

취약계층을 고려한 도심 녹지 입지 적합성 연구 - NDVI와 사회·환경 데이터를 활용하여 -

문지윤¹·이진이²·임형주^{3*}

A Study on the Suitability of Urban Green Space Considering the Vulnerable Classes - Using NDVI and Social Environmental Data -

Jiyeon Moon¹·Jean Lee²·Hyungjoo Yim^{3*}

요 약

전 세계적으로 도심지의 인구 밀도가 증가하고 있으며, 다양한 도시화의 문제를 해결하기 위한 도심 녹지 확충 방안이 주목하고 있다. 그러나 현재의 도심 녹지는 사회인구학적 형평성과 환경적 요소를 고려하지 않은 채, 단순히 면적 확장에 중점을 둔 공급 정책에 집중되어 있다. 따라서 본 연구에서는 서울시를 대상으로 도심지 녹지 비율이 상대적으로 낮은 지역에 취약계층의 주거 환경을 개선하기 위한 새로운 도심 녹지 입지를 제안하고자 하였다. 연구 결과, 인구학적 특성에 따라 도심 녹지 입지 분석의 적합성 점수가 서로 다르게 나타남을 확인할 수 있었다. 어린이를 고려한 도심 녹지 입지 적합성 분석 결과, 용산구, 강동구, 광진구에서 높은 점수가 나타났다. 반면, 노인 및 천식환자의 인구 밀도를 고려한 도심 녹지 입지 적합성 분석 결과는 주로 서울시 중심부(중구, 종로구, 용산구)와 서북쪽(서대문구)에서 높은 적합성 점수를 보였다. 마지막으로, 모든 취약계층을 동시에 고려한 도심 녹지 입지 적합성 분석 결과, 서울의 중심부인 용산구, 중구, 종로구와 서북쪽 권역인 서대문구에서 높은 적합성 점수가 도출되었으며, 이는 노인 및 천식환자를 고려한 입지 적합성 결과와 유사한 양상을 보였다. 본 연구 결과는 서울시 도시 및 녹지 계획 수립을 위한 기초 자료로 활용할 수 있으며, 유사한 방법을 통해 각 지자체별 도시 계획 수립 자료로도 활용 가능하다. 또한 도시공원 조성의 필요성에 대한 시민들의 인식 제고에도 기여할 것으로 기대된다.

주요어 : 입지 분석, 적합성 점수, 도심녹지, NDVI, 사회환경 데이터

2024년 10월 21일 접수 Received on October 21, 2024 / 2024년 11월 11일 수정 Revised on November 11, 2024 / 2024년 11월 25일 심사완료 Accepted on November 25, 2024

1 한국항공우주연구원, 선임연구원 / Korea Aerospace Research Institute, Senior Researcher

2 서울대학교 국제대학원, 전문연구원 / Seoul National University, Research Fellow

3 서울대학교 건축학과, 석사 / Seoul National University, Master of Science

* Corresponding Author E-mail: hjyim33@snu.ac.kr

ABSTRACT

Globally, urban population density is increasing, and there is a focus on expanding urban green spaces to address various urbanization issues. However, current urban green spaces do not consider socio-demographic equity and environmental factors, and policies are primarily focused on expanding the area. Therefore, this study aims to propose new suitable locations for urban green spaces to improve the living environment of vulnerable groups in areas with relatively low urban green space ratios in Seoul. The study found that the suitability scores for urban green space locations varied according to demographic characteristics. The analysis of urban green space suitability for children showed high scores in Yongsan-gu, Gangdong-gu, and Gwangjin-gu. In contrast, the analysis considering the elderly and asthma patients showed high suitability scores mainly in the central areas of Seoul (Jung-gu, Jongno-gu, Yongsan-gu) and the northwest (Seodaemun-gu). Finally, the analysis considering all vulnerable groups simultaneously showed high suitability scores in the central areas of Seoul (Yongsan-gu, Jung-gu, Jongno-gu) and the northwest (Seodaemun-gu), similar to the results considering the elderly and asthma patients. The results of this study can be used as fundamental data for establishing urban and green space plans in Seoul and can also be utilized for urban planning in other municipalities using similar methods. Additionally, it is expected to contribute to raising public awareness of the need for urban parks.

KEYWORDS : Location Analysis, Suitability Score, Urban Green Space, NDVI, Social Environmental Data

서론

1. 연구 배경

최근 도시에 거주하고 있는 인구는 세계 인구의 절반 이상이며, 2050년에는 전체 인구의 60% 이상이 도시로 거주할 것으로 예측되고 있다(United Nations, 2016). 이렇게 급격히 증가하는 도시 인구 밀도로 인해 도시는 대기오염, 지구온난화로 인한 도시열섬 현상 등 다양한 환경오염 문제에 직면하고 있다. 이러한 문제에 대비하기 위한 방안으로 도심 내 녹지 확보가 주목되고 있다.

그러나 현재의 도심 녹지는 노약자 밀집도와 같은 사회인구학적 형평성을 고려하지 않고 있으며, 미세먼지 농도와 기온이 높은 지역 등 환경적 요소도 충분히 반영하지 않고 단순히 면적 확보에 중점을 둔 공급 정책에 집중되어 있다. 예

로, 서울시는 도심 녹지를 확보하기 위해 녹지생태도심 재창조 전략을 제안하였으며, 이는 서울 시민이 이용할 수 있는 녹지 면적이 전체 면적의 3.7%에 불과한 상황을 개선하기 위해 서울 녹지율을 15% 이상으로 높이는 것을 목표로 하고 있다(Seoul Metropolitan Government, 2022).

도심 녹지는 누구에게나 공평하게 제공되어야 하는 공공재이다. 모든 시민에게 도심 녹지의 공급을 공평하게 마련하기 위해, 우리나라는 1인당 녹지 면적을 12.5㎡로 확보하는 것을 목표로 두었으나, 우리나라는 WHO에서 지정한 기준인 9㎡보다 적은 녹지 면적을 보유하고 있으며 도심 녹지가 매년 3.5% 감소하는 추세에 있다(OECD, 2014). 이에 따라, 녹지공간 확보에 대한 불평등이 심각화되고 있는 가운데, 사회경제적 지위에 따라 도심 녹지 접근성에 차이가 있어 기후 위기 취약성이 높아진다고 밝힌 연구도 있다(Ko et al., 2019). 도심 녹지의 불평등

을 해소하기 위해 공공재로서의 역할이 중요하지만, 현재의 양적 확대 정책은 단순히 녹지 면적이 적은 지역에 녹지를 공급하는 데 그치며, 환경오염 완화와 건강 증진이 필요한 지역에 충분히 공급되지 않는 한계가 있다.

특히 기후변화는 사회적 취약계층에게 더 큰 악영향을 미치는데, 이는 기후변화 취약성의 개념과 밀접하게 연관된다. 기후변화 취약성은 기후변화라는 외적 스트레스에 대한 개인과 사회의 내적 시스템의 통합적인 문제로 보통 기후노출에 대한 민감도와 적응능력을 변수로 하는 함수로 정의된다. 기후변화 취약성 구성 요소에 따라 기후변화 취약계층은 특정 기후노출이 심한 지역에 거주하며, 기후노출에 상대적으로 민감하게 반응하고, 해결능력이 떨어지는 계층으로 정의된다(Barnett, 2011). 특히 어린이, 노인, 천식환자 등 사회인구학적으로 취약계층일수록 미세먼지와 같은 환경오염의 영향에 더 취약하다는 연구도 증가하고 있으나, 이러한 사회인구학적 요인을 고려하여 최적의 도심 녹지 입지를 살펴본 연구는 드물다. 예로, 어린이는 어른에 비해 환경오염 물질을 많이 흡수하고, 신체가 발달되지 못하기 때문에 환경오염에 취약하다고 밝힌 연구가 있다(Park, 2010). 또한, 우리나라 어린이가 노출된 환경 실태는 OECD 회원국 가운데 하위권을 차지하고 있는 가운데, 우리나라에서 환경오염으로 인해 사망한 5세 이하의 어린이는 10만 명당 13명이며 이는 세계적으로 상위권에 속한다(World Health Organization, 2017). 아울러, 2030년까지 초미세먼지로 인한 65세 이상 노인 사망자는 2015년보다 83% 증가하여 약 2천 명에 이를 것으로 예상된다(Hwang, 2019). 특히, 서울에 거주하는 노인의 경우, 초미세먼지 연평균 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 환경 질환으로 인한 사망 확률이 13.9% 증가한다는 연구도 있다(Hwang, 2019). 또한, 대기오염이 초래하는 질환은 환경성 질환으로, 대표적으로 천식이 있다. 천식은 미세먼지 등의 대기오염과 밀접한 관련이 있는 환경성 질환으로, 실제로 서울의 미세먼지와 초미세먼지 농도가 천식 입원률 증가와 밀접한 연

관이 있다고 밝힌 연구도 있다(National Institute of Environmental Research, 2010). 이와 유사하게 Zheng et al.(2015)은 공기 중 오염물질과 천식 악화의 연관성을 분석하여 대기오염이 천식 악화에 중요한 역할을 한다는 결론을 제시하기도 하였다. 이러한 결과는 공기질 개선 정책의 필요성을 강조하며, 특히 천식 환자에게 미치는 건강 위험을 줄이기 위해 대기오염 관리가 필수적임을 시사하였다.

이와 같은 배경에서 본 연구는 단순한 확장 위주의 공급 정책을 넘어 사회인구학적 요소와 환경적 요소를 고려한 도심 녹지 입지 적합성을 분석하고 최적의 입지를 제안하고자 한다. 기존 연구는 녹지 면적이나 접근성을 중심으로 도심 녹지의 지역 격차를 단순 비교하는 데에 그치는 한계를 가지고 있으며, 도심 녹지의 사회인구학적 형평성과 환경적 기능을 고려하지 못하고 있다. 따라서, 궁극적으로 본 연구의 목적은 서울시를 대상으로 취약계층을 고려한 도심 녹지 입지 적합성을 분석하고자 하는 데에 있다. 본 연구는 서울시 도시 및 녹지 계획 수립의 기초 자료로 활용될 수 있는 데 의미가 있다고 생각한다.

2. 선행 연구

도시 녹지 공원의 중요성에 대한 연구는 환경 문제와 기후변화의 부정적인 영향이 증가함에 따라 활발히 이루어지고 있다. 기존 연구에 따르면, 도시 녹지 공원은 도시 주민들의 신체 건강뿐만 아니라 정신적·심리적 건강에도 긍정적인 영향을 미친다. 녹지 공원은 신체활동을 위한 공간을 제공할 뿐만 아니라, 공기질을 개선하고 소음을 감소시키는 역할도 한다(Yang et al., 2012). 또한 심리적 안정감 제공 측면에서도 효과적이다. 예를 들어, Ulrich(1984)의 연구는 창문을 통해 녹지를 볼 수 있었던 환자는 그렇지 않은 환자보다 더 빠른 회복을 보였고, Schroeder and Hill(1993)의 연구는 녹지로 둘러싸인 환경이 그렇지 않은 도시 환경보다 도시 거주자의 스트레스를 줄이고 심리적 안정감을 높이는데 더 효과적이라고 보고하였다.

도시 녹지 공원의 건강 증진 기능 외에도, 환경적 기능이 주목받고 있다. 도시 지역은 주로 아스팔트나 콘크리트 같은 불투수층이 많아 태양에너지를 흡수해 지표면 온도를 상승시키고, 도시 내부의 에너지 소비량이 비도시 지역에 비해 높아 열섬 현상이 발생하기 쉽다. Luley and Bond(2002)는 도시 내 녹지가 많을 경우, 그늘과 바람길이 생기고 나무의 증산작용을 통해 여름철 낮 기온을 1°C 정도 낮출 수 있다는 연구 결과를 발표하였다.

이러한 배경에서 도시의 생태적 문제를 근본적으로 해결하고 생활환경의 질을 개선하기 위한 다양한 노력이 진행되고 있다. Choi et al.(2017)은 여름철 고온 시간대에 도심 녹지에서 나타나는 표면 온도 특성을 분석하며, 식생 유형과 수종별 녹지 용도를 생태적 관점에서 표면 온도와 연결지어 연구를 수행하였다. 이후 Kim et al.(2022)은 나무 심기 운동에 초점을 맞춰 도심 지역의 녹지 증가와 식생 성장 상태를 정량적으로 평가하고, 이를 기반으로 도심 지역에서 나타난 긍정적인 표면 온도 저하 효과를 분석하여 보고하였다. 반면, 본 연구는 도시 녹지 확충의 필요성을 전제로, 다양한 토지 이용 목적에 적합한 지역을 보다 근본적으로 선정하는 작업에 중점을 두었다. 본 연구는 이러한 문제 해결에 있어 도시 녹지 확충이 필수적임을 전제로, 다양한 토지 이용 목적에 적합한 지역을 선정하는 작업을 수행하였다. 이를 위해 지역과 공간의 가치를 평가하여 적합한 토지 이용 지역을 도출하는 "적합성 분석(Suitability Analysis)" 기법을 적용하였다.

입지 적합성 분석은 McHarg(1967)가 제안한 방법론으로, 생태적 가치를 기준으로 토지의 적합성을 평가하여 녹지 개발의 방향을 제시하였다. McHarg는 공간의 생태적 가치를 평가하고 보존·보전·이용의 적합성을 판정하기 위해 도면결합법을 소개했으며, 이후 컴퓨터 기술의 발전에 따라 이 기법은 지리정보시스템(GIS)과 결합되어 지도중첩 기법으로 발전하였다. GIS는 과학적 의사결정 도구로서 널리 활용되면서 다양한 방식으로 지도중첩 기법을 적용할 수 있게

되었다. 그 예로, Saaty(1987)는 계층적 의사결정 분석(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 개발해 다양한 요소를 계층 구조로 나누어 쌍대 비교를 통해 정량적 값을 도출하여 의사결정을 지원하였다. AHP는 명료성, 간편성, 범용성에서 강점을 가지지만, 순위 역전이나 주관성, 일관성 문제 등의 한계도 있다. 이러한 한계를 보완하기 위해 Banai(1993)는 퍼지 계층 분석 기법(Fuzzy AHP)을 개발하여, 명확한 경계가 없는 지역의 입지 요소나 불확실한 데이터를 효과적으로 모델링할 수 있도록 하였다.

이와 같은 토지 적합성 분석은 도시 녹지의 생태적 균형과 구성을 유지하는 연구에 적용되어 그 유용성이 입증되었다. 예를 들어, Mahmoud and El-Sayed(2011)는 이집트 El-Sadat시의 생태계를 유지하고 보호하기 위해 녹지 네트워크를 강화하는 방법을 적합성 분석을 통해 도출하였다. Bunruamkaew and Murayama(2012)는 태국 Surat Thani 지역의 지속 가능한 생태 관광지를 유치하기 위한 토지 및 천연자원 이용의 적합성을 분석하였다. 도시 녹지 접근성 연구에서는 GIS 네트워크 분석과 지리가중회귀 분석(GWR)이 활발히 사용되었다. Oh and Jeong(2007)은 도시 녹지의 접근성과 분포에 대한 GIS 네트워크 분석을 통해 도시공원의 접근성을 평가하고, 공원 서비스 소외지역을 파악하여 도시 녹지의 형평성 문제를 다루었다. 한편, Kim et al.(2018)은 지리가중회귀 분석(GWR)을 사용하여 도시 녹지와 대기질의 공간적 관계 분석을 하였다. 이 방법은 지역별로 다양한 환경 요인들의 영향력을 파악하는데 유용하게 사용되었다.

또한, 환경 및 기후변화가 취약계층의 건강에 미치는 악영향에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. Hwang(2019)은 초미세먼지가 고령자 환경성 질환 사망률에 미치는 영향을 분석하고 전망하였다. 환경 형평성의 관점에서 Kim et al.(2015)은 서울시 소외계층의 공원 접근성을 비교 분석하여 공원 정책의 우선 고려 지역을 도출하였고, 그 결과 남영동, 노량진2동, 용산2가동, 방화2동이 공원 확충이 시급한 1순위 그

롭으로 나타났다. 이러한 연구는 취약계층을 고려한 녹지 계획의 중요성을 강조한다.

결론적으로, 기존 연구들은 도시 녹지의 건강 및 환경적 가치를 입증하였으나 주로 단일 요인에 초점을 맞춘 연구가 대부분이었다. 또한, 취약계층을 고려한 연구들은 주로 접근성 측면에서의 연구가 이루어졌다. 본 연구는 다양한 취약계층(천식환자, 어린이, 노인 비율 데이터)과 자연·환경 요인(NDVI, 토지피복지도, 기온, 미세먼지, 초미세먼지 데이터)을 종합적으로 고려하여 도시 녹지 입지의 적합성 평가를 통해 기존 연구의 한계를 보완하고, GIS 기반의 공간 분석을 통해 정확하고 세밀한 입지 적합성 평가를 수행하여 포괄적이고 실질적인 녹지 입지 선정 방안을 제시하고자 한다.

3. 본 연구의 차별성 및 연구 목적

기존 연구는 환경기준 중심의 농도개선 정책에만 치중하여 취약지역에 대한 평가나 그것에 근거한 위해성 감소 정책은 매우 미약한 상황이다. 본 연구는 그러한 점을 보완하고자 취약계층을 고려한 도심 녹지 적합성 분석을 실행하고자 한다. 서울은 대한민국 국민의 약 18%가 거주 및 생활하고 있는 도시로 전 세계적으로 인구 밀도가 높은 대도시인 만큼, 기후 및 환경에 영향을 받는 인구수가 절대적으로 많다. 이러한 배경에서 생활환경의 녹지화를 통해 도시의 생태적 문제를 근본적으로 해결하고, 그 과정에서 위협에 노출도가 높은 취약계층을 중점으로 우선순위를 정할 필요가 있다.

따라서 본 연구의 목적은 서울시를 대상으로 취약계층을 고려한 도심 녹지 입지 적합성을 분석하고자 한다.

연구 데이터 및 분석 방법

1. 연구 지역 및 데이터

본 연구의 분석 단위는 2011년 서울시 행정동을 기준으로 하였다. 2011년도 행정동을 기준으로 한 이유는 본 연구에 활용한 취약계층

데이터 중에서 동별 데이터를 제공하는 천식환자 데이터가 2011년도 행정동을 기준으로 구축되어 있었기에 해당 데이터를 기준으로 분석하였다. 연구의 분석 범위는 도심 녹지가 부족한 지역을 거시적 공간 범위에서 파악하여, 향후 도심 녹지 계획 수립 과정에서 방향성을 제공하는 기초 자료로 활용하는데 목적이 있다.

본 연구에서 고려한 데이터는 크게 인구학적 요소, 자연적 요소, 환경적 요소로 나뉘며, 각 요소는 여러 하위 항목으로 세분화된다. 첫째, 본 연구는 취약계층을 위한 녹지 입지 제안을 목적으로 하기 때문에 인구학적 요소로서 취약계층에 대한 정의가 필요하다. 본 연구는 취약계층을 환경적인 위험에 더 쉽게 노출된 계층으로 정의했으며, 구체적으로 미세먼지 및 초미세먼지와 폭염에 취약한 계층으로 구체화하여, 대표적으로 천식환자, 어린이, 노인을 고려하였다. 본 연구에서 정의한 취약계층에 대해 우선 호흡질환자는 천식환자로 구체화하였다. 어린이 나이에 대해서는 ‘어린이안전관리법에 관한 법률 제3조’, ‘환경보건법 제2조’, ‘방송심의에 관한 규정 제2조’에서 어린이를 13세 미만인 자로 정의하고 있으나, 동별 및 연령별 데이터를 5세 단위로 제공함에 따라 어린이를 14세 이하로 정의하였다. 마지막으로 노인 연령에 대해서는 ‘기초연금’과 ‘경로우대제도’에서 규정하고 있는 65세 이상으로 정의하였다. 모든 취약계층 데이터는 서울시 동별 전체 인구수 대비 비율 데이터로 변환하였다. 취약계층 데이터 중 가용할 수 있는 동별 천식환자 데이터가 2011년도의 데이터이므로, 어린이 및 노인 인구 데이터 역시 2011년도의 데이터를 사용하였다.

둘째, 자연적 요소는 기존 녹지의 분포 현황과 도심 녹지의 활력도를 파악하기 위해 수집한 데이터를 활용하였다. 도시 녹지는 도심 내 자연적인 식생이 존재하는 공간으로 일반적으로 공원으로 구분되지만, 본 연구는 도심 녹지를 도시공원에 국한되지 않고 완충녹지, 경관녹지, 연결녹지 등 모든 종류의 녹지를 포함한 개념으로 바라보고자 하였다. 기존 녹지 분포를 파악하기 위하여 환경부에서 제공하는 토지피복지도

를 이용하였으며, 서울시 토지피복지도의 중분류를 기준으로 기존 산지 및 수역에 대한 분포를 제외시키기 위해 분석된 결과에서 마스킹 자료로 활용하였다. 또한 기존 도심 녹지의 활력도를 파악하기 위해 위성영상을 통해 추출한 정규식생지수(NDVI, Normalized Difference Vegetation Index)의 평균값을 사용하였다. NDVI는 식생의 활력도를 나타내는 대표적인 지수로, 식생이 건강할수록 적색 파장대와 근적외선(NIR, Near-Infra Red) 파장대의 반사율이 서로 다르게 나타나는 원리를 이용하며 아래와 같은 수식으로 계산된다(Hong et al., 2012).

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

NDVI는 단위가 없는 지수로 -1부터 1 사이의 값을 가지게 되며, 1에 가까울수록 식생이 많고 건강하다는 것을 나타낸다. 본 연구에 활용한 NDVI 데이터는 환경 빅데이터 플랫폼에서 제공하고 있는 자료로 매년 한국지질자원연구원에서 Landsat 위성영상을 이용하여 제공하는 자료를 활용하였으며, 지역별 식생의 활력도를 알아보기 위해 동별 NDVI의 평균값으로 변환하였다. NDVI 자료 및 토지피복지도는 환경적 요소를 파악하기 위해 수집한 기온, 미세먼지, 초미세먼지 데이터와 가장 유사한 시기의 데이터

를 사용하기 위해 각각 2020년도와 2018년도의 데이터를 취득하여 활용하였다.

셋째, 환경적 요소는 2020년 기온, 미세먼지, 초미세먼지의 농도 데이터를 활용하였다. 기온 데이터는 2020년 7월 서울시 평균 기온을 나타내며, 미세먼지 및 초미세먼지 데이터는 2020년 4월의 평균 농도를 사용하였다.

이후 입지 적합성 분석을 수행하기 위하여 취약계층 및 인구 데이터를 포함한 모든 데이터를 래스터 데이터로 변환하였다. 다양한 데이터의 분석을 위해 토지피복지도의 중분류 기준에 따라 래스터의 셀 크기를 5m로 통일하였다. 환경요소인 기온, 미세먼지 및 초미세먼지의 값은 측정소의 위치정보를 기반으로 한 스마트 서울 도시데이터 센서(S-DoT) 환경 정보 데이터를 활용하였다. 해당 데이터 중 미세먼지 및 초미세먼지 보정값은 주변의 온도와 습도를 고려하여 새로 보정된 값을 사용하였으며, 측정소 위치 좌표와 측정값 누락을 제외하여 각 측정소의 월별 평균 측정값으로 정리하여 총 848개의 데이터를 활용하였다.

측정소의 데이터 값을 기반으로 공간보간기법 중 IDW(Inverse Distance Weighted) 기법을 사용하였다(Kim and Jo, 2012). IDW 기법은 인접한 지점은 공통된 위치로 인해 유사한 측정값을 가지지만, 측정점으로부터 거리가 멀어질

TABLE 1. Study data

Category	Name of data	Acquired year	Data Type	Data Source	Descriptions
Vulnerable class	Ratio of asthma patient	2011	Vector (Dong, administrative district)	NHIS*	Asthma patient rate data by dong
	Ratio of child population	2011		KOSIS**	Child population rate data by dong aged under 14
	Ratio of elderly population	2011			Elderly population rate data by dong aged over 65
Nature variables	Land cover map	2018	Raster (5 m)	EGIS***	Middle class (5 m) land cover map
	NDVI mean	2020		env bigdata****	Average NDVI value by dong (administrative district)
Environmental variables	Temperature data	2020	Raster (5 m)	Seoul Open Data Platform	Average temperature data
	PM-10 data	2020			Average fine dust concentration data (PM-10)
	PM-2.5 data	2020			Average ultrafine dust concentration data (PM-2.5)

* NHISS: National Health Insurance Service

** KOSIS: KOREAN Statistical Information Service

*** EGIS: Environmental GIS

**** envbigdata: Environmental Big Data Platform

수록 측정값의 유사성이 상대적으로 감소하는 원리를 사용한다(Jeong, 2017). 거리 가중치를 활용한 계산법으로 단순하고 효율적인 계산이 가능하지만, 거리에 따른 단순한 가중치 계산으로 공간적 상관성을 충분히 반영하지 못하는 한계도 지닌다(Setianto and Triandini, 2013). 본 연구에서는 해당 기법을 바탕으로 측정소 이외의 지역을 포함하여 서울시 전역의 환경적 요

소의 분포도를 나타냈다.

2. 분석 방법

본 연구는 취약계층을 위한 녹지 입지 선정을 고려하기 위하여 앞서 언급한 취약계층인 어린이, 노인, 천식환자의 비율과 평균 기온, 미세먼지 및 초미세먼지의 농도, NDVI 평균값을 변수로 설정하였다. 그러나 본 연구는 하나의 취약

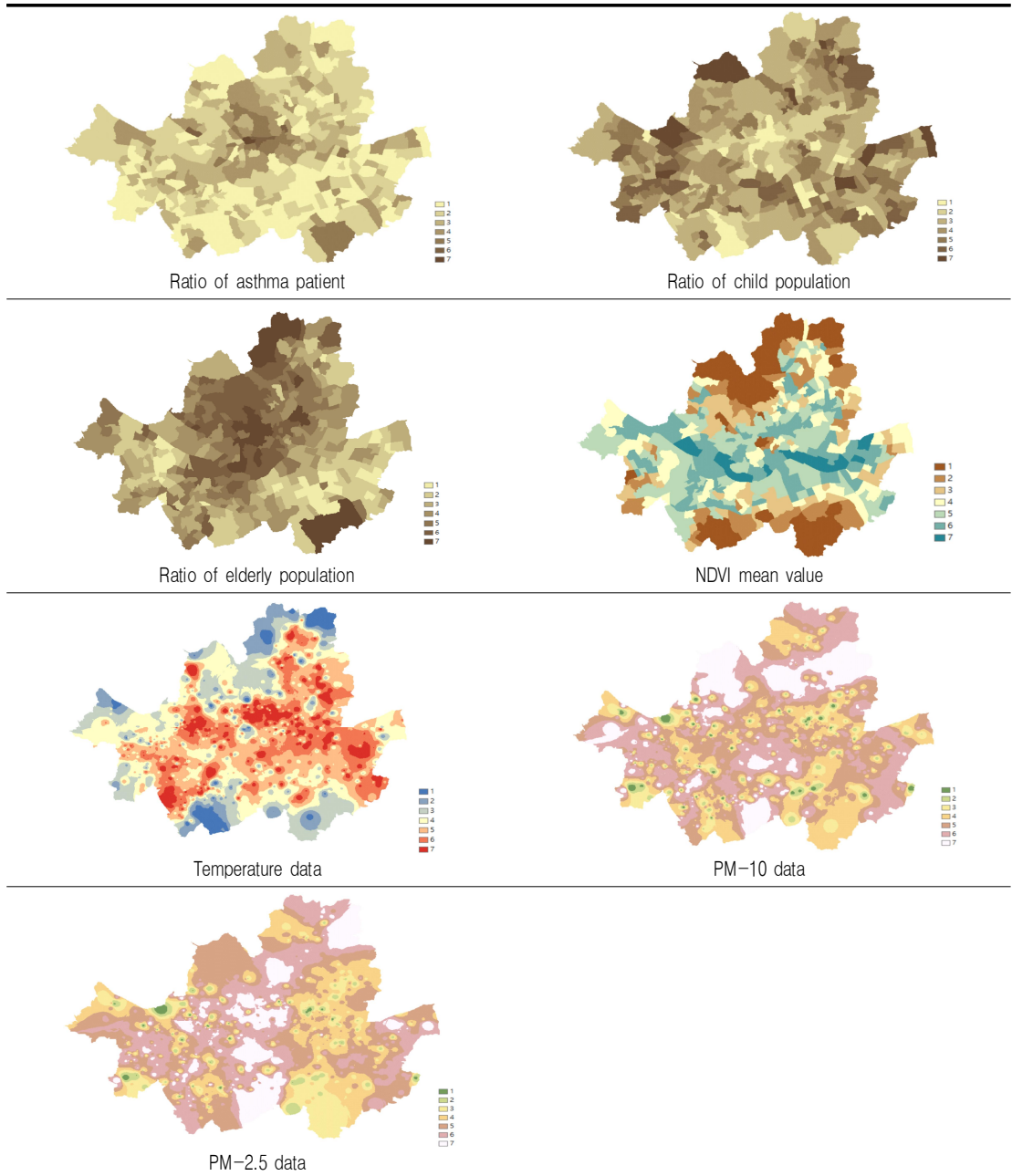
TABLE 2. Re-classification of study data

Criteria	Data	Original value	Reclassified value
Ratio of asthma patient		0.6 - 1.3	1
		1.4 - 2	2
		2.1 - 3.1	3
		3.2 - 4.8	4
		4.9 - 8.3	5
		8.4 - 13.7	6
		13.8 - 60.3	7
Social variables	Ratio of child population	5.5 - 8.5	1
		8.6 - 10.9	2
		11 - 12.8	3
		12.9 - 14.5	4
		14.6 - 16.5	5
		16.6 - 19.1	6
		19.2 - 22.1	7
Ratio of elderly population		5.8 - 7.2	1
		7.3 - 8.6	2
		8.7 - 9.9	3
		10 - 11	4
		11.1 - 12.4	5
		12.5 - 14.4	6
		14.5 - 19.8	7
Nature variable	NDVI mean	-0.4 - 0.0039	7
		-0.0038 - 0.17	6
		0.18 - 0.26	5
		0.27 - 0.35	4
		0.36 - 0.45	3
		0.46 - 0.58	2
		0.59 - 0.71	1
Temperature		23.6 - 25	1
		25.1 - 25.4	2
		25.5 - 25.7	3
		25.8 - 25.9	4
		26 - 26.1	5
		26.2 - 26.3	6
		26.4 - 27.6	7
Environmental variables	PM-10 concentration	9.7 - 25.8	1
		25.9 - 32.6	2
		32.7 - 36.9	3
		37 - 40.1	4
		40.2 - 42.9	5
		43 - 45.8	6
		45.9 - 54.2	7
PM-2.5 concentration		3.6 - 11.9	1
		12 - 15.6	2
		15.7 - 17.5	3
		17.6 - 18.8	4
		18.9 - 19.9	5
		20 - 21	6
		21.1 - 30.5	7

계층만을 고려하지 않고 여러 취약계층을 고려한 공원 입지 분석이므로, 모든 취약계층에 대한 종합적인 적합성 분석이 필요하다. 이를 위

해 각각의 취약계층에 대한 적합성 분석과 모든 취약계층을 종합적으로 고려한 적합성 분석을 시나리오별로 분석하여 도출된 적합성 결과값을

TABLE 3. Reclassified result of study data



비교하였다. 즉, 천식환자, 어린이, 노인을 각각 대상으로 한 녹지 입지 적합성을 분석하고, 앞서 언급한 모든 취약계층을 동시에 고려한 녹지 입지 적합성을 분석하였다.

본 연구는 인구 비율과 환경적 요소 등 다양한 분류 항목을 고려하기 때문에 각 데이터들의 단위와 범위가 달랐다. 이와 같이 서로 다른 데이터를 함께 분석하기 위해 모든 데이터를 등간격 척도로 재분류하였다. 특히 Ilhamdaniah (2018)는 수변공원의 적지분석으로 수변 사이의 거리와 밀도, 비용거리, 인구 등의 다양한 요소를 분석 기준으로 설정하였으며, 등간격 중 일정한 간격(Equal)로 결과값을 재분류하여 각 항목에 대한 가중치를 설정하였다. 본 연구에서도 각 항목 범위를 정규화(Normalization)한 후 1부터 7까지의 점수를 적용하였다. 각 항목에 대한 등간격은 일정한 분포에 따른 분류를 위해 Natural Break 기법으로 재분류하였다. 벡터 데이터로 제공받은 자료는 행정동 단위로 구축하였으며, 이후 래

스터로 변환하여 활용하였다. 7단계로 재분류한 값은 표 2에 정리하였다. 연구 데이터 중 NDVI 평균값의 경우, 식생의 활력도가 낮은 지역일수록 녹지 입지 적합성이 높게 나타나도록 NDVI 평균값이 낮은 지역부터 7에서 1까지 순차적으로 재분류 값을 입력하여 활용하였다. 모든 공간데이터 분석은 ArcGIS 10.8 소프트웨어를 활용하여 수행하였다.

표 3은 본 연구를 위해 구축한 데이터를 7단계 등간격 척도로 재분류한 결과를 나타낸다. 모든 데이터를 등간격 척도로 재분류한 후, 입지 적합성 점수 산출하기 위해 각 취약계층별 비율 데이터와 NDVI 및 환경데이터의 점수를 합산하였다. 즉, 각 취약계층별 녹지 입지 적합성 점수를 산출하기 위해서는 각 취약계층별 비율 데이터와 NDVI 및 환경데이터 점수를 합산하였다. 예를 들어, 어린이를 고려한 입지 적합성 점수를 산출할 때는 어린이 비율 데이터와 NDVI 및 환경데이터를 활용하였다. 이와 마찬가지로 노인을 고려한 입지 적합성 점수를 산출

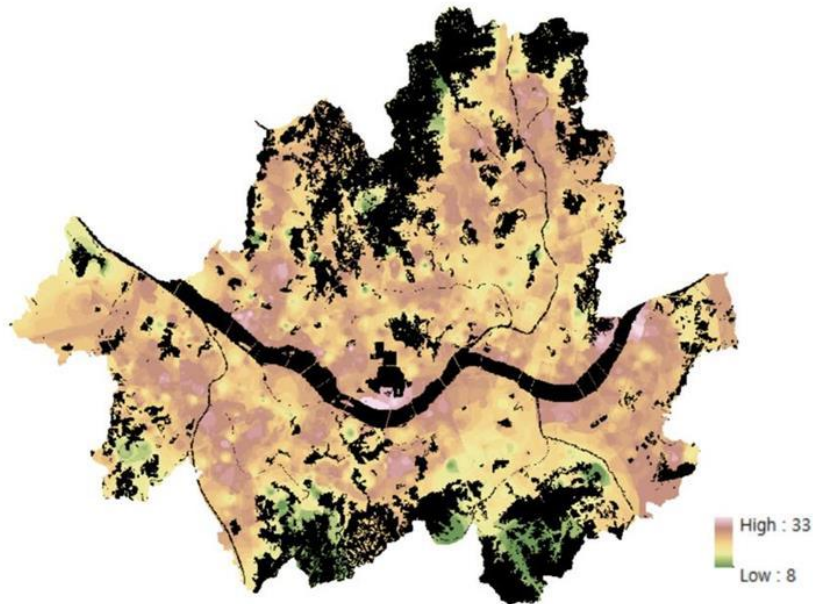


FIGURE 1. Urban green space suitability score considering child population

할 때는 노인 비율 데이터와 NDVI 및 환경데이터를 활용하였으며, 천식환자를 고려한 입지 적합성 점수는 천식환자 비율 데이터와 NDVI 및 환경데이터의 점수를 합산하여 계산하였다. 마지막으로, 모든 취약계층을 동시에 고려한 입지 적합성을 분석하기 위하여 어린이, 노인, 천식환자 비율 데이터와 NDVI 및 환경데이터 점수를 모두 합산하여 최종 점수를 산출하였다. 모든 요소의 점수를 합산한 총점이 높을수록 해당 지역의 취약계층 비율과 환경적 요소 농도가 높고 식생 활력도가 낮음을 의미하며, 이를 통해 입지 적합도가 높은 지역으로 해석할 수 있다.

결과 및 토의

1. 연구 결과

다양한 취약계층을 대상으로 한 녹지 입지에 대한 비교 분석 결과, 서울시의 어린이와 노인 인구 및 천식환자의 밀집 지역이 서로 다르게 나타남에 따라 녹지 입지의 적합성 점수도 다르게 나타났다.

우선, 어린이를 고려한 녹지 입지는 그림 1과 같이 용산구(이촌1동, 서빙고동, 효창동, 목4동), 강동구(암사2동), 서초구(방배4동, 방배본동), 강

서구(화곡2동), 광진구(광장동)에서 입지 적합성 점수가 가장 높게 나타났다. 이외에도 마포구(망원1, 2동)와 서대문구(남가좌2동), 영등포구(신길3동), 노원구(중계1동, 상계5, 10동) 일부에서도 입지 적합성 점수가 다소 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 분석 결과에서 검은색으로 표현된 부분은 토지피복지도에서 이미 녹지 및 수계로 분류되어 있는 지역을 표현한 것으로 해당 지역에는 추가로 녹지가 조성되기 어렵다는 것을 뜻한다.

그림 2는 어린이를 고려한 녹지 입지 적합성 점수가 높은 20개 행정동을 그래프로 나타낸 것이다. 아래의 그래프는 어린이를 고려한 녹지 입지 점수를 동별 평균값을 구하여 나타낸 것으로, 위 지도에서 가장 붉게 보이는 지역이 입지 적합성 점수의 평균값도 높게 나타난 것을 확인할 수 있다. 이러한 입지 적합성 점수 결과는 광진구, 노원구, 용산구, 강서구 등에서 어린이 비율이 높게 나타났기 때문인 것으로 해석된다. 다만 어린이 비율이 높은 지역들 중에서 강북구, 은평구 지역들은 상대적으로 이미 녹지가 많이 분포하고 있는 지역이기 때문에 NDVI 점수가 낮고 토지피복지도를 활용하여 기존 녹지와 수계를 마스킹 처리하는 과정에서 적합성 점수가 낮게 도출된 것으로 해석된다.

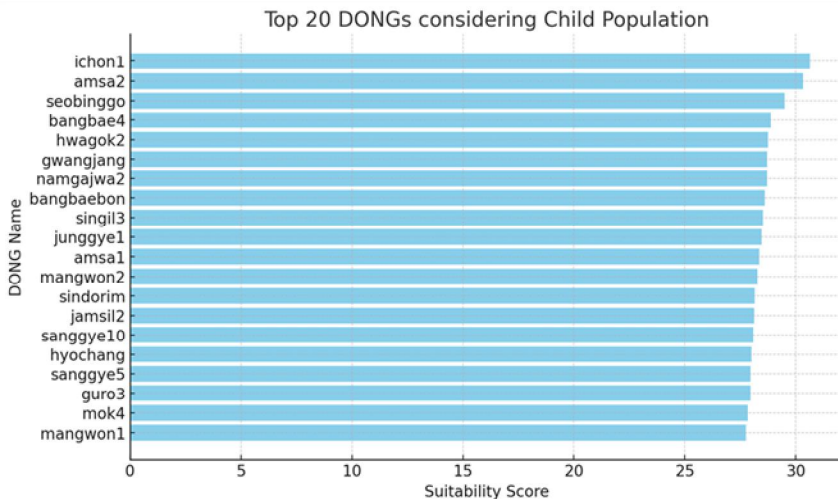


FIGURE 2. Result of Top 20 Dongs considering child population

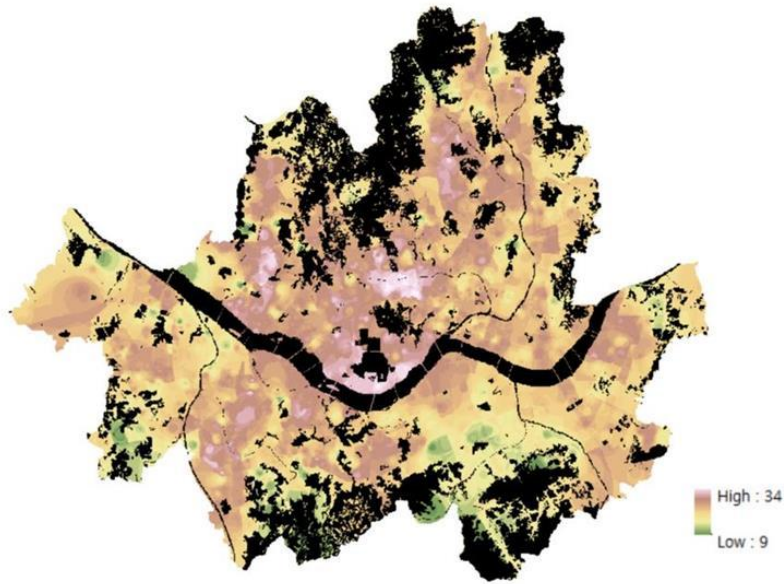


FIGURE 3. Urban green space suitability score considering elderly population

반면, 노인을 고려한 녹지 입지는 그림 3과 같으며, 어린이를 고려한 녹지 입지 점수와는 다소 다른 양상을 보였다. 용산구(보광동, 서빙고동, 이촌1, 2동, 한강로동)에서 높은 녹지 입지 적합성 점수가 나타난 것은 유사하였으나,

종로구(종로5-6가동, 종로1-2-3-4가동, 창신2동, 가회동)와 중구(을지로동, 광희동)에서도 매우 높은 입지 적합성 점수가 나타났다. 또한 서대문구(남가좌1, 2동), 구로구(가리봉동) 및 영등포구(신길3동) 일대에서도 높은 입지 적합

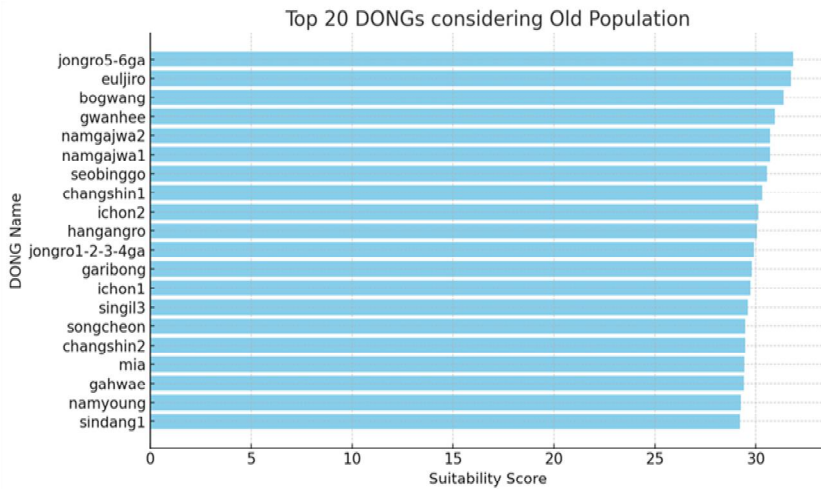


FIGURE 4. Result of Top 20 Dongs considering elderly population

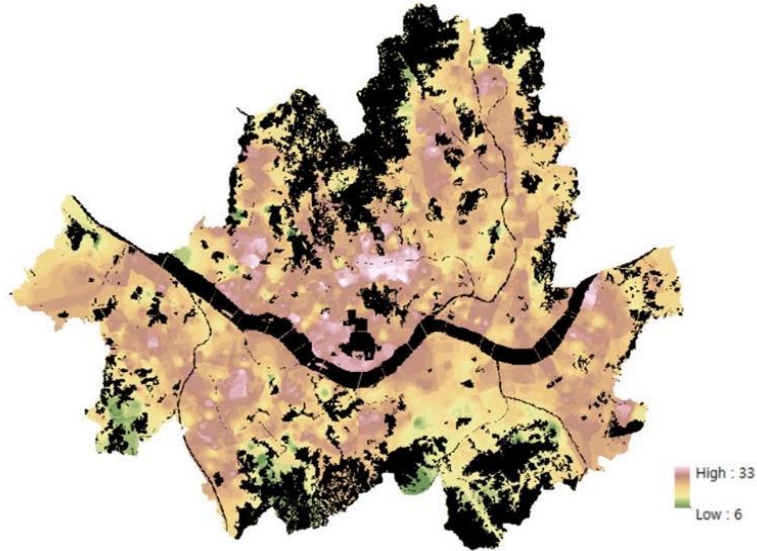


FIGURE 5. Urban green space suitability score considering asthma patients

성 점수를 보였다.

그림 4는 노인을 고려한 녹지 입지 적합성 점수가 높은 20개 행정동을 그래프로 나타낸 것이다. 노인을 고려한 입지 적합성 점수가 어린이를 고려한 입지 적합성 점수와 다른 이유는 노인 인구 비율이 주로 서울의 중심부에서

높게 나타나기 때문인 것으로 해석된다. 노인 인구 비율이 가장 높은 지역들이 중구, 종로구, 용산구 일대이며, 동대문구와 서대문구 및 강북구의 특정 동에서도 다소 높은 인구 비율을 나타내고 있다. 그 중에서도 용산구는 노인 인구와 어린이 인구 비율이 모두 높게 나타나

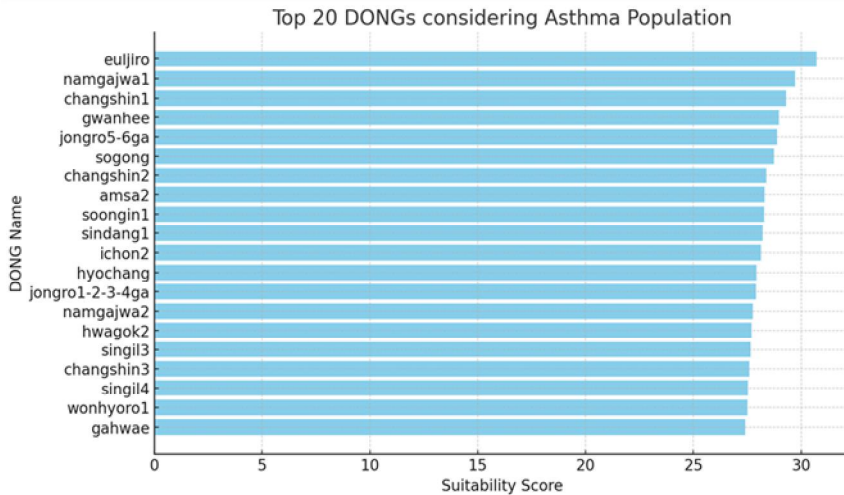


FIGURE 6. Result of Top 20 Dongs considering asthma population

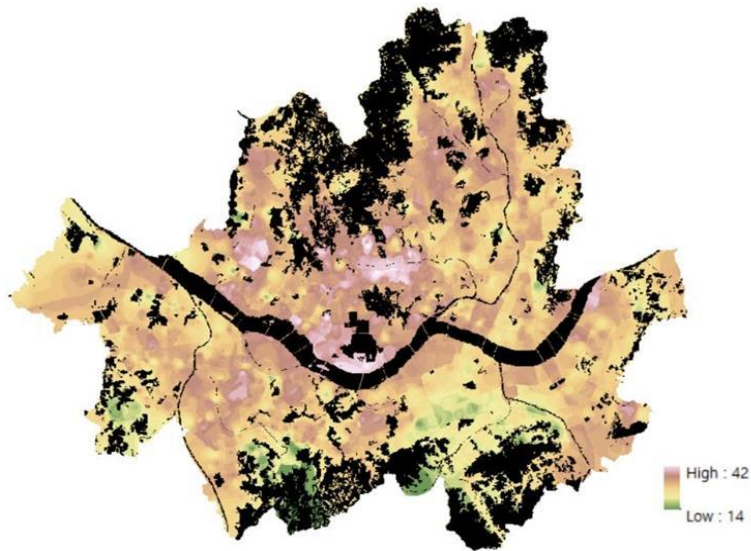


FIGURE 7. Urban green space suitability score considering all the vulnerable classes

는 특성을 보이기 때문에 두 취약계층을 고려한 적합성 분석 결과에서 모두 높은 점수가 도출된 것으로 보인다.

다음으로, 천식환자를 고려한 녹지 입지는 노인을 고려한 녹지 입지와 유사하게 서울시 중심부에서 녹지 입지 적합성 점수가 높게 나타났으나, 용산구보다는 중구(을지로동, 광희동, 소공

동, 신당1동)와 종로구(창신1, 2, 3동, 종로1-2-3-4가동, 종로5-6가동, 승인1동, 가회동)에서 가장 높은 입지 적합성 점수를 보였다. 또한 서대문구(남가좌1, 2동), 강동구(암사2동), 강서구(화곡2동)과 영등포구(신길3, 4동) 일대에서도 높은 입지 적합성 점수가 나타났다.

그림 6은 천식환자를 고려한 녹지 입지 적합성

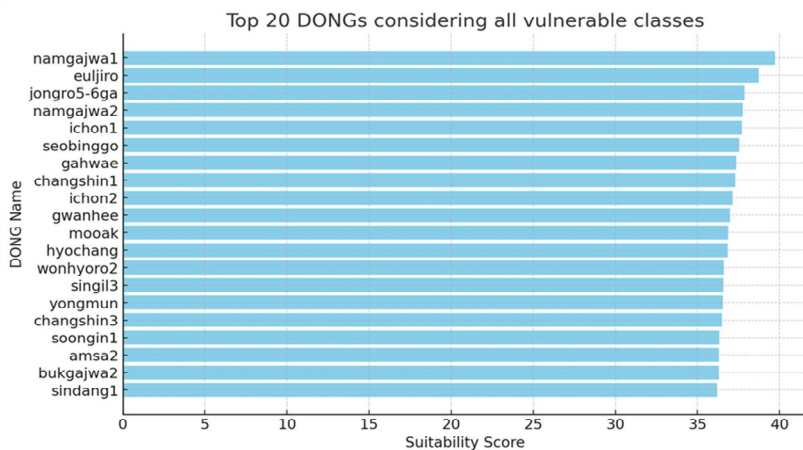


FIGURE 8. Result of Top 20 Dongs considering all the vulnerable classes

점수가 높은 20개의 동을 그래프로 나타낸 것으로 지도와 유사한 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과는 서울의 중심부인 중구, 종로구 일대와 서대문구 일대에서 친식환자 비율이 높게 나타나기 때문인 것으로 해석된다.

지금까지 살펴본 것처럼 각 취약계층에 따른 녹지 입지 적합성에 차이가 나타나기 때문에, 타깃으로 하는 취약계층을 어떻게 정의하느냐에 따라 결과가 달라질 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 최종적으로 모든 취약계층을 동시에 고려했을 때의 녹지 입지 적합성을 분석하였다.

모든 취약계층을 고려한 녹지 입지 분석 결과는 그림 7과 같으며, 주로 서울시 중심부와 서북쪽에서 적합성 점수가 높은 것으로 나타났다. 서울시 중심부에서는 중구(을지로동, 광희동, 신당1동), 종로구(종로1-2-3-4가동, 종로5-6가동, 가회동, 창신1, 3동, 무악동), 용산구(이촌1, 2동, 서빙고동, 효창동, 원효로2동, 용문동)에서 가장 높은 입지 적합성 점수가 나타났다. 서북쪽에서는 서대문구(남가좌1, 2동, 북가좌2동)에서 높은 입지 적합성 점수를 보였고, 영등포구(신길3동) 일부에서도 적합성 점수가 높은 것으로 나타났다.

이러한 결과는 그림 8의 그래프에서도 확인할 수 있다. 위와 같은 결과가 도출된 것은 친식환자와 노인의 인구 밀도가 서울 중심부에서 높을 뿐만 아니라, 초미세먼지 수치와 여름철 기온도 서울 중심부에서 높게 나타났기 때문으로 해석된다. 따라서 본 연구 결과를 바탕으로 모든 취약계층과 다양한 자연·환경적 요인을 고려하여 새로운 도심 녹지의 입지를 계획할 경우, 서울시 중심부에 녹지를 조성하는 것이 효용성이 클 것으로 판단된다.

2. 토의

지금까지 환경적 취약성(기온, 미세먼지 및 초미세먼지 농도)과 기존 공원 서비스 수준을 바탕으로 모든 취약계층(친식환자, 어린이, 노인 인구밀도)을 종합적으로 고려한 녹지 입지 적합성을 분석하였으며, 이러한 연구 결과가 현재

서울시의 도시 및 녹지 계획과 얼마나 일치하는지 검토하였다.

우선, 2019년 4월 제정된 『2030 서울시 공원 녹지기본계획』에 따르면, 자치구 면적 대비 소외비율이 낮은 구는 종로구, 성북구, 노원구, 양천구, 성동구 등으로 나타났다(Seoul Metropolitan Government, 2019). 해당 결과는 본 연구 결과(종로구)와 유사하지만, 다른 지역에서는 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 본 연구는 환경 형평성을 기반으로 한 다층적 분석을 통해 중구(을지로동, 광희동, 신당1동), 종로구(종로1-2-3-4가동, 종로5-6가동, 가회동, 창신1, 3동, 무악동), 용산구(이촌1, 2동, 서빙고동, 효창동, 원효로2동, 용문동), 서대문구(남가좌1, 2동, 북가좌2동), 영등포구(신길3동) 등의 지역을 더 구체적으로 제시하였다는 점에서 의미가 있다.

또한 2022년 초에 발표한 기사에 따르면 서울시는 상대적으로 공원 녹지가 부족한 서남·서북·동남권에 다양한 형태의 총 206만㎡의 공원과 녹지를 2026년까지 확충·정비할 계획이며, 이는 여의도공원(23만㎡)의 약 9배 규모로 조성될 것이라고 밝혔다(Digital Times, 2022). 서남권역은 구로구, 관악구, 양천구, 강서구 등을 포함한 지역으로 해당 지역에 공원 녹지 네트워크를 조성할 계획이며, 서북권역은 봉산, 안산, 백련산 등 산림형 공원과 북한산 둘레길, 안산 무장애길, 홍제천 하천길 등 산책로를 연결하여 녹지를 확충할 계획이라고 하였다. 동남권역에 해당하는 위례택지구 내에는 위례호수공원을 조성할 예정이라고 발표되었다. 이러한 서울시의 녹지 확충 계획은 서남, 서북 및 동남권역에 대한 녹지를 확충하기 위한 것이며, 본 연구에서 분석한 서울시 중심부의 녹지 입지 적합성 점수가 높은 결과와는 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

최근에는 용산기지 공원화 사업이 당초 예정보다 앞당겨져 용산공원이 시범적으로 국민에게 개방되었다. 앞으로 환경오염 정화가 필요한 문제가 남아있지만, 용산구를 포함한 서울시 중심

부에서 녹지 입지 적합성 점수가 높게 나타난 것을 고려하면, 해당 사업에 타당성을 제공할 수 있을 것으로 분석된다. 또한 2022년 5월 선출된 오세훈 서울시장의 『서울녹지생태도심 재창조』 공약과도 일맥상통하며, 서울시에서도 도심 녹지를 확충하기 위한 다양한 노력이 이루어지고 있다(Maeil Business Economy, 2022). 따라서 본 연구에서 사용한 방법과 유사한 방법으로 도심 녹지가 우선적으로 입지해야 할 지역을 분석하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구 결과는 서울시 도시 및 녹지 계획 수립을 위한 기초적인 자료로 활용될 수 있으며, 유사한 방법을 적용하여 지자체별 도시 계획 수립에 필요한 자료로 사용될 수 있다. 또한 도시 공원 조성 필요성에 대한 시민들의 인식 제고에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

다만, 본 연구는 다음과 같은 한계를 갖고 있다. 첫째, 본 연구에서 활용한 데이터는 공개된 범위 내에서 수집되었기 때문에 각 항목별로 사용된 데이터의 연도가 다르다는 한계가 있다. 후속 연구에서는 자료를 최신화하는 것과 더불어 데이터 생산 연도를 일치시킬 수 있는 방안에 대한 고민이 필요하다. 둘째, 본 연구는 읍면동을 기준으로 도심 녹지의 분포를 분석하였기 때문에 취약계층을 대상으로 도심 녹지의 접근성을 고려하지 못한 점도 있다. 셋째, 환경적 요소의 분석에 활용된 IDW 기법은 데이터 밀도가 낮은 지역에서 부정확한 결과값을 도출할 수 있기 때문에 향후 연구에서는 보다 정확한 방법론의 적용이 필요하다. 넷째, 본 연구에서는 녹지화 방법(근린공원, 체험형 공원, 가로수 이식, 둘레길 조성 등)을 고려하지 않고, 녹지가 우선적으로 필요한 지역을 분석하는 데 중점을 두었다. 따라서 추후 서울시에서 도시 및 녹지 정책을 시행할 때는 본 연구에서 적합성 점수가 높은 지역을 우선적으로 고려하되, 사업 비용과 녹지화 가능성 및 방법에 대한 고려도 이루어져야 할 것이다. 다섯째, 본 연구에서는 자연 데이터로 토지피복지도와 NDVI 데이터만 활용하였다는 한계가 있다. 토지피복지도 및 NDVI 데이

터 외에도 도심 녹지를 파악할 수 있는 다양한 데이터(도심 녹지 분포 현황, 녹지 면적, 녹지까지의 거리 등)를 함께 활용할 경우, 각 지역 상황에 좀 더 최적화된 도심 녹지 입지 적합성 분석 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

마지막으로, 본 연구는 녹지에 대한 취약계층을 천식환자, 어린이, 노인에 한정하여 연구를 수행하였다. 취약계층의 정의는 사회적 문제를 어떻게 바라보느냐에 따라 다양한 시각이 존재하며, 여러 쟁점에 따라 달라질 수 있다. 본 연구에서는 도심 녹지가 제공하는 다양한 기능 중 기후·환경 조절 기능에 초점을 맞추어 녹지가 폭염 및 도시열섬 현상을 완화하고 미세먼지로 인한 질병 사망률을 낮추는 효과가 있다는 기존 연구들(Piao and Kim, 2020; Kim et al., 2019)을 기반으로 폭염 및 미세먼지 관련 질병에 상대적으로 취약한 사람들을 취약계층으로 정의하였다. 미세먼지를 포함한 대기 환경 질은 호흡기 질환과 밀접하게 관련되어 있으며(Kyung et al., 2015), 폭염은 어린이와 노인에게 더 큰 영향을 미치기 때문에(Kim and Kim, 2020), 본 연구에서는 호흡기 질환자 중 천식환자와 어린이 및 노인을 취약계층으로 정의하였다. 이러한 취약계층에 대한 정의와 범위는 연구 목적 및 정책 목표에 따라 다르게 설정하여 분석할 수 있으며, 이에 따른 연구 결과도 달라질 수 있다. 특정 취약계층을 정의하지 않고 모든 시민을 대상으로 도심 녹지 입지를 고려할 수도 있으며, 이는 연구 목적과 정책 방향에 맞게 설정하여 분석을 수행할 수 있다.

위에서 언급한 취약계층 외에도 환경적 요소를 어떻게 정의할 것인가와 각 요소별 가중치 산정 방법에 대한 후속 연구가 필요하며, 연구 목적과 정책 목표에 맞게 변형 및 개발이 이루어져야 할 필요가 있다.

결론

본 연구는 서울시를 대상으로, 상대적으로 도심지 녹지 비율이 적은 지역에서 취약계층의 주거 환경을 개선하기 위한 새로운 도심 녹지의

입지를 제안하고자 하였다. 특히, 매체 중심의 환경 정책이 아닌 환경 관리 전반에서 건강 위협성 저감 및 기후변화 대응을 중심으로 한 정책을 염두해두고 분석을 수행하였다. 또한 취약계층의 인구학적 속성뿐만 아니라, 기존 녹지 현황과 환경적 조건을 함께 고려하여 새로운 녹지 입지의 가능성을 제시하고자 하였다.

연구 결과, 인구학적 특성에 따라 도심 녹지 입지 분석의 적합성 점수가 서로 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 어린이를 고려한 도심지 녹지 입지 적합성을 분석한 결과, 용산구, 강동구, 광진구에서 점수가 높게 나타났다. 반면, 노인 및 천식환자의 인구 밀도를 고려한 도심지 녹지 입지 적합성 분석 결과에서는 주로 서울시 중심부(중구, 종로구, 용산구)와 서북쪽(서대문구)에서 적합성 점수가 높게 나타났다. 마지막으로, 모든 취약계층을 동시에 고려한 도심지 녹지 입지 적합성을 분석한 결과, 주로 서울의 중심부인 용산구, 중구, 종로구와 서북쪽 권역인 서대문구에서 녹지 입지 적합성 점수가 높게 도출되어 노인 및 천식환자를 고려한 입지 적합성 결과와 유사한 양상을 보였다.

이러한 분석 결과는 천식환자와 노인의 인구 밀도가 서울 중심부에서 높을 뿐만 아니라, 초미세먼지 수치와 기온도 서울 중심부에서 높게 나타났기 때문에 해석된다. 따라서 모든 취약계층과 다양한 자연환경적 요인을 고려한 새로운 도심 녹지의 최적 입지로는 서울시 중심부가 효용성이 클 것으로 판단된다.

본 연구 결과는 서울시 도시 및 녹지 계획 수립을 위한 기초적인 자료로 활용될 수 있으며, 유사한 방법을 적용하여 각 지자체별 도시 계획 수립에 필요한 자료로 활용 가능하다. 또한 도시공원 조성 필요성에 대한 시민들의 인식 제고에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 취약계층과 환경적 요소를 어떻게 정의할 것인가와 방법론에 따른 각 요소별 가중치 산정 방법에 대해서는 후속 연구 또는 연구 목적에 맞게 변형 및 개발할 필요가 있다. **KAGIS**

REFERENCES

- Banai, R. 1993. Fuzziness in Geographical Information Systems: contributions from the analytic hierarchy process. *International Journal of Geographical Information Systems* 7(4):315-329.
- Barnett, J. 2011. Human rights and vulnerability to climate change, in Stephen Humphreys (ed.), *Human Rights and Climate Change*. Cambridge University Press p.257.
- Bunruamkaew, K. and Y. Murayama. 2012. Land use and natural resources planning for sustainable ecotourism using GIS in Surat Thani, Thailand. *Sustainability* 4(3):412-429.
- Choi, T.Y., H.G. Moon and J.G. Cha. 2017. Analysis of Surface Temperature on Urban Green Space Using Unmanned Aerial Vehicle Images - A Case of Sorasan Mt. Nature Garden, Iksan, South Korea. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 20(3): 90-103 (최태영, 문호경, 차재규. 2017. 무인항공 영상을 활용한 도심녹지 표면온도 특성 분석 - 익산 소라산 자연마당을 대상으로. *한국지리정보학회지* 20(3): 90-103).
- Digital Times. 2022. Seoul expands and renovates green space, 9 times the size of Yeouido Park. <https://n.news.naver.com/mnews/article/029/0002722152?sid=101> (디지털타임스. 2022. 서울시, 여의도공원 9배 규모 녹지 확충정비).
- Hong, S.Y., J.A. Hur, J.B. Ahn, J.M. Lee, B.K. Min, C.K. Lee, Y.H. Kim, K.D. Lee, S.H. Kim, G.Y. Kim and K.M. Shim. 2012. Estimating Rice Yield Using MODIS NDVI and Meteorological Data in Korea. *Korean Journal of Remote Sensing* 28(5):509-520

- (홍석영, 허지나, 안중배, 이지민, 민병길, 이충근, 김이현, 이경도, 김선화, 김건엽, 심교문. 2012. MODIS NDVI와 기상자료를 이용한 우리나라 벼 수량 추정. 대한원격탐사학회지 28(5):509-520).
- Hwang, I.C. 2019. Aging and the health effects of ultrafine dust. The Seoul Institute (황인창. 2019. 고령화와 초미세먼지 건강영향. 서울연구원).
- Ilhamdaniah, I. 2018. GIS-based suitability analysis for siting waterfront park in the city of Buffalo, New York. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 145, 012014.
- Jeong, J.C. 2017. Spatial information application case for appropriate location assessment of PM10 observation network in Seoul city. Journal of Cadastre & Land Informatix 47(2):175-184 (정종철. 2017. 서울시 미세먼지 관측망 위치 적절성 평가를 위한 공간정보 활용방안. 지적과 국토정보 47(2): 175-184).
- Kim, H.J., K.W. Min, H.J. Kim and J.Y. Min. 2018. Parks and green areas are associated with decreased risk for hyperlipidemia in elderly Koreans: A national population-based study in Korea. International Journal of Environmental Research and Public Health 15(9):1853.
- Kim, H.J. and W.K. Jo. 2012. Assessment of PM-10 monitoring stations in Daegu using GIS interpolation. Journal of Korean Society for Geospatial Information Science 20(2):3-13 (김효정, 조완근. 2012. 공간 보간법을 이용한 도시지역 미세먼지 측정소의 배치 적절성 평가. 대한공간정보학회지 20(2):3-13).
- Kim, J.S. and H.Y. Kim. 2020. Analysis on the characteristics of heat wave vulnerable areas using Landsat 8 data and vulnerability assessment analysis. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 23(1): 1-14 (김지숙, 김호용. 2020. Landsat 8 영상과 취약성 분석을 활용한 폭염재해 취약지역의 특성분석. 한국지리정보학회지 23(1): 1-14).
- Kim, K., H.S. Kim, Y.H. Kwon, I. Park and Y.J. Choung. 2022. Analysis of Changes in the Land Surface Temperature according to Tree Planting Campaign to reduce Urban Heat Island - A Case Study for Gumi, South Korea. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 25(1): 16-27 (김경훈, 김형수, 권용하, 박인선, 정운재. 2022. 도시열섬 완화를 위한 나무심기운동에 따른 지표면 온도 변화 분석 - 구미시를 사례로. 한국지리정보학회지 25(1): 16-27).
- Kim, M.H., M.W. Ahn and N.W. Cho. 2015. An access to park of socioeconomic minority in the city of Seoul in terms of environmental equity. Local Administrative Study 29(2):77-105 (김미현, 안민우, 조남욱. 2015. 환경형평성을 고려한 서울시 공원입지 분석: ArcGIS의 중첩분석 및 접근성 분석기법의 응용. 지방행정연구 29(2):77-105).
- Kim, S., H. Kim and J. Lee. 2019. Interactions between ambient air particles and greenness on cause-specific mortality in seven Korean metropolitan cities, 2008-2016. International Journal of Environmental Research and Public Health 16(1866):1-10.
- Ko, Y.K., K.H. Cho and W.J. Kim. 2019. Analysis of environmental equity of green space services in Seoul - The

- case of Jung-gu, Seongdong-gu and Dongdaemun-gu. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 47(2):100-116 (고영주, 조기환, 김우찬. 2019. 서울지역 녹지서비스의 환경형평성 분석-중구, 성동구, 동대문구를 사례로. *한국조경학회지* 47(2):100-116).
- Kyung, S.Y., Y.S. Kim, W.J. Kim, M.S. Park, J.W. Song, H.K. Yum, H.K. Yoon, J.K. Rhee and S.H. Jeong. 2015. Guideline for the prevention and management of particulate matter/Asian dust particle-induced adverse health effect on the patients with pulmonary diseases. *Journal of the Korean Medical Association* 58(11):1060-1069 (경선영, 김영삼, 김우진, 박무석, 송진우, 염호기, 윤형규, 이진국, 정성환. 2015. 미세먼지/황사 건강피해 예방 및 권고지침: 호흡기질환. *대한의사협회지* 58(11):1060-1069).
- Luley, C.J. and J. Bond. 2002. A plan to integrate management of urban trees into air quality planning. Report to Northeast State Foresters Association. Davey Resource Group, Kent, OH. 73p.
- Maeil Business Economy. 2022. What is mayor Oh Se-hoon's green ecological city plan? Sewoon district, high building forest + tree forest. <https://www.mk.co.kr/economy/view/2022/381618> (매경이코노미. 2022. 오세훈 시장의 녹지생태도심 계획은 무엇?: 세운지구, 높은 빌딩숲 + 나무숲으로).
- Mahmoud, A. H. and M.A. El-Sayed. 2011. Development of sustainable urban green areas in Egyptian new cities: The case of El-Sadat City. *Landscape and Urban Planning* 101(2):157-170.
- McHarg, I. L. 1967. An Ecological Method for Landscape Architecture. *Landscape Architecture* 57(2):105-107.
- National Institute of Environmental Research. 2010. A study on the spatio-temporal distribution of health effects by climate change and air pollution (국립환경과학원. 2010. 기후변화 및 대기오염에 의한 건강영향의 시공간적 분포 연구).
- OECD. 2014. Compact City Policies: Korea: Towards Sustainable and Inclusive Growth, OECD Publishing, Paris.
- Oh, K.S. and S.H. Jeong. 2007. Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS. *Landscape and Urban Planning* 82(1-2):25-32.
- Park, J.W. 2010. Legal system to control air quality in living spaces. Korea Legislation Research Institute (박종원. 2010. 생활공간의 공기질 개선을 위한 법제 연구. 한국법제연구원).
- Piao, Y. and Y.H. Kim. 2020. Analysis of relationship between green space distribution and temperature in Cheongju using Landsat data. *Journal of the Association of Korean Photo-Geographers* 30(4):126-136 (파오위린, 김영훈. 2020. Landsat 위성영상을 이용한 청주시의 녹지 분포와 기온과의 관련성 분석. *한국사진지리학회지* 30(4):126-136).
- Saaty, R. W. 1987. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling* 9(3-5):161-176.
- Schroeder, D. and G.L. Hill. 1993. Predicting postoperative fatigue: Importance of preoperative factors. *World J. Surg.* 17: 226-231.
- Seoul Metropolitan Government. 2019. 2030 Seoul park green area basic plan

- (서울특별시. 2019. 2030 서울시 공원 녹지 기본계획).
- Seoul Metropolitan Government. 2022. Recreation of the stagnant downtown of Seoul as a 'green ecological city' where high-rise forest and tree forest coexist. <https://uri.seoul.go.kr/web/main/bbs/pressrelease/2852> (서울시. 2022. 침체된 서울도심, 고층빌딩숲과 나무숲 공존 '녹지생태도심' 으로 재창조).
- Setianto, A. and T. Triandini. 2013. Comparison of kriging and inverse distance weighted (IDW) interpolation methods in lineament extraction and analysis. *Journal of Applied Geology* 5(1):21-29.
- Ulrich R. S. 1984. View through a window may influence recovery from surgery. *Science* 224(4647):420-421.
- United Nations. 2016. The World's Cities in 2016. <http://www.un.org>.
- World Health Organization. 2017. Inheriting a sustainable world? Atlas on children's health and the environment.
- Yang, J.H., H.S. Ku, J.M. Lee and H.R. Lee. 2012. Applications of replotting methods for urban park and green space conservation. Korea Research Institute for Human Settlements (양진홍, 구형수, 이정민, 이희라. 2012. 환지방식을 적용한 도시공원녹지 확보전략 기초연구. 국토연구원).
- Zheng, X. Y., H. Ding, L.N. Jiang, S.W. Chen, J.P. Zheng, M. Qiu, Y.X. Zhou, Q. Chen and W. J. Guan. 2015. Association between air pollutants and asthma emergency room visits and hospital admissions in time series studies: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PloS one* 10(9):e0138146. 