2020 서울연구논문 공모전

서울시 녹지 연결망의 시계열 분석 및 정책적 함의

- 장 병 우 (ipdt419@kookmin.ac.kr)
- 박 신 영 (youngsin0306@kookmin.ac.kr)
- 정 진 아 (aihi6363@kookmin.ac.kr)
- 강 완 모 (kangwm@kookmin.ac.kr)

I·SEOUL·U 너와 나의 서울

서울연구원 The Seoul Institute

CONTENTS

Ⅰ. 연구개요

Ⅱ. 선행연구

Ⅲ. 재료 및 방법

Ⅳ. 결과 및 고찰

Ⅴ. 결론 및 시사점

* 연구논문 보완 - 심사의견을 반영하여 연구의 질적 향상 도모

• 연구결과와 그린 인프라 네트워크의 중요성 연계

✓ 녹지 면적의 양적 증가뿐만 아니라 연결성 증진, 핵심축 도출과 같은 녹지의 **질적 회복력 증가**를 반영

• 용어의 혼용을 피하고 사용 적절성 검토

도시림, 도시공원, 녹지

생태축, 녹지축

→ '녹지', '녹지축'으로 용어 사용 통일

[녹지 : 도시지역에서 자연환경을 보전하거나 개선하고, 공해나 재해를 방지함으로써 도시경관의 향상을 도모하기 위한 곳(「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제 2조 제 5호)

녹지축 : 도시지역의 산과 공원 등 녹지공간이 길게 연결된 형태]

• 선행연구에 대한 추가 검토

✓ 선행연구 분석을 추가하여 본 연구의 **독창성과 차별성 강조**

도시화가 진행됨에 따라 발생하는 환경적 문제들은 도시 녹지의 훼손과 파편화, 질적 저하와 같이 대부분 녹지 공간과 관련됨

최근, 도심 열섬현상·미세먼지 등의 환경문제 해결과 쉼터 및 여가 공간의 제공과 같은 그린 복지 서비스의 향상을 위해 도시녹지의 조성과 관리에 대한 중요성이 강조됨(강완모 등, 2014)

생태면적률 제출 의무화, 옥상녹화 지원사업, 장기미집행 도시계획 공원 해결 등의 공원녹지정책을 시행하고 있지만 집약적 토지이용이 이루어지는 서울시와 같은 도시에서는 새로운 녹지 조성이 어려움

서울시의 1인당 평균 생활권 공원 면적은 5.7m^2/인으로 약 1.7평에 그치고 있음(서울특별시, 2018)

여러 녹지가 연결망으로 그린 인프라를 형성하여 녹지들이 상호 보완적인 기능을 수행하며, 녹지의 효용을 높이는 전략이 필요

(Bengtsson et al., 2003; Lee and Thompson, 2005; 강완모와 박찬열, 2011)

선행연구 1

안동만과 김명수(2003)는 분산도, 격리도, 연결성 지수를 구하여 녹지의 연결성을 평가하고 연결성을 높이는 건강한 도시 녹지 조성을 위한 녹지 조성방안을 제안

선행연구 2

이수동(2005)은 중력모델을 이용한 연결성 평가로 산지 도시녹지의 연결성을 평가하고 연결기법을 정립

선행연구 3

강완모와 박찬열(2011)은 **시계열분석(1975년 ~ 2006년)**을 통해 서울시의 **핵심 녹지를 도출**하고 **녹지 연결망 분포**를 **정량적, 공간적**으로 확인하고 서울시 **녹지경관 보전**을 위한 **환경계획을 제안**

선행 연구 고찰

- 연구 대상지가 서울시 행정구역 경계로 한정되었기 때문에 서울시 인근 지역의 주변 녹지들이 분석에서 제외됨
- 연구 결과로 서울시 경계 외곽에 위치한 녹지들의 연결성 중요도 값이 도심에 위치한 상대적으로 작은 규모의 녹지들보다 낮게 분석됨
- 시간적 범위를 2006년까지로 하였기 때문에 서울시 녹지공간의 변화를 고려했을 때, 시간적 확장도 필요

본 연구의 독창성 & 차별성

- 다중시기 정규식생지수(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)를 기반으로 서울시 녹지를 추출하여, 연구에 사용한 녹지공간 분포의 정확도를 높임
- 녹지공간의 면적을 1ha로 설정하여 도심 소규모 녹지 공간까지 고려
- 서울시와 공간적으로 연결되어있는 인근 수도권 지역의 녹지를 공간적 범위에 포함
- 녹지 연결망 지도의 현행화를 위해 시간적 범위를 2019년까지 확장하며, 용산공원 조성 후 변화 모의
- 다중규모에서 고도화된 연결망 분석 기법을 적용하여 녹지의 양적 질적 변화를 시스템적으로 평가

1 연구 범위 및 데이터 수집

연구의 공간적 범위

- **서울시 행정구역**과 **인근 수도권 경계에 인접하는 녹지**를 포함한 서울시 중심으로부터 **20km 반경 지역**

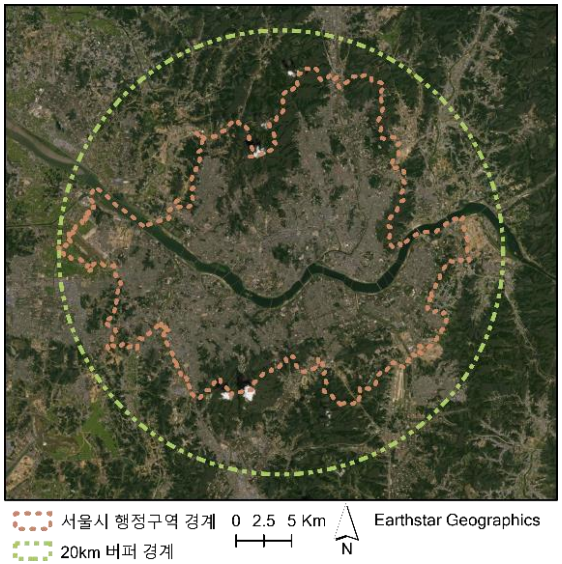


그림 1. 연구의 공간적 범위

연구의 시간적 범위

- **1984년 ~ 2019년** (약 35년)

시계열 영상 수집 및 정규식생지수 계산

- 웹 기반의 오픈소스 플랫폼인 **Google Earth Engine** 활용
- 연도별 식생 활력도가 높은 **6월 1일부터 9월 30일까지**의 기간 동안
- 촬영된 Landsat 다중시기 영상에서 중간값으로 정규식생지수 계산

표 1. Landsat 위성 영상 정보

Year	Sensor	Resolution
1984	Landsat-5 TM	30m X 30m
1993		
2002		
2011		
2019	Landsat-8 OLI	

2 연구 방법

그래프 이론

- **그래프 이론**은 지리 정보와 컴퓨터 과학 분야 뿐만 아니라 다양한 **연결성**과 관련된 **관계 및 흐름(Flux)** 연구에 널리 적용(Bunn et al., 2000)

패치(Patch)기반의 연결망 분석

- ✓ 녹지패치를 **노드(node)**로 하여, 패치 간 연결은 **링크(link)**로 도식하여 서식지의 **구조적, 기능적 연결성**을 효율적으로 분석
- ✓ **경관 생태적 관점에서는** 서식지와 생물종 이동 간의 관계**를 노드(Node)와 링크(Link)로 연결지어 설명** (Urban et al., 2009)

비-패치(Non-Patch)기반의 연결망 분석

- ✓ 육각형 격자 모형에 **중심성(Centrality) 평가 기법**을 적용하여 복잡한 **경관 모자이크의 연결망 패턴을 분석**
- ✓ 연결망에서 **생태흐름**을 원활하게 하는 정도로 각 격자의 **기여도를 평가** (Carroll et al.,2012)

본 연구에서는 패치 기반과 비-패치 기반의 고도화된 네트워크 모형을 함께 적용하여 서울시 녹지 연결망을 다각적 평가

2 연구 방법

패치 기반의 연결망 분석

녹치 패치 생성

- 노드 역할을 하는 녹지 도출을 위하여 **정규식생지수가 0.5 이상**의 픽셀을 녹지로 설정(USGS, 2018)
- **Stratified Random Sampling**을 활용하여 **도출한 녹지와 실제 녹지 간의 정확도 평가** 진행 → **92.3%의 정확도**

유클리디언(Euclidean distance) 분석 기법

- 녹지패치 가장자리 간 거리에 **음지수(Negative exponential) 확률을** 적용
- 임계거리보다 크면 두 패치 사이에는 **생태 흐름이 일어날 확률이 0.05이하**로 낮을 것으로 가정(Urban et al., 2009)

최소비용거리(Least-cost path) 분석 기법

- **시기별 정규식생지수** 값을 재조정(Rescale)하여 **가중치**를 부여

연결성 확률 지수(Probability of Connectivity, PC)

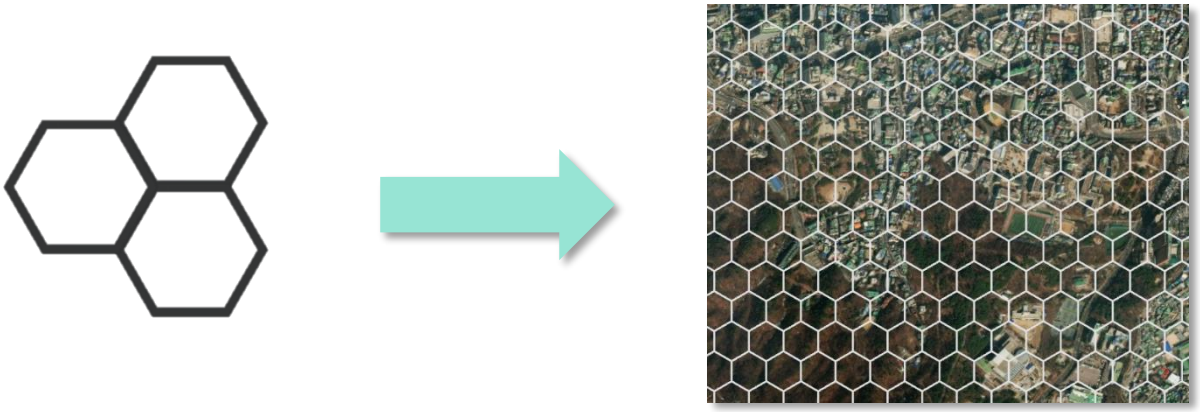
- 시기별 녹지 패치들의 전체 연결성은 연결성 확률 지수(PC)를 활용하여 비교 분석
- 각 녹지 패치를 제거했을 때 **전체 연결성 확률 지수의 변화율(dPC)**을 계산하여 **패치별 중요도 평가**(Saura and Pascual-Hortal, 2007)
- 분석의 효율성을 높이고자 임계거리 3km 내에서는 **100m 단위 증가**로, 3km 이상부터 20km까지는 **1km 단위 증가**로 적용하여 분석

식 1) $$PC = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_i \times a_j \times p_{ij}^{*}}{A^2}$$

식 2) $$dPC = 100 \times (PC - PC_{remove})/PC$$

- n은 녹지 패치의 전체 개수
- p^{*}_{ij}는 녹지 패치 i, j 간 연결 가능한 최대 확률 곱(maximum product probability) 경로의 확률값
- a_i와 a_j는 각 녹지 패치 i와 j의 면적
- A는 총 경관 면적

2 연구 방법
비-패치 기반의 연결망 분석



[도시 녹지의 규모를 고려하여 노드가 되는 육각형(Hexagon) 면적을 **1ha로 설정**]

최단거리 매개중심성(Shortest Path Betweenness Centrality, SPBC) 분석 기법

- **경관 투수성(Landscape permeability) 지도**는 시기별 정규식생지수를 활용하여 작성
- **노드의 중요도**는 **최단거리 매개중심성(SPBC)**으로 도출

전류흐름 매개중심성(Current Flow Betweenness Centrality, CFBC) 분석 기법

- 회로 이론에 기반한 **전류흐름 매개중심성(CFBC)**을 도출하여 **최단경로와 함께 대안경로**를 고려하여 **경관 연결망**의 **시계열 변화** 지도화(McRae et al., 2008)

시기별 연결망의 변화와 함께 용산공원 조성에 따른 연결성 변화를 모의하여 → 연결망 차원에서의 공원조성 효과에 대한 정량적 수치 및 질적 기능 향상 평가

1 연도별 녹지 분포 변화

표 2. 연도별 서울시 녹지 면적과 녹지 패치 수, 20km 규모에서의 링크 수, 녹지 패치 질 변화

	1984	1993	2002	2011	2019
녹지 면적(ha)	16,715	15,843	16,846	18,819	21,494
패치 수	373	351	367	553	666
링크 수	55,411	48,665	54,014	120,196	184,714
녹지 패치 질	0.652	0.642	0.679	0.683	0.727

연도별 녹지 분포 변화 정책 동인

- 80년대
  - 목동과 상계동, 중계동 등을 중심으로 한 집합주거단지 계획을 세우고 대규모 택지개발 (장남종 등, 2016)
- 90년대
  - 걷고 싶은 거리 만들기, 천만 그루 나무 심기 운동 → 소규모 녹지 조성
- 2000년대 이후
  - 서울숲과 암사역사생태공원, 북서울꿈의숲, 서서울호수공원 등 대규모 녹지 조성
  - 생활권 녹지 100만 평 늘리기 정책 (서울 연구원, 2015)

2 연도별 패치 기반 녹지 연결망 분석

연도별 연결성 확률지수

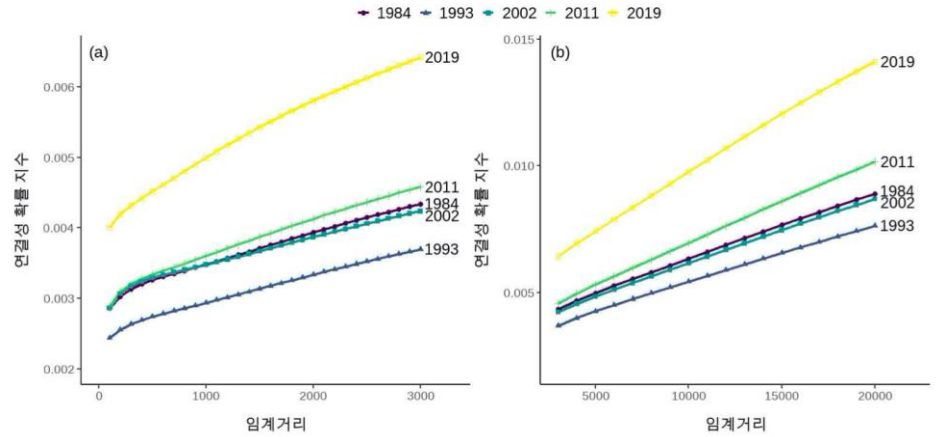


그림 2. 서울시 행정구역 내 녹지 패치의 직선거리 기반 연결성 확률 지수 ((a): 100m, (b): 1km 임계거리 규모)

- 녹지 패치들을 최대 20km의 직선 거리로 연결했을 때, 연결성 확률 지수는 **2019, 2011, 1984, 2002, 1993년 순으로** 높았음
- 이는 각 시기별 패치와 링크 수의 **순위와 일치** (표 2 참고)

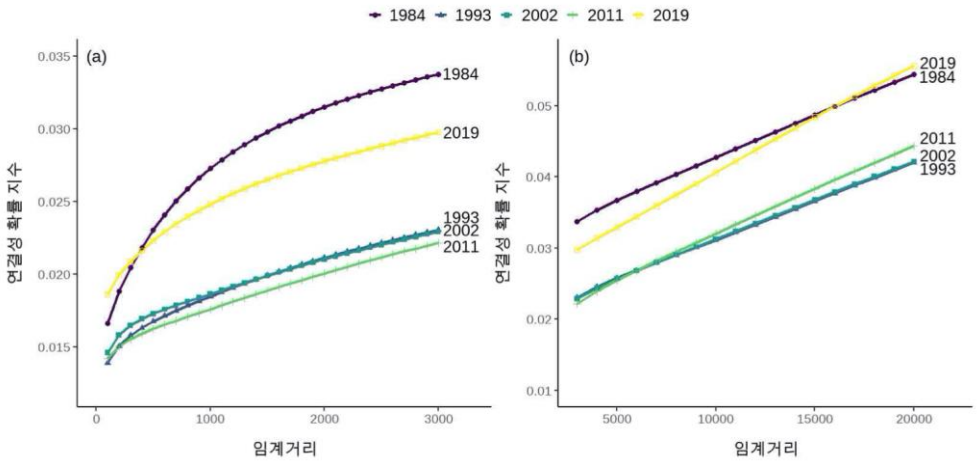


그림 3. 서울시 중심부터 반경 20km 내 녹지 패치의 직선거리 기반 연결성 확률 지수 ((a): 100m, (b): 1km 임계거리 규모)

- 직선 임계거리 400m부터 17km까지 2019년의 연결성 확률 지수가 1984년보다 **낮은 결과**
- 2019년의 녹지 면적은 1984년에 비해 45km^2 이상으로 증가하였지만, 연결성을 결정하는 **녹지 파편화 정도**는 1984년보다 2019년이 상대적으로 **높은 수준**
- 2019년의 연결성 확률 지수는1993년, 2002년, 2011년보다 모두 높아 **연결성이 많이 회복되고 향상**된 것으로 판단됨

2 연도별 패치 기반 녹지 연결망 분석

연도별 연결성 확률지수

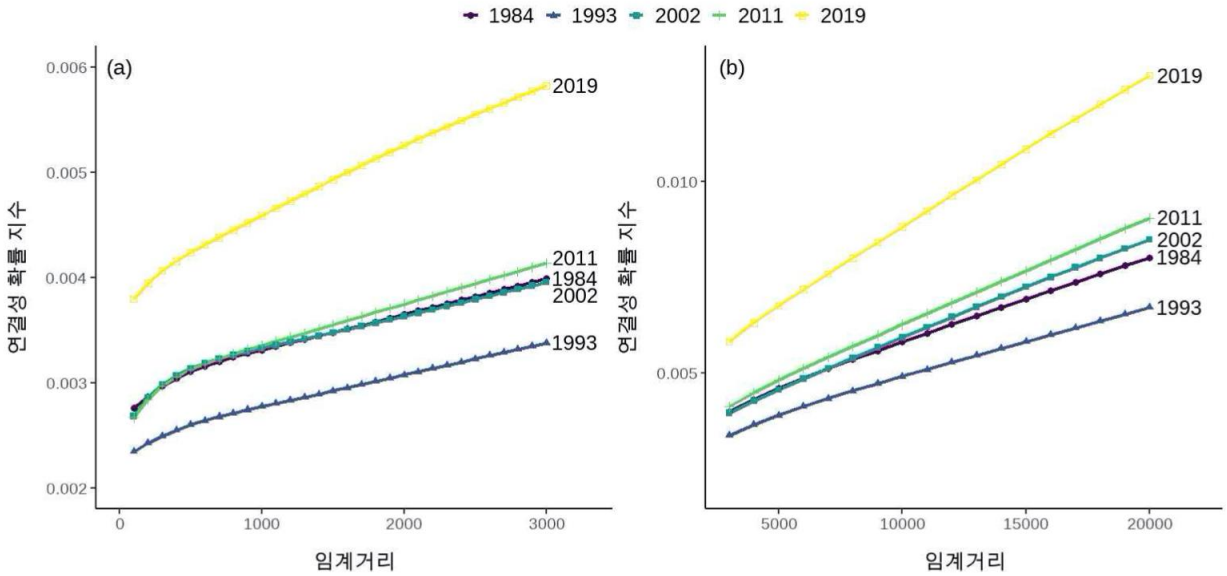


그림 4. 서울시 행정구역 내 녹지 패치의 비용거리 기반 연결성 확률 지수((a): 100m, (b): 1km 임계거리 규모)

- ✓ 연결성 확률 지수는 2019년이 가장 높았고, 다음으로 2011, 2002, 1984, 1993년 순이었음
- ✓ 직선 거리에 따른 연결성 분석 결과와 유사
- ✓ 도심에서 이동 장애가 큰 생물종을 보전하고, 시민의 녹지 접근성을 높이기 위해 소규모 녹지 공간의 효과적인 활용과 수변 녹지와 가로수 등의 녹지 조성도 중요

2 연도별 패치 기반 녹지 연결망 분석

녹지 패치별 중요도 분포

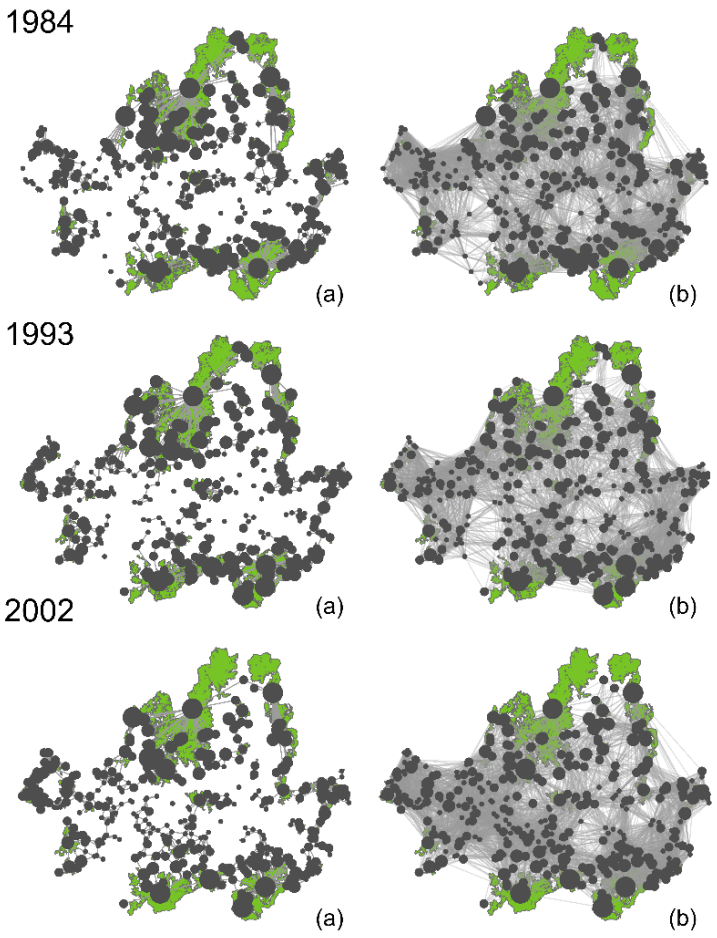
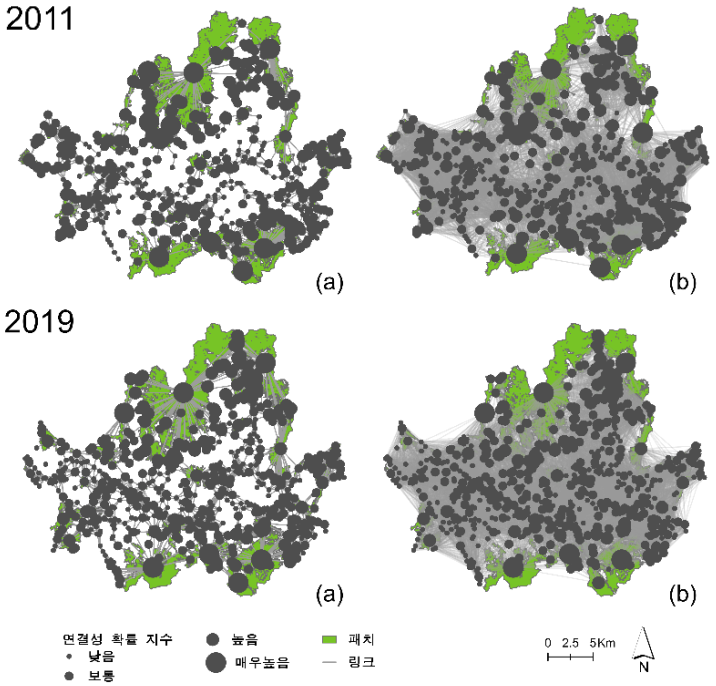


그림 5. 녹지 패치별 중요도 분포((a): 임계거리 1 km, (b): 임계거리 5km 규모)

- 패치별 유무에 따른 연결성 확률 지수 변화값을 구하여 **녹지 면적당 패치의 중요도**를 나타냄
- 서울시 보호종인 **오색딱따구리**와 **쇠딱따구리의 풍부도**(Richness)는 **각각 5km, 1.5km 이내** 녹지 연결성과 관련(이경민, 2013)
- 시민 기준, 생활권 공원까지의 **접근성**으로는 **임계거리 750m ~ 1km로 임계거리 1km와 5km 규모**에서 연결성 중요도 분석



2 연도별 패치 기반 녹지 연결망 분석

녹지 패치별 중요도 분포

상위 0.1% 및 0.05% 추출

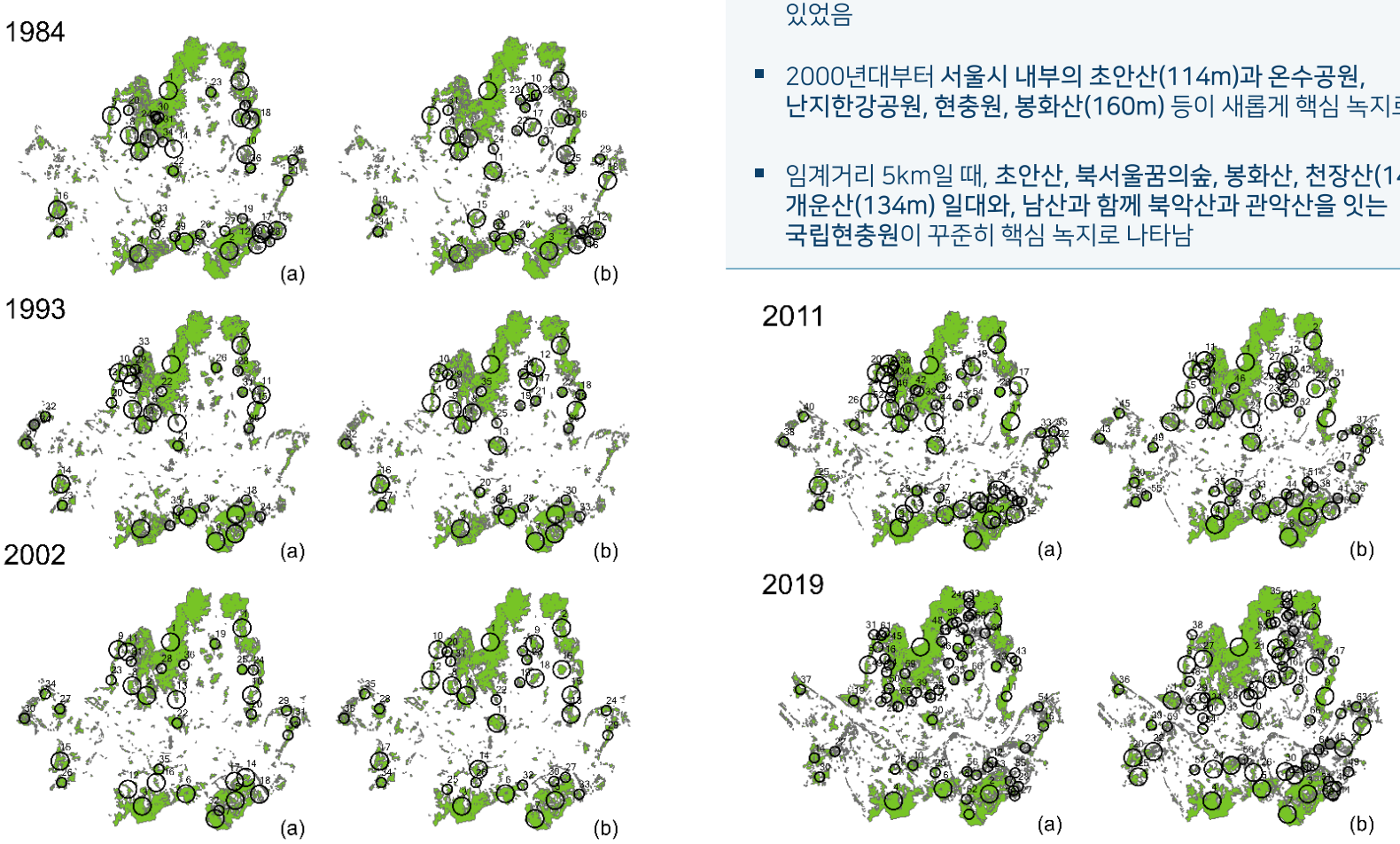


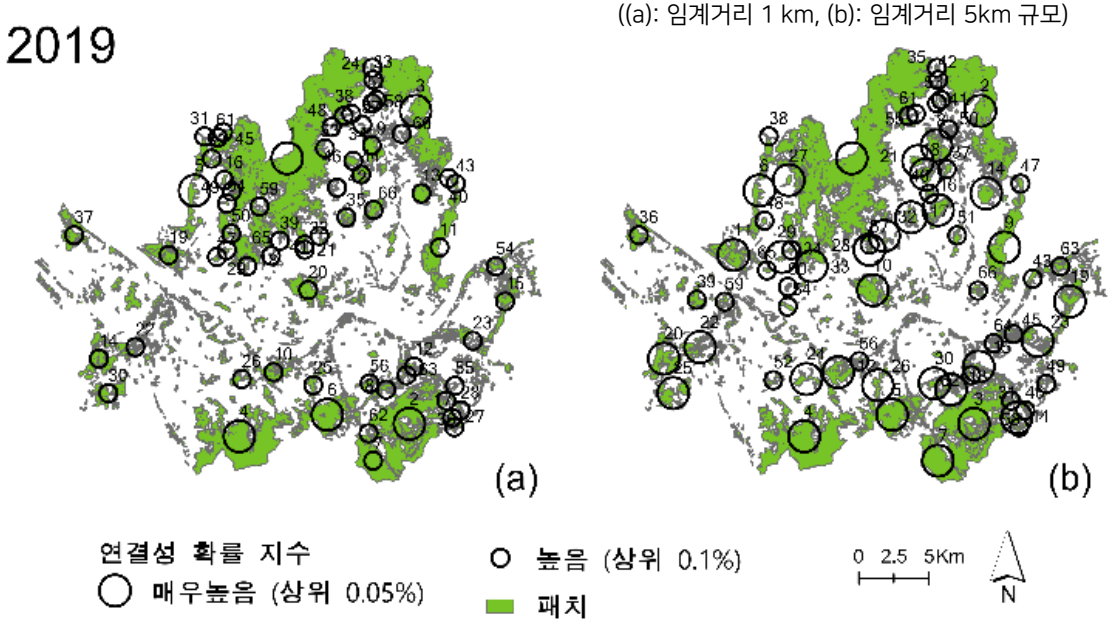
그림 6. 상위 0.1% 및 0.05%에 해당하는 중요도를 갖는 녹지 패치 분포
((a): 임계거리 1 km, (b): 임계거리 5km 규모)

- 1984년에는 핵심 녹지가 외곽지역 및 대규모 산림 지역으로 분산되어 있었음
- 2000년대부터 **서울시 내부의 초안산(114m)과 온수공원, 난지한강공원, 현충원, 봉화산(160m)** 등이 새롭게 핵심 녹지로 나타남
- 임계거리 5km일 때, **초안산, 북서울꿈의숲, 봉화산, 천장산(140m), 개운산(134m) 일대와, 남산과 함께 북악산과 관악산을 잇는 국립현충원**이 꾸준히 핵심 녹지로 나타남

2 연도별 패치 기반 녹지 연결망 분석

녹지 패치별 중요도 분포

((a): 임계거리 1 km, (b): 임계거리 5km 규모)



- ✓ 광진구, 금천구, 동대문구, 영등포구, 용산구, 성동구는 주요 핵심 녹지가 포함되어 있지 않은 지역구로 연결성이 약한 연결성 틈 지역에 해당함
- ✓ 실제 해당 지역구의 면적당 공원율은 서울시 평균 26.3%보다 낮은 8.21~19.7%(서울특별시, 2018b)
- ✓ 연결성을 높이기 위한 새로운 녹지 조성과 함께 지역을 대표하는 공원들의 유기적인 연계 관리가 필요

3 도시생태현황도를 이용한 유휴지의 녹지 전환 우선순위 평가

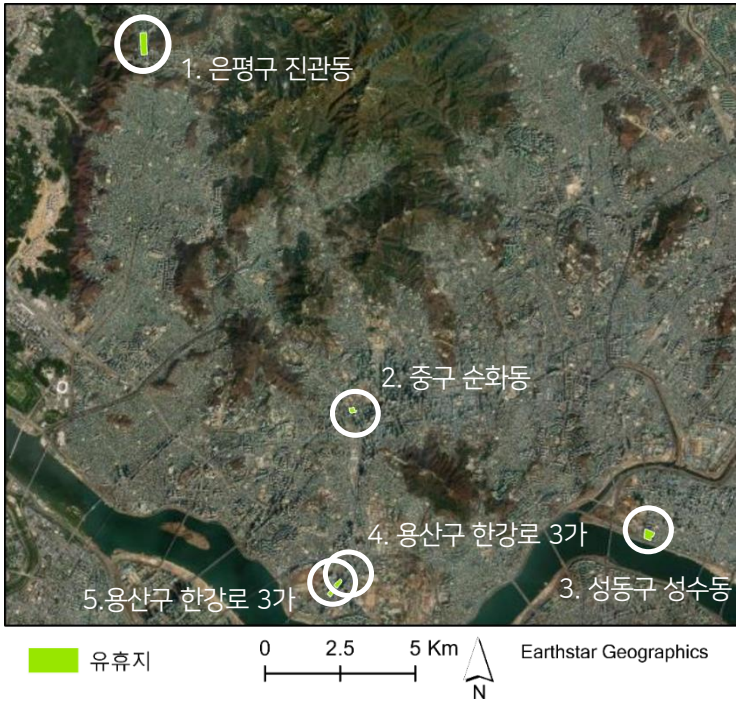


그림 7. 임계거리 1km, 5km 내 유휴지의 녹지 전환 우선순위

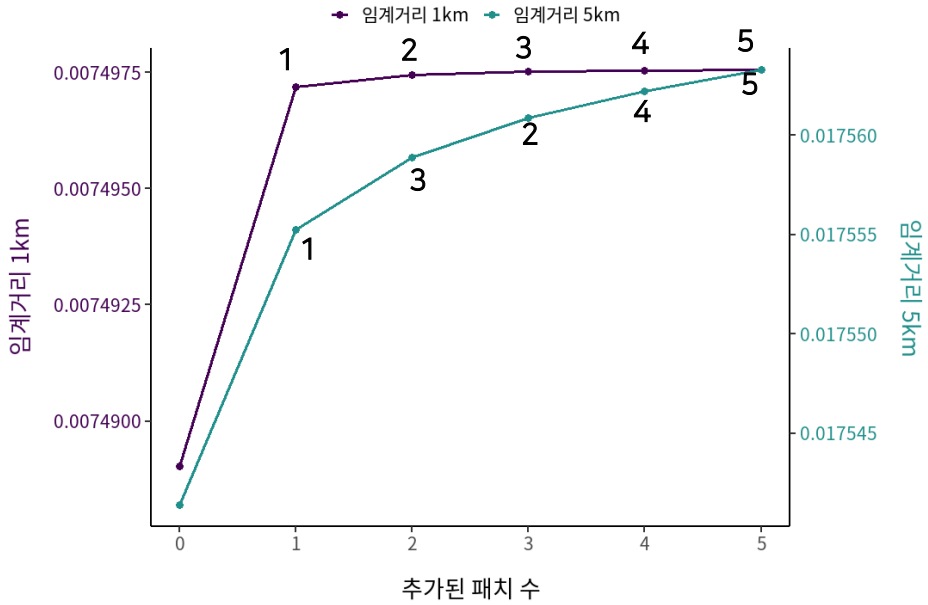
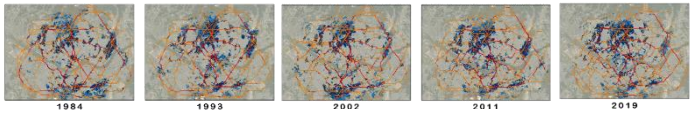


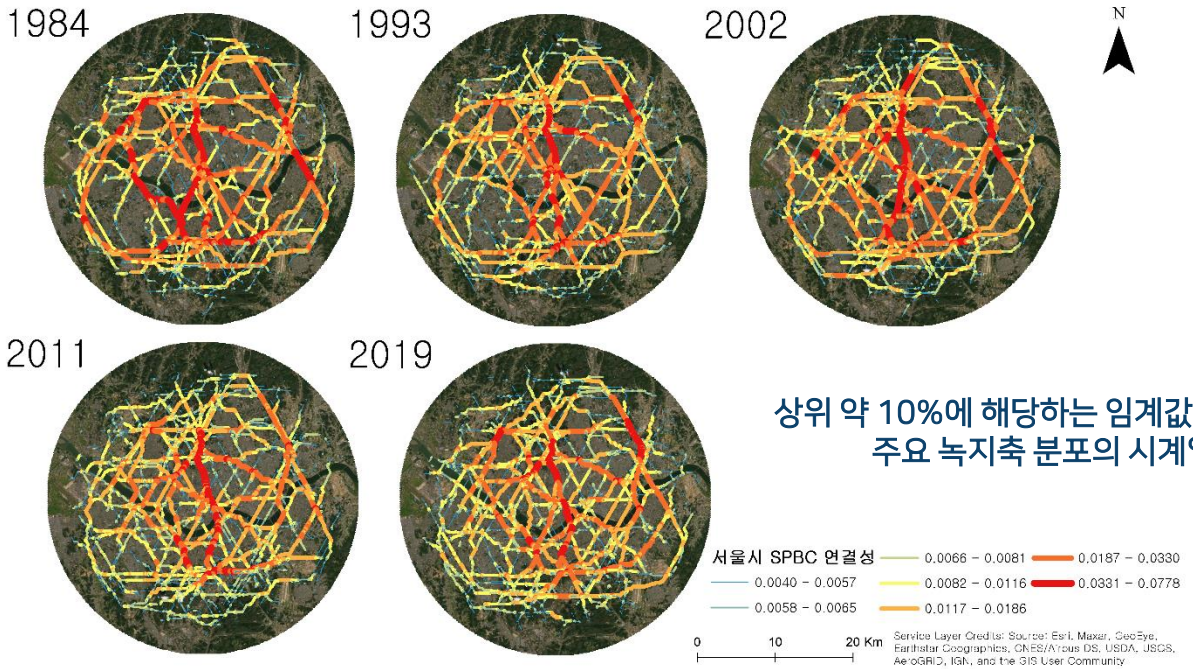
그림 8. 임계거리 1km, 5km에서 유휴지 추가에 따른 연결성 확률지수 변화

- ✓ 임계거리 별 연결성 향상을 위해 우선시 되는 유휴지가 유사한 경향
- ✓ 서울시 보호종 또는 깃대종의 생활반경을 기준으로 생물종 보호를 위한 녹지 조성 가능
- ✓ 유휴지 또는 장기 미집행공원의 토지 매입과 신규 녹지 조성 우선순위를 목록화하여 정책적으로 활용 가능



4 연도별 비-패치 기반 녹지 연결망 분석

최단거리 매개중심성(SPBC) 상위 등급 그래프



상위 약 10%에 해당하는 임계값 (0.004) 기준,
주요 녹지축 분포의 시계열 변화

그림 9. 연도별 비-패치 기반 연결망 모형의 최단거리 매개중심성(SPBC) 그래프

- 최단거리 매개중심성 기반 분석 결과, 서울시의 연도별 핵심 녹지축의 동적인 변화를 확인할 수 있음
- 시간이 흐름에 따라 연결망이 질적으로도 향상되어 더욱 촘촘해지고 있음을 확인
- 도시 개발의 역사 속에서도 강건했던 핵심 녹지축(북한산 국립공원과 남산, 관악산-우면산으로 연결되는 축)의 주요 경로와 서울시 외곽의 규모가 큰 도시자연공원을 연결하는 경로 또한 확인할 수 있음
- 서울시 지역구별 연결이 취약한 틈 지역(영등포구, 양천구 등)도 확인할 수 있음

5 용산공원 조성에 따른 변화 모의

패치와 비-패치 분석을 통한 연결성 기여도 분석

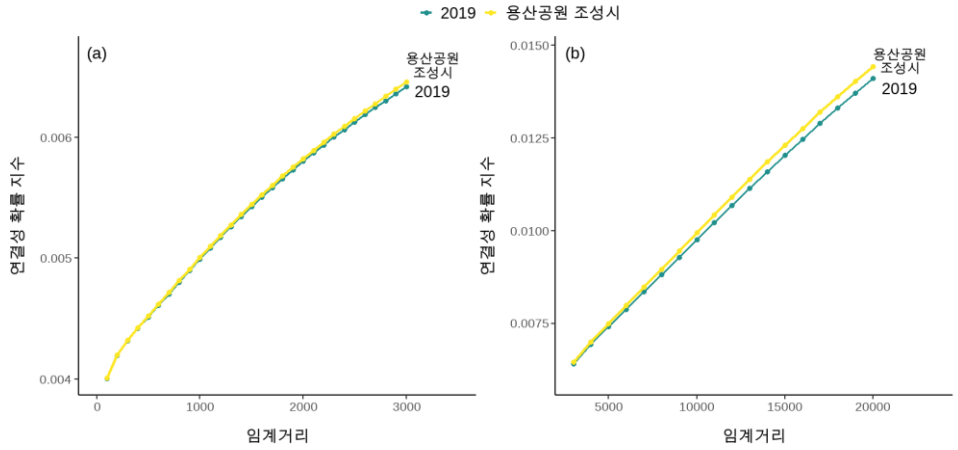


그림 10. 2019년과 용산공원 조성에 따른 연결성 확률 지수 모의 결과((a): △100m, (b): △1km 임계거리 규모)

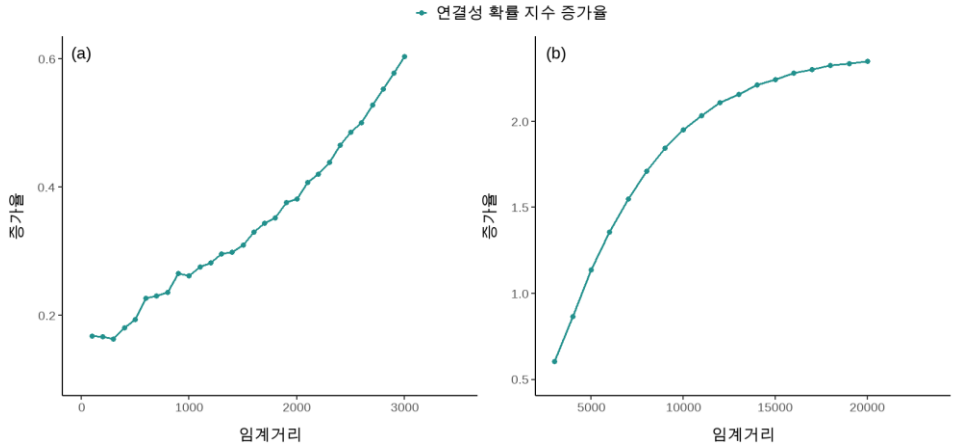


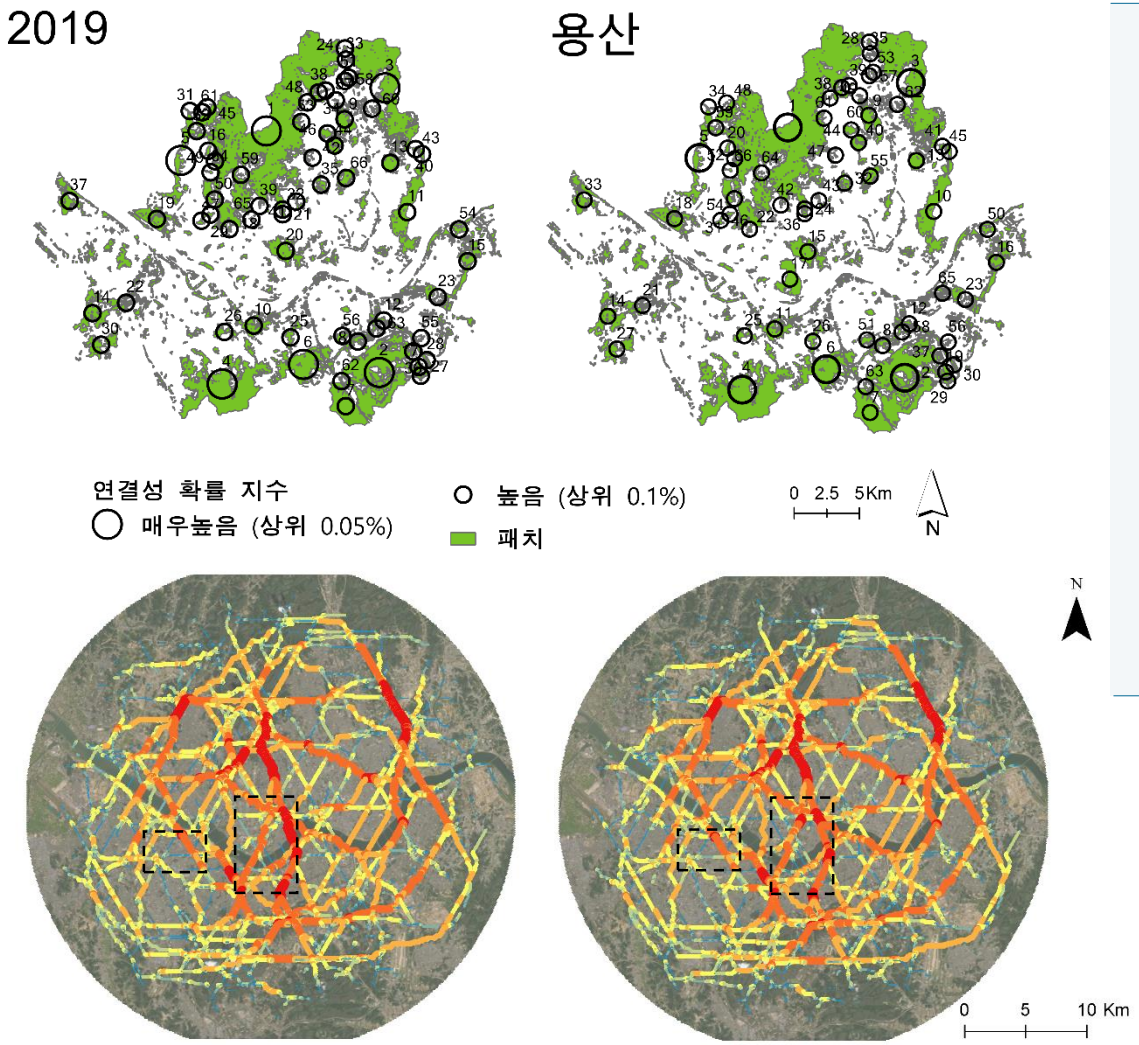
그림 11. 2019년 대비, 용산공원 조성에 따른 연결성 확률 지수 증가율 모의 결과((a): △100m, (b): △1km 임계거리 규모)

- 용산공원 조성 모의 결과, 20km 내의 모든 임계거리에서 **2019년 보다 연결성 확률 지수 값 증가** (그림 10)
- 최대 임계거리 20km에서는 **2.3%**, 임계거리 평균으로 **0.92% 증가** (그림 11)
- 서울시 전체 녹지 면적 대비 용산공원 예정 부지 면적이 약 0.012%인 것을 감안하면, **용산공원의 녹지 연결성 증가 기여도**는 면적증가 대비 **평균 75배, 최대 200배**

5 용산공원 조성에 따른 변화 모의

패치와 비-패치 분석을 통한 연결성 기여도 분석

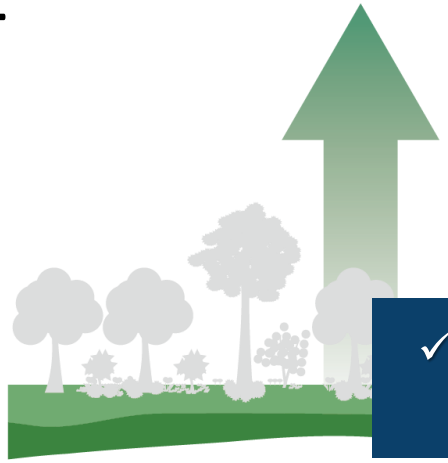
용산공원 조성에 따른 연결성 분석 결과



- 용산공원 조성에 따라 ① 남산의 중요도가 증가하는 등 **핵심녹지 중요도 변화** 예상
- 용산공원 조성에 따라 **② 북한산 국립공원-남산-국립현충원; 서리풀공원-관악산; 우면산**으로 이어지는 **종축의 핵심축 대안경로 향상(회복력 증가)** 및 **횡축**으로의 **연결성 확장 예상**

Ⅴ. 결론 및 시사점

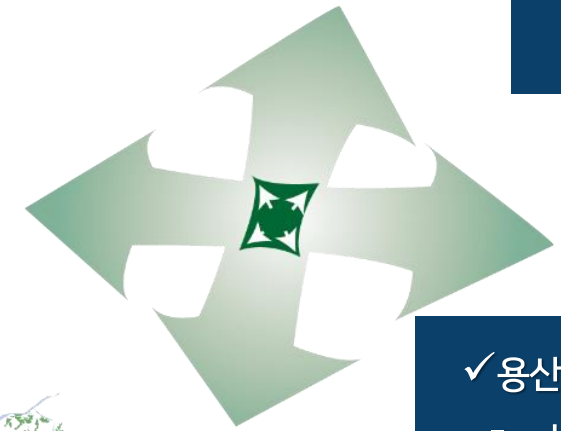
1 주요 연구결과 요약



✓녹지 정책 방향 전환
➡ 녹지 면적 증가

✓서울시 내부에서 수도권 인근 녹지로 분석 범위 확장
➡ 공간 · 규모별 차이

✓핵심녹지 및 틈 지역 도출
✓녹지축 중요도 확인
✓시계열 분석을 통한 연결성망 변화 평가



✓용산공원 조성시
- 녹지면적 증가 대비 연결성 기여도 정량적 분석
  ➡ 평균 75배, 최대 200배 증가
- 종 방향과 횡 방향 모두에서 녹지축 질적 향상

2 정책적 시사점

Ⅰ. 그린 인프라 네트워크 구축을 위한 지역 우선순위 선정 정책 자료로 활용

✓ 서울시는 녹지공간 조성을 위한 효율적인 전략이 요구됨

기존 녹지와의 연결성을 높일 수 있는 지역
+
녹지 확충이 필요한 지역

→ 서울시 녹지 연결망 기반 신규 녹지조성 기준 마련

Ⅱ. 도시생태계 생물다양성과 녹색 복지 증진을 위한 녹지 보전 정책 자료로 활용

✓ 시계열 분석을 통한 핵심 녹지와 중요 연결녹지(허브) 도출

✓ 지속적인 모니터링을 통한 연결성 감소 지역 확인 및 시책 추진

✓ 서울시 열린 데이터 연계 활용 도시 생태계 보전 정책 수립 기여

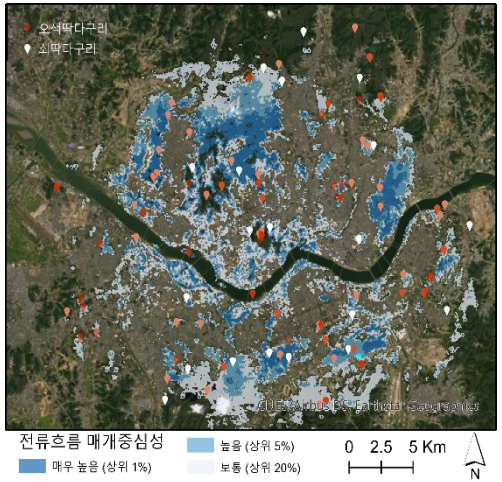


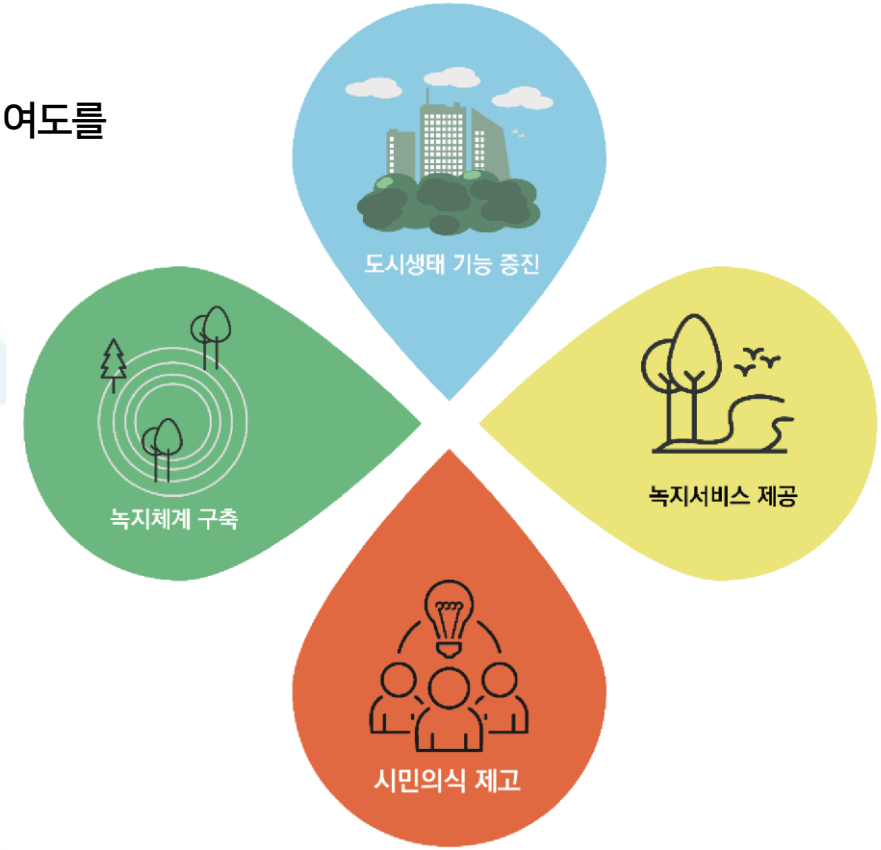
그림 12. 도시생태현황도(서울시,2015) 활용, 본 연구 결과인 연결망 지도와 딱따구리류 분포 중첩

2 정책적 시사점

Ⅲ. 녹지축 유지 및 강화, 단절된 녹지축 회복을 위한 정량적·정성적 기준 마련

✓ 주요 녹지축 변화를 정량적·정성적으로 분석하여 회복과 단절의 기준 확립 필요

✓ 용산공원과 같은 신규 녹지 조성 시, 녹지축 회복 기여도를 정량적·정성적으로 평가 가능



참고문헌

- 강완모·박찬열, 2011, "그래프 이론을 적용한 서울시 녹지 연결망의 정량적 분석", 「한국환경생태학회지」, 25(3): 93~102.
- 강완모·송영근·김호걸·김남춘·송원경, 2019, "국내 육상경관 연결성의 정량적 분석 및 시각화", 「한국지적정보학회지」, 12(2): 198~207.
- 국토교통부, 2020, "용산공원 국제공모 당선 조성계획안.", http://www.molit.go.kr/USR/policyData/, 2020년08월05일 접속.
- 국토교통부, 2020, 행정구역시군구 경계, 국토교통부 국가공간정보포털.
- 산림청, 2017, 전국 도시림 현황 통계.
- 서울 연구원, 2017, "서울시 공원녹지 정책 변화." , https://seoulsolution.kr/, 2020년07월02일 접속.
- 서울특별시, 2018b, 서울시 공원 (공원율) 통계, 서울시 열린 데이터 광장.
- 서울특별시, 2019, 서울시 주민등록인구 (동별) 통계, 서울시 열린 데이터 광장.
- 안동만 · 김명수, 2003, "환경친화적인 도시공원녹지계획 연구 - 생물서식처 연결성 향상을 위한 서울시 녹지조성 방안을 중심으로", 「한국조경학회지」, 31(1). 34~41.
- 이경미, 2013, "도시 녹지와 경관 특성이 오색딱따구리와 쇠딱따구리 분포에 끼치는 영향 비교", 서울대학교 석사학위논문.
- 이수동, 2005, "생태,환경 : 야생조류 이동을 위한 산지형 도시녹지의 연결성 평가 및 연결기법 연구 -서울시를 대상으로-", 한국조경학회 학술발표논문집.
- 장남종·권영덕·김선웅·박현찬·김상일·맹다미·박은철·양재섭·이주일·김영란·김승준·김묵한·김도년·김유진, 2016, "서울의 도시공간정책 50년: 어제와 오늘", 서울연구원 연구보고서.

- Bengtsson, J., Angelstam, P., Elmqvist, T., Emanuelsson, U., Folke, C., Ihse, M., Moberg, F., and Nystrom, M., 2003, "Reserves, resilience and dynamic landscapes", AMBIO: A Journal of the Human Environment, 32(6), 389-396.
- Bunn, A. G., Urban, D. L., and Keitt, T. H., 2000, "Landscape connectivity: a conservation application of graph theory", Journal of environmental management, 59(4), 265-278.
- Carroll, C., McRAE, B. H., and Brookes, A., 2012, "Use of linkage mapping and centrality analysis across habitat gradients to conserve connectivity of gray wolf populations in western North America", Conservation Biology, 26(1), 78-87.
- Carroll, C., 2010, "Connectivity analysis toolkit user manual. Version 1.1", Klamath Center for Conservation Research, Orleans, California. Available at http://www.connectivitytools.org/

참고문헌

- Cain, M. L., B. G. Milligan, and A. E. Strand, 2000, “Long-distance seed dispersal in plant populations”, American Journal of Botanyl, 87(9), 1217-1227.
- ESRI, 2012, ArcGIS, Version 10.1, Redlands, California, USA.
- Foltete, J. C., Clauzel, C., and Vuidel, G., 2012, “A software tool dedicated to the modelling of landscape networks”, Environmental Modelling & Software, 38, 316-327.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., and Moore, R., 2017, “Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone”, Remote sensing of Environment, 202, 18-27.
- Lee, John T., and Stewart Thompson, 2005, "Targeting sites for habitat creation: an investigation into alternative scenarios", Landscape and Urban Planning, 71(1), 17-28.
- McKinney, M. L., 2002, “Urbanization, Biodiversity, and Conservation The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems”, Bioscience, 52(10), 883-890.
- McKinney, M. L., 2006, “Urbanization as a major cause of biotic homogenization”, Biological Conservation, 127(3), 247-260.
- McRae, B. H., Dickson, B. G., Keitt, T. H., and Shah, V. B., 2008, “Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation”, Ecology, 89(10), 2712-2724.
- Minor, E. and T. Lookingbill, 2010, “A multiscale network analysis of protected-area connectivity for mammals in the United States” Conservation Biology, 24(6), 1549-1558.
- Mitchell, M.E., Bennett, E., Gonzalez, A., 2013. “Linking Landscape Connectivity and Ecosystem Service Provision: Current Knowledge and Research Gaps.” Ecosystems 16, 894-908.
- Saura, S., and Pascual-Hortal, L., 2007, “A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: comparison with existing indices and application to a case study”, Landscape and Urban Planning, 83(2-3), 91-103.
- Urban, D., and Keitt, T., 2001, “Landscape connectivity: a graphtheoretic perspective”, Ecology, 82(5), 1205-1218.
- Urban, D. L., Minor, E. S., Treml, E. A., and Schick, R. S., 2009, “Graph models of habitat mosaics”, 260-273.
- U.S. Geological Survey, 2018, “NDVI, the Foundation for Remote Sensing Phenology.”, 2020년 7월 6일 접속

감 사 합 니 다

I·SEOUL·U
너와 나의 서울

서울연구원
The Seoul Institute