

## 멸종위기 야생생물 산림 서식지 질적 평가 체계 개발

윤광배<sup>1,2</sup>, 김선령<sup>1</sup>, 정석환<sup>1</sup>, 이진홍<sup>1,3</sup>, 도재화<sup>1</sup>, 한승현<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>국립생태원 복원전략실, <sup>2</sup>국립생태원 복원연구실,

<sup>3</sup>국립공원공단 국립공원연구원, <sup>4</sup>국립산림과학원 산림기술경영연구소

## Developing system of forest habitat quality assessment for endangered species

Kwang Bae Yoon<sup>1,2</sup>, Sunryoung Kim<sup>1</sup>, Seokwan Cheong<sup>1</sup>, Jinhong Lee<sup>1,3</sup>,  
Jae Hwa Tho<sup>1</sup>, Seung Hyun Han<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Restoration Strategy, National Institute of Ecology, Yeongyang 36531, Republic of Korea

<sup>2</sup>Division of Restoration Research, National Institute of Ecology, Yeongyang 36531, Republic of Korea

<sup>3</sup>Korea National Park Research Institute, Korea National Park, Wonju 26441, Republic of Korea

<sup>4</sup>Forest Technology and Management Research Center, National Institute of Forest Science, Pocheon 11186, Republic of Korea

### \*Corresponding author

Seung Hyun Han  
Tel. 031-540-1142  
E-mail. forestsh@korea.kr

Received: 1 September 2022

First Revised: 15 September 2022

Second Revised: 20 September 2022

Revision accepted: 20 September 2022

**Abstract:** In terms of habitat conservation, it is essential to develop a habitat assessment system that can evaluate not only the suitability of the current habitat, but also the health and stability of the habitat. This study aimed to develop a methodology of habitat quality assessment for endangered species by analyzing various existing habitat assessment methods. The habitat quality assessment consisted of selecting targeted species, planning of assessment, selecting targeted sites, assessing performance, calculating grade, and expert verification. Target sites were selected separately from core and potential habitats using a species distribution model or habitat suitability index. Habitat assessment factors were classified into ecological characteristic, landscape characteristic, and species-habitat characteristic. Ecological characteristic consisted of thirteen factors related to health of tree, vegetation, and soil. Landscape characteristic consisted of five factors related to fragment and connectivity of habitat. Species-habitat characteristic consisted of factors for evaluating habitat suitability depending on target species. Since meanings are different depending on characteristics, habitat quality assessment of this study could be used by classifying results for each characteristic according to various assessment purposes, such as designation of alternative habitats, assessment of restoration project, and protected area valuation for endangered species. Forest habitat quality assessment is expected to play an important role in conservation acts of endangered species in the future through continuous supplementation of this system in regard to quantitative assessment criteria and weighting for each factor with an influence.

**Keywords:** ecological characteristic, endangered species, forest habitat, habitat quality assessment, landscape analysis

## 서론

세계자연보존연맹 (IUCN, International Union for Conservation of Nature)은 멸종 위험 정도에 따라 세계 멸종 위기종들을 등급별로 목록화하고 현황 및 관련 정보를 수집하면서 국제적으로 보전 방안을 마련하고 있다. 2021년 기준, 국제적으로 멸종위기종 목록 (Red list)에 기재된 멸종위기종은 전체 생물종 (21만여 종) 중 14만 7500여 종에 해당하며, 2000년도 대비 7배 이상 증가한 수치이다 (IUCN Red List version 2022-1 in IUCN website). 멸종위기종 보전을 위해서는 종 개념에서의 인공 증식복원뿐만 아니라 주요 서식지에 대한 보전활동이 중요하기 때문에 서식지의 질과 생물다양성을 유지하고 보호하는 것은 전 지구적 시급한 과제이다 (Terrado *et al.* 2016).

야생생물은 주어진 공간에서 여러 생물학적 요인 및 비생물학적 요인과 상호작용을 통하여 서식하기 때문에 야생생물 보전을 위해서는 해당 종의 서식환경에 대한 면밀한 분석이 필요하다 (Guisan and Zimmermann 2000). 서식지를 평가하는 방법에는 특정 종의 서식지 적합성을 평가하는 서식지적합성지수 (HSI, Habitat Suitability Index) 평가, 종분포모형 (SDM, Species distribution model), 일반화선형모델 (Generalized linear model), 생태적 지위 모델 (Ecological niche factor model)과, 생태계의 상태를 진단하는 건강성 평가, 자연적·인위적 위협요인을 기반으로 하는 위협평가 (Evans *et al.* 2011) 등이 있다. 최근에는 GIS (Geographical Information System)와 원격탐사를 이용하여 경관 단위 또는 넓은 공간범위를 대상으로 하는 모형연구들이 많이 보고되고 있으나, 이들은 수관부 아래의 생태적 특성을 포함시키기 어렵기 때문에 서식범위가 협소한 야생생물의 경우 접목시키기 어렵다 (Zhang *et al.* 2017). 서식지의 질적 상태를 파악하기 위해서는 여러 방법들이 접목된 종합적인 평가 체계가 필요하며 (State of Queensland 2020), GIS, 원격탐사, 현장조사 방법을 병행하여 다양한 요소들에 대한 분석이 필요하다 (Ministry of Environment 2011).

서식지 질적 평가는 서식지의 상태 및 상황을 면밀히 분석하고자 사용되고 있으며, State of Queensland (2015, 2020)에서 제시하는 현장조사 방법과 InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) 모델의 한 모듈인 Habitat quality (HQ)를 활용한 방법으로 사용되어

왔다. State of Queensland (2014)는 서식지의 질적 평가를 코알라 복원지에 적용하여 서식지의 전반적인 상황에 대하여 분석한 사례가 있으나, 특정 종에 최적화된 평가 방법이다. Invest-HQ는 종 분포 데이터가 부족하거나 여러 서식지 유형이 혼합되어 있는 지역에서 적용가능하며 GIS를 활용하여 토지피복변화 시나리오에 따른 변화를 예측할 수 있는 이점이 있다 (He *et al.* 2017). 그러나 다양한 변수를 활용하는 것이 아니고 생태적 특성보다는 인간 활동에 의한 서식지 영향을 파악하는데 특성화되어있다 (Sharp *et al.* 2014).

한국은 산림, 농경지, 초지, 습지 등 다양한 생태계가 존재하나 그중 산림은 국토면적의 62.7%를 차지할 정도로 다양한 동·식물들의 대표적인 서식공간이다 (Korea Forest Service 2020). 그러나 우리나라 산림을 대상으로 멸종위기 야생생물 서식지의 질적인 부분을 평가하는 체계는 마련되어 있지 않으므로, 본 연구에서는 기존 평가 방법들을 분석하여 산림 서식지의 질적 평가를 위한 평가 대상지 선정 방법 및 평가항목 목록을 작성하고자 한다.

## 재료 및 방법

서식지 질적 평가 관련 국내·외 문헌을 수집 및 분석하기 위해 구글 학술검색 (Google Scholar)에 산림과 관련하여 ‘서식지 질적 평가 (habitat quality assessment)’, ‘서식지 평가 (habitat assessment)’, ‘서식지 적합성 지수 (habitat suitability index)’, ‘종분포모형 (species distribution model)’, ‘서식지 조사 (habitat survey)’, ‘서식지 모니터링 (habitat monitoring)’, ‘생태계 건강성 (ecological health)’, ‘경관생태계 평가 (landscape ecological assessment)’ 등의 키워드를 이용하여 검색하였다. 키워드 검색은 2002년부터 2021년까지 최근 20년간 검색되는 모든 논문, 보고서, 문헌 등을 대상으로 하였다.

멸종위기 야생생물 서식지 질적 평가 체계는 ‘서식지 질적 평가’에 대한 검색결과 74건 중, 전문가 자문을 통하여 서식지 질적 평가에 관한 전반적인 틀을 제시한 State of Queensland (2020)를 참고하였다. 서식지 평가 대상지 선정 부분은 산림 관련하여 ‘서식지 평가’ (1,150건) 검색 결과 중, 광범위한 스케일에서 결과를 수치화 또는 등급화하여 제시할 수 있고 멸종위기 야생생물을 대상으로 소수의

자료로 분석 또는 모델 구동이 가능한 모델인 '서식지 적합성 지수' (335건)와 '중분포모형' (286건)으로 범위를 축소하여 검토하였다. 최종적으로는 전문가 자문을 통하여 오픈 소스로 접근이 용이한 중분포모형 중 대표적인 모형인 MaxEnt (Maximum Entropy Model)를 예시 모델로 선정하여 제시하였다.

서식지 질적 평가 중 생태적 특성은 일반적으로 서식지의 물리적 환경 특성을 조사·분석·평가하는 '서식지 조사' (374건), '생태계 건강성' (940건), '서식지 모니터링' (438건) 검색 결과를 대상으로 하였고, 경관적 특성은 '경관생태계 평가' (38건) 검색 결과를 활용하였다. 종-서식지 특성은 국내 '서식지 적합성 평가' (30건) 검색 결과를 활용하여 영향 인자로 활용되는 항목들을 목록화하였다. 각 특성별 평가항목 선정은 각 특성별 검색 결과에서 공통적으로 발견되는 항목들을 중심으로 선정하였으며, 동일한 특성을 평가하는 유사 항목은 상대적으로 많이 활용되는 항목으로 선정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 서식지 질적 평가 체계

서식지 질적 평가는 총 6단계로 구성하였다(Fig. 1). 첫 번째, 대상 종을 선정한다. 보전 및 복원계획이 있는 종 중 서식지 적합성 분석이 가능하도록 서식환경특성에 대한 기초 자료가 일부 확보되는 종을 대상 종으로 선정해야 한다. 두 번째, 서식지 질적 평가 계획을 수립해야 한다. 대상 종에 대한 전국 분포자료, 관련 문헌자료들을 수집하고 평가위원을 선정하고 관련 분야 전문가를 중심으로 자문단

을 구성해야 한다. 대상 종 특성에 따라 평가대상 범위를 선정하고 평가 시기를 결정한다. 세 번째, 서식지 적합성 평가 결과를 기반으로 평가 대상지, 평가 도엽, 평가 조사구를 선정해야 한다. 네 번째, 서식지 질적 평가는 서식지 환경의 생태적 특성 및 경관적 특성에 대한 기본 평가와 대상 종 특성을 고려한 종-서식지 특성으로 구분하여 수행해야 한다. 다섯 번째, 각각 평가 조사구 점수를 합산하고 면적 가중치를 고려하여 최종 도엽별 점수를 산출해야 한다. 여섯 번째는 전문가 자문단을 활용하여 평가과정 및 평가결과에 대한 검증을 수행해야 하고 이 과정에서 발생되는 수정·보완 사항은 즉각 네 번째 과정에 반영해야 한다.

### 2. 서식지 질적 평가 대상지 선정

평가 대상지 선정은 총 5가지 과정으로 구성하였다(Fig. 2). 첫 번째, 전국단위 분포좌표 기반의 중분포모형(예시: MaxEnt, Maximum Entropy Model) 구동 결과를 활용하여 대상지 후보인 핵심 및 잠재서식지를 도출해야 한다. 중분포모형은 비교적 적은 자료를 활용하여 대상 종과 출현지점과 환경변수간의 관계를 분석하여 광범위한 범위에서 서식에 적합한 지역을 판단할 수 있는 도구로써(Guisan and Zimmermann 2000; Park *et al.* 2022), 자료수집(대상 종 분포자료, 환경자료 등) 및 전처리(격자화), 모형 적용 및 최적화, 모형 검증(AUC 신뢰도 검증), 서식지 예측 등의 과정을 거친다. 멸종위기 야생생물은 구축된 서식지 관련 자료가 대부분 미비한 상황이므로 중분포모형을 이용한 광범위한 스케일에서의 선행 평가로서 적절하다(Park *et al.* 2022). 이 과정에서 MaxEnt가 아닌 다른 중분포모형을 활용하여도 무관하다. 두 번째, 구동결과 중 적합지수



Fig. 1. Flow diagram showing habitat quality assessment for endangered species.

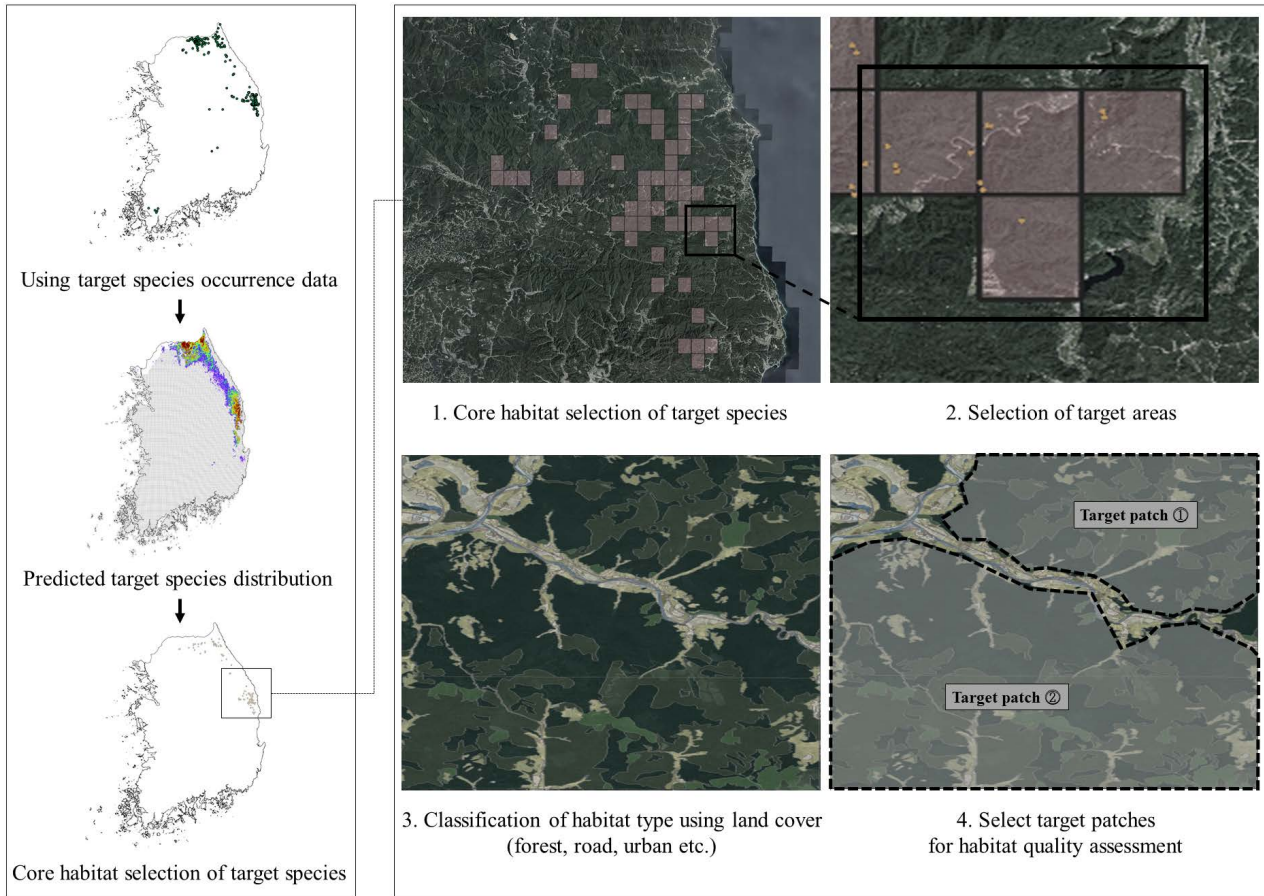


Fig. 2. Flow diagram showing the selection of target area.

및 분포좌표를 활용하여 핵심 및 잠재 서식지를 도출해야 한다. 핵심 서식지는 출현 지점이 나타나고 적합 지수가 높은 지역을 의미하며, 잠재서식지는 적합 지수는 높으나 출현은 없는 지역으로 구분하였다. 세 번째, 평가 대상지는 대상 종 복원이 수행되는 지역, 개발로 인해 서식지 훼손 위험이 높다고 판단되는 지역, 서식지 회복 능력이 낮거나 변화에 취약한 지역, 대상 종 분포가 급격히 감소 추세에 있는 지역 등 질적 평가를 수행하는 목적에 맞춰서 핵심 및 잠재서식지 내에서 선정해야 하며, 해당하는 1:5000 도엽을 확보해야 한다. 네 번째, 대상 종 서식 이용 유형(산림, 농경지, 초지, 수변, 하천 등)을 선정하고 이를 중심으로 도엽 내 서식 유형 분류(유형화) 작업을 거쳐야 한다. 유형화는 식생유형 경계, 도로, 울타리, 급수지점, 특정 경계 등을 기준으로 구분해야 한다. 다섯 번째, 평가 조사구는 평가 유형(대상 종 서식 이용 유형) 크기에 따라 평가 유형 내 일정수 배치해야 하며, 그 위치는 무작위 추출 방식을

통한 선정을 원칙으로 하되 평가 유형 환경을 대표할 수 있는 지점을 우선적으로 선정해야 한다. 평가 조사구 개수는 평가 유형 크기가 100 hectares (ha) 이하일 경우 최소 3개, 100~500 ha일 경우 5개, 500 ha 이상일 경우 7개 이상 선정해야 하며 조사구간 간격은 최소 100 m 이격된 장소로 선정해야 한다(State of Queensland 2020). 다음과 같은 일련의 과정을 통하여 평가 지역, 평가 도엽, 평가 조사구를 선정해야 하며 다음에 제시되는 각각의 항목들에 대한 평가를 수행해야 한다.

### 3. 서식지 질적 평가 항목

#### 1) 생태적 특성

생태적 특성은 서식지 물리적 환경 특성을 평가할 수 있으며, 서식지 질을 평가할 수 있는 핵심요소로 식생 건강, 구조, 기능을 설명할 수 있는 특성들로 이루어져야 한다

**Table 1.** Characteristics for habitat quality assessment

Characteristics	Category	Factor	Note
Ecological characteristics	Tree	Canopy vitality	Degree
		Leaf damage	Yes or no
	Vegetation	Number of large trees	tree <sup>-1</sup>
		Canopy cover	%
		Shrub layer cover	%
		understory cover	%
		Coarse woody debris	%
		Species diversity	unit
		Forest floor (weight or vertical depth)	g m <sup>-2</sup> or cm
	Soil	Soil texture	
		Effective soil depth	cm
Soil pH			
Soil organic matter		%	
Landscape characteristics	Fragment	Number of patch or total patch area	unit or ha
		Connectivity	%
	Connectivity	Context	%
		Ecological corridors	Yes or no
Water	Distance to permanent water	km	
Species-habitat characteristics	Depending on target species		

(Liana *et al.* 2013). 생태적 특성은 수목 평가, 식생 평가, 토양 평가로 크게 분류할 수 있으며, 12개의 항목으로 구성된다(Table 1).

수목 평가 중 수관 활력은 수목의 건강성을 가장 잘 나타내는 지표이며, 잎 피해는 임분의 특정 이벤트에 의한 피해 상황을 나타내는 지표이다(Salsabila *et al.* 2021). 수관 활력은 가지와 고사울 및 잎 변색율을 확인하여 측정하며, 잎 피해는 병충해에 의한 피해, 수분 스트레스에 의한 잎 고사 등의 여부를 기반으로 평가한다(NIFOS 2017).

식생 평가 중 대경목 개수/비율은 임분이 지닌 에너지 생산의 건강성을 평가할 수 있는 항목으로 대경목(직경 30 cm 이상) 개수 또는 전체 수목(직경 10 cm 이상) 중 대경목의 비율로 산정한다. 수관부, 관목층, 하층식생 면적은 식생의 구조와 기능을 평가할 수 있는 항목으로 전체 공간 내 차지하고 있는 비율로 평가한다(State of Queensland 2015). 고사목의 비율은 임분의 활력 및 건강성을 직접적으로 나타내는 지표로, 고사목은 서있는 고사목(snag), 누워있는 고사목(log), 그루터기(stump)를 모두 포함한다.

종다양성은 산림식생의 구조 및 천이단계, 생태적 지위 등을 평가할 수 있는 항목이다(Liana *et al.* 2013). 임상층의 양 또는 두께는 야생동물서식지, 양분순환, 토사유출 위험성을 나타내는 중요한 지표 중 하나이다(NIFOS 2017).

토양 평가는 토양의 물리적 및 화학적 상태를 평가하게 되어 있으며, 이러한 특성은 식생의 생존 및 생장에 직접적으로 영향을 미친다(Han *et al.* 2019). 토성은 토양의 물리화학적 특성을 나타내며, 보수력, 통기성, 양이온 교환 능력, 토양 미생물 활성 등 토양 특성 전반적에 직접적으로 영향을 미치는 변수이다(Chau *et al.* 2011; Yang *et al.* 2018). 토양 pH는 토양의 산성화 정도를 파악하여 수목의 양분흡수에 주는 영향에 대해 파악할 수 있으며(Šantrůčková *et al.* 2019), 토양 유기물 함량은 수목이 흡수할 수 있는 양분 현황(토양 비옥도)을 파악할 수 있다(Han *et al.* 2019).

## 2) 경관적 특성

경관적 특성은 생태적 특성보다 더 큰 규모(scale)인 경

**Table 2.** List of species-habitat characteristics for habitat quality assessment

Level 1	Level 2	Factors
Space	Land cover	Area and proportion of target cover, distance to target cover
	Topography	Altitude, slope, aspect, rock, valley/ridge
	Vegetation	Age class, diameter class, height, canopy cover, vegetation cover
	Soil characteristics	Soil texture, effective soil depth, soil fertility, soil pH, conductivity, bulk density, salinity,
	Climate	mean/maximum/minimum air temperature, annual precipitation, humidity, amount of sunshine, soil microclimate, air flow/wind speed
	Hiding/breeding space	Area and proportion of target cover, distance to target cover, area of shrub or understory, distribution of rock, number of coarse woody debris, mid-channel island
Biological resource	Food (prey) resource	Distribution of prey, area of food resource
	Insect pollinator	Presence of pollinator
Water	Water resource	Distance to water, area of water system, irrigation ditch
	Water characteristics	Temperature, depth, quality, flow velocity, dissolved oxygen, saturation, turbidity, riverbed material, time and frequency of flooding, tide
Threat	Natural cause	Invasive species, climate change (extreme condition)
	Artificial cause	Area of residential or urban district, road (include forest road and trail), human activity, forest tending work, graze

관적 관점에서 대상지를 평가하며, 서식지가 놓여진 파편 정도, 주변 평가대상 유형과의 연결성 등을 파악하기 위한 특성이다. 단절된 경관에 따른 서식지 감소와 파편화는 야생동물에 있어서 개체군의 지속성과 생존에 치명적인 영향을 미친다(Beier and Noss 1998; Fahrig 2018). 서식지 질적 평가에서 경관적 특성은 서식지의 파편화, 연결성, 급수 여건과 관련된 5개 항목으로 구성된다(Table 1).

서식지의 단절 또는 서식지의 파편화를 직접적으로 나타내는 평가 도엽 내 평가 대상지 개수 및 면적은 해당 도엽 내에서 대상 종의 서식지 유형에 따라 나타나는 유형화 결과에서 해당 유형의 개수와 면적을 계산하여 나타낸다(Stiver *et al.* 2015). 평가 대상지의 개수가 적을수록, 면적은 클수록 서식지의 상태는 양호한 것으로 판단한다.

서식지 연결성은 평가 대상지 단위로 평가하며, 평가 도엽 내 해당 유형 간 연결성, 평가 도엽 주변 도엽(8개) 내 평가 대상지의 놓여진 상황(context), 생태통로의 유무에 대한 평가로 이루어진다. 평가 도엽 내 연결성은 평가 대상지 유형 경계 기준으로 동일한 유형과 연결되어 있는 상황을 평가한다. 이는 경계 기준으로 대상 종 서식지 유형이 동일 서식지 유형과 연결되는 경계부 길이의 비율을 활용하여 분석한다(State of Queensland 2015; Fig. 3a). 서식

지 상황은 평가 도엽 주변 도엽에서 동일한 서식지 유형이 차지하는 면적을 계산하여 평가한다. 평가는 평가 도엽과 주변 도엽을 포함한 총 9개 도엽을 대상으로 대상 종의 서식지 유형 경계를 판단하여 서식지 유형이 연결되어 있는 모든 지역의 면적을 측정한다(State of Queensland 2015; Fig. 3b). 생태통로는 단절 및 파편화된 지역에서 대상 종 서식지 유형 간 생태적 연결성을 평가할 수 있는 지표로, 대상 종이 생태통로로 활용할 수 있는 가능성을 기준으로 평가한다(State of Queensland 2015).

급수 여건은 영구적인 급수지점으로 댐, 강, 하천 등이 포함되며 이들로부터 해당 평가 대상지의 중심점까지 거리로 평가한다. 그러나 대상 종에 따라 급수 유형이 다르기 때문에 이를 고려하여 선정해야 한다.

### 3) 종-서식지 특성

종-서식지 특성은 생태적 및 경관적 특성과는 다르게 대상 종과 직접적으로 관련되어 있는 서식지 생물·생태학적 환경 특성으로 구성된다. 이는 서식, 은신, 번식 등의 공간 및 자원 수용력, 위협요인 등 대상 종의 서식지의 지속적인 이용에 직접적으로 연결되는 항목들로, 평가계획 수립 단계에서 선별한다(Fig. 1). 종-서식지 특성의 항목은 한국

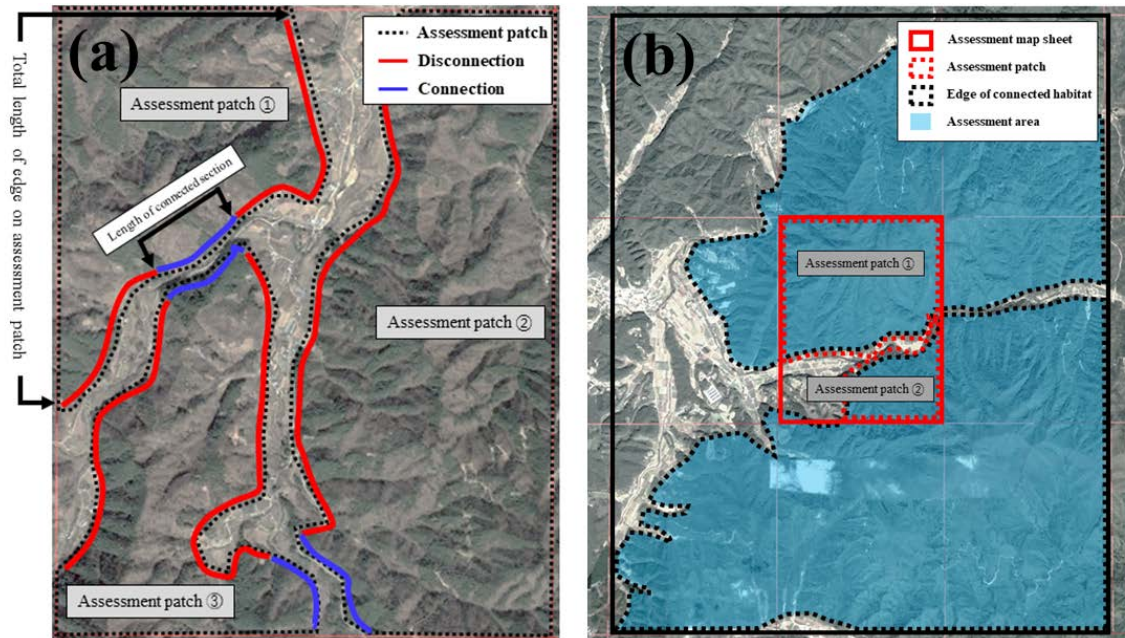


Fig. 3. Measurement of (a) habitat connectivity and (b) habitat context for assessment patch in a map sheet.

에서 발표된 서식지 적합성 평가 관련 논문 30건을 검토하여 목록화하였다(Table 2). 종-서식지 특성은 크게 공간, 생물자원, 수자원, 위협요인 등의 4개의 대분류와 그 안에 12개의 중분류로 구분하였다. 분류군 또는 종별 영향을 받는 중분류 및 서식변수들이 상이하므로, 사전 문헌검토를 통하여 적합한 서식변수 선택이 중요하다. 토지피복, 지형, 먹이원 분포, 위협요인(자연적, 인위적)은 대부분 분류군에 해당하나 토양특성은 식물에(Zuquim *et al.* 2020), 은식처 및 번식지는 포유류 또는 조류에 주로 해당된다(Wolf *et al.* 2012). 대상 종의 서식지와 관련된 기존 문헌 검토 및 전문가 자문(델파이 기법)을 활용하여 서식지 적합성을 평가할 수 있는 종-서식지 특성 항목을 구성해야 한다(ME 2011). 일반적으로 회귀모델을 이용하여 유의한 서식변수 항목을 도출하는 것이 타당하나(Jung *et al.* 2016), 멸종위기 야생생물은 기존 서식지 관련자료가 미비하기 때문에 전문가 지식에 의존하여 종-서식지 특성을 선정해야 할 수 있다(Kangas *et al.* 2000; Liang *et al.* 2015).

#### 4) 서식지 질적 평가 활용성

서식지의 생태적 특성 및 경관적 특성은 서식지의 전반적인 상태와 상황을 평가하고 종-서식지 특성은 대상 종에 대한 서식지 적합성을 평가한다. 따라서 서식지 질적 평가

를 통하여 우수하다고 판단되는 지역이 대상 종이 가장 많이 서식하는 지역이거나 핵심 서식지라고 판단하기 어렵다. 이는 종합적인 점수에도 의미가 있으나, 활용목적에 따라서 특성별 점수를 구분하여 비교·제시할 필요성이 있다는 것을 의미한다. 즉, 멸종위기종의 신규 및 대체 서식지 지역을 모색하기 위해서는 종-서식지 특성에 대한 점수를 위주로 선정하되, 타 특성 점수는 일부 반영하는 형태가 적합하다(Kim *et al.* 2016). 생태복원사업이 이루어진 지역에서의 평가와 모니터링은 서식지가 안정성을 찾아가는지를 확인하기 위하여 생태적 및 경관적 특성에 대한 평가가 위주가 되어야 한다(Liana *et al.* 2013). 야생생물 보호지역 가치평가 일환에서는 종합적인 점수를 활용하여 신규 지정을 위한 기초자료를 마련하거나 개선방안을 모색하는데 활용할 수 있다. 본 연구에서 제시하는 멸종위기 야생생물의 서식지 질적 평가 체계는 기존에 주로 소수의 서식지 적합성 지수를 활용하여 광범위한 스케일로 서식지의 적합성 부분에 한정하여 결과를 제시하던 방법에 심층적인 현장조사를 병행하여 서식지의 전반적인 부분을 모두 평가할 수 있다. 서식지 평가는 다양한 스케일에서 다각적인 측면으로 이루어져야 하는데(Kim *et al.* 2020), 이에 서식지의 생태적 특성, 경관적 특성, 종-서식지 특성으로 구분하여 평가를 이루어지는 것은 기존의 여러 선행 평

가 방법들을 모두 포함시킬 수 있는 이점이 있다(State of Queensland 2020).

한편 서식지 질적 평가가 보편화되려면 정량적인 평가 기준이 확립되어야 한다. 각 항목별 벤치마킹을 통하여 점수 기준을 마련해야 하며, 항목에 따라 가중치 부여를 통하여 항목별 차별화가 필요하다(Liang *et al.* 2015). 멸종위기 야생생물의 경우, 서식범위가 협소한 경우가 많고 자료가 부족하여 기준 마련이 어려운 상황이다. 따라서 종별 보전계획에서 서식지 질적 평가에 필요한 자료들을 목록화하고 향후 통계기반의 점수기준을 마련할 필요가 있다.

## 적 요

본 연구에서는 서식지 질적 평가에 대한 추진체계를 6 단계로 구분하고, 평가 대상지 선정 방법과 서식지 질적 평가 항목을 제시하였다. 서식지 질적 평가 항목은 서식지의 건강성, 안정성, 단절화 및 파편화 정도, 서식지 적합성, 위협 정도 등에 대한 종합적인 평가가 가능하도록 구성되었다. 그러나 현시점에서는 자료부족으로 인하여 서식지 질적 평가 체계가 적용 가능한 멸종위기종이 극히 일부에 해당된다. 서식지 질적 평가 체계는 향후 멸종위기종들에 관한 서식환경자료가 축적되고 이를 기반으로 평가항목들에 대한 정량적 기준 및 가중치가 부여되면 멸종위기종별 주요 서식지에 대한 보전방안 마련에 크게 기여할 것으로 기대된다.

### CRedit authorship contribution statement

KB Yoon: Visualization, Writing- Original draft preparation. S Kim: Investigation, Software. S Cheong: Methodology, Supervision. J Lee: Investigation. JH Tho: Funding acquisition. SH Han: Conceptualization, Writing- Reviewing and Editing.

## 사 사

본 연구는 국립생태원 연구과제(NE-고유연구-2022-34)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Beier P and RF Noss. 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conserv. Biol.* 12:1241-1252. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1998.98036.x>
- Chau JF, AC Bagtzoglou and MR Willig. 2011. The effect of soil texture on richness and diversity of bacterial communities. *Environ. Forensics* 12:333-341. <https://doi.org/10.1080/15275922.2011.622348>
- Evans MC, JEM Watson, RA Fuller, O Venter, SC Bennett, PR Marsack and HP Possingham. 2011. The spatial distribution of threats to species in Australia. *Bioscience* 61:281-289. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.4.8>
- Fahrig L. 2018. Habitat fragmentation: A long and tangled tale. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 28:33-41. <https://doi.org/10.1111/geb.12839>
- Guisan A and NE Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol. Model.* 135:147-186. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
- Han SH, JH Kim, WS Kang, JH Hwang, KH Park and CB Kim. 2019. Monitoring soil characteristics and growth of *Pinus densiflora* five years after restoration in the Baekdudaegan ridge. *Korean J. Environ. Ecol.* 33:453-461. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2019.33.4.453>
- He J, J Huang and C Li. 2017. The evaluation for the impact of land use change on habitat quality: A joint contribution of cellular automata scenario simulation and habitat quality assessment model. *Ecol. Model.* 366:58-67. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.10.001>
- IUCN Red List version 2022-1. International Union for Conservation of Nature. <https://www.iucn.org/press-release/202207/migratory-monarch-butterfly-now-endangered-iucn-red-list>. Date/time: 3 Aug, 2022, 9 am.
- Jung J, Y Shimizu, K Omasa, S Kim and S Lee. 2016. Developing and testing a habitat suitability index model for Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) and its potential for landscape management decisions in Korea. *Anim. Cells Syst.* 20:218-227. <https://doi.org/10.1080/19768354.2016.1210228>
- Kangas J, R Store, P Leskinene and L Mehtatalo. 2000. Improving the quality of landscape ecological forests planning by utilizing advanced decision-support tool. *For. Ecol. Manage.* 132:157-171. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00221-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00221-2)
- Kim HG, EJ Lee, C Park, KS Lee, DK Lee, WS Lee and JU Kim. 2016. Modeling the habitat of the red-crowned crane (*Grus japonensis*) wintering in Cheorwon-Gun to support decision making. *Sustainability* 8:576. <https://doi.org/10.3390/su8060576>



- Kim JY, JG Kim, DY Bae, HJ Kim, JE Kim, HS Lee, JY Lim and KG An. 2020. International and domestic research trends in longitudinal connectivity evaluations of aquatic ecosystems, and the applicability analysis of fish-based models. *Korean J. Environ. Biol.* 38:634–649. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2020.38.4.634>
- Korea Forest Service. 2020. 2020 Statistical Yearbook of Forestry. Korea Forest Service. Daejeon, Korea. p. 40.
- Liana W, H Jean-Marc and H Michael. 2013. Evaluating ecological restoration success: A review of the literature. *Restor. Ecol.* 21:537–543. <https://doi.org/10.1111/rec.12028>
- Liang J, S Hua, G Zeng, Y Yuan, X Lai, X Li, F Li, H Wu, L Huang and X Yu. 2015. Application of weight method based on canonical correspondence analysis for assessment of Anatidae habitat suitability: A case study in East Dongting Lake, Middle China. *Ecol. Eng.* 77:119–126. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.01.016>
- Ministry of Environment (ME). 2011. A Study on Plan Preparation for Habitat Suitability Assessment of Endangered Species by Development Project. Ministry of Environment. Sejong, Korea. pp. 60–63.
- NIFOS. 2017. Development of Monitoring Indicators and Evaluation Techniques for Forest Health. National Institute of Forest Science. Seoul. pp. 35–57.
- Park T, H Jang, SE Eom, K Son and JJ Park. 2022. Analysis and estimation of species distribution of *Mythimna seperata* and *Cnaphalocrocis medinalis* with land-cover data under climate change scenario using MaxEnt. *Korean J. Environ. Biol.* 40:214–223. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2022.40.2.214>
- Ross S, JM Costanzi, MA Jahdhami, HA Rawahi and M Ghazali. 2020. First evaluation of the population structure, genetic diversity and landscape connectivity of the Endangered Arabian tahr. *Mamm. Biol.* 100:659–673. <https://doi.org/10.1007/s42991-020-00072-4>
- Salsabila R, H Hariyadi and N Santoso. 2021. Tree health management strategy in Cianjur urban forest. *Jurnal Sylva Lestari* 9:86–103. <https://doi.org/10.23960/jsl1986-103>
- Šantrůčková H, E Cienciala, J Kaňa and J Kopáček. 2019. The chemical composition of forest soils and their degree of acidity in Central Europe. *Sci. Total Environ.* 687:96–103. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.078>
- Sharp, R. HT Tallis, T Ricketts, AD Guerry, SA Wood, R Chaplin-Kramer, E Nelson, D Ennaanay, S Wolny, N Olwero, K Vigerstol, D Pennington, G Mendoza, J Aukema, J Foster, J Forrest, D Cameron, K Arkema, E Lonsdorf, C Kennedy, G Verutes, CK Kim, GGuannel, M Papenfus, J Toft, M Marsik, J Bernhardt, R Griffin, K Glowinski, N Chaumont, A Perelman, M Lacayo, L Mandle, R Griffin and P Hamel. 2014. InVEST Tip User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford University. Stanford, CA.
- State of Queensland. 2015. BioCondition (A Condition Assessment Framework for Terrestrial Biodiversity in Queensland). Queensland Government. Australia. pp. 27–33.
- State of Queensland. 2020. Guide to Determining Terrestrial Habitat Quality. Queensland Government. Australia.
- Stiver SJ, ET Rinkes, DE Naugle, PD Makela, DA Nance and JW Karl. 2015. Sage-Grouse Habitat Assessment Framework: A Multiscale Assessment Tool. Technical Reference 6710-1. Bureau of Land Management and Western Association of Fish and Wildlife Agencies. Denver, CO. pp. 9–11.
- Terrado M, S Sabater, B Chaplin-Kramer, L Mandle, G Ziv and V Acuña. 2016. Model development for the assessment of terrestrial and aquatic habitat quality in conservation planning. *Sci. Total Environ.* 540:63–70. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.064>
- Wolf J, R Baker and E Reed. 2012. An assessment of vegetation cover for grassland bird breeding habitat in southeastern Wisconsin. *Bird Popul.* 11:22–29.
- Yang X, J Fan and SB Jones. 2018. Effect of soil texture on estimates of soil-column carbon dioxide flux comparing chamber and gradient methods. *Vadose Zone J.* 17:1–9. <https://doi.org/10.2136/vzj2018.05.0112>
- Zhang W, B Hu, M Woods and G Brown. 2017. Characterizing forest succession stages for wildlife habitat assessment using multispectral airborne imagery. *Forests* 8:234. <https://doi.org/10.3390/f8070234>
- Zuquim G, FRC Costa, H Tuomisto, GM Moulatlet and FOG Figueiredo. 2020. The importance of soils in predicting the future of plant habitat suitability in a tropical forest. *Plant Soil* 450:151–170. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-03915-9>