

Research Paper

## 종풍부도와 세분화된 관리지역 비교 연구

- 보령시를 대상으로 -

신만석\* · 장래익\*\* · 서창완\* · 이명우\*\*

국립생태원\*, 전북대학교 조경학과\*\*

### A Comparative Study on Species Richness and Land Suitability Assessment

- Focused on city in Boryeong -

Shin, Manseok\* · Raeik Jang\*\* · Changwan Seo\* · Myungwoo Lee\*\*

National Institute of Ecology\*, Department of Landscape Architecture, Chonbuk National University\*\*

**요약** : 본 연구는 비도시지역의 생물종 서식지 보전을 위해 반영할 수 있는 생물종 관련 지표의 개발과 관리지역 세분화 방안을 제시하는데 목적이 있다. 이를 위해 생물종 서식분포를 예측한 후에 예측된 서식분포를 활용하여 종풍부도를 만들고 그 결과를 토지적성평가와 비교를 하였다. 종분포도는 59종을 대상으로 Maxent 모형을 사용하였고 15개의 모형변수(5개 지형변수, 4개 식생변수, 6개 거리변수)를 활용하였다. 예측된 생물종 서식분포를 출현/비출현으로 구분한 후 합산하여 종풍부도를 예측 하였다. 토지적성평가는 평가체계 I에 따라 보전, 농업, 개발적성을 물리적, 지역, 공간적 입지 특성별로 평가하였다. 종풍부도 등급과 토지적성평가 등급과의 비교결과는 1등급은 10.92%, 2등급은 37.10%, 3등급은 34.56%, 4등급은 20.89% 그리고 5등급은 1.73%의 면적 일치도가 나타났다. 보전관리지역으로 분류되는 1등급과 계획관리지역으로 분류되는 5등급의 일치도가 가장 낮았다. 이처럼 계획관리지역으로 분류되어도, 종풍부도를 고려해 보면 많은 계획관리지역이 상대적으로 높은 종풍부도 값을 보여주었다. 관리지역은 생물종 서식지의 핵심지역은 아니지만 경관생태학적 관점에서 주변 서식처, 이동통로 등을 제공하면서 생물다양성 보호에 기여 할 수 있다. 따라서 도시관리계획에서 잠재적 생물종 서식분포를 고려하는 노력이 보다 집중되어야 할 것이다.

**주요어** : 종분포모형, Maxent 모형, 토지적성평가, 도시관리계획

**Abstract** : The purposes of this study are to apply species distribution modeling in urban management planning for habitat conservation in non-urban area and to provide a detailed classification method for management zone. To achieve these objectives, Species Distribution Model was used to generate species richness and then to compare with the results from land suitability assessment. 59 species distribution models were developed by Maxent. This study used 15 model

variables (5 topographical variables, 4 vegetation variables, and 6 distance variables) for Maxent models. Then species richness was created by sum of predicted species distributions. Land suitability assessment was conducted with criteria from type I of "Guidelines for land suitability assessment". After acquiring evaluation values from species richness and land suitability assessment, the results from these two models were compared according to the five grades of classification. The areas with the identical grade in Species richness and land suitability assessment are categorized and then compared each other. The comparison results are Grade1 10.92%, Grade2 37.10%, Grade3 34.56%, Grade4 20.89% and Grade5 1.73%. Grade1 and Grade5 showed the lowest agreement rate. Namely, development or conservation grade showed high disagreement between two assessment system. Therefore, the areas located between urban, agriculture, forest, and reserve have a tendency to change easily by development plans. Even though management areas are not the core area of reserve, it is important to provide a venue for species habitat and eco-corridor to protect and improve biodiversity in terms of landscape ecology. Consequently, adoption of species richness in three levels of management area classification such as conservation, production, planning should be considered in urban management plan.

**Keywords :** Species Distribution Model, Maxent model, land suitability assessment, urban management planning

## I. 서론

토지적성평가는 전국토의 "환경친화적이고 지속 가능한 개발"을 보장하고 개발과 보전이 조화되는 "선계획 · 후개발의 국토관리체계"를 구축하기 위하여 2003년 구 「도시계획법」 및 구 「국토이용관리법」이 폐지되면서 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따라 도입된 관리지역을 세분화하기 위하여 도입된 평가체계이다(국토연구원, 2003). 평가결과는 도시관리계획수립을 위한 기초조사로 활용되고 비도시지역에서의 난개발 방지 등 국토이용체계 구축에 기여해 왔다(국토해양부, 2009).

토지적성평가는 개발과 보전의 양면성을 평가하여 공간계획의 자료로 이용하는 평가이다(이동근 등, 2004). 그러나 토지적성평가는 평가단위, 평가지표, 분석기법, 평가절차 등 많은 문제점을 갖고 있다(채미옥과 오용준, 2003; 이종용과 이용범, 2004; 김인현 등, 2009; 정연우 등, 2012). 그리고 여러 차례에 걸쳐 지침이 개정되고 오직 관리지역 세분에 주안점을 두고 있어 보전성향이 강한 지역에 적용하는데 한계를 갖고 있다. 또한 평가지표가 획일적인 문제점과 각 지역의 자연 환경, 인문 환경 사회 환경과 같은 지

역특성 및 공간적 입지적 특성을 고려하지 못하는 한계를 갖고 있다(박영수, 2010). 이러한 한계의 가장 큰 이유 중 하나는 토지적성평가에서 활용되고 있는 각 주체도들이 야생동 · 식물 서식지를 충분히 반영하지 못하고 있는 실정이기 때문이다. 자연생태환경은 조사자, 조사시기, 사업대상지에 따라 보호가치가 높은 생물종 및 서식지가 상이하게 나타날 수 있다(한국환경정책 · 평가연구원, 2010). 전국자연환경조사자료 등 일반적인 야생동 · 식물 조사는 지점조사로 이루어지고 있다. 실제 야생동 · 식물이 서식하는 환경은 점적인 형태가 아닌 면적인 형태로 이루어지기 때문에 점적인 형태의 야생동 · 식물 조사결과를 평가 및 정책 등에서 활용하기 위해서는 면적인 형태, 즉 공간적으로 바뀌야할 필요성이 있다.

최근 연구되고 있는 종분포모형(Species Distribution Model, SDM)은 조사비용범위내에서의 최적의 종 관찰 조사를 통하여 공간자료 및 환경자료를 통계적 기법이나 모형을 통해 외삽하여 공간적 형태로의 예측을 통해 자원관리, 생물다양성 평가, 보호구역 디자인, 서식지 관리 · 복원, 개체군 · 군집 · 생태계 단위의 모델링, 생태학적 복원, 외래종의 위험평가 그리고 종과 생태계에 있어서의 기후변화 영향예측

등 다양한 분야에서 활용되고 있다(Miller *et al.*, 2004; Peters *et al.*, 2004; Flanklin, 2009; Thorn *et al.*, 2009; 권혁수, 2011). 중분포모형이란 종의 서식 특성을 파악하여 공간적 잠재서식지역을 예측하는 것으로, Maxent(Maximum Entropy Modeling), GLM(Generalized Linear Model), GAM(Generalized Addictive Model), CART(Classification and Regression Tree), ANN(Artificial Neural Network) 등이 활용되고 있다(서창완 등, 2008; 권혁수 등, 2012; 김지연 등, 2012; 송원경과 김은영, 2012).

따라서 본 연구에서는 개발과 보전의 중간적 성격을 갖고 상충되고 있는 관리지역에 대하여 토지적성평가의 평가지표로 생물다양성 고려의 가능성을 제시함에 목적이 있다. 현재는 생물종 및 서식지에 대한 전국토적 세밀한 조사가 불가능한 시점이다. 이러한 점을 고려하여 야생동·식물의 점적인 조사지점과 모형변수를 기반으로 한 중분포모형을 통해 면적인 형태, 즉 공간적으로 파악해 보았다. 그리고 그 결과를 통해 예측된 중풍부도와 「토지의 적성평가에 관한 지침」의 평가체계I에 따라 구축된 토지적성평가 등급과 비교해 보았다. 이러한 연구 결과는 야생동·식물의 잠재적 서식지 보전을 위한 연구와 정책의 수립에 기여가 가능할 것으로 기대된다.

## II. 연구의 범위 및 방법

### 1. 연구의 흐름

본 연구의 흐름을 요약하면 Figure 1과 같다. 중풍

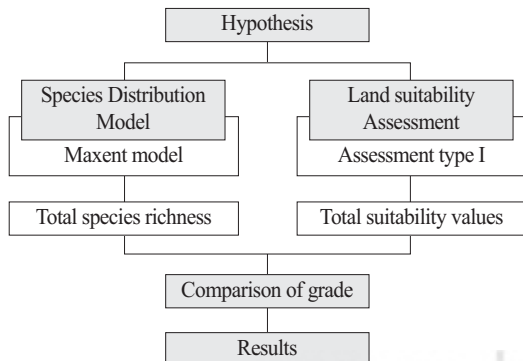


Figure 1. Process of study

부도 예측을 위해 사용된 생물종 출현정보는 2011년에 보령시 생태(비오톱)지도 작성을 위한 생물종 조사를 기반으로 하였다. 이어서 서식지와 관련된 16개 변수를 구축하고 중분포모형 중에 출현정보만을 이용하여 과적용(Over-fitting)을 최소화 하는 Maxent모형을 선정하여 적용하였다(Phillps *et al.*, 2006). 16개 변수 중 59개 종의 각각에 맞는 변수를

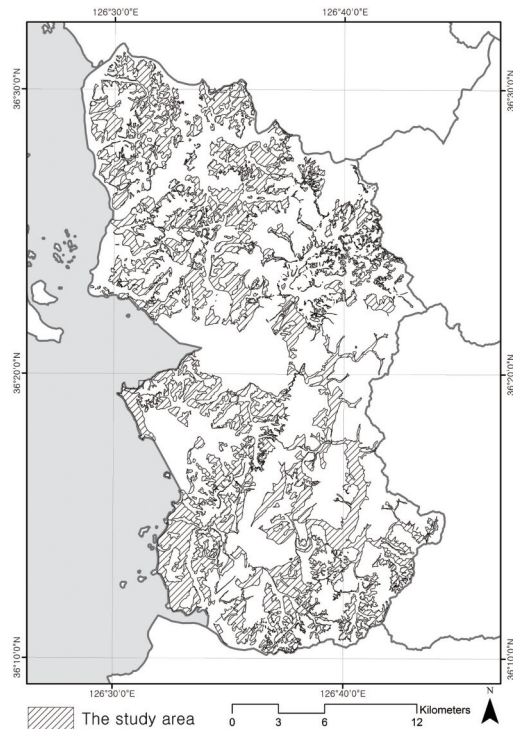


Figure 2. The study area

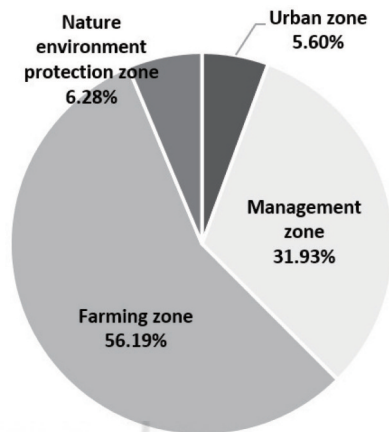


Figure 3. Proportions of zoning in the Boryeong

Table 1. Evaluation index and criteria for species point survey

Evaluation index	Weighted value	5point	4point	3point	2point	1point
Vegetation type	1	broad leaf	-	mixture	-	needle leaf
Age-class	1	4class or more	3class	2class	1class	less than 1class
Gradient	1	0~5°	5°~10°	10°~15°	15°~20°	20° or more
Forest size	1	50ha or more	-	10~50ha	-	0~10ha
Distance from water	2	0~50m	50m~100m	100m~150m	150m~200m	200m or more
Distance from farmland	2	0~100m	100m~200m	200m~300m	300m~400m	400m or more
Distance from load	1	100m or more	-	50m~100m	-	0m~50m
Distance from urban	1	100m or more	-	50m~100m	-	0m~50m

선택하여 중분포도를 예측한 뒤, 이를 출현/비출현으로 구분하여 종풍부도를 예측하였다. 토지적성평가는 「토지의 적성평가에 관한 지침」의 평가체계I에 따라 보전, 농업, 개발적성을 물리적, 지역, 공간적 입지 특성별로 평가 하였다. 종풍부도와 토지적성평가의 평가값을 필지별로 평균한 후에 5개 등급으로 구분하여 비교하였다.

## 2. 연구대상지

본 연구의 대상지역은 행정구역상 충청남도 보령시로, 유인도서(13개도서)를 제외한 「국토의 이용 및 계획에 관한 법률」에서 분류하는 용도지역에서의 관리지역 191.3km<sup>2</sup>을 대상으로 하였다. 보령시의 용도지역은 농림지역 56.19%, 관리지역 31.93%, 자연환경보호지역 6.28%, 도시지역 5.60% 순으로 농림지역과 자연환경보호지역의 비율이 일반적인 도시들보다 높아 자연환경이 비교적 잘 보전되어 있다고 판단하였다.

## 3. 종풍부도 분석 방법

### 1) 대상 종 선정

본 연구에서 사용된 생물종 출현정보는 정량적 야생동물 출현가능성 공간분석을 수행하기 위해서 전문가 의견을 조사하여 8개의 요인을 설정(식생분포, 영급, 경사도, 산림의 면적, 수계와의 거리, 농경지와의 거리, 도로와의 거리, 시가지와의 거리)하고, 그에 따른 평가값을 Table 1과 같이 설정한 후 중첩분석을 실시하여 출현 가능지를 도출하였다. 이것을 다

시 재분류 하여 결과값의 60%이상의 지역을 지도로 도출 후에 Random point 분석을 통해 100개 지점을 선정하였다. 선정된 지점을 대상으로 포유류, 조류, 양서파충류를 대상으로 전문가에 의한 현지조사를 실시하였다. 조사결과 포유류 15종, 조류 87종, 양서파충류 18종이 발견되었다(보령시, 2011). 중분포모형을 수행하기 위해서는 최소 발견지점이 7개 이상이 되어야 유의미한 결과가 도출되기 때문에(Elith *et al.*, 2006), 본 연구에서는 출현지점이 7지점 이상인 59개 생물 종을 선정하였다(Table 2).

### 2) 중분포모형(Species Distribution Model, SDM)

중분포모형은 종속변수로써 출현지료와 비출현지료(presence/absence)를 이용하는 모형과 출현지료만(presence-only)을 이용하는 모형으로 구분되어진다(Franklin, 2009). 몇몇 종에는 출현/비출현 자료를 갖고 있는 경우도 있지만, 대부분의 종에는 비출현 자료를 이용하기에는 한계가 있는 경우가 많다(Phillips *et al.*, 2006; Franklin, 2009). 이러한 한계 중 하나는 비출현 자료는 종이 명백히 서식하지 않는다는 전제조건이 필요하다. 이러한 이유로 출현 정보만을 이용하는 모델이 폭넓게 적용되고 있다. 출현지료만을 이용하는 모형에는 GARP(The Genetic algorithm for rule-set prediction), ENFA(Environmental-niche factor analysis), Maxent(Maximum entropy model)등이 주로 사용되고 있다(Phillips *et al.*, 2006). 이 중 Maxent모형은 기계학습(machine learning)기반의 모델이며, 다른 변수들 사이의 상호작용을 보여주고 적은 수의 출현 자

Table 2. List of analyzed species

Species group	Species name(Scientific name, Points of presence)
Endangered species	Leopard cat( <i>Prionailurus bengalensis</i> , 21), Common kestrel( <i>Falco tinnunculus</i> , 15), Chinese sparrow hawk( <i>Accipiter soloensis</i> , 6), Narrow-mouth frog( <i>Kaloula borealis</i> , 8)
Mammals	Raccoon dog( <i>Nyctereutes procyonoides</i> , 68), Hedgehog( <i>Erinaceus amurensis</i> , 14), Asiatic chipmunk( <i>Tamias sibiricus</i> , 23), Mole( <i>Talpa micrura coreana</i> , 83), Wild boar( <i>Sus Scrofa</i> , 21), Water deer( <i>Hydropotes inermis</i> , 82), Siberian weasel( <i>Mustela sibirica</i> , 48), Eurasian red squirrel( <i>Sciurus vulgaris</i> , 75), Korean hare( <i>Lepus coreanus</i> , 24)
Birds	Chinese oriole( <i>Oriolus chinensis</i> , 27), Jay( <i>Garrulus glandarius</i> , 22), Azure-winged magpie( <i>Cyanopica cyana</i> , 20), Magpie( <i>Pica pica serica</i> , 59), Jungle crow( <i>Corvus macrorhynchos</i> , 17), Pheasant( <i>Phasianus versicolor</i> , 24), Nuthatch( <i>Sitta europaea</i> , 14), Yellow-throated bunting( <i>Emberiza elegans</i> , 14), Indian cuckoo( <i>Cuculus micropterus</i> , 10), Common cuckoo( <i>Cuculus canorus</i> , 30), Japanese pygmy woodpecker( <i>Dendrocopos kizuki</i> , 20), Great spotted woodpecker( <i>Dendrocopos major</i> , 7), Grey-faced woodpecker( <i>Picus canus</i> , 14), Daurian redstart( <i>Phoenicurus aureoreus</i> , 22), Short-tailed bush warbler( <i>Cettia squameiceps</i> , 11), Bull-headed shrike( <i>Lanius bucephalus</i> , 29), Meadow bunting( <i>Emberiza cioides</i> , 10), Rustic bunting( <i>Emberiza rustica</i> , 7), Marsh tit( <i>Parus palustris</i> , 36), Great tit( <i>Parus major</i> , 78), Varied tit( <i>Parus varius varius</i> , 19), Rufous turtle dove( <i>Streptopelia orientalis</i> , 82), Spot-billed duck( <i>Anas poecilorhyncha</i> , 20), Parrotbill( <i>Paradoxornis webbiana</i> , 34), Long-tailed tit( <i>Aegithalos caudatus</i> , 19), Gray heron( <i>Ardea cinerea</i> , 21), Large egret( <i>Egretta alba modesta</i> , 25), Little egret( <i>Egretta garzetta</i> , 8), Cattle egret( <i>Bubulcus ibis</i> , 7), green-backed heron( <i>Butorides striatus</i> , 8), Gray-backed thrush( <i>Turdus hortulorum</i> , 25), Pale thrush( <i>Turdus pallidus</i> , 15), Brown-eared bulbul( <i>Hypsipetes amaurotis</i> , 79), Tree sparrow( <i>Passer montanus</i> , 41), Broad-billed roller( <i>Eurystomus orientalis</i> , 13), Gray wagtail( <i>Motacilla cinerea robusta</i> , 12)
Herptiles	Dybowski's brown frog( <i>Rana dybowskii</i> , 19), Huanren brown frog( <i>Rana huarenensis</i> , 8), Korean brown frog( <i>Rana coreana</i> , 15), Wrinkled frog( <i>Rana rugosa</i> , 18), Black-spotted pond frog( <i>Rana nigromaculata</i> , 66), American bull frog( <i>Rana catesbeiana</i> , 26), Korean salamander( <i>Hynobius leechi</i> , 22), Asian toad( <i>Bufo bufo gargarizans</i> , 9), Red-sided water snake( <i>Rhabdophis tigrinus</i> , 13), Tree frog( <i>Hyla japonica</i> , 69)

료를 이용하여도 과적용(Over-fitting)을 최소화 한다는 점 등이 증명되었다(Phillips *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2011). 따라서 본 연구에서는 종 출현 자료만으로 서식지 분포 예측이 가능한 Maxent version 3.3.3k (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>)을 사용하였다.

3) 모형변수 구축 및 Maxent모형 적용

Table 3와 같이 모형변수는 포유류, 조류, 양서류와 파충류의 서식지 적합성 평가의 선행연구에서 사용된 변수를 고려하여 지형, 식생, 거리 3가지로 분류하여 설정하였다. ESRI사의 ArcGIS 9.3을 활용하여 모형 변수의 격자크기(grid size)는 20m×20m로 구축하였다. 수치지형도에서 고도변수, DEM(Digital Elevation Model)을 생성한 후에 경사, 향(Northness), 일사량, 기복량을 생성하였다. 서식지와 관련된 식생의 환경을 반영하기 위한 영급, 경급, 밀도는 임상도에서 추출하여 생성하였고, 식생구분은 중분류토지피복에서 낙엽활엽수/침엽수/혼효림으로 구분하여 생성하였다. 거리변수는 보령시에서 생태(비오톱)지도 작성을 위해 자체 제작한 토지이용도에서 생성하였

Table 3. Habitat Variables related Mammals, Birds and Herptiles

Section	Variables	Description
Topography	DEM	Digital elevation model
	Slope	Extracted from the DEM
	North	Cos(aspect * $\pi$ / 180)
	Solar	Amount of solar radiation
	Relief	Relief energy
Vegetation	Yung	Age-class from forest map
	Kung	Diameter-class from forest map
	Mildo	Density-class from forest map
	Plant	Broad leaf/mixture/needle leaf
Distance	DFI	Distance from forest boundary to the inside
	DFO	Distance from forest boundary to the outside
	DRP	Distance from rivers and pond
	DAF	Distance from farmland
	DRO	Distance from road and railroad
	DBA	Distance from built-up area

다. 생물다양성이 높은 산림 주변부를 고려하여 내부로의 거리와 외부로의 거리를 생성하였고, 서식지와 관련성이 높은 하천 및 호소로부터의 거리, 먹이와 관련된 농경지로부터의 거리, 인간의 인위적인 요인

을 고려한 도로로부터의 거리와 주거지/상업 및 업무지/공업지로부터의 거리를 생성하였다.

종분포 예측을 위해, 100개 지점별 출현/비출현 지점을 환경변수와의 유의성 검토를 위하여 SPSS 13.0을 이용하여 야생동물 자료는 정규분포를 따른다는 가정을 할 수 없으므로 비모수검정 방법인 Mann-Whitney U Test를 실행하였다(권혁수, 2011). 15개의 변수 중 각 종과 관련된 변수를 선택한 후 Maxent 모형을 이용하여 5회 교차검증(Cross-validation)을 통해 모형의 신뢰도 검증을 실시하였다.

4) 종풍부도 예측

생물다양성을 보전하기 위해서는 우선적으로 생물다양성을 측정하는 것이 무엇보다 우선되어야 한다. 이를 위해 종풍부도 지도(Species richness map)를 평가하는 방법이 많이 활용되고 있다(Pressey *et al.*, 1993; Ferrier, 2002; Beazley, 2005; 권혁수, 2011). 개별적인 종분포모형의 결과를 활용하여 식물 및 포유류의 종풍부도를 예측하는 연구가 지속적으로 진행되고 있으며(Garcia, 2006; Pineda and Lobo, 2009), 이러한 방법으로 공간해상도에 따른 종풍부도 비교 및 기후변화에 따른 변화 예측 등에 활용되고 있다(Newbold *et al.*, 2009; Pineda and Lobo, 2012).

따라서 본 연구에서는 각 종의 예측된 분포도를 Maxent모형에서의 민감도(출현지역 예측률)과 특이성(비출현지역 예측률)의 합이 최대가 되는 값을 기준으로 출현/비출현으로 구분한 후에 법적보호종, 포유류, 조류, 양서파충류의 각 분류별로 종 풍부도를 만들고 이를 다시 표준화 하여 합산하는 방법으로 종 풍부도를 도출하였다(Figure 4).

4. 토지적성평가 분석 방법

1) 평가단위 및 우선등급 분류

「토지의 적성평가에 관한 지침」에 의하면 기준에 따라 필지 또는 격자단위로 토지적성평가를 실시할 수 있다. 본 연구에서는 규정하고 있는 격자단위의 최소단위인 20m×20m단위로 맞추어 구축하고 관리지역 필지별로 ArcGIS 9.3의 Zonal Statistics의 기능을 사용하여 합산한 후 평균을 대푯값으로 연구를 진행하였다. 또한 우선분류대상지역으로 분류되는 우선보전대상지역과 우선개발대상지역은 각각 1등급과 5등급으로 우선분류한 후 해당되지 않는 필지를 대상으로 평가를 실시하였다.

2) 지표평가

우선분류대상지역을 제외한 지역의 평가지표는 ‘평가체계’을 대상으로 하였을 때 보전적성, 농업적성, 개발적성으로 나누어 각각의 평가요인을 물리적 특성, 지역 특성, 공간적 입지특성에 따라 평가지표를 구분하고 있다. 평가지표는 수치지형도에서 경사도와 표고를 생성하였고 생태자연도에서 생태자연도 상위등급비율을 구축하고 한국토지정보시스템(KLIS)에서 공적규제지역 면적비율 및 거리, 토지용지비율, 용도전용비율을 그리고 보령시의 토지이용도에서 경지정리지역 면적비율 및 거리, 기개발지와의 거리, 공공편익시설과의 거리를 구축하였다. 각각성별 평가지표는 Table 4과 같이 비율측정, Fuzzy 함수, 중력모형으로 나뉘어서 평가된 후 백분위 점수로 표준화 하는 과정을 거치게 된다. 비율측정 평가는 각 해당 지표별 면적비율을 측정하는 방법으로 해당 지표면적, a를 최소 법정동(리)의 전체면적, b의 비율로 나타낸다.

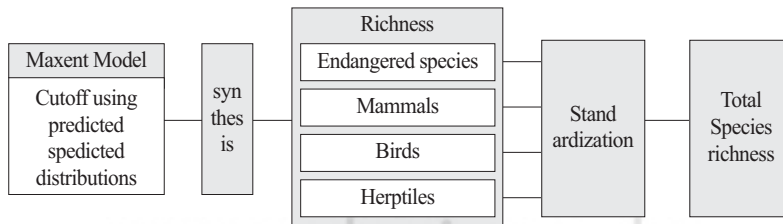


Figure 4. Prediction of species richness

Table 4. Evaluation index and method of land suitability assessment

Section	Evaluation factor	Indicators	Method	Weighted Value
Conservation	Physical property	Gradient	Fuzzy Function	0.116
		DEM	Fuzzy Function	0.124
	Regional property	Proportion of ecological zoning map high class	Measure rate	0.264
		Proportion of public regulation zone	Measure rate	0.185
	Spatial location property	Distance from public regulation zone	Measure rate	0.165
		Distance from land readjustment zone	Measure rate	0.146
Agriculture	Physical property	Gradient	Fuzzy Function	0.189
		DEM	Fuzzy Function	0.140
	Regional property	Proportion of land readjustment zone	Measure rate	0.223
		Proportion of farm · paddy · orchard zone	Measure rate	0.153
	Spatial location property	Distance from land readjustment zone	Measure rate	0.148
		Distance from public regulation zone	Measure rate	0.147
Development	Physical property	Gradient	Fuzzy Function	0.141
		DEM	Fuzzy Function	0.101
	Regional property	Proportion of urbanized zone	Measure rate	0.165
		Proportion of use zone	Measure rate	0.135
	Spatial location property	Distance from developed areas	Measure rate	0.283
		Distance from beneficial facility	The gravity model	0.175

Table 5. Fuzzy membership function

monotonically decreasing	monotonically increasing
$y = 1(x < a)$	$y = 0(x < a)$
$y = \cos\left(\frac{x}{b} \times \frac{\pi}{2}\right) (a \leq x \leq b)$	$y = \sin\left(\frac{x}{b} \times \frac{\pi}{2}\right) (a \leq x \leq b)$
$y = 0(x > b)$	$y = 1(x > b)$

$\frac{a}{b} \times 100$  a: 법정동(리)별 해당지표면적  
 b: 법정동(리)별 전체면적

Fuzzy평가 방법에는 분석귀속도함수 중 가장 일반적으로 사용되는 S자형 함수를 사용하였다. 각 적성평가지표를 Table 5에서 귀속도함수를 결정하고 임계치를 설정하여 점수를 산출하였다.

시설접근성분석(공공편의시설과의 거리)은 Fuzzy 함수를 이용하는 것보다 중력모형을 이용한 평가가 합리적이기 때문에(국토연구원, 2003), 공공편의시설과의 거리에 대한 중력모형점수,  $pub_p$ 는 1km내에 위치할 경우 직접적인 이용권에 포함되므로 만점을 부여하고, 그 이상일 경우 최대점수와 공공편의시설과의 최단거리비율로 나타냈다.

$$pub_p = \frac{100}{\text{공공편의시설과의 최단거리(km)}^2}$$

모든 평가지표는 백분위점수화로 표준화를 하였다.

### 3) 종합적성값 산정

각 특성별(개발, 농업, 보전) 적성값 LSD는 각 물리적, 지역특성, 공간적 입지성 지표의 점수값 w에 해당가중치 U를 곱하여 산정한다.

$$LSD = \sum_{n=1}^n w \times U$$

토지적성평가의 종합적성값은 개발적성값에서 농업적성값과 보전적성값을 차감하여 필지별로 산정한다.

## 5. 중풍부도와 토지적성평가 결과 비교 방법

토지적성평가에서 평가체계I의 등급은 1~5등급으로 구분하여 1, 2등급의 필지는 보전관리지역 또는 생산관리지역으로, 4, 5등급의 필지는 계획관리지역으로, 3등급의 토지는 도시기본계획 또는 지역별 개발수요 등을 고려하여 보전, 생산 또는 계획관리지역으로 편입한다. 따라서 본 연구에서는 중 분포모형을

통해 도출된 각각의 종 분포도를 합산하여 도출한 종 풍부도를 토지적성평가의 평가체계I에서 분류되는 표준값(Z score)과 같은 방법으로 각 필지를 5개 등급으로 나누어 일치도를 통해 비교해 보았다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 종풍부도 분석 결과

Table 6와 같이 생물 종 59종을 대상으로 출현/비출현 자료를 활용하여 구축된 15개의 모형변수와 비모수검정 방법인 Mann-Whitney U test를 실행하였다. 각 종 분포도 생성을 위한 Maxent 모형에서 사용될 모형변수는 p-value 값이 0.3미만의 변수를 기준으로 선택하였으며 선택된 변수가 적을 경우 p-value의 값이 낮은 순서로 모형 예측도가 가장 높게 설명되는 환경변수를 선택하였다(서창완 등, 2000; 권혁수, 2011). 모형의 신뢰성은 ROC(Receiver operating characteristic)의 AUC(Area Under Cover)값을 통해 측정한다. AUC를 이용한 모형의 정확도 측정은 기존 분류 정확도가 기준값(Cutoff values)에 따라 정확도가 달라지므로 기준값에 독립적인 장점을 가지고 있어 각 모형들을 비교하는데 많이 이용되고 있다(권혁수, 2011). ROC를 통한 신뢰도 결과는 AUC값이 최소 0.5에서 최대 1.0의 값을 가지므로 AUC값이 약 0.7이상 일 때, 모형이 설명하는 잠재력이 의미를 갖는다고 판단하고 있다(이동근,

2010). 59종을 대상으로 5회의 교차검증을 실시한 결과 붉은머리오목눈이(Parrotbill, *Paradoxornis webbiana*)가 0.620로 가장 낮은 모형적 신뢰도를 보였고 계곡산 개구리(Huanren brown frog, *Rana huarenensis*)가 0.907로 가장 높은 신뢰도를 보였다(Figure 5, Table 7).

종분포도를 예측한 결과 59종의 AUC값이 0.7전후의 신뢰도를 보여, 이를 합산하여 종풍부도를 도출하였다. 법적보호종, 포유류, 조류, 양서파충류의 각 분류별로 종풍부도를 도출한 결과, 4종의 법적보호종은 0~4, 9종의 포유류는 0~9, 36종의 조류는 0~33, 10종의 양서파충류는 0~10의 분포를 보였다. 조류의 경우 36종을 대상으로 풍부도를 도출하였으나 36개 종 모두가 공통으로 예측된 출현지점은 존재 하지 않았고 최대 33개 종이 같은 지점에서 서식 가능한 것으로 나타났다. 각 분류별 출현하는 종

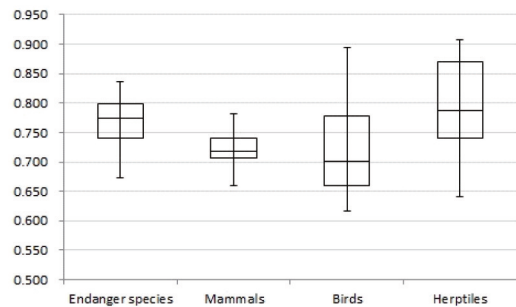


Figure 5. AUC values of each species group

Table 6. Part of Mann-Whitney U test results

	DEM	Slope	North	Solar	Relief	Yung	Kung	Mildo	Plant	DFI	DFO	DRP	DAF	DRO	DBA
Raccoon dog( <i>Nyctereutes procyonoides</i> )	.024	.797	.323	.174	.744	.340	.385	.254	.873	.394	.697	.233	.110	.941	.594
Hedgehog( <i>Erinaceus amurensis</i> )	.009	.438	.229	.128	.407	.154	.145	.102	.898	.937	.504	.926	.207	.989	.925
Leopard cat( <i>Prionailurus bengalensis</i> )	.041	.867	.476	.220	.298	.156	.784	.280	.274	.620	.228	.662	.221	.516	.299
Wild boar( <i>Sus Scrofa</i> )	.017	.237	.827	.484	.194	.210	.190	.166	.967	.701	.467	.748	.797	.483	.283
Great spotted woodpecker( <i>Dendrocopos major</i> )	.231	.548	.625	.502	.548	.076	.083	.113	.198	.137	.111	.681	.124	.575	.332
Common kestrel( <i>Falco tinnunculus</i> )	.002	.003	.569	.563	.003	.147	.137	.130	.040	.066	.009	.035	.433	.426	.727
Chinese sparrow hawk( <i>Accipiter soloensis</i> )	1.00	.563	.847	.134	.629	.194	.194	.192	.194	.122	.397	.399	.018	.240	.241
Cattle egret( <i>Bubulcus ibis</i> )	.016	.254	.068	.014	.196	.080	.080	.080	.127	.242	.009	.627	.169	.017	.940
Dybowski's brown frog( <i>Rana dybowskii</i> )	.063	.734	.631	.110	.575	.371	.293	.500	.957	.292	.206	.327	.483	.176	.078
Huanren brown frog( <i>Rana huarenensis</i> )	.021	.550	.941	.296	.412	.153	.189	.362	.968	.475	.864	.244	.733	.499	.851
Korean salamander( <i>Hynobius leechi</i> )	.000	.177	.331	.013	.265	.133	.062	.100	.489	.395	.507	.026	.420	.956	.894
Narrow-mouth frog( <i>Kaloula borealis</i> )	.710	.517	.165	.058	.517	.121	.232	.455	.919	.681	.125	.270	.270	.926	.560

Table 7. Part of Model goodness-of-fit test and cutoff values

	AUC	5cv AUC	Cutoff values	Used variables for SDM(Higher-order contribution)
Raccoon dog ( <i>Nyctereutes procyonoides</i> )	0.798	0.708	0.362	DFI, DEM, DRP, DAF, North, Yung, Solar, Kung, Mildo
Hedgehog ( <i>Erinaceus amurensis</i> )	0.874	0.707	0.331	Mildo, North, DEM, DAF, Yung, Solar, Kung
Leopard cat ( <i>Prionailurus bengalensis</i> )	0.860	0.673	0.392	DBA, DEM, Mildo, Yung, DAF, Relief, DFO, Solar, Plant
Wild boar ( <i>Sus Scrofa</i> )	0.845	0.718	0.585	Relief, Mildo, DEM, DBA, Kung, Slope, Yung
Great spotted woodpecker ( <i>Dendrocopos major</i> )	0.799	0.732	0.609	Mildo, Plant, Yung, DFI, Kung, DFO, DEM, DAF
Common kestrel ( <i>Falco tinnunculus</i> )	0.902	0.762	0.458	Slope, DFO, DRP, Plant, Relief, DEM, Mildo, Kung, Yung, DFI
Chinese sparrow hawk ( <i>Accipiter soloensis</i> )	0.912	0.837	0.486	DAF, Plant, Kung, DFO, DFI, Mildo, Yung, DBA, Solar
Cattle egret ( <i>Bubulcus ibis</i> )	0.950	0.894	0.464	Plant, DEM, Kung, DAF, DFO, DRO, North, Yung, Solar, Mildo, Relief, DFI, Slope
Dybowski's brown frog ( <i>Rana dybowskii</i> )	0.939	0.838	0.199	DRO, DEM, DBA, Kung, DFO, DFI, Solar
Huanren brown frog ( <i>Rana huarenensis</i> )	0.940	0.907	0.339	DRP, DEM, Yung, Kung, Solar
Korean salamander ( <i>Hynobius leechi</i> )	0.957	0.903	0.172	DRP, DEM, Kung, Yung, Relief, Solar, Slope, Mildo
Narrow-mouth frog ( <i>Kaloula borealis</i> )	0.883	0.785	0.405	DAF, DFO, Kung, Yung, Solar, DRP, North

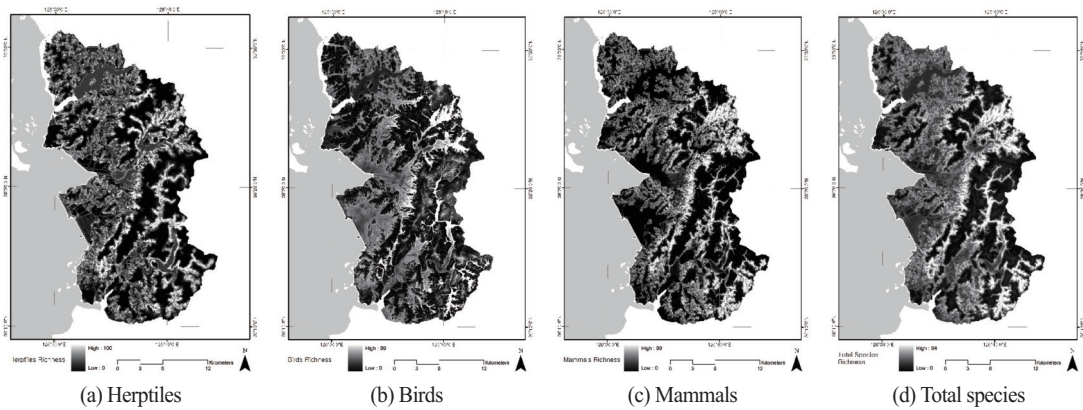


Figure 6. Species richness result

의 수가 차이가 발생함에 따라, 최대 100점을 기준으로 직선보간법으로 점수를 할당하여 표준화 하였다. 표준화된 각 분류별 중풍부도는 등가중치로 합산하여 종합 중 풍부도를 도출하였다(Figure 6). 도출된 중 풍부도 값은 토지적성평가 결과와 비교를 위해 Table 8과 같이 표준화값(Zi)를 산정하여 81,101개의

필지를 대상으로 5개 등급으로 구분하였다(Figure 7-a, Table 8).

## 2. 토지적성평가 분석 결과

토지적성평가의 최종 평가단위는 필지단위별로 이루어지기 때문에 지적도에서 관리지역에 해당되는

필지를 추출하였다. 그 중 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」의 제67조 제1항에서 구분하는 28가지 지목 중에서 도로, 철도용지, 하천, 유지(溜地)는 제외하였다. 그 이유는 선적인 요소가 강해 대푯값을 설정할 때 해당지표 측정값의 왜곡을 가져올 수 있고 용도가 확실하게 규정되어 있어 지목 변경 등의 토지이용의 변화가 이루어질 가능성이 낮아 제외하였다.

우선분류대상지역 중 우선보전대상지역은 생태자연도의 상위등급지역, 임상도의 5등급 이상인 지역, 경지정리지역, 공적규제지역 대상으로 15,517개 필지를 우선분류 하였고, 우선개발대상지역은 개발진흥지구, 도시지역 외 지역에서의 지구단위계획구역, 농공단지 및 그 예정지로 지정된 곳을 대상으로 1,988개 필지를 우선분류 하였다.

모든 평가지표는 Table 4과 같이 비율측정, Fuzzy

합수, 중력모형으로 나뉘어서 평가된 후 표준화한 뒤에 해당가중치를 곱하여 산정하는데, 이 가중치는 「토지의 적성평가에 관한 지침」에서 제시하는 가중치를 적용하는 것이 원칙이다. 따라서 본 연구에서도 지침에서 제시하는 가중치를 적용하여 종합적성값을 산출하였다.

필지별 종합적성값을 기초로 적성등급을 구분하기 위하여, 먼저 해당 시·군 전체 평가대상토지의 종합적성값의 평균과 표준편차를 이용하여 표준정규분포 곡선상의 표준화값(Zi)를 산정하고, 이를 활용하여 각 필지를 Table 8과 같이 5개 등급으로 나누게 된다. 우선보전 및 개발에 해당하는 필지를 제외한 81,101개의 필지를 대상으로 적성등급을 분류한 결과는 다음과 같다(Figure 7-b, Table 8).

### 3. 종풍부도와 토지적성평가 결과 비교 결과

본 연구에서는 종분포모형을 실시하여 지점조사 형태로 이루어진 야생동·식물 자료를 공간적 형태인 종풍부도를 생성함으로써 환경 및 생태적 가치를 평가해 볼 수 있다는 측면에서 토지적성평가와의 비교를 해보고자 하였다. 일치도를 비교해 보면 1등급 10.92%, 2등급 37.10%, 3등급 34.56%, 4등급 20.89%, 5등급 1.73%로 일치하는 것으로 나타났다 (Table 9). Figure 7에서 보이는 지역은 보령시에서 중심시가지를 이루고 있는 대천동, 동대동, 공촌동

Table 8. Lots classification result

Classification	Number of lots	Classification standard
1	15,517	Preferential preservation
	5,393	$Z < -1.5$
2	21,414	$-1.5 \leq Z < -0.5$
3	27,204	$-0.5 \leq Z < 0.5$
4	22,183	$0.5 \leq Z < 1.5$
5	4,907	$Z \geq 1.5$
	1,988	Preferential development
Total	98,606	

Table 9. Comparison results of each classification

Land Suitability Assessment			1	2	3	4	5	Total
Species Richness Assessment	1	km <sup>2</sup>	0.73	2.69	2.22	0.93	0.17	6.74
		%	10.92	39.86	32.87	13.82	2.53	100.00
	2	km <sup>2</sup>	2.28	5.91	4.96	2.36	0.41	15.92
		%	14.33	37.10	31.16	14.84	2.57	100.00
	3	km <sup>2</sup>	4.77	16.94	18.32	11.16	1.82	53.01
		%	9.00	31.95	34.56	21.05	3.44	100.00
	4	km <sup>2</sup>	5.36	16.87	17.38	10.88	1.61	52.1
		%	10.29	32.37	33.36	20.89	3.09	100.00
	5	km <sup>2</sup>	1.16	4.58	4.03	1.54	0.20	11.51
		%	10.08	39.81	34.98	13.40	1.73	100.00
	Total	km <sup>2</sup>	14.29	46.99	46.91	26.89	4.22	139.30
		%	10.27	33.73	33.68	19.30	3.02	100.00

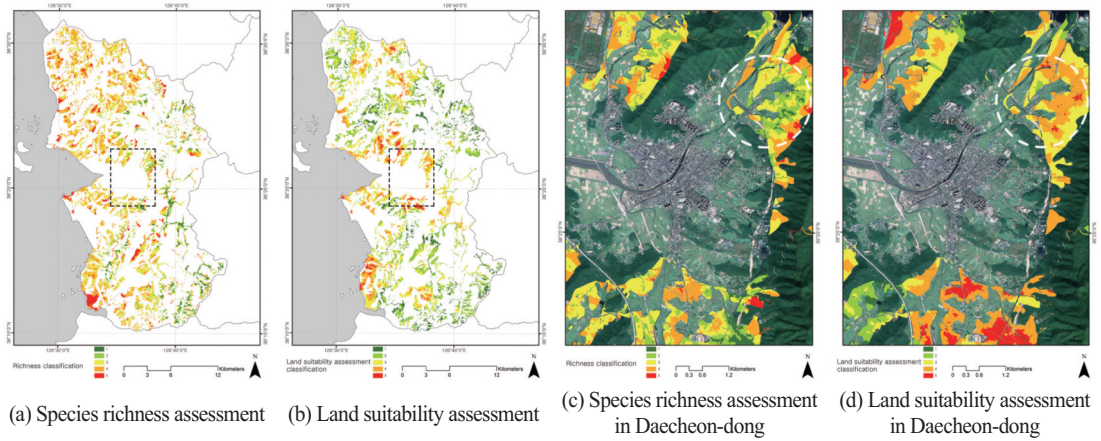


Figure 7. Species richness and land suitability assessment result

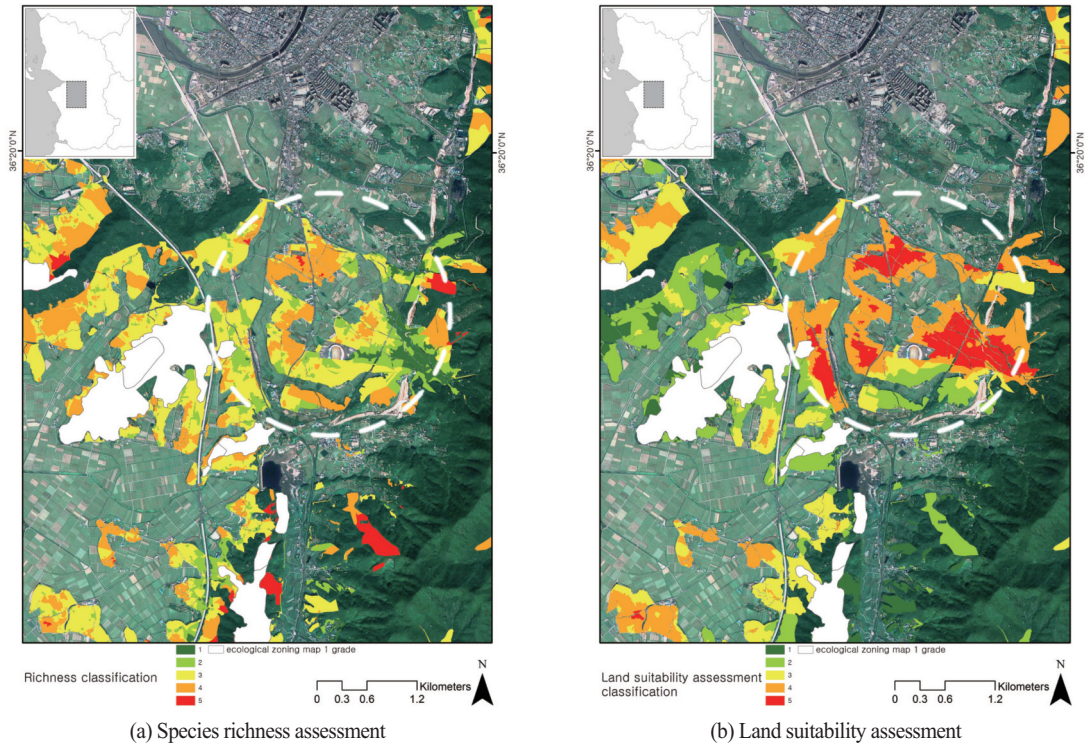


Figure 8. Species richness and land suitability assessment result in Nampo-myeon, Boryeong city

(보령시 중서부) 주변으로 토지적성평가의 경우 개발 적성으로 분류되는 4등급과 5등급이 높게 측정되었지만 종풍부도 등급은 1등급과 2등급의 비율이 높았다. 이처럼 토지적성평가에서는 개발적성으로 분류되는 지역들도 종풍부도 등급으로 비교해 보았을 때는 종풍부도 값이 상대적으로 높아 보전적 성향을 지

닌 지역이 존재 하였다. Figure 8은 보령시 남포면 (보령시 중서부) 일대로 중심 도시지역을 이루고 있는 공촌동과 명천동에 인접해 있으면서 생태자연도 1 등급 등 주변에 우수한 생태자원을 포함하고 있는 지역이다. 토지적성평가로 적성 분류된 남포면 일대의 관리지역은 주변 생태자연도1등급과 인접한 지역의

경우 1등급과 2등급으로 분류된 지역이 분포하는 것을 볼 수 있지만, 동쪽 옥미산(원 오른쪽)에서 서쪽 생태자연도1등급으로 연결되는 부분의 경우 서식지 연결기능이 가능 할 지역으로, 종풍부도를 이용한 등급의 경우 1등급과 2등급의 비율이 상대적으로 높게 평가되었다. 주변 여건상 생태자원이 우수한 지역 주변에 위치하고 있으나 토지적성평가 결과 개발적성이 높게 평가되어 계획관리지역으로 분류되는 경우가 있다. 생물종 서식분포를 고려한 종풍부도를 고려해 보면 중요 서식지 사이를 연결하는 코리더, 즉 생태네트워크를 구성할 수 있는 지역들이 계획관리지역으로 분류되는 것이다.

## V. 결론

본 연구는 토지적성평가와 종풍부도를 등급화하여 이를 비교해 보았다. 종풍부도와 관리지역 등급의 일치도는 1등급 10.92%, 2등급 37.10%, 3등급 34.56%, 4등급 20.89%, 5등급 1.73%로 보이는 것을 볼 수 있었다. 상대적으로 중간적 성격을 지닌 2, 3, 4등급 보다 보전적성으로 분류되는 1등급, 개발적성으로 분류되는 5등급의 일치도가 낮게 나타났다. 이러한 이유로는 첫째, 산림 중심부보다 주변에 종풍부도가 더 높게 나타나는 주변부 효과(edge effects)를 원인으로 볼 수 있다. 둘째, 토지적성평가는 평가 점수를 표준점수화 하여 분류하는 상대적인 척도로 평가한다. 따라서 보령시와 같은 도시전체의 보전적성이 높을 경우에는 보전적성으로 분류하여야 하나 개발적성으로 분류되는 지역이 존재한다. 셋째, 토지적성평가에서 활용되는 지표들은 보전적성, 농업적성, 개발적성으로 분류하여 평가되어 지고 있다. 보전적성에 활용되는 지표들은 생태·환경가치를 반영하기에는 아쉬운 점들이 있고 이러한 지표들은 한정된 조사에 따라 구축된 주제도를 대상으로 한 경우가 많다. 따라서 현지 조사된 자료를 반영한 생태·환경성도 중요하지만 환경 친화적인 지속가능성을 위해선 잠재적 생태·환경성도 중요하다. 이러한 이유로 생물종 서식지 예측을 통한 잠재적 서식지를 고려하는 노력이 보다 집중되어야 할 것으로 판단된다.

종분포모형을 이용한 기존연구들은 보호구역의 설정 및 계획의 활용에 집중되어있다. 하지만 본 연구는 핵심지역을 연결할 수 있는 관리지역을 대상으로 하였다. 관리지역은 핵심지역은 아니지만 생물종 서식지 보전에 있어서 중요하게 영향을 미칠 것으로 보여진다. 본 연구는 관리지역과 종풍부도 등급 비교를 통해 종분포모형을 활용한 토지적성평가지표의 활용적 측면에 의의를 갖는다고 판단된다. 본 연구는 토지적성평가와 비교를 하기 위하여 종풍부도를 종분포모형을 통해 도출하였다. 그러나 종분포모형 구축에 있어서 일시적인 조사를 근거하여 구축하였다는 측면에서 한계를 지닌다. 따라서 차후 연구에는 지속적인 모니터링과 장기간의 현장조사를 기반으로 한 기초자료와 이를 적용하는 연구가 앞으로 이루어져야 한다. 또한 종분포모형의 검증에 대한 연구도 지속적으로 이루어져야 한다.

## 감사의 글

본 연구는 환경부 “기후변화대응 환경기술개발사업(2014001310009)”으로 지원받아 수행되었습니다.

## 인용문헌

- 국토연구원. 2003. 토지적성평가 매뉴얼(Land Suitability Assessment Manual).
- 국토해양부. 2009. 토지적성평가 제도의 실효성 제고방안에 관한 연구.
- 권혁수. 2011. 보호지역계획을 위한 생물다양성 통합평가모형 -지리산과 덕유산, 가야산 권역을 대상으로, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 권혁수, 서창완, 박종화. 2012. 지리산 지역의 생물종 분포모형 구축 및 종풍부도 평가, 한국지형공간정보학회지, 20(3), 11-18.
- 김인현, 오규식, 양희범. 2009. 토지적성평가 지표의 개선방안 연구 -평가체계II를 중심으로-, 한국공간정보학회지, 17(2), 201-212.
- 김지연, 서창완, 권혁수, 류지은, 김명진. 2012. 전

- 국자연환경조사 자료를 이용한 증분포모형 연구, *환경영향평가*, 21(4), 593-607.
- 박영수. 2010. 토지적성평가시 지역특성을 고려한 대체지표 적용에 관한 연구, *조선대학교 대학원 박사학위논문*.
- 보령시. 2011. 보령시 생태(비오톱)지도.
- 송원경, 김은영. 2012. 고라니 서식지 분석을 위한 기계학습식 증분포모형 비교, *대한원격탐사학회지*, 28(1), 171-180.
- 서창완, 박종화. 2000. GIS와 로지스틱 회귀분석을 이용한 멧돼지 서식지 모형 개발, *한국공간정보학회지*, 8(1), 85-99.
- 서창완, 최태영, 최윤수, 김동영. 2008. 설악산 산양을 대상으로 한 야생동물 서식지 적합성 모형에 관한 연구, *한국환경복원기술학회지*, 11(3), 28-38.
- 이동근, 전성우, 이상문. 2004. 토지환경성평가의 이론 및 기준 · 지도작성에 관한 연구, *한국환경복원기술학회지*, 7(1), 116-127.
- 이동근, 김호걸. 2010. Maxent 모형을 이용한 서식지 잠재력 평가 -하천으로부터의 거리, 하천의 차수, 토지이용을 중심으로, *한국환경복원기술학회지*, 13(6), 161-172.
- 이명진, 전성우, 이종수, 강병진, 송원경. 2007. 대축척 국토환경성평가지도 작성방안 연구, *환경정책연구*, 6(3), 115-145.
- 이종용, 이용범. 2004. 효율적인 토지적성평가를 위한 격자 평가단위 적용에 관한 연구, *대한국토·도시계획학회지 「국토계획」* 39(7), 97-110.
- 정연우, 박신원, 최대식. 2012. 토지적성평가 평가 지표 및 평가방법 개선방안 연구 -평가체계 II를 중심으로-, 47(2), 65-83.
- 채미옥, 오용준. 2003. 토지적성평가의 지표추출 및 지표별 가중치 분석방법 고찰, *대한지리학회지* 38(5), 725-740.
- 한국환경정책·평가연구원. 2010. 환경성 평가에 있어서 서식지 조사 및 보전방안.
- Beazley K, Smandych L, Snaith T, Machkinnon F, Austen-smith P, Duinker P. 2005. Biodiversity Considerations in Conservation System Planning: Map-based Approach for Noca Scotia, Canada, *Ecological Applications*, 15(6), 2192-2208.
- Elith J, Catherine R, Dudik M, Ferrier SGA, Huettmann F, John LA, Li J, Lucia B, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Jacob A, Steven RK, Scachetti-pereira R, Soberon J, Williams S M and N. 2006. Novel methods improve prediction of species' distribution from occurrence data. *Ecography* 29(2), 129-151.
- Elith J, Phillips SJ, Hastie T, Dudik M, Chee YE, Yates CJ. 2011. A Statistical Explanation of MaxEnt for Ecologists, *Diversity and Distributions*, 17(1), 43-57.
- Ferrier S. 2002. Mapping Spatial Pattern in Biodiversity for Regional Conservation Planning: Where to from Here?, *Systematic Biology*, 51(2), 331-363.
- Franklin J. 2009. Mapping species distributions spatial inference and prediction -Spatial inference and prediction-, Cambridge University Press.
- Garcia A. 2006. Using Ecological Niche Modelling to Identify Diversity Hotspots for the Herpetofauna of Pacific Lowlands and Adjacent Interior Valleys of Mexico, *Biological Conservation*, 1(30), 25-46.
- Miller JR, Turner MG, Smithwick EAH, Dent CL, Stanley EH. 2004. Spatial Extrapolation: The Science of Predicting Ecological Patterns and Processes, *BioScience*, 54(4), 310-320.
- Newbold T, Gilbert F, Zalat S, El-Gabbas A, Reader T. 2009. Climate-based models of spatial patterns of speccies richness in

- Egypt's butterfly and mammal fauna, *Journal of Biogeography*, 36, 2085-2095.
- Peters DPC, Herrick JE, Urban DL, Gardner RH, Breshears DD. 2004. Strategies for ecological extrapolation, *Oikos*, 106(3), 627-636.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological Modelling* 190, 231-259.
- Pineda E, Lobo JM. 2009. Assessing the Accuracy of Species Distribution Models to Predict Amphibian Species Richness Patterns, *Journal of Animal Ecology*, 78(1), 182-190.
- Pineda E, Lobo JM. 2012. The Performance of Range Maps and Species Distribution Models Representing the Geographic Variation of Species Richness at Different Resolutions, *Global Ecology and Biogeography*, 21, 935-944.
- Pressey RL, Humphries CJ, Margules CR, Vane-Wright RI, Williams PH. 1993. Beyond Opportunism: Key Principles for Systematic Reserve Selection, *Trends in Ecology&Evolution*, 8(4), 124-128.
- Thorn JS, Nijman V, Smith D, Nekaris KAI. 2009. Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (*Primates: Nycticebus*), *Diversity and Distributions*, 15(2), 289-298.
- based Approach for Nova Scotia, Canada, *Ecological Applications*, 15(6), 2192-2208.
- Boryeong. 2011. Boryeong biotope map.
- Chae MO, Oh YJ. 2003. A Study on the Land Suitability Assessment Methods for Effective Land Management, *The Korean Geographical Society*, 38(5), 725-740.
- Seo CW, Park CH. 2000. Wild Boar (*Sus Scrofa coreanus* Heude) Habitata Modeling Using GIS and Logistic Regression. *The Journal of GIS Association of Korea*, 8(1), 85-99.
- Elith J, Catherine R, Dudik M, Ferrier SGA, Huettmann F, John LA, Li J, Lucia B, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Jacob A, Steven RK, Scachetti-pereira R, Soberon J, Williams S. M and N. 2006. Novel methods improve prediction of species' distribution from occurrence data. *Ecography* 29(2), 129-151.
- Elith J, Phillips SJ, Hastie T, Dudik M, Chee YE, Yates CJ. 2011. A Statistical Explanation of MaxEnt for Ecologists, *Diversity and Distributions*, 17(1), 43-57.
- Ferrier S. 2002. Mapping Spatial Pattern in Biodiversity for Regional Conservation Planning: Where to from Here?, *Systematic Biology*, 51(2), 331-363.
- Franklin J. 2009. Mapping species distributions spatial inference and prediction -Spatial inference and prediction-, Cambridge University Press.
- Garcia A. 2006. Using Ecological Niche Modelling to Identify Diversity Hotspots for the Herpetofauna of Pacific Lowlands and Adjacent Interior Valleys of Mexico, *Biological Conservation*, 130, 25-46.

## References

- Beazley K, Smandych L, Snaith T, Machkinnon F, Austen-smith P, Duinker P. 2005. Biodiversity Considerations in Conservation System Planning: Map-

- Kim IH, Oh KS, Yang HB. 2009. Improving the Grading indices for Land Suitability Assessment, *The Journal of GIS Association of Korea*, 17(2), 201-212.
- Jeong YW, Park SW, Choi DS. 2012. A Study on the Improvement of the Assessment Criteria and Method of the Land Suitability Assessment - focused on Type II of the Land suitability Assessment, *Korea Planners Association*, 47(2), 65-83.
- Kim J, Seo C, Kwon H, Ryu J, Kim M. 2012. A Study on the Species Distribution Modeling using National Ecosystem Survey Data, *Environmental Impact Assessment*, 21(4), 593-607.
- Korea Environment Institute. 2010. A Framework for Incorporating Wildlife Habitat Survey and Conservation Measures in Environmental Assessment.
- Korea Research Institute for Human Settlements. 2003. Land Suitability Assessment Manual.
- Kwon HS. 2011. Integrated Evaluation Model of Biodiversity for Conservation Planning: Focused on Mt. Jiri, Mt. Deokyu and Mt. Gaya regions, Ph.D dissertation, Seoul National University, Seoul, Korea.
- Kwon HS, Seo CW, Park CH. 2012. Development of Species Distribution Models and Evaluation of Species Richness in Jirisan region, *The Korean Society for GeoSpatial Information System*, 20(3), 11-18.
- Lee DK, Jeon SW, Lee SM. 2004. Theoretical Review of Environment-Oriented Land Suitability Analysis and Setting of EOLSA Criteria and Classification System, *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 7(1), 116-127.
- Lee DK, Kim HG. 2010. Habitat Potential Evaluation Using Maxent Model - Focused on Riparian Distance, Stream Order and Land Use, *The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology*, 13(6), 161-172.
- Lee JY, Lee YB. 2004. Applying the Grid Unit for the Land Suitability Assessment in Korea, *Korea Planners Association*, 39(7), 97-110.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2009. A Study on the Scheme to increase the Efficiency of the Land Suitability Assessment.
- Miller JR, Turner MG, Smithwick EAH, Dent CL, Stanley EH. 2004. Spatial Extrapolation: The Science of Predicting Ecological Patterns and Processes, *BioScience*, 54(4), 310-320.
- Lee M, Jeon S, Lee C, Kang B, Song W. 2007. A Study on Basic Plan for Upscaling Environmental Conservation Value Assessment Map(ECVAM) of National Land in South Korea, *Environmental Policy Research*, 6(3), 115-145.
- Newbold T, Gilbert F, Zalat S, El-Gabbas A, Reader T. 2009. Climate-based models of spatial patterns of species richness in Egypt's butterfly and mammal fauna, *Journal of Biogeography*, 36, 2085-2095.
- Park YS. 2010. A Study on Alternative Index Application with Consideration of Regional Characteristics given Land Suitability Assessment, Ph.D dissertation, Chosun University, Gwangju, Korea.
- Peters DPC, Herrick JE, Urban DL, Gardner RH, Breshears DD. 2004. Strategies for ecological extrapolation, *Oikos*, 106(3),

- 627-636.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological Modelling*, 190, 231-259.
- Pineda E, Lobo JM. 2009. Assessing the Accuracy of Species Distribution Models to Predict Amphibian Species Richness Patterns, *Journal of Animal Ecology*, 78(1), 182-190.
- Pineda E, Lobo JM. 2012. The Performance of Range Maps and Species Distribution Models Representing the Geographic Variation of Species Richness at Different Resolutions, *Global Ecology and Biogeography*, 21, 935-944.
- Pressey RL, Humphries CJ, Margules CR, Vane-Wright RI, Willians PH. 1993. Beyond Opportunism: Key Principles for Systematic Reserve Selection, *Trends in Ecology & Evolution*, 8(4), 124-128.
- Seo CW, Choi TY, Choi YS, Kim DY. 2008. A Study on Wildlife Habitat Suitability Modeling for Goral (*Nemorhaedus caudatus raddeanus*) in Seoraksan National Park, *The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology*, 11(3), 28-38.
- Thorn JS, Nijman V, Smith D, Nekaris KAI. 2009. Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (*Primates: Nycticebus*), *Diversity and Distributions*, 15(2), 289-298.
- Song W, Kim E. 2012. A Comparison of Machine Learning Species Distribution Methods for Habitat Analysis of the Korea Water Deer (*Hydropotes inermis argyropus*), *Korean Journal of Remote Sensing*, 28(1), 171-180.