, B., Longdoz, B., Moureaux, C., Ourcival, J.M., Rambal, S., Saint André, L., and Soudani, K. (2013). "Evaluation of the potential of MODIS satellite data to predict vegetation phenology in different biomes: An investigation using ground-based NDVI measurements." *Remote Sensing of Environment*, Vol. 132, pp. 145-158.
- Hong, S.J., Hendrickx, J.M.H., and Borchers, B. (2011). "Down-scaling of SEBAL derived evapotranspiration maps from MODIS (250m) to Landsat (30m) scales." *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 32, No. 21, pp. 6457-6477.
- Huemmrich, K.F., Privette, J.L., Mukelabia, M., Myneni, R.B., and Knyazikhin, Y. (2005). "Time-series validation of MODIS land biophysical products in a Kalahari woodland, Africa." *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, No. 19, pp. 4381-4398.
- International Panel on Climate Change (2013). *Climate change 2013 The Physical Science Basis Working Group I contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press.
- Jiang, Z., Huete, A.R., Didan, K., and Miura, T. (2008). "Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band." *Remote Sensing of Environment*, Vol. 112, pp. 3833-3845.
- Kang, D.Y., Oh, J.H., and Kwon, W.T. (2003). "The research on the trends of climate change by observational records in the recent Korean peninsula." *Journal of Korean Meteorology*, Vol. 13, pp. 396-397.
- Kimura, R., Okada, S., Miura, H., and Kamichika, M. (2004). "Relationships among the leaf area index,

- moisture availability, and spectral reflectance in an upland rice field." *Agricultural Water Management*, Vol. 69, pp. 83-100.
- Kwon, H.J., and Kim, J. (2010). "KoFlux's Progress : Background, Status and Direction." *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 12, No. 4, pp. 241-263.
- Lee, S.H., Ahn, J.S., Kim, H.D., and Hwang, S.J. (2009). "Comparison Study on the Estimation Algorithm of Land Surface Temperature for MODIS Data at the Korean Peninsula." *Journal of Environmental Science*, Vol. 18, No. 4, pp. 355-367.
- Maselli, F. (2010). "Use of MODIS NDVI data to improve forest-area estimation." *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 32, No. 21, 2011, pp. 6379-6393.
- Mellor, A., Haywood, A., Stone, C., and Jones, S. (2013). "The performance of Random Forest in an Operational setting for Large Area Sclerophyll Forest Classification." *Remote Sensing*, Vol. 5, pp. 2838-2856.
- Miliareisis, G.C. (2009). "Regional thermal and terrain modelling of the arid depression from MODIS multi-temporal monthly night LST data." *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 30, No. 9, pp. 2429-2436.
- Park, S.M. (2013). *Feasibility Analysis of Spring Drought Detection using GOCI NDVI*. M.S. dissertation, Inha University, Incheon, Korea, pp. 1-55.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., and Deering, D.W. (1973). *Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS*. Proceedings of the Third Earth Resources Satellite-1 Symposium (Maryland: NASA SP-351), pp. 309-317.
- Rouse, J.W., Jr., Haas, R.H., Schell, J.A., and Deering, D.W. (1974). *Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS*. 3rd ETRS Symposium, NASA, SP-351 I, pp. 309-317.
- Ryu, J.H., Han, H.J., Cho, S.I., Park, Y.J., and Ahn, Y.H. (2012). "Overview of geostationary ocean color imager (GOCI) and GOCI data processing system (GDPS)." *Ocean Science Journal*, Vol. 47, No. 3, pp. 223-233.
- Sun, D., and Kafatos, M. (2007). "Note on the NDVI-LST relationship and the use of temperature-related drought indices over North America." *Geophysical Research Letters*, Vol. 34, No. 24, pp. 1-4.
- Van Leeuwen, T.T., Frank, A.J., Jin, Y., Smyth, P., Goulden, M.L., Van der Werf, G.R., and Randerson, J.T. (2011). "Optimal use of land surface temperature data to detect changes in tropical forest cover." *Journal of Geophysical Research*, Vol. 116, G02002, doi:10.1029/2010JG001488.
- Wardlow, B.D., and Egbert, S.L. (2008). "Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data : An assessment for the U.S. Central Great Plains." *Remote Sensing of Environment*, Vol. 112, No. 3, pp. 1096-1116.

논문번호: 14-068	접수: 2014.07.29
수정일자: 2014.09.04/09.23	심사완료: 2014.09.23