

위성 이미지(ETM+)를 활용한 가뭄민감도 분석

박은주

경희대학교 지리학과 석사과정

1. 서론

최근 빈번하게 찾아오는 가뭄은 우리나라에 심각한 피해를 주고 있다. 2001년에는 평균 강수량이 기상관측 이래 90년만에 최저치를 기록하는 대가뭄이 찾아와 많은 어려움을 겪었다. 대부분 가뭄 대책은 가시적인 피해 정도를 중앙정부에서 보고 받고, 그 규모에 따라 대책비 할당이나 지원활동이 이루어진다. 특히 성금의 모금 및 한시적 지원구조의 한계로, 성금은 가뭄이 고조될 때 모금이 개시되고, 가뭄이 거의 끝날 무렵에 일선으로 지원되고 있어 이를 효과적으로 충분히 활용하기가 어렵게 현실이다.

따라서 객관적인 가뭄의 심각도를 정량적으로 파악할 수 있는 학술적 기법 연구와 전역적인 스케일에서 가뭄 확산과 피해 정도를 실시간 모니터링하는 방안이 마련되어야 한다.

본 연구에서는 위성 영상을 이용한 가뭄 분석을 통해, 이러한 농작물 생육에 직접 관계되는 토양수분으로 표시한다. 본 연구의 핵심인 Tasseled cap기법에서 도출되는 토양수분인자는 가장 근접한 정보를 제공해 주며, 농업 가뭄 평가에 직접적인 도움을 줄 수 있다.

2. 연구지역의 선정

2001년도 가뭄현상은 우심지역 외에, 전국적으로 용수부족과 미이양 사태가 초래되었다. 본 연구에서는 토양수분 뿐만 아니라, 근접성이 가뭄에 민감할 수 있는 환경을 제공할 수 있다고 보고, 가뭄심각성 정보(이하 가뭄민감도¹⁾)에 대해 구성해 보려고 한다.

즉, 가뭄은 수리시설의 규모나 하천의 유량에 의해 많이 완화가 되겠지만, 농작물의 생육과 깊은 관계가 있는 수분의 함량은 세로라도 수분의 근접성이 양호할 수록 가뭄에 영향을 덜 받을 것이라고 판단하였다. 따라서 우심 지역이 아닌 지역이라도 수리 시설의 규모보다는 수분과의 근접성이 용이하지 않다면, 적은 강수량이나 고온에도 쉽게 가뭄에 노출될 가능성이 높다. 그러므로 본 연구에서는, 평시에 가뭄과 같은 재해 빈도가 그리 높지 않지만, 2001년 가뭄대책비를 전국 최초로 지원 받을 정도로 피해가 컸던 충북 청원군을 대상 지역으로 선정하였다.

3. Landsat7 ETM+의 Tasseled cap변환

본 연구에서는 비교적 대기 보정에 민감하지 않는 ETM+ 영상(2001년 5월 27일)을 위성내 반사값으로 바꿈으로써, 표준화시켰다. 일반적인 DN(Digital Number)값에 기반한 Tasseled cap변환은 태양광선에 의한 기하변화나 기타요인에 따라 DN값이 강한 영향을 받아 종종 적합하지 않은 값이 나타날 때가 있다. 그러나 이러한 영향은 대기 보정에 민감하지 않은 영상일 경우, Huang(2001)이 제시한 것처럼 DN값을 위성내 반사값으로 바꾸어 줌으로써 대부분 표준화될 수 있다. 또한 여러 이미지를 통합하는 모자이킹을 할 때도 영상내의 대상물에 대한 노이즈가 적어 좀 더 일관적인 분광값을 전달해주며, 영상간의 차이도 훨씬 적게 나타난다.

1) 본 연구에서는 영상내의 토양수분과 국지적 변수들을 고려하여 가뭄에 민감할 수 있는 지역에 대해 추출해 보려고 한다. 지표공간의 특성을 대규모로 반영해주는 화소 분석을 통하여 가뭄에 쉽게 노출될 수 있거나 심각성을 가지는 화소들을 규명하여 지역별 가뭄에 대한 민감정도를 구성해 보려는 것이 목적이다. 따라서 본 연구에서는 가뭄에 대한 심각성의 정보를 담고 있는 곳을 이하 '가뭄민감도'라 부르려한다.

Tasseled cap에서 Brightness, Greenness, Wetness 정도에 대한 세 가지 도출 정보는 영상의 분광 변이에 대해 전체 97%가 넘는 설명력을 가진다. 특히, 세 번째 Wetness는 토양수분의 정도를 명확하게 드러내 주기 때문에 위성 영상 내에서 농작물이나 여러 대상물에 대한 수분 함량의 경향을 잘 파악하게 해 줄 수 있다. 특히 수분이 현저하게 떨어지는 경우, 경작지 내의 아주 건조한 부분들이기 때문에 어느 정도 가뭄에 영향을 쉽게 받을 수 있는 민감한 지역이 될 수 있다.

4. 경작지내의 요인 간 가뭄분석

몇 가지 인공 사상이 제외하여진 경작지역 내에는 물이 찬 논, 밭, 아주 건조하여 가뭄 민감도가 있는 부분이 혼재되어 있다. 이러한 경작지역 내에서 NDVI, 주성분 분석, Tasseled cap의 요인 중 Brightness와 Greenness는 수분지수(Wetness)와 어떠한 관계가 있고, 특성을 가진 화소들의 군집은 실제 어떠한 공간적 사상을 대변하고 있는지 분석해 보았다. 본 요약문에서는 실제 자료분석 그림과 표를 생략하였다.

1) Wetness와 NDVI의 관계

a면의 픽셀값은 약간 겹쳐 나타난 군집은 수분이 감소할수록 NDVI는 약간 떨어지는 경향을 나타내고 있다. 물을 댄 논이라는 공간적 사상으로 보인다. b면과 c면의 경우 왼쪽에서 오른쪽으로 가면서 a와는 반대의 상관관계를 나타내고 있다. c의 경우 수분이 감소할수록 NDVI는 급격하게 증가하여 밭의 특성을 강하게 보여주고 있다. 이에 비해 b면의 픽셀들은 수분이 감소할수록 적은 값으로 NDVI가 증가하고 있으며, 원 안에 있는 화소들은 아주 건조하여, 가뭄 민감도가 있는 지역이다

2) Wetness와 제1요인과의 관계

0의 상한 선을 걸쳐 분포하는 픽셀 군집 a는 수분이 감소할수록 주성분 제1요인이 약간씩 증가하고 있으며, 아래 하단으로 갈수록 급격히 제1요인에 대한 픽셀값이 증가함을 알 수 있다. a면의 픽셀의 경우 물을 댄 논의 공간적인 특징이 나타나며, b의 경우 그 주성분이 Tasseled cap에서의 Brightness의 성격을 보이며 밭이나 민감지구로서 표현되고 있다. 특히 원 안에 있는 화소들은 아주 건조하여, 가뭄 민감도가 있는 지역이다.

3) Wetness와 제2요인과의 관계

수분과 주성분 제2요인과의 관계 역시 제1요인처럼 강한 부의 상관관계를 나타내고 있다. 전반적으로 a면에서 c면으로 픽셀들이 퍼져나가고 있다. 즉 a면은 수분이 많은 논의 특징을 나타내주고 있으며, c는 수분보다는 제1요인에 더 큰 반응을 보이고 있어 밭이나 수분이 적은 민감지역을 나타내주고 있다. 제2요인은 Tasseled cap에서의 Greenness와 약간 유사한 경향을 가지고 있다. 특히 원 안에 있는 화소들은 아주 건조하여, 가뭄 민감도가 있는 지역이다. 나머지 주성분들과 수분지수는 별 관계가 드러나지 않아, 생략하였다.

4) Wetness와 Brightness와의 관계

수분의 정도가 많은 농경지 화소 군집은 밝기가 감소한다. 이와 반대로 b면으로 갈수록 좀 더 급격히 수분이 감소하면서 그 밝기는 증가하고 있음을 알 수 있다. 즉, 농경지의 수분이 적거나 식생이 덜 덮여지거나 헐벗어 있을수록 그 밝기 정도가 강하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 특히 원 안에 있는 화소들은 아주 건조하여, 가뭄 민감도가 있는 지역이다.

5) Wetness와 Greeness의 관계

NDVI보다는 자료값의 범위가 작기 때문에 경향은 비슷하게 나타나지만, 폭과 기울기가 작게 나타나고 있다. a면의 경우 수분값은 다양하나 Greeness는 일정하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 특히 원 안에 있는 화소들은 아주 건조하여, 가뭄 민감도가 있는 지역이다. b에서 c면으로 이어지는 화소 군들은 상관관계가 매우 높은 편이다.

6) 평균 필터링된 Wetness와 수계까지 거리의 관계

b면을 보면, 수계에서 거리가 멀어질수록 토양수분이 일정한 지점에서 다양하게 나타나고 있음을 알 수 있으며 점차 수렴되고 있다. 반면 a면에서는 수분지수가 양의 값을 가지는 곳으로 물과의 특정 거리에서 다양한 Wetness를 보이고 있으며, 거리가 멀어질수록 수분지수가 적어지는 것을 알 수 있다. 그러므로, 수계까지의 거리가 멀다고 반드시 수분지수가 떨어지는 부의 상관관계를 나타내는 것이 아니라 수분과의 근접성에 따라 그 수분함량이 다양하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 토양수분과 가장 관련된 변수는 근접성임을 알 수 있었다.

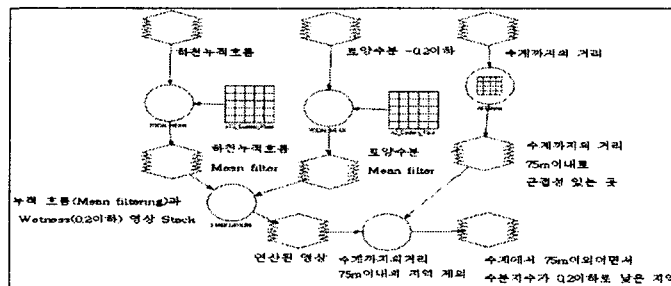
7) 평균 필터링된 Wetness와 누적흐름의 관계

하천의 누적 흐름과 수분과의 관계는 전체적으로 다양하게 표현되고 있음을 알 수 있다. 즉, a, b 두 면 다 특정 하천 유역에 대하여 Wetness값은 다양하게 표현되고 있다. 따라서 하천의 누적 흐름의 영향력이 클수록 반드시 수분공급에 용이한 면을 주는 것은 아니다. 만약 영향력이 클수록 Wetness가 높은 정의 상관관계를 보인다면, 하천의 유량과 깊은 관련이 있겠지만 그 값이 다양하게 분포하고 있으므로, 작은 물길이라도 그 근접성이 있느냐 없느냐에 따라서 여러 값을 나타내주고 있는 것이다. 수분지수가 매우 낮은 곳은 수로나 제방 또는 보, 관정 등의 수리시설을 요하는 곳이라고 판단할 수 있겠다.

8) 평균 필터링된 Wetness와 경사의 관계

청원군은 경사가 보통 15도 이하인 곳에서만 발농사 경작이 이루어지고 있었다. 이를 참고로 경사 15도와 수분지수 0이 되는 지점에 4분위 선을 그었다. a면의 경우, 수분지수가 양의 값을 가져 수분함량이 비교적 높은 곳은 물을 댄 논이나 호수, 저수지 등으로 나타났다. b는 경사에 따라 다양한 수분값을 보이며, 밭 등의 공간적인 사상이 이에 속할 수 있겠다. 이들은 다양한 값을 지니고 있지만, 경사가 커질수록 그 함량은 점점 줄어들어 어느 값으로 수렴하고 있음을 알 수 있다.

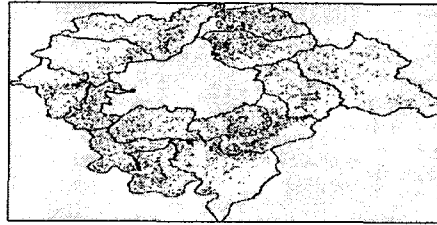
5. 토양수분지수의 추출을 통한 가뭄민감도 가시화



<그림 1> 영상을 이용한 가뭄 민감도 분석 모형

1000픽셀 이상의 하천 누적흐름은 전체적인 경향으로 파악하기 위해 평균 필터링(10 by 10)를 수행한다. 또한 토양수분지수가 극도로 낮은 -0.2 이하의 픽셀만 따로 뽑아 전체적인 경향을 파악하기 위해

평균 필터링(10 by 10)을 수행한다. 이를 통해, 어느 정도 민감도가 있는 픽셀은 0과 1사이의 범위를 갖는 심각성의 비율(ratio)을 얻을 수 있게 된다. 마지막으로 이 두 레이어 합친 후, 수계까지의 거리에 어느 정도 근접성이 있다고 판단되는 75m이하인 지역을 제거하면 수분지수와 두 가지 공간변수로 표현되는 가뭄민감도가 가시화될 수 있다.



<그림 2> 가뭄민감도 : 충북 청원군

6. 결론

가뭄이라는 현상을, 위성 영상에서 토양 수분 지수 추출을 통해 전역적인 분석에 활용할 수 있음을 알 수 있었다. 향후 본 연구에 있어 센서별 다양한 영상과 시계열적 자료의 분석을 통해 지속적이고 일관적인 수분지수에 대한 연구가 필요하다. 또한 NDVI나 수계, 경사 등의 다양한 변수와의 결합을 통해, 더욱 정확한 가뭄에 대한 정보를 모니터링 할 수도 있을 것이다.

본 연구를 확대하여 좀 더 새로운 정량적인 분석이 가능해 진다면, 다음과 같은 기대효과와 활용을 가질 수 있을 것이다.

첫째, 가뭄 정보를 사전에 파악하고 강도나 규모 등을 위성 영상을 통해 예측할 수 있기 때문에 효율적이고 과학적인 영농 지도의 효과를 볼 수 있다.

둘째, 대·중규모 농촌용수 개발사업과 지역별 가뭄유형에 따른 수자원확보 대책 요구를 가시적으로 보여 줄 수 있다.

참고문헌

- 농림부, 2001, 가뭄극복백서.
- 이동률, 김웅태, 2001, 2001년 봄 가뭄의 심도, 한국수자원학회지, 34(4), pp. 68-73.
- Aufmuth, J.L., 2001, 「A Comparison of The Normalized Difference and Tasseled Cap Vegetation Indices: A Case Study of Using Satellite Remote Sensing Imagery For Assessment of Environmental Impact of A Hydroelectric Power Project on The River Danube」, A Thesis for the Degree of master of science, University of Florida.
- Crist, E.P. and Cicone, R.C., 1984 "Physically-Based Transformation of Thematic Mapper Data - The TM Tasseled cap", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, GE-22(3) pp. 256-263.
- Huang, C., Wylie, B., Yang, L., Homer, C. and Zylstra, G., 2001, "Derivation of a Tasseled Cap Transformation Based on LANDSAT 7 at-Satellite Reflectance", U. S. Geological Survey, <http://landcover.usgs.gov/pdf/tasseled.pdf>.
- Jensen, J.R., 1996, Introductory Digital Image Processing : A Remote Sensing Perspective, Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA.
- Kogan, F.N., 1997, "Global Drought Watch form Space", American Meteorological Society, <http://orbit-net.nesdis.noaa.gov/crad/sat/surf/vci/>.