

봄 가뭄분석을 위한 MODIS 식생지수 및 GIS자료의 활용

Using MODIS Vegetation Index and GIS data for Analysis of Spring Drought

김경탁*·박정솔**·김주훈***

Kyung Tak Kim, Jung Sool Park, Joo Hun Kim

요 지

지구 온난화에 따른 기후변화에 의해 동아시아 지역의 가뭄현상은 지속적으로 증가추세이며 우리나라도 최근 중부지방을 중심으로 봄 가뭄이 심화되고 있다. 특히 2001년 봄 가뭄은 기상관측 이래 최악의 가뭄으로 기록되었으며 이에 대한 피해원인 및 가뭄특성에 대한 다양한 연구가 수행되었다. 본 연구에서는 2001년 봄 가뭄을 원격탐사를 기반으로 한 위성영상 자료를 활용하여 분석하였으며, 다양한 파장대의 위성영상 반사특성을 이용하여 생성한 식생지수 및 지표면 복사온도를 가뭄분석을 위한 도구로 활용하였다. 또한, 가뭄의 지속기간이 짧고, 식생의 활력이 크지 않은 봄 가뭄의 특성을 고려하여 토지피복도, 임상도, DEM 등의 GIS자료를 추가적으로 활용하여 가뭄발생지역의 공간적 특성을 분석하였다.

핵심용어 : 가뭄, MODIS, NDVI, LST, GIS

1. 서 론

우리나라의 수자원 공급체계는 공급원을 대부분 하천에 의존하는 특징을 갖고 있으며, 수자원의 약 98%를 하천 취수 또는 댐 공급에 의존하고 있다. 이러한 환경에서 지속적으로 발생하고 있는 가뭄현상은 수리, 수문학적 문제를 넘어 국가적인 위기를 초래할 수 있는 위험요소로 평가받고 있다. 2001년 봄 가뭄이 기록상 최악의 가뭄으로 기록되는 등 2000년 이후 한반도에서는 중부지방을 중심으로 주기적인 봄 가뭄이 발생하고 있다. 가뭄의 공간분포와 심도를 파악하기 위한 목적으로 PDSI, SPI 등 다양한 가뭄지수가 활용중이나 이들 가뭄지수들은 지점별로 평가된 자료를 통계적 기법 등을 이용하여 공간적으로 분포시키는 과정을 취함으로써 지표면 특성을 적절하게 반영시킬 수 없는 한계점을 갖고 있다. 인공위성영상 자료는 지표면의 특성을 공간적으로 반영할 수 있으며 주기적인 자료의 획득이 가능하므로 가뭄분석을 위한 효과적인 도구로 활용가능하다.

현재 위성영상을 이용한 가뭄파악은 식생의 관측과 지표면 온도의 관찰을 통해 이루어지며, 이는 가뭄이 발생하여 식생이 물부족에 의한 스트레스를 받게 되면 식생활력도는 저하되며, 그 지점의 지표면 온도는 상승한다는 원리에 기초한다. 본 연구에서는 Terra MODIS 위성영상을 이용하여 제작한 정규식생지수(Normalized Vegetation Index: NDVI)와 강조된 식생지수(Enhanced Vegetation Index: EVI) 및 지표면 복사온도(Land Surface Temperature: LST)를 활용하여 봄 가뭄이 발생한 2001년과 평년으로 가정된 2002년을 비교하였으며, 변화탐지기법을 통해 추출한 가뭄발생 우심지역의 공간분포 특성을 GIS자료를 활용하여 분석하였다.

2. MODIS 식생지수와 지표면복사온도

2000년 발사된 Terra 위성의 MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 센서는 지구 생물

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : ktkim1@kict.re.kr

** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : parkjs@kict.re.kr

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : jh-kim@kict.re.kr

권의 광범위한 변화를 모니터링하기 위한 목적으로 활용되고 있으며, EOS(Earth Observing System)에서는 MODIS 센서의 36개 밴드를 사용하여 육지, 대기, 해양 분야의 다양한 위성영상 결과물(Product)을 제작·배포하고 있다.

본 연구에 활용된 MODIS Vegetation Index Product는 NDVI와 EVI로 구성되며, 식생 구조와 생물기후학적, 생물리학적 인자들의 변화를 분석하는데 사용된다. MODIS NDVI는 가뭄분석을 위해 광범위하게 활용되고 있는 NOAA AVHRR NDVI에 비해 향상된 공간해상도를 보유하고 있으며, 좁은 밴드폭을 갖는 적외선과 근적외선을 사용하여 대기의 영향을 감소시키며 지표의 식생상황을 충실하게 반영하는 특징을 갖는다(Huete 등, 2002). EVI는 생체량이 많은 지역에서 식물의 신호값을 효과적으로 파악하기 위해 개발되었으며 대기효과 보정상수, 토양효과 보정상수, 에어로졸 제거를 위한 유효계수 등을 사용하여 식물의 반사값에 영향을 주는 토양의 배경효과와 대기영향을 감소시켜 향상된 식생 모니터링이 가능하게 한다.

지표면 복사온도는 지표면과 대기의 상호작용에서 에너지와 수증기의 교환을 조절하는 지면의 물리적 요소로서 가뭄현상에 대한 반응이 식생지수에 비해 빠르므로 가뭄을 모니터링하고 지표면 토양 수분함유량을 평가하기 위한 목적으로 광범위하게 사용된다.

본 연구에서는 공간해상도 250m의 16일 합성(Composit) 식생지수와 1Km 해상도의 8일 합성 지표면 복사온도자료를 활용하였다.

3. 연구방법 및 자료구축

식생지수는 파장에 따른 식물의 반사특성을 이용하여 제작한 자료로서 식생이 분포하는 초지 및 농경지, 산림지역은 강우량에 따른 식생의 변화를 효과적으로 반영할 수 있다. 본 연구에서는 그림 1과 같이 농경지와 산림이 발달된 경기남부의 안성천 유역과 강원 동부의 남한강 상류유역을 대상지역으로 선정하여 연도별 강우량과 식생지수를 비교하였으며, 토지피복 및 지형학적 특성에 따른 분석을 실시하였다.

안성천 유역은 2001년 당시 극심한 가뭄이 발생한 지역으로 분류되었으며, 2001년 3월부터 6월 16일을 기준으로 이천, 천안, 수원 관측소의 평년대비 강수량은 16%~19%로 관측 이래 최소 강수량을 기록하였다.

남한강 상류유역은 2001년 가뭄 당시 타 지역에 비해 낮은 가뭄강도를 나타냈으며 5개 기상관측소의 평년대비 강수량은 33%~52%를 기록하였으며 3개 관측소에서 관측 이래 최소강수량을 기록하였다.

두 유역의 월 평균강수량은 관측소별 월 강수량 시계열을 이용하였으며 기상관측소 데이터를 IDW(inverse distance weighted interpolation)방법으로 보간하여 계산하였다. MODIS 식생지수와 지표면 복사온도 자료는 2001년~2002년을 대상으로 구축하였으며 16일, 8일 간격의 합성데이터를 월 데이터로 변환하였다. 지표면 복사온도의 경우 MODIS에서 제공하는 절대온도(Kelvin)를 섭씨온도(°C)로 변환하여 사용하였다.

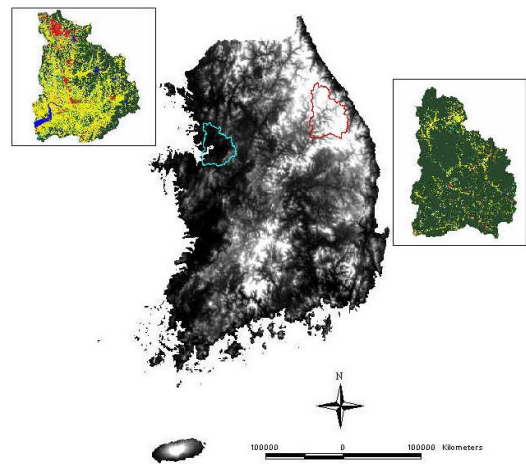


그림 1. 연구대상 유역

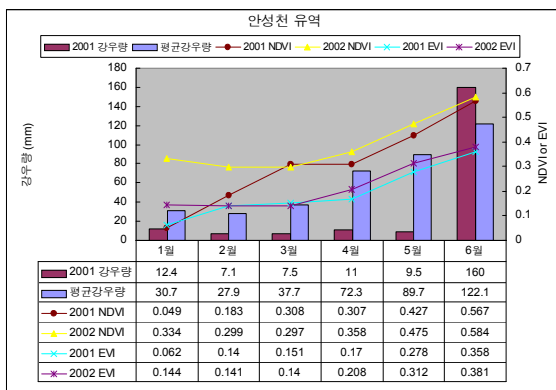
표 1. 연구 대상 유역의 토지피복 현황

유역 \ 피복	안성천 유역		남한강 상류 유역	
	Area(km ²)	%	Area(km ²)	%
수역	39.90	2.05	6.56	0.27
도시지역	184.65	11.17	11.57	0.47
나대지	2.82	0.17	0	0.00
습지	56.39	3.41	31.65	1.30
초지	108.35	6.56	71.27	2.92
산림	601.77	36.41	2,056.74	84.25
농경지	664.78	40.22	270.06	11.06

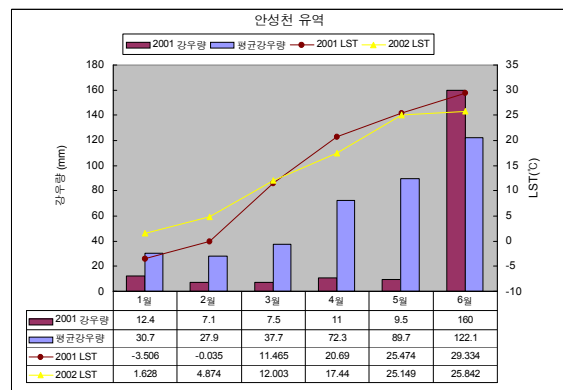
4. 연구결과

4.1 NDVI와 LST를 이용한 가뭄평가

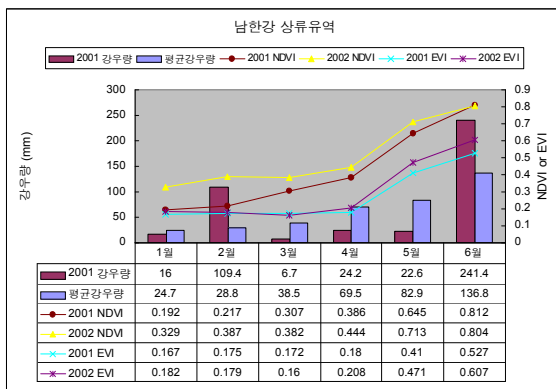
그림 2는 연구대상 지역의 강우량과 식생지수, 강우량과 지표면 복사온도를 비교한 결과이다. 그림과 같이 식생의 분포 면적이 넓은 남한강 상류 지역이 안성천 지역에 비해 전반적으로 높은 식생지수 값을 갖는 것으로 나타났다. 가뭄시기(3월~5월)를 대상으로 2002년과 2001년의 식생지수를 비교해 본 결과 가뭄의 심도가 가장 심했던 5월의 경우 약 10% 이상 식생지수가 과소 추정되는 것으로 나타났다. 지표면 복사온도는 식생지수와 반대로 가뭄시기가 비 가뭄시기에 비해 높은 값을 갖는 것으로 나타났다. 이와 같이 식생지수와 지표면 복사온도가 반비례관계를 갖는 것은 가뭄이 물 부족과 연관되며 가뭄이 지속될수록 지표면 복사온도는 높아지고 이에 따라 증발량이 크게 발생하여 식생지수가 낮아지기 때문이다.



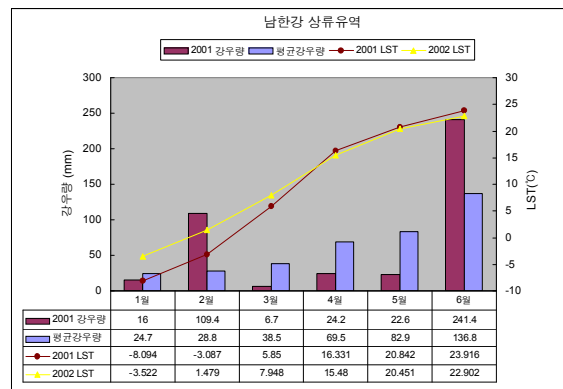
(a) 안성천 지역의 강우량과 식생지수



(b) 안성천 지역의 강우량과 지표면 복사온도



(c) 남한강 상류 지역의 강우량과 식생지수



(d) 남한강 상류 지역의 강우량과 지표면 복사온도

그림 2. 식생지수 및 지표면 복사온도와 강우량의 비교

4.2 가뭄발생지역의 공간특성 분석

본 연구에서는 2001년 가뭄의 심도가 가장 컸던 5월을 대상으로 변화탐지 기법(Change Detection)을 적용하여 식생지수와 지표면 복사온도의 변화 지역을 검출하고 검출된 지역에 대한 공간특성을 분석하였다. 변화탐지 기법 중 본 연구에서 사용한 이미지 연산(image differencing) 방법은 개별적인 영상의 차이를 이용하여 변화지역을 탐지하는 방법으로 다중시기의 영상으로부터 추출된 식생지수의 비교를 위해 사용할 수 있다 (Lyon et al., 1998). 식생지수의 변화지역은 2002년과 2001년의 마이너스 연산을 통하여 계산하였으며, 지표면

복사온도는 2001년과 2002년의 마이너스 연산을 통하여 계산하였다. 이미지 연산을 통해 계산된 변화지역은 그림 3과 같다. 본 연구에서는 이미지 연산을 통해 평년(2002년)과 가뭄발생년도(2001년)의 차가 20% 이상인 지역을 가뭄발생 우심지역으로 가정하였다.

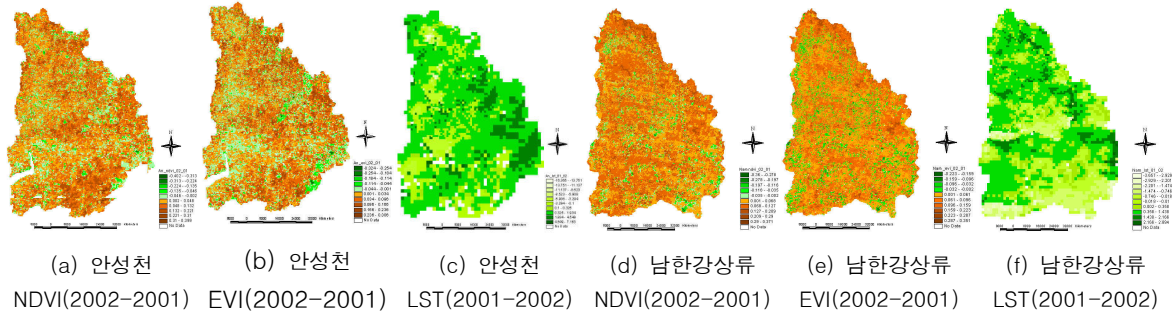


그림 3. 식생지수와 지표면복사온도 변화지역 계산(안성천)

안성천 유역과 남한강 상류유역의 3월~5월의 평년대비 누가 강우량 비율은 안성천 유역이 약 14%, 남한강 상류유역이 약 30%를 기록하였으며, 이를 통해 안성천 유역의 가뭄심도가 더 컸음을 알 수 있다. 그러나 이미지 연산을 통해 NDVI, EVI, LST의 변화 값을 비교한 결과 남한강 상류유역의 차이가 더 크게 나타났으며, 이는 식생지수 및 지표면 복사온도는 강우량뿐만 아니라 유역의 토지피복 및 지형과 관련이 높다는 것을 나타낸다.

본 연구에서는 그림 4와 같이 환경부의 중분류 토지피복도 및 산림청의 수치임상도, UGSU의 DEM 과 같은 공간자료를 활용하여 가뭄발생 우심지역의 공간특성을 분석하였다. 다양한 토지피복을 갖는 안성천의 경우 환경부 중분류 토지피복도를 활용하였으며, 산림의 비율이 높은 남한강 상류유역의 경우 산림청의 수치임상도를 활용하여 수중에 따른 비교를 실시하였다. 또한 유역의 DEM 및 DEM에서 추출한 경사(Slope), 경사방향(Asspect) 등의 지형자료와 가뭄발생 우심지역의 분포를 비교하였다.

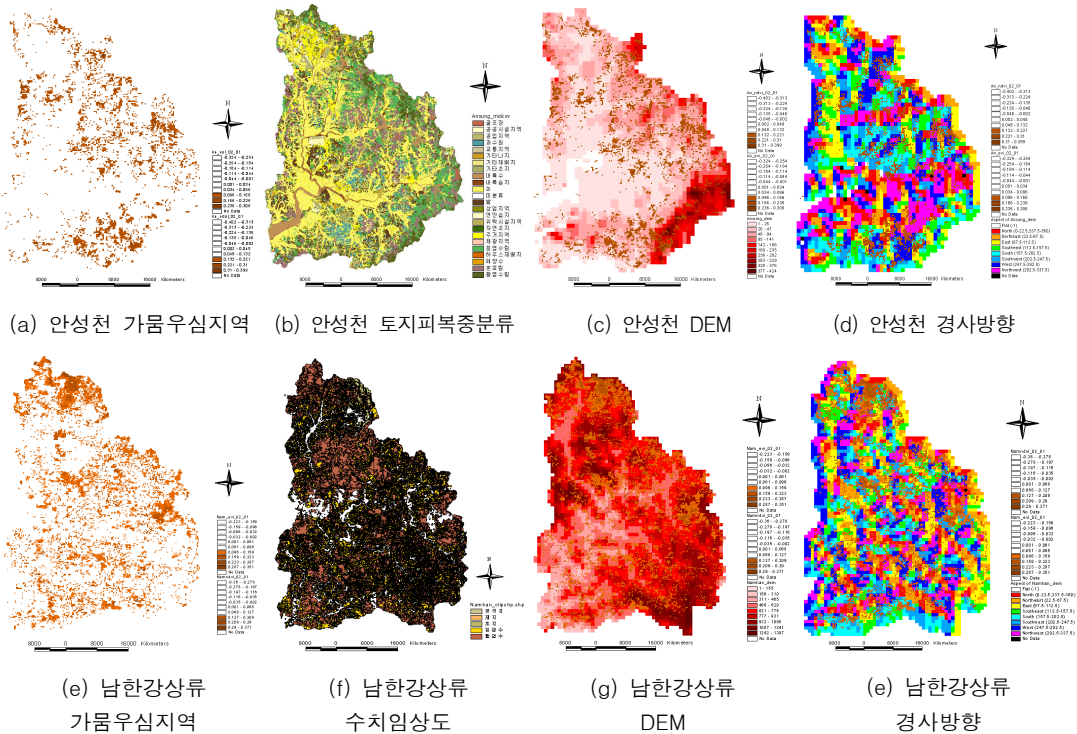


그림 4. 가뭄발생 우심지역과 공간자료와의 비교

안성천 유역의 경우 가뭄발생 우심지역은 산림을 중심으로 밭과 과수원, 초지에 분포하고 있는 것으로 나타났다. 농경지의 경우 이양이 완료된 까닭에 가뭄발생 시기의 농경지 식생지수는 큰 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. DEM과 경사도, 경사방향도와 가뭄발생 우심지역을 중첩한 결과 약 25m~100m 고도에 식생변화 지역이 집중된 것을 확인할 수 있었으며 남쪽과 동쪽 방향의 사면에서 식생변화가 두드러지게 나타났다.

남한강 상류유역의 산림피복을 침엽수, 혼효림, 활엽수로 분류하여 가뭄발생 우심지역과 중첩한 결과 활엽수 분포지역에서 대부분의 식생 변화가 발생했음을 확인할 수 있었다. 남한강 상류유역 역시 남쪽과 동쪽 방향의 사면에서 식생변화가 크게 발생하였다.

5. 결론 및 활용방안

본 연구에서는 토지피복 및 지형학적 특성이 다른 두 유역을 대상으로 가뭄발생년도와 평년의 식생지수 및 지표면 열지수를 비교하였으며 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

NDVI와 EVI는 가뭄분석을 위한 도구로 활용이 가능하며 NDVI, EVI와 LST는 역상관 관계를 갖는다. LST의 경우 가뭄시기와 비 가뭄시기의 차가 크지 않았으며 토지피복에 대한 민감도 역시 크게 나타나지 않았다. 토지피복에 대한 분석을 바탕으로 산림피복이 가뭄시기를 가장 잘 반영하는 것으로 나타났으며, 계절에 따른 토지이용의 특성으로 논 지역의 식생지수는 가뭄시기와 비 가뭄시기의 큰 차이가 발생하지 않았다. 또한, 산림지역의 경우 활엽수림 지역에서 식생의 변화가 뚜렷하게 나타났다.

본 연구를 통해 가뭄시기와 비가뭄 시기의 식생의 변화는 지형적 요소와 큰 상관성을 갖고 있으며, 지속기간이 짧은 봄 가뭄을 효과적으로 분석하기 위해서는 강우량에 대한 고려와 더불어 가뭄발생지역의 공간 특성을 파악하는 것이 효과적임을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 공공기술연구회의 일반연구사업(사업명 : 위성자료 공공활용 연구-위성영상을 이용한 하천정보 생산 및 활용에 관한 연구)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 권형중, 신사철, 김성준, (2005) NOAA/AVHRR 위성영상을 이용한 기상학적 가뭄 평가 및 예측, 원격탐사학회 2005년 춘계학술대회 논문집 pp.142~145.
2. 김철준, (2003) 식생지수를 이용한 가뭄발생 위험도 감시, 안동대학교 대학원 석사학위논문.
3. 박정술, 김경탁, 김주훈, (2005) 식생지수와 가뭄지수를 활용한 가뭄감시 가능성 분석, 원격탐사학회 2005년 춘계학술대회 논문집 pp.157~160.
4. 신수현, (2005) 다중시기 정규식생지수(NDVI)를 이용한 가뭄지수의 한반도 적용성 분석, 인하대학교 대학원 석사학위논문.
5. 행정자치부, (2001) 2001 가뭄극복추진종합보고서
6. A. Huete, K. Didan, T. Miura, E.P. Rodriguez, X. Gao, L.G. Ferreira, (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS Vegetation indices. Remote Sensing of Environment 83 (2002) 195-213.
7. Lyon, J. G., Yuan, D., Lunetta, R. S. and C. D. Elvidge, (1998), A Change Detection Experiment Using Vegetation Indices, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 64: 143-150