환경영향평가 제17권 제2호(2008) pp.133~141

연구논문

경관의 특성에 따른 동물의 이동경로에 관한 연구*

이동근** · 박 찬*** · 송원경***
서울대학교 조경 · 지역시스템공학부**, 서울대학교 대학원***
(2007년 11월 27일 접수, 2008년 4월 22일 승인)

Analysis of Wildlife Moving Route with Landscape Characteristics*

Dong-Kun Lee** · Chan Park*** · Won-Kyong Song***
Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University**,
Graduate School, Seoul national University***
(Manuscript received 27 November 2007; accepted 22 April 2008)

Abstract

The loss, alteration, and fragmentation of habitat have led to a reduction of biodiversity. The growing awareness of the negative effects of habitat fragmentation on natural systems has resulted in conservation strategy that is concerned with not only population and habitat level but also ecosystem and landscape level. Especially, ecological network to link core areas or major habitat patches is one of the most important issues. Recently, landscape connectivity is increasingly used in decision making for fragmented landscape management in order to conserve the biodiversity in the regional scale. The objective of this study was to find potential forest as a ecological corridor in Go-yang city, Gyung-gi province using cost-distance modelling method that can measure connectivity based on animal movement. 'Least cost-distance' modelling based on functional connectivity can be useful to establish ecological network and biodiversity conservation plan. This method calculates the distance modified with the cost to move between habitat patches based on detailed geographical information on the landscape as well as behavioural aspects of the animal movement. The least cost-distance models are based on two biologically assumptions: (1) dispersers have complete knowledge of their surroundings, and (2) they do select the least cost route from this information. As a result of this study, we can find wildlife moving route for biodiversity conservation. The result is very useful for long-term aspect of biodiversity conservation plan in regional scale, because this is reflection of geographical information and behavioural aspects of the animal movement.

Key words : Least Cost-distance; Landscape Connectivity; Permeability; biodiversity conservation

* 본 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호 : S10107L0201004)' 의 지원에 의하여 수행되었음.
Corresponding Author : Park, Chan, Graduate school, Seoul National University Tel : +82-2-880-4885 E-mail : momo7@snu.ac.kr

I. 서 론

최근 지속가능한 발전을 위해 생태계 보전 및 보호의 필요성이 강조되고 있으며 생물다양성 보전을 위한 노력이 지속되고 있다. 하지만 무분별한 택지개발과 도로건설로 인하여 산림은 파편화되고 있으며 파편화로 인한 서식지 면적의 감소와 서식지간 거리의 증가는 동물의 생존에 위협요소가 되고 있다(Forman, 2000; 김명수, 2001; Hawbaker *et al.*, 2006; Belisle, 2005; Ferrari *et al.*, 2007).

유럽에서는 EECONET선언을 통해 생물종 다양성을 보전하기 위하여 보전가치가 높은 지역을 선정하고 생태적 연결성이 지속될 수 있도록 보전계획을 세우고 있다(Marulli *et al.*, 2005). 국내에서도 '한반도 국토네트워크 기본구상'을 마련하여 국토를 생태적으로 연결하고자 노력을 기울이고 있다(국토연구원, 2007). 생물종 다양성 보전을 위해서 최소존속개체군(MVP)의 중요성이 부각되고 있으며 MVP를 유지하기 위한 방안으로 경관연결성 개념을 다양성 보전을 위한 계획에 활용하고 있는 추세이다(Ferrari *et al.*, 2007).

경관연결성(이하 연결성)은 패치간 생물의 이동을 돕거나 방해하는 정도로 정의되고 있으며(Taylor *et al.*, 1993), 연결성 개념을 생물종 다양성 보전을 위한 계획에 활용하기 위해 최근에는 서식지 경관의 구조적 측면과 야생동물의 이동을 고려한 기능적 측면을 모두 고려하고 있다(Tischendorf and Fahrig, 2000; Nikolakaki, 2004). 하지만 실제 적용의 대상이 되는 야생동물의 연구가 아직 부족한 실정이며 종 특이성을 이해하는 것도 어려운 문제이다(Clinton *et al.*, 2007). 이 때문에 연결성을 명확히 하기 위한 방안으로 최근에는 그래프 이론을 기반으로 한 최소비용거리(least cost distance)모델링 기법이 제시되고 있다(Tischendorf and Fahrig, 2000; Nikolakaki, 2004; Theobald, 2006; Baguette and Dyck, 2007). 최소비용거리 모델링 방법은 동물의 서식지간 이동에 특징을 경관구조(토지피복)와 지형적 특성에 따르는 영향을 마찰계수(resistance value)로 산정하여 동물의 행동적 측면을 고려하여 최소 이동경로를 산출한다. 최소비용거리 모델링 기법은 외국에서 최근 많이 활용되고 있으며 다음과 같은 두 가지 가정에 의해서 고안되었다. (1)동물의 이동은 경관구조(환경)에 따라 복잡한 양태를 보인다. (2)동물은 이동 선택에 있어서 최소거리를 따른다(Bunn *et al.*, 2000; Tischendorf and Fahrig, 2000; Adriaensen *et al.*, 2003; Nikolakaki, 2004; Belisle, 2005; Theobald, 2006; Baguette and Dyck, 2007). Winfree *et al.*(2005)는 현장조사를 통해 최소비용거리 모델링으로 나타난 동물의 이동경로가 유효한 것을 밝혔다.

동물의 이동을 고려한 연결성 연구는 생물다양성 보전을 위한 하나의 방법론으로 활용될 수 있음에도 불구하고 국내에 활용한 사례는 아직 부족한 실정이다. 국내에서는 박종화 · 서창완(2000)의 GIS와 로지스틱 회귀분석을 이용한 멧돼지 서식지 모형개발, 최태영 · 박종화(2006)의 토지이용 유형에 따른 로드킬 발생특성에 관한 연구, 최태영 외(2006)의 전파추적 방법을 이용한 멧돼지의 행동권을 연구 등 종 중심의 이동에 관한 기초 연구가 존재하지만 이러한 연구들은 아직 서식처 또는 특정 생물종만을 보전의 대상으로 삼고 있으며 연결성 측면에 대한 고려는 미흡한 실정이다. 연결성을 평가하고 활용한 유사 연구로는 안동만 · 김명수(2003)와 김명수(2002)의 연결성 지수 비교와 조류의 모의실험을 통해 녹지의 조성 및 생태통로의 입지를 모델링한 연구가 있다. 하지만 이는 각 시나리오별 녹지조성방안에 따른 연결성 지수를 비교하여 최적의 입지를 선정하는 방법으로 생태통로 적지선정에는 유용하게 사용될 수 있으나, 동물의 이동성을 고려한 연결가능녹지 선정이나 생물다양성 보전을 위한 적용에 있어서는 미흡한 측면이 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 최소비용거리모델링 방법론을 활용하여 지역적 스케일에서 포유류의 이동경로를 탐색하고, 생물종 다양성 보전을 위한 연결가능녹지 선정에 활용할 수 있는 방안을 제시하는 것이다.

II. 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구에서는 동물의 이동성을 활용한 고양시의 연결녹지선정을 위해 고양시를 포함한 서울시, 양주군, 파주시 일부지역을 연구의 범위로 설정하였다(그림 1). 고양시는 비교적 양호한 녹지가 형성되어 있어 생물종 다양성 측면에서 긍정적으로 작용하고 있으나, 최근에 최근 도시기본계획 수립지침의 개정(2007. 05. 30.)으로 녹지를 시가화예정용지로 선정하고, 기존 시가지 일대를 포함하여 뉴타운 개발지구로 설정하는 등의 많은 개발 계획이 존재하고 있다(고양신문, 2006. 12. 27.). 또한 김포신도시, 인천, 파주신도시 등을 연계하는 고속도로 및 국도 건설계획이 수립되어 있어 생물종 다양성 보전을 위한 지역차원의 고려가 시급한 실정이기 때문이다.

본 연구에서는 동물의 이동이 가능한 지역을 확인하기 위한 방법으로 최소비용거리 모델링 방법을 사용하였다. 최소비용거리 분석을 위하여 종공급원을 선정, 경관침투성분석, 비용표면 계산, 최소비용거리 경로 탐색 과정으로 연구를 수행하였다(그림 2). 동물의 이동 가능지역을 찾기 위해서 경관구조에 더 민감하게 반응하는 육상동물 중 중형포유류를 선정하였다(Baguette and Dick, 2007). 본 연구의 공간분석은 ArcGIS 9.2 프로그램을 이용하였으며 지형과 경관구조를 잘 반영하기 위하여 5m×5m 그리드단위로 분석하였다.

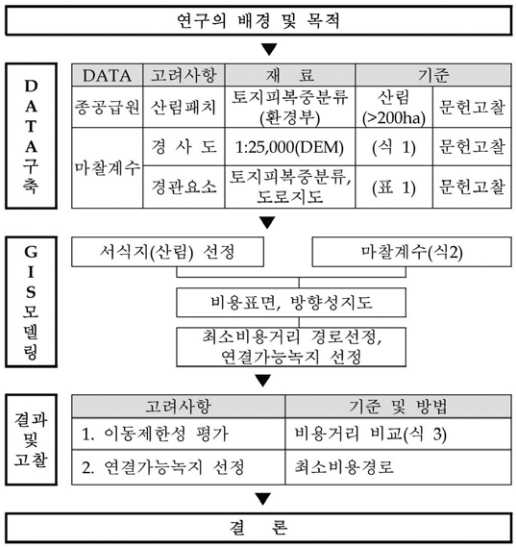

그림 2. 연구의 흐름

2. 연구의 방법

1) 최소비용거리 함수

최소거리 비용함수는 N_i번째 대상지에서 N_{i+1}번

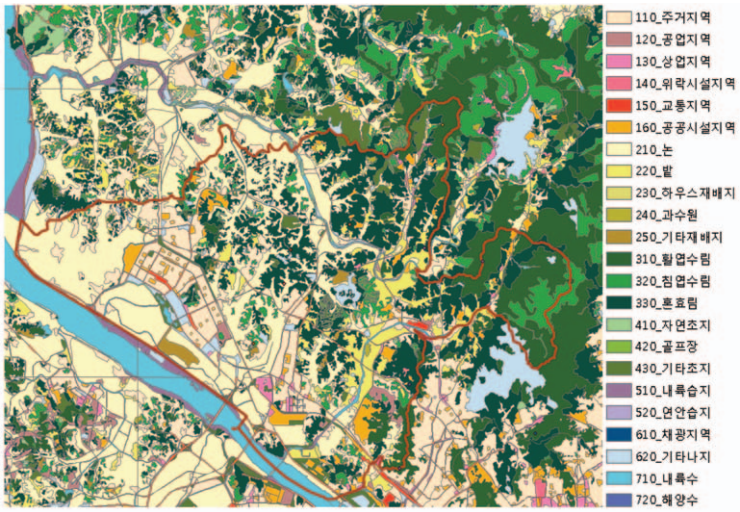

그림 1. 대상지 토지피복현황(환경부, 2003)

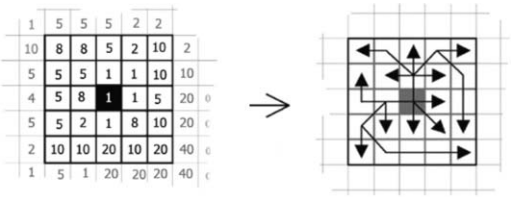

그림 3. 거리비용함수를 이용한 분석방법(Drielsma, 2007)

째의 대상지까지의 이동성을 나타낸다. 거리는 동물 종의 행동을 설명하는 기본적이고, 중요한 요소이다(Tischendorf and Fahrig, 2000; Urban and Ketitt, 2001). 이는 동물의 이동을 분석하고, 경관 구조에 따른 장벽효과와 결합하여 동물의 이동가능성이 높은 지역을 선정하는데 유용하게 쓰인다(Adriaensen *et al.*, 2003; Foltête *et al.*, 2007). 최소비용거리함수는 한 셀에서 주변 8셀로 움직이면서 N_i번째의 자신의 값과 N_{i+1}번째의 값을 더해가며 움직인다(그림 3). 이러한 연산과정을 통해서 최종 목적지까지 가장 작은 값을 갖게 되는 경로를 찾도록 하였다.

2) 종공급원 선정

종공급원으로 기능할 수 있는 산림의 핵심지역은 높은 생물종다양성과 멸종위기종이 서식할 수 있는 대표적이고 전형적인 서식처를 포함하고 있어야 하므로 생존을 위한 최소한의 면적이 요구된다(Forman, 1995). 대상종이 장기간 존속성을 보장받기 위해서는 500마리 이상의 개체가 서식 가능해야 한다는 Berger(1990)의 연구결과를 바탕으로 지역적 맥락을 고려하기 위해 Schonewald-Cox (1983)의 종과 면수와의 그래프를 참고하여 200ha 이상이 되는 산림을 종 공급원으로 선정하였다. 선행연구 결과를 토대로 전체 대상 산림 중에서 200ha를 만족시키는 산림을 종 공급 산림으로 선정하고, 마찰계수에 따르는 이동의 특성을 파악하기 위해 산림 내부의 무게중심이 되는 지점을 종의 서식지점이라 가정하였다.

3) 마찰계수 설정 및 비용표면 계산

동물의 이동은 종 특이성이 나타나기 때문에 일반화 시키는 것은 매우 어려운 문제이다(Meffe, 1994; Adriaensen *et al.*, 2003; Nikolakaki, 2004; Drielsma *et al.*, 2007). 본 연구에서는 종의 이동성에 관한 국내연구가 부족한 실정이라 Theobald(2004)가 캐나다 스라소니(*Lynx canadensis*)를 대상으로 경관 투과성을 계산한 연구결과를 참조하여 국내의 여건에 맞게 동물의 이동특성을 반영할 수 있는 마찰계수 값을 부여하였다.

동물의 이동과 서식에 경사가 제약을 주는 점을 착안하여 경사에 따른 이동제약성을 모델링 하였다(박종화 · 서창완, 2000; Clevenger *et al.*, 2002). 경사도에 따르는 투과성(Permeability)값은 Finke and Sonnenschein (2007)이 소개한 로지스틱 함수 방법론을 적용하여 값을 산출하였다(식 1).

$$\text{투과성} = 1.0 - (1.0/(1.0 + e^{(-(slope - 30)/7)})) \qquad \text{<식 1>}$$

경관요소에 따른 이동제약 정도를 의미하는 마찰계수는 Adriaensen *et al.*(2003), Nikolakaki (2004)에서 사용된 경관요소간 마찰계수의 상대적인 값의 차이를 비교하고 Theobald(2004)의 연구에서 적용된 값을 참고로 하여 값을 부여하였다(표 1).

위에서 산출한 경관요소별 마찰계수(x)와 경사에 따른 투과성(P_s) 값을 〈식 2〉를 이용하여 최종적인 마찰계수를 산출하였다(Theobald, 2004).

$$\text{마찰계수(rv)} = X / P_s \qquad \text{<식 2>}$$

마찰계수(rv) 값을 기반으로 하여 종공급원에서

표 1. 경관요소에 따른 마찰계수

경관요소	마찰계수	경관요소	마찰계수
침엽수림	*1	하우스재배지	10
활엽수림	*1	기타재배지	10
혼효림	*1	골프장	20
자연초지	*2	나 지	50
기타초지	3	주거/상업	*100
습 지	3	공업지역	*100
밭	*8	도 로	400
과수원	8	하 천	*1,000
논	10	-	-

*는 Palomares *et al.*(2000)과 Ferreras(2001)의 캐나다 스라소니 연구결과를 참조한 Theobald (2004)의 마찰계수 값을 의미하며, 그 외 마찰 계수는 Adriaensen *et al.* (2003), Nikolakaki (2004)연구를 바탕으로 추정하였음.

각 그리드별로 이동에 소요되는 비용을 값으로 나타내는 비용표면(Cost weighted surface)을 산출하고 이를 토대로 하여 최소비용거리를 도출하였다.

4) 최소비용거리 경로 선정 및 평가

각 종공급원에서의 이동의 차이를 파악해 보기 위해 각 지점 간 최소비용경로를 분석하였다. 각 종공급원에서 다른 종공급원으로의 이동에서 나타난 경로의 이동제한성을 〈식 3〉을 통해서 파악하여 각 경로별 상대적인 차이를 비교하였다. 이동제한성(impermeability)은 최소비용거리(C_d)과 각 지점 간 경로의 거리(D)를 통해 구하였고 지점 간 상대적인 이동제한성의 값을 비교하였다.

$$\text{이동제한성} = C_d / D \qquad \text{<식 3>}$$

III. 연구결과 및 고찰

본 연구결과 중형 포유류의 종공급원 산림(면적 200ha 이상)이 될 수 있는 지역은 총 10지점이다. 고양시에서 종공급원 기준을 만족하는 곳은 주로 고양시 동쪽에 분포하고 있으며, 고양시 서쪽과 중앙부에도 종 공급원 기능을 할 수 있는 산림이 존재하였지만 서쪽의 산림의 경우는 고립된 양상을 보였다. 중형 포유류의 이동경로를 산출하기 위해서 산림 속 포유류가 존재하는 핵심지역은 산림의 무게중심점으로 도출하였다(그림 4).

최소비용거리 알고리즘을 통해 중형 포유류의 이동경로를 탐색하기 위해 마찰계수를 구하였다. 마찰계수가 큰 지역은 주로 도심지역이며, 이는 많은 도로와 주거, 상업지구가 존재하기 때문이다. 산림지역의 경우 경사도가 30%가 넘는 지역은 상대적

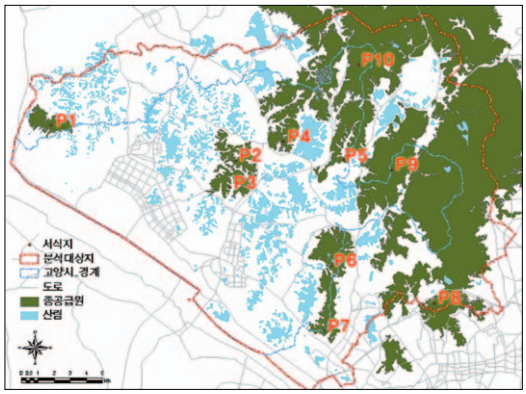

그림 4. 경사와 경관요소 특성을 반영한 마찰계수

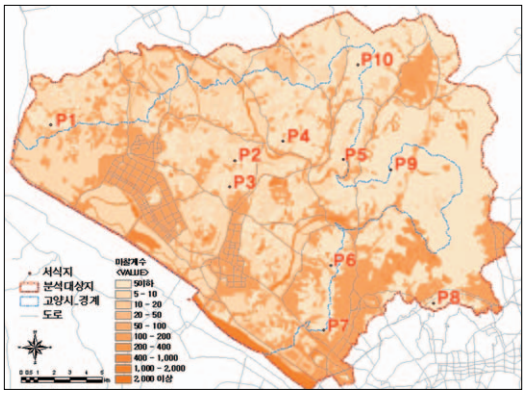

그림 5. 경사와 경관요소 특성을 반영한 마찰계수

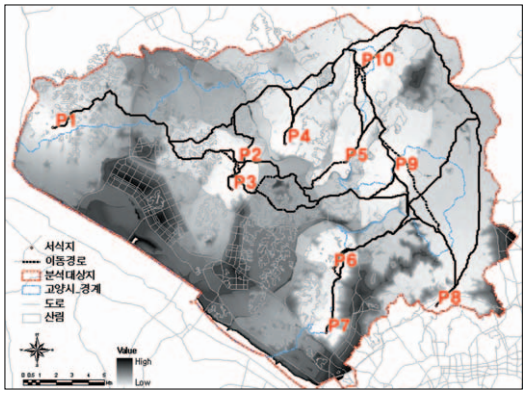

그림 6. 최소비용거리함수와 지점별 최소비용거리 경로

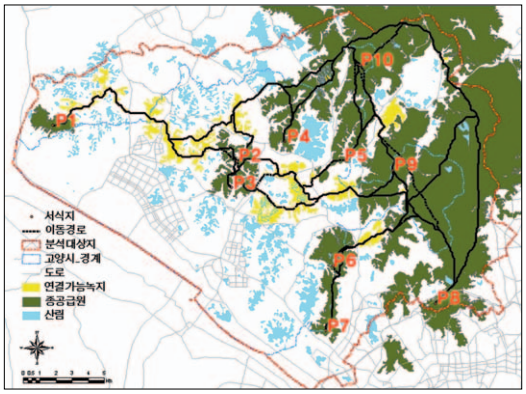

그림 7. 최소비용거리 경로를 활용한 연결가능녹지 선정

표 2. 각 서식 예상지역간 이동의 제한성

2) \ 1)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
P1		3.70	3.50	3.79	3.23	4.04	3.91	2.52	3.84	3.50
P2	0.74		1.45	2.85	5.58	4.29	4.02	3.08	3.97	2.54
P3	0.53	−1.47		2.67	4.83	4.13	3.90	2.98	3.75	2.42
P4	0.82	−0.10	−0.28		1.51	1.99	2.06	1.33	2.06	1.14
P5	0.27	2.57	1.84	−1.41		3.30	3.18	1.93	2.30	2.06
P6	1.07	1.31	1.15	−0.94	0.34		2.51	2.78	4.12	2.26
P7	0.93	1.05	0.93	−0.87	0.22	−0.43		2.76	3.68	2.32
P8	−0.42	0.12	0.02	−1.59	−1.00	−0.17	−0.19		1.62	1.41
P9	0.86	0.99	0.78	−0.88	−0.64	1.15	0.71	−1.31		3.25
P10	0.54	−0.40	−0.52	−1.78	−0.87	−0.68	−0.63	−1.51	0.29	

1) 이동제한성, 양의 값이 클수록 동물의 이동이 용이 하지 않은 구간을 의미하며, 음의값이 큰 구간은 상대적으로 이동이 용이한 구간을 의미한다.
2) 이동제한성의 평균(2.95)과 표준편차(1.04)를 이용한 표준화 값

으로 마찰계수가 높게 나타났다. 이를 통해 산림 중 일부지역은 포유류 이동에 있어 경사도를 반영한 결과를 도출할 수 있었다(그림 5).

포유류의 이동경로를 파악하기 위해 마찰계수를 이용하여 각 지점별 최소비용거리를 산출하였으며, 그 결과를 토대로 지점 간 최소비용경로를 도출한 결과는 그림 6과 같다. 산림이 인접해 있는 대상지 동쪽의 경우에는 각 지점에서의 이동에 따른 거리비용은 P8~P10값을 참고로 하면 픽셀 당 1.41로 작게 나오는 편이나, 도로와 시가화지역이 밀집한 일산구, 덕양구 시가지지역은 P1~P2값을 살펴보면 픽셀 당 3.70으로 상대적으로 큰 값이 나타났다(그림 6; 표 2).

최소비용경로를 산출하기 위해 10지점을 각 1회씩 연결하여 총 45개의 경로를 분석한 결과 많은 경로가 중복된 지역을 지나가는 것을 확인할 수 있었다. 일부 산림패치가 밀집되어 있는 지역은 다양한 경로가 나타난 이동경로가 존재한다. 이는 산림내부에서는 경사도(지형적)의 영향을 많이 받기 때문에 마찰계수에 따른 차이로 해석되었다(그림 6). 최소비용거리 함수를 적용한 결과 나타난 경로는 그림 6과 같이 예상해 볼 수 있다.

각 서식지간 상대적인 이동제한(용이) 정도를 파악하기 위해서 〈식 3〉을 적용하여 이동제한성을 파악하였다. 이동제한성을 파악한 결과는 표 2와 같다. P1지점에서 다른 지점으로의 이동제한성 값은 상대적으로 크다(표 2). P8지점과 다른 지점간의 이동제한성 값이 다른 지점들 간 값보다 작게 나타났는데, 이는 P8까지 가는 길이 대부분 산림이기 때문이다(그림 7). 특히 지점 P2와 P5사이의 이동제한성 값이 가장 크게 나타났으며, 이는 짧은 거리를 움직임에도 불구하고 도로와 하천을 통과하는 것으로 나타났기 때문이다.

연결가능녹지를 선정하기 위해 이동 경로위에 있는 산림을 추출한 결과는 그림 7와 같다. 연결가능녹지는 향후 동물의 이동이 예상되는 산림으로 지역적 스케일에서의 동물의 이동의 관점에서 생태네트워크를 구축하는 방법으로 활용될 수 있을것이라 사료된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 최소비용거리모델링을 이용하여 동물의 이동경로를 탐색하고 지역적 차원에서 생물다양성 보전을 위한 계획에 활용 가능한 연결가능녹지를 선정할 수 있었다. 최소비용거리 함수는 기능적인 연결성을 확인할 수 있는 유연성을 가지고 있으며, 경관과 동물의 행태학적 측면을 반영하였다.

고양시에 최소비용거리함수를 적용한 결과 생물종 다양성 보전을 위한 연결성 측면에서 중요성을

보이는 연결가능녹지를 선정하였다. 이는 실제 야생동물종의 최소비용경로를 모델링하여 나타난 결과를 바탕으로 선정한 것이기 때문에 장기적인 종의 존속과 관련한 계획에 있어 유용성이 있다고 판단된다.

하지만 최소비용거리 모델링을 통한 계획을 구체화시키기 위해서는 지역을 대표하는 종의 선정과 모델링에 사용된 마찰계수의 검토가 필요하다. 지역적 스케일에서 지역 희귀종, 우산종이 선정되어 모델링에 활용된다면 지역차원에서의 생물다양성 보전 계획을 위한 활용에 있어 더욱 유의미한 자료가 될 것이다. 또한 모델링에 사용된 마찰계수는 외국의 사례를 적용한 것이기 한계가 존재한다. 향후 연구에서 전문가의 정확한 판단이나 현장조사를 통한 검증 등을 통해 국내의 적용 가능성을 검토할 필요가 있다.

본 연구는 생물다양성 보전을 위한 방법으로 연결성 측면을 활용하여 개별 서식처 또는 생물종만을 보전의 대상으로 삼는 한계를 극복하고자 하는데 의의가 있다. 또한 이 방법론을 적용은 생물종 다양성 보전을 위한 의사결정에도 좋은 참고자료가 될 수 있을 것이다.

인용문헌

김명수, 2001, 파편화된 서식처 복원을 위한 기초이론 고찰, 한국환경복원기술녹화학회지, 4(2), 52-61.

김명수, 2002, 대도시 녹지 연결성과 생물이동성 평가기법 개발 : 경관생태학적 접근, 서울대학교대학원 박사학위 논문.

박종화, 서창완, 2000, GIS와 로지스틱 회귀분석을 이용한 멧돼지 서식지 모형 개발, 한국GIS학회지, 8(1), 85-99.

박정은, 2007, 용어풀이(102) : 국제연합환경계획 / 국토생태네트워크, 국토, 304, 60.

안동만, 김명수, 2003, 환경친화적인 도시공원녹지계획 연구 -생물서식처 연결성 향상을 위한 서울시 녹지조성방안을 중심으로-, 한국조경학회지, 31(1), 34-41.

최태영, 이윤수, 박종화, 2006, 지리산의 멧돼지 Sus scrofa 행동권, 한국생태학회지, 29(3), 253-257.

최태영, 박종화, 2006, 토지이용 유형에 따른 포유류 로드킬 발생 특성, 한국조경학회지, 34(5), 52-58.

Adriaensen, F., Chardon, J. P., DeBlust, G., Swinnen, E., Villalba, S., Gulinck, H. and Matthysen, E., 2003, The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model, Landscape and Urban Planning, 64, 233-247.

Baguette, M. and Dyck, H. V., 2007, Landscape connectivity and animal behavior : functional grain as a key determinant for dispersal. Landscape Ecol. 22,1117-1129

Belisle, M., 2005, Measuring landscape connectivity: The challenge of behavioral landscape ecology, Ecology 86(8), 1988-1995.

Bunn, A. G., Urban, D. L. and Keitt, T. H., 2000, Landscape connectivity: A conservation application of graph theory, Journal of Environmental Management, 59, 265-278.

Clinton, W. E., John, D.W., Vernon, C. B., Steven, G. T., Justin, S. B., 2007, Optimizing dispersal and corridor models using landscape genetics, Journal of Applied Ecology, 44, 714-724.

Clevenger, A. P., Wierzchowski, J., Chruszcz, B. and Gunson., K., 2002., GIS-generated, expert-based models for identifying wildlife habitat linkages and planning mitigation passages, Conservation

Biology, 16(2), 503-514.

Drielsma, M., Ferrier. S. and Manion, G., 2007, A raster-based technique for analysing habitat configuration : The cost-benefit approach, Ecological Modelling, 202, 324-332.

Ferrari, J. R., Lookingbill, T. R. and Neel, M. C., 2007, Two measures of landscape-graph connectivity : assessment across gradients in area and configuration, Landscape Ecol, 80(10), 9121-9127.

Ferreras, P., 2001, Landscape structure and asymmetrical inter-patch connectivity in a metapopulation of the endangered Iberian lynx, Biological Conservation, 100(1), 125-136.

Finke, J. and Sonnenschein, M., 2007, Simulation and Optimization of Habitat Network Permeability, Information Technologies in Environmental Engineering, 433-444.

Fischer, J., Lindenmayer, D. B. and Fazey, I., 2005, Appreciating ecological complexity: Habitat contours as a conceptual landscape model. Conservation Biology, 18(5), 1245-1253.

Foltête, J. C., Berthierb, K. and Cosson, J. F., 2007, Cost distance defined by a topological function of landscape, Ecological Modelling, (in press)

Forman, R. T. T., 1995, Land Mosaics : The ecology of landscape and regions, New York : Cambridge University Press.

Forman, R. T. T., 2000, Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States, Conserv. Biol, 14(1), 31-35.

Hawbaker, T. J., Ranerloff, V. C., Clayton, M. K. and Hammer, R. B., Gonzalenz-Abraham, C. E., 2006, Road development, Housing growth, and landscape fragmentation in northern Wisonsin: 1937~1999, Ecological Application, 16(3), 1222-1237.

Marulli, J. and Mallarach, J. M., 2005, A GIS methodology for assessing ecological connectivity : application to the Barcelona metropolitan area, Landscape and Urban Planning, 71, 243-262

Meffe, G. K. and Carroll, C. R., 1994, Principles of conservation biology, Sinauer Associates, Inc..

Nikolakaki, P., 2004, A GIS site-selection process for habitat creation: estimation connectivity of habitat patches, Landscape and Urban Planning, 68, 77-94.

Palomares, F., Delibes, M., Ferreras, P., Fedriani, J. M., Calzada, J. and Revilla, E., 2000, Iberian lynx in a fragmented landscape: Predispersal, dispersal, and postdispersal habitats, Conservation Biology, 14(3), 809-818.

Schonewald-Cox, C. M., 1983, Guidelines to management : A beginning attempt. In Richard B. Primack. 1993, Essentials of conservation biology, Sunderland, Messachusetts : Sinauer Associates, Inc..

Taylor, P., Fahrig, L., Henein, K. and Merriam, G., 1993, Connectivity is a vital element of landscape structure, Oikos, 68(3), 571-573.

Theobald, D. M., 2004, Modeling functional landscape connectivity using effective distance and graph theory, International Association of Landscape Ecologists, Las Vegas, NV, April 1.

Theobald, D. M., 2006, Exploring the functional connectivity of landscapes using

landscape networks. In: Crooks, K.R. and M.A. Sanjayan (ed.), Connectivity conservation: Maintaining connections for nature. Cambridge University Press. Pgs.416-443.

Tischendorf, L. and Fahrig, L., 2000, On the usage and measurement of landscape connectivity, Oikos, 90, 7-19.

Urban, D. L. and Keitt, T. H., 2001, Landscape connectivity : A graph - theoretic perspective, Ecology. 82(5), 1205-1218.

Winfree,R., Dushoff, J., Crone, E., Schultz, C., Budny, R., Williams, N. and Kremen.,C., 2005, Testing simple indices of habitat proximity, The American Naturalist, 165, 707-717.

최종원고채택 08. 04. 22