

# 한반도의 다중시기 NDVI를 이용한 가뭄지수 적용성 분석

## Applicability Analysis of Drought Index using Multi-temporal NDVI in Korean Peninsula

신수현\*, 국민정, 이규성  
Soo-Hyun Shin, Min-Jung Kook and Kyu-Sung Lee  
인하대학교 지리정보공학과  
darkhorse78@empal.com

### 요약

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)는 식생의 건강상태 및 농작물 생산량 추정 등에 효과적인 식생지수로, 20년 이상 축적된 NOAA NDVI data의 경우, 식생의 시기적, 계절적 변화탐지가 가능해져 이를 바탕으로 한 가뭄지수들이 개발되어 가뭄 모니터링에 사용되어지고 있다. 지난 2001년, 한반도는 기상관측 이래 90년만의 강수량 최저치를 기록하여 전국적인 대가뭄의 피해를 입었으며, 특히 북한은 유엔이 선정한 가뭄에 가장 취약한 국가로 그로 인한 식량난이 더욱 악화되고 있어 가뭄에 대한 정보는 필수적이라 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 1994~2002년의 식물 생장기(growing season : 3 ~ 10월)동안 NDVI 10일 최대값 합성영상(10-day maximum composite data)을 사용하여 남북한으로 나누어진 한반도를 대상으로 각각의 식생현황을 파악 및 비교하고, 산림, 농지, 도시지역별로 NDVI와 가뭄의 주원인인 강수량과의 상관관계로 그 효용성을 분석하였다. 그 결과, NDVI는 1~2개월 전 강수량의 영향이 가장 컸으며, 특히 농지지역에서의 상관계수가 높게 나타났다.

### 1. 서론

가뭄은 강수량 부족으로 생기는 기상재해 중의 하나로, 단순한 물 부족 현상을 넘어서 전 세계적으로 환경 및 경제적인 피해를 끼치는 위험 요소라 할 수 있으며, 더욱이 근래에 들어 온실효과, ENSO (El Nio Southern Oscillation) 등 다양한 원인으로 가뭄이 발생되고 있어 그 피해가 점점 심각해지고 있다 [1,2]. 우리나라의 경우, 기상청에 따르면 2001년 3~5월 강수량은 대부분의 관측소에서 최저치를 기록하는 등 예년 평균의 10~74% 수준으로 지난 90년 동안 기상 관측 이래 최저 강수량을 기록하였으며, 북한지역도 마찬가지로 3월 초부터 시작된 강수량 부족현상으로 인하여 예년의 11%에 그쳐 남북

한 모두 극심한 가뭄이 나타났으므로 한반도도 그 예외는 아니라 할 수 있다. 유엔개발계획(UNDP)의 보고서에 따르면, 세계 208개 국가, 지역 중에서 자연재해에 대한 피해를 조사한 결과, 특히 지난 90년대 극심한 가뭄과 기근을 겪은 북한이 자연재해에 가장 취약한 국가인 것으로 나타나 북한은 가뭄에 대한 정보가 필요하다고 할 수 있다.

이에, 여러 가지 가뭄연구가 진행 중에 있으며, 특히 가시광선과 근적외선에서의 식생 반사율의 차이를 이용한 식생지수인 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)는 식생의 건강상태 및 농작물 생산량 추정 등에 효과적으로 사용되어질 뿐 아니라, NOAA NDVI data의 경우 20년 이상 축적되어 식생의 시기적, 계절적 변화 탐지도 가능

하게 되어 가뭄 모니터링에 사용되어지고 있다[1,2,3].

그러나, 가뭄이라는 기상재해가 강수량 부족으로 나타나는 현상이고, 식생 역시 강수량 등의 기후요인 영향을 크게 받으나, 그 영향이 바로 식생에 나타나는 것은 아니기 때문에 기상학적인 가뭄과 식생에 나타나는 가뭄은 다소 차이가 있다[3,4].

따라서, 본 연구에서는 가뭄의 절대적인 요인인 강수량과 식생지수인 NDVI의 관련성을 파악하여 가뭄지수로서의 적용성을 분석하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상 지역 및 사용된 데이터

연구지역은 남북한으로 나누어진 약 220,000km<sup>2</sup> 면적의 한반도로, 남북으로 북위 33~43°, 동서로는 동경 124~132°에 위치하여 좁은 면적이지만 동서에 비해 남북으로 길게 뻗어있어 위도 차에 의해 기후 특색이 다르며, 동고서저 지형의 영향으로 강수량 분포도 다르게 나타난다. 주된 피복은 산림으로 약 70%정도 분포하며, 20%의 농지지역, 그 밖의 기타 지역 10%로 이루어져 있다.

이에 사용된 데이터는 일본농림수산연구정보센터(AFFRIC: Agriculture, Forestry and Fisheries Research Information Center)[5]에서 얻은 1994년부터 2002년까지 9년 동안 식물 생장기 (growing season : 3월 ~ 10월)까지의 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)로 4km 공간해상도의 10일 최대값 합성영상(10-day maximum composite data)과 동일시기의 월 합계 강수량 자료를 사용하였다(표 1).

### 2. NDVI와 강수량의 상관관계 분석

NDVI는 시기적, 공간적인 요인의 영향을 많이 받는 지수로 우선 토지피복별에 따른 NDVI 특성을 알아보기 위해 1km 공간해상도의 MODIS Land Cover Product를 사용하여 토지피복에 따른 시기별 NDVI 차이를 분석해

보았다. 사용된 MODIS Land Cover Product는 2002년 6월에 제작된 것으로 17개의 분류 카테고리 중 산림, 농지, 도시지역에 관련된 것만 사용하여 분석하였다[6].

표 1. 사용된 데이터

	NDVI	Precipitation
Dataset	NOAA AVHRR the 10-day maximum value composite	precipitation data of 88 weather stations (S.Korea:63, N.Korea:25)
Time Duration	Growing season (March~October) of 1994~2002	
Spatial Resolution	4.0km	-
Interpolation Method	-	Kriging

또한 월 강수량 data와 비교분석하기 위해 10일 최대값 합성 NDVI 영상을 월별로 평균하였으며, 강수량 data는 각각 남한 63개, 북한 25개 기상 관측소(그림 1)[7]에서 관측된 것으로, NDVI는 2차원 영상인데 반하여 강수량은 점으로 이루어져 있어, 토지피복별 구분시 kriging 알고리즘으로 보간하여 해당 피복에 따른 통계치를 구하였다.

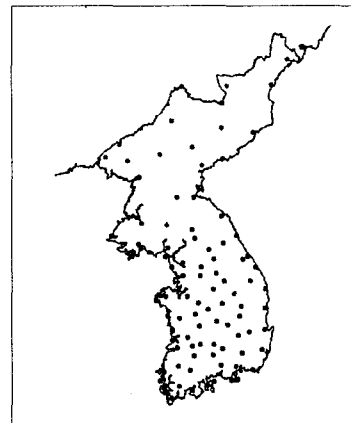


그림 1. 한반도 기상관측소 위치

보다 효과적인 분석을 위해 단순 월별 합계 데이터뿐 아니라, 1~2개월 전 강수량까지 합하여 최대 3개월 누적강수량도 포함하였으며, 한반도는 NDVI뿐 아니라, 강수량도 여름

의 집중시기 등 시기에 따른 변화가 크므로, 그에 따른 변화의 폭을 줄이기 위해 NDVI와 강수량 모두 평년대비 수치를 사용하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 한반도 월별 NDVI와 강수량

그림 2는 1994~2002년 식생 성장기 동안의 평균 NDVI와 강수량을 나타낸 그래프로, 먼저 한반도의 월별 패턴을 살펴보면, NDVI는 3~4월에는 0.1~0.2의 낮은 수치를 보이며 농작물 및 활엽수림에서 잎의 발아 시기인 5월의 급격한 상승을 시작으로 9월까지 유지하다가 잎이 떨어지고 추수가 끝난 10월부터는 하강하였다. 강수량은 7~8월이 약 500 mm 정도로 연강수량의 약 50%를 차지하는데 비하여, 봄 시기인 3~4월의 강수량은 40~70 mm에 지나지 않아 월별로 큰 차이를 보인다. 이에 우리나라는 발아시기에 충분한 비가 내리지 않아 봄 강수량 부족으로 인한 가뭄 피해가 극심하다.

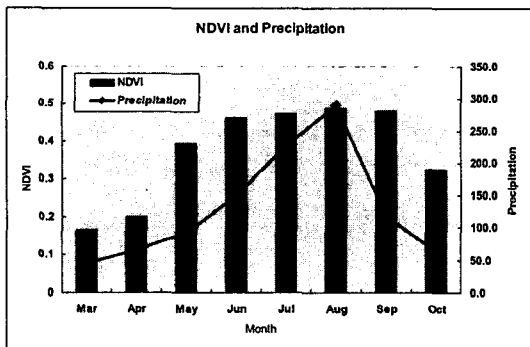


그림 2. 한반도의 월별 NDVI와 강수량

다음의 표 2는 4~7월까지의 NDVI와 각 시기의 강수량과의 상관관계의 결과를 나타낸 것으로, 4~7월의 해당하는 월강수량과 그 1~2개월 전 강수량 및 누적강수량과의 관련성을 보여준다. 여기서 P는 NDVI와 동일한 시기의 월 강수량을 말하며, P-1, P-2

는 각각 1개월 전 월강수량과 2개월 전 월 강수량을 뜻한다. 예를 들어, 6월 NDVI에서의 P는 6월 강수량을, P-2~P-1은 4~5월을 말한다. 결과를 보면, 4~7월의 NDVI와 상관관계가 가장 높은 시기는 각기 모두 다르게 나타났다. 4월 NDVI는 3~4월 누적강수량이, 5,6월 NDVI는 4월 강수량이 각각 0.695, 0.775, 0.659로 가장 높았으며, 7월의 경우 7월 강수량이 0.846으로 가장 상관관계가 높게 나타나, 장마기간 7월을 제외하면 4월의 강수량이 4~6월의 NDVI에 영향력이 큰 것으로 나타났다.

표 2. 4~7월의 NDVI와 각 시기 강수량과의 상관관계

	Apr	May	Jun	Jul
P	0.649	0.121	-0.536	<b>0.846*</b>
P-1~P	0.568	0.535	-0.275	0.694
P-1~P	<b>0.695*</b>	0.443	0.100	0.728
P-1	0.149	<b>0.775*</b>	0.356	0.428
P-2~P-1	0.356	0.517	0.638	0.402
P-3~P-1	0.561	0.684	0.500	0.277
P-2	0.328	-0.125	<b>0.659*</b>	-0.035
P-3~P-2	0.431	0.147	0.376	-0.114
P-4~P-2	0.336	0.348	0.299	0.033

(P: 현재 달,

P-1: 1개월 전,

P-2~P-1: 2개월 전부터 1개월 전까지)

#### 2. 토지피복에 따른 NDVI와 강수량

NDVI와 강수량은 모두 시기적 뿐만 아니라 공간적인 영향을 크게 받으므로, 토지피복이나 공간적인 변이를 고려하여 한반도의 주된 피복인 산림과 농지, 도시지역으로 분류하여 상관관계를 분석하였으며, 그 결과는 다음의 표 3과 같다.

표 3을 보면, 가장 상관관계가 높은 시기는 도시지역을 제외하고 산림과 농지는 동일하게 나왔으며, 7월의 경우 한반도 전체 지역의 NDVI와의 상관관계는 0.846으로 매우 높게 나타났으나, 토지피복별로 구분하

표 3 4~7월 NDVI의 토지피복별 각 시기 강수량과의 상관관계.

	Apr			May			Jun			Jul		
	Forest	Crop	Urban	Forest	Crop	Urban	Forest	Crop	Urban	Forest	Crop	Urban
P	0.595	0.546	0.533	-0.064	-0.068	0.071	-0.738	-0.740	-0.521	<b>0.495*</b>	<b>0.381*</b>	0.435
P-1~P	0.489	0.477	0.492	0.358	0.312	0.412	-0.549	-0.503	-0.160	0.447	0.330	0.434
P-2~P	<b>0.640*</b>	<b>0.617*</b>	<b>0.580*</b>	0.260	0.255	0.378	-0.169	-0.076	0.235	-0.122	0.311	<b>0.492*</b>
P-1	0.069	0.094	0.182	<b>0.705*</b>	<b>0.678*</b>	0.613	0.178	0.172	0.376	0.342	0.239	0.374
P-2~P-1	0.266	0.405	0.345	0.431	0.474	0.461	0.562	0.561	<b>0.709*</b>	0.267	0.079	0.322
P-3~P-1	0.465	0.461	0.507	0.590	0.626	<b>0.617*</b>	0.407	0.439	0.621	0.153	0.072	0.327
P-2	0.335	0.328	0.229	-0.195	-0.124	-0.015	<b>0.691*</b>	<b>0.731*</b>	0.698	-0.069	-0.139	-0.018
P-3~P-2	0.358	0.280	0.299	0.011	0.513	0.282	0.359	0.437	0.479	-0.194	-0.143	0.010
P-4~P-2	0.313	0.478	0.414	0.116	0.123	0.361	0.284	0.419	0.494	-0.119	-0.114	0.011

(P: 현재 달, P-1:1개월 전, P-2~P-1: 2개월 전부터 1개월 전까지)

여 상관관계를 알아보았을 때는 0.5이하의 낮은 상관관계를 보인 것을 알 수 있다. 이는 도시지역의 경우, 다른 피복에 비하여 식생이 상대적으로 적어, NDVI와 강수량의 관련성을 알아보기가 힘들기 때문에 다른 피복과 차이가 나타난 것이며, 7월은 연강수량의 절반을 차지하는 장마기간으로 필요 이상의 강수량은 오히려 식생에 역효과가 나타나기 때문이라 생각된다.

또한 우리나라의 봄철은 강수량이 다른 계절에 비하여 부족하기 때문에 무척 건조하여, 식생이 바로 흡수할 수 있을만한 강수량이지만, 점점 강수량이 많아지고 식생의 성장에 따라 현재 흡수하고 있는 수분의 양이 커지므로, 5,6월로 갈수록 이전의 강수량의 영향을 받는 것으로 생각된다.

마지막으로 장마기간인 7월을 제외하고 한반도의 주요 피복인 산림과 농지 두 토지 피복에 따른 상관계수 변화(그림 3)를 살펴보면, 식생 생장이 초기단계인 4월에는 두 피복의 상관계수가 비슷하며, 5월에는 산림의 상관계수가 농지에 비해 약간 높으나, 6월엔 반대로 농지의 상관계수가 산림에 비해 높았다. 이것을 산림과 농지의 시기별 NDVI 변화와 관련하여 분석해보면, 산림은 다른 토지피복에 비하여 NDVI가 높을 뿐

아니라, 1~2개월 정도 먼저 상승하기 시작하여 가장 늦게까지 유지하나, 농지의 경우, 5월부터 서서히 상승하기 시작하여 추수시기 즈음하여 하강하기 때문에 그에 따른 상관계수의 변화라 할 수 있다. 이에 산림과 농지 등 식생들의 활동이 활발한 6월의 상관계수는 다른 시기보다 의미있다 할 수 있는데, 산림보다 농지가 더 높은 상관관계를 보이고 있는 것을 알 수 있다. 산림은 '녹색댐'이라 불려질 만큼 빗물을 어느 정도의 양을 항상 머금고 있기 때문에 강수량의 영향을 크게 받지 않아 상관계수가 낮은 반면, 농지는 강수량에 따라 풍년과 흉년이 결정될 만큼 큰 영향을 받기 때문이라 생각된다.

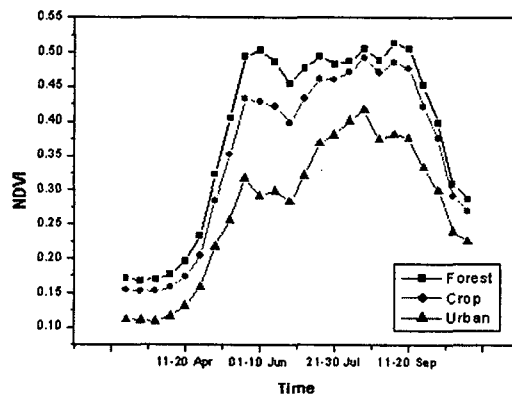


그림 3. 한반도 토지피복별 NDVI 변화

### 3. 향후 연구 진행 방향

한반도의 남북한 구분은 인위적인 것이나, 50년 이상의 분단은 사회, 경제적인 것뿐 아니라 식생의 분포 및 건강상태에도 적지 않은 영향을 미쳤다. 이에 본 연구에서는 한반도를 남북한으로 구분하여 토지피복에 NDVI와 강수량 상관관계분석을 하고 그 결과를 비교해 보았다.

그림 4는 남북한 토지피복별 9년 평균 NDVI로 지리학적으로 남한이 북한에 비해 남쪽에 위치하고 있어 식생의 활동이 일찍 시작하고 늦게까지 지속될 뿐 아니라 더욱 활발한 성장활동을 하기 때문에 남한이 북한에 비하여 평균적으로 약 0.01정도 높으나, 식생의 활동이 활발한 시기에는 오히려 남한보다 NDVI 수치가 높았다. 또한 남한의 연평균 강수량은 약 1,350 mm인데 비하여, 북한의 770mm로 남한의 절반 정도에 이른다.

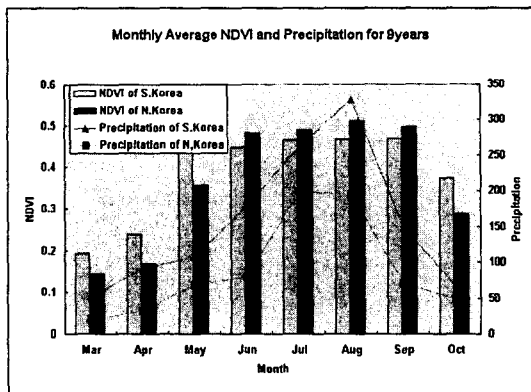


그림 4 남북한 토지피복별 9년 평균 NDVI 및 강수량

뿐만 아니라, 북한은 남한과는 달리 산지 개간과 연료림 채취로 인해 산림황폐화가 심각하여 산림면적이 남한의 비해 넓지만 황폐지역이 많기 때문에 오히려 임목축적량은 남한보다 적다. 농지의 경우, 남한은 벼 재배 지역인 논이 대부분을 차지하는 반면, 북한은 산지를 개간한 밭작물이 80% 이상을

이므로 관개시설이 열악할 수밖에 없다.

이러한 남한 절반정도의 북한 연평균 강수량과, 북한의 부실한 수자원 관리정책과 산림남벌로 인한 지하수 부족, 높은 밭작물 비율 등으로 남한에 비해 강수량의 영향을 더 많이 받는 것으로 예상되며, 더욱 가뭄에 대한 정보가 필요하므로 남북한 비교 및 북한지역에 대한 가뭄연구는 더욱 필요할 뿐 아니라 결과 또한 효과적일 것으로 예상된다.

이에 앞으로 연구진행방향을 이처럼 한반도를 남북으로 구분하여 비교하려 하며, 한반도는 좁은 면적에 비하여 공간적, 지역적인 변이가 크고 동서방향보다 남북방향으로 길게 뻗어 위치하기 때문에, 각 관측소별 분석이 더 적합할 것으로 생각된다.

### IV. 결론

본 연구에서는 1994~2002년 9년 동안의 10-day maximum composite NDVI를 사용하여 한반도의 NDVI와 강수량의 상관관계 분석을 하였으며, 토지피복별 4~7월 NDVI를 기준으로 실시하였다.

그 결과, 시기에 따라서 상관관계가 가장 높은 강수량은 차이가 있었다. 식생의 활동이 점점 활발해지고 안정됨에 따라서 좀 더 이전 강수량과의 상관관계가 높게 나타났지만, 장마기간인 7월에는 낮은 상관계수를 보였다. 대체적으로 1~2개월 전 강수량과 가장 큰 상관관계를 보였으며, 토지피복별로는 시기에 따라 다소 차이가 있었으나, 6월의 경우 농지, 도시지역, 산림 순으로 나타났다.

따라서, 가뭄의 주된 원인인 강수량 정보 그 자체보다는 식생에 미치는 영향이 더욱 중요하므로, 현재의 강수량으로 한두 달 뒤 식생에 미치는 영향 파악이 가능할 뿐 아니라, 이러한 강수량과 NDVI의 관련성으로 볼 때 가뭄 모니터링에 NDVI의 사용이 적합하다고 생각되며, 가뭄 대책에 관한 정책에

많은 도움이 될 것이라 기대된다. 특히 가  
뭄에 가장 취약한 북한 지역은 남한에 비하  
여 상관계수가 높을 것으로 예상되어 더욱  
효과적일 것이다.

[참고 문헌]

[1] Unganai L.S and Kogan F.N., 1998.  
Drought Monitoring and Corn Yield  
Estimation in Southern Africa from  
AVHRR Data. Remote Sensing of  
Environment 63:219-232

[2] Peters A.J et al., 2002. Drought  
Monitoring with NDVI Based Standardized  
Vegetation Index. PE&RS 69(8):899-906

[3] Shin S.H. et al., 2003. Potential of  
Drought Monitoring Vegetation Index in  
North-East Asia. proceedings of ACRS  
2003 ISRS:730-732

[4] Wang J. et al., 2003, Temporal  
response of NDVI to precipitation and  
temperature in central Great Plains,US,  
International Journal of Remote Sensing  
24[11]:2345-2364

[5] URL: Agriculture, Forestry and  
Fisheries Research Information Center  
(AFFRIC)  
[http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp  
/menu\\_en.html](http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/menu_en.html)

[6] URL: Earth Observing System(EOS)  
DataGateway  
[http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswe  
lcome/](http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswe/come/)

[7] URL:기상청  
<http://www.kma.go.kr/>