

인공위성 영상자료를 이용한 북한산국립공원 휴식년제도의 효과 분석¹

이혜선² · 이인성³ · 윤은주²

Assessment of the Effect of Closing Trails in Puk'ansan National Park Based on Satellite Image Analysis¹

Hye-Sun Lee², In-Sung Lee³, Eun-Joo Yoon²

요 약

이 논문은 북한산국립공원에서 1994년부터 실시하고 있는 자연휴식년제도의 효과를 검증하고 추후 휴식년의 적용이 필요한 구간을 파악하기 위하여 인공위성 영상자료를 이용하여 휴식년 적용구간과 그 주변 등산로의 식생활력의 변화를 분석하였다. 이용된 자료는 1988년, 1992년, 1994년, 1996년 9월의 Landsat TM 영상으로, ER Mapper 및 Arc/Info GIS를 이용하여 분석하였고, 식생활력의 측정에는 종합차식생지수(NDVI)에 기반한 평균비율(MR)을 이용하였다. 분석결과 휴식년 적용구간의 경우 88년 이후 감소양상을 보이던 식생활력이 휴식년제도가 실시된 94년 이후 뚜렷하게 증가하여 휴식년제도의 실시가 식생활력을 증가시키는 효과가 있음을 보여 주었다. 기타 등산로의 경우는 92년 이후 식생활력이 정체 또는 감소추세를 나타내었으며, 그중 일부 구간은 식생활력의 저하가 특히 두드러지게 나타나 추후 휴식년제도의 적용이 필요한 구간으로 판단되었다.

주요어 : 원격탐사, 식생지수, NDVI, 국립공원, 등산로

ABSTRACT

Since 1994, some of the heavily used trails in Puk'ansan National Park were closed for ecological restoration. This study aims to analyze the effect of closing trail system in the Puk'ansan National Park, and to identify the trails for ecological restoration in the future, through satellite image analysis. The vegetation vitality of two closed trails and 12 used trails was examined. For the analysis, ER-Mapper, Arc/Info GIS and Landsat TM images of 1988, 1992, 1994 and 1996 were used. MR(Mean Ratio) based on the NDVI was used to assess the change in the vegetation vitality of the trails. The results showed that the MR of the two closed trails were apparently increased since 1994, and the MR of the other 12 trails, however, was decreased continuously. This result means that the closing trail system was effective for ecological restoration. Some trails that showed rapid decline in MR were identified for the

1 접수 5월 31일 Received on May 31, 1999

2 서울시립대학교 대학원 Graduate School, The University of Seoul, Seoul, 130-743, Korea

3 서울시립대학교 도시과학대학 College of Urban Science, The University of Seoul, Seoul, 130-743, Korea

application of closing trail system for the future.

KEY WORDS : REMOTE SENSING, VEGETATION INDEX, NDVI, NATIONAL PARK, TRAIL

서 론

1967년 지리산국립공원이 지정된 후 시작된 우리나라 국립공원의 역사는 30년에 이르렀으며, 현재 15개소의 산악형 국립공원과 4개소의 해안형 국립공원, 1개소의 도시국립공원 등 총 20개소의 국립공원이 지정되어있다. 국립공원은 자연보존과 함께 교육, 휴양 등 제한된 범위가기는 하나 인간의 이용을 목적으로 하고 있기 때문에 어느 정도의 자연환경의 훼손은 피할 수 없다.

따라서 인간의 이용과 자연환경의 보존을 어떻게 조화시킬 것인가의 문제가 국립공원 관리의 주요 과제로 대두되었다. 이에 대한 해결책의 일환으로 국립공원관리공단에서는 1990년부터 일부지역의 이용을 한시적으로 금지하여 자연생태를 회복하려는 자연휴식년제도를 실시하고 있으며, 북한산국립공원에서도 94년 1월부터 98년 12월까지 4년 동안 일부구간에 자연휴식년을 적용하였다.

휴식년제도는 일반적으로 국립공원의 생태회복에 도움은 되리라고 생각되지만 이 제도의 효과에 대한 객관적인 검증은 아직 이루어진 바 없다. 또한 휴식년의 실시 대상 구간의 결정은 객관적인 자료의 분석이 아니라 관리사무소의 막연한 의견에 의해 이루어지고 있으며, 이에 따라 휴식년 구간의 선정에 대한 과학적 방법의 필요성이 커지고 있다.

휴식년제도의 효과는 휴식년 실시 후 대상지의 식생활력이 얼마나 개선되었는가를 살펴봄으로써 검증될 수 있다. 산림의 식생변화 관찰은 현장조사를 통한 것이 일반적인 방법인데, 현장조사는 정확한 데이터의 취득이 가능한 반면, 넓은 지역을 조사·분석하기 위해서는 시간과 경비가 많이 들고 미세하고 점진적인 변화를 파악하기에는 어려움이 있다는 단점이 있다.

이에 대한 대안으로 최근 많이 쓰이고 있는 인공위성 영상자료를 이용한 분석방법은 지상의 물체가 반사하는 광선의 분광특성을 이용하여 그 상태를 식별 또는 조사하는 방법으로, 단시간에 넓은 지역을 주기적으로 관찰할 수 있고 비용이 저렴하다는 장점을 갖고 있다. 이러한 이점으로 인하여 인공위성 영상자료는 자연공원계획의 기초적 자료로 활용될 수 있으

며, 도시개발에 있어서도 균형 있는 개발정책에 대한 의사결정에 중요한 영향을 미칠 수 있는 자료로 평가된다(김광래와 이종성, 1998).

인공위성 영상자료를 이용한 식생분석에 대한 최근의 연구를 살펴보면, 박영임(1996)은 인공위성 영상자료를 이용하여 공원 경계부의 전이지대의 크기를 계산하는 방법을 제시했으며, 서경주(1996)는 지리정보체계와 원격탐사기법을 이용하여 설악산국립공원 내 도로 및 집단시설지구 등 인간활동이 식생에 미치는 영향의 조사를 통해 개발이 식생에 미치는 영향을 정량적으로 파악하고자 하였다. 이종성(1998)은 Landsat MSS 자료를 이용하여 79년부터 96년까지 18년 동안의 서울시 산림경관의 패턴변화를 분석하여, 도시화로 인해 산림패취의 수가 줄어들었고 면적 또한 감소했음을 밝힌 바 있다.

본 연구는 인공위성 영상자료를 이용하여 북한산국립공원의 휴식년제도가 적용된 등산로와 기타 등산로의 식생활력의 변화를 비교·분석하여 휴식년제도의 효과를 검증하고, 앞으로 이 제도가 적용될 필요가 높은 구간을 파악하여 국립공원의 관리 및 생태모니터링에 있어서 인공위성 영상자료의 활용가능성을 모색해 보고자 하였다.

연구 방법

1. 분석 대상지 선정

북한산국립공원은 북위 37°35'53"~37°43'54", 동경 126°56'05"~127°03'04"에 위치하고 있으며, 전체면적은 78.45km²에 달한다. 북한산국립공원의 관찰지역은 동부와 서부로 나뉘어져 있는데, 동부는 서울시 도봉구에, 서부는 경기도 고양시와 접해 있다. 일반적으로 동부지역은 도로나 전철과 연결되어 접근이 용이하고 계곡이 많기 때문에 바위가 많은 서부지역보다 이용객이 많은 편이다.

본 연구에서는 동부의 도봉지역 중에서 현재 이용되고 있는 12개 등산로와 휴식년이 적용된 2개의 등산로 구간을 대상구간으로 선정하였다. 94년 1월부터 98년 12월까지 휴식년이 적용된 구간은 도봉서원과 도봉 제10휴식처 갈림길 사이의 1km 구간과 도

봉 제4휴식처에서 도봉 주능선에 이르는 1km 구간으로, 이 두 구간을 편의상 휴식년 구간 1, 휴식년 구간 2로 구분하였다. 휴식년이 적용되지 않은 구간으로는 매표소와 연결되는 등산로와 능선의 등산로 등 식생이 발달하기 어려운 지역을 제외한 12개 등산로 구간이 선정되었다(Figure 1. 2).

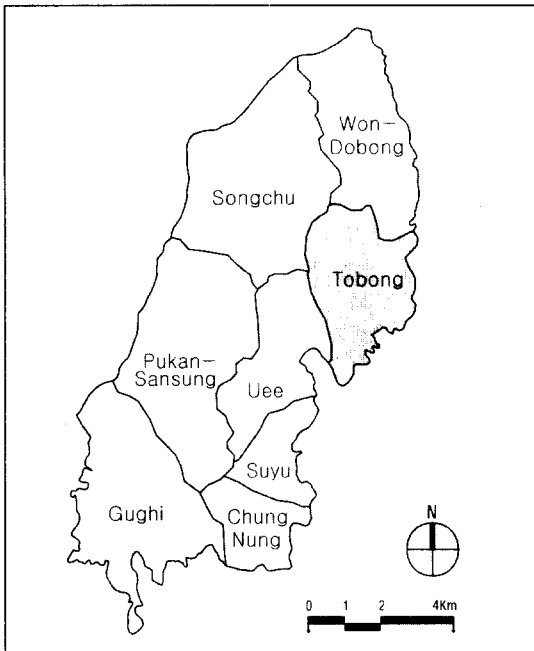


Figure 1. Pukansan National Park

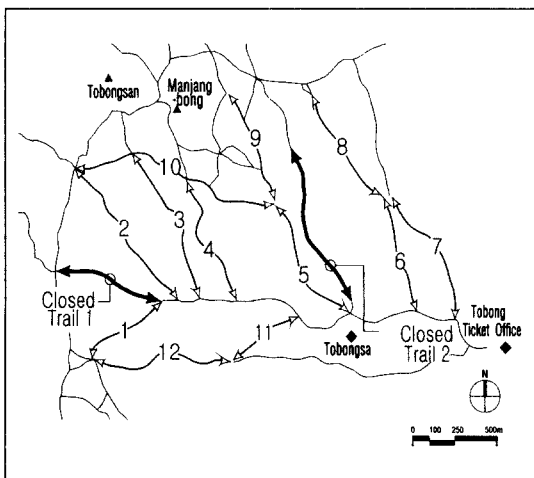


Figure 2. Analysed trails in the Tobong district

2. 영상보정

분석에는 1988년 9월 27일, 1992년 9월 22일, 1994년 9월 12일, 1996년 9월 1일의 Landsat TM 영상이 이용되었는데 분석에 앞서 보정 단계를 거쳤다. 92년, 94년, 96년 영상은 구름이 없는 맑은 날 촬영되었으며 전체적으로 대기 오염에 의한 영향은 미약한 것으로 나타났으며, 88년 영상은 구름을 포함하고는 있지만 연구 대상지인 북한산국립공원 지역에는 영향을 미치지 않아 대기 오염과 구름의 영향에 대한 보정은 하지 않았다.

먼저 서울의 인공위성 영상에서 북한산국립공원 지역을 추출하였으며, 96년 9월 영상에 대해 서울시 1:25,000 지형도를 기준으로 10개의 지상기준점(GCP, Ground Control Point)으로 위치를 보정하였다. 이러한 과정을 거쳐 96년의 영상을 먼저 보정하고 이 보정된 영상을 기준으로 나머지의 88년, 92년, 94년 영상을 Image to Image 방식을 사용하여 보정하였는데, 이 방식은 GCP 보정에 의한 좌표값을 가진 영상을 기준으로 하여 두 영상의 픽셀을 일치시킴으로써 나머지 한 영상에 좌표를 입력하는 방식이다. 영상보정의 RMS 오차(Root Means Square Error: 실제 좌표값에 대한 인공위성 영상에서 기하보정된 좌표값의 차이)는 0.5 pixel 이하였다.

3. 데이터 변환

AutoCAD에서 선(line) 형태로 입력된 등산로를 ER Mapper 분석에 사용하기 위해 AutoCAD의 등산로 선을 Arc/Info의 30m×30m 그리드로 전환하고, 이를 ER Mapper의 Region으로 Import하였다(Figure 3). 이렇게 생성된 2개의 휴식년 구간과 기타 12개 등산로 구간의 Region을 1988, 1992, 1994, 1996년 각 영상에 중첩하여 각 등산로의 식생지수값을 추출하고 그 결과를 SPSS를 이용하여 통계처리하였다.

인공위성 영상을 이용한 등산로 주변 식생지수의 분석에서 문제시될 수 있는 점은 본 연구에서 사용된 Landsat TM의 해상도는 30m인 데 비하여 북한산국립공원의 실제 등산로 폭은 대부분의 구간에서 수 m에 불과하다는 것이다. 그러나 등산로에 의한 산림 훼손에 관한 기존의 연구(권태호 등, 1989; 임경빈 등, 1987)에서 등산로 주변부에 미치는 이용영향은 등산로 양쪽으로 약 15~20m(폭 30~40m)에 이르는 것으로 보고되고 있는 점을 감안한다면 해상도

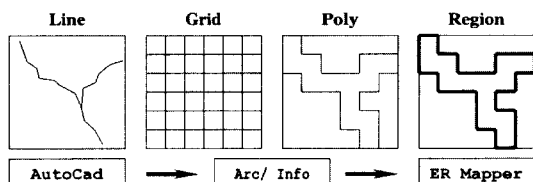


Figure 3. Data conversion process

30m의 인공위성 영상으로도 충분히 이용영향의 정도가 파악될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 식생지수 산정

식생의 활력을 측정하기 위해서는 NDVI, GVI, TVI 등 많은 식생지수들이 이용되는데 본 연구에서는 가장 널리 사용되는 식생지수인 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index: 중합차 식생지수)를 이용하였다.

NDVI는 식생의 분광반사특성을 나타내는 파장대의 비율을 이용한 지수로서, Landsat TM의 경우 band 3(적색)과 band 4(근적외선)를 이용한다. 식물의 반사특성은 그 생리적 조건과 종류에 따라 다르지만, 일반적으로 왕성하게 성장하는 식생은 가시광선의 적색 파장(band 3: R)의 광선을 80~90%를 흡수하는 반면, 근적외선(band 4: IR)은 40~50%를 반사한다. 활력이 저하되었거나 고사한 식물체는 적색 흡수량과 근적외선 반사량이 적게 나타나기 때문에 band 3, 4의 비율을 사용함으로써 식생의 활력도를 평가할 수 있다(Campbell, 1987). NDVI는 -1에서 1값을 갖기 때문에 변화의 폭이 작아 비교를 파악하는 데 어려움이 있으므로 다음의 식을 이용하여 8bit 정수값으로 변환하였다(Lillesand *et al.*, 1994).

$$NDVI(\text{변환식}) = \left(\frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3} + 1 \right) \times \frac{255}{2}$$

NDVI는 시간대가 다른 영상자료의 비교에 있어서도 비교적 안정적인 결과를 도출하는 것으로 알려져 있으나, 관측시간대의 기상조건의 차이 등 오차의 요인을 완전히 제거하지는 못한다. 또한 본 연구에서는 등산로의 이용과 휴식년제도의 실시가 식생활력에 미치는 영향을 파악하고자 하는 것이 주된 목적인데, NDVI 값의 증감은 여러 요인의 복합적인 작용

의 결과로서 그 자체만으로는 이용과 보존의 효과를 뚜렷이 규명할 수 없다. 즉 연구지역의 NDVI 값의 증가는 보존의 효과일 수도 있으나 시간의 경과에 따른 자연적인 식생의 성장으로 인한 것일 수 있으며, NDVI 값의 감소도 이용에 따른 훼손의 결과인지, 아니면 북한산국립공원 전체의 환경변화(오염, 산성비)로 인해 초래된 결과인지는 구분하기 어렵다. 그러므로 NDVI 값의 증감 자체만으로는 이용에 의한 상대적인 피해의 정도나 휴식년제도의 실시에 따른 환경회복의 정도를 정확하게 파악할 수 없다.

그런데, 관측시간대의 기상조건의 차이, 시간의 경과에 따른 자연적인 식생의 성장이나 환경오염, 산성비 등의 환경변화는 넓은 지역에 걸쳐 비교적 균일하게 작용하므로, 연구지역(등산로 주변)과 북한산국립공원 전체 NDVI 값의 비율의 변화를 검토해 보면 이들 요인에 의한 변동은 상쇄되고 등산로 이용에 따른 상대적인 식생활력의 저하와 휴식년 실시에 따른 상대적인 식생활력의 증가가 파악될 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 각 등산로 구간의 NDVI 값을 북한산국립공원 전체의 NDVI 값으로 나누어 이 비율(이하 MR이라 함)을 근거로 등산로의 식생활력 변화를 판단하였다.

$$\text{평균비율(MR)} = \frac{\text{구간별 NDVI 평균}}{\text{북한산 전체 NDVI 평균}}$$

연구 결과

1. 영상 전체 NDVI 분석

Table 1에서와 같이 서울 전체의 영상에서는 88년에서 96년으로 갈수록 NDVI 값이 점점 증가하는 경향이 나타난다. 이러한 현상은 90년대 들어 서울의 녹지면적이 다소 증가하고 있다는 기존의 연구결과(서울시정개발연구원, 1997)와 일치하지만 시간대가 서로 다른 영상자료에서의 대기효과 등 영향요인에 의한 왜곡의 가능성도 배제할 수 없다. 이러한 영상의 왜곡요인을 제거하고 이용과 보존에 따른 상대적인 식생활력의 변화를 보다 정확하게 파악하기 위하여 본 연구에서는 NDVI 값을 직접 사용하지 않고 각 구간의 NDVI 값을 북한산국립공원 NDVI 평균으로 나눈 전체 평균비율(MR)을 식생활력의 지표로 사용하였다.

북한산국립공원 지역은 88년에서 92년에 사이에 잠시 NDVI 값이 떨어졌지만, 이후 증가하는 경향을

보이는데 이는 88년과 92년 사이에는 7건의 산불이 발생한 반면 92년에서 94년에는 3건의 산불만이 발생하여 88년에서 92년 사이에 발생한 잦은 산불에 의한 것으로 판단된다(국립공원관리공단, 1999).

Table 1. Change in NDVI of Seoul and Pukánsan National Park

Mean (SD)	1988	1992	1994	1996
Total image of Seoul	159.0 (31.9)	159.6 (29.0)	162.8 (34.2)	172.3 (35.2)
Pukásan Nat'l Park	179.8 (16.7)	176.1 (13.3)	189.2 (14.7)	200.2 (14.6)

2. 도봉지역 등산로 평균비율(MR) 분석 (휴식년 적용구간 제외)

도봉지역에서 휴식년제 구간을 제외한 12개 구간의 NDVI 평균을 북한산국립공원 전체의 NDVI 평균값으로 나눈 평균비율(MR)은 Table 2와 같다. 사용되는 등산로 구간의 MR은 88년 이후 92년 일시적으로 증가했다가 94년 이후 점차 감소하는 경향을 보인다. 92년에 등산로의 MR이 일시적으로 증가한 것은 92년의 북한산국립공원 전체의 NDVI 값은 잦은 산불로 인하여 낮아진 반면 연구지역인 도봉지

Table 2. MR of 12 trails in Tobong district

Year	1988	1992	1994	1996
MR	1.04	1.05	1.03	1.03

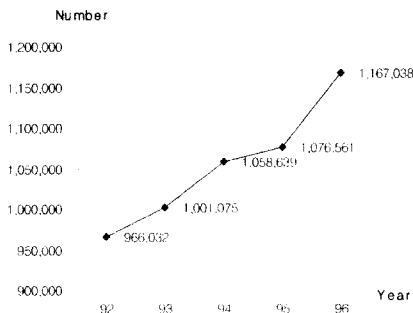


Figure 4. Number of visitors in Tobong district

구는 산불의 피해가 없었기 때문에 상대적으로 평균비율(MR)이 높게 나타난 것으로 보인다. 92년 이후 평균비율(MR)의 감소는 Figure 4에서 보듯이 92년 이후의 도봉지역(도봉매표소)의 등산객 수의 증가에 따른 훼손의 결과로 판단된다.

휴식년 적용구간을 제외한 12개 등산로 각각의 MR은 Table 3에서와 같이 92년 이후 정체상태이거나 떨어지고 있다. 특히 이 중 2, 3, 6, 8, 9번의 다섯 구간은 식생활력의 상대적 저하가 두드러지게 나타나 추후 휴식년제의 적용이 필요한 구간으로 판단되는데, 이들 구간은 등산로 밀집지역에 위치한 구간으로서 다른 등산로와의 연결이 쉬워 이용객이 특히 많은 구간들이며, 최근 휴식년 적용구간의 대체 등산

Table 3. MR of trail No. 1~12

Trail	1988	1992	1994	1996
1	1.11	1.07	1.06	1.06
2	1.08	1.08	1.07	1.04
3	1.03	1.06	1.04	1.03
4	1.02	1.02	1.03	1.01
5	1.03	1.04	1.03	1.04
6	1.07	1.07	1.05	1.04
7	1.02	1.05	1.03	1.03
8	1.01	1.03	1.02	1.00
9	1.07	1.06	1.04	1.03
10	1.03	1.04	1.04	1.03
11	1.01	1.05	1.03	1.03
12	1.05	1.03	1.04	1.04

로로서 이용객수가 급증하여 환경훼손이 더욱 가속된 것으로 판단된다.

3. 도봉지역 휴식년 적용 등산로 평균비율(MR) 분석

일반 등산로의 MR이 점차 떨어지고 있는 데 비하여 휴식년이 적용된 두 구간은 모두 94년 이후 MR이 증가되는 것으로 나타났다. 휴식년 구간 1의 MR

Table 4. MR of closed trail No. 1~2

Closed trail	1988	1992	1994	1996
1	1.10	1.09	1.06	1.07
2	1.03	1.04	1.03	1.06

은 92, 94년까지 감소하다가 휴식년이 적용된 94년 을 기점으로 증가된 것을 볼 수 있으며, 휴식년 구간 2 역시 94년 이후 MR이 현저히 증가되었다.

4. 휴식년 적용구간과 기타 등산로 평균비율 (MR) 비교분석

휴식년이 적용된 구간과 기타 등산로의 MR이 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 검증하기 위하여 휴식년 적용구간 두 곳과 계속 사용된 7개 등산로에 대하여 연도별로 구간별 MR에 대한 F-test를 실시 하였다.

Table 5는 그 결과를 보여 주고 있는데, 4개 연도 별 F-test 결과는 $\alpha=0.01$ 에서 모두 유의한 것으로 나타났다. 어느 구간과 어느 구간의 MR 차이가 유의 한가를 구체적으로 파악하기 위하여 Duncan 사후검 증을 실시하였는데, Table 5의 오른쪽 부분은 사후 검증의 결과 $\alpha=0.05$ 에서 유의한 차이를 보이는 것 으로 판정된 그룹의 구분을 보여 주고 있다.

사후검증의 결과를 보면, 88년의 경우 9개의 구간 중 8, 4, 10, 3, CT 2(휴식년 구간 2) 그룹과 6, 9, 2, CT 1(휴식년 구간 1) 그룹의 MR은 $\alpha=0.05$ 에서 통계적으로 유의한 차이를 보여 주고 있다. 즉 88년에는 6, 9, 2, CT 1 등 4개 구간이 다른 5개 구간에 비해 상대적으로 높은 식생활력을 가지고 있었다.

두 개의 휴식년 구간 중 CT 2는 94년까지는 8,

4, 10번 구간과 함께 MR이 비교적 낮은 그룹에 속 하고 있다. CT 1은 상대적으로 MR이 높은 그룹에 속해 있으나 94년까지는 다른 구간과의 차이가 뚜렷 하지 않다. 즉 94년의 사후검증 결과를 보면 CT 1은 8, 4, CT 2 등의 구간에 비해서는 높은 MR을 가지 고 있지만, 9, 3, 10, 6, 2번 구간과는 같은 그룹에 속해 있어서 이들 구간과의 MR 차이는 유의하지 않 음을 보여 준다.

그런데 휴식년 실시 2년 9개월 후인 96년 9월 자 료의 사후검증 결과를 보면 휴식년이 실시된 두 개의 구간(CT 1, CT 2)은 계속 사용된 다른 7개의 구간에 비해 뚜렷이 높은 MR을 나타낸다. 즉 휴식년 구간은 별도의 그룹(Group 4)으로 구분되어, 계속 사 용된 구간과는 MR에 있어서 통계적으로 유의한 차 이가 있음을 보여 주고 있다.

이 검증과정에서 또 한 가지 발견할 수 있는 사실 은 88년에는 상대적으로 MR이 높은 그룹에 속해 있던 6, 9, 2번 구간의 식생활력이 계속된 이용에 따 라 지속적으로 저하되고 있다는 점이다. 특히 9번 구간은 88년에는 MR이 가장 높은 그룹에 속해 있었 으나, 96년에는 88년 당시 식생활력이 가장 낮은 그 룹에 속해 있던 4번 구간과 MR에 있어서 차이를 보 이지 않을 정도로 식생활력 저하가 두드러져서, 추후 휴식년제 실시의 필요성이 가장 높은 구간으로 판단 된다.

이상의 결과를 종합해 보면, 휴식년 구간(CT 1, CT 2)의 식생활력은 휴식년제 실시 이전인 94년까지

Table 5. ANOVA of MR of trails

Year	F(Sig.)	Groups in Duncan post-hoc analysis: Trail No.(Mean of MR)					
1988	8.531 (0.00**)	Group 1:	8(1.01)	4(1.02)	10(1.03)	3(1.03)	CT2(1.03)
		Group 2:	6(1.07)	9(1.08)	2(1.08)	CT1(1.10)	
1992	7.377 (0.00**)	Group 1:	4(1.02)	8(1.03)	10(1.04)	CT2(1.04)	
		Group 2:	CT2(1.04)	10(1.04)	3(1.06)	9(1.06)	
		Group 3:	3(1.06)	9(1.06)	6(1.07)	2(1.08)	CT1(1.08)
1994	5.280 (0.00**)	Group 1:	8(1.02)	4(1.03)	CT2(1.03)		
		Group 2:	4(1.03)	CT2(1.03)	9(1.04)	3(1.04)	10(1.05)
		Group 3:	CT2(1.03)	9(1.04)	3(1.04)	10(1.05)	
		Group 4:	9(1.04)	3(1.04)	10(1.05)	6(1.05)	CT1(1.06)
		Group 5:	10(1.05)	6(1.05)	CT1(1.06)	2(1.07)	
1996	9.967 (0.00**)	Group 1:	8(1.00)	4(1.01)			
		Group 2:	4(1.01)	3(1.03)	10(1.03)	9(1.03)	
		Group 3:	3(1.03)	10(1.03)	9(1.03)	6(1.04)	2(1.04)
		Group 4:	CT2(1.06)	CT1(1.07)			

** : $\alpha=0.01$

CT 1~2: Closed trail 1~2

지는 기타 구간과 뚜렷한 차이를 보이지 않으나 휴식년제 실시 2년 9개월 후인 96년 9월에는 기타 구간과 통계적으로 유의한 차이를 보여 휴식년제 실시로 인해 식생활력이 증가되는 효과가 있음을 보여 주며, 특히 휴식년 구간 2(CT 2)의 식생활력이 눈에 띄게 향상된 것을 알 수 있다. 또한 88년에 식생활력이 비교적 높은 상태를 유지하고 있던 6, 9, 2번 구간은 이용에 따라 식생활력이 저하되고 있으며, 이 중 특히 9번 구간의 훼손이 두드러져서 추후 휴식년제의 실시가 시급히 필요한 구간으로 판단된다.

결론

본 연구에서는 인공위성 영상분석을 이용하여 국립공원 휴식년제도의 효과를 분석하고 추후 휴식년제도의 적용이 필요한 구간을 파악하였다. 88, 92, 94, 96년 9월 Landsat TM 영상자료를 이용하여 북한산국립공원 등산로 주변의 식생지수의 변화를 분석하여 휴식년 적용구간의 식생활력이 높아짐을 검증하여 휴식년제도가 식생회복에 효과가 있음을 확인할 수 있었고, 추후 휴식년 적용이 필요한 구간도 합리적으로 파악할 수 있었다.

본 연구의 검토 결과는 현장조사에서 파악하기 힘든 비교적 짧은 기간의 미세한 식생활력의 변화도 인공위성 영상자료에 의해 분석될 수 있음을 보여 준다. 추후 보다 긴 기간의 변화가 검토된다면 좀더 명확한 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

물론 인공위성 영상분석만으로 식생활력의 변화를 평가하기에는 한계가 있으며, 앞으로 현장조사의 자료를 축척하고 이를 영상분석과 비교검토함으로써 효과적인 생태계 모니터링 방법론을 발전시켜 나가야 할 것이다. 이러한 방법론의 발전을 위해서는 또한

NDVI 외 GVI, TVI 등 다른 식생지수를 비교분석하여 신뢰성을 높이는 방향이 모색되어야 하며, 식생활력에 영향을 미칠 수 있는 홍수, 산불, 산사태 등의 재해에 관한 관련자료를 보완·검토하여 분석의 오차를 줄여 나가야 할 것이다.

인용문헌

- 국립공원관리공단(1999) 국립공원 기초통계자료(운영분야). 국립공원관리공단 내부자료, 77쪽.
- 권태호, 오구균, 정남훈(1989) 가야산국립공원의 등산로 및 야영장 훼손과 주변환경에 대한 이용영향. 응용생태연구 3(1): 81-94.
- 김광래, 이종성(1998) 원격탐사자료를 이용한 서울시 토지피복의 시계열 변화량 추출. 대한국토·도시계획학회지 33(3): 363-374.
- 박영임(1996) 인공위성 영상자료를 이용한 북한산국립공원 전이시대 식생분석. 서울대학교 석사학위논문, 45쪽.
- 서경주(1996) 식생지수를 이용한 설악산국립공원 내 인간활동이 식생에 미치는 영향 분석. 서울대학교 석사학위논문, 40쪽.
- 서울시정개발연구원(1997) 녹지총량관리방안연구. 서울시정개발연구원 연구보고서, 54쪽.
- 이종성(1998) Landsat Mss Data를 이용한 서울시 산림패취의 패턴변화 분석. 한국조경학회지 26(2): 240-250.
- 임경빈, 이경재, 오구균, 이명우(1987) 북한산국립공원의 관리개선방안. 응용생태연구 1(1): 83-97.
- Campbell, James B.(1987) Introduction to Remote Sensing. The Guilford Press, pp. 155-162.
- Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer(1994) Remote Sensing and Image Interpretation. 3rd Ed. John Wiley & Sons, Inc., pp. 750-751.