

도로 개발 사업에 따른 포유류 서식지 적합성 평가

- 경기지역을 대상으로 -

정슬기* · 이동근** · 정승규*** · JIN YIHUA* · ZHU JINGRONG*

*서울대학교 대학원 · **서울대학교 조경·지역시스템공학부 · ***서울대학교 농업생명과학연구원

I. 서론

지구적 차원에서 인간 활동은 지속적으로 산림에 부정적인 영향을 초래하며, 이는 생물다양성의 감소와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 특히 도로와 같은 선적 개발은 경관의 파편화를 초래하며 경관과 자연 서식지에 영향을 미친다(Coffin, 2007). 따라서 선적 개발의 잠재적인 영향을 평가하는 것은 생물다양성 문제와 관련하여 중요하게 다루어지고 있다(Girardet et al., 2013).

종 분포 모형은 목표종의 서식지 예측 지도를 만들 수 있으므로, 개발 사업의 영향을 평가하는 데 효과적인 방법이다(Chaplin-Kramer et al., 2015; Girardet et al., 2013). 종 분포 모형은 출현 자료와 환경 변수를 기반으로 하여 종의 분포를 예측하는 모형이므로, 개발의 영향으로 인한 환경의 변화와 그에 따른 서식지 기능의 잠재적인 변화를 추정할 수 있다. 기존의 종 분포 모형은 대부분 지형이나 기후와 관련된 변수들을 적용하여 그 결과를 예측해왔다(Fourcade et al., 2014; Phillips and Dudík, 2008). 그러나 환경 변화가 경관 단위에 미치는 영향을 포함시키기 위하여 종 분포 모형에 이를 반영할 필요가 있다.

따라서 본 연구의 목적은 개발 활동으로 인한 경관 변화의 영향에 대한 단서를 제공하기 위해 생물종의 공간 분포를 평가하고, 종 분포 모형을 패치 단위의 속성과 관련된 함수로 도출하는 것이다.

II. 연구범위 및 방법

1. 연구의 범위

생물종 가운데 생태계의 핵심종으로 기능하여 다양한 생물 다양성 보전계획의 목표종으로 연구되고 있는 포유류를 대상으로 설정하였다(Kim et al., 2014). 종 분포를 파악하기 위해서는 대상종의 서식 특성이 요구되므로 포유류 중에서도 국내에서 서식 환경에 대한 조사가 활발하게 이루어진 고라니와

삼에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

경기도의 최근 산림 타용도 전용허가 면적은 전국 시도 가운데 가장 넓은 면적을 차지한다. 따라서 산림 내 개발 활동이 활발한 경기도를 연구의 대상지로 선정하였다.

2. 자료 수집 및 분석

대상종들의 지리적 위치는 제3차 전국자연환경조사 결과를 활용하였다. 제3차 전국자연환경조사는 2006년부터 2013년까지 전국을 2'30" × 2'30"의 단위격자(약 17.3km)로 나누어 지형, 경관, 식생, 동·식물상의 분포조사를 수행하였다(Kim et al., 2013).

대상종에 대한 환경 변수는 포유류의 서식지 특성에 관한 선행 연구에 근거하였으며(Kim et al., 2014; Lee and Song, 2008; Seo et al., 2008; Song and Kim, 2012) ArcGIS 10.1(ESRI Inc.)을 이용하여 30m 공간해상도로 구축하였다. 또한 선행 연구를 근거로 하여 패치 단위의 속성과 관련된 변수들을 구축하였다(Cattau, 2010; Mapelli and Kittlein, 2009). 서식 패치의 속성은 FRAGSTATS(McGarigal et al., 2012) 도구를 사용하여 계산하였다.

3. 종 분포 모형 개발

본 연구에서는 출현 기록과 서식지 요인 변수를 적용하여 대상종의 분포를 예측하기 위해 MaxEnt 3.3.3k 를 사용하였다. MaxEnt 모형은 종 분포 모형 가운데에서도 출현 자료만을 사용하는 예측에 적합하며(Phillips and Dudík, 2008), 국내 종 분포 모형 관련 연구에서도 높은 정확도를 나타낸 바 있다(Kim et al., 2012; Song and Kim, 2012).

모형의 예측도를 평가하기 위하여 가장 일반적으로 사용되는 ROC (Receiver Operating Characteristic) 곡선 방법을 사용하였다. ROC 곡선 아래의 면적인 AUC(Area Under the Cover) 값은 모형의 정확도를 나타낸다.

4. 종 분포 평가

개발 활동 이전과 이후의 종 분포를 비교하기 위하여, 시간이 지난 이후의 환경에서 동일한 모형을 외삽하여 개발 후의 종 분포를 나타내었다. 경기도 내에서 협의 완료되어 개발이 시작된 사업대상지들을 추출하여 개발 이후 예상되는 환경 변수 자료들을 구축하여 종 분포 모형을 적용하였다. 이 과정을 통해 생성된 두 지도는 종 분포 변화를 추정하기 위해 사용되었다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 종 분포 모형 결과

고라니의 종 분포를 결정하기 위해 생물지리적 특성을 가진 곡률, 농경지로부터의 거리, 도로로부터의 거리, 임상, 경사도와 패치의 특성인 인접성(Contig)과 면적대둘레비(Para) 변수가 사용되었다. 삶의 종 분포 결정에는 농경지로부터의 거리, 복사면율, 경사도, 인접성, 면적대둘레비 변수가 사용되었다.

개발 이후의 종 분포 결과는 개발 이전과 흡사하게 나타났다. 모형의 ROC 값은 근소하게 상승하였으나 고라니는 0.857(0.854), 삶은 0.849(0.847)로 큰 차이를 보이지는 않았다.

경기도의 개발 전후 종 분포 모형을 살펴본 결과, 대상지 내 고라니와 삶의 분포에는 기존에 밝혀졌던 생물지리적 변수 이외에도 경관 단위인 패치의 속성이 서식 특성을 설명할 수 있다는 것을 확인하였다. 특히 패치의 인접성과 면적 대 둘레의 비율에서 높은 설명력을 보였다.

2. 개발 영향에 따른 종 분포 평가

고라니의 종 분포 확률 변화 지도에서는 변화량 범위가 -0.99~6.33으로, 삶의 종 분포 확률 변화 지도에서는 변화량 범위가 -0.85~3.01로 나타나 변화량이 음과 양의 값 모두 나타난 것을 확인하였다.

IV. 결론

본 연구에서는 경관의 서식지 기능을 종 분포의 형태로 나타내어, 경관 변화의 영향을 생물종의 공간 분포 변화량으로 평가하고자 하였다. 패치 속성을 적용한 종 분포 모형 결과, 패치의 인접성이나 면적 대 둘레 비율과 같은 특성이 대상종인 고라니와 삶의 분포에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 유사한 종 분포 모형으로 선적 개발 사업이 도입된 후의 결과를 외삽한 결과 생물종 분포 확률에는 변화가 있을 것으로 나타났다.

그러나 대상종들의 출현 확률 변화량에서 구체적인 관계를 밝혀내지는 못하였다.

그러나 경관 단위의 특성을 반영한 종 분포 모형이 높은 예측력을 가질 수 있으며, 이는 경관에 미치는 영향을 모형에 반영시킬 수 있다는 가능성을 확인하였다는 점에서 의의가 있다.

감사의 글

본 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호 : S111414L050100)'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

참고문헌

1. Cattau, M. (2010). USING THE ECOSYSTEM SERVICE VALUE OF HABITAT AREAS FOR WILDLIFE CONSERVATION: IMPLICATIONS OF CARBON-RICH PEATSWAMP FORESTS FOR THE. Duke University.
2. Chaplin-Kramer, R., Sharp, R.P., Mandel, L., Sim, S., Johnson, J., Butnar, I., Canals, L.M. i, Eichelberger, B.A., Ramler, I., Mueller, C., et al. (2015). Spatial patterns of agricultural expansion determine impacts on biodiversity and carbon storage. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 112, 7402 - 7407.
3. Coffin, A.W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *J. Transp. Geogr.* 15, 396 - 406.
4. Fourcade, Y., Engler, J.O., Rödder, D., and Secondi, J. (2014). Mapping species distributions with MAXENT using a geographically biased sample of presence data: A performance assessment of methods for correcting sampling bias. *PLoS ONE* 9.
5. Girardet, X., Foltête, J.-C., and Clauzel, C. (2013). Designing a graph-based approach to landscape ecological assessment of linear infrastructures. *Environ. Impact Assess. Rev.* 42, 10 - 17.
6. Kim, C.-H., Kang, J.-H., and Kim, M. (2013). Status and Development of National Ecosystem Survey in Korea. *J. Environ. Impact Assess.* 22, 725 - 738.
7. Kim, J., Kwon, H., Seo, C., and Kim, M. (2014). A nationwide analysis of mammalian biodiversity hotspots in South Korea. *J. Environ. Impact Assess.* 23, 453 - 465.
8. Lee, D.-K., and Song, W.-K. (2008a). A Study on the Analytic Unit of Habitat Suitability Assessment and Selection in Conservation Areas for Leopard Cat (*Prionailurus bengalensis*)-Focus on Chungcheong Province Area. *J. Korean Inst. Landsc. Archit.* 36, 64 - 72.
9. Mapelli, F.J., and Kittlein, M.J. (2009). Influence of patch and landscape characteristics on the distribution of the subterranean rodent *Ctenomys porteousi*. *Landsc. Ecol.* 24, 723 - 733.
10. McGarigal, K., Cushman, S.A., and Ene, E. (2012). FRAGSTATS v4: spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. University of Massachusetts, Amherst. *Comput. Softw. Program Prod. Authors Uni-Versity Mass.*
11. Phillips, S.J., and Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31, 161 - 175.
12. Seo, C.-W., Park, Y.-R., and Choi, Y.-S. (2008). Comparison of Species Distribution Models According to Location Data. *J. Korean Soc. Geospatial Inf. Syst.* 16, 59 - 64.
13. Song, W., and Kim, E. (2012). A Comparison of Machine Learning Species Distribution Methods for Habitat Analysis of the Korea Water Deer (*Hydropotes inermis argyropus*). *Korean J. Remote Sens.* 28.