

연구노트

GIS를 이용한 서식지적합성지수(HSI)의 생태영향평가 활용방안연구
- 삼장-산청 국도건설공사를 사례에서 삶을 중심으로 -

이상돈 · 권지혜 · 김아람 · 정지향

이화여자대학교 환경공학과

(2012년 6월 15일 접수, 2012년 7월 28일 승인)

A Study on Ecological Evaluation of Habitat Suitability Index using GIS
- With a case study of *Prionailurus bengalensis* in Samjang-Sanchung Road Construction -

Sang-Don Lee · Ji-Hye Kwon · Ah-Ram Kim · Ji-hyang Jung

Department of Environmental Science & Engineering, College of Engineering,
Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

(Manuscript received 15 June 2012; accepted 28 July 2012)

Abstract

For biodiversity conservation, Biological Impact Assessment is very important. The focus of the study is to enhance efficient Environment Impact Assessment(EIA) based on collecting existing information of endangered species covering the status survey, estimation of effects and reducing methods. Habitat Suitability Index(HSI) can be applicable to Ecological Impact Assessment and finding various reducing methods based on estimating effects. For this study, the EIA report of Samjang - Sanchung highway construction was chosen as an example and *Prionailurus bengalensis euphilura* as an endangered species was chosen to assess the ecosystem impact on road construction. Water, road, ground coverage, slope, altitude as variables of habitat were weighted and final HSI map was calculated using Arc map and Arc view. Through comparing of before and after HSI, quantitative estimating on effects was possible to minimize impact of road construction to wildlife habitat.

Keywords : Habitat Suitability Index(HSI), Ecological Evaluation, GIS, *Prionailurus bengalensis*.
Road Construction

1. 서 론

1. 연구의 배경

환경영향평가란 개발활동으로 인한 자연 및 생활 환경상의 변화를 사전에 예측·평가하고 환경에 미칠 악영향을 규명하여 그 저감·제어방안을 선택함으로써 환경보전대책을 강구하는 것이라고 할 수 있다(NEPA, 1970). 불가피한 개발사업에 의한 생물서식공간의 파괴나 훼손을 최소화하기 위해서는 생물상 및 생물서식공간 현황을 파악하고 생태계의 구조와 기능에 미치는 영향을 확인하여 생물 다양성을 보전할 수 있도록 저감방안을 마련해야 한다(환경부, 2007). 그러나 현실적으로 환경영향평가에서 자연생태환경분야에 대한 영향평가는 대기나 수질 및 토양 등의 오염평가에 비해 상당히 뒤떨어져 있다. 그 이유는 오염현상은 비교적 단시간 내에 인간에게 직접적인 피해를 줄 수 있지만 동식물의 훼손과 같은 생태계의 파괴는 그 피해가 장기적이기 때문이다.

기존의 환경영향평가서는 개발사업이 동식물상에 미치는 영향예측과 이를 저감하기 위한 대안의 강구보다는 동식물상에 대한 기초적인 현황조사의 내용을 백과사전식으로 나열하는데 무게를 두고 있다. 즉 환경영향평가서의 동식물상 현황조사 단계에서는 대상지역에 서식하고 있는 동식물종 목록과 그 분포에 대해서 세세히 기록하고 있으나, 정작 개발사업이 동식물에 미치는 악영향을 예측하는 단계에서는 예측과 그 과정이 간단하고 단순하여 형식적인 측면이 강하다. 또한 앞서 조사한 현황자료가 영향예측에 제대로 활용되지 않고 있는 실정이다. 그렇기 때문에 현황조사와 영향예측이 분리된 상태로 진행되고 있으며 이는 효과적인 영향예측을 저해하고 더불어 영향예측과 연계되는 저감방안의 강구에 있어서도 한계를 나타내는 비효율적인 면을 보인다. 이를 개선하기 위해서 본 연구에서는 서로 분리된 현황 조사와 영향예측 및 저감방안을 연결하여 보다 효율적인 생태영향평가의 방법을 삼장-산청 국도건설사업을 사례로 활용하여 제시하고자 한다.

2. 연구의 목적

생태영향평가란 환경영향평가의 일부분으로서 사업의 시행으로 인하여 생태계가 받게 되는 여러 가지 영향을 평가하고, 이에 대한 저감방안을 모색하는 것을 말한다. 본 연구에서는 기존의 환경영향평가서의 동식물상분야에 기재된 생태현황자료를 영향예측에 활용하고 정량적인 영향예측을 통해 보다 효율적인 생태영향평가를 시행할 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 동물의 경우 그 개체 수를 보호하기 위해서는 서식지 보호가 기본적으로 이루어져야 한다(정지향, 2007). 우리나라에서 서식하고 있는 많은 동물 중에서 삼은 환경부지정 멸종위기2급으로 서식지의 보호가 절실하다. 현재 59번국도 건설 예정지는 경상남도 산청군 내 위치한 지리산 국립공원과 인접한 지역으로서 주변지역에 삼이 서식하고 있다고 알려져 있다. 그러므로 GIS를 이용하여 영향평가 대상지역 내 삼의 서식지적합성지수(Habitat Suitability Index, HSI)를 산출하여 도로의 건설에 따른 삼의 서식지 파괴를 정량적으로 예측하고, 이를 활용하여 영향을 저감하는 방안을 강구하고자 한다.

II. 연구의 지역 및 방법

1. 연구의 재료

1) 연구 종

전 세계적으로 구북구(舊北區)의 중국과 러시아를 포함하여 동남아 일대에만 분포하여 서식하고 있는 삼(*Prionailurus bengalensis* Kerr, 1792)은 현재 Wozencraft(1993)의 분류법에 따라 전체 3아과 18속 37종으로 이루어져 있는 고양이과(Felidae) 중 다른 3종과 함께 *Prionailurus* 속으로 분류되어져 있다. 현재 삼은 서식지역과 이들이 갖는 고유한 특성에 따라 총 10개의 아종(subspecies)으로 구성되어져 있으며, 이 중 우리나라를 포함하여 중국의 만주 지방과 동부 러시아 및 일본의 쓰시마 섬에는 단 1개의 아종인 *Prionailurus bengalensis euptilurus*

(Elliot, 1871)만이 서식하고 있는 것으로 보고되어 있다(Nowak, 1999).

삶은 고양이보다 크고 몸은 비교적 길며, 다리는 짧다. 꼬리는 등글고 길이는 몸통 길이의 약 1/2 정도이다(윤명희 외, 2004). 미간사이로부터 이마 양쪽에 흰 무늬가 확실히 나타나 있다. 발톱은 매우 날카로우나 작고 황백색이다. 털의 색깔은 회갈색으로서 타원형의 암갈색의 반점이 여기저기 산재하여 있다. 복부에는 다소 검은 황갈색의 반점이 있다(원병휘, 1967; 윤명희 외, 2004). 삶의 털 색깔은 지역에 따라 약간씩 다르며, 아무르지방에서는 주로 은회색이다. 몸통에는 많은 반점이 있고, 미간부터 정수리까지 흰 두 줄의 가장자리는 검은색이어서 마치 4줄의 검은색 줄무늬가 눈 안쪽부터 정수리까지 뻗어 있는 것처럼 보이며, 털은 짧다(Grzimek, 1989; Nowak, 1999; Sunquist and Sunquist, 2002; Wilson and Reeder, 2005; 원병휘, 1967; 윤명희 외, 2004).

단독 또는 한 쌍으로 생활을 하며, 야행성이지만 산간벽지에서는 낮에도 먹이를 찾아다닌다(Nowak, 1999). 나무도 잘 오르며 헤엄도 잘 친다. 먹이는 주로 쥐 종류와 작은 동물(노루, 고라니, *Hydropotes inermis* 등)이며 꿩 새끼, 멧토끼(*Lepus coreanus*), 청설모(*Sciurus vulgaris*), 다람쥐 등을 잡아먹기도 한다. 해질 무렵부터 밤중에 활동하고 주간에는 휴식을 취한다(윤명희 외, 2004).

삶은 CITES(멸종위기 야생동식물의 국제거래에 관한 협약: Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) 부속서 I, II에 등재되어 보호받으며, 특히 빈약한 군집수를 보이는 인도, 방글라데시, 태국에 서식하는 삶은 CITES 부속서 I에 등재되어 있고, 그 외 지역에서 서식하는 종들은 부속서 II에 등재되어 있다(Nowak, 1999). 원(1967)에 의하면 한국에서는 6.25 이후 “프라톨(Fratol: sodium monofluoroacetate)”과 같은 독성이 강한 살서제(rodenticide)의 무제한 사용으로 인한 2차적 피해로 삶이 거의 멸종 상태에 놓이게 되었다고 하였다(김영섭 외, 2010). 현재 삶

은 환경부지정 멸종위기종 II급으로 지정되어 있으며, *P. b. bengalensis* 아종은 USDI(United States Department of the Interior) 멸종위기종으로 지정되어 있다(Nowak, 1999). 멸종위기의 삶에 대한 개체 수 보전을 위해 법적 보호종으로서의 지정뿐만 아니라 서식지 보전의 구체적 방안이 마련되어야 할 것으로 보인다.

2) 연구지역

본 연구의 연구 지역은 경상남도 산청군 내 금서면(今西面), 삼장면(三壯面), 오부면(梧釜面), 산청읍(山淸邑)의 세 개의 면과 한 개의 읍을 일부분씩 차지하고 있다. 연구지역을 정사각형으로 지정하였으며, 지리적 위치는 남단 : N 35° 22' 48", 북단: N 35° 27' 34", 동단: E 127° 09' 16", 서단: E 127° 07' 18" 이다. 연구지역을 중심으로 하여 남쪽에는 웅석봉 국립공원(17.25 km²)이 있고 남서쪽으로는 지리산 국립공원(417.8 km²)이 위치해 있으며, 북쪽에서 남동쪽 방향으로 남강의 상류부인 경호강이 구불거리며 지역을 통과하고 있다. 또한 경상남도 산청군 삼장면 평촌리에서 시작하여 산청읍 옥산리에 이르는 국도건설 예정지가 포함되어 있다. 산청읍 내 시가지를 제외하면 연구지역의 대부분은 임야가 차지하고 있으며 그 외 농경지와 농촌 마을로 구성되어 있다. 연구지역은 지리산 국립공원과 웅석봉 국립공원에 인접해 있어 많은 주요 멸종위기종들이 서식하고 있는 지역이다. 그러므로 개발사업을 계획할 경우에 이러한 점을 고려하여 지역 내 개발로 인한 야생 동식물의 피해를 미리 예측하고 저감방안을 강구하여 생태계의 파괴를 최소화하도록 노력해야 한다.

3) 분석자료

본 연구에서 경상남도 산청군 내 연구지역의 삶에 대한 서식변수별 SI(Suitability Index: 적합성지수)를 산출하기 위해서 산청군의 1:50000 축적의 지형도(국토지리정보원, 2010), Landcover map(환경부, 2007), 전국 경사도(Biz-Gis), 삼장-산청국도건설공사 환경영향평가서(환경영향평가정보지원

시스템, 2010)를 이용하였으며, ArcGIS map ver. 9.3.1과 ArcView ver. 3.3을 활용해 자료를 분석하고 최종 HSI를 도출하였다.

4) 환경영향평가서 요약

(1) 삼장-산청 국도건설공사 사업의 개요

본 과업은 국도 59호선 경상남도 산청군 삼장면 평촌리~경상남도 산청군 산청읍 옥산리 구간으로 총 연장(11.8km)과 폭원(11.5m, 왕복 2차로)을 가지고 있다. 도로의 건설은 원활한 교통소통 및 지역 개발을 추진하고자 함이며, 기존 59호선 및 산청군 지역 교통소통 증진을 위하여, 경상남도 산청군 삼장면 평촌리~경상남도 산청군 산청읍 옥산리 구간에 국도를 확장 및 신설함으로써 통과 교통처리 및 주변 개발계획의 수요 처리를 그 목적으로 한다(환경영향평가정보지원시스템, 2010)

(2) 동식물상 현황자료의 활용

① 특정동물 분포도 및 조사지역의 생태조사현황도

환경부지정 멸종위기종의 분포를 기존의 문헌자료와 현장조사를 통하여 파악할 수 있다. 이러한 자료를 이용하여 서식하고 있는 주요 동물종 및 그 서식지에 대한 정보를 얻을 수 있는데, 주로 배설물이나 족적으로 동물이 서식함을 판단할 수 있다. 삶의 경우, 배설물 발견지점이 그곳이 삶의 서식지임을 알려주는 지표이고, 이는 HSI를 통해 개발사업이 삶에 미치는 영향을 예측하기 위한 공간적 범위를 설정하는 기준이 된다.

② 조사지역의 녹지자연도

녹지자연도(Degree of Green Naturalty)는 식물군락의 자연성을 등급화한 지도이다. DGN 0은 녹지 식생이 없는 수역이고 1등급은 주거지 또는 나지, 2등급은 경작지, 3등급은 과수원 또는 묘포지, 4등급은 키 낮은 초원, 5등급은 키 큰 초원, 6등급은 조림지, 7등급은 이차림(I, 약 20년생 미만의 수령을 나타내는 산림지구), 8등급은 이차림(II, 약 20~50년생 수령을 나타내는 산림지구)을 의미한다. 이렇게 등급화된 녹지의 구분은 특정 동물의 먹

이 자원과 은신, 번식, 휴식지로 이용되는 지표 서식변수를 분석하는데 활용될 수 있다. GIS에서 활용하기 위한 녹지자연도는 국가공간정보유통센터(www.nsic.co.kr: 국토해양부 산하기관)에서 제공받을 수 있다.

동물의 경우 공간적 범위를 선정하여 그 안에 서식하는 동물종의 파악만으로는 영향예측이 어렵다. 동물을 보호하기 위해서는 서식지의 분석이 필요한데, 여기에 서식지적합성지수를 적용할 수 있다. 그러므로 현황조사를 통해서 동물종의 서식을 파악하고, 이를 바탕으로 한 공간적 범위 내에서 HSI를 분석함으로써 개발사업에 의한 영향의 정량적 예측이 가능하다.

3. 서식변수별 SI의 설정

1) 연구개요

현재 진행되고 있는 생태영향평가(환경영향평가 내 자연생태환경 분야)에서 동물에 대한 조사는 주로 대상지역 내에 서식하고 있는 종 목록을 나열하거나 흔적조사를 통한 종 분포를 파악하는데 그치고 있다. 그러나 야생동물의 경우 서식지 분포 및 서식지 조각(habitat patch)의 공간적 구조를 파악하는 것이 필수적이다(김원주, 1998). 이를 위해서 삼장-산청 59번 국도 신설 및 확장 건설 예정지인 산청군 지역 내 서식하고 있는 삶의 HSI를 분석하였다. 넓은 지역에서 야생동물의 분포와 서식지 이용을 효율적으로 분석하기 위해 GIS와 공간모형을 이용한 분석방법이 이용되고 있다(Schadt *et al.*, 2002).

연구방법의 첫 단계로 1:50000 지형도를 이용하여 환경영향평가서 내에 기재된 삶의 분포 및 도로 건설 예정구역을 중심으로 연구지역을 선정하였다. 두번째로는 삶과 포유류의 서식지 분석에 관련된 문헌과 삶 전문가의 자문을 바탕으로 삶의 서식변수를 추출하고, 각 서식변수별 기준을 설정하여 0부터 1까지의 value를 부여하였다. 마지막으로 대상 지역을 100m×100m의 cell로 기본단위 설정을 하여 각 cell에 서식변수별 SI를 부여한 뒤 변수별로

가중치를 적용하여 격자별 최종 HSI를 산출하였다. 이 과정은 ArcGIS map ver. 9.3.1 및 ArcView ver. 3.3을 이용해 수행하였으며, 최종 HSI는 pre-HSI(도로건설 전)와 pro-HSI(도로건설 후)의 두 값을 산출하여 비교하였다.

2) 서식변수 및 서식변수별 서식적합지수 설정

삶에 대한 서식변수는 삶과 포유류에 관한 기존의 연구논문과 삶 전문가의 자문을 바탕으로 추출하였다. 여러 서식변수로 구성되는 서식공간은 여러 분류로 나눌 수 있으나 연구논문(이동근과 송원경, 2008)의 에서 사용된 변수를 중심으로 설정하였다. 한국산 삶에 대해서 서식변수를 표고, 경사도, 산림면적, 토지피복, 도로밀도, 하천밀도로 하였으며, 본 연구에서는 산림면적의 변수를 토지피복에 포함시켜 Water, Road, Ground Coverage, Slope, Altitude를 서식변수로 설정하였다. 각 SI는 0(서식하기 어려움), 0.2(매우 나쁨), 0.4(나쁨), 0.6(보통), 0.8(좋음), 1.0(매우 좋음)으로 구분하였으며, 변수별 설정 기준은 다음과 같다.

(1) Water Variable(V1)와 SI 설정

수계는 삶의 서식에서 가장 중요한 인자 중 하나이다. 그러므로 수계로부터 멀어질수록 SI는 더 낮아질 것으로 예상된다. SI는 수계부터의 거리를 구간으로 나누어 설정하였다. 또한 삶의 수계로부터의 분포를 배설물을 통해 파악해 본 결과, 가장 멀리 떨어져 있는 곳은 395m였다(이오선, 2008). 그러므로 400m 이상에서는 적합성지수가 0이 될 것으로 판단된다.

(2) Road Variable(V2)와 SI 설정

야생동물의 서식지 효율성은 차량 소통이 있는 도로의 존재 여부에 의해 영향을 받으며(Corsi *et al.*, 1999) 도로의 유형, 위치, 사용빈도 등에 따라 크게 영향을 받는다(Haworth and Thompson, 1990). 지리산권에 속하는 119km의 도로에서 2년 6개월간 103개체의 삶 로드킬이 발견된 사례를 볼 때(최태영과 박종화, 2009) 도로는 삶 서식지의 질을 하락시키는 요인이다. 따라서 도로부터의 거리가

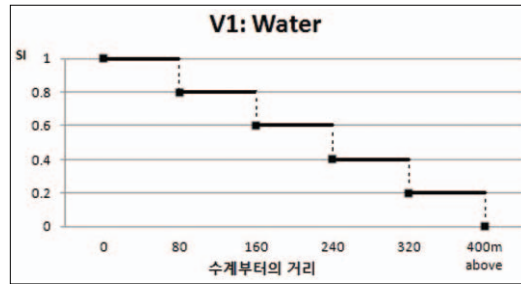


그림 1. Water variable(V1)와 SI 설정

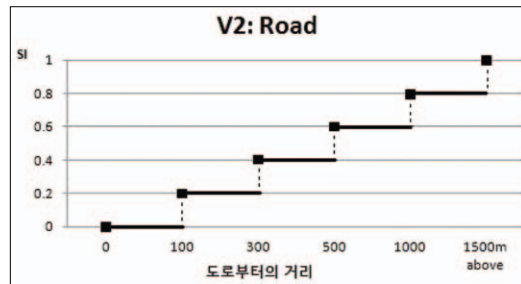


그림 2. Road variable(V2)와 SI 설정

면 구간일수록 서식의 질이 높아질 것으로 판단되어 거리 구간별 높은 SI를 부여하였다. 삶의 서식지선호도 연구에서 조사된 바로는 도로로부터 삶의 발견 지점의 평균 거리는 1,471m이다(이오선, 2008). 그러므로 도로부터의 거리 1,500m 이상에 SI를 1로 부여하였다.

(3) Ground Coverage Variable(V3)와 SI의 설정

삶이 서식하기 위해 필요한 먹이자원과 은신, 번식, 휴식지로 이용되는 지표 자원은 서로 밀접한 관련이 있다. 삶은 먹을 수 있는 동물자원을 모두 섭취하는 육식성 동물이므로 먹이가 존재하는 장소 또한 토지의 피복에 영향을 받는다. 토지피복은 자연적인 것과 인공적인 것으로 나뉘는데 산청군 지역의 Landcover map(환경부, 2007)을 분석한 결과, 크게 산림, 초지, 농경지, 나지, 인공구조물(man-made), 수면으로 나누어 볼 수 있었다. 삶은 야생의 숲에서부터 인간의 경작지에까지 다양한 곳에서 서식하지만(김희수, 2010), 수면을 제외하고는 위에서 서술된 피복유형의 순서로 자연환경의 보전정도가 크므로 산림의 SI를 1로 하고 차등해 부여하였다.

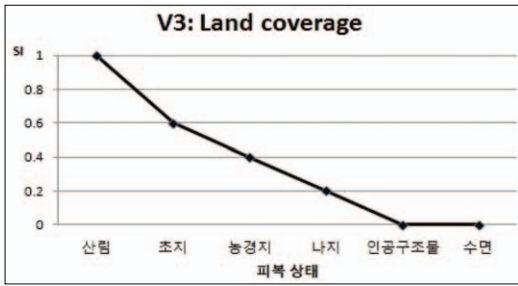


그림 3. Land coverage(V3)와 SI 설정

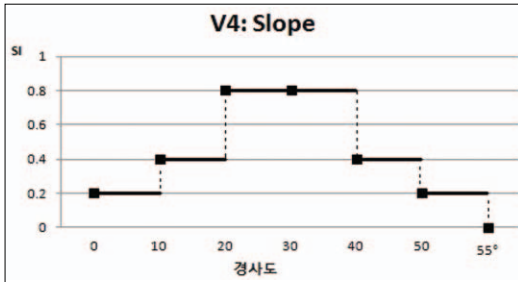


그림 4. Slope variable(V4)와 SI 설정

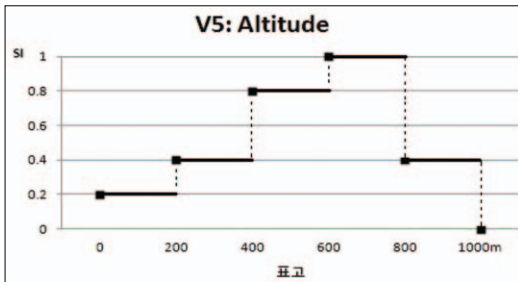


그림 5. Altitude Variable(V5)와 SI 설정

(4) Slope Variable(V4)와 SI의 설정

삶의 토지 경사도에 대한 선호도를 파악해본 결과, 경사는 최저 0°부터 최고 52°까지 이용하는 것으로 나왔고 평균 경사도는 약 27°이었다. 분변 발견지점을 이용하여 경사에 따른 삶의 분포를 보면 21°~30°와 31°~40° 사이의 경사는 각각 34.2%, 31.4%가 나왔으며, 가장 적게 나온 곳은 50° 이상이 2.8%로 나왔다(이오선, 2008). 그러므로 전체 분포의 60% 이상을 차지하는 20°~40°에 0.8을 부여하고 55° 이상에서는 서식하기 어렵다고 판단하여 0을 부여하였다.

(5) Altitude Variable(V5)와 SI의 설정

이오선(2008)의 한국산 삶의 서식지 선호에 관한

연구에 따르면 601~800m 사이의 중간 고도에서 32.5%로 가장 많은 분변이 발견되었으며, 다음으로 401~600m 구간에서 25.4%로 많았다. 200m 이하의 저지대와 1,000m가 넘는 고지대에서는 극히 적은 분포를 보였다. 그러므로 601~800m의 구간을 선호하는 것으로 판단하여 SI를 1로 두었고, 분포의 퍼센트에 따라서 차등하여 SI value를 부여하였다.

3) 최종 HSI 산출 방법

서식변수별로 각 cell마다 산출된 SI를 최종 HSI로 통합하기 위해서 5가지 서식변수별 가중치를 부여하였다. 좀 더 적합한 가중치를 구하기 위해서 임의로 선정한 가중치를 적용하여 산출한 HSI map과 삶의 실제 분포도를 비교하면서 가중치를 조정하였다. 그 결과, Water 0.2, Ground Coverage 0.4, Road 0.3, Slope 0.1의 가중치가 적합하다고 판단되었으며, pre HSI와 pro HSI의 산출에 이를 적용하였다. 서식변수 Altitude의 경우, HSI에 영향을 주는 정도가 다른 변수에 비해 미미하다고 생각되어 가중치 부여를 생략하였다. 그러나 좀 더 정확한 가중치의 산출을 위해서는 삶의 서식지에 대한 자세한 연구가 이루어져야 할 필요가 있다. 각 cell마다 활용한 최종 HSI 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{최종 HSI} = & (0.2 \times \text{SIwater}) + (0.4 \times \text{SIGround Coverage}) \\ & + (0.3 \times \text{SIRoad}) + (0.1 \times \text{SISlope}) \end{aligned} \quad (1)$$

생태에 대한 꾸준한 연구 및 데이터의 축적을 통해서 특정 동물별로 서식지적합성지수를 구하기 위한 서식변수 및 가중치를 미리 산정하여 이를 생태영향평가에 활용한다면 보다 정확한 영향예측이 가능할 것이라 생각한다.

III. 결 과

1) 서식변수별 SI 결과

서식변수별 SI를 나타낸 분석 지도는 그림 6과 같다.

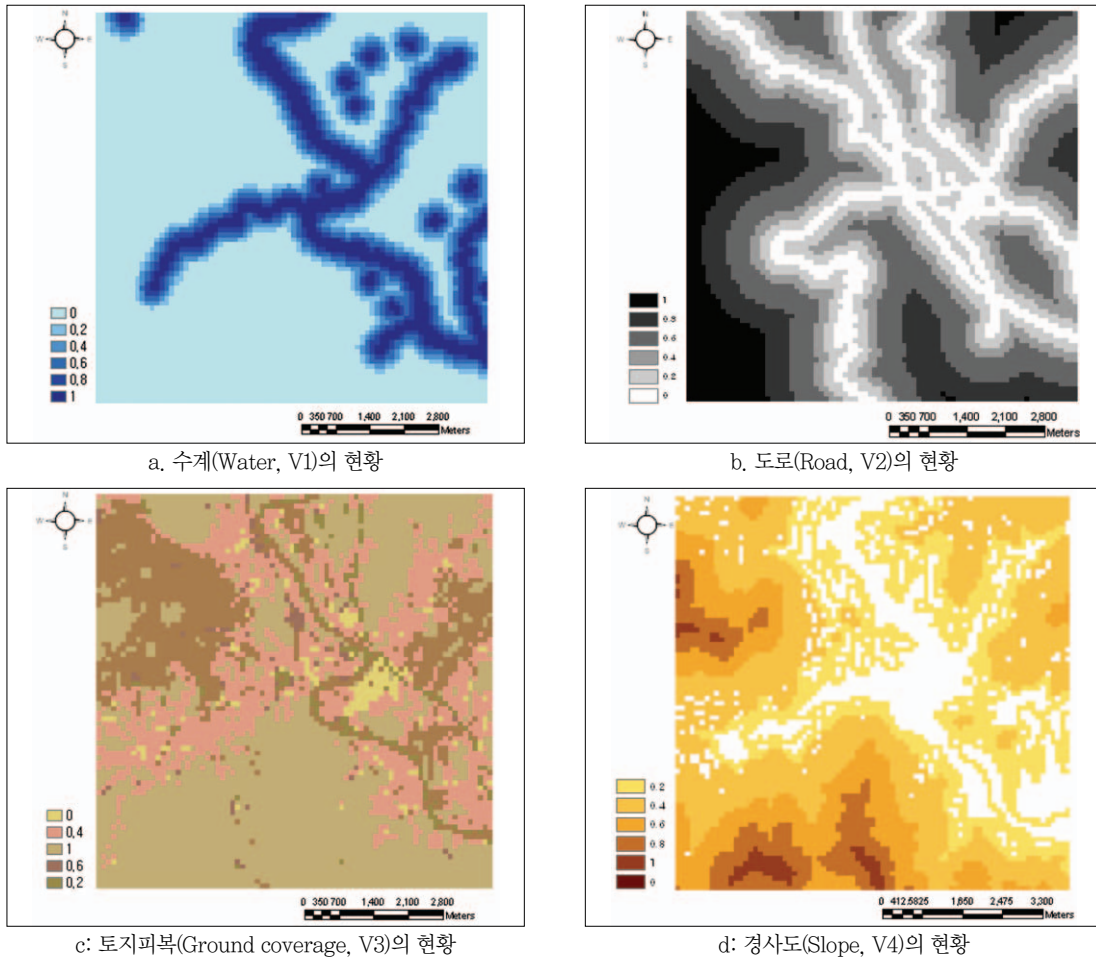


그림 6. 서식변수별 적합도지수 그림(V1-V4)

(1) Water Variable(V1)

연구지역은 남강의 상류부인 경호강을 중심으로 좌우에 작은 실개천이 발달해 있어 하천을 중심으로 삶의 서식지 확장에 도움이 될 것으로 예상된다. 또한 실개천의 주변부에 소류지와 저수지가 발달해 있어 하천으로부터 수분을 공급받기 어려운 지역에서도 수계 접근이 가능하다. 연구지역은 주변이 산으로 둘러싸여 있어 분석결과 수계의 영향권에서 벗어난 지역이 대부분을 차지하고 있다. 그러나 산림지대의 계곡이나 산골짜기의 개울가에서도 서식하는 삶의 서식 특성을 볼 때, 지도에는 나타나 있지 않은 산 속의 계곡 및 개울가에서도 수분을 공급 받을 수 있을 것이라 예상된다.

(2) Road Variable(V2)

산청군 내에는 2개의 일반국도와 하나의 지방도 및 고속국도가 통과하고 있으며 그 외에도 작은 도로들이 사방으로 뻗어있다. SI의 분석에서는 삶의 서식에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 위의 도로만을 고려하였으며, 그 밖에 군도(郡道)는 고려하지 않았다. 도로는 삶의 서식지의 단절 및 파편화, 생태계의 교란을 유발하는 인위적 방해요인이다. 그림 6의 b를 보면 적합성지수가 0.6이상인 곳이 전체 면적의 48.7%를 차지하고 있고, 연구지역의 절반 이상이 도로로부터 500m 이내를 차지하고 있다. 이는 로드킬의 위험뿐만 아니라 차량에서 발생하는 소음 및 빛 공해가 삶의 서식에 부정적인 영향

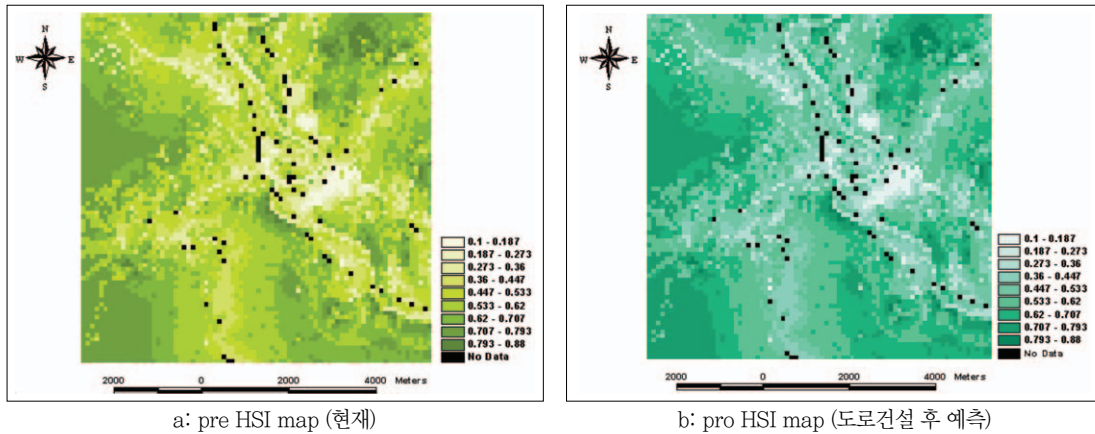


그림 7. 도로공사 이전(a, pre)과 이후(b, pro) 서식지적합도지수 비교

을 줄 가능성이 클 것으로 판단된다.

(3) Ground Coverage Variable(V3)

산청군은 지리산 천왕봉을 기점으로 한 지리산맥(智異山脈)이 남북으로 질주하여 하동군 함양군과 경계를 이루고 있다(산청군청, 2011). 대부분이 준엄한 산령으로 둘러싸여 있어 연구지역의 63.8%가 산림으로 구성되어있다. 산청읍 내의 시가지와 금서·산청 농공단지 및 작은 면적으로 분산된 농촌 가구들을 포함한 인위적 방해물들은 연구지역 전체 면적의 8.4% 차지하고 있으며, 적합성지수 0.6 이상인 초지와 산림이 65%를 구성하고 있다.

(4) Slope Variable(V4)

연구지역 내 경사도의 적합성지수는 0.2가 32.7%, 0.4가 26.2%, 0.8이 41.1%로 구성되어 있다. 간혹 마을 주변에서도 삶이 서식하는 경우도 있지만 많은 경우에 20°~40°의 경사진 산림지대에서 서식하는 것으로 파악되었다(이오선, 2008). 경호강의 주변은 평지이기 때문에 0°~10°의 경사를 가지고 있어 적합성지수 0.2에 포함되어 있다. 그러나 삶이 수분을 공급받기 위해서 수계에 접근할 것을 고려한다면 적합성지수가 0.2인 지역이라 할지라도 수계 주변부의 산림지대에는 서식할 것으로 예상된다.

(5) Altitude Variable (V5)

삶의 고도에 대한 선호도의 조사결과에 따라 400~800m 지대에 0.8의 적합성지수를 두었으나, 아래

지대에 수계가 분포하고 있어 삶이 수계의 접근을 위해 여러 고도에 걸쳐 서식할 확률이 높다. 800m 이상의 높은 곳에서는 서식하기 어려울 것으로 판단되며, 고도의 최종 HSI에 대한 영향은 다른 서식변수에 비해 적을 것으로 예상된다. 그러므로 서식변수별 가중치 선정에 있어서 고도는 제외하였다.

2) 산청군지역 내 삶의 사업전과 후의 HSI의 비교

최종 pre HSI와 pro HSI를 비교해본 결과 도로가 생기는 지점의 주변 HSI가 감소하였다. 도로가 기존 산림이었던 위치에 건설이 되므로 서식지로 이용될 수 있던 지역이 파괴되고 무엇보다도 도로의 형성으로 로드킬의 위험성이 높아져 서식지의 질이 낮아진 것으로 판단된다.

IV. 고찰

동물의 서식지와 관련된 HSI의 연구는 그 동안 다양하게 진행되어 왔다. 그러나 이러한 연구들의 대부분은 HSI와 관련된 모델을 제안하거나 혹은 HSI를 이용해 생태계를 분석하여 동물의 서식지의 질을 파악하는데 그치고 있다. 그러므로 본 연구에서는 HSI를 통한 서식지의 분석 방법을 생태영향평가에 도입하여 정량적인 영향예측을 수행하는데 활용하고자 하였다. 개발사업이 동물상에 미치는 영향을 예측하기 위해서는 동물이 서식하고 있는 서

식지에 대한 조사가 우선적으로 이루어져야 한다.

적합성지수가 0.6 이상인 곳이 전체 면적의 48.7%를 차지하고 있고, 연구지역의 절반 이상이 도로로부터 500m 이내를 차지하고 있다. 농촌 가구들을 포함한 인위적 방해물들은 연구지역 전체 면적의 8.4% 차지하고 있으며, 적합성지수 0.6 이상인 초지와 산림이 65%를 구성하고 있다. 경호강의 주변은 평지이기 때문에 $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 의 경사를 가지고 있어 적합성지수는 비교적 낮은 값을 나타내었다. 주변의 지형인 800m 이상의 높은 곳에서는 삶이 서식하기 어려울 것으로 판단되며, 고도의 최종 HSI에 대한 영향은 다른 서식변수에 비해 적을 것으로 나타났다.

본 연구의 결과에 따르면 도로의 건설로 인해서 연구지역 내 삶의 서식지적합성지수가 도로를 중심으로 감소하였으며, 감소된 수치를 통해서 도로의 건설이 삶의 서식지에 미치는 피해를 정량적으로 파악할 수 있다(Forman, 1995). 더불어 삶이 HSI가 낮아진 서식지를 떠나서 서식에 적합한 높은 HSI의 지역으로 이동할 것이라고 가정한다면, 공사 후 삶의 이동지역을 예상해 볼 수도 있다. 이와 같은 영향예측을 통해서 저감방안을 생각해본다면 우선, 환경영향평가뿐만 아니라 사전환경성검토에서도 개발사업이 이루어지는 위치의 적합성을 파악하는데 활용할 수 있다. 개발사업을 계획하던 지역이 삶과 같은 멸종위기종의 서식지로서 중요한 역할을 담당하던 곳이라면 해당 지역을 피하여 공사를 계획할 수 있는데, 이는 서식지의 HSI의 분석을 통해서 가능하다. 계획의 전 단계에서 동물상을 고려하기 때문에 보다 효율적인 생태계 보전방안을 수립할 수 있다. 두번째로는 불가피하게 중요 동물상의 서식지를 파괴하는 개발사업이 진행될 경우, 해당 동물이 이동할 가능성이 있다고 여겨지는 지역의 서식지적합성지수를 높여주는 저감방안의 제시가 가능하다. 고라니와 같은 식이물의 분포도 삶의 공사시 및 공사후 분포를 파악할 수 있는 자료를 제공한다(정지향, 2007). 이는 그 지역의 서식변수에서 부족한 부분을 보충해 줌으로써 최종 HSI를 높이고

이를 통해서 서식지의 질을 향상시킬 수 있다. 이러한 대안은 공사로 인해 잃어버린 동물의 서식지를 보충해 주는 역할을 하는 것이라고 볼 수 있다.

공사 전후의 HSI를 비교해본 결과 도로가 생기는 지점의 주변 HSI가 감소하였다. 도로가 기존 산림이었던 위치에 건설이 되므로 서식지로 이용될 수 있던 지역이 파괴되고 무엇보다도 도로의 형성으로 로드킬의 위험성이 높아져 서식지의 질이 낮아진 것으로 판단된다.

이처럼 생태영향평가에 HSI의 적용을 통해서 영향예측과 저감방안을 연계하여 보다 효율적인 대안의 제시가 가능하며, 실제로도 서식지의 보전을 통한 동물상의 피해를 최소화하는데 도움이 될 것이라고 생각한다. 개발사업의 초기 단계에서 HSI와 같은 적절한 모형을 이용하여 보다 효율적인 생태영향평가(Ecosystem Impact Assessment)를 시행한다면 현재 평가항목으로 설정되어 있는 자연자산에 대한 평가의 항목으로 활용이 가능하다. 생태계의 보다 깊이 있는 평가를 통해 지속가능한 발전이라는 환경영향평가의 궁극적인 목적에 더욱 부합할 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 기존의 생태영향평가에서 분리된 현황조사와 영향예측 그리고 저감방안을 서로 연계하여 보다 효율적인 영향평가를 시행하기 위한 방법을 제안하고 있다. 서식지적합성지수(HSI)를 생태영향평가에 도입하여 개발이 동물상에 미치는 영향을 평가하고, 예측된 영향을 바탕으로 저감방안을 강구함으로써 합리적인 대안 설정이 가능하다. 연구를 진행하기 위해서 기존에 진행된 삼장-산청 국도건설의 환경영향평가를 사례로 정하였으며, 멸종위기종 II급인 삶을 대상동물로 선정하였다. 최종 HSI의 산출에 앞서 경상남도 산청군 내 연구지역을 $100m \times 100m$ 의 격자로 나누었다. 또한 Water, Road, Ground Coverage, Slope, Altitude의 5가지를 서식변수로 설정하고 서식변수

별 가중치를 부여하였으며, Arc map과 Arc view를 이용하여 격자별 최종 HSI map을 산출하였다. 이렇게 산출되어진 사업 전후의 HSI를 비교하여 도로의 건설이 삶의 서식지에 미치는 영향을 정량적으로 파악하였으며 이를 바탕으로 저감방안을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 삶의 HSI 산출 방법에서 서식변수 및 가중치를 지속적인 연구를 통해서 보완한다면 생태영향평가에 있어서 보다 적합한 영향예측 및 대안의 설정이 가능할 것이다.

사 사

본 논문은 2011년 개최된 저탄소 녹색 성장을 위한 환경영향평가 우수 논문 공모전에서 우수상을 수상한 논문입니다. 본연구는 KEITI(403-112-005) 및 NRF(2009-1419-8)에 지원에 의해 이루어졌습니다.

참고문헌

- 김영섭 외, 2010, Mitochondrial DNA Cytochrome b 분석을 통한 한국 내 삶의 유전적 다양성 조사, 한국가축위생학회지, 33(4): 353-354.
- 김원주, 1998, 멧돼지 서식지 분포예측 모델링에 관한 연구: 점봉상, 설악산 지역을 대상으로, 서울대학교 환경대학원 협동과정 조경학 전공, 박사과정 세미나 발표자료.
- 김희수, 2010, 분변내 스테로이드 호르몬 분석에 의한 삶의 생식주기 관찰 연구, 한양대학교 대학원 석사학위논문.
- 산청군청 홈페이지, 2011, www.sancheong.ne.kr
- 원병휘, 1967, 한국동식물도감 제 7권 동물편(포유류), 문교부.
- 윤명희 외, 2004, 한국의 포유동물. 동방미디어, 156-157.
- 이동근, 송원경, 2008, 삶의 서식지 적합성 평가를 위한 분석단위 설정 및 보전지역 선정: 충청도 지역을 중심으로, 한국조경학회지 36: 64-72.
- 이오선, 2008, 한국산 삶(*Prionailurus bengalensis*)의 식이습성 및 서식지 선호도에 관한 연구, 전남대학교 대학원 석사학위논문, 11-13.
- 정지향, 2007, GIS를 이용한 고라니(*Hydropotes inermis argyropus*)의 서식적합성모형에 대한 연구: 충청남도를 중심으로, 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 최태영, 박종화, 2009, 농촌지역의 삶(*Prionailurus bengalensis*) 행동권, 한국환경생태학회 2009년 학술대회 논문집, 56-58.
- 환경영향평가정보지원시스템, 2010, www.eiass.co.kr.
- 환경부, 2007, 사업유형별 환경영향평가서작성 가이드라인, 127-128.
- Corsi, F., Dupre, E. and Boitani, L., 1999, A large-scale model of wolf distribution in Italy Conservation Biology, 13: 1-11.
- Forman, R.T.T., 1995, Land Mosaic: The Ecology of Landscapes and Regions, Cambridge University Press, Cambridge.
- Grzimek B, 1989, Grzimek's Encyclopedia of Mammals, vol 3. McGraw-Hill publishing company, 590-595.
- Haworth, P. E. and Thompson, D. B. A., 1990, Factors associated with the breeding distribution of upland birds in the South Pennines, England, Journal of Applied Ecology, 20: 562-577.
- Nowak R.M, 1999, Walker's Mammals of the world volIII. 6th ed, Johns Hopkins Univ Press, 812-813.
- Schadt, S., Revilla, E., Wiegand., T., Knauer, F., Kaczensky, P., Breitenmoser, U., Bufka, L., Huber, T., Stanisa, C. and Trepl, L., 2002, Assessing the suitability of central European landscapes for the reintroduction of eurasian lynx, Journal of Applied Ecology, 39:189-203.

Sunquist M.E, Sunquist F., 2002, Wild cats of the world, The University of Chicago press, 226-232.

Wilson D. E., Reeder D. M., 2005, Mammal Species of the World: A Taxonomic

and Geographic Reference, 3rd ed, Vols. 1. Johns Hopkins University Press, USA, 542-543.

최종원고채택 12. 10. 08