

위성자료를 이용한 중국과 몽골 사막주변의 식생수분상태 모니터링 *

이가람¹ · 김영섭^{1*} · 한경수¹ · 이창석¹ · 염종민²

Vegetation Water Status Monitoring around China and Mongolia Desert using Satellite Data *

Ga-Lam LEE¹ · Young-Seup KIM^{1*} · Kyoung-Soo HAN¹
Chang-Suk LEE¹ · Jong-Min YEOM²

요 약

기후 시스템에서 지구온난화는 세계적으로 매우 중요한 문제이고 이는 기후변화, 이상기온, 폭우, 가뭄 등의 문제를 초래한다. 특히 가뭄은 기후변화에 의해 여러 해 동안 진행되어온 사막화를 가속화시킨다. 본 연구의 목적은 중국과 몽골 사막주변의 식생수분상태를 탐지하는 것이다. 본 연구에서는 중국과 몽골 사막 주변의 식생수분지수를 산출하기 위해 1999년부터 2006년까지의 SPOT/VEGETATION 위성 이미지를 이용하여 정규수분지수(NDWI: Normalized Difference Water Index)를 산출하였다. 건조한 상태의 식생은 사막화되기 쉽기 때문에 식생 수분은 사막화의 중요한 지표이다. SPOT/VEGETATION 위성영상의 근적외밴드(NIR)와 단파적외밴드(SWIR)의 밴드간 연산을 통하여 NDWI를 구하여 식생의 수분입자를 측정하였다. 그 결과 1999년부터 2006년까지의 NDWI는 사막주변영역에서 감소하는 경향을 보였고, 그 영역은 몽골 고비사막 북동지역과 중국 타클라마칸 사막의 남동지역에 위치해 있었다.

주요어 : 정규수분지수, SPOT VEGETATION, 사막화, 식생수분상태

Abstract

Recently, global warming for climate system is a crucial issue over the world and it brings about severe climate change, abnormal temperature, a downpour, a drought, and so on. Especially, a drought over the earth surface accelerates desertification which has been advanced over the several years mainly originated from a climatic change. The objective of this study is to detect variation of vegetation water condition around China and Mongolia desert by using satellite data having advantage in observing surface biological system. In this

2008년 10월 21일 접수 Received on October 21, 2008 / 2008년 12월 9일 수정 Revised on December 9, 2008 / 2008년 12월 19일 심사완료 Accepted on December 19, 2008

* 이 논문은 2006학년도 부경대학교 연구년 교수 지원사업에 의하여 연구되었음(PS-2006-032)

1 부경대학교 위성정보과학과 Department of Geoinformatic Engineering, Pukyong National University

2 부경대학교 환경대기과학과 Department of Environment Atmosphere, Pukyong National University

※ 연락처 E-mail : kimys@pknu.ac.kr

study, we use SPOT/VEGETATION satellite image to calculate NDWI (Normalized Difference Water Index) around study area desert for monitoring of status of vegetation characteristics. The vegetation water status index from remotely sensing data is related to desertification since dry vegetation is apt to desertify. We can infer vegetation water status using NDWI acquired by NIR (Near infrared) and SWIR (Short wave infrared) bands from SPOT/VGT. The consequence is that NDWI decreased around desert from 1999 to 2006. The areas that NDWI was decreased are located in the northeast of Mongolian Gobi desert and the southeast of China Taklamakan desert.

KEYWORDS : NDWI(Normalized Difference Water Index), SPOT VEGETATION, Desertification Vegetation Water Status

서 론

지구온난화는 전 세계적으로 매우 중요한 문제이고 다양한 분야에서 관련된 연구가 진행 중이다. 지구온난화는 여러 가지 문제를 초래하는데 그중에서도 기후변화가 가장 핵심적인 문제로 대두되고 있다. 이러한 기후변화는 이상기온, 폭우, 가뭄 등 직접적으로 인간에게 피해를 주고 있는데 특히 가뭄은 사막화를 가속화시키며 여러 해 동안 진행되고 있는 것으로 보고되고 있다. 사막화는 주요한 전 지구적 환경 문제 중 하나이다. UN의 사막화 방지 협약에 따르면 사막화는 기후 변화나 인간 활동의 영향으로 건조, 반 건조지역에서의 토지 황폐화를 의미하며, 대개 건조, 반 건조의 토지가 생물학적 생산성을 잃는 것으로 정의된다. 이러한 사막화의 가속은 지구온난화를 가중시키는 악순환의 반복을 야기 시킨다. 따라서 사막화의 진행 방향 및 경향을 관찰하고 토지피복의 수분함유 탐지를 통한 구체적인 사막화 모니터링이 상당히 중요하다고 할 수 있다.

UNCCD(United Nations Convention to Combat Desertification)의 발표에 따르면 전 세계적으로 10억 명 이상의 사람들이 가뭄과 사막화의 영향을 받고 있다(UNCCD, 2004; Hassan, 2004). 중국은 세계에서 가장 많이 사막화된 나라 중 하나로서 사막화는 4억 명의

사람들이 살고 있는 약 330만km²의 땅을 위협하고 있고 많은 영역이 사막화될 여지가 있다(Chen 등, 1996; Zha 와 Gao, 1997). 중국의 사막은 동아시아 기후시스템에서 큰 역할을 하고 있으며, 우리나라에 피해를 주는 황사의 주원인이 된다. 최근 우리나라에서도 중국과 몽골의 사막화 방지를 위해 끊임없이 노력 중에 있고, 사막이 존재 하지 않는 우리나라에도 사막화는 간과해서는 안 될 중요한 문제이며 사막화에 대한 신속하고 구체적인 연구의 필요성이 더욱 중요해졌다.

원격탐사기술은 단시간 광범위한 영역에 대한 주기적 조사가 가능하며, 시·공간적 변동성이 큰 지역 관찰에 적합하다(엄종민 등, 2008). 또한 필요한 자료에 대한 정량적·정성적 분석이 가능하고, 필요정보의 공간적 분포를 알 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 원격탐사 기법의 장점은 넓은 범위 때문에 현장조사에 시간과 비용이 많이 소요되는 사막지역에 대한 관측에 적합하다고 할 수 있다.

그 동안 원격탐사를 이용한 사막지역에 대한 토지피복 연구가 수행되어왔지만 이전의 사막화 모니터링 연구에서는 정규식생지수(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)와 지표 반사도를 이용한 사막지역의 상태 해석 연구가 대부분이었다.

본 연구에서는 단순한 토지피복분류가 아니라 정규수분지수(NDWI: Normalized Difference

Water Index)를 이용, 피복의 수분지수를 분석하여 식물의 건강상태 등 실제 지표의 상태변화를 관찰하여 사막주변의 식생수분상태를 탐지하는 것이다. 또한 실제 토지피복분류지도에서 수분지수의 변화가 나타나는 영역을 관찰하여 앞으로의 사막화에 대한 경고를 주고자 한다. 나아가 식생의 건강상태 파악을 통해 사막화가 진행될 수 있는 지역을 파악하는데 도움을 줄 수 있을 것이라고 사료된다.

자료 및 방법

본 연구의 범위는 그림 1에서와 같이 위도(30.81°N - 52.13°N), 경도(73.36°E - 120.41°E)의 중국 북서부 지역과 몽골을 포함하고 있다. 중국의 건조한 영역은 서쪽과 북쪽 지역에 위치해 있다(Ji, 1996). 중국북서부와 몽골 지역은 타클라마칸사막과 고비사막이 위치하고 있고 대륙성 기후를 보이고 있다. 또한 중국은 전체적으로 서고동저의 분포를 보이고 국토의 대부분이 산지로 이루어져 고산기후가 많이 나타난다. 몽골은 대부분이 스텝 지대로 유목을 많이 하며 주로 건조기후지대에 속해있다.

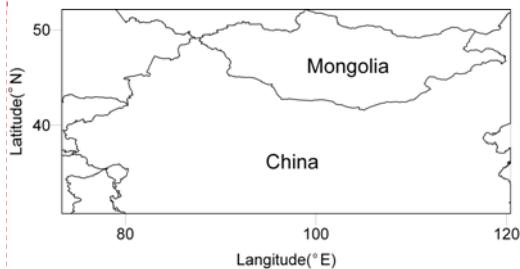


FIGURE 1. Map of the study area

본 연구에서는 연구 자료로서 1999년에서 2006년까지 총 8년 동안의 SPOT 위성 VEGETATION 센서의 S10 Data를 사용하였다.

SPOT /VEGETATION 이미지는 넓은 관측 폭을 가지고 식생특성을 파악할 수 있는 채널을 가지고 있기 때문에 대규모의 시공간적 식생 변동성이 큰 사막영역을 탐지하는 데

에 유용하다(Huang과 Siebert, 2006).

SPOT/VEGETATION 시스템은 Satellite-born sensor로부터 Red(0.61 μ m ~ 0.68 μ m), NIR(Near infrared: 0.78 μ m ~ 0.89 μ m), SWIR(Short wave infrared: 1.58 μ m ~ 1.75 μ m), Blue(0.43 μ m ~ 0.47 μ m) 밴드로 네 가지 채널을 제공한다. 정규수분지수의 산출에 이용되는 근적외광 영역은 식물의 갯숨조직에 의해 강한 산란이 일어나기 때문에 반사도가 높다. 또한 단파장적외광 영역은 식물의 수분에 의해 흡수가 일어나기 때문에 수분을 많이 가지고 있는 건강한 식생에 대해서 낮은 반사도를 보인다(박윤영과 한경수, 2006).

S-product는 1일 관측 자료인 S1자료와 10일 동안의 S1자료를 종합처리 한 S10자료 두 종류가 있다. S1자료는 신청제안서를 제출 해야지만 자료를 제공받을 수 있으며, S10자료는 현재 VITO (<http://free.vgt.vito.be/index.php>)를 통해서 제공하고 있다. 식생은 하루 단위의 변화폭이 작기 때문에 본 연구에서는 S10자료를 사용하였다.

본 연구에서 사용한 보조 자료는

- UMd(The University of Maryland's 1km Global Land Cover product : Hansen et al., 2000)
 - GPCP(Global Precipitation Climatology Project)
- 두 가지이다.

식생 수분상태를 파악하기 위해서 정규수분지수(NDWI: Normalized Difference Water Index)를 사용하였다. NDWI는 식생 상층부에 입사되는 태양복사에너지와 상호작용하여 수분 미립자를 측정한다(Gao, 1996). NDWI는 NIR(Near infrared)파장과 SWIR(Short wave infrared)파장을 이용하여 산출하는데 그 식은 다음과 같다.

$$NDWI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}} \quad (1)$$

ρ_{NIR} : 근적외광 영역의 반사도

ρ_{SWIR} : 단파적외광 영역의 반사도

식생 상층부는 0.86 μm 와 1.24 μm 의 파장에 대해 비슷한 산란 특성을 가지지만 수분흡수는 조금 다르다. 식생 상층부에 의한 산란은 1.24 μm 파장에서 수분흡수를 높인다. 결론적으로, NDWI는 식생 상층부의 수분 함유변화에 민감하다(Gao, 1995). 푸른 식생의 NDWI 값은 1.24 μm 파장이 수분에 대한 반사가 약하기 때문에 양의 값을 가지는 반면 메마른 식생은 0.86 μm 파장의 반사도가 1.24 μm 파장의 반사도보다 작기 때문에 음의 값을 가진다.

본 연구의 진행 순서는 먼저, 연간 NDWI 평균을 산출하여 총 변화량을 관찰하고, 2006년 평균 NDWI와 1999년 평균NDWI의 차를 구하였다. 그리고 0.015이상 감소한 영역만을 선택하여 각각 area-1, area-2로 나누었다. area-1과 area-2는 각각 강수량 산출 자료와 비교하여 강수량과 NDWI의 관계를 관찰하였다. 그 결과를 바탕으로 그림 2의 UMD를 기준으로 NDWI 감소지역을 관찰하였고 사막 주변의 식생수분상태를 관찰하였다. 또한 이를 토대로 사막의 확장 방향과 향후 사막이 될 가능성이 높은 지역을 추정하였다.

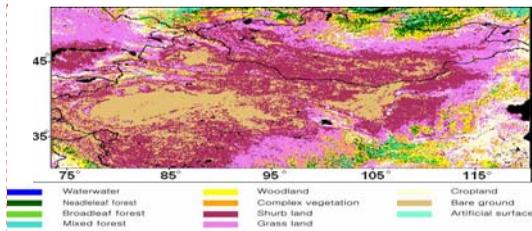


FIGURE 2. The University of Maryland's 1km Global Land Cover product (UMd)

분석 및 결과

연구기간인 1999년부터 2006년까지의 연별 NDWI 평균은 그림 3과 같다. 그림 (a)~(h)를 순차적으로 살펴보면 1999년에서 2000년 NDWI가 낮은 영역의 면적이 감소하였다가 2001년에 다시 증가하였고, 이후에는 2006년까지 증감을 반복하고 있다. NDWI가 낮은 영역은 UMD에

서 사막 영역인 것으로 확인되었고, 사막영역에서 멀어질수록 값이 증가하였다. 또한 각 연별 NDWI평균값의 변화를 그림 4에서 확인할 수 있다. 이 그래프를 통해 8년간 NDWI의 평균이 증감을 반복하며 점차 감소하였음을 알 수 있다. NDWI는 특히 2000년 가장 높은 값을 보인 후 2004년에 급격히 감소하였고 이듬해에 회복되었지만 2006년 다시 감소하며, 전반적으로 감소하는 추세를 보이고 있다.

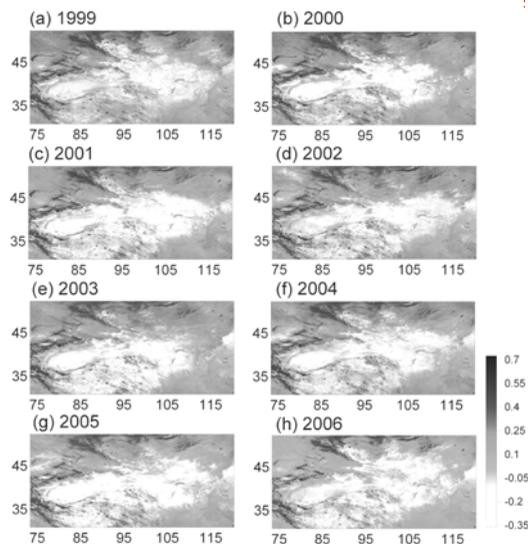


FIGURE 3. Annual mean of NDWI from 1999 to 2006

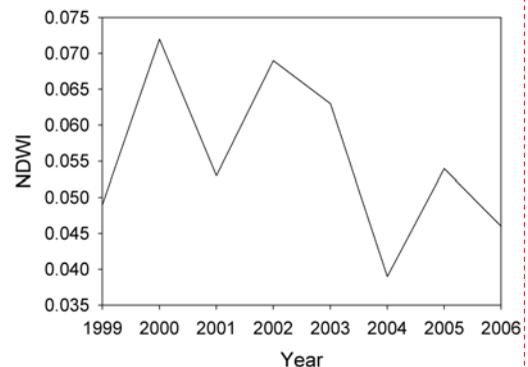


FIGURE 4. Variation of annual mean NDWI from 1999 to 2006

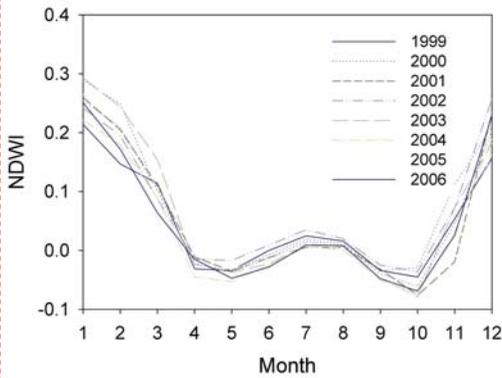


FIGURE 5. Variation of monthly mean NDWI from 1999 to 2006

그림 5의 그래프는 8년간 NDWI를 월별로 평균하여 나타낸 것이다. 이를 바탕으로 각 월별 NDWI 변화와 계절별 변화 패턴을 알 수 있다. 봄과 가을에 가장 낮은 NDWI를 보이고 있고, 눈의 영향으로 겨울에 가장 높은 NDWI를 보이고 있다. 특히 2004년 10월에 가장 낮은 NDWI가 나타나고 있고 2000년과 2001년 1월에 가장 높은 NDWI가 나타나고 있다.

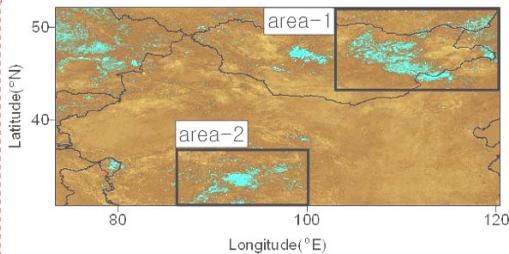


FIGURE 6. Area of interest (area-1, area-2)

그림 6은 2006년 평균 NDWI에서 1999년 평균 NDWI의 차를 구한 것이다. 이를 통해 연구 기간 동안의 NDWI 감소량을 파악하고 정규수분지수가 0.015이상 감소한 영역을 두 군데 선택하여 area-1과 area-2로 나누어 연구를 수행하였다. area-1은 몽골 고비사막 북동지역이고 area-2는 중국 타클라마칸 사막의 남동지역이다.

NDWI와 강수량의 분포패턴을 알아보기 위하여 그림 6에서 분리해낸 area-1과 area-2의 연간 NDWI 평균과 각 영역의 연간 총 강수량(Precipitation)을 비교하였다. 연구기간 중 1999년, 2003년, 2006년의 자료를 이용하였다. 그 결과 그림 7에 나타나는 area-1은 NDWI가 낮은 영역의 강수량이 적게 나타나고 높은 영역에는 강수량이 많은 것으로 나타나 비슷한 분포패턴을 보였으나 그림 8의 area-2는 비슷하지 않은 분포를 보였다.

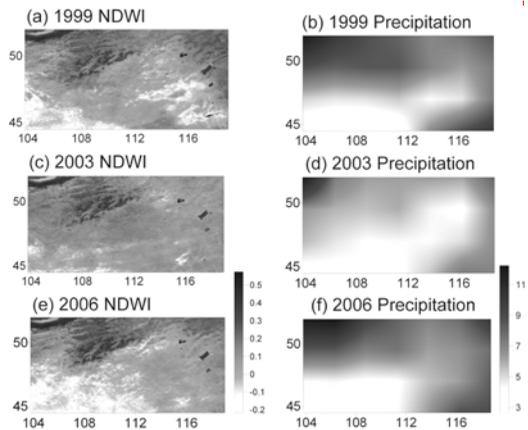


FIGURE 7. Annual mean NDWI and annual total precipitation for 1999, 2003 and 2006 in area-1

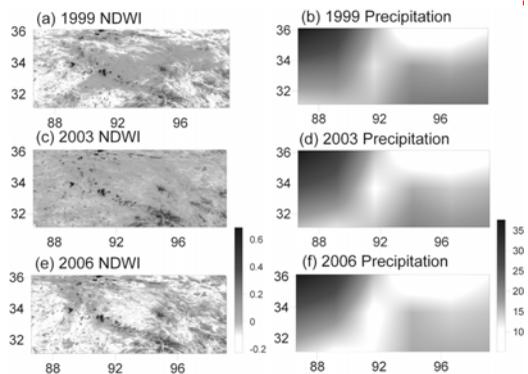


FIGURE 8. Annual mean NDWI and annual total precipitation for 1999, 2003 and 2006 in area-2

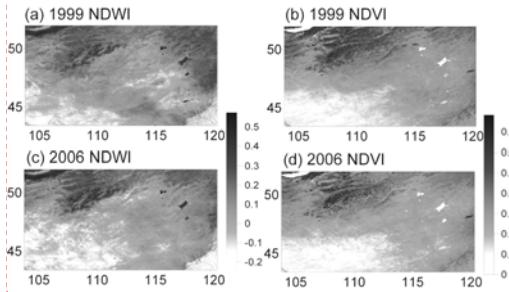


FIGURE 9. Annual mean NDVI and NDWI for 1999 and 2006 in area-1

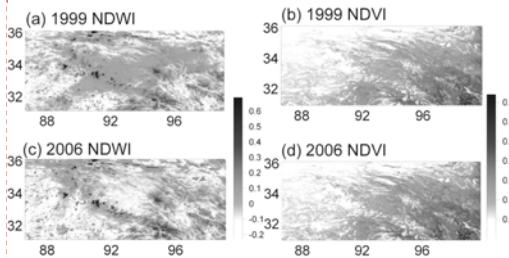


FIGURE 10. Annual mean NDVI and NDWI for 1999 and 2006 in area-2

각 영역에 대한 NDWI가 NDVI와 어떤 연관성을 가지고 있는지 알아보기 위하여 연구 시작 연도인 1999년과 마지막 연도인 2006년의 NDWI와 NDVI를 비교해 보았다. 그 결과 그림9와 같이 area-1에서는 NDWI와 NDVI의 분포가 비슷한 패턴을 보이고 있었고, 그림10의 area-2는 area-1에 비해 비슷하지 않은 패턴을 보이고 있었다. 또한 연구기간 동안 NDVI의 변화는 NDWI의 변화만큼 뚜렷하게 나타나지 않았다.

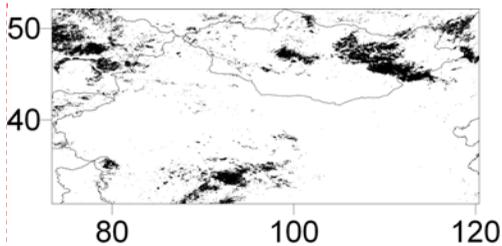


FIGURE 11. Dramatically decreased area for NDWI (Colored in black)

요약 및 결론

본 연구에서는 중국 몽골 사막 주변의 NDWI를 산출함으로써 식생 수분 상태에 대한 분석을 실시하였다. 그 결과 수분의 감소는 그림11에 나타난 것처럼 주로 사막 주변에 위치함을 알 수 있었다. 이 지역이 UMD에서 해당하는 토지피복 종류를 알아본 결과 주로 사막 주변의 관목지대(Shrub land)에 분포하고 있었다. 이것은 결국 관목지대의 수분감소를 의미하는데 앞으로도 해당 지역의 수분이 지속적으로 감소할 경우 몽골 고비사막 동북부 지역과 중국 타클라마칸 사막 남동지역으로 사막이 확산될 것이라는 예측을 할 수 있었다. 따라서 해당 지역에 대해 사막화 방지를 위한 대책을 세우고 지속적으로 관찰해야 할 것이다.

본 연구에서는 1999년부터 2006년까지 8년간 자료를 대상으로 연구를 수행하였지만 장기적인 변화를 분석하기에는 짧은 기간이었다. 식생의 변화는 수십 년에 걸쳐 일어나는 것이기 때문에 짧은 연구기간으로 사막화를 탐지하기에는 한계가 있었다. 보조 자료로 사용한 NOAA GPCP의 강수량 자료는 한 픽셀 크기가 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 로 매우 커서 1km픽셀의 SPOT/VEGETATION 자료와 비교하기가 쉽지 않았다. 이후에 조금 더 높은 해상도의 자료를 이용한다면 강수량과 수분 상태 변화를 정확히 관찰할 수 있을 것이다.

NDWI의 연간 변화 패턴과 계절별 변화 특성의 요인을 파악하기 위해 향후 기상데이터를 분석할 필요가 있다. 또한 본 연구에서 이용한 강수량 이외에도 사막화의 진행에 영향을 미칠 것이라 예상되는 여러 가지 기후인자, 즉, 기온, 바람, 적설 등을 분석한다면 더욱 명확한 사막화의 진행 양상을 파악할 수 있을 것이다. 

참고 문헌

- 박윤영, 한경수. 2006. SPOT/VEGETATION NDVI 자료를 이용한 동북아시아의 생태기후 지도. 한국농림기상학회지 8:86-96.
- 염종민, 한경수, 이창석, 박윤영, 김영섭. 2008. SPOT/VEGETATION 자료를 이용한 북한지역 식생 변화 탐지. 한국지리정보학회지 11(2):28-37.
- Chen, G., Z. Dong and P. Yan. 1996. Desertification : international research topics and research strategies of China. Exploration of Nature 15:1 -5.
- Gao, B. C. 1995. Normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Proceeding of SPIE 2480:225-236.
- Gao, B. C. 1996. NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment 58:257-266.
- Huang, S. and F. Siegert. 2006. Land cover classification optimized to detect areas at risk of desertification in North China based on SPOT VEGETATION imagery. Journal of Arid Environments 67:308-327.
- Ismat, M. El Hassan. 2004. Desertification Monitoring Using Remote Sensing Technology. International Conference on Water Resources and Arid Environment. pp1.
- Ji, J. 1996. Climatic change in arid areas of China and monsoon fluctuations during the past 10 kyears. Journal of Arid Environment 32:1-7.
- UNCCD. 2004. The Consequences of Desertification. A Facts Sheet prepared by United Nations Convention to Combat Desertification pp2.
- Zha, Y. and J. Gao. 1997. Characteristics of desertification and its rehabilitation in China. Journal of Arid Environments 37:419 - 432. **KAGIS**