

전문조사원 경험에 의한 야생동물 서식지 예측모형¹

- 대천천·청라댐 유역을 대상으로 -

장래익² · 이명우^{3*}

Wildlife Habitat Prediction Model based on Specialist's Experience¹

- A Case Study of Daechoncheon-Cheongradam -

Raeik Jang², Myoun-Woo Lee^{3*}

요약

본 연구는 2011년에 수행된 충청남도 보령시 도시생태현황지도(biotopemap)에서 도출된 정보를 활용하여 야생동물 조사지점을 선정하는 단계에서 활용하기 위한 목적으로 수행되었다. 연구에 활용된 정보는 야생동물 전문가의 지식과 경험으로부터 도출되었으며 6가지 환경변수(Outside distance from food vegetation, Outside distance from farm land, Outside distance from forest, Human density, Outside distance from road, Outside distance from water)로 구현되었다. 6개의 환경변수는 도면중첩방법으로 모형화 되었으며 모형은 출현정보와 비교한 결과 94.72%의 상관관계를 도출할 수 있었다. 출현이 많을 것으로 예측된 지역은 농촌지역 산림 계곡부 였으며 조사범위의 한계(면적, 일정, 예산)속에서 양질의 야생동물 조사결과를 도출하기 위해 활용될 수 있다. 하지만 산림내부가 제외되어있는 점, 모든종이 같은 서식지를 선호하지 않는다는 점 등의 한계점을 갖고 있었으며 추후 이 부문에 대한 후속연구들이 필요하다.

주요어: 행위자 기반모형, 서식지 모형, 도시생태현황지도, 경관유형, 유역생태계

ABSTRACT

The aim of this study was to use the information deduced from biotopemap in Boryeong, Chungnam province conducted in 2011 and to select the wildlife survey point. The information used for the study was deduced from the knowledge and experience of wildlife specialists and was realized by 6 environmental variables (Outside distance from food vegetation, Outside distance from farm land, Outside distance from forest, Human density, Outside distance from road, Outside distance from water). 6 environmental variables were modeled by map overlay method and the model could deduce the correlation of 94.72% as a result of comparing with occurrence information. The areas predicted to have many occurrences were rural landscapes, forests, and valleys, and they can be used to deduce the quality wildlife survey results in the limit of survey range (area, schedule, and budget). However, it had the limit points such as the inside of forests was excluded, all species did not prefer the same habitat. The following studies are needed for this part in the future.

1 접수 2014년 6월 27일, 수정 (1차: 2014년 8월 6일, 2차: 2014년 8월 18일), 게재확정 2014년 8월 19일

Received 27 June 2014; Revised (1st: 6 August 2014, 2nd: 18 August 2014); Accepted 19 August 2014

2 전북대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea (rijang35@gmail.com)

3 전북대학교 농업생명과학대학 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, College of Agricultural Life Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea (lmw@jbnu.ac.kr)

* 교신저자 Corresponding author(lmw@jbnu.ac.kr)

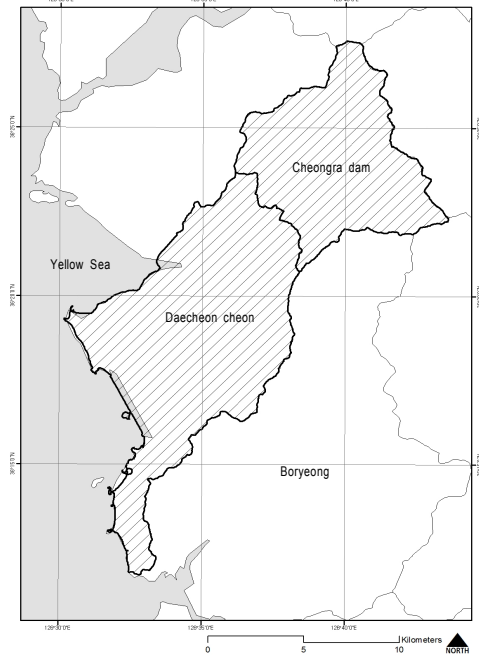
KEY WORDS: ABM(AGENT-BASED MODEL), HABITAT MODELING, BIOTOPE MAP, LANDSCAPE TYPE, WATERSHED ECOSYSTEM

서론

환경정책기본법을 비롯한 자연환경보전법, 환경영향평가법 등 환경관련 법과 제도는 자연환경의 보호, 생태계 및 자연경관의 보전, 자연환경의 지속가능한 이용 등을 목적으로 수립되었으며 이에 따라 대한민국의 환경부와 지방자치단체는 전국자연환경조사, 생태자연도, 국토환경성평가지도, 도시생태현황지도 등을 구축하여 인위적인 훼손으로부터 자연환경을 보호하고 있다(Ministry of Environment and National institute of environmental research, 2012). 생태계 조사는 다양한 환경정보(지형, 식생, 야생동물, 토지이용 및 피복 비오톱유형 등)를 수집하여 평가자료로 활용하고 있는데 야생동물의 조사는 식생 및 토지피복 등 이동성이 없는 자원의 조사와 다른 접근방법을 취해야 하는 특성을 갖고 있다(ME and NIER, 2012).

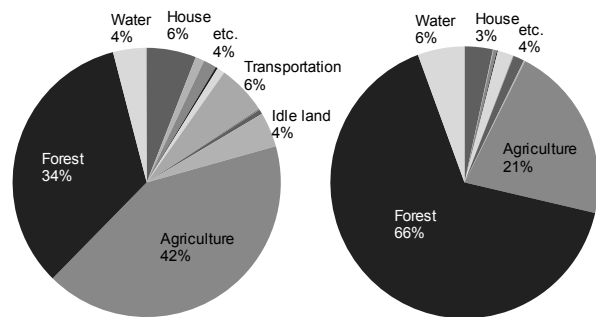
환경자원의 보전 및 관리를 위해 수행되고 있는 생태계 평가정보는 정밀도 향상을 목적으로 대축척 화 되고 있으며 그 목적으로 지방자치단체에서는 도시생태현황지도(Biotope Map)를 구축하여 활용하고 있다. 각 시·군 단위로 구축되는 도시생태현황지도는 광역도(道) 단위에서는 충청남도에서 수행되었으며 그 중 보령시는 해안경관, 도시경관, 산림경관 등 다양한 경관으로 구성된 지역으로 도시생태현황지도의 구축이 완료되어 조사자료가 풍부한 특성이 있어 본 연구에서는 보령시 대천천·청라댐유역을 대상으로 연구를 진행하고자 한다. 연구를 위해 활용된 자료는 보령시 도시생태현황지도와 1/25,000 수치지형도, 유역도, 행정구역도 등이 활용되었고 ArcGIS 9.3과 Microsoft Excel 2013으로 분석하였다.

연구대상지는 행정구역상 충청남도 보령시 궁촌동 등 10개 동과 웅천읍, 남포면, 주교면으로 구성된 대천천 유역과 청라면으로 구성된 청라댐유역이며 총면적은 187km²이고 연장 14km, 제방 20곳, 보 22곳, 교량 12곳으로 구성되어 있다(RIMGIS, 2014). 청라댐유역은 월터저수지 상류 계곡에서 시작한 대천천이 청라(청천)저수지로 유입되어 청라댐까지가 청라댐 유역으로 구분되고 청라댐을 시작으로 바다까지 이어지는 대천천과 남포천에서 남포방조제까지가 대천천 유역으로 구분된다. Figure 1은 연구 대상지의 위치 및 유역구분으로 청라댐 유역과 대천천 유역을 빗금으로 표현하였다. Figure 2는 연구 대상지인 대천천유역과 청라댐 유역의 토지이용유형의 비율이다.



▨ The study area

Figure 1. The study area



a. Daecheoncheon b. Cheongradam

Figure 2. Land Use of the study area

대천천 유역은 보령의 도심과 대천해수욕장 등의 도시경관 요소 6%, 농경지 등의 농촌경관 요소 42%, 산림 34% 분포하고 있으며 면적 116km², 최고고도는 595m, 최저고도는 5m, 평균고도 50m이다. 2011년 기준 보령시 총인구 10.8만 명중 약 57%(61,188명)가 대천천 유역 동단위 지역에 거주하고 있는 보령시의 대표적인 도시지역이며 농경지

와 해안이 함께 분포하고 있는 지역이다(Boryeong, 2013). 동쪽으로는 성주산에서 시작하여 옥마산, 잔미산으로 이어지는 능선에 의해 이웃한 보령댐 유역 및 웅천천 유역과 경계하고 있으며 서쪽은 대천해수욕장, 무창포해수욕장 등의 해안지역과 남포방조제에 의해 만들어진 농경지가 분포하고 있는 지역이다.

청라댐 유역은 청라(청천)저수지를 중심으로 대천천, 길현천 등 약 9개 지류하천이 유입되는 지역이며 수경관 요소가 약 4%, 산림이 66%, 농경지 21%로 약 90% 이상의 토지이용이 자연경관 요소로 구성된 지역이다. 최고고도 790m, 최저고도 40m, 평균고도 166m로 대천천 유역의 상류유역이며 북쪽 오서산(791m), 동쪽 백월산, 남쪽 성주산(677m)에 의한 70km²의 유역면적이 청라댐으로 만들어진 지역이다.

서식지 예측모형은 생태계 조사결과를 기반으로 지리-통계적 기법을 활용하여 결과를 도출하는 방법 또는 설문조사를 기반으로 응용하는 방법 등이 있으며 이와 같은 연구는 다량의 조사결과로부터 모형을 구축하는 상향식(Bottom-up) 방법이다. 야생동물 조사결과를 기반으로 서식지를 예측하는 모형은 Maxent(Maximum Entropy Modeling), GLM(Generalized Linear Model), GAM(Generalized Addictive Model), CART(Classification and Regression Tree), ANN(Artificial Neural Network) 등을 활용하고 있으며 설문조사를 기반으로 도출되는 종 분포 모형 구축방법에는 HSI(Habitat Suitability Index), AHP(Analytic Hierachy Process), Delphi technique 등이 활용되고 있다. 이와 같은 방법들은 풍부한 조사정보와 설문조사를 통해 객관성, 타당성, 현실성, 정밀성 등을 확보하고 있으며 대상종의 서식지 특성에 따른 변수를 적용하여 구현된 결과들이다(Schuster *et al.*, 1985; Kim *et al.*, 1998; Seo and Park, 2000; Kim and Lee, 2007; Lee and Song, 2008; Seo *et al.*, 2008; Lee and Kim, 2010; Lee *et al.*, 2010; Choi *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2012; Kwon *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2012; Song and Kim, 2012; Park and Lee, 2014).

야생동물의 조사결과는 조사지역에 따라 종(Species), 개체수(Population) 등을 조사하고 공간정보(GIS, Geographic Information System)로 가공하여 생태계 평가정보로 활용하고 있는데 조사를 수행하는 전문가와 야생동물 모두 경관(Landscape) 내에서 지식·경험·환경에 대한 직관적 판단 등을 기준으로 이동하며 이동 중 수집되는 정보가 최종 조사결과 형태로 구현되는 특성이 있다. 즉, 야생동물의 서식정보는 조사자의 야생동물에 대한 지식·경험·직관적 판단 등에 의존하여 구축된 결과물로 볼 수 있다(ME and NIER, 2012). 야생동물 조사는 현장조사 이전에 대상지역에 대해 환경적·지형적 현황과 사전조사결과 그리고 조사자의 경험과 직관적 판단에 의해 조사지점을 선정하는데 이런 조사지

점 선정방식은 야생동물 조사원의 역량에 의존할 수 밖에 없으며 조사원이 풍부한 지식이나 경험이 없을 경우 조사지점의 선정단계에서 효율성이 떨어질 수 있는 한계를 갖고 있다. 즉, 조사원이 사전적 지식과 경험이 충분하지 않을 경우에 조사지점을 선정하는 단계에서 활용될 수 있는 효율적인 방법론이 필요하며 이에 본 연구에서는 야생동물 조사결과를 활용한 종 분포 모형이 아닌 조사원의 지식 및 경험을 활용한 야생동물 분포 예측 모형을 구축하고 조사결과와 비교하여 검증해 보고자 한다.

연구방법

1. 표본추출 방법

1) 일반적 표본추출 방법

모형을 구축하기 위한 일반적인 표본 추출방법 중 판단 표본추출(Judgement Sampling)은 전문가를 대상으로 전문가의 지식 및 경험에 의존하여 표본을 추출하는 방식으로 인터뷰·전문가 면접 등을 통해 추출된 정보를 활용하는 방법, 확률 표본추출(Probability Sampling)은 객관적 분석을 목적으로 표본을 추출하는 방법, 단순무작위 표본추출(Simple Random Sampling)은 대상 내에서 무작위로 정보를 추출하는 방법, 층화 표본추출(Stratified Sampling)은 모집단의 특성에 따라 분류하여 정보를 추출하는 방법, 군집 표본추출(Cluster Sampling)은 모집단을 단계적으로 분류하여 군집별로 정보를 추출하는 방법, 체계적 표본추출(Systematic Sampling)은 일정한 단위로 모집단을 분류하여 단위별로 정보를 추출하는 방법이다(Rho *et al.*, 2004).

2) 경험적 표본추출 방법(야생동물 조사방법)

야생동물은 각각의 서식영역 및 선호 서식지에서 이동하는 특성이 있어 이를 대상(Cluster)으로 조사(Sampling)하고 논리적 분석을 통해 서식지를 설명할 수 있다. 조사 환경 내에서 각각의 종(Species)과 개체(Population)는 환경적 특성에 따라 이동하기 때문에 야생동물을 대상으로 서식정보(표본)를 수집 하기 위해서는 전문적인 지식과 경험을 갖고 있는 전문가의 역량에 의지해야 하는 특수성을 포함하고 있다.

야생동물을 조사하기 위한 표본추출(서식정보 조사) 방법은 기초적으로 판단표본추출(Judgement sampling)에 의존하고 있다. 야생동물 서식정보는 환경적·경관적 현황에 따라 종의 분포가 달라지는데 이런 환경적·경관적 현황에 따른 서식지 변화에 따라 전문가의 지식과 경험에 의존하여 조사된 결과이기 때문이다. 야생동물 서식정보는 직접 확인(목견, 포획 등)과 간접확인(울음소리, 흔적조사, 청문

조사, GPS수신 등)된 정보를 추출한 결과이며 전문가는 사전조사(문헌조사, 지역적 맥락의 조사, 역사적 기록조사, 기반환경의 조사)를 수행하고 지식과 경험에 의존하여 현장에서 야생동물의 서식정보를 추출하는데 일정한 단위면적 내에서 이동중의 정보수집은 단순무작위 표본추출(Simple random sampling)로, 분류군에서 종으로 이어지는 계층적 정보수집은 층화 표본추출(Stratified sampling)과 군집 표본추출(Cluster sampling)의 복합적 형태로, 단위면적을 일정한 간격(격자)으로 나누어 체계적으로 정보를 수집하는 것은 체계적 표본추출(Systematic sampling)로 볼 수 있다(Kim and Cho, 2004).

일반적인 표본 추출방법과 대한민국의 전국자연환경조사를 비교할 경우 제1차 조사는 주요서식지를 핵심적으로 조사하였고 주로 청문으로 조사하였기 때문에 판단 표본추출과 군집 표본추출이고, 제2차 조사는 대권역에서 소권역으로 구분되는 권역별 조사였기 때문에 층화표본추출이며 제3차 조사는 1/25,000지형도의 도엽을 9개의 격자로 나누어 조사하였기 때문에 체계적 표본추출로 볼 수 있다(Kim *et al.*, 2013).

2. 야생동물 조사지점 선정 모형 구축방법

야생동물 출현정보를 기반으로 수행된 야생동물 서식지 예측모형이 상향식(Bottom-up) 접근방법이면 본 연구에서 수행하고자 하는 접근방법은 전문가의 지식과 경험에 의존한 하향식(Top-down) 접근방법으로 가설 연역 방법(Hypothetico-deductive method)이다. ‘야생동물 전문가의 지식 및 경험은 야생동물 서식지를 예측할 수 있다.’는 가설을 수립하고 전문가의 지식과 경험에서 모형을 구축하기 위한 정보를 추출하여 야생동물 조사지점 선정을 위한 모형을 구축하고 보령시 도시생태현황지도(현실계)의 야생동물 조사결과와 비교하여 가설을 검증하는 과정이다. 연구과정을 Figure 3으로 요약하였다. 왼쪽의 과정은 본 연구에서 수행되는 과정이고 오른쪽은 도시생태현황지도상의 야생동물 조사결과정보이다. 왼쪽의 1단계(Sampling)는 조사원의 지식과 경험에서 자료를 수집(Sampling)하는 것이고 2단계(Modeling)는 수집된 자료를 종합하여 모형을 구축하는 것이며 Figure 3의 오른쪽 1단계(Sampling)는 도시생태현황지도를 구축하기 위해 수행되었던 야생동물을 조사하는 과정이고 2단계는 구축결과를 공간정보화 하는 과정이다. Figure 3의 왼쪽과정의 결과를 오른쪽과정의 결과와 비교하여 검증하는 방식인데 검증은 왼쪽 모형화 과정 결과의 효율성을 검증하고자 한다. 효율성은 예측도 면적비율 대비 출현종수로 예측이 높게 나타난 지역이 낮은 지역에 비해 좁은 지역이며 상대적으로 좁은 지역에서 얼마

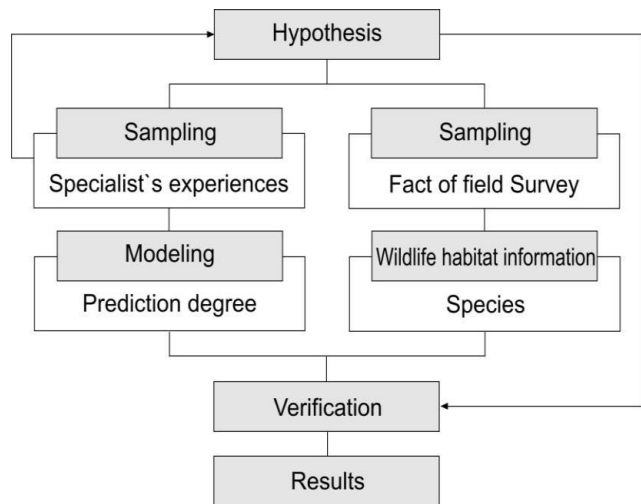


Figure 3. Flowchart of study methodology

나 많은 종을 조사할 수 있는지를 의미한다.

본 연구방법과 유사한 방법으로는 ABM(Agent-based model)을 들 수 있는데 ABM은 행위자(Agent)의 불균질성(Heterogeneity), 자율성(Autonomy), 공간상 주변 행위자와의 국소 상호작용(Local interactions), 제한 합리성(Bounded rationality) 등을 인정하고 이런 특성을 기반으로 시뮬레이션(Simulation)하여 현실로부터 도출되는 창발 현상(Emergent phenomena)을 규명하는 복잡계(Complex system) 연구방법 중 하나이다(Kim and Lee, 2007; Chai *et al.*, 2007; Topping *et al.*, 2003; Grimm, *et al.*, 2005). 전문가는 야생동물을 조사하기 위해 자신의 지식·경험·직관·이웃한 전문가와의 교감 등을 통해 조사하며 야생동물 또한 자신이 처한 현황에 따라 움직인다. 여기서 전문가의 지식·경험·직관 등 전문가 고유의 속성에 따른 행동규칙과 야생동물 각각의 종이 선호하는 먹이·물·은신처 등 야생동물 고유의 속성에 따른 행동규칙이 불균질성(Heterogeneity)에 해당한다. 개별 전문가와 야생동물은 각각 자신이 속한 생태계 범위 내에서 최대한 자유롭게 활동을 하는 것 즉, 전문가가 모두 같은 조사경로를 따르지 않으며 야생동물이 모두 같은 서식지를 이용하지 않고 각각의 현황에 따라 행동하는 것이 자율성(Autonomy)에 해당한다. 전문가는 효율적인 조사를 수행하기 위해 기후, 날씨, 접근성, 생태계 현황 등의 정보를 수집하며 이웃한 조사자와 교류하고 야생동물은 먹이·물·은신처 등 복잡한 생태계 현황 등의 정보를 수집하며 배우자·동료·천적·이웃한 다른 세력권의 개체와 교류하는데 이것은 국소 상호작용(Local interactions)에 해당한다. 이런 야생동물과 전문가의 관계는 일정수준의 한계를 갖고 있는데 야생동물 전문가는 조사시간 및 조사범위 등의 한계를 갖고 있고 야생동물 또한 자신의 세력권·이동 거리·건강상

태·환경 등에 따른 한계를 갖고 있다. 이런 한계 속에서 조사원은 최대한의 정보를 수집하고 제한된 현황 속에서 효율성에 따른 합리적인 선택으로 움직이게 되는데 이것은 제한 합리성(Bounded rationality)에 해당한다.

하나의 행위인 야생동물 조사는 전문가의 풍부한 지식과 경험 그리고 직관적 의사결정으로 이루어지고 이와 이웃한 전문가에게 영향을 미쳐 유사한 조사행위가 수행된다. 이런 특성은 각 분류군의 전문가가 일정부분에 있어서 유사한 조사행위를 수행하고 있는 것이며 이것은 본 연구의 근거가 소수 전문가의 의견이지만 대표성을 갖고 있고 신뢰도 높은 결과가 도출될 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

결과 및 고찰

1. 모형을 위한 자료수집(Sampling)

야생동물 중 분포 모형을 구축하기 위해 참여한 전문가는 공간분석가와 야생동물 전문가로 공간분석가는 조경학과에서 학부와 석사를 마치고 현재 박사과정이며 환경관련 연구원에서 환경·생태와 관련된 업무를 수행해 왔고 야생동물 전문가는 관련 문헌을 저술하거나 관련 학과 출신이며 현재 야생동물 조사가 현업인 전문가이다. 참여자는 분류군별로 포유류 1명, 양서·파충류 1명, 조류 1명의 전문가와 공간분석가 1명으로 총 4명으로 구성하였다.

야생동물 중분포 모형을 구축하기 위해 참여자가 같은 시·공간에 모여 회의를 할 경우 시간적 제약과 집중력 분산으로 인한 질적 저하가 발생할 수 있어 공간분석가와 분류군별 전문가가 각각 1:1로 회의를 진행하였으며 전문가의 의견을 최대한 도출하기 위해 전문가가 원하는 시간과 공간에서 자유롭게 의견을 제시할 수 있도록 하였고 구현 가능성에 관해 토론하였다. 즉, 브레인스토밍(Brainstorming)을 진행하였다.

1) 야생동물 중 분포 예측을 위한 회의

야생동물 중 분포 예측을 위한 회의에서 전문가들은 분류군 및 지역의 특성에 따라 조사 가능한 종과 조사시기, 조사방법, 조사위치, 서식지 특성 등의 사항을 현장경험 및 문헌 자료를 토대로 자유롭게 제시하였으며 공간분석가는 제시된 의견을 기반으로 환경변수화 가능성 및 구현방법 등을 제시하였다.

(1) 양서·파충류

“양서류는 겨울철 동면을 하는 시기가 있고 여름철 기온이 높은 시기에는 서늘한 장소에서 하면을 하므로 봄철 산란기에 유생(올챙이)과 알 등을 조사하는 것이 용이하며 산

림 계곡을 선호하는 종과 논두렁을 선호하는 종을 구분하여 조사지점을 선택하는 것이 용이하다. 논이 있는 지역은 경지정리가 되어 있는 논, 경지정리가 되어있지 않은 논, 계곡부에 위치하는 논을 크게 구분하지 않고 나타나며 계곡부에서 나타나는 종 또한 계곡을 크게 가리지는 않으나 인적이 많지 않은 곳에서 조금 더 많이 출현하는 경향이 있다. 또한, 물과의 관계가 밀접하므로 산속에 말라있는 계곡이라 할지라도 토양 아래 수분이 있으면 출현 가능성이 있기 때문에 작은 계곡까지도 조사할 필요가 있다.” 등의 의견이 도출되었다(Kim and Cho, 2004; NIER, 2012). 제시된 의견을 종합하여 논에서 가깝거나 논인 지역, 산림 안쪽의 계곡부, 물로부터 가까운 지역, 인간의 활동이 많지 않은 지역 등을 환경변수로 추출하였다.

(2) 포유류

“포유류는 직접관찰, 흔적조사, 포획조사 등의 방법으로 수행되며 시기에 큰 영향을 받지 않으나 겨울철 눈이 쌓여 있는 경우 흔적확인이 용이하다. 포유류 중 비교적 몸집이 큰 식육목, 우제목, 토끼목 등은 은신처인 숲과 논 사이에서 흔적이 많이 발견되는 경향이 있고 로드킬조사도 용이하다. 비교적 작은 개체(식충목, 박쥐목, 설치목)는 트랩을 설치하여 포획조사를 통해 조사된다. 해당 지역에서는 사향노루 또는 산양 등이 조사될 가능성이 적다.” 등의 의견이 도출되었다(Kim and Cho, 2004; NIER, 2012). 제시된 의견을 종합하여 산림의 가장자리와 논이 가까이 있는 지역, 인간의 활동이 많지 않은 지역 등을 환경변수로 추출하였다.

(3) 조류

“조류는 양서·파충류나 포유류와 비교하면 활동 반경이 상대적으로 크고 텃새, 철새, 통과조류 등 시기에 따라 그리고 산새, 물새 등 선호하는 서식지에 따라 시기와 지역이 독립적인 특성이 있다. 조사방법 또한 직접관찰, 울음소리, 동지의 발견 등으로 조사될 수 있어 선호하는 서식지의 특성이 복잡한 특성이 있다.” 등의 의견이 도출되었다(Kim and Cho, 2004; NIER, 2012). 제시된 의견을 종합하여 선호서식지 특성에 따라 조사지점 유형을 구분하고 산림 가장자리와 물에서 가까운 지역 등을 환경변수로 추출하였다.

2) 야생동물 중 분포 예측을 위한 문헌연구

야생동물 서식지와 관련된 연구는 주로 종 또는 개체를 중심으로 삵(*Prionailurus bengalensis*)(Lee and Song, 2008; Lee et al., 2011; Choi et al., 2012; Lee et al., 2012; Park et al., 2012), 멧돼지(*Sus scrofa*)(Park et al., 1998; Seo and Park, 2000; Choi et al., 2006), 고라니(*Hydropotes inermis*)(Choi, 2003; Song and Kim, 2012), 산양(*Naemorhedus caudatus*)(Seo et al., 2008) 등에 대한 연구가 진행되었으며 야생동물의 전체적인 서식지 잠재력을 평가하기 위한 연구

(Lee and Kim, 2010; Kim *et al.*, 2012)는 종 또는 개체를 중심으로 진행된 연구에 비해 적었다. 이는 야생동물이 각각의 생태적 특성에 따라 선호하는 서식지가 다르기 때문인데 조류의 경우 하천의 물고기를 선호하는 경향이 있는 수금류(Waterbirds), 도요새류와 물떼새류와 같이 습지에서 먹이활동을 하는 섭금류(Shorebirds), 육식을 선호하는 맹금류(The birds of prey), 식물의 과육 및 곤충을 선호하는 맹금류(Songbirds) 등 선호하는 먹이 및 번식지 등에 따라 서식지를 다르게 하므로 이를 단순화 하거나 종합하여 서식지를 분석하는 것이 고유의 특성을 반영하지 못한다는 판단이 있었기 때문으로 판단된다. 생물이 서식하고 있는 지역 즉, 생태계는 중, 예를 들어 지표종(Indicator species), 우산종(Umbrella species), 깃대종(flagship species) 등의 서식특성이 그 생태계를 대변할 수도 있지만, 그 지역의 전체적인 생태계 건강성 등을 판단하기 위해서는 해당 지역에 서식하는 종들의 전반적인 서식지 특성을 분석하는 것도 필요하다.

야생동물은 선호하는 서식지에 따라 토지이용, 토지피복, 지형정보(고도, 경사, 향, 음영기복 등), 거리정보(물과의 거리, 도로와의 거리, 주거지와와의 거리 등), 기후정보, 식생정보 등이 사용되고 있다(Kim *et al.*, 1998; Seo and Park, 2000; Lee and Song, 2008; Seo *et al.*, 2008; Lee and Kim, 2010; Lee *et al.*, 2010; Choi *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2012; Kwon *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2012; Song and Kim, 2012; Park and Lee, 2014). 이는 야생동물의 서식지 결정에 영향을 주는 먹이, 은신처, 물 등의 요소(Kim and Cho, 2004)를 공간변수로 적용하기 위해 선택된 변수이며 본 연구에서는 야생동물 전문가와의 회의 및 문헌연구를 통해 야생동물 조사지점 선정 모형의 변수를 설정하였다(Table 1).

2. 모형적용(Modeling)

본 연구는 야생동물의 출현을 기반으로 하는 서식지 모형

화가 아닌 야생동물 조사지점 추출을 위한 연구이며 하나의 종 또는 개체를 대상으로 하는 것이 아닌 일정한 단위면적 내의 모든 야생동물을 대상으로 하므로 전문가의 지식 및 경험과 선행연구 등에서 변수를 추출하여 적용하였다. 야생동물 조사지점 선정 모형은 회의, 현장조사경험, 선행연구 등에서 모두 비슷한 경향을 보이고 있는데 첫째 인간의 간섭이 적은 곳, 둘째 물과 가까운 곳, 셋째 먹이를 취득하기 용이한 곳으로 압축될 수 있다. 이에 본 연구에서는 야생동물 중분포에 관한 가설을 먹이-은신처-물의 가치가 높은 곳으로 설정하고 공간변수로 구현하여 모형을 구축하였다.

1) 모형 변수 구축

(1) 먹이를 취득하기 용이한 곳

각각의 야생동물은 선호하는 먹이가 다르지만 본 연구에서는 비교적 다양한 야생동물이 섭취할 수 있는 참나무를 먹이식물로 적용하여 참나무로부터의 거리를 먹이식물로부터의 거리(fvd)로 적용하였다. 또한, 인간에 의해 재배되고 있는 농작물이 먹이가 되는 사례도 있어 농경지로부터의 거리(fad)도 적용하였다. 거리는 가까울수록 좋으므로 역수로 적용하였다.

(2) 은신처 및 인간의 간섭

은신처는 천적으로부터 회피하는 야생동물의 행태적 특성이며 인간의 행태 또한 천적의 활동 또는 위협 중 하나이다. 산림의 식생은 천적의 위협으로부터 회피할 수 있는 은신처 역할을 할 수 있고 가까이에 산림이 있을수록 회피가 용이하다. 이에 본 연구에서는 은신처 역할을 할 수 있는 산림과 회피의 용의성을 적용하기 위해 숲으로부터의 거리(fd)를 변수로 적용하였다. 숲으로부터의 거리 또한 가까울수록 좋으므로 역수로 적용하였다.

인간의 간섭에 대한 회피경향을 적용하기 위해 인구밀도(pop)를 변수로 적용하였는데 인구밀도는 지적도의 지목 '대지'를 대상으로 해당 대지의 면적을 읍면동별 총 대지면적으로 나누고 해당 읍면동의 인구수를 곱한 후 반경 4km를

Table 1. Derive to Description from Brainstorming Result

| Brainstorming Result | | | Description |
|----------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Amphibia-Reptiles | Mammals | Birds | |
| | Between forest and farm land | The birds of prey | Outside distance from forest |
| Low human activity | Low human activity | | Human density |
| Low human activity | Road kill | | Outside distance from road |
| Valley in the forest | Water | Waterbirds | Outside distance from water |
| | Between forest and farm land | The birds of prey | Outside distance from food vegetation |
| | Between forest and farm land | | Outside distance from farm land |

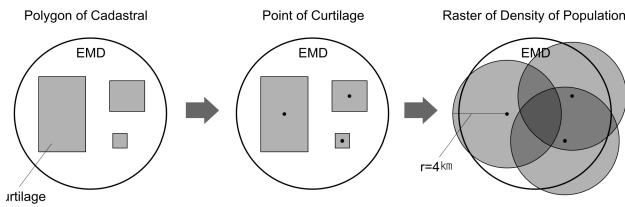


Figure 4. Illustration of Population

설정하여 밀도를 측정하는 것이다. 인구밀도는 단위면적당 인구수를 의미하지만, 공간변수로 인구수를 행정구역단위 면적으로 나누어 공간정보로 구축할 경우 인간의 활동이 상대적으로 낮은 산림지역과 상대적으로 높은 도시지역이 동일한 밀도로 표현되게 된다. 이를 방지하고자 지적도의 대지에 인구수를 적용하여 밀도를 계산한 것이며 대지의 면적이 상대적으로 넓은 필지인 아파트 등과 상대적으로 좁은 단독주택에 동일한 인구수가 적용되지 않게 하려고 대지의 면적비율을 적용하였다. 밀도계산시의 4km를 설정한 것은 대한민국의 전통적인 단위인 리단위에 따라 걸어서 움직일 수 있는 거리를 10리(약 4km)로 판단하여 설정한 것이다. 또한 인간의 간섭 중 차량 등에 의한 활동을 적용하기 위해 도로와의 거리(rd)를 적용하였다. 도로와의 거리는 멀리 떨어질수록 영향을 적게 받는 것으로 판단하여 거리값을 그대로 적용하였다. Figure 4는 지적도상의 대지를 추출하고 대지에 인구수를 적용한 후 대지를 포인트로 바꾼 후 4km의 반지름을 적용하여 인구밀도를 계산하는 과정을 모식도로 표현한 것이다. 왼쪽에서 첫 번째 원은 연구대상지의 전체 지적도를 표현하고 있으며 회색은 지목 중 대지를 의미하고 있고 두 번째는 대지의 형태를 포인트로 바꾸는 과정을 설명하는 것이며 마지막은 그 원을 중심으로 밀도가 측정되는 과정을 설명한 것이다.

$$pop = \sum_{k=1}^n r d_k \quad p = population$$

$$d = \sum_{k=1}^n p a_k \quad a = \frac{c}{\sum_{k=1}^n c}$$

$$r = 4km \quad c = Curtilage$$

Formula model 1. Method for Build of Population Variable

Table 2. Variables and methods

| Section | Description | Variables | Means ¹⁾ | Methods | Source |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------|---------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Food | Outside distance from food vegetation | fvd | fvd < 0 | Euclidean Distance | Actual Vegetation Map |
| | Outside distance from farm land | fad | fad < 0 | Euclidean Distance | Land Use Map |
| Interference of Human and shelter | Outside distance from forest | fd | fd < 0 | Euclidean Distance | Actual Vegetation Map |
| | Human density | pop | pop < 0 | Point Density | Statistical Yearbook, Cadastral Map |
| | Outside distance from road | rd | rd > 0 | Euclidean Distance | Land Use Map |
| Water | Outside distance from water | wd | wd < 0 | Euclidean Distance | Topographical map |

(3) 물과 가까운 곳

물은 유기체의 생활기능에 필수적인 역할을 하는 요소로 생태계를 구성할 수 있는 최소한의 조건으로 볼 수 있다. 이런 물의 적용은 미세하게는 토양의 습윤도부터 시작하여 계곡수, 하천, 강, 바다에 이르기까지 다양한 물의 요소를 적용할 수 있으나 본 연구에서는 연구대상지의 현황을 비교적 정밀하게 반영하고 있는 수치지형도의 물과 관련된 요소를 추출하여 물로부터의 거리(wd)를 적용하고 가까울수록 좋은 요소이기 때문에 역수로 적용하였다(Table 2).

2) 모형 수립

야생동물 조사지점 선정 모형은 먹이와 관련하여 참나무와 농경지로부터 가까운 곳, 인간의 영향 및 은신처와 관련하여 숲과 가깝고 인구밀도가 낮고 도로로부터 멀리 떨어진 곳, 물과 관련하여 물로부터 가까운 곳으로 구현되었다. 모형의 구축에 활용된 자료는 1/5,000 스케일의 공간자료로부터 추출되어 10m의 격자로 재배열 되었고 값의 차이에 의한 가중치를 배제하기 위해 각 변수의 최댓값으로 나누어 최댓값이 1이 되도록 하였으며 최솟값이 0이었기 때문에 0-1까지 분포하는 변수로 구축하였고 역수를 취해야 하는 변수는 1을 변수로 나누어 주었다. Figure 5는 변수 및 변수의 합산에 의해 구축된 모형의 결과를 보여주는 그림으로 밝은 부분으로 갈수록 값이 높으며 어두운 쪽의 값이 낮은 것이다. 도로와의 거리(rd)를 예로 들 경우 도로에서 가까운 쪽은 거리값이 낮기 때문에 어두운 색으로 표현되며 도로로부터 먼곳은 밝은 색으로 표현된다. 모형의 결과 또한 변수의 합산에 의해 도출된 결과물로 밝은 부분의 값이 높은 것이다. Figure 5의 a에서 f는 모형에 활용된 변수이며 g는 모형화된 결과물 이다.

$$E = \left\{ \frac{fad}{fad^{max}} + \frac{fd}{fd^{max}} + \frac{1}{fvd^{max}} + \frac{pop}{pop^{max}} + \frac{wd}{wd^{max}} \right\} + \left\{ \frac{rd}{rd^{max}} \right\}$$

Formula model 2. Prediction model of wild animals species distribution

3. 모형검증(Verification)

1) 야생동물 조사결과(Wildlife habitat information)

야생동물 조사결과는 보령시 도시생태현황지도에서 도출된 결과물을 활용한 것이며 대상지역에 서식하고 있는 양서·파충류, 조류, 포유류를 대상으로 2010-2011년까지 조사되었다. 조사는 분류군별 최대종수를 파악할 수 있는 시기에 목견, 흔적, 울음소리 등의 방법을 통해 각100지점에서 조사되었고 본 연구에 검증을 위해 활용된 지점은 101지점이다.

조사결과 양서·파충류는 총 39지점에서 도롱뇽(*Hynobius leechii*), 유헤목이(*Rhabdophis tigrinus*), 북방산개구리(*Rana dybowskii*), 한국산개구리(*Rana coreana*) 등 13종, 조류는 30지점에서 중대백로(*Ardea alba*), 청둥오리(*Anas platyrhynchos*), 붉은배새매(*Accipiter soloensis*), 청다리도요(*Tringa stagnatilis*) 등 58종, 포유류는 32지점에서 고라니(*Hydropotes inermis*), 삵(*Prionailurus bengalensis*), 청설모(*Sciurus vulgaris*) 등 14종이 조사되어 총 101지점에서 85종이 조사되었다. 그중 양서·파충류는 멸종위기 야생 동·식물 II급인 금개구리(*Rana plancyi*)가 2지점에서, 조류는 멸종위기 야생 동·식물 II급인 큰기러기(*Anser fabalis*)가 2지점에서, 포유류는 멸종위기 야생 동·식물 II급인 담비(*Martes flavigula*)가 1지점, 삵(*Prionailurus bengalensis*)이 5지점, 하늘다람쥐(*Pteromys volans*)가 1지점에서 조사되었다(Boryeong, 2011).

조사자는 자신의 경험과 지식 등을 토대로 직관적으로

이동하여 야생동물을 조사하기 위한 적지를 찾아가게 된다. 이런 과정에서 시각적 경관(Visual Landscape) 요소는 의사결정을 위한 중요정보를 제공하는 기능을 하고 있다. 경관은 인공위성에서 지표면을 보는 것과 같은 간접적·수직적 시각에 의해 구현된 2차원적 경관과 조망자가 조망 대상을 바라보는 직접적·수평적 시각에 의해 구현된 3차원적 경관으로 구분할 수 있다. 이 두 가지 경관 조망방법은 인식과정 및 접근 방법에서 차이를 보이고 있는데 수직적 시각은 직접적으로 보는 것이 아니라 인공위성을 센서를 이용하여 감지된 이미지를 간접적으로 보는 것으로 2차원의 이미지를 생성하여 토지피복에 따른 경관유형을 분류할 수 있는 접근특성을 갖고 있다. 반면 수평적 시각은 인간의 직접적인 시각으로 대상을 인식하는 특성이 있다. 조망자는 경관의 복합적인 입면을 3차원의 이미지로 직접 인식을 하게 되며 인식된 경관은 2차원적 분류 이미지를 연상시키고 조망자의 경험과 지식 등을 토대로 수집된 시각, 청각, 후각, 촉각 등의 감각정보를 활용하여 종합적으로 판단하고 의사결정을 하게 되는 특성이 있다. 즉, 전문가의 직관적 경관인식은 복합적으로 얽혀있는 경관을 인식하여 해석하고 야생동물을 찾기 위한 지식 및 경험에 의존하여 조사를 수행(의사결정)하는 특성이 있다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 시각적 경관의 복잡성과 인식특성을 고려하여 2차원적 도면화를 수행하지 않고 정성적 분석에 의존하여 경관유형을 해안·도시·농촌으로 구분하였으며 각각의

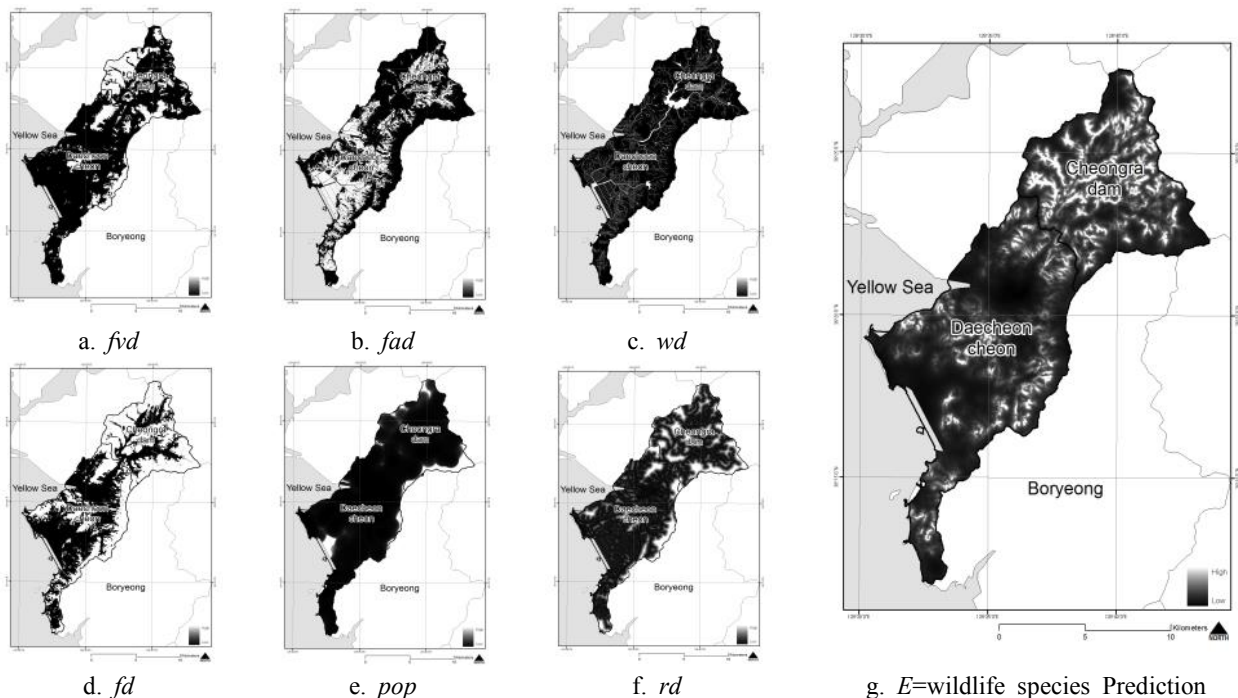
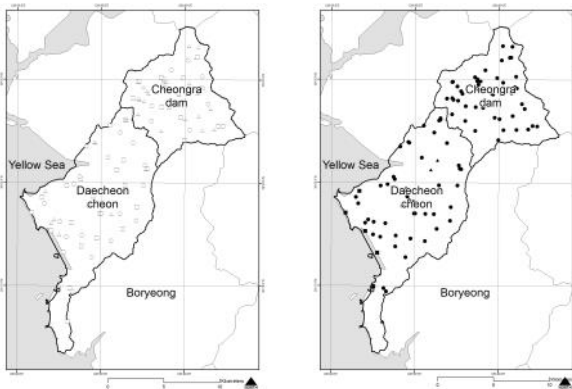


Figure 5. Result about prediction model of wild animals species distribution

경관유형에서 조사되는 종들을 구분하였다.

조사지역의 경관유형에 따라 조류는 해안경관 지역에서 중대백로, 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*), 갯가래(*Larus crassirostris*) 등이 많이 조사되었고 도시경관 지역에서는 참새(*Passer montanus*), 딱새(*Phoenicurus aureoreus*), 직박구리(*Microscelis amaurotis*), 까치(*Pica pica*) 등이 조사되었으나 타 유형에서도 조사되어 경관유형에 관계없이 출현되었다. 경관유형에 관계없이 출현된 종들은 서식지의 선택조건이 까다롭지 않은 특성과 경관이 복합적으로 얽혀 있는 특성 그리고 이동의 편리함(조류) 때문으로 사료된다. 포유류는 농촌경관 지역에서만 조사되었으며 양서·파충류는 해안경관 중 농촌경관과 혼합된 2지점에서 북방산개구리, 한국산개구리, 참개구리가 조사되었다. 포유류와 양서·파충류가 조류보다 단편적인 경관유형에서 조사된 이유는 상대적으로 이동성이 적고 그에 따라 서식지가 한정되기 때문으로 사료된다. Figure 6은 대상지내의 야생동물 조사 결과(a)와 경관유형(b)을 분류한 것이며 Figure 7은 경관유형별 대표경관의 사진사례이다.



a. Result of wildlife survey b. Categorization of landscape
 □: Bird, △: Amphibia & Reptile, ○: Mammalia
 ■: Sea, ▲: Urban, ●: Rural

Figure 6. Survey point of wild animals and landscape

2) 모형검증(Verification)

야생동물 종 분포 예측 모형은 총면적 186.77km²이로 자료변환 과정에서 약 0.20km²(0.10%)정도의 오차가 있었으며 결과치의 분포는 0.46-144.24, 평균 3.53, 표준편차 2.89이다. 이 모형결과를 야생동물 종분포와 비교하여 검증하기 위해 표준편차로 나누어 단순화하였으며 그 결과 1분위(매우 낮음)의 면적은 44.30km²로 전체 면적의 23.72%, 2분위(낮음)의 면적은 103.95km²로 전체면적의 55.66%이다. 3분위(평균)부터 야생동물의 출현 예측이 높아질수록 비율이 줄어 5분위(매우 높음)의 면적은 4.87km²로 전체면적의 2.61%를 차지하고 있다.

조사지점의 분포(P, Survey point)는 면적(E, Prediction area)과 약 77.45% 일치하고 있어 조사지역 내에서 비교적 균등하게 조사되었다고 볼 수 있으며 조사지점별 출현 종수의 합(SP, Sum of SP) 또한 면적(E)과 75.32%일치하고 있어 많은 조사지점에서 많은 종을 조사하였다는 결과 즉, 많이 조사하면 많은 종이 나온다는 결론을 도출할 수 있다. 하지만 이 결과는 예측도(Prediction degree)에 따른 조사결과가 아니므로 예측도에 따른 결과를 검증하기 위해 같은 양(조사지점)을 조사하는 것을 가정해야 한다. 그래서 본 연구에서는 예측도 면적대비 출현 종수의 합(SP/E)을 예측도와 비교하여 94.72%의 결과를 도출할 수 있었으며 지수로 표현할 경우 아래쪽으로 볼록한 형태의 결과를 도출할 수 있었다. Figure 8은 예측도(Prediction degree)와 면적대비 출현종수의 합(SP/E)을 비교한 그래프이다(Table 3).

4. 서식지 예측모형의 활용가능성

일반적인 서식지 예측모형은 야생동물 조사결과를 토대로 종 또는 개체의 서식지를 예측한 결과가 도출되며 본 연구에서는 야생동물 조사결과가 도출되기 전 어떤 지역에서 조사를 수행할 경우 많은 종을 조사할 수 있을 것인지를 가능성을 예측하고 있다. 본 모형은 일정 단위면적(행정구역, 유역, 사업대상지 등) 내에 서식하는 모든 종을 대상으로 야생동물



a. Coastal landscape b. Urban landscape c. Rural landscape

Figure 7. Landscape of survey point

Table 3. Result table about prediction model

| Prediction degree | Section | Description | Species(S) | | | Survey point(P) | | | Sum of SP(SP) | | | Prediction area(E) | | SP/E | | | | |
|-------------------|--------------|-------------|------------|----|----|-----------------|----|----|---------------|-----|-----|--------------------|------------------------|--------|------|------|------|-------|
| | | | AR | B | M | AR | B | M | AR | B | M | Total | Area(km ²) | % | AR | B | M | Total |
| 1 | 0-1.806 | Very Low | 5 | 39 | 1 | 6 | 9 | 3 | 7 | 64 | 1 | 72 | 44.30 | 23.72 | 0.16 | 1.44 | 0.02 | 1.63 |
| 2 | 1.807-4.706 | Low | 7 | 40 | 10 | 10 | 13 | 14 | 13 | 131 | 52 | 196 | 103.95 | 55.66 | 0.13 | 1.26 | 0.50 | 1.89 |
| 3 | 4.707-7.607 | Mean | 9 | 33 | 14 | 13 | 5 | 9 | 26 | 55 | 55 | 136 | 26.57 | 14.23 | 0.98 | 2.07 | 2.07 | 5.12 |
| 4 | 7.608-10.508 | High | 5 | 10 | 10 | 2 | 1 | 5 | 6 | 10 | 28 | 44 | 7.08 | 3.79 | 0.85 | 1.41 | 3.95 | 6.21 |
| 5 | 10.509- | Very High | 6 | 16 | 11 | 8 | 2 | 1 | 14 | 20 | 11 | 45 | 4.87 | 2.61 | 2.87 | 4.11 | 2.26 | 9.24 |
| Total | | | 13 | 58 | 14 | 39 | 30 | 32 | 66 | 280 | 147 | 493 | 186.77 | 100.00 | | | | |

AR: Amphibia & Reptiles, B: Birds, M: Mammalias

조사를 수행해야 하는 경우 조사 전 조사지역의 환경현황을 빠르게 검토하여 효율적인 조사를 수행하기 위한 상황에 활용이 가능하다. 즉, 일반적인 서식지 예측모형은 조사 후 결과에 대한 분석 및 검토에 활용이 가능하며 본 모형은 조사 전 조사계획을 수립하는데 활용이 가능하여 일반적인 서식지 예측모형과 활용 및 접근방법 등에 차별성이 있다.

첫째, 소수 야생동물 전문가의 지식 및 경험에 의존한 하향식 모형이지만 야생동물 조사결과와 풍부도를 효율적으로 극대화하기 위한 정보를 도출할 수 있었다. 둘째, 연구의 결과물은 결국 야생동물의 서식지를 예측하는 것과 유사한 성격을 갖고 있었다. 하지만 모든 종을 대상으로 하는 과정에서 핵심서식지 역할을 하는 산림 내부의 중요성은 도출하지 못했으며 모형의 결과와 다른 성격의 서식지를 선호하는 종 또한 대변하지 못했다. 산림 내부의 중요성이 도출되지 않은 이유는 상대적으로 내부보다 주변부에 더 다양한 종이 서식하는 사례가 단편적으로 나타난 것이며 조사지점을 추출하기 위한 모형이기 때문에 접근성의 영향으로 나타난 것이다. 셋째, 연구결과는 야생동물을 조사하기 전 단계에서 활용할 수 있을 것으로 사료되며 조사 후 야생동물 서식정보(조사결과)에 의한 서식지를 분석하여 비교할 필요가 있다. 넷째, 모형을 통해 조사를 위한 핵심지역을 도출할 수 있었지만 조사는 대상지의 모든 지역을 대상으로 해야하기 때문에 가능성이 낮은 지역도 포함하여 조사를 수행해야 하는 한계를 갖고 있다.

본 연구결과는 야생동물 조사에 앞서 대상 지역을 빠르게 검토하기 위한 실험적 방법론으로 볼 수 있으며 추후 야생동물 조사결과를 적용한 종별 서식지 모형화 기법개발과 장기적인 야생동물 모니터링 자료를 적용한 서식지 변화예측 등의 연구들이 진행되어야 할 것으로 보인다.

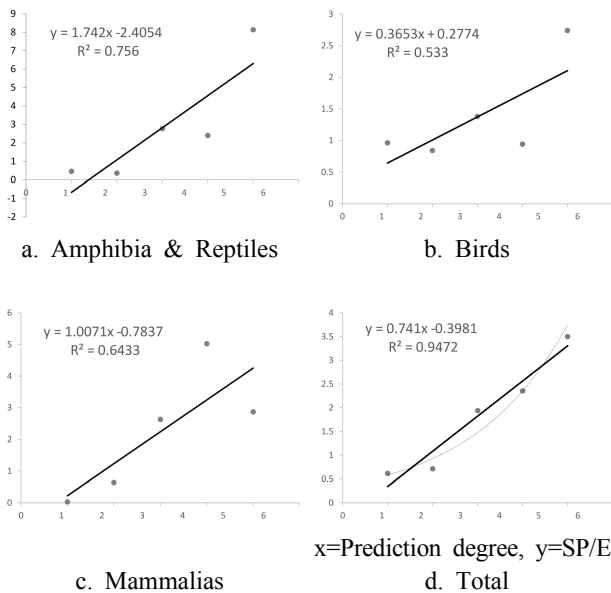


Figure 8. Verification of prediction model

결론

본 연구는 야생동물 조사에 있어서 조사를 수행하기 전 조사지점을 선정하는 단계에서 활용하고자 실험적으로 수행되었으며 사전연구 성격에 맞도록 소수전문가의 지식 및 경험에 의존한 하향식 모형으로 수행되었다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

REFERENCES

Chai, S.B., H.H. Jo and H.T. Moon(2007) Agent-based modeling and apply. Physics and high technology 16(10): 10-14. (in Korean)

Choi, S.Y.(2003) Development of habitat suitability evaluation model for korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) in daebu island, korea. MS Thesis. Seoul National University, Seoul, Korea. (in Korean with English abstract)

Choi. T.Y., Y.S. Lee and C.H. Park(2006) Home-range of wild boar, *Sus scrofa* living in the jirisan national park, korea. Journal of ecology and environment 29(3): 253-257. (in Korean with English abstract)

- Choi, T.Y., H.S. Kwon, D.G. Woo and C.H. Park(2012) Habitat selection and management of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in a rural area of Korea. Korean journal of environment and ecology 26(3): 322-332. (in Korean with English abstract)
- Topping C. J., T. S. Hansen, T. S. Jensen, J. U. Jepsen, F. Nikolajsen and P. Odderskær(2003) ALMaSS, an agent-based model for animals in temperate European landscapes, Ecological Modelling 167(1-2), pp.65-82.
- Jeon, S.W., J.U. Kim, H.C. Jung, W.K. Lee and J.S. Kim(2014) Species distribution modeling of endangered mammals for ecosystem services valuation. The Korea Society of Environmental Restoration Technology 17(1): 111-122. (in Korean with English abstract)
- Kim, W.J., J.H. Park and W.M. Kim(1998) Development of habitat suitability analysis models for wild boar (*Sus Scrofa*): A case study of Mt. Sulak and Mt. Jumbong. The Journal of GIS Association of Korea 6(2): 247-256. (in Korean with English abstract)
- Kim, G.G. and D.G. Cho(2004) The principles of natural environment and ecological restoration. Academy Publishing Co. 82-84.
- Kim, J.Y., C.W. Seo, H.S. Kwon, J.E. Ryu and M.J. Kim(2012) A Study on the species distribution modeling using national ecosystem survey data. Journal of Environmental Impact Assessment 21(4): 593-607. (in Korean with English abstract)
- Kim, C.H., J.H. Kang and M.J. Kim(2013) Status and development of national ecosystem survey in Korea. Journal of Environmental Impact Assessment 22(6): 725-738. (in Korean with English abstract)
- Kwon, H.S., J.E. Ryu, C.W. Seo, J.Y. Kim, D.O. Lim and M.H. Suh(2012) A Study on distribution characteristics of *Corylopsis coreana* using SDM. Journal of Environmental Impact Assessment 21(5): 735-743. (in Korean with English abstract)
- Lee, D.K. and W.K. Song(2008) 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. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 36(5): 64-72. (in Korean with English abstract)
- Lee, D.K. and H.G. Kim(2010) Habitat potential evaluation using maximum model- Focused on riparian distance, stream order and land use. The Korea Society of Environmental Restoration Technology 13(6): 161-172. (in Korean with English abstract)
- Lee, D.K., G.H. Baek, C. Park and H.G. Kim(2011) Spatial planning of climate adaptation zone to promote climate change adaptation for endangered species. The Korea Society of Environmental Restoration Technology 14(6): 111-117. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.Y., P.H. Rho and J.W. Lee(2010) Using AHP to analyze the evaluation factors related to wildlife passage management. Korean Journal of Environment and Ecology 24(6): 763-771. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.D., J.H. Kwon, A.R. Kim and J.H. Jung(2012) A study on ecological evaluation of habitat suitability index using GIS- With a case study of *Prionailurus bengalensis* in Samjang-Sanchung road construction. Journal of Environmental Impact Assessment. 21(5): 801-811. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.G., S.G. Jung, K.H. Park, K.T. Kim and W.S. Lee(2010) A prediction model and mapping for forest-dwelling birds habitat using GIS. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 13(1):62-73. (in Korean with English abstract)
- Park, J.J., D.G. Woo, D.H. Oh and C.H. Park(2012) Site selection of wildlife passage for leopard cat in urban area using space syntax. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 40(1): 92-99. (in Korean with English abstract)
- Park, Y.S. and W.S. Lee(2014) Characteristics of habitat-using of Siberian roe deer in Seoraksan(Mt.) National Park. The Korea Society of Environmental Restoration Technology 17(1): 91-109. (in Korean with English abstract)
- Seo, C.W. and C.H. Park(2000) Wild boar (*Sus scrofa coreanus heude*) habitat modeling using GIS and logistic regression. The Journal of GIS Association of Korea 8(1): 85-99. (in Korean with English abstract)
- Seo, C.W., T.Y. Choi, Y.S. Choi and D.Y. Kim(2008) A study on wildlife habitat suitability modeling for goral (*Nemorhaedus caudatus raddeanus*) in Seoraksan National Park. The Korea Society of Environmental Restoration Technology 11(3): 28-38. (in Korean with English abstract)
- Song, W.K. and E.Y. Kim(2012) A comparison of machine learning species distribution methods for habitat analysis of the Korea water deer (*Hydropotes inermis argyropus*). Korea Journal of Remote Sensing 28(1): 171-180. (in Korean with English abstract)
- Grimm V., E. Revilla, U. Berger, F. Jeltsch, W.M. Mooij, S.F. Railsback, H.H. Thulke, J. Weiner, T. Wiegand and D.L. DeAngelis(2005) Pattern-Oriented Modeling of Agent-Based Complex Systems: Lessons from Ecology, Science 310(5750), pp.987-991.
- Rho, B.H., J.H. Min and G.H. Lee(2004) Understanding statistics. Bobmunsa Publishing Co. 9-12. (in Korean)
- Boryeong(2011) Boryeong biotope map. (in Korean)
- Boryeong(2013) 2013 Boryeong statistical yearbook. (in Korean)
- Ministry of Environment(2009) Final report of environmental conservation value assessment map. (in Korean)
- Ministry of Environment(2009) Guideline of nature ecological map. (in Korean)
- Ministry of Environment and National Institute of Environmental Research(2012) Guideline of national ecosystem survey. (in Korean)
- National Institute of Environmental Research(2007) 3rd National Ecosystem Survey Guide Line. (in Korean)
- RIMGIS(2014. 5. 9) <http://www.river.go.kr>

1) $x > y$ x를 y보다 선호한다.