

## 접근성과 생물다양성 증진을 고려한 도시 공원 · 녹지의 필요지역 선정\* - 성남시를 사례로 -

허한결<sup>1)</sup> · 이동근<sup>1)</sup> · 모용원<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 서울대학교 조경·지역시스템공학부 · <sup>2)</sup> 서울대학교 협동과정 조경학

## The Selection of Suitable Site for Park and Green Spaces to Increase Accessibility and Biodiversity\*

- In Case of Seongnam City -

Heo, Hankyul<sup>1)</sup> · Lee, Dong Kun<sup>1)</sup> and Mo, Yongwon<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University,

<sup>2)</sup> Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Seoul National University.

### ABSTRACT

Urban park and green space provide various functions. Among the functions, human benefit and increase of biodiversity are known to be important. Therefore, it is important to consider human and biotic aspect in the process of selecting suitable site for park and green space. However, there is insufficient research on both aspects. In this study, we used green network to analyze human and biotic aspect to select suitable site for park and green space in Seongnam City in Korea.

To analyze the green network, we used accessibility for human aspect and used dispersal distance and habitat size for biotic aspect. We conducted least-cost path modelling using movement cost. In case of biotic aspect, GFS (generic focal species) is used to estimate habitat size and dispersal

---

\* 본 연구는 2015년도 환경부 차세대 에코이노베이션 기술 개발사업(과제번호 : 416-111-014), 2015년도 BK21 플러스 사업(서울대학교 협동과정조경학 그린인프라 창조 인재 양성팀)의 지원을 받아 수행되었습니다.

**First author** : Heo, Hankyul, Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University,

Tel : +82-2-880-4885, E-mail : hhk1042@snu.ac.kr

**Corresponding author** : Lee, Dong Kun, Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University,

Tel : +82-2-880-4875, E-mail : dklee7@snu.ac.kr

**Received** : 27 May, 2015. **Revised** : 4 October, 2015. **Accepted** : 27 October, 2015.

distance. To find out suitable site for park and green space, we used an overlay analysis method.

As the result, old residential areas are shown have insufficient green network which needs park and green space. Furthermore, the green network for biotic aspect is insufficient in old residential areas compared to green network for human aspect. The result of this study could contribute in planning of park and green space to maximize their functions.

Key Words : *Green network, Suitable site, Least cost path, Generic focal species, Bird.*

## I. 서 론

도시 공원·녹지는 인간과 생물에게 다양한 혜택을 제공하고 있다. 다양한 혜택들 중 생태·환경 보전기능의 하나인 생물다양성 증진과 사회적 기능의 하나인 인간의 물리적·정신적 건강 회복은 직접적인 영향을 주는 기능이다(Watts et al., 2010; Moseley et al., 2013). 이처럼 다양한 기능이 있는 도시 공원과 녹지의 생물다양성 증진과 건강회복기능을 최대화하기 위해서는 도시 내 공원 및 녹지가 합리적으로 분포되어야 할 필요가 있다. 그러나 현재 도시의 공원·녹지는 이 두 가지 측면에서 불균등하게 분포되어 있어, 개선이 필요하다는 주장이 제기되어 왔다(Mass et al., 2009). 도시 내 공원·녹지의 불균등한 분포는 인간 이용적 측면에서 접근성의 불균등문제를 야기할 뿐만 아니라 생물학적 단절로 인한 생물다양성 감소를 초래하고 있다(Serret et al., 2014). 따라서 공원·녹지를 이용하여 인간의 건강과 생물다양성을 증진시키기 위해서는, 인간의 이용을 증가시키고 생물학적 단절을 감소시킬 수 있도록 공원·녹지의 분포를 고려하는 것이 필요하다.

불균등한 분포 문제를 해결하기 위하여 공원·녹지가 파편화된 도시환경에서 녹지를 복원 및 조성하는데 주로 적용되는 녹지네트워크 개념이 하나의 대안이 될 수 있다(Fahrig, 2003; Watts et al., 2010). 녹지네트워크는 인간과 생물종에게 이익을 주는 것을 목표로 하며, 자연

생태계의 가치와 기능을 보존할 수 있도록 자연지역 혹은 반자연지역들을 연결하는 개념이다(Benedict and McMahon, 2006). 이러한 녹지네트워크의 조성을 통해 인간 측면에서는 공원·녹지 분포의 접근성을 평가하여 필요지역을 분석할 수 있으며, 생물종 측면에서도 생물종의 서식 및 이동을 고려하여 공원·녹지의 필요지역을 찾는 것이 가능하다.

그러나 녹지네트워크 조성을 위해 공원·녹지의 인간 접근성과 생물다양성 증진 측면을 모두 고려하여 공원·녹지의 필요지역을 분석한 연구는 미흡한 실정이다. 인간 측면에서 공원·녹지의 필요지역을 도출하기 위해 접근성을 기반으로 한 녹지네트워크 조성 방안에 관한 연구들이 진행되고 있다. 접근성 분석은 인간의 측면에서 도시 내 공원·녹지 위치의 적절성을 평가하는 방법이다. 공원의 유치권을 이용하여 새로운 공원 녹지를 도출하거나(Sung and Shin, 2005), 도시 내 인간 접근성에 근거한 이용가능성을 평가하여 녹지네트워크 증진을 위한 공원·녹지 필요지역을 선정하기도 하였다(Sagong et al., 2007; Govindarajulu, 2014). 그리고 분석 방법의 고도화를 위해 이동비용과 최소비용경로분석이 이용되고 있다(Pearce et al., 2006; Moseley et al., 2013).

또한 도시 내 생물다양성 보존 및 증진을 위한 공원·녹지 조성 필요지역을 분석하고 현재 상태를 평가하기 위해 녹지네트워크가 사용되고 있다(Opdam, 2002; Bennett, 2004; Jongman

and Pungetti, 2004). 녹지네트워크 구성에는 주로 조류가 많이 적용되어왔다. 국내에서는 조류의 서식지 특성을 바탕으로 녹지네트워크를 구상하거나(Cha and Park, 1999), 야생조류의 이동 예측을 바탕으로 도시의 녹지네트워크를 분석하는 방법이 사용되고 있다(Hong et al., 2009). 또한 야생조류의 이동특성을 이용한 분석방법의 고도화를 위해 이동비용과 최소비용 경로를 이용하여 도시 녹지네트워크를 구축하는 연구가 있으며(Kong et al., 2010), 조류의 연결성 분석을 통해 공원의 우선 조성지역을 선정하는 연구가 진행되었다(Ahn et al., 2014).

한편 녹지네트워크를 이용한 공원·녹지의 필요지역 분석에 있어 인간 접근성과 생물다양성 증진은 각각의 특성으로 인해 다른 결과를 도출할 가능성이 있으므로 두 가지를 동시에 고려하는 연구가 필요하다. 이에 본 연구의 목적은 도시화에 의해 녹지 파편화가 일어난 도시를 대상으로 인간의 접근성과 생물다양성 증진을 모두 고려한 녹지네트워크 분석을 실시하여 공원·녹지의 필요지역을 찾는 것이다. 또한 인간의 접근성과 생물다양성 증진 측면에서 나타난 결과의 차이점을 비교하여 두 측면을 모두 고려해야 하는 지역의 특성을 도출하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구범위

본 연구의 대상지는 1980년대 이후로 일어난 도시 개발로 약 100만명의 많은 인구가 거주하는 성남시로 하였다(http://stat.kosis.kr). 성남시는 경기도에 위치하며, 면적 141.8km<sup>2</sup> 중 산림의 면적이 62.5km<sup>2</sup>으로 전체 면적의 44%를 차지하는 등 산림 면적 비율이 높으나(Seongnam-si, 2011), 1980년대 이후 도시화로 인한 산림 파편화가 많이 진행되어 녹지네트워크의 구축을 위한 공원·녹지의 조성이 필요한 지역이다.

본 연구에서는 생물다양성 증진을 위한 도시

내 공원·녹지의 녹지네트워크로의 기능 및 영향범위를 평가하기 위해 양서류 및 포유류에 비해 이동성이 높으며, 서식지를 단절하는 도로에 대한 투과성이 높아 도시 녹지네트워크를 이용할 가능성이 높은 조류(Lerman et al., 2014)를 대상으로 하였다.

분석을 위해 2010년 성남시 도시생태현황도의 토지이용현황도를 사용하였다. 인간의 접근성 분석을 하기 위한 인간의 이동가능성을 고려하기 위해 토지이용을 고려할 수 있는 토지이용현황도를 사용하는 것이 적합한 것으로 판단하였으며, 도시 내의 조류 분포와 이동은 토지이용의 영향을 받기 때문에(Blair, 1996), 생물다양성 증진을 위한 녹지네트워크 분석에도 적합하였다. 분석과정에서 공원·녹지는 『도시공원 및 녹지 등에 관한 법률』 제2조(정의)에 나오는 도시공원, 녹지, 유원지, 공공공지 및 저수지, 식생이 자라는 공간으로 정의된 사항을 이용하여 산림, 하천, 공원을 공원·녹지로 분류하였다.

### 2. 접근성 측면 녹지네트워크 분석

인간의 공원·녹지 이용가능성을 평가하기 위한 방법으로 공원·녹지의 접근성 분석을 실시하였다. 접근성 분석은 인간이 공원에 가는데 영향을 미치는 요소와 인간의 이동능력을 고려하기 위해 최소비용경로 모델링을 실시하였다. 최소비용경로 모델링은 대상의 이동가능 거리와 이동에 영향을 미치는 경관 요소들의 저항값을 이용하여 정해진 위치로부터 이동 가능한 지역을 도출하는 방법이다(Lee et al., 2008).

이에 Moseley et al.(2013)의 저항값 사례를 바탕으로 국내의 토지이용 실정에 맞게 수정하여 사용 토지이용별 이동 저항값을 구하였고, 최소비용경로 모델링을 이용하여 공원·녹지로 접근 가능한 지역들을 도출하였다. 또한 Bell et al.(2008)에 따르면 사람들이 공원·녹지를 어떤 형식으로 이용하는지 정확하게 밝혀지지 않았으나 산림, 하천, 공원은 비교적 다른

형태로 이용될 것으로 판단되어 각각에 대해 최소비용경로 모델링을 실시하였다.

### 3. 생물종 측면 녹지네트워크 분석

네트워크 분석을 위해 조류의 서식지 면적과 이동거리가 필요하나, 조류의 이동거리 및 요구 서식지 면적은 연구시기, 연구지역 등에 따라 다양하게 나타날 수 있다. 그러므로 생물종의 분산 특성을 명확히 알 수 없을 때 유의미한 분석이 가능한 GFS(generic focal species)를 사용하였다. GFS는 일반화시킨 종의 특성으로, 넓은 면적에서 과편화된 패치의 영향을 구하는 경우 사용되며, 특히 생물종의 분산 특성을 명확히 알 수 없을 때 사용된다(Opdam et al., 2006; Watts et al., 2010). GFS는 계산에 사용되는 종들의 평균값을 이용하여 사용하는 것이 일반적이나(Watts et al., 2010), 본 연구에서는 한 종에 대한 데이터를 여러 개 수집하였기 때문에 각 종별 평균값을 도출한 후 이를 이용하여 전체 종의 평균을 계산하는 방식으로 산출하였다.

GFS의 산출을 위해 도시 주변 산림에 분포하는 종을 대상으로 하였으나, 현재 도시 내부의 우점종으로 네트워크 조성이 불필요한 종은 제외하였다. 그러므로 참새, 집비둘기, 까치 등은 GFS 산출에서 제외하였다. 쇠박새, 박새, 진박새, 오목눈이, 어치, 멧비둘기, 곤줄박이 등 7종이 도시 내부로 이입 가능한 종을 선정하였으며(Lee, 2006), 일반적으로 도시 내부에서 서식할 수 있을 것으로 예측되는 직박구리를 추가적으로 선정하였다.

이 중 서식지 요구 면적과 이동가능 거리에 대한 선행연구가 이루어진 종을 추출하여 분석하였다. 종의 서식지 요구 면적 및 이동가능 거리를 구체적으로 기술한 국내의 연구는 많지 않았으며, 이에 따라 외국 연구를 참조하여 종을 선정하고 분석하였다. 결과적으로 직박구리, 박새, 쇠박새, 곤줄박이를 분석에 이용하였다(Table 1).

또한 Watts et al.(2010)의 저항값 사례를 바탕으로 국내의 토지이용 실정에 맞게 수정하여

**Table 1.** Habitat area and moving distance of selected species.

Species name	Scientific name	Habitat area	Moving distance	References
Brown-eared Bulbul	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	2.6141ha	270~453m	Fukui, 1995
		2~20ha		Yoshihiro Natuhara and Chobei Imai, 1999
Great Tit	<i>Parus major</i>	19ha	250m	Hashimoto et al., 2005
			500m	Verhulst et al., 1997
		1.12ha		Krebs, 1970
		3.1ha		Nakamura, 1975
		0.14ha		Hinsley et al., 1995
Marsh Tit	<i>Parus palustris</i>	2.63ha		Hinsley et al., 1995
		5ha		Broughton et al., 2012
			4,000m	Smellers, 1984
		5ha		Enoksson et al., 1995
Varied Tit	<i>Parus varius</i>	20.1ha	100m	Hong et al., 2008

토지이용별 이동 저항값을 산출하였다. 산출된 GFS와 저항값을 이용하여 최소비용경로 모델링을 실시하였다. 최소비용경로 모델링은 서식처간 이동에 있어 소요되는 비용을 계산하는 방법으로, 비용은 지도상의 한 격자의 이동 저항값을 사용한다(Lee et al., 2008). 최소비용경로 모델링을 통해 조류 서식지간 네트워크 구축을 확인할 수 있으며, 본 연구에서는 주변 산림과 도시내부 서식지간의 네트워크 구축을 확인하였다.

녹지네트워크 분석에 이용되는 녹지는 조류가 서식 가능한 녹지와 징검다리 녹지로 사용 가능한 녹지로 나누어 분석하였다. 즉, 공원·녹지의 면적이 GFS의 서식지 면적보다 큰 경우 네트워크가 시작될 수 있는 지역으로 사용하였다. 그러나 공원·녹지의 면적이 GFS의 서식지 면적보다 작은 경우 조류가 쉬어갈 수 있는 징검다리 녹지로만 사용하여, 주변 서식지가 될 수 있는 녹지와 연결되지 않는 경우 녹지네트워크가 구축되지 않는 것으로 하였다.

#### 4. 공원·녹지 필요지역 분석

접근성 분석과 녹지네트워크 분석을 이용하여 공원·녹지의 필요지역을 도출하기 위해 중첩분석을 실시하였다. 중첩 과정에서 접근성을 고려한 녹지네트워크, 생물다양성 증진을 고려한 녹지네트워크, 두 가지 모두 고려된 녹지네트워크가 나타나도록 하였으며, 네트워크가 구성되지 않은 지역이 도출될 수 있도록 하였다. 또한 접근성을 고려한 녹지네트워크와 생물다양성 증진을 위한 녹지네트워크를 비교 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 접근성 측면 녹지네트워크 분석

##### 1) 토지이용별 저항값 산출

인간의 토지이용별 이동 저항값 산출을 위해

Moseley et al.(2013)의 저항값 사례를 참고하였다. Moseley et al.(2013)은 인간의 이동이 불가능할 것으로 판단되는 토지이용은 최고 저항값인 10000점을 부여하였고, 직접 이동이 가능하며 이동에 사용되는 도로, 공원, 녹지 등은 1점, 그 외의 토지이용은 5점 및 20점을 부여하였다. 사례연구는 토지피복을 바탕으로 저항값을 산출하였으나, 본 연구에서는 도시생태현황도의 토지이용현황도를 사용하였다. 이에 따라 저항값을 국내 토지이용 실정에 맞게 수정하였다. 즉, 토지이용 현황 중 참고한 연구의 토지피복과 유사한 특성을 지니는 토지이용을 찾아 동일한 값을 부여하였다(Table 2).

그러나 Moseley et al.(2013)는 토지피복이 물인 지역은 이동할 수 없는 저항값을 부여하였으나, 우리나라의 경우 하천변을 따라 이동이 가능하기 때문에 하천의 경우 1점을 부여하였다. 또한 학교와 골프장 그리고 기타 운동시설을 이동 가능한 것으로 설정하여 5점을 부여하였으나, 우리나라는 학교, 골프장, 기타 운동시설 등을 이동 불가능한 것으로 판단하여 10,000점을 부여하였다.

현재 우리나라 도시공원의 유치거리 기준은 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙 제 6조에 어린이공원이 250m 이하, 근린생활권 근린공원이 500m 이하, 도보권 근린공원이 1,000m 이하이다. 그러나 본 연구에서는 모든 공원·녹지를 대상으로 분석을 실시하였기 때문에 공원을 대상으로 하는 기준을 적용하는데 문제가 있었으며, 이에 따라 공원·녹지가 주거지역으로부터 적어도 300m 이내에 있어야 하는 것으로 밝힌 Harrison et al.(1995)의 연구를 참고하여 인간의 이동가능 거리를 300m로 설정하였다.

##### 2) 녹지네트워크 분석

분석결과 산림, 하천, 공원을 하나만 이용할 수 있는 지역과 동시에 2개 혹은 3개를 이용할 수 있는 지역이 도출되었다(Figure 1). 3가지 형

**Table 2.** Movement cost of landuse type for human (Modified from Moseley et al.(2013)).

Level 1	Level 2	Movement cost	Level 1	Level 2	Movement cost
Residential area	Detached house area	10000	Green space	Green buffer zone	1
	Apartment area	10000		Green landscape space	1
	Settlement area	10000		Linkage green space	1
Commercial area	Central commercial area	10000		Public open space	1
	Commercial area	10000		Square	1
Manufacturing area	Manufacturing area	10000		Golf course	10000
Mixed area	Residential and commercial area	10000		Cemetery	20
	Residential and manufacturing area	10000		Cultural heritage	1
	Other mixed area	10000		Amusement park	20
Public use area	Education facility	10000		Open area	Other green space
	Public facility	10000	Construction site		10000
	Hospital	10000	Open space	5	
	Research laboratory	10000	Mining area	Mining area	100
	Sports facility	10000	Agricultural area	Paddy field	5
	Other public area	10000		Crop field	5
Traffic area	Railroad	10000		Orchard	5
	Road	1		Seedbed garden	10000
	Airport	10000	Greenhouse	10000	
Infrastructure area	Clear water reservoir	10000	Livestock house	Livestock house	10000
	Retarding reservoir	5		Pasture area	10000
	Distributing reservoir	5	Forest	Plantation forest	1
	Power production facility	10000		Natural forest	1
	Oil storage and pipe	10000	Stream	Stream	1
	Sewage treatment facility	10000		Reservoir	10000
	Waste treatment facility	10000	Special area	Military facility site	10000
	Agro-fishery market	10000		Survey impossible area	10000
Green space	Neighborhood park	1	Unclassified area	Unclassified area	10000
	Children's park	1			

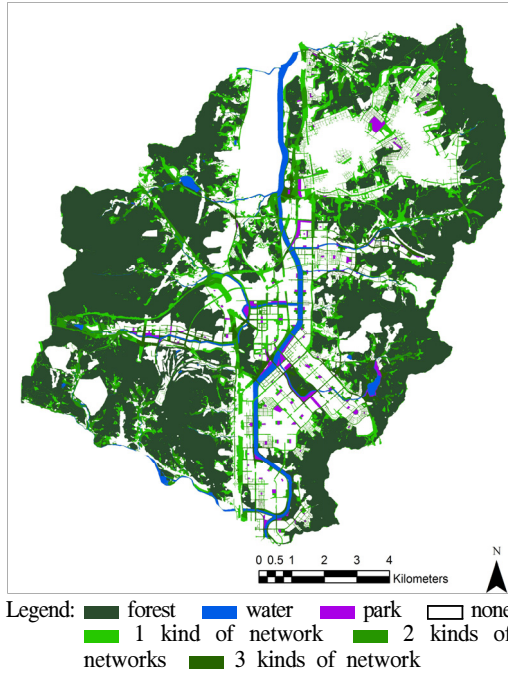


Figure 1. Green network considering human accessibility.

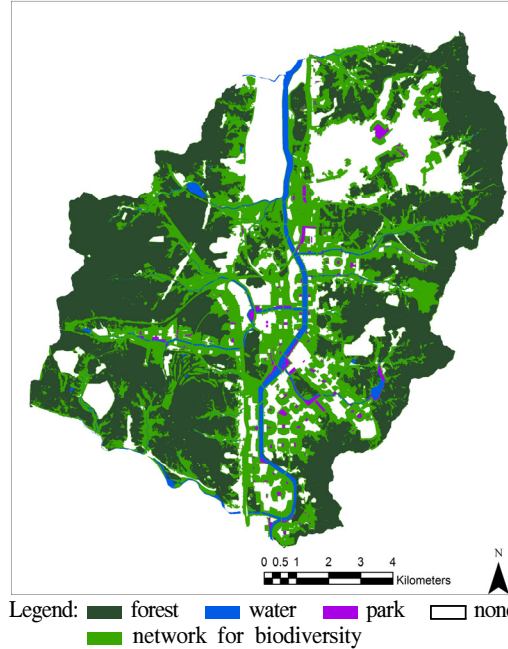


Figure 2. Green network considering biodiversity.

태를 모두 이용할 수 있는 지역은 하천 근처에 분포하고 있으며 이는 제한적인 하천의 분포로 인한 것으로 판단된다. 또한 2가지 혹은 3가지를 이용할 수 있는 지역은 신도시 개발 지역에 주로 분포하고, 그보다 적은 수의 형태를 이용할 수 있는 지역은 오래된 주거지역에 주로 분포하는 것으로 나타났다. 전반적으로 많은 형태의 공원·녹지 이용가능성을 결정하는 요소는 하천으로 나타났으며, 공원의 이용 가능성 여부를 결정하는 요소는 공원으로 나타났다.

추가적인 공원·녹지의 필요지역은 성남시 중원구 일부 지역과 성남시 수정구 일부 지역으로 분석되었다. 이 지역은 절대적인 공원·녹지의 수가 적고 주변에 하천이 없기 때문에 녹지네트워크의 구축이 미흡한 것으로 판단된다. 결과적으로 접근성 측면에서 이용의 불균등 등이 발생하고 있다는 것을 확인할 수 있으며, 이를 보완하기 위해 추가적인 공원·녹지의 조성 필요함을 알 수 있다.

## 2. 생물다양성 증진 측면 녹지네트워크 분석

### 1) GFS 산출

GFS의 산출을 위해 직박구리, 박새, 쇠박새, 곤줄박이 4종이 사용되었으며, 요구 서식지 면적과 이동가능 거리를 구하기 위해 각 종의 평균 값을 구하고, 이를 바탕으로 모든 종의 평균 요구 서식지와 평균 이동가능 거리를 산출하였다. GFS는 서식지 면적 9.58ha, 이동거리 1,209m로 도출되었다.

### 2) 토지이용별 저항값 산출

조류의 토지이용별 이동 저항값 산출을 위해 사례연구를 통해 각각의 토지이용에 대한 저항값을 도출하였다. Watts et al.(2010)은 토지피복을 바탕으로 저항값을 산출하였으나, 본 연구에서는 도시생태현황도의 토지이용현황도를 사용하였다. 그러므로 토지피복과 유사한 특성을 지니는 토지이용을 찾아 동일한 값을 부여하였으며, 일부 저항값은 수정하여 사용하였다.

**Table 3.** Movement cost of landuse type for GFS (Modified from Watts et al.(2010)).

Level 1	Level 2	Movement cost	Level 1	Level 2	Movement cost
Residential area	Detached house area	5	Green space	Green buffer zone	1
	Apartment area	3		Green landscape space	1
	Settlement area	3		Linkage green space	1
Commercial area	Central commercial area	50		Public open space	1
	Commercial area	50		Square	10
Manufacturing area	Manufacturing area	50		Golf course	1
Mixed area	Residential and commercial area	50		Cemetery	1
	Residential and manufacturing area	50		Cultural heritage	10
	Other mixed area	50		Amusement park	10
Public use area	Education facility	50		Other green space	1
	Public facility	50	Open area	Construction site	50
	Hospital	50		Open space	10
	Research laboratory	50	Mining area	Mining area	50
	Sports facility	50	Agricultural area	Paddy field	3
	Other public area	50		Crop field	3
Traffic area	Railroad	10		Orchard	1
	Road	10	Seedbed garden	1	
	Airport	10	Greenhouse	5	
Infrastructure area	Clear water reservoir	5	Livestock house	Livestock house	10
	Retarding reservoir	5		Pasture area	5
	Distributing reservoir	5	Forest	Plantation forest	1
	Power production facility	50		Natural forest	1
	Oil storage and pipe	50	Stream	Stream	1
	Sewage treatment facility	50		Reservoir	1
	Waste treatment facility	50	Special area	Military facility site	50
	Agro-fishery market	50		Survey impossible area	50
Green space	Neighborhood park	1	Unclassified area	Unclassified area	50
	Children's park	1			



조류가 이동하기 어려울 것으로 판단되는 일반 건물은 50점, 이동에 무리가 없을 것으로 판단되는 공원·녹지 및 하천 등은 1점, 그 외의 토지이용은 3점부터 10점 사이의 값을 부여하였다. Watts et al.(2010)의 연구에서는 조류와 포유류를 모두 이용하였기 때문에 도로에 50의 저항값을 부여하였지만 본 연구에서는 조류를 대상으로 하였기 때문에 10점을 부여하였으며, 동일한 이유로 토지피복이 물인 지역에 대해서도 사례연구의 20점이 아닌 1점을 부여하였다. 또한 우리나라는 주거지역 중 아파트의 경우 수목의 식재가 잘 되어 있으며, 토지이용 지도에서의 아파트 지역 전체가 건물을 나타내는 것이 아니므로 3점을 부여하였다. 같은 이유로 개인주택이 밀집한 지역도 이동할 수 있는 지역으로 나타내었으나, 아파트에 비해 수목 식재 비율이 낮기 때문에 저항값이 더 높은 5점을 부여하였다.

### 3) 녹지네트워크 분석

성남시에서 GFS를 이용한 조류의 이동가능성을 분석한 결과 성남시 전체적으로는 네트워크가 잘 구축된 것으로 나타났다(Figure 2). 일반적으로 하천 주변에 녹지네트워크가 잘 구축되는 것으로 나타났다. 이는 산림이 아니지만 조류의 서식지로 이용될 수 있으며, 도시 내부에 위치하고 선적 코리더의 특성을 갖는 하천의 특성이 반영된 것으로 판단된다. 결과적으로 네트워크 구축이 미흡한 지역은 성남시 중원구 일부 지역과 성남시 수정구 일부 지역으로 나타났다.

전반적으로 조류의 서식지 역할을 할 수 있는 산림, 하천, 공원 등이 고르게 분포하는 신도시 개발 지역은 네트워크의 구축이 잘 된 것으로 나타났으며, 오래된 주거지역은 네트워크 구축이 미흡한 것으로 나타났다. 이는 조성된 공원의 수가 절대적으로 적고, 조류의 이동이 어려운 건물, 도로 등의 비율이 높기 때문인 것

으로 판단된다. 그러나 징검다리 녹지로 이용될 수 있는 공원·녹지의 수가 절대적으로 부족한 지역이라도 가까운 주변에 산림이 분포하는 지역은 녹지네트워크가 잘 구축되는 것으로 나타났다.

### 3. 공원·녹지 필요지역 분석

분석결과 추가적으로 GFS를 고려한 공원·녹지의 조성이 필요한 지역, 인간 접근성을 고려한 공원·녹지의 조성이 필요한 지역, GFS와 인간 접근성을 고려한 공원·녹지 필요지역이 도출되었다(Figure 3). 인간 접근성을 고려하는 경우 건물 및 특정 시설 등을 통한 이동은 불가능한 것으로 설정하였기 때문에 도시 내부에서 인간의 이동지역은 도로를 중심으로 나타났으며, 조류는 건물을 이동할 수 있으나 도로를 이동하는 것은 인간에 비해 어려운 것으로 설정

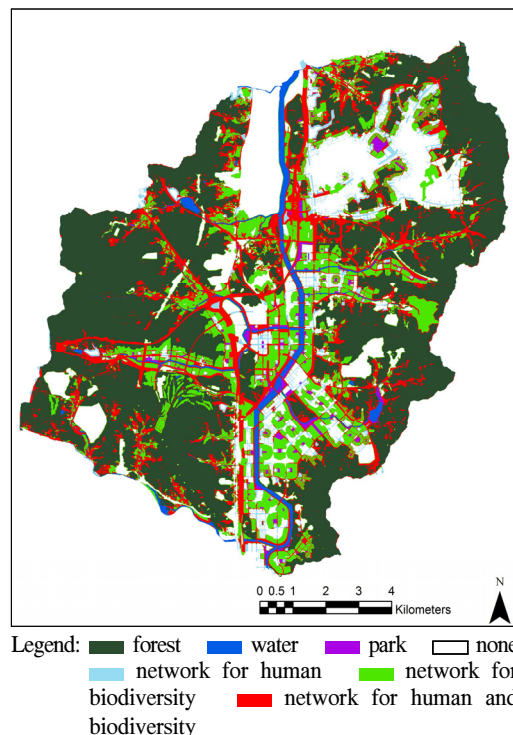


Figure 3. Green network considering human accessibility and biodiversity.

되었기 때문에 도시 내부에서 인간과 다른 형태의 녹지네트워크를 나타냈다.

인간 접근성과 생물다양성 증진을 모두 고려한 네트워크의 경우 산림, 하천, 공원과 인접한 지역을 중심으로 나타났다. 산림, 하천, 공원이 인간 접근성 측면에서 이용가능하며, 조류의 서식지 역할을 할 수 있는 지역이기 때문인 것으로 판단된다. 또한 도출된 녹지네트워크의 형태가 도로와 유사하게 나온 지역이 많은 것으로 볼 때 인간 접근성이 인간 접근성과 생물다양성 증진을 모두 고려한 네트워크의 제한요인으로 작용한 것으로 판단된다.

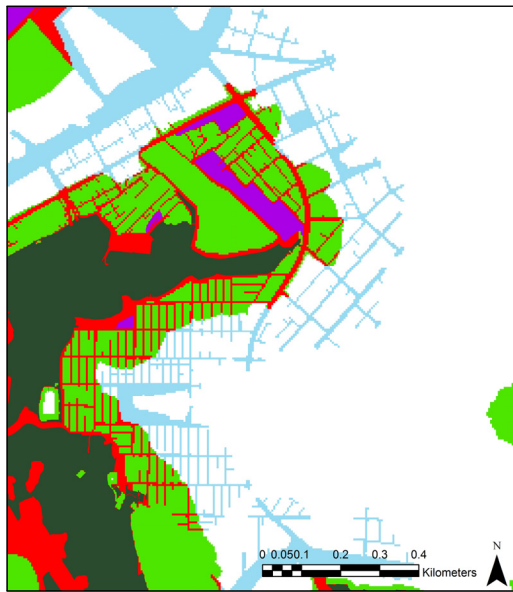
전체적으로 성남시 중원구 일부 지역과 수정구 일부 지역은 인간과 생물 중 어떤 측면을 고려하더라도 녹지네트워크가 부족한 것으로 분석되어 공원·녹지가 필요한 것으로 도출되었다. 이는 인간 접근성 측면과 생물다양성 증진 측면을 각각 분석을 했을 때의 결과와 동일하였으나, 세부적인 네트워크 구성에 있어서는

차이점이 나타났다.

**4. 접근성 측면과 생물종 측면의 녹지네트워크 비교**

전반적인 녹지네트워크는 건물을 이동할 수 있는 조류의 특성으로 인해 생물다양성 증진을 고려한 녹지네트워크가 잘 구축되었으나, 세부적으로 보면 지역에 따른 차이가 있었다. 일반적으로 오래된 주거지역은 인간 접근성을 고려한 녹지네트워크가 잘 구축되었으며, 신도시 지역은 생물다양성 증진을 고려한 녹지네트워크가 잘 구축된 것으로 나타났다.

성남시 중원구 상대원동과 같이 오래된 주거 지역에서 접근성을 고려한 네트워크가 공원·산림·하천으로부터 더 멀리까지 분산되는 것으로 나타났다(Figure 4). 즉, 해당 지역은 도로의 비율이 높아 저항값이 작은 인간의 이동은 용이하지만 상대적으로 조류의 이동이 어려운 지역이다. 또한 이는 인간 접근성 측면이, 인간 접근성과 생물다양성 증진을 모두 고려한 네트



Legend: forest park none  
network for human network for biodiversity network for human and biodiversity

Figure 4. Jungwon-gu sangdaewon-dong.



Legend: forest park none  
network for human network for biodiversity network for human and biodiversity

Figure 5. Bundang-gu Sunae-dong.

워크의 제한요인으로 작용한 결과의 원인인 것으로 판단된다. 결과적으로 도로의 비율이 높은 오래된 주거지역이 인간 접근성 측면에서의 녹지네트워크가 생물다양성 증진 측면에서의 녹지네트워크보다 잘 구축되었다.

또한 성남시 분당구 수내동과 같은 신도시 지역의 경우 상대적으로 도로에 비해 주거단지 비율이 높아 조류의 분산가능성이 높았고, 이로 인해 생물다양성 증진을 고려한 녹지네트워크의 구축이 잘 되었다(Figure 5).

#### IV. 결 론

본 연구는 생물다양성 증진과 인간 접근성을 고려하여 추가적인 공원·녹지의 필요지역을 분석하기 위해 녹지네트워크 개념을 사용하였다. 녹지네트워크의 분석에는 토지이용별 이동 저항값을 이용한 최소비용경로 모델링을 하였다. 결과적으로 생물다양성 증진과 인간 접근성 측면에서 도시 내 녹지네트워크가 구축되어 있는 지역을 분석하였고, 이를 바탕으로 추가적인 공원·녹지의 필요지역을 도출하였다.

본 연구에서 사용된 방법은 공원·녹지의 필요지역을 인간을 위한 지역, 생물다양성을 위한 지역, 인간과 생물다양성 모두를 위한 지역으로 구분하여 제시하였다. 즉, 공원·녹지의 확보에 있어 요구사항에 맞는 지역을 도출할 수 있으며, 요구사항에 따른 우선순위를 선정할 수 있을 것으로 사료된다. 분석결과 신도시 개발이 일어난 지역은 일반적으로 녹지네트워크가 잘 구축되어 추가적인 공원·녹지의 필요성이 낮았으나, 과거부터 있었던 주거지역은 녹지네트워크가 부족하여 추가적인 공원·녹지의 필요성이 높은 것으로 도출되었다.

거시적으로 볼 때 공원·녹지의 필요지역은 인간 접근성을 고려하는 경우와 생물다양성 증진을 고려하는 경우의 차이가 없었으나, 미시적으로 볼 경우에는 차이가 나타났다. 즉, 세부

적인 녹지네트워크 분석 결과 지역에 따라 다른 양상이 나타났으며, 이에 따른 세부적인 공원·녹지의 조성 기준을 제시할 수 있을 것이다. 오래된 주거지역은 상대적으로 인간 접근성 측면에서의 녹지네트워크가 잘 구축되므로, 공원·녹지의 조성 시 생물다양성 증진을 우선으로 고려하여 네트워크를 구축해야 할 것으로 판단된다. 또한 신도시 지역은 상대적으로 생물다양성 증진을 고려한 녹지네트워크가 잘 구축되므로, 공원·녹지의 조성 시 인간 접근성을 우선으로 고려하여 네트워크를 구축해야 할 것으로 판단된다.

결론적으로 생물다양성 증진과 인간 접근성 중 한 가지만 고려할 경우 공원·녹지 조성 위치의 차이가 발생할 수 있다. 그러므로 생물다양성 증진과 인간 접근성을 모두 고려해야 하며, 추가적인 공원·녹지의 필요지역을 분석하기 위해서는 첫째, 거시적 스케일에서 공원·녹지의 필요지역을 분석하여야 하며 둘째, 오래된 주거지역과 신도시 개발지역과 같이 도로의 비율 차이가 나타나는 지역을 구분하여 생물다양성 증진과 인간 접근성 중 우선 고려해야 할 항목을 선정하여 분석하고 셋째, 분석 결과를 바탕으로 최종적인 공원·녹지의 필요지역을 선정할 필요가 있다.

본 연구에서 고려한 인간 접근성과 생물다양성 증진은 모두 공원·녹지의 분포 차이에 의해 영향을 받는 요소이다. 그러나 공원·녹지의 질적 측면도 분포 측면과 같이 인간과 생물에 혜택을 주는 중요한 요소이다. 그러므로 공원·녹지의 분포 측면과 질적 측면이 모두 고려된 연구가 차후 진행될 필요가 있다.

본 연구의 한계점으로 GFS를 위한 종 선정에 있어 내부종, 일반종, 가장자리종 등으로 구분되는 조류의 특성을 연구 데이터 부족으로 인해 반영하지 못하였으며 이에 따른 조류의 이동 특성 또한 반영하지 못하였다. 또한 GFS의 계산을 위해 종의 서식지 면적과 이동가능

거리 데이터를 얻는 과정에서 국내 연구가 부족하여 외국연구에 의존한 점으로 인해 국내 생물종에 맞는 정확한 데이터를 얻지 못한 점은 본 연구의 한계이며, 차후 연구에서 개선되어야 할 것이다.

## References

- Ahn YJ · Lee DK · Kim H and Mo Y. 2014. Applying Connectivity Analysis for Prioritizing Unexecuted Urban Parks in Sungnam. *Journal of Korean Environmental Restoration Technology* 17(3): 75-86. (in Korean)
- Bell S. · V. Hamilton · A. Montarzino · H. Rothnie · P. Travlou and S. Alves. 2008. Greenspace and quality of life: A critical literature review. *Greenspace Scotland*.
- Benedict, M. A. and E. T. McMahon. 2006. *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Washington, DC, US: Island Press.
- Bennett G. 2004. *Integrating biodiversity conservation and sustainable use: lessons learned from ecological networks*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Blair R. B. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications* 6(2): 506-519.
- Broughton R. K. · R. Hill · S. N. Freeman · P. E. Bellamy and S. Hinsley. 2012. Describing habitat occupation by woodland birds with territory mapping and remotely sensed data: an example using the marsh tit (*Poecile palustris*) 114(4): 812-822.
- Cha SY and Park JH. 1999. Development of Green Network Plan Using Bird Habitat Evaluation Model -A Case Study of Seoul, Korea-. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 27(4): 29-38. (in Korean)
- Enoksson B. · P. Angelstam and K. Larsson. 1995. Deciduous forest and resident birds; the problem of fragmentation within a coniferous forest landscape. *Landscape Ecology* 10(5): 267-275.
- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 34: 487-515.
- Fukui A. 1995. The role of the brown-eared bulbul *Hypsipetes amaurotis* as a seed dispersal agent. *Res Popul Ecol* 37: 211-218.
- Govindarajulu, D. 2014. Urban green space planning for climate adaptation in Indian cities. *Urban Climate* 10: 35-41.
- Hashimoto H. · Y. Natuhara and Y. Morimoto. 2005. A habitat model for *Parus major* minor using a logistic regression model for the urban area of Osaka, Japan. *Landscape and Urban Planning* 70: 245-250.
- Hinsley S. · P. Bellamy · I. Newton and T. Sparks. 1995. Habitat and landscape factors influencing the presence of individual breeding bird species in woodland fragments. *Journal of Avian Biology* 26(2): 94-104.
- Hong SH · Choi SH · Lee SD and Bae JH. 2009. Establishing Urban Green Network by Estimating Birds Moving Pattern. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 12(2): 99-110. (in Korean)
- Hong SK · N. Nakagochi · B. Fu and Y. Morimoto. 2007. *Landscape Ecological Applications in Man-Influenced Areas*. Netherlands: Springer.
- Jongman R. H. G. and G. Pungetti. 2004. *Ecological networks and greenways: concepts, design, implementation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kong F. · H. Yin · N. Nakagoshi and Y. Zong. 2010. Urban green space network development

- for biodiversity conservation: Identification based on graph theory and gravity modeling. *Landscape and Urban Planning*, 95(1-2): 16-27.
- Krebs J. R. 1970. Regulation of numbers in the Great tit(Aves: Passeriformes). *J. Zool. Lond* 162: 317-333.
- Lee DK · Song WK and Jeon SW. 2008. Regional Ecological Network Design for Wild Animals' Movement Using Landscape Permeability and Least-cost Path Methods in the Metropolitan Area of Korea. *Journal of Korean Environmental Restoration Technology* 11(3): 94-106. (in Korean)
- Lee JH. 2006. Species Composition of Breeding Birds as Related to Vegetation Components and Land Cover of Residential Areas in Seongnam, Korea. Ph.D dissertation, Seoul National University. (in Korean with English summary)
- Lerman S. B. · K. H. Nislow · D. J. Nowak · S. DeStefano · D. I. King and D. T. Jones-Farrand. 2014. Using urban forest assessment tools to model bird habitat potential. *Landscape and Urban Planning* 122: 29-40.
- Maas, J. · Spreeuwenberg, P. · Van Winsum-Westra, M. · Verheij, R. a. · De Vries, S. and Groenewegen, P. P. 2009. Is green space in the living environment associated with people's feelings of social safety? *Environment and Planning A* 41(7): 1763-1777.
- Moseley, D. · Marzano, M. · Chetcuti, J. and Watts, K. 2013. Green networks for people: Application of a functional approach to support the planning and management of greenspace. *Landscape and Urban Planning* 116: 1-12.
- Nakamura T. 1975. A study of Paridae community in Japan. III. Ecological separation in social structure and distribution. *Miscellaneous Reports of the Yamashina Institute for Ornithology* 7: 35-68.
- Natuhara Y. and C. Imai. 1999. Prediction of species richness of breeding birds by landscape-level factors of urban woods in Osaka Prefecture, Japan. *Biodiversity and Conservation* 8: 239-253.
- Opdam P. 2002. Assessing the conservation potential of habitat networks. In: Gutzwiller KJ (ed) *Applying landscape ecology in biological conservation*. Springer-Verlag, New York.
- Opdam, P. · E. Steingrover and S. van Rooij. 2006. Ecological networks: a spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landsc Urban Plan* 75: 322-332.
- Pearce, J. · Witten, K. and Bartie, P. 2006. Neighborhoods and health: a GIS approach to measuring community resource accessibility. *Journal of Epidemiology and Community Health* 60: 389-395.
- Sagong JH · Ra JH · Cho HJ. 2007. Selection of the Priority Order for Additional Green Spaces for Urban Park and Green Network. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 34(6): 10-21. (in Korean)
- Sellers R. M. 1984. Movements of Coal, Marsh and Willow Tits in Britain. *Ringling & Migration* 5(2): 79-89.
- Seongnam-si. 2011. Seongnam statistical year book. Seongnam-si.
- Serret, H. · Raymond, R. · Foltête, J.-C. · Clergeau, P. · Simon, L. and Machon, N. 2014. Potential contributions of green spaces at business sites to the ecological network in an urban agglomeration: The case of the

- Ile-de-France region, France. *Landscape and Urban Planning*, 131, 27-35.
- Sung HC and Shin JY. 2005. Strategies to Improve Park's Accessibility in City -Focus on Gyeonggi-do Region-. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 33(2): 83-91. (in Korean)
- Verhulst S. · C. M. Perrins · R. Riddington. 1997. Natal dispersal of great tits in a patchy environment. *Ecology* 78: 864-872.
- Watts, K. · A. E. Eycott · P. Handley · D. Ray · J. W. Humphrey and C. P. Quine. 2010. Targeting and evaluating biodiversity conservation action within fragmented landscapes: an approach based on generic focal species and least-cost networks. *Landscape Ecology* 25(9): 1305-1318.
- 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률, 법률 제13051호, 2015.01.20, 일부개정.  
<http://stat.kosis.kr>