

지리산 국립공원의 식생다양성 분포 예측 모형 연구*

Predicting the Spatial Distribution of Vegetation Diversity in Jirisan National Parks

권혁수¹ · 서창완² · 박종화³

¹서울대학교 환경계획연구소, ²서울시립대학교 공간정보학과, ³서울대학교 환경대학원

I. 서론

지난 수십 년간 서식지 및 종의 감소는 지속적으로 증가되고 있으며, 이에 따른 생물종 다양성 보호의 필요성은 점차 강조되고 있다(Wilson, 1988; Kondratyev, 1998). 생물종 다양성을 보존하는 가장 효과적인 방법은 건강한 상태의 생물군집의 서식처를 보존하는 것이다(2004, Primack). 이러한 목적을 달성하기 위한 가장 효과적인 방법으로 보호지역의 지정이다(Wilson, 1988; 2004, Primack). 보호지역이란 생물종 다양성 및 자연 상태나 이와 연관된 문화 자연을 유지하기 위해 특별히 지정된 육상 또는 해양지역을 의미하며, 법적 장치와 기타 효과적인 수단을 통해 관리된다(WRI, 2003).

보호지역의 효과적인 지정을 위한 전략을 위해서는 종의 분포에 대한 종합적인 정보들이 필요하다. 그러나 이러한 정보를 얻기 위해서는 현장 평가 및 모니터링을 바탕으로 한 한계가 있다(Heywood, 1995). 최근 컴퓨터 기술의 발달과 위성영상의 해상력이 향상됨에 따라 시스템적이고 전반적인 연구지역의 균일한 정보를 취득할 수 있다(Innes and Koch, 1998; Debinski and Humphrey, 1997).

또한 지리정보시스템과 결합함에 따라 지형, 토양, 수분 함유, 기온 등의 다양한 자료를 제공할 뿐만 아니라 종의 분포에 영향을 주는 서식지의 질 등을 파악할 수 있게 되었다(Noss, 1996).

본 연구의 목적은 조사지역에서 수집된 자료를 바탕으로

지리정보시스템의 공간통계적 기법을 활용하여 지리산과 그 인근 지역의 식생다양성 지도를 모형화하는 것이다. 이는 다른 동물 모형과 결합하여 지리산 전반의 생물다양성 지도를 제작하는데 부분자료로 활용될 것이며, 나아가 생물종 다양성 증진을 위한 보호지역을 설정하는데 기초자료로 활용될 것이다.

II. 연구범위 및 방법

1. 시기 및 범위

지리산에는 매우 다양한 식물들이 분포하고 있는데 임과 김(1992)에 의하면 지리산 지역에 분포하고 있는 관속식물은 157과 519속 1,066종 3아종 222변종 32품종으로 총 1,323 종류로 조사된 바 있으며 최근 장(2007)은 실제 조사에서 109과 382속 590 3아종 95변종 20품종으로 총 708 종류, 문헌조사에서 확인된 130과 500속 901종 9 아종 140 변종 67품종으로 총 1,117 종류로 도합 총 1,825 종류의 식물들이 잠재적으로 분포한다고 하였으며 이는 우리나라에 분포하고 있는 관속식물의 약 30%를 차지한다(환경부 재인용, 2007).

지리산 지역의 삼림 식생은 상록활엽수림, 낙엽활엽수림, 아고산림을 포함하여 1개 군강, 7개의 군단, 19개의 군집, 1개의 군란과 20개의 아군집으로 분류된 바 있다. 특히 지리산 국립공원은 우리나라에서 아고산대가 가장 넓게 분포하고 있는 국립공원으로, 생물종 다양성, 경관다양성 또는 생태적 가치를 지니고 있다(환경부 재인용, 2007).

본 연구지역은 지리산 국립공원과 백운산 생태경관보전

* 본 연구는 2009년도 한국환경산업기술원 차세대 핵심과제 연구비 지원에 의해 수행되었다

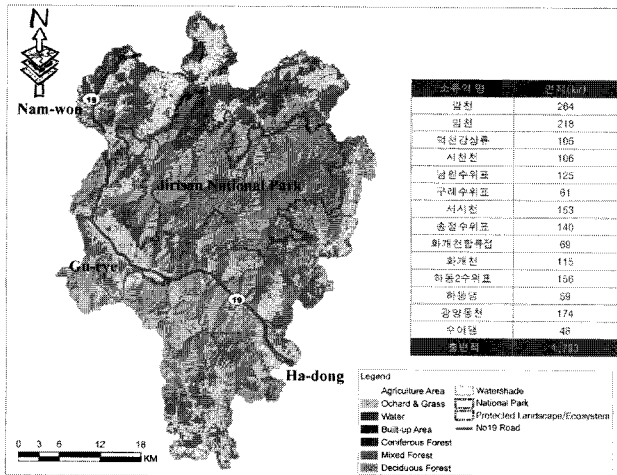


그림 1. 연구지역 현황

지역, 섬진강 수달보호지역을 포함하는 14개의 소유역이며, 총면적은 약 1,800km²에 달한다(그림 1).

2. 연구방법

조사지역은 공간통계학상의 검증을 위하여 random sampling 방법을 사용하였다. 그리고 시간과 조사 경비를 고려하여 100개의 조사지역을 선정하였다. 선정된 개수를 배분하기 위하여 토지이용현황도의 대분류의 면적비율을 산출하고 이에 해당하는 조사지역 개수를 할당하였다. 하지만 이러한 경우 수계나 도심지의 경우는 면적이 적어 할당되지 않는 경우가 있으므로 이러한 경우에는 2개 이상을 강제로 할당하였다.

산림을 활엽수, 침엽수, 혼효림으로 구분하기에 서식지의 대표성을 나타낼 수 없어 현존식생도를 참조하여 군집별 넓이 대비로 plot의 개수를 지정하였다. 보호측면이나 중요도가 높은 군락은 면적이 작더라도 강제 배분하였다. 하지만, 시간과 비용 상 접근하기 어려운 지역이 지정될 가능성이 높아 입도의 영향이 배제될 수 있도록 100m에서 500m 사이의 지역을 선정하였다. 여기에 사용되는 입도는 산림청에서 제공하는 입도망도를 사용할 계획이었으나, 자료의 부정확성과 미완결성으로 인하여 사용할 수 없었다. 그래서 국립지리원에서 제공하는 수치지형도를 기반으로 하여 소로 이상의 도로를 추출하여 사용하였다.

이 결과를 바탕으로 ESRI사의 ArcGIS9.3의 Random sampling 방법을 이용하여 각 분류군당 plot개수를 임의의 추

출하였다.

선정된 지역은 Braun-Blanquet 방법을 이용하여 10m의 방형구 조사하였으며, 자료를 모형화하기 위하여 비선형모형인 GAM(Generalized Additive Model)을 사용하였다(Hastie and Tibshirani, 1987).

출현/비출현자료를 이용한 전통적인 선형회귀모형과 변량분석, 그리고 범주형 설명변수 자료에 응용되는 모형으로는 GLM(Generalized Linear Model)을 들 수 있는데, 로지스틱 회귀모형은 GLM의 한 형태이다. GAM은 GLM의 확장형태 중 하나로 smooth function을 이용하여 비선형적 연속형 독립변수를 처리하는데 이용된다. GAM의 경우 GLM보다 뛰어나고(Elith et al., 2006), ANN (Artificial Neural Network) 보다는 그 결과를 해석하기가 쉽다.

GAM모형에는 GRASP 3.0 (Lehmann et al., 2002)을 사용하였으며, stepwise selection과 AIC information criterion (Anon, 1999)을 기준으로 모형을 적용하였다. 각각의 모형 정확도는 ROC(Receiver operating characteristic)의 AUC(Area Under Cover)값을 통해 측정하였다(Hastie, 1992; Thuiller, 2003). AUC는 최소 0.5를 기준으로 분류의 정확도가 완벽할 경우 1.0을 나타내게 된다. AUC를 이용한 모형의 정확도 측정은 기존 분류정확도가 기준값

표 1. 모형에 적용된 변수들

변수	변수설명
0/침/활/혼/초/기타	임상도를 비산림, 침엽수, 활엽수, 혼효림, 초지, 기타로 구분
활엽수림 비율	활엽수100 혼효림50 침엽수 및 기타 0, neighborhood 3x3 window mean
산림구조	영급 x 경급 x 밀도
임상	임상도 임상
영급	임상도 영급
경급	임상도 경급
밀도	임상도 밀도
정밀도양도	정밀도양도
수분지수	$\ln\{(\text{Flow Accumulation} + 1)/(\text{Slope} + 1)\}$
Northness	$\cos\{(\text{Aspect} * \pi)/180\}$
Slope	DEM에서 경사도 추출
Curvature	DEM에서 굴곡도 추출
Ridge/valley	High/Low에서 유클리드 distance로 계산한 다음 low/high+low
Relief	DEM에서 Neighborhood 5X5에서 Standard deviation
DEM	1/25,000 수치지형도에서 30m 수치표고모형 추출

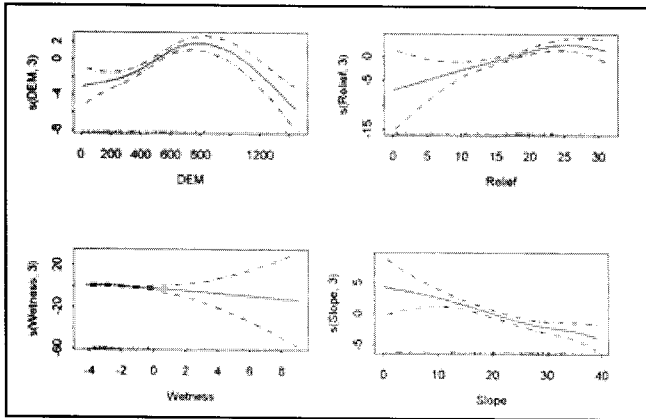


그림 2. 모형에 선택된 변수

(threshold)에 따라 정확도가 달라지므로 기준값에 독립적인 장점을 가지고 있어 각 모형들을 비교하는데 많이 이용되고 있다.

정확도 측정은 AUC로서 가능하지만 외부자료와의 정확도를 검증하기 위하여 지리산 국립공원의 자원 모니터링을

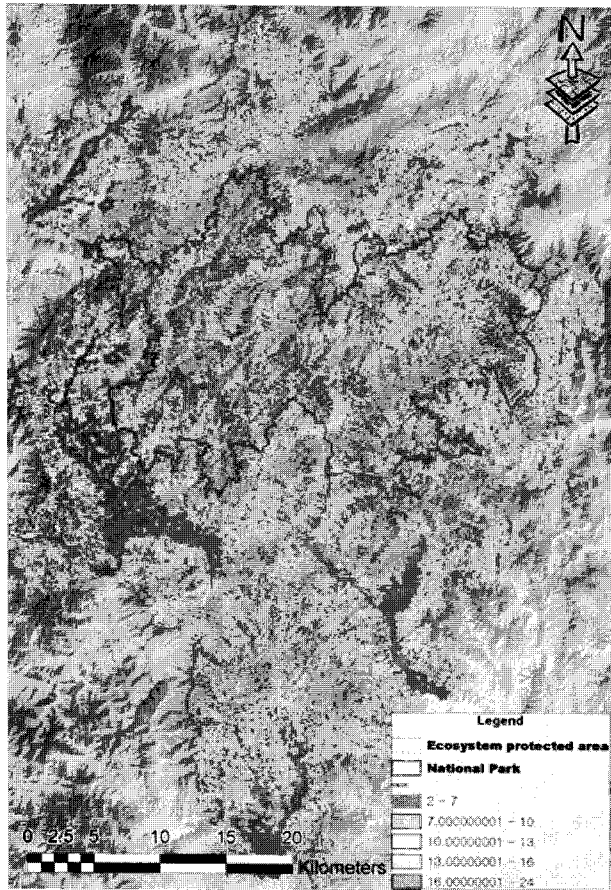


그림 3. 식생다양성 분포도

자료를 활용하였다.

III. 결과 및 고찰

GRASP 모형에 따라 분석한 결과 그림2와 같은 변수들이 선택이 되었다. 식생은 고도에 따라 민감하게 반응하고 있음을 확인할 수 있었으며, Relief, 수분지수, 경사도에 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

Cross-validation을 통해 나타난 ROC는 0.832로 비교적 높은 모형의 분류정확도가 나타나 있음을 알 수 있었다. 또한 지리산 국립공원의 자원 모니터링을 통한 자료와 비교하기 위하여, 지리산 국립공원의 자원 모니터링 지점에서 모형 결과 값을 추출하여 비교한 결과 r^2 값이 0.72로 비교적 높은 상관관계를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

전반적으로 지리산의 남사면과 동쪽 사면에 있어서 생물다양성이 비교적 높게 예측되고 있음을 확인할 수 있으며, 전체적으로 지리산의 고지대 능선부분의 다양성이 낮게 예측되고 있었다(그림3).

또한 연구지역의 북서쪽에 덕유산으로 이어지는 능선을 따라 생물다양성이 높게 평가되어 향후에 생물이동통로로서의 적지를 선정하는 데 있어 좋은 가능성을 시사해 주고 있다.

IV. 결론

지리산 국립공원과 그 인근지역의 식생다양성을 알아보기 위하여 비선형회귀모형인 GAM모형으로 분석한 결과, 높은 모형적합도가 나타났으며, 이를 국립공원의 모니터링 자료와 비교해 본 결과도 비교적 일치하는 것으로 나타났다. 모형에 따르면, 식생다양성은 고도와 Relief, 수분지수, 경사도에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다.

또한 지리산 북쪽지역에 생물다양성이 높은 지역이 있어 현재는 88고속도로에 의해 단절되어 있는 덕유산과의 연결성 확보에 좋은 자료가 될 것으로 판단된다.

그 동안 현장조사나 모니터링을 통해 파악하는 식생다양성은 지역적 측면에서는 매우 정확한 정보를 얻을 수 있으나 넓은 지역에 있어서의 분포모형을 제작하는 데는 한계가 있었다. 본 연구를 통하여 100개라는 비교적 적은 표본 수를 통하여 넓은 지역의 식생다양성 분포지도를 작성할 수 있었다는데 본 연구의 의의가 있었다.

앞으로는 같은 연구지역을 가진 여러 표본 조사지역의 자료를 수집하여 표준화한다면 좀 더 정밀하고 정확한 분포 모형을 제작할 수 있을 것으로 기대한다.

V. 인용문헌

- Anon, (1999), S-PLUS 2000 Guide to Statistics Vol 1. MathSoft. Seattle, WA.
- Debinski, D. M. and Humphrey, P.S.(1997) An integrated approach to biological diversity assessment. *Natural Area Journal* 17: 355-365.
- Elith, J., et al.(2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data, *Ecography* 29: 129-51.
- Hastie, T. J. and R. Tibshirani(1987) Generalized additive models: some applications, *Journal of the American Statistical Association*. 82: 371-386.
- Hastie, T. J.(1992) Generalized additive models. Pages 249 - 308 in J. M. Chambers and T. J. Hastie, editors. *Statistical models*. S. Wadsworth and Brooks/Cole, Pacific Grove, California, USA.
- Heywood, V.(1995) *Global Biodiversity assessment*. Cambridge University Press.
- Innes, J. L., and Koch, B.(1998) Forest biodiversity and its assessment by remote sensing. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7: 397-419
- Kondratyev, K. Y.(1998) *Multidimensional Global Change*, Wiley.
- Lehmann, A., J. M. Overton, and J. R. Leathwick(2002) GRASP: generalized regression analysis and spatial prediction. *Ecological Modelling* 15 :189-07.
- Noss, R. F.(1996) Ecosystems as conservation targets. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 315.
- Primack, R. B.(2004) *A Primer of Conservation Biology*, 3th, Sinauer Associates
- Thuiller, W.(2003) BIOMOD: optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change, *Global Change Biology* 9: 1353-362.
- Wilson, E. O.(1988) *Biodiversity*, National Academy Press.
- World Resources Institute(WRI) (2003) *World Resources Institute*, Washington, D.C.
- 환경부(2007) *지리산국립공원 자원 모니터링*.