

NOAA AVHRR 위성영상과 기후변화 시나리오에 의한 기상자료를 이용한 미래 식생정보 예측 기법 개발 Development of Prediction Technique for Future Vegetation Information Using NOAA AVHRR Image and Weather Data Based on Climate Change Scenario

하림*, 신형진*, 박근애**, 김성준*

Rim Ha*, Hyung Jin Shin*, Geun Ae Park**, Seong Joon Kim*

건국대학교 대학원 사회환경시스템공학과*, 지역건설환경공학과**

{rim486*, shjin*, dolpin2000**, kimsj*}@konkuk.ac.kr

요 약

기후변화는 강수유형, 기온상승과 일사량의 변화로 인한 증발산량의 변화, 유역 식생피복변화로 인한 지표-대기 관계의 변화와 같은 현상을 통해 지역 부존 수자원과 유출량에 큰 변화를 가져올 수 있다. 특히 지표면의 76%를 차지하고 있는 식생피복은 지표와 대기 사이의 물 순환과정에서 중요한 인자이다. 본 연구에서는 넓은 지역에 대한 식생피복의 파악이 용이한 NOAA 위성의 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) 센서로부터 얻을 수 있는 정규화 식생지수 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)를 통하여 현 식생정보를 정량화하였다. 이로부터 토지피복별 NDVI와 기상인자(기온, 강수량, 일조시간, 풍속, 습도) 사이의 상관관계를 분석하고, 이를 기후변화 시나리오에 의한 기상인자로 부터 토지피복에 따른 미래 NDVI를 추정하였다.

핵심용어 : NOAA AVHRR, 정규화 식생지수(NDVI), 기상인자

1. 서론

최근 우리나라에서 빈번히 발생하고 있는 기상이변과 함께 속출되는 홍수, 태풍, 가뭄 등의 자연재해로 인해 각 분야에서 이를 예측하고 대비하고자 끊임없이 노력하고 있다.

지구 온난화로 인한 기후변화는 온도, 강수, 운량, 복사량 등 수문기상뿐만 아니라 식생분포, 토지피복상황 등에 크게 영향을 주고 있으며, 이는 수문순환과정과 관련하여 미래 수자원분야에 많은 영향을 줄 것이다.

선진국에서 수행한 대부분의 기후변화 연구에는 수자원 분야의 영향 평가가 포함되어 있으며, 독일, 미국, 일본 등은 지구 온난화에 따른 기후변화가 생태계에 미치는 영향을 모형화하여 국토이용기술과 GCM(General Circulation Model)개발 연구에 접합하여 GIS기반의 수자원 모형의 이용과 예측 시스템을 잘 활용하고 있다.

이러한 기후변화에 따른 지표환경의 변화를 모니터링 하기 위해 원격탐사 기법을 사용하였으며, 미국 해양대기(National

Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)에 의해 운영되고 있는 NOAA 위성의 AVHRR센서에서 촬영된 영상을 이용하였다.

AVHRR센서는 구름의 분포, 지표면의 온도분포 등을 관측하는 것을 목적으로 화소당 1.1km × 1.1km의 공간해상도를 가지며, 저렴한 비용으로 단시간에 넓은 지역의 정보를 처리할 수 있는 장점이 있다. 그러나 대단히 넓은 지역 범위를 대상으로 하기 때문에 자세한 정보 분류 및 분석에는 한계가 있으나, 한반도 전역과 같은 광범위한 지역을 대상으로 할 때 대단히 유용하게 사용될 수 있다.

국내에서는 주로 가뭄 홍수 등의 재해현상에 대한 파악을 위해 위성자료를 이용한 연구가 발표된 바 있다(권형중, 2006).

또한 토지피복 변화에 따른 식생지수(NDVI)의 분포나 변화에 관한 연구(성효현, 2000)에 원격탐사 기법을 사용하거나, NDVI 및 기온정보를 조합한 증발산량을 산정하는데 NOAA AVHRR 위성자료로부터 얻어지는 NDVI를 활용하였다(신사철, 2006).

이처럼 위성영상을 이용하여 식생 활력도나 토지피복상황 등 지표 상황을 분석하는 기술은 시계열적인 공간 변화에 대한 신속하고 정확한 정보 확보 및 처리를 가능하게 한다. 또한 정량화 된 식생이나 토지피복과 같은 지형조건과 관련된 증발산량 산정을 위한 하나의 수단이 될 수 있으며, 예측된 식생지수를 통해 추정되는 증발산량 등은 수문모의 모형의 입력 자료로서 유용하게 활용될 것이다.

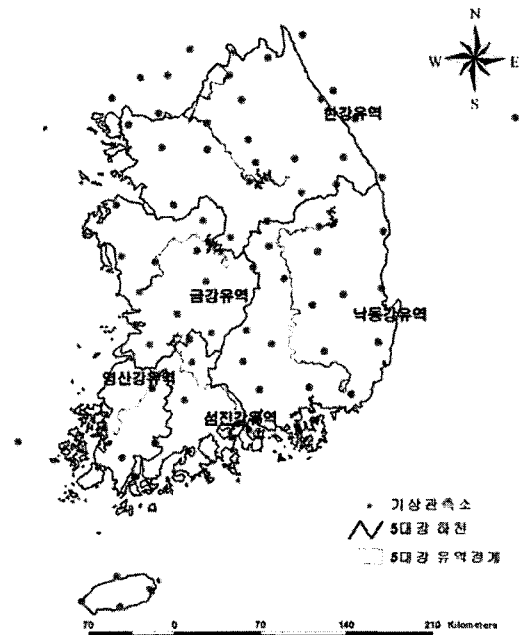
본 연구에서는 미래 기후변화에 따른 식생분포 변화를 예측하고자 NOAA AVHRR 위성영상으로부터 얻을 수 있는 NDVI를 통하여 현 식생정보를 정량화하였으며, 전국 76개 기상관측소 데이터를 통해 보간

된 월평균 기상자료들과 NDVI 간의 상관관계 분석을 실시하여 검증된 기상인자를 통해 5대강 권역별 토지피복에 따른 미래 NDVI를 추정하였다.

2. 연구대상지역 및 자료

2.1 연구대상지역

본 연구의 대상지역은 남한전체로, 그림 2.1에 보이는 바와 같이 5대강 유역인 한강, 금강, 낙동강, 섬진강, 영산강 권역으로 나누어 자료 분석을 실시하였다.



2.2 연구자료

식생 상태(활력도)를 평가하는 가장 보편적인 지표인 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index: 정규화식생지수)는 1.1×1.1km의 공간해상도를 가진 NOAA 위성의 AVHRR센서 영상으로부터, 아래 식을 이용하여 산출된다.

$$NDVI = \frac{CH.2 - CH.1}{CH.2 + CH.1}$$

여기서, CH.1은 NOAA AVHRR센서의

Channel 1(가시)의 반사율이며, CH.2는 Channel 2(근적외)의 반사율로, 산출된 값은 -1~1 사이에 존재하며 1에 가까울 수록 식물의 활성도가 높은 것을 의미한다.

토지피복에 따른 NDVI를 추출하기 위해 Landsat TM 위성영상을 사용하여 기하보정 등의 전처리 과정을 거쳐 8개의 항목(수역, 시가지, 나지, 습지, 초지, 산림, 논, 밭)으로 감독분류된 2000년 토지피복도를 적용하였다.

NOAA AVHRR 영상은 1994년~2004년 기간 동안의 비교적 구름, 적설 및 용설의 영향이 적은 3월~11월 자료를 활용하였다.

상기 유역에 대한 기상자료는 기상청에서 제공하는 전국 76개의 기상관측소에서 측정된 강수량, 상대습도, 일조시간, 최고기온, 최저기온, 평균기온, 풍속 자료이며, NDVI 자료 분석 기간과 동일한 1994년~2004년 기간 내 자료를 사용하였다.

3. 연구내용

본 연구의 내용 및 분석절차는 아래 그림과 같다 (그림 3.1).

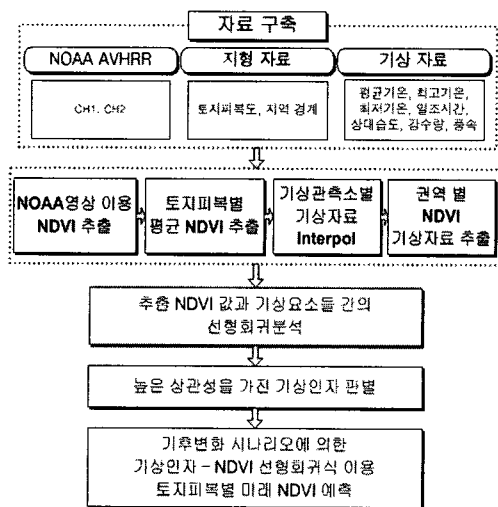


그림 3.1 연구 내용 및 분석절차

먼저 1994년부터 2004년 기간 동안의 위성자료 및 지형자료를 이용하여 추출된 5대강 권역별 토지피복에 따른 월평균 NDVI와 보간 후 권역별로 추출된 7가지 기상자료 간의 상관관계를 통계분석 하였다. 분석결과 NDVI와 높은 상관성을 보인 기온인자와의 선형 회귀식을 통하여 미래 NDVI를 예측하였으며, 예측 시 사용된 미래 기온자료는 SRES 기후변화 시나리오 결과 값을 사용하였다.

3.1 자료구축

3.1.1 토지피복에 따른 월평균 NDVI 추출

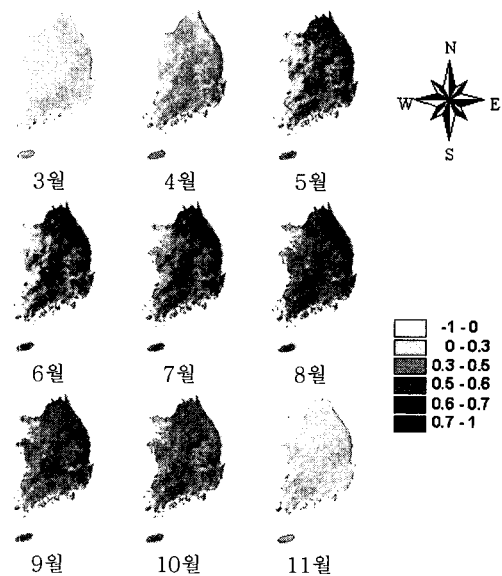


그림 3.2 한강권역의 2004년 토지피복별 NDVI

토지피복별 NDVI와 기상자료들 간의 상관관계 분석을 위한 기초자료인 NDVI는 남한 전체를 대상으로 GIS 프로그램을 이용하여 1994년~2004년 기간 동안의 토지피복에 따른 월평균 NDVI를 추출하였다.

분석 결과, NDVI 패턴에서 많이 벗어난 경우에 대한 원인은 급격한 기후변화나

극심한 가뭄(2001년) 또는 구름 등의 기상학적 요인으로 인해 정확도가 낮은 영상으로 추출하였기 때문에 사려 되어, 보정을 실시하였다.

실제로 2000년, 2001년은 극심한 가뭄 피해를 겪은 해로 다른 해에 비해 식생 활력도가 낮은 것을 확인할 수 있었다.

NDVI 패턴이 매우 불규칙하여 보정이 힘든 1995년도와 1998년도 영상은 분석에서 제외하였으며, 보정한 NDVI 영상을 이용하여 5대강 권역별로 토지피복에 따른 월평균 NDVI를 재구축 하였다 (그림 3.2).

3.1.2 기상자료 구축

각 권역별 기상자료를 추출을 위해 전국 76개 기상관측소에서 관측된 기상자료들을 관측소 외 모든 지표 지점에 대해 연속적인 값을 가지도록 보간 하였다.

Interpol Tool은 보간법 중의 하나로, 각 벡터자료의 Point에 부여된 값을 연속적

인 surface로 만들어 각각의 픽셀에 속성 값을 부여하는 방법이다. Interpol Tool로 보간 된 각 기상자료 값은 다시 권역별로 추출하였다.

3.2 NDVI와 기상자료 상관관계 분석

식생상태는 기상인자와 밀접한 관계가 있다는 점에 착안하여, 상관성 있는 기상인자들 중에서도 가장 상관성이 높은 기상인자를 확인하고자 NDVI와의 상관 분석을 실시하였다.

NDVI 보정 시 제외시킨 1995년, 1998년 자료 외 1994년~2004년 기간 동안의 각 권역별 토지피복에 따른 NDVI와 기상자료(강수량, 상대습도, 일조시간, 최고기온, 최저기온, 평균기온, 풍속)간의 산점도를 그려 산출된 결정계수 값으로 적합도를 검증하였다 (그림 3.3).

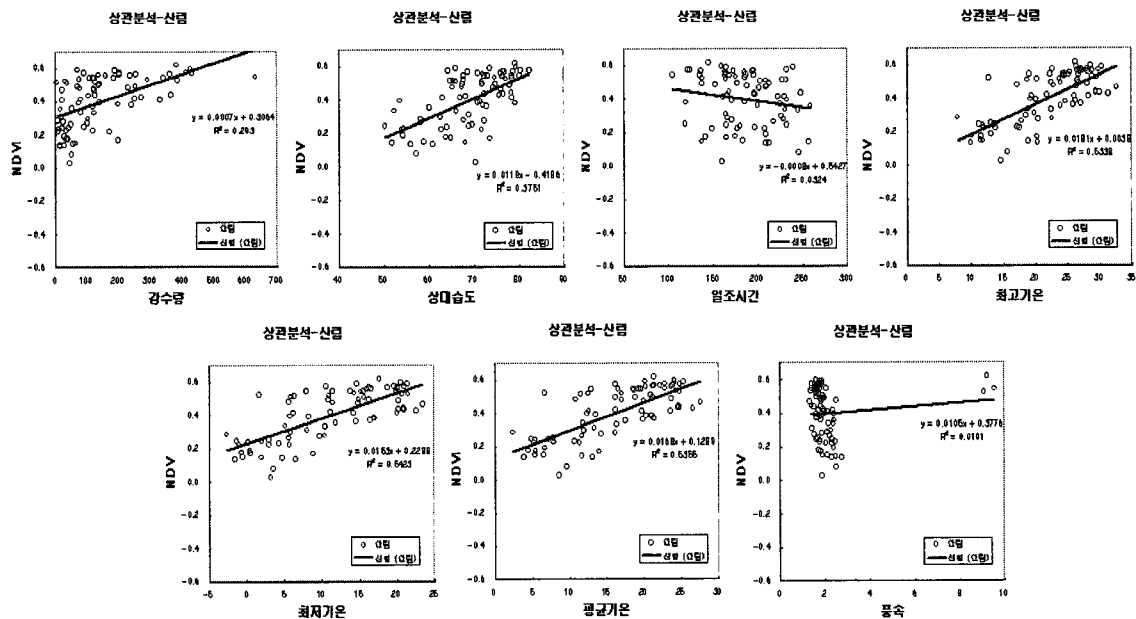


그림 3.3 5대강 권역별 토지피복에 따른 NDVI와 기상자료(7개)간의 상관관계 분포형 그래프

4. 결과 및 고찰

1994년~2004년 기간 동안의 각 권역별 토지피복에 따른 NDVI와 기상자료간의 상관관계 분석 결과 NDVI와 높은 상관관계를 가진 기상인자는 기온으로 판단되었다 (표 4.1).

표 4.1 권역별 NDVI와 기상자료간의 결정계수(R²)

권역	Land use	강수량	상대습도	일조시간	최고기온	최저기온	평균기온	풍속
한강	수역	0.11	0.33	0.01	0.43	0.41	0.42	0.00
	시가지	0.25	0.39	0.03	0.52	0.52	0.51	0.04
	나지	0.30	0.47	0.04	0.53	0.53	0.53	0.02
	습지	0.00	0.07	0.00	0.06	0.06	0.06	0.02
	초지	0.29	0.38	0.03	0.52	0.53	0.52	0.02
	산림	0.29	0.38	0.03	0.53	0.54	0.54	0.01
	논밭	0.31	0.44	0.05	0.54	0.56	0.54	0.02
낙동강	수역	0.23	0.41	0.06	0.51	0.52	0.52	0.04
	시가지	0.20	0.43	0.07	0.51	0.52	0.51	0.05
	나지	0.25	0.43	0.07	0.53	0.54	0.54	0.04
	습지	0.24	0.41	0.11	0.45	0.46	0.46	0.04
	초지	0.27	0.35	0.07	0.46	0.45	0.46	0.03
	산림	0.26	0.40	0.08	0.49	0.49	0.49	0.04
	논밭	0.26	0.41	0.08	0.50	0.50	0.50	0.04
금강	수역	0.13	0.41	0.01	0.47	0.46	0.47	0.01
	시가지	0.27	0.49	0.05	0.51	0.51	0.52	0.05
	나지	0.25	0.49	0.05	0.47	0.51	0.49	0.04
	습지	0.05	0.24	0.03	0.21	0.22	0.21	0.03
	초지	0.29	0.45	0.06	0.48	0.52	0.50	0.04
	산림	0.29	0.37	0.05	0.47	0.51	0.49	0.03
	논밭	0.29	0.49	0.06	0.51	0.53	0.53	0.04
섬진강	수역	0.25	0.43	0.03	0.54	0.53	0.52	0.00
	시가지	0.26	0.43	0.03	0.52	0.53	0.51	0.02
	나지	0.19	0.34	0.04	0.31	0.31	0.30	0.01
	습지	0.15	0.09	0.00	0.17	0.17	0.16	0.01
	초지	0.28	0.44	0.05	0.48	0.50	0.47	0.02
	산림	0.27	0.42	0.04	0.46	0.48	0.45	0.01
	논밭	0.29	0.45	0.04	0.49	0.51	0.48	0.02
영산강	수역	0.00	0.06	0.01	0.10	0.09	0.10	0.01
	시가지	0.18	0.37	0.01	0.43	0.42	0.43	0.05
	나지	0.15	0.32	0.01	0.32	0.33	0.32	0.04
	습지	0.00	0.06	0.00	0.06	0.06	0.07	0.00
	초지	0.29	0.45	0.02	0.51	0.50	0.50	0.02
	산림	0.29	0.42	0.02	0.49	0.47	0.47	0.02
	논밭	0.22	0.40	0.01	0.44	0.43	0.43	0.04
발	0.20	0.35	0.02	0.38	0.37	0.37	0.03	

기온 이외에 상대습도와와의 상관관계에

있어서도 결정계수(R²)가 0.3~0.4 사이의 값을 보이며 상관성을 보였다.

상관성 있는 기상인자인 기온인자를 이용하여 미래 NDVI를 추정하기 위해 IPCC에서 제시되고 있는 기후변화시나리오에 의한 기온자료를 사용하였다.

기후변화시나리오는 IS92a와 SRES 시나리오가 있으며, 현재 IPCC의 정보분배센터(Data Distribution Center)에서는 기후변화에 의한 일관된 영향연구를 위해 IS92a 및 SRES 시나리오에 의한 다수의 GCMs 결과들을 제공하고 있다.

기후변화 시나리오는 2002년 사회, 경제, 환경 등을 고려한 4가지 골격의 온실가스배출시나리오로써 크게 A-B축(경제지향-환경지향), 1-2축(지구주의지향-지역주의지향)으로 분류된다.

본 연구에서는 SRES 특별보고서에서 제안된 A2, B2 시나리오의 CCCma CGCM2 모의 결과 값을 사용하여 선형회귀식을 통해 토지피복에 따른 미래 NDVI를 예측하였다.

토지피복에 따른 미래 NDVI는 기온과 NDVI 간의 상관회귀식 (표 4.2)을 통해 예측되었다 (그림 4.1).

표 4.2 NDVI-온도 선형회귀식

Land use	NDVI-기온 선형회귀식
수역	NDVI = 0.0115Temp - 0.1174
시가지	NDVI = 0.0096Temp + 0.056
나지	NDVI = 0.0126Temp + 0.0537
습지	NDVI = 0.0086Temp - 0.3674
초지	NDVI = 0.0141Temp + 0.1184
산림	NDVI = 0.0168Temp + 0.1289
논	NDVI = 0.0140Temp + 0.0931
밭	NDVI = 0.0143Temp + 0.0988

5. 결론

본 연구에서는 지표 환경을 구성하는 대

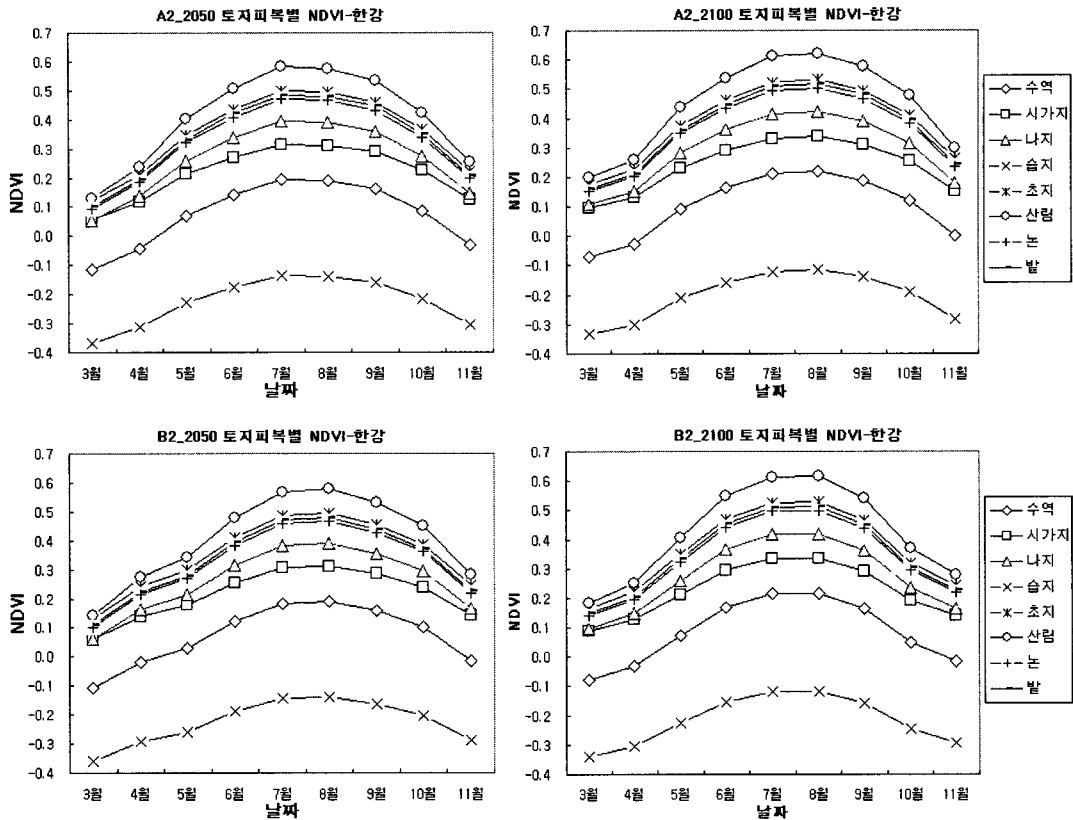


그림 4.1 기후변화 시나리오(SRES-A2, B2)에 의한 기온자료를 이용하여 NDVI-기온 선형회귀식을 통해 예측된 2050, 2100년 토지피복별 NDVI

표적인 생물적 요소인 식생에 영향을 미치는 여러 기상인자들 중 가장 상관성 높은 인자를 판별하고자 1994년~2004년 기간 동안의 월평균 강수량, 상대습도, 일조시간, 최고기온, 최저기온, 평균기온, 풍속 자료와 월평균 NDVI(정규식생지수)를 상관 분석 하였다. 토지피복별 NDVI와 기상자료 간의 상관관계 분석 결과 상관성 높은 기상인자로 판단 된 기온인자를 이용하여 NDVI와 기온자료 간의 상관 회귀식을 통해 토지피복에 따른 미래 NDVI를 추정하였다.

여기서 기온자료는 SRES-A2, B2 시나리오의 모의 결과 값을 사용하였다. 식생의 활력도는 평균적으로 7월, 8월에

가장 높으며 8월 이후부터 감소하는 경향을 보인다. 기온 또한 계절적으로 여름에 속하는 7월, 8월에 평균기온이 가장 높은 것을 확인할 수 있었다.

기온자료와 NDVI값의 추세그래프를 그려본 결과 비슷한 패턴을 보이는데, 이는 기온이 높아질 때 식생의 활력도도 높아지는 것을 의미한다.

본 연구에서 사용한 NOAA AVHRR영상은 우리나라의 촬영시간이 저녁시간과 아침시간이라는 점에서 구름과 안개의 영향을 많이 받아 정확한 데이터를 얻기 어렵기 때문에, 금후 연구에 NOAA영상 이외의 최근 활용도가 높아진 MODIS 위성영상 자료를 적용해 볼 예정이다.

또한 상관관계 분석 시 사용한 토지피복
별 NDVI와 기상자료의 권역별 월평균 값
은 산맥을 경계로 큰 동쪽 지역과 서쪽지
역, 유역의 상류부와 하류부 등 지역적인
편차를 고려하지 않고 평균한 값이므로
더욱 정확한 결과를 위해서는 대상 지역
을 세분화하여 분석할 필요가 있다.

예측된 NDVI값은 수자원분야에서의 향후
유출 해석 시 사용되는 모형의 입력 자료
로 유용할 것이며, 이로 인한 가뭄, 홍수
및 산불 등 자연재해에 대한 예측 자료로
사용될 것이다.

감사의 글

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의
재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수
행된 연구임(No. R01-2006-000-10343-0).

참고문헌

권형중, 박현진, 홍대의, 김성준. SWSI 가
뭄지수를 보완한 준분포형 수문학적
가뭄평가 연구. 2006. 8. 한국수자원
학회논문집 제39권 제8호, p.645
~658.

성효현, 박옥준. 토지피복 변화에 따른 식
생지수(NDVI)분포 및 변화에 관한 연
구:성남시를 중심으로. 2000. 10. 한
국GIS학회지 제8권 제2호, p.275
~288.

신사철, 황만하, 고익환, 이상진. 식생 및
기온정보를 조합한 증발산량 산정을
위한 간편법 제안. 2006. 한국수자원
학회지 제39권 제4호, p.363~372.