

# KOMPSAT-2 위성영상을 이용한 정규식생지수와 현장식생 자료의 비교분석

## A Comparative Analysis of Field Surveying Vegetation Data and NDVI from KOMPSAT-2 Satellite Imagery

김기홍<sup>1)</sup> · 이종설<sup>2)</sup> · 정재학<sup>3)</sup> · 원상연<sup>4)</sup>

Kim Gi Hong · Lee, Jong Seol · Jung, Jae Hak · Won Sang Yeon

### Abstract

In this study we tried to compare and analyze KOMPSAT-2 NDVI and vegetation coverage(VC) which is investigated by fieldwork. To standardize KOMPSAT-2 NDVI, we adjusted NDVI using reference data which is atmospheric corrected MODIS NDVI. Each vegetation coverage point data was surveyed in field using portable GPS and compared with NDVI of satellite imagery. As a results, there was high level of correlation in vegetation coverage and NDVI.

Keywords : NDVI, vegetation coverage, KOMPSAT-2

### 초 록

본 연구에서는 우리나라 다목적실용위성인 KOMPSAT-2 위성의 다중대역영상을 이용하여 추출한 NDVI와 현장조사를 통해 얻은 식생피복률인 VC의 상관성을 분석하고자 하였다. KOMPSAT-2 위성의 NDVI를 표준화하기 위하여 대기보정된 MODIS NDVI를 기준으로 보정하였다. 휴대용 GPS를 이용한 현장조사를 통해 식생피복률인 VC 자료를 수집하였으며 위성영상 NDVI와 지점별로 비교하였다. 그 결과, 위성영상의 NDVI와 현장 식생피복률과의 상관성을 확인할 수 있었다.

핵심어 : 정규식생지수, 식생피복률, 아리랑 2호 위성

## 1. 서 론

2000년 강원도 동해안 지역 대규모 산불발생 이후 우리나라는 산불피해지역의 토사유출에 따른 하천의 피해를 저감하기 위하여 토양침식에 관한 연구가 수행되었다. 그 결과 SEMMA, RUSLE, WEPP 등의 토양침식 예측 모형을 연구 및 실용화 하였고, 토양침식을 평가하는데 활용하기 위해 범용화 및 자동화 시스템의 구축이 활발히 진행되었다(방재연구소, 2006).

토양침식을 평가하는데 있어 중요한 인자인 식생지수는 현장조사를 통한 식생피복률(VC)을 바탕으로 산정하

게 되는데, 보다 광범위한 지역을 GIS기법을 이용하여 체계적으로 관리하기 위해서는 기존의 현장조사 방법으로는 한계가 있다. 이에 따라 광범위한 지역의 식생지수를 산정하는 방법으로 위성영상을 활용하여 식생지수를 산정하는 것이 토양침식 모델의 식생인자를 결정하는데 있어 매우 유용하다.

본 연구는 우리나라 다목적실용위성인 KOMPSAT-2 위성영상을 이용하여 추출한 정규식생지수인 NDVI와 현장조사를 통해 얻은 식생피복률인 VC의 상관성을 분석하고자 한다. KOMPSAT-2 위성에서 추출한 NDVI는 탑재된 센서 별로 특성이 다른 여러 위성영상 중에 하나일 뿐만

1) 정회원 · 강릉원주대학교 공과대학 토목공학과 부교수(E-mail:ghkim@gwnu.ac.kr)  
2) 국립방재연구소 풍수해방재팀 시설연구관(E-mail:jlee9609@korea.kr)  
3) 국립방재연구소 R&D운영팀 시설연구사(E-mail:blueboat@korea.kr)  
4) 교신저자 · 새한항업주식회사 지오메틱스 연구소 대리(E-mail:wonjangkun@nate.com)

아니라 대기보정이 되지 않은 영상으로 향후 지속적인 연구와 비교를 위해 표준화할 필요성이 있다. 이를 위하여 대기보정이 된 MODIS Vegetation Index product를 수집하여 활용하였다. MODIS NDVI는 자료취득이 간편할 뿐만 아니라 매우 안정되고 정규화된 식생지수를 제공하기 때문에 다양한 분야에서 활용이 확대되고 있다. MODIS NDVI를 광역 지역에 대한 가뭄분석에 적용하여 활용한 연구성과가 발표되었으며(정수, 신사철, 2006). 천기선과 박재국(2007)은 Landsat 위성영상의 NDVI를 이용하여 산사태 취약지에서의 토지피복상태 변화에 대해 추적을 수행하였다. 그 밖에 NDVI를 이용한 다양한 연구성과로, 권혁춘과 이병걸(2009)은 Landsat TM 영상을 이용하여 제주도 도심지역의 지표온도와 식생지수 사이의 상관성을 분석하였고, 강준복 등(2010)은 Landsat 위성영상을 이용하여 산불지역을 분류하고 NDVI를 통한 식생회복 모니터링에 관한 연구성과를 발표하였다. 박준규 (2010)는 다중시기 Landsat NDVI 영상을 이용하여 식생의 시계열적 변화를 탐지하는 방법론에 대한 연구를 수행하였다.

KOMPSAT-2의 NDVI를 보정하기 위하여 기준영상으로는 MODIS Vegetation Index product 중 Vegetation Index 16day composite Global 250m 자료를 사용하였는데 이 자료는 16일 동안 촬영한 NDVI 영상의 픽셀 중 가장 높은 NDVI를 보이는 픽셀들을 합성한 영상자료이므로 NDVI의 신뢰성이 매우 높다. 현장조사를 통해 얻은 식생피복률 자료는 위성영상과의 상관분석을 위해 휴대용 GPS를 이용하여 각 지점의 좌표를 취득한 자료를 사용하였으며, 이를 토대로 NDVI와 식생피복률의 상관성을 분석하였다. KOMPSAT-2 위성영상 자료는 식생이 많이 분포한 여름 영상 중 비교적 영상상태가 좋은 2008년 6월 홍천지역의 영상을 사용하였으며, MODIS 영상도 동일 시기인 6월 영상을 사용하였다. 현장 식생조사 자료는 위성영상과 시기적으로 가장 가까운 2008년 여름에 수집한 자료를 사용하였다.

## 2. 위성영상 NDVI

### 2.1 KOMPSAT-2 NDVI 영상

본 연구에 활용한 KOMPSAT-2는 1m 해상도의 팬크로매틱 영상과 4m 해상도의 다중대역 영상을 촬영할 수 있는 고해상도 카메라(Multi-Spectral Camera, MSC)를 탑재하였으며 다중대역 영상을 이용하여 고해상도의 NDVI를 추출할 수 있다. 표 1은 KOMPSAT-2의 센서 제원이다.

표 1. KOMPSAT-2 센서 제원

센서	MSC(Multi-Spectral Camera)	
해상도	Panchromatic : 1m	
	Multispectral : 4m	
밴드폭	Panchromatic : 0.5~0.71 $\mu\text{m}$	
	Multispectral	BAND1 : 0.45~0.52 $\mu\text{m}$ (Blue)
		BAND2 : 0.52~0.60 $\mu\text{m}$ (Green)
		BAND3 : 0.63~0.69 $\mu\text{m}$ (Red)
BAND4 : 0.77~0.9 $\mu\text{m}$ (IR)		
관측폭	15km	
저장능력	94GB	
방사해상도	8bit 이상	

식생 활력도를 평가하는 보편적인 지표인 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index: 정규식생지수)는 4m×4m의 공간해상도를 가진 MSC(Multi-Spectral Camera) 센서 영상으로부터 식(1)을 이용하여 산출할 수 있다.

$$NDVI = \frac{IR - RED}{IR + RED} = \frac{BAND4 - BAND3}{BAND4 + BAND3} \quad (1)$$

영상자료는 절대위치에 차이를 나타내는 기하학적 휘어짐을 보정해야하는데 이러한 기하학적 휘어짐은 영상 내 각 점의 위치 변동을 의미하며, 이렇게 휘어진 영상을 평면위에 존재하는 기존의 지형도와 중첩시키기 위해서는 인공위성 영상에 나타나는 각 점의 위치를 지형도와 일치하도록 변환해 주는 과정이 반드시 필요하다(김기홍, 2008). 수치지도와 위성영상의 동일점을 10-20점 이상 추출하고 이를 기준점으로 이용하여 위성영상을 기하보정하였다. 그리고 보정된 영상을 식(1)을 이용하여 NDVI 영상으로 변환하였다. 그림 1은 NDVI 추출을 위한 과정이며, 그림 2는 기하보정된 KOMPSAT-2 NDVI 영상이다.

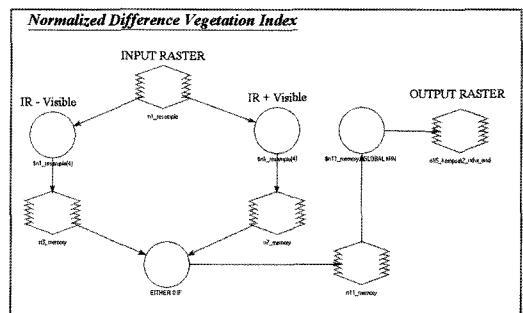


그림 1. NDVI 영상으로의 변환

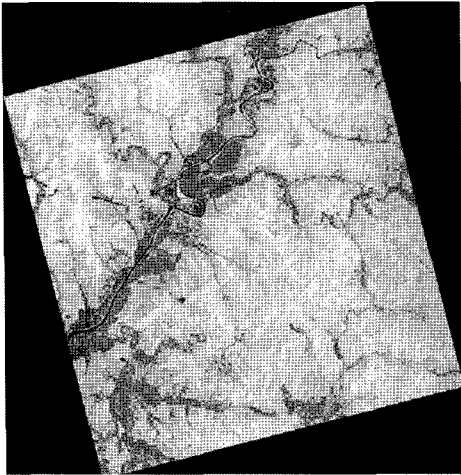


그림 2. KOMPSAT-2 NDVI 영상

## 2.2 MODIS NDVI 영상

MODIS는 EOS(Earth Observing System)시리즈의 주 센서로서 해양과 육상, 대기 등 모두에 대하여 적용이 가능한 다목적 센서이다. 705km의 고도를 갖고 지구를 공전하고 있으며, 하루에 두 번(오전/오후 11시경) 관측한다. MODIS의 전체 파장범위는 0.405~14.385 $\mu\text{m}$ 이며, 파장범위에 36개의 Band가 있다. EOS(Earth Observing System) 사업은 지구관측을 위한 목적으로 해양, 육지, 대기 분야에 SeaWiFS, Landsat, NOAA 등 다양한 위성영상을 활용하고 있으며 관측된 자료의 데이터베이스를 구축하여 지구환경에 관한 연구에 활용하고 있다(최진우 2008). NASA의 EOS Data Gateway는 EOS 사업을 통해 수집한 위성영상자료의 DB를 구축하고 대기보정 및 밴드별 연산을 통해 생산한 다양한 위성영상 자료를 제공하는 사이트이다. 위성

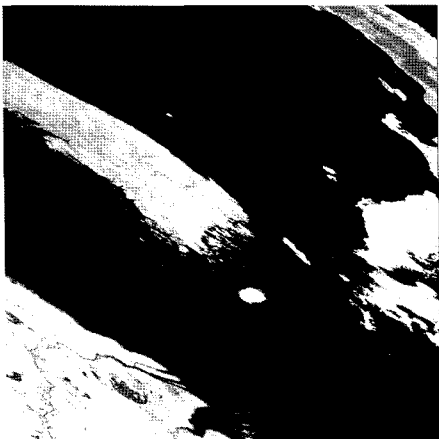


그림 3. MODIS 원영상

영상 자료는 대기, 빙하, 육지, 태양, 자료보정 분야별로 제공되며 본 연구에서는 식생지수 활용을 위해 MODIS 자료 중, 육지분야의 Vegetation Index 16day composit Global 250m 자료를 수집하여 이용하였다. Vegetation Index 16day composit Global 250m 자료는 16일 동안 촬영한 NDVI 중 가장 좋은 NDVI를 보이는 영상 자료이므로 NDVI 자료의 신뢰성이 매우 높다. EOS Data Gateway 사이트에서 제공하는 MODIS NDVI 영상은 그림 3과 같이 WGS84 타원체와 Sinusoidal 좌표를 사용하므로, 우리나라에서 사용하는 평면직각좌표로 변환하였다.

MODIS 식생지수 영상을 보면 NDVI에 축척계수가 10000으로 적용되어 영상소 값이 -10000부터 +10000 값을 가지므로 1/10000을 곱해주어 일반적으로 많이 쓰이는 -1.0부터 1.0의 값을 갖도록 변환하였다. 그림 4는 파일을 지정하고 입력값을 10000으로 나눈 값이 결과값으로 산출되도록 모델을 작성한 것을 보여주며, 그림 5는 -1.0부터 1.0의 값을 갖는 좌표변환된 MODIS NDVI 영상이다.

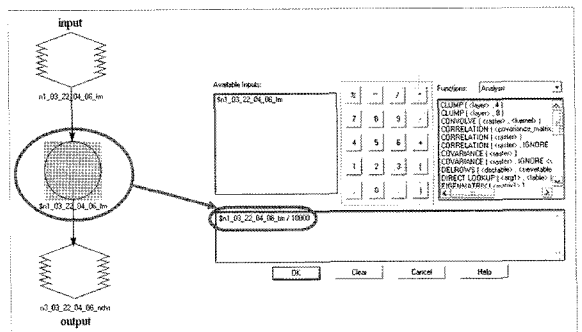


그림 4. 축척계수 설정

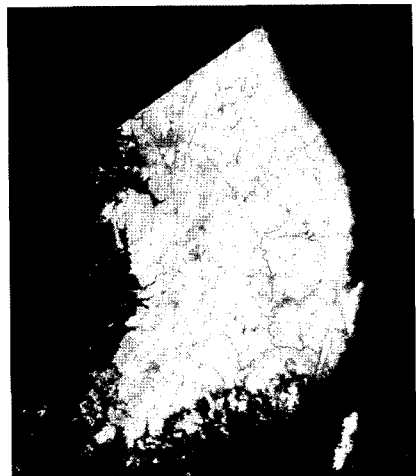


그림 5. MODIS NDVI 영상

### 3. KOMPSAT-2 NDVI의 보정

현재 대부분의 위성영상은 적외선 센서를 탑재하고 있기 때문에 다양한 위성영상으로부터 NDVI를 추출하여 활용할 수 있으며, NDVI는 적외선 영역이 식물의 엽록소와 반응할 때 그 반사값이 크다는 점을 이용하는 것으로 특정 지역 식생의 활력도를 표현할 수 있다. 본 연구의 목적은 위성영상에서 추출되는 NDVI가 현장의 식생피복과 어떤 관계가 있는지 파악하는 것으로 위를 위해서는 NDVI값을 표준화하여야 한다. 동일 시기에 동일 지점이라도 서로 다른 위성영상의 센서에 따라 추출된 NDVI 값은 차이가 크며, 그날의 대기상태 및 날씨에도 영향을 받는다. 예를 들어 동일지점에 대한 KOMPSAT-2 영상의 NDVI와 IKONOS 같은 다른 위성영상으로부터 추출된 NDVI는 서로 차이가 크며 이는 센서의 특성이 위성마다 다르기 때문이다. 이러한 문제로 인해 어떤 위성영상에서 추출된 특정 NDVI값에 대해 해당지점의 식생 피복이 어느 정도라는 것을 직접 연결하기에 어려움이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서는 매일 영상을 촬영하며, 16일 동안 촬영한 NDVI 중 가장 높은 NDVI의 픽셀을 합성한 자료인 MODIS NDVI영상을 이용하여 특정 위성영상의 NDVI를 조정하였다. 이를 통하여 NDVI를 표준화할 수 있으며 식생피복률과 NDVI를 직접적으로 연결하는데 그 신뢰성을 높일 수 있다. MODIS NDVI영상을 기준으로 하여 KOMPSAT-2 NDVI영상 히스토그램을 조정하게 되면 표준화된 NDVI를 얻을 수 있으며 또한 이렇게 구한 NDVI는 향후 다른 시기나 지역의 영상과 비교하여 적용할 수 있고, 다른 위성영상으로부터 추출된 NDVI와도 비교할 수 있는 장점이 있다. 그러나 MODIS의 경우 최대 해상도가 250m급으로 고해상도가 아니기 때문에 KOMPSAT-2 영상에 존재하는 각각의 픽셀 단위별로의 보정에는 한계가 있으며 영상 전체적으로 NDVI의 최소 최

대와 평균 정도의 개념에서 보정이 이루어진다.

히스토그램이란 영상의 각각 해당 픽셀값에 대한 분포를 나타내는 도수분포그래프로 영상내의 픽셀값의 분포를 표현하는 가장 대표적인 수단이다. 히스토그램의 조정은 일반적으로 영상의 밝기가 영상에서 표현하는 범위보다 좁은 경우 이를 보정하기 위해 사용되며 영상의 판독을 용이하게 하기 위해 주로 이용된다.

두영상의 픽셀 값 분포가 그림 6처럼 서로 다른 경우 이를 조정하기 위해 다음의 식을 이용한 contrast stretching은 가장 간단하면서도 보편적으로 적용되는 기법이다. 원영상의 픽셀값을  $g_1(x,y)$ 라고 하고 변환된 값을  $g_2(x,y)$ 라고 할 때 변환식은 식 (2)와 같다.

$$g_2(x,y) = (g_1(x,y) + t_1) \times t_2 \tag{2}$$

여기서  $t_1 = g_2^{\min} - g_1^{\min}$ ,  $t_2 = \frac{g_2^{\max} - g_2^{\min}}{g_1^{\max} - g_1^{\min}}$  이다.

각각의 영상 센서의 경우 센서의 특성이나 영상 촬영 당시의 환경요인으로 인해 그 분포가 달라질 수 있으며 이를 조정하는 과정을 히스토그램 조정이라고 한다.

MODIS NDVI 영상은 한반도 전체를 범위를 갖고 있으므로 그림 7과 같이 KOMPSAT-2 NDVI 영상과 중첩되는 영역만큼 MODIS 영상을 추출하고, MODIS NDVI를 기준으로 KOMPSAT-2 NDVI 영상을 조정하였다.

### 4. 현장조사 식생자료와 비교분석

본 연구의 대상지역은 그림 7과 같이 31번 국도를 지나고 있는 강원도 지역의 홍천군 일대로 KOMPSAT-2 영상이 제공하는 영상의 범위를 연구 대상으로 하였다.

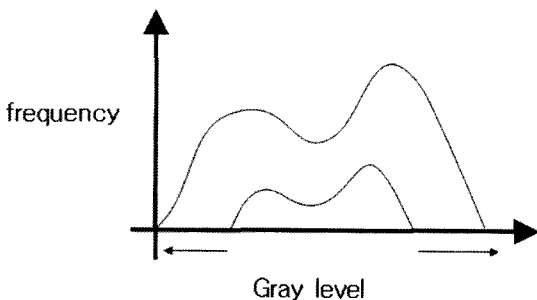


그림 6. 히스토그램 조정

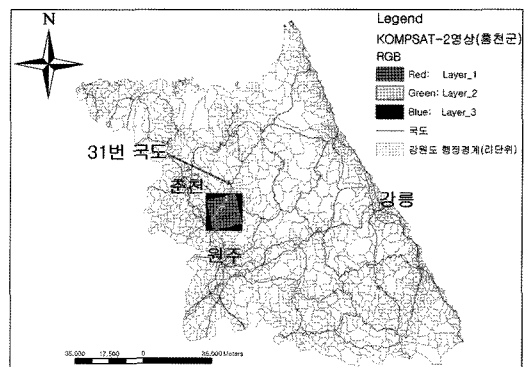


그림 7. 연구지역

표 2. 현장 식생조사 자료

일련번호	좌 표	VC (%)	일련번호	좌 표	VC (%)	일련번호	좌 표	VC (%)
1	37°45'14.30"N 127°56'59.40"E	0	23	37°45'58.40"N 127°57'57.90"E	95	45	37°41'17.10"N 127°56'8.20"E	95
2	37°45'16.50"N 127°57'0.10"E	90	24	37°45'57.40"N 127°57'58.20"E	90	46	37°41'17.20"N 127°56'8.80"E	95
3	37°45'16.60"N 127°57'0.00"E	30	25	37°46'48.90"N 127°56'22.40"E	95	47	37°41'17.10"N 127°56'9.40"E	85
4	37°45'10.40"N 127°56'59.80"E	0	26	37°46'48.20"N 127°56'23.35"E	95	48	37°41'16.10"N 127°56'8.10"E	95
5	37°45'9.40"N 127°57'0.00"E	0	27	37°46'48.30"N 127°56'22.20"E	95	49	37°41'16.10"N 127°56'8.30"E	95
6	37°45'8.40"N 127°57'0.20"E	15	28	37°46'52.40"N 127°56'29.50"E	95	50	37°41'15.20"N 127°56'7.50"E	95
7	37°45'7.90"N 127°57'0.50"E	75	29	37°46'52.20"N 127°56'28.90"E	95	51	37°42'44.60"N 127°57'3.60"E	0
8	37°45'7.10"N 127°57'0.60"E	95	30	37°46'52.80"N 127°56'28.00"E	100	52	37°44'11.10"N 127°54'25.70"E	85
9	37°45'7.30"N 127°56'58.40"E	95	31	37°46'52.30"N 127°56'27.20"E	100	53	37°46'14.80"N 127°57'12.20"E	95
10	37°45'7.70"N 127°56'57.30"E	95	32	37°46'53.20"N 127°56'27.80"E	90	54	37°46'12.60"N 127°57'10.60"E	95
11	37°45'6.90"N 127°56'57.10"E	80	33	37°46'52.30"N 127°56'26.40"E	95	55	37°46'22.40"N 127°56'53.00"E	90
12	37°45'6.40"N 127°56'56.90"E	65	34	37°45'58.30"N 127°57'5.70"E	95	56	37°42'28.30"N 127°54'16.90"E	0
13	37°45'5.90"N 127°56'56.90"E	60	35	37°45'57.90"N 127°57'5.20"E	85	57	37°42'41.73"N 127°54'22.22"E	100
14	37°45'6.30"N 127°56'57.70"E	95	36	37°41'17.30"N 127°56'0.60"E	100	58	37°44'12.80"N 127°56'36.50"E	100
15	37°45'6.20"N 127°56'57.40"E	75	37	37°41'21.00"N 127°56'4.80"E	95	59	37°43'40.90"N 127°56'8.10"E	0
16	37°45'5.30"N 127°56'57.00"E	95	38	37°41'18.60"N 127°56'4.90"E	95	60	37°42'44.02"N 127°58'16.05"E	0
17	37°45'2.20"N 127°57'2.30"E	100	39	37°41'18.50"N 127°56'5.00"E	95	61	37°42'44.64"N 127°58'15.48"E	95
18	37°45'3.10"N 127°57'2.80"E	100	40	37°41'14.70"N 127°56'4.50"E	95	62	37°42'43.60"N 127°58'16.30"E	0
19	37°45'4.40"N 127°57'1.30"E	85	41	37°41'14.50"N 127°56'3.20"E	85	63	37°42'44.70"N 127°58'18.20"E	95
20	37°45'4.30"N 127°57'2.70"E	95	42	37°41'15.00"N 127°56'3.20"E	90	64	37°43'53.95"N 127°57'29.17"E	0
21	37°46'7.80"N 127°57'52.60"E	0	43	37°41'48.40"N 127°57'18.90"E	95	65	37°43'57.88"N 127°57'18.54"E	100
22	37°45'58.80"N 127°57'58.90"E	95	44	37°41'49.90"N 127°57'20.50"E	95			

표 2는 2008년 9월의 홍천군 현장 식생 조사 자료이다. 편의상 본 연구에 필요한 인자인 식생피복률(VC)인자만 편집하였다.

표 2의 현장 식생조사 자료와 KOMPSAT-2 NDVI의 상관성을 분석하기 위해 현장 식생조사 자료를 KOMPSAT-2 위성영상과 동일한 좌표계로 변환한 후 GIS DB에 포인트 데이터로 구축하고 속성테이블을 입력하였다. 그림 8은 현장 식생조사점의 속성 테이블과 위성영상에 중첩한 결과를 보여준다.

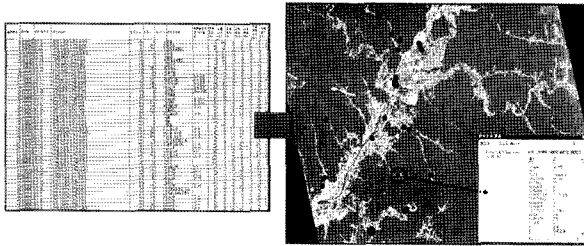


그림 8. 현장 식생조사 자료의 중첩

각 지점별로 위성영상의 NDVI를 현장 식생조사 테이블에 추가한 후, 그림 9와 같이 식생피복률과 NDVI를 비교하는 그래프를 생성하였다. 분석한 결과 현장 식생조사 자료와 KOMPSAT-2 NDVI 사이에는 큰 상관성이 있음을 확인할 수 있었으나 차이가 나는 점들이 다소 존재하였다. 대표적으로 차이가 큰 8점을 추출하여 표 3과 같이 현장 식생조사 자료를 분석한 결과 잔디, 키작은 식물 등으로, 이들의 식생피복률은 100%에 가깝지만 NDVI는 상대적으로 낮게 나오는 것으로 나타났다. 대표적으로 소나무 등 큰 식생에서는 NDVI가 상대적으로 높게 나오는 양상을 보였다.

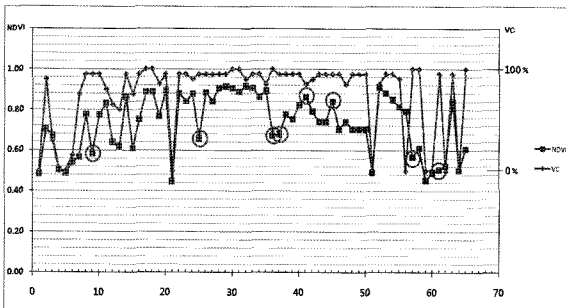


그림 9. NDVI와 식생피복률의 비교

표 3. 특이 지점 상황

일련번호	군락우점종	VC	기타사항	NDVI
9	참싸리	95	사면절개지	0.58
25	미국쑥부쟁이	95	묵밭	0.66
36	잔디	100	초지	0.67
37	잔디	95	초지	0.68
41	소나무	85	소나무	0.86
45	소나무	95	소나무림	0.84
57	잔디	100	초지	0.57
61	잔디	95	무덤	0.51

### 5. 결 론

본 연구는 우리나라 다목적실용위성인 KOMPSAT-2 위성의 다중대역영상을 이용하여 식생지수인 NDVI를 추출하였으며, 현장에서 직접 식생피복률을 조사하였다. KOMPSAT-2의 NDVI를 표준화하고 자료의 신뢰성을 높이기 위해 MODIS Vegetation Index 16days composite Global 250m 자료를 이용하여 보정하였으며, 표준화된 NDVI와 현장에서 조사된 식생피복률의 상관관계를 분석한 결과 다음과 같은 사실을 확인하였다.

첫째, MODIS를 기준으로 표준화된 NDVI의 경우 식생피복률 0%인 지역은 0.45 정도로 나타났으며 식생피복률 100%인 지역은 최고 0.90 정도의 NDVI를 보이거나 다소 낮은 NDVI를 나타내는 지점들도 존재하였다.

둘째, 비교적 키가 작은 식물에서는 위성영상 NDVI가 낮게 분포하지만 식생피복률의 VC는 높게 분포했다. 이는 위성 센서에서 수집되는 키 작은 식물의 근적외선 반사치량이 적으므로 발생하는 현상으로 생각된다. 소나무 등 큰 식생은 대부분 NDVI가 높게 분포하였다. 이는 위성영상의 경우 소나무의 윗부분이 영상에 찍히므로 지표의 식생피복은 적더라도 캐노피 부근에서 방출되는 적외선의 양이 많기 때문인 것으로 사료된다.

셋째, 위성영상을 이용하여 얻은 NDVI와 현장 조사를 통하여 얻은 식생피복률은 높은 상관성을 가지는 것으로 판단되나 다소 크게 차이 나는 경우도 있는 것으로 나타났다. 이는 기본적으로 NDVI와 식생피복률이 조금은 서로 다른 관점에서의 관측치이기 때문이며, 영상의 기하보정 오차, 현장 GPS의 위치오차, 현장 조사자의 주관적인 관측 등에 따른 오차의 영향도 무시할 수 없는 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국립방재교육연구원 방재연구소의 연구비지원(NIDP-주요-2010-12-02)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 강준목, 장철, 박준규, 김민규 (2010), 위성영상을 이용한 산불재해 분석, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 28권, 제 1호, pp. 21-28.
- 국립방재연구소 (2006), 지역특성을 고려한 토양침식모형의 매개변수 산정방안, pp. 4-9.
- 권혁춘, 이병걸 (2009), Landsat TM 영상을 이용한 제주도 도심지역 지표면온도분포와 식생지수의 상관성 분석, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제 17권 제 4호, pp. 39-44.
- 김기홍, 홍성창, 윤준희 (2008), 대기보정된 Landsat 위성영상을 이용한 해수온도 분석, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 26권, 제 3호, pp. 219-225.
- 박준규 (2010), Landsat 영상을 이용한 식생의 변화 탐지 : 대전광역시를 중심으로, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 28권, 제 2호, pp. 239-246.
- 정수, 신사철 (2006), 광역의 가뭄 분석을 위한 위성영상의 활용, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제 14권, 제 2호, pp. 55-62.
- 천기선, 박재국 (2007), 산사태 취약지에서의 토지피복상태 변화 추적, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제 15권, 제 3호, pp. 69-76.
- 최진우, 최재영, 양영규 (2008), MODIS 센서 영상을 이용한 한반도 식생 분석 및 Google Earth 기반 표현 기법 연구, 공동 춘계학술대회 논문집, 한국GIS학회, pp. 356-358.

---

(접수일 2011. 07. 20, 심사일 2011. 08. 17, 심사완료일 2011. 08. 25)