

국립공원관리를 위한 위성영상 활용방안에 관한 연구

-북한산 국립공원을 사례로-

박 경* · 장은미** · 신상희***

국립공원관리공단*, 3GCORE 부설연구소**, GAIA3D 부설연구소***

A Study of Application of Remotely Sensed Data for the Management of National Parks

- in case of Bukhansan National Park-

Park, Kyeong* · Chang, Eun-Mi** · Scene, Sang-Hee***

National Parks Authority*, 3GCORE Institute**, GAIA3 Institute***

Abstract

National Parks in Korea occupy about four percents of South Korean land. This paper aims to prove the potentiality of the application of remotely sensed data for the effective management of National Parks. Different satellite images such as Landsat TM, IRS-1C, Alternative image, and IKONOS image are analyzed for the detection of changes, the extraction of degraded areas, and the comparison of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Bukhansan National Park. The artificial structures such as buildings and paved areas are overvalued in relatively higher resolution data. The result showed that the choice of images should be determined according to specific purposes and the combination of different resolution data may be the solution for the effective management of National Park.

keyword: National Park, Change Detection, NDVI, remotely sensed data, degraded areas

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

현재와 미래의 국민을 위하여 국가의 대표적 자연경관과 생태계를 보호하면서 국민들의 이용

편의를 도모하려는 제도가 국립공원제도이다. 우리 나라에서 지리산이 1967년 제1호 국립공원으로 지정된 이후 지난 30여년간 추진되어온 국립공원정책은 초기에는 개발위주로 추진되었으며, 국제적으로 환경의 시대에 접어든 1990년대 이후에도 엄정한 자원보존과 자연친화적 국민탐방활

〈표 1〉 위성영상 활용의 장점

국립공원 생태정보시스템(EIS)	제한점	위성영상 활용의 장점
자연자원조사	현지조사의 어려움	위성영상의 분석·처리를 통한 원격지의 정보 취득
자연환경 GIS-DB 구축	기 구축된 벡터정보의 정보력의 한계	영상데이터의 현시성으로 기 구축 벡터정보의 한계를 보완하고, DB의 수정·보완·갱신
생태정보시스템 구축	생태적 가치 평가에 역부족	영상DB의 구축으로 기 구축된 GIS-DB와 연계활용

동 도모라는 국립공원관리 수준에는 아직은 미흡한 실정이다. 국립공원관리공단은 북한산 국립공원의 경우에도 자연공원으로서 국립공원의 본래 지정취지와 성격상, 자연자원의 보존지향적인 관리를 위해 자연보존계획을 수립·시행하고 있다. 자연보존계획은 공원구역내 자원의 실태와 가치를 정확히 조사·평가한 자료를 토대로 용도지구계획, 훼손지 복원계획, 이용자관리계획 등의 자원보존계획이 수립되어야 한다. 그러나 현재까지의 대부분 자원공원계획에서는 개략적인 현지조사만으로 자원실태조사를 마친 후, 행위제한 등을 규정한 자연공원법의 용도지구결정만으로 자원보존계획을 대신하고 있다. 용도지구계획 중 자연보존지구도 비합리성과 개발위주의 자연공원정책 등으로 잘못 선정된 경우도 허다하다.

1967년 국립공원제도를 도입한 이래 정부는 지난 30여년 동안 진입도로와 집단시설지구 개발 위주로 예산을 투자했다. 따라서 국립공원내의 자연·문화 자원조사나 자연보호, 훼손된 지역의 자연생태계복원에 투자한 예산은 극히 미미한 실정이다. 이러한 국립공원 정책으로 우리나라의 국립공원은 공원지정 당시보다 자연훼손이 크게 발생했고, 이는 점점 심해지는 추세이다. 그 훼손 실태는 다음과 같이 나누어 정리해 볼 수 있다. 능선부 등산로주변의 아고산대 생태계훼손, 주요 등산로의 훼손, 대규모 위락 개발사업, 멸종되는 야생 동·식물로 나누어 볼 수 있다. 또한 해안·해상형 국립공원은 그 지정면적이 넓을 뿐 아니라 해상과 해양에 분포하는 자연자원의 조사는 극히 일부 도서를 제외하고는 조사된 바가 없다. 이와 같이 광역의 자연지역에서 벌어지는 훼손실

태는 소수의 관리인력의 조사로는 파악이 불가능하며, 물리적인 현황 파악만으로 그 실태를 파악하는데 어려움이 있다.

90년대 들어 자연자원의 중요성이나 훼손의 심각성에 대한 인식의 확산으로 자연자원의 과학적이고 체계적인 관리를 위해 지리정보시스템이 도입되어 국립공원지역에 대하여 환경정보시스템(Environmental Information System, EIS)의 구축 사업이 이루어지고 있다. 이미 구축된 시범지역에 대한 환경정보시스템의 주요 내용을 살펴보면 기존의 지도와 자연자원조사내용의 입력을 통한 GIS-DB 구축, 저해상도 위성영상의 활용과 저해상도의 한계를 보완하기 위해 항공비디오의 도입에 대한 검토 등이 있다¹⁾. 기존에 구축된 임상도, 지질도, 토양도 등의 벡터지도가 갖는 정보력의 한계와 그로 인한 생태적 가치 평가의 어려움 등을 이룩한 시도의 제한점으로 생각할 수 있다. 대규모 국립공원지역이 가지는 자연자원으로서의 보존적 가치와 이를 즐기려는 사람들의 이용, 이러한 상반되는 가치 사이에서 국립공원을 보다 과학적이고 효율적으로 보전하려는 노력으로 생태정보시스템이 대두되었다고 할 수 있다. 그러나 넓은 자연지역에 분포하는 자연자원을 조사하는데 인력투입에 의한 현지조사 방법은 한계를 갖는다. 이에 최근 발전해 오고 있는 위성영상기술을 활용하면, 자연자원으로서 국립공원을 관리하는데 보다 효과적이고 효율적인 방법으로서 도입이 가능할 것으로 사료된다. 〈표 1〉에서 정리한

1) 환경부, 1999, 자연환경종합 GIS-DB 구축결과 보고서, 환경부(자연보전국)

바와 같이 국립공원을 단지 위성영상만 사용해야 한다는 측면이 아니라 여러 종류의 생태정보시스템에 각기 활용되는 장점이 다르므로 목적에 맞게 사용하는 것이 바람직하다.

위성영상에 대한 활용도가 높을 수밖에 없는 이유는 항공사진에 비해 상대적으로 저비용으로 구축할 수 있다는 점과 더불어 반복적으로 취득이 가능하여 시계열적 분석이 가능하다는 점, 그리고 야외조사와 모니터링을 통한 방형구 조사의 결과를 보다 넓은 지역에 확장하여 적용할 수 있는 객관적인 근거를 제공한다는 점이다.

환경관리에 있어 적절한 규모의 연구 단위를 설정하는 것과 연구 결과를 보다 넓은 지역에 일반화하는 것은 스케일의 문제이다. 스케일은 단순한 지도상의 거리와 실제 지표상의 거리의 비를 표시하는 지도의 축척 (scale)의 개념이 아니라 방형구(quadrat)-서식처(habitat)-패치(patch)-군락(community)-생물 군계(biome)-생태계(ecosystem)로 연구단위를 확장하여 다각도의 연구결과를 상호 연계시킬 수 있는 도구로 자리잡고 있다.²⁾ 국내연구로는 용인시를 대상으로 조용현(조용현, 2000)이 TM 위성영상을 활용하여 공간규모별(패치-계급-경관) 경관지수를 산출하여 용인시의 지역생태계의 현황을 해석한 것이 있으며 동해안 산불지역 정밀보고서에서 TM 영상을 분석하여 피해면적을 산출하고자하는 연구(동해안 산불피해지 공동조사단, 2000)가 있었다

2. 연구목적

본 연구는 국립공원관리공단 관할의 국립공원 지역의 자연환경을 조사하는 방법에 있어, 기존의 직접적인 현장조사의 제한점을 극복하고자 인공위성영상을 활용한 변화탐지기법을 적용하는 것을 1차 목적으로 한다. 이로서 다양한 위성영상을 대상으로 분석방법을 적용함으로써 가능성과 한계를 밝힐 수 있다. 따라서 국립공원의 자연환경

조사 방법으로서 위성영상의 활용방안을 검토하고, 위성영상 활용의 가능성 및 타당성을 제시하며, 국립공원관리를 위한 위성영상 정보의 활용방안을 제시하고자 한다. 벡터 데이터로 임상도, 식생도, 수치지도(1:5,000 13도엽, 1:25,000 10도엽), 북한산 경계, 도로망, 등산로, 하천, 행정경계, 토지이용도(보전지구경계, 취락지구경계, 시설지구경계, 야영지)가 사용되었으며, 영상 데이터로 2 scene의 IRS-1C, 2 scene의 Landsat TM, 1 scene의 IKONOS 영상이 사용되었다.

3. 연구방법

의정부시와 서울특별시, 고양시에 걸쳐 있는 북한산 국립공원을 대상으로 하였다. 선정이유로는 서울주변지역의 영상구입이 용이하고 다양한 영상을 취득할 수 있다는 점, 선행연구로 북한산 지역에 적용 위성분석 사례가 있다는 점, 연간 탐방객의 수가 600 만에 이르는 도시형 국립공원형이면서 등산로의 개수나 주변 개발에의 욕구의 측면에서 가장 보전에 취약하다는 점에서 다른 국립공원지역에 비해 연구지역으로서 의의를 갖는다는 점을 들 수 있다.

먼저, 영상의 종류별 특성에 따른 결과를 비교해보기 위해, 30m 해상도의 Landsat TM영상과 5m 해상도의 IRS-1C영상을 시기별로 선정하였다.

시기선정에 있어서, 본 연구의 목적에 따라 일정시기나 훼손이 크게 일어난 시기를 근거로 영상을 선정해야 하지만, 여건상 제한적인 범위에서 Landsat TM의 경우, 90년 4월 26일과 96년 9월 1일, 그리고 IRS-1C 영상은 96년 11월 16일, 98년 3월 6일, 99년 5월 12일의 영상을 선정하였다.

또한, 고해상도 위성영상과의 비교를 위해 2m

2) Foody and Curran, 1994, Scale and Environmental Remote Sensing, Environmental Remote Sensing from Regional to Global Scales p. 223

해상도를 갖는 96년 4월의 Alternative 위성영상과 2000년 5월의 IKONOS 영상을 선정하였다. 북한산 지역을 포함하는 1:5,000 수치지도를 편집하여 주요 지점상에 지상기준점(Ground Control Point, GCP)을 선정하여, 기하보정을 수행하였다. 그리고 영상시기의 차이로 인한 오차를 제거하기 위해, 특정 시기의 영상의 히스토그램을 기준으로 화소값(Digital Number, DN)의 분포를 조정해주는 Match Cumulative Frequency 명령을 수행하였다. 이러한 영상에 대해 널리 쓰이고 있는 변화탐지 기법을 적용하여 훼손지나 훼손가능지역을 추출하였다. 영상차분법을 이용한 변화탐지를 수행하였으며 특별히 관심을 둔 대상은 도로건설 부분, 이용지구 내의 시설물 확장지역, 인접지 개발 지역이며 이를 위해 IRS-1C, IKONOS 자료를 분석하였다.

IKONOS 영상의 분광해상도 11 bit 데이터를 처리하기 위하여 Imagine(버전 8.3, Erdas, USA) 소프트웨어를 사용하였고 기타 분광해상도 8 bit 이하의 데이터는 ErMapper(버전 6.0, Earth Resource Mapping, USA) 소프트웨어를 사용하였다.

분석된 영상으로부터 추출된 지역을 현장 답사를 통해 훼손 실태를 확인하고 추가적인 보정작업을 수행하였다. 1999년에 수행된 홍수피해 복구 지역의 벡터자료와 IKONOS 영상 자료를 중첩 분석하였다. 해상도에 따른 식생의 활력도 차이를 확인하기 위하여 동일 지역의 정규식생지수(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)³⁾를 분석하여 비교하였다.

II. 연구결과

1. 훼손지 분석

북한산 국립공원내 북측 의정부시 호원동 지역에 96년에 일부 건설중이었던 도로가 99년에는 확장건설되어 국립공원 경계부에 큰 변화가 일어

남을 그림 1에서 그림 2의 상단 중앙부를 보면 알 수 있다. 또한 산지 내부로 이용로들이 생겨났음을 알 수 있다. 이러한 변화는 시각적으로 야외 조사를 통해서도 확인이 가능하지만, 영상분석과정을 통하여 보다 계량적이고 객관적인 분석이 가능하다. 아울러 그림 3에서는 북한산성 집단시설지구내 변화를 볼 수 있으며, 변화분석영상에서 노란색으로 나타난 지역으로 96년 영상과 비교했을 때, 99년에는 시설물 개발로 인하여 토지 피복의 변화가 있었음을 알 수 있다.

또한 북한산 국립공원의 동남측 미아1동에서 택지개발로 보이는 대규모 개발이 있었음을 알 수 있다. 이러한 인접지의 개발로 인하여 북한산의 무분별한 이용을 예상해 볼 수 있고 그에 따른 훼손 가능성을 고려할 수 있다. 위와 같은 과정을 통해, 자연공원법에서 정하는 지구경계, 이용로 노선과의 비교가 가능하고 비법정지구 및 이용로를 추출하여 관리계획에 적용할 수 있다.

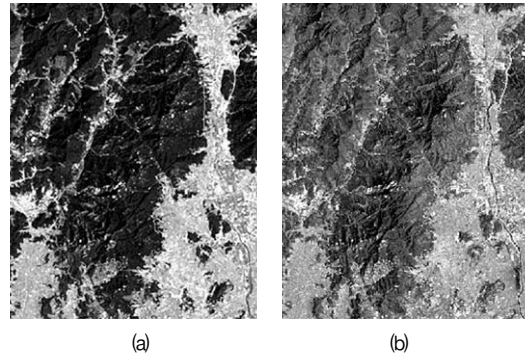


그림 1. 자연색 합성영상 (a)와 위색합성영상(b) 90년 4월 26일

3) NDVI(Normalized Difference Vegetation Index, 정규식생지수)

= (DN infrared-DN red)/(DN infrared+DN red) 식물의 활력도를 나타내는 지수로서, 식물의 종류, 식생의 스트레스상태 및 계절별 특성을 반영한다. 클로로필이 분포하는 메소필의 밀도가 높은 경우에는 근적외선 파장의 반사율이 높고 광합성 시 흡수되는 적색파장의 반사율이 감소하는 원리에 의하여 만들어진 지수임

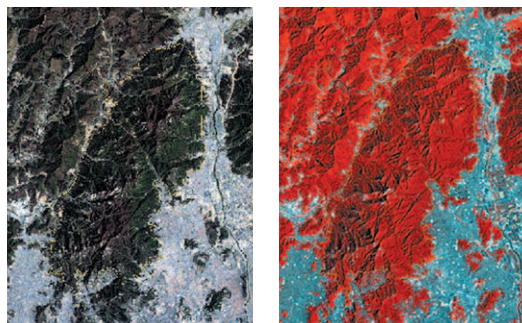


그림 2. 자연색 합성영상(a)와 위색 합성영상(b) 96년 9월 1일

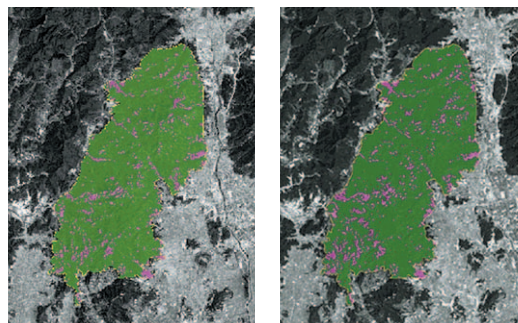


그림 3. 90년 4월 26일 영상분류결과(a) 96년 9월 1일 영상분류결과(b)

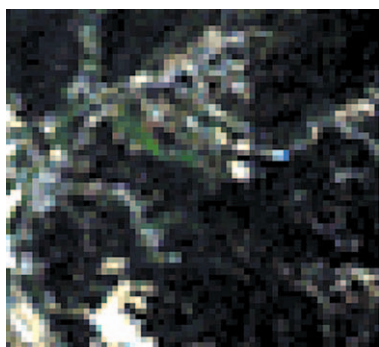


그림 4. Landsat-TM

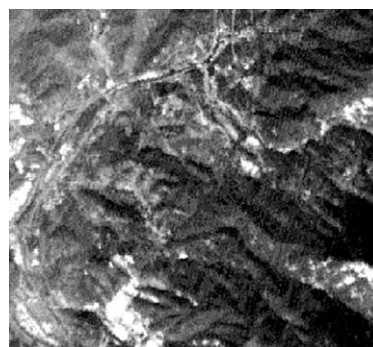


그림 5. IRS-1C

2. 변화 매트릭스 분석 (Landsat-TM)

두 시기 90년 4월과 96년 9월의 영상에서 북한산국립공원 내부지역에 대해 식생지와 비식생지로 분류하여 변화 매트릭스를 구성하였다. 국립공원 주변지역의 토지 피복 또는 토지이용 분류도 함께 이루어져야 하나, 국립공원 내부지역과 외부의 토지피복 상태가 상이하여 오차가 커지므로 내부지역에 한하여 분류결과를 비교하였다. 표 2는 두 시기간의 변화를 행렬표로 작성한 것으로 북한산국립공원 내부지역에 대해 식생의 유무로써 훼손이 일어난 정도를 파악하고자 하였다. 따라서 식생지를 두 가지 유형으로 나누어 분류하였고, 그 외에는 비식생지로 나누어 분류하였다.

분류결과를 살펴보면, ①②는 과거시기에 산림이 비식생지로 변한 양이고, ③④는 과거의 비식생지가 산림이 된 경우로써 이 부분에는 두 시기간에 월별특성으로 인한 오차가 포함될 수 있다. 결론적으로 국립공원 내에서 식생을 제외한 토지 피복, 즉 암반 또는 나대지나 개발지는 2280개의 화소 즉 684,000m²의 면적이 증가함을 알 수 있다.

표 2. 변화 행렬표 (change matrix)

		96년 영상분류 결과			
		산림1	산림2	비식생지	단위:화소
90년 영상 분류 결과	산림1	16569	18457	① 3497	38523
	산림2	4996	35100	② 1220	41316
	비식생지	③ 1395	④ 1065	5440	⑤ 7900
		22960	54622	⑥10180	

3. 영상의 종류별 비교

북한산 국립공원 내 북한산 집단시설지구에 대해 영상의 종류별 즉 Landsat-TM, IRS-1C, Alternative 영상, IKONOS 영상을 보정하여 비교하여 보았다. 각각의 공간적 해상도는 30m, 5m, 2m, 1m이다. Landsat-TM의 경우 공간해상도는 낮으나 다중분광특성을 갖고 있어 이를 활용한 분석이 가능하다. 또한 IRS-1C의 경우 5m 해상도로 도로나 개발지 등의 지형지물을 관측할 수 있는 수준이다. 최근 부각되고 있는 고해상도 영상으로써 러시아 2m 해상도인 Alternative 영상은 시설물수준까지 관측이 가능하며, IKONOS 영상의 경우에는 4m 영상은 네 개의 밴드를 가지고 있어 식생활력도 및 다양한 형태의 지수 분석이 가능하다. 1m의 해상도를 가진 전정색 영상의 경우에는 4m 영상과 융합 (fusion)을 하여 다양한 분석을 수행할 수 있다.

두 가지 고해상도 영상의 특성을 위의 좁은 지역에 적용할 때 다음과 같은 차이를 보이고 있다. 첫째로 훼손된 지역의 범위가 Alternative 영상(그림 6 중앙부분)이 IKONOS(그림 7)에 비해 강조되어 주변지역으로 퍼지는 현상이 많이 나타나 마치 훼손이 더 된 것으로 결론을 내릴 가능성이 있다는 것이다. 둘째로 러시아의 Alternative 영상은 인공물에 관한 부분이 거의 동일한 반사도로

보이는 반면에 1미터의 pan-sharpened IKONOS의 경우에는 학교 운동장 트랙과 다른 건물과의 차이까지 분명하게 식별 가능하였다(그림 7 좌하단). 셋째로 사면에 따른 그늘 효과가 IKONOS에 비해 Alternative 영상이 강하게 나타난다는 점이다. 넷째로 Alternative 영상의 경우에는 화강암 노두 부분과 인공건물과의 분광특성이 같게 나타나 차별성이 드러나지 않았으므로 해석에 유의할 필요가 있다는 것이다(그림 6, 7 우하단).

영상의 종류별 특성 비교를 통해 국립공원의 훼손지 파악이나 관리 등에 활용 가능한 수준의 영상을 선별할 수 있을 것이다. 이 때 파악 수준에 따라 영상의 해상도나 분광특성을 결정하여야 한다. 국립공원 내 산발적이고 국부적으로 나타나는 훼손에 대한 파악을 위해서는 고해상도 위성영상이 유효할 것으로 판단된다. 아울러 이는 기존의 항공측량에 비해 자료의 취득 면에서 유용하고 비용 면에서도 저렴하여, 전국적인 수준에서 국립공원의 관리에 도입이 가능할 것이다.

4. NDVI 비교 및 피해복구지역 중첩

그림 8과 그림 9에서 보는 바와 같이 TM 데이터에서 추출한 NDVI는 보다 넓은 지역으로 확대 평균이 되어 있어 실제 비산악지역에 비해 과대평가가 될 소지가 많다. IKONOS 영상에서 추출



그림 6. 러시아 Alternative 영상



그림 7. IKONOS 영상



그림 8. NDVI_IKONOS(2000, 9)

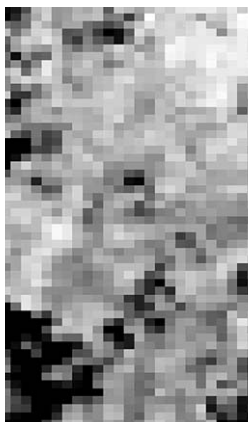


그림 9. NDVI_TM(1999, 6)

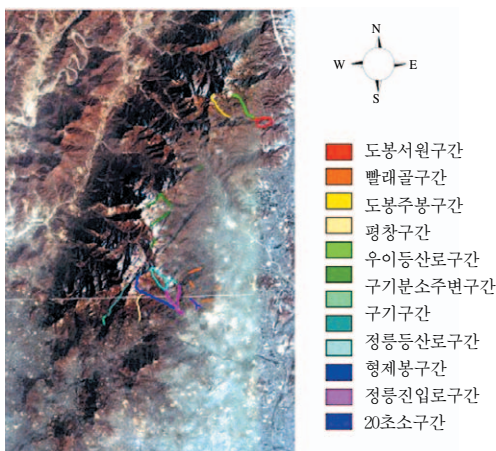


그림 10. IKONOS 영상에 표시된 북한산 피해복구지역



그림 11. IKONOS영상을 통해 확인된 도봉계곡의 훼손된 등산로와 홍수 피해복구지역

한 식생지수는 11 bit 데이터로 구성되어 있으므로 공간적 해상도 이외에 상세한 수준의 식생의 분포차이를 보여주고 있으며, 사면의 효과를 상세화하는 장점을 통해 추가적인 식생분류가 가능할 것으로 보인다.

1999년 홍수 피해복구지역을 디지털화하여 IKONOS 영상에 중첩한 그림 10에서는 주요한 등산로 부분 가운데 등사면 지역이 집중적으로 나타나고 있음을 알 수 있으며, 이는 탐방객의 주요 출입지역의 통계와도 밀접하게 연관되어 있다. 2000년도 영상에 일부 구름으로 인한 해석상의 어려움에도 불구하고 많은 지역의 경우 훼손된 등산로의 형태가 pixel 단위로 개수를 셀 수 있을 정도로 강하게 나타나고 있다(그림 11).

III. 결 론

변화 탐지를 위하여 분류후 변화탐지기법에서는 두 종류의 식생과 비 식생지로 분류항목을 나누었고, 변화양상을 파악할 수 있는 장점은 있었으나, 분류과정이 개입되어야 하기 때문에 작업 시간이 길고 분류과정의 영향을 많이 받는 단점이 있었다. 위성영상별로 주어지는 해상도가 다르고 분광적 구조가 다르기 때문에 추출할 수 있는 정보의 양에서 차이를 많이 보이고 있다.

IKONOS 영상과 TM 영상의 NDVI 값에서 보는 바와 같이 자세한 환경 영향 변화를 추출하기 위하여 보존 필요성이 높은 지역의 경우에는 고 해상도 영상이 부분적으로 사용되는 것이 적합하며, 산림지역의 일반의 경우에는 IRS-1C 자료를 활용하는 등 다차원적으로 필요 목적에 맞게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 박경, 진은진, 신상희, 2000, 위성영상을 활용한 국립공원 훼손지 파악 -북한산국립공원을

- 대상지로, 한국GIS 학회, 2000년도 춘계학술대회 발표요약문, 89-92.
2. 박종화, 1995, 위성자료를 이용한 서울시 도시 녹지의 평가기법연구, 북한산주변부 탐지, 대한원격탐사학회지, 11(3) 71-81.
 3. 박종화, 1992, Landsat 녹색식생지수를 이용한 서울시 도시녹지변화조사, 대한원격탐사학회지, 8(1), 27-43.
 4. 장은미, 박경, 오미선, 정경식 2000, IKONOS 위성영상의 지질학/ 지형학적 응용가능성 탐색 및 평가, 한국GIS학회지 추계학술대회 발표집 62-66.
 6. 조용현, 1999, 경관지수를 이용한 지역생태계 평가 -용인시를 대상으로 환경영향평가 9(4) 349-362.
 7. 전성우, 정휘철, 1999, 생태자연도 작성 및 활용을 위한 원격탐사기법연구 II-식생분류도 작성을 중심으로, 한국환경정책평가연구원 연구보고서 RE-07, 170.
 8. 한의정의 3인, 1997, 식생지수와 녹지자연도의 비교평가, 한국환경영향평가학회지, 6(2) 181-188.
 9. 한의정의 5인, 1997, 식생지수를 이용한 환경영향평가, 한국환경영향평가학회지, 6(1) 47-54.
 10. 동해안 산불피해 공동조사단, 2000, 동해안 산불지역 정밀조사보고서 I, II, 동해안 산불피해 공동조사단 (임업연구원, 국립환경연구원, 강원대학 삼림과학연구소, 백두대간 새생명시민연대)
 11. 환경부, 1998, 인공위성 영상자료와 GIS를 이용한 녹지자연도 등급관정기법 개발 연구보고서, p 96.
 12. 환경부, 1999, 자연환경종합 GIS-DB 구축결과 보고서, 환경부(자연보전국)
 13. Foody G. and Curran P., 1994 Scale and Environmental Remote Sensing, Environmental Remote Sensing from Regional to Global Scales Hohn Wiley & Son New York p 223.