

# 인공위성 영상자료를 이용한 북한산 국립공원 휴식년제도의 효과 분석

## Assessment of the Effect of Closing Trails in Pukhansan National Park Based on Satellite Image Analysis

서울시립대학교 건축·도시·조경학부\*  
서울시립대학교 대학원 조경학과\*\*  
이혜선\*\*·이인성\*·윤은주\*\*

### I. 서론

북한산 국립공원에서는 1994년 1월부터 생태계 파괴를 막기 위한 조치로 일부 구간의 이용을 제한하는 자연휴식년제를 실시하고 있으나, 휴식년제도가 생태계 회복에 미치는 효과는 매우 미세하고 점진적으로 나타나므로 파악하기 어렵다. 이에 따라 이 제도의 실시효과와 추후 적용 구간 결정을 위한 합리적인 방법론에 대해서는 아직 검증된 바 없다. 인공위성 영상자료 분석기법을 이용하면 현장조사로 파악하기 힘든 미세한 식생활력의 변화를 정확하게 파악할 수 있다. 본 연구는 인공위성 영상자료를 이용하여 휴식년이 적용된 등산로와 기타 등산로의 식생활력을 비교 분석하여 휴식년제도의 효과를 검증하고, 앞으로 이 제도가 적용될 필요가 높은 구간을 파악하여 국립공원의 관리 및 생태계 모니터링에 있어서 인공위성 영상자료의 활용가능성을 모색해 보고자 하였다.

### II. 연구의 과정 및 방법

북한산 국립공원 도봉지역에서 휴식년이 적용되고 있는 2개 구간과 기타 12개 구간 등 총 14개 등산로 구간을 분석 대상구간으로 선정하였다(그림 1).

분석된 영상자료는 1988년, 1992년, 1994년, 1996년 9월의 Landsat TM 영상이며, ER Mapper 및 Arc/Info GIS를 이용하여 분석하였다. 먼저 서울의 인공위성영상에서 연구 대상

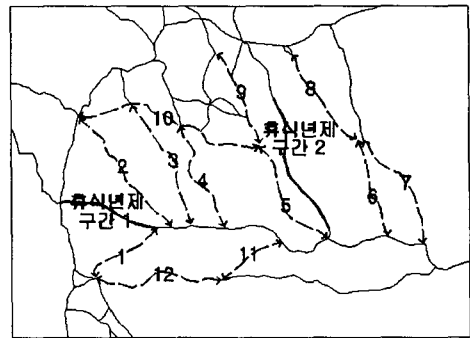


그림 1. 분석대상 등산로

지역인 북한산 지역을 추출하고 10개씩의 지상기준점(GCP)으로 위치보정하였다. 위치보정된 영상으로부터 분석 대상인 등산로 구간들의 식생활력지수 값이 추출되고 그 결과가 SPSS를 이용하여 통계처리되었다.

본 연구에서는 식생활력의 변화 추적을 위하여 가장 널리 사용되는 식생지수인 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)를 이용하였다. NDVI는 -1에서 1 사이의 값을 가지기 때문에 변화의 폭이 작아서 다음의 식으로 최대치 255의 값으로 변환하였다.

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

NDVI는 시간대가 다른 영상자료의 비교에 있어서도 비교적 안정적 결과를 도출하는 것으로 알려져 있으나, 관측시간대의 기상조건의 차이 등 오차의 요인을 완전히 제거하지는 못하므로 NDVI 값을 그대로 해석을 하면 식생활력의 변화 경향을 정확히 파악할 수 없다. 본 연구에서는 각 구간의 NDVI 값을 북한산 전체의 NDVI 값으로 나누어 이 비율(이하 MR이라 함)을 근거로 각 구간의 식생활력 변화를 판단하였다.

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

### III. 연구결과

도봉지역에서 휴식년제 구간을 제외한 12개의 구간의 NDVI 평균을 북한산 전체의 NDVI 평균값으로 나눈 평균비율(MR)은 그림 2에서와 같이 88년에서 92년 사이에는 증가하였으나 92년 이후 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 그림 3에서 보는 바와 같이 92년 이후 도봉지역의 등산객 수가 매년 증가하고 있는 현상과 무관하지 않다.

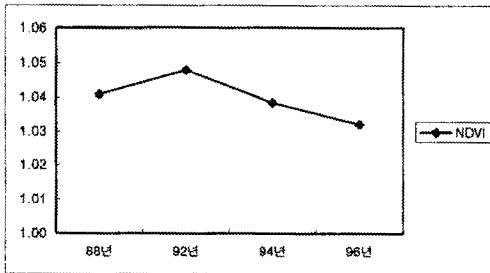


그림 2. 도봉지역 등산로의 MR

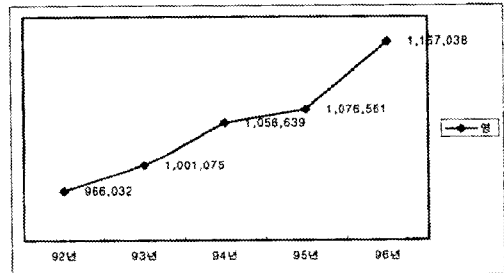


그림 3. 도봉지역 입장객수의 변화

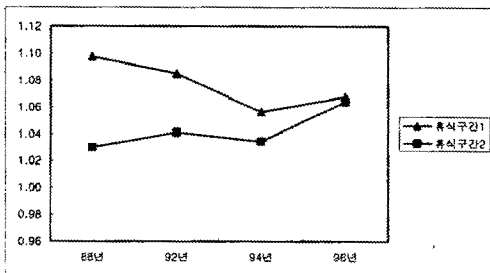


그림 4. 휴식년제 구간 1, 2의 MR

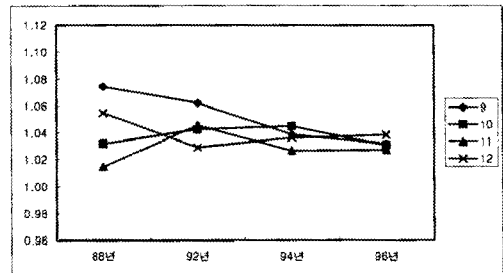


그림 5. 등산로 구간 1~4번 MR

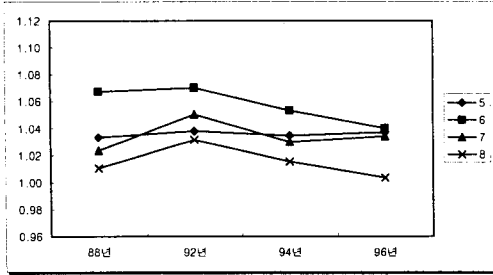


그림 6. 등산로 구간 5~8번 MR

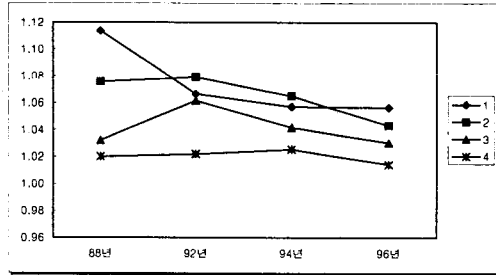


그림 7. 등산로 구간 9~12번 MR

이에 비하여 그림 4에서와 같이 휴식구간은 휴식년제도가 실시된 94년 이후 평균비율(MR)이 뚜렷하게 증가하였으며, 이는 휴식년제의 실시가 식생활력을 증가시키는 효과가 있었음을 보여주고 있다. 이를 그림 5~7에서의 기타 구간별 MR의 변화추세와 비교해 보면, 휴식년이 실시되지 않은 12개 구간에서 94년 이후의 식생활력은 정체 상태이거나 떨어지고 있어서 휴식년제의 실시 여부에 따른 식생활력의 변화가 더욱 뚜렷이 대비된다. 이 중 2, 3, 6, 8, 9번의 다섯 구간은 식생활력의 저하가 두드러지게 나타나 추후 휴식년제도의 적용이 필요한 구간으로 판단된다.

구간별 MR 차이에 대한 F-test의 결과(표 1)를 보면, 휴식년제 구간(휴1, 휴2)과 기타 구간과의 MR 차이는 1994년까지는 유의하지 않았으나 실시 후 2년 9개월이 지난 96년 9월에는 기타 구간과 통계적으로 유의한 차이를 보여 휴식년제의 실시로 인해 식생활력이 증가되고 있음을 보여준다.

표 1. 도봉지역 각 구간의 MR에 대한 ANOVA 분석

연도	F (Sig.)	사후분석에서의 그룹 구분
88년	8.531 (0.00**)	그룹 1: 8(1.01), 4(1.02), 휴2(1.03), 10(1.03), 3(1.03) 그룹 2: 6(1.07), 9(1.08), 2(1.08), 휴1(1.10)
92년	7.377 (0.00**)	그룹 1: 4(1.02), 8(1.03), 휴2(1.04), 10(1.04) 그룹 2: 휴2(1.04), 10(1.04), 3(1.06), 9(1.06) 그룹 3: 3(1.06), 9(1.06), 6(1.07), 2(1.08), 휴1(1.08)
94년	5.280 (0.00**)	그룹 1: 8(1.02), 4(1.03), 휴2(1.03) 그룹 2: 4(1.03), 휴2(1.03), 9(1.04), 3(1.04), 10(1.05) 그룹 3: 휴2(1.03), 9(1.04), 3(1.04), 10(1.05) 그룹 4: 9(1.04), 3(1.04), 10(1.05), 6(1.05), 휴1(1.06) 그룹 5: 10(1.05), 6(1.05), 휴1(1.06), 2(1.07)
96년	9.967 (0.00**)	그룹 1: 8(1.00), 4(1.01) 그룹 2: 4(1.01), 3(1.03), 10(1.03), 9(1.03) 그룹 3: 3(1.03), 10(1.03), 9(1.03), 6(1.04), 2(1.04) 그룹 4: 휴2(1.06), 휴1(1.07)

#### IV. 결론

본 연구의 결과는 인공위성 영상분석을 이용하여 휴식년제도의 효과를 검토하고 추후 휴식년제도의 적용이 필요한 구간을 합리적으로 파악할 수 있음을 보여주고 있다. 또한 본 연구의 검토 결과는 현장조사에서 파악하기 힘든 짧은 기간의 미세한 식생활력의 변화도 인공위성 영상자료에 의해 분석될 수 있음을 보여주며, 추후 보다 긴 기간의 변화가 검토된다면 좀 더 확실한 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

물론 인공위성 영상분석만으로 식생활력의 변화를 평가하기에는 한계가 있으며, 앞으로 현장조사의 자료를 축적하고 이를 영상분석과 비교 검토함으로써 효과적인 생태계 모니터링 방법론을 발전시켜 나가야 할 것이다. 이러한 방법론의 발전을 위해서는 또한 NDVI 외 GVI, TVI 등 다른 식생지수를 비교 분석하여 신뢰성을 높이는 방향이 모색되어야 하며, 식생활력에 영향을 미칠 수 있는 홍수, 산불, 산사태 등의 재해에 관한 관련 자료를 보완 검토하여 분석의 오차를 줄여나가야 할 것이다.