

야생동물 서식지 잠재력과 공간가치분류를 통한 정책방향 설정

장래익¹⁾ · 이명우²⁾

¹⁾ 전북대학교 대학원 조경학과 · ²⁾ 전북대학교 조경학과

Policy Decision Making Through Wildlife Habitat Potential With Space Value Categorization

Jang, Raeik¹⁾ and Lee, Myungwoo²⁾

¹⁾ Department of Landscape Architecture, Graduate School of Chonbuk National University,

²⁾ Department of Landscape Architecture, Chonbuk National University.

ABSTRACT

Beginning of the human ecology in 1920s, the efforts for applying the environmental values to a policy have been embodied by the enactments of international agreement and relevant laws. The government has been struggling to adopt the environmental values for the policy by enacting the relevant laws and establishing the environmental value evaluation information (environmental conservation value assessment map, eco-natural map, biotope map). In spite of the efforts to apply the environmental value assessment information for the habitat potential of wildlife, the application is being challenged by the discrepancy in methods and criteria. Thus this study intends to measure the potential of wildlife habitat and apply it to the spatial value classification for the application plan of wildlife habitat potential in policy. Maxent was used for the habitat potential and the land types were classified depending on the surface and land use pattern of cadastral map. As a result, the policy matrix including conservation strategy(CS), restoration strategy(RS), practical use strategy(PS) and development strategy(DS) has been deduced as CS 13.05km²(2.38%), RS 1.64km²(0.30%), PS 162.42km²(29.57%) and DS 8.56km²(1.56%). CS was emerged

First author : Jang, Raeik, Department of Landscape Architecture, Graduate School of Chonbuk National University, Jeonju, South Korea,
Tel : 82-63-270-2598, E-mail : rjjang35@gmail.com

Corresponding author : Lee, Myungwoo, Department of Landscape Architecture, Chonbuk National University, Jeonju, South Korea,
Tel : 82-63-270-2598, E-mail : lmw@jbnu.ac.kr

Received : 20 August, 2014. **Revised** : 22 December, 2014. **Accepted** : 12 February, 2015.

mostly on forest valleys and farmlands, and RS was appeared in the road area near the conservation strategy areas. Boryung downtown and Daechon Beach were the center of DS, while the forest and farmlands were presented as PS. It is significant that this study suggest the new approaching method by comparing the wildlife habitat potential with the land type. Since this study evaluated the environmental value by one species of leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) with Maxent model, it is necessary to apply the habitat potential measuring method for various target species as further research.

Key Words : *Policy matrix, Maxent, Leopard cat(Prionailurus bengalensis), Environmental value evaluation information, Boryeong city.*

I. 서 론

사회학에서 환경에 대한 접근은 1920년대 인간생태학(Human ecology)을 시작으로 하여 심층생태론, 사회생태론으로 발전하였는데 이는 인간과 환경에 대한 관계적 부분에서 사회적 현상의 설명력을 강화하기 위한 접근이었으며 사회적 현상에 대한 국제적 노력의 하나로 국제기구를 설립하고 다양한 기본협약(Framework convention), 부속서(Annex), 결정(Decision) 등을 통해 구체화되었다(Jeong, 2001; Lee, 2000).

대한민국에서는 국민의 건강을 목적으로 환경오염과 훼손 예방, 생태계와 자연경관 보전, 지속가능한발전 등을 위해 환경정책기본법, 자연환경보전법, 환경영향평가법, 야생생물 보호 및 관리에 관한 법률 등을 제정하였으며 멸종위기종을 선정하고 환경가치평가정보(국토환경성평가지도, 생태자연도, 도시생태현황지도 등)를 구축하여 환경보전을 위한 정책이 수행되고 있다.

법정보호종(멸종위기종, 천연기념물 등)은 자생지, 서식지 등을 보전하기 위해 보호지역 또는 보전지역을 설정할 수 있게 되어 있으며 환경가치평가정보에서도 그 가치를 적용하기 위해 출현지점, 서식지 등을 적용하고 있으나 야생동물의 경우 이동하는 특성 및 세력권 등 서식가치의 적용이 아닌 발견지점에서부터 일정구간의 등급을 상향 조정하는 방법으로 적용되

고 있어 야생동물의 서식특성과 가치를 고려한 새로운 적용방안의 모색이 필요하다.

국토환경성평가지도는 2001년 1단계 기반연구를 시작으로 2005년 2단계 구축 및 발전방안연구, 2006년 3단계 갱신 및 유지관리와 고도화를 추진해오고 있으며 65개의 법제적 평가항목과 환경·생태적평가항목으로 전국토의 환경성을 평가하고 있다. 환경생태적 평가항목 중 잠재적 가치는 멸종위기종의 서식지 잠재력을 평가하여 적용하기 위한 평가항목으로 설정되어 있으나 잠재적 가치의 측정기준 및 방법, 적용방안 등과 관련된 사항의 명확성을 위해 평가가 보류되고 있다(ME, 2014).

생태·자연도는 2000년 초안작성을 시작으로 유지 보수되어오고 있으며 현존식생도, 동·식물분포도, 지형현황도, 생태계주제도, 별도관리지역 등을 통해 산, 습지, 도시 등에 대하여 자연환경을 생태적가치, 자연성, 경관적 가치 등에 따라 등급화하여 적용되고 있다. 생태·자연도의 평가항목중 멸종위기야생동·식물 서식지는 주변환경을 검토하여 250m 또는 750m의 격자로 표현하고 등급을 상향 조정하고 있다. 하지만 이와 같은 적용방법은 조사자료의 증가에 따라 멸종위기종 출현지점이 증가할 경우 상향조정되는 지역이 함께 증가하게 되어 필요 이상의 많은 지역이 상향조정될 가능성이 있으며 멸종위기종이 서식할 수 있는 충분한 가치가 있

는 지역이나 출현 사실이 없어 보전하지 못하는 사례 등에 대응하기 어려워 서식지의 잠재적 가치의 적용을 고려할 필요가 있다(ME, 2014).

도시생태현황지도는 지방자치단체에서 구축하여 활용하고 있는 환경가치평가정보 중의 하나로 식생, 야생동물, 지형, 비오톱 유형 등을 적용하여 각 지방자치단체의 현황에 맞도록 평가되고 있다(ME, 2013). 멸종위기야생동물의 경우 잠재적 가치를 평가하여 적용하는 사례도 있고 출현지점의 토지이용·피복, 비오톱 유형 등의 단위지역(patch)을 상향 조정하는 사례 등 다양한 방법이 적용되고 있다.

이처럼 표준화 되어있지 않은 환경정보는 활용에 있어서 일부 한계점이 나타나고 있는데 인접한 시군의 연계된 토지가 다르게 평가되는 사례, 통합적으로 활용(광역단위 또는 국가단위에서의 활용)하려 할 경우 정보형태(데이터베이스 구조)의 불일치 사례 그리고 이렇게 구현된 환경정보를 정책에 활용하려 할 경우 활용방법에 대한 혼란 사례 등의 한계가 나타나고 있다. 즉, 환경가치평가정보에서는 정책에 활용을 목적으로 구축되고 있으나 활용을 위해서는 데이터베이스의 표준화와 함께 정책적 적용방안에 관한 접근방법이 필요한 현황이라고 볼 수 있다.

환경가치평가정보는 공간을 대상으로 평가되고 있고 평가의 단위는 자연적 형태의 패치(Patch)단위 또는 격자(Raster)단위로 수행되고 있으며 정책적 활용은 인문·사회적 단위(지적 필지)를 사용하고 있다. 이런 단위 불일치는 환경정보의 정책적용시 활용에 있어서 한계요소로 작용할 수 있으며 이에 본 연구에서는 환경정보 중 야생동물을 대상으로 서식지 잠재력을 정책에 적용하기 위한 활용적 측면에서 방법론을 제시해 보고자 한다.

본 연구의 대상지는 해안, 습지, 산림, 도심지, 농경지 등 다양한 토지형태가 분포하고 있으며 도시생태현황지도의 구축이 완료되어 있어 정밀한 환경정보를 활용할 수 있는 충청남도

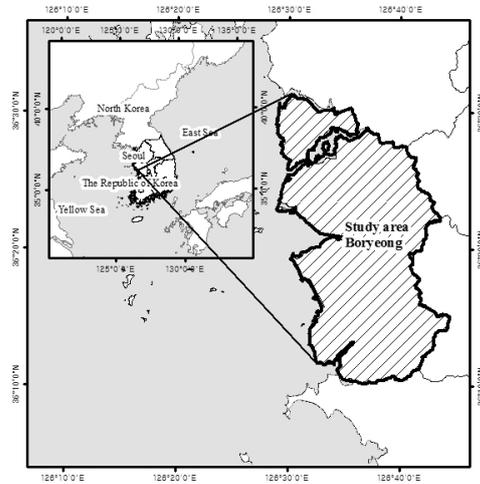


Figure 1. Study area.

보령시를 대상으로 선정하였다(Figure 1). 보령시는 동단(126°44'19.86") 미산면 도흥리, 서단(125°57'18.37")오천면 외연도리, 남단(36°10'19.51")주산면 신구리, 북단(36°31'30.40")천북면 장은리에 위치하고 있으며 총면적은 569.01km²이다. 본 연구에서는 환경 생태적 특성이 다른 섬지역을 제외한 육역(549.20km²)을 대상으로 진행하고자 한다(Boryeong, 2013).

II. 연구방법

1. 종의 선택 및 모형화 방법론

1) 종의 선택 방법론

환경가치평가정보는 국민의 건강하고 쾌적한 삶을 목적으로 전반적인 환경자원의 분포를 조사하고 평가하여 정책에 활용하기 위해 구축되고 있다. 이와 같은 정보들은 특정사항(개발행위 등)에 집중되어 있지 않고 전반적인 국토의 현황을 파악하기 위해 수행되기 때문에 다양한 환경정보를 활용하고 있으며 이를 종합적으로 분석·평가하여 도출된 결론을 제공하고 있다. 평가에 적용되는 종들은 주로 범정보호종을 대상으로 하고 있는데 이는 범정보호종이 갖고 있는 강제성(포획, 채취, 훼손 등의 불법행위 금지 등)

을 기반으로 개발행위를 회피하고 보호구역을 설정하여 서식지의 보전이 가능하기 때문이다.

멸종위기야생동·식물과 IUCN의 Red List는 위협·위급(Endangered), 취약(Vulnerable) 등 종의 멸종과 관련되어 있기 때문에 종의 분포가 한정적이며 이런 특성으로 인해 전반적인 조사(전국자연환경조사, 도시생태현황지도 등)에서는 해당 종들의 서식 정보량(출현정보)이 상대적으로 적은 특성이 있다(IUCN, 2001). 멸종위기종은 환경가치평가 시 출현정보가 활용되고 있으며 사전 예방차원에서 출현지점을 중심으로 일정구간을 상향 조정하는 것으로 적용되고 있으나 이와 같은 적용방법은 조사량의 증가에 효과적으로 대응하지 못하는 특성이 있다. 예를 들어 전국자연환경조사에서 발견된 멸종위기종 출현지점은 국토환경성평가지도와 생태자연도 등에서 버퍼존을 활용하여 상향 조정되고 있으며 조사가 계속 진행되어 멸종위기종 출현지점이 증가할 경우 등급이 상향 조정되는 지역도 함께 증가하여 시간의 흐름에 따라 상위등급 지역이 증가하는 결과의 초래가 가능하다. 이와 같은 현상에 대응하기 위한 대안적 방법은 멸종위기종 출현지점을 기반으로 하는 서식지 모형을 통해 가치를 적용하는 것이다. 모형화 결과의 적용방법은 확률을 근거로 해야 하기 때문에 멸종위기종의 출현사실은 없지만, 환경적 가치가 출현지역과 유사한 지역도 출현지역과 같은 평가결과가 도출될 수 있다. 이것은 멸종위기종이 서식하지 않지만, 서식이 가능한 환경을 가진 것으로 볼 수 있기 때문에 멸종위기종의 서식지와 같은 환경적 가치가 있다고 볼 수 있으며 이를 근거로 복원지역을 설정하거나 환경가치평가에 활용할 수 있다.

모형화를 통한 확률가치를 환경가치평가에 적용할 경우 멸종위기종 출현정보는 모형화를 수행할 수 있을 만큼의 충분한 샘플(출현정보)이 필요하다. 하지만 기초지방자치단체 단위에서 수행되고 있는 도시생태현황지도의 경우 해당 지방자치단체 행정경계 내의 출현정보만을

사용하는 한계 때문에 충분한 샘플의 확보가 안 되어 모형화를 수행할 수 없는 사례 등 다양한 상황에 대응해야 한다. 즉, 출현정보를 수집하기 어려운 종을 대상으로 하기보다는 먹이가 되는 종을 대상으로 추론하거나 충분한 조사량이 확보된 종을 대상으로 하는 것이 확률가치의 적용 시 유리하다고 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 환경가치를 평가하기 위한 종의 선택을 환경적 영향에 의해 서식지에 위협이 있거나 개체수가 적어 환경변화에 민감한 종 등 환경의 상태를 추론할 수 있는 법정보호종(Red List, 멸종위기종, 천연기념물 등) 또는 중심종(Focal species, Flagship species, Umbrella species, Keystone species, Indicator species)을 대상으로 하고자 한다(Simberloff, 1998). 이와 같은 종의 선택방법은 대상지에 서식하고 있는 모든 종을 대상으로 환경을 평가하는 것이 아닌 생태계를 대변할 수 있는 종을 선택하여 해당 생태계의 상태를 추론하기 위한 전략적 방법이라고 볼 수 있다.

본 연구에서는 1차(Inventory) 대상지 내에서 서식하고 있는 종목록을 작성하고, 2차(Screening) 법정보호종 또는 중심종을 추출, 3차(Scoping) 선정된 종의 모형화 가능성을 검토하여 최종적으로 종 분포 모형화가 가능하고 환경적 가치를 대변할 수 있는 종을 선정하고자 한다.

2) 종 분포 모형화 방법론

종 분포 모형화는 선택된 종의 출현정보를 기반으로 서식지 분포 모형화를 수행하여 도출된 결과물을 잠재적 가치(환경가치)로 활용하기 위해 수행된다. 이 과정은 멸종위기종 출현지점만을 평가에 적용하게 될 경우의 한계를 보완하고 환경적으로 가치가 있는 지역을 찾아 환경가치평가에 활용하기 위한 과정으로 볼 수 있으며 본 연구에서는 공간가치분류와 비교하여 정책적 방향을 설정하기 위해 수행되는 과정이다.

종 분포 모형은 수집된 정보의 특성과 활용목적에 따라 GLM(Generalized linear model), GAM

(Generalized additive model), CART(Classification and regression tree), ANN(Artificial neural network), MARS(Multivariate adaptive regression splines, GARP(Genetic algorithms for rule production), Maxent 등 다양한 방법을 활용할 수 있으며 출현정보만을 수집하는 경우는 Maxent의 활용이 적합하다(Franklin, 2009; Song and Kim, 2012; Kim et al., 2013). Maxent는 명목척도(categorical scale)와 비율척도(ratio scale)의 환경공간변수를 함께 사용할 수 있도록 하였으며 결과물을 ROC(receiver operating characteristic)의 AUC(area under the ROC)로 검증하고 html형태의 분석결과보고서와 ascii형태의 공간정보로 결과물을 제공하여 사용자의 편의성을 확보하고 있다. 본 연구에서 활용하고자 하는 자료는 보령시도시생태현황지도의 토지이용, 토지피복, 비오톱, 야생동물, 식생 등의 자료이며 모든 자료는 공간정보 형태로 구축되어 있고 야생동물 자료는 출현정보를 기준으로 구축되어 있어 Maxent를 활용하기에 적합한 형태이다.

2. 공간가치분류 방법

공간가치분류는 정책적 활용에서 토지가 어떤 이용적 방향성을 포함하고 있는지 구분하고 서식지 잠재력과 비교하여 정책적 방향을 제시하기 위해 수행되는 과정으로 본 연구에서는 지적도의 지목을 대상으로 개발과 보전의 계획적 가치를 분류하고자 한다. 계획적 가치를 분류하는 것은 현시점에서의 토지형태가 자연적인 형태에 가깝다 하더라도 미래의 변화 가능성(개발 가능성)까지 포함하여 분류하고자 하는 것이며 분류된 공간은 서식지 잠재력과 비교하여 정책

적 방향을 설정하는데 활용하기 위한 것이다.

지적도의 지목은 토지이용의 목적을 포함하고 있고 현시점에서 개발되어 있지 않다고 하더라도 지목에 따라 단편적인 개발 여건을 갖추고 있는 것으로 볼 수 있다. 또한, 지적도는 개발행위 및 소유의 최소단위가 될 수 있으며 서식지 잠재력과 비교하여 정책의 방향성을 비교하기 위한 본 연구의 목적에 부합되는 형태를 하고 있어 지적도의 지목을 대상으로 유형을 분류하고자 한다. 지목은 전, 답, 과수원, 목장용지, 임야 등 총 28가지 지목으로 구분되며 각각의 특성에 따라 사용의도를 내포하고 있다.

본 연구에서는 지목의 공간가치를 개발적인지 환경적인지에 따라 분류하기 위해 자연상태의 토지가 인공적인 구조물로 인해 변경될 가능성을 기준으로 표면적 측면과 이용적 측면에서 검토하여 ‘명확한 환경성격의 지목(TE, True environment)’, ‘명확한 개발성격의 지목(TD, True development)’, ‘환경성격이지만 개발요소를 포함하는 지목(FE, False environment)’, ‘개발성격이지만 환경요소를 포함하는 지목(FD, False development)’으로 분류하고자 한다(Table 1).

공간가치를 본 연구의 활용목적에 적합한 형태로 분류하기 위해서는 지목의 법적 정의에 따라 미래의 변화 가능성까지 포함하여야 하며 이런 성격적 특성까지를 포함하기 위해서는 객관적인 상태나 형태가 아닌 정성적인 해석이 필요하다. 이에 본 연구에서는 지목의 법적 정의에 따라 주관적인 해석으로 정성분류하고자 한다. 이와 같은 분류결과는 연구자에 따라 다른 견해를 갖고 있을 수 있으며 본 연구에서는 목적에 따른 구현방법을 제시하기 위한 설정이다.

Table 1. Space categorization Method.

		Cover	
		Environment cover	Structure cover
Use	Environment use	True environment	False environment
	Development use	False development	True development

3. 서식지 잠재력과 공간가치분류에 의한 정책전략 매트릭스

본 연구에서는 종의 선택 및 분포모형에 의한 서식지 잠재력과 공간가치분류에 따라 정책전략을 설정하기 위해 매트릭스를 구축하여 방향을 설정하고자 한다. 구축되는 정책전략 매트릭스는 두 가지 다른 척도에 의해서 동질성과 이질성으로 구분되며 0점에서의 거리를 통해 시급성을 측정할 수 있는 개념적 접근방법이라고 볼 수 있다. 매트릭스의 y축은 서식지 잠재력에 해당하는 척도로 수치가 높을수록 서식지의 가치가 높음으로 해석되며 환경적인 척도로 활용된다. x축은 공간가치분류이며 높을수록 환경적이용으로 낮을수록 개발적이용으로 분류하였다. 이 두 축에 의해 구분되는 매트릭스는 0점을 기준으로 4등분 된다. 1사분면은 서식지 잠재력이 높고 공간가치도 환경적인 이용으로 동질성이 확인되는 구간이며 환경보전전략(CS, conservation strategy)으로 설정하였다. 그리고 1사분면의 반대인 3사분면은 서식지 잠재력이 낮고 개발적인 공간가치의 동질성이 확인되는 구간으로 개발전략(DS, development strategy)으로 설정하였다. 서식지 잠재력은 높으

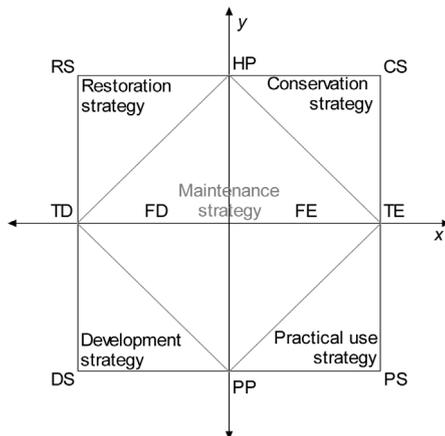
나 개발적인 공간가치인 2사분면은 복원전략(RS, restoration strategy)으로 그리고 서식지 잠재력은 낮으나 공간가치는 환경적인 이용으로 분류되는 4사분면은 환경적 활용전략(PS, practical use strategy)으로 방향을 설정하였다. 이 매트릭스는 0점에서 멀어질수록 전략적 방향성이 명확한 것으로 볼 수 있기 때문에 0점에서 가장 멀리 있는 즉, 특성이 명확한 구간을 선택하는 것이 정책적 타당성을 확보할 방법으로 볼 수 있고 0점에 가까울수록 관리전략(Maintenance strategy)을 수립하여 4가지의 정책전략이 어우러질 수 있도록 설정한 개념적인 매트릭스다(Figure 2).

III. 연구결과 및 고찰

1. 종의 선택 및 모형화

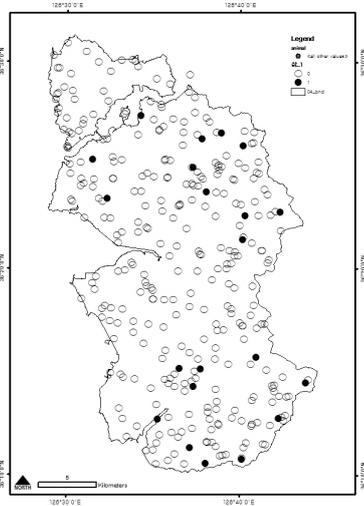
1) 종의 선택

2011년에 구축된 보령시 도시생태현황지도는 보령시 전역을 대상으로 토지이용현황도, 현존식생도, 야생동물분포도 등을 구축하였다(Boryeong, 2011). 구축된 정보들은 공간정보 형태로 구축되어 있으며 현존식생 및 토지이용은 폴리곤 형태, 야생동물분포도는 포인트 형태로 구축되어 있다. 야생동물 분포도를 기반으로 1차(inventory) 종목록을 작성한 결과 조류 87종, 포유류 15종, 양서·파충류 22종이 분포하고 있는 것으로 나타났으며 2차(Screening) 멸종위기종을 추출한 결과 조류 7종, 포유류 4종, 양서·파충류 1종이 분포하고 있는 것으로 나타났다. 2차(Screening)에 나타난 멸종위기종은 삿(Prionailurus bengalensis)이 21지점, 큰기러기(Anser fabalis serrirostris)와 수달(Lutra lutra)이 4지점, 벌매(Pernis ptilorhynchus orientalis), 새홀리기(Falco subbuteo subbuteo)가 2지점에서 출현되었고 나머지는 모두 한 지점에서 출현되어 3차(Scoping)에 해당되는 종은 21지점에서 출현한 삿이 가장 적합했다(Figure 3). 2차(Screening)에서 걸러진 멸종위기종들은 각각의 차별성이 있어 모두 환경적 가치를 갖고 있다



x=Land use aspect, y=habitat potential
 HP, highly potential; PP, poorly potential;
 TE, true environment; FE, false environment;
 FD, false development; TD, true development

Figure 2. Strategy matrix.



○ Wildlife occurrence;
● Leopard Cat(*Prionailurus bengalensis*) occurrence
Figure 3. Species occurrence.

고 볼 수 있으나 극소지점에서 출현되는 경우 환경의 변화에 따른 변화의 측정이 극소지역에 한정적일 수밖에 없으며 샘플수가 부족하여 모형화가 어려우므로 연구대상지 내에서 비교적 균등하게 분포하고 있으며 모형화가 가능한 정도의 출현정보가 있는 종을 선택해야만 추후 정책 매트릭스에서 활용이 가능하다.

삶은 환경부 멸종위기종 II급에 속해있고 IUCN 적색목록의 관심필요종(LC)과 CITES 부속서 II에 속해있어 차별성, 위험성, 유용성의 검증이 되어있는 종으로 볼 수 있고 대상지 내 21 지점에서 출현하여 다른 멸종위기종에 비해 모형화를 위한 샘플이 확보되어 있다(IUCN, 2014; CITES, 2014). 또한 설치류(Rodentia)를 선호하는 섭식특성(Lee, 2008)은 삶을 최상위 포식자로 하는 하위 생태계 종 분포의 추론이 가능하여 우산종(Umbrella species)으로도 볼 수 있어 본 연구에 적합한 종으로 볼 수 있는 종이다. 선호하는 서식지는 초지를 중심으로 산과 논을 선호하며 다른 고양이과 동물과는 달리 물을 싫어하지 않고 제방 안의 억새밭과 내륙습지 등에 대한 선호도 있는 것으로 나타나고 있다(Choi, 2012).

2) 종 분포 모형화

종 분포 모형화 방법에 사용된 Maxent의 설정은 5회 교차분석하였으며 20%의 데이터를 검증데이터로 활용하였고 변수는 삶의 서식지를 연구한 선행연구(Song, 2011)에서 활용된 변수를 참고하였으며 영향이 있을 것으로 예상되는 구현 가능한 변수를 추가로 구축하여 활용하였다.

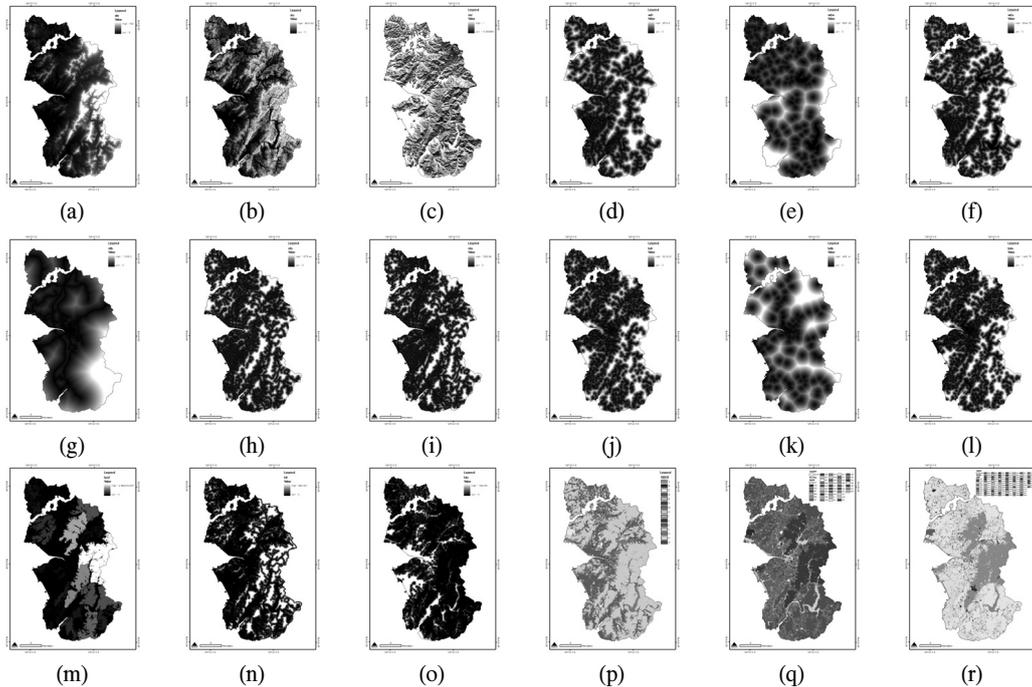
환경변수들은 ArcGIS 9.3을 사용하여 구축하였고 도시생태현황지도(Biotope map)와 수치표고모형(DEM)을 활용하여 10m의 격자형태로 구축되었다. 지형, 물, 도로, 건물, 산림과 관련된 변수들은 연속형변수이며 토지피복 및 이용은 범주형변수로 구축되었다. 토지피복 및 이용은 보령시 도시생태현황지도 분류에 따른 것이다(Table 2, Figure 4).

모형화에 사용된 출현정보는 총 21개 삶 출현지점 중 5개의 지점은 누락되고 16개 지점이 적용되었으며 그중 13개의 출현정보는 모형화에 3개의 출현정보는 검증에 교차 적용되었다. 비출현정보는 임의의 지점 10,013개가 적용되었다. 5회의 교차분석결과 상업지역으로부터의 거리가 25.78%로 가장 높은 기여를 하고 있으며 그다음은 토지이용 및 피복인데 ‘특수재배지’와 ‘8m이하의 도로’에서 많이 나타났고 그다음으로는 산림 밖으로의 거리, 경사, 모든 물로부터의 거리 순으로 높게 기여했다.

5번의 교차분석을 ROC의 AUC로 검증한 결과 최대 0.94, 최소 0.91, 평균 0.92의 AUC값을 나타내고 있었다. 서식가치가 높게 나타난 지역은 주로 농촌지역 산림 계곡부 지역이며 청라담 상류유역에 가장 넓게 분포하고 있었다. 고도가 높은 산림지역보다는 고도가 낮은 계곡부와 농경지 그리고 수변지역의 서식지 잠재력이 높게 나타났는데 이 지역들은 삶이 먹이활동을 위해 농경지 및 수변지역 등을 이용하는 특성(Choi, 2007)이 모형의 결과로 도출된 것으로 보인다(Figure 5).

Table 2. Environmental variables.

Environmental variables	Unit	Scale	Code	Max	Mean	Min	Category	Source
Topography	Elevation	m	ratio	ele	790.00	105.26	5.00	DEM (Digital elevation model)
	Slope	angle	ratio	slo	86.92	13.52	-	
	Northness	Northness	ratio	nor	1.00	0.19	-1.00	
Water	Distance from river	m	ratio	wdr	2,574.20	347.16	-	
	Distance from wetland	m	ratio	wdw	5,291.22	961.93	-	
	Distance from all water	m	ratio	wda	2,044.75	287.45	-	
Road	Distance from large road	m	ratio	rdl	11,236.34	1,740.80	-	
	Distance from small road	m	ratio	rds	1,575.44	172.21	-	
	Distance from all road	m	ratio	rda	1,522.69	157.31	-	
Building	Distance from residence	m	ratio	bdr	2,219.03	255.83	-	Biotope map
	Distance from business district	m	ratio	bdb	4,281.41	1,190.41	-	
	Distance from all building	m	ratio	bda	1,493.75	229.49	-	
Forest	Patch size	m ²	ratio	fps	45,924,740.00	8,666,843.32	-	
	Distance from inside	m	ratio	fdi	984.33	79.68	-	
	Distance from outside	m	ratio	fdo	1,394.63	61.54	-	
Landcover & use	Level 1 classification		nominal	lc1			15	
	Level 2 classification		nominal	lc2			44	
	Level 3 classification		nominal	lc3			89	



(a) ele; (b) slo; (c) nor; (d) wdr; (e) wdw; (f) wda; (g) rdl; (h) rds; (i) rda; (j) bdr; (k) bdb; (l) bda; (m) fps; (n) fdi; (o) fdo; (p) lc1; (q) lc2; (r) lc3

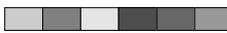
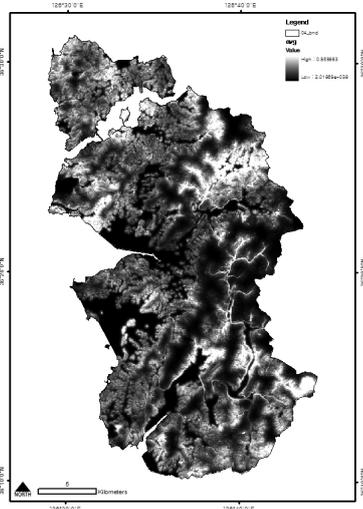
Legend: low  high; categorical 

Figure 4. Environmental variables.



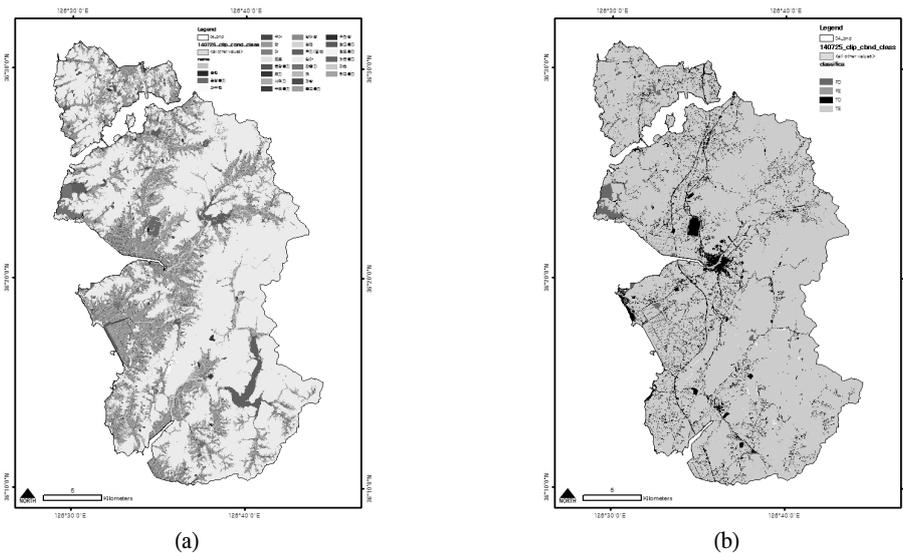
Legend: low high

Figure 5. Result of Maxent(average).

2. 공간가치분류

공간가치분류는 지목을 대상으로 표면적 측면과 이용적 측면에서 개발적 또는 환경적으로 구분하여 분류하였다. TE(True environment)에는 환경적 이용과 표면형태를 하고 있는 전, 답, 과수원, 임야, 염전, 하천, 호소를 분류하였다. FE

(False environment)에는 환경적 이용과 구조화된 표면을 하고 있는 유원지, 구거, 사적지를 분류하였다. 환경적 이용에 유원지를 분류한 이유는 위락, 휴양 등의 활동이 경제적 생산성 보다는 휴식의 의미를 포함하고 있기 때문에 개발적으로 보지 않은 것이며, 사적지와 구거 또한 같은 이유에서 FE로 분류하였다. FD(False development)에는 개발적 이용이나 환경적 표면을 하고 있는 제방, 양어장, 공원, 묘지, 목장용지, 잡종지를 분류하였다. 목장용지와 양어장은 TE에 해당할 수도 있으나 축사 및 실내양식 등 시설의 도입을 고려하여 FD로 분류하였다. 공원은 공원내에 다양한 시설의 도입이 가능한 측면이 있고 인위적으로 구성된 것으로도 볼 수 있기 때문에 FD로 분류하였다. TD(True development)에는 대지, 공장용지, 학교, 주차장 등을 분류하였다. 연구대상지인 충청남도 보령시는 총 226,883개의 지적으로 분류되어있고 섬지역과 임시지목(가)을 제외한 216,847개의 지적을 분류하였으며 총면적 570.65km²중 549.20km²가 대상이었고 임시지목(가)을 제외한 548.13km²(99.81%)를 분류하였다. 분류된 지목은 정책매트릭스에 적용하기 위



(a) Landuse distribution; (b) Landuse classification(FD ; FE ; TD ; TE)

Figure 6. Landuse distribution and classification.

Table 3. Matrix of land categorization.

		Cover	
		Environment cover	Structure cover
Use	Environment use	True environment (485.17km ² , 88.51%) Dry-field, Paddy-field, Orchard, Forest, Saltpan, River, Wetland	False environment (12.49km ² , 2.28%) Amusement park, Watercourse, Historic site
	Development use	False development (13.32km ² , 2.43%) Bank, Fish farm, Park, Burial ground, Pasturage, Ect.	True development (37.16km ² , 6.78%) Lot, Factory site, School site, parking, Gas station site, Storehouse site, Road, Railroad site, Watersupply site, Physical training site, Religion site, Mineral spring

해 TE는 1, FE는 0.5, FD는 -0.5, TD는 -1을 설정하였다. 분류는 지목의 법적 정의를 정성적으로 해석하였기 때문에 결과에 대한 다양한 견해가 있을 수 있으며 정성적 분류의 한계로 볼 수 있다(Figure 6, Table 3).

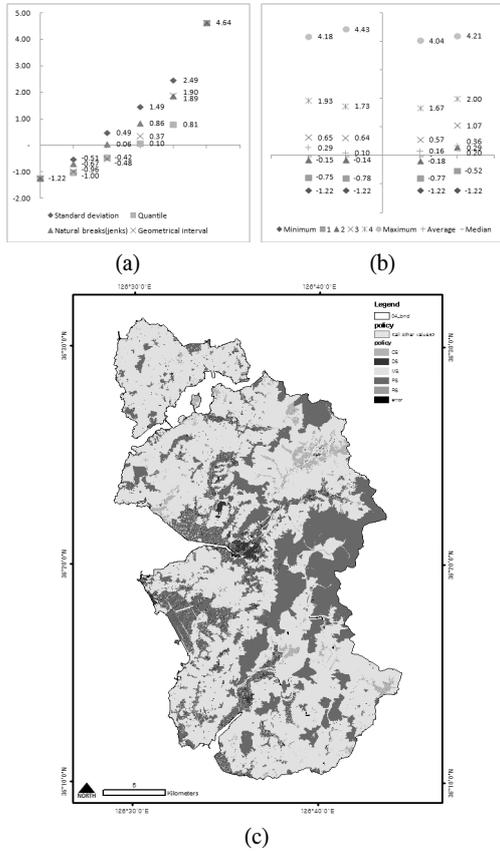
3. 공간가치분류 및 서식지 잠재력을 통한 정책방향 설정

서식지 모형화의 결과는 0-1까지의 범위로 구축되어 있으며 표준화하여 적용하기 위해 모형에서 평균을 빼고 표준편차로 나누어 평균이 0이고 편차가 1인 형태로 바꿨다. 바뀐 모형은 최소 -1.22, 최대 4.64, 평균 -0.01, 편차 0.99이다. 또한 정책결정을 위한 가치분류(Classification)는 Standard deviation, Quantile, Natural breaks(Jenks), Geometrical interval의 4가지 방법을 검토하였다. 가치분류는 정책방향의 명확성을 가중시키기 위해 수행되었으며 4가지 분류방법 중 삶의 출현지점 특성을 가장 잘 반영하고 있는 Natural breaks(jenks)¹⁾분류방법을 선택하고 토지가치분류에 적용하였다. 삶의 서식지 잠재력을 분류하여 지적도에 적용하지 않고 분류된 공간가치별로 적용한 이유는 공간의 가치별 특성을 그대로

두고 그 속성 내에서의 잠재력을 분류하기 위해 가치별로 분류하였다.

분류결과 CS(Conservation strategy)는 (1.00, 2.00)지점에서 (1.00, 4.21)지점까지로 분류되었고 분류 대상 면적 549.20km²중 13.05km²(2.38%)였으며 청라담 상류유역에 가장 많이 분포하고 있다. RS(Restoration strategy)는 (-1.00, 1.93)지점에서 (-1.00, 4.18)지점까지로 분류되었고 면적은 1.64km²(0.30%)였으며 도로의 형태가 가장 많이 있었다. 도로이면서 삶의 서식지 잠재력이 높다는 것은 로드킬 예상지역과 생태이동통로의 필요지역으로 해석할 수 있다. PS(Practical use strategy)는 (1.00, -0.52)지점에서 (1.00, -1.22)지점까지로 분류되었고 면적은 162.42km²(29.57%)였으며 농경지와 산림을 중심으로 분포하고 있었다. 농경지와 산림은 삶의 주요 은신처와 먹이 터 역할을 하는 지역이기 때문에 적극적 개발로부터 회피하고 환경교육, 레크레이션 등의 정책적 활용이 필요한 지역으로 해석할 수 있다. DS(Development strategy)는 (-1.00, -0.75)지점에서 (-1.00, -1.22)지점까지로 분류되었고 면적은 8.56km²(1.56%)였으며 보령시가지와 대천해수욕장을 중심으로 분포하고 있었다. 분류에 포

1) Natural breaks(jenks)분류방법은 George Frederick Jenks에 의해 고안된 지리 통계적 분류방법의 하나로 Choropleth map¹⁾의 작성을 더 정밀하게 하는 방법으로 제시된 방법이며 본 연구에서처럼 가치와 분포의 분류에 유용한 분류방법으로 SDAM(Sum of squared deviations from the array mean)과 (SDBC)Sum of squared deviations between classes을 계산하고 SDAM와 SDBC의 차이에 의해 분류하는 방법이다(http://en.wikipedia.org/wiki/Jenks_natural_breaks_optimization).



(a) SDM classification; (b) Policy matrix classification; (c) Site classification(CS ■; DS ■; MS ■; PS ■; RS ■; error ■)

Figure 7. Value classification.

함되지 않은 지역은 1.07km²(0.19%)로 지목(가)에 해당하거나 면적이 매우 작은 지역(Silver polygon)이며 그 외의 지역은 MS(Maintenance strategy)으로 분류하였다(Figure 7).

IV. 결 론

본 연구에서는 야생동물 서식지 잠재력과 공간가치분류를 비교한 결과 연구대상면적의 2.38%의 보전전략 지역을 분석할 수 있었다. 이 지역들은 대부분 농촌지역 산림 계곡부에 위치하고 있었다. 이것은 농촌지역 산림 계곡부에 대한 단편적 중요성이 나타난 것인데 이 지역은

산림과 하천 그리고 농경지가 연계될 수 있는 지역으로 야생동물이 도시지역에 비해 비교적 서식이 원활하며 인간의 활동에 의한 교란이 적은 지역으로 볼 수 있다. 또한 고도가 낮고 은신처로 볼 수 있는 산림과 먹이터로 볼 수 있는 농경지·초지·습지 등의 접근이 비교적 용이하여 삶의 서식이 적합한 지역으로 볼 수 있다. 또한 지가가 낮고 도심지와 인접하고 있을 경우 개발의 대상이 될 수 있는 지역으로 개발과 보전의 갈등이 발생할 수 있는 지역이다.

환경가치평가정보는 다양한 환경정보를 적용하여 평가한 정보를 제공하고 있으나 야생동물 서식지 잠재력의 적용에는 한계를 갖고 있었다. 하지만 본 연구에서는 야생동물 서식지 잠재력을 지적도에 적용하고 정책적 적용방안을 모색하는 대안적 방안을 제시했다는 것에 의미가 있다고 본다. 본 연구에서 활용한 환경가치는 삶의 서식지 잠재력만을 적용했기 때문에 제시된 보전전략지역은 많은 한계를 갖고 있다. 첫째, 삶을 우산종으로 볼 경우 삶의 하위 생태계 종을 보전할 수 있지만 삶과 다른 서식지를 선호하는 종은 보전하지 못하는 한계를 갖고 있고 삶의 서식지 잠재력이 높은 지역은 산림 계곡부를 중심으로 나타났기 때문에 은신처 역할을 할 수 있는 산림은 대상으로 설정하지 못했다. 둘째, 국소지역에서 출현되어 출현정보가 매우 적은 멸종위기종의 서식지도 적용하지 못했다. 삶과 서식지를 공유하지 못하는 종에 대해서는 가치가 적용되지 못한 것인데 이 사항은 추후 해당개체의 행동권(home range) 분석 등을 적용하여 가치를 적용하는 방안이 필요하다. 보전지역의 설정은 다양한 야생동물의 서식지 잠재력과 환경적 가치를 적용하여 설정해야 하며 본 연구에서 단편적인 한 종의 야생동물 서식지 잠재력의 정책적 적용방안만을 제시한 것이다. 셋째, 삶의 서식지 잠재력을 분석하기 위해 활용된 출현정보는 도시생태현황지도에 의해 구축된 일시적인 자료이며 장기간 모니터링 된 정보가 아

니기 때문에 많은 출현정보가 도출되지 않았으며 시간의 변화에 따른 변화상에 대해서는 제시하지 못하고 있다. 넷째, 모형화에서는 하나의 모형(Maxent)만을 사용하여 다른 모형간의 차이를 비교하지 못했고 환경변수의 변화에 따른 결과의 변화 그리고 다른 유사연구 사례와 비교하지 못하고 있는 한계가 있다.

생태계조사정보는 환경가치평가를 비롯하여 환경정책을 수립하기 위한 필수적인 기초자료로 생태관광, 환경교육, 생물다양성, 기후변화 등 다양한 목적으로 활용될 수 있는 자료이기 때문에 지속적인 조사(모니터링)가 필요하며 추후 조사자료의 보완과 분석기법의 개발을 통해 다양한 정책으로 활용이 가능할 것이다.

References

- Boryeong, 2011, Boryeong biotopemap final report. (in Korean)
- Boryeong, 2013, Statistical yearbook (in Korean)
- Choi TY and Choi HM. 2007. Pictorial book of wildlife vestige. Dolbegae print co. 144. (in Korean)
- Choi TY · Kwon HS · Woo DG and Park CH. 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 summary)
- CITES, 2014, <http://www.cites.org/>
- Franklin, J. 2009. Mapping species distributions: Spatial inference and prediction, Cambridge university press.
- IUCN, 2014, <http://www.iucnredlist.org/>
- IUCN. 2001. IUCN red list categories and criteria: Version 3.1. IUCN Species survival commission. IUCN. Gland. Switzerland and Cambridge. UK.
- Jeong DY. 2001. The components of environment and their system. *Journal of environmental impact assessment*. 10(3): 175-194. (in Korean with English summary)
- Kim HG · Lee DK · Mo YW · Kil SH · Park C and Lee SJ. 2013. Prediction of landslides occurrence probability under climate change using maxent model. *Journal of environmental impact assessment* 22(1): 39-50. (in Korean with English summary)
- Lee JH. 2000. Report about International environment agreement and compliance system-Theory and practical supply. *Environmental law review* 22(0): 563-579. (in Korean)
- Lee OS. 2008. Study on the prey habit and habitat preference of the Leopard cats (*Prionailurus bengalensis*). Master Thesis, Chonnam National Univ. Kwangju, Korea. (in Korean with English summary)
- ME, 2013, Guideline of building for biotope map. (in Korean)
- ME, 2014, <http://egis.me.go.kr/>
- Simberloff D. 1998. Flagships, umvrellas, and keystone: is single-species management passe in the landscape era. *Biological conservation* 83(3): 247-257
- Song WK and Kim EY. 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. (in Korean with English summary)
- Song WK. 2011. Habitat network modeling of leopard cat(*Prionailurus bengalensis*) based on the spatial graph theory. Ph.D Dissertation, Seoul National University. Seoul, Korea. (in Korean with English summary)