

# 도시녹지 평가를 위한 경관지수의 스케일 민감성 분석

이인성\* · 윤은주\*\*

\*서울시립대학교 조경학과 · \*\*대한주택공사 주택도시연구원

## Analysis of Scale Sensitivity of Landscape Indices for the Assessment of Urban Green Areas

Lee, In-Sung\* · Yoon, Eun-Joo\*\*

\*Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

\*\*Housing & Urban Research Institute, KOREA National Housing Corporation

### ABSTRACT

Landscape indices are effective tools to explain the spatial structure and patterns of ecological landscape including area/density, shape, core area, isolation/proximity, contagion/interspersion and connectivity. More than 100 indices have been developed and an increasing amount of research explains changes in urban spaces using the indices. However, landscape indices have a high level of sensitivity to the scale of analysis - grain size and extent. If the scale sensitivity of indices is not considered, the research may produce inaccurate results.

This study examines the scale sensitivity of landscape indices to find relatively stable indices in the complex geographical features of Korea. The scale sensitivity was analyzed using 20 categories of grain size and 41 categories of extent change. Landsat TM and ETM+ images of five years - 1985, 1991, 1996, 2000 and 2003 - were used, and 54 class level indices mounted on the FRAGSTATS program were examined.

The results are as follows: First, according to the analysis of the scale sensitivity, 19 out of 54 class level indices were found to be stable to scale change. Second, the scale sensitivity was closely related to the green area ratio, and the typical threshold of change was 40~50%. Third, among the 16 indices which were frequently used in the research in Korea, only 6 indices were relatively stable to the scale change. These results can be an effective basis for the selection of indices in the landscape ecology research in Korea.

*Key Words: Landscape Ecology, MAUP, Fragmentation*

### 국문초록

경관지수는 면적 및 밀도, 모양, 중심지, 고립 및 접근, 접촉 및 산포, 연결성 등 경관생태의 공간적 구조와 패턴에 관한 다양한 정보를 제공해 준다. 현재 100개 이상의 경관지수가 개발되어 많은 연구들에 이들이 사용되고 있다. 그러나 경관지수는 공간해상도 및 분석범위 등 분석 스케일에 따라 다른 결과를 도출할 수 있어서 오류의 가능성을 가지고 있다.

**Corresponding author:** In-Sung Lee, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul, Jun-nong Dong, Dondaemun, Seoul 130-743, Korea, Tel.:+82-2-2210-2744, E-mail: leeis@uos.ac.kr

이 연구는 경관지수의 스케일 민감성을 검토하여 우리나라의 복잡한 경관생태에서 비교적 안정적 결과를 도출하는 지수들을 선별하였다. 이를 위해 서울의 5개 연도 - 1985, 1991, 1996, 2000 및 2003년 - Landsat TM/ETM+ 영상을 이용하여 20 범주의 셀 크기와 41 범주의 분석범위에 대해 FRAGSTATS에 탑재된 54개 클래스 수준 지수의 민감성을 검토하였다.

연구결과는 다음과 같다. 첫째, 54개 클래스 수준 지수 중 19개 지수가 스케일 변화에 안정적인 것으로 나타났다. 둘째, 단편화 정도가 지수의 민감성에 영향을 미치며, 녹지비율 40~50%를 기준으로 지수반응 패턴이 변하는 현상이 발견되었다. 셋째, 국내 관련연구에서 빈번히 이용된 16개 지수 중 6개만이 우리나라의 복잡한 경관생태에서 안정적인 결과를 도출하였는데, 이는 단편화 정도 및 녹지비율에 따라 세심한 지수 선정이 필요함을 보여주고 있다.

주제어: 도시생태, MAUP, 파편화

## I. 서론

도시화로 인해 양적, 질적으로 잠식되고 파편화되고 있는 도시녹지를 연구하기 위해서는 녹지의 생태적 특성과 공간적 분포가 생태적 기능에 미치는 영향을 포괄적으로 고려하는 거시적이고 전체적인 관점이 필요하다. 이러한 접근을 경관생태학적 접근방식이라 하며, 경관생태학에서 경관 이질성을 측정하는 공간통계방법이 경관지수이다.

현재 100개 이상의 경관지수가 개발되어 사용되고 있으며, 지수 성격에 따라 면적 및 밀도, 가장자리, 모양, 중심지, 고립 및 접근, 대조, 접촉 및 산포, 연결성 측정 지수 등으로 구분된다(McGarigal and Marks, 1995). 경관지수는 경관 특성을 수치로 나타내주기 때문에 시계열 변화 등의 분석을 용이하게 해주며, 대부분의 생태연구방법이 사후영향만을 측정하는 반면 경관지수는 사전영향도 예측해준다는 장점을 가지고 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 경관지수는 스케일(scale)의 존성이 매우 커서 폭넓게 활용되지 못하고 있다.

여기서의 스케일이란 셀 크기나 매핑 단위 등 공간 해상도(grain size)와 연구대상지의 크기 또는 기간 등 범위(extents)를 의미한다(Turner *et al.*, 2001). 스케일이 문제가 되는 것은 분석에 이용하는 래스터 데이터의 공간해상도에 따라 상이한 공간 구성을 보일 수 있고, 특히 리샘플링 과정을 통해 공간해상도를 낮추는 경우 공간분포 패턴의 변화는 더욱 크게 나타나기 때문이다. 또한, 대상지 범위를 어디에, 어떻게 지정하느냐에 따라 상이한 공간구성을 보일 수 있다는 점도 문제로 지적된다. 스케일이 분석에 미치는 영향을 가변공간 단위문제(MAUP: Modifiable Areal Unit Problem)<sup>1)</sup>라고 하는데, 경관생태, 도시, 지리 관련 분야에서 1980년대부터 꾸준히 연구되고 있다(Openshaw, 1977; Wu *et al.*, 2002).

그러나 아직 스케일의 변화에 따라 경관지수가 어떻게 달라지는지에 대해 충분한 검증이 이루어지지 않았으며, 몇몇 지수들의 반응 정도만이 알려져 있는 상태이기 때문에(Li and Wu, 2004), 스케일 변화에 따라 경관지수의 분석결과가 일관성 있

게 나타나는가에 대해서는 검증이 필요하다. 예를 들어, 공간해상도 30m인 래스터 데이터를 분석한 결과와 동일 지역을 공간해상도 120m로 리샘플링한 데이터를 분석한 결과가 서로 상반된 결과를 도출한다면 그 경관지수 분석의 일관성은 문제가 된다. 지금까지 경관지수를 사용한 연구에서는 지수의 안정성에 대한 검토 없이 기존 연구에서 사용된 지수를 그대로 사용하거나 지수를 임의로 선정하고 있는데, 이는 이들 연구 결과의 신뢰도를 떨어뜨리는 요인이 되고 있다.

이 연구의 목적은 공간해상도와 대상지 범위 등 스케일 변화에 안정적인 지수를 선별하고자 하는 것으로서, 특히 서울처럼 단편화가 심해 복잡한 공간분포 패턴을 가진 지역의 분석에 일관성 있는 결과를 보이는 지수를 찾고자 하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 공간분포 패턴과 강한 상관관계가 있는 것으로 알려진 클래스 수준 지수<sup>2)</sup>를 대상으로 단편화 정도에 따른 지수 민감성을 분석하였다.

## II. 기존연구의 검토

### 1. 경관지수의 스케일 민감성 관련 연구

경관지수의 스케일 민감성에 관한 기존 연구를 살펴보면, 우선 Wu *et al.*(2002)은 미국의 데이터로 면적, 모양, 접촉성, 연결성 측정과 관련된 19개 지수의 해상도 변화에 따른 지수반응을 실험하여 이중 12개 지수가 해상도 변화에 예측 가능한 반응패턴을 보임을 밝혔다. Ricotta *et al.*(2003)은 단편화 측정 지수인 접촉지수를 대상으로 해상도에 따라 상이한 지수값이 나타남을 관찰하였다. Cain *et al.*(1997)은 해상도, 피복항목수, 대상지 범위 등에 따른 지수반응을 분석하여 다양성, 프랙탈지수 등이 비교적 안정적이었다고 보고하였고, Saura and Martinez-Millan(2000)이 8개 지수를 대상으로 해상도와 종구성의 차이에 따른 지수반응을 분석한 연구, Griffith *et al.*(2000)의 27개 지수를 대상으로 해상도 민감성을 분석한 연구 등에서도 경관지수의 해상도 민감성이 지적되고 있다.

이상의 연구들은 가상 경관을 대상으로 한 연구이거나, 미국과 같이 단순한 공간적 패턴을 가진 광역 지역을 대상으로 한 연구로서 분석대상지의 공간 패턴이 우리나라 대도시의 공간 구조와는 매우 다르다. 그러므로 이 연구결과를 바탕으로 우리나라 도시의 공간구조 분석에 안정적인 지수를 선정하는 것은 무리가 있으며, 우리나라 대도시의 스케일 민감성을 분석하여 보다 안정적인 경관지수를 선별하는 연구가 필요하다.

## 2. 경관지수 관련 국내 연구경향

국내 경관생태 연구에서의 지수 선정 경향을 파악하기 위해 1996년부터 2005년까지 10년 동안 국내 연구 중 특정 경관지수를 이용하여 도시녹지를 평가한 사례(안동만과 김명수, 1996; 이응경, 1998; 장갑수와 박인환, 1999; 심우경 등, 1999; 정종철, 1999; 손학기 등, 2000; 김훈희 등, 2001; 안동만과 김명수, 2003; 정성관 등, 2002a; 2002b; 2003; 이상우, 2003; 박소윤, 2003; 박경훈 등, 2004; 오정학 등, 2005; 최원영 등, 2005)를 검토하여 이들 연구에서 사용된 클래스 수준 지수의 사용빈도를 조사하였다.

그 결과, 면적/밀도지수의 사용빈도가 54회로 가장 많았고, 중심지지수 29회, 모양지수 18회, 가장자리, 고립/접근, 접촉/산포지수가 각각 8회, 연결성이 1회의 순으로 나타났다. 각 범주별로 5회 이상 사용된 지수는 CA(녹지면적), PLAND(면적비), NP(패치수), PD(패치밀도), LSI(경관형태지수), LPI(최대패치지수), AREA\_MN(면적지수), ED(가장자리밀도), SHAPE\_MN(모양지수), TCA(총중심지면적), CPLAND(중심지면적비), CAI\_MN(중심지지수), ENN\_MN(최단거리), IJI(산포 및 병렬지수) 등 14개였으며, 대조 및 연결성 지수는 사용되지 않았다(지수에 대한 설명은 부록 1 참조). 이러한 결과는 국내의 경관지수 관련 연구에서 사용지수의 범주가 면적, 모양, 둘레, 중심지면적 등 개개 패치특성에 기초한 지수들에 한정되어 있음을 보여준다.

또한, 스케일 민감성이나 지수의 변별력 등을 고려하여 분석에 사용할 지수를 선정한 경우는 없었으며, 일부 유사지수 비교를 통해 지수를 선정한 안동만과 김명수(2003), 이응경(1998)의 연구를 제외하고는 대부분 기존 연구에서의 사용 여부 등을 기초로 분석에 사용할 경관지수 임의로 선정하였는데, 이렇게 선정된 지수들이 스케일 변화에 안정적인지를 검증해 볼 필요가 있다.

## III. 연구범위 및 방법

### 1. 연구대상지

분석대상지로는 서울 및 경기도 일부지역을 포함하는 약

영상 취득	· 1985년 10월 21일 · 1991년 10월 22일 · 1996년 9월 1일 · 2000년 9월 4일 · 2003년 5월 8일 (LandsatTM 및 ETM+)
영상 확인 및 전처리	· 구름, 안개 및 노이즈 확인 · 개별밴드값 분포 및 NDVI값 확인 · 기하보정(GCP 선정 10개소)
감독분류 및 필터처리	· 분류항목: 시가지지역, 산림지역, 하천 · 훈련지역(Training region) 지정 · 최대우도법 사용 · Majority filter
분류정확도	· 위색합성 영상 · 비오톱조사자료
리샘플링/범위지정	· 리샘플링: 30m 단위로 공간해상도 조정 · 범위: 가로, 세로 각 1km씩 조정. 각41개 영상
실험영상 구축 (공간해상도/대상지범위)	· 공간해상도: 30~600m까지 연도별로 각각 20장의 실험영상 구축 · 대상지범위: 연도별로 각각 41장의 실험 영상 구축 (최소면적 29,400ha, 최대면적 329,400ha)

그림 1. 공간해상도 및 대상지범위 실험영상 구축 과정

2,417km<sup>2</sup>(45.9×52.6km) 지역을 선정하였다. 파편화 정도에 따른 지수반응을 비교하기 위하여 해당지역의 1985, 1991, 1996, 2000, 2003년 등 5개 연도 인공위성 영상자료를 이용해 만든 해상도 변경자료 20개, 대상지 범위 변경자료 41개를 구축하였다. 1985~1996년은 Landsat TM, 2000년 및 2003년은 Landsat ETM+영상을 사용하였는데, 이들 영상의 해상도는 모두 30m이다. 이들 영상은 ERMapper(ver. 6.4)를 사용하여 기하보정 등 전처리 과정을 거쳤고, 감독분류를 통해 분석에 사용할 피복분류도면을 작성하였다. 분류 항목은 산지(초지 포함)<sup>3)</sup>/시가지/하천으로 설정하고, 김현옥(1999)의 연구결과를 참고로 2, 3, 4, 5, 7번 밴드를 이용해 감독분류하였으며, 필터(majority filter)를 사용하여 미세 패치를 제거하였다. 분류결과를 서울시 비오톱자료와 1차 비교 검증하고, 위색합성도면과 비교하여 오분류를 확인하였다.

우선 공간해상도 민감성 분석을 위해 5개 연도 영상에 대해 각각 픽셀 크기 30m 단위로 리샘플링하여 공간해상도 30~600m까지 연도별 20여장씩, 총 100여장의 실험영상을 구축하였다. 1개 연도 자료만을 이용한 분석에서는 대상지 특성에 따라 다른 결과가 도출될 수 있으므로 파편화 정도에 따른 지수 반응 차이를 비교하기 위하여 총 5개 연도 실험영상을 구축하였다. 리샘플링 과정을 통해 영상의 가로 픽셀수는 공간해상도 30m일 때 초기 1,531개에서 공간해상도 600m일 때 76개로 줄어들었고 형태의 왜곡도 심하게 나타났다(그림 2 참조).

대상지 범위에 대한 민감성 분석을 위해서는 공간해상도 민감성 분석과 마찬가지로 5개 연도 영상에 대해 대상지 범위가

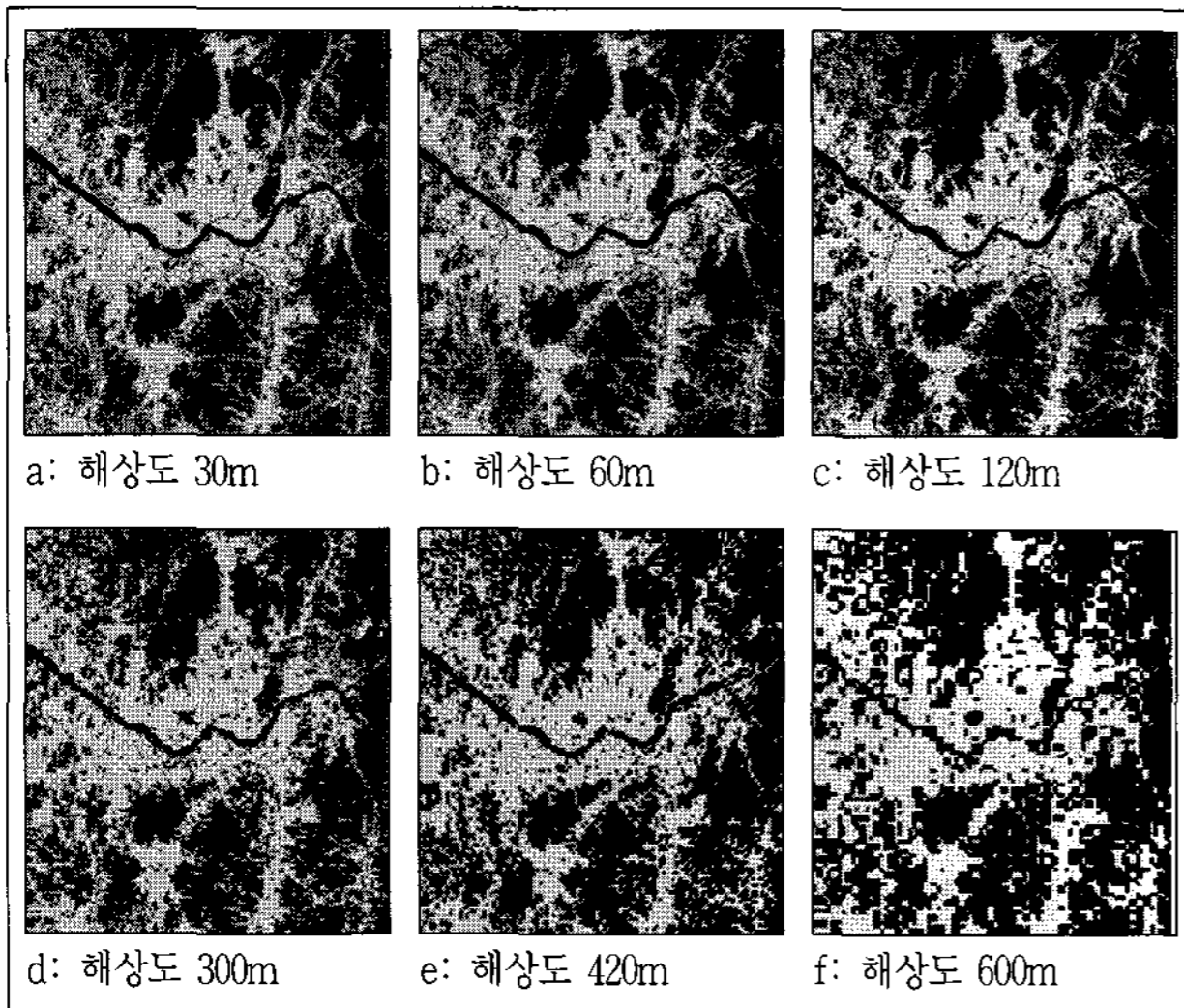


그림 2. 공간해상도 실험영상(2003년 Landsat ETM+ 영상 예)

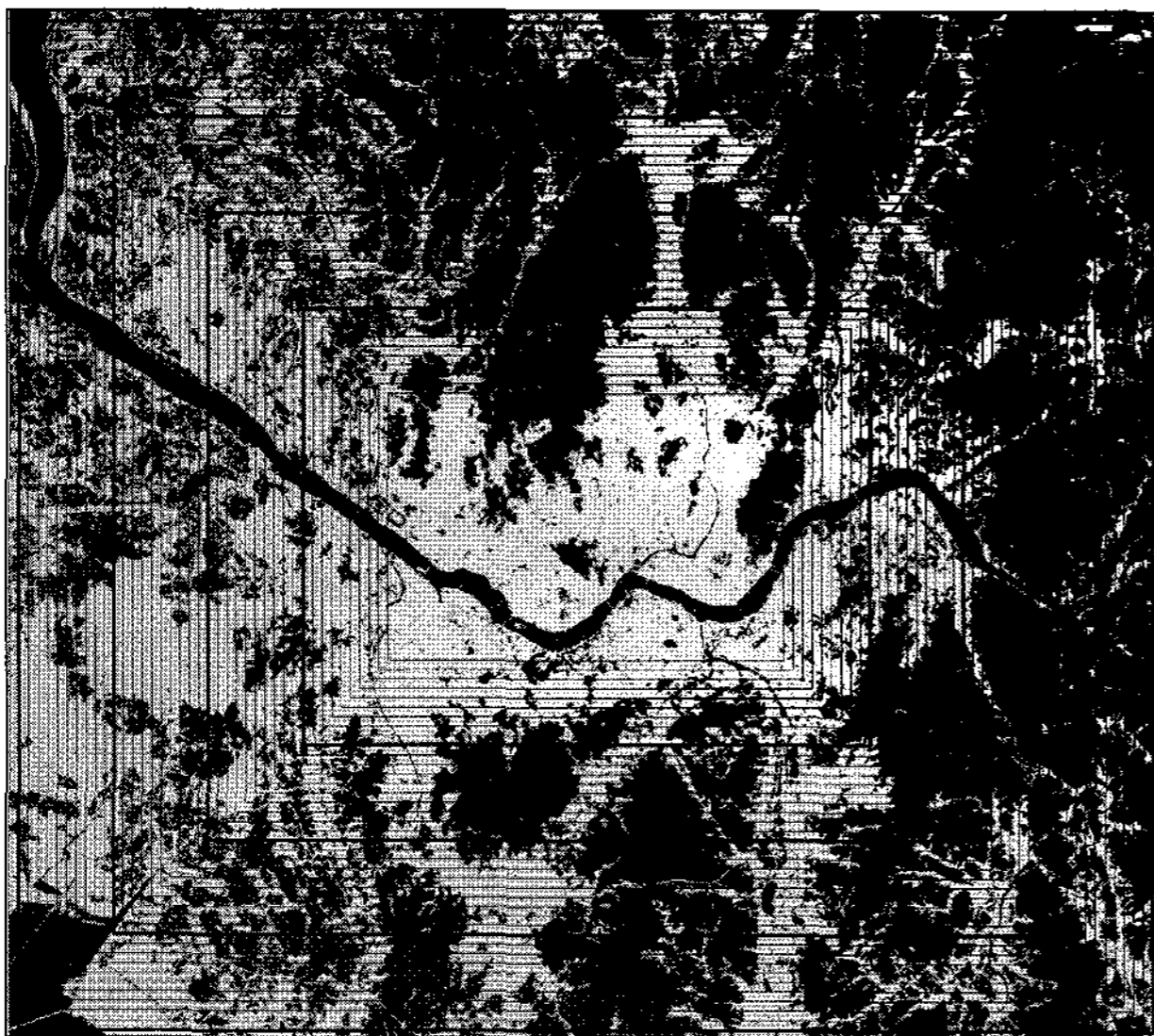


그림 3. 대상지범위 실험영상(2003년 Landsat ETM+ 영상 예)  
검정색 사각형이 41개 대상지범위를 나타낸 것임

로 및 세로길이를 각 1km씩 증감하여 연도별로 각각 41장씩, 총 205장의 실험영상을 구축하였다. 실험영상의 최소면적은 29,400ha(가로 21km×세로 14km)였고, 최대면적은 329,400ha(가로 61km×세로 54km)였다. 최소범위는 남산, 북한산과 아차산 일부를 포함하는 도심지역 영상이고, 최대범위 영상은 분당과 일산지역 등 경기도 지역까지 포함하는 영상이었다(그림 3 참조).

## 2. 실험대상 경관지수

분석대상 지수는 기존 선행연구에서 이용빈도가 높은 것으로 나타난 지수산출 프로그램인 FRAGSTATS(ver. 3.3)<sup>4)</sup> 탐

재된 클래스 수준(class level) 지수로 한정하였다.

클래스 수준 지수는 피복유형별 패치들의 집단적 특성을 나타내는데, 본 연구에서는 클래스 지수 중 경관 분포(configuration) 패턴을 나타내는 면적/밀도, 가장자리, 모양, 중심지, 고립/접근, 대조, 접촉 및 산포, 연결성 등 8가지 범주 54개 지수를 분석하였다. 평가속성에 따라 경관지수를 구분하여 지수 특징을 정리하면 부록 1과 같다.

## 3. 분석방법

모든 경관지수는 공간해상도 및 대상지 범위의 변화에 따라 다소의 변이를 보인다. 그런데, 만약 그 변이가 일관성있게 나타난다면 큰 문제가 되지 않지만, 스케일 민감성이 높은, 즉 스케일 변화에 따라 불규칙한 변이를 보이는 지수는 분석결과를 오도할 우려가 있다. 본 연구에서는 다양한 스케일변화에 각 경관지수가 어떻게 변화하는가를 측정하고, 회귀분석을 이용하여 지수의 안정성을 검증하였다. 즉, 산출된 경관지수를 종속변수로, 공간해상도 및 대상지범위를 독립변수로 설정하여 회귀분석을 하고, 회귀식의 결정계수( $R^2$ )를 기준으로 경관지수의 스케일 안정성을 판단하였다.

먼저 공간해상도 실험영상 20개와 대상지범위 실험영상 41개를 대상으로 산림 클래스에 대해 지수값을 계산하고, 5개 연도에 대해 각각 선형 및 비선형 회귀식을 추정하여 회귀식의 결정계수를 도출하였으며, 총 10개 자료 모두에서 결정계수 0.9 이상인 지수를 안정적인 지수로 구분하였다.

실험대상 지수 중 중심지지수의 경우 가장자리깊이를 지정해 주어야 하는데, 공간해상도 민감성 실험에서 해상도의 범위는 30~600m로 그 차이가 너무 크기 때문에, 일정한 가장자리 깊이를 지정하기는 어렵다. 이러한 이유로 중심지지수는 공간해상도 실험에서 제외하였으며, 대상지 범위 변경에 대한 민감성만 측정하였다. 이들 지수는 면적지수 및 패치수와 같은 패턴을 보이는 것으로 간주하였다.

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 피복분류 결과

지수 민감성 분석에 앞서 5개 실험대상지역의 공간적 분포 특성을 산림 클래스를 중심으로 살펴보았다. 우선 전체 대상지

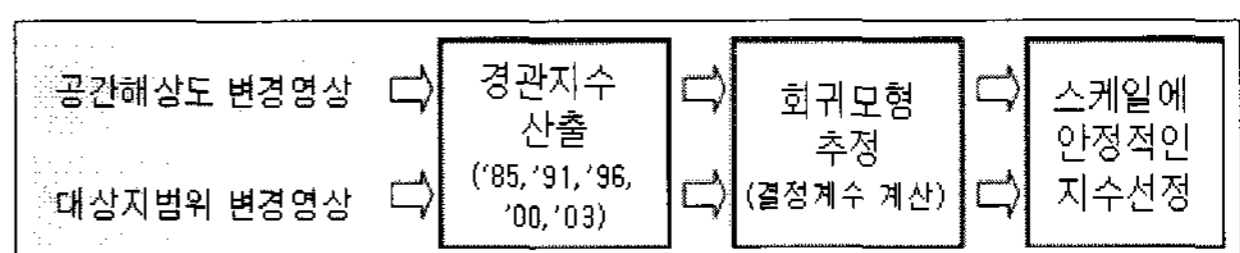


그림 4. 경관지수의 스케일 민감성 분석과정

중 산림지역 비율은 1985년 73.9%, 1991년 69.4%, 1996년 56.3%, 2000년 55.5%, 2003년 54.3%로 변화하였는데, 시간이 경과함에 따라 산림면적은 감소되고 패치수가 증가되는 경향이 두드러지게 나타났다. 즉, 산림면적은 1985년 178,535ha에서 2003년 131,128ha로 47,407ha가 감소한 반면, 패치수는 1985년 4,840개에서 2003년 11,701개로 6,861개가 증가하여 뚜렷한 면적 감소와 동시에 단편화 경향을 보였다(그림 5, 표 1 참조).

실험 대상지 중 서울지역은 80년대 이전에 대규모 개발사업이 진행되어 실험대상 기간에서는 피복분류상 큰 변화가 없었던 반면, 경기도 지역에서는 분당, 일산, 평촌, 산본, 중동 등 신도시 개발을 비롯하여 각종 개발사업이 계속 시행되어 산림지역을 중심으로 심한 피복유형 변화가 나타남을 확인할 수 있었다.

2. 스케일 민감성 분석결과

‘경관지수-공간해상도’ 및 ‘경관지수-대상지범위’ 간의 회귀식 추정을 통해 경관지수의 스케일 민감성을 분석한 결과, 클래스 수준 54개 지수 중 19개가 스케일 변화에 안정적인 것으로 나타났다. 해당지수로는 면적 및 밀도지수 중 NP, PD, LSI, AREA\_MN, AREA\_SD 등 5개, 가장자리 지수 중 TE, 모양지수 중 PARA\_AM, FRAC\_AM, CONTIG\_AM 등 4개, 중심지 지수 중 NDCA, CORE\_MN, DCORE\_MN 등 3개, 고립 및 접근 지수 중 ENN\_MN, ENN\_AM 등 2개, 대조지수 중 TECL, 접촉 및 산포지수 중 PLADJ, AI 등 2개, 연결성 지수 중 COHESION 등이다.

표 2의 분석결과를 보면, 공간해상도 변화에서 안정적인 지수는 27개, 대상지 범위에 안정적인 지수는 33개로 대상지 범위 변화에 안정적인 지수의 수가 더 많았다. 주목할 만한 점은 녹지량과 같이 비공간적 정보를 제공하는 지수 중에서도 해상도에 민감한 지수가 있다는 것인데, 파편화 정도에 상관없이 5개 연도 영상 모두에서 이러한 결과가 나타났으며 이는 Wu(2004)의 연구결과와도 일치한다. 모양지수, 중심지지수, 접촉 및 산포지수 중 많은 지수가 스케일에 민감한 것으로 나타났다. 단, 중심지지수는 가장자리 깊이 설정 문제 때문에 공간해상도 변화에 대한 지수반응 분석은 하지 않았으며, 이들의 반응패턴은 지수 산출식을 근거로 면적 및 밀도지수 중 유사한 지수반응을 따르는 것으로 간주하였다.

분석결과에서 스케일 변화에 따른 지수반응 곡선은 파워함수 형태가 주를 이루었으며, 기타 선형이나 로그함수 형태를 나타냈다(그림 6 참조).

경관지수 민감성에 대해서 반복적인 연구(Frohn, 1998; Frohn et al., 1996; Li et al., 2005; Saura, 2002, 2004; Saura & Martines-Millan, 2000; Shen et al., 2004; Wu, 2004; Wu et al., 2000; 2002)가 필요한 이유는 연구대상지의 공간분포 패

표 1. 실험대상 영상 산림클래스의 면적, 비율, 패치수 현황

연도	산림지역면적(ha)	산림지역비율(%)	패치수(개)
1985	178,535	73.9	4,840
1991	167,792	69.4	6,565
1996	136,143	56.3	8,439
2000	134,022	55.5	8,434
2003	131,128	54.3	11,701

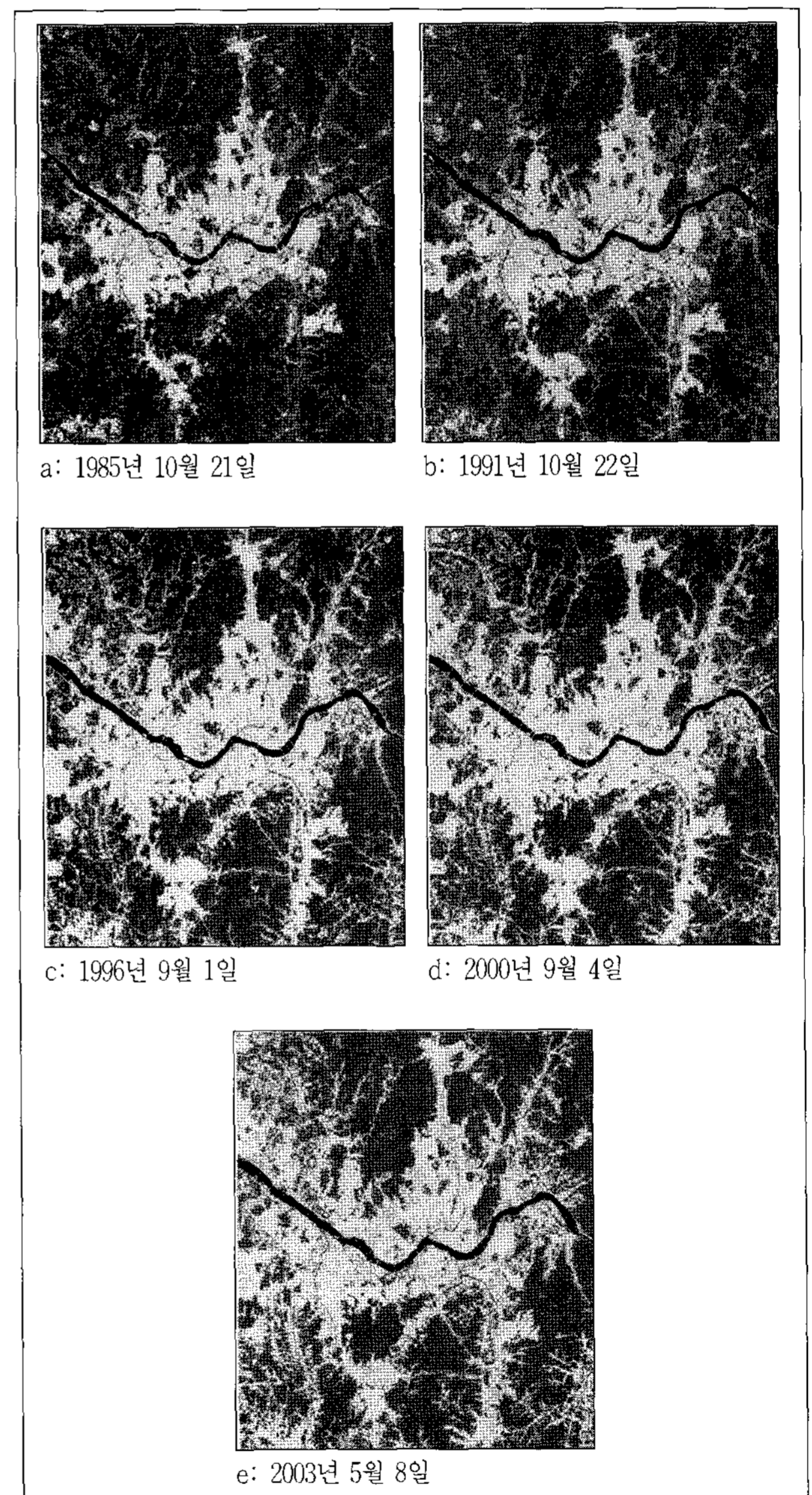


그림 5. 실험대상지역 감독분류 결과

턴, 특히 단편화 정도가 다르기 때문이다(Frohn and Hao, 2006). 예를 들어 미국 산림지역을 대상으로 스케일 민감성을 분석한 Wu(2004)의 결과와 본 연구의 결과를 비교해 보면, LPI, PD, AREA\_MN, FRAC\_AM 등에서 상이한 결과가 도출되었는

표 2. 경관지수의 스케일 민감성 분석 결과

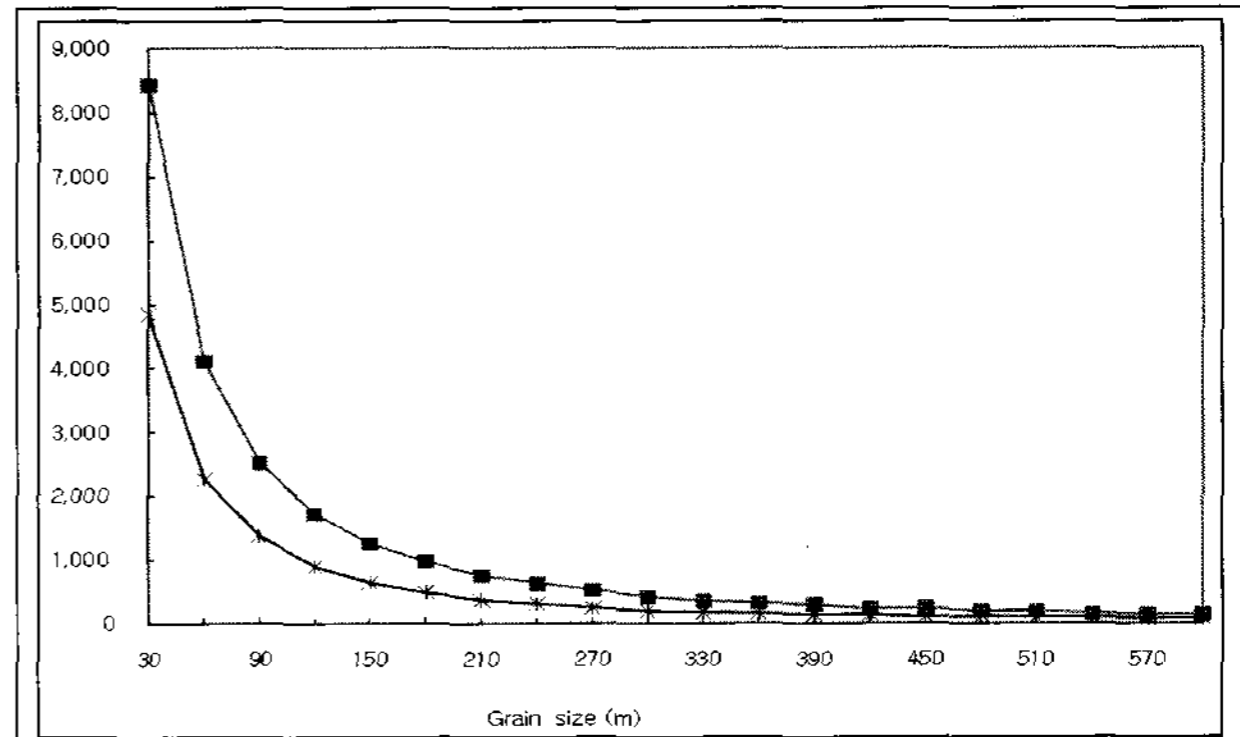
구분	지수명	결정계수(R <sup>2</sup> )*		함수형태**	
		해상도	대상지범위	해상도	대상지범위
면적/ 밀도	CA	×	○	-	POW
	PLAND	×	○	-	LOG
	NP	○	○	POW	LIN
	PD	○	○	POW	POW
	LSI	○	○	POW	LOG
	nLSI	○	×	LOG	-
	LPI	×	×	-	-
	AREA_MN	○	○	POW	LIN,
	AREA_AM	×	○	-	-
	AREA_SD	○	○	POW	POW
	GYRATE_MN	○	×	LIN,	-
	GYRATE_AM	×	○	-	LIN
가장 자리	TE	○	○	POW	POW
	ED	○	×	POW	-
모양	PAFRAC	×	×	-	-
	PARA_MN	○	×	POW	-
	PARA_AM	○	○	POW	POW
	SHAPE_MN	×	×	-	-
	SHAPE_AM	○	○	POW	LIN
	FRAC_MN	×	×	-	-
	FRAC_AM	○	○	POW	POW
	CIRCLE_MN	×	×	-	-
	CIRCLE_AM	×	×	-	-
	CONTIG_MN	×	×	-	-
CONTIG_AM	○	○	POW	LOG	
중심 지***	TCA	×	○	-	POW
	CPLAND	×	○	-	LOG
	NDCA	○	○	-	LIN
	DCAD	×	×	-	-
	CORE_MN	○	○	-	LIN
	CORE_AM	×	○	-	POW
	DCORE_MN	○	○	-	LIN
	DCORE_AM	×	○	-	POW
	CAI_MN	○	×	-	-
	CAI_AM	×	○	-	LOG
고립/ 접근	PROX_MN	×	○	-	POW
	PROX_AM	×	×	-	-
	SIMI_MN	×	○	-	POW
	SIMI_AM	×	×	-	-
	ENN_MN	○	○	LIN	LIN
ENN_AM	○	○	LIN	LIN	
대조	CWED	○	×	POW	-
	TECI	○	○	LIN	LOG
	ECON_MN	×	×	-	-
	ECON_AM	○	×	LIN	-
접촉/ 산포	PLADJ	○	○	LOG	LOG
	CLUMPY	○	×	LOG	-
	AI	○	○	LOG	LOG
	IJI	×	×	-	-
	DIVISION	×	×	-	-
	SPLIT	×	○	-	POW
	MESH	×	○	-	POW
연결성	COHESION	○	○	LIN	LOG
	CONNECT	×	○	-	POW

\*: 결정계수 0.9 이상: ○, 0.9 미만: ×

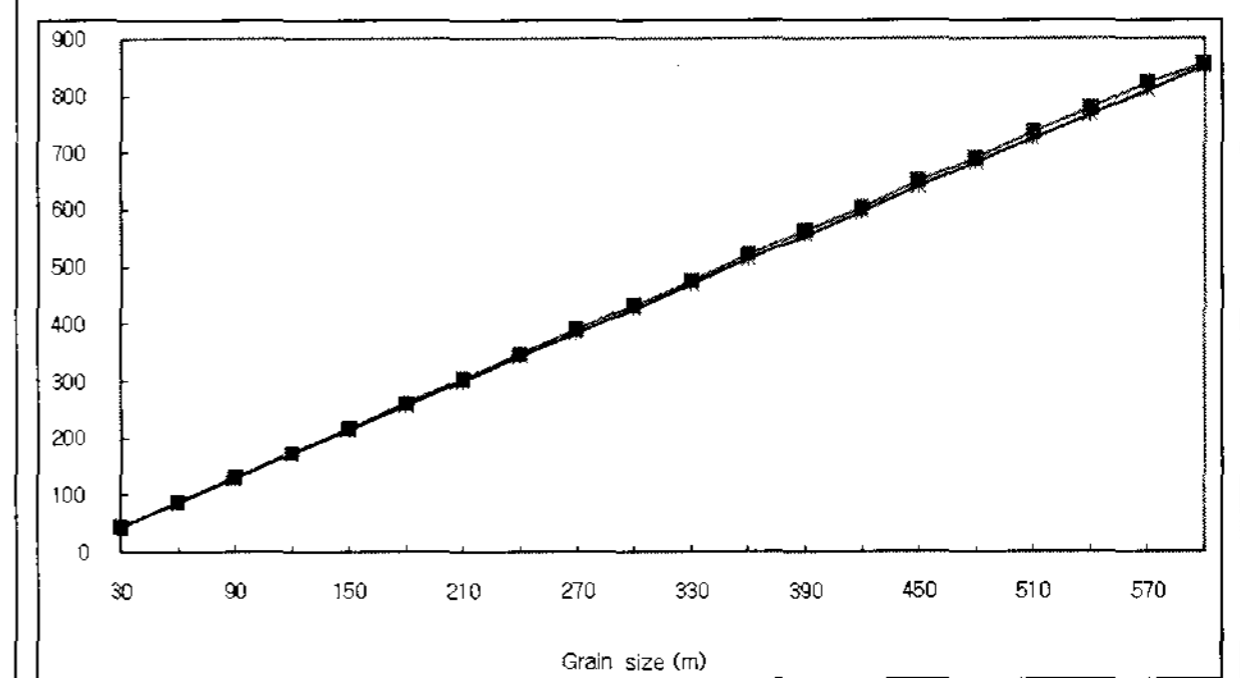
\*\* : POW(파워함수,  $f(x) = ax^\beta$ ), LIN(1차함수,  $f(x) = ax + \beta$ ),

LOG(로그함수,  $f(x) = a \ln x + \beta$ )

\*\*\*: 중심지 지수의 공간해상도 민감성은 유사 지수의 결과로 대체함.



a: 파워함수형태(감소형, NP): R<sup>2</sup>=1, CV=1.7



b: 일차함수형태(ENN\_AM): R<sup>2</sup>=1, CV=0.56

그림 6. 해상도에 따른 지수 반응 곡선

범례: —■— 00, —\*— 85

데, 이는 분석대상지의 공간적 특성에 기인한 것으로 우리나라 도시의 공간적 분포패턴이 복잡하고, 산림지역 분포가 도심의 광에 환상형으로 집중분포하고 있어 대상지 변화에 따라 예측 가능한 형태의 양적증가를 보인 것에 기인한 결과로 판단된다.

스케일 변화에 따른 지수의 반응패턴을 보면, 해상도 분석의 경우 해상도 30~60m 사이의 지수 변동폭이 가장 컸으며, 해상도 120m 이상에서는 큰 변동이 없었다. 일례로 그림 7의 근접성 측정지수 SIMI\_AM 분석결과는 녹지면적이 넓고 파편화가 덜한 1985년의 데이터에 대해서는 예측 가능한 반응을 보인 반면, 녹지

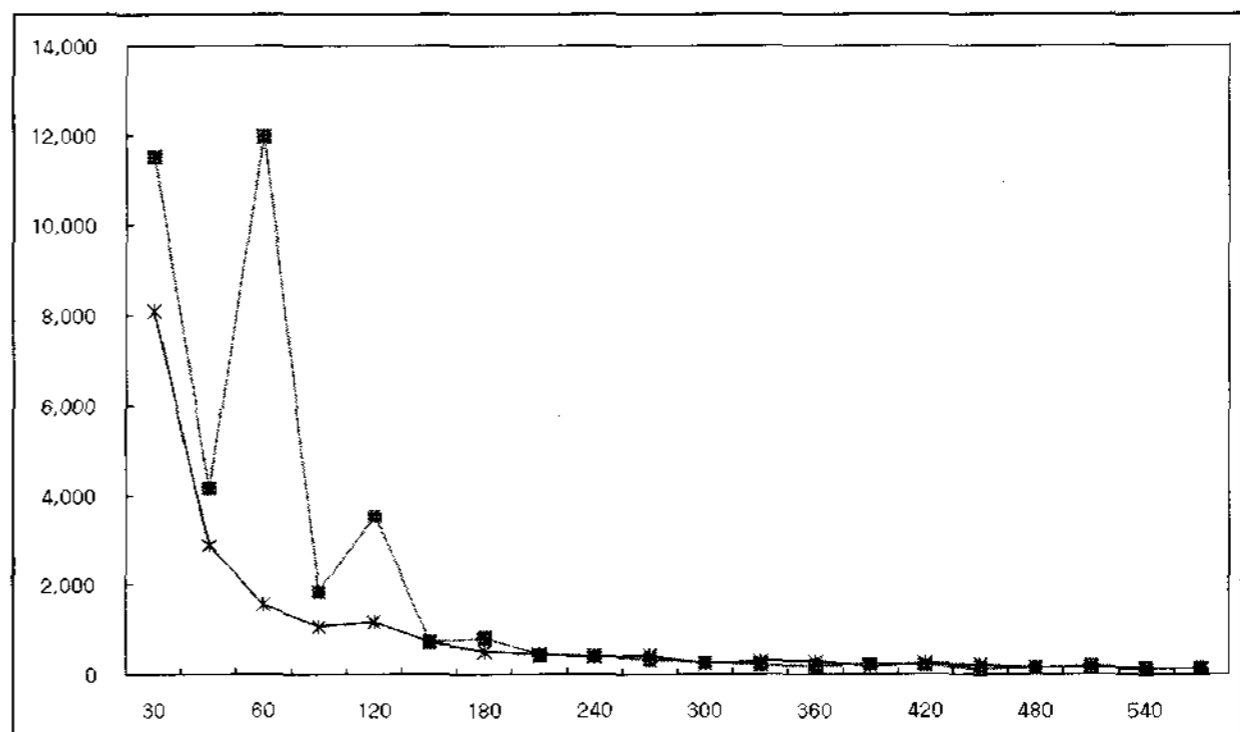


그림 7. 공간해상도에 따른 지수반응 패턴

범례: —■— 00, —\*— 85

면적이 줄어들고 파편화가 심한 2000년은 해상도 30~120m 범위에서 지수값이 매우 큰 폭으로 변화하는 것을 확인할 수 있다.

대상지 범위에 따른 녹지비율을 기초로 지수 반응의 특징을 살펴보면, 일부 지수에서 녹지비율에 따라 지수반응이 다르게 나타남을 확인할 수 있다. 5개 연도의 녹지면적비율은 최소 18%~최대 70%인데, 녹지면적을 40~50%를 경계로 지수반응패턴이 바뀌는 것으로 나타났다. 대부분 지수들이 40% 이하에서는 선형적 반응패턴으로 보였고, 이후에는 거의 변화가 없거나 40~50%를 경계로 U 또는 ∩형태의 변화가 나타났다(그림 8 참조). 이는 단편화 정도에 따른 지수반응 패턴을 비교하여 단편화 비율<sup>5)</sup>  $p=0.4$  이하의 약한 교란에서는 지수가 선형적 패턴을 보이고 그 이상 강한 교란강도에서는 비선형적 관계가 나타남을 밝힌 Hargis et al.(1998)의 연구결과와 비교되는 결과로서, 지수선택에 있어서 대상지의 녹지율도 고려되어야 한다는 점을 보여준다.

단편화 정도에 따른 지수 민감성을 비교하기 위해 5개 연도 영상을 대상으로 지수의 스케일 민감성을 분석한 결과, 타 연도에 비해 1991년과 2003년에서 대상지 범위에 다른 스케일에 민감한 지수의 개수가 높게 나타났다(표 3 참조).

이는 두 영상 모두 소규모 패치의 빈도가 높은 특징을 가지고 있기 때문으로 생각되는데, 해상도의 경우 리스케일 과정에서 소규모 패치들이 제거되어 이들의 영향이 크지 않았으나, 대상지범위의 경우 소규모 패치의 빈도가 모양지수, 접촉 및 산포지수 등에 영향을 미친 것으로 보인다.

한편, 2장에서 검토된 우리나라 관련연구에서 사용빈도가 높은 지수의 스케일 안정성을 검증해 보면, 기존 연구에서 5회 이

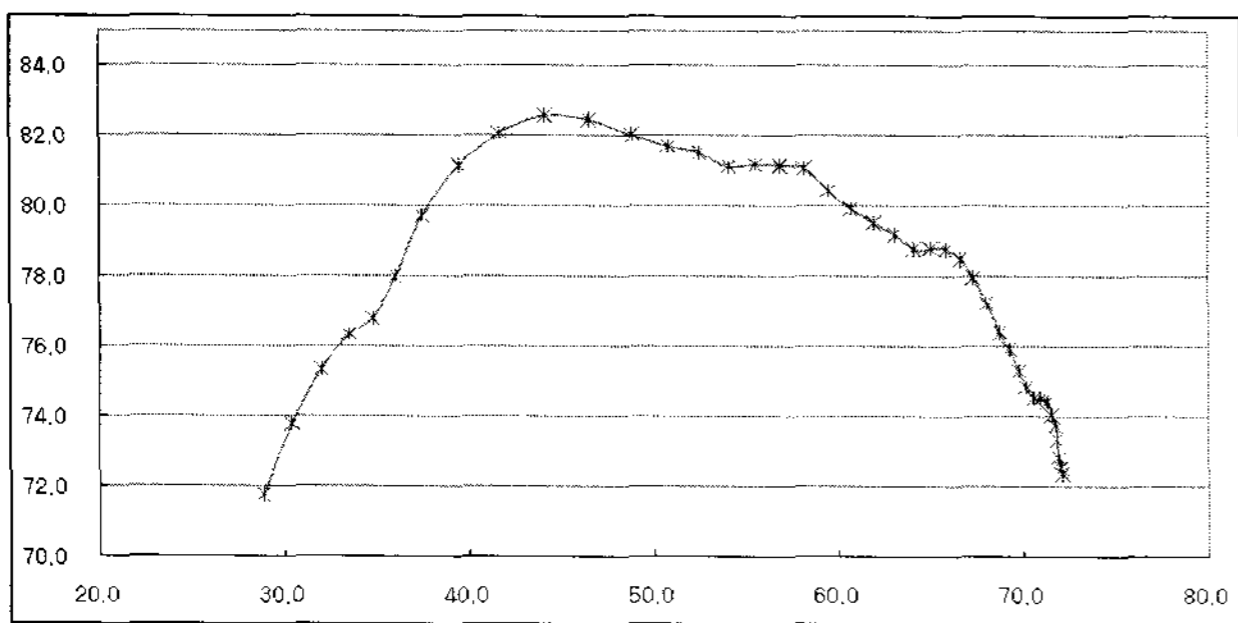


그림 8. 녹지비율에 따라 ∩형 반응을 보이는 ED지수  
범례: —\*— 85

표 3. 실험대상 영상별 스케일 안정성 높은 지수 개수

연도	소계(개)	공간해상도(개)	대상지범위(개)
1985	69	33	36
1991	62	33	29
1996	69	35	34
2000	71	34	37
2003	62	33	29

표 4. 사용빈도 5회 이상 지수와 스케일 안정성 높은 지수 비교

구분	사용빈도 5회이상 지수	스케일 안정성 높은 지수
면적/밀도	CA	
	PLAND	
	NP*	NP*
	PD*	PD*
	LSI*	LSI*
	LPI	
	AREA_MN*	AREA_MN*
	AREA_AM	AREA_SD
가장자리	ED	TE
모양	SHAPE_MN	PARA_AM
	SHAPE_AM*	SHAPE_AM*
		FRAC_AM
		CONTIG_AM
중심지	TCA	NDCA
	CPLAND	CORE_MN
		CORE_AM
		DCORE_MN
		DCORE_AM
	CAI_MN	CAI_AM
고립/접근	ENN_MN*	ENN_MN*
		ENN_AM
		PROX_MN
		SIMI_MN
대조		TECI
접촉/산포	IJI	PLADJ
		AI
연결성		COHESION

\*: 기존 연구의 사용빈도도 높고 스케일 안정성도 높은 지수

상의 사용빈도를 보인 16개 지수 중 NP, PD, LSI, AREA\_MN(이상 면적 및 밀도지수), SHAPE\_AM(모양지수), ENN\_AM(고립 및 접근지수) 등 6개 지수만이 스케일 변화에 안정적인 것으로 나타났다(표 4 참조).

또한, 가장자리 지수의 경우 사용빈도가 높은 ED보다는 TE가 스케일 변화에 더 안정적인 것으로 나타났고, 접촉 및 산포 지수의 경우에도 사용빈도가 높은 지수 IJI보다 PLADJ, AI 지수 등이 스케일 변화에 보다 안정적인 것으로 나타나 이들 지수가 우리나라 경관지수의 분석에 보다 안정적인 결과를 보이는 것으로 확인되었다.

## V. 결론

서울시처럼 복잡한 생태경관을 분석함에 있어 분석방법의 일관성이 중요하며, 이를 위해서는 스케일 변화에 안정적인 지

수를 선별하여 녹지평가 및 계획에 적용하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 유사한 정보를 제공하는 경관지수 중 피복유형이 복잡한 지역의 녹지평가에 좀 더 안정적인 지수를 구별해 볼 필요가 있다는 점에 착안하여 스케일 민감성 분석을 통해 우리나라 대도시 녹지구조에 맞는 경관지수를 선정하고자 하였다.

도시녹지를 평가하는 수단으로서 경관지수가 갖추어야 할 조건은 스케일 변화에 안정적이어야 하며, 서로 다른 공간에 대한 변별력이 높아야 하고, 연구목적에 적합해야 한다는 것이다. 최근 관심이 높아지고 있는 가변 공간단위 문제(MAUP) 연구에서 밝혀진 바와 같이 스케일은 분석결과에 큰 영향을 미치는 중요 요인으로서 스케일 안정성은 경관지수가 갖추어야 할 기본 요건에 해당된다.

본 연구에서는 스케일 변화를 해상도와 대상지 범위 등 두 가지로 구분하여 이에 대한 지수 민감성을 분석하였다. 단편화와 연관되어 있는 것으로 알려진 클래스 수준 지수 총 54개를 분석한 결과, 8개 범주 19개 지수를 스케일에 안정적인 지수로 선정하였다.

스케일 변화뿐 아니라 단편화 경향과 피복 형태의 복잡성 등 다른 요인들도 지수 안정성에 영향을 미친다. 본 연구에서 5개 연도 자료를 이용하여 분석한 결과를 보면, 단편화 정도에 따라 지수의 민감성에 차이가 나타나며, 지수의 비선형적 특징과 관련하여 녹지면적비율 40~50%를 기준으로 지수반응 패턴이 바뀌는 현상이 발견되었다.

기존 국내 관련연구에서 빈번히 이용된 경관지수들의 안정성을 검토해 보면, 16개 지수 중 6개가 우리나라 대도시와 같이 복잡한 경관특성을 보이는 지역에서 안정적인 결과를 도출하는 것으로 나타났는데, 이는 우리나라의 경관특성에 맞는 지수를 선별 사용할 필요가 있음을 보여주고 있으며, 단편화의 정도 및 녹지비율 등에 따라 세심한 지수의 선정이 필요함을 보여주고 있다. 이러한 결과들은 앞으로 경관지수를 이용한 연구에 중요한 시사점을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

향후 연구에서는 본 연구에서 분석된 지수들 외의 다른 경관지수까지 분석대상을 확대할 필요가 있으며, 내용면에서도 지수 분석에 영향을 미치는 것으로 알려진 대상지 방향, 리스케일 방법, 피복 항목수, 필터링 방법 등에 따른 차이 등을 검토해 볼 필요가 있다. 경관지수에 기본적인 특성에 대한 이러한 연구들은 경관지수 특성에 대한 이해를 높여, 경관지수의 활용 폭을 넓히는데 기여할 것으로 기대된다.

주 1. MAUP(Modifiable Areal Unit Problem)는 '가변공간단위문제'라고 번역되며(오충원, 2002), Openshaw와 Taylor(1981)에 의해 생성된 용어로, 연구에 이용되는 공간단위의 선택은 기본적으로 작위적(공간단위의 수정가능성)이며, 연구결과는 이용된 공간크기에 영향을 받아 분석결과들이 달라진다는 것임(국토연구원, 2003).

주 2. 경관생태학에서는 공간을 패치(patch), 클래스(class), 경관(land-

scape) 등 3단계로 구분함. 개별 단위녹지 등 동일 피복유형의 인접픽셀들의 덩어리를 패치라 하고(Antrop & Eetvelde, 2000), 같은 피복유형의 패치 전체를 클래스, 대상지 전체를 경관이라 하며 이들 각 위계별로 공간자료의 기하학적 공간적 분포특성을 측정하는 경관지수가 개발됨(McGarigal, 2002).

- 주 3. 피복분류시 산림과 초지의 파장특성이 다르므로 우선 산림과 초지로 분류하고 분류 후 초지를 산림지역에 포함시킴.
- 주 4. 미내무성과 오래곤 주립대학이 공동으로 개발한 공간분석 프로그램으로, 이질적이고 다양한 구성요소(토지이용, 지표피복)로 표현되는 경관의 공간구조를 다양한 수치자료로 계산하는 프로그램임. 1995년 McGarigal & Marks가 제안한 이래 수차례 개량되어 생태적 과정을 예측하는데 적합하게 보완되었으며, 벡터자료와 래스터 자료를 위한 두 가지 버전이 개발됨. 현재 래스터용의 경우 버전 3.3이 이용되고 있음. 경관지수를 계산해 주는 프로그램은 FRAGSTATS 외에 SIMMAP(Saura & Martinez-Millán, 2000), Rule(Gardner, 1999), Patch Analyst(Elkie et al., 1999), APACK(Mladenoff & DeZonia, 2001) 등 여러 가지가 있으나, FRAGSTATS가 사용빈도가 높고 탑재된 지수 종류도 가장 많음.
- 주 5. Hargis et al.(1998)은 경관의 단편화 정도에 따른 지수반응을 계산하는 모의실험에서 0.3~0.7까지 단편화 정도(p)가 다른 경관을 구성하고, 각 경관에 대한 지수를 측정하여 단편화에 따른 경관지수 반응 특성을 분석함. 단편화정도(p)는 교란강도라고도 하며 전혁교란이 일어나지 않은 경관에서는 0의 값을 가지고, 1에 가까워질수록 교란이 심한 것으로 설정.

## 인용문헌

1. 국토연구원(2003) GIS 기반 공간분석방법론 개발 연구.
2. 김현옥(1999) 도시산림 분석을 위한 인공위성 영상자료의 분류기법 연구. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
3. 김훈희, 심우경, 이진희(1999) 도농통합지역의 녹지환경정비모델에 관한 연구 2 - 천안의 녹지구조변화를 중심으로 -. 한국조경학회지 26(4): 105-112.
4. 박경훈, 정성관, 이현택, 오정학, 김경태(2004) 금호강 유역 산림의 경관 생태적 패턴분석. 한국지리정보학회지 7(3): 22-34.
5. 박소운(2003) GIS를 활용한 산림생태계 평가에 있어 경관지수 기법의 적용방안. 대구가톨릭대학교 석사학위논문.
6. 손학기, 김원주, 박종화(2000) GIS 공간유형분석 모형을 이용한 경관 규모 생태계의 평가기법. 한국GIS 학회지 8(2): 233-241.
7. 안동만, 김명수(1996) 도시공원의 경관생태학적 분석 - 폐취의 형태지수와 분산도 분석을 중심으로. 한국조경학회지 23(4): 12-19.
8. 안동만, 김명수(2003) 환경친화적인 도시공원녹지계획 연구. 한국조경학회지 31(1): 34-41.
9. 오정학, 박경훈, 정성관, 이종원(2005) 경관 매트릭스를 이용한 금호강 유역 산림경관의 시·공간적 변화탐지. 한국지리정보학회지 8(2): 81-94.
10. 오충원(2002) 가변적 공간 단위의 문제를 고려한 지가 변동의 시공간 분석. 한국GIS학회지 10(2): 185-199.
11. 이상우(2003) 최근 미국 조경생태학의 새로운 연구동향과 전망 (1) : 지리생태학적 접근방법의 대두. 환경과 조경 2003년 2월호.
12. 이상우, 윤은주, 이인성(2004) 경관생태지수 사용에 대한 고려사항과 문제점에 관한 고찰. 한국조경학회지 32(5): 73-83.
13. 이응경(1998) Trend of forest fragmentation in the lower region of the Han River basin. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
14. 정성관, 오정학, 박경훈(2002a) 토지이용변화에 따른 경산시의 경관구조 분석. 한국지리정보학회지 5(3): 9-18.
15. 정성관, 박경훈, 오정학(2002b) 낙동강 유역의 선형개발사업이 산림 단편화에 미치는 영향. 환경영향평가 11(3): 117-127.
16. 정성관, 오정학, 박경훈(2003) 도시경관계획수립을 위한 경관과편화에 관한 연구. 한국지리정보학회지 6(3): 11-20.



17. 정종철(1999) 식생지수에 의한 경관파편화의 해석기법. 한국지리정보학회지 2(3) :16-22.

18. 최원영, 정성관, 박경훈, 오정학, 유주한, 김경태(2005) 대구광역시권의 시·공간적 경관구조 변화패턴 분석. 한국지리정보학회지 8(2) : 175-185.

19. Antrop, M. and V. V. Eetvelde(2000) Holistic aspects of suburban landscapes: visual image interpretation and landscape metrics. Landscape and Urban Planning 50: 43-58.

20. Cain, D. H., K. Riitters and K. Orvis(1997) A multi-scale analysis of landscape statistics. Landscape Ecology 12: 199-212.

21. Elkie, P., R. Rempel and A. Carr(1999) Patch analyst user's manual(NWST Technology Manual TM-002). Ontario.

22. Frohn, R. C.(1998) Remote sensing for landscape ecology: New metric indicators for monitoring, modeling, and assessment of ecosystem. Lewis Publishers, New York, NY.

23. Frohn, R. C., K. C. McGwire, V. H. Dale and J. E. Estes(1996) Using satellite remote sensing analysis to evaluate a socio-economic and ecological model of deforestation in Rondonia, Brazil. International Journal of Remote Sensing 17(16) : 3233-3255.

24. Frohn, R. C. and Y. Hao(2006) Landscape metric performance in analyzing two decades of deforestation in the Amazon Basin of Rondonia, Brazil. Remote Sensing of Environment 100: 237 ? 251.

25. Gardner, R. H.(1999) RULE: map generation and a spatial analysis program. In: Klopatek J. M., Gardner R. H. (Eds.), Landscape ecological analysis: Issues and applications. Springer, New York.

26. Griffith, J. A., E. A. Martinko and K. P. Price(2000) Landscape structure analysis of Kansas at three scales. Landscape and Urban Planning 53 : 45-61.

27. Hargis, C. D., J. A. Bissonette and D. L. Turner(1998) The influence of forest fragmentation and landscape pattern on American Martens. Journal of Applied Ecology 36: 157-172.

28. Li, H. and J. Wu(2004) Use and misuse of landscape indices. Landscape Ecology 19: 389-399.

29. Li, X., H. S. He, R. Bu, Q. Wen, Y. Chang, Y. Hu and Y. Li(2005) The adequacy of different landscape metrics for various landscape patterns. Pattern Recognition 38: 2626-2638.

30. Mcgarigal, K. and B. Marks(1995) FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report PNW-GTR-351, USDA, Pacific Northwest Research Station.

31. McGarigal, K.(2002) Landscape pattern metrics. Encyclopedia of environmentrics Vol. 2: 1135-1142. John Wiley & Sons, Sussex, England

Openshaw, S. and P. J. Taylor, 1981, The modifiable areal unit problem. In: Quantitative geography: A British view. Edited by N. Wrigley and R. Bennett. Routledge and Kegan Paul, London.

32. Mladenoff, D. J. and B. DeZonia(2001) APACK 2.22. Software User's Guide. Department of Forest Ecology and Management, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI., Available online at: <http://landscape.forest.wisc.edu/projects/APACK/apack.html>. Morrison M.A. and HallOpenshaw., S., A 1977, geographic solution to scale and aggregation problems in region building, partitioning and spatial modeling. Institute of British Geographers, Transactions 2. pp.459-472.

33. Openshaw, S.(1977) "A geographical solution to scale and aggregation problems in region-building, partitioning and spatial modeling". Transactions of the Institute of British Geographers, New Series 2, pp. 459-472

34. Openshaw, S. and P. J. Taylor(1981), The modifiable areal unit problem. In: Quantitative geography: A British view. pp. 60-69. Edited by N. Wrigley and R. Bennett. Routledge and Kegan Paul, London.

35. Ricotta, C., P. Corona and M. Marchetti(2003) Beware of contagion. Landscape and Urban Planning 62: 173-177.

36. Saura, S. and J. Martinez-Millán(2000) Landscape patterns simulation with a modified random clusters method. Landscape Ecology 15(7) : 661 - 78.

37. Saura, S.(2002) Effects of minimum mapping unit on land cover spatial configuration and composition. International Journal of Remote Sensing 23(22) : 4853 - 4880.

38. Saura, S.(2004) Effects of remote sensor spatial resolution and data aggregation on selected fragmentation indices. Landscape Ecology 19: 197 - 209.

39. Shen, W., G. D. Jenerette, J. Wu and R. H. Gardner(2004) Evaluating empirical scaling relations of pattern metrics with simulated landscapes. ECOGRAPHY 27: 459-469

40. Turner, M. G., R. H. Gardner and R. V. O'Neill(2001) Landscape ecology in theory and practice: Pattern and process. Springer, New York, NY.

41. Wu, J.(2004) Effects of changing scale on landscape pattern analysis: Scaling relations. Landscape Ecology 19: 125-138.

42. Wu, J., D. E. Jelinski, M. Luck and P. T. Tueller(2000) Multiscale analysis of landscape heterogeneity: Scale variance and pattern metrics. Geographic Information Sciences 6(1) : 6-19.

43. Wu, J., W. Shen, W. Sun and P. T. Tueller(2002) Empirical pattern of the effects of changing scale on landscape metrics. Landscape Ecology 17: 761-782.

부록 1. 실험대상 경관지수(클래스 수준)

구분	지수명	단위	범위 및 특징
면적/ 밀도	CA	총클래스면적 (Class Area)	ha · CA>0, 무제한, 경관구성(composition)을 측정 · 전체경관이 1개의 패치유형으로 구성될 때, CA=TA
	AREA_MN	평균패치면적 (Mean Area)	ha · 패치면적 평균
	AREA_AM	면적가중패치면적 (Area weighted area)	ha · 해당패치/전체클래스 면적비를 곱하여 패치면적의 영향을 가중
	TE	총가장자리 (Total Edge)	ha · TE≥0, 무제한 · 모든 가장자리 길이 합계
	GYRATE_MN	평균회전반경 (Mean Radius of Gyration)	m · 회전반경(패치수준 지수)은 패치크기와 컴팩트 정도를 측정하며 패치중심과 각 셀의 평균거리로 이웃셀을 정의하는 방식(4 또는 8-neighbor)에 영향받음. 이를 평균한 것이 평균회전반경지수임
	GYRATE_AM	면적가중회전반경 (Area weighted Radius of Gyration)	- · 패치별 회전반경에 해당패치의 면적비를 곱함
	PLAND	경관백분율 (Percentage of Landscape)	% · 0≤PLAND≤100, 경관 중 클래스면적 비율 · 상대값으로 서로 다른 경관비교시 유용
	NP	패치수 (Number of Patches)	N · NP>1, 무제한 · 클래스별 패치 개수

(부록 1 계속)

구분	지수명	단위	범위 및 특징
면적/ 밀도	PD	패치밀도 (Patch Density) 100ha당 개수	· PD>0, 무제한. 경관면적당 패치수 · 셀크기의 영향 많이 받고, 이웃셀을 정의하는 방식에도 영향 받음 · 경관면적이 같을 경우, NP와 같은 정보 표시
	LSI	경관형태지수 (Landscape Shape Index) -	· LSI≥0, 무제한. 클래스의 응집도 또는 덩어리진 정도를 측정 · 모양이 흐트러질수록 값이 커짐 · AI는 경관 안쪽 셀만 측정하고 LSI는 클래스 둘레를 모두 측정
	nLSI	정규경관모양지수 (Normalized Landscape Shape Index) -	· 0≤nLSI≤1, LSI와 AI의 정규화 지수, 모양이 복잡해지면 값 커짐 · 불규칙한 경관, 대상클래스의 비율 높은 경우, 오류발생확률 높음
	LPI	최대패치지수 (Largest Patch Index) %	· 0<LPI≤100, 전체경관 중 가장 큰 패치의 면적비 · 우점도를 측정하는 가장 단순한 방법
가장 자리	ED	가장자리 밀도 (Edge Density) m/ha	· ED≥0, 무제한. 면적당 전체 가장자리비율 · 면적당 길이로 서로 다른 경관 비교 가능
모양	PAFRAC	둘레-면적비 프랙탈지수 (Perimeter-Area Fractal Dimension) -	· 1≤PAFRAC ≤2, 패치크기에 상관없이 모양 복잡성을 측정 · 사각형처럼 단순한 형태일수록 1, 모양 복잡해질수록 2에 근접 · 회귀식을 사용하므로, 패치수가 20개 이상일 때 유용
	PARA_MN	평균 둘레-면적비 (Mean Perimeter-Area Ratio) -	· 패치의 모양 복잡성 측정. 패치크기에 따라 값 차이가 큰 단점 예를 들어, 모양은 같고 크기만 커질 경우, PARA 값 감소
	PARA_AM	면적가중 둘레-면적비 (Area weighted Perimeter-Area Ratio) -	· 패치면적을 가중하여 모양 복잡성 측정
	SHAPE_MN	평균모양지수 (Mean Shape Index) -	· '둘레/최소둘레'의 평균 · 모양복잡성 측정. PARA 지수의 단점보완한 지수로서, 형태가 불규칙 해질수록 값이 커지고 4각형에 가까울수록 1에 근접
	SHAPE_AM	면적가중모양지수 (Area weighted Shape Index) -	· '둘레/최소둘레'에 패치면적을 가중하여 계산
	FRAC_MN	평균프랙탈지수지수 (Mean Fractal Dimension Index) -	· '둘레/면적'의 평균. 패치의 영향 받지 않고, 모양복잡성 측정 · PARA 지수의 단점보완. 둘레측정시 발생하는 래스터 bias보정 · 형태가 불규칙해질수록 2에 접근, 사각형에 가까울수록 1에 근접
	FRAC_AM	면적가중프랙탈지수 (Area weighted Fractal Dimension Index) -	· '둘레/면적'에 패치면적을 가중하여 계산
	CIRCLE_MN	평균상관외접원지수 (Mean Related Circumscribing Circle) -	· '면적/최소외접원'의 평균 · 전체적인 패치 연장을 측정. 특히 좁고 긴 패치 구별에 유용
	CIRCLE_AM	면적가중상관외접원 (Area weighted Related Circumscribing Circle) -	· '면적/최소외접원'에 패치면적을 가중하여 계산
	CONTIG_MN	평균근접지수 (Mean Contiguity Index) -	· 공간적 연결성 및 모양 측정(대각선보다는 수직수평 방향 연결성을 더 중요시함). 연결성이 높을수록 1에 근접
	CONTIG_AM	면적가중근접지수 (Area weighted Contiguity Index) -	· 패치면적을 가중하여 공간적 연결성 측정
	중심지 면적	TCA	총중심지면적 (Total Core Area) ha
CPLAND		중심지백분율 (Core Area Percentage of Landscape) %	· 0≤CPLAND<100. 경관 중 중심지의 비율 · 패치수준의 CORE와 유사. 크기가 다른 경관 비교시 유용
NDCA		분리된 중심지면적의 수 (Number of Disjunct Core Areas) N	· NDCA≥0, 무제한. 중심지 개수의 합 · 중심지가 서로 다른 기능을 담당할 때 유용
DCAD		분리된 중심지면적 밀도 (Disjunct Core Area Density) 100ha당 갯수	· DCAD≥0, 무제한. 경관 중 중심지 갯수 · 서로 다른 크기의 경관간에도 비교 가능.
CORE_MN		평균중심지면적 (Mean Core Area) ha	· CORE≥0, 무제한. 패치 가장자리에서 일정 범위에 있는 패치내 면적 · 일정거리안에 모든 픽셀 존재할 때 CORE=0
CORE_AM		면적가중중심지면적 (Area weighted Core Area) ha	· 중심지면적에 패치면적을 가중하여 계산
DCORE_MN		평균 분리된 중심지면적지수 (Mean Disjunct Core Area) ha	· 총중심지면적을 중심지 개수로 나누어 계산
DCORE_AM		면적가중 분리된중심지면적지수 (Area weighted Disjunct Core Area) ha	· 분리된 중심지면적 계산시 패치면적을 가중
CAI_MN		평균중심지면적비율지수 (Mean Core Area Index) -	· 패치면적에 대한 중심지면적비율을 평균하여 계산
CAI_AM		면적가중중심지면적비율지수 (Area weighted Core Area Index) -	· 패치면적을 가중하여 중심지면적비율 계산

(부록 1 계속)

구분	지수명	단위	범위 및 특징	
고립/접근	PROX_MN	평균 근접성지수 (Mean Proximity Index)	-	· PROX_MN ≥ 0, '일정거리 내 패치 총면적/이들간 거리'의 평균 · 접근성이 높아질수록 지수값이 커짐
	PROX_AM	면적가중근접성지수 (Area weighted Proximity Index)	-	· 패치면적을 가중하여 근접성 계산
	SIMI_MN	평균유사도지수 (Mean Similarity Index)	-	· SIMI_MN ≥ 0, PROX의 수정지수로 피복유형별 유사도를 추가함 · 이웃패치와 유사도가 높거나, 덜 단편화 될수록 지수값 커짐
	SIMI_AM	면적가중유사도지수 (Area weighted Similarity Index)	-	· 패치면적을 가중하여 유사도 계산
	ENN_MN	평균최근접지거리지수 (Mean Euclidean Nearest Neighbor Distance)	m	· ENN > 0, 무제한. 동종 패치간 평균 최단거리 · 이웃셀을 정의하는 방식에 영향 받음
	ENN_AM	면적가중최근접지거리지수 (Area weighted Euclidean Nearest Neighbor Distance)	-	· 패치면적을 가중하여 동종 패치간 최단거리 계산
대조	CWED	대조가중가장자리밀도 (Contrast-Weighted Edge Density)	m/ha	· CWED ≥ 0, 무제한. 가장자리길이의 비율, 피복유형간 대조지수 설정에 따라 지수값 달라짐. 서로 다른 크기의 경관 비교 가능 · TECI와 달리, TE, ED 정보를 보유하고 있음
	TECI	전체가장자리 대조지수 (Total Edge Contrast Index)	%	· 0 ≤ TECI ≤ 100, 가장자리 대조비율. 피복유형별 대조지수 지정이 요구되며 패치 수준 ECON과 유사. 패치 차이를 무시하고 경관을 하나의 전체로 간주. 평균패치상태가 아니라 경관상태에 초점
	ECON_MN	평균가장자리대조지수 (Mean Edge Contrast Index)	-	· 이웃패치와 접하는 둘레비율의 평균 · 서로다른 클래스와 접할 경우, 0~1까지의 대조지수 지정 · 성격이 다른 클래스와 접하는 길이가 길수록 값 커짐
	ECON_AM	면적가중가장자리대조지수 (Area weighted Edge Contrast Index)	-	· 패치면적을 가중하여 이웃패치와 접하는 둘레비율 계산
접촉/산포	PLADJ	인접지수 (Percentage of Like Adjacencies)	%	· 0 ≤ PLADJ ≤ 100 · 인접셀 백분율. 내부인접성 계산
	CLUMPY	밀집도 (Clumpiness Index)	-	· -1 ≤ CLUMPY ≤ 1, 서식처가 덩어리진 정도 -1: 대상 패치가 최대로 분산된 경우 0: 랜덤하게 분포 1: 최대로 모여있는 경우
	AI	집단지수 (Aggregation Index)	%	· 0 ≤ AI ≤ 100, 내부 인접성 계산 · 유사지수: LSI (AI와 LSI를 정규화한 것이 nLSI)
	IJI	산포 및 병렬지수 (Interspersion & Juxtaposition Index)	%	· 0 < IJI ≤ 100, 다른 패치에 인접도와 패치유형이 산포된 범위 측정 · 패치유형 3개 미만은 계산 불가. 다른 유형과 접한 비율이 클수록 지수값 커짐. 인접성만 계산하고, 응집도 정보는 제공하지 않음
	DIVISION	경관분할지수 (Landscape Division Index)	%	· 0 ≤ DIVISION < 1, 경관이 나뉜 정도 · 랜덤으로 선택한 2개의 픽셀이 같은 패치유형이 아닐 확률 · MESH, AREA_AM와 양 또는 음의 상관관계
	SPLIT	분열지수 (Splitting Index)	-	· 1 ≤ SPLIT ≤ 경관의셀수, 패치분열정도 · 패치면적이 감소하고, 쪼개질수록 높은 값 나타냄
	MESH	유효메쉬크기 (Effective Mesh Size)	ha	· 경관중셀크기비율 ≤ MESH ≤ 전체경관면적 · 경관면적 중 패치제공면적의 비율로 누적패치면적분포에 기초 · 유사지수: DIVISION, AREA_AM
연결	COHESION	응집지수 (Patch Cohesion Index)	없음	· 0 ≤ COHESION < 100 · 응집도 측정
	CONNECT	연결지수 (Connectance Index)	%	· 0 ≤ CONNECT ≤ 100, 연결가능한 클래스의 비율 · 연결가능거리 지수설정에 따라 다른 결과 나타남

원 고 접 수 일: 2008년 4월 2일  
 심 사 일: 2008년 5월 2일  
 계 재 확 정 일: 2008년 5월 19일  
 3 인 의 명 심 사 필