

그린인프라 구축을 위한 녹지축과 도시녹지 연계방안

How to Connect Green Axis and Urban Green Space to Build Green Infrastructure

김은영

연구진

- 연구책임자 김은영 (수원시정연구원 연구위원)
참여연구원 정경민 (수원시정연구원 연구위원)
최재연 (서울시립대학교 박사과정)

연구 자문위원

- 박 찬 (서울시립대학교 교수)
이동근 (서울대학교 교수)
윤은주 (국토연구원 부연구위원)
신지영 (한국환경연구원 연구위원)
송원경 (단국대학교 교수)

© 2021 수원시정연구원

- 발행인** 김선희
발행처 수원시정연구원
경기도 수원시 권선구 수인로 126
(우편번호) 16429
전화 031-220-8001 팩스 031-220-8000
<http://www.suwon.re.kr>
인쇄 2021년 09월 30일
발행 2021년 09월 30일
ISBN 979-11-6819-006-1 (93470)

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처 표시해 주십시오.

김은영. 2021. 「그린인프라 구축을 위한 녹지축과 도시녹지 연계방안」. 수원시정연구원.

비매품

주요 내용 및 정책제안

■ 주요 내용

- 폭염, 폭우 등의 이상기후 및 탄소중립을 실현하기 위한 방안으로 그린인프라의 중요성이 강조되고 있으나 기존의 추상적인 녹지축은 도시계획 등 공간계획 수립에 적용하는데 한계가 있어 객관적 데이터 기반의 녹지축 연계방안 마련
- 최소비용경로 분석방법을 통해 녹지축간의 연결노선을 분석하였으며 녹지축간의 연결성 확보를 위해 도시녹지 유형별 시나리오를 설정하여 연결노선 제시
 - 공원, 가로수, 옥상녹화 등 도시녹지 유형별 통합적인 형태의 조성이 바람직하나 연결성의 효과측면에서는 공원 > 가로수 > 옥상녹화 순
- 녹지축과 도시녹지 연계방안으로 그린인프라 구축을 위한 생태공간계획 수립, 핵심 생태계 및 녹지축 보전 및 복원, 녹지축간의 물리적·기능적 연결, 도시재생사업 및 민간지원사업 등과 연계, 시민인식 증진사업 추진 제안

■ 정책제안

- ① (공원녹지 배치계획을 통한 도시공간 구조 개선) 도시 연결성 강화를 위한 도시공간 구조 개선 기준으로 활용하여 도시 물순환, 탄소중립, 기후탄력성 증진에 기여
 - 공원녹지 배치계획, 장기미집행공원 및 신규 공원녹지 대상지 우선순위 선정 시 활용
- ② (도시계획-환경계획 연동) 수원시 도시계획 및 환경계획 연동 시 기초자료 활용
 - 과학적인 데이터 기반의 도시기본계획 수립 및 각종 개발계획 수립 시 녹지축을 고려한 친환경계획 수립 가능
- ③ (민간분야에서의 그린인프라 확대) 그린인프라 확대를 위해 민간분야까지 범위 확대 및 공원녹지 질적 향상 필요
 - 아파트 내 조경공간 및 건축물의 옥상녹화 및 벽면녹화 등의 인공지반녹화 지원
- ④ (시민인식증진을 위한 교육·홍보) 그린인프라 기능 및 효과에 대한 교육·홍보
 - 그린인프라 구축을 통한 생물다양성, 생태계서비스 등에 대한 교육 및 시민참여 확대

국문요약



■ 서론

○ 연구의 배경

- 최근 폭염 및 이상기후뿐만 아니라 탄소중립이 국내외 주요 이슈로 부각되면서 기후변화로 인한 영향을 최소화하는 방안으로 그린인프라 구축이 주요한 이행 수단으로 제시
- 현재 도시기본계획과 공원녹지 기본계획 수립 시 녹지축을 설정하고 이를 기본계획에 반영하도록 하고 있으나 추상적인 네트워크를 제공하는데 그치고 있어 구체적인 토지이용계획이나 공원녹지 구성에 연계 어려움
- 구체적인 도시계획 및 공간계획에 기여할 수 있는 녹지축 연계방안 연구 필요. 이를 통해 녹지축의 연결성 확보 및 도시녹지 조성 기준을 제시하여 그린인프라 구축에 기여

○ 연구의 목적

- 추상적인 녹지축의 개념이 아닌 객관적 데이터기반의 시나리오 분석을 통해 정량화된 녹지축-도시녹지 연계방안을 제시

■ 관련 이론 및 선행연구 고찰

○ 그린인프라 기능 및 효과

- 그린인프라는 인간의 활동과 생태계에 복합적이고 다양한 역할을 함. 그린인프라는 생태계 건강과 회복력을 증진하고 생물다양성 보전에 기여하며, 지원·조절·공급·문화 등 생태계 서비스 제공을 촉진함으로써 인간에게 이익을 주는 생태 및 공간 개념으로 인식

○ 최소비용경로 분석 사례

- 최소비용경로 분석은 핵심 서식처 또는 개체군들 사이에서 가능한 모든 경로 비용의 계산, 동물 이동을 위해 최소 비용이 소요되는 경로의 확인, 보전계획에서 사용하기 위

한 도면상에 가장 적합한 경로 기입의 과정으로 결정

○ 시나리오 분석 사례

- 녹지면적 확대를 위한 시나리오 설정 사례를 분석함. 녹지총량모형을 설정하기 위해 1인당 도시공원면적을 6㎡/인, 10㎡/인, 16㎡/인으로 구분하여 시나리오를 설정하거나 공원일몰제 시행 전후를 시나리오로 설정하여 연결성 분석 실시

■ 녹지축-도시녹지 연결 및 시나리오 설정

○ 녹지축-도시녹지 연결

- 녹지축간의 연결을 위해 최소비용경로 분석 실시. 공시지가, 불투수율, NDMI 자료를 활용하여 경관특성이 고려된 저항값을 산정하여 소모되는 비용 계산

최소비용경로 분석 비용요인

비용요인	비용 산정 방향	자료 출처
공시지가	공시지가가 높을수록 비용이 높음	2019 공시지가
불투수율	불투수율이 높을수록 비용이 높음	도시생태현황도
NDMI	NDMI값이 클수록 비용이 낮음	Landsat8 이용 제작

○ 시나리오 설정 및 적용

- 실증적인 녹지축-도시녹지 연결성 분석을 위해 도시녹지의 유형을 분류하여 유형별 시나리오를 적용. 각각의 시나리오는 기존의 도시녹지에 점적, 선적, 면적으로 구분한 도시녹지 유형을 추가로 조성했을 때 NDMI 평균값 적용
 - 면적 유형은 빈집, 유휴지, 신규 도시공원을 대상으로 시나리오를 설정하였으며. 선적 유형은 가로수 및 띠녹지, 점적 유형은 옥상녹화를 대상으로 시나리오를 설정
 - 면적 유형은 산림지역, 선적 유형은 조경녹지, 점적 유형은 초지의 NDMI 평균값을 입력하여 최소비용경로 분석

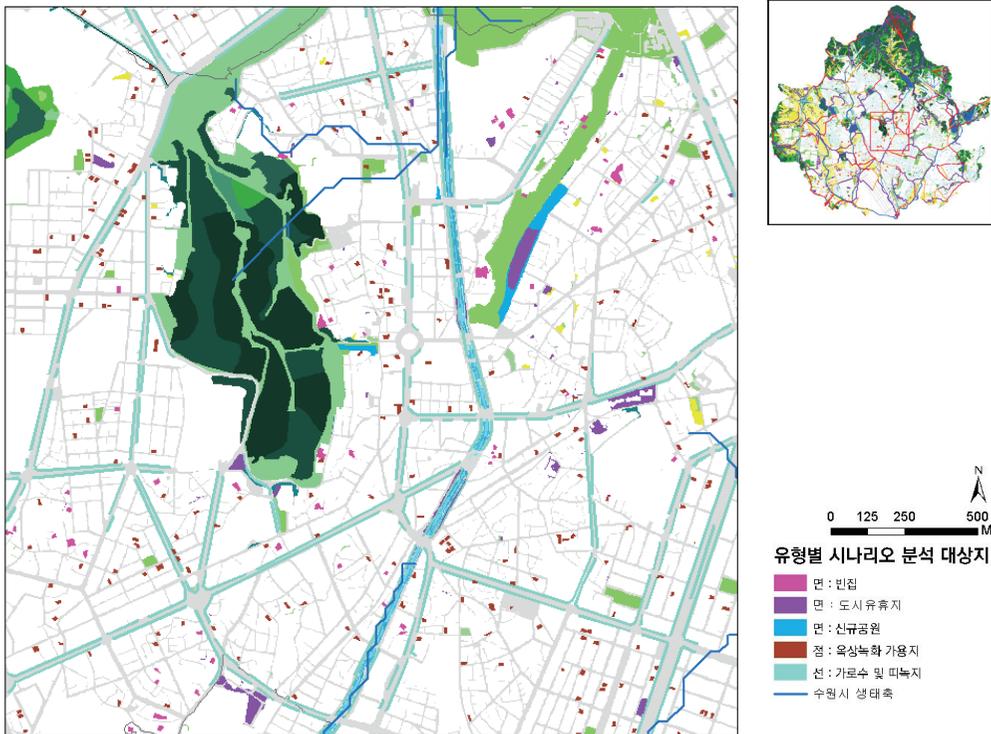
시나리오 분석 유형 분류

구분	유형	도시녹지	비고
시나리오1	면	유희지, 빈집, 신규녹지 등	Albro(2019), 박종순(2020)
시나리오2	선	가로수, 띠녹지 등	성현찬과 민수현(2003), 한봉호 외(2014)
시나리오3	점	옥상녹화, 벽면녹화 등	Braaker et al.,(2014), Wang et al.(2017)
시나리오4	점+선+면	통합 유형	-

○ 대상지 선정 및 시나리오 유형별 현황

- 대상지는 수원시 내 구도심지역인 팔달구 일대를 대상으로 설정하였으며 빈집, 유희지 등 총 128개 면적 75,906㎡, 선적유형은 가로수 및 띠녹지 길이 62.6km 면적 300,619㎡, 점적 유형은 옥상녹화 조성 가능지역 246개소, 49,401㎡를 대상으로 시나리오를 설정

대상지 내 시나리오 유형별 현황

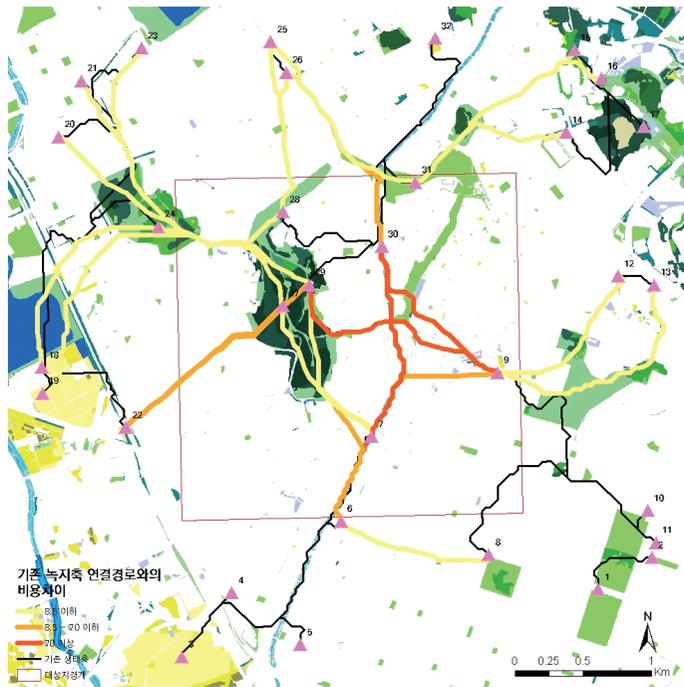


■ 녹지축-도시녹지 연결 시나리오 분석 및 연계방안

○ 시나리오 적용 결과

- 시나리오 분석결과 통합 유형이 가장 녹지축 연결성이 좋아짐. 시나리오별 면 > 선 > 점 순으로 기존 녹지축과 연결성 개선에 기여하고, 점 > 선 > 면 순으로 경로비용이 낮아짐
- 향후 신규공원 및 녹지 조성 시 최소비용저감 효과가 높은 지역을 우선적으로 고려해야 하며, 특히 30번에서 시작하여 9번으로 끝나는 경로는 면적·선적·점적·통합 시나리오 유형 모두에서 높은 비용저감 효과가 나타남

기존 녹지축 연결경로와의 비용차이



○ 녹지축-도시녹지 연계방안

- 녹지축간의 연결성 확보를 통한 그린인프라를 구축하기 위해서는 ① 수원시 전역을 대상으로 생태공간계획 수립, ② 녹지축 및 핵심생태계에 대한 보전 및 복원, ③ 녹지축간의 물리적·기능적 연결, ④ 도시재생사업 및 민간지원사업 등과의 연계, ⑤ 시민인식 증진을 위한 교육 및 홍보 필요

녹지축-도시녹지 연계방안



■ 결론 및 향후 과제

○ 결론

- 데이터 기반의 녹지축을 대상으로 그린인프라 구축 시 나타날 수 있는 생물다양성 및 생태계서비스 제공 등의 생태적 가치 및 효과를 그린인프라 구축의 목표로 설정하고 이를 달성할 수 있는 도시녹지 시나리오를 구축. 도시녹지 시나리오 설정 시 최근 자연 기반해법 등과 같이 도시환경문제를 그린인프라를 통해 해결할 수 있도록 연계
- 도시기본계획, 공원녹지기본계획 내 녹지축을 구축하고 실현하기 위한 기초자료로 활용 가능하며 공원녹지 조성 시 시나리오 비용저감 효과가 높은 지역을 중점 조성지역으로 고려 가능

○ 향후과제

- 빈집데이터, 가로수 조성 구간 등 시나리오 데이터 확보의 한계로 시범대상지를 대상으로 시나리오 분석을 실시하였으나 향후 수원시 전역에 대한 데이터 확보 및 다양한 시나리오 분석 방법론을 적용하여 그린인프라 연결경로를 일반화 하는 과정 필요

주제어: 도시생태네트워크, 그린인프라, 녹지축, 최소비용경로, 시나리오

차 례

제1장 서론	1
제1절 연구의 배경 및 목적	3
1. 연구의 배경	3
2. 연구의 목적	5
제2절 연구의 범위 및 방법	6
1. 연구의 범위	6
2. 연구의 방법	6
 제2장 이론적 고찰	 9
제1절 그린인프라의 기능 및 효과	11
1. 서식처 보존 및 확대	11
2. 생물다양성 보전 및 증진	13
3. 연결성 확보를 통한 네트워크	14
4. 생태계 서비스	15
제2절 최소비용경로 분석 개념 및 사례	23
1. 최소비용경로 분석 개념	23
2. 최소비용경로 분석 사례	24
제3절 시나리오 분석 연구 사례	33
1. 녹지총량 시나리오	33
2. 공원조성 시나리오	34
제4절 소결	37
 제3장 녹지축-도시녹지 연결 및 시나리오 설정	 39
제1절 녹지축-도시녹지 연결지점 도출	41
1. 최소비용경로 분석을 통한 연결지점 도출	41
2. 시나리오 적용 방법	49

제2절 녹지축-도시녹지 연결 목표 및 방향	52
1. 녹지축-도시녹지 연계 목표 설정	52
2. 녹지축-도시녹지 연계 방향 설정	56
제3절 도시녹지 조성 가능지역 분석	60
1. 면적 유형	60
2. 선적 유형	65
3. 점적 유형	66
4. 점, 선, 면 통합 유형	68
제4절 대상지 선정 및 시나리오 유형별 현황	69
1. 대상지 선정	69
2. 대상지 내 시나리오 유형별 현황	70
제4장 녹지축-도시녹지 연결 시나리오 분석 및 연계방안	79
제1절 시나리오 적용 결과	81
1. 기존 녹지축 연결 결과	81
2. 시나리오별 연결성 분석	82
3. 시나리오별 연결성 분석 결과 비교	91
제2절 녹지축-도시녹지 연계방안	95
1. 그린인프라 구축을 위한 생태공간계획 수립	95
2. 핵심 생태계 및 녹지축 보전 및 복원	97
3. 녹지축간의 물리적·기능적 연결	98
4. 도시재생사업 및 민간지원사업 등과 연계	100
5. 시민인식 증진사업 추진	101
제5장 결론	103
제1절 연구의 의의 및 한계	105
제2절 정책 제언	107

표 차례

〈표 2-1〉 지원 서비스의 종류	17
〈표 2-2〉 조절 서비스의 종류	19
〈표 2-3〉 공급 서비스의 종류	20
〈표 2-4〉 문화 서비스의 종류	21
〈표 2-5〉 시나리오 유형 구분	35
〈표 2-6〉 그린인프라 구축을 위한 최소비용경로 분석	38
〈표 3-1〉 최소비용경로 분석 비용요인	47
〈표 3-2〉 도시녹지 유형별 적용 가중치	50
〈표 3-3〉 도시생태계 네트워크의 구성요소	56
〈표 3-4〉 시나리오 분석 유형 분류	59
〈표 3-5〉 수원시 구별 빈집 현황	61
〈표 3-6〉 수원시 구별 빈집 등급 현황	61
〈표 3-7〉 수원시 신규공원 확충계획	62
〈표 3-8〉 행정구별 도시 유희지 면적 현황	64
〈표 3-9〉 구별 가로수 식재 현황	66
〈표 3-10〉 구별 옥상녹화 가용지	67
〈표 3-11〉 시나리오 유형별 현황	69
〈표 3-12〉 대상지 내 빈집 현황	71
〈표 3-13〉 대상지 내 신규공원 조성 예정지 현황	72
〈표 3-14〉 대상지 내 도시 유희지 현황	73
〈표 3-15〉 대상지 내 가로수 및 띠녹지 현황	74
〈표 3-16〉 도로별 가로수 및 띠녹지 현황	75
〈표 3-17〉 대상지 내 옥상녹화 가용지 현황	76
〈표 3-18〉 시나리오 유형별 대상지 현황	77
〈표 4-1〉 기존 녹지축 최소비용	81
〈표 4-2〉 시나리오 1(면) 최소비용 및 비용감소	83
〈표 4-3〉 시나리오 2(선) 최소비용 및 비용감소	85

〈표 4-4〉 시나리오 3(점) 최소비용 및 비용감소	87
〈표 4-5〉 시나리오 4(통합) 최소비용 및 비용감소	89
〈표 4-6〉 시나리오별 최소비용 및 비용감소	92

그림 차례

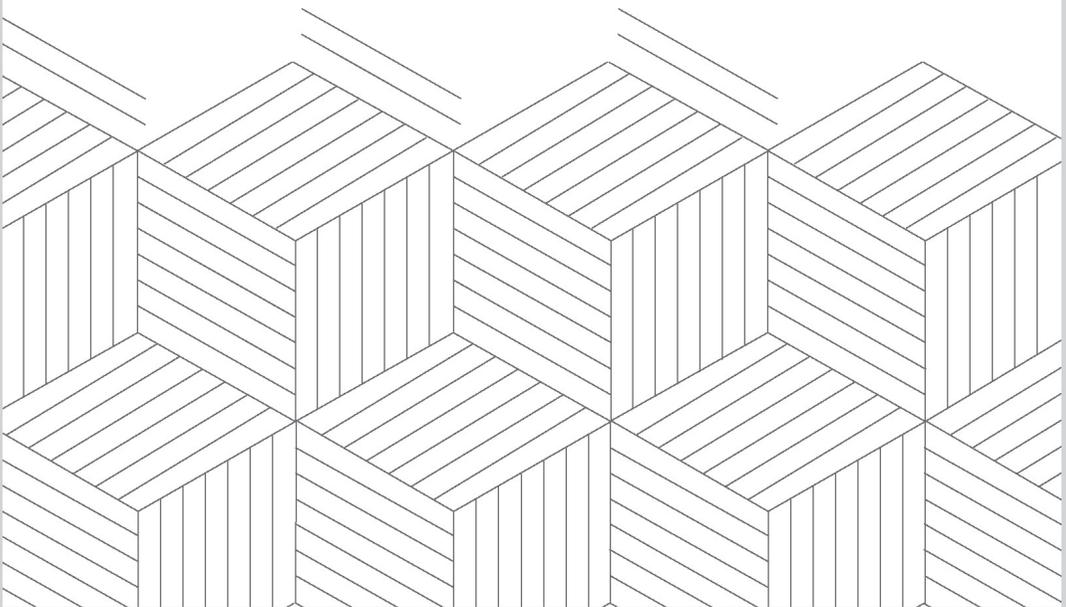
〈그림 1-1〉 2020 수원시 녹지축 구상	4
〈그림 1-2〉 2030 수원시 녹지축 구상	4
〈그림 1-3〉 수원시 녹지축 분석결과	5
〈그림 1-4〉 연구의 흐름	7
〈그림 2-1〉 산림 감소지역(좌) 및 생물다양성 보존 중요지점(우)	12
〈그림 2-2〉 숲의 유무에 따른 생태계의 상호작용 네트워크	12
〈그림 2-3〉 생물다양성의 수준	14
〈그림 2-4〉 그린인프라 네트워크의 구성요소	15
〈그림 2-5〉 그린인프라와 생태계 서비스	16
〈그림 2-6〉 자연의 영양순환	17
〈그림 2-7〉 탄소 격리의 개념도	18
〈그림 2-8〉 공급 서비스 현황	20
〈그림 2-9〉 종 식물 다양성과 언어 다양성 지도	21
〈그림 2-10〉 최소비용경로 분석의 개념	23
〈그림 2-11〉 최소비용경로 분석의 적용 과정 예시	24
〈그림 2-12〉 연결경로 분석 예시	25
〈그림 2-13〉 연결경로 분석 결과	26
〈그림 2-14〉 도시 영향지역 분석	27
〈그림 2-15〉 그린인프라에 대한 압력 분석	28
〈그림 2-16〉 육각 격자 셀의 연결성	29
〈그림 2-17〉 비용거리 산출을 위한 입력자료	30
〈그림 2-18〉 패치 기반 네트워크 모형의 노드와 링크의 비용거리 및 중요도	31
〈그림 2-19〉 비-패치 기반 네트워크 모형의 최소비용거리 및 랜덤워크 기반의 매개중심성	32
〈그림 2-20〉 녹지총량모형 구축의 과정	33
〈그림 2-21〉 시나리오별 계획녹지 입지분석	34
〈그림 2-22〉 시나리오별 전류흐름 매개중심성 분포	36
〈그림 2-23〉 생태계 서비스의 상호작용	37

〈그림 3-1〉 녹지축-도시녹지 연결성 분석 방법	41
〈그림 3-2〉 외곽 지점(Dangle vertex) 추출 과정	42
〈그림 3-3〉 수원시 녹지축 줄기의 외곽점(Dangle vertex) 추출 현황	43
〈그림 3-4〉 비용요인 적용 모식도	44
〈그림 3-5〉 수원시 공시지가 현황	45
〈그림 3-6〉 수원시 불투수면적 비율 분포도	46
〈그림 3-7〉 수원시 NDMI	47
〈그림 3-8〉 각 지점별 직선 연결 모델	48
〈그림 3-9〉 최근접 지점 선정 모델	48
〈그림 3-10〉 시점과 종점을 연결하는 최소비용연결 모델	48
〈그림 3-11〉 녹지축-도시녹지 연결지점 도출	49
〈그림 3-12〉 패치-코리도-매트릭스 경관모델	50
〈그림 3-13〉 시나리오 적용 모식도	51
〈그림 3-14〉 자연기반해법을 통한 사회문제 해결	54
〈그림 3-15〉 녹지축-도시녹지 연계 목표	55
〈그림 3-16〉 녹지축과 연결 가능한 도시녹지 사례	58
〈그림 3-17〉 면적 유형(빈집) 현황	60
〈그림 3-18〉 수원시 신규공원 확충 계획도	63
〈그림 3-19〉 면적 유형(신규공원 조성 대상지) 현황	64
〈그림 3-20〉 면적 유형(도시 유휴지) 현황	65
〈그림 3-21〉 선적 유형(가로수) 현황	66
〈그림 3-22〉 점적 유형(옥상녹화 가용지) 현황	67
〈그림 3-23〉 점, 선, 면 통합 유형 현황	68
〈그림 3-24〉 시나리오 분석 대상지	70
〈그림 3-25〉 대상지 내 빈집 추출	71
〈그림 3-26〉 대상지 내 빈집 사례	71
〈그림 3-27〉 대상지 내 신규공원 조성 예정지 추출	72
〈그림 3-28〉 대상지 내 신규공원 조성 예정지 사례	72
〈그림 3-29〉 대상지 내 유휴지 추출	73
〈그림 3-30〉 대상지 내 도시 유휴지 사례	73
〈그림 3-31〉 대상지 내 가로수 및 띠녹지 조성 지역 추출	74

〈그림 3-32〉 대상지 내 가로수 및 띠녹지 사례	75
〈그림 3-33〉 대상지 내 옥상녹화 가용지 추출	76
〈그림 3-34〉 대상지 내 옥상녹화 가용지 사례	77
〈그림 3-35〉 대상지 내 도시녹지 조성 가능지역 현황	78
〈그림 4-1〉 기존 비용을 통해 도출된 연결 링크	81
〈그림 4-2〉 시나리오1(면) 연결 링크	83
〈그림 4-3〉 시나리오2(선) 연결 링크	85
〈그림 4-4〉 시나리오3(점) 연결 링크	87
〈그림 4-5〉 시나리오4(점,선,면 통합) 연결 링크	89
〈그림 4-6〉 시나리오별 비용저감 효과	91
〈그림 4-7〉 기존 녹지축 연결경로와의 비용차이	93
〈그림 4-8〉 시나리오 4 연결경로 상 개별공시지가	94
〈그림 4-9〉 녹지축-도시녹지 연계방안	95
〈그림 4-10〉 녹지축의 공간화를 위한 위계 및 단계적 접근 방안	96
〈그림 4-11〉 한국형 그린인프라 개념도	97
〈그림 4-12〉 뮌헨 이자르강의 유역연계 복원계획 및 복원사진	98
〈그림 4-13〉 빈집을 활용한 녹지 조성 사례	99
〈그림 4-14〉 가로녹지 조성 사례	99
〈그림 4-15〉 옥상녹화 및 벽면녹화 사례	100
〈그림 4-16〉 도시환경계획의 과정	101

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 목적
제2절 연구의 범위 및 방법



제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

최근 폭염 및 이상기후뿐만 아니라 탄소중립이 국내외 주요 이슈로 부각되면서 기후변화로 인한 영향을 최소화하는 방안으로 에너지 전환과 함께 그린인프라 구축이 주요한 이행 수단으로 제시되고 있다. 네덜란드 암스테르담은 Amsterdam Green Infrastructure Vision 2050을 통해 모두에게 충분하고 다양한 녹지공간 제공, 다기능적 그린인프라, 도시계획 수립 시 생물다양성 통합 등 체계적인 그린인프라 구축계획 및 실천방안을 제시하고 있다. 이와 같이 탄소중립, 기후변화 대응 측면에서 도시 내 녹지공간의 중요성이 강조되고 있다.

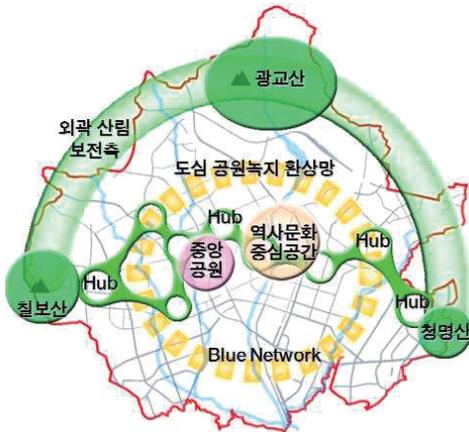
그린인프라 측면에서 공원녹지의 적절한 분포가 도시열섬효과 완화 및 극한강우 발생 시 영향을 최소화하는데 효과적이라는 평가를 받고 있다. 도시지역의 기온 분포가 녹지 분포와 밀접하게 관련이 있으며 작은 면적의 녹지에서도 냉각효과가 있는 것으로 밝혀졌다(Saito and Katayama, 1990). 또한, 도시 녹지 공간의 크기와 모양이 냉각 효과에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다(Cao et al., 2010, Chen et al., 2014; Kong et al., 2014; Zhang et al., 2009; Zhang et al., 2019). 그린인프라는 자연재해로부터의 영향 저감 뿐만 아니라 수자원 및 토양, 종 다양성 및 서식처 보존, 동·식물의 먹이자원 제공, 인간의 식량 및 문화 활동 등 다양한 생태계 및 인간활동에 영향을 미친다. 하지만 급격한 도시화와 도로 개발, 무분별한 농지개간으로 자연 및 반자연의 분포와 지속성이 크게 위협받고 있다(Foley et al., 2005; 강완모 외, 2019). 생태학적으로 가치가 높은 자연지역의 상호 연결된 그린인프라 네트워크는 생물다양성과 생태계 서비스를 보존하기 위해 우선적으로 보존 및 관리되어야 한다(강완모 외, 2019).

현재 도시기본계획과 공원녹지 기본계획 수립 시 녹지축을 설정하고 이를 기본계획에 반영하도록 하고 있으나 추상적인 네트워크를 제공하는데 그치고 있어 구체적인 토지이용계획이나 공원녹지 구성에 연계되지 못하는 한계점이 있다. 녹지축 단절의 문제는 특히 인구가 집중되어 있는 도시 지역에서 두드러지며, 수도권은 인구 및 산업의 집중으로 개발압력이 높은

지역으로 도시녹지의 단절 및 파편화가 지속적으로 발생되고 있어 녹지의 계획적·정책적 수요가 높은 지역이다(황경수 외, 2007). 이와 더불어 국정과제와 경기도 정책은 “환경-국토 통합관리기반 강화”를 수립하였으며, 수원시 또한 약속사업의 9대 전략 중 하나로 “자연과 공생하는 환경 실현, 4대 하천 생태·녹지 연계축 조성”을 선정하고 있고 있어 이는 계획적·정책적 수요가 반영된 결과로 볼 수 있다. 특히, 2019년 「수원시 도시계획 및 환경보전계획의 통합관리에 관한 규칙」을 제정하여 체계적인 도시공간 관리 및 생태적 연계를 통합관리사항으로 정하고 있다. 이와 관련하여 최근 도시환경문제 해결방안으로 자연기반해법(Nature based Soution, NBS)의 중요성 강조되고 있다. 체계적인 녹지축 및 연결성 강화를 통한 그린인프라 구축은 폭염, 폭우 등의 이상기후로 인한 영향을 최소화할 수 있을 것이다.

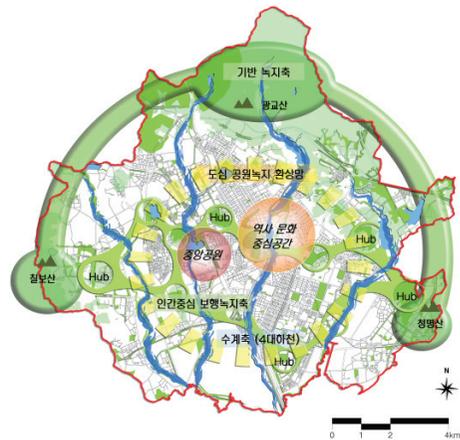
이에 구체적인 도시계획 및 공간계획에 기여할 수 있는 녹지축 연계방안 연구가 필요하다. 이를 통해 녹지축의 연결성 확보 및 도시녹지 조성 기준을 제시하여 그린인프라 구축에 기여할 것으로 판단된다.

〈그림 1-1〉 2020 수원시 녹지축 구상



자료: 수원시(2012) 2020 수원시 공원녹지 기본계획
수원시(2018) 2030 수원도시기본계획 변경(안)

〈그림 1-2〉 2030 수원시 녹지축 구상

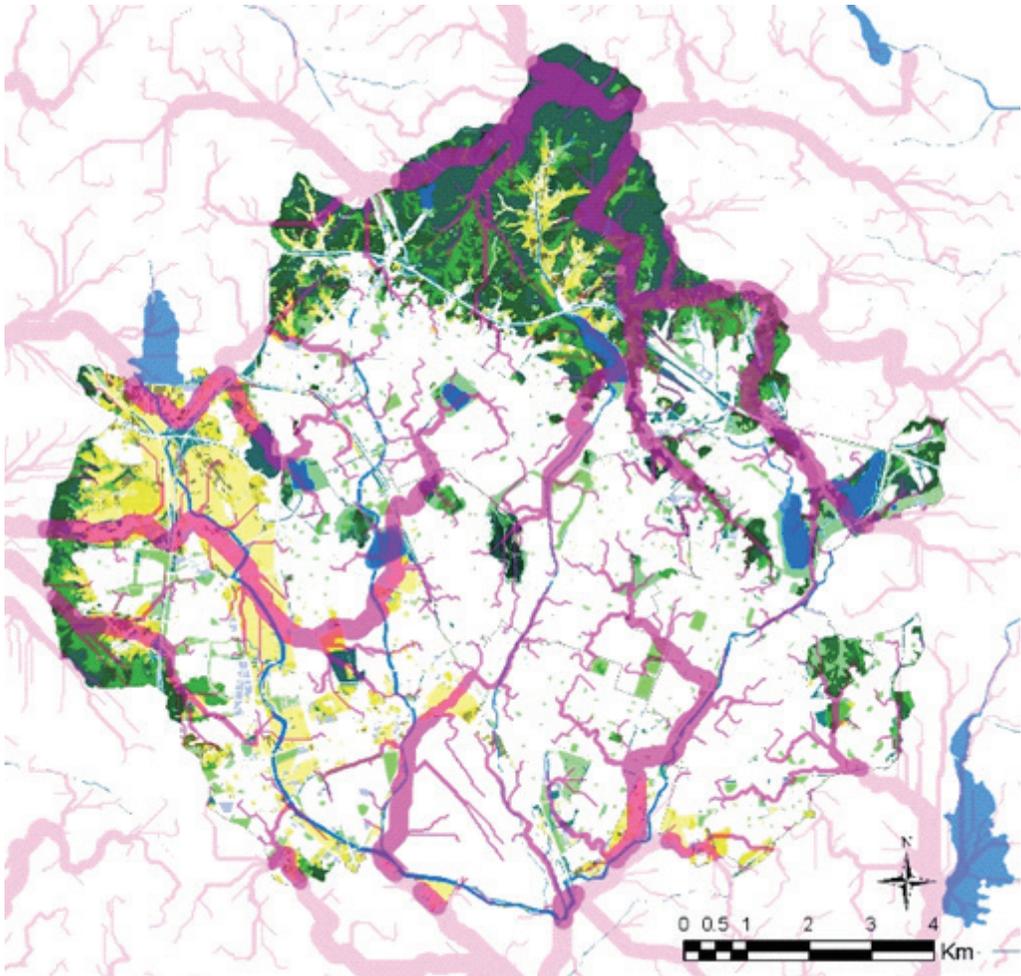


자료: 수원시(2020) 2030 수원시 공원녹지 기본계획
공청회 자료집

2. 연구의 목적

본 연구는 과학적인 데이터를 기반으로 구축된 녹지축을 토대로 도시지역 내 그린인프라 구축을 위한 녹지축-도시녹지의 연결성을 분석하고자 한다. 기존의 추상적인 녹지축의 개념이 아닌 객관적 데이터기반의 시나리오 분석을 통해 정량화된 녹지축-도시녹지 연계방안을 제시하는 것으로 본 연구의 목적으로 한다.

〈그림 1-3〉 수원시 녹지축 분석결과



자료 : 김은영(2020)

제2절 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 수원시 전역으로 구축된 녹지축을 기반으로 연결 가능성을 검토하고 시나리오 분석을 위해 시범대상지를 선정하여 구체적인 시나리오에 따른 연결 가능성을 검토하였다.

본 연구의 내용적 범위는 그린인프라의 기능 및 효과, 연결 방법론에 대한 선행연구 및 사례 분석을 실시하고, 이를 토대로 수원시의 그린인프라 구축을 위한 시나리오 목표설정 및 분석을 실시하였다. 시나리오 분석결과를 토대로 녹지축과 도시녹지의 연계방안을 제시하였다.

2. 연구의 방법

본 연구는 공간생태학적 특성을 고려한 수원시 그린인프라 구축기법 연구(2020)에서 도출된 녹지축을 바탕으로 녹지축간의 연계방안 마련하고자 한다. 이를 위해 그린인프라의 기능 및 효과에 대한 선행연구 분석을 통해 녹지축 연결의 목표를 설정하고 최소비용경로 분석방법을 고찰하여 녹지축간의 구체적인 연결경로를 도출하고자 한다. 수원시 녹지축의 단절 지역을 파악하기 위해 최소비용경로 분석을 통해 연결 시점과 종점을 도출하였다.

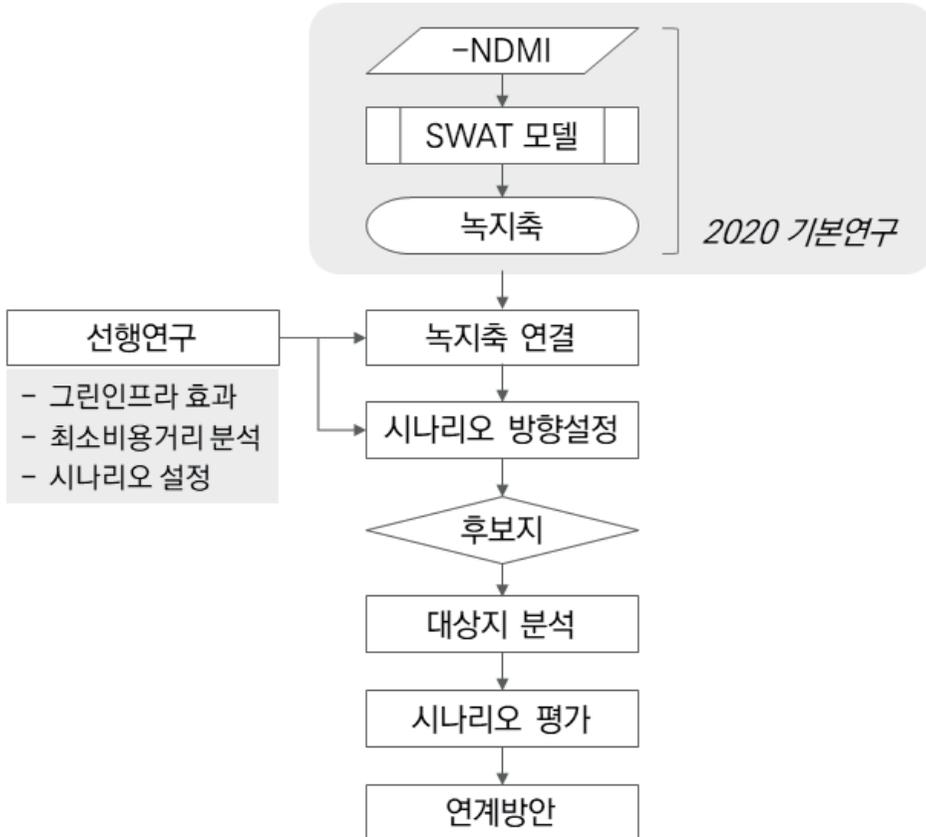
분석에는 ArcGIS Pro desktop 버전의 Model Builder를 이용하여 시점 및 종점을 결정하였으며, 환경적·사회적 변수인 개별공시지가, 불투수율, NDMI를 비용요인으로 선정하여 비용경로를 분석하였다. 녹지축과 도시녹지 연결의 실효성을 높이기 위해 선행연구를 통해 도시녹지의 유형을 시나리오로 설정하였다. 설정된 시나리오를 적용하기 위해 시범대상지를 선정하여 현장조사를 통하여 대상지 내의 도시녹지 유형을 검증하였다.

대상지 내의 녹지축-도시녹지 연결성을 정량화하기 위해 녹지 유형별 시나리오를 분석하였다. 각 유형별 도출된 시나리오의 비용저감 효과를 평가하였으며, 최종적으로 최소비용 감소 효과가 높은 지역을 도출하였다. 마지막으로 전문가 자문을 통해 시나리오 목표 설정 및 시나리오 작성 등의 과정을 검수하였으며 도출된 결과를 바탕으로 녹지축-도시녹지의 연결성 확보를 위한 정책을 제안하였다.

- 문헌조사 : 목표설정 및 시나리오 사례
- 현장조사 : 후보지 현황분석

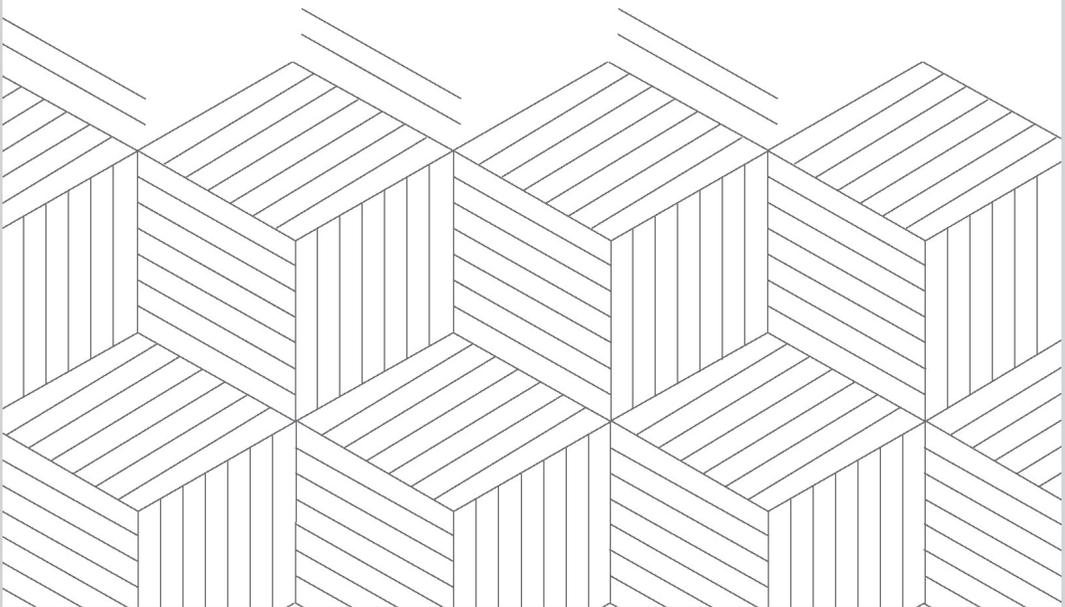
- GIS분석 : 시나리오 평가
- 전문가자문 : 목표설정, 시나리오 작성 등

〈그림 1-4〉 연구의 흐름



제2장 이론적 고찰

- 제1절 그린인프라의 기능 및 효과
- 제2절 최소비용경로 분석 개념 및 사례
- 제3절 시나리오 분석 연구 사례
- 제4절 소결



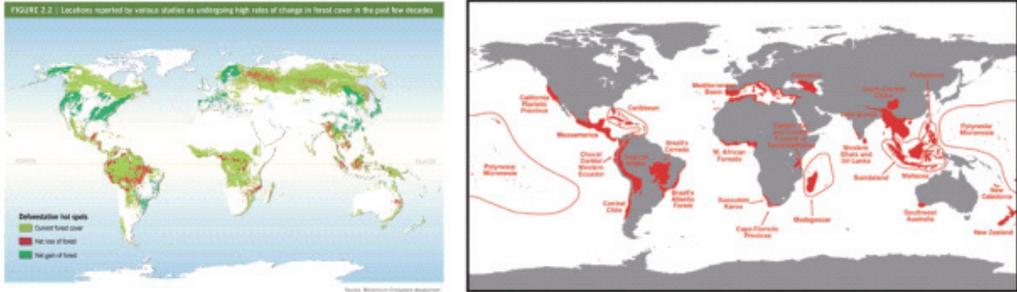
제2장 이론적 고찰

제1절 그린인프라의 기능 및 효과

1. 서식처 보전 및 확대

도시 녹지축 연결성 확보는 생태계의 네트워크가 가능하게 되어 구조적 연결성을 확보함으로써 이로 인한 기능적 연결성이 높아지는 효과가 있다. 실제로 다수의 보존 생물학자들은 조각난 서식지의 고립을 줄이기 위해 조경 계획 시 서식지 연결을 유지하도록 권장했다(Noss 1987; Noss and Harris, 1986; Craighead et al., 1997; Craighead and Vyse, 1995; Paetkau et al., 1998). 인간활동은 광역에 걸친 군집 분포에 영향을 미친다. 예를 들어, 인간의 개발에 의해 광대한 지역에서 일어나고 있는 단편화(fragmentation)는 결국 보다 작은, 격리된 산림 초지, 관목지 등의 조각들을 야기한다(Smith and Smith, 2011). 인구나 산업집중에 의한 급격한 도시화 과정에서 많은 녹지공간이 도시적 토지이용으로 전환되고 남아있는 자연과 녹지공간도 축소·단편화되고 있어 그 결과 도시지역은 다양한 생물을 유지하기 위한 생태적 기능이 현저 하게 약화되어 생물이 점차 그 모습을 감추고 도시에 거주하는 생물들도 그 존속이 위협받고 있는 상태이다(박창석 외, 2007). 서식처의 단편화는 개별 동물과 생태 과정 전체에 다양한 영향을 미쳤다. Gibbs와 Faarborg(1990)는 서식지의 파편화와 축소로 인해 산림 내부 종이 감소했다고 보고했으며 Kattane et al.(1994) 또한 산 안토니오 고지대 산림에서 단편화의 영향으로 기존 조류의 31%인 24종이 손실되었다고 보고했다. 서식지 소실과 파편화는 전 세계적으로 생물다양성에 가장 큰 위협이다. 포유류 종의 27%가 멸종위기에 처해있으며 서식지의 손실과 황폐화가 주요 위협요인이다(Schipper et al., 2008; Crooks et al., 2017). 서식지 변화의 원인은 농경과 가축사육, 채광, 벌채, 기반시설 건설, 도로 건설, 군사 활동, 휴양, 산불, 도시화, 오염, 수자원 개발 등으로 분류할 수 있으며, 이 중에서 농경(38%)과 상업적 개발(35%), 수자원 개발(30%) 등이 생물다양성을 위협하는 가장 주요한 원인으로 평가된다(Wilcove et al., 1998).

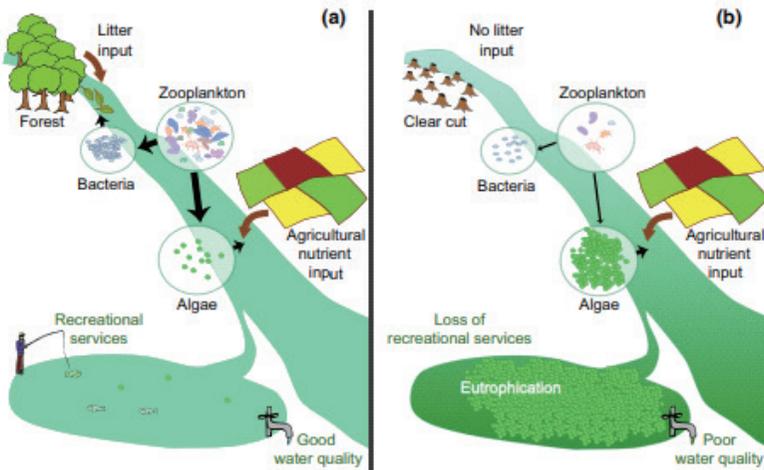
〈그림 2-1〉 산림 감소지역(좌) 및 생물다양성 보존 중요지점(우)



자료 : Magdalena Siemaszko(2015)

이처럼 생물다양성 보전은 서식처 보전 및 배열과 밀접한 관계를 가진다. 아울러 생물의 존속은 전파거리 및 세대 사이의 시간이 서식공간의 공간적·시간적 규모에 좌우될 뿐만 아니라 에너지와 물질을 기반으로 하는 먹이섭취, 생식 등 또한 생물의 존속에 필수적이기 때문에 서식처 보전은 생태계에 무엇보다도 중요하다. 각 서식지에서 개체군의 존속에 필요한 서식지의 질과 면적을 확보하고, 서식지를 상호 연결하여 생물의 유전적 교류 기회와 긴급시의 피난 경로를 확보하는 조치를 할 필요가 있다(박창석 외, 2007). 삼림, 초지 또는 수계 등 넓은 연속적 서식지가 단편화되면 종의 이동을 제한하거나 사이에 낀 환경의 황폐화로 인해 이동이 위험하거나 불가능한 섬들, 즉 조각들의 모자이크를 초래한다. 이동통로(corridor)는 비슷한 서식지의 조각들을 연결하고, 생물들이 그들의 서식지 조각들을 이동하는 능력을 높여준다.

〈그림 2-2〉 숲의 유무에 따른 생태계의 상호작용 네트워크



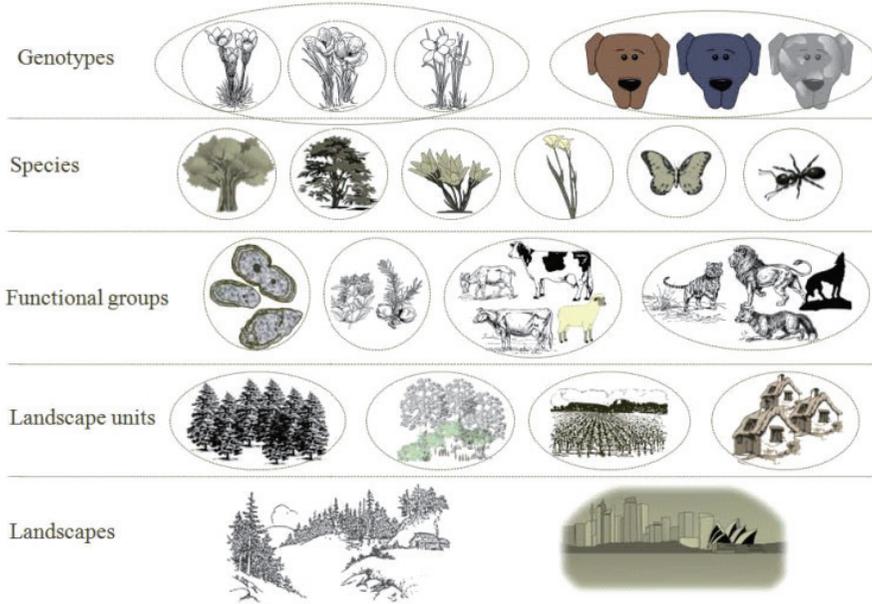
자료: Harvey et al.(2017)

2. 생물다양성 보존 및 증진

도시화에 의한 서식처의 단절은 개체군의 고립화를 초래하여 유전적 교류 기회의 감소로 근교약세가 발생하며, 개체군 존속에 최소한으로 필요한 개체수 이하로 유지되어 결국 개체군의 소멸을 가져올 수 있다(한국환경정책·평가연구원, 2007). 종 절멸의 주요 원인은 인구 및 인간 활동의 증대로 인한 서식지의 파괴이다. 역사적으로 토지 변화의 가장 큰 원인은 증가하는 인구의 식량을 충당하기 위한 농지의 확장이었다. UN의 식량농업기구(United Nations Food and Agricultural Organization)에 따르면, 1990년대에 걸쳐서 전 세계 삼림면적의 순 손실은 9,400만 ha(세계 삼림면적의 2.4%)로 추정된다(Smith and Smith, 2011). 기후변화로 인한 이른 봄이나 생물의 성장 계절 연장은 먹이와 포식자가 모두 존재함에도 불구하고 생태계의 상호작용이 약화될 수 있으며 심지어 현상학적 불일치로 사라질 수 있으며, 특히 초식동물의 자원이 농업과 관련이 있는 경우 초식동물 제어 및 서비스와 같은 생태계 기능에 연속적으로 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Harvey et al., 2017).

생태계는 살아있는 모든 유기체들이 물리적 환경 및 특정 공간 단위에서 복합적으로 상호 관계 갖는 시스템이다. 생태계 시스템 내에서 기후, 토양, 물 등 무생물 요소와 생물 요소가 생태계의 에너지 흐름과 순환에 의존한다. 이를 바탕으로 형성된 유전자와 개체군, 종, 기능군(functional types), 군집, 경관 단위의 다양한 생명체들의 조합을 생물다양성이라고 한다(Diaz et al., 2005). 또한, 생물다양성은 단어 그대로 다양하다는 차원에서 정의한 예도 있다. 즉, 생물다양성을 생물 사이의 변이성(variability)으로 이해하고 여기에 종 내부는 물론 종 간, 생태계 간에 나타나는 다양성을 포함하는 것으로 정의하는 경우이다(Millennium Ecosystem Assessment, 2005). 대체로 생물다양성은 생물종의 다양성뿐만 아니라 생태계까지 포함하는데 생태계 다양성은 생물다양성의 가장 큰 규모이며, 각 생태계 내에는 종과 유전적 다양성이 모두 존재한다. 유전자 다양성은 같은 생물종들 내에서 각각의 개체들의 유전적 다양성을 의미한다. 따라서 유전자 수준의 다양성을 통해 종이 환경변화나 질병 등에 다양하게 변이하여 적응하고, 재생산할 수 있는 능력을 가늠할 수 있다(Groom et al., 2006). 종 다양성은 단순히 주어진 생물학적 군집(인구, 생태계, 지구)에서 발견되는 종의 수와 상대적 풍부도를 말한다. 종의 다양성은 유전자 수준보다 상위단계로 단순히 서로 다른 동물의 다양성으로 볼 수 있다. 종의 다양성은 경제적, 생물학적, 사회적, 문화적 이유로 중요하다. 생태계 다양성은 다양한 서식지, 커뮤니티 및 생태학적 과정으로 정의할 수 있다. 생물학적 공동체는 특정 영역을 차지하는 종과 그 종 간의 상호작용으로 정의되며, 관련된 물리적 환경과 함께 생물학적 공동체를 생태계라고 한다(<https://eatlas.org.au/content/what-biodiversity>).

〈그림 2-3〉 생물다양성의 수준



자료: 육근형 외(2010)

서식지의 조각 크기는 군집구조·종다양도·종의 존재 여부에 결정적인 영향을 미친다. 일반적으로 큰 서식지 조각은 상대적으로 작은 조각에 비해 개체(개체군 크기)와 종(종 풍부도)이 많다. 면적 증가에 따른 어떤 종의 개체군 크기 증가는 단순히 그 종의 환경수용능 증가의 함수이다. 면적이 클수록 조각 내에서 유지될 수 있는 잠재적 행동권(또는 세력권)의 수가 증가할 것이다(Smith and Smith, 2011). 또한 보존생물학적 맥락에서 네트워크 구조, 특히 연결(노드 당 상호작용 수)은 위협을 받을 수 있는 종과 관련하여 중요한 영향을 미친다(Harvey et al., 2017).

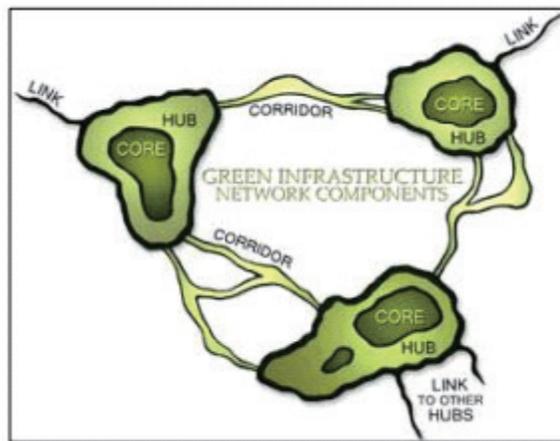
McEuen(1993)은 녹지축 보전 시 유전적 흐름을 지원하고 유전적 다양성을 증가 시키며 연결된 패치에서 전체적인 메타 개체군의 생존을 향상시킨다고 보았다. 생물종간 또는 서식처간 에너지와 물질의 교환, 유전자의 교환이 원활하게 이루어져 유전자의 다양성, 생물종의 다양성, 서식지의 다양성, 경관의 다양성 등과 같은 생물다양성을 지속적으로 유지할 수 있도록 도시 생태축 구축작업이 필요하다(한국환경정책·평가연구원, 2007).

3. 연결성 확보를 통한 네트워크

그린인프라 네트워크의 기본은 허브(hubs)와 코리도(corridors)로 구성된다. 허브는 식물

의 서식지를 제공하는 생태학적으로 중요한 자연 지역으로 여기에는 자연 및 레크리에이션 가치를 위해 관리되는 주립 및 지역 공원과 같은 대규모 보호 지역이 포함된다. 자연적 특징과 생태적 과정이 보호 및 복원되는 커뮤니티 공원 및 자연 지역 그리고 대부분이 개발되지 않은 상태로 남아 있는 개인 습지와 숲 등이 있다. 내부 숲의 큰 연속 블록(숲 가장자리에서 최소 300피트의 숲)은 허브의 대부분을 형성하므로 네트워크의 필수 구성 요소이다. 복도는 허브를 함께 묶는 선형 기능이며 일반적으로 강과 개울을 따라 위치한다. 아래와 같이 허브와 코리도가 연결되어 소규모 네트워크가 형성되고 점차 확장되어 연결성이 확보된 대규모 네트워크가 형성된다.

〈그림 2-4〉 그린인프라 네트워크의 구성요소



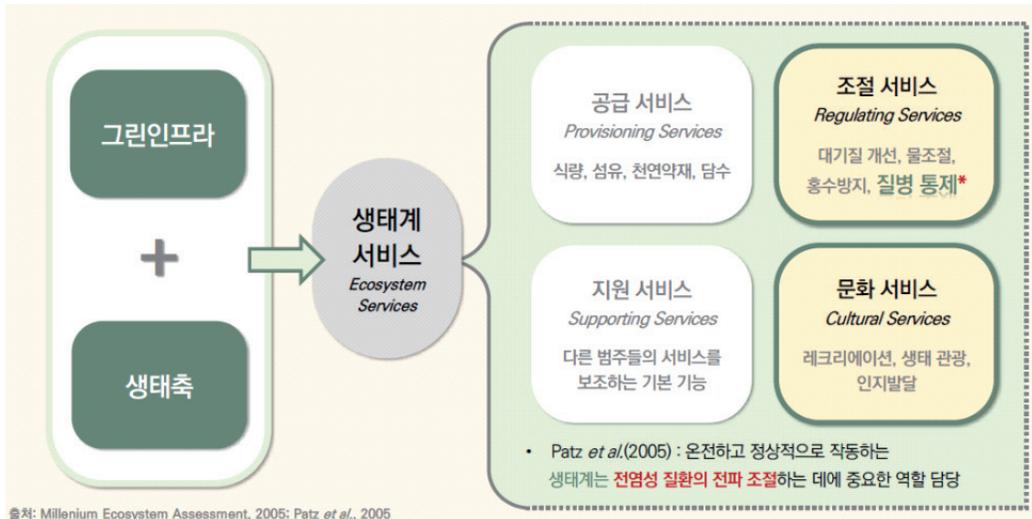
자료 : www.greeninfrastructure.net; 박재철 외, 2012

4. 생태계 서비스

그린인프라는 수질 정화, 대기 질, 레크리에이션 공간, 기후완화 및 적응과 같은 광범위한 생태계 서비스를 제공하도록 설계되고 관리되는 기타 환경적 특징과 함께 자연 및 반자연 지역의 전략적으로 계획된 네트워크이다(유럽연합 홈페이지). 그린인프라 네트워크의 구축은 생태계뿐만 아니라 인간환경에도 다양한 영향을 미친다. 생태계가 인간의 삶에 미치는 영향과 상호작용의 관점은 생태계 서비스로 설명할 수 있다. 생태계 서비스는 인간이 직·간접적으로 필요하며, 만족하는 생산물과 서비스를 제공하는 생태계의 능력 또는 그 혜택을 말한다(주우환 외, 2017). 생태계 서비스는 우리 생활의 거의 모든 분야에 관련되어 대개 어느 한 가지만이 아니라 여러 서비스가 복합적으로 인간의 삶에 영향을 끼치며(육근형 외, 2010),

크게 지원 서비스(supporting service), 공급 서비스(provisioning service), 조절 서비스(regulating service), 문화 서비스(cultural service)로 나눈다.

〈그림 2-5〉 그린인프라와 생태계 서비스

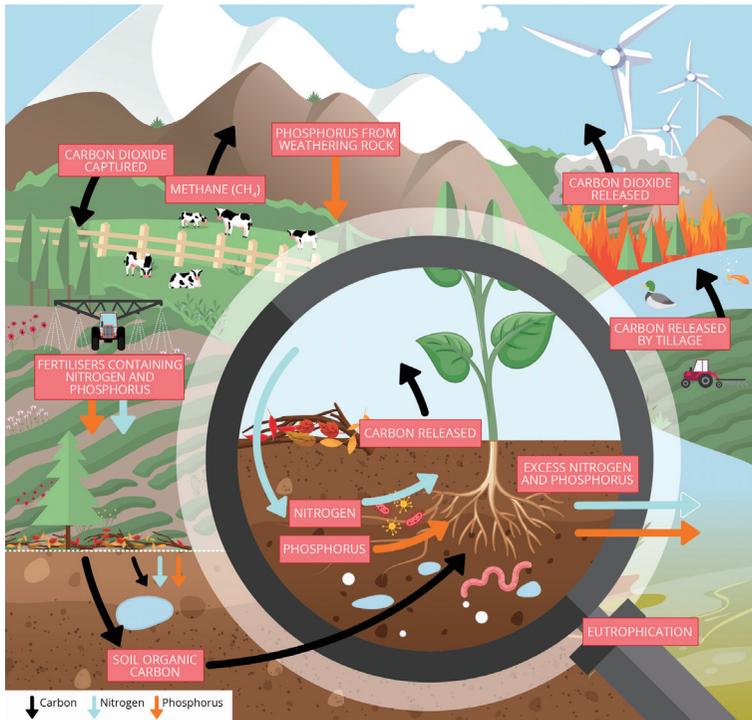


자료 : 박종순(2020), 포스트 코로나 시대에 대응한 그린인프라 조성과 그린뉴딜 정책 방향 세미나 발표자료

1) 지원 서비스

생물의 서식지로 가능하면서 서식에 필요한 에너지를 지원하는 지지서비스는 생태환경의 질 상승, 생물다양성 증진 등의 기능을 말한다. 동·식물에게 서식처를 제공하고 다양성을 유지하는 것은 다른 모든 생태계 서비스 유지의 근간이다(FAO, 2021). 생태계는 토양을 통해 다양한 생물이 서식할 수 있는 물적 기반을 제공한다. 토양은 미생물과 유기물을 작은 입자로 분해하는 물리적 과정에 의해 형성되며, 생물학적, 물리적, 화학적으로 다양한 존재로 육상 생태계의 기본 기질을 형성하고 많은 인간 활동을 지원하며 다수의 매우 가치 있는 생태계 서비스를 제공한다(Dominati et al., 2010). 서식처 기능뿐만 아니라 유기물의 분해, 영양순환, 생물교란, 토양 매개 질병 및 해충 억제 등 다양한 중요 기능을 한다.

〈그림 2-6〉 자연의 영양순환



자료 : EEA Signals(2019)

〈표 2-1〉 지원 서비스의 종류

구분	내용
 종 서식지	생태계는 식물과 동물에게 생활 공간을 제공하며 다른 생태계 서비스를 뒷받침하는 복잡한 과정의 다양성을 유지함. 일부 서식지에는 예외적으로 많은 수의 종의 수가 있어 다른 서식지보다 유전적으로 더 다양하며 이들은 '생물다양성 핫스팟'으로 알려져 있음
 유전적 다양성의 유지	유전적 다양성(종 개체군 사이 및 종 내에서 발생하는 유전자의 다양성)은 서로 다른 품종이나 인종을 구별하여 지역적으로 잘 적응한 품종과 상업용 작물 및 가축을 개발하기 위한 유전자 풀의 기초를 제공

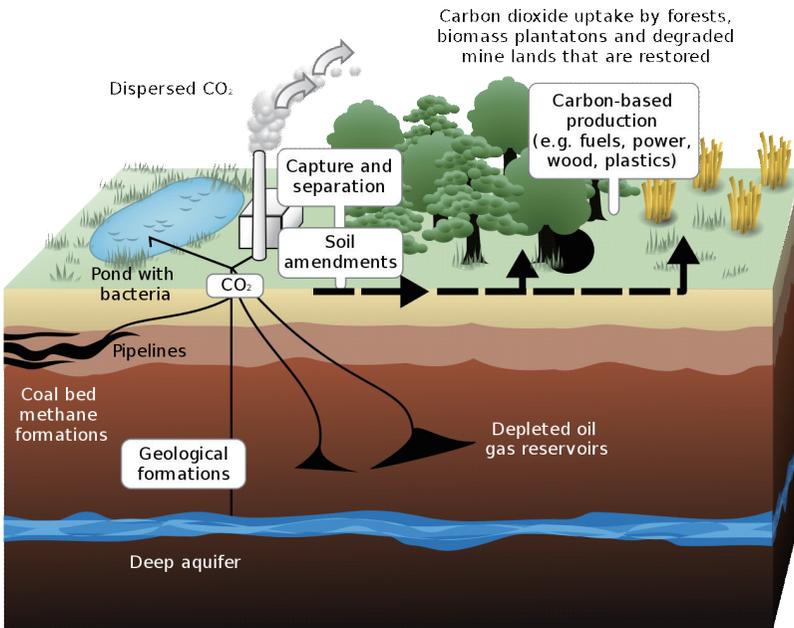
자료 : FAO(2021)

2) 조절 서비스

생태계의 공기정화, 재해방지 등 자연 조절적 기능으로부터 얻을 수 있는 조절 서비스는 대기오염 정화 및 탄소 흡수, 홍수 및 가뭄 완화, 산사태 방지 등의 역할을 포함한다. 생태계는 기후의 형성과 조절의 역할을 한다. 나무는 그늘을 제공하고 숲은 지역의 강우량과 물 가

용성에 영향을 미치며 대기에서 오염물질을 제거하여 대기 질을 조절하는 데 중요한 역할을 한다. 대기 중에 산소가 지금과 같은 수준에 도달한 것 역시 생물 활동의 결과이다. 산업화로 인해 화석연료를 소비하면서 대기 중에 대량의 이산화탄소가 배출되고 있다. 생태계는 온실가스를 저장 및 격리하여 지구 기후를 조절한다. 대기 중에 산소가 없을 때 원핵생물은 햇빛을 받아 광합성을 하고 폐기물로 산소를 배출한다(Dutkiewicz et al., 2006). 나무와 식물이 자라면서 이산화탄소를 제거하고 효과적으로 탄소를 저장한다. 따라서 생물다양성은 생태계가 기후 변화의 영향에 적응할 수 있는 능력을 향상시킴으로써 중요한 역할을 한다.

〈그림 2-7〉 탄소 격리의 개념도



자료 : 위키피디아(Hardin & Payne)

생태계는 홍수, 폭풍, 쓰나미, 산사태 등과 같은 자연재해에 대한 완충 장치를 만들어 피해를 예방한다. 예를 들어, 습지는 홍수 발생 시 물을 흡수할 수 있는 반면 나무는 경사면을 안정시킬 수 있다. 토양 침식 방지 및 비옥도 유지에도 중요한 역할을 한다. 토양 침식은 토지 황폐화 및 사막화 과정의 핵심요소로 식물의 뿌리는 토양 침식을 방지하여 중요한 조절 서비스를 제공한다. 토양 비옥도는 식물 성장과 농업에 필수적이며 잘 기능하는 생태계는 식물 성장을 지원하는 데 필요한 영양분을 토양에 공급한다. 곤충이나 바람은 과일, 채소, 종자의 발육에 필수적인 식물과 나무의 수분을 돕는다. 115개의 주요 세계 식량작물 중 약 87개는 코코아와 커피와 같은 중요한 현금작물을 포함한 동물 수분에 의존한다(Klein et al., 2007).

〈표 2-2〉 조절 서비스의 종류

구분		내용
	지역 기후 및 대기 질	나무는 그늘을 제공하는 반면 숲은 지역 및 지역적으로 강우량과 물 가용성에 영향을 미치는 것과 같이 생태계는 지역 기후와 대기 질에 영향을 미친다. 숲의 나무와 식물은 대기에서 오염물질을 제거하여 대기 질을 조절하는데 중요한 역할
	탄소 격리 및 저장	나무와 식물이 자라면서 대기에서 이산화탄소를 제거하며 조직 내에 저장하는 것과 같이 생태계는 온실 가스를 저장하여 지구 기후를 조절
	극한 기후 완화	생태계와 살아있는 유기체는 자연재해에 대한 완충 장치를 만들어 홍수, 폭풍, 쓰나미, 눈사태, 산사태 및 가뭄 등으로부터 피해를 줄임
	폐수 처리	습지와 같은 생태계는 방류수를 여과하고 미생물의 생리학적 활동을 통해 폐기물을 분해하며 유해한 병원체를 제거
	토양 침식 방지 및 유지	식생 피복은 토양 침식을 방지하고 질소 고정과 같은 자연적인 생물학적 과정을 통해 토양 비옥도를 보강함. 토양 침식은 토지 황폐화, 토양 비옥도 손실 및 사막화 과정의 핵심 요소이며 하류 어업의 생산성 감소에 기여
	수분	곤충과 바람은 과일, 채소 및 종자의 발달에 필수적인 식물과 나무를 수분하며 동물 수분은 주로 곤충뿐만 아니라 일부 새와 박쥐에 의해 제공되는 생태계 서비스. 농업 생태계에서 수분 매개체는 과수원, 원예 및 마초 생산뿐만 아니라 많은 뿌리 및 섬유 작물의 종자 생산에 필수적이다. 꿀벌, 새, 박쥐와 같은 수분 매개체는 전 세계 작물 생산량의 35%에 영향을 미치며 전 세계 주요 식량 작물의 약 75% 생산량을 증가시킴
	생물학적 통제	잠재적 해충 및 질병 매개체의 개체군을 통제하는 역할을 하는 생태계의 포식자와 기생충의 활동 등이 포함
	물의 흐름 조절	물 흐름 규제는 토지 피복 및 구성에 의해 제공되는 핵심 서비스이지만 대부분의 정책 입안자와 토지 관리 조직에서는 그 역할을 제대로 이해하지 못하고 있음

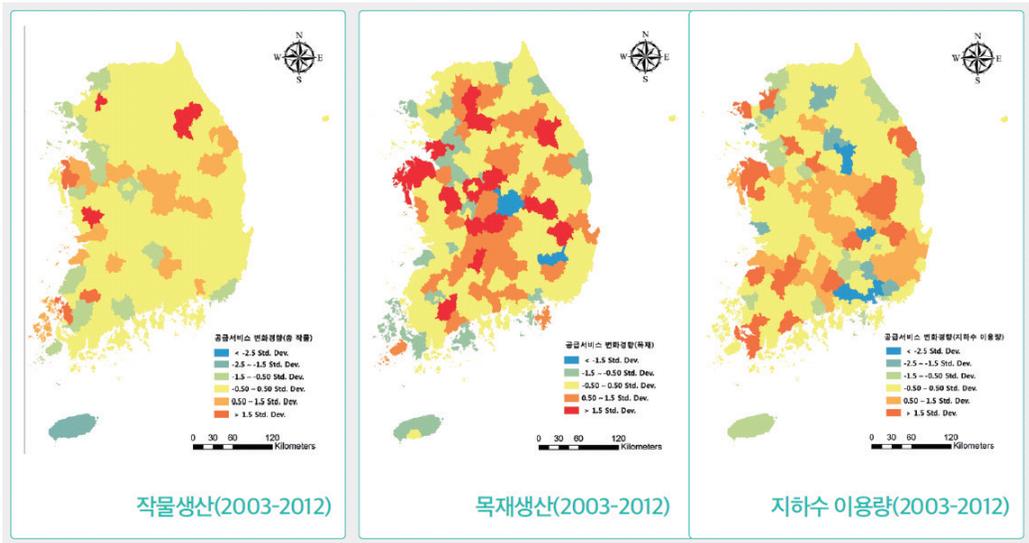
자료 : FAO(2021)

3) 공급 서비스

공급서비스는 생태자원으로부터 얻을 수 있는 재화, 생산물, 상품 등의 서비스를 말하며 식량작물, 담수자원, 원자재(목재, 원료)등 인간이 살아가는데 필요한 대부분의 자원은 생태계로부터 얻어진다. 생태계는 인간의 웰빙에 기여하는 많은 재화와 서비스를 제공한다. 식량을 재배할 수 있는 조건을 제공하며, 이는 주로 관리된 생태계를 통해 나오지만 해양 및 담수 또는 산림도 인간이 소비할 식량을 제공한다. 인간이 살기위한 필수적인 요소는 식량뿐만 아

나라 물도 포함된다. 생태계는 물의 흐름과 정화를 조절하기 때문에 지구 수문 순환에서 중요한 역할을 하며, 초목과 숲은 지역에서 사용할 수 있는 물의 양에 영향을 미친다. 또한, 생태계는 야생 및 재배 식물종에서 직접 파생된 목재, 바이오 연료 및 식물성 기름을 포함하여 건설 및 연료를 위한 매우 다양한 원자재를 제공한다.

〈그림 2-8〉 공급 서비스 현황



자료 : 국립생태원(2015); 국립생태원(2017)

〈표 2-3〉 공급 서비스의 종류

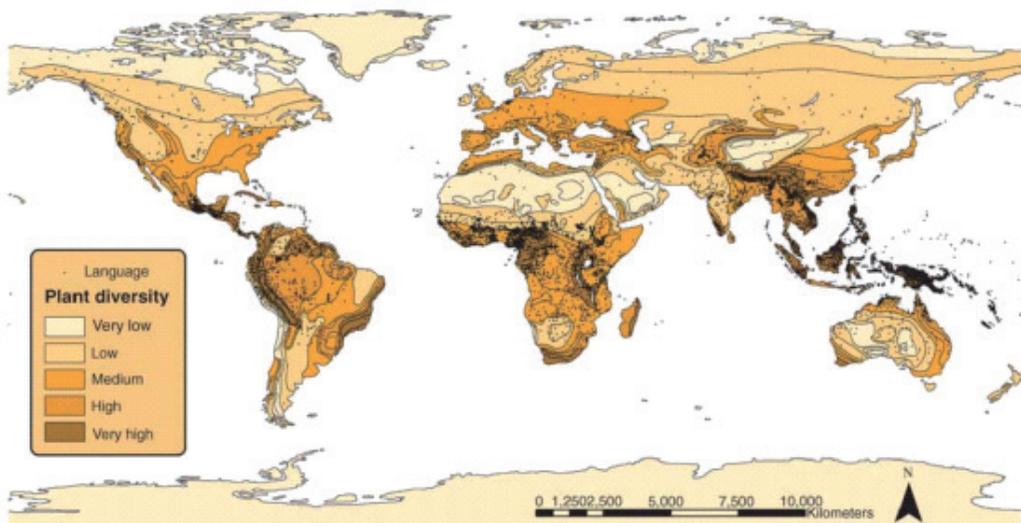
구분		내용
	식량	모든 생태계는 식량을 재배, 수집, 사냥 또는 수확할 수 있는 조건을 제공
	원료	생태계는 나무, 바이오 연료, 야생 또는 재배 식물의 식이섬유, 동물종을 포함한 매우 다양한 재료를 제공
	담수	물이 없이는 생명이 존재할 수 없으며 생태계는 담수의 흐름과 저장을 제공하는 데 중요한 역할
	약용 자원	자연 생태계는 다양한 종류의 건강 문제에 대한 효과적인 치료법을 제공하는 다양한 식물과 버섯을 제공하며 대중 및 전통 의학, 의약품 개발에 사용

자료 : FAO(2021)

4) 문화 서비스

대개 인간 생태계에서 자연 생태계로 흘러가는 흐름은 생태계 서비스로 보기보다 인간이 자연에 끼치는 영향(impact)으로 이해하는 것이 자연스럽다(Costanza et al., 1997). 인간의 삶은 생태계 서비스의 거의 모든 분야에 의존한다고 할 수 있다. 지구의 생물다양성으로부터 식량과 물을 받고, 지구 생태계가 완화하는 기후에서 살 수 있으며, 이를 통해 종교와 휴양 등 문화를 유지할 수 있다(육근형 외, 2010). 문화 서비스는 인간의 삶의 질을 높이는 서비스로 생태계와의 접촉으로부터 인간이 얻는 비물질적인 혜택을 포함한다(송인주와 윤초롱, 2019). 인간은 자연의 아름다움을 즐기며 이를 문화로 만든다. 특정 지역이나 종에 영적 또는 종교적 중요성을 부여하거나, 특정 경관이 그 지역의 관광 상품 및 마케팅의 브랜드가 되기도 한다. 인간은 자연의 아름다움에 놀라움과 경탄, 경이를 느끼고, 예술적인 영감을 얻는다. 이는 또한 평안과 평화, 아름다움을 느끼게 하여 개인적인 성취와 원기를 회복하여 활기를 되찾는데 도움을 준다. 생물다양성은 지역의 언어와 문화에도 영향을 준다. 생물문화 다양성(Biocultural diversity)이라는 용어는 지역의 생물다양성, 문화다양성 그리고 언어다양성을 포괄하는 용어로 1990년대 들어 새롭게 등장했다(Maffi, 2005; 육근형 외, 2010). 언어는 사회가 환경에 적응함에 따라 주어진 커뮤니티에서 발달하기 때문에 언어는 해당 지역의 생물다양성을 반영하고 표현한다.

〈그림 2-9〉 종 식물 다양성과 언어 다양성 지도



자료 : Cinocotta et al.(2000)

〈표 2-4〉 문화 서비스의 종류

구분		내용
	레크리에이션 및 정신적, 육체적 건강	레크리에이션을 위한 자연 기반은 공원과 도시 녹지 공간에서 걷기와 스포츠와 같이 정신적, 육체적 건강을 유지하는 데 중요한 역할
	관광 여행	자연을 즐기는 것은 전 세계 수백만 명의 여행자를 끌어들이며, 문화생태계 서비스는 방문객에 대한 혜택과 자연 관광 서비스 제공자에게 소득 기회를 모두 포함
	문화, 예술 및 디자인에 대한 미적 감상과 영감	동물, 식물 및 생태계는 우리 예술, 문화 및 디자인의 많은 부분에 영감을 주는 원천
	종교 및 장소성	자연은 대부분의 주요 종교에서 공통적인 요소로써 자연유산, 영적 소속감, 전통지식, 관련 관습은 소속감을 형성하는 데 중요

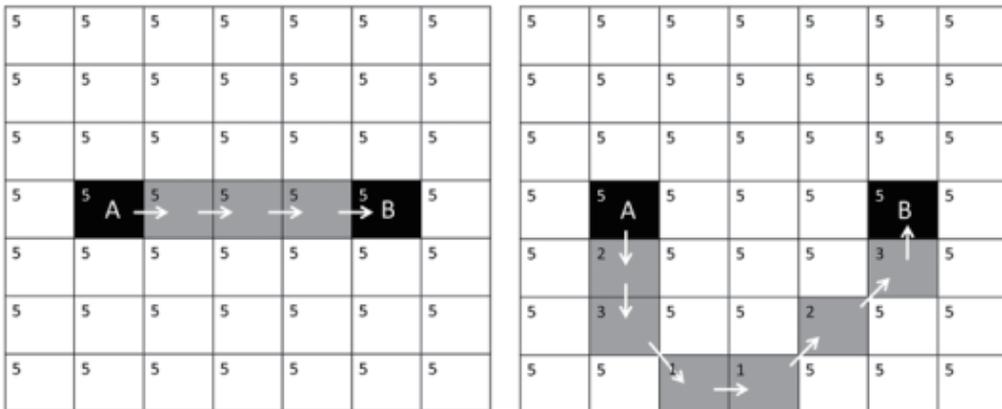
자료 : FAO(2021)

제2절 최소비용경로 분석 개념 및 사례

1. 최소비용경로 분석 개념

최소비용경로함수는 한 셀에서 주변 8셀로 움직이면서 Ni번째의 자신의 값과 Ni+1번째의 값을 더해가며 움직이며, 이러한 연산과정을 통해 최종목적지까지 가장 작은 값을 갖게 되는 경로를 찾는 방법이다(Drielsma et al., 2007; 강동진과 김효민, 2017). 최소비용경로(least-cost path)는 핵심 서식처 또는 개체군들 사이에서 가능한 모든 경로 비용의 계산, 동물 이동을 위해 최소 비용이 소요되는 경로의 확인, 보전계획에서 사용하기 위한 도면상에 가장 적합한 경로 기입의 과정으로 결정된다(이동근 외, 2008; 송원경, 2011; 김은영 2020).

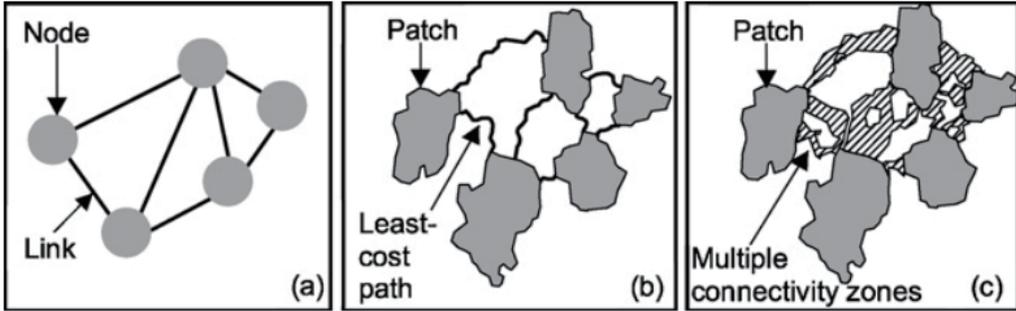
〈그림 2-10〉 최소비용경로 분석의 개념



자료 : Surface-Evans(2012)

최소비용경로 분석은 동물의 이동은 경관 조건에 따라 복잡한 형태를 보이며, 이동 선택에 있어 최소거리를 따른다는 가정을 기초로 한다. 분석에는 경관 투과성(Landscape Permeability) 분석과 비용표면 계산, 최소비용거리에 따른 경로 분석의 과정이 수반된다. 일반적으로 경관 투과성 분석은 경관생태학적 측면에서 유기체가 경관을 통해 어느 정도 이동할 수 있는지를 평가하는 것을 의미하며 이동을 위해 종이 소모하는 비용을 계산한다. 목표 지점까지의 최소 거리 비용의 산출에는 이동에 영향을 미치는 저항요소들을 고려하여 평가되는데, 저항요소의 의미는 서로 다른 토지피복, 식생 유형, 표고, 경사 또는 다른 경관 특성을 재분류한 값을 나타낸다(오규식 외, 2009).

〈그림 2-11〉 최소비용경로 분석의 적용 과정 예시



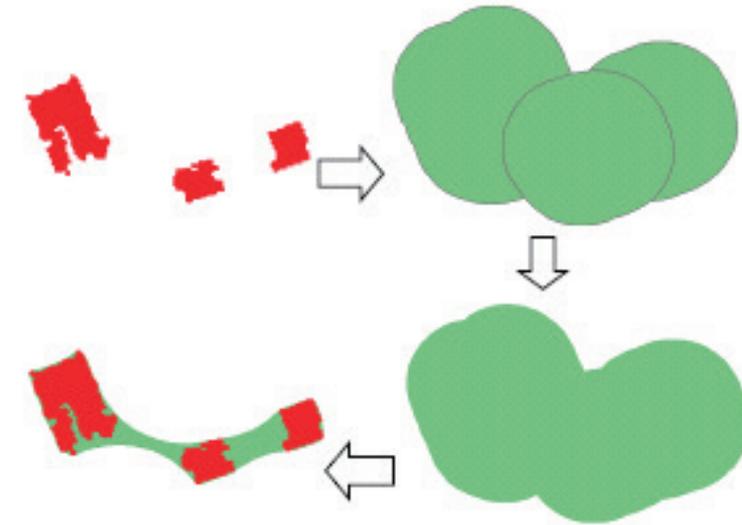
자료 : Zetterberg et al.(2010)

2. 최소비용경로 분석 사례

1) 생활권 녹지 연결성 평가

최희준 외(2017)는 고밀 시가지지역 내 녹지들의 경관생태학적 특성과 연결성을 분석함으로써 잠재적인 녹지패치들의 활용가능성을 평가하고, 이를 통해 생활권 내 녹지 네트워크를 형성하기 위한 도시정원의 도입 방안을 제시하고자 서울시에서 공원 서비스 소외지역 및 중점녹화지구로 분류된 역삼동 일대를 대상으로 연결성평가를 실시하였다. 경관 지수의 활용은 지역 생태계의 구조와 기능의 특성을 정량화함으로써 경관 패턴과 변화에 대한 해석을 가능하게 하며 광역적인 범위에서의 계획과 관리, 식물 서식지 연결성, 파편화, 경관 내부 및 주변부의 면적 구성 등의 현황 평가와 대안비교에 활용 될 수 있다(박경훈 외, 2004; 권선순 외, 2012; 최희준 외, 2017). 경관지수를 산출하기 위해 FRAGSTATS 프로그램을 활용하여 생활권 녹지 네트워크 평가에 활용하였다. 연속수치지형도에서 녹지를 추출하였고, 선행연구들을 참고하여 다양도, 핵심지역, 형태, 면적/밀도, 가장자리 등 경관지수를 선정한 후 대상지 내 생태네트워크의 가능성을 진단하기 위해 Hou et al.(2017)의 '다중버퍼생성(multi-buffer procedure)'를 적용하여 녹지패치 간 연결성 분석 및 생태네트워크(econets)를 추정하였다(최희준 외, 2017).

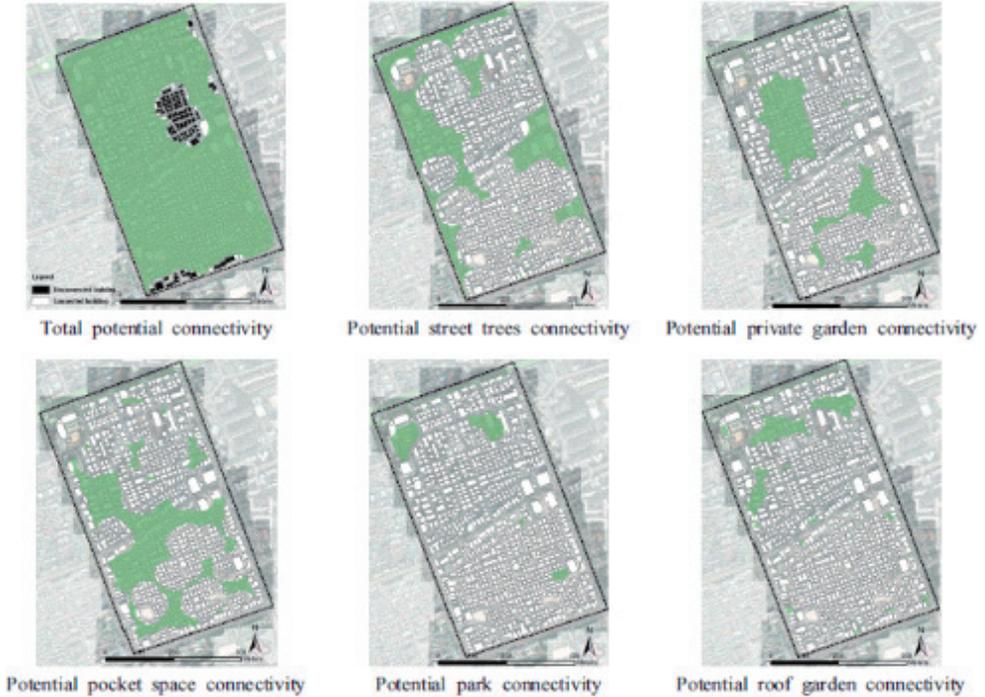
〈그림 2-12〉 연결경로 분석 예시



최희준 외(2017)

녹지 연결성 분석 결과 전체 면적의 89%가 50m 버퍼 내에서 잠재적인 연결이 기대되었고, 녹지유형별 연결성 기여도의 경우 자투리공지(27%), 가로녹지(26%), 개인정원(17%), 옥상정원(7%), 공원(4%) 순으로 나타났다(최희준 외, 2017). 연결경로 분석 결과 녹지 단절지역 내에는 주택지역이 밀집해 있어 신규 녹지공간을 조성하는 것은 무리가 있어 기존에 존재하는 소규모 녹지, 가로 녹지를 조성하여 새로운 녹지네트워크 연결선을 구성할 것을 제안하고 있다.

〈그림 2-13〉 연결경로 분석 결과

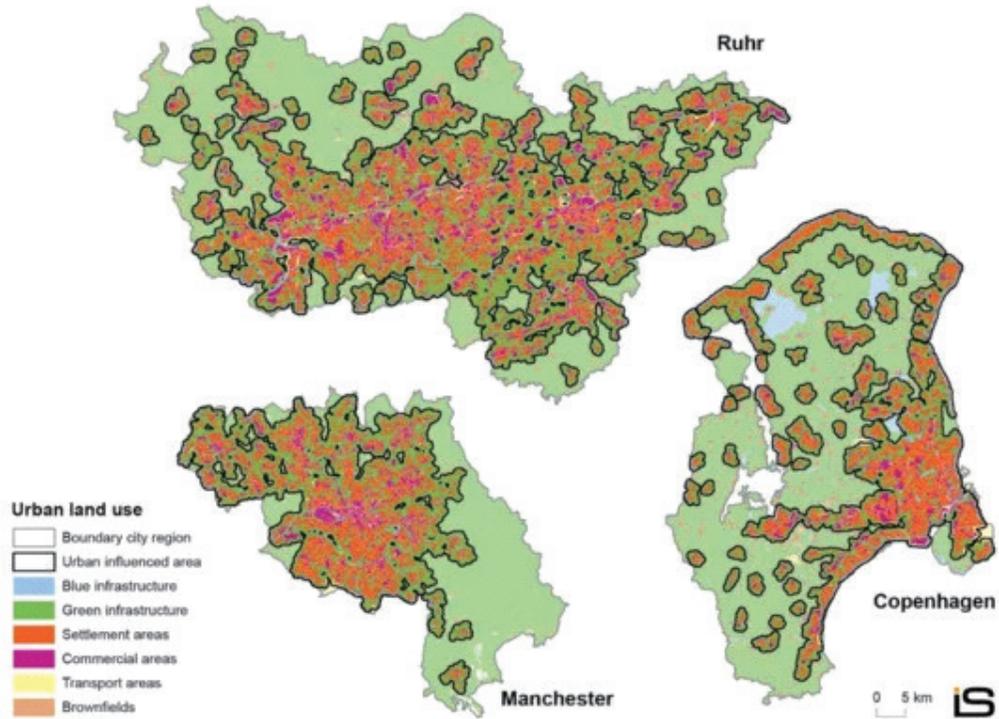


최희준 외(2017)

2) 도시 영향지역 내 그린인프라 연결성 평가

Rusche et al.(2019)는 도시 그린인프라의 연결 정도를 매핑하고 평가하기 위한 토지 이용 지표를 제안하였다. 대상지를 도시녹지지역, 스포츠 및 레저시설, 경작지, 목초지, 과수원, 숲, 초목지, 오픈스페이스, 습지, 수역 등을 그린인프라의 요소로 구분하고, 도시의 그린인프라에 중점을 두기 위해 정착지 주변에 ‘도시 영향 지역’이라는 공간 경계를 정의하였다. 1km² 크기의 도시 거주 지역으로부터 100m 이내의 더 밀집된 도시 환경에 있는 지역만을 고려하였고, 도시와 주변 지역 사이의 경계에 대해 산림지역과 같은 그린인프라 요소를 포함하기 위해 밀집된 도시 지역 주변에 500m 버퍼(일반적으로 사용되는 대략적인 도보 14분 반영) 설정하여 도시지역에서의 그린인프라 공급을 분석하였고 도시 지역에서의 그린인프라 연결성 평가뿐만 아니라 거주자의 일상 활동 공간 묘사 가능하다고 설명하고 있다.

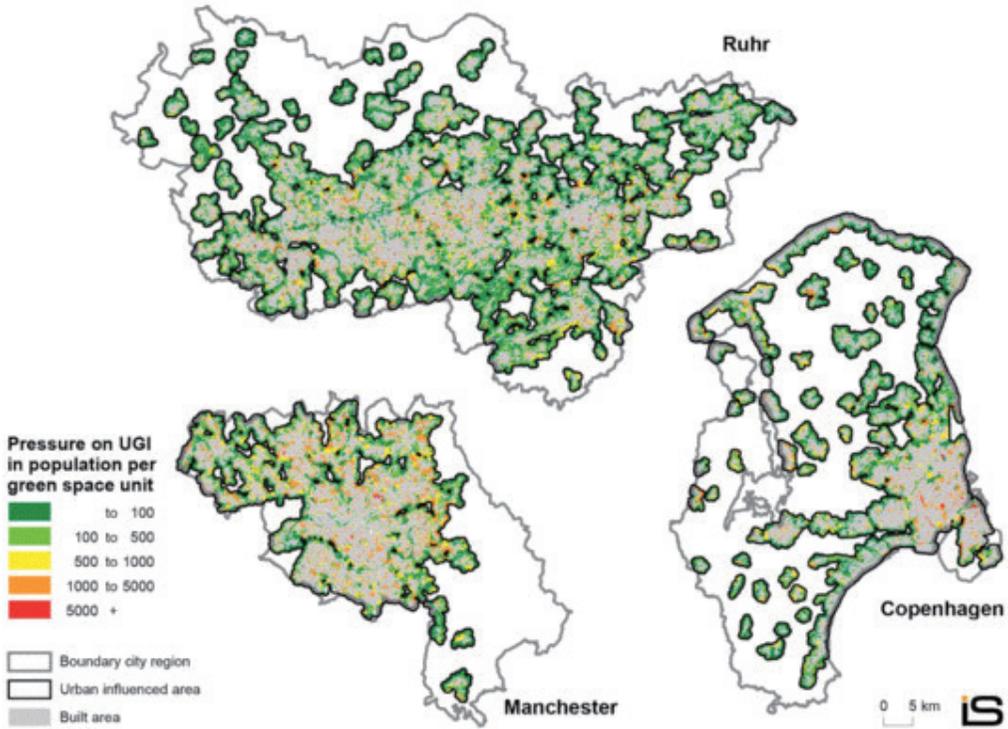
〈그림 2-14〉 도시 영향지역 분석



자료 : Rusche et al.(2019)

사람들을 위한 도시 그린인프라 공급 자체에 초점을 맞추지 않고 그린인프라에 대한 이해를 바탕으로 녹지 사이의 상대적 거리와 연결 방식을 살펴봄으로써 접근 방식 확장하고자 하였다. 그린인프라의 공급 측면에서 1인당 녹지공간 또는 다음 녹지까지의 평균거리에 대한 정보를 제공하기 위해 인구데이터를 활용하여 그린인프라의 수요 압력을 분석하였으며, 〈그림 2-15〉와 같이 그린인프라 구성 요소가 불을수록 잠재적 수요 측면에서 더 많은 압력이 있다고 가정할 수 있다.

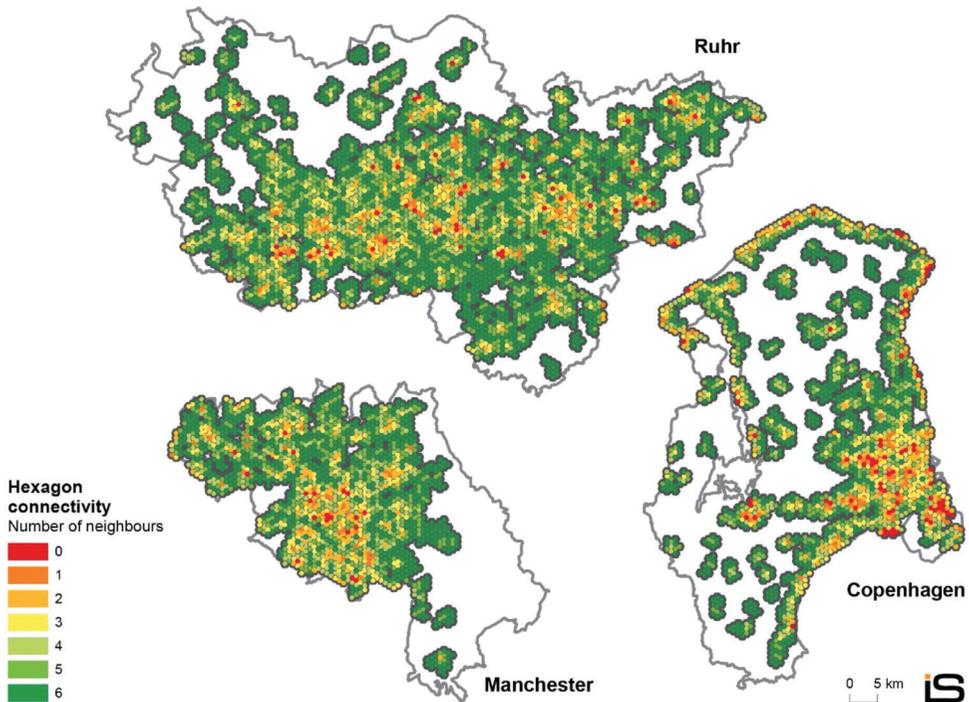
〈그림 2-15〉 그린인프라에 대한 압력 분석



자료 : Rusche et al.(2019)

연구 결과 도출된 첫 번째 지표는 녹지 공간의 분포를 분석하여 녹지 공간 공급이 상대적으로 흩어져 있고 고립되어 있는 도시 지역을 도출할 수 있다. 결과를 바탕으로 도시의 영향을 받는 지역의 공간 확장에 육각형 그리드를 도입하여 인접한 육각형의 연결성을 분석하여 그린인프라의 연결 정도를 살펴보았다. Rusche et al.(2017)은 그린인프라 전략을 수립하기 위해서는 연결성 지도와 정보가 의사 결정 과정에 매우 중요하며 이웃한 녹지공간의 연결에 대한 정보는 기능적 또는 구조적 연결성을 이해하는데 도움이 되어 생태학적 분석에 사용될 수 있다고 설명한다.

〈그림 2-16〉 육각 격자 셀의 연결성



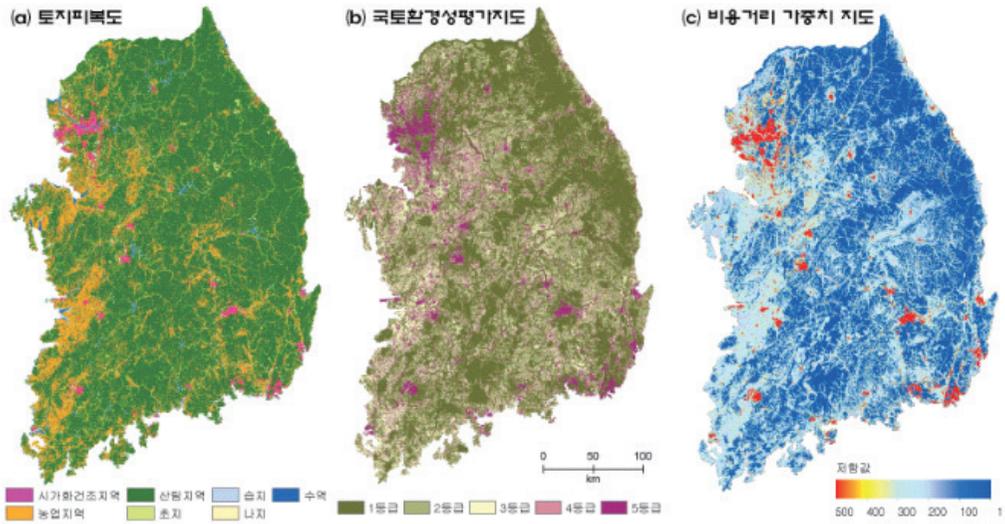
자료 : Rusche et al.(2019)

3) 핵심지역 및 생태축 도출을 위한 연결성 평가

강완모 외(2019)는 국토·환경계획 수립 시 경관 네트워크 상의 핵심지역과 생태축을 공간적으로 제시하고자 노드(node)와 링크(link)로 구성된 네트워크 분석 기법을 통한 경관 네트워크의 연결성을 분석하였다. 그래프 이론에 기반하여 핵심지역뿐만이 아닌 보다 견실한 결과를 도출하기 위해 네트워크 모형을 패치 기반 및 비-패치 기반으로 구분하여 분석하였다.

비용거리 산출을 위한 입력 자료로는 중분류 토지피복도와 국토환경성평가지도를 활용하였으며 기존 연구들을 참고하여 토지피복도의 유형이 자연자원 간 또는 육상 야생동물의 서식지 간 이동을 원활하게 하거나 방해하는 정도를 고려하여 패치 간 거리의 저항값 가중치를 부여하여 공간중첩을 실시하였다.

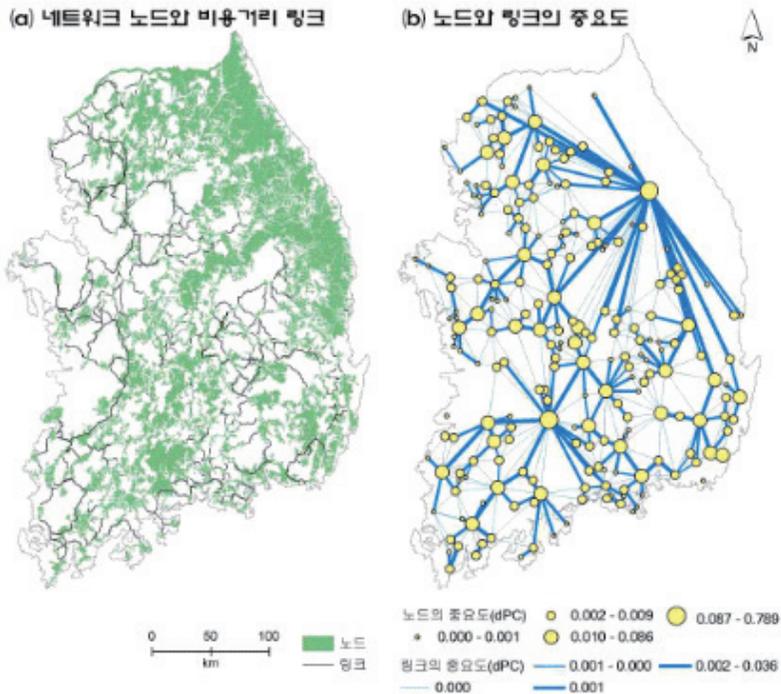
〈그림 2-17〉 비용거리 산출을 위한 입력자료



자료 : 강완모 외(2019)

서식지 등의 패치를 노드로, 야생동물의 이동 또는 유전자 흐름(gene flow)등을 노드에 연결되는 링크로 하는 이분형의 패치-매트릭스(patch-matrix) 형태의 구조는 연결성 계산의 효율성을 높이기 위한 그래프 근사 방법으로 링크 간에 교차를 허용하지 않는 최소평면그래프(minimum planar graph)를 적용하였다(Fall et al., 2007; 강완모 외, 2019). 또한 1,000ha 이상의 국토환경성평가 1등급의 산림녹지를 노드로 설정하여 각 패치를 8-이웃 규칙(8-neighbor rule)에 따라 정의한 후 확률 연결성 모델에 의한 연결성 확률지수를 활용하여 노드와 링크의 중요도를 계산하여 네트워크 군집 구조를 도출하였다.

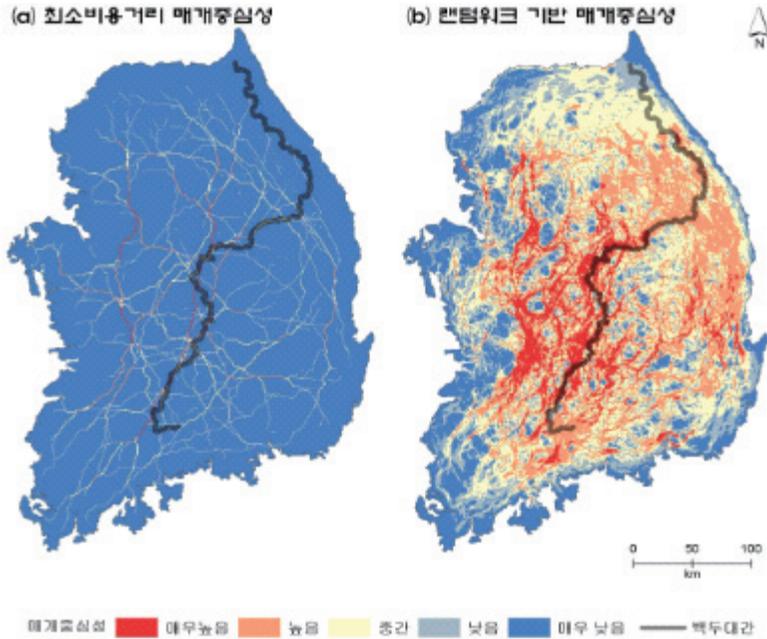
〈그림 2-18〉 패치 기반 네트워크 모형의 노드와 링크의 비용거리 및 중요도



자료 : 강완모 외(2019)

복잡한(complex) 경관 패턴을 정교하게 분석하기 위해 래스터 자료의 픽셀과 유사한 육각형들(hexagons)로 구성된 평면 격자(regular lattice)로 분석하는 비-패치 기반의 네트워크 모형이 개발되기도 하였다(Carroll et al., 2012; 강완모 외, 2019). 비-패치 기반의 네트워크 분석은 경관 파편화에 안정적인 면적을 고려하여 50ha의 육각형으로 구성된 격자 모형을 적용하여 각 육각형을 노드로 분석하였다(강완모 외, 2019). 각 육각형 노드 쌍 간에 최소 비용거리를 구하고 최소비용거리 매개중심성(betweenness centrality)을 도출하였고, 다양한 대안경로를 고려하는 랜덤워크 기반 매개중심성을 통해 노드의 중요도를 산출하여 종합적으로 연결성을 파악하였다(Carroll et al., 2012; 강완모 외, 2019).

〈그림 2-19〉 비-패치 기반 네트워크 모형의 최소비용거리 및 랜덤워크 기반의 매개중심성



자료 : 강완모 외(2019)

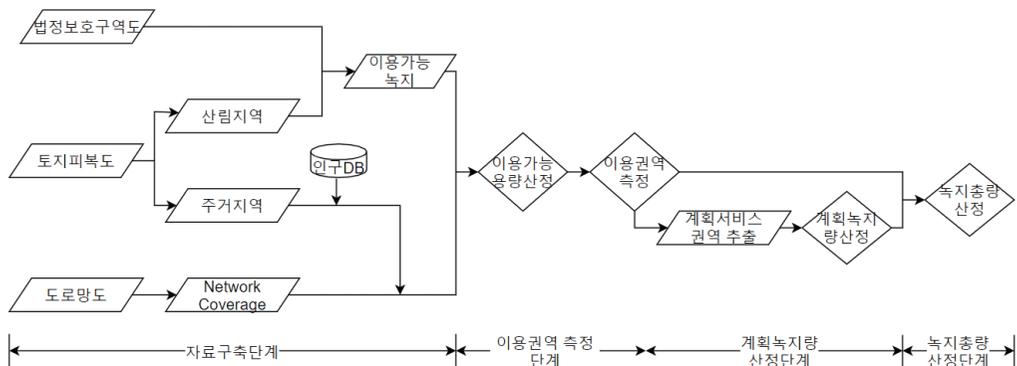
네트워크 상의 중요 패치, 링크, 핵심 및 여러 경관생태축 경로를 효율적으로 도출한 결과, 강원도와 DMZ 일대를 커버하는 지역과 백두대간 소백산 일대인 덕유산 국립공원과 지리산 국립공원 등을 포함하는 지역이 국내 육상경관의 핵심지역임을 확인할 수 있었으며 전체 네트워크는 모듈성을 기준으로 5개 군집의 광역 네트워크로 구성됨을 확인하였다(강완모 외, 2019). 또한 백두대간과 인접하거나 주변에 위치한 한반도 핵심 생태축뿐만 아니라 그 외의 주요 경관생태축과 대안 경로들을 확인하여 네트워크 관점에서 회복력 있는 토지이용 및 도시 디자인, 국토·환경계획의 체계적인 수립에 있어 유용하게 활용될 수 있다고 제안하였다(강완모 외, 2019).

제3절 시나리오 분석 연구 사례

1. 녹지총량 시나리오

황경수 외(2007)는 도시녹지 접근성에 기초한 녹지서비스권 분석을 통한 녹지총량모형을 구축함으로써 도시에 필요한 녹지의 위치와 녹지량을 산정하여 제시하였다. 녹지총량 모형은 녹지의 유인력(attraction)과 접근성(accessibility)에 기초하여 중력모형(gravity model)에 이론적 토대를 둔 연구로 유인력은 녹지의 규모, 위치 및 형태, 식생의 종류, 이용인구 등을 분석요인으로 서비스권역의 범위를 결정하였다. 접근성은 이용자가 어떤 위치에서 특정한 활동을 할 수 있는 기회의 정도를 의미하며 이용자와 시설간의 통행 시간 또는 거리가 지표가 된다. 자료구축단계, 녹지서비스권 측정단계, 계획녹지 설정단계, 전체 녹지총량 산정단계 등 4단계로 구분하여 녹지총량모형을 구축하였다. 모형의 구축 과정에는 중분류 토지피복도와 개별 법정보호구역도를 중첩하여 실제 분석대상 녹지를 추출하였으며 도로망도를 활용하여 네트워크 분석을 통해 가장 가까운 거리에 있는 주거지역의 인구수를 할당하여 자료를 구축하였다. 1인당 녹지면적 등의 지표를 활용하여 녹지별 이용가능량을 산정하고 해당 녹지서비스권을 분석하였고, 녹지서비스권에서 제외되는 지역을 대상으로 도로 저항값, 녹지서비스권에서 제외되는 인구에 1인당 녹지면적을 적용하여 계획녹지량을 산정 후 자료 구축단계에서 추출한 현재 녹지량과 녹지 서비스권 분석으로 산정된 계획녹지량을 합한 결과를 녹지총량으로 제시하였다(황경수 외, 2007).

〈그림 2-20〉 녹지총량모형 구축의 과정

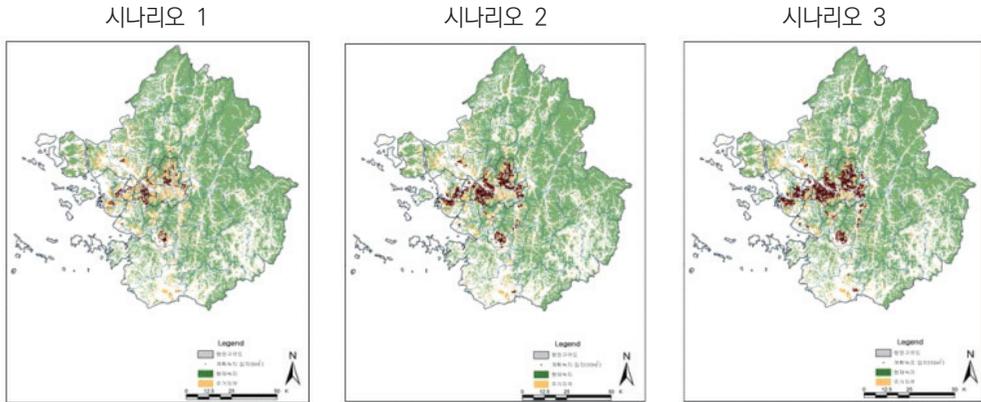


자료 : 황경수 외(2007)

녹지총량모형을 실제 적용하기 위해 수도권을 대상지로 선정하여 현재까지 구체적인 기준이 없는 인구 1인당 면적을 $6\text{m}^2/\text{인}$, $10\text{m}^2/\text{인}$, $16\text{m}^2/\text{인}$ 으로 구분하여 시나리오를 설정하였다.

시나리오별 분석 결과 각각 45.75km², 114.22km², 225.02km²의 녹지가 추가적으로 필요할 것으로 분석되었으며 시나리오와 관계없이 서울시, 인천시, 수원시, 부천시, 성남시, 안산시, 광명시, 고양시의 녹지가 부족한 것으로 나타났다(황경수 외, 2007). 연구의 결과는 향후 시·도 차원에서 녹지계획 수립 시 공급의 우선순위를 결정하는데 중요한 근거로 활용될 수 있음을 설명하였다.

〈그림 2-21〉 시나리오별 계획녹지 입지분석



자료 : 황경수 외(2007)

2. 공원조성 시나리오

황병목 외(2021)는 공원일몰제 시행을 앞두고 서울시의 미집행 도시공원을 대상으로 향후 공원 내 사유지의 토지 전용이 일어날 것으로 예상되는 지역을 경관 연결성 평가를 통해 우선 매입 대상지로 선정하고자 사유지 보전 우선순위를 평가하였다. 이를 위해 공원일몰제 시행 전과 후의 토지피복 변화와 생물의 이동능력을 반영한 4가지 경관투과성 시나리오(PB100, PB1, PA100, PA1)를 작성하여 Connectivity Analysis Toolkit의 전류흐름 매개중심성(Current flow betweenness centrality) 방식으로 경관 연결성을 계산하고 미집행공원별 전류흐름 매개중심성 순위 변화를 비교하였다(황병목 외, 2021). 매개중심성(betweenness centrality)은 경관 연결망에서 노드(Node)가 되는 서식지 간 연결시 특정 서식지를 통과하는 최단경로의 수를 계산하는 방법(Wasserman and Faust, 1994; Borgatti and Everett, 2006, 황병목 외, 2021)으로 공원일몰제 시행 전과 후의 미집행공원 내 용도변경으로 인한 도시생태계 경관 연결성 변화를 매개중심성을 통해 분석하였다. 시나리오는 PB(Permeability Before)와 PA(Permeability After)로 나누어 공원일몰제 시행 전 시나리오는 한강을 중심

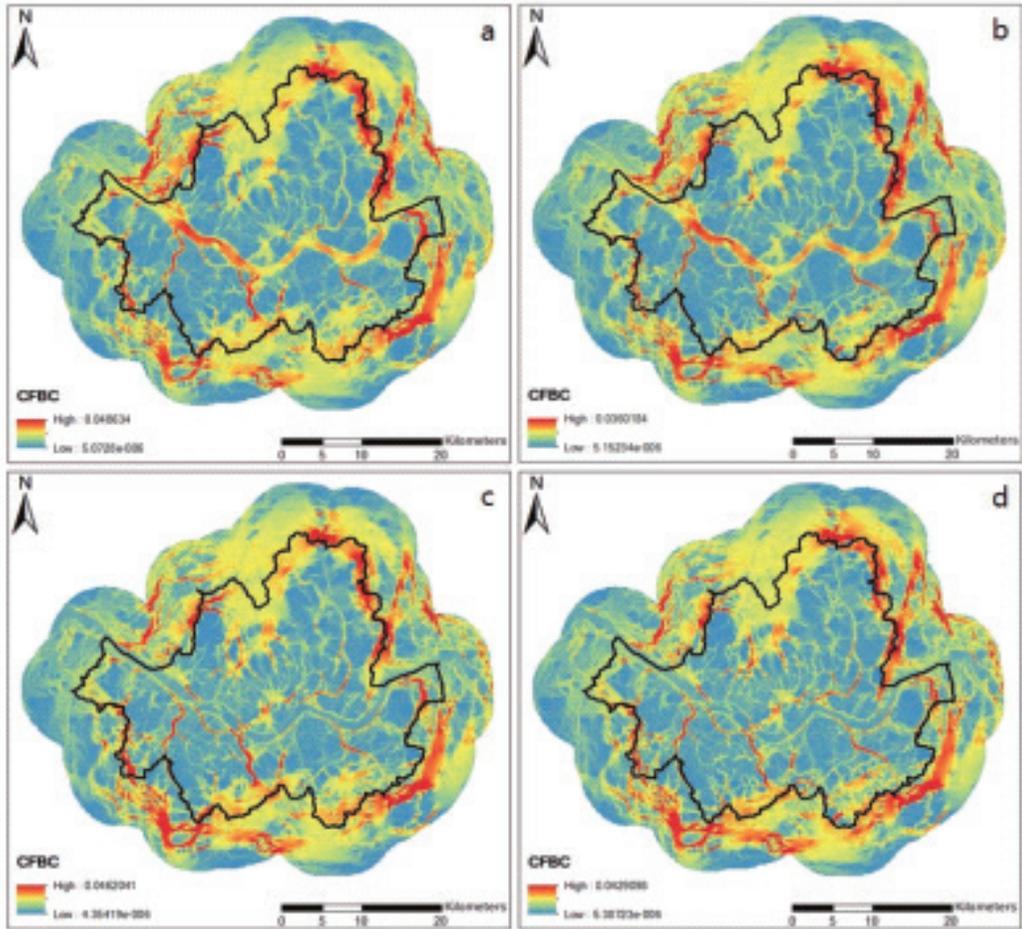
으로 수역의 서식지와 이동통로를 이용할 수 있는 생물을 대상으로 경관투과성 100(‘수역’×‘1등급’)을 할당한 PB100 시나리오와 중대형 포유류 및 기타 동·식물 등 한강을 통해 이동하기 어려운 종들을 고려하여 한강에 시가화 지역과 동일한 경관 투과성 계수(1)를 적용한 PB1 시나리오로 구분하였다. 또한, 공원일몰제 시행 후 시나리오는 전과 동일한 계수를 적용하여 PA100, PA1로 구분하여 설정하였다.

〈표 2-5〉 시나리오 유형 구분

시나리오	구분	대상 생물종	경관투과성 계수 적용
PB100	공원일몰제 시행 전	한강을 중심으로 수역의 서식지 및 이동통로 이용 생물종	100(‘수역’×‘1등급’)
PB1	공원일몰제 시행 전	한강을 통해 이동하기 어려운 중대형 포유류 및 기타 동·식물종	1
PA100	공원일몰제 시행 후	한강을 중심으로 수역의 서식지 및 이동통로 이용 생물종	100(‘수역’×‘1등급’)
PA1	공원일몰제 시행 후	한강을 통해 이동하기 어려운 중대형 포유류 및 기타 동·식물종	1

미집행공원 내 사유지가 공원일몰제 시행 이후 시가화 건조지역으로 전환되는 극단적인 상황으로 설정하였을 때, P100, P1 시나리오 모두 공원일몰제 시행 이후 서울시 행정구역의 전류흐름 매개중심성은 감소하는 것으로 나타났다. P100과 P1 시나리오를 통해 너비가 넓은 수역이 도시경관에 존재할 때 경관 연결성의 차이가 있으며, 전류흐름 매개중심성은 공원일몰제 시행 이후 모두 감소하는 것으로 나타났다. 황병목 외(2021)는 시나리오 결과를 적용하여 전류흐름 매개중심성이 크게 감소한 공원을 우선매입대상지로 선정하여 전략적인 매입을 통해 경관 연결성을 유지하는 동시에 도시공원의 다양한 환경·생태·문화적 기능을 반영한 매입 계획 수립이 필요하다고 제안하고 있다(황병목 외, 2021).

〈그림 2-22〉 시나리오별 전류흐름 매개중심성 분포

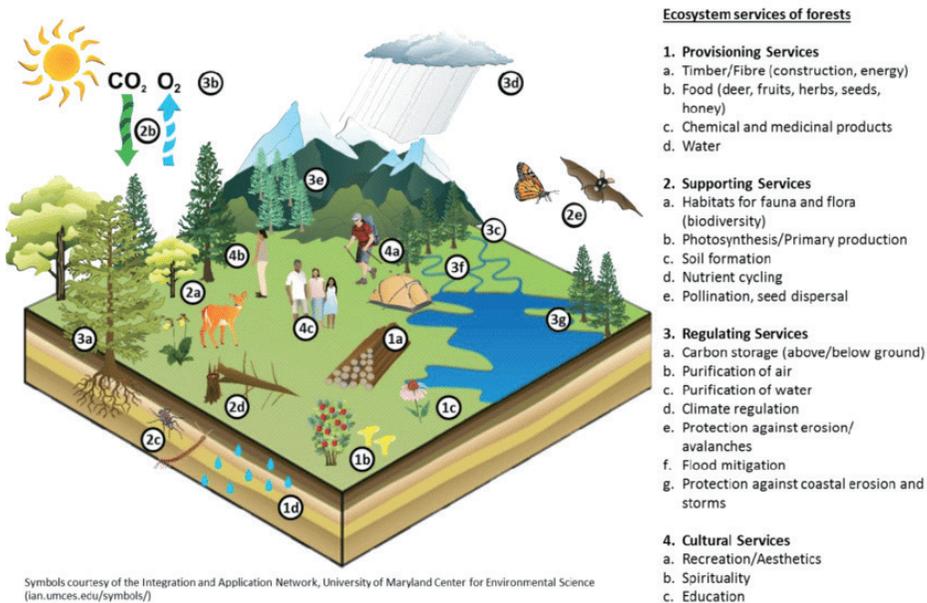


자료 : 황병목 외(2021)

제4절 소결

그린인프라는 인간의 활동과 생태계에 복합적이고 다양한 역할을 한다. 그린인프라는 생태계 건강과 회복력을 증진하고 생물다양성 보전에 기여하며, 지원·조절·공급·문화 등 생태계 서비스 제공을 촉진함으로써 인간에게 이익을 주는 생태 및 공간 개념으로 인식되고 있다 (EEA, 2014). 그린인프라의 유지, 연결 및 강화는 건강한 생태계와 반자연 지역의 네트워크가 일관되고 다기능적인 자원으로 관리되도록 한다. 또한, 생태계가 계속해서 생물다양성을 육성하고, 깨끗한 공기와 물, 홍수 예방, 작물 수분, 탄소 저장, 건강 및 웰빙 개선과 같은 다양한 서비스를 제공할 수 있도록 돕는다. 이를 위해서는 국가와 지역 수준에서 균형 잡힌 보호, 지속가능한 발전을 위해 그린인프라 네트워크의 연결성을 강화하는 것이 필요하다.

〈그림 2-23〉 생태계 서비스의 상호작용



자료 : Holzwarth et al.(2020)

그린인프라의 연결성을 분석하기에 앞서 FRAGSTATS를 활용한 생활권 녹지 연결성 평가, 육각형 그리드의 최소비용경로를 분석한 도시영향지역 내 그린인프라 연결성 평가, 핵심지역 및 생태축 도출을 위해 최소평면그래프 및 매개중심성을 분석한 핵심지역 및 생태축 연결성 평가 등 다양한 기법을 통한 연결성 분석 사례를 살펴보았다. 분석의 방법론은 다양하나 기초적인 분석 기법은 노드와 링크로 구분되는 그래프이론에 기반한 최소비용경로 분석을 활용하고 있는 것을 알 수 있었다.

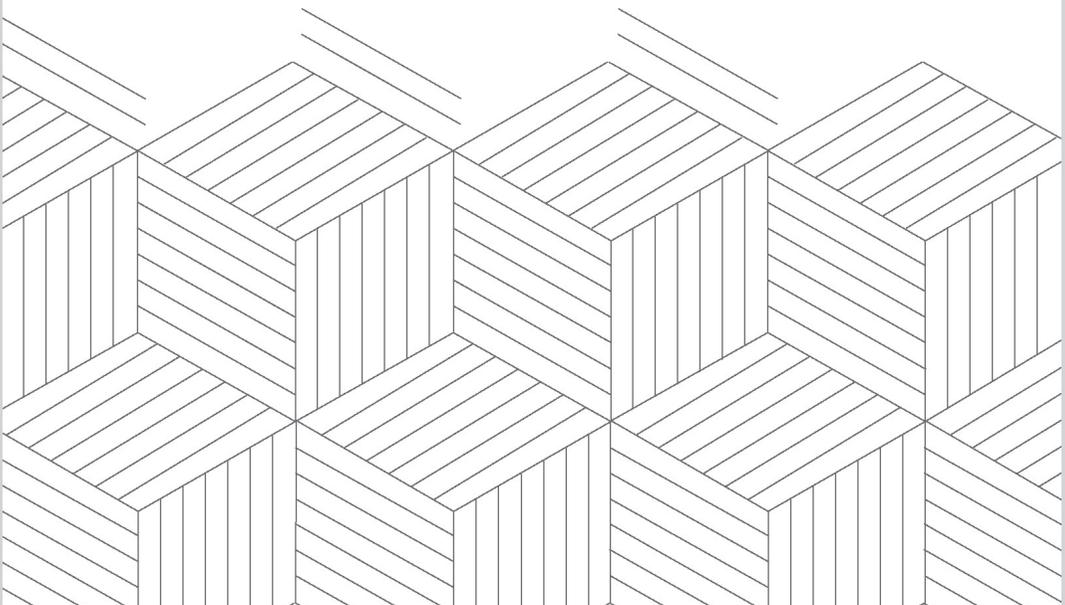
〈표 2-6〉 그린인프라 구축을 위한 최소비용경로 분석

분석 방법	내용	구조	구성	공간 자료	비고
FRAGTSTATS	생활권 녹지 연결성 평가	패치 기반	경관지수 산출	항공사진, 연속수치지형도	최희준 외(2017)
최소비용경로 (LCP)	도시 영향지역 내 그린인프라 연결성 평가	이분형(binary)의 패치 매트릭스 형태	패치의 저항값에 따른 최소비용경로(링크)	토지피복도, 지역 인구분포	Rusche et al..(2019)
최소평면그래프 및 매개중심성 분석	핵심지역 및 생태축 도출을 위한 연결성 평가	패치 및 비-패치 기반	노드: 서식지 등의 패치 링크 : 야생동물의 이동 또는 유전자 흐름	토지피복도, 국토환경성평가지도	강완모 외(2019)

앞선 수원시 녹지축 분석 연구에서는 전반적인 생태적 흐름을 분석할 수 있는 기법을 도입하기 위해 물의 흐름을 분석하는 기법인 SWAT 모형으로 NDMI를 분석하였다. 지난 연구를 바탕으로 녹지를 추가로 조성했을 때의 녹지축과 도시녹지의 연결 강도 변화를 확인하기 위해서는 패치 기반의 네트워크 모형을 구축하여 도시녹지의 유형별 시나리오를 적용하는 것이 필요하다. 시나리오 계획 접근 방식은 지역 및 지역 규모의 연결성에 대한 토지 사용 변경의 잠재적 영향을 고려하는데 유용할 수 있다(Lechner et al., 2015). 토지 사용 변화는 패치의 수나 크기를 변형하여 연결성에 긍정적 또는 부정적 영향을 미칠 수 있으며 토지피복 유형 변경(예 : 방목지를 도시로 전환) 또는 흩어져 있는 나무와 같은 구조적 연결에 중요한 요소를 추가 또는 제거하여 분산 비용을 변경한다. 또한, 녹지축과 도시녹지의 연결성 분석은 토지피복, 지가, 연결가능성 등을 검토하여 정량화가 가능한 분석기법을 도입해야 한다. 따라서 각각의 패치가 갖고 있는 저항값에 따라 경로를 설정하고 각각의 경로의 따른 비용 산출이 가능한 최소비용경로 시나리오 분석이 필요하다.

제3장 녹지축-도시녹지 연결 및 시나리오 설정

- 제1절 녹지축-도시녹지 연결지점 도출
- 제2절 녹지축-도시녹지 연결 목포 및 방향
- 제3절 도시녹지 조성 가능지역 분석
- 제4절 대상지 선정 및 시나리오 유형별 현황



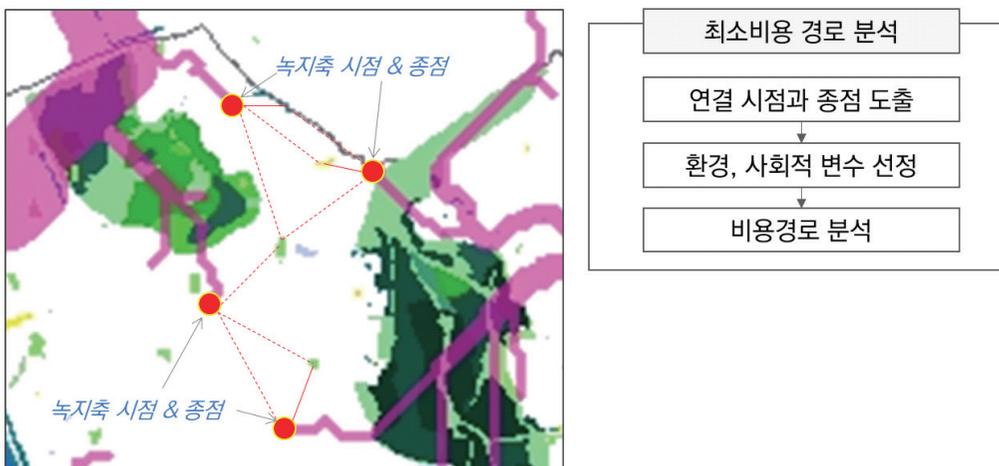
제3장 녹지축-도시녹지 연결 및 시나리오 설정

제1절 녹지축-도시녹지 연결지점 도출

1. 최소비용경로 분석을 통한 연결지점 도출

NDMI와 SWAT 모형을 통해 도출된 수원시 녹지축과 기존 도시녹지와 연결성을 분석하기 위해 최소비용경로를 사용하였다. 분석을 위해 우선적으로 네트워크의 연결 지점 및 시작 지점을 찾고 목표지점인 핵심지역(중점)을 구분하는 것이 필요하다. 본 연구의 최소비용경로 분석은 앞서 수행한 「공간생태학적 특성을 고려한 수원시 그린인프라 구축기법 연구」에서 도출된 수원시 생태축에 기초하여 연결지점 및 시작지점, 목표지점(중점)을 찾고, 시점과 중점 사이의 환경적·사회적 변수를 반영하여 연결의 비용 및 최소비용 경로를 도출하였다.

〈그림 3-1〉 녹지축-도시녹지 연결성 분석 방법

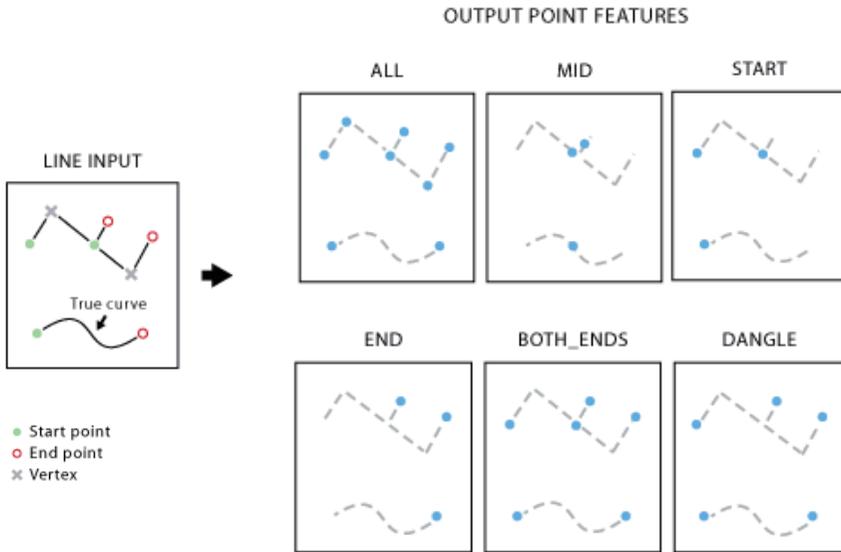


수원시 내부의 줄기를 그룹화한 후 모든 줄기의 각 외곽 지점(Dangle vertex)를 도출하였으며, 연결지점은 다음과 같은 기준을 통해 산정하였다.

- 가장 가까운 지점으로 연결
- 상위 줄기에 다시 연결되지 않음 / 기준의 그룹에 연결되지 않음
- 줄기의 외곽 지점을 우선적으로 연결

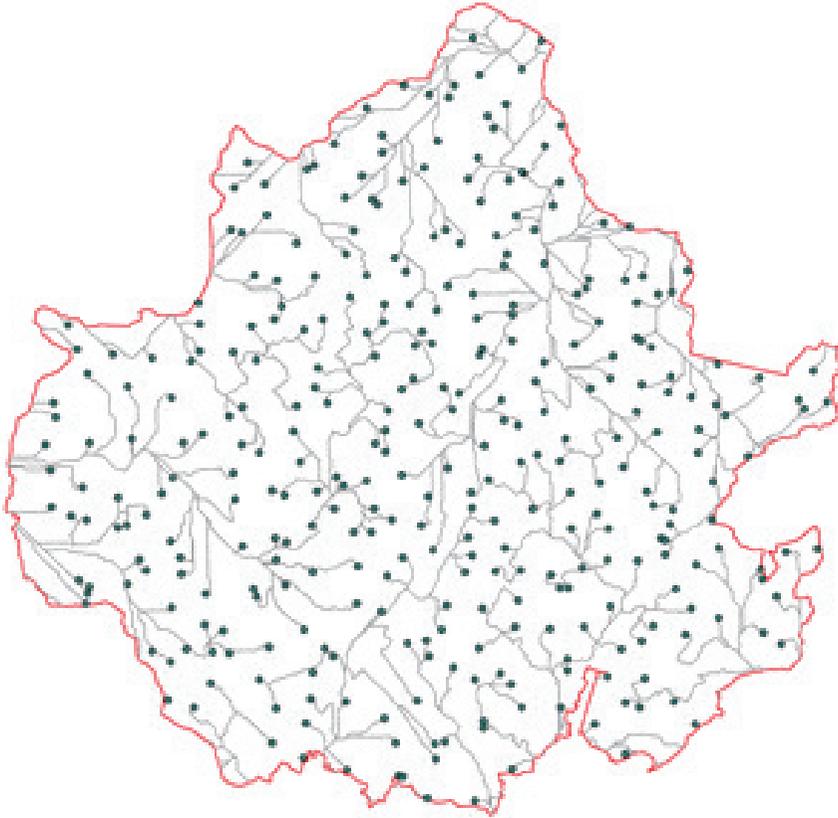
도출된 모든 지점에 대해서 자기 자신과 속해져 있는 그룹을 제외한 나머지 지점 중 가장 가까운 지점을 도출하며 최근접 지점을 직선으로 연결하여, 연결된 직선이 1개 이하인 지점은 제외하였다. 연결된 직선이 2개 이상인 경우, 서로 연결되었거나 두 지점에 가장 가까운 지점을 중요한 연결 지점으로 판단이 가능하다. 이를 통해 도출된 지점을 시점으로 연결되는 직선의 반대를 종점으로 설정하여 최소비용경로를 분석하였다.

〈그림 3-2〉 외곽 지점(Dangle vertex) 추출 과정



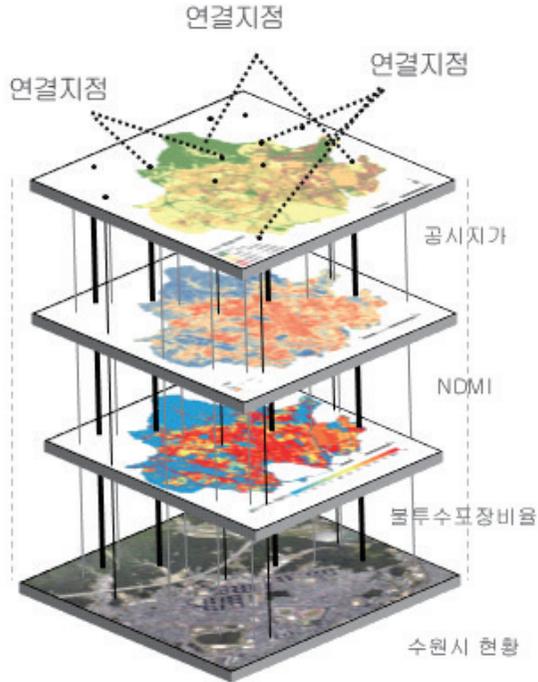
분석에는 ArcGIS pro desktop 버전을 사용하였고, 알고리즘 처리를 위해 스크립트 코드를 작성하여 Model builder를 사용하여 모델을 구축하였다. 분석의 편의성을 위해 세부 줄기를 단순화하여 모델링을 수정하였다.

〈그림 3-3〉 수원시 녹지축 줄기의 외곽점(Dangle vertex) 추출 현황



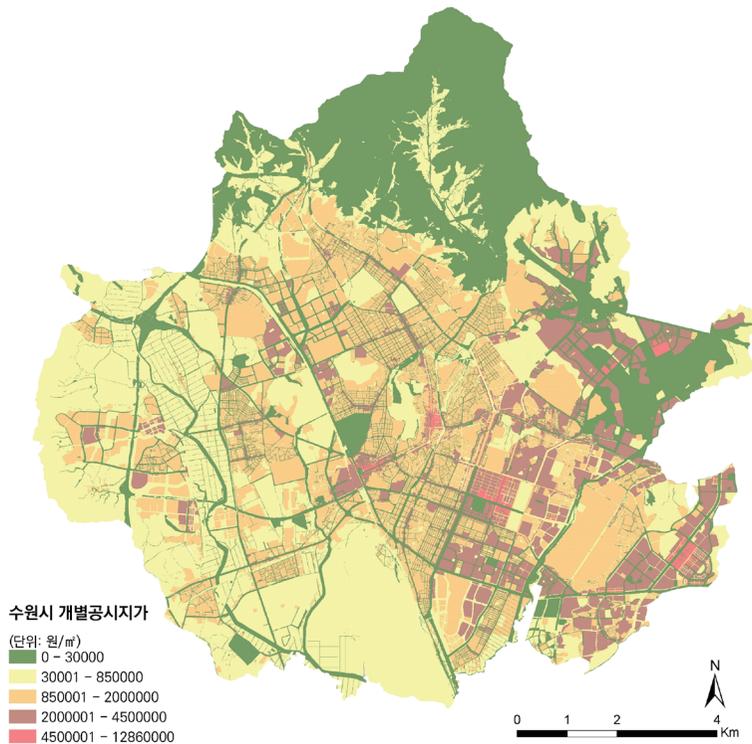
생태네트워크에서 최소비용경로분석의 결과가 의미하는 것은 서식녹지 내 어떠한 종이 다른 서식지로 움직이기 위해 소모되는 비용을 계산하는 것을 의미한다(Singleton et al., 2002, 오규식 외, 2009). 즉 최소비용경로 분석에서는 대상지의 경관특성이 고려된 저항값을 산정하여 소모되는 비용을 계산해야 한다. 본 연구에서는 비용요인으로 수원시 개별공시지가 사회적 변수로 선정하였으며, 환경적 변수로는 불투수율, NDMI를 활용하였다.

〈그림 3-4〉 비용요인 적용 모식도



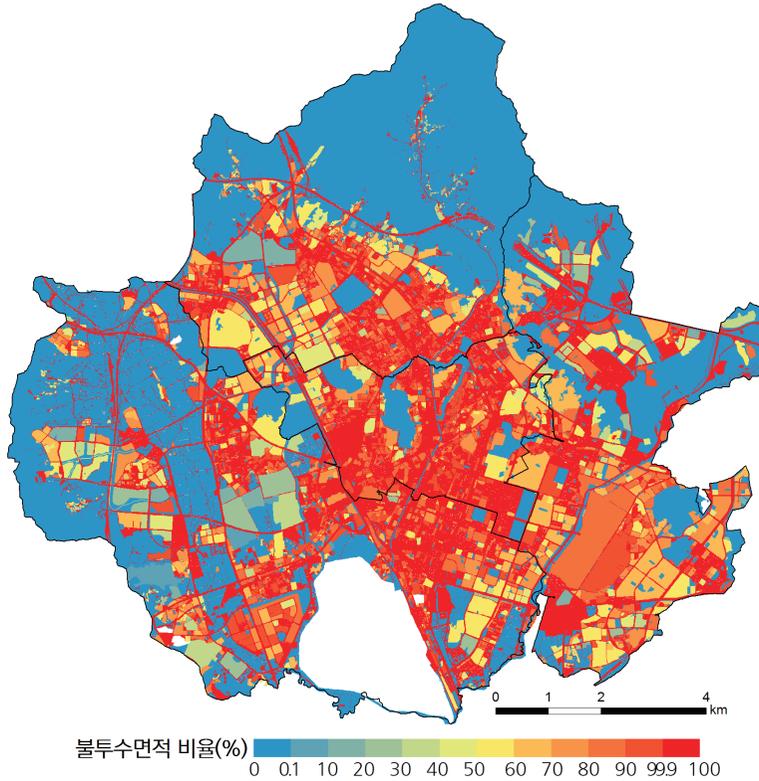
도시 지역에 새로운 녹지 공간을 조성하기 위해서는 생태적인 고려가 무엇보다 중요하지만 현실적으로 조성에 소요되는 비용을 무시하기 어렵다. 조성이 계획된 지역의 지가가 너무 높으면 시공비용 외에 조성사업에 소요되는 비용이 너무 많아지게 되어 사업 자체가 이루어지기 힘들기 때문이다. 임용호와 엄정섭(2007)은 도시하천의 복원경로를 추적하기 위한 영향요인으로 고도, 토지이용상태, 지가를 고려하여 모형을 구축하였다. 지가는 도시화가 된 상태에서 사라진 하천을 복원할 때 매우 중요하게 고려되는 사항으로 복원에 소요되는 비용이 너무 많으면 복원하기 어려운 분제가 있기 때문에 하천을 복원할 때 지가는 반드시 고려되어야 한다고 설명한다(임용호와 엄정섭, 2007). 따라서 녹지축과 도시녹지 연결성을 향상하기 위해 녹지 조성을 위한 매입 등에 영향을 줄 수 있는 개별공시지가를 사회적 변수로 선정하여 공시지가가 높을수록 경로 비용이 높은 것으로 판단하였다.

〈그림 3-5〉 수원시 공시지가 현황



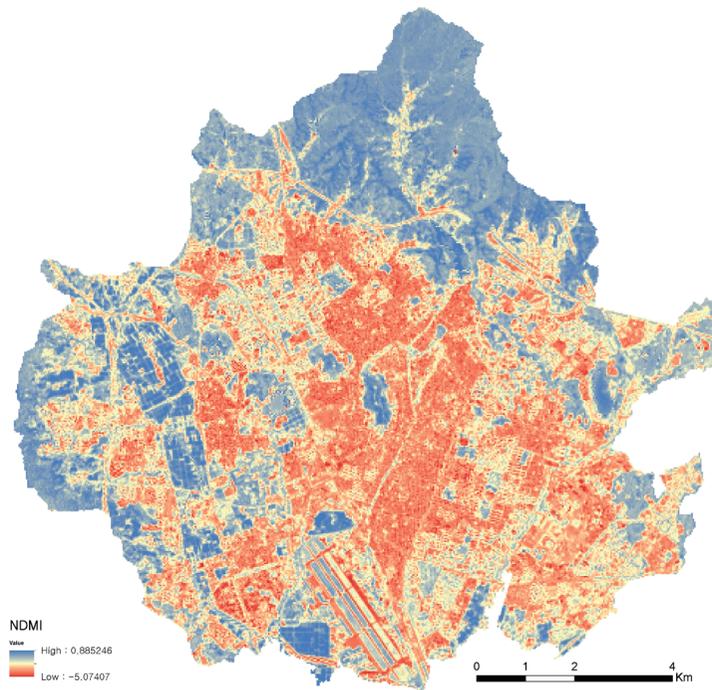
기존의 생태 환경의 영향을 고려하기 위해 환경적 변수로는 불투수율과 NDMI를 활용하였다. 불투수면은 빗물이 투과하지 못하는 자연지반이 아닌 지역을 의미한다. 무분별한 도시화 및 산업화로 도시의 불투수 면적은 증가하고 있으나 불투수면은 도시 미기후, 수자원 관리, 토양, 동·식물 등 생태적으로 다양한 측면에서 부정적인 영향을 준다. 일반적으로 도시화 과정에서 형성되는 불투수면은 주로 도로(Drive way), 인도(Sidewalk), 주차장(Parking lot), 건물의 지붕(Roof) 등의 형태로 나타나며 불투수면의 증가는 유출계수를 증가시켜 강수의 침투량 및 지하 수위를 감소시켜 홍수피해를 증가시키고, 갈수기에는 하천의 건천화를 유발하여 수생태계를 악화시킨다(박형석 외, 2015). 따라서 도시에서 불투수면적을 파악할 수 있는 불투수율은 생태적 건강성의 지표로 활용되며, 도시생태현황지도 제작 시 바이오톱의 자연성을 평가하는 기준이 된다. 최진영 외(2010)은 불투수율을 유역의 건전성을 나타내는 중요한 지표로 보고 불투수면을 나타내는 시가지지역과 투수면을 나타내는 산림지역을 대상으로 지역의 경관을 정량적으로 분석하였다. 그 결과, 불투수율이 높은 지역의 산림 파편화 그렇지 않은 지역에 비해 높은 파편화를 보여 불투수면 관리에 대한 중요성을 언급하였다.

〈그림 3-6〉 수원시 불투수면적 비율 분포도



기존 녹지체계와의 연결성을 파악하기 위해 정규식생수분지수(Normalized Difference Moisture Index, NDMI) 자료를 활용하였다. NDMI는 근적외선(NIR) 및 단파 적외선(SWIR) 채널을 활용하는 위성 데이터에서 파생된 지수이다. 단파 적외선의 반사율은 식생 수분 함량과 식생 캐노피의 해면질 엷육 구조 모두의 변화를 반영하는 반면, 근적외선 반사율은 수분 함량이 아닌 잎 내부의 구조와 건조 물질 함량에 의해 영향을 받는다. 근적외선과 단파 적외선의 조합은 잎 내부 구조 및 잎의 건조물질 함량에 의해 유발된 변동을 제거하여 식생 수분 함량 예측의 정확도를 향상시켜 NDMI는 토양수분 함량과 식생 수관을 반영하는 토양 수분 수준에 대한 정보를 얻는데 사용할 수 있다(Indrawati & Rachmawati, 2020). Cisneros-Araujo et al.(2021)은 야생 동물의 서식지 보존 및 연결을 위한 우선순위를 설정하기 위해 Sentinel-1, Sentinel-2의 위성 이미지를 사용하여 경관의 연결성을 파악하였다. 연구 결과 Sentinel-2 데이터와 NDVI 및 NDMI 등 파생된 지수는 식생 분류 및 산림 유형의 분류에 핵심적인 역할을 하는 것으로 파악하였다.

〈그림 3-7〉 수원시 NDMI

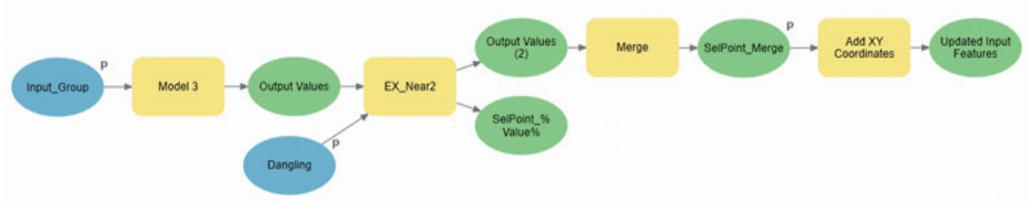


환경적 비용 변수로 선정한 불투수율은 수원시 도시생태현황도(2019) 자료를 활용하였으며, 불투수율이 높을수록 비용이 높은 것으로 판단하였다. 또한, NDMI는 Landsat8/OLI 센서에 의해 촬영된 영상으로부터 추출하였다. NDMI는 값이 클수록 이동에 드는 비용이 낮은 것으로 판단하여 분석하였다. 사용한 변수들의 해상도는 30mX30m로 진행하였으며 분석에는 ArcGIS pro desktop 버전의 Model builder를 사용하여 모델을 구축하였다.

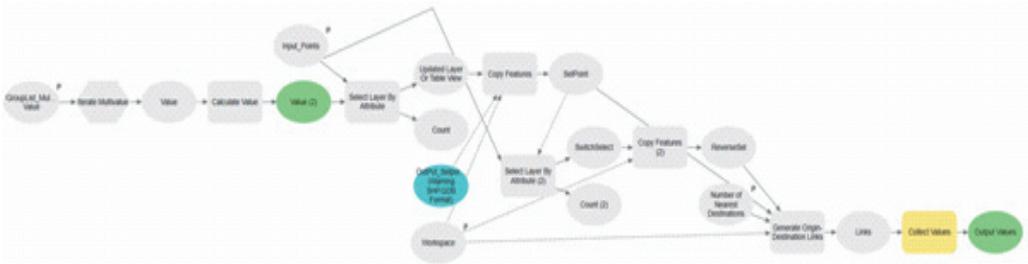
〈표 3-1〉 최소비용경로 분석 비용요인

비용요인	비용 산정 방향	자료 출처
공시지가	공시지가가 높을수록 비용이 높음	2019 공시지가
불투수율	불투수율이 높을수록 비용이 높음	도시생태현황도
NDMI	NDMI값이 클수록 비용이 낮음	Landsat8 이용 제작

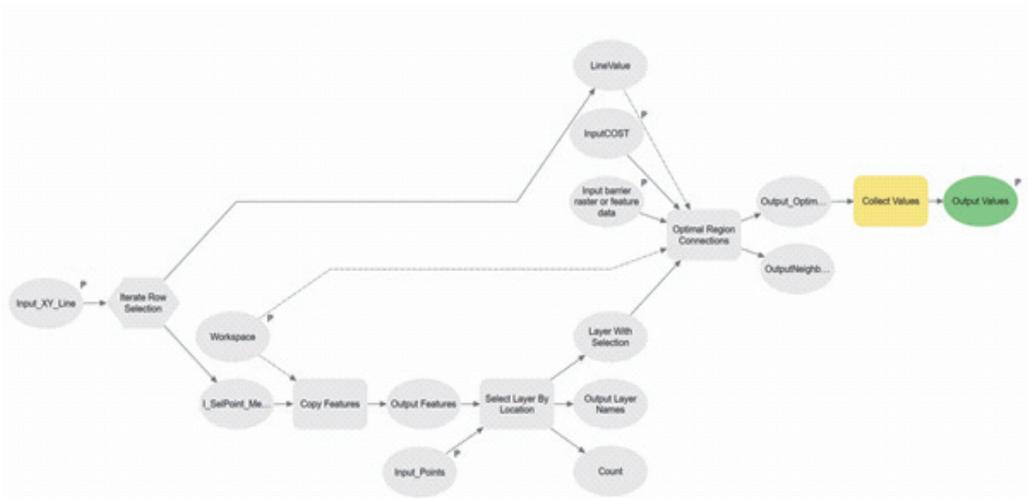
〈그림 3-8〉 각 지점별 직선 연결 모델



〈그림 3-9〉 최근접 지점 선정 모델

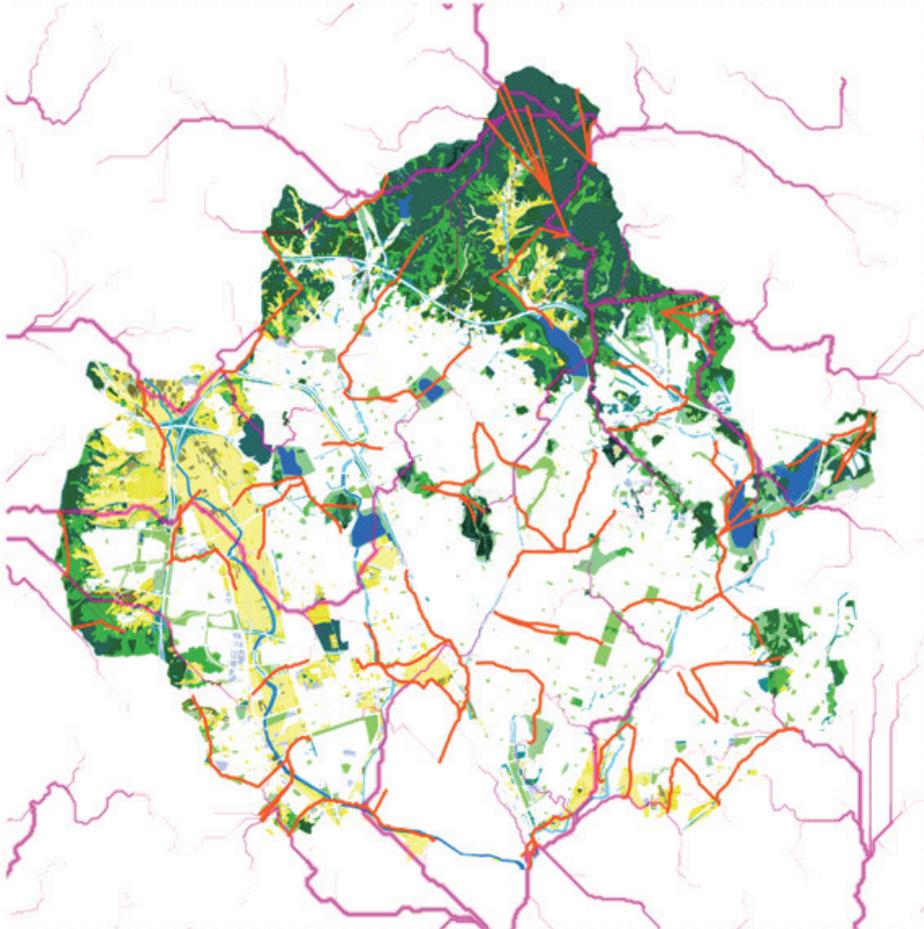


〈그림 3-10〉 시점과 종점을 연결하는 최소비용연결 모델



최소비용경로 분석 결과 최종적으로 도출된 녹지축-도시녹지 연결지점은 〈그림 3-11〉과 같다. 도출된 연결지점을 기존 수원시 녹지축과 도시생태현황도의 녹지비오톱을 중첩하여 지도화하였다. 최소비용경로를 통해 도출된 공시지가, 불투수율, NDMI의 가중치가 반영된 연결선(빨간선)을 보면 기존 녹지축(분홍선)에서 시작하여 하천, 산림지, 농경지 등을 따라 경로가 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다.

〈그림 3-11〉 녹지축-도시녹지 연결지점 도출

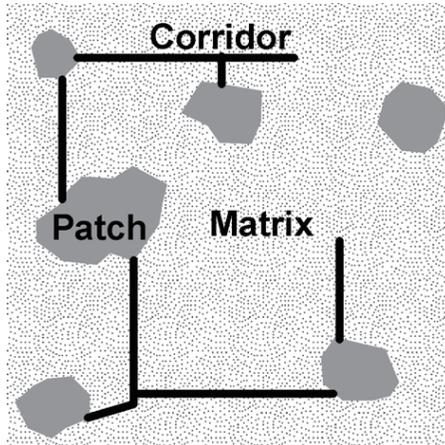


2. 시나리오 적용 방법

실증적인 녹지축-도시녹지 연결성 분석을 위해 도시녹지의 유형을 분류하여 유형별 시나리오를 적용하였다. 경관생태학에서는 경관요소를 패치(patch), 코리도(corridor), 매트릭스(matrix)로 구분하여 유형화하고 있다. 경관은 서식지 패치와 각각의 서식지 패치를 연결하는 코리도 및 생물종이 서식하기 적합하지 않은 주변 매트릭스로 구성된다(Levin, 2006). 패치-코리도-매트릭스 모델은 단순화된 개념 모델로 공간의 변수를 평가하는데 유용하다. 패치는 특정 종 또는 종의 그룹의 서식지 역할을 한다. 이러한 서식지 패치는 매트릭스로 둘러싸여 있으며, 코리도가 각각의 서식지 패치를 연결하여 서식지 사이의 종의 분산을 촉진한다(Levin, 2008). 따라서 도시녹지의 유형을 패치-코리도-매트릭스 모델에 기반하여 점, 선,

면으로 구분하고 각각의 유형별 시나리오 모델을 적용하였다.

〈그림 3-12〉 패치-코리도-매트릭스 경관모델



자료 : Levin et al.(2008)

각각의 시나리오는 기존의 도시녹지에 점적, 선적, 면적으로 구분한 도시녹지 유형을 추가로 조성했을 때 NDMI의 값이 개선되는 정도를 평가하기 위해 NDMI 값을 정규화하였다. 또한 유형별 특성을 반영하기 위해 유형별 가중치를 적용하였다. 가중치 값은 면적 유형의 경우 기존 산림지 NDMI 평균값인 0.35를 적용하였으며, 선적 유형은 조경녹지의 NDMI 평균값인 0.2를 반영하였고, 점적 유형은 0.22로 초지 NDMI 평균값을 적용하여 최종 비용을 계산하였다.

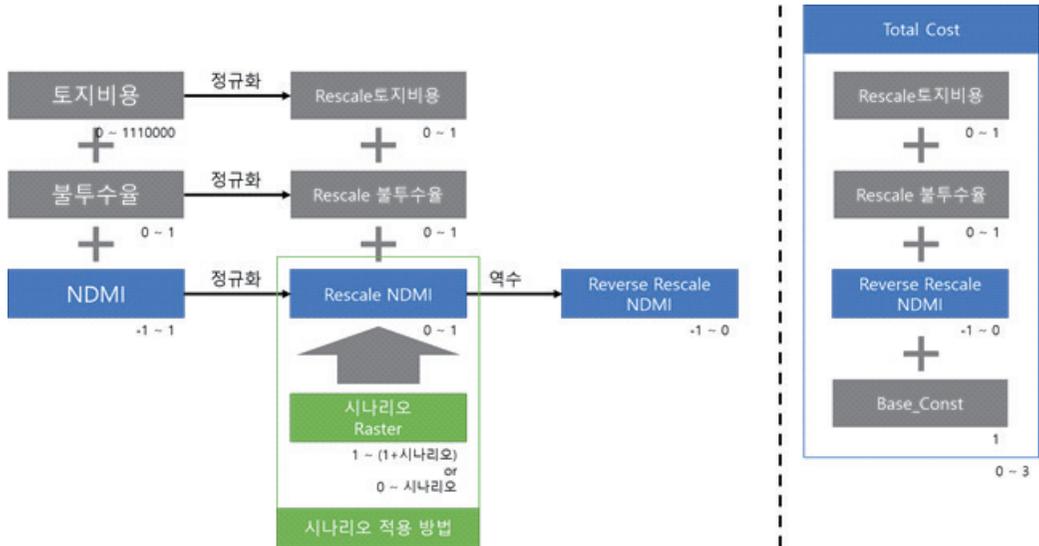
〈표 3-2〉 도시녹지 유형별 적용 가중치

도시녹지 유형	적용 녹지 유형	NDMI 평균값
면적 유형	산림지	0.35
선적 유형	조경녹지	0.2
점적 유형	초지	0.22

최종 최소용경로의 비용 계산은 0~1의 값으로 정규화된 NDMI 값에 가중치 만큼 상승한 결과를 더하는 방식으로 적용하였다.

$$\text{시나리오 계산식} : \text{시나리오NDMI} = \text{기존NDMI값} \times \text{각 유형별 가중치}$$

〈그림 3-13〉 시나리오 적용 모식도



제2절 녹지축-도시녹지 연결 목표 및 방향

1. 녹지축-도시녹지 연계 목표 설정

1) 연계 목표 설정의 법적 근거

「수원시 도시계획 조례」에는 도시기본계획 수립 시 녹지축·생태계·산림·경관 등 양호한 자연환경을 고려한 계획을 수립할 것을 기준으로 명시하고 있다. 하지만 「수원시 도시공원 및 녹지 등에 관한 조례」에는 공원의 설치에 관한 조항이 언급되지만 공원 조성 시 자연 친화적인 계획을 고려해야한다는 내용 외에는 별도의 생태적 계획에 대한 내용은 포함되어 있지 않고 있어 녹지축과 도시녹지 연결을 목표로 하는 계획을 수립할 필요가 있다.

「수원시 도시계획 조례」 제2장 도시기본계획

제10조(도시기본계획의 수립기준) 법 제19조제3항 및 영 제16조의 규정에 의하여 도시기본계획의 수립기준을 정할 때에는 다음 각 호의 사항을 종합적으로 고려하여야 한다.

1. 시의 기본적인 공간구조와 장기발전방향을 제시하는 토지이용·교통·환경·경관등에 관한 종합계획이 되도록 할 것
2. 여건변화에 탄력적으로 대응할 수 있도록 포괄적이고 개략적으로 수립하도록 할 것
3. 법 제23조의 규정에 의하여 도시기본계획을 정비할 때에는 종전의 도시기본계획의 내용 중 수정이 필요한 부분만을 발췌하여 보완함으로써 계획의 연속성이 유지되도록 할 것
4. 도시의 인구밀도, 토지이용의 특성 및 주변환경 등을 종합적으로 고려하여 지역별로 계획의 상세정도를 다르게 하되, 기반시설의 배치계획, 토지용도 등은 지역별로 서로 연계되도록 할 것
5. 부문별 계획은 법 제19조제1항제1호의 규정에 의한 도시기본계획의 방향에 부합하고 도시기본계획의 목표를 달성할 수 있는 방안을 제시함으로써 도시기본계획의 통일성과 일관성을 유지하도록 할 것
6. 도시지역 등에 위치한 개발가능 단계별로 시차를 두어 개발되도록 할 것
7. 녹지축·생태계·산림·경관 등 양호한 자연환경과 우량농지, 보전목적의 용도지역 등을 충분히 고려하여 수립하도록 할 것
8. 법 제19조제1항제8호의 경관에 관한 사항에 대하여는 필요한 경우에는 도시기본계획도서의 별책으로 작성할 수 있도록 할 것

「수원시 도시공원 및 녹지 등에 관한 조례」

제4조(공원 및 공원시설의 설치)

- ① 수원시장(이하 “시장”이라 한다)은 공원 및 공원시설을 모든 수원시민(이하 “시민”이라 한다)이 편리하게 이용할 수 있도록 개발하고 관리하여야 한다. 다만, 유료 이용시설 등 시설물의 보호를 위하여 필요하다고 인정하는 공원 및 공원시설에 대해서는 별도 이용시간을 정할 수 있다.
- ② 시장은 법 제19조 및 제21조에 따른 공원 및 공원시설의 설치에 대해 도시관리계획으로 결정된 공원단위로 조성하여야 한다. 다만, 공익을 위하여 필요한 경우에는 도시관리계획으로 결정된 공원면적의 일부에 공원 및 공원시설을 설치할 수 있다.
- ③ 공원 조성 시 자연 친화적인 계획을 고려하여야 한다. 다만, 주제공원 등 그 목적이 명확한 경우에는 예외로 한다.

수원시는 2019년 7월 도시개발과 환경보전의 지속가능한 발전과 균형을 위해 「수원시 도시계획 및 환경보전계획의 통합관리에 관한 규칙」을 제정하였다. 규칙에 따라 도시계획, 환경보전계획의 수립 절차와 내용 등을 연계해야 하며, 앞으로 도시계획을 세울 때 자연·생태·대기·수질 등 환경 가치를 더 적극적으로 고려해야 한다(수원일보, 2019.06.11.). 통합관리를 적용범위는 도시계획과 환경보전계획으로 규정하고 있으며, 통합관리사항에서는 자연생태계의 관리·보전 및 훼손된 자연생태계 복원과 체계적인 도시공간 관리 및 생태적 연계를 고려하여 계획을 수립할 것을 규정하고 있다.

「수원시 도시계획 및 환경보전계획의 통합관리에 관한 규칙」

제2조(기본이념)

- ① 통합관리에 관한 관리는 도시정책실장과 환경국장으로 하고, 상호 협의하여 대상계획 수립을 위한 전 과정에서 긴밀한 협력을 하여야 한다.
- ② 도시계획 및 환경보전계획 수립 시 중·장기적 도시여건, 환경변화 등을 고려하여 지속가능한 도시·환경 비전과 경제, 사회, 환경적 측면에서 추진 전략, 목표를 공유하고 제시하여야 한다.
- ③ 이 규칙에서 규정한 행정적 실무는 도시정책실장과 환경국장이 상호 협의하여 관리 한다.

제7조(통합관리사항)

- ① 환경국장은 환경보전계획 수립 시 물, 대기, 자연생태, 토양 등 분야별 환경현황 및 관리계획에 대한 공간환경정보를 구축하여 관계 도시계획에 활용할 수 있도록 하고, 도시정책실장은 도시계획 수립 시 환경의 질을 악화시키거나 관리계획을 방해하지 않도록 생활권 구조 설정, 개발량 조정, 토지이용계획 변경, 환경부하 분배방안 등을 적극 고려하여야 한다.
- ② 도시계획과 환경보전계획 수립 시 양 계획간 통합관리를 위해 다음 각 호의 사항을 반영하여 계획을 수립하여야 한다.

1. 자연생태계의 관리·보전 및 훼손된 자연생태계 복원
2. 체계적인 도시공간 관리 및 생태적 연계
3. 에너지 절약형 공간구조 개편 및 신·재생에너지의 사용 확대
4. 깨끗한 물 확보와 물 부족에 대비한 대응
5. 대기질 개선을 위한 대기오염물질 감축
6. 기후변화에 대응하는 온실가스 감축
7. 폐기물 배출량 감축 및 자원순환율 제고
8. 그 밖에 지속가능한 발전을 위한 도시 환경의 보전 및 개선에 관한 사항

2) 그린인프라 구축을 위한 녹지축-도시녹지 연계 목표

기후변화로 인한 생태계 교란, 생물다양성 손실 등 인류에 영향을 미치는 심각한 환경문제로 전 세계가 탄소중립을 열망하고 있다. 우리나라 또한 민·관이 협력하는 ‘2050 탄소중립위원회’를 설치하고, ‘장기 저탄소발전전략’을 수립하는 등 목표 실현을 위한 다양한 노력을 기

울이고 있다. 탄소중립 사회로의 목표를 달성하기 위해서는 그린인프라의 구축이 필요하다. 생태계는 대기에서 탄소를 제거하고 저장하는 완화하는데 기여하며, 사람들이 현재와 미래의 기후변화에 적응하는데 도움이 될 수 있는 서비스를 제공한다. 따라서 국가 및 지역적 차원의 생태계서비스 기능을 강화해야 하며, 지속가능성을 위해 생태계의 선순환 구조를 형성하는 체계 확립이 필요하다. 생태계의 선순환 구조 형성은 곧 인간의 삶을 윤택하게 하는 지름길이 될 것이다. IUCN은 “인간의 웰빙과 생물다양성 혜택을 동시에 제공하는 동시에 사회적 문제를 효과적으로 해결하는 자연 또는 변화된 생태계를 보호, 지속가능하게 관리 및 복원하기 위한 조치”를 자연기반해법(Nature Based Solution)으로 설명한다. 인간과 자연은 강력하게 연결되어 있기 때문에 환경문제를 해결하기 위한 체계 확립은 자연을 기반으로 이루어져야 한다.

〈그림 3-14〉 자연기반해법을 통한 사회문제 해결



자료 : IUCN(2020)

NDMI를 활용하여 도출한 수원시의 녹지축을 보면 북쪽의 광고산, 서쪽의 칠보산, 동쪽의 청명산 등 수원시 외곽의 산림 지역을 제외한 내부의 도시지역은 연결의 흐름이 끊어지는 지역이 많은 것을 확인 할 수 있다. 산림 지역의 큰 녹지축을 내부의 공원, 시설녹지 등의 도시녹지와 연결하기 위해서는 녹지의 체계적 조성이 필요하다. 도시 녹지 조성 시 도시계획

과의 연계성을 높이기 위해서는 녹지불평등 해소와 생태적 연결성 강화를 통한 녹지축이 유지되어야 한다. 또한, 녹지를 체계화하는 것은 녹지축 연결이라는 생태성 강화 효과도 있지만 접근성과 개방성을 증대함으로써 도시민의 여가, 생태계서비스 측면에서 중요하다. 이러한 생태성 및 생태계서비스 측면의 효과를 모두 달성하기 위해서는 대규모의 산림과 연결된 소규모의 생활권녹지가 잘 구축되어 있어야 한다. 생활권 녹지의 형태로 조성될 수 있는 정원은 도시 곳곳의 일상에서 시민들에 의해 가꾸지는 공간으로, 시민들의 여가활동을 통해 자유로운 형식과 친근한 형태, 실용성을 갖춘 공간으로 조성될 수 있다(우경숙과 서주환, 2016; 최희준 외, 2017). 생활권녹지는 시민들이 생활공간 속에서 녹지를 쉽게 체감할 수 시민체감형 녹지를 목표로 조성되어야 한다. 주민이 도시 내에서 체감하는 공원녹지는 법정공원 녹지뿐만 아니라, 일상생활에서 손쉽게 접할 수 있는 비법정녹지까지도 포함된다. 공원녹지의 법적 개념을 이해하지 못하는 주민들은 근린공원, 어린이공원, 경관녹지등의 법정 공원녹지의 이용뿐만 아니라, 집주변 공터, 하천변, 산림, 경사지 등을 공원녹지로 인식하며 실질적으로 이용하고 있다(이영대, 1997; 김수봉, 1997; 성현찬, 1999; 김희우, 2007; 심준영 외, 2010; 박청인, 2010). 따라서 녹지축-도시녹지 연결성 확보는 생태성 증진뿐만 아니라 시민들이 생활공간 속에서 녹지를 체감할 수 있는 옥상녹화, 벽면녹화, 학교숲, 띠녹지, 공터의 자투리녹화, 도시텃밭 등의 소규모 도시녹지를 녹지축과 연결될 수 있는 적절한 위치에 배치하는 체계적인 조성을 통해 이루어져야 한다.

〈그림 3-15〉 녹지축-도시녹지 연계 목표



2. 녹지축-도시녹지 연계 방향 설정

생태계서비스 증진을 위한 시민체감형 그린인프라 구축의 목표를 달성하기 위해서는 옥상 녹화, 벽면녹화, 학교숲, 띠녹지 등 도시민이 거주하는 지역 주변에 위치하여 도보로 접근 가능한 생활권녹지를 체계적으로 조성해야 한다. 이를 위해 먼저 생활권 녹지의 유형을 구분하고 녹지 유형별 현황 파악과 녹지축과 연결될 수 있는 적절한 배치가 필요하다. 따라서 경관생태학적 측면에서 구분한 점적, 선적, 면적 유형을 바탕으로 각각의 유형별 세부 요소를 체계화 하였다. 전승훈(2003)은 도시생태계 네트워크 구축을 위한 경관요소를 핵, 거점, 점, 선통로로 구분하고 기능과 구조, 이동요소, 도시 내 생태계 유형과의 관계를 체계화하였다. 유형에 따른 도시 내 생태계 요소를 살펴보면 핵은 산림 및 생태공원과 같은 대규 녹지로 구분하고, 도시공원, 저수지 등의 중·소규모의 녹지는 거점으로 설명한다. 또한 점적 요소는 소규모 면적의 옥상, 대지안 녹지 등으로 선적 요소는 가로수, 하천 등 선형의 녹지로 구분하였다.

〈표 3-3〉 도시생태계 네트워크의 구성요소

요소	기능	구조	이동요소	도시 내 생태계
핵	생물다양성 부양 물질 및 에너지의 순환 생물종의 저장 및 공급원	대규모 넓이와 높이	생물종(대형) 유전자 물질	산림(숲) 생태공원
거점	생물종의 휴식처 소형생물종의 서식지 도시민 보건 휴양	중·소규모 넓이와 높이	생물종(중형) 유전자	도시공원 저수지/연못
점	생물종 휴식처 미세서식처	소규모 면적	생물종(소형)	옥상, 대지안 녹지
선통로	구성요소의 연결 생물종의 이동통로 생물서식처	선형 폭과 너비	생물종 유전자 물질(하천)	가로수 하천

자료 : 전승훈(2003)

도시는 인구집중, 건축물 과밀화, 토지의 사유재산권 강화 등으로 녹지 확보의 어려움을 겪고 있다. 각종 개발사업이 활발하게 진행되고 있어 추가적인 녹지 조성에 어려움이 따르는 도시지역에서 녹지를 효율적으로 확충하기 위해서는 녹지로 활용할 수 있는 공간을 확보하고 이를 체계적으로 구축하여 단절된 녹지축의 연결성을 강화해야 한다. 도시지역 내에서 녹지로 활용할 수 있는 공간은 빈집, 도시 유휴지, 건축물의 옥상 등으로 비용과 노력을 상대적으로 적게 들이면서 녹지로의 전환이 용이할 수 있다.

면적 유형의 도시녹지는 빈집, 신규공원, 도시 유휴지로 구분할 수 있다. 빈집은 지역 내

방치된 공간으로 도시 곳곳에 위치하고 있으며, 중·소규모의 생물 서식처로 역할이 가능하며 최근 빈집을 활용한 다양한 녹화사업이 추진되고 있다. 또한, 수원시는 장기미집행으로 해제되는 공원녹지를 보완하기 위해 21개소의 공원을 확충할 계획에 있어 이를 활용한 녹지축 시나리오 분석이 가능하다. 도시 유휴지는 도시 내의 유휴지는 건폐되지 않고, 나지로 방치되고 있는 지역, 또는 야적장 등 지형변동 없이 임시로 물건 등을 야적한 지역(환경부, 2009)으로 구분된다. Albro(2020)은 도시 유휴지에 녹지 공간을 계획함으로써 미래의 위협에 보다 탄력적인 대응이 가능한 녹색 도시로 스스로를 재창조할 수 있다고 설명하며, ‘공터의 활기를’이라는 프로젝트를 통해 유휴지 내 공원 조성을 통한 생태적, 사회적 가치를 입증했다.

2019년 「수원시 자연환경 조사 및 도시생태현황도」에서 수원시의 도시 유휴지는 녹지비오톱 유형 내의 나지 및 폐허지로 구분한 지역이다. 도시 유휴지는 안정성, 허약 및 취약성, 다양성 평가와 자연성 평가 결과를 합산한 전체 비오톱 유형평가 결과 4등급 지역이다. 수원시 비오톱 유형평가 4등급 지역은 대부분 저층 혹은 불투수율이 낮은 지역으로 이용강도가 낮고, 서식 및 식생보전 등급이 중간 정도에 해당한다. 도시 유휴지는 자연성이 높지 않지만 불투수율이 낮고, 방치된 지역으로 녹지축과 연계하여 서식처 기능과 자연성을 회복할 수 있도록 복원 및 관리한다면 도시녹지로의 역할을 강화할 수 있을 것으로 판단된다. 선형의 녹지공간은 가로수 및 띠녹지로 구분하였다. 가로수는 기후조절효과 및 대기오염 정화효과 등을 가질 뿐 아니라 도심지 내에 녹색을 도입하고 도시경관을 구성하는 주요 요소이며, 도시녹지네트워크를 구축하는 선상 연결 녹지축으로 중요한 역할을 한다(성현찬과 민수현, 2003).

따라서 선적 유형의 녹지는 추가적인 가로수 및 띠녹지 조성을 가정하여 기존 가로수 조성 공간에 10m의 버퍼를 형성하여 지도화한 후 분석하였다. 점적 유형은 녹지 요소는 옥상녹화로 설정하였다. 옥상녹화 공간은 소형의 도시 녹지 공간으로서 도시 생물다양성 보전에 기여(Wang et al., 2017)할 수 있으며 녹지 공간 간의 연결성을 높여 이동성이 낮은 종의 커뮤니티를 연결할 수 있다(Braaker et al., 2014). 기존의 건축물을 대상으로 옥상녹화 조성이 가능한 지역을 선정하였다. 박종훈과 양병이(2010)는 옥상녹화 입지 선정을 위해 박새류의 영향권을 분석하였고, 목표종의 수직적 영향권의 범위는 6~30m이며 건축물 층수로 볼 때 2층에서 11층인 건축물의 옥상이 이 범위에 해당(박종훈과 양병이, 2010)하는 것으로 보았다. 따라서 야생조류의 영향권 범위인 6~30m 범위의 건축물을 추출하였으며, 「수원시 도시녹화 등에 관한 조례」에서 규정한 옥상녹화 지원 면적인 60㎡ 이상과 건축 인·허가 관련 의무 조경 면적인 200㎡ 이하의 건축물 중 조성 추진이 가능한 범위를 약 10%로 설정하여 60~175㎡ 규모의 옥상을 산출하였다. 마지막으로, 건축물의 용도가 옥상녹화 조성 계획 시 조성의 요구도 등 영향을 미칠 것으로 판단하여 주거, 상업, 공공시설 등으로 용도를 제한하여 최종적인 옥상녹화

가용지를 추출하였다.

본 연구에서는 수원시의 녹지축 시나리오 설정을 위해 경관 요소를 점, 선, 면으로 구분하였고, 경관요소별 도시녹지를 적용하여 녹지축-도시녹지 연결성을 평가하고 연계방안을 도출하고자 한다. 점적, 선적, 면적 요소별 도시녹지는 <표 3-4>와 같이 설정하였다.

「수원시 도시녹화 등에 관한 조례」 제6장 옥상녹화 지원

제19조 (옥상녹화 등에 대한 지원)

- ① 시장은 민간 또는 공공건축물의 소유자(관리책임자 등을 포함한다)가 옥상녹화 등을 하고자 할 경우 예산의 범위에서 보조금을 지원할 수 있다. 다만, 「주택법」제21조와 「건축법」제42조 등 건축 인·허가와 관련한 법적 의무조경의 경우에는 제외한다.
- ② 옥상녹화 등에 대한 지원대상과 범위 등 그 구체적인 기준은 시장이 정한다.

제20조 (옥상녹화 등 건축물) 시장은 옥상녹화 활성화를 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 건축물을 우선적으로 지원할 수 있다.

1. 시민이 자유롭게 출입할 수 있고 개방성이 양호한 공공의 청사나업무용 건축물
2. 병원이나 복지시설 또는 문화시설 등 공공성이 높은 건축물
3. 유치원이나 어린이집 또는 학교 등 체험 학습장으로 활용이 가능한 건축물
4. 그 밖에 옥상녹화 사업이 우선적으로 필요하다고 시장이 인정하는 건축물

제21조 (사업계획서 제출)

- ① 옥상녹화 등 사업에 참여하려는 자는 시장이 정하는 신청서를 제출하여야 한다. 이 경우 옥상녹화 면적은 60제곱미터 이상이어야 한다.
- ② 제1항 전단에 따른 사업계획을 변경하고자 하는 경우 또한 같다. 다만, 약정에 의한 경미한 내용을 변경하는 경우에는 예외로 한다.

<그림 3-16> 녹지축과 연결 가능한 도시녹지 사례



▲ 학교숲



▲ 띠녹지



▲ 공터 자투리녹화

〈표 3-4〉 시나리오 분석 유형 분류

구분	유형	도시녹지	비고
시나리오1		면 유희지, 빈집, 신규녹지 등	Albro(2019), 박종순(2020)
시나리오2		선 가로수, 띠녹지 등	성현찬과 민수현(2003), 한봉호 외(2014)
시나리오3		점 옥상녹화, 벽면녹화 등	Braaker et al.,(2014), Wang et al.(2017)
시나리오4		점+선+면 통합 유형	-

제3절 도시녹지 조성 가능지역 분석

1. 면적 유형

면적 유형은 도시녹지 중 넓은 면적으로 빈집, 신규공원 조성 대상지, 유휴지 등 면적인 녹지공간 확보가 가능한 도시녹지 조성 가능지역을 분석하였다. 분석을 위해 수집한 자료는 수원시 내부자료를 취득하여 빈집 목록, 신규공원 조성 대상지 목록을 사용하였고, 유휴지 현황은 「2019 수원시 도시생태현황도」를 활용하였다. 빈집 자료는 수원시 내부 자료를 취득하여 지도화하였다. 현재 조사된 수원시의 빈집은 총 169호로 집계되었다. 장안구 41호, 권선구, 48호, 팔달구 74호, 영통구 6호로 팔달구에 가장 많은 빈집이 존재하고 있으며, 조사된 빈집 중 116호는 쉼터, 텃밭, 마을 주차장 등으로 활용될 계획에 있으며 나머지 53호는 정비계획 제외 대상으로 조사되었다. 빈집 목록을 지도화하여 분석한 결과 <그림 3-17>과 같이 구도심인 팔달구에 집중 분포되어 있는 것을 확인할 수 있었다.

<그림 3-17> 면적 유형(빈집) 현황



〈표 3-5〉 수원시 구별 빈집 현황

구 분	빈집 수	빈집 면적(㎡)	구별 전체 면적(㎡)	전체 면적 대비 빈집 면적 비율(%)
장안구	41	9,559	33,380,703	0.03
권선구	47	83,082	47,156,078	0.18
팔달구	75	14,502	12,863,841	0.11
영통구	6	127,694	27,679,304	0.46
합 계	169	234,837	121,079,926	0.78

빈집 등급별 상태는 1~4 등급으로 구분되어 조사되었다. 1등급은 즉시 사용이 가능한 상태, 2등급은 즉시 사용은 가능하나 도장 등 일부 보수가 필요한 상태, 3등급은 일부 보수 및 출입 통제 등 안전조치 및 관리가 필요한 상태, 4등급은 구조 및 외관이 불량하며 붕괴위험이 있는 상태를 기준으로 하고 있다. 등급별 수원시의 빈집을 살펴보면 상태가 불량한 3~4등급의 빈집은 팔달구와 권선구에 많이 분포하고 있으며 가장 상태가 양호한 1등급은 장안구와 권선구에 많이 분포하고 있다.

〈표 3-6〉 수원시 구별 빈집 등급 현황

등급	장안구	권선구	팔달구	영통구	합계
1	8	9	6	1	24
2	17	10	25	5	57
3	11	14	28	-	53
4	5	15	15	-	35
합계	41	48	74	6	169

자료 : 수원시 내부자료

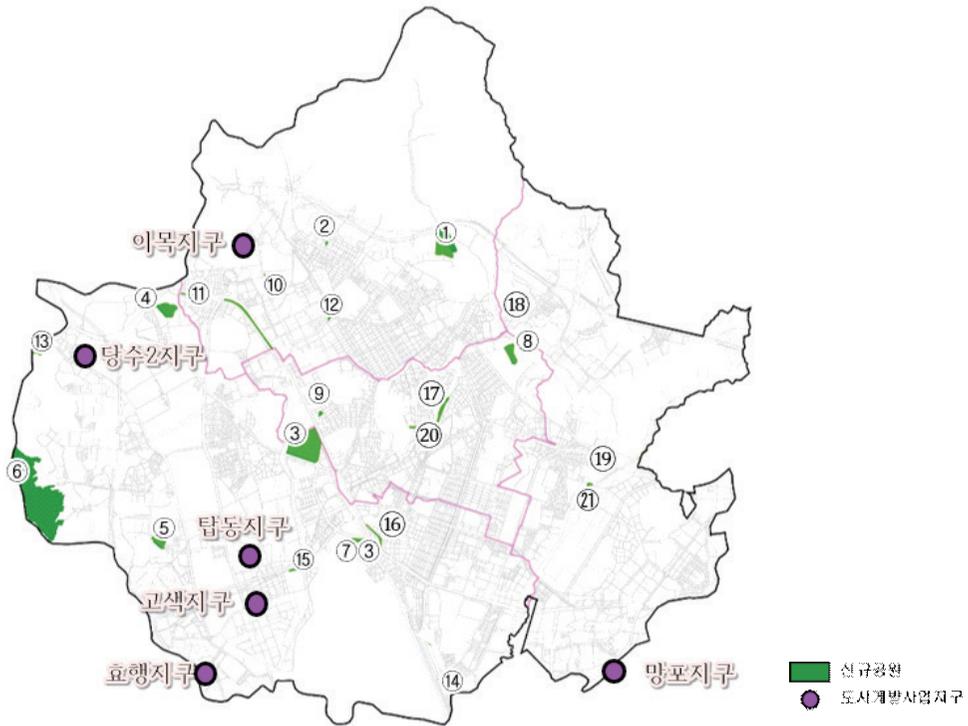
수원시는 「2030 수원시 공원녹지 기본계획」을 통해 장기미집행으로 해제되는 공원녹지를 보완하는 신규공원 확충계획을 수립하고 있다. 조성 계획에는 비재정적으로 집행이 가능한 도시개발사업 등에 의한 확충, 공원시설 결정사항, 기존공원의 연접부 국공유지 확장, 체감형 공원(자투리공원) 확충 등이 적극 반영되었다. 수원시의 신규 공원 확충 대상지는 1인당 (조성)공원면적이 낮은 지역인 장안구, 권선구, 팔달구, 영통구 순으로 우선적 고려대상이 되었다. 추진 대상지의 면적은 총 1,399,586㎡로 소공원, 근린공원, 어린이공원, 수변공원, 역사공원, 도시농업공원 등의 유형으로 21개소의 공원이 계획되어있다.

〈표 3-7〉 수원시 신규공원 확충계획

연번	공원명	유형	면적(㎡)	위치	지정사유
계			1,399,586		
①	신규1	근린공원	86,002	장안구 조원동 산6 일원	광고산 산림욕장
②	신규2	소공원	1,043	장안구 파장동 507-25 일원	민원해소
③	신규3	도시농업	271,493	권선구 서둔동 1-13 일원	서비스권 제외구역
④	신규4	근린공원	67,000	권선구 입북동 산25-1 일원	서비스권 제외구역
⑤	신규5	근린공원	25,201	권선구 호매실동 1060-15 일원	서비스권 제외구역
⑥	신규6	근린공원	798,049	권선구 호매실동 산1 일원	서비스권 제외구역
⑦	신규7	체육공원	14,773	권선구 세류동 367-3 일원	서비스권 제외구역
⑧	신규8	근린공원	43,734	팔달구 창룡대로 210번길 41 일원	서비스권 제외구역
⑨	신규9	어린이공원	2,776	팔달구 화서동 220-18 일원	지역 공원불균형 해소
⑩	신규10	수변공원	4,567	장안구 천천동 483-6 일원	녹지축 보완
⑪	신규11	소공원	8,288	장안구 율전동 318-6 일원	녹지축 보완
⑫	신규12	수변공원	4,191	장안구 정자동 897 일원	녹지축 보완
⑬	신규13	근린공원	17,294	권선구 당수동 308-1 일원	녹지축 보완
⑭	신규14	소공원	7,393	권선구 곡반정동 613-6 일원	녹지축 보완
⑮	신규15	근린공원	13,891	권선구 고색동 155-1 일원	녹지축 보완
⑯	신규16	소공원	8,717	권선구 세류동 283-1 일원	녹지축 보완
⑰	신규17	역사공원	612	팔달구 복수동 300 일원	녹지축 보완
⑱	신규18	근린공원	10,656	영통구 이의동 1088-44 일원	녹지축 보완
⑲	신규19	어린이공원	1,965	영통구 매탄동 1200-1, 1197-2	녹지축 보완
⑳	신규20	수변공원	6,790	영통구 원천동 597 일원	녹지축 보완
㉑	신규21	어린이공원	5,151	영통구 매탄동 1217-4 일원	녹지축 보완

자료 : 수원시(2021) 2030 수원시 공원녹지 기본계획

〈그림 3-18〉 수원시 신규공원 확충 계획도



자료 : 수원시(2021) 2030 수원시 공원녹지 기본계획

조성 지역은 장안구 5개소, 권선구 9개소, 팔달구 3개소, 영통구 4개소로 권선구에 가장 많은 신규공원 조성이 계획되었으며, 권선구에 271,493㎡로 가장 넓은 면적의 신규 공원 조성될 예정이다. 신규공원 확충계획은 광고산 산림욕장, 민원해소, 서비스권 제외구역, 지역 공원불균형 해소, 녹지축 보완 등의 사유로 지정되었다. 각 조성시설이 존재하는 공공녹지 및 녹지를 연계하여公園으로 지정해 녹지축을 강화할 계획으로 녹지축을 보완하기 위해 지정된 공원이 12개소로 가장 많았으며, 수원시 내부의 도심지역을 중심으로 위치하고 있다.

〈그림 3-19〉 면적 유형(신규공원 조성 대상지) 현황

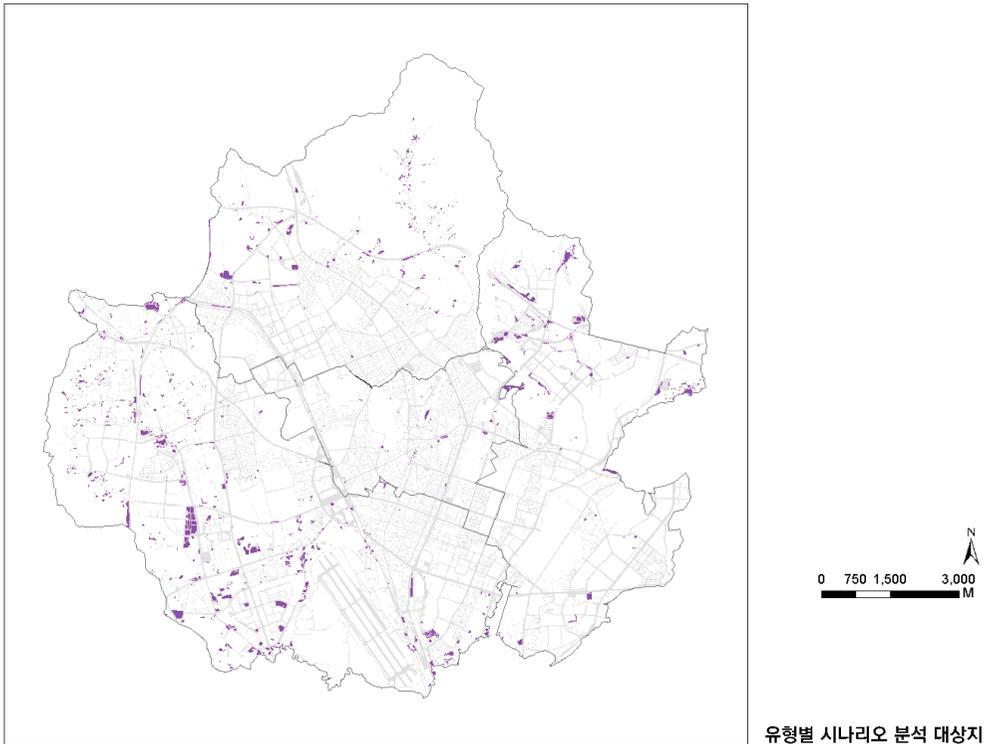


수원시 내의 도시 유휴지는 총 면적 1,618,453㎡, 1,108개소로 분포되어 있다. 행정구별 도시 유휴지 현황을 살펴보면 장안구 259,669㎡, 권선구 955,625㎡, 팔달구 54,373㎡, 영통구 348,756㎡로 권선구에 가장 많은 면적이 위치하고 있다. 행정구별 전체 면적대비 도시 유휴지 면적은 권선구가 2.03%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 영통구 1.26%, 장안구 0.78%, 팔달구 0.42% 순으로 분포되어 있다.

〈표 3-8〉 행정구별 도시 유휴지 면적 현황

구 분	전체 면적(㎡)	도시 유휴지 면적(㎡)	전체 면적 대비 도시 유휴지 면적 비율(%)
장안구	33,380,703	259,669	0.78
권선구	47,156,078	955,625	2.03
팔달구	12,863,841	54,373	0.42
영통구	27,679,304	348,756	1.26
합 계	121,079,926	1,618,423	4

〈그림 3-20〉 면적 유형(도시 유희지) 현황



2. 선적 유형

선적 유형의 도시녹지 조성 가능지역 분석은 가로수 및 띠녹지 조성 구간 자료를 활용하였다. 사용된 자료는 2018년 조사된 자료로 현재 가로수 식재 현황은 갱신 및 신규 식재된 지역이 있으나 공간 자료 취득의 어려움이 있어 변경된 현황을 모두 반영하지 못하였다.

가로수 및 띠녹지는 선적인 녹지공간으로 연계성의 확보가 가능한 유형으로 2018년 기준 조성되어 있는 가로수는 413개의 노선에 총 74,592주가 식재되어 있다. 행정구 단위로 살펴보면 장안구 14,090주, 권선구 32,144주, 팔달구 9,339주, 영통구 19,019주로 권선구에 가장 많은 가로수가 식재되어 있다. 가로수 식재 지역은 도로를 따라 조성되는 특성 상 수원시 내에 고르게 분포되어 있어 단절된 녹지축을 연결할 수 있는 그린인프라 네트워크를 가장 효율적으로 구축할 수 있는 유형으로 판단된다.

〈그림 3-21〉 선적 유형(가로수) 현황



〈표 3-9〉 구별 가로수 식재 현황

구분	장안구	권선구	팔달구	영통구	합계
식재 수(주)	14,090	32,144	9,339	19,019	74,592

3. 점적 유형

옥상녹화 가능 건축물은 국토교통부 공간정보포털의 GIS건물통합정보(2021년 5월) 자료를 활용하였다. 수원시 내 위치한 건축물 중 옥상녹화 조성 가능지역을 추출하기 위해 야생조류의 수직적 영향권 범위인 6~30m 높이와 조성이 용이할 것으로 판단되는 주거·상업·공공 시설 등의 건물용도로 선정을 제한하였다. 또한, 건축물 면적은 「수원시 도시녹화 등에 관한 조례」 상의 옥상녹화 지원 면적인 60㎡ 이상, 건축물 인·허가 관련 의무 조경면적인 200㎡ 이하의 면적 중 조성의 현실성을 반영하여 조성이 가능한 범위를 약 10%로 한정하고, 조성 시 서식처의 역할을 수행할 수 있는 큰 규모의 건축물을 추출하였다.

추출된 옥상녹화 가용지는 총 1,502개소로 총 285,979㎡의 옥상면적을 산출하였다. 구별

현황을 살펴보면 장안구 384개소 74,071㎡, 권선구 561개소 103,346㎡, 팔달구 361개소 71,637㎡, 영통구 196개소 36,925㎡로 분포되어 있다. 권선구에 옥상녹화 가용지가 가장 많은 것으로 확인되었으나, 전체 면적 대비 옥상녹화 가용지 면적의 비율은 장안구 0.22%, 권선구 0.22%, 팔달구 0.56%, 영통구 0.13%로 팔달구가 가장 많은 것으로 확인되었다.

〈그림 3-22〉 점적 유형(옥상녹화 가용지) 현황



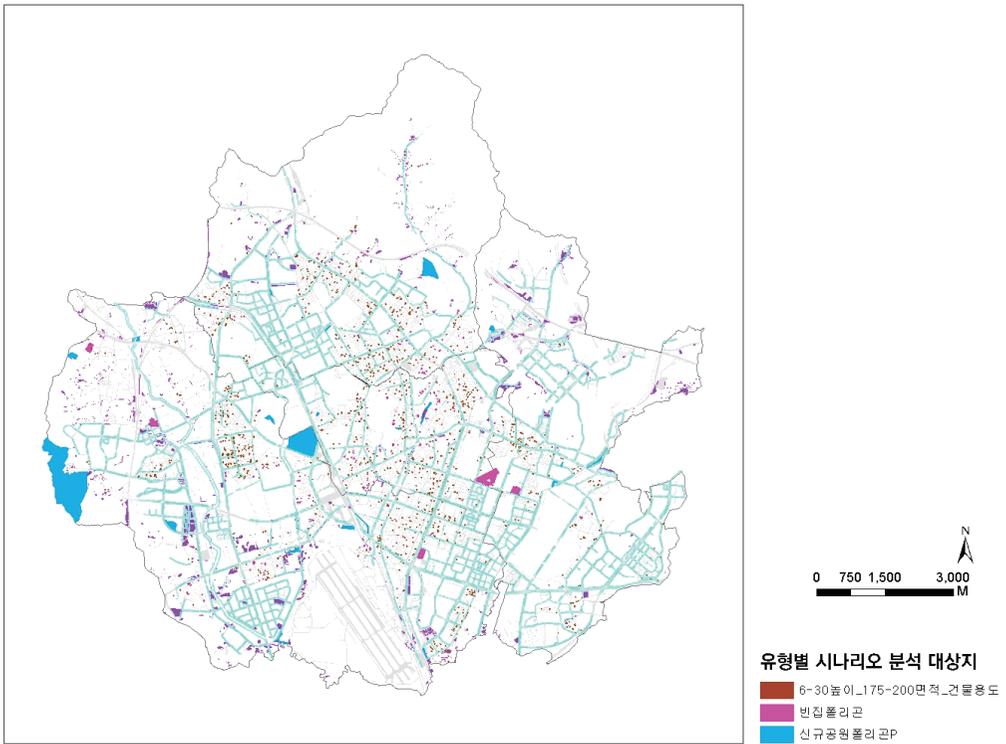
〈표 3-10〉 구별 옥상녹화 가용지

구 분	옥상녹화 가용지 수(개)	옥상녹화 가용지 면적(㎡)	전체 면적 대비 옥상녹화 가용지 면적 비율(%)
장안구	384	74,071	0.22
권선구	561	103,346	0.22
팔달구	361	71,637	0.56
영통구	196	36,925	0.13
합 계	1,502	285,979	1

4. 점, 선, 면 통합 유형

점, 선, 면 통합 유형은 빈집, 신규공원 조성지, 도시 유휴지, 가로수 및 띠녹지, 옥상녹화 가용지 등에 점적, 선적, 면적 도시녹지 유형을 중첩한 데이터를 활용하였다. 녹지축과 물리적, 기능적으로 연결된 도시녹지를 조성하기 위해 유형별로 시나리오를 구축하고 각각의 유형과 통합 유형을 비교하기 위해 통합 유형을 구분하여 분석하였다.

〈그림 3-23〉 점, 선, 면 통합 유형 현황



제4절 대상지 선정 및 시나리오 유형별 현황

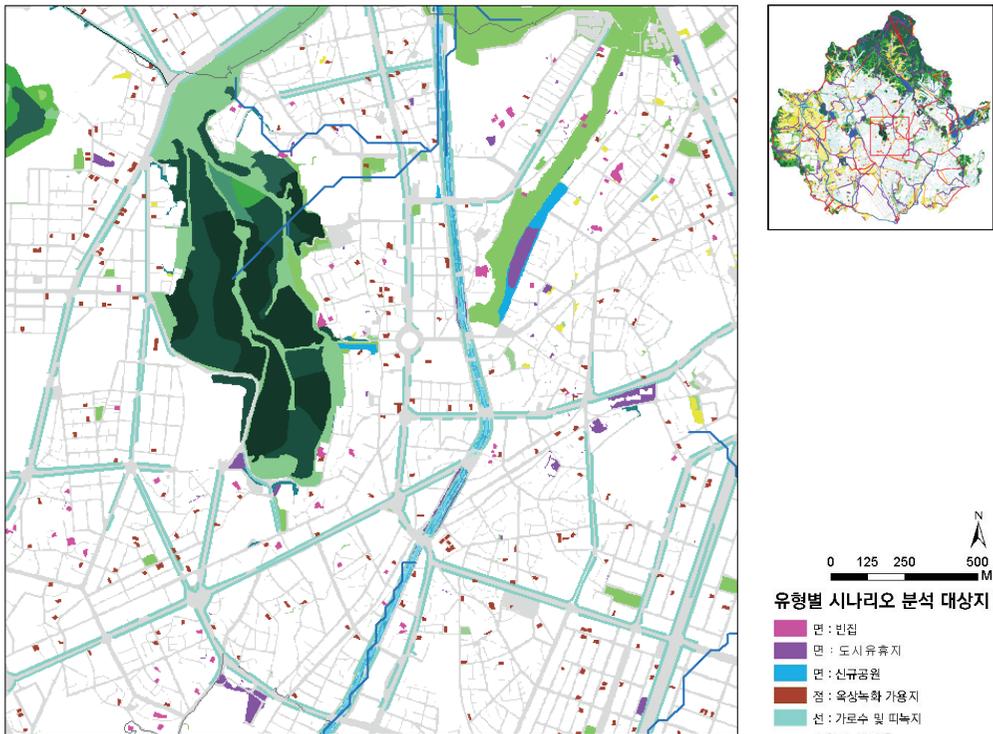
1. 대상지 선정

점, 선, 면 시나리오 유형별 특성이 잘 나타날 수 있는 지역을 선정하기 위해 행정구에 따른 형별 현황을 비교하였다. 장안구와 권선구의 경우 수원시 유형별 도시녹지가 고르게 분포하고 있으나 전체 면적 대비 빈집 면적 비율이 가장 낮았다. 팔달구는 빈집의 개소 수가 가장 많고, 전체 면적 대비 옥상녹화 가용지 면적 비율 또한 가장 높은 지역으로 신규공원 조성지 면적 비율 또한 높은 편에 속한다. 영통구는 빈집 및 신규공원 개소 수가 가장 적고 수원시 전체 면적 대비 유형별 면적 비율이 대체로 낮은 편에 속한다. 수원시는 행정경계 외곽지역에 산림지가 분포하여 수원시 녹지축은 외곽지역에서 강한 연결을 보이다 내부 지역으로 갈수록 연결성이 약해지는 것을 볼 수 있다. 구도심 지역인 팔달구는 녹지 면적이 부족해 신규 도시 녹지 조성을 통한 녹지축의 연결성 확보가 시급한 실정이다. 따라서 시나리오 대상지는 팔달구를 중심으로 점적, 선적, 면적 유형이 고르게 분포되어 있는 가로, 세로 각각 2.5km²의 6.25 km² 면적으로 대상지를 선정하였다.

〈표 3-11〉 시나리오 유형별 현황

구 분		장안구	권선구	팔달구	영통구	합 계	
수원시 전체 면적(m ²)		33,380,703	47,156,078	12,863,841	27,679,304	121,079,926	
면	빈집	개소(개)	41	47	75	6	169
		면적(m ²)	9,559	83,082	14,502	127,694	234,837
		전체 면적 대비 비율(%)	0.03	0.18	0.11	0.46	0.78
	신규공원	개소(개)	5	9	3	4	21
		면적(m ²)	104,091	1,223,811	47,122	24,562	1,399,586
		전체 면적 대비 비율(%)	0.31	2.60	0.37	0.09	3.36
	도시 유희지	면적(m ²)	259,669	955,625	54,373	348,756	1,618,423
		전체 면적 대비 비율(%)	0.78	2.03	0.42	1.26	4
	선	가로수	개소(주)	14,090	32,144	9,339	19,019
점	옥상녹화 가용지	개소(개)	384	561	361	196	1,502
		면적(m ²)	74,071	103,346	71,637	36,925	285,979
		전체 면적 대비 비율(%)	0.22	0.22	0.56	0.13	1

〈그림 3-24〉 시나리오 분석 대상지

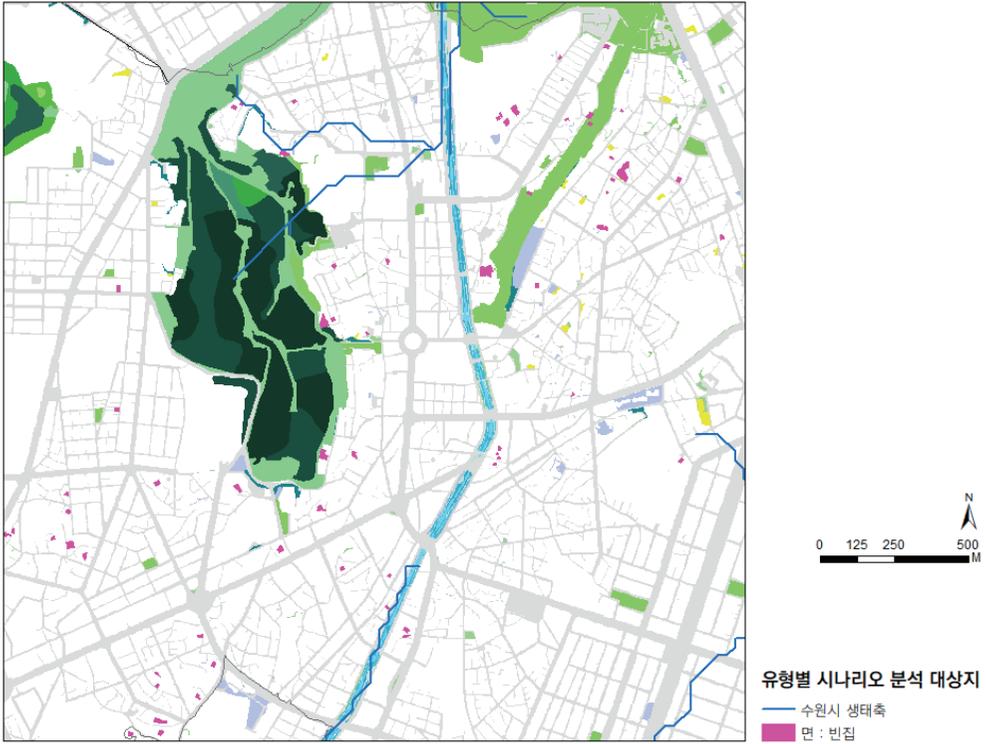


2. 대상지 내 시나리오 유형별 현황

1) 면적 유형

대상지 내 빈집은 총 13,879㎡의 면적으로 72개가 위치하고 있다. 평균 면적은 193㎡로 녹지로 조성 시 녹지축과의 분포 위치를 보면 대상지 내 기존 녹지와 녹지축을 연결할 수 있도록 전체적으로 고르게 분포하고 있다. 신규공원은 3개소로 평균 8,175㎡, 총 24,524㎡의 면적이 위치하고 있다. 신규공원은 개소 수는 적지만 21,193㎡로 큰 규모의 조성 예정지가 있어 녹지축 시나리오에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 도시 유휴지는 37,503㎡의 면적으로 53개소가 분포하고 있다. 도시 유휴지는 대상지 내 기존 녹지와 위치가 근접한 지역이 다소 보이지만 도시 유휴지 또한 넓은 면적의 유형이 많아 최소비용이 저감될 수 있을 것으로 판단된다.

〈그림 3-25〉 대상지 내 빈집 추출



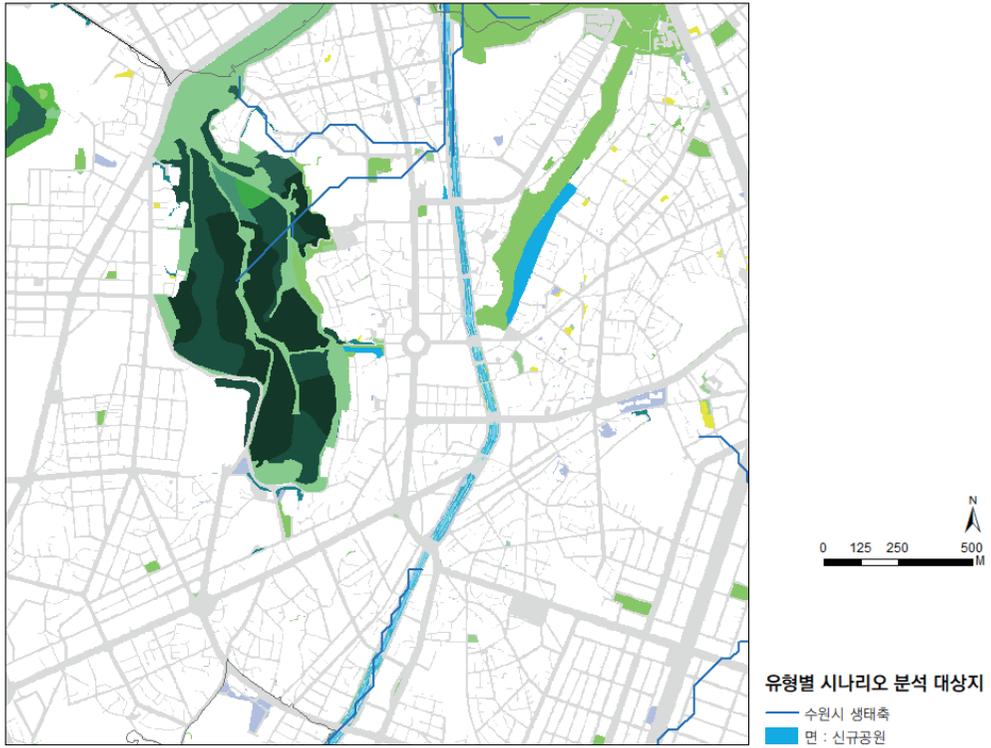
〈표 3-12〉 대상지 내 빈집 현황

구분	개수	총 면적(㎡)	평균 면적(㎡)
빈집	72	13,879	193

〈그림 3-26〉 대상지 내 빈집 사례



〈그림 3-27〉 대상지 내 신규공원 조성 예정지 추출



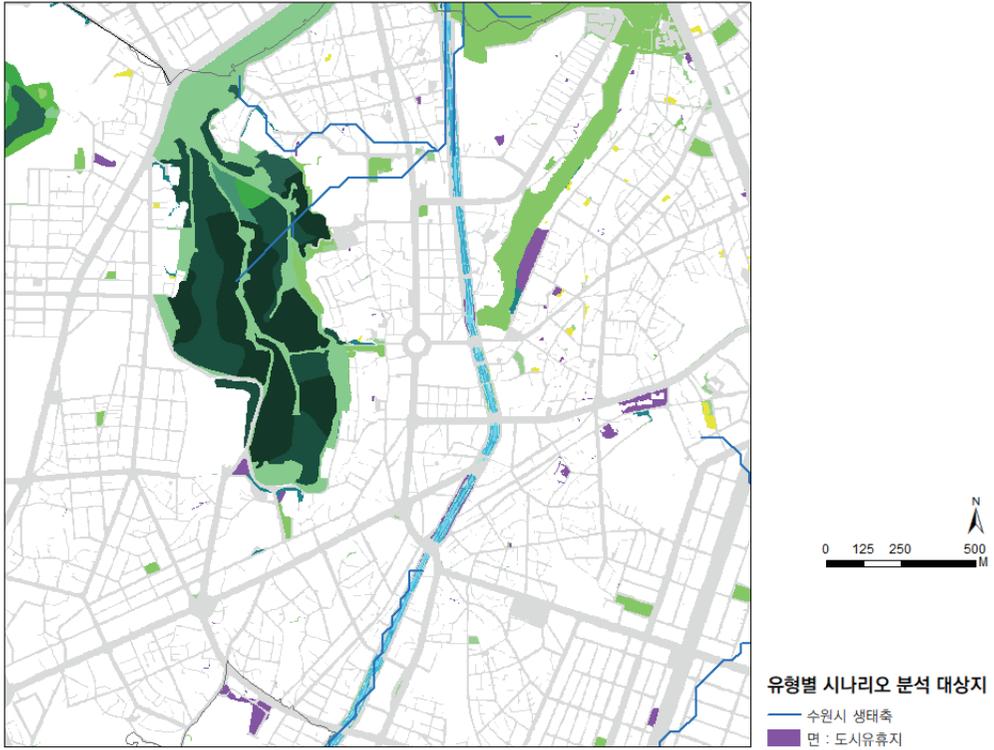
〈표 3-13〉 대상지 내 신규공원 조성 예정지 현황

구분	개수	총 면적(㎡)	평균 면적(㎡)
신규공원	3	24,524	8,175

〈그림 3-28〉 대상지 내 신규공원 조성 예정지 사례



〈그림 3-29〉 대상지 내 유희지 추출



〈표 3-14〉 대상지 내 도시 유희지 현황

구분	개수	총 면적(m ²)	평균 면적(m ²)
도시 유희지	53	37,503	708

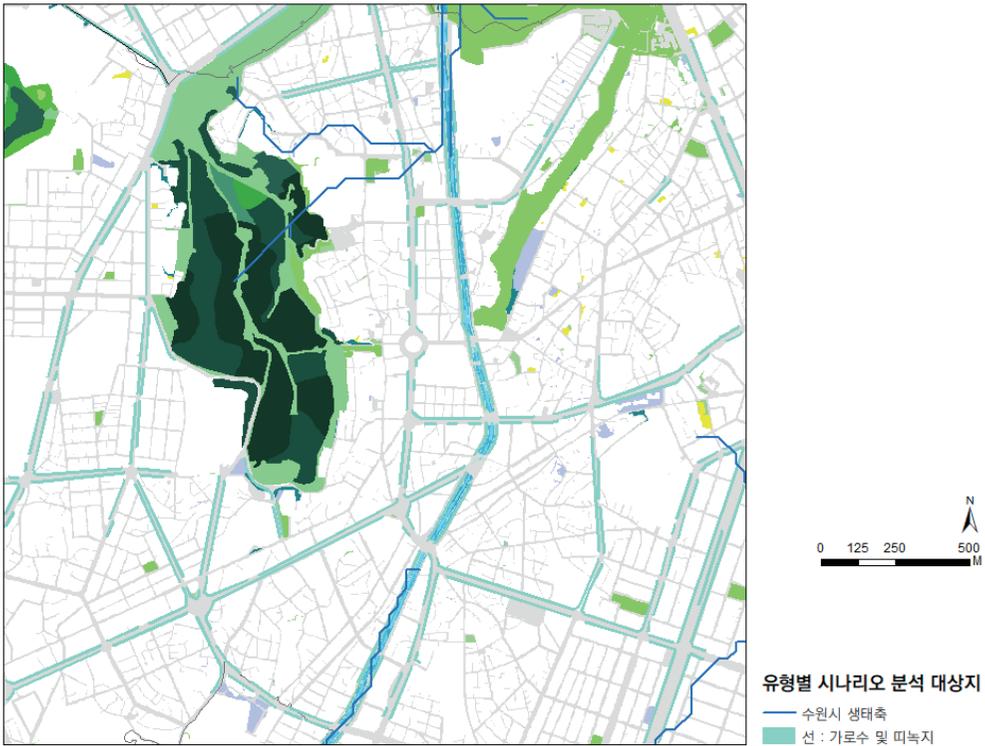
〈그림 3-30〉 대상지 내 도시 유희지 사례



2) 선적 유형

선적 유형은 가로수 식재 지역에 전체적인 띠녹지를 조성한다는 가정으로 식재 지역을 기준으로 10m의 띠녹지 지역을 설정하였다. 추출된 가로수 및 띠녹지의 연장은 약 62.6km로 총 300,619㎡로 분석되었다. 가로수 및 띠녹지는 대상지 내의 도로를 따라 위치하고 있어 기존 녹지축과 신규 조성 녹지의 연결 흐름을 강화하는데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

〈그림 3-31〉 대상지 내 가로수 및 띠녹지 조성 지역 추출



〈표 3-15〉 대상지 내 가로수 및 띠녹지 현황

구분	개수	총 연장(km)	총 면적(㎡)
가로수 및 띠녹지	74,592	62.6	300,619

대상지 내 가로수 및 띠녹지 식재지를 현장 답사를 통해 전수 조사한 결과, 가로수는 대부분의 도로에 식재되어 있었지만 띠녹지는 식재되지 않은 곳이 많은 것을 확인할 수 있었다.

또한, 도시개발사업이 진행 중인 지역은 향후 공사가 완료 된 후 가로수 및 띠녹지가 새롭게 조성될 것으로 생각된다.

〈그림 3-32〉 대상지 내 가로수 및 띠녹지 사례



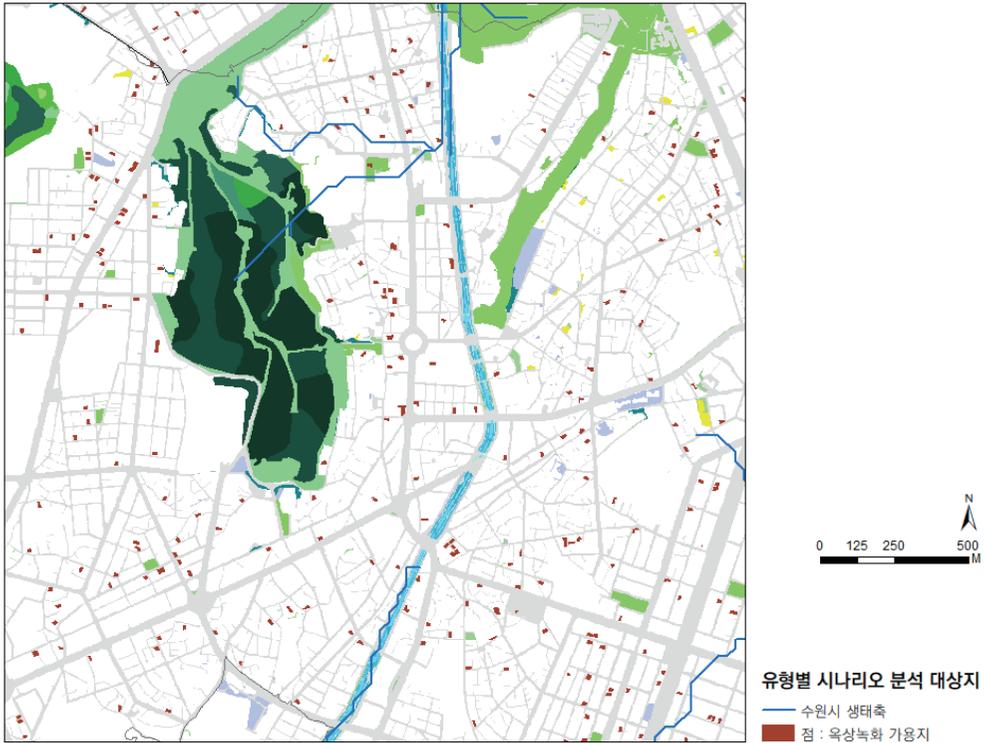
〈표 3-16〉 도로별 가로수 및 띠녹지 현황

구분	도로명	가로수	띠녹지	구분	도로명	가로수	띠녹지
1	매산로	유	유	11	갯매산로	무	무
2	인계로	유	무	12	고매로	유	무
3	권광로	유	유	13	고화로	유	무
4	월드컵로	유	유/무	14	장안로	유	무
5	광고산로	유	유	15	화양로	유	유/무
6	팔달로	유	유/무	16	권선로	유	유
7	정조로	유/무	유/무	17	세지로	무	무
8	중부대로	유	유/무	18	장다리로	무	무
9	경수대로	유	유	19	효원로	유	무
10	수성로	유	유	20	세류로	무	무

3) 점적 유형

대상지 내 옥상녹화 가용지는 총 246개소가 확인되었다. 옥상녹화 가용지의 총면적은 49,401㎡이며 평균 면적은 201㎡이다. 옥상녹화 가용지는 점적 녹지 유형으로 전체 대상지 내에 고르게 분포하여 기존 녹지축과 핵심 서식처인 녹지 지역과 연결될 수 있는 징검다리 역할이 가능할 것으로 판단된다.

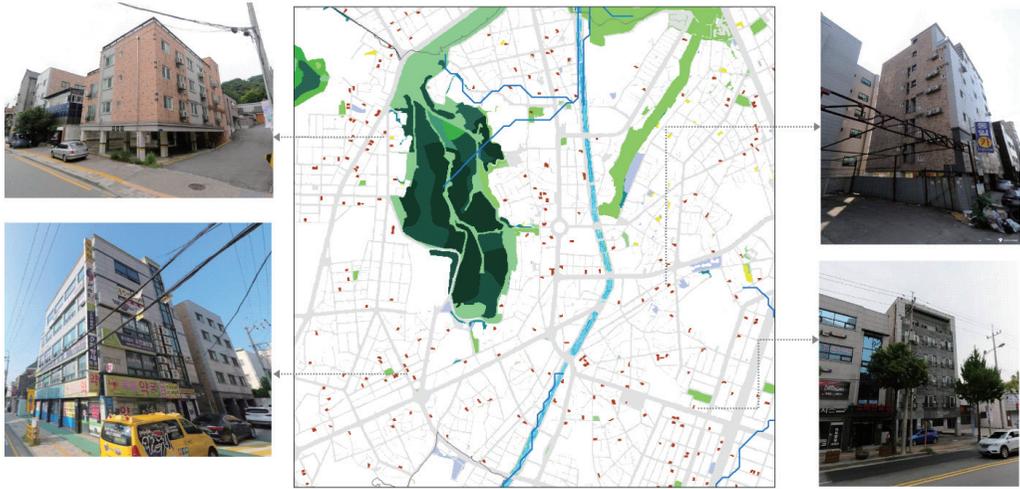
〈그림 3-33〉 대상지 내 옥상녹화 가용지 추출



〈표 3-17〉 대상지 내 옥상녹화 가용지 현황

구분	개수	총 면적(㎡)	평균 면적(㎡)
옥상녹화 가용지	246	49,401	201

〈그림 3-34〉 대상지 내 옥상녹화 가용지 사례



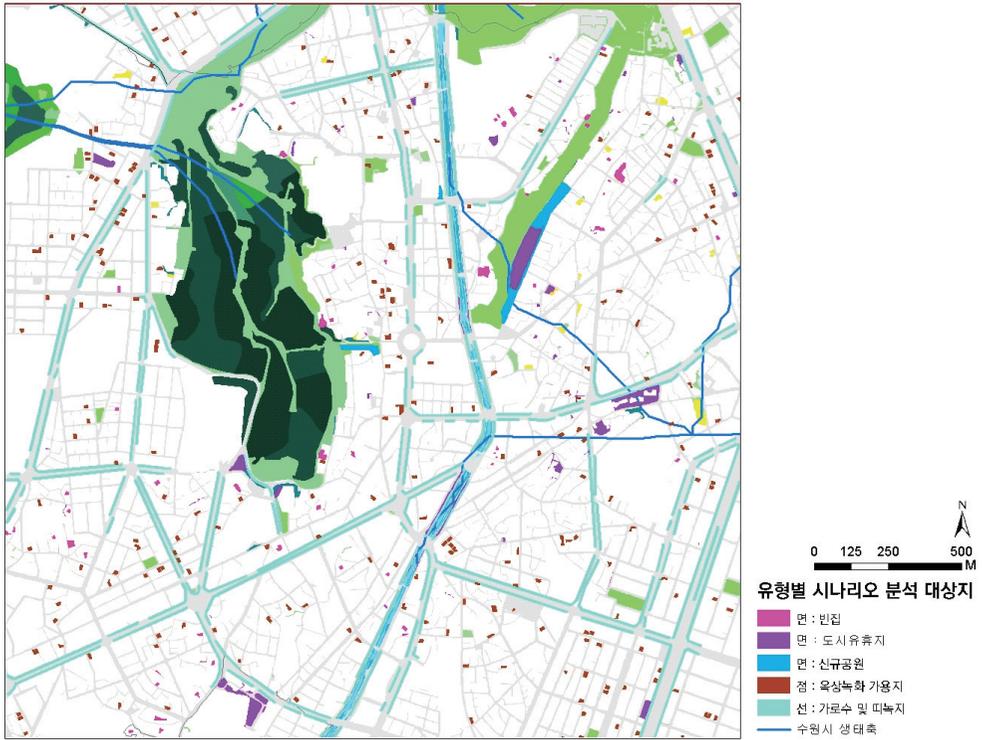
4) 점, 선, 면 통합 유형

대상지 내 유형별 도시녹지 조성 가능지역은 총 점적 유형이 246 개소로 가장 많은 수가 고르게 위치하고 있다. 유형별 총 면적은 425,926㎡로 면적 유형이 75,906㎡, 선적 유형 300,619㎡, 점적 유형 49,401㎡로 선적 유형이 가장 넓은 면적으로 분포하고 있다.

〈표 3-18〉 시나리오 유형별 대상지 현황

구분	면적유형	선적유형	점적유형	점+선+면 통합유형
개수/길이	128개	62.6km	246개	436.6
총면적(㎡)	75,906	300,619	49,401	425,926

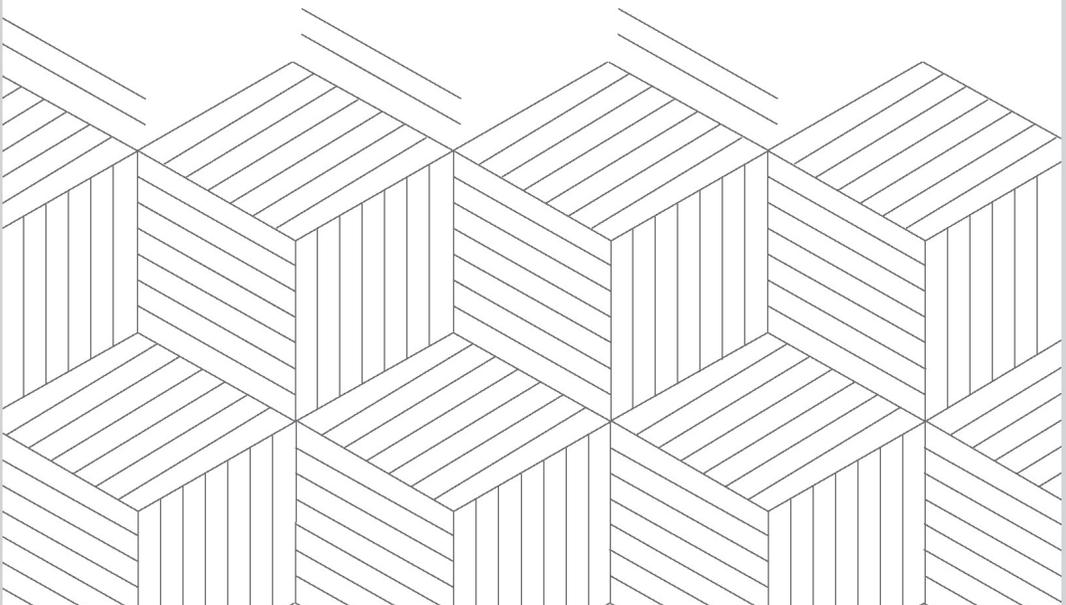
〈그림 3-35〉 대상지 내 도시녹지 조성 가능지역 현황



제4장

녹지축-도시녹지 연결 시나리오 분석 및 연계방안

제1절 시나리오 적용 결과
제2절 시나리오 평가
제3절 녹지축-도시녹지 연계방안



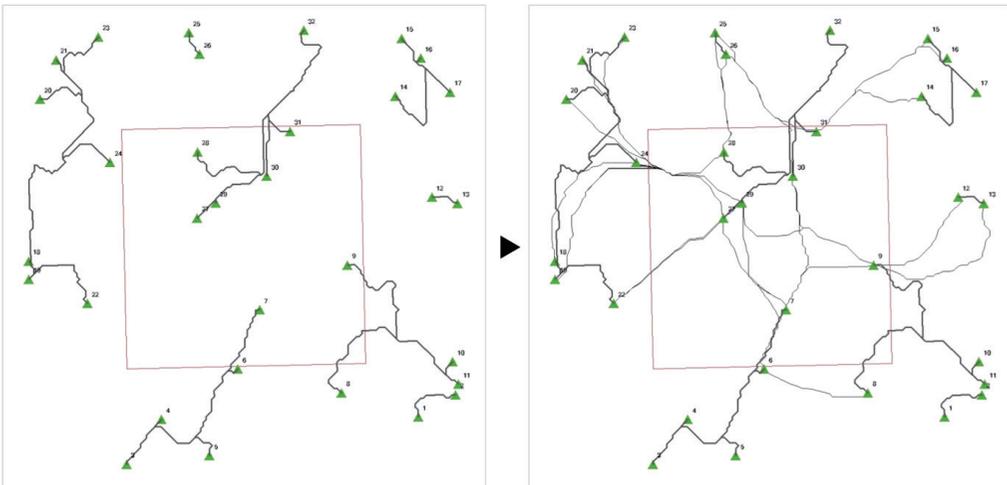
제4장 녹지축-도시녹지 연결 시나리오 분석 및 연계방안

제1절 시나리오 적용 결과

1. 기존 녹지축 연결 결과

시나리오 분석은 기존 녹지축과의 연결성을 고려하여 대상지 외부의 연결점에서 들어오는 연결축을 포함하여 분석하였다. 기존 녹지축을 통해 도출된 연결지점은 32개의 시작점과 끝점으로 연결된 경로의 최소비용 평균값은 1,374.37로 분석되었다. 가장 작은 비용이 드는 경로는 668.19로 28번 지점에서 24번으로 연결되는 경로로 확인되었다. 가장 높은 비용이 드는 경로는 9번에서 6번으로 끝나는 경로로 1,900.48의 비용이 소요되었다. 비용이 가장 낮은 경로인 28번에서 24번 경로는 대상지 내부에서 외부로 이어지는 경로이며, 기존의 팔달공원과 숙지산이 위치해 비용이 낮은 것으로 판단된다. 반대로 비용이 가장 높은 경로인 9번에서 6번은 대상지 외부에서 시작해 내부로 연결되는 경로이며, 수원천이 위치해 있으나 녹지가 조성되어 있지 않고 도시 내 상업지와 주거지로 구성되어 있어 불투수율과 공시지가가 높은 지역으로 가장 높은 비용이 소요된 것으로 판단된다.

〈그림 4-1〉 기존 비용을 통해 도출된 연결 링크



〈표 4-1〉 기존 녹지축 최소비용

시작점	끝점	기존	시작점	끝점	기존
		Base_Cost			Base_Cost
9	6	1900.48	28	20	1258.69
27	6	1296.71	28	21	1444.50
9	7	1359.90	27	22	1676.13
27	7	799.44	29	22	1753.43
29	7	847.33	28	23	1719.58
12	9	1406.40	27	24	687.19
30	9	1444.22	28	24	668.19
13	9	1494.45	29	24	700.20
27	18	1611.63	28	25	1568.77
28	18	1592.62	28	26	1224.97
29	18	1624.64	29	9	1723.43
27	19	1675.38	30	7	1056.10
29	19	1688.39	30	26	1510.75

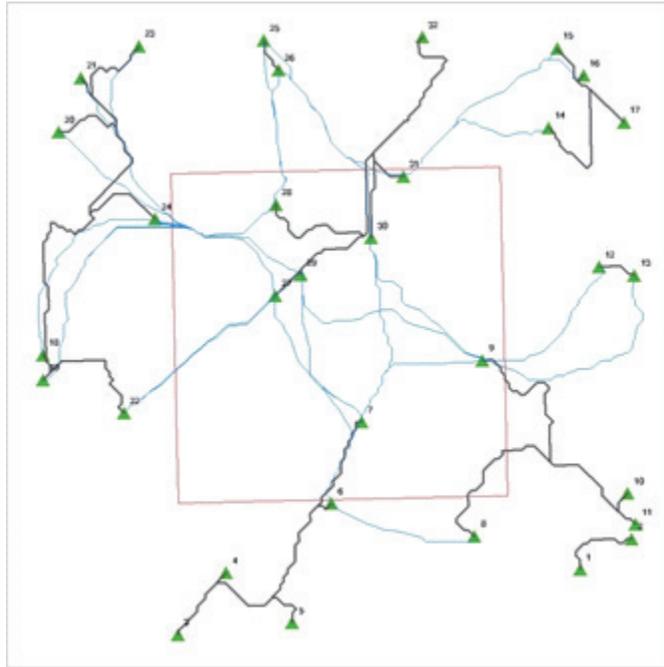
2. 시나리오별 연결성 분석

1) 시나리오 1(면적 유형)

빈집, 신규공원 조성 대상지, 도시 유휴지가 포함된 면적 도시녹지 유형인 시나리오 1의 평균 최소비용경로의 평균값은 1,372.2로 분석되어 기존 녹지축의 최소비용경로 보다 2.16이 저감되었다. 시나리오 1의 최소비용경로 비용의 최소값은 기존 녹지축 연결경로와 같은 28번에서 24번 경로로 비용의 차이는 없었다. 최대값도 마찬가지로 기존 녹지축 연결경로와 동일하며 1,890.64의 값으로 9.84의 비용감소가 나타났다. 이는 경로상 면적 유형의 도시녹지가 추가된 효과가 있는 것으로 판단된다.

시나리오 1에서 최소비용의 감소가 가장 큰 경로는 30번에서 9번 경로로 확인되었다. 이는 경로상 가장 큰 규모의 신규공원과 도시 유휴지가 신규로 추가된 면적 유형 녹지의 영향으로 보인다. 기존 녹지축 연결경로와 비용의 차이가 없는 지역은 대부분 팔달산과 숙지산이 위치한 지역으로 기존의 녹지축이 강한 연결성을 갖고 있어 경로의 차이가 없을 것으로 생각된다.

〈그림 4-2〉 시나리오1(면) 연결 링크



〈표 4-2〉 시나리오 1(면) 최소비용 및 비용감소

시작점	끝점	기존	면	
		Base_Cost	S1_Cost	비용감소
9	6	1900.48	1890.64	9.84
27	6	1296.71	1294.89	1.82
9	7	1359.90	1352.45	7.45
27	7	799.44	794.49	4.94
29	7	847.33	842.38	4.94
12	9	1406.40	1406.40	0.00
30	9	1444.22	1422.63	21.59
13	9	1494.45	1494.45	0.00
27	18	1611.63	1611.63	0.00
28	18	1592.62	1592.62	0.00
29	18	1624.64	1624.64	0.00
27	19	1675.38	1675.38	0.00
29	19	1688.39	1688.39	0.00
28	20	1258.69	1258.69	0.00

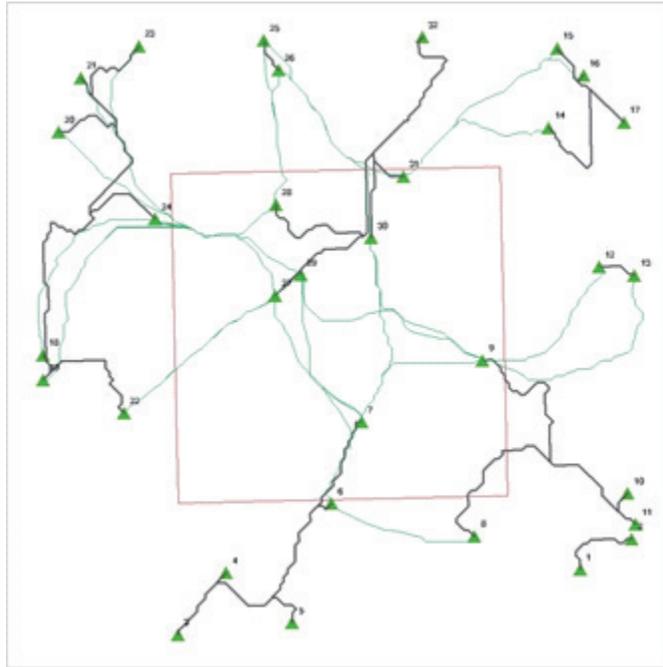
시작점	끝점	기준	면	
		Base_Cost	S1_Cost	비용감소
28	21	1444.50	1444.50	0.00
27	22	1676.13	1676.13	0.00
29	22	1753.43	1753.43	0.00
28	23	1719.58	1719.58	0.00
27	24	687.19	687.19	0.00
28	24	668.19	668.19	0.00
29	24	700.20	700.20	0.00
28	25	1568.77	1568.77	0.00
28	26	1224.97	1224.97	0.00
29	9	1723.43	1717.80	5.62
30	7	1056.10	1056.10	0.00
30	26	1510.75	1510.75	0.00

2) 시나리오 2(선적 유형)

시나리오 2는 기존 녹지축에 가로수 및 띠녹지를 추가로 조성 시 연결성의 변화를 예측하는 시나리오로 최소비용경로의 평균값은 1,366.11로 기존 비용보다 8.25가 저감된 것을 확인할 수 있었다. 시나리오 2의 최소비용경로 비용의 최소값과 최대값은 기존 녹지축과 동일하였다. 시나리오2는 대상지 내의 도로를 따라 고르게 분포되어 있는 선적 녹지 유형의 특성과 같이 모든 경로에서 비용 저감의 효과가 있는 것으로 확인되었다.

비용저감의 효과가 가장 큰 경로는 30번에서 7번 경로로, 면적 유형에서 기존과 비용의 차이가 없던 경로가 시나리오 2에서 경로를 따라 가로수 및 띠녹지가 추가되면서 비용의 값이 크게 낮아진 것으로 판단된다. 두 번째로 비용감소 효과가 큰 경로는 30번에서 9번 경로로 22.43의 비용감소가 나타났으며 주변의 추가된 가로수 및 띠녹지와 가깝게 경로가 수정된 것을 확인할 수 있었다.

〈그림 4-3〉 시나리오2(선) 연결 링크



〈표 4-3〉 시나리오 2(선) 최소비용 및 비용감소

시작점	끝점	기존	선	
		Base_Cost	S2_Cost	비용감소
9	6	1900.48	1876.30	24.19
27	6	1296.71	1281.39	15.32
9	7	1359.90	1347.44	12.46
27	7	799.44	796.04	3.40
29	7	847.33	843.93	3.40
12	9	1406.40	1406.12	0.29
30	9	1444.22	1421.79	22.43
13	9	1494.45	1490.89	3.56
27	18	1611.63	1606.60	5.03
28	18	1592.62	1591.31	1.32
29	18	1624.64	1619.61	5.03
27	19	1675.38	1670.35	5.03
29	19	1688.39	1683.36	5.03
28	20	1258.69	1257.38	1.32

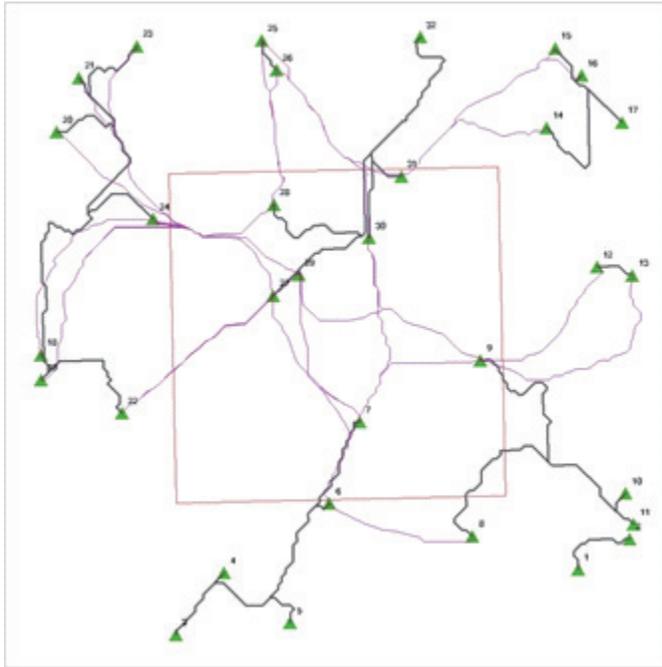
시작점	끝점	기존	선	
		Base_Cost	S2_Cost	비용감소
28	21	1444.50	1443.18	1.32
27	22	1676.13	1665.80	10.33
29	22	1753.43	1742.64	10.79
28	23	1719.58	1718.26	1.32
27	24	687.19	682.16	5.03
28	24	668.19	666.87	1.32
29	24	700.20	695.17	5.03
28	25	1568.77	1565.23	3.54
28	26	1224.97	1221.44	3.53
29	9	1723.43	1715.67	7.76
30	7	1056.10	1018.82	37.28
30	26	1510.75	1491.24	19.51

3) 시나리오 3(점적 유형)

점적 녹지 유형인 옥상녹화 가용지를 대상으로 분석한 시나리오 3의 최소비용경로 비용의 평균값은 1,372.92로 이는 기존 경로와 비교 시 1.45의 감소가 나타나 4개 시나리오 중 가장 낮은 비용감소 효과를 보였다.

시나리오 3의 최소값 및 최대값을 가지는 경로는 기존 녹지축 연결경로와 동일하였으며, 시나리오 3은 30번에서 9번, 27에서 22번, 29에서 22번 경로에서 비용감소의 효과가 나타났다, 그 외의 경로에서는 기존 녹지축 연결경로와 같은 값을 보였다. 이 중 가장 큰 비용감소를 보인 경로는 29번에서 9번 경로로 17.89의 비용감소가 확인되었으나, 곳곳에 작은 면적으로 위치한 점적 유형의 녹지 시나리오의 최소비용경로 비용 감소에 큰 효과를 보이지 않는 것으로 판단된다.

〈그림 4-4〉 시나리오3(점) 연결 링크



〈표 4-4〉 시나리오 3(점) 최소비용 및 비용감소

시작점	끝점	기존	점	
		Base_Cost	S3_Cost	비용감소
9	6	1900.48	1900.48	0.00
27	6	1296.71	1296.71	0.00
9	7	1359.90	1359.90	0.00
27	7	799.44	799.44	0.00
29	7	847.33	847.33	0.00
12	9	1406.40	1406.40	0.00
30	9	1444.22	1442.85	1.37
13	9	1494.45	1494.45	0.00
27	18	1611.63	1611.63	0.00
28	18	1592.62	1592.62	0.00
29	18	1624.64	1624.64	0.00
27	19	1675.38	1675.38	0.00
29	19	1688.39	1688.39	0.00
28	20	1258.69	1258.69	0.00

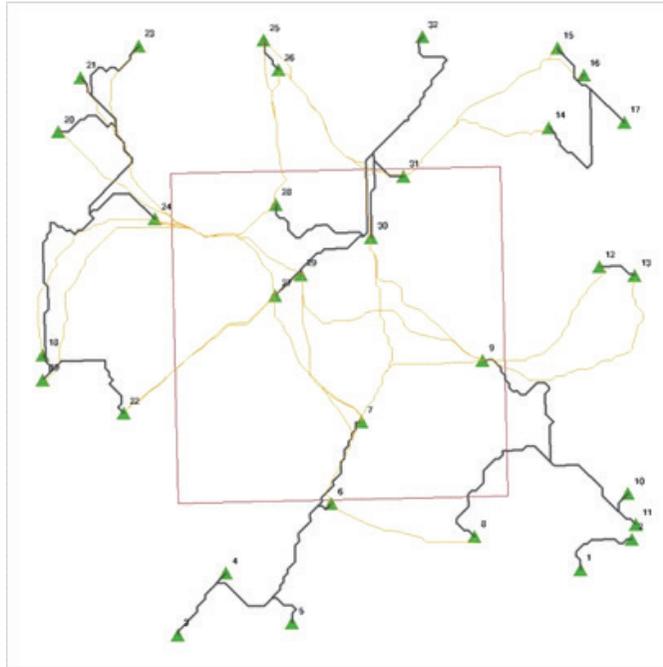
시작점	끝점	기존	점	
		Base_Cost	S3_Cost	비용감소
28	21	1444.50	1444.50	0.00
27	22	1676.13	1672.89	3.24
29	22	1753.43	1750.60	2.83
28	23	1719.58	1719.58	0.00
27	24	687.19	687.19	0.00
28	24	668.19	668.19	0.00
29	24	700.20	700.20	0.00
28	25	1568.77	1568.77	0.00
28	26	1224.97	1224.97	0.00
29	9	1723.43	1705.54	17.89
30	7	1056.10	1043.85	12.25
30	26	1510.75	1510.75	0.00

4) 시나리오 4(통합 유형)

점적, 선적, 면적 녹지 유형을 모두 통합한 유형인 시나리오 4의 최소비용경로 비용의 평균 값은 1,362.22로 기존 녹지축과 비교 시 12.14의 비용감소를 보여 4개의 시나리오 중 가장 효과가 큰 것으로 확인되었다.

비용의 최대값과 최소값을 보이는 경로는 기존 녹지축 연결경로와 동일했으며, 통합 유형의 최소비용경로 중 기존 녹지축 연결경로와 비교 시 가장 높은 비용감소를 보인 경로는 49.53의 차이를 보인 30번에서 7번 경로이다. 시나리오 2의 선적 유형에서 가장 높은 저감 효과를 보인 경로와 동일하며, 면적 유형에서는 감소효과를 보이지 않았지만 가로수 및 띠녹지와 옥상녹화 조성의 영향을 받았을 것으로 판단된다.

〈그림 4-5〉 시나리오4(점,선,면 통합) 연결 링크



〈표 4-5〉 시나리오 4(통합) 최소비용 및 비용감소

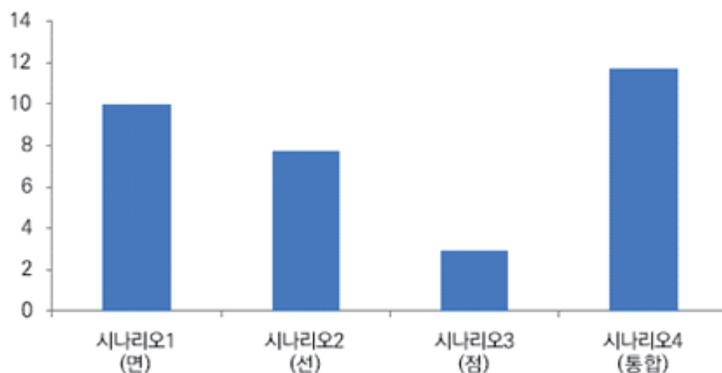
시작점	끝점	기존	통합(점+선+면)	
		Base_Cost	S4_Cost	비용감소
9	6	1900.48	1862.90	37.58
27	6	1296.71	1278.77	17.94
9	7	1359.90	1336.44	23.47
27	7	799.44	791.00	8.44
29	7	847.33	838.89	8.44
12	9	1406.40	1406.08	0.33
30	9	1444.22	1398.07	46.15
13	9	1494.45	1490.89	3.56
27	18	1611.63	1606.58	5.05
28	18	1592.62	1591.29	1.33
29	18	1624.64	1619.59	5.05
27	19	1675.38	1670.34	5.05
29	19	1688.39	1683.35	5.05
28	20	1258.69	1257.36	1.33

시작점	끝점	기존	통합(점+선+면)	
		Base_Cost	S4_Cost	비용감소
28	21	1444.50	1443.17	1.33
27	22	1676.13	1663.90	12.23
29	22	1753.43	1741.23	12.20
28	23	1719.58	1718.24	1.33
27	24	687.19	682.14	5.05
28	24	668.19	666.85	1.33
29	24	700.20	695.15	5.05
28	25	1568.77	1565.23	3.54
28	26	1224.97	1221.44	3.53
29	9	1723.43	1691.06	32.36
30	7	1056.10	1006.57	49.53
30	26	1510.75	1491.24	19.51

3. 시나리오별 연결성 분석 결과 비교

시나리오별 기존 녹지축의 연결경로와 비교하여 비용감소의 평균값은 시나리오 1(면적 유형), 2.16, 시나리오 2(선적 유형), 8.25, 시나리오 3(점적 유형), 1.45, 시나리오 4(통합 유형), 12.14로 시나리오 4가 가장 큰 차이를 보이는 것으로 확인되었다. 면 → 선 → 점의 순서로 비용저감 효과가 낮아지며, 면적·선적·점적 녹지 유형을 모두 조성했을 때 가장 높은 비용저감 효과가 나타나는 것으로 분석되었다.

〈그림 4-6〉 시나리오별 비용저감 효과



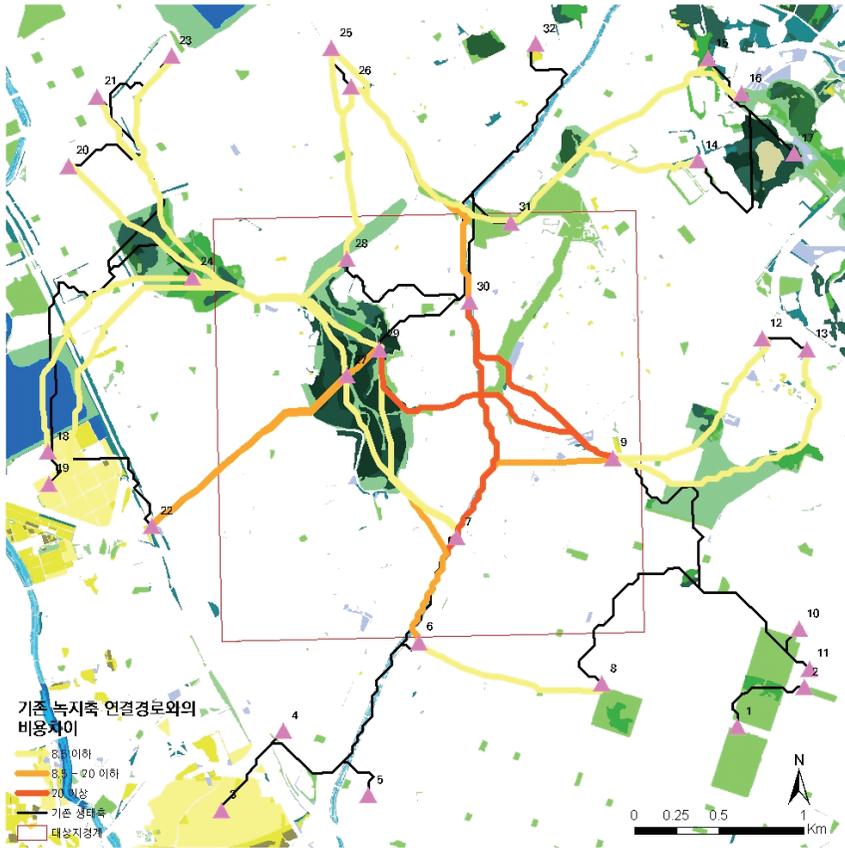
시나리오 유형별 연결경로는 기존 녹지축 연결경로와 비교 시 대규모 신규녹지와 도시 휴지의 추가적인 녹지 조성으로 연결 경로가 변경된 것으로 보이나 육안상 큰 차이를 보이지는 않는다. 최소비용경로 비용감소 값은 4가지 시나리오 모두 기존 녹지축 연결경로와 동일한 경로에서 최소값 및 최대값을 보였다. 비용이 최소로 드는 경로는 28번에서 24번, 최대로 드는 경로는 9번에서 6번 경로로, 최소의 비용이 드는 경로는 숙자산과 팔달산 등 기존 대규모의 녹지가 위치하고 있으며, 최대로 드는 지역은 주거지 및 상업지가 위치한 녹지가 부족한 지역이다.

비용의 차이를 범주화 하여 살펴보면 20이상의 비용감소 효과가 있는 지역은 대상지 내부에 위치하고 있다. 반면 비용감소가 나타나지 않거나 8.5이하의 낮은 비용저감 값을 보이는 최소비용경로는 녹지 면적을 추가하지 않은 대상지의 외부에 위치하거나 팔달산과 숙자산 등 기존 녹지로 연결된 선들에서 확인할 수 있다. 따라서 향후 신규공원 및 녹지 조성 시 최소비용저감 효과가 높은 지역을 우선적으로 고려해야 하며, 특히 30번에서 시작하여 9번으로 끝나는 경로는 면적·선적·점적·통합 시나리오 유형 모두에서 높은 비용저감 효과가 나타나 향후 녹지 조성 계획 시 우선적으로 고려한다면 녹지축 연결성 강화에 도움이 될 것으로 판단된다.

〈표 4-6〉 시나리오별 최소비용 및 비용감소

시작점	끝점	기존	면		선		점		통합(점+선+면)	
		Base_Cost	S1_Cost	비용 감소	S2_Cost	비용 감소	S3_Cost	비용 감소	S4_Cost	비용 감소
9	6	1900.48	1890.64	9.84	1876.30	24.19	1900.48	0.00	1862.90	37.58
27	6	1296.71	1294.89	1.82	1281.39	15.32	1296.71	0.00	1278.77	17.94
9	7	1359.90	1352.45	7.45	1347.44	12.46	1359.90	0.00	1336.44	23.47
27	7	799.44	794.49	4.94	796.04	3.40	799.44	0.00	791.00	8.44
29	7	847.33	842.38	4.94	843.93	3.40	847.33	0.00	838.89	8.44
12	9	1406.40	1406.40	0.00	1406.12	0.29	1406.40	0.00	1406.08	0.33
30	9	1444.22	1422.63	21.59	1421.79	22.43	1442.85	1.37	1398.07	46.15
13	9	1494.45	1494.45	0.00	1490.89	3.56	1494.45	0.00	1490.89	3.56
27	18	1611.63	1611.63	0.00	1606.60	5.03	1611.63	0.00	1606.58	5.05
28	18	1592.62	1592.62	0.00	1591.31	1.32	1592.62	0.00	1591.29	1.33
29	18	1624.64	1624.64	0.00	1619.61	5.03	1624.64	0.00	1619.59	5.05
27	19	1675.38	1675.38	0.00	1670.35	5.03	1675.38	0.00	1670.34	5.05
29	19	1688.39	1688.39	0.00	1683.36	5.03	1688.39	0.00	1683.35	5.05
28	20	1258.69	1258.69	0.00	1257.38	1.32	1258.69	0.00	1257.36	1.33
28	21	1444.50	1444.50	0.00	1443.18	1.32	1444.50	0.00	1443.17	1.33
27	22	1676.13	1676.13	0.00	1665.80	10.33	1672.89	3.24	1663.90	12.23
29	22	1753.43	1753.43	0.00	1742.64	10.79	1750.60	2.83	1741.23	12.20
28	23	1719.58	1719.58	0.00	1718.26	1.32	1719.58	0.00	1718.24	1.33
27	24	687.19	687.19	0.00	682.16	5.03	687.19	0.00	682.14	5.05
28	24	668.19	668.19	0.00	666.87	1.32	668.19	0.00	666.85	1.33
29	24	700.20	700.20	0.00	695.17	5.03	700.20	0.00	695.15	5.05
28	25	1568.77	1568.77	0.00	1565.23	3.54	1568.77	0.00	1565.23	3.54
28	26	1224.97	1224.97	0.00	1221.44	3.53	1224.97	0.00	1221.44	3.53
29	9	1723.43	1717.80	5.62	1715.67	7.76	1705.54	17.89	1691.06	32.36
30	7	1056.10	1056.10	0.00	1018.82	37.28	1043.85	12.25	1006.57	49.53
30	26	1510.75	1510.75	0.00	1491.24	19.51	1510.75	0.00	1491.24	19.51
평균값		1374.37	1372.20	2.16	1366.11	8.25	1372.92	1.45	1362.22	12.14
최소값		668.19	668.19	0.00	666.87	0.29	668.19	0.00	666.85	0.33
최대값		1900.48	1890.64	21.59	1876.30	37.28	1900.48	17.89	1862.90	49.53

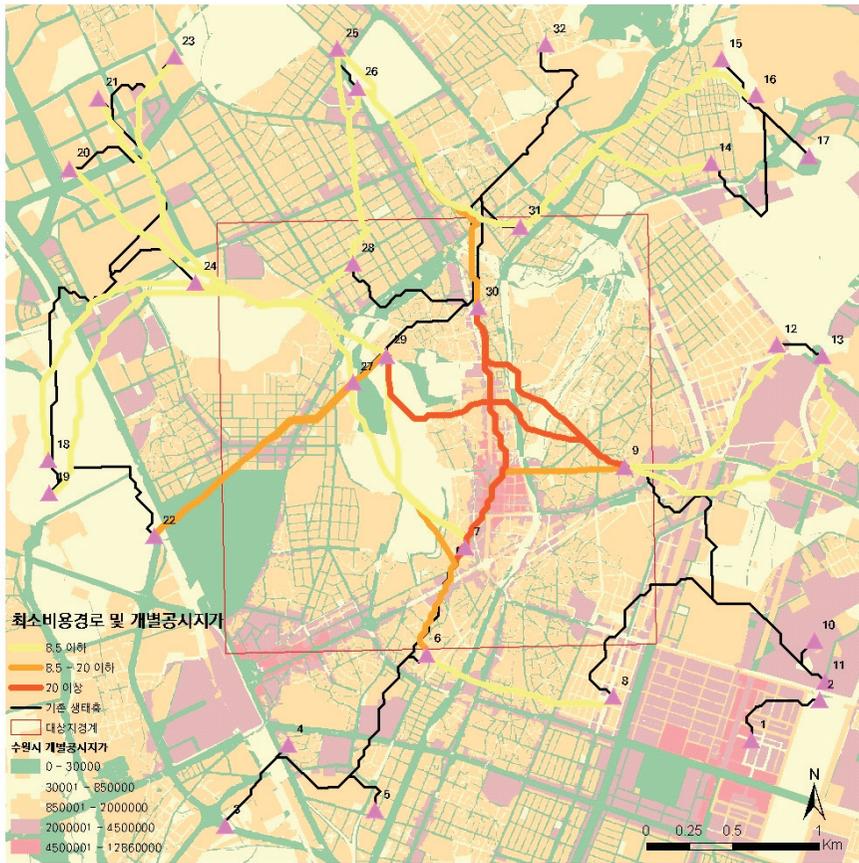
〈그림 4-7〉 기존 녹지축 연결경로와의 비용차이



공시지가의 경우 녹지가 부족한 지역의 사회적 매입가능성 등을 검토할 때 사용할 수 있는 지표로 활용될 수 있다. 신규 녹지를 조성 시 사업비가 한정되어 있기 때문에 토지 매입에 비용이 많이 드는 지역을 신규로 조성하는 것에는 어려움이 따를 수 있다. 시나리오 연결경로를 수원시 개별공시지가 자료와 중첩하여 분석한 결과 점적·선적·면적 유형의 추가적인 녹지가 조성될 경우 연결성이 강화될 것으로 분석된 지역은 주거 및 상업 지역이 밀집해 있어 공시지가가 높은 지역으로 신규 녹지 조성에 어려움이 따른 것으로 판단된다.

본 연구에서 시나리오로 구축한 도시녹지 유형은 빈집, 폐허로 방치된 도시 유휴지, 기존 건축물을 활용한 옥상녹화 등 신규 토지 매입을 최소화할 수 있는 공간을 최대한 활용하였다. 따라서 이를 적극 활용한 녹지 조성 방안을 마련한다면 녹지축과 연계된 효율적인 도시녹지 조성계획을 수립할 수 있을 것으로 판단된다.

〈그림 4-8〉 시나리오 4 연결경로 상 개별공시지가



제2절 녹지축-도시녹지 연계방안

시나리오 분석 결과를 토대로 녹지축과 도시녹지의 연계방안을 마련하였다. 녹지축간의 연결성 확보를 통한 그린인프라를 구축하기 위해서는 ① 수원시 전역을 대상으로 생태공간계획 수립, ② 녹지축 및 핵심생태계에 대한 보전 및 복원, ③ 녹지축간의 물리적·기능적 연결, ④ 도시재생사업 및 민간지원사업 등과의 연계, ⑤ 시민인식 증진을 위한 교육 및 홍보가 필요하다.

〈그림 4-9〉 녹지축-도시녹지 연계방안

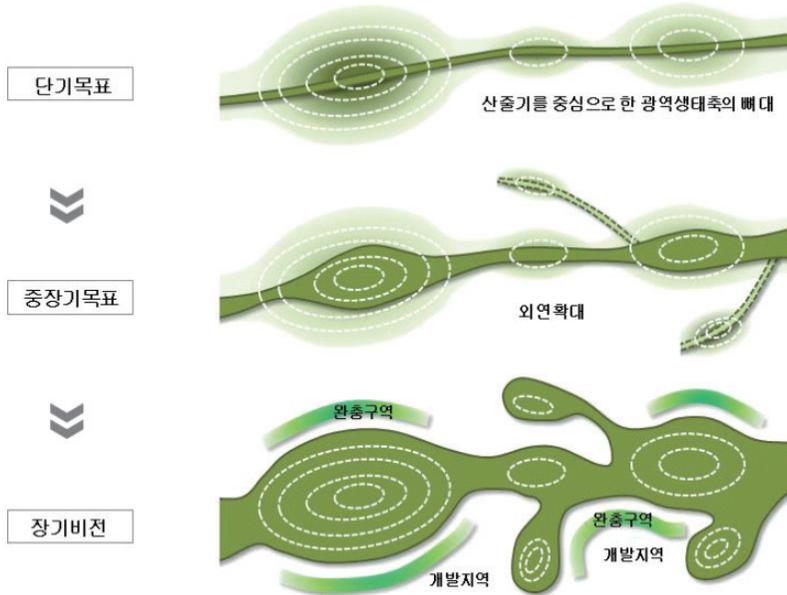


1. 그린인프라 구축을 위한 생태공간계획 수립

지역의 지속가능성을 달성하기 위해서는 도시공간의 그린인프라를 구축하고, 네트워크상의 연결성 평가를 통한 생태공간계획이 이루어져야 한다. 모델 설정을 통한 시나리오 분석은 연결성을 효율적으로 평가할 수 있는 방법이 될 수 있다. 각각의 시나리오의 비교 결과를 평가하면 제안된 계획의 미래 지속가능성에 대한 더 깊은 통찰력을 얻을 수 있다(Duinker & Greig, 2007).

따라서 수원시 곳곳에 산재해 있는 도시녹지 및 잠재적인 녹지 공간을 수원시 외부의 국가-광역 단위의 생태축으로 확대하기 위해서는 핵심 서식처, 대규모 녹지 등 주요 연결지역 및 구간을 설정하고 개발로 인해 단절된 곳곳의 서식처들을 선형의 녹지공간으로 연결시켜주는 등 수원시 녹지축의 체계 정립과 생태공간계획 수립이 필요하다.

〈그림 4-10〉 녹지축의 공간화를 위한 위계 및 단계적 접근 방안



자료 : 박종순 외(2013)

생태공간계획은 도시녹지 연결의 정량적 평가 및 시나리오 분석을 통해 수립이 가능하다. 도시녹지 시나리오 분석을 통한 생태공간계획의 수립은 도시녹지의 유형에 따른 정량적 결과 도출이 가능하며 이를 통해 연결의 우선순위를 선정할 수 있다. 나아가 미집행공원 선정의 기준 마련이 가능하다.

국가-광역-도시의 위계가 연결된 수원시 녹지축 수립의 도입을 위해서는 녹지축 구축 후 이를 고려한 도시계획이 수반되어야 한다. 도시기본계획과의 연계성을 확보하는 것은 생태공간계획 도입의 실제적인 실천 방안이 될 수 있다. 이는 도시기본계획 상에 제시된 기존의 추상적인 녹지축을 개선할 수 있는 방법이며, 도시계획을 위한 개발 가능지 분석 시 개발이 어려운 고지대와 경사가 급한 지역을 개발 불가능지로 선별하는 것에서 탈피해, 생태계의 연결성에 근거해 개발 가능지를 분석한다면 보다 친환경적인 도시계획을 수립할 수 있다(국토해양부, 2012; 박종순, 2013).

〈그림 4-11〉 한국형 그린인프라 개념도



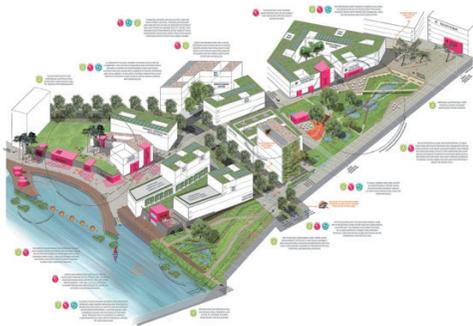
자료 : 박종순(2020)

2. 핵심 생태계 및 녹지축 보전 및 복원

생태계는 연결된 하나의 시스템으로 유기적 연결성이 감소하면 생태계 서비스 기능 및 효과가 제한될 수 있다. 도시 녹지축의 구축을 통해 생물서식공간이 취약한 도시공간에 다양한 생물다양성(biodiversity)을 확보하거나 바람통로, 열섬현상 등 도시미기후를 조정할 수 있게 되고, 보전이 꼭 필요한 토지를 사전에 보전하게 되어 더 좋은 개발을 유도할 수 있다 (Benedict and McMahon, 2006; 박창석 외, 2007). 지속가능한 녹지축 구축을 위해서는 먼저 도시 지역의 핵심지역과 이와 연결되는 거점지역의 생태계를 보전하고 복원해야 한다.

주요 녹지축의 핵심지역은 생물종의 중요한 종의 번식과 관련된 지역 또는 생태적으로 중요한 서식처가 된다(Cook & Van Lier, 1994). 거점지역은 도시 내 조성된 대규모 녹지공간으로 생태적 가치를 높일 수 있는 잠재적 가능성이 있는 토지로서 습지, 습윤지성 숲을 조성하기에 적합한 토지이며, 도시 내 동·식물종의 분포영역 확대 및 서식공간 확보에 기여하는 지역으로 자연환경 개량 및 자연환경 재생·창출을 통하여 녹지의 기능을 강화할 수 있는 지역이다(박창석 외, 2007). 핵심지역 및 거점지역의 연결을 통해 구축된 녹지축은 궁극적으로 도시의 물환경 체계와 연결되어야 한다. LID(저영향개발기법)을 통해 하천, 저수지, 지하수 등과 가로수, 도시공원 등의 인공녹지를 연결하여 물순환 체계를 구축해야 한다.

〈그림 4-12〉 원헨 이자르강의 유역연계 복원계획 및 복원사진



자료 : 김이형(2020)

주요 녹지축 및 거점지역에 대한 지속적인 보전을 위해서는 생태적 건강성 유지 관리가 필요하다. 이를 위해 주요 서식지 평가, 위협요인 저감 방안 등을 마련하여 보호계획을 수립해야 한다. 또한, 보호계획 수립 및 실행의 효율성 증진을 위해 환경공간정보 데이터를 구축하고 이를 활용한 평가를 통해 정량적이고 정확한 계획 수립이 가능할 것이다.

3. 녹지축간의 물리적·기능적 연결

도시지역은 지속적인 개발로 인해 다양한 생태계서비스가 감소되고, 서식지의 파편화 증가, 생물다양성 감소, 유전적 변이 등 다양한 부정적 영향이 나타나고 있다. 연결성은 생태계 건강과 지구 환경 변화에 대한 탄력성에 중요한 역할을 한다(Thompson and Gonzales, 2017). 연결성과 생태계서비스 강화를 위해서는 도시 녹지 공간을 연결하여 분산과 이동을 촉진하는 녹지축의 네트워크 형성이 필요하다.

녹지축 간의 연결성을 강화하기 위해서는 도시녹지의 물리적 연결뿐만 아니라 정량적 평가를 통한 기능적 연결을 고려한 계획을 수립해야 한다. 녹지축을 면, 선, 점으로 유형화하고 생물체의 이동, 서식지 현황 등의 기준을 적용하여 평가체계를 마련하고 이에 따른 체계화된 녹지축을 바탕으로 각각의 녹지를 조성할 수 있다. 면적 유형의 도시녹지는 빈집, 유휴지와 같은 도시 곳곳에 방치된 공간의 공원화 할 수 있다. 이러한 공간을 녹지공간으로 활용하면 녹지가 부족한 도심 지역에서 신규 녹지공간을 창출할 수 있으며, 공원조성사업의 토지 매입 비용 절감 등의 효과를 얻을 수 있다.

〈그림 4-13〉 빈집을 활용한 녹지 조성 사례



자료: 저자 작성

선형의 녹지 유형은 가로수 및 띠녹지, 하천 주변 녹지 등으로 확보가 가능하다. 녹지가 부족한 도심 내 가로수는 야생동물의 서식지 제공하여 도시생물다양성의 유지 및 증진에 기여하고, 차단된 도시녹지의 연결 축으로서의 역할과 도시 야생동물의 이동통로로서의 기능, 도시에서의 산림과 잔존 산림, 공원 등의 연계를 포함한 도시 생태네트워크 기능을 한다(산림청, 2020). 가로수는 도시지역에서 가장 흔하게 접할 수 있는 녹지공간으로 가로수 하부의 공간을 활용하여 띠녹지를 조성하면 소동물의 서식처 마련 및 거점 녹지의 연결통로가 될 수 있다.

〈그림 4-14〉 가로녹지 조성 사례



자료: City of Vancouver 홈페이지

소생물의 서식처가 되며 생활공간과 가장 가까운 곳에서 시민들이 녹지를 체험할 수 있는 점적 유형의 녹지는 옥상녹화 및 벽면녹화 등으로 조성할 수 있다. 수원시는 옥상녹화 조성 시 보조금 지원에 대한 내용을 「수원시 도시녹화 등에 관한 조례」에서 규정하고 있다. 따라서 기존 녹지축과 연계될 수 있는 건축물 중 옥상녹화 조성이 가능한 지역을 찾아 지원한다면 녹지축과 도시녹지와 연계성 확보가 가능할 것이다.

〈그림 4-15〉 옥상녹화 및 벽면녹화 사례



자료: (좌)아름식물원 홈페이지-송죽동 옥상녹화



자료: 수원시 지동 벽면녹화 사례. 저자 작성

4. 도시재생사업 및 민간지원사업 등과 연계

생활권 주변의 도시공간 녹화 및 복원을 통한 시민체감형 녹지의 효과적인 조성을 위해서는 기존 도시재생뉴딜 사업과 연계방안을 마련해야 한다. 도시재생뉴딜은 기존의 도시개발 사업과 달리 물리적 환경 개선뿐만 아니라 주민의 역량 강화를 통해 도시를 ‘종합적으로 재생’하는 정책사업으로 노후 주거지와 쇠퇴한 구도심을 지역 주도로 활성화해 도시 경쟁력을 높이고 일자리를 만드는 국가적 도시혁신 사업이다(<https://www.korea.kr/>).

도시 곳곳에 방치된 빈집이나 공터 등을 활용해 새로운 녹지를 창출할 수 있고, 기존의 주차장을 투수블록 등을 설치한 생태주차장으로 조성해 도시의 생태적 건강성을 향상시킬 수 있다. 또한, 서울시가 추진한 “10만 녹색색지방만들기” 사업 등과 같은 옥상녹화 민간지원사업 등과 연계하여 새로운 녹지를 창출할 수 있다. 나아가 빈집, 옥상녹화와 같은 녹지의 조성은 녹지축-도시녹지 연결 시나리오 분석 결과를 활용하여 연결의 우선순위를 결정하고 인센티브 적용의 기준으로 활용할 수 있다.

5. 시민인식 증진사업 추진

삶의 질 향상의 욕구 증가와 COVID-19와 같은 질병의 확산으로 도시에서 자연경관에 대한 수요가 증가하면서 생태계서비스의 질적·양적 증대가 요구되고 있다. 생태계서비스는 언제 어디서나 접근이 가능한 그린인프라를 확보함으로써 시민들이 체감할 수 있는 도시녹지 조성 및 녹지축과의 연결성 강화를 통해 증대될 수 있다. 도시녹지의 연결성 강화는 생태적 측면에서의 계획 수립 및 복원사업 등 물리적 환경개선도 중요하지만 장기적인 발전을 위해서는 생태계서비스에 대한 주민들의 인식이 중요하다.

생태적 환경계획의 필요성이나 생태계 서비스에 대한 주민인식은 시민 환경교육이나 홍보를 통해 증대될 수 있다. 환경교육은 개인이 환경 문제를 탐색하고 문제 해결에 참여하며 환경개선을 위한 조치를 취할 수 있도록 하는 과정으로, 개인은 환경 문제에 대한 더 깊은 이해를 발전시키고 정보에 입각한 책임 있는 결정을 내리는 기술을 갖게 된다(EPA 홈페이지). 지속적인 환경교육은 결과적으로 지역 주민들이 환경계획에 직접 참여할 수 있도록 유도해야 한다. 지역 주민들이 평가에 참여하여 다양한 이해당사자들의 의견을 반영하고, 그에 따른 실행 방안이나 대안적 계획을 제시할 수 있다. 나아가 환경계획의 지역주민 참여는 지역 환경을 잘 아는 주민 및 전문가의 의견 수렴으로 지역 특색을 효율적으로 반영할 수 있다.

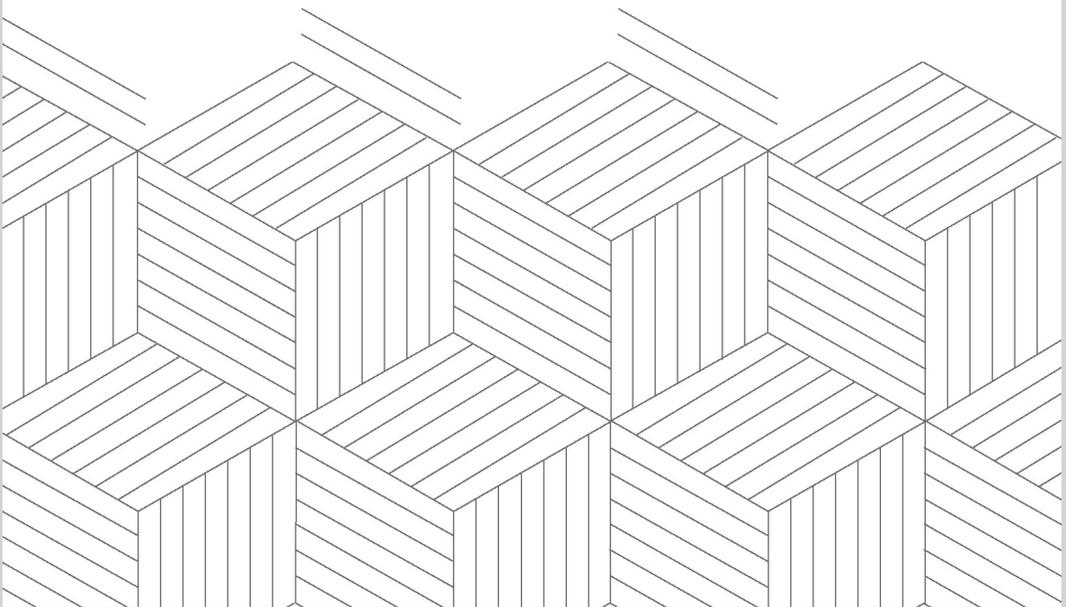
〈그림 4-16〉 도시환경계획의 과정



자료 : 이재혁 외(2017)

제5장 결론

제1절 연구의 의의 및 한계
제2절 정책 제언



제1절 연구의 의의 및 한계

폭염, 폭우 등 이상기후뿐만 아니라 탄소중립의 문제가 주요 이슈로 대두되면서 도시의 지속가능성측면에서 그린인프라의 중요성이 강조되고 있다. 본 연구에서는 과거 도시계획 및 공원녹지기본계획 등 공간계획 수립 시 추상적인 개념으로만 적용되는 녹지축을 보다 과학적인 데이터를 기반으로 구축된 녹지축을 바탕으로 녹지축간의 연계방안을 마련하였다.

본 연구에서는 공간생태학적 특성을 고려한 수원시 그린인프라 구축기법 연구(2020)에서 도출된 데이터 기반의 녹지축을 대상으로 그린인프라 구축 시 나타날 수 있는 생물다양성 및 생태계서비스 제공 등의 생태적 가치 및 효과를 그린인프라 구축의 목표로 설정하고 이를 달성할 수 있는 도시녹지 시나리오를 구축하였다. 도시녹지 시나리오 설정 시 최근 자연기반 해법 등과 같이 도시환경문제를 그린인프라를 통해 해결할 수 있도록 연계하였다.

녹지축 연계 시나리오 분석을 통해 녹지축과 도시녹지의 연결경로를 제시하였다. 시나리오의 유형을 점, 선, 면, 통합 유형으로 구분하고 빈집, 유휴지, 가로수 및 띠녹지, 옥상녹화 가능 건축물 등의 데이터를 활용하여 연결비용 감소효과를 정량화하였다. 연구결과, 녹지축의 연결성 확보를 위해서는 양적인 증가뿐만 아니라 조성위치 등 공원녹지의 배치가 중요한 것으로 나타났다. 공원, 가로수, 옥상녹화 등이 통합된 형태의 공원녹지 조성이 가장 비용저감효과가 높았으나 연결성의 효과는 면적인 유형, 선적인 유형, 점적인 유형 순으로 효과가 나타났다.

본 연구결과는 도시기본계획, 공원녹지기본계획 내 녹지축을 구축하고 실현하기 위한 기초자료로 활용이 가능하다. 또한, 공원녹지 조성 시 시나리오 비용저감 효과가 높은 지역을 중점 조성지역으로 고려할 수 있다. 특히, 녹지축-도시녹지 연결구간 내 옥상녹화 조성 시 지원하는 등의 그린인프라 구축을 위한 민관협력방안 및 민간지원사업 추진을 통해 그린인프라 구축을 실현하는데 기여할 것이다.

본 연구에는 빈집데이터, 가로수 조성 구간 등 시나리오 데이터 확보의 한계로 시범대상지를 대상으로 시나리오 분석을 실시하였으나 향후 수원시 전역에 대한 데이터 확보 및 다양한 시나리오 분석 방법론을 적용하여 그린인프라 연결경로를 일반화 하는 과정이 필요할 것으로 판단된다.

제2절 정책 제언

그린인프라 구축을 위한 녹지축과 도시녹지 연계방안을 현실화하기 위해 시나리오를 적용하였다. 본 연구에서 제안한 시나리오는 도시계획 수립 및 공원녹지 조성차원에서 활용할 수 있는 대안을 제시하였다.

■ 공원녹지 배치계획을 통한 도시공간 구조 개선

도시 연결성 강화를 위한 도시공간구조 개선 기준 제시가 가능하다. 공원녹지 배치계획에 적용하여 그린인프라를 실현시키는데 기여할 수 있을 것이다. 또한, 녹지축 연결에 기여할 수 있도록 장기미집행공원의 우선순위 및 신규 공원녹지 대상지 선정 기준에 본 연구결과를 활용할 수 있다. 또한, 그린인프라 조성을 통해 도시의 물순환, 정주지역의 탄소흡수원 확대, 기후 탄력성 증진 등 도시공간 구조를 개선하여 수원의 녹색도시 실현에 기여할 것이다.

■ 도시계획-환경계획 연동제 실현

수원시는 현재 2040 도시기본계획 수립 중에 있다. 도시기본계획차원에서 기존 추상적 녹지축에서 보다 과학적인 데이터 기반의 녹지축 및 녹지축의 연결경로를 활용하여 도시계획과 환경계획 연동의 기반으로 활용이 가능하다. 또한, 개발계획 수립 시 녹지축을 고려한 친환경 계획 수립 가능할 것이다.

■ 공원녹지의 질적인 향상 및 민간분야에서의 그린인프라 확대

수원시는 2021년 9월 기준으로 조성이 완료된 1인당 도시공원 면적이 6.75㎡로 법적기준을 초과한 상태이다. 현재 주민등록상의 122만 인구 기준으로 봤을 때 도시공원의 양적인 부분은 상당부분 확보된 상태라 볼 수 있다. 이에 공원녹지의 양적인 확대도 중요하지만 그린인프라 측면에서 중요한 지역에 대한 공원녹지의 질적인 향상이 필요한 시점이다. 또한, 공공공간 외 민간차원에서의 아파트 내 조경공간 및 건축물의 옥상녹화 및 벽면녹화 등의 인공지반녹화에 대한 지원 기준이 필요한 시점이다.

■ 시민인식 증진을 위한 교육·홍보 확대

그린인프라 구축은 도시열섬효과 및 도시침수 등 기후변화 영향 완화 등 도시환경문제의 해결방안으로 제시되고 있다. 그밖에 생물다양성, 생태계서비스 제공 등 다양한 혜택을 제공하고 있어 이에 대한 교육 및 홍보가 필요하다. 특히, 가로수 등 공원녹지 관리 시 시민의

참여를 확대할 필요가 있다.

본 연구를 통해 보다 과학적인 데이터를 기반으로 녹지축의 연결이 가능할 것으로 보이며 도시계획 및 환경계획 분야에서 각종 개발사업에 따른 녹지축 훼손 최소화 및 그린인프라 확대를 통한 물순환, 생물다양성뿐만 아니라 탄소중립 등 수원시의 주요 환경문제 해결에 기여할 것으로 판단된다.

| 참고문헌 |

〈국문 자료〉

- Sandro Albro. (2020). 공터에 활기를-그린 인프라 네트워크의 계획과 실천. 국토연구원.
- 강동진, 김효민. (2017). 최소비용분석을 통한 도시 물길복원 경로설정 모델 개발. 한국도시설계학회지. 제18권 3호. p.77-87.
- 강완모, 송영근, 김호결, 김남춘, 송원경. (2019). 국내 옥상경관 연결성의 정량적 분석 및 시각화. 한국지적정보학회. 제21권 2호. p.198-207.
- 관계부처 합동. (2018). 제4차 국가생물다양성전략(2019~2023년).
- 국립생태원. (2015). 지속가능한 국토이용을 위한 생태계서비스(생태가치) 평가-공급서비스.
- 국립생태원. (2017). 생태계서비스 평가를 위한 가이드라인.
- 김은영, 정경민. (2020). 공간생태학적 특성을 고려한 수원시 그린인프라 구축기법 연구. 수원시정연구원.
- 김이형. (2020). 자연기반해법(NBS)의 원칙 및 적용사례. 한국수자원학회지. 제53권 3호. p.8-20.
- 박경훈, 정성관, 이현택, 오정학, 김경태. (2004). 금호강 유역 산림의 경관생태적 패턴분석. 한국지리정보학회. 제7권 3호. p.22-34.
- 박재철, 양홍모, 장병관. (2012). 녹색 인프라 구축을 위한 정책, 한국조경학회지. 제40권 5호. p.43-50.
- 박종순, 최영국, 김선희, 임은선, 이진희, 이희라, 김유란. (2013). 환경과 조화로운 국토계획 및 환경계획을 위한 광역생태축 적용 방안 연구. 국토연구원.
- 박종순. (2020). 포스트 코로나 시대의 국토 그린인프라 정책 방향. 국토연구원 세미나 발표자료.
- 박종훈, 양병이. (2010). 녹지네트워크의 기능향상을 위한 서울시 중구의 옥상녹화 입지 선정: 조류를 목표종으로 활용하여. 한국생태환경건축학회 논문집, 제10권 6호, p.3-10.
- 박창석, 오규실, 오충현, 한봉호, 이영숙, 김재호. (2007). 도시생태축 구축을 위한 가이드라인 개발. 한국환경정책·평가연구원.
- 박청인. (2010). 주민의 공원녹지의식에 따른 도시공원녹지확충 연구-수원시의 공원녹지사례를 중심으로. 한국산림휴양학회지. 제14권 3호. p.29-37.
- 박형석, 최환규, 정세웅. (2015). 불투수면 저감기법의 유출량 및 오염부하량 저감 효과 분석. 환경영향평가, 제24권 1호, p.16-34.
- 산림청(2020). 가로수 조성·관리 매뉴얼.
- 성현찬, 민수현. (2003). 도시녹지의 기능 및 효과에 대한 실증적 연구-도시 가로수를 중심으로-. 한국조경학회지. 제31권 2호. p.48-57.

- 송원경. (2011). 공간그래프 이론을 적용한 삶 서식지 네트워크 모형 개발. 서울대학교 박사학위논문.
- 송인주, 윤초롱. (2019). 서울시 생태계서비스 평가체계 구축과 활용방안. 서울연구원.
- 수원시. (2012). 2020 수원시 공원녹지 기본계획.
- 수원시. (2018). 2030 수원도시기본계획 변경(안).
- 수원시. (2019). 수원시 자연환경조사 및 도시생태현황지도 갱신 최종보고서.
- 수원시. (2020). 2030 수원시 공원녹지 기본계획 공청회 자료집.
- 수원시. (2021). 2030 수원시 공원녹지 기본계획.
- 오규식, 이동우, 정승현, 박창석. (2009). 도시 생태네트워크 설정을 위한 공간의사결정지원체계에 관한 연구; 경관생태학 이론을 기반으로. 한국GIS학회지. 제17권 3호. p.251-259.
- 우경숙, 서주환. (2016). '정원'의 시대적 정의에 관한 연구-문헌연구와 빅데이터를 활용한 키워드 분석을 중심으로-. 한국조경학회. 제44권 5호. p.1-11.
- 육근형, 강민구, 강완모, 고인수, 배소연, 이민규, 최광훈, 허진욱, 이도원. (2010). 생태계 서비스와 인간 문화의 바탕이 되는 생물다양성과 위협 요인. 환경논총. 제49권. p.1-25.
- 이동근, 송원경, 전성우. (2008) 경관투과성 및 최소비용경로 분석을 통한 수도권 지역의 광역생태축 구축 연구. 한국환경복원기술학회지 제11권 3호. p94-106.
- 이재혁, 김혜란, 김벼리, 권혁수. (2017). 생태계서비스 지역평가 교육자료. 국립생태원.
- 임용호, 엄정섭. (2007). 도시하천 복원경로 추적모형 개발. 대한공간정보학회 학술대회. p.105-110.
- 전승훈. (2003). 도시생태계 네트워크 구축 방안. 자연보존. 제124호. p.7-15.
- 주우환, 권현수, 장인영, 정필모, 김무한, 박홍준, 김정인, 박은진, 김정규, 이희철. (2017). 생태계서비스 평가를 위한 가이드라인. 국립생태원.
- 최진영, 강문성, 배승중, 정세웅. (2010). 갑천 유역의 불투수율 변화에 따른 경관 생태학적 지표의 평가. 한국수자원학회 학술발표회. p.263-268.
- 최희준, 이정아, 손희정, 조동길, 송영근. (2017). 도시정원 도입을 위한 고밀 시가지지역 내 녹지 네트워크 구축 가능성 평가. 한국환경생태학회지, 제31권 2호, p.252-265.
- 한봉호, 박정인, 박성철, & 허지연. (2014). 도시녹지 네트워크 강화를 위한 가로녹지 조성계획 연구. 한국환경생태학회지, 제28권 2호, p.128-141.
- 환경부. (2009). 도시생태현황지도(비오톱지도) 작성지침.
- 황경수, 최영국, 엄상근, 조창제. (2007). 도시녹지의 분포특성에 기초한 녹지총량산정에 관한 연구 - 수도권지역을 사례로-. 국토연구원.
- 황병목, 고동욱, 강완모. (2021). 매개중심성 분석을 활용한 서울시 미집행공원 내 사유지 보전 우선순위 평가. 한국산림과학회. 제110권 1호. p.22-34.

〈영문 자료〉

- Benedict, Mark A. & McMahon Edward T., (2006), Green Infrastructure, Island Press.
- Borgatti, S. P., & Everett, M. G. (2006). A graph-theoretic perspective on centrality. *Social networks*, Vol.28, No.4, pp.466-484.
- Braaker, S., Ghazoul, J., Obrist, M. K., & Moretti, M. (2014). Habitat connectivity shapes urban arthropod communities: the key role of green roofs. *Ecology*, Vol.95, NO.4, pp.1010-1021.
- 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", *Conserv Biol*, Vol.26, pp.78-87.
- Cisneros-Araujo, P., Ramirez-Lopez, M., Juffe-Bignoli, D., Fensholt, R., Muro, J., Mateo-Sánchez, M. C., & Burgess, N. D. (2021). Remote sensing of wildlife connectivity networks and priority locations for conservation in the Southern Agricultural Growth Corridor (SAGCOT) in Tanzania. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*.
- Cook, E. A., & Van Lier, H. N. (1994). Landscape planning and ecological networks. In *Landscape planning and ecological networks*. Elsevier; *Developments in Landscape Management & Urban Planning*, 6F.
- Costanza, R., & Folke, C. (1997). Valuing ecosystem services with efficiency, fairness and sustainability as goals. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*, pp.49-70.
- Crooks, K. R., Burdett, C. L., Theobald, D. M., King, S. R., Di Marco, M., Rondinini, C., & Boitani, L. (2017). Quantification of habitat fragmentation reveals extinction risk in terrestrial mammals. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, Vol.114, No.29, pp.7635-7640.
- Díaz, S., J. Fargione, F.S. III Chapin, D. Tilman, (2006), Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being, Vol.4, No.8, e277.
- Dominati, E., Patterson, M., & Mackay, A. (2010). A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological economics*, Vol.69, No.9, pp.1858-1868.
- Drielsma D., Simon F., Glenn M. (2007), A raster-based technique for analysing habitat configuration : The cost-benefit approach. *Ecological Modelling*, Vol.202, No.3-4. pp.324-332.
- Duinker, P. N., & Greig, L. A. (2007). Scenario analysis in environmental impact

- assessment: Improving explorations of the future. *Environmental impact assessment review*, Vol.27, No.3, pp.206-219.
- Dutkiewicz, A., Volk, H., George, S. C., Ridley, J., & Buick, R. (2006). Biomarkers from Huronian oil-bearing fluid inclusions: an uncontaminated record of life before the Great Oxidation Event. *Geology*, Vol.34, No.6, pp.437-440.
- EEA Signals. (2019). Land and Soil in Europe.
- EEA. (2014). Spatial analysis of green infrastructure in Europe.
- Fall, A., Fortin, M., Manseau, M., and O'Brien, D., (2007), "Spatial graphs: principles and applications for habitat connectivity", *Ecosystems*, Vol.10, pp.448-461.
- Foley, J., DeFries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S., Chapin, F., Coe, M., Daily, G., and Gibbs, H., 2005, Global consequences of land use. *Science*, Vol.309, pp.570-574.
- Gibbs, J. P., & Faaborg, J. (1990). Estimating the viability of Ovenbird and Kentucky Warbler populations in forest fragments. *Conservation biology*, Vol.4, No.2, pp.193-196.
- Groom, M.J., G.K. Meffe and C.R. Carroll, (2006), *Principles of Conservation Biology*.
- Harvey, E., Gounand, I., Ward, C. L., & Altermatt, F. (2017). Bridging ecology and conservation: from ecological networks to ecosystem function. *Journal of Applied Ecology*, 54(2), 371-379.
- Holzwarth, S., Thonfeld, F., Abdullahi, S., Asam, S., Da Ponte Canova, E., Gessner, U., & Kuenzer, C. (2020). Earth Observation Based Monitoring of Forests in Germany: A Review. *Remote Sensing*, Vol.12, No.21, 3570.
- Honeck, E., Sanguet, A., Schlaepfer, M. A., Wyler, N., & Lehmann, A.. (2020). Methods for identifying green infrastructure. *SN Applied Sciences*, Vol.2, No.11, 1-25.
- Hou, W., Neubert, M., & Walz, U. (2017). A simplified econet model for mapping and evaluating structural connectivity with particular attention of ecotones, small habitats, and barriers. *Landscape and Urban Planning*, Vol.160, pp.28-37.
- Indrawati, L., Murti, B. S. H., & Rachmawati, R. (2020). Integrated ecological index (IEI) for urban ecological status based on remote sensing data: a study at Semarang-Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol.500, No.1, pp.12-74.
- IPBES. (2018). Media release: biodiversity and nature's contributions continue dangerous decline, scientists Warn | IPBES-6 plenary.

- IPBES. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014 Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp.151.
- IUCN. (2020). Ensuring effective nature-based solutions.
- Kattan, G. H., Alvarez-López, H., & Giraldo, M. (1994). Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later. *Conservation Biology*, Vol.8, No.1, pp.138-146.
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.
- Lechner, A. M., Harris, R. M., Doerr, V., Doerr, E., Drielsma, M., & Lefroy, E. C. (2015). From static connectivity modelling to scenario-based planning at local and regional scales. *Journal for Nature Conservation*, Vol.28, pp.78-88.
- Levin, G. (2006). Dynamics of Danish Agricultural Landscapes and the Roles of Organic Farming (Doctoral dissertation, National Environmental Research Institute, Ministry of the Environment).
- Levin, G., Fjellstad, W. J., Hedblom, M., Rehunen, A., & Münier, B. (2008). Connectivity of nature in the Nordic countries (CONNOR). Nordic Council of Ministers.
- Maffi, L. (2005). Linguistic, cultural, and biological diversity. *Annu. Rev. Anthropol.*, 34, pp.599-617.
- Magdalena Siemaszko. (2015). Altitudinal gradient and bird species distribution in the limestone forest of the Manusela National Park, Seram, Moluccas, Indonesia.
- McEuen, A. (1993). The wildlife corridor controversy: a review. *Endangered species update*, Vol.10, No.11, pp.1-7.
- McRae, B. H., Hall, S. A., Beier, P., & Theobald, D. M. (2012). Where to restore ecological connectivity? Detecting barriers and quantifying restoration benefits. *PloS one*, Vol.7, No.12, e52604.
- Millennium Ecosystem Assessment, (2005), *Ecosystems and human well-being:*

- Biodiversity synthesis, Washington (D.C.): World Resources Institute.
- Paetkau, D., Waits, L. P., Clarkson, P. L., Craighead, L., Vyse, E., Ward, R., & Strobeck, C. (1998). Variation in genetic diversity across the range of North American brown bears. *Conservation Biology*, Vol.12, No.2, pp.418-429.
- Rusche, K., Reimer, M., & Stichmann, R. (2019). Mapping and assessing green infrastructure connectivity in European city regions. *Sustainability*, Vol.11, No.6, pp.1819.
- Saito, I., Ishihara, O., & Katayama, T. (1990). Study of the effect of green areas on the thermal environment in an urban area. *Energy and buildings*, Vol.15, pp.493-498.
- Schipper, J., Chanson, J. S., Chiozza, F., Cox, N. A., Hoffmann, M., Katariya, V., ... & Young, B. E. (2008). The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. *Science*, 322(5899), pp.225-230.
- Singelton, P.H., et al., (2002). Landscape Permeability for Large Carnivores in Washington: A Geographic Information System Weighted-Distance and Least-Cost Corridor Assessment. United States Department of Agriculture. Pacific Northwest Research Station.
- Smith, R. L., Smith, T. M. (2011). *Elements of ecology*.
- Surface-Evans, S. L., & White, D. A. (2012). An introduction to the least cost analysis of social landscapes. *Least cost analysis of social landscape: archaeological case studies*. The University of Utah Press. Salt Lake City, pp.1-7.
- Thompson, P. L., & Gonzalez, A. (2017). Dispersal governs the reorganization of ecological networks under environmental change. *Nature Ecology & Evolution*, Vol.1, No.6, pp.1-8.
- Wang, J. W., Poh, C. H., Tan, C. Y. T., Lee, V. N., Jain, A., & Webb, E. L. (2017). Building biodiversity: drivers of bird and butterfly diversity on tropical urban roof gardens. *Ecosphere*, 8(9), e01905.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*.
- Wilcove, D. S., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A., & Losos, E. (1998). Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience*, Vol.48, No.8, pp.607-615.
- Zetterberg, A., Mörtberg, U. M., & Balfors, B. (2010). Making graph theory operational for landscape ecological assessments, planning, and design. *Landscape and urban*

planning. 95(4): 181-191.

Zhang, Y., Murray, A. T., & Turner Li, B. L. (2017). Optimizing green space locations to reduce daytime and nighttime urban heat island effects in Phoenix, Arizona. *Landscape and Urban Planning*, Vol.165, pp.162-171.

〈인터넷 매체〉

EPA 홈페이지 (<https://www.epa.gov/education/what-environmental-education>)

Food and Agriculture Organization of the United Nations(FAO, 2021)

(<http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/supporting-services/en/>)

<https://greeninfrastructure.net/>

What is Biodiversity? (<https://eatlas.org.au/content/what-biodiversity>)

대한민국 정책브리핑(<https://www.korea.kr/>)

수원일보. (2019.06.11. 수원시, '도시 계획 및 환경보전계획의 통합관리에 관한 규칙' 제정)
위키피디아

(By LeJean Hardin and Jamie Payne derivative work: Jarl Arntzen (talk) -
http://www.ornl.gov/info/ornlreview/v33_2_00/research.htm, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7268088>)

유럽연합 홈페이지

(https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/benefits/index_en.htm)

Abstract



How to Connect Green Axis and Urban Green Space to Build Green Infrastructure

The importance of green infrastructure is being emphasized as a way to solve urban environmental problems such as climate change and carbon neutrality. It is necessary to study the green network based on the scientific data that can be applied to spatial planning such as urban planning rather than the existing conceptual green axis. In this study, the cost of connecting green axes and the difference in routes were analyzed through the urban green space scenario analysis. Also, alternatives to increase the connectivity were presented through scenarios.

We conducted the least cost path analysis to connect the green axes. To analyze the least cost path, the required cost was calculated by using the resistance value considering the characteristics of land such as official land prices, impervious rates, and NDMI (Normalized Difference Moisture Index) data. The scenario was set to consider the types of urban green space such as areal (e.g. vacant houses, unused spaces) linear (e.g. street trees) and dotted spaces (e.g. rooftop green area). We analyzed the difference of the least cost path between the each scenario and the current green space. As a result of the scenario analysis, the integrated urban green space scenario was the most effective to connect the green space axes. Connecting the green space axis in the order of areal, linear and dotted spaces was found to be more effective to improve the connectivity. Especially, the path from No. 30 to No. 9 showed the greatest cost reduction among all scenarios.

In order to build green infrastructure, the following strategies are suggested :
i) ecological space plan covering the entire Suwon city, ii) conservation and restoration of the green axis and the ecosystem, iii) physical and functional connection between the green axes, iv) building green space in urban regeneration

projects, v) education and publicity for green infrastructure awareness.

In this study, we analyzed how to connect the green axis and urban green space for a data-based green infrastructure using scenarios. The results of this study can be used to solve the urban problems using green infrastructure, which is a related to a Nature-based Solution. It also can be used as basic data to understand the green infrastructure and to select new urban parks in urban planning or urban forest planning. It is necessary to analyze the entire areas in Suwon city beyond the pilot site and to generalize the path through various analysis methods for the future study.

Keyword : Urban ecological network, Green infrastructure, Green axis, Least cost path,
Scenario

| 저자 약력 |

김은영

공학박사

수원시정연구원 연구기획실 연구기획팀장(현)

E-mail : eykim@suwon.re.kr

주요 논문 및 보고서

「공간생태학적 특성을 고려한 수원시 그린인프라 구축기법 연구」 (2020, 수원시정연구원)

「수원시 야생생물보호구역 지정 방안 연구」 (2019, 수원시정연구원)

「수원시 가로수 건강성 평가 : 종로 및 소로를 중심으로」 (2019, 수원시정연구원)

「2030 수원시 공원녹지 비전 및 전략 수립」 (2018, 수원시정연구원)

「수원시 폭염 취약계층 분석 및 대응전략 수립」 (2017, 수원시정연구원)

「수원시 도시 회복력 평가 및 증진방안 수립」 (2017, 수원시정연구원)

「수원시 도시공원의 생태계서비스 평가」 (2016, 수원시정연구원)

정경민

조경학석사

수원시정연구원 도시공간연구실 위촉연구원(현)

E-mail : km3737@suwon.re.kr

