

Study Note

## 고양이(*Felis catus*)의 분포밀도와 잠재서식지 예측을 이용한 우선 관리 대상 지역 분석

정아미 · 이상돈

이화여자대학교 환경공학과

### Analyzing Priority Management Areas for Domestic Cats (*Felis catus*) Using Predictions of Distribution Density and Potential Habitat

Ahmee Jeong · Sangdon Lee

Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University

**요약:** 본 연구는 국내 고양이(*Felis catus*)의 분포밀도와 잠재 서식지를 예측하여 핵심분포지역을 선정하고, 보호지역을 중첩하여 우선으로 고양이 관리가 시행되어야 할 지역을 선정하고자 하였다. 분포밀도 파악을 위해 커널밀도추정을 사용하였고, 고밀도 지역을 분류한 결과 수도권 지역과 충남, 대전, 대구에서 밀도가 높았다. MaxEnt 모형을 활용한 잠재 서식지 예측에서는 고도, 시가지로부터의 거리, 지표 거칠기 등이 중요한 변수로 확인되었고, 임계값을 기준으로 출현/비출현 지역을 분류한 결과 수도권과 세종, 대전, 충남, 대구에서 출현 예측 지역의 면적이 높았다. 고밀도 지역과 출현 예측 지역을 중첩하여 핵심분포지역을 선정하였고, 핵심분포지역과 야생동물 보호지역을 중첩하여 우선으로 관리해야 할 지역을 파악하였다. 그 결과 경기도와 충남지역이 제일 면적이 넓은 지역으로 선정되었다. 또한 보호지역과 같은 우선 관리 대상 지역을 중심으로 핵심분포지역이 둘러싸고 있어, 추가적인 유입을 막고 관리하기 위한 완충구역을 설정하는 것이 필요하다. 이러한 결과는 고양이의 서식현황을 조사하고, 우리나라 실정에 맞는 관리방안 설정을 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

**주요어:** 밀도분석, 종분포모형, 서식지예측, 관리대상지역, 고양이

**Abstract:** This study aimed to predict the distribution density and potential habitat of domestic cats (*Felis catus*) in order to identify core distribution areas. It also aimed to overlay protected areas to identify priority areas for cat management. Kernel density estimation was used to determine the distribution density, and areas with high density were classified in Greater Seoul, Chungnam, Daejeon, and Daegu. Elevation, distance from the used area and roughness were identified as important variables in predicting potential habitat using the MaxEnt model. In addition, the classification of suitable and unsuitable areas based on thresholds showed that the predicted presence

of habitat was more extensive in Seoul, Sejong, Daejeon, Chungnam, and Daegu. Core distribution areas were selected by overlapping high-density areas with suitable areas. Priority management areas were identified by overlaying core distribution areas with designated wildlife sanctuaries. As a result, Gyeonggi, and Chungnam have the largest areas. In addition, buffer zones will be implemented to effectively manage the core distribution area and minimize the potential for additional introductions in areas of high management priority, such as protected areas. These results can be used as a basis for investigating the status of the cat's habitat and developing more effective management strategies.

**Keywords :** Density analysis, MaxEnt, Habitat Prediction, Management areas, Domestic cat

## I. 서론

고양이(*Felis catus*)는 오랜 시간 인간에게 길들여진 종으로 반려동물로 인식됐지만, 최근 자연생태계에 유입된 고양이는 여러 문제로 주목받고 있다. 한국에서는 반려동물로 도입된 개체가 유기되거나 분실되면서 야생화되었고, 울음소리로 인한 소음, 음식물 쓰레기 훼손, 질병 전파 가능성 등으로 인한 여러 사회문제가 제기되고 있다(Ministry of Environment 2001; Lee et al. 2009). 특히 높은 적응력과 번식력으로 인해 전 세계적으로 개체수가 급증하였으며, 생태계에서는 기회주의적 포식자(opportunistic predator)로 특정 먹이보다는 주위 서식환경에서 찾을 수 있는 먹이를 취하기에 조류와 소형포유류의 개체 수 감소에 영향을 미친다는 연구 결과도 있다(Dauphine & Cooper 2009; Loss et al. 2013; Cove et al. 2018). 이처럼 현재 고양이는 다양한 사회적 문제뿐만 아니라 야생동물의 보전과 관련된 문제로도 주목받고 있다.

세계자연보전연맹(International Union for Conservation of Nature, IUCN)은 고양이를 세계 100대 침입 외래종 중 하나로 선정했으며, 멸종위기종 및 특정 지역에 서식하는 고유종의 개체 수 감소에 심각한 영향을 주는 것으로 보고하고 이에 대한 관리가 필요하다는 점을 강조하였다(Lowe et al. 2000). 따라서 세계 여러 국가에서는 고양이에 관한 많은 연구가 지속해서 수행됐으며, 축적된 결과는 고양이의 생태를 이해할 수 있어 위의 문제점들에 대해 더욱 적극적으로 대처할 수 있는 기초자료가 되고 있다(Ministry

of Environment 2001). 그에 반해 국내에서는 주로 질병 관련 연구가 진행되었으며, 식이 습성(Kwon 2001; Hwang 2013)과 행동권(Lee et al. 2009; Kim 2015; Kim et al. 2020) 관련 연구가 일부 수행되었을 뿐이다. 이 외에 환경부와 농림부는 각각 2001년에 고양이의 서식 환경과 관리 방안에 대한 보고서를 작성했지만, 현재 적용 중인 개체수 조절 방안은 이러한 보고서를 여전히 기반으로 하고 있다(Ministry of Environment 2001; Ministry of Agriculture and Forestry 2001). 이렇듯 전 세계적으로 고양이에 대한 문제가 논의되는 가운데 국내에서는 아직도 고양이 생태에 관한 연구가 미흡한 상황이며, 서식지 이용 특성과 개체수 조절 방안에 대한 정보 대부분을 외국 자료에 근거하고 있다.

효율적인 관리 결과를 위해서는 대상종의 서식환경을 고려한 관리전략을 수립하는 것이 중요하며, 대상종의 서식환경을 정확히 파악하고 잠재적인 서식가능지역을 예측하는 과정이 선행되어야 한다(Kim et al. 2018). 그러나 국내에서는 아직 고양이의 서식환경을 공간적으로 분석하여 관리 방향을 제시한 연구가 부족하다. 따라서 본 연구는 국내에 서식하는 고양이의 분포밀도를 파악하고 종분포모형을 이용해 잠재 서식지를 예측하여 핵심분포지역을 분석하고, 고양이로 인해 생태계에 영향을 줄 수 있는 야생동물 서식지 관련 보호지역과 중첩하여 우선 관리 대상 지역을 선정하고자 한다. 이를 통해 고양이의 서식지를 예측하기 위한 기초자료를 제공하고, 더욱 효율적인 관리 방향을 설정하는 데 도움이 되고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 대상 고양이 선정

고양이(*Felis catus*)는 식육목(Carnivora) 고양이과(Feildae) 고양이속(*Felis*)에 속하는 종이지만 연구자마다 서식환경에 따라 용어를 다르게 정의하고 있다. Ministry of Environment (2001)와 Kwon (2001)은 한국 고양이의 일반명을 먹이와 서식처를 제공하는 소유주가 있는 집고양이(house cat), 소유주는 없으나 인간에게 어느 정도 의존하는 배회 고양이(stray cat), 인간에게 의존하지 않고 스스로 먹이를 해결하는 들고양이(feral cat)로 정의하였다. 그러나 최근 대중매체 및 정부 정책에서는 배회 고양이보다는 길고양이라는 용어를 더 많이 이용하고 있다. 또한, 들고양이라고 해도 인간과 떨어져 생활하는 것은 아니며 도심지역에서 스스로 사냥하거나 인간에게 일부 먹이를 얻을 수도 있기에 완벽히 구분하기는 어려운 점이 있다. 따라서 본 연구에서는 고양이가 생태계에 미치는 영향을 분석하기 위해 서식환경에 따라 들고양이와 일부 길고양이를 대상으로 하였으며, 용어는 정식명칭인 '고양이'로 통일하여 지칭하였다.

### 2. 고양이 분포밀도 분석

고양이는 국내 여러 환경에 전국적으로 분포하고 있어, 전국을 대상으로 분포 지역을 확인하기 위해 밀도분석을 수행하였다. 고양이의 출현좌표는 제4차 전국자연환경조사, 외래생물 전국 서식실태 조사, 국립공원 자원조사, 세계생물다양성정보기구(Global Biodiversity Information Facility, GBIF)에서 얻은 좌표를 이용하였다.

분포밀도 분석은 커널밀도추정(Kernel Density Estimation, KDE)을 수행하였다. KDE는 확률분포를 비모수적(nonparametric)으로 추정하는 통계 방법의 하나로, 좌표가 위치한 지점에 커널을 배치한 후 중첩된 커널 밀도의 합으로 높은 밀도를 가지는 핵심 지역을 식별할 수 있다(Silverman 1986; Kang & Noh 2019). KDE에서는 대역폭(bandwidth)의 크기에 따라 평활(smoothing)하거나 과적합(overfitting)을 유발할 수 있어 적절한 값을 설정하는 것이 중요

하며, 대역폭의 값을 계산하는 방법으로는 LSCVh (Least Squares cross-validation), CVh (Cross-validation),  $h_{ref}$  (Reference method) 등의 방법이 있다(Silverman 1986; Worton 1995).

한편 ArcGIS Pro (v.3.1.3)를 이용해 Kernel density tool의 대역폭을 설정해 주는 Search radius 값은 선행연구를 참고하여 Animal Space Use (v.1.3.Beta) 프로그램으로 계산된 CVh 값을 적용하였다(Kim et al, 2018; Yoo et al, 2022).

### 3. 종분포모형을 이용한 잠재 서식지 분석

#### 1) 출현좌표 및 환경변수 구축

출현좌표는 제4차 전국자연환경조사, 외래생물 전국 서식실태 조사, 국립공원 자원조사, GBIF에서 수집한 2014~2023년 사이의 자료를 이용하였다. 수집된 좌표는 공간적 자기 상관에 의한 과적합을 막기 위해 R (v.4.3.1) 프로그램 spThin 패키지의 thin 툴을 사용해 각 좌표의 간격이 1km<sup>2</sup> 이상이 되도록 전처리 과정을 거쳤으며, 최종적으로 총 1,849개의 출현좌표를 구축하였다(Figure 1).

종분포모형에 사용된 변수는 선행연구를 참고하여 지형변수(고도, 경사도, 거칠기), 거리변수(주거지, 시가지, 수역, 도로로부터의 거리), 토지피복을 구축



Figure 1. Study site and presence points of *Felis catus*

Table 1. Environmental variables used for MaxEnt modeling

Classification	Code	Variables	Data type	Source
Topography	DEM	Elevation	Continuous	Digital Elevation Model (National Geographic Information Institute)
	Slope	Gradient		
	TRI	Roughness		Terrain Ruggedness Index (Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)
Distance	Res	Distance from Residential		Land Cover Map (Environmental Geographic Information Service)
	Used	Distance from Used Area		
	Water	Distance from Water		
	Road	Distance from Road		
Land cover	LULC	Land Cover Type	Categorical	

하였다(Ferreira et al, 2011; Mariano et al, 2015; Normand et al, 2019; Jakub 2021; López-Jara et al, 2021; Williamson et al, 2021)(Table 1).

지형변수 중 고도는 국가공간정보포털 오픈마켓에서 제공하는 90m 해상도의 수치표고모형(Digital Elevation Model, DEM)을 사용하였고, 이를 이용해 경사도를 생성하였다. 거칠기는 한국지질자원연구원에서 제공하는 30m 해상도의 지표 거칠기 지수(Terrain Ruggedness Index, TRI)를 사용하였다. 주거지와 시가지, 수역, 도로로부터의 거리는 환경공간정보서비스에서 제공하는 중분류 토지피복 자료를 Euclidean distance로 보간하여 사용했다.

모든 환경변수는 ArcGIS Pro (v.3.1.3)를 사용하여 추출 및 생성하였으며, 분석의 용이함을 위해 1km<sup>2</sup> 공간 해상도로 변환하였다. 또한, 환경변수 간 다중공선성을 방지하기 위해 R (v.4.3.1) 프로그램을 사용하여 Pearson 상관계수를 산출하였다. 상관계수가 0.7 이상인 변수들을 살펴봤을 때 변수 간 상관성이 전혀 없었으며, 최종적으로 총 8개의 환경변수를 사용하였다(Table 1).

## 2) MaxEnt 모형 설정

종분포모형(Species Distribution Model, SDM) 중 하나인 MaxEnt(Maximum Entropy, MaxEnt) 모형은 종의 출현좌표와 환경변수를 기반으로 종에 대한 환경 적합성을 나타냄으로써 해당 종의 분포 확률을 예측하는 모형이다. 출현, 비출현 자료를 이용하는 GLM (Generalized Linear Model), GAM (Generalized

Additive Model)과는 달리 MaxEnt는 출현좌표만을 사용하는 기계학습기반 모형으로, 각 변수에 따른 출현 확률 결과를 이용해 효율적인 분석이 가능하다(Phillips et al, 2006). 이러한 장점으로 MaxEnt는 동식물의 분포 예측과 같은 다양한 연구에서 활용되고 있다.

본 연구에서는 MaxEnt (v.3.4.4) 프로그램에 고양이 출현좌표 1,849개와 8개의 환경변수를 입력하여 고양이의 잠재 서식지를 예측하였다. 분석 시 구축한 출현지점 중 70%는 모형 개발을 위한 훈련자료(training data)로 사용하였고, 나머지 30%는 모형 결과를 검증하는 시험자료(test data)로 사용하였다. 모형의 적합도는 ROC (Receiver Operating Characteristic)의 AUC (Area Under Cover) 값을 통해 검증하였으며, 검증 과정은 bootstrap으로 10회 반복하였다. 또한, Jackknife 검정을 시행해 모델 생성에서의 환경변수별 중요도를 평가하였다.

## 4. 우선 관리 대상 지역 추출

자연생태계에서 고양이의 영향을 최소화하기 위해 우선으로 관리가 필요한 지역을 추출하고자 하였다. 보호지역(protected area)은 전 세계적으로 자연생태계를 보존하기 위해 지정 및 관리되는 지역으로, 생태적으로 우수하고 생물다양성이 높은 지역도 포함된다. 이러한 보호지역 중 고양이로 인해 생태계에 영향을 줄 수 있는 야생생물 서식지 관련 보호지역(자연공원, 습지보호지역, 특정도서, 야생생물특별보호구역, 야생생물 보호구역 등)을 추출하여 래

스터로 변환하였다(Korea Database on Protected Areas 2022).

앞서 분석한 분포밀도 결과는 일반적으로 핵심지역으로 간주하는 KDE 50% 영역을 고밀도 지역으로 변환하였고(Kauhala & Auttila 2010), 잠재 서식지 예측 결과는 MaxEnt 모형의 민감도와 특이도의 합이 최대가 되는 Maximum test sensitivity plus specificity Logistic 값을 임계값(threshold)으로 설정하여 출현/비출현 도면으로 변환하였다(Liu et al. 2005). 이렇게 변환한 고밀도 지역과 출현 예측 지역이 중첩된 곳은 현재 고양이가 많이 서식하고 출현할 것으로 예상되는 ‘핵심분포지역(core area)’으로 선정하였다. 또한, 핵심분포지역과 추출한 보호지역을 중첩하여, 보호지역 내에서 우선으로 고양이 관리가 필요한 ‘우선 관리 대상 지역(prioritizing management area)’을 최종적으로 선정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 고양이 주요 분포 서식지 도출

고양이 분포 현황을 파악하기 위해 계산된 KDE의 대역폭은 CVh 7,992.98m였으며, CVh 값이 다른 값보다 분산되지 않고, 고밀도 영역이 표시되어 KDE 분석에 사용하였다(Kim et al. 2018). CVh 값을 이용한 KDE 결과는 Figure 2와 같이 붉은 색상 계열일수록 밀도가 높은 지역을 나타내며, 핵심지역으로 간주하는 KDE 50% 영역을 고밀도 지역으로 재분류하여 나타냈다(Figure 2). 주요 밀집지역은 서울, 경기도와 같은 수도권 지역과 충남, 대전, 대구에 밀집된 것을 확인할 수 있었다.

야생동물 개체군에 미치는 영향을 파악하기 위해서 밀도는 중요한 고려사항 중 하나이다. Jakub (2021)의 연구에서는 야생조류 두 종의 GAM 모델에 고양이 밀도를 추가 변수로 활용하고, 서식지가 겹칠 때 고양이 밀도를 고려하는 것이 중요하다고 제안하였다. 그러므로 연구 결과에서 선정된 고밀도 지역은 이후 고양이와 다른 동물 개체군과의 영향을 파악하거나, 집중적으로 관리할 수 있는 지역으로 선정하여

관리방안을 모색하는 것이 필요하다.

#### 2. 종분포모형 결과

MaxEnt를 이용한 고양이 서식지 예측모형의 결과는 다음과 같다. AUC 값은 0~1 사이의 값으로 계산되며, 약 0.7 이상일 때 모형이 설명하는 잠재력이 의미를 갖는다고 판단한다(Phillips et al. 2006). 분석 결과 AUC 값은 0.678이었으나 일반적인 종을 대상으로 종분포모델링을 수행할 때는 멸종위기종과 달리 특정한 환경을 선호하지 않고, 이동이 가능하기에 AUC 값이 평균적으로 0.7을 넘기기 어렵다. 그렇기에 본 연구 결과는 매우 높은 정확도를 가진 것은 아니지만, 상대적으로 신뢰도를 지니고 있다고 평가할 수 있다(Ryu et al. 2018).

MaxEnt 결과는 0~1의 값을 가지며, 예측도에서 붉은 색상 계열일수록 고양이의 분포 확률이 높음을 의미한다. 임계값인 0.453을 이용해 출현/비출현 지역으로 재분류했을 때 서울, 인천, 경기와 같은 수도권 지역과 세종, 대전 등 충남지역, 그리고 광주와 대구에서 예측 확률이 높았다(Figure 3).

고양이 분포에 영향을 미치는 환경변수별 기여도를 살펴봤을 때 높은 기여도를 나타내는 변수는 고도(43.4%), 시가지로부터의 거리(17.3%), 지표 거칠기(11.4%), 토지피복(8.5%), 주거지로부터의 거리(7.9%), 수역으로부터의 거리(6.1%)순으로 기여도가 높은 것으로 나타났다. 이 외 변수들은 5% 이하의 낮은 기여도 값을 보였다(Table 2).

각 변수의 상대적 중요성을 평가할 수 있는

Table 2. MaxEnt model result of variable contributions

Code	Variables	Percent contribution (%)
DEM	Elevation	43.4
Used	Distance from Used Area	17.3
TRI	Roughness	11.4
LULC	Land Cover Type	8.5
Res	Distance from Residential	7.9
Water	Distance from Water	6.1
Slope	Gradient	3.7
Road	Distance from Road	1.8

Jackknife 테스트 결과에서도 고도와 시가지로부터의 거리가 다른 변수에 비해 상대적으로 중요한 것으로 나타났으며, 각각의 변수와 모델간의 상관관계를 나타낸 반응곡선에서는 고도가 낮을수록 출현확률이

높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 고양이가 분포하는 도심지가 상대적으로 고도가 낮아 기여도가 높게 나온 것으로 판단된다. 고도를 제외하고 기여도 순서대로 반응곡선을 살펴본 결과, 시가지로부터의 거리

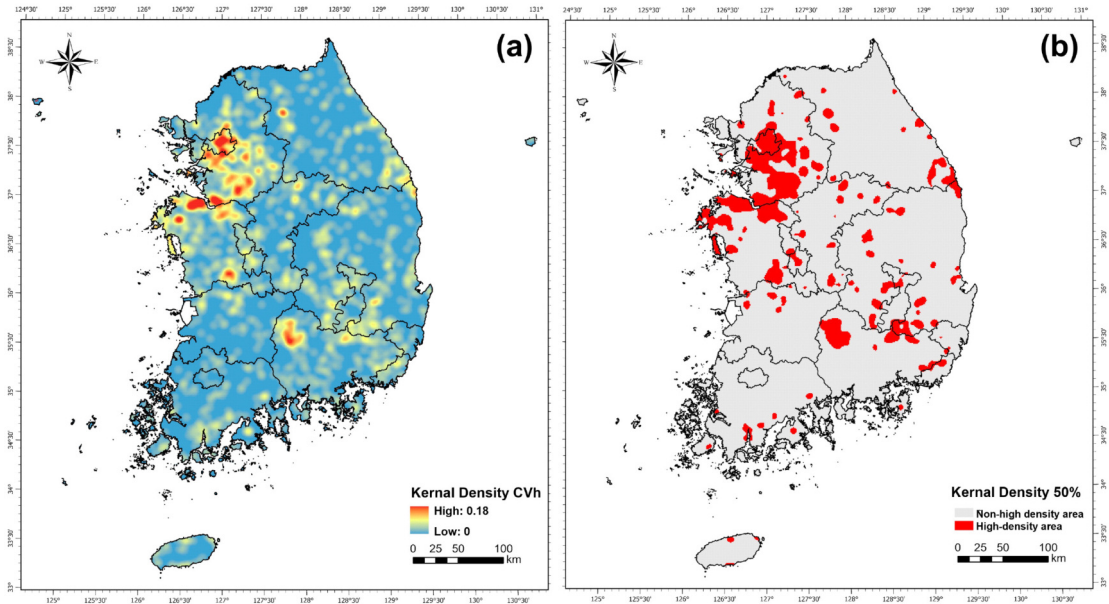


Figure 2. Kernel density analysis results in (a) Kernel density using CVh (Cross-validation) search radius and (b) High density areas reclassified according to 50% KDE (Kernel density estimation)

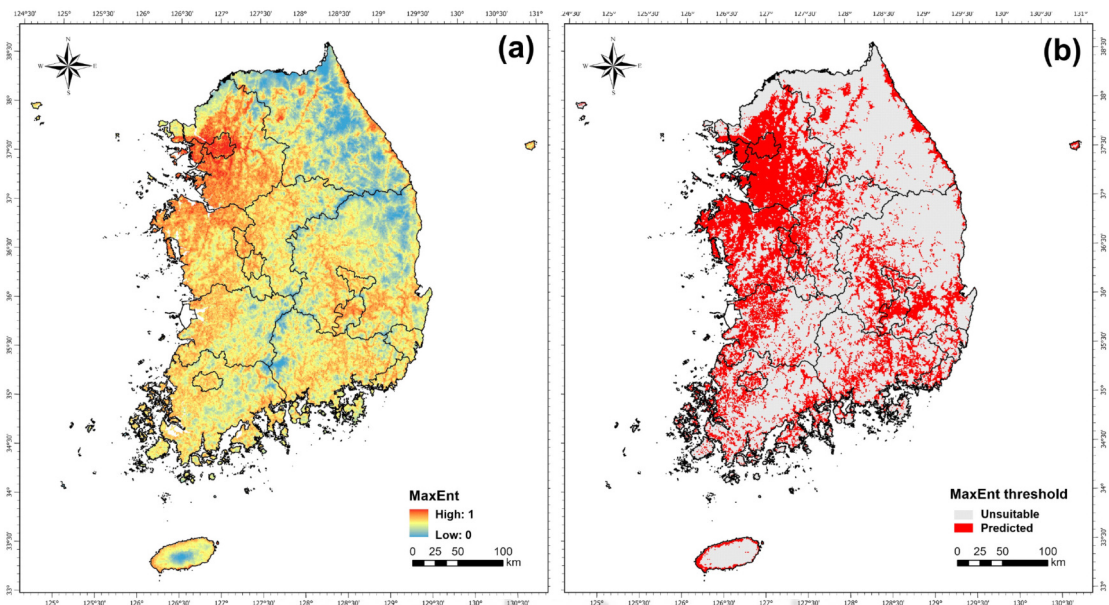


Figure 3. MaxEnt model analysis results in (a) Potential habitat of *Felis catus* and (b) Predicted/Unsuitable areas reclassified by thresholds

Table 3. Analysis result of the mapping overlay area

(km<sup>2</sup> (%))

Administrative division	Priority management area	Core area	Predicted area	Predicted area & Protected area	High density area	High density area & Protected area
Gyeonggi	28 (40%)	2,960 (41.2%)	4,659 (14.5%)	19 (3.6%)	727 (18.7%)	103 (52.3%)
Chungnam	24 (34.3%)	1,924 (26.8%)	3,596 (11.2%)	30 (5.6%)	504 (12.9%)	12 (6.1%)
Gangwon	5 (7.1%)	308 (4.3%)	1,829 (5.7%)	24 (4.5%)	570 (14.6%)	0 (0.0%)
Jeonbuk	5 (7.1%)	186 (2.6%)	3,583 (11.1%)	97 (18.2%)	58 (1.5%)	7 (3.6%)
Gyeongnam	5 (7.1%)	460 (6.4%)	4,814 (15.0%)	110 (20.6%)	818 (21%)	42 (21.3%)
Gyeongbuk	2 (2.9%)	840 (11.7%)	5,160 (16.0%)	53 (9.9%)	829 (21.3%)	13 (6.6%)
Jeonnam	1 (1.4%)	221 (3.1%)	5,710 (17.8%)	155 (29.1%)	108 (2.8%)	1 (0.5%)
Chungbuk	0 (0.0%)	220 (3.1%)	2,141 (6.7%)	41 (7.7%)	268 (6.9%)	19 (9.6%)
Jeju	0 (0.0%)	66 (0.9%)	677 (2.1%)	4 (0.8%)	11 (0.3%)	0 (0.0%)
Total	70 (100%)	7,185 (100%)	32,169 (100%)	533 (100%)	3,893 (100%)	197 (100%)

는 약 600m에서 출현확률이 높았으며, 지표가 거칠지 않고 평평할수록 출현확률이 높았다. 토지피복에서는 시가지·건조지역에서 출현확률이 높고, 산림지역에서는 가장 낮았으며, 주거지와 수역, 도로로부터의 거리는 약 600m를 넘어갈 때 출현확률이 낮아졌다. 또한, 경사가 완만한 지역에서는 출현확률이 높았다.

이는 고양이를 대상으로 MaxEnt 모델을 활용한 선행연구들과 일치하는 결과이다. Mariano et al. (2015)는 뉴질랜드 국립공원에서 야생고양이를 추적하고 MaxEnt 모델을 활용하여, 고도와 먹이원으로서의 토끼밀도를 주요 환경변수로 선택했다. 또한, Williamson et al. (2021)은 들고양이의 활동 반경을 추정하고 MaxEnt 모델을 활용했는데, 지형적으로 거칠지 않고 평탄한 지형을 선호했다. Normand et al. (2019)의 연구에서는 계절에 따른 들고양이의 서식환경을 조사한 결과, 개발된 지역 > 평야 > 습지 > 숲 순으로 서식지 선호도가 낮았으며, Ferreira et al. (2011)의 연구에서도 주거 지역 > 200m 이내 도로 > 경사가 낮은 지역이 주요 서식 환경으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 수행한 국내 고양이를 대상으로 한 MaxEnt 모델링은 이러한 선행연구 결과들을 잘 반영하는 결과로 보인다.

### 3. 우선 관리 대상 지역 분석

우선으로 관리가 필요한 지역과 현재 고양이가 많

이 서식하고 출현할 것으로 예상하는 지역을 확인하기 위해 중첩분석을 시행하였다. 중첩 결과 KDE 50%의 고밀도 지역과 MaxEnt의 출현 예측 지역을 중첩한 곳은 핵심분포지역으로 선정하였으며, 핵심분포지역과 보호지역을 중첩한 결과는 우선 관리 대상 지역으로 선정하였다(Figure 4).

중첩 결과는 다음과 같이 6개로 분류하여 표현하였다(Figure 4). 1) 고밀도 지역(연한 초록색), 2) 고밀도 지역과 보호지역을 중첩한 곳(짙은 초록색), 3) 출현 예측 지역(연한 파란색), 4) 출현 예측 지역과 보호지역을 중첩한 곳(짙은 파란색), 5) 고밀도 지역과 출현 예측 지역을 중첩한 핵심분포지역(주황색), 6) 핵심분포지역과 보호지역을 중첩하여 우선으로 관리가 필요한 지역(빨간색)으로 중첩된 곳을 분류하였다.

중첩된 대상 지역의 면적 및 비율을 확인한 결과(Table 3), 모든 결과가 전부 중첩된 우선 관리 대상 지역은 총 70km<sup>2</sup>이다. 우선 관리 대상 지역의 면적이 넓은 순서대로 행정구역을 정렬하였으며, 경기(40%), 충남(34.3%), 강원·전북·경남(7.1%), 경북(2.9%), 전남(1.4%)의 면적이 높음을 확인할 수 있었고, 충북과 제주는 확인되지 않았다. 핵심분포지역은 경기(41.2%)와 충남(26.8%), 경북(11.7%), 경남(6.4%), 강원(4.3%), 전남·충북(3.1%), 전북(2.6%), 제주(0.9%)의 순서대로 넓은 면적을 가지고 있었으며, 총면적은 7,185km<sup>2</sup>인 것을 확인할 수 있었다. 이외 출현 예측 지역(32,169km<sup>2</sup>), 고밀도 지역(3,893km<sup>2</sup>), 출현 예

측 지역과 보호지역(533km<sup>2</sup>), 고밀도 지역과 보호지역(197km<sup>2</sup>)의 순서대로 넓은 면적이 계산되었다. 총 면적만 봤을 때 우선으로 관리되어야 할 보호지역이

비교적 작아 보일 수 있으나, 국내 야생생물 서식지 관련 보호구역의 대부분이 산림지역에 편중되고 면적이 굉장히 협소하기에 그리 작지 않은 면적이라고 할

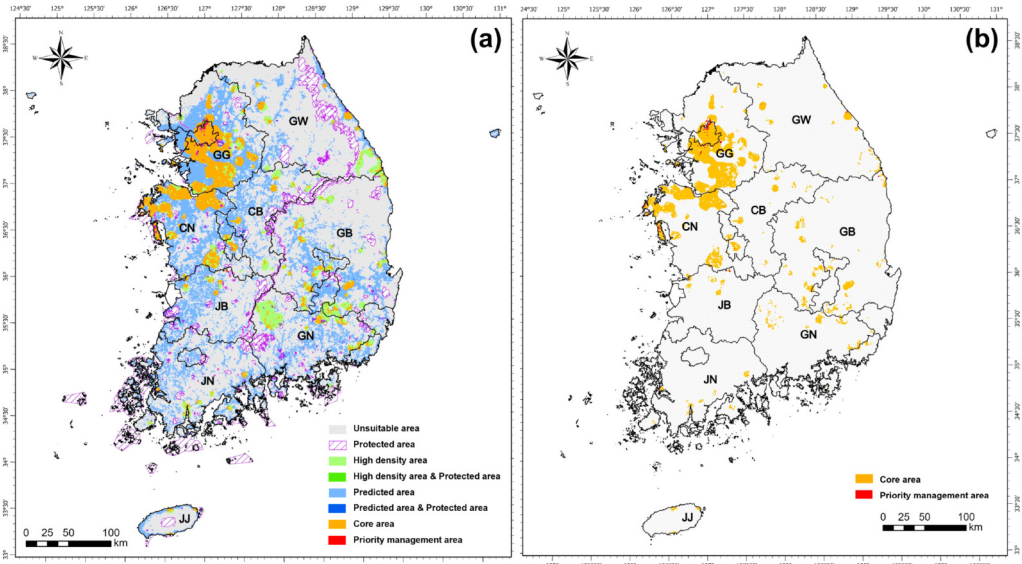


Figure 4. Mapping overlay results in (a) All results overlay and (b) Core/Priority management areas map ((Gyeonggi, GG), (Gangwon, GW), (Chungnam, CN), (Chungbuk, CB), (Gyeongnam, GN), (Gyeongbuk, GB), (Jeonnam, JN), (Jeonbuk, JB), (Jeju, JJ))

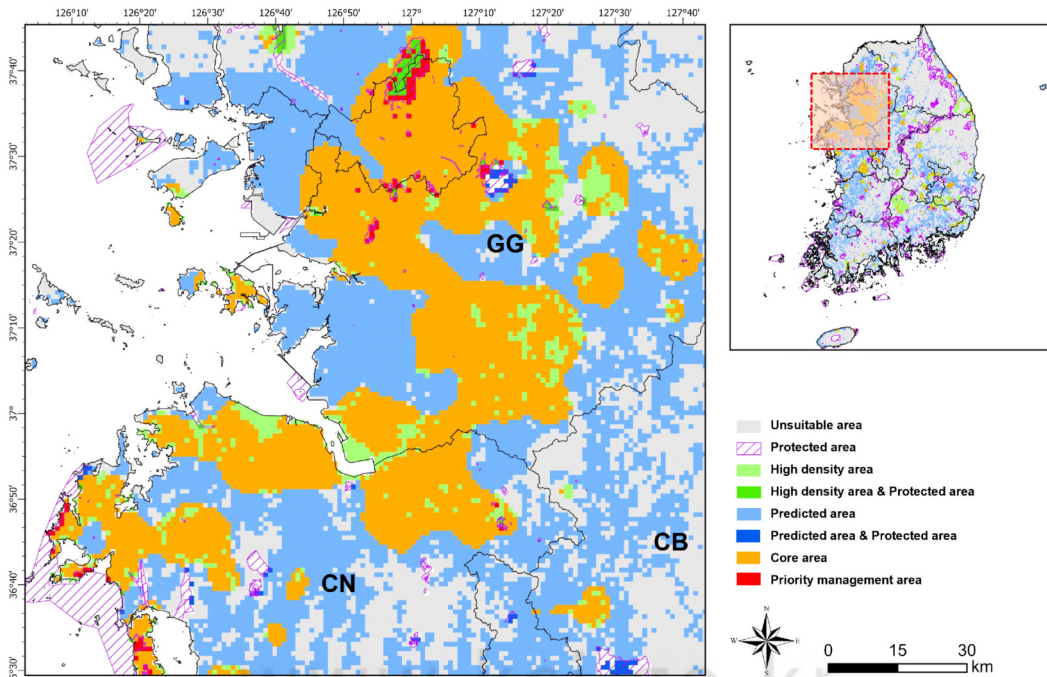


Figure 5. Mapping overlay of Gyeonggi (GG), Chungnam (CN) and Chungbuk (CB)



수 있다(Ministry of Environment 2020).

한편, 우선 관리 대상 지역과 핵심분포지역이 높게 나온 경기도와 충남지역을 확대하여 살펴봤을 때 (Figure 5), 국립공원, 습지보호지역, 야생생물보호구역과 같은 보호지역이 포함되었다. 이는 고양이 관리의 필요성이 제일 높은 지역임을 의미한다. 또한, 본 연구에서는 보호구역의 경계 내에서만 접치는 지역을 중첩하여 우선 관리 대상 지역으로 분류하였으나, 그 주위를 핵심분포지역이 대부분 둘러싸고 있어 보호지역 내로 고양이의 유입 가능성이 큰 지역도 상당히 많다고 판단된다(Figure 5).

국립공원, 습지보호지역, 야생생물보호구역은 멸종위기종의 주요 서식지로서 생물다양성이 높기에 고양이의 유입을 최대한 방지해야 하는 지역이며, 해외 연구에서는 고양이 관리를 위해서는 행동권을 고려하여 최소 4km에서 최대 20km의 완충구역을 설정해야 한다고 제안하였다(Edwards et al. 2008). 따라서 우리나라에서도 보호구역을 중심으로 고양이의 생태를 고려한 완충구역을 설정하고 관리해야 할 필요성이 있다. 보호구역과 같은 우선 관리 대상 지역에서는 추가 유입과 해당 지역에서 사육되는 개체를 철저히 관리하여 확산을 방지하고, 이미 자연에 유입된 고양이는 포획, 이주 등의 구제 방법과 사후에 지속적인 밀도조사를 시행할 필요가 있다. 또한 개인, 단체, 정부 차원에서도 생태계의 보전을 위해 고양이를 효과적으로 관리하고, 야생동물을 보호하며, 지속적인 연구 활동을 이어 나가야 할 필요성이 있다(National Institute of Environmental Research 2010).

#### IV. 결론

본 연구의 목적은 국내 고양이의 분포밀도를 파악하고 잠재적인 서식지를 예측하여 핵심 분포지역을 선정하고, 고양이로 인해 생태계에 영향을 줄 수 있는 보호지역과 중첩하여 우선으로 관리해야 할 지역을 선정하여 효율적인 관리 방향을 제시하고자 하였다.

분포밀도 파악을 위해 CVh 값을 적용한 분포지역을 분석하고, KDE 50% 값을 이용한 고밀도 지역을 도출하였다. 잠재 서식지 예측을 위해서는 MaxEnt

모형을 활용했으며 변수별 기여도와 Jackknife 분석에서 고도, 시가지로부터의 거리, 지표 거칠기 등이 높은 것을 확인할 수 있었다. 임계값을 기준으로 출현 예측 지역을 도출한 뒤 고밀도 지역과 중첩하여 핵심분포지역을 선정하였으며, 핵심분포지역과 야생생물 보호지역을 중첩하여 우선 관리 대상 지역을 선정하였다. 그 결과 핵심분포지역의 면적은 7,185km<sup>2</sup>, 우선 관리 대상 지역의 면적은 70km<sup>2</sup>으로 경기도와 충남지역이 넓은 것으로 파악되었다.

보호지역이 포함된 우선 관리 대상 지역은 고양이의 생태를 고려한 완충구역을 설정하고 추가적인 유입과 관리를 통해 확산을 방지해야 한다. 또한 이미 자연에 유입된 고양이는 구제 방법과 사후에 지속적인 밀도조사를 시행하여 관리할 필요성이 있으며, 고양이를 효과적으로 관리하기 위해 지속적인 연구 활동을 이어 나가야 할 필요가 있다.

다만, 본 연구는 국내 고양이 개체수에 대한 정확한 통계가 부족하여 출현좌표 구축에 한계가 있었으며, 향후 각 보호지역에서 정량적인 개체수 추정이 가능하다면 보다 구체적인 서식현황을 파악하여 우리나라 실정에 맞는 적절한 관리방안을 수립하는 데 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

#### 사사

본 연구는 한국연구재단(KRF-2021R1A2C1011213), 환경부 환경산업기술원(2020002990006), 서울녹색환경지원센터(SESTC-2023)의 지원을 받아 연구되었습니다.

#### References

- Cove MV, Gardner B, Simons TR, Kays R, O'Connell AF. 2018. Free-ranging domestic cats (*Felis catus*) on public lands: estimating density, activity, and diet in the Florida Keys. *Biological Invasions*, 160(20): 333-344.
- Dauphine N, Cooper RJ. 2009. Impacts of free-

- ranging domestic cats (*Felis catus*) on birds in the United States: a review of recent research with conservation and management recommendations. In: Proceedings of the fourth international partners in flight conference: tundra to tropics, 205-219.
- Edwards GP, De Preu N, Shakeshaft BJ, Crealy IV, Paltridge RM. 2008. Home range and movements of male feral cats (*Felis catus*) in a semiarid woodland environment in central Australia. *Austral Ecology*, 26(1): 93-101.
- Ferreira JP, Leitao I, Santos-Reis M, Revilla E. 2011. Human-related factors regulate the spatial ecology of domestic cats in sensitive areas for conservation. *PLoS One*, 6(10): e25970.
- Hwang MK. 2013. Comparison of the Diet and Density of Free-roaming Cats between Urban and Rural Environments, Korea. MS dissertation. Seoul National University, Seoul. [Korean Literature]
- Jakub ZK. 2021. The impact of feral domestic cats on native bird populations. Predictive modelling approach on a country scale. *Ecological Complexity*, 48: 100964.
- Kang YJ, Noh YJ. 2019. Comparison Study of Kernel Density Estimation according to Various Bandwidth Selectors. *Computational Structural Engineering Institute of Korea*, 32(3): 173-182. [Korean Literature]
- Kauhala K, Auttila M. 2010. Estimating habitat selection of badgers a test between different methods. *Folia Zoologica*, 59: 16-25.
- Kim AR, Kim YC, Lee DH. 2018. A Management Plan According to the Estimation of Nutria (*Myocastor coypus*) Distribution Density and Potential Suitable Habitat. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 27(2): 203-214. [Korean Literature]
- Kim JS. 2015. Evaluation of Feral Cat (*Felis catus*) Management at Mt. Dobong Based on Home Range, Demographic Status, and Population Viability Analyse. MS dissertation. Seoul National University, Seoul. [Korean Literature]
- Kim YJ, Lee WS, Choi CY. 2020. Population Size and Home Range Estimates of Domestic Cats (*Felis catus*) on Mara Islet, Jeju, in the Republic of Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 34(1): 9-17. [Korean Literature]
- Korea Database on Protected Areas. 2022. [cited 2023 Sep 1]. Available from: <http://www.kdpa.kr/> [Korean Literature]
- Kwon KJ. 2001. Feeding habits of cat (*Felis catus*) in Korea. MS dissertation. Kyungnam University, Gyeongnam. [Korean Literature]
- Lee CI, Chung CU, Kim CY. 2009. Analyse the Winter Season Home Range of *Felis catus* resided in Gyeongju National Park of Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 23(5): 485-491. [Korean Literature]
- Liu C, Berry PM, Dawson TP, Pearson RG. 2005. Selecting Thresholds of Occurrence in the Prediction of Species Distributions. *Ecography*, 28(3): 385-393.
- López-Jara MJ, Sacristan I, Farias AA, Maron-Perez F, Acuna F, Aguilar E, Garcia S, Contreras P, Silva-Rodriguez EA, Napolitano C. 2021. Free-roaming domestic cats near conservation areas in Chile: Spatial movements, human care and risks for wildlife. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(3): 387-398.
- Loss SR, Will T, Marra PP. 2013. The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature communications*, 4(1): 1-8.
- Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M.

2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. Invasive Species Specialist Group Species Survival Commission, World Conservation Union (IUCN).
- Mariano RR, Philip JS, Antoni BM. 2015. Niche and movement models identify corridors of introduced feral cats infringing ecologically sensitive areas in New Zealand. *Biological Conservation*, 192: 48-56.
- Ministry of Agriculture and Forestry. 2001. An analysis of the damage state made by wildlife in Jeju island and a study on effective ways to cope with it. Ministry of Agriculture and Forestry. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2001. Study on habitat status and management of feral cats in Korea. Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2020. The Fourth Master Plan for Wildlife Conservation ('21~'25). Ministry of Environment. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research. 2010. Detailed Studies on Invasive Alien Species and Their Management[V]. National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Normand C, Urbanek RE, Gillikin MN. 2019. Population density and annual and seasonal space use by feral cats in an exurban area. *Urban Ecosystems*, 22: 303-313.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4): 231-259.
- Ryu JE, Choi YY, Jeon SW, Sung HC. 2018. Evaluation of Habitat Function of National Park Based on Biodiversity and Habitat Value. *The Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 21(5): 39-60. [Korean Literature]
- Silverman BW. 1986. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. London- New York, Chapman and Hall.
- Williamson SD, van Dongen R, Trotter L, Palmer R, Robinson TP. 2021. Fishing for Feral Cats in a Naturally Fragmented Rocky Landscape Using Movement Data. *Remote Sensing*, 13(23): 4925.
- Worton BJ. 1995. Using Monte Carlo Simulation to Evaluate Kernel-Based Home Range Estimators. *The Journal of Wildlife Management*, 59(4): 794-800.
- Yoo SY, Hong MJ, Moon YM, Choi JH, Lee JY, Yoo JC, Kwon IK. 2022. Study on the distribution of waterbirds and their core habitats in coastal wetlands in Incheon and Gyeonggi Bay. *Korean Journal of Ornithology*, 29(2): 119-130. [Korean Literature]