

연구논문

위성영상을 활용한 가뭄지수 지도제작 Mapping of Drought Index Using Satellite Imagery

장은미* · 박은주**
Eunmi Chang · Eunju Park

요 旨

농촌지역의 신규 수자원개발과 지속가능한 물의 사용과 배분을 위해서는 수자원의 관리가 매우 중요하다. 본 고는 안성지역을 중심으로 하여 다중 시기의 ETM 위성영상을 이용하여 토양습도를 분석하는 것을 목적으로 한다. Landsat 위성영상은 다목적 실용위성과 융합하여 용수구역도의 배경으로 사용되는 것을 원래 목적이었으나 세 시기에 걸친 영상분석의 결과를 통해 보다 높은 해상도의 토양수분도를 작성할 수 있었다. 2001년 4월의 영상분석결과는 논인 상태는 인공지물과 같이 매우 낮은 반사도 값을 보여준 반면에 5월과 6월에 촬영된 영상의 습도지수는 상당히 높게 나타났으며 이는 이앙기를 지나면서 토양의 습도의 변화를 반영한 것으로 해석된다. 본 연구에서도 산지지역의 경우에는 습윤지수의 변화는 거의 나타나지 않고 있으며 호수와 하천의 경우에는 보유유량에 따라 매우 급격한 변화값을 보여주었다. 위의 결과를 토대로 하여 농업지역의 토양의 습도 상태에 대한 지도제작을 수행하고 가뭄에 민감한 정도가 시간의 변화에 따라 상이한 정도로 표시되는 주제도를 작성할 수 있었다. 이로써 ETM영상과 다목적 실용위성영상의 융합을 통한 습윤지수 지도는 경제적이면서도 빠른 의사결정을 지원할 수 있으며, 수문학적 가뭄과 기후학적 가뭄 자료와 더불어 가뭄 민감도 지도생성을 통한 합리적인 용수 배분에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

핵심용어 : ETM 영상, KOMPSAT-1 영상, 가뭄지수, 다중시기 영상분석

Abstract

It is necessary to manage water resources in rural areas in order to achieve proper development of new water resources, sustainable usage and reasonable distribution. This paper aims to analyze multi-temporal Landsat-7 ETM+data for soil moisture that is essential for crops in Ahnsung area. The ETM data was also fused with KOMPSAT-1 images in order to be used as backdrop watershed maps at first. Multi-temporal Images showed also the characteristics of soil moisture distribution. Images taken in April showed that rice paddy had as low reflectance as artificial features. Compared with April scenes, those taken in May and June showed wetness index increased in the rice paddies. The mountainous areas have almost constant moisture index, so the difference between the dates was very low while reservoirs and rivers had dramatic changes. We can calculate total potential areas of distribution of moisture content within the basin and estimate the areas being sensitive to drought. Finally we can point out the sites of small rice paddies lack of water and visualize their distribution within the same basin. It can be said that multi-temporal Landsat-7 ETM+ and KOMPSAT data can be used to show broad drought with quick and simple analysis. Drought sensitiveness maps may enable the decision makers on rural water to evaluate the risk of drought and to measure mitigation, accompanied with proper data on the hydrological and climatic drought.

Keywords : ETM image, KOMPSAT-1, drought mapping, multi-temporal images

1. 서 론

1.1 연구배경

가뭄 또는 한발 현상은 다양한 학문 분야에서 오랜 기간 연구대상이 되어왔지만 실시간으로 움직이는 대기와 지표의 상태에 대한 시공간적인 정보의 취득의 어려움

으로 개념적 수준의 연구와 지수화를 통한 예측수준의 연구가 주로 이루어져 왔다. 주어진 기간의 강수량이나 무강우 일수를 계산하는 방식은 주로 기상청에서 수행하였다. 오랜 시간에 걸친 통계적 접근을 강조하여 월별 또는 연별 평균값과 당해년도 혹은 당월의 강수량과의 백분율을 통해 가뭄을 수치화하려는 기후학적 접근도 가뭄을

2004년 8월 13일 접수, 2004년 9월 23일 채택

* 주저자, 정회원, 3GCORE 附設研究所 所長, 소장 (emchang@3gcore.com)

** 3GCORE 附設研究所 前 研究員

정의하는 방법이 있다. 기온과 바람 및 습도를 통합하여 위도조건과 시기에 따른 변이의 양까지 고려한 파머지수(Palmer Index)는 미국의 기상대기해양연구소(NOAA)에서 월별로 생산하는, 표준화된 자료이다.

이와는 달리 농작물의 생육에 직접 관계되는 토양수분을 중심으로 한 한발은 농작물의 특성에 따라 수분수요량이 다르므로 객관화하여 수치로 정하기가 매우 어려운 실정이다. 수자원을 관리하는 건설교통부내의 수자원공사와 농업용수를 관리하고 있는 농림부의 농업기반공사는 가뭄에 대한 대응으로 댐과 저수지의 건설을 중요한 과업으로 추진을 해왔으므로 기상학적 가뭄과 기후학적 가뭄에 대한 관심은 분명하지만 지속적인 관측과 예방적 차원의 접근과 정보추출을 위한 투자는 활발히 이루어지지 못하고 있고 대부분 기상청의 자료에 의존하거나 수위자료의 생산과 홍수계산을 위한 CN (curve number)를 생산에 역점을 두어왔다(Weng, 2001; 김과 최, 2003, Coskun과 Musaoglu, 2004).

하천, 저수지, 지하수 등의 수위에 중점을 두고 생활용수와 농업용수의 부족 상태를 가뭄으로 정의했음에도 불구하고, 댐이나 몇몇 저수지 수위자료 확보에만 급급하여, 보다 광역적으로 발생하는 가뭄에 대한 수치적 접근을 시도한 경우가 매우 드물다. 따라서 토양수분지수가 광역적 가뭄지도의 대체 지표로 사용된다면 야외조사를 통한 토양의 수분지수의 한계를 넘어 가뭄에 민감한 지역을 상대적으로 평가할 수 있는 기반이 마련될 것으로 기대된다.

이에 국가의 재원을 투입하여 발사되어 성공적으로 자료를 취득하고 있는 다목적위성 1호의 자료를 활용하여 가뭄의 상태를 구체적인 공간적 자료로 수치화할 수 있다면 사회적 요구에 부합할 수 있는 자료 생산이 가능할 것으로 사료된다. 해외에서는 일찍이 Landsat 자료를 활용한 wetness index (습윤지수)를 주단위의 가뭄지도로 필요시점마다 작성하여 기후의 변화에 따른 농업활동의 지속여부와 영향여부를 파악하고 있다.

Kauth와 Thomas (1976) 의해 개발된 위성영상처리 방법은 토양의 수분, 지면 반사도, 식생의 지수 등은 위성영상으로부터 분석할 수 있는 경험적인 회귀 분석 방법을 이용하여 연속적인 직각함수로 표시함으로써 지표의 물리적 상태를 선형방정식으로 나타내어 도출하였다. Tasseled cap 변환은 물리적인 영상 특성과 관련하여 몇 개의 밴드로 분광 데이터를 압축하는 유용한 기술이다. 처음에는 분광 공간에서 작물의 성장의 중요 현상을 이해하기 위해 연구되기 시작하였다. 이 변환은 중, 연대, 구조 등과 같은 산림의 속성을 나타내며, 많은 응용 분야에서 널리 사용되고 있다(Weber 과 Dunno, 2001). 4개의 밴드를 사차

원 평면으로 변환시켜 Soil Brightness Index(SBI), Green Vegetation Index(GVI), Yellow Stuff Index(YVI), Non-Such Index (NSI)의 밴드마다 각각 축을 도출하여 정보를 얻게 되었고, 일반적으로 처음의 두 지수가 정보의 대부분(95~98%)을 포함하고 있다.

현재는 Landsat TM 자료를 이용하면서부터 좀 더 많은 밴드와 분광대의 특성을 반영한 Tasseled cap 변환 연구가 수행되고 있다. 6개의 TM 밴드는 토양축과 식생축으로 구분되고 그 사이에 변이지역으로 나타난다는 상세한 결과를 얻기도 하였다 (Crist와 Cicone, 1984). 여기에 중적외선 밴드를 이용하여 토양내의 습기함유 정도를 나타내는 세 번째 성분과 연무(煙霧)를 나타내는 네 번째 성분을 확인하였으며, 이 성분을 이용한 합성 영상으로 도시, 물, 습지를 쉽게 구분할 수 있었다.

1.2 연구목적

강수량 및 수위 측정지점 등 몇몇 특정 위치만이 실측치를 갖는 벡터자료구조와는 달리 지표의 모든 표면에서 반사도 값을 갖는 연속적인 자료구조를 갖는 레스터 구조의 위성영상의 활용성은 제한된 지점의 자료를 통해 나머지 공간의 특성값을 유추하거나 계산하는 형태의 내삽 혹은 외삽과정을 거치지 않기 때문에 활용도가 분명할 것으로 예상된다. 따라서 본고는 가뭄이 심했던 2001년 상반기의 위성영상분석을 통해 광역적 가뭄에 위성영상의 활용가능성이 가능성을 타진하는 것을 1차적인 연구목적으로 삼고, 기타 결과의 활용을 통해 앞으로 전국적으로 생성될 수 있는 자료로서 농촌용수구역도의 작성에 위성영상을 활용함으로써 보다 실질적인 자료의 생산이 가능함을 보여주고자 한다.

1.3 연구방법

가. 위성영상의 취득

가뭄측정을 위한 위성영상의 활용을 위하여 가장 중요한 요소는 자료의 획득시기가 가뭄발생시기와 근접한 시기의 자료취득이 가능해야 한다. 즉 최소화소의 크기를 일컫는 공간적해상도보다는 시간적 해상도가 중요하므로 본 연구에서는 국내위성으로 촬영된 다목적실용위성 1호의 자료와 18일마다 촬영이 가능한 Landsat TM 위성영상자료를 대상으로 하였다. 기하보정 단계는 수신국에서 제공하는 고유 포맷에서 영상 처리 소프트웨어로 읽어 들여 임의의 형식으로 변환됨으로 수행된다. Landsat의 경우 USGS(미국지질조사국)에서 웹으로 신청을 하여, FST Format으로 제공받았다. 항공우주 연구소에서 판매되는 다목적실용위성 1호 영상의 경우 HDF Format을 TIFF 나 IMG Format으로 변환하여 실제 작업을 수

행할 준비를 한다.

나. 위성영상의 전처리

원격탐사에 의해 획득된 영상 자료는 기하보정 처리단계, 영상 색 조정 단계, 모자이크 단계로 구분되어 처리된다. 이 과정은 Erdas Imagine(ver 8.4) 소프트웨어를 사용하여 처리하였다. Landsat의 경우 한번에 180×180km 정도의 광역 폭을 주사하므로 본 연구지역에 부합하는 토지피복 탐지가 가능하다. 따라서 영상을 선정하여 기상기준점을 선정하여 좌표를 부여하는 보정 처리만을 수행한다. 그러나 다목적실용위성 1호의 영상과 같이 17×17km의 작은 주사 폭의 면적을 갖는 영상은 11장의 영상을 각각 보정 후, 모자이크하였다. 이와 같이 영상정합한 후, 각 영상간의 화소의 빈도를 표현하는 히스토그램 매칭을 통해 동일하게 자연스러운 색상을 유지하도록 처리한다.

첫째, 기하보정 단계는 수치지형도에서 지상기준점을 선정하여 영상좌표를 지상좌표로 변환하는 두 가지 과정으로 구분된다. 이 때 사용한 방법은 입방기준재배열방법(cubic convolution resampling)을 사용하여 주변의 9개의 화소의 위치값을 가지고 재배열하는 과정을 선택하였다. 다른 최근린 정수값 재배열법(nearest resampling)과 선형 보간을 수행하는 공일차재배열(bilinear resampling)에 비해서 작업시간이 오래 걸리지만 정확도가 높게 나타난다는 장점이 있다(연상호 외, 2001). 지상기준점은 1:25,000과 1:5,000 수치지형도에서 30점 이상을 취득하여 사용하였으며, 지상기준점은 식별이 가능한 도로, 교량, 수로, 도로 굴곡부 정점 등을 선정하였다. 지상기준점은 위성영상에서 골고루 분포시키며, 수치지도와 영상간의 차이를 나타내 주는 RMS (Root Mean Square)

error는 반 픽셀 이내로 유지시켰다.

둘째, 영상의 색 조정 단계는 효율적인 정보 탐지를 위해 밴드조합과 히스토그램조정으로 영상의 대비를 높이는 과정이다. Landsat ETM영상은 토양수분을 잘 나타내는 5번의 근 적외선이 포함된 조합이 효과적이다. 다목적실용위성1호의 작은 영상들을 대상지역에 맞게 모자이크 수행 시 서로 간의 색채의 연속성을 보장하기 위하여 먼저 각 영상에 대해 히스토그램 매칭(histogram matching)을 실시하였다. 각 영상을 보정해 준 후, 히스토그램 매칭 등의 영상 平活化 작업을 통해서 각 영상간의 차이를 최소화하면서 선명성을 유지시킨다.

셋째, 히스토그램 매칭 후, 다목적실용위성1호 영상을 정합하기 위해 모자이크 작업을 수행한다. 즉, 단위 영상 별로 작업된 결과 10개의 영상을 하나로 합성하는 과정이다.

다. 융합영상의 제작

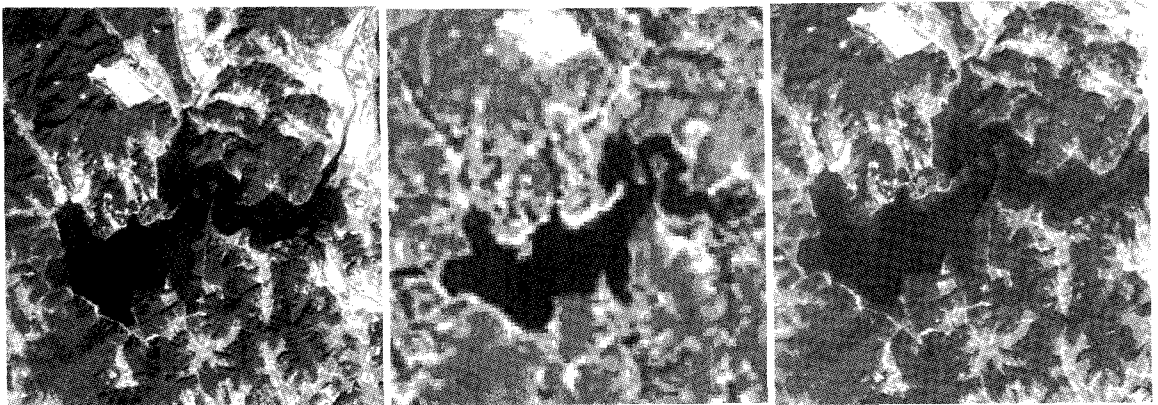
칼라 영상을 보여주는 Landsat 영상은 해상도가 매우 떨어져, 사물을 식별하기 어렵다. 따라서 높은 해상도의 다목적실용위성1호와의 융합을 통해 고화질의 영상을 획득할 수 있다.

그림 1은 고삼 저수지 주변에 대한 영상 융합의 모습을 보여주고 있다. 고화질의 선명성이 유지되는 합성 영상은 양 영상의 장점을 모두 수용하여 공간적해상도를 높히면서 분광해상도를 유지하게 된다.

라. 토양수분도의 제작

1) 영상 표준화

DN(Digital Number)값으로 표현되는 8 bit의 일반 영상은 그 안에 많은 잡음(noise)을 포함하고 있다. 이러한



Komsat 영상

Landsat 영상

합성 영상

그림 1. 합성 영상의 제작

잡음은 집성된 영상의 질을 떨어뜨릴 수 있으며, 토양수분을 추출하거나 식생밀도를 구하는 등의 2차적 작업에 영향을 미칠 수 있다. 또한 여러 영상을 이용하는 집성영상 있어, DN값에서 영상에서의 반사값으로 바꾸는 것은 큰 향상을 가져온다. 따라서 Huang 등(2000)에 의해서 제시된 표준화 기법을 Landsat과 다목적실용위성1호 영상에 적용하여 영상 내 잡음을 줄이고, 좀 더 상세하고 일관적인 분광값을 취득하였다. 영상 표준화를 위한 위성 내 반사값 변환은 Barker가 제시하는 아래의 방정식을 일반적으로 따른다 (Barker et al, 2000). 이 경우에는 지형과 대기의 영향을 고려하지 않고, DN에서 위성내 반사값(at satellite reflectance)으로 변환하는 방정식은 아래와 같다.

$$L_{\lambda} = GAIN_{\lambda} \cdot DN_{\lambda} + Bias_{\lambda} \quad (1)$$

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \sin(\theta)} \quad (2)$$

L_{λ} 와 ρ_{λ} 는 각각 위성의 방사와 반사이다. λ 는 분광밴드를 말한다. Landsat7 ETM+에서 각각 gain과 bias, 태양의 고도값은 이미지에 동봉되어 있는 헤더 파일에서 찾을 수 있다. 태양 방사 물리량 $ESUN_{\lambda}$ 은 Landsat7 Science Data Users Handbook(Irish, 2000)에서 제공된다. 연도와 일월에 따른 표준화된 태양과 지구와의 거리 d 는 이심률 보정 factor E_0 으로부터 계산할 수 있다.

$$d^2 = 1/E_0 \quad (3)$$

E_0 는 Iqbal(1983)의 표를 참조하여 계산하였다.

2) 토양 수분 추출을 위한 지수의 추출

잡음이 제거되면서 Landsat 영상에 대해 토양수분을 추출을 시행하였다. 토양수분은 Tasseled cap 변환으로 이루어지며, 이를 통해 대상지역 전반의 수분감지가 가능하다. 본 연구지역인 안성지역에 대한 토양수분을 취득하기 위해, 이미 입증된 Tasseled cap 변환기법을 사용하기로 한다. 이 변환은 특히 농업 지역 연구에 광범위하게 사용되고 있으며, Seong 등(1998) 이 보여준 지구적 차원의 습지 연구처럼 환경 부문의 접근에도 유용하다.

2. 본 론

2.1 안성지역 토양수분 추출결과

본 연구에서는 안성지역 토양현황에 대한 정보 추출하는데 그 목적을 두고 있으므로, 세 번째 수분 정보만 추출하였다.

$$0.2626 * band1 + 0.2141 * band2 + 0.0926 * band3 + 0.0656 * band4 - 0.7629 * band5 - 0.5388 * band6 \quad (4)$$

식 (4)를 밴드 값에 적용시켜 수분정보를 취득하였다. Landsat 7 ETM+영상의 Tasseled cap 변환을 통해 얻어지는 몇 가지 정보 중 특히 wetness는 토양수분에 관한 정보를 효과적으로 나타내준다.

따라서 본 연구지역에 있어 수분과 관련된 지표의 공간적 특성을 드러내기에 매우 적절하다. 추출된 토양수분은 그 함량에 따라 수분의 공간적인 분포를 대규모로 파악할 수 있다. 작업은 가뭄이 고조되던 시기의 2001년 4월 9일, 5월 27일, 6월 3일 영상의 토양 수분을 모두 추출하였다.

그림 2는 2001년 5월 27일 용수가 한창 요구되는 이앙시기의 토양수분 모습이다. 2001년 5월 27일의 영상의 수분 현황을 전반적으로 나타내 주고 있다. 수분함량이 높을수록 밝게 표출이 되며, 수분 값이 저조할수록 검은 색의 명암으로써 표현된다. 이러한 수분 경향은 수치지도를 위에 중첩시켜 각 대상을 확인함으로써, 더욱 뚜렷하게 그 패턴을 알 수 있다.

그림 2의 우상단에 비스듬한 타원형으로 인식되는 조각의 경우는 수치지도에서 저수지로 표시되는 부분으로, 수분함량이 다른 대상물보다 높기 때문에 영상 내에서 매우 밝게 표시되고 있다. 가운데 선과 함께 어둡게 표시되는 부분은 수치지도에서 도로로 표시되는 부분으로, 수분 함량이 극히 저조하고, 반사도가 높아 검게 표시되고 있다. 우하 부분의 대부분을 차지하는 회색조의 큰 조각은 수치지도에서 등고선이 주요지물로 표현되는 산림 지역이다. 앞의 두 경우에 비해 수분 함량이 일정하기 때문에 회색조로 표현되고 있다.

이러한 지표의 특성은 수치지도를 중첩하지 않고도,

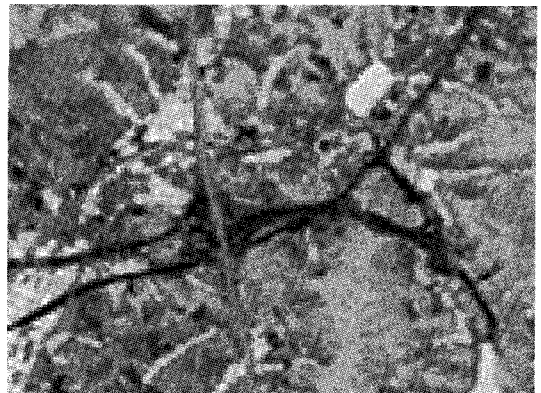


그림 2. 영상 내 토양수분 분포 모습

각 지형지물의 특징에 대해 곧 알 수 있게 된다. 즉, 표면 수분이 많은 저수지나 이앙기의 논, 수로 등에서는 밝은 화소값으로 그 수분 속성과 윤곽을 통해 수분의 면적을 알 수 있다. 반대로 반사값이 높고, 수분의 함량이 적은 인공물들은 대부분 도로나 건물 시가지지를 포함하고 있기 때문에 어둡게 표출되고 있다(박은주 외, 2002).

이러한 수분특성을 인지하고, 각 시기별 영상의 수분 분포에 대해 알아보았다. 영상은 가뭄이 고조되던 시기인 2001년 4월 9일, 5월 27일, 6월 3일의 세 시기를 선정하였다. 이미 전 단계에서 전 처리를 통한 보정이 이루어진 영상은 안성지역보다 조금 더 크게 잘라 일괄적인 토양수분 추출을 시행하였다.

가. Landsat 2001년 4월 9일 영상의 토양수분

4월은 겨울철 강우량의 부족으로 가뭄이 점차 예고되는 시기였다. 따라서 영상 내에서 낮은 수분지역을 일부 찾아볼 수 있었다.

수분 함량이 높은 저수지들 중에서 체적이 큰 이동, 고

삼, 용설 저수지가 영상에서 두드러지게 나타나고 있다. 이들은 높은 수분 수치를 지니고 있기 때문에 희고 밝게 표출되고 있어, 쉽게 파악할 수 있다. 좀 더 세부적인 수치를 알아보기 위해 프로파일을 작성하여 거리에 따른 공간적인 값을 확인하였다. 영상 내에서 지표사상을 확인하기 위해 수치지도를 중첩시켰다. 아래 그림은 고삼저수지인데, 수분이 높기 때문에 육안으로도 밝은 화상을 확인할 수 있다. 수분수치가 높아 밝게 드러나는 부분들만 고삼저수지 레이어안에 포함되고 있었으며, 프로파일을 작성하여 그래프안의 값을 확인해 보았다.

2001년 4월 9일 영상에서 드러나는 저수지의 수분수치는 최소값 0에서 최대값 0.01으로 나타났으며, 평균 0을 보이고 있었다. 이러한 수분수치 확인은 수분과 관련된 각 대상물에 대한 정보확인에 중요한 역할을 해 줄 뿐만 아니라, 시계열적인 영상에서 수치값을 찾아보게 됨으로써, 최종적으로 제작될 토양수분도 (map of soil moisture)의 객관적인 급간 (interval)을 제시해 준다.

그림 3의 중간 그림과 그래프는 적정 수분을 함유하고

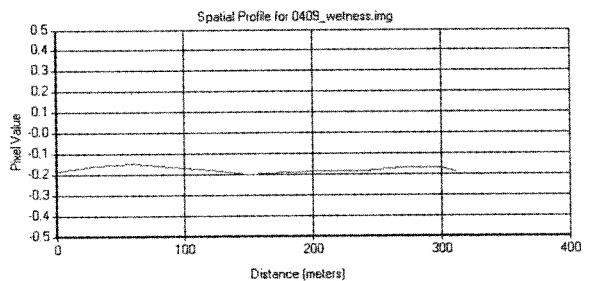
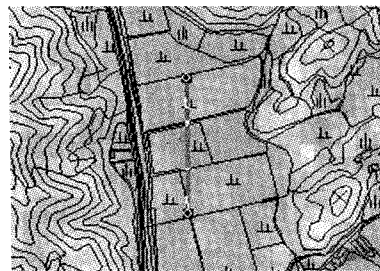
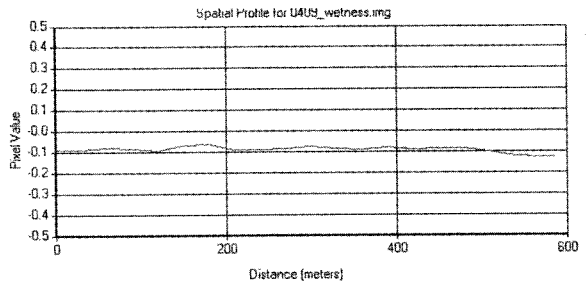
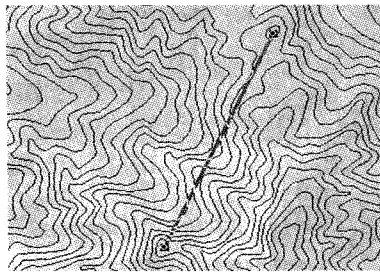
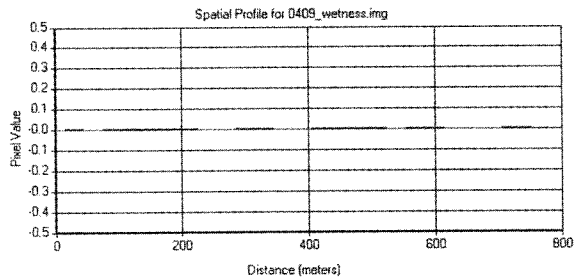
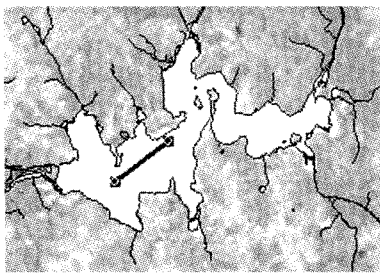


그림 3. 고삼저수지(상), 산림지역(중), 논(하)의 수분값 변화 경향(2001.4.9)

있는 산림지역의 수분경향을 나타낸 것이다. 용적이 큰 저수지보다는 낮은 값으로 나타나고 있는데, 최소 음수 0.13에서 최대 음수 0.07값을 지니고 있었다. 평균은 음수 0.09의 수치로 나타나고 있으며, 수분함량이 가장 높은 저수지 이외에는 값을 갖고 있었다. 마지막으로 농업적 가뭄에 가장 영향을 받는 농경지의 수분 값에 대해 파악해 보았다. 4월 초순은 아직 이앙시기가 아니기 때문에 용수로 찬 수리답의 모습을 갖추고 있지 않다. 또한 겨울 강우량의 부족으로 수분이 메마른 상태이기 때문에 매우 낮은 수분값을 관찰 할 수 있다.

그림 3의 그래프를 보면, 파장형의 경향을 나타내고 있는데,凹형의 지점은 논고랑(도로,수로 포함)으로서 수분값이 상대적으로 극히 낮게 측정되고 있다. 그러나凸형 지점 값은 토양수분이 그대로 감지 된 곳이며, 최대치인 음수 0.15를 유지하고 있다. 도로나 수로가 있어, 수분이 매우 낮은 곳들은 최소 값인 음수 0.2로 파악될 수 있으며, 전체 논 지역에 대한 수분 값은 평균 음수 0.18로 측정되었다. 농업용수 공급이 거의 없는 4월의 수분

지수는 매우 낮게 측정되었지만, 이앙기인 5월과 6월로 가면서 높은 수분지수를 확인 할 수 있다. 이러한 현상은 Tasseled cap변환에서 얻어지는 토양수분의 감지력이 계절적인 농업활동을 그대로 반영해 주고 있기 때문이다.

나. Landsat 2001년 5월 27일 영상의 토양수분

2001년 5월 말은 대부분의 농가에서 농경지에 대량의 용수를 공급시키는 시기이다. 이때 대부분 저수지에 물을 대어 농업용수를 확보하지만, 그렇지 않은 지역은 양수기나 주변 관정 등을 이용한다. 영상에서 이러한 농번 활동을 이해해 볼 수 있는데, 그것이 바로 저수지의 수(水)면적 감소이다.

그림 4에서 보듯이, 대량의 용수 공급으로 인해 저수지 면적이 줄어들어, 주변 경계가 어둡게 나타나고 있다. 수분 수치 값이 매우 낮아질수록, 화상은 어둡게 표출된다. 그러나 저수지 중심부는 아직도 많은 용적이 유지되고 있기 때문에, 전월과 비슷한 통계값을 유지하고 있다. 수분수치는 최소 0.04에서 최대 0.05로 나타나고 있는

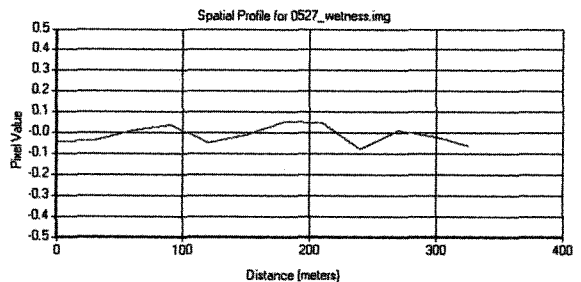
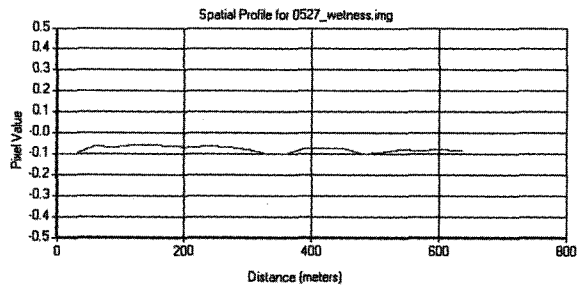
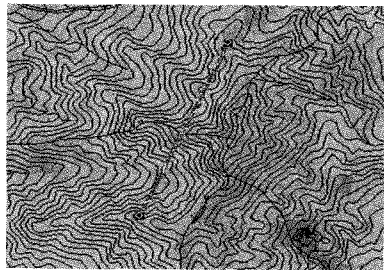
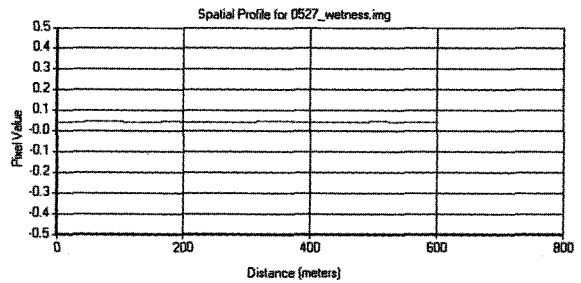
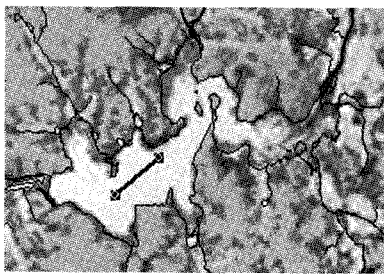


그림 4. 고삼저수지(상), 산림지역(중), 논지역(하)의 수분값 변화경향(2001.5.27)

며, 평균 0.04값을 보여주고 있다.

그림 4의 논지역(하)의 경사급변점은 수분이 떨어지는 논고랑(도로,수로 포함)이 지나가는 길이다. 이처럼 영상에서의 수분값은 각 지점에 대한 수분의 강도를 그대로 반영해주고 있다. 수분의 분포는 최소 음수 0.06에서 최대 0.05까지 4월보다 월등히 높은 수치를 보이고 있다. 평균 음수 0.01 정도의 수분수치는 전월보다 0.17 높으며, 그 이유는 이양시기로 인해 많은 용수가 농경지에 가득 차있기 때문이다. 이러한 계절적 농업활동을 뚜렷이 드러내주고 있다.

다. Landsat 2001년 6월 3일 영상의 토양 수분

토양수분이 추출된 6월 3일의 그림 5의 영상을 보면, 이양상태를 눈으로 확인할 수 있다. 이 시기에 농가는 대부분 95%이상 이양을 마친 상태이기 때문에 표시된 세 가지 대용량의 저수지 이외에 영상 내에서 밝게 표출되는 구역을 관찰 할 수 있다. 이들 지역은 수분값이 높아 밝게 표출되는 수리답으로서, 화상을 통해 직관적으로 확인할

수 있다. 이러한 수리답의 규모는 영상에서 굉장히 많은 비중으로 나타나고 있으며, 이양 진척률이 높아질수록 더욱 분명한 윤곽을 드러내준다.

전체적인 수분 분포를 물과 연관된 각 지형지물을 통해 살펴보았다. 우선, 고삼저수지는 대량의 용수 공급으로 인해 저수지 주변 경계가 어둡게 나타나고 있었다. 이는 낮은 수분 수치 값을 지니고 있기 때문이며, 이러한 현상은 5월 27일 영상에서도 나타나는 유사경향이다. 그러나 전월 영상과 6월 3일 영상과의 시간적 차이가 적기 때문에 주변 수분감소 면적이 뚜렷하게 대조되어 나타나지는 않았다. 수분변화경향은 전월과 비슷한 수치로, 최소에서 0.01에서 최대 0.02의 범위에 있으며, 평균은 0.01로 나타났다.

산림지역 역시 전월과 비슷한 수치로, 최소에서 음수 0.08에서 최대 음수 0.05의 범위에 있으며, 평균은 음수 0.06으로 나타났다. 각 물체의 3개월 간 수분지수를 살펴봤을 때, 산림지역이 가장 지속적인 값을 유지하고 있었다. 농경지는 전월에 대부분 이양이 진척된 상황이라 유사

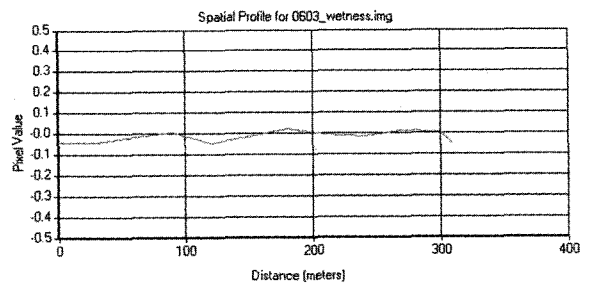
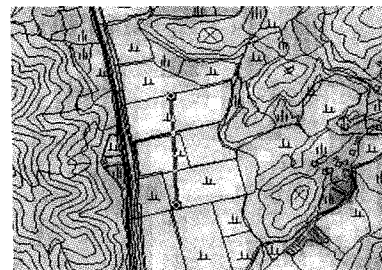
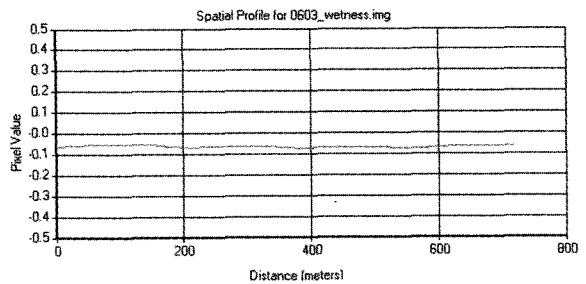
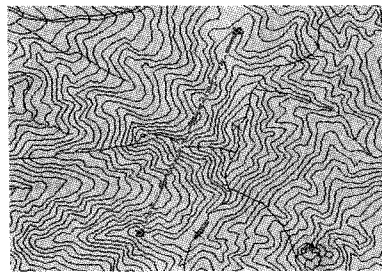
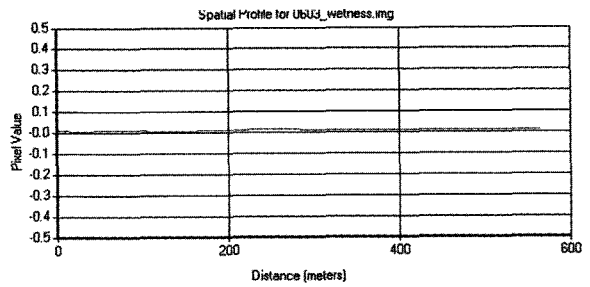
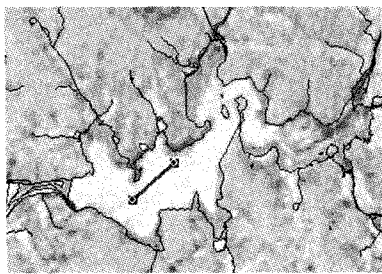


그림 5. 고삼저수지, 산림지역, 농경지의 수분 값 변화경향(2001.6.3)

한 수분 수치를 보이고 있었다. 최소 음수 0.05에서 최대 0.02 사이의 범위를 가지고 있으며, 평균 음수 0.02의 수치를 보이고 있다.

2.2 토양수분도 제작

Tasseled cap에서 얻어낸 토양수분을 통해서 그 값의 변화 폭을 살펴보았다. 각 대상체에 대한 수분값은 수준별 수분강도를 통해 전체적인 분포로 인지하는 것이 중요하다. 이러한 분류 정보는 지역에 대한 수분현황을 보여주게 되므로 분류 작업이 요구된다. 분류작업을 시행하기에 앞서, 소수형으로 표현되어있는 전체 수분 값들을 일관성 있게 나누기 위해 0~100사이의 자료 범위로 다시 계산하여 비율파악을 해야 한다. 따라서 본 연구에서는 토양 수분값을 아래의 식을 적용시켜, 토양수분지수를 도출하였다.

$$\text{Soil moisture index} = 100(\text{wetness} - \text{wetnessmin}) / (\text{wetnessmax} - \text{wetnessmin}) \quad (5)$$

Wetness는 Tasseled cap에서 얻어지는 수분 값이 작업을 통해서 일정 범위를 갖는 토양수분지수가 산정되었다. 0은 토양수분이 없는 상태를 나타내며, 100은 저수지와 같이 수분함량이 매우 높은 상태를 나타낸다. 30이하의 값들은 수분비율이 거의 없고, 매우 건조한 지점들이다. 면적이 가장 적은 0~30이하의 이러한 값들을 묶어 분류하였다. 2001년 취득된 영상을 일정 수준별 분류를 통해 다음과 같은 단계구분도로 표현하였다(그림 6).

4월은 겨울철 강우량의 부족으로 가뭄이 점차 우려되는 시기였다. 영상에서 부분적으로 낮은 수분값을 일부 찾아볼 수 있다. 표시된 대용량의 저수지들은 용수공급이 거의 없기 때문에 높은 수분값을 보유하고 있고 저수지 형태가 가장 뚜렷하게 드러나고 있다.

각 분류수분별 면적을 살펴보면 아래 그림 7과 같다.

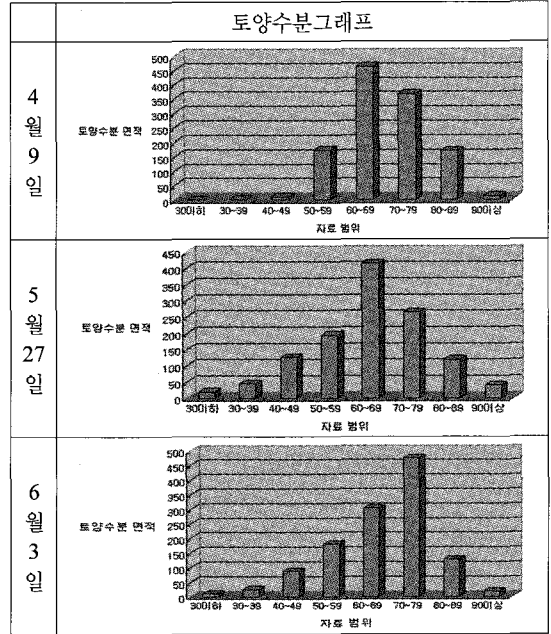


그림 6. 토양수분 그래프 (2001)

90이상은 저수지와 같이 수분 용적이 큰 지형지물에서 주로 나타나고 있다. 그러나 Tasseled cap에서 얻어지는 수분은 그늘진 산에서도 상대적으로 높은 값이 취득되고 있다. 중적외선 영역에서는 수분이 대부분 흡수되어 낮은 반사값을 보이는데, 이런 원리를 이용하여 연산되기 때문에 산지에서 높은 수분 값들이 발견되고 있다. 이러한 오류는 80~89계급에서 주로 나타나고 있다. 60~69, 70~79의 토양수분지수들은 산림지역에서 대부분 나타나고 있으며, 식생의 수분보유 상태를 나타내주고 있다. 5월 말은 대부분의 농가에서 이앙이 어느 정도 진척된 상태이다. 따라서 논에 물이 찬 수리답의 모습이 단계구분도에서 분명히 나타나 있다. 0~79사이의 계급이 많이

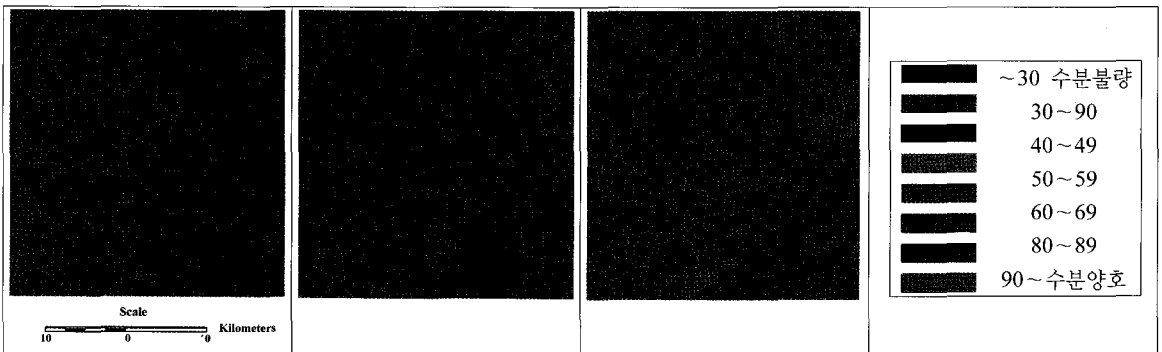


그림 7. 2001년 6월 3일 토양수분도 (좌상:4월, 우상:5월, 좌하:6월)

줄어든 상태를 볼 수 있다. 이것은 가뭄으로 인하여 토양 수분이 크게 줄어들어, 이 급간에 해당하는 높은 수준의 수분지수 면적이 100km²이상 심하게 감소하였다. 이렇게 줄어든 곳은 대부분 40이하의 수분지수로 바뀌었으며, 약 64km² 정도 건조한 지역이 증가하였다. 이러한 부분은 가뭄에 민감한 지역으로 파악된다. 70~79사이의 계급이 많이 줄어든 상태를 볼 수 있다. 이것은 가뭄으로 인하여 토양수분이 크게 줄어들어, 이 급간에 해당하는 높은 수준의 수분지수 면적이 100km²이상 심하게 감소하였다. 이렇게 줄어든 곳은 대부분 40이하의 수분지수로 바뀌었으며, 약 64km² 정도 건조한 지역이 증가하였다. 이러한 부분은 가뭄에 민감한 지역으로 파악된다.

6월 초는 이양 진척율이 매우 높아, 거의 완료되는 시기이다. 따라서 6월 토양수분도에서도 수리답의 뚜렷한 모습들을 확인할 수 있다. 70~79사이의 계급이 많이 줄어든 상태를 볼 수 있다. 이것은 가뭄으로 인하여 토양수분이 크게 줄어들어, 이 급간에 해당하는 높은 수준의 수분지수 면적이 100km²이상 심하게 감소하였다. 이렇게 줄어든 곳은 대부분 40이하의 수분지수로 바뀌었으며, 약 64km² 정도 건조한 지역이 증가하였다. 이러한 부분은 가뭄에 민감한 지역으로 파악된다.

6월 초는 이양 진척율이 매우 높아, 거의 완료 되는 시기이다. 따라서 6월 토양수분도에서도 수리답의 뚜렷한 모습들을 확인할 수 있다.

가뭄이 예상되던 4월은 수분이 극히 낮은 지점이 일부 표출되기 시작하였고, 한창 농업용수 요구가 고조되던 5월 말은 가뭄으로 인해 용수 부족 지역들이 낮은 토양수분지수를 통해 드러났다. 농업용수가 가장 요구되는 이 시기에 가장 많은 가뭄대책들이 이루어지며, 양수기나 관정 등 비상대책을 강구하여 극복되는 시기이다. 따라서 6월은 가뭄이 거의 극복되고, 이양 진척률이 가장 높은 시기이므로, 30이하로 토양수분지수가 극히 낮은 지역은 5월에 비해 상당부분 감소하였다. 이에 반해 산림지역처럼 적정수분을 유지하는 70~79 급간이 대폭 확대되어 나타났다.

2.3 논의사항

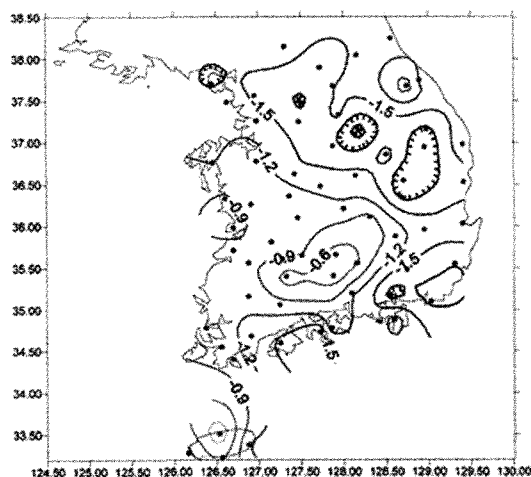
위의 분석 내용은 실제 2001년에 시행된 것이 아니므로 실제 기상자료를 통하여 검증되어야 한다. 이를 위하여 부경대학교 연구실의 (<http://atmos.pknu.ac.kr/~mar/drought/2k010604.htm>)가뭄 예측 결과를 보고한 자료를 참고로 하게 되면 위성영상의 정확도 평가를 간접적으로 파악할 수 있다.

그 내용을 인용하면 『거의 전국에 물이 부족하다. 충북 제천이 -2.2로 가장 강한 가뭄. 경기북부와 강원 그리

고 부산 주변에 -1.5이하의 심한 가뭄이 있다. 북한 지방도 가뭄이 심할 것으로 추측된다. 남해안의 가뭄은 남풍 기류가 약함을 의미한다. 그리고 북태평양 고기압의 발달과 북상속도가 늦음을 의미한다.

한반도 동쪽이 가뭄은 유입되는 남서풍이 건조함을 말한다. (2001 5월 15일)』 여러 종류의 가뭄지수에도 불구하고 공간적 범위가 한반도를 대상으로 하고 있으므로 전반적인 경향을 분석할 수 있는 기상학적 가뭄상태는 알 수 있지만 좁은 지역의 토양의 수분상태 및 하천 및 호소의 수위상태를 연결시키기 어렵다. 아래의 그림 8은 부경대학교 방재기상 연구실에서 작업 가뭄지수를 산출한 것으로 안성지역은 가뭄지수가 2이상으로 심한 가뭄지역에 해당됨을 알 수 있다. 2001년 6월 18일에 강우가 발생하기 이전에는 지속적인 가뭄상태가 지속되었다는 보고 기상청에서도 본 연구 결과의 합치되어 어느 정도 검증될 수 있다고 사료된다. 기후학적 가뭄과 수리학에서 사용하는 가뭄은 강수량과 유출량에 국한하여 모델을 수행하는 반면에 토양학적 가뭄은 농업에서 작물별로 달라지는 가뭄의 정의를 일반화하여 적용할 수 있으므로 토양의 수분지수는 가뭄의 민감도 지수로 대체될 수 있다.

추후에 2004년 6월 현재 국가에서 농업 및 환경관련 영상의 지도제작 상황은 대부분 연구과제 수준에 국한되고 있다. 농림부에서 연구 과제를 통해 위성영상의 활용성가능성을 타진한 상태이다. 이외에도 2002년부터 2003년 까지 한국전자통신연구원 텔레매틱스 사업단에서 구축한 위성영상 통합관리센터를 통해 구입된 과거 5년간의 한반도 전체의 Landsat 위성영상자료를 본 목적에 활용



출처:<http://atmos.pknu.ac.kr/~mdr/drought/2k010604.htm>

그림 8. 2001년도 가뭄지수 지도화

용한다면, 앞으로 다양한 규모의 전국 농업용수의 활용과 배분에 중요한 자료를 생산할 수 있을 것으로 예상된다.

3. 결 론

농촌지역의 수자원에 대한 적절한 관리의 필요성은 생산기반의 확보의 측면에서 강조되어 왔다. 수자원개발을 위한 투자의 적합성을 지원할 정보의 생산이 필요하며 이에 위성영상의 활용가능성을 안성지역을 대상으로 하여 연구를 수행하였다. 다목적실용위성과 Landsat TM 영상을 합성하여 2001년 농번기 3회의 토지가물 지수의 변화상을 비교하였다. Tasseled Cap 변환에 의한 습윤 지수의 지도화 방법을 사용하였다. 산지의 경우는 습윤 지수가 시간의 변화에 둔감한 반면에 저수지와 하천의 경우 커다란 변화를 보여주었다. 가뭄에 민감한 정도를 수치화 하여 안성천권역의 논지역과 밭지역의 잠재적 습윤 상태를 예측할 수 있었다. 시간적해상도와 구입가격의 적정성을 고려할 때 다목적실용위성1호와 Landsat TM 자료의 융합을 통하여 보다 과학적인 농촌용수관리가 가능할 것으로 판단되며, 그 정확도는 기상분야의 모델링 기법을 통해, 기상청의 보고 자료에 의해 평가될 수 있을 것이며, 한국전자통신연구원의 다양한 기 확보된 Landsat 위성영상을 통한 시계열적인 분석도 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

농업기반공사 조사설계처의 관계자 여러분과 야외조사를 함께 해주신 건국대학교 김성준 교수님과 대학원생과 한국건설기술 연구원의 김경탁 박사님 연구팀의 자료 협조에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김경탁, 최윤석, 2003, 유역분할에 따른 유출 응답에 관한 연구, 한국수자원학회지 p. 36(6): 915.
2. 박은주, 황철수, 성정창, 2002, 위성영상의 토양수분 정보와 공간적 요인을 고려한 가뭄 민감도 분석, 한국GIS학회지 10(3): pp. 481~93.

3. 연상호 이진덕, 2001, 원격탐사입문, 구미서관.
4. Barker, J.L., B.L. Markham, J. Miller, J.C. Seiferth, I. Surratt, R. Morfitt, and P. Scaramuzza, 2000 ; "On-Orbit Radiometric Performance Landsat-7 ETM+ Results" ; Landsat-7 Technical Working Group Meeting #7 (LTWG-7), Williamsburg, Virginia, January pp. 25~27.
5. Byun and Wilhite, 1999: Objective Quantification of Drought Severity and Duration, Journal of Climate, 12 pp. 2747~2756.
6. Coskun M and Musaoglu, 2004, Investigation of rainfall-runoff modeling of the Van lake catchment by using remote sensing and GIS investigation, Proceeding of International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Commission 7, Istanbul, DVD ROM
7. Crist Eric P. and Richard C. Cicone, 1984, "Application of the tasseled Cap Concept to Simulated Thematic Mapper Data", in *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, pp. 343~352.
8. Huang, C. Wylie B. Yang Limin, Homer C. and Zylstra G, 2000, Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 4 at satellite reflectance, USGS white paper pp. 27~30.
9. Iqbal, M, 1983, *An Introduction to Solar Radiation*, Toronto, Canada : Academic Press, chapter 1.
10. Irish, 2000, Landsat 7 Science Data Users Handbook, chapter 6, NASA, USA.
11. R.J. Kauth and G.S. Thomas, 1976 "The tasseled Cap -A Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by LANDSAT", *Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data*, Purdue University of West Lafayette, Indiana, , pp. 4B~41 to 4B~51.
12. Qihao Geng, 2001, Modeling urban growth effects on surface runoff with the integration of remote sensing and GIS, *Environmental Management*, 28(6) pp. 737~748.
13. Seong, J.C,1998, Estimation of general systematic errors between the two multi-temporal Global NDVI composite images using polynomial cutting method, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing CDROM, Tampa.
14. Weber M,R. and Dunno G,A, 2001, Riparian vegetation mapping and image processing techniques, Hopi Indian Reservation, Arizona, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 67(2): pp. 179~186.
15. <http://atmos.pknu.ac.kr/~mar/drought/2k010604.htm>
16. http://www.water.or.kr/korwater/general/kwk_gel_dry.html?menu=mn4_1_2.