

생태네트워크와 접근성 분석에 의한 서울시 미집행 도시공원의 보전 우선순위 평가*

강완모¹⁾ · 송영근²⁾ · 성현찬³⁾ · 이동근⁴⁾

¹⁾ 청주대학교 휴먼환경디자인학부 · ²⁾ 서울대학교 환경대학원 환경조경학과
³⁾ 고려대학교 환경 GIS/RS 센터 · ⁴⁾ 서울대학교 농업생명과학대학 조경 · 지역시스템공학부

Assessing conservation priorities of unexecuted urban parks in Seoul using ecological network and accessibility analyses*

Kang, Wan-Mo¹⁾ · Song, Young-Keun²⁾ · Sung, Hyun-Chan³⁾ and Lee, Dong-Kun⁴⁾

¹⁾ Department of Human Environment Design, Cheongju University,

²⁾ Dept. of Landscape Architecture, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University,

³⁾ Environmental GIS/RS Center, Korea University,

⁴⁾ Dept. of Landscape Architecture and Rural Systems Engineering, Seoul National University.

ABSTRACT

This study aims to quantitatively evaluate the conservation priorities of unexecuted urban parks in Seoul both from an ecological and public perspective. To this end, two methodologies, ecological network analysis based on graph and circuit theory and accessibility analysis, were employed in order to assess ecological connectivity of and public accessibility to unexecuted parks, respectively. This study applied linkage-mapping methods (shortest path and current flow betweenness centrality) of connectivity analysis to an integrated map of landscape permeability. The population-weighted accessibility to unexecuted parks was measured based on a negative exponential distance decay function. As a result,

* 본 논문은 환경부 “환경정책기반 공공기술개발사업(과제번호: 2016000210004)”에서 지원받았습니다.

First author : Kang, Wan-Mo, Department of Human Environment Design, Cheongju University,
Daeseong-ro 298, Cheongwon-gu, Cheongju 28503, Republic of Korea,
Tel : +82-43-229-8277, E-mail : kangwm@cju.ac.kr

Corresponding author : Song, Young-Keun, Department of Landscape Architecture,
Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University, Gwanak-ro 1,
Gwanak-gu, Seoul 08826, Republic of Korea,
Tel : +82-2-880-8860, E-mail : songyoung@snu.ac.kr

Received : 19 March, 2018. **Revised** : 29 April, 2018. **Accepted** : 30 April, 2018.

for both ecological connectivity and accessibility, Gwanaksan, Suraksan, and Bulamsan urban natural parks are found to be the most important (rank 1-3) to be conserved. For these sites, inner park areas with conservation priorities for connectivity and accessibility were identified. The findings of the study can be used for giving conservation priority to the unexecuted urban parks in terms of long-term sustainable urban planning.

Key Words : *Betweenness, Connectivity, Ecosystem services, Graph theory, Urban natural park, Urban neighborhood park*

I. 서론

도시공원은 도시자연환경 및 경관을 보호하고, 도시민에게 건전한 여가 및 휴식공간을 제공한다. 그러나 자연형의 잔존산지나 완만한 구릉지에 조성된 도시공원들은 도시계획시설로 지정된 지 10년 이상을 넘은 경우가 대부분이며, 공원 내 사유지에 대한 매입과 보상 등 집행이 이루어 지지 않아 장기미집행 시설로 남아 있다. 국토교통부의 2016년도 도시계획 현황에 따르면 10년 이상의 장기미집행 도시공원 총 면적은 433.4 km²에 달한다(MoLIT, 2016). 이는 장기미집행 도시·군계획시설 전체 면적 833.2 km²의 절반을 넘는 규모로 도시공원의 미집행 비율은 타 도시계획시설에 비해 매우 높은 편이다.

각 지방자치단체가 장기미집행 공원에 대한 집행율을 높이려고 노력 중이다. 그러나 지방자치단체의 재정능력 부족과 막대한 보상비에 따른 재정부담으로 20년 이상 미집행시설의 실효시점인 2020년이 되면 집행되지 못한 도시공원의 상당수가 도시계획시설에서 해제될 예정이다. 대부분 자연녹지 형태로 보전되어 왔지만, 장기미집행 도시공원의 지정이 해제될시 일부 지역은 자칫 난개발에 직면할 것으로 우려된다. 장기미집행으로 인한 도시공원 내 토지 소유자의 사유 재산권 침해 문제가 지속적으로 제기되고 있는 가운데 도시공원의 효율적 보전 및 이용, 관리를 위한 대책 마련이 시급한

실정이다.

미집행 도시공원을 재정비하기 위해 구체적인 재원마련 방안이 시급하다(Kim, 2017). 기존 연구를 통해 제안된 재정적 방안으로 국고 보조금 확보, 지방채 발행, 공공투자예 민간을 참여시키는 민자유치 활성화, 시민녹화기금 조성 등이 있다(BDI, 2010). 그러나 이러한 방안의 현실 적용을 위한 구체적인 논의가 미흡하다. 또한 다가오는 2020년에 20년 이상 미집행 도시공원이 자동 실효되기 때문에 민간공원특례제도와 같은 비재정적 해소방안이 더 현실성 있는 대안으로 제시되고 있다. 민간공원특례제도는 미 조성된 5만 m² 이상의 규모를 갖는 도시공원의 30%에는 수익시설을 설치하고, 나머지 70%는 공원으로 조성하여 도시민의 휴식공간으로 기부채납하는 방식이다. 이는 ‘도시공원 및 녹지 등에 관한 법률’ 제21조 2의 도시공원 부지에서의 개발행위 등에 관한 특례를 근거로 한다. 이와 함께 미집행 도시공원 내 개인소유의 토지 일부를 대지로 지목 변경하여 재산 가치를 높여주고 나머지 면적은 기부채납하는 방안도 제시되었다(GRI, 2015).

비재정적 제도 시행에 앞서 미집행 공원별 집행 우선순위 설정과 재정비 방향(즉 조성, 지목변경, 폐지)과 관련한 토지이용계획의 적정성 및 타당성 검토가 중요하다. 그러나 이를 위한 환경영향평가는 아직 제도적, 법적으로 충분치 못한 면이 있고, 환경보전계획과 국토계획을 연계한 국토-환경계획 연동제의 실질적 적용도 초

기 단계이다(Choi et al., 2008; KEI, 2017). 이에 따라 대상지의 생태환경용량(ecological and environmental carrying capacity)과 공간적 특성 등을 고려한 미집행 도시공원의 기능 및 가치평가가 제대로 이뤄지지 않고 우선순위 대상 선정과 재정비 방향이 주로 경제적 가치에 의해 좌우될 가능성이 있다. 경제적 가치가 공공사업의 타당성 평가에 있어 중요한 고려요소이지만, 도시생태네트워크의 거점인 도시공원은 경제적 가치로 환산되지 못한 생물다양성 보전 기능 등 공익기능 가치가 크다(Konijnendijk et al., 2013). 결국, 개별 도시공원이 시민에게 주는 공익적 가치와 도시생태네트워크 상에서의 통합적 기능이 제대로 고려되지 않고, 단지 개발 효율성이나 주변 인구수에 따라 미집행 공원의 집행 여부와 개발대상 부지가 선정되는 등 난개발의 우려가 높다.

이에 본 연구에서는 서울시를 대상으로, 장기 미집행 도시공원의 보전 우선순위를 생태적·공익적 측면에서 정량적으로 평가하고자 하였다. 생태적 측면에서는 생태네트워크 상 중요도를 분석함으로써, 공익적 측면에서는 각 공원에 대한 도시민들의 접근성을 분석함으로써, 미집행 공원별 집행 우선순위를 제시하였다. 또한 우선순위가 높은 공원에 대해서는, 공원 내에서도 생태적·공익적 측면에서 중요 보전지역을 도출하고자 하였다. 이러한 연구결과는 향후 서울시 미집행 공원의 집행 우선순위 설정과 지속가능한 토지이용계획 수립에 유용한 공간자료로 활용될 수 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 연구 대상 및 분석 범위

서울시 행정구역에 포함되는 미집행 도시공원 중 도시자연공원과 근린공원, 묘지공원에 해당하는 103개소를 연구 대상으로 하였다(Figure 1). 시·도별 미집행 도시공원 총 면적은 경기

도 74.6 km², 서울 57.4 km², 경남 54.8 km², 경북 52.2 km², 부산 42.4 km² 등의 순이다. 행정구역 면적 대비로는 서울 0.095, 부산 0.055, 울산 0.025, 광주와 대전 0.023 등의 순으로 서울시 미집행 공원 면적이 타 지역에 비해 상대적으로 매우 큰 편이다(MoLIT, 2016). 서울시의 미집행 공원에는 북한산과 수락산, 남산, 아차산, 관악산 등 서울시 주요 녹지축에 해당하는 도시자연공원을 비롯하여 시가지 내의 구릉지에 지정된 근린공원과 묘지공원 등이 포함된다. SDI (2011)을 참고하고 ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012) 프로그램을 이용하여 서울시 미집행 도시공원을 디지털타입(digitizing)하였다. 미집행 도시공원 중 수락산과 불암산 도시자연공원과 북악산과 인왕산, 안산 도시자연공원, 대모산과 구룡산 도시자연공원 등은 각각 하나의 산림 패치(patch)이기 때문에 개별 도시공원이 아닌 하나의 공원으로 포함하였다. 남산의 경우, 도시자연공원과 근린공원을 모두 포함하지만 하나의 연결된 산림 패치여서 남산 도시자연공원과 근린공원을 하나의 공원으로 포함하였다.

서울시 및 인접도시의 주요 녹지와 인구 분포를 포함하여 생태네트워크 및 접근성을 광역적으로 분석하고자 하였다. 이를 위해 서울시와 서울시 행정경계로부터 약 10 km 반경에 해당하는 경기·수도권 지역을 공간 분석 범위로 선정하였다(Figure 1). 행정구역 경계에 인접한 주요 산림들이 실제로는 하나의 산림으로 연결되는 경우가 많다. 그러나 행정구역과 같이 유역의 분수계 또는 임의로 설정된 경계에 의해 분석 범위를 설정할 경우, 행정구역 경계 밖의 주요 거점녹지 또한 생태네트워크 있어 중요한 역할을 하지만 연구에 포함되지 않는 오류가 발생할 수 있다(Kang et al., 2014). 서울시 외곽의 도시자연공원은 인접지역 도시민에게도 휴식과 여가활동 공간으로 기여하는 바가 크기 때문에 접근성 분석 범위 또한 서울시 인접도시로 확장하였다.

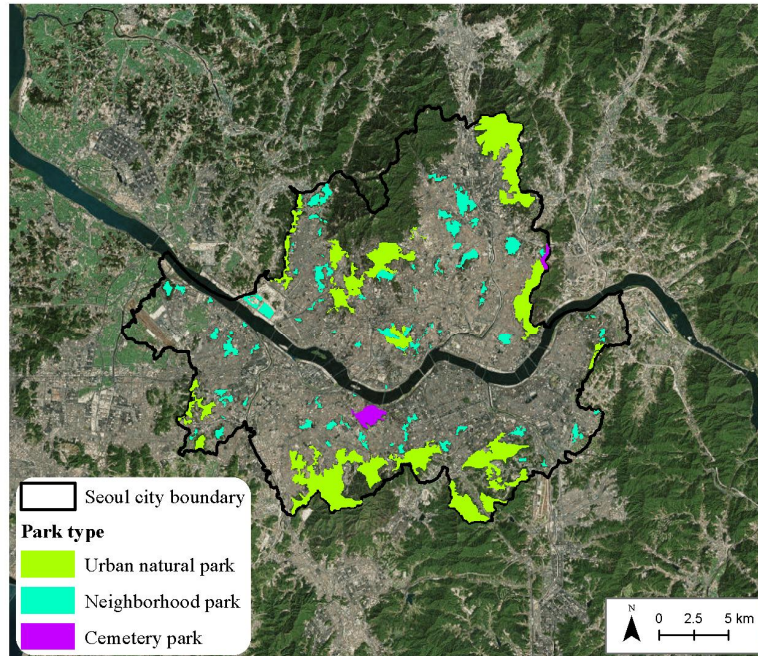


Figure 1. Study area with the unexecuted urban parks of Seoul depending on their designated types (ArcGIS World Imagery map service, 2018)

2. 연구 방법

1) 생태네트워크 분석

네트워크는 노드(node)와 링크(link)로 구성되고, 경관 또는 서식지, 개체군 간 생태 흐름(ecological flux) 연구에 있어 효율적으로 적용될 수 있다(Bunn et al. 2000; McRae et al. 2008). 그래프 이론(graph theory)에 기반한 경관 생태적 네트워크 모형은 주로 서식지 등의 패치가 노드가 되고, 관심 종의 이동 또는 분산(dispersal), 유전자 흐름(gene flow)에 의해 서식지들이 링크로 연결되는 패치-매트릭스(matrix) 형태가 일반적이다. 이에 반해, 복잡(complex)하고 이질적인 경관 패턴을 보다 더 정교하게 분석하기 위해 평면 격자(regular lattice)를 구성하는 육각형(hexagon)이 노드가 되고 이웃한 노드 간 거리에 따라 연결성을 분석하는 비-패치 기반의 네트워크 모형도 최근 개발되었다(Carroll et al., 2012). 적합한 네트워크 모형의 선택을 위해서는 연구 대상 및 목적, 가용한 공간 자료, 공

간 범위 및 해상도, 컴퓨터 성능(performance) 등의 고려가 필요하다. 이 연구에서는 연구범위 내 전체 경관 생태네트워크 상 각 미집행 도시공원의 중요도뿐만 아니라 개별 도시공원 내부의 주요 연결루트 또한 도출하기 위해 육각형의 평면 격자 구조를 갖는 비-패치 기반의 생태네트워크 모형을 적용하였다.

야생동물의 이동 등 생태 흐름 정도를 나타내는 값으로 경관의 환경성·생태성에 기초한 투과성(permeability) 개념을 적용하였다. 투과성 값이 높을수록 야생동물의 이동과 종자전파에 따른 유전자 흐름 등 기능적 연결성(functional connectivity)이 높음을 의미한다. 투과성 계산을 위한 입력 자료로는 토지피복 유형에 따른 환경·생태적 가치를 반영할 수 있도록 환경부 제공 2014년 세분류 토지피복도(1m 해상도)와, 자연환경의 질을 참고할 수 있도록 2015년의 국토환경성평가지도(10m 해상도)를, 환경공간정보 서비스(Environmental Geographic Information

Service, EGIS: <https://egis.me.go.kr>)로부터 다운 받아 활용하였다. 세분류 토지피복지도는 시가화 건조지역과 농업지역, 산림지역 등 대부분류로 재분류하였고(Table 1), 이러한 토지피복지도와 국토환경성평가지도는 연구 대상지 전체에서 각 공원들의 네트워크에 대한 개황을 파악한다는 연구의 공간스케일에 따라 모두 30 m 해상도로 재조정하였다. 투과성은 일반적으로 토지피복도 유형이 생태 흐름을 원활하게 하거나 방해하는 정도에 따라 계산되는 개념으로 산림과 습지 등 자연경관을 선호하는 일반적인 생물의 서식·이동 특성과 기존의 관련 연구를 참고하여 적용하였다(Table 1; Teng et al., 2011; Theobald et al., 2011; Kang and Park, 2015). 본 연구에서는 국토환경성평가지도의 1~5등급을 가치에 따라 역으로 점수화 한 것을 Table 1의 토지피복 유형별 투과성 값에 곱함으로써 최종적으로는 1부터 500까지의 투과성 값을 갖도록 공간중첩 하였다.

Table 1. Weights applied to land cover data used to represent landscape permeability

Land cover type	Permeability
Forest	100
Wetland	100
Grassland	30
Barren	20
Water	20
Agricultural area	10
Built-up area	1

생물서식공간으로 중요한 비오름 면적과 연구 범위, 법정 근린공원 규모 등을 고려하여 1 ha 규모의 육각형 노드들이 분석 범위를 커버하는 생태네트워크 모형이 적용되었다(Chae and Koo, 2004; Hugget, 2004). 1 ha 면적의 육각형 노드들로 구성되는 격자 지도와 경관 투과성 지도를 중첩하여 각 노드별 투과성 값을 평균하였다. 이러한 노드별 투과성 값을 고려하여 노드 간 최소비

용거리를 기반으로 연결성을 계산하였다. 네트워크 상 관심 노드의 최종 중요도는, 관심 노드가 네트워크 내 다른 노드 쌍 간의 최단경로 상에 위치하는 정도를 나타내는 최단거리 매개중심성(shortest path betweenness centrality) 값으로 도출하였다(Carroll et al. 2012). 이러한 매개중심성은 전체 네트워크를 대상으로 계산되며, 각 노드가 네트워크 내 어디에 위치하고 있는지 그 중심성을 나타내는 척도이다. 아울러, McRae et al. (2008)에서 제안된 회로 이론(circuit theory)을 기반으로, 최단거리와 함께 다양한 대안 경로도 고려하는 전류흐름 매개중심성(current flow betweenness centrality) 값을 활용함으로써, 상호보완적이며 종합적으로 노드의 중요도를 파악하고자 하였다(Carroll et al. 2012).

네트워크 상의 미집행 도시공원별 최단거리 및 전류흐름 매개중심성은 해당 도시공원 범위에 포함되는 노드들의 합으로 구하였다. 또한 미집행 도시공원에 따른 두 매개중심성 간 상관관계를 보기 위해 Spearman 순위 상관분석을 실시하였다. 두 매개중심성이 높은 상위 10개 미집행 도시공원을 탐색하고, 이 가운데 두 매개중심성 상위 3개 도시공원에 모두 포함되는 공원들에 대해서는 확대된 스케일에서 추가분석을 실시하였다. 이러한 매개중심성 상 중요도에 따라 선정된 공원에서는 각 공원에 포함되는 격자 노드별 두 매개중심성 값을 지도화함으로써, 향후 토지이용계획 수립시 공원 내에서도 우선적으로 보호가 필요한 주요 연결 핵심지역을 도출하였다.

이상의 경관 격자 기반의 생태네트워크 분석을 위해 Connectivity Analysis Toolkit(Carroll et al., 2012)이 활용되었다. 기타 공간 분석 및 지도화를 위해 ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012)을 사용하였고, Spearman의 순위 상관분석에서는 R v.3.4.0을 활용하였다(R Core Team, 2017).

2) 미집행 공원 접근성 분석

서울시 미집행 도시공원의 공간지리정보와

연구범위 내 인구분포 공간자료를 활용함으로써 도시민의 미집행 도시공원에 대한 접근성을 평가하였다. 생태네트워크 분석에서 활용된 육각형 노드 격자 중 미집행 도시공원 분포와 중첩되는 노드들을 추출하였다. 추출된 각 노드들로부터 연구범위 내 모든 인구분포 점 자료(point data)까지의 유클리드안 직선거리(Euclidean distance)를 계산하고, 음지수 함수(negative exponential function)로 근교 여행 거리(close-to-home trip distance)인 8 km에서 0.05의 근교 여행 확률을 갖도록 설정하였다(Burkhard and Maes, 2017). 이는 음지수 함수에 따라 8 km 이상의 여행 거리도 가능하지만, 근교 여행 확률은 0.05 이하로 매우 낮음을 뜻한다. 각 미집행 도시공원에 속하는 노드별 접근성(accessibility)은 식 (1)과 같이 근교 여행 확률과 거주인구 수를 곱한 값들의 합으로 계산하였다.

$$\text{가. Accessibility to node}_i = \sum_j^m p_{ij} \times w_j \quad \text{식 (1)}$$

여기서 p_{ij} 는 미집행 공원 내 노드(i)로부터 인구 점 자료(j)까지 유클리드 거리의 음지수 확률에 따른 근교 여행 확률이며, w_j 는 인구 점 자료(j)의 천 단위 거주 인구수를 나타낸다.

생태네트워크 분석과 같이 미집행 도시공원별 접근성은 각 도시공원 범위에 포함되는 모든 노드들의 접근성 값의 합으로 구하였다. 접근성이 높은 도시공원은 최단거리와 전류 흐름 매개 중심성 또한 높은지 검증하기 위해 Spearman 순위 상관분석을 실시하였다. 또한 접근성이 높은 상위 10개 미집행 도시공원을 탐색하고, 두 매개 중심성 상위 3개 도시공원에 모두 포함됐던 공원들에 대해서는 각 도시공원 내 개별 노드의 접근성 값을 세부적으로 지도화하여 도시공원 내부에서도 상대적으로 접근성이 높은 지역을 도출하였다.

인구분포 공간자료는 거주인구 분포의 전반적인 특징을 파악하는데 적합한 자료로서 2011년 기준 (주)비즈지아이에스 데이터베이스에서

제공하는 100 m 간격의 추정치를 활용하였다 (<http://www.biz-gis.com/XsDB/>). 본 접근성 분석에서도 ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012)과 R v.3.4.0 (R Core Team, 2017)을 활용하였다.

III. 결과 및 고찰

분석결과, 대상지 전체에서 육각형 노드 284,592개로 구성된 격자 형태의 생태네트워크가 도출되었다. Figure 2는 기하 간격(geometrical interval)을 활용하여 최단거리 매개중심성과 전류 흐름 매개중심성 값을 4개의 등급으로 구분한 것으로 붉은색 계열의 지역들이 연구 대상지 수도권 광역 네트워크에서 연결성 중요지역을 나타낸다. 최단거리 매개중심성을 기반으로 서울·수도권 지역 자연 경관을 연결하는 주요 생태축(Figure 2a)이 도출되었고, 전류흐름 매개중심성을 기반으로 생태축의 대안 연결경로로서 중요한 지역들(Figure 2b)을 도출하였다.

서울과 주변 수도권 지역 생태네트워크의 중추적 경로는 서울시를 중심으로 환형(ring-shaped)을 이룬다(Kang and Park, 2015). 수도권 지역 북쪽과 남쪽의 경관은 서울시 도심 내부를 통해 잘 연결되지는 못했지만, 서울시 도심 내부 공원들로 뻗어 들어온 지축형태의 경로를 또한 확인할 수 있다(Figure 2). 따라서 서울시 외곽뿐만 아니라 내부의 도시공원들 역시 생태네트워크 상에서 중요한 역할을 함을 확인할 수 있다.

재정부족과 집행계획 부재로 서울시 미집행 공원들이 도시계획시설에서 해제될시 서울시 도심 내부의 경관 연결성은 더 떨어질 것으로 우려된다. 서울시 도심에서 경관 연결성이 미약하거나 단절된 곳, 네트워크에서 중심성이 높으면서 병목지점(pinch point)에 해당하는 곳은 자연 친화적인 생태환경 조성을 통해 제한된 연결성을 보완하거나 새로이 연결시켜 주는 복원 전략이 필요하다. 주요 생태축 경로이지만, 도로 등에 의해 단절된 경로에 대해서는 이러한 자연

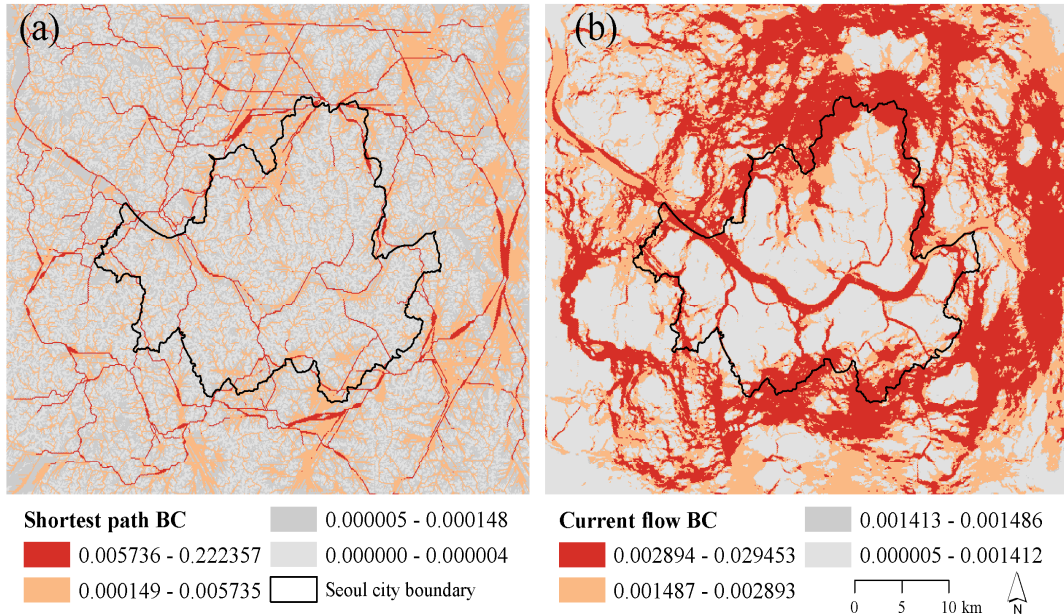


Figure 2. Linkage areas, connecting natural lands according to graph-based (a) shortest path and (b) current flow betweenness centrality (BC) in the study area

경관을 유기적으로 연결하기 위한 전략으로 생태통로 설치가 검토되어야 한다.

본 연구에서 분석된 미집행 도시공원의 두 매개중심성은 매우 높은 양의 상관관계를 보였다 (Spearman's $\rho=0.91$, $N=103$, $P<0.01$). 이러한 결과는 최단거리 매개중심성이 높은 노드를 포함하는 미집행 도시공원은 전류흐름 매개중심성, 즉 네트워크를 구성하기 위한 대안경로 기능에 있어서도 중요한 역할을 함을 의미한다. 최단거리 매개중심성이 높은 상위 10개 미집행 도시공원은 수락산과 불암산 도시자연공원, 아차산 도시자연공원, 관악산 도시자연공원, 서울 국립 묘지공원, 까치산 근린공원, 북악산과 인왕산, 안산 도시자연공원, 청계산 도시자연공원, 하늘 근린공원, 노을 근린공원, 명일 근린공원 순으로 나타났다(Figure 3a; Table 2). 전류흐름 매개중심성이 높은 상위 10개 미집행 도시공원은 수락산과 불암산 도시자연공원에 이어 관악산 도시자연공원, 북악산과 인왕산, 안산 도시자연공원, 아차산 도시자연공원, 대모산과 구룡산 도시자

연공원, 청계산 도시자연공원, 우면산 도시자연공원, 서울 국립 묘지공원, 이말산 근린공원, 남산 도시자연공원과 근린공원 순이었다(Figure 3b; Table 2). 이와 같이 매개중심성이 높은 도시공원으로는 수락산과 불암산 도시자연공원과 관악산 도시자연공원 등 서울시 외곽에 위치하는 면적이 큰 도시자연공원뿐만 아니라 도심 내부의 서울 국립 묘지공원 등도 포함된다. 이러한 매개중심성 상위에 해당되는 도시공원들은 광역수도권의 경관 생태적 네트워크를 보전함에 있어 중요하며 따라서 보전 우선순위가 높다고 할 수 있다.

네트워크 상 중요한 상위 10개 미집행 도시공원 가운데 수락산과 불암산 도시자연공원과 관악산 도시자연공원은 최단거리와 전류흐름 매개중심성이 모두 높은 상위 3개 도시공원에 포함되었다(Table 2). Figure 5에서는 수락산과 불암산 도시자연공원과 관악산 도시자연공원 각각의 내부에 대한 두 매개중심성의 분포를 본 것으로, 최단거리 매개중심성의 경우 패치의 내부를 중

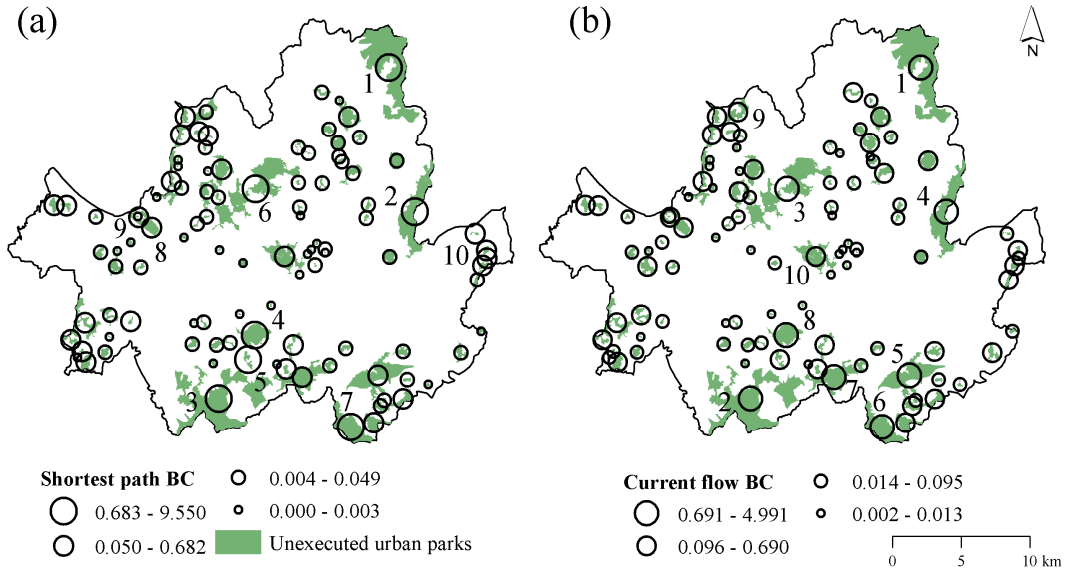


Figure 3. Shortest path and current flow betweenness centrality (BC) of unexecuted urban parks in Seoul. The number indicates the rank of each park, with a ranking from 1 to 10. See Table 2 for park names

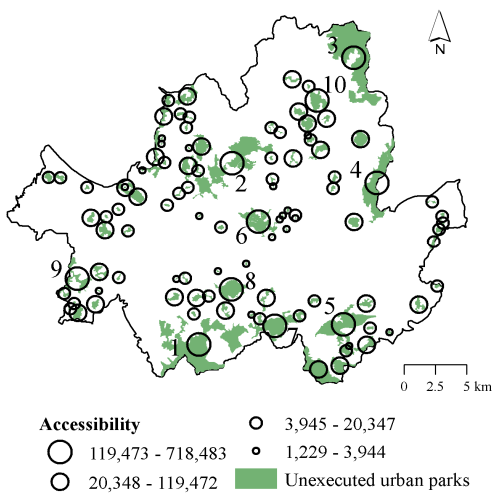


Figure 4. Accessibility to unexecuted urban parks in Seoul. The number indicates the rank of each park, with a ranking from 1 to 10. See Table 2 for park names

심으로, 전류흐름 매개중심성의 경우 서울시 도심에서 먼 지역일수록 매개중심성이 높아지는 경향을 보였다.

미집행 도시공원의 접근성은 최단거리 및 전류흐름 매개중심성과 각각 높은 양의 상관관계

가 있었다(최단거리 매개중심성, Spearman's $\rho=0.71$, $N=103$, $P<0.01$; 전류 흐름 매개중심성, Spearman's $\rho=0.85$, $N=103$, $P<0.01$). 이러한 결과들은 도시민의 접근성이 높은 미집행 도시공원은 경관 연결성에 있어서도 중요한 역할을 함을 의미한다. 도시민 접근성이 높은 상위 10개 미집행 도시공원은 관악산 도시자연공원, 북악산과 인왕산, 안산 도시자연공원, 수락산과 불암산 도시자연공원, 아차산 도시자연공원, 대모산과 구룡산 도시자연공원, 남산 도시자연공원과 근린공원, 우면산 도시자연공원, 서울 국립 묘지공원, 매봉산과 지양산 도시자연공원, 초안산 근린공원 순이었다(Figure 4; Table 2). 매개중심성 결과와 같이, 접근성이 높은 도시공원에는 관악산 도시자연공원과 북악산과 인왕산, 안산 도시자연공원 등 면적이 큰 도시자연공원뿐만 아니라 도심 내부의 서울 국립 묘지공원, 초안산 근린공원 등도 포함된다. 이러한 공원들은 접근성이 높기 때문에 도시민에게 어메니티 및 다양한 생태계 서비스를 제공하는 기능이 높을 것으로 판단된다.

Table 2. The top 10 unexecuted urban parks in Seoul, with the highest shortest path betweenness centrality (BC), current flow BC, and accessibility

Rank	Shortest path BC	Current flow BC	Accessibility
1	Suraksan and Bulamsan urban natural parks	Suraksan and Bulamsan urban natural parks	Gwanaksan urban natural park
2	Achasan urban natural park	Gwanaksan urban natural park	Bugaksan, Inwangsan, and Ansan urban natural parks
3	Gwanaksan urban natural park	Bugaksan, Inwangsan, and Ansan urban natural parks	Suraksan and Bulamsan urban natural parks
4	Seoul National Cemetery's park	Achasan urban natural park	Achasan urban natural park
5	Kkachisan neighborhood park	Daemosan and Guryongsan urban natural parks	Daemosan and Guryongsan urban natural parks
6	Bugaksan, Inwangsan, and Ansan urban natural parks	Cheonggyesan urban natural park	Namsan urban natural and neighborhood parks
7	Cheonggyesan urban natural park	Umyeonsan urban natural park	Umyeonsan urban natural park
8	Haneul neighborhood park	Seoul National Cemetery's park	Seoul National Cemetery's park
9	Noeul neighborhood park	Imalsan neighborhood park	Maebongsan and Jiyangsan urban natural parks
10	Myeongil neighborhood park	Namsan urban natural and neighborhood parks	Choansan neighborhood park

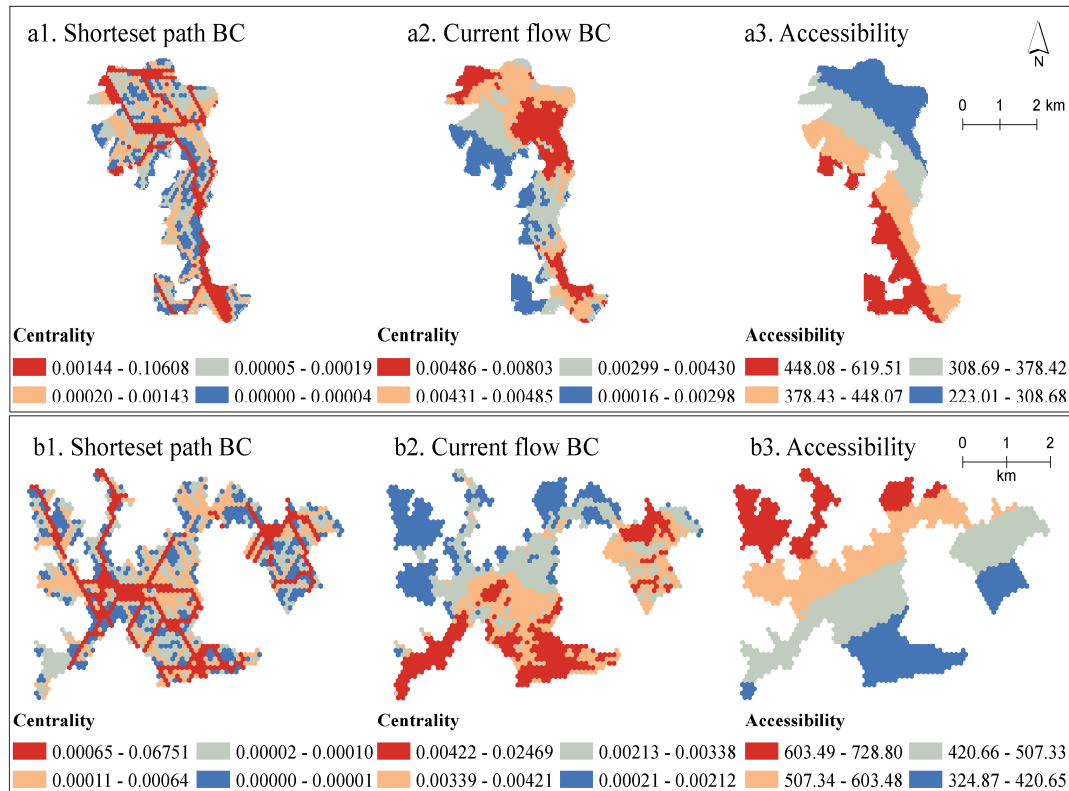


Figure 5. Shortest path and current flow betweenness centrality (BC) of and accessibility to (a) Suraksan and Bulamsan urban natural parks and (b) Gwanaksan urban natural park

두 매개중심성이 모두 높은 상위 3개 미집행 도시공원에 포함되었던 관악산 도시자연공원과 수락산과 불암산 도시자연공원은 접근성에 따른 순위에서도 상위 3개 도시공원에 포함되었다 (Table 2). Figure 5에서는 관악산 도시자연공원과 수락산과 불암산 도시자연공원 각각의 내부의 접근성 분포를 크기 순서에 따른 4개의 분위수(quantile) 그룹으로 등급화한 것으로, 공원 내에서는 일반적으로 서울시 도심에 가까울수록 높아지는 경향을 보였다.

관악산 도시자연공원에서는 도심과 인접하고 표고가 낮은 곳일수록 사유지 비율이 높은 것으로 알려져 있다(Eum, 2015). Eum (2015)에서 제시된 관악산 도시자연공원 내 소유현황 분석 결과와 비교해보면, 관악산 도시자연공원에서 접근성이 높은 지역일수록 사유지 비율이 높은 것으로 나타났다. 사유지 일부 지역은 최단거리 매개중심성 또한 높은 것으로 나타났는데, 이러한 네트워크 상 중요도와 접근성이 높아 보전 우선순위, 즉 집행 우선순위가 높은 도시공원에 대해서는 향후 소유현황 공간정보와의 중첩 분석을 통해 공원 사유지 내부에서도 개발허용지역과 보전지역의 설정이 필수적으로 진행되어야 할 것이다. 한편, 북악산과 인왕산, 안산 도시자연공원은 네트워크 상 중요하면서도 접근성이 높은 지역으로 나타났는데, 용도계획 상 안산 도시자연공원과 같은 경우에는 해당지역 전체가 주거지역으로 지정되어 있어(Eum, 2015) 도시계획시설에서 해제될 경우 타 공원에 비해 개발 가능성이 매우 높다고 판단된다. 이와 같이, 미집행 공원에 대한 집행계획 수립 및 시행 시, 생태적 네트워크(매개중심성) 및 공원으로 이용요구(접근성)가 높은 우선지역에 대한 대책이 보다 시급하다고 할 수 있다.

IV. 결 론

건강한 삶에 대한 추구로 도시공원을 찾는 도

시민들의 수가 증가하고 공원 활동 또한 다양하고 적극적으로 변화하고 있다(Marmot, 2015). 여러 도시개발사업을 통해 도시계획적으로 조성된 크고 작은 도시공원은 도시의 지속 가능성과 시민의 삶의 질 향상을 위한 필수 요소이다. 나아가 도시 생활권 내 도시공원의 기능 확장을 위해 유기적인 도시공원 녹지체계, 즉 네트워크 유지·증진 및 접근성 향상이 점차 중요해지고 있다. 그러나 다수의 도시공원이 장기미집행으로 남아있고 2020년을 기점으로 입지·개발 관련 규제를 위한 미집행 도시공원 보호막이 사라지게 될 예정이지만, 지방자치단체의 재정부족과 미집행 공원의 기능 및 가치 평가에 대한 정보 부족으로 집행계획 수립이 미흡한 실정이다. 공공매입 또는 효과적인 비재정적 제도가 시행되지 않으면 미집행 도시공원이 사라질 위기에 직면하게 될 것이다. 미집행 도시공원이 사라지면 도시생태네트워크가 단절되어 생물다양성과 생태계 건전성, 접근성이 약화되고(Kong et al., 2010; Ratih and Febrianto, 2016), 결국 이는 인류의 복지와 생존을 위협하게 될 것이다(MA, 2005). 따라서 이 연구에서는 서울시 미집행 도시공원을 대상으로 생태네트워크와 접근성의 정량적인 평가를 통해 보전 우선순위를 제안하였다. 이를 통해 미집행 공원의 집행 우선순위 설정과 계획 수립을 위한 유용한 정보를 제공하고자 하였다.

연구를 통해 서울시를 포함하는 광역 수도권의 생태네트워크는 서울시 주변의 자연경관을 연결하는 환형의 중추적 경로를 바탕으로, 지축 형태의 대안 경로가 서울시 도심 내부 공원들을 중심으로 뻗어 들어온 구조로 구축되어 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 서울시 외곽뿐만 아니라 내부의 공원 패치들 역시 생태네트워크 상에서 중요한 역할을 하고 있음을 공간분포 상에서 도출하였다. 생태네트워크 상 최단거리 및 대안 경로를 고려한 미집행 도시공원의 매개중심성과 도시민 접근성은 모두 Spearman의 rho (ρ) 0.7

이상의 높은 상관관계를 나타냈는데, 이는 시민의 접근성이 높고 이용요구도가 높은 곳은 동시에 생태네트워크 구축에 있어서도 중요한 지역임을 시사한다. 구체적인 순위를 보면, 서울시 미집행 도시공원 가운데 관악산 도시자연공원과 수락산과 불암산 도시자연공원이 생태네트워크 및 접근성 측면에서 모두 높게 나타나, 보전 우선순위가 높다고 할 수 있다. 한편, 이와 같은 보전 우선순위가 높은 미집행 도시공원들을 확대된 공간스케일에서 분석한 결과, 매개중심성 및 접근성에 따라 중요지역이 이질적으로 나타나, 공원 내에서도 패치 내부의 주요 생태공간뿐만 아니라 인접한 도시 및 자연경관지역과의 공간관계에 대한 고려를 바탕으로 보전 및 개발지역을 계획할 필요가 있음을 보였다.

연구 결과들은 미집행 공원의 우선순위 설정과 재정비 방향 결정에 있어 공원의 공시지가 등 경제적 측면뿐만 아니라, 접근성과 생태적 연결의 온전성(integrity) 측면도 복합적으로 고려할 필요가 있음을 시사한다. 향후에는 보전 우선순위가 높은 미집행 도시공원을 대상으로 네트워크 연결성과 접근성뿐만 아니라 토지소유현황 및 공시지가 공간정보와의 중첩 분석을 통해 미집행 공원 내부 사유지 중에서도 개발을 규제하고 도시공원으로 조성해야 할 공간을 보다 더 종합적으로 탐색하는 연구가 필수적으로 요구된다. 또한, 연구의 신뢰도 향상을 위해 기능적인 생태 흐름이 경관 투과성에 기반 한 생태네트워크에 더욱 실질적으로 반영되어야 한다. 즉, 향후 실제 중 분포 및 이동조사 자료를 활용하여 토지이용과 피복형태, 도시생태계의 질(quality)에 따른 중요 보호 야생생물의 이동성과 민감도(sensitivity)를 실질적으로 반영한 생태네트워크 평가가 이뤄져야 한다. 끝으로, 미집행 공원의 우선순위 선정에 있어 지역 간, 계층 간 도시공원 접근성의 형평성에 대한 고려도 요구된다.

References

- Bunn A · Urban D · Keitt T. 2000. Landscape connectivity: a conservation application of graph theory. *J Environ Manag* 59: 265-278.
- Burkhard B · Maes J. 2017. *Mapping Ecosystem Services*. Advanced Books 1. DOI: 10.3897/ab.e12837
- Busan Development Institute (BDI). 2010. Proposal for a city ark in Busan city: the unrealized urban planning facility. Busan Development Institute. 151pp. (in Korean with English summary)
- Carroll C · McRae BH · Brookes A. 2012. Use of linkage mapping and centrality analysis across habitat gradients to conserve connectivity of gray wolf populations in western North America. *Conserv Biol* 26: 78-87.
- Chae JH · Koo TH. 2004. Habitat feature analysis in urban biotope for bird diversity promotion in Seoul urban area. *KRIHS* 40: 87-100.
- Choi J-G · Seo S-C · Joo Y-. 2008. Research on Improving EIA Through Causality Analysis. *Journal of Environmental Impact Assessment* 17(1): 11-24.
- ESRI. 2012. Arcgis, version 10.1. Redlands, California, USA.
- Eum SW. 2015. We may not be able to hike Mt. Gwanak and the Jarak-gil of Mt. Ansan. Hankyoreh, 2015, July 26. Retrieved from <http://www.hani.co.kr/arti/society/area/701898.html>
- Gyeonggi Research Institute (GRI). 2015. Solutions for managing long-term unexecuted urban parks. Gyeonggi Research Institute,

- 24pp. (in Korean)
- Hugget RJ. 2004. *Fundamental of biogeography, London and Network*. Taylor & Francis e-Library.
- Kang W · Kim J · Park C-R · Sung JH. 2014. Comparing connectivity in forest networks of seven metropolitan cities of South Korea. *Korean J Agric For Meteorol* 16(2): 93-102.
- Kang W · Park C-R. 2015. Corridor and network analyses of forest bird habitats in a metropolitan area of South Korea. *Korean J Agric For Meteorol* 17(3): 191-201.
- Kim Y-R. 2017. Issuing municipal bonds to pay compensation for lands and selecting compensation priority areas for urban parks and greenbelts unexecuted in the long-term: with a focus on Seoul city. *Journal of Korean Institute of Landscape Architecture* 45(3): 92-106.
- Kong F · Yin H · Nakagoshi N · Zong Y. 2010. Urban green space network development for biodiversity conservation: identification based on graph theory and gravity modeling. *Landsc Urban Plan* 95(1): 16-27.
- Konijnendijk CC · Annerstedt M · Busse Nielsen A · Maruthaveeran S. 2013. Benefits of urban parks a systematic review. *International Federation of Parks and Recreation Administration*. Copenhagen/Alnarp. 70pp.
- Korea Environment Institute (KEI). 2017. Measures to improve the strategic environmental impact assessment in response to the development-environmental plan linkage system: focusing on the urban management plan. 157pp. (in Korean with English summary)
- Marmot M. 2015. *The health gap: the challenge of an unequal world*. Bloomsbury, London.
- McRae BH · Dickson BG · Keitt TH · Shah VB. 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology* 89: 2712-2724.
- Millenium Ecosystem Assessment (MA). 2005. *Ecosystems and human well-being*. Island Press.
- Minister of Land, Infrastructure and Transport (MoLIT). 2016. *Urban Planning Information Service*. <http://upis.go.kr/>
- R Core Team. 2017. *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- Ratih Y · Febrianto JZ. 2016. Biodiversity as part of urban green network system planning case study: Pontianak city. *Procedia Soc Behav Sci* 227: 583-586.
- Seoul Development Institute (SDI). 2011. *A study on the urban park management system with special use permits in Seoul*. Seoul Development Institute, 173pp. (in Korean with English summary)
- Teng M · Wu C · Zhou Z · Lord E · Zheng Z. 2011. Multipurpose greenway planning for changing cities: A framework integrating priorities and a least-cost path model. *Landsc Urban Plan* 103: 1-14.
- Theobald DM · Crooks KR · Norman JB. 2011. Assessing effects of land use on landscape connectivity: loss and fragmentation of western U.S. forests. *Ecol Appl* 21: 2445-2458.