

강원도 산불피해지역의 생태계 복원을 위한 식생회복속도 비교 연구
- 원격탐사기법을 통하여 -

전성우¹⁾ · 성현찬²⁾

¹⁾ 한국환경정책 평가연구원 · ²⁾ 경기개발연구원

Comparative Analysis for Vegetation Restoration
Status on Fired Area of Kangwon Province

- Using Remote Sensing Technologies -

Jeon, Seong-woo¹⁾ · Sung Hyun-Chan²⁾

¹⁾ Korea Environment Institute, ²⁾ Kyonggi Research Institute.

ABSTRACT

Forest fires happened simultaneously in Go-Seong, Gang-Neung, Sam-Cheok, Dong-Hae, Ul-Chin for 9 days(7th-15th of April, 2000). The area of those fires came to 23,794ha, about 80 times of Yeoui-Do and the extent of damage was the biggest and worst in Korea.

The focus of this study is to compare the rate of restoration by damage types and develop the sound restoration model and efficient woodland management after the forest fire.

The study site faces East Sea and the elements such as seasons, topographical features and etc. make difficult to obtain the suitable data from satellite. This study analyzed two images;2000yr and 2001yr after the fire. MODVI was more useful to grasp the damage than NDVI and the limitation of this study was the lack of images by damage types.

The study suggests that lots of images are needed to monitor and analyze the forest fire site and the image of higher resolution is required to analyze the narrow site.

Key Words : *Remote Sensing, Vegetation Index, Normalized Burn Ratio, Restoration.*

I. 서 론

2000년 4월 7일부터 4월 15일까지 9일간 강원도, 고성군, 강릉시, 삼척시, 동해시 및 경북 울진군에 산불이 동시다발적으로 발생하였다. 이때

발생한 피해지역은 23,794ha로서 여의도 면적의 약 80여배에 달하고 우리나라 역사상 가장 피해가 컸었다. 전체 피해면적의 72%는 삼척시에 위치하고 있으며, 11%는 고성군이였다. 소유권별로는 42%가 국공유림이며, 58%가 사유림이였다

표 1. 식생지수종류

식생지수 종류	설명 및 공식
NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)	1969년 Krieglger가 제시 $NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red}$
MODVI (Modified Difference Vegetation Index)	1999년 Joji iisaka등이 제시 $MODVI = \frac{Ch4 - W4}{Ch3 - W3}$ W3과 W4는 각각 Ch3과 Ch4의 가장 어두운 물체의 광휘 값(Spectral Value)을 의미

자료 : 정연숙 등. 2002. 동해안 산불지역 생태계 변화 및 복원기법 연구. 환경부 p.110

(정연숙, 2002). 이와 같은 대형 산불은 발생 후 이를 어떻게 조사, 복원하는가에 따라 생태적 회복속도가 상이해져 이에 대한 연구의 필요성이 높은 실정이다.

원격탐사를 이용한 식생분석은 대규모 지역의 신속하고 객관적인 분석결과를 얻을 수 있다는 점에서 효용성이 있어(전성우, 1997) 산불 피해지역의 피해유형별 복원속도를 비교·분석하는데 많은 장점이 있다.

본 연구는 동해안 산불피해지역에 대한 산불 발생 후의 건전한 생태계 복원모델 개발 및 효과적인 숲 관리를 위한 방향 제시를 위하여, 산림 피해유형별 복원속도 비교에 주안점을 두었다.

II. 연구의 방법

1960년대 이래 과학자들은 원격탐사 자료를 이용하여 식생의 여러 가지 생물물리학적 변이를 모형화하여 추출하는 시도가 있었다. 이러한 노력은 엽면적지수(Leaf Area Index), % green cover, 엽록소 함량, green biomass와 APAR (absorbed photosynthetically active radiation)과 같은 식생의 활력과 상대적인 양을 나타내는 방식

측정치와 함수로 정의되는 식생지수가 표 1과 같이 개발되었다. 본 연구에서는 산림피해유형에 따른 피해정도 및 식생회복속도 비교 분석을 위하여 NDVI와 MODVI의 적용가능성을 고찰하였다.

대상지역으로는 피해유형별, 복원유형별 복원속도 비교분석을 위하여 동해시·삼척시 미로산불피해지역 전체를 대상으로 비교분석을 실시하였다.

2. 식생지수 영상분석결과

본 연구에서는 범용식생지수인 NDVI와 시계열변화를 주로 탐지하는 MODVI를 중심으로 처리하였다. 처리결과, 고성군 지역은 NDVI와 MODVI 평균값이 산불발생 전보다, 산불발생 후 전체적으로 감소하고 있는 것으로 분석되었으며, 동해, 삼척지역은 평균값과 표준편차 값이 감소하는 경향을 보이고 있다.

동해·삼척지역의 NDVI 분석결과는 산불1년 후인 2001년에 2등급비율이 산불전보다 높은 것으로 분석되어 약 20일의 시간차를 감안하더라도 NDVI를 이용한 방법론에 문제가 있는 것으로 생각된다.

표 2. 사용한 위성영상자료 목록

위 치	Path-Row	촬영 날짜	센 서	MODVI계수		비 고
				W3 계수	W4 계수	
동해·삼척시	114-34	1999. 5. 7	TM	22	15	
	115-34	2000. 5. 8	ETM+	34	18	산불직후
	114-34	2001. 5. 28	TM	14	5	산불후 1년

표 3. NDVI와 MODVI의 평균과 표준편차

	99년 5월 7일		00년 5월 8일		01년 5월 28일	
	NDVI	MODVI	NDVI	MODVI	NDVI	MODVI
평균	152.2	144.7	122.5	114.3	141.9	124.5
표준편차	21.6	36.9	31.4	26.4	19.7	27.3
최소	41	86	46	90	0	73
최대	198	255	195	255	175	255

NDVI 이용한 분석결과 3등급지역의 경우 산불직전인 1999년 28.73%였던 면적비율이, 산불직후인 2000년에는 28.73%로 비율을 유지하다.

1년후인 2001년에는 0.00%로 점차 급감하는 추세를 보이고 있어 현상을 잘 반영하지 못하고 있는 것으로 판단된다.

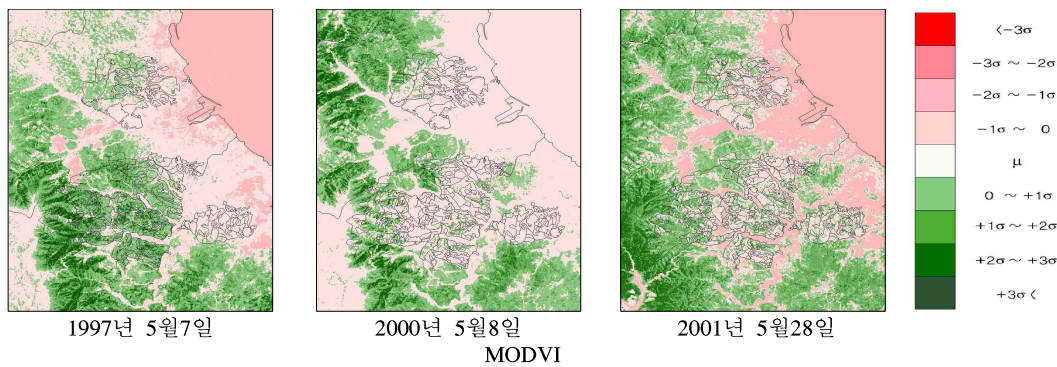
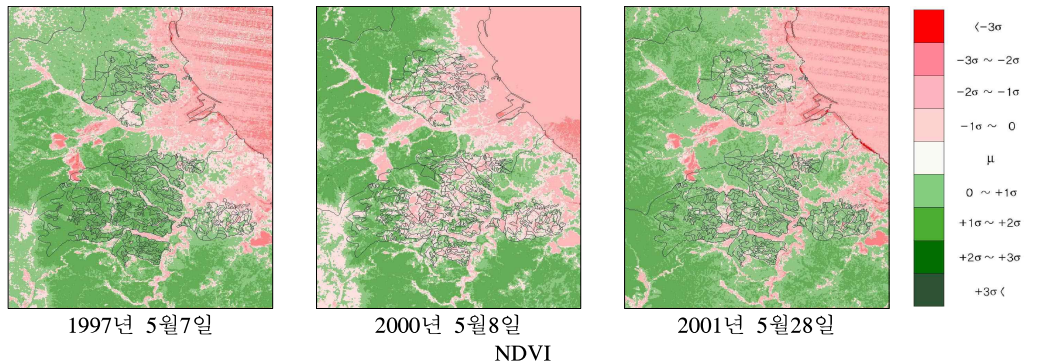
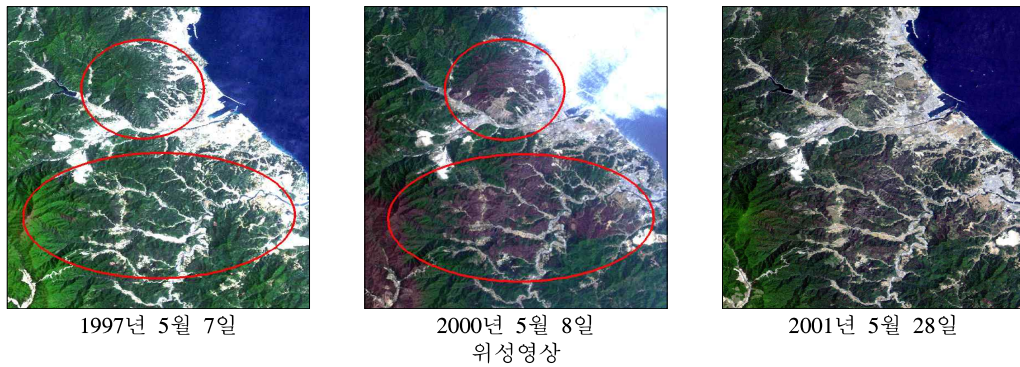


그림 1. 동해·삼척지역 식생지수 분석결과도

표 4. 동해·삼척지역의 식생지수 분석결과

등급	범 위	NDVI						MODVI					
		1999. 5. 7.		2000. 5. 8.		2001. 5. 28.		1999. 5. 7.		2000. 5. 8.		2001. 5. 28.	
		비율%	누적%	비율%	누적%	비율%	누적%	비율%	누적%	비율%	누적%	비율%	누적%
6	$x < \mu - 2\delta$	1.29	1.29	16.21	16.21	0.00	0.00	38.22	38.22	78.12	78.12	61.20	61.20
5	$\mu - 2\delta \leq x < \mu - 1\delta$	11.03	12.32	40.82	57.04	1.83	1.83	0.00	38.22	15.06	93.18	0.00	61.20
4	$\mu - 1\delta \leq x < \mu$	0.00	12.32	0.00	57.04	16.05	17.88	36.05	74.27	5.28	98.46	28.21	89.41
3	μ	28.73	63.05	28.73	85.77	0.00	17.88	16.64	90.91	1.28	99.74	9.56	98.98
2	$\mu \leq x < \mu + 1\delta$	14.23	100.0	14.23	100.0	71.90	89.78	6.27	97.18	0.26	100.0	1.02	100.0
1	$\mu + 1\delta \leq x < \mu + 2\delta$	0.00	100.0	0.00	100.0	10.22	100.0	2.82	100.0	0.00	100.0	0.00	100.0

MODVI를 이용한 분석결과, 2등급지역의 경우 산불직전인 1999년 6.27%였던 면적비율이, 산불직후인 2000년에는 0.26%로 급감했다가, 1년후인 2001년에는 1.02%로 점차 증가하는 추세를 보이고 있어 비교적 현상을 잘 반영하고 있는 것으로 판단된다. 3등급지역은 산불직전인 1999년 16.64%였던 면적비율이, 산불직후인 2000년에는 1.28%로 급감했다가, 1년 후인 2001년에는

9.56%로 점차 증가하는 추세를 보이고 있어 비교적 현상을 잘 반영하고 있는 것으로 판단된다. 4등급지역 역시 산불직전인 1999년 36.05%였던 면적비율이, 산불직후인 2000년에는 5.28%로 급감했다가, 1년 후인 2001년에는 28.21%로 점차 증가하는 추세를 보이고 있어 비교적 현상을 잘 반영하고 있는 것으로 판단된다.

이와 같은 NDVI와 MODVI 분석결과를 볼

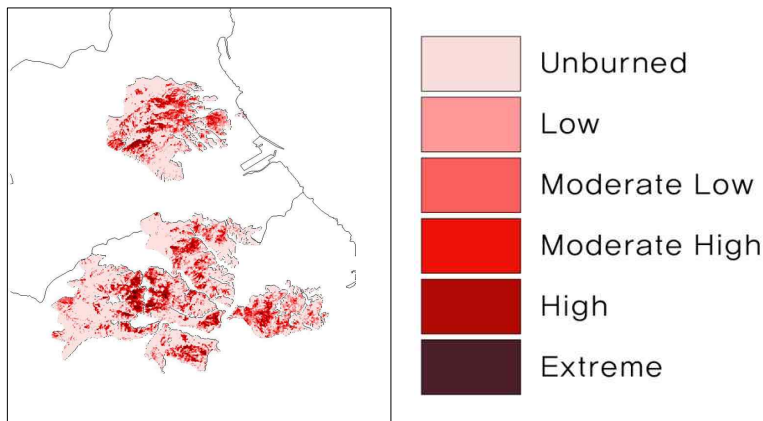
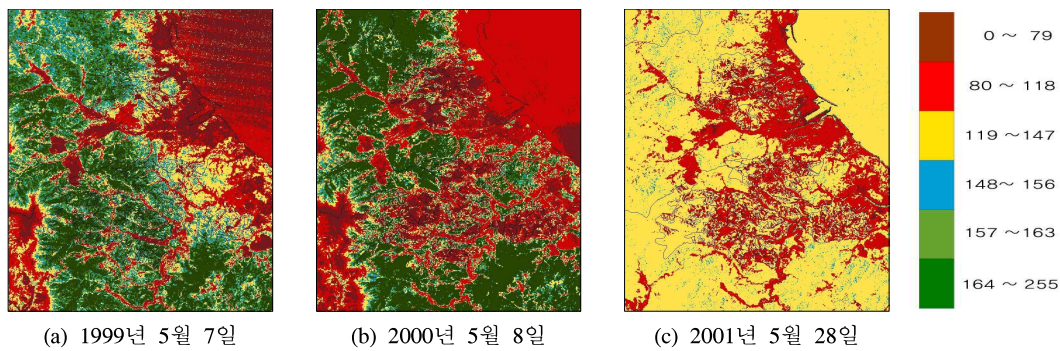


그림 2. 동해·삼척지역 NBR 분석결과도

표 5. 동해·삼척지역의 복원유형별 NDMI 와 MODVI 분석결과

	2000년 5월 8일*				2001년 5월 28일			
	normalized NDMI*		normalized MODVI		normalized NDMI		normalized MODVI	
	평 균	표준편차	평 균	표준편차	평 균	표준편차	평 균	표준편차
생태시업(T1)	113.23	26.26	132.47	27.88	140.92	18.4	121.86	24.67
자연복원(T2)	104.59	19.20	133.74	21.87	136.23	17.91	114.50	19.15
자연복원(T3)	98.69	17.17	133.62	16.04	132.76	21.23	112.17	19.14
C2	117.13	27.04	131.23	29.90	143.07	16.19	123.31	24.04
C3	134.58	34.04	127.65	38.81	147.78	18.45	133.75	28.84

* : 구름의 다량존재로 대기보정을 하지 않은 결과임.

때, 향후 시계열적인 변화를 분석시 MODVI방법론을 이용하는 것이 현상을 잘 파악하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

3. NBR 분석결과

동해·삼척지역의 NBR 분석결과는 아래의 <그림 2>와 같이 분석되었다. 분석된 결과를 이용하여 ΔNBR을 분석하면, 어느 지역이 다른 지역에 비해서 심하게 영향을 받았는지를 분석할 수 있다. 방법론 개발과 자료에 대한 시험적인 검증이 이루어진 결과 산불지역별로 차이를 보이는 것을 파악할 수 있었다. 이 방법을 이용하여, 지역별, 산림유형별 분석이 가능할 것으로 판단된다.

동해시, 삼척시 미로지역의 산림복구 계획에 의하면 피해면적은 7,053.03ha이며, T1유형이 529.02ha, T2유형이 657.63ha, T3유형이 1,708.38ha이고, C2유형이 153.81ha, C3유형이 4,004.19ha 이다.

동일 유형인 T1, T2, T3 유형을 비교해보면, 산불발생 직후인 2000년도에는 세가지 유형의 평균의 차가 거의 없었으나, 2001년에는 T1유형쪽의 식생활력도가 T3유형보다 높은 것으로 분석되었다. 이는 계절적인 요인에 의한 것으로 재생

피도가 낮은 지역의 초분류가 목분류에 비하여 왕성하게 광합성 작용을 하는 것에 기인한 것으로 판단된다. 표준편차는 T1에서 T3쪽으로 갈수록 작은 것으로 분석되었다.

동일유형인 C2, C3유형의 MODVI 값을 비교해보면, 2000년도에는 C2의 식생활력도 값이 C3에 비해 높은 것으로 분석되었으나, 2001년에는 C3유형이 C2에 비해 높은 것으로 나타나 2002년 이후의 자료를 가지고 분석을 해야 좀더 정확한 경향을 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

이지역에는 T1, T2, T3형과 C2, C3의 복원유형이 있어 T2와 C2, T3와 C3간의 비교가 가능하였다. 우선 T2와 C2를 비교해 보면 산불후 1년이 경과된 2000년 자료의 경우 활력도의 평균차는 약 2정도인 것으로 분석되었으나, 2년후인 2001년에는 차이가 약9정도로 차이가 커지는 경향을 보이고 있다.

T3유형과 C3유형을 비교해 보면, 산불발생 직후인 2000년에는 T3유형이 C3유형에 비해 약 4정도 높은 것으로 나타났으나, 2년후인 2001년에는 C3유형이 21정도 높은 것으로 나타났다. 이는 재생피도가 높은 지역이 식생활력도가 높게 나타나는 것으로 적절한 분석결과로 판단된다. 그러나 좀더 정확한 경향을 확인하기 위해서는 2002년 이후의 자료를 분석하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

1) T1(생태시업지역으로 재생피도 33% 이하지역), T2(자연복원지역으로 재생피도 33-66%지역), T3(자연복원지역으로 재생피도 66% 이상지역), C1(재생피도 33% 이하지역), C2(재생피도 33-66% 지역).

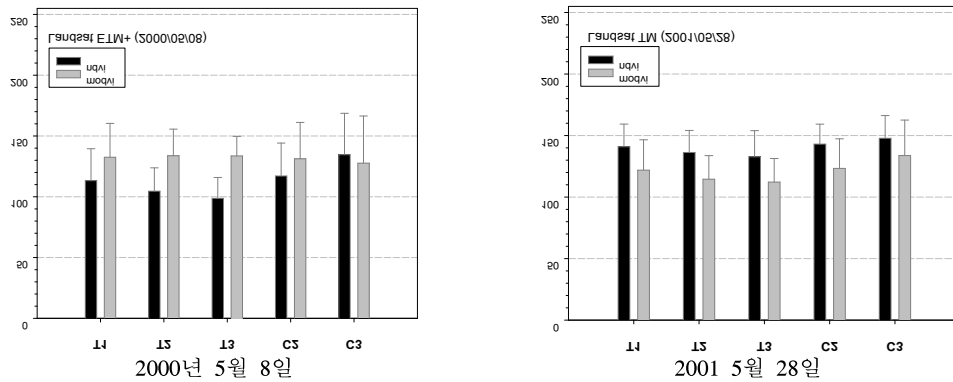


그림 3. 동해·삼척지역의 산불피해유형별 NDVI와 MODVI 결과

IV. 결 론

본 연구대상지는 동해안에 위치하고 있어, 계절, 지형 등의 요인에 의해 위성으로부터 연구의 목적에 적합한 영상을 확보하기 곤란하였다. 본 연구에서는 산불발생 직후인 2000년도 영상과 1년후인 2001년도 영상을 확보하여 분석을 하였으나, 영상의 수가 너무 적어 일관된 설명을 하기 곤란하였다. 따라서 향후 연구에서는 매년 좀 더 많은 시기의 영상을 이용하여 모니터링 및 분석연구를 진행하는 것이 필요할 것이다.

또한 외국의 다른 사례와 달리 우리나라에서 발생한 산불은 면적이 협소하여, 고해상도 위성영상을 활용하여야 하나, 현재 활용가능한 IKONOS 위성영상자료를 조사하였으나, 시기가 맞지 않아 활용이 불가능한 실정이다. 이와 같은 제약요인으로 인하여 기존의 위성영상자료를 이용하여 복원유형별로 효과를 비교 평가하는 것은 곤란하였다. 따라서 향후 진행되는 연구에서는 현장조사자와의 해상도를 연계하고 신뢰성 있는 분석결과 얻기 위하여, 선진외국에서 활용분야가 넓어지고 있는 항공기 탑재센서를 활용한 고해상도 영상자료를 이용하는 것을 고려해 볼 필요가 있을 것이다.

인 용 문 헌

전성우. 1997. 자연환경부문의 원격탐사기법 도

입방안에 관한 연구. 한국환경정책·평가 연구원. pp. 1-2

정연숙 등. 2002. 동해안 산불지역 생태계 변화 및 복원기법 연구. 환경부. p. 3

Crippen, R. E. 1990. Calculating the Vegetation Index Faster. *Remote Sensing of Environment* 34 : 71-73.

Huete, A. R., R. D. Jackson and D. F. Post. 1985. Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds. *Remote Sensing of Environment* 17 : 37-53

Jordan, C. F. 1969. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. *Ecology* 50 : 663-666

Kauth, R. J. and G. S. Thomas. 1976. The tasseled cap-A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. *Processing of Remotely Sensed Data*, Purdue University. West Lafayette, Indiana. pp. 41-51.

Key. Carl H. and Nate C. Benson. 1999. The Normalized Burn ratio, a Landsat Tm radiometric index of burn severity incorporating multi-temporal differencing in prep. USGS

Key. Carl H. and Nate C. Benson. 1999. A gental field method for rating burn severity with extended application to remote sensing in review. USGS

- Lillesand, T. M. and R. W. Kifer. 1987. Remote Sensing and Image Interpretation 2nd ed. John Wiley.
- Richardson, A. J. and C. L. Wiegand. 1977. Distinguishing Vegetation from Soil Background information. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 43 : 1541-1552.
- Qi, J., A. Chehbouni., A. R. Huete and Y. H. Kerr. 1994. Modified Soil Adjusted Vegetation index (MSAVI). Remote Sensing of Environment 48 : 119-126.
- [http : //www.nrmcs.usgs.gov/research/ndbr.htm](http://www.nrmcs.usgs.gov/research/ndbr.htm)

接受 2003年 3月 14日