

# 삶의 서식지 적합성 평가를 위한 분석단위 설정 및 보전지역 선정

- 충청도 지역을 중심으로 -

이동근\* · 송원경\*\*

\*서울대학교 조경·지역시스템공학부 · \*\*서울대학교 대학원

## 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 -

Lee, Dong-Kun\* · Song, Won-Kyong\*\*

\*Dept. of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University

\*\*Graduate School, Seoul National University

### ABSTRACT

The purpose of this study is to compare a habitat suitability grid unit included within a radius of 100m and 1km<sup>2</sup>, 2km<sup>2</sup>, 4km<sup>2</sup> watershed units in order to predict suitable habitats for Chungcheong province's endangered leopard species (*Prionailurus bengalensis*). Other developed countries have carried out habitat assessment and established management policies for species conservation using such methods as HEP(Habitat Evaluation Procedures), HSI(Habitat Suitability Index) and GAP(Gap Analysis Program), etc. In accordance with these studies, many evaluation methods for habitat conservation have been proposed in Korea, but these studies are lacking in consideration of analytic units and general application of analysis results. This study predicted leopard habitat using a logistic regression analysis according to analytic units by data from 56 location and 8 sources of environmental data, including elevation, slope, forest area, land cover, roads, water, broadleaf trees, and human habitation. Moreover, the habitat suitability assessment unit was confirmed by a model comparison process encompassing model explanation, verification, and application on a regional scale. Results showed that assessment methods that took into consideration areas in and around the location points were beneficial in predicting habitat and that the assessment unit was appropriate for a 30m grid unit including areas within a radius of 100m and a 1km<sup>2</sup> watershed unit in Chungcheong Province. This study suggests a method for regional habitat conservation to complement existing conservation area selection methods, and the results are expected to be used in conservation area selection and ecosystem management policies for endangered species.

*Key Words: Logistic Regression Analysis, ROC Curve, Habitat Conservation, Watershed Analysis*

**Corresponding author:** Won-Kyong Song, Graduate School, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea, Tel.: +82-2-880-4885, E-mail: amita01@snu.ac.kr

## 국문초록

본 연구는 환경부 보호종으로 지정된 삶을 대상으로 다양한 단위면적의 격자 및 유역을 평가단위로 설정하여 충청도 지역의 서식지 적합성 평가를 실시하기 위해 수행되었다. 이미 선진국에서는 GAP(Gap Analysis Program), 서식지 평가절차 및 서식지 적합성지수의 활용 등을 통해 종의 보전을 위한 서식지 평가 및 관리정책을 수립하고 있는 상황이며, 국내에서도 서식지 보전을 위한 다양한 평가방법들이 제안되고 있다. 그러나 국내 연구들은 아직 평가단위에 대한 고찰이 부족하고 분석 결과를 광범위하게 적용하는데도 문제가 있는 실정이다. 본 연구에서는 표고, 경사, 산림, 토지피복, 도로, 하천 등의 환경변수를 로지스틱 회귀모형을 활용하여 유역단위와 격자단위별로 서식지 적합성 평가를 실시하였다. 또한, 이 결과를 비교하여 광역적인 지역단위에 적합한 서식지 적합성 평가단위를 확인하였다. 평가 결과, 종의 발견지점 자체에 대한 환경인자 평가보다 주변의 일정 면적을 함께 고려하여 서식지를 평가하는 것이 적합하며, 그 단위면적은 격자단위 평가의 경우 반경 100m, 유역단위의 경우 1km<sup>2</sup>가 삶의 서식지 적합성을 평가하는데 가장 효과적임을 확인할 수 있었다. 본 연구는 기존의 서식지 보전을 위한 다양한 보전지역 선정 방법을 보완할 수 있는 방법론을 제안하고 있으며, 이 결과는 전국적으로 보전가치가 높은 종의 보전을 위한 관리정책에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

주제어: 로지스틱 회귀분석, ROC 곡선, 서식지 보전, 유역 분석

## 1. 서론

지난 2005년 2월부터 야생동·식물특별보호법(제27조)이 시행되면서 멸종위기야생동식물 및 그 서식지 보호 등을 위하여 특별히 보전할 필요가 있는 지역에 대해 야생동·식물특별보호구역 및 야생동·식물보호구역을 지정할 수 있게 되었다. 서식지 중심의 보호종 관리 정책은 장기적인 측면에서 매우 긍정적인 방향으로서 향후 종의 특성에 적합한 보전전략을 통해 효과적인 보호지역 선정 및 관리가 가능할 것이라 판단된다.

이미 선진국에서는 1970년대 이후 자연환경 관리정책에 생물종의 서식지 적합성 평가에 따른 보전지역 설정 및 복원을 위한 대상지 선정을 반영하고 있다. 미국에서는 보호지역으로 지정되지 않은 지역 중에서 생물종 조사를 바탕으로 보호구역을 확대하는 것을 목적으로 하는 GAP(Gap Analysis Program)을 실행하고 있으며(Scott, 1993), 서식지 평가절차(Habitat Evaluation Procedures)와 서식지 적합성지수(Habitat Suitability Index)를 개발하여 서식지 적합성 평가에 관한 연구를 활발히 진행하고 있다(U.S. Fish and Wildlife Service, 1980). 이러한 노력들은 모두 서식지와 종 보호를 함께 고려하는 정책 방향으로서 최근의 연구 경향에서도 서식지 적합성 평가는 특히 보호종을 대상으로 광범위하게 진행되고 있으며, 특히 멸종되거나 멸종위기가 높은 종에 대한 종의 제도입을 위한 서식지를 확인하기 위해서도 이러한 평가가 사용되고 있다(Schadt et al., 2002).

야생동물 서식지의 효과적인 관리는 야생동물과 서식지 사이의 관계를 이해하고 예상할 수 있는 능력에 많은 부분이 좌우된다(임신재와 이우신, 2001). 종의 분포 모형은 첫째, 종과

환경간의 관계를 경험적인 자료를 통해 비통계적 기법으로 분석하는 방법, 둘째, 전문가 판단에 의한 분포 예측, 셋째, 종 분포에 대한 공간적으로 명백한 통계적·경험적인 모델 구축의 세 방향으로 진행되어오고 있다(Guisan and Thuiller, 2005). 최근에는 전문가의 판단에 따른 다차원 평가와 GIS 및 통계분석기법을 결합한 모델 구축이 많이 진행되고 있으며(Store and Kangas, 2001), 이러한 연구는 원격탐사기법과 원격무선측정기법(Radio-Telemetry), GPS(Globan Positioning System) 등의 기술과 결합하면서 서식지 평가 작업에 관한 많은 연구들이 활발히 진행 중이다(Scott et al., 1997; 서창완과 박중화, 2000).

국내에서는 김원명(1994)이 우리나라에서 최초로 멧돼지를 대상으로 원격무선탐사 방법을 이용하여 서식지 특성을 조사하였으며, 이를 통해 김원주 등(1998)이 점봉산과 설악산 지역에 대한 멧돼지 서식지 적합성 평가를 실시하였다. 서식지 적합성 평가에 통계적 분석기법을 활용한 사례로는 멧돼지를 대상으로 연구한 서창완과 박중화(2000), 들평을 대상으로 서식지 적합성 지수를 적용한 임신재와 이우신(2002), 고라니를 대상으로 분석한 최서윤(2003) 등의 연구가 있으며, 최태영과 박중화(2004)는 퍼지집합과 다기준평가 기법을 이용하여 서식지 적합성 평가를 실시한 바 있다. 이 외에도 최태영과 박중화(2005)는 설악산 국립공원내 산양의 잠재 서식지 적합성 모형을 확인하기 위해 다기준평가방법과 퍼지집합을 이용하였다. 이러한 연구들은 현재까지 야생동물 관련 자료를 정확히 파악하고 보다 설명력이 높은 분석기법을 찾는 과정이라고 정리할 수 있다. 그러나 대부분 보호지역 또는 한정된 대상지를 분석하고 있기 때문에 분석 결과를 광범위하게 적용하는데 제한이 있으며, 평가 단위가 격자로 한정되어 이를 활용하는 데에도

한계가 있는 상황이다. 서창완(1999)의 연구에서는 평가 결과를 유역단위로 적용하여 관리방안을 제안하고 있으나, 아직 평가단위로서 유역은 검토되고 있지는 못했다. 실제로 대상종의 서식 공간 규모에 따라 유역단위의 서식지 적합성 평가는 Ritters *et al.*(1997) 이후 어류 등 수생동물을 대상으로 주로 진행되고 있는 상황이다. 일부 공간 규모에 따른 서식지 평가를 통해 보전지역 선정 결과의 차이를 연구한 논문은 Warman *et al.*(2004)의 연구가 있는데, 여기서는 기본 생태계 도면화 단위에서 시작하여 목표로 하는 척추동물의 행동반경을 고려하여 0.16km<sup>2</sup>, 2km<sup>2</sup>, 10km<sup>2</sup> 정육각형 단위로 보전지역 평가 단위를 구분하여 보전지역을 선정하고 있다. 이처럼 유역단위 또는 보전의 대상이 되는 종의 행동권을 고려한 보전가치 평가단위에 대한 연구는 아직 기초적인 단계로서 이 분야가 체계적으로 연구될 경우 서식지의 보전을 위한 효과적인 방법론을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 특히 평가단위에서 행동권의 적용은 최종 분석 결과를 바탕으로 실제 대상종의 보전지역을 설정하는데 현실적인 경제설정을 가능케 하며, 이러한 차원에서 유역을 이해하는 것은 의미 있는 접근이라 판단된다.

본 연구의 목적은 우리나라의 최상위 육식동물인 삶에 대한 격자단위 및 유역단위의 서식지 적합성 평가를 실시하는 것이다. 특히 규모에 따른 유역단위와 격자단위 서식지 적합성 평가 결과의 비교를 통해 광역적인 지역단위에 적합한 서식지 적합성 평가단위를 확인하여 향후 멸종위기종이나 보호종의 서식지 평가 및 보존전략 수립에 유용한 기초자료로 활용되도록 하고자 한다.

## II. 연구의 범위 및 방법

### 1. 연구의 범위

광역적 지역 규모의 대상지로서 충청도는 행정중심복합도시의 건설 등 향후 지속적인 개발이 예상되는 지역으로서 현재의 환경조건을 분석하여 보호종의 서식지 보전계획을 수립하고 이후 지역 계획을 수립하는 전략이 필요할 것으로 판단된다. 충청도는 충청남·북도와 대전광역시로 구성된 약 16,420km<sup>2</sup> 면적의 행정구역으로서 우측에는 백두대간과 인접하고 좌측으로는 서해안을 형성하는 지형적 특성을 갖는다(그림 1 참조).

연구대상종인 삶(*Prionailurus bengalensis*)은 고양이과 동물 중 유일하게 전국에 걸쳐 분포하고 있는 우리나라의 최상위 육식동물로서 현재 환경부 멸종위기 야생동물로 지정되어 있다. 삶의 평균 행동권은 태국의 건조한 열대 산림지역에서 전체 1.5~7.5km<sup>2</sup>, 핵심 행동권 0.7~2.0km<sup>2</sup>로 조사되었으며(Rabinowitz, 1990), 태국 북부 지역에서는 전체 11.6~14.4km<sup>2</sup>, 핵심 행동권이 1.8~2.2km<sup>2</sup>로 확인되었다(Grassman, Jr. *et al.*, 2005). 말레

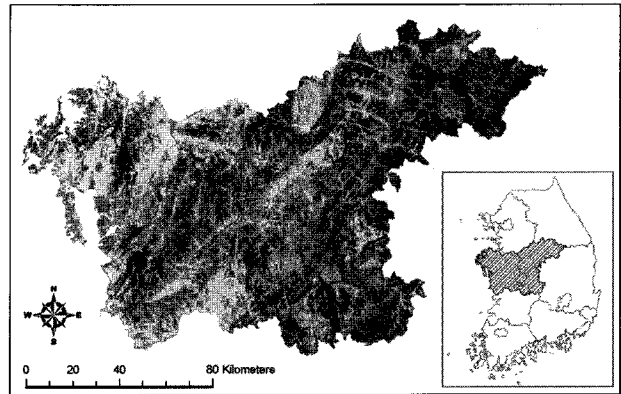


그림 1. 연구대상지

이시아 보르네오 지역에서는 약 1.9~4.0km<sup>2</sup>이 삶의 행동권인 것으로 알려져 있다(Rajaratnam *et al.*, 2007). 국내에서는 유명호(2000)의 연구에서 0.5~15km<sup>2</sup>가 삶의 행동권이라고 소개되고 있으며, 최태영(2007)의 연구에서는 3개체의 평균 행동권을 파악한 결과 1.9~3.4km<sup>2</sup>로 행동권이 조사된 바 있다.

### 2. 연구의 방법

이제까지 서식지 적합성 평가는 대부분 격자 단위로만 분석되어 왔다. 종 출현 지점의 환경요인 분석 역시 조사된 지점에 대해서만 수행되어 이동하는 야생동물의 서식환경을 반영하는데 한계가 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 격자와 유역단위로 분석단위를 구분하여 서식지 적합성 평가를 실시하였다. 격자 단위의 경우에는 발견된 지점 30m 격자에 대한 환경조건 및 반경 100m내의 환경조건을 함께 고려하여 평가에 반영하였으며, 유역단위의 평가에서는 삶의 행동반경을 고려하여 발견 지점이 포함되는 유역을 1km<sup>2</sup>, 2km<sup>2</sup>, 4km<sup>2</sup>로 구분하여 평가하였다. 이는 삶의 행동권에 관한 문헌 고찰 결과 행동권이 1.5~14.4km<sup>2</sup>로 넓은 범위를 가지고 있음이 확인되었으나, 대부분의 연구에서 최대 4km<sup>2</sup> 미만의 행동권을 보이고 있었으며, 핵심 행동권의 경우 약 2km<sup>2</sup> 정도인 것으로 조사된 결과를 반영한 수치이다. 실제로 자연환경기본조사가 현지 관찰, 흔적조사뿐만 아니라 청문조사 자료도 포함하는 만큼 조사지점 주변의 환경을 함께 고찰하는 것은 의미 있는 접근이라 판단된다.

서식지 적합성 평가는 현재 알려져 있는 적은 수의 표본 또는 정보를 통해 전체 개체군의 분포를 파악하기 위한 것으로서 흔적조사를 포함한 대상종의 출현 및 비출현 자료와 대상지의 환경조건간의 관계를 파악하는 것이 주로 고려할 사항으로 인식되고 있다. 본 연구에서는 서식지 모형을 구축하기 위한 삶의 출현자료로서 1997년에서 2005년까지 실시된 제2차 전국자연환경조사 중 조사 자료를 사용하였다. 충청도에는 총 56개의 삶 발견 지점이 조사된 상태이며, 이 중 19개 지점이 목견 및

현지 혼적조사, 37개 지점이 청문조사를 통해 수집된 자료이다.

대상지 내에서 삶의 서식환경에 영향을 미칠 수 있는 환경요인으로는 대규모 서식지분석의 관점에서(서창완과 박종화, 2000), 충청도 전 지역에서 활용할 수 있는 표고, 경사, 산림지역, 시가화 지역 및 도로, 하천 등을 선정하였으며, 이들을 공통된 30×30m 격자 단위로 통일하였다. 표고, 경사 등 지형적인 요인을 분석하기 위해 전국 DEM을 활용하였으며, 산림 식생과약을 위해 1/25,000 임상도를 사용하였다. 또한, 토지피복분류를 통해 지역의 산림면적과 시가지지역 면적을 확인하였으며, 도로는 1/25,000 수치지형도에서 추출된 도로망 자료를, 하천은 수자원공사에서 제공하는 전국 국가하천, 1, 2차 지방하천 자료를 사용하였다. 격자 단위는 해당 지점의 환경요인을 그대로 반영하였으며, 유역 단위 평가에서는 각 유역별 평균값 및 비율값을 사용하였다(그림 2 참조). 각 변수에 대한 발견지역의 정보를 확인한 결과, 환경변수와 설명변수 간에 선형적인 관계가 뚜렷하지 않아 모든 환경변수를 범주형으로 처리하였다(표 1 참조).

대부분의 단일종 서식지연구는 대상지 내에서 대상종의 출현/비출현 자료 또는 이용/임의 자료와 같은 두 가지의 표본자료를 이용한다(서창완과 박종화, 2000). 이처럼 출현지역과 비출현지역 사이에서 발생하는 환경요소의 차이를 통해 서식지

의 특성을 확인할 수 있다. 따라서 표본설계는 출현지역은 서식지로 적합하다는 가정과 함께 비출현지역으로 서식환경에 적합하지 않은 지역을 선정하는 것이 중요하다. 비출현지역의 선정은 크게 두 가지를 고려해야 하는데, 첫째, 비출현 지역이 더 넓기 때문에 출현지역보다 환경요인의 변량이 크므로 비출현지역이 출현지역보다 많아야 한다(Kvamme, 1985)는 것과 둘째, 독립변수들의 공간자기상관을 적게 만들어야 한다(Haining, 1980)는 것이다. 본 연구에서는 전국자연환경조사에서 충청도 지역에 기록된 56개의 삶 발견지역을 서식지에 적합한 지역으로, 발견지점이 포함되는 유역과 인접하지 않은 지역을 대상으로 무작위 100개 지점을 추출하여 이를 서식지에 적합하지 않은 지역으로 선정하였다.

종과 서식지의 관계는 다차원적인 것으로 이해되기 때문에 서식지 모델의 구축에 다변량 통계분석이 활용될 수 있다(Mannen and Pelton, 1997). 주로 많이 사용되는 방법으로는 판별분석(DFA: Discriminant Function Analysis)과 로지스틱 회귀모형(Logistic Regression)이 있으며, 로지스틱 회귀모형이 자료에 대한 통계적인 전제조건들이 덜 제약적이면서 설명변수로 범주형 자료를 포함시킬 수 있기 때문에 적용이 용이하다(서창완과 박종화, 2000). 또한, 모형 내에서 다른 변수의 효과를 조절할 수 있기 때문에 로지스틱 회귀분석 방법을 통해 특정변수

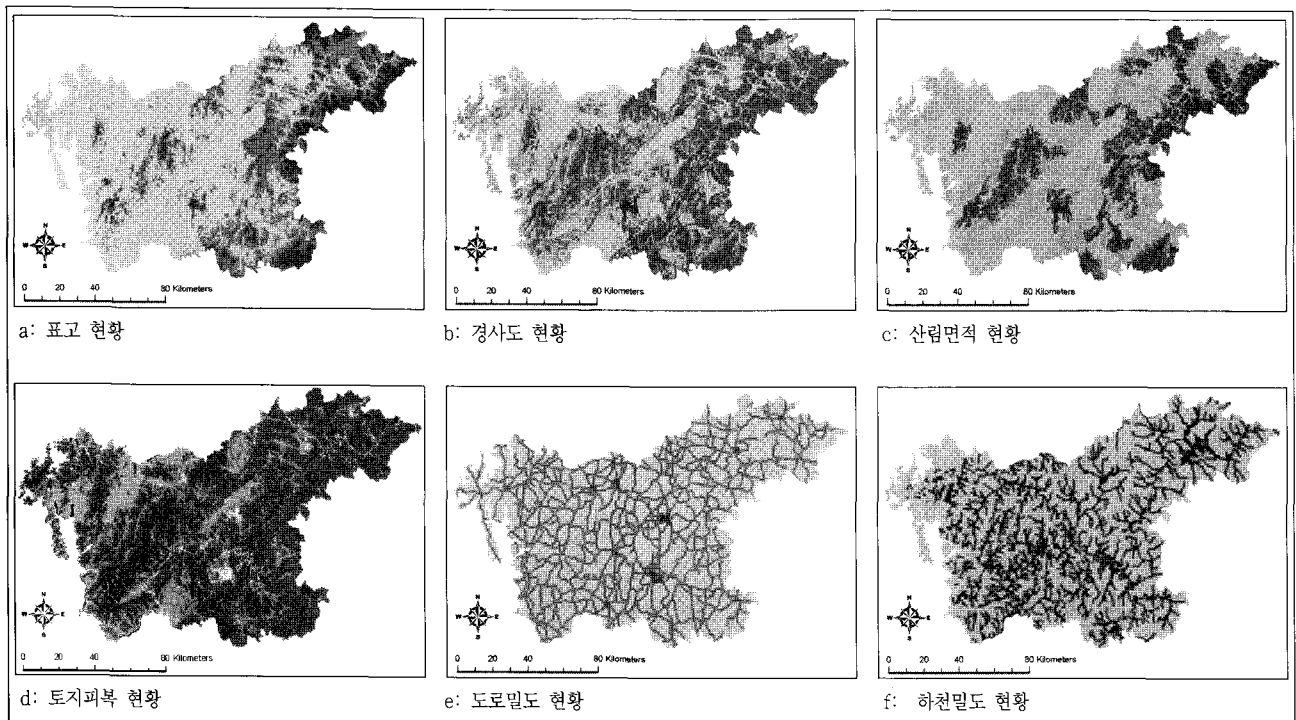


그림 2. 분석에 활용된 환경변수(격자 단위 예시)

- 범례: a: 200m 이하, 200~400m, 400m 이상, d: 시가화, 나지, 농업, 초지, 습지, 산림지역, 수역,  
 b: 10도 이하, 10~20도, 20도 이상, e: 0.3km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup> 이하, 0.3~0.5km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup>, 0.5~2.0km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup>, 2.0km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup> 이상,  
 c: 2km<sup>2</sup> 이하, 2~100m<sup>2</sup>, 100m<sup>2</sup> 이상, f: 0.5km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup> 이하, 0.5~1.0km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup>, 1.0~2.0km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup>, 2.0km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup> 이상

표 1. 환경변수별 면적 및 비율

구분	환경요인		범주	면적(km <sup>2</sup> )	비율(%)	구분	환경요인		범주	면적(km <sup>2</sup> )	비율(%)
	변수명	더미변수					변수명	더미변수			
격자 단위	표고	ELE1	200m 미만	10,725.73	65.33	유역 단위	표고	ELE1	200m 미만	10,725.73	65.33
		ELE2	200~400m	4,089.78	24.91			ELE1	200~400m	4,089.78	24.91
		-	400m 이상	1,601.51	9.76			-	400m 이상	1,601.51	9.76
	경사	SLO1	10° 미만	8,608.29	52.44		경사	SLO1	10° 미만	8,608.29	52.44
		SLO2	10~20°	4,190.46	25.53			SLO2	10~20°	4,190.46	25.53
		-	20° 이상	3,618.26	22.04			-	20° 이상	3,618.26	22.04
	산림 면적	FA1	2km <sup>2</sup> 미만	8,402.07	50.75		산림 비율	FP1	35% 미만	유역단위 평가	
		FA2	2~100km <sup>2</sup>	3,552.14	21.45			FP2	35~70%		
		-	100km <sup>2</sup> 이상	4,602.89	27.80			-	70% 이상		
	토지 피복	LC1	수역	494.78	2.99		활엽수 비율	BLP1	25% 미만		
		LC2	시가화지역, 나지	1,151.72	6.96			BLP2	25~50%		
		LC3	농업, 초지, 습지	5,678.54	34.30			-	50% 이상		
		-	산림지역	9,228.44	55.75			하천 비율	WP1		0.1% 미만
	도로 밀도	RD1	0.3km/km <sup>2</sup> 미만	9,554.21	57.70		WP2		0.1~1%		
		RD2	0.3~0.5km/km <sup>2</sup>	1,143.15	6.90		-		1% 이상		
		RD3	0.5~2km/km <sup>2</sup>	5,753.58	34.75		도로 비율	RP1	0.25km/km <sup>2</sup> 미만		
		-	2km/km <sup>2</sup> 이상	106.17	0.64			RP2	0.25~0.5km/km <sup>2</sup>		
	하천 밀도	WD1	0.5km/km <sup>2</sup> 미만	9,375.61	56.63		-	0.5km/km <sup>2</sup> 이상			
		WD2	0.5~1km/km <sup>2</sup>	1,674.03	10.11		시가화 비율	BUP1	3% 미만		
		WD3	1~2km/km <sup>2</sup>	4,174.30	25.21			BUP2	3~6%		
		-	2km/km <sup>2</sup> 이상	1,333.18	8.05		-	6% 이상			

의 실제적인 효과를 측정하는데 유용하다(Hosmer and Lemeshow, 1989). 따라서 본 연구에서는 범주형 자료의 이용을 위해 더미변수(dummy variable)로 처리하였으며, SPSS 12.0의 로지스틱 회귀분석을 활용하여 서식지 적합성 모델을 수립하였다.

### III. 결과 및 고찰

서식지 적합성 예측 모형은 격자단위와 유역단위별로 구분하여 구축하였으며, 각각의 변수에 대한 *p*-값을 계산하여 *p*-값

이 0.25 이하인 변수들을 선정하였다(Manen and Pelton, 1997; 서창완, 2000). 각각의 변수에 대한 유의성 평가 결과 2km<sup>2</sup> 유역단위의 경우 도로비율만이 0.25 이상으로 확인되어 변수에서 제외되었다. 서식지 적합성 예측 최적 모형은 후진선택방법을 이용하여 예측력이 가장 높은 모형을 선정하였으며, 예측력이 같은 값인 경우 최소 변수를 포함하는 모형을 선택하였다. 본 연구에서는 모형의 구축과 검증에 자료를 1:1로 나누어 분석을 실시하였다. 서식지 적합성 모형의 결과는 표 2와 같다.

여기서, 예측확률  $P_v = e^Y / (1 + e^Y)$  이므로 모형의 분류정확도는 표 3과 같이 계산된다.

표 2. 서식지 적합성 모형 구축

구분	분석단위	서식지 적합성 모형(Y값)	Nagelkerke R <sup>2</sup>
격자단위	30m×30m	$Y = 20.163 - 20.513 \times ELE1 - 18.257 \times ELE2 + 0.644 \times SLO1 - 1.408 \times SLO2 - 42.637 \times FA1 + 20.745 \times FA2 + 38.419 \times FA3 + 20.430 \times LC1 + 2.217 \times LC2 - 58.532 \times LC3 + 18.900 \times WD1 + 18.924 \times WD2 + 19.312 \times WD3$	0.843
	반경 100m	$Y = 0.982 - 2.157 \times ELE1 - 1.504 \times ELE2 - 0.640 \times SLO1 + 0.878 \times SLO2 - 1.739 \times FA1 + 1.056 \times FA2 + 0.214 \times FA3$	0.482
유역단위	1km <sup>2</sup> 유역	$Y = 1.898 - 4.163 \times FP1 - 2.807 \times FP2 - 1.940 \times BLP1 - 2.083 \times BLP2 + 2.353 \times WP1 + 1.745 \times WP2 - 1.145 \times RP1 - 0.234 \times RP2 - 1.394 \times BUP1 + 1.195 \times BUP2$	0.526
	2km <sup>2</sup> 유역	$Y = 1.280 - 3.316 \times SLO1 + 0.150 \times SLO2 - 2.879 \times BLP1 - 0.821 \times BLP2 + 2.248 \times WP1 + 1.533 \times WP2 - 1.937 \times BUP1 - 0.542 \times BUP2$	0.563
	4km <sup>2</sup> 유역	$Y = -0.280 - 0.555 \times ELE1 - 1.344 \times ELE2 - 1.649 \times BLP1 + 0.554 \times BLP2 + 2.184 \times WP1 + 1.293 \times WP2$	0.445

각 모형을 통해 환경요인들의 특성을 살펴보면 30m 격자단위 평가의 경우 표고가 높은 지역, 경사가 상대적으로 낮은 지역, 산림면적이 넓은 지역, 도로밀도가 낮은 지역 등을 선호하는 것으로 나타났으며, 반경 100m의 평가단위인 경우 표고가 높은 지역, 경사가 중간 정도의 지역, 산림 면적이 중간 이상인 지역을 선호하는 것으로 나타났다. 1km<sup>2</sup> 유역단위 평가는 높은 산림 및 활엽수 비율, 낮은 하천비율, 높은 도로밀도, 중간 정도의 시가화 밀도 지역을 선호하는 것으로 나타났으며, 2km<sup>2</sup> 유역단위 평가는 중간 정도의 경사, 높은 활엽수림 비율, 낮은 하천 비율, 높은 시가화 비율의 지역을 선호하고, 4km<sup>2</sup> 유역단위 평가의 경우 높은 표고, 중간 정도의 활엽수 비율, 낮은 하천 비율 지역을 선호하는 것으로 나타났다(표 2 참조). 각각의 모형에 대한 분류정확도는 30×30m 격자단위가 가장 높은 값을 보이고 있음을 확인하였다(표 3 참조).

출현지역과 비출현지역을 통해 예측된 서식지 모형에서 분류값 0.5를 기준으로 서식지를 분류하고 이를 검증용으로 남겨진 출현 및 비출현지역과 비교하여 계산하였다(서창완과 박종화, 2000). ROC 곡선을 활용한 적합도 검증 결과 서식지 적합성 모형은 모두 58% 이상의 적합성을 보이고 있음을 확인하였다(표 4 참조). 특히 반경 100m의 환경요인을 분석한 경우의 적합성이 68.3%로 가장 높게 나타났으며, 1km<sup>2</sup> 유역단위 분석의 적합성이 66.1%로 두 번째로 높은 값을 보이고 있었다. 이는 단지 발견지점의 환경정보뿐만 아니라 그 지점을 포함하는 주변 환경정보를 함께 고려할 수 있는 반경 100m 격자단위 평가나 유역단위 평가가 모형의 적합성이 높다는 것을 의미한다. 이처럼 모형의 분류정확도와 적합성 검증 결과를 통해 다섯 개

의 모형을 비교해볼 수 있는데, 분류정확도는 30×30m 격자 모형이 가장 높으나, 반경 100m 격자 모형은 가장 낮은 분류정확도를 보이고 있다(그림 3 참조). 또한, 적합성 검증 결과는 반경 100m 격자 모형이 가장 높고 평가 단위가 넓어질수록 값이 낮아지는 경향을 보이고 있다. 이 두 값을 곱한 값은 30×30m 격자, 반경 100m 격자, 1km<sup>2</sup> 유역단위 모형이 유사하게 가장 높은 값을 보이고 있으며, 4km<sup>2</sup> 유역단위 모형이 가장 작은 값을 보여 모형으로서 적합하지 않은 것으로 파악되었다. 즉, 모형의 분류정확도와 적합성 검증 결과에서는 30×30m 격자, 반경 100m 격자, 1km<sup>2</sup> 유역단위 모형이 가장 적합한 것으로 판단된다.

구축된 서식지 적합성 모형을 충청도 전 지역에 적용하여 서식지 평가도를 작성할 수 있다. 서식지 적합성 평가는 서식지로서 적합하지 않음을 의미하는 0에서부터 가장 적합한 지역인 1까지 연속값으로 존재하며, 이를 0.25단위로 표현하는 것이 대상지의 서식지 특성을 확인하는데 효과적이다.

적용 결과, 서식지 적합성 지수가 0.5 이상인 지역은 30×30m 격자단위 모형에서 49.7%를 차지하고 있으며(30×30m 격자단위 모형에서는 0.5 이상~0.75 미만의 값이 존재하지 않음), 그 외의 모형에서는 약 20~27% 정도에 해당되었다(표 6 참조). 30×30m 격자단위 모형에서는 서식지 적합성 평가 값이 극단적으로 0.25 이하 또는 0.75 이상으로 나뉘고 있는데 이는 종 발견 지점의 지역적 특성이 그대로 모델에 반영되었기 때문으로 판단된다(그림 5a 참조). 이 모형에서는 넓은 면적의 산림지역

표 3. 서식지 적합성 모형의 분류정확도

구분	분석단위	관찰값	예측값		정확도(%)
			출현	비출현	
격자단위	30×30m	출현	24	4	85.7
		비출현	3	47	94.0
		종합			91.0
	반경 100m	출현	19	9	67.9
		비출현	8	42	84.0
		종합			78.2
유역단위	1km <sup>2</sup> 유역	출현	16	11	59.3
		비출현	3	47	94.0
		종합			81.8
	2km <sup>2</sup> 유역	출현	21	5	80.8
		비출현	7	43	86.0
		종합			84.2
	4km <sup>2</sup> 유역	출현	16	10	61.5
		비출현	3	46	93.9
		종합			82.7

표 4. 모형의 적합성 검증 결과

격자단위	서식지 적합성 모형	곡선 하부 면적(AUC)	표준 오차
격자단위	30×30m	0.597	0.066
	반경 100m	0.683	0.062
유역단위	1km <sup>2</sup> 유역	0.661	0.070
	2km <sup>2</sup> 유역	0.582	0.071
	4km <sup>2</sup> 유역	0.580	0.072

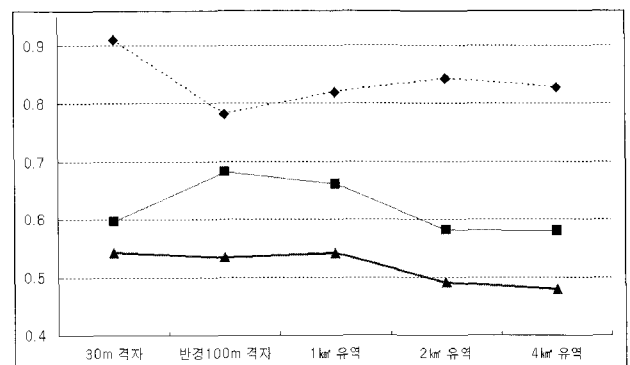


그림 3. 모형의 분류정확도와 적합성 검증 결과

범례: ◆ 분류정확도, ■ 적합성, ▲ 분류정확도×적합성

표 5. 분석단위에 따른 충청도의 서식지 적합성 예측 결과

서식지 적합성 모형		서식지 적합성 예측 결과(%)				계
		0 이상~ 0.25 미만	0.25 이상 ~0.5 미만	0.5 이상 ~0.75 미만	0.75 이상 ~1 이하	
격자 단위	30×30m	50.3	0.1	-	49.7	100.0
	반경 100m	52.2	20.9	15.0	12.0	100.0
유역 단위	1km <sup>2</sup> 유역	51.5	25.1	10.2	13.3	100.0
	2km <sup>2</sup> 유역	66.5	5.9	17.7	10.0	100.0
	4km <sup>2</sup> 유역	52.7	27.2	10.7	9.4	100.0

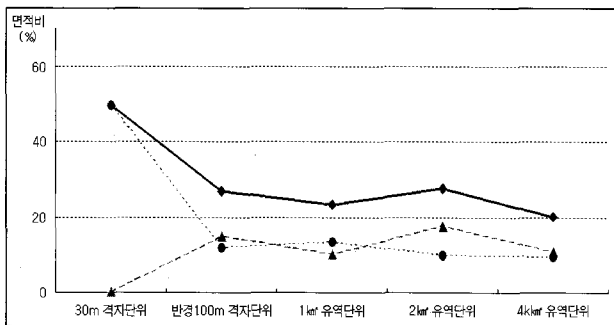


그림 4. 분석단위에 따른 서식지 적합지역 면적 변화

범례: ▲ 0.50~0.75, ● 0.75~1.00, ◆ 0.50~1.00

을 높은 값으로 평가하고 있다. 반경 100m 격자모형에서는 소백산 일대를 중심으로 백두대간 지역에 0.5이상의 값이 주로 분포하고 있으며, 이러한 결과는 유역단위 평가에서도 유사하게 나타나고 있다(그림 5b 참조). 유역단위 평가에서는 1km<sup>2</sup> 유역단위 평가가 2km<sup>2</sup>, 4km<sup>2</sup> 유역단위 평가에 비해 지역적인 특성을 반영하는 결과값을 보여주고 있다(그림 5c 참조). 서식지 적합성 평가 값이 0.5 이상인 지역을 각각의 모형별로 살펴보면 30m×30m 격자단위 모형이 약 50%, 나머지 모형에서는 약 20~27%의 면적을 보이고 있으며, 면적이 분석단위가 커질수록 감소하는 경향을 보임을 알 수 있다. 그러나 반경 100m 격자, 1km<sup>2</sup> 유역단위, 2km<sup>2</sup> 유역단위 모형이 전체 면적의 약 23~27%의 서식지 적합지역으로 분류되며, 서식지 적합성 평가 값이 0.75 이상인 지역의 비율도 30m×30m 격자단위 모형을 제외하고는 전체의 10% 정도의 비율을 차지한다는 점은 충청도 지역의 서식지 보전을 위한 규모 설정에서 참고할 수 있는 결과라 판단할 수 있다(그림 4 참조).

이상의 결과를 통해 충청도 지역에 가장 적합한 평가단위로 확인된 반경 100m 격자단위와 1km<sup>2</sup> 유역단위로 평가된 서식지 적합성 평가 결과를 종합하면 그림 5f와 같다. 이는 두 평가도면을 중첩한 것으로서 진한 색일수록 높은 보전가치로 평가되는 지역임을 의미한다. 이처럼 충청도 정도의 공간단위에서 삶을 대상으로 서식지 적합성 평가를 실시한 결과, 격자단위와

유역단위에서 모두 의미 있는 결과를 보여주었으나, 격자단위의 경우에는 반경 100m의 환경변수를 고려한 모형이, 유역단위에서는 1km<sup>2</sup> 면적의 유역을 고려하는 것이 가장 적합한 모형으로 확인되었다. 특히 이 두 결과를 종합한 도면에서는 충청도 지역에서 삶의 보전을 위한 중요 거점을 확인하는데 유역단위 분석결과가 활용될 수 있으며, 지역적인 서식지를 확인하기 위해 격자단위 평가 결과를 활용할 수 있다는 점을 확인할 수 있다.

분석 결과에서 삶의 서식처를 확인하는데 적합한 단위로 판단된 반경 100m 격자단위, 1km<sup>2</sup> 면적의 유역단위 평가에서 확인된 삶의 서식처 선호지역은 표고가 높은 지역, 경사가 중간 정도인 지역, 산림 면적이 중간 이상인 지역, 활엽수 비율이 높은 지역, 하천비율이 낮은 지역, 도로밀도가 높은 지역, 중간 정도의 시가지 밀도의 지역인 것으로 정리된다. 국내에서 삶의 서식환경에 대해 조사된 연구는 그리 많지 않으나 삶의 서식지에 대한 언급이 되어 있는 국내의 연구들을 확인하면 삶은 산림지대의 계곡, 연안, 관목으로 덮인 산간 개울가에 주로 서식하며 가끔 마을 가까이에도 서식한다는 연구(윤명희, 1992), 고지대 및 저지대의 다양한 산림과 계곡 주변의 역세가 잘 발달된 지역에 서식하며 농촌 주변이나 도로변 등 비교적 인간생활에 밀접한 지역에서도 활동한다는 연구(유병호, 2000), 높은 지대의 깊은 산림에서 바닷가까지 널리 퍼져 살지만 주로 논밭과 강을 끼고 있는 낮은 지대의 풀밭에서 가장 많이 서식한다는 연구(최태영과 최현명, 2007), 산림뿐만 아니라 인접 초지, 논 등에서 많이 발견된다는 연구(최태영, 2007) 등이 있다. Rajaratnam et al.(2007)의 연구에서는 삶이 산림지역이나 파편화된 산림지역, 경작지를 주로 서식지로 이용한다고 분석한 바 있다. 이러한 기존의 연구들과 본 연구 결과를 비교해볼 때 산림지역에 대한 삶의 서식지 선호는 동일한 결과이며, 경사, 산림면적, 활엽수 비율에 대한 본 연구의 서식지 선호도 분석 결과는 오히려 기존 연구보다 삶의 서식지에 대한 추가적인 정보를 제공하는 것이라고 이해할 수 있다. 또한, 0.5km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup> 이상의 도로밀도 지역, 3~6%의 시가지 비율의 서식지 선호 경향 역시 기존 연구와 유사한 결과로서 삶이 인간의 교란에 어느 정도 적응하고 있는 종임을 확인할 수 있는 부분으로서 삶의 관리에 이러한 정보를 활용하는 것도 가능할 것으로 기대된다. 그러나 삶이 하천 밀도가 낮은 지역을 서식지로 선택한다고 분석된 결과는 기존의 하천변 초지, 산간 개울가 등에서 삶이 많이 서식한다는 연구와 차이가 나는 것으로서 이 부분은 본 연구의 분석 단위상 산림계곡 등의 세밀한 공간정보를 반영하지 못하여 나타난 결과로 이해되어, 이에 대해서는 향후 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구가 보다 포괄적인 연구결과로 활용되기 위해서는 삶의 실제 서식정보 수집 및 지역적인 서식환경 특성 확인 등의 과정을 보완하는 작업을 병행해야 할 것으로 판단된다.

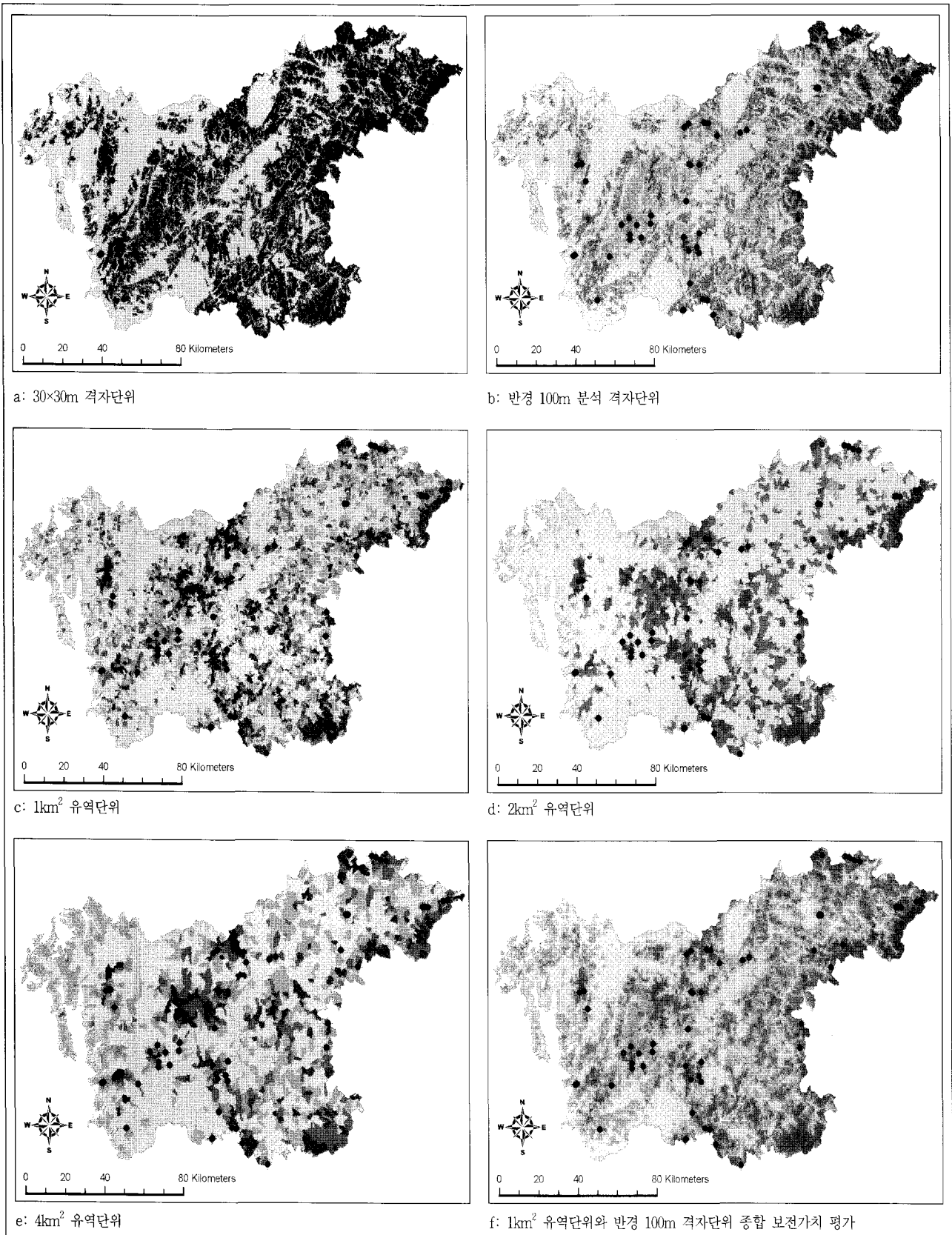


그림 5. 분석단위에 따른 서식지 적합성 평가 결과

범례: 0.00~0.25, 0.25~0.50, 0.50~0.75, 0.75~1.00, ● 삶 출현지점



## IV. 결론

본 연구에서는 보호종인 삵을 대상으로 서식환경 특성을 반영하는 환경요인을 파악하여 다양한 단위면적의 격자 및 유역을 평가단위로 설정하여 서식지 적합성 평가를 실시하였다. 로지스틱 회귀분석을 통해 서식지 적합성 모형을 도출한 결과, 분류정확도는 78.2~91.0%로, 모형의 적합성은 58.0~68.3%로 나타났다. 격자 단위 서식지 적합성 평가 모형의 장점은 발견 지점의 환경요인을 정확하게 반영할 수 있다는 것이었으나, 평가 결과가 대상지에 산재하여 분포하여 보전지역 설정이 까다로운 문제가 있다. 이를 보완하는 방법으로서 중 출현지역을 중심으로 반경 100m 내의 환경요인을 평가에 반영하는 것이 제안되었으며, 이 결과는 서식지 적합성 평가의 분류정확도는 낮아지지만 적합성 검증 결과에서 더 개선된 것으로 평가되었다. 또한, 삵의 행동권을 반영한 1, 2, 4km<sup>2</sup> 유역단위에 대한 평가 모형 활용은 1km<sup>2</sup> 유역단위, 2km<sup>2</sup> 유역단위 모형이 지역의 특성을 잘 설명하는 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과를 통해 종의 발견지점 자체에 대한 환경인자 평가보다 주변의 일정 면적을 함께 고려하여 서식지를 평가하는 것이 적합하며, 그 단위면적은 격자단위 평가의 경우 반경 100m, 유역단위의 경우 1km<sup>2</sup>가 삵의 서식지 적합성을 평가하는데 가장 효과적임을 확인할 수 있었다. 특히 유역단위와 격자단위 평가 결과를 종합한 결과, 지역 전체에서 중심이 되는 보전지역의 확인을 위해서는 유역단위의 평가를 활용하고, 지역적인 보전지역을 설정하기 위해서는 일정 면적의 환경변수를 고려한 격자단위의 평가가 활용될 수 있을 것으로 확인되었다. 본 연구는 기존의 서식지 보전을 위한 다양한 보전지역 선정 방법을 보완할 수 있는 평가단위 설정에 대한 방법론을 제안하고 있으며, 연구 결과는 전국적으로 보전가치가 높은 종의 보전을 위한 관리정책에 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 활용된 변수의 제한성 및 모델 결과에 대한 해석의 모호성 등은 한계로 남아 있으며, 향후 대상이 되는 종의 서식특성에 대한 체계적인 연구 결과를 바탕으로 더욱 정확한 서식지 모형을 더 발전시켜 나가야 할 것이라 사료된다.

### 인용문헌

- 김원명(1994) 멧돼지의 서식지이용연구를 위한 Radio-Telemetry의 적용시험. 고려대학교 대학원 박사학위논문.
- 김원주, 박종화, 김원명(1998) 멧돼지 서식지 적합성 분석 모형 개발-점봉산, 설악산 지역을 대상으로-. 한국GIS학회지 6(2): 247-256.
- 서창완(1999) GIS와 로지스틱 회귀분석을 이용한 멧돼지 서식지 모형 개발. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 서창완, 박종화(2000) GIS와 로지스틱 회귀분석을 이용한 멧돼지 서식지 모형 개발. 한국GIS학회지 8(1): 85-99.
- 유병호(2000) 저 푸름을 닮은 야생동물 -한국의 야생동물, 그 모든 이야기-. 다룬세상.
- 윤명희(1992) 야생동물. 대원사.
- 임신재, 이우신(2002) 서식지 적합도 지수(HSI)를 이용한 들평의 서식지 이용 유형 분석. 한국임학회지 91(1): 10-15.
- 최서윤(2003) 대부도에 서식하는 고라니의 서식지 적합도 평가모형 개발에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 최태영, 박종화(2004) 설악산국립공원내 산양(*Nemorhaedus caudatus raddeanus*)의 잠재 서식지 적합성 모형: 다기준평가방법(MCE)과 퍼지집합(Fuzzy Set)의 도입을 통하여. 한국조경학회지 32(4): 28-38.
- 최태영, 박종화(2005) 설악산 국립공원의 산양보호구역 설정기법에 관한 연구. 한국조경학회지 32(6): 23-35.
- 최태영(2007) 포유류의 도로횡단 특성과 행동권분석을 통한 로드킬 저감방안. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 최태영, 최현명(2007) 야생동물 흔적도감. 들배개.
- Grassman, Jr. L. I., Michael E. Tewes, Nova J. Silvy, and Kitti Kreetiyutanont(2005) Spatial organization and diet of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in North-central Thailand. J. Zool. Lond 266: 45-54.
- Guisan, Antoine and Wilfried Thuiller(2005) Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. Ecology Letters 8: 993-1009.
- Haining, H.(1980) Spatial autocorrelation problems. Geography and the Urban Environment 3: 1-43.
- Hosmer, D. W. Jr. and S. Lemeshow(1989) Applied Logistic Regression. NewYork: John Wiley and Sons.
- Kvamme, K. L.(1985) Determining Empirical Relationships between the Nature Environment and Pre-historic Site Locations: A Hunter-gatherer Example. For Concordance in Archeological Analysis. Westport Publishers, Kansas City, Kansas. pp. 208-238.
- Manen, V., T. Frank and M. R. Pelton(1997) A GIS model to predict black bear habitat use. Journal of Forestry 95(8): 6-12.
- Rabinowitz, A.(1990) Notes on the behavior and movements of leopard cats, *Felis bengalensis*, in a dry tropical forest mosaic in Thailand. Biotropica 22(4): 397-403.
- Rajaratnam, R., M. Sunquist, L. Rajaratnam, and L. Amibu(2007) Diet and habitat selection of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis borneoensis*) in an agricultural landscape in Sabah, Malaysian Borneo. Journal of Tropical Ecology 23: 209-17.
- Riitters, K. H., R. V. O'Neill, and K. B. Jones(1997) Assessing habitat suitability at multiple scales: A landscape-level approach. Biological Conservation 81: 191-202.
- Schadt, S., E. Fevilla, T. Wiegand, F. Knauer, P. Kaczensky, U. Breitenmoser, L. Bufka, J. Cerveny, P. Koubek, T. Huber, C. Stanisa, and L. Trepl(2002) Assessing the suitability of Central European Landscapes for the reintroduction of Eurasian Lynx. Journal of Applied Ecology 39: 189-203.
- Scott, J. M.(1993) GAP analysis: A geographic approach to protection of biological diversity. Wildlife Monograph 123: 1-41.
- Scott, J. M., T. H. Tear, and F. W. Davis(1997) GAP Analysis: A Landscape Approach to Biodiversity Planning.
- Store, R. and J. Kangas(2001) Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modeling. Landscape and Urban Planning 55: 79-93.
- U.S. Fish, Wildlife Service(1980) Habitat as a Basis for Environmental Assessment(HEP). Ecological Services Manual 101. U.S. Department of Interior, Fish and Wildlife Service, Division of Ecological Services. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Warman, L. D., A. R. E. Sinclair, G. G. E. Scudder, B. Klinkenberg, and R. L. Pressey(2004) Sensitivity of systematic reserve selection to decisions about scale, biological data, and targets: Case study from Southern British Columbia. Conservation Biology 18(3): 655-666.

원고접수일: 2008년 9월 3일  
 심사일: 2008년 10월 6일(1차)  
 2008년 10월 30일(2차)  
 게재확정일: 2008년 10월 31일  
 3인의명심사필