

원격탐사를 이용한 소나무림과 참나무림의 분포 변화 예측

허한결* · 모용원* · 김호결* · 이동근**

*서울대학교 대학원 · **서울대학교 조경·지역시스템공학부

I. 서론

우리나라는 산림면적이 국토면적의 64%에 해당하기 때문에 산림관리가 중요하며, 특히 식생분포 변화가 중요한 것으로 인식되고 있다(Joshi et al., 2014). 이에 따라 식생분포를 예측하기 위한 연구가 진행되고 있다. 지위지수를 추정하는 방법과 회귀분석에 기반한 종 분포 모형을 사용하는 방법 등이 있다.

그러나 서식 적합성을 사용하여 미래 식생분포를 예측하는 방법은 식물의 분산 능력을 고려하지 못하고 있다. 식물은 종자의 분산을 통해 이동하며(Nathan and Muller-Landau, 2000), 종의 분산으로 인해 지역적 분포 패턴이 형성된다(Tilman, 1997). 그러므로 식생의 실제 분포는 경쟁과 식물의 종자 분산 거리를 고려하여 예측해야 한다. 본 연구에서는 비교적 경쟁 관계가 명확하게 밝혀진 소나무와 참나무를 대상으로 하였다.

분석을 위해 장기간의 식생 분포 데이터가 필요하기 때문에, 식생 분포를 파악하는데 용이하며, 특히 장기간의 데이터를 제공하는 원격탐사를 사용하였다.

본 연구에서는 소나무림과 참나무림의 실제 분포를 예측하였다. 분포 예측을 위한 데이터 구축을 위해 원격탐사를 사용하여 과거부터 현재까지 소나무림과 참나무림의 분포를 분석하였고, 분포 변화를 예측하기 위해 종자 분산과 경쟁을 고려하였다.

II. 연구방법

1. 자료 구축

분포예측 모델링을 하기 위해 과거 소나무림과 참나무림의 분포 지도를 구축하였다. 분석 대상지는 소나무림과 참나무림이 있는 지역을 선정하였으며, 경상북도 상주시 일대의 일부 산림 남산, 중산, 칠봉산 등을 포함하는 지역을 선정하였다. 위성영상은 30m 해상도를 갖는 Landsat 영상을 사용하였다. 1984년, 1995년, 2005년 2014년의 가을 영상을 최대우도분류법

을 사용하여 참나무림과 소나무림으로 구분하였다.

원격탐사를 통해 구축된 영상을 비교하여 소나무림이 참나무림으로 변한 지역과 그렇지 않은 지역을 구분하였다. 소나무림이 참나무림으로 변한 지역은 1값을 부여하고 변하지 않은 지역은 0값을 부여하였다.

소나무와 참나무의 분포에 영향을 미치는 요인을 선정하였다. 그 중 과거 데이터를 구할 수 없거나, 미래 데이터를 예측하기 어려운 자료를 제외하였고, 그 결과 고도, 경사, TWI 등 지형과 관련된 변수와 연간 일사량 등을 선정하였다. 또한 종자의 분산능력을 고려하기 위해 참나무림으로 부터의 거리를 변수로 추가하였다.

2. 분포 예측 모델링

나무림이 참나무림으로 변한 지역을 종속변수로 하고, 고도, 경사, TWI, 연간일사량을 독립변수로 하여 모델링을 하였다. 로지스틱 회귀분석을 통하여 소나무림이 참나무림으로 변할 가능성을 모델링 하였다. 로지스틱 회귀모형은 종속변수가 두 가지 값을 취하는 경우 발생하는 선형회귀모형의 한계를 극복할 수 있는 모형이다(이동근과 김재욱, 2007).

분석을 통해 구축된 로지스틱 회귀모델을 이용하여 미래 분포를 예측하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 자료구축

영상 분류 결과 참나무림의 면적이 꾸준히 증가하고 있는 것으로 나타났다(Figure 1). 독립변수 중 고도, 경사, TWI, 연간 일사량은 국토지리정보원에서 제공하는 수치지형도를 바탕으로 구축하였다. 또한 로지스틱 회귀분석을 하기 전에 각각의 변수를 0에서 1사이의 값을 갖도록 선형 변환을 실시하였다. 참나무림으로 부터의 거리 변수는 0에서 1사이의 값을 갖도록 역함수 변환을 실시하였다.

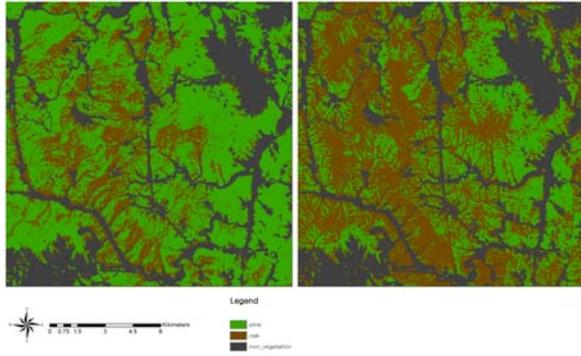


Figure 1. Result of classification. left: 1984, right: 2014

2. 분포 예측 모델링

로지스틱 회귀분석을 하기 위해 독립변수간 상관관계 분석을 실시하였다. 변수간 상관관계가 ±0.5보다 큰 것이 없어 모든 변수를 분석에 포함하였다. 로지스틱 회귀분석 결과 (Table 1) 이 도출되었다.

Table 1. Regression equation coefficients

variable	B	S.E	df	p
DEM	0.517	0.029	1	0.000
Slope	-0.120	0.039	1	0.000
TWI	1.343	0.045	1	0.002
Annual solar radiation	-3.209	0.029	1	0.000
Distance from oak	-1.870	0.012	1	0.000
Intercept	1.721	0.035	1	0.000

도출된 회귀식은 아래와 같다.

$$\text{Logit}(p) = 1.721 + 0.517X_1 - 0.120X_2 + 1.343X_3 - 3.209X_4 - 1.870X_5 \quad \text{수식 1}$$

연간 일사량이 적을수록 소나무림이 참나무림으로 변할 가능성이 높게 나타났다. 이는 소나무의 종자 발아가 참나무류에 비해 더 높은 광도를 요구하기 때문인 것으로 판단된다.

참나무림으로부터의 거리가 가까울수록 소나무림이 참나무림으로 변할 가능성이 높게 나타났다. 이는 종자의 분산거리가 반영된 것으로 참나무의 종자가 참나무림으로부터 멀어질수록 도달하기 어렵기 때문인 것으로 판단된다.

3. 미래 예측

로지스틱 회귀모델을 이용하여 2024년과 2034년의 소나무림과 참나무림 분포를 예측하였다(Figure 2). 소나무림은 참나무림의 분포면적이 증가함에 따라 분포 면적이 줄어드는 것으로 나타났다. 그러나 분포 면적이 줄어드는 속도는 과거에 비해

느린 것으로 나타났다.

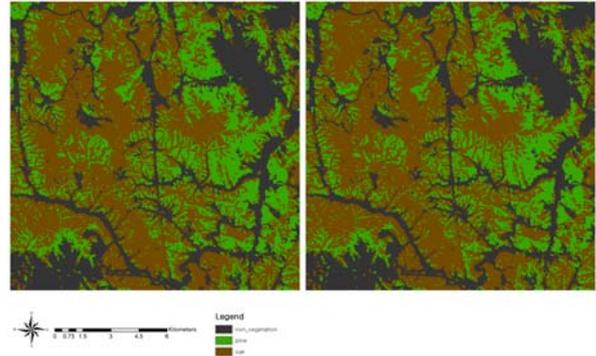


Figure 2. Future prediction. left: 2024, right: 2034

IV. 결론

참나무림으로부터의 거리 변수는 참나무 종자의 분산 거리를 반영하기 위한 것이다. 종자의 분산 거리는 부모개체로부터 가까운 곳에서 밀도가 높다는 연구들이 있었고, 실제 분포변화도 참나무림으로부터 거리가 가까운 곳에서 변화량이 가장 많은 것으로 나타났다.

식생의 분포에 영향을 미치는 요소는 본 연구에 사용된 변수 이외에도 토양과 관련된 변수가 중요한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 과거 토양 자료를 구득하는데 어려움이 있어 토양과 관련된 변수를 사용하지 못한 한계점이 있다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 환경부 차세대 에코이노베이션 기술 개발사업 (과제번호 : 416-111-014)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Forman, R. T. T. & Godron M. (1986). Landscape ecology. New York: John Wiley & Sons.
2. Joshi, a. K., Joshi, P. K., Chauhan, T., & Bairwa, B. (2014). Integrated approach for understanding spatio-temporal changes in forest resource distribution in the central Himalaya. Journal of Forestry Research, 25(2), 281 - 290.
3. Nathan, R., & Muller-Landau, H. C. (2000). Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. Trends in Ecology and Evolution, 15(7), 278 - 285.
4. Tilman, D. & Kareiva, P. (1997) Spatial ecology. Princeton university press.
5. 이동근 & 김재욱 (2007). 한반도 지역의 기후변화에 의한 고산·아고산 식생 취약성 평가. 환경복원논총, 10(6), 110-119.