

# 경관지수 사용에 대한 고려사항과 문제점에 관한 고찰

윤은주\* · 이상우\*\* · 이인성\*\*\*

\*서울시립대학교 대학원 조경학과 · \*\*미국 텍사스대학교(알링턴) 조경학과 ·  
\*\*\*서울시립대학교 건축도시조경학부

## I. 서론

경관생태학의 최근 연구들은 생태적 현상을 이해하기 위해 경관 패턴과 생태적 과정간의 관계를 강조하고 있다(Risser et al., 1984; Turner and Gardner, 1990). 경관패턴을 정량화하는 것은 경관변화에 따른 생태적 영향 예측, 대안 비교 등 많은 활용가능성을 가지고 있으며, 이러한 이론적인 이점으로 인해 경관지수의 사용이 급격히 증가하고 있다.

그러나 경관지수를 통한 공간 이질성의 정량화는 여전히 다양한 이유로 많은 문제점을 가지고 있다. 가장 근본적인 문제점으로는 동적인 생태계에서 유발된 복잡성(Kolasa and Rollo, 1991)과 경관 이질성에 대한 모호한 정의(Li and Reynolds, 1994)를 들 수 있다.

본 연구의 목적은 기존 연구 고찰을 통해 경관지수의 특징과 적용상의 문제점을 지적하고, 생태 연구에서 경관패턴의 올바른 분석을 위한 기준을 제시하고자 하는 것이다.

## II. 본론

### 1. 경관 이질성 측정

이질성은 생태적 시스템의 기능과 과정에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있고, 경관지수는 이러한 경관의 시·공간적 이질성을 측정한다. 이질성이 경관의 기능에 미치는 영향은 중, 에너지, 침전물과 양분의 흐름, 서식처와 분산 그리고 교란 등을 들 수 있다(Forman and Godron, 1986; Gustafson, 1998; Risser et al., 1984; Turner, 1989; Fahrig and Merriam, 1985, 1994; Hanski, 1998; Opdam, 1991; Huggins et al., 2001; Fran-

klin and Forman, 1987).

경관지수가 측정하는 것은 대부분 공간적 이질성에 관한 것으로 분포(configuration)와 구성(composition)의 두 가지 속성(McGarigal and Marks, 1995; Turner et al., 2001)을 가지며, 해상도와 대상지 범위에 영향을 받는다(Corry, 2002; Li and Reynolds, 1995).

### 2. 지수 자체의 특성과 사용상의 문제점들

경관 지수 사용시 고려해야 할 사항은 지수 자체의 특성과 적용상의 문제점으로 구분할 수 있다.

#### 1) 경관지수 자체의 특성

이론적으로 각 경관지수들은 생태적 과정에서 의미를 갖는 경관패턴의 독특한 특징을 표현해야 하지만 기존 연구들을 살펴보면 항상 그렇지 않다는 것을 알 수 있다. 실제 경관 및 시뮬레이션 경관을 대상으로 한 많은 연구들은 몇몇 이유로 인해 경관 지수 사용에 있어, 연구자들의 주의를 요하고 있다. 문헌고찰을 통해 정리한 지수의 자체 특성 및 문제점, 제한점은 다음의 세 가지 범주로 구분된다. 첫째, 공간패턴과 생태적 기능과의 관계, 둘째, 대표성의 문제, 셋째, 지수의 불안정성 등이다.

공간패턴과 생태적 기능과의 관계를 제대로 파악하기 위해서는 지수값의 분포범위 및 패턴과 지수간의 비선형 관계를 고려해야 한다. 지수로 표현되는 경관패턴은 특정 범위에서만 생태적으로 중요한 의미를 갖는데(Gustafson, 1998; Tischendorf, 2001), 그 범위는 대부분 알려져 있지 않다(Harrison and Bruna, 1999; Turner et al., 1989). 그러므로 통계적인 분석에 앞서 지수 분포도를 확인하는 과정이 필요하다.

복잡한 생태적 과정을 지수로 표현하기 위해서는, 지

수를 선택하고 측정함에 있어 먼저 생태적 현상의 다양한 측면을 이해해야 한다. 또한 하나의 지수로 경관의 모든 특징을 표현할 수는 없기 때문에, 얼마나 많이 그리고 어떤 지수를 해야 하는지를 결정하는 과정이 필요하다(Turner et al., 2001).

지수반응의 불안정성은 생태적 특징을 제대로 표현하지 못하는 지수 자체의 오류나 스케일, 취득해상도 및 이미지의 크기 등에 대한 민감성을 의미한다.

경관지수가 생태연구에 폭넓게 사용되고 있음에도 불구하고 스케일에 대한 민감성에 대해 충분히 검증되지 않고 있다(Gustafson, 1998). 예를 들어 일반적으로 사용되는 다양성 지수인 샤논 다양성지수(Shannon and Weaver, 1949)와 심슨 균등성지수(Simpson, 1949)는 이론적으로 경관 다양성에 따라 유사한 패턴을 보여야 하지만, Nagendra(2002)에 의하면 시뮬레이션 결과 같은 경관에 대해 두 지수가 서로 반대되는 결과를 나타낼 수도 있다.

유사하게, Wu et al.(2002)은 스케일에 따른 경관 지수의 일관성에 대해 실험한 결과, 같은 경관이라도 취득 해상도와 측정범위에 따라 지수 값이 크게 차이가 남을 밝혀냈다. 게다가 이들 반응의 크기와 패턴은 지수에 따라 편차가 매우 컸다. 또한 Frohn(1998)은 경관의 패턴이 같다고 하더라도 이미지의 방향에 따라 경관 지수의 값이 달라질 수 있음을 보여주었다.

## 2) 적용상의 문제점

수많은 경관지수가 지난 몇 십 년 동안 개발되었는데, 그들 대부분은 서로 중복되는 특성을 갖고 있다. 사용빈도에 있어서도 많이 사용되는 지수라도 모든 환경에 적용가능한 보편성을 갖는다고는 할 수 없다.

GIS, 인공위성 영상, 경관지수를 통한 생태 연구의 일반적인 절차는 가설, 경관지수 선택, 피복분류, 피복도 조작, 지수 계산, 통계 해석, 가설 검증 과정을 거치는데, 문헌조사를 통해 지수선택, 스케일 변경, 분류, 해석 단계별 지수 적용시의 문제점을 분석하였다.

경관지수를 선정하는데 있어 기준이 없기 때문에(Turner et al. 2001), 지수선정은 오로지 연구목적과 가설에 기초해야 한다. 가능한 모든 지수를 사용할 수도 있지만 많은 지수들이 서로 상관되어 있기 때문에(O'Neill et al., 1988; Ritters et al., 1995), 그들간의 통계적 상호작용을 확인해야 하고(Li and Reynolds,

표 1. 지수 선택시 고려할 경관 이질성의 필요요소

단계	필수요소	자료출처
경관(Landscape)	- 종 수 - 각 종의 비율	• Li & Reynolds (1995)
클래스(Class)	- 공간적 배열 - 이미지 분포	• McGarigal & McComb (1995)
패치(Patch)	- 패치 크기 - 패치 모양 - 패치 밀도 - 패치 조밀도 - 이웃 패치와의 대조 - 면적/둘레비(프랙탈) - 가장자리 대조	• Ritters et al. (1995)

1994), 공간패턴의 복합적인 요소를 고려해야 한다(Li and Reynolds, 1994; Ritters et al., 1995). 경관지수는 궁극적으로 경관 이질성을 측정하는 것이기 때문에 경관 이질성의 필요요소를 알 수 있다면 지수의 선택은 좀더 쉬워질 수 있는데, 문헌 리뷰를 통해 이질성의 기본 요소를 요약한 것이 표 1이다.

GIS를 통해 생태연구를 진행함에 있어 다양한 이유로 스케일을 바꾸게 되는데 아직까지 스케일 변화에 따라 경관지수가 어떻게 달라지는지에 대해 충분히 검증되지 않은 상태로, 몇몇 경관지수의 반응만 알려져 있는 등 초보적인 수준이다(Wu, 2004; Li and Wu, 2004).

Wu et al.(2002)은 해상도와 경관지수와의 관계를 분석한 결과, 19개 경관수준 지수 중 7개 지수가 해상도 변화에 예측이 불가능함을 보였다. 또한 일부 연구에서 스케일 변화 과정을 통해 소규모 패치들을 80%까지 제거할 수 있음을 지적하였다(Frohn, 1998; Fauth et al., 2000).

적절한 해상도 선정에 있어서 O'Neill et al.(1996)은 관심대상 공간이나 패치보다 2~5배 적은 해상도를 추천하였다. 연구과정상 스케일 변화과정이 필요하다면 지수에 대한 스케일 효과에 주의해야 하는데, 특히 서로다른 공간간의 지수 비교시 문제가 될 수 있다.

수많은 연구들에서 경관지수가 데이터의 분류항목 갯수에 민감함을 지적하였다(Gustafson, 1998; Li and Wu, 2004; Turner et al., 2001; Wickham et al., 1997). 그러나 피복분류는 어느 정도 임의적인 과정으로 경관 패턴은 생태적 특성 그 자체보다는 이러한 임의적 판단

에 따라 결정되는 경우가 있다(Gustafson, 1998). 범주  
로 구분된 주제도에서 각 패치들이 동질적인 것으로 간  
주되지만 패치는 절대 완전히 동질적일 수 없으며 분명  
한 패치 가장자리라는 것도 존재하지 않는다(Fortin,  
1994). 더구나 여러 연구들에서 가장 중요한 오류원인  
이 오분류(O'Neill, 1999)이며 지수 오류는 데이터 자체  
의 오류에 비해 크지 않다는 점을 보여주고 있다  
(Wickham et al., 1997). 오분류를 최소화하는 한 가지  
방법은 정규식생지수(NDVI), 식생지수(VI), 엽면적지  
수(LAI), 토양보정식생지수(SAVI), 비울식생지수(RVI),  
지구환경모니터지수(GEMI), 수직식생지수(PVI), 변  
형토양보정식생지수(TSAVI) 등을 포함하는 시스템적  
방법을 사용하는 것이다(Elvidge and Chen, 1995;  
Johnston, 2001; Quattrochi and Pelletier, 1990; Turner  
et al., 2001). 또 다른 대안으로 범주데이터 대신 포인  
트데이터를 사용하는 것도 가능하다(Gustafson, 1998).

Li and Reynolds(1994)가 말한 것처럼 경관지수를  
해석하는 것은 어렵다. 이러한 어려움의 원인에 대해서  
는 앞에서 논의하였다. 이러한 어려움을 극복하는 가장  
좋은 방법은 기본으로 돌아가는 것으로 경관 이질성의  
개념, 패턴과 과정간의 관계, 지수의 수학적 관계를 이  
해하는 것이다. Dale(1999)도 공간 패턴 분석방법 뿐만  
아니라 그 방법의 기저에 있는 개념을 이해해야 한다고  
주장하고 있다.

### III. 결론

본 연구에서는 문헌고찰을 통해 생태학 연구에서 경  
관지수를 사용함에 있어서의 문제점에 대해 살펴보았  
다. 경관지수는 생태적 과정에 영향을 미치는 경관 이  
질성의 특징을 표현한다. 공간 패턴과 생태적 반응간의  
관계에서 나타나는 다양성과 복잡성을 특징화하기 위  
해서 여러 학문 분야에서 경관 지수가 폭넓게 사용되고  
있다. 경관지수의 적절한 사용은 정확한 생태적 개념,  
공간적 패턴과 생태적 과정간의 관계, 지수의 수학적  
정의의 정확한 이해에 기초해야 한다. 특히, 경관 지수  
의 적용에 상당한 주의를 기울여야 한다. 경관지수 그  
자체보다는 조경계획 활동의 생태적인 결과에 초점을  
두어야 함을 잊어서는 안된다(Lee, 2002; Leitão and  
Ahern, 2002; Palmer, 2004). 적용과정에서의 오류는  
잘못 이끌어낸 결론 보다 훨씬 심각할 수 있다.

따라서 경관지수 사용에 따른 문제점을 최소화하기  
위해서는 첫째, 가설에 입각한 연구가 필요하며, 둘째,  
측정하고자 하는 경관의 공간적 특징을 명확히 규정해  
야 하고, 셋째, 범위가 예측가능한 지수를 사용해야하  
며, 넷째, GIS나 인공위성 영상자료의 축적을 변화시키  
지 말아야 하며, 마지막으로 피복분류 알고리즘을 사용  
하여 분류상의 오류를 최소화해야 한다.

### 인용문헌

1. Corry, E. C.(2002) A Landscape Index Approach to Evaluating the Small Mammal Habitat Quality of Designed Scenarios for Agricultural Watersheds. Ph.D. Dissertation, The University of Michigan.
2. Dale, M. R. T.(1999) Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
3. Elvidge, C. D., and Z. Chen (1995) Comparison of Broad-Band and Narrow-Band Red and Near-Infrared Vegetation Index. Remote Sens. Environ. 54: 35-48.
4. Fahrig, L., and G. Merriam (1985) Habitat patch connectivity and population survival. Ecology 66: 1762-1768.
5. Fahrig, L., and G. Merriam (1994) Conservation of Fragmented Population. Conservation Biology 8: 50-59.
6. Fauth, P. T., E. J. Gustafson, and K. N. Reynolds (2000) Using Landscape Metrics to Model Source Habitat for Neotropical Migrants in the Midwestern U.S. Landscape Ecology 15: 621-631.
7. Forman, R. T. T., and M. Godron (1986) Landscape Ecology. John Wiley and Sons, New York, NY.
8. Franklin, J. F., and R. T. T. Forman (1987) Creating Landscape Pattern by Forest Cutting: Ecological Consequences and Principles. Landscape Ecology 1: 5-18.
9. Frohn, R. C.(1998) Remote Sensing for Landscape Ecology: New Metric Indicators for Monitoring, Modeling, and Assessment of Ecosystem. Lewis Publishers, New York, NY.
10. Gustafson, E. J.(1998) Quantifying Landscape Spatial Pattern: What is the State of the Art?. Ecosystems 1: 143-156.
11. Hanski, I.(1998) Metapopulation Dynamics. Nature 396: 41-49.
12. Harrison, S., and E. Bruna (1999) Habitat Fragmentation and Large-Scale Conservation: What Do We Know for Sure? Ecography 22: 225-232.
13. Huggins, D. R., G. W. Randall, and M. P. Russelle (2001) Subsurface Drain Losses of Water and Nitrate Following Conversion of Perennials to Row Crop. Agronomy Journal 93: 477-486.
14. Johnston, C. A.(2001) Methods in Ecology: Geographic Information Systems in Ecology. Blackwell Science, Malden, MA.
15. Kolasa, J., and C. D. Rollo (1991) The Heterogeneity of Heterogeneity: A Glossary. In: Kolasa, J. and Pickett, S.T.A. (Eds), Ecological Heterogeneity, Springer-Verlag, New York, NY, pp. 1-23.
16. Lee, S. -W.(2002) The Relationship between Ecological

- Landscape Structure and Neighborhood Satisfaction, Ph.D. Dissertation, Texas A&M University.
17. Leitão, A. B., and J. Ahern (2002) Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Landscape Planning, 2002. *Landscape and Urban Planning* 59: 65-93.
  18. Li, H., and J. F. Reynolds, (1994) A Simulation Experiment to Quantify Spatial Heterogeneity in Categorical Maps. *Ecology* 75: 2446-2455.
  19. Li, H., and J. F. Reynolds (1995) On Definition and Quantification of Heterogeneity. *Oikos* 73: 280-294.
  20. Li, H., and J. Wu (2004) Use and Misuse of Landscape Indices. *Landscape Ecology* 19: 389-399.
  21. Mcgarigal, K., and W. C. McComb (1995) Relationship between Landscape Structure and Breeding Birds in the Oregon Coast Range. *Ecological Monograph* 65: 235-260.
  22. Nagendra, H.(2002) Opposite Trends in Response for the Shannon and Simpson Indices of Landscape Diversity. *Applied Geography* 22: 175-186.
  23. O'Neill, R. V., J. R. Krummel, R. H. Gardner, G. Sugihara, and B. Jackson (1988) Indices of Landscape Pattern. *Landscape Ecology* 1: 153-162.
  24. O'Neill, R. V., C. T. Hunsaker, S. P. Timmins, B. L. Timmins, K. B. Jackson, and K. B. Jones (1996) Scale Problems in Reporting Landscape Pattern at the Regional Scale. *Landscape Ecology* 11: 169-180.
  25. Opdam, P.(1991) Metapopulation Theory and Habitat Fragmentation: A Review of Holarctic Breeding Bird Studies. *Landscape Ecology* 5: 93-106.
  26. Palmer, J.(2004) Using Spatial Metrics to Predict Scenic Perception in a Changing Landscape: Dennis, Massachusetts. *Landscape and Urban Planning* 69: 201-218.
  27. Quattrochi, D. A., and R. E. Pelletier (1990) Remote Sensing for Analysis of Landscapes: An Introduction. In: Turner, M. G. and Gardner, R. H. (Eds.), *Quantitative Methods in Landscape Ecology*. Springer, New York, NY, pp. 51-76.
  28. Risser, P. G., J. R. Karr, and R. T. T. Forman (1984) *Landscape Ecology: Directions and Approaches*, Natural History Survey, Champaign, IL.
  29. Ritters, K. H., R. V. O'Neill, C. T. Hunsaker, J. D. Wickham, D. H. Yankee, S. P. Timmins, K. B. Jones, and B. L. Jackson (1995) A Factor Analysis of Landscape Pattern and Structure Metrics. *Landscape Ecology* 10(1): 22-39.
  30. Shannon, C. E., and W. Weaver(1949) *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, Champaign, IL.
  31. Simson, E. H.(1949) Measurement of Diversity. *Nature* 163: 688.
  32. Tischendorf, L.(2001) Can Landscape Indices Predict Ecological Processes Consistently?. *Landscape Ecology* 16: 235-254.
  33. Turner, M. G.(1989) Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20:171-197.
  34. Turner, M. G., R. V. O'Neill, R. H. Gardner, and B. T. Milne (1989) Effects of Changing Spatial Scale on the Analysis of Landscape Pattern. *Landscape Ecology* 3: 153-162.
  35. Turner, M. G., and R. H. Gardner(1990) Quantitative Methods in Landscape Ecology: AN Introduction. In: Turner, M. G. and Gardner, R. H. (Eds.), *Quantitative Methods in Landscape Ecology*. Springer, New York, NY, pp. 3-14.
  36. 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.
  37. Wickham, J. D., R. V. O'Neill, K. H. Ritters, T. G. Wade, and K. B. Jones (1997) Sensitivity of Landscape Pattern Metrics to Land cover Misclassification and Differences in Land-Cover Composition. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 63: 397-402.
  38. Wu, J.(2004) Effects of Changing Scale on Landscape Pattern Analysis: Scaling Relations. *Landscape Ecology* 19: 125-138.
  39. 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.