

생활SOC 적정입지 탐색 시뮬레이션 모형 개발 및 활용

김현중* / 성은영**

최근까지 정부는 생활SOC3개년계획 수립 및 생활SOC복합화사업 등 적극적인 정책과 사업을 추진하여 단시간내 대량 공급하였으나 그 입지의 적정성은 체계적으로 검토되지 못했다. 이에 본 연구는 생활SOC 적정입지 탐색 시뮬레이션 모형을 개발하고 경기도 부천시를 대상으로 시범적용하여 모형의 효용성 검증을 통해 정책적 활용을 제안하였다. 시뮬레이션 모형은 분석 대상시설의 선정, 목표의 설정, 최적 분석 방법의 선택, 분석실행 및 검증 단계로 나누고 목표를 달성할 때까지 시뮬레이션을 반복 수행하는 것으로 설정하였다. 시뮬레이션에서는 우리나라의 지역특성과 여건을 고려해서 접근성 개선의 목표 설정과 입지 효용성 기반의 최대 커버링 입지 문제를 적용하였다. 부천시의 공공도서관과 국민체육센터를 대상으로 모형을 적용한 결과, 생활SOC 적정입지 탐색 시뮬레이션 모형은 다음과 같은 중요한 정보의 도출이 가능하다. 첫째, 정책 목표에 부합하는 적정입지와 시설의 공급량을 확인할 수 있다. 둘째, 적정입지의 비교우위 정보를 제공한다. 셋째, 읍·면·동 등 세부 지역단위에서 시설공급에 따른 정책 목표의 효과를 분석할 수 있다. 생활SOC의 공급 및 관리는 대부분 지방사무로서 지자체는 주민의 수요와 재정 여건 등 지역특성에 맞는 생활SOC의 공급 및 입지 결정이 매우 중요하므로 이러한 정보는 지역주도의 생활SOC 공급 및 관리시 적극적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주제어 _ 생활SOC, 적정입지, 입지 의사결정지원체계, 최대 커버링 입지 문제

* (주)빅랩 대표(제1저자)

** 건축공간연구원 연구위원(교신저자)

Development and Utilization of a Simulation Model for Exploring the Proper Location of Living SOC

Kim, Hyunjoong* / Seong, Eunyoung**

Although the supply of living SOC has been carried out on a large scale by the central government, the location selection of living SOC is not systematically performed. Therefore, this study developed a simulation model for exploring the proper location for living SOC and applied it to Bucheon-si, Gyeonggi Province. The simulation model is divided into four stages: facility selection, goal setting, analysis method, and simulation. After a facility, goal, and method are selected, the simulation is repeated until it fulfills the goal. Even though the goal-setting may vary, the study clarified why accessibility is more appropriate than supplies. The analysis method can also apply various techniques considering the characteristics of facilities and regions. Considering Korea's situation, the model presented the maximum covering location problem based on location efficiency. As a result of applying the model to the public library and sports training center in Bucheon-si, three critical pieces of information were confirmed: 1) demonstrates the proper location and the number of facilities that meet the policy goals, 2) provides information on the comparative advantage of the appropriate locations, 3) analyzes the effect of policy goals reflecting facility supplies in sub-regional units such as Dong district. Since the pieces of information are essential for supplying living SOC, it is expected that the simulation model could be of great utility in the future.

Key words _ Living SOC, Proper Location, Location Decision Support System, Maximum Covering Location Problem

* CEO, Biglab(First Author)

** Research Fellow, Architecture & Urban Research Institute(Corresponding Author)

I. 서론

최근까지 정부는 일상생활과 밀접한 인프라 공급을 통한 국민의 향유 수준과 삶의 질 제고의 필요성이 지속적으로 제기됨에 따라(성은영 외, 2021), “10대 지역밀착형 생활SOC 투자확대(기획재정부, 2018)”를 발표하고 “생활SOC 3개년 계획(2020~2022)”을 수립하여 핵심 생활인프라 공급을 추진해왔다. 3년간(2020~2022년) 30조 원 이상의 국비가 투자되어 생활SOC의 공급이 이뤄졌으며, 단기간의 공급을 통해 국민 삶의 만족도 개선과 일자리창출 및 국가균형발전에 기여하였다(국무조정실, 2021). 해당 정책으로 추진된 생활SOC가 모두 준공되는 2025년 경에는 그 파급효과가 커질 것으로 기대된다. 이러한 생활SOC의 공급 확대에도 불구하고, 집 주변에서의 안전하고 편리한 생활의 영위하고자 하는 국제적 수준(파리 15분도시, 바르셀로나 9분 슈퍼블록 등)의 사회서비스에 대한 국민적 요구는 커지고 수도권과 비수도권, 도시와 농촌 등 지역 간 서비스 수준 격차 문제는 여전히 제기되고 있어(성은영 외, 2021) 생활SOC 공급의 지속적인 확대는 불가피하다.

그러나 한 번 공급된 생활SOC는 건물의 내구연한이 경과할 때까지 유지수선 및 운영관리비용이 지속적으로 투입되어 예산 부담이 커지고 인구감소 등의 사회적 여건 변화에 따라 입지와 기능 등의 전환이 어려워므로 지역내 새로운 시설 공급 및 적정입지를 결정하는 것은 매우 중요하다. 즉, 생활SOC 공급은 제한된 자원 및 예산을 최대한 효율적으로 활용하여 시설의 효율을 극대화하는 지점에서 이루어져야 하므로, 인구 분포와 기존 생활SOC 시설 간의 입지 분포를 면밀히 분석하여 적정입지에 신규시설을 공급하는 것이 무엇보다 중요하다. 또한, 정책 목표부터 시설입지, 그리고 모니터링(monitoring)까지의 모든 분야 간 정합성이 요구되며, 이를 효과적으로 달성하기 위해서는 공간의사결정지원체계(Spatial Decision Support Systems)의 도입이 필수적이다. 특히, 공간 및 시설의 입지결정은 대안 간 비교가 어렵고, 때로는 상충되는 다양한 목표를 동시에 고려해야 하는 복잡한 문제를 해결해야 하므로(Kik et al., 2021) 지역의 여건 및 시설의 특성에 맞는 적정입지를 판단하기 위해서는 입지 의사결정지원체계(Location Decision Support System)의 구축 및 활용이 필요하다.

이에 본 연구의 목적은 생활SOC의 적정입지를 탐색할 수 있는 시뮬레이션 모형을 개발하고 시설의 주요 공급 및 관리 주체인 지방정부의 활용방안을 제시하는 것이다. 특히 생활SOC 적정입지 탐색 시뮬레이션 모형의 규범적 절차를 개발하는 동시에 모형의 활용성을 제고하는 것이 연구의 주안점이다. 여전히 많은 지방정부에서는 생활SOC의 적정입지 선정이 비과학적이고, 형식적인 의사결정을 통해 이뤄지고 있다. 그로 인해 공공재정 투입의 효과성이 떨어지고, 시설 이용의 지역 간 격차가 줄어들지 못하는 등의 구조적인 문제가 반복되고 있다. 이러한 악순환 고리는 생활SOC 적정입지 탐색 방법에 대

한 이론적 지식과 활용 능력의 부재에서 출발한다. 접근성(accessibility) 하나만으로 생활SOC의 적정 입지를 탐색하는 관행은 개선되어야 하며, 입지 고도화를 위한 정책은 꾸준히 추진되어야 한다. 이러한 문제의식 아래, 이 연구는 생활SOC 적정입지 선정의 부적절한 관행을 개선하고, 고도화된 의사결정을 도모하기 위한 적절한 방법론의 개발함으로써, 생활SOC 공급 효과 제고에 기여하고자 한다. 이 연구의 사례지역은 경기도 부천시이며, 분석시설은 자료의 구득 가능성과 시설의 중요성 등을 종합적으로 고려하여 공공도서관과 국민체육센터로 선정하였다. 분석의 기준연도는 2020년이며, 최근의 현황자료를 활용하였다.

II. 선행연구 분석

공공시설의 위치, 규모, 종류, 수 등은 삶의 질과 직결되며, 공급수준은 주민의 일상생활과 경제활동에 직접적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 주변 지역과 도시 전체에 영향을 준다(김재익·정현욱, 2001). 이로 인해, 공공시설의 입지와 관련된 연구는 방법론, 입지선정 기준, 응용 영역 등 다양한 측면에서 오랫동안 관심을 받아왔다(이건학 외, 2010). 특히, 공공시설 입지선정의 합리성과 객관성을 확보하기 위한 노력은 현재진행형이다. 1990년대 이후 지리정보시스템(GIS, Geographic Information System)의 발전으로 공공시설 입지의 객관성과 효율성은 크게 향상되었다. 최근 들어서는 보다 정교한 시뮬레이션 모형의 등장과 함께 MPSD(Mobile Phone Signaling Data)등의 공간 빅데이터(Spatial Big Data) 활용하여 분석 결과의 정확성을 높이려는 노력이 경쟁적으로 펼쳐지고 있다. 이 연구의 관점에서 유의미한 선행연구는 입지 불균형 및 입지결정 요인을 분석하는 연구와 개별 시설의 적정입지를 도출한 연구로 구분할 수 있다.

1. 입지 타당성 및 결정 요인 탐색

입지 타당성 및 입지결정 요인을 탐색하는 연구에서는 주로 입지선정 과정에서 고려해야 하는 사항이나, 시설입지의 공간적 분포가 지역주민의 요구를 충족할 수 있는지를 분석해왔으며 시설입지의 결과로서 시설 이용의 형평성(equity)을 다룬 연구가 다수이다. 이금숙(1998)은 의료자료의 공간적 입지 특성을 분석하였으며, 의료자원의 공간적 편차를 확인하였다. 특히, 시설의 양적 규모뿐 아니라, 질적 수준이 우수한 의료자원일수록 수도권에 집중적으로 분포하고 있는 문제를 확인하였다. 또한, 공공

시설 입지의 불균형 문제를 다양한 시설들을 사례로 실증하였는데, 방법시설(김현중·임형백, 2013), 공공도서관(김영엽·여관현, 2014), 보건의료서비스(조대현 외, 2008), 주민센터(이건학 외, 2010) 등이 있다.

공공시설 입지 타당성 분석시 후보지 간 입지우위를 평가할 때 주로 공간의사결정체계를 활용하여 복수의 기준에 의해 최적의 대안을 선택하는 방법론인 다기준 의사결정(MCDM, Multi-Criteria Decision Making)을 적용한 연구들이 주류를 이룬다. 유재우·김신영(2015)는 지역대표도서관 입지를 선정하는데 평가의 항목과 절차를 설정하고 실제 부산지역의 후보지들을 대상으로 최적의 입지를 분석하였다. 김황배·김시곤(2006)은 접근성 이론과 GIS 공간분석기법의 접목을 통해 공공시설 후보지 평가모형을 적용하여 충남도청 후보지들의 적정성 평가를 실시하였다. 박병식·강태호(1998)와 이희연(2000)은 주민들이 선호하는 핼피(PIMFY, Please In My Front Yard) 시설이 아닌 님비(NIMBY, Not In My Backyard)인 쓰레기 매립장 및 소각장의 입지결정 기준을 설정하고 입지선정의 합리화방안을 제시한 바 있다.

2. 개별 시설의 적정입지 탐색

공공시설의 적정입지(혹은 최적입지)를 탐색하는 연구의 수행은 2000년대 이후 GIS 발전과 함께 본격화 되었다. 특히 소방서, 의료시설 등 관할지역의 서비스 반경을 고려해야 하는 시설과 시설의 이용빈도가 높은 공원을 대상으로 적정입지를 분석한 많은 연구가 수행되었다(임수진·김찬호, 2020). 최근 들어서는 자전거 주차장, 사전투표소, 무인 택배함 등 이용자들에게 친숙하고 접근 가능한 시설로 분석대상이 확대되는 양상도 보이고 있다(이지원 외, 2019). 적정입지 탐색 방법론 또한 꾸준히 진화해왔으며 최근에는 정확한 해(解)의 도출이 용이한 수학적 모형이 많이 활용되고 있다. 일반적으로 입지 문제를 해결하기 위한 공간 최적화 모형은 입지 문제의 구조, 입지할 시설물의 수, 제약 조건들 등에 따라 매우 다양한 형태가 존재한다(이건학 외, 2010). 대표적인 공간 최적화 모형으로는 셋커버링 입지 문제(Set Covering Location Problem), 피센터 문제(P-center Problem), 최대 커버링 입지 문제(Maximum Covering Location Problem) 등이 있다(Daskin, 1995).

국내에서도 공간 최적화 모형을 활용한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 고승렬 외(2019)는 수요지와 공급지 간 이동거리를 최소화하는데 일반적으로 사용되는 P-median 기반의 버스공영차고지 입지를 최적화 모형을 개발하였다. 김현중 외(2016)는 수도권을 대상으로 도보권 근린공원의 최적입지를 찾기 위해 최대 커버링 입지문제를 활용해 특정 거리조각에서 최대의 수요를 창출할 수 있는 신규 지점을 추출하였다. 이진학 외(2010)는 효율성이 최적화된 메디언(median), 공간적 형평성이 최적화된 센

터(center), 효율성과 형평성 사이의 상충관계를 고려한 절충적인 대안의 센터(centroid)를 도출하여 주민센터의 입지가 최적화되어 있지 않은 문제를 제기하였다. 임수진·김찬호(2020)는 최대 수요가 고려된 입지-배분모형을 적용하여 주민의 이용편의가 최대가 될 수 있는 입지를 선택하였다.

3. 선행 연구와의 차별성

공간 최적화 모형을 적용하여 생활SOC의 적정입지 탐색을 목적으로 하는 기존 선행연구들과 본 연구에서 개발하고자 하는 적정입지 탐색을 위한 시뮬레이션 모형은 다음과 같은 측면에서 크게 차별화된다. 신규시설의 입지는 기존 시설의 입지로부터 직접적인 영향을 받게 마련이므로 2개 이상의 복수의 신규시설을 입지하는 경우에는 첫 번째 시설의 입지는 두 번째 시설의 입지에 많은 영향을 끼치게 된다. 따라서 단일의 시설이 아니라, 복수의 시설을 공급할 시에는 공간 최적화 모형이 기 입지한 시설과 신규시설 등을 모두 고려해서 적정입지를 단계별로 탐색해야 한다. 하지만, 지금까지 소개된 대부분의 방법론은 주로 신규입지 간 비교우위에 초점을 맞추고 있을 뿐, 복수의 시설입지의 최적화 시뮬레이션 모형으로까지는 이어지지 못하고 있다. 생활SOC의 공급은, 동일부지에 복수의 시설공급이 목적인 만큼 이에 부합하는 공간 최적화 시뮬레이션 모형의 개발이 필요하다.

이 연구의 또 다른 차별성은 생활SOC 공급의 규범적 절차를 개발하고 적용하는 것이다. 생활SOC의 공급을 위해서는 정책목표 설정부터 시설공급 효과분석에 이르기까지 다양한 단계별 정합성이 필요하다. 그 동안 생활SOC의 양적 공급에만 치중하여 체계적이고 합리적인 공급체계를 구축하여 실행한 사례는 찾아보기 힘들다. 따라서 이 연구에서 개발하는 생활SOC 공급의 규범적 절차와 분석 및 접근방법은 중앙주도의 정책 추진에서 지역 주도의 생활SOC 공급 계획 및 조성으로의 패러다임 전환에 실질적 기여를 기대할 수 있다.

III. 분석 방법

1. 분석지역

이 연구의 분석지역은 경기도 중서부에 위치하여 서울과 인천을 잇는 경인축의 거점 도시인 부천시로 정하였다. 2020년 현재 부천시의 인구는 83만여 명이며, 인구밀도는 1km²당 1.6만여 명으로 전국

최고 수준이며 부천시의 생활SOC 공급수준은 경기도 평균을 하회하며, 신·구시가지 간 격차가 심한 편이다(부천시, 2021). 이에 열악한 공급수준을 타개하기 위해서는 시설 설치가 용이한 개발가능지가 확보되어야 하나, 개발제한구역을 제외하고는 신규 공급지역을 찾기어렵기 때문에 부천시는 생활SOC 복합화와 그 시설의 적정입지 선정이 중요한 지역이다. 또한 부천시의 공공도서관과 국민체육센터의 공급수준은 매우 취약한 수준이다. 인구 만 명당 부천시의 공공도서관의 공급량은 0.207로 경기도 0.311과 전국 평균 0.458보다 크게 낮다(부천시, 2021). 같은 자료에서, 국민체육센터도 크게 다르지 않은데, 부천시는 0.271로 경기도 0.725와 전국 평균은 0.910과는 상당한 격차를 보였다. 80만 명이 넘는 부천시의 인구규모를 고려할 때, 부천시는 적극적인 시설 공급이 필요하다. 특히, 만성적인 개발가능지 부족 문제에 대응하고 재정 효과를 극대화하기 위해서는 공공도서관과 국민체육센터의 입지 고도화 전략을 추구할 필요가 있다.

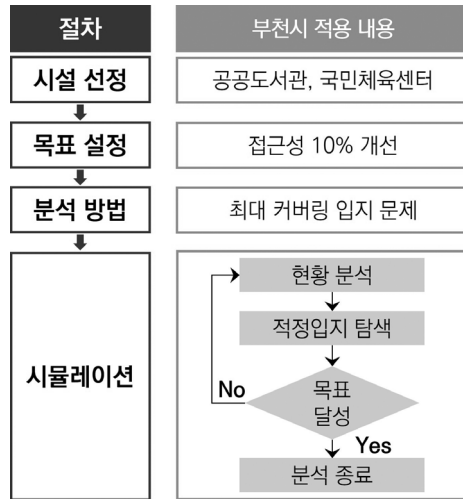
2. 생활SOC 적정입지 탐색 시뮬레이션 모형

생활SOC 시설의 적정입지 탐색을 위한 합리적인 시뮬레이션의 절차와 구조는 <그림 1>과 같다. 분석 대상의 선정, 목표의 설정, 분석 방법의 설정, 시뮬레이션 실행의 네 단계로 나뉜다. 첫 번째 단계에서는 각 지역에서 필요로 하는 다양한 생활SOC 중 분석 대상 시설을 선정한다. 이 연구에서는 부천시 공급이 부족하여 향후 공급 필요성이 높은 공공도서관과 국민체육센터를 선정하였다.

두 번째 단계에서는 공급 기준과 공급 목표를 정량적으로 설정한다. 공급 기준은 다양하게 설정될 수 있는데, 공급량, 접근성 등이 대표적이다. 공급량은 가장 직관적인 지표이지만, 시설입지의 공간적 특성을 고려할 수 없는 한계가 있다. 가령, 공급량은 우수하지만, 입지가 불리해서 시설의 이용률이 떨어지는 문제가 발생할 수도 있다. 이에 반해, 접근성은 이용자들이 시설을 이용하는데 얼마나 쉽게 접근할 수 있고, 얼마나 많은 이용기회를 제공받을 수 있는가를 판단하는 기준이며(건설교통부, 2006), 시설의 입지적 특성을 고려하여 시설의 이용가능성을 진단하는 데에 효과적인 지표이다. 도시재생사업 및 생활SOC사업에서도 공급 기준을 “기초생활인프라 국가적 최저기준” 및 “국가최소수준”이라는 접근성 지표로 설정하는 등, 접근성은 정부사업에서도 시설공급의 중요한 기준이 되었다. 따라서 공급량보다는 접근성 기준의 목표 설정이 타당하며 부천시에도 접근성을 공급 기준으로 채택하였다. 접근성은 두 가지 층위에 의해서 결정된다. 하나는 공간적(spatial)과 비공간적(aspacial) 기준이며, 다른 하나는 잠재적(potential) 접근성과 실현된(realized) 접근성으로 나뉜다. 공간계획에서 공간적 기준을 선호하며, 실현된 접근성이 잠재적 접근성보다 선호된다. 하지만 우리나라에서 개별 시설의 이용행태자료를 확인할 수 있는 생활SOC 시설은 매우 제한적이므로, 잠재적 접근성을 선택할 수밖에 없는 한계가 있

다. 이에 이 연구에서는 공간적·잠재적 접근성 기준을 적용한다.

〈그림 1〉 생활SOC 적정입지 탐색 시뮬레이션 모형의 절차



생활SOC 공급 기준을 선택한 후에는 공급 목표를 결정해야 한다. 공급 목표의 설정은 정책적인 의 사결정과정으로서, 지방정부의 다양한 여건을 고려해서 결정해야 한다. 이 연구에서는 부천시의 정책 적 목표를 접근성 개선 비율로 설정하였으며, 공공도서관은 10%, 국민체육센터는 20%를 각각 가정하 였다. 사례분석 특성상 지방정부의 세부 정책적 목표를 직접 설정할 수 없는 한계로 인해 개괄적인 비 율로 설정하여 분석을 수행한다. 향후 지방정부에서는 개별 시설마다 단계별 목표를 설정할 수 있으며, 지역별로 차별화된 목표도 적용할 수 있다.

세 번째 단계에서는 정책 목표와 정합성을 유지할 수 있는 분석 방법을 선택한다. 시설의 적정입지에는 입지 효율성(location efficiency)과 입지 형평성(location equity)이 주로 이용된다. 전자는 많은 수 요자(잠재적 이용자)를 서비스할수록 적정입지이며, 후자는 수요자 간의 편차를 최소화하는 지점이 적 정입지이다. 두 가지 기준 중 하나를 선택하거나 두 개의 기준을 모두 활용할 수 있다. 생활SOC 적정 입지 기준에 의해서 결과가 많이 달라질 수 있으므로, 지역적 특성과 분석시설 등을 종합적으로 고려 하여 합리적으로 선택해야 한다. 우리나라에서는 생활SOC 입지를 선정함에 있어 입지 효율성의 기준 을 더 선호하고 있다. 특히, 인구가 넓은 지역에 산재한 농촌지역은 입지 효율성을 한층 더 중요하게 고 려한다. 이는 새롭게 공급되는 시설의 유희화 우려를 불식시키고, 주민들의 이용을 제고하기 위한 합 리적인 전략이다. '22년 생활SOC복합화 사업 선정시에도 신규사업의 입지 적정성 평가 기준으로 입

지 효율성을 입지 형평성보다 중요하게 고려하였다(성은영 외, 2021). 이와 같은 특성을 고려하여 부천시 사례에서도 입지 효율성을 기준으로 분석한다. 세부적인 분석 방법으로는 최대 커버링 입지문제(Maximum Covering Location Problem)를 적용하였다. 이 이론은 신규 입지가능지점 중 가장 많은 수요자를 수용할 수 있는 입지를 탐색하므로(Church & Reville, 1974), 공간적 효율성을 강조한 방법으로 평가받고 있다(이건학, 2015).

마지막 단계에서는 시뮬레이션을 수행한다. 가정 먼저 현황을 분석하는데, 이 단계에서는 정책 목표의 기준에 적합한 현황분석 결과를 확인한다. 부천시 사례에서는 접근성 수준이 기준이므로, 2020년 현재의 접근성 수준을 확인한다. 뒤를 이어 시설의 입지 자료를 활용하여 적정입지를 탐색하고, 입지가 가장 우수한 지점을 새로운 시설의 입지로 도출한다. 신규시설의 입지가 정책 목표를 달성할 때까지, 적정입지 시뮬레이션은 반복 수행된다. 부천시의 사례에서는 접근성 10%와 20%의 개선이 정책 목표이므로, 정책적 목표를 달성할 때까지 시뮬레이션을 반복한다.

3. 접근성 및 적정입지 분석 방법

2000년 대 이후 GIS의 발전과 함께 공간적 접근성을 분석 방법은 고도화되었다. 중력모형(gravity)에 기반한 다양한 방법들이 개발되고 있으며, Luo & Wang(2003)이 개발한 Two-Step Floating Catchment Area(2SFCA)가 가장 널리 활용되고 있다. 이 방법은 시설의 접근성을 분석하기 위해 고안된 모형으로서, 수요와 공급을 동시에 고려할 수 있는 장점이 있다. 특정 거리조락(distance decay) 내 공급과 수요의 비율을 계산함으로써, 수요지점별로 접근성 수준을 측정할 수 있다. 수요량과 공급량 모두 확보 가능하면, 2SFCA를 적용하는 것이 타당하다. 하지만, 우리나라 대부분의 생활SOC 시설은 공급량에 대한 정보가 누락되어 있어 이 기법의 적용이 불가능하다. 부천시의 공공도서관과 국민체육센터 또한 공급량 정보가 없어 새로운 접근성 분석 방법을 채택해야 한다.

이 연구에서는 기초생활인프라 국가적 최저기준(국토교통부, 2019) 마련에 적용되었던 인구 1인당 접근성 수식을 적용하였다. 이 수식은 최근까지도 국가의 생활SOC 사업에 공식적으로 활용되고 있으며, 구체적인 모형은 수식 (1)과 같다. 상주인구가 가장 가까운 거리에 있는 생활SOC의 이용을 가정하고, 세생활권(200m×200m) 단위에서 인구 1인당 접근성을 계산한다. 세생활권은 도보 이동이 가능한 생활권의 최소 단위로서, 1인당 접근성을 산출하는 기본 단위이다(성은영 외, 2019). 100m×100m 격자의 인구자료를 활용하여 격자 중심지부터 생활SOC까지의 최단 거리를 도로 네트워크로 측정 후, 세생활권에서 인구 1인당 평균 접근성을 산출한다.

$$A_i = \frac{\sum p_{ij} \times d_{\min}}{P_i} \quad \dots\dots \text{수식 (1)}$$

A_i : 세생활권(200m×200m 격자) i 의 공간적 접근성

P_i : 위치 i 의 상주인구수

p_{ij} : i 에 속한 격자(100m×100m) j 의 상주인구수

d_{\min} : j 의 중심점에서 생활SOC 시설까지의 최소거리임

최대 커버링 입지 문제를 활용한 생활SOC의 적정입지 탐색에는 수식 (2)를 적용한다. 생활SOC의 입지 효율성을 극대화하기 위해서는 신규 입지가능지점 간 O_j 가 창출할 수 있는 효용의 크기(서비스 가능 상주인구수)를 객관적으로 비교해야 한다. O_j 값이 클수록 적정입지임을 의미한다. 신규 입지가능지점은 분석지역 전체로 고려하거나, 일부 지점으로 제한할 수도 있다. 본 분석을 위해, 부천시에서 생활SOC 시설의 입지가 어려운 표고 75m 이상, 경사도 15도 이상을 제외한 지역을 입지가능지점으로 분류하였다. O_j 가 창출할 수 있는 효용의 크기의 측정을 위해서는 두 가지의 기준이 사전에 정립되어야 한다. 시설의 서비스 영역인 거리조락에 대한 정의가 필요하며, 기존 시설로부터 서비스 받을 수 있는 인구의 배제 여부를 확정해야 한다. 공공도서관과 국민체육센터의 거리조락(도로 네트워크 기준)은 부천시의 내부 기준인 1km, 1.5km를 각각 적용하였다. 기존 시설로부터 서비스 받을 수 있는 인구수 중 신규시설의 잠재적 수요는 50%만을 고려하였다. 시설의 이용 여부에 대한 정보 없이는 정확한 추정이 불가능하므로, 성은영 외(2021)의 가정을 잠재적 수요 기준으로 활용하였다.

$$Maximize O_j = \sum_i P_i Z_i \quad \dots\dots \text{수식 (2)}$$

O_j : 신규 입지가능 지점 j 가 창출할 수 있는 효용 크기(서비스 가능 상주인구수)

i : 상주인구 위치

j : 신규입지 후보지

P_i : 위치 i 의 상주인구수

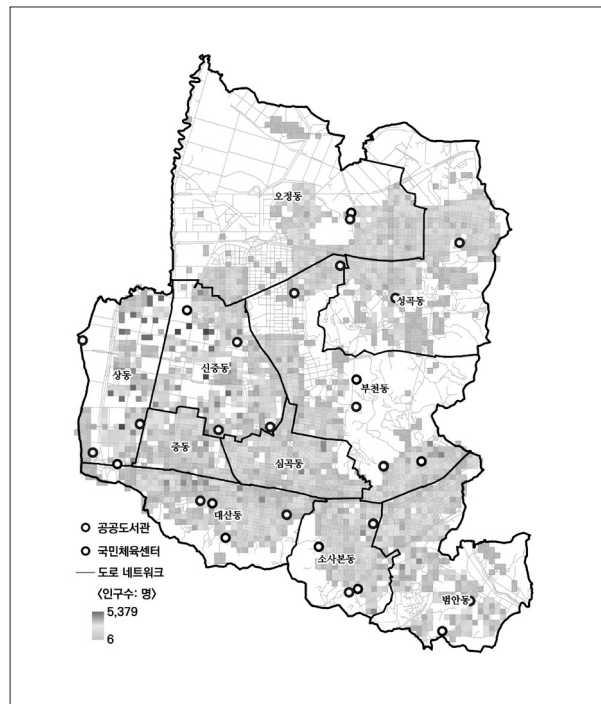
Z_i : 위치 i 의 상주인구수를 커버하는 경우 1, 그렇지 않으면 0

4. 자료

분석에 활용되는 자료는 생활SOC 위치, 인구, 도로 네트워크이다. 생활SOC 위치자료는 부천시의 시설주소를 지오코딩(Geo-coding)을 활용하여 포인트(point) 자료로 구축하였다. 부천시에는 공공도서관 18개와 국민체육센터 26개가 운영 중이다. 국민체육센터의 개소는 26개이지만, 10개의 위치에서

세부 시설이 운영되고 있어, 10개의 위치를 기반으로 분석을 수행한다. 인구와 도로 네트워크는 국토지리정보원에서 제공하는 100m×100m 격자의 인구수와 국가기본도 DB를 각각 활용하였다. 인구자료는 개인정보 보호를 위해 인구수 5명 이하의 격자에 대해서는 정보를 제공하지 않고 있지만 부천시는 인구수 5명 이하의 격자가 없어 인구소실의 문제로부터 자유롭다. 분석의 기준연도는 2020년이며, 자료 구축 결과는 <그림 2>와 같다.

<그림 2> 부천시 생활SOC 입지 및 인구 분포



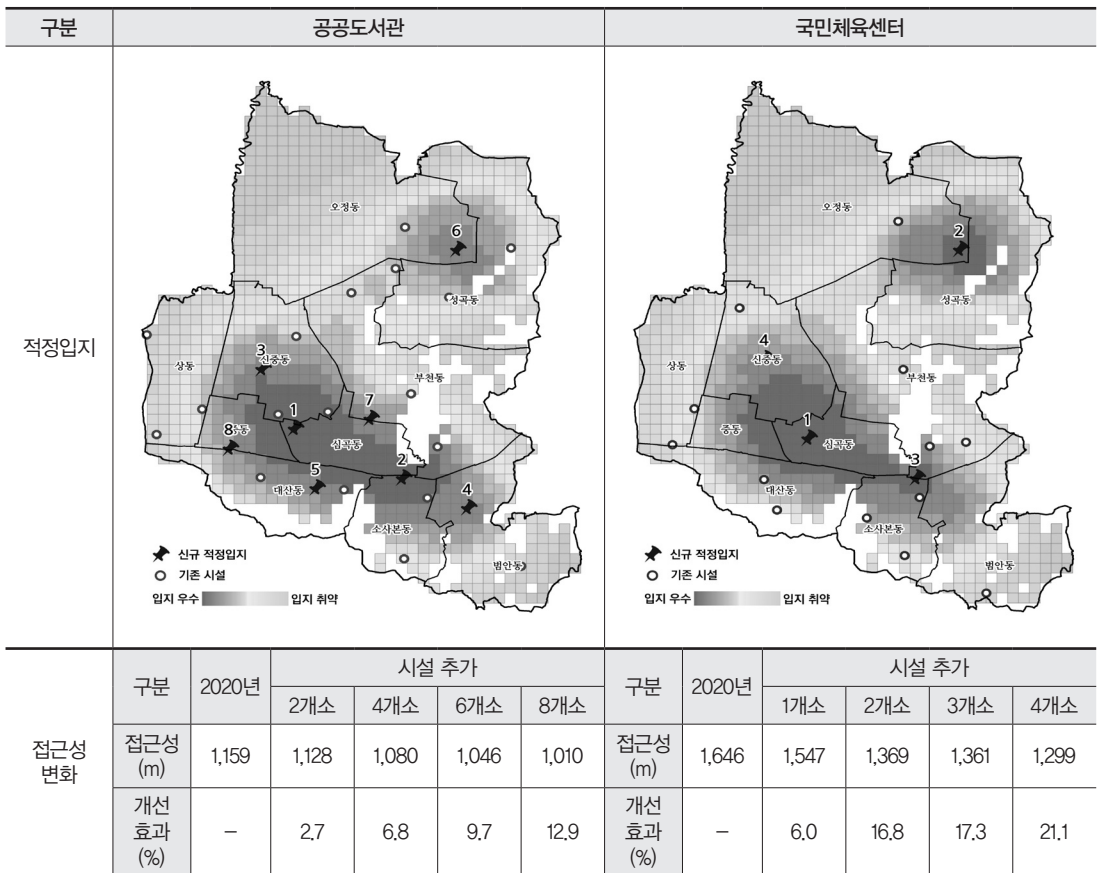
IV. 분석 결과

<그림 3>은 부천시 공공도서관과 국민체육센터의 적정입지 시뮬레이션 결과이다. 본 시뮬레이션에서 정책 목표는 접근성 개선이며, 2020년에 비해 공공도서관은 10%, 국민체육센터는 20%의 접근성 개선을 목표로 설정하였다. 본 시뮬레이션을 통해 생활SOC 시설의 적정입지 우선순위를 확인하고 시설 추가에 따른 접근성 변화를 동태적으로 분석할 수 있기 때문에, 생활SOC 입지결정의 고도화를 통

해 시민들의 편의성을 극대화시킬 수 있다. 주요 분석 결과를 상술하면 다음과 같다.

2020년 현재, 부천시 인구 1인당 공공도서관의 접근성은 1.159m로 나타났으며, 10%의 접근성 개선을 위해서는 모두 8개의 시설이 추가로 필요한 것으로 분석되었다. 심곡동의 좌측에서 입지우위가 가장 높은 지점이 탐색되었으며, 소사본동(2순위), 신중동(3순위), 범안동(4순위) 등의 순으로 적정입지가 분포하였다. 부천시의 구시가지의 인구밀도가 높은 지역을 중심으로 입지우위가 높은 것이 특징적이다. 공공도서관 추가 공급에 따른 접근성 개선 효과는 점진적인 증가세를 보였다. 2개 시설 추가시 2.7%의 접근성이 개선되었으며, 8개소 추가시에는 12.9%의 개선 효과를 드러내, 정책 목표인 10%를 충족하였다.

〈그림 3〉 부천시 공공도서관 및 국민체육센터 적정입지 시뮬레이션 결과



주) 그림 내 숫자는 입지우위를 의미

부천시에서 국민체육센터의 접근성을 20% 개선하기 위해서는 향후 4개의 시설이 필요하였다. 심곡동 좌측지역에서 입지우위가 가장 높았으며, 오정동(2순위), 소사본동(3순위), 신중동(4순위)로 분석되었다. 공공도서관에 비해 국민체육센터의 기존 시설이 적어, 신규 공급에 따른 접근성 개선 효과가 상대적으로 컸다. 시설 1개 추가 시의 접근성 개선 효과는 6.0%였으며, 시설 2개 추가 시에는 16.8%의 개선 효과를 보였다. 4개소의 국민체육시설이 적정입지에 추가로 공급되면, 정책 목표인 20%를 상회하는 21.1%의 접근성 개선을 창출할 수 있는 것으로 확인되었다. 국민체육센터는 시설의 공급량과 접근성 개선 효과가 완만한 형태의 선형(linear)으로 나타나지 않았다. 효율성 기반의 적정입지에서는 가능한 한 많은 인구가 시설로부터 서비스 받을 수 있는 지점을 최적의 입지로 선정하기 때문에 접근성 개선 효과가 점진적으로 증가하지 않을 수 있다. 생활SOC의 적정입지를 분석함에 있어 관행적으로 접근성 개선 효과만을 추정하는 경우가 적지 않은데, 이 연구의 결과는 이와 같은 관행의 부적절성을 증명하는 것이기도 하다.

생활SOC의 공급 효과는 미시적인 공간 단위에서도 확인 가능하며, 지역별로 차별적인 시설공급 효과를 확인할 수 있다. 지역별 세부 정보는 향후 지역밀착형 생활SOC 공급정책을 발굴하는 데에 기초 자료로 활용될 수 있다. 아울러, 지역 간 형평성 등의 문제를 해소하는 데에도 중요한 정보를 제공할 수 있다. 다양한 공간 단위에서 접근성 개선 효과를 확인할 수 있는데, 본 분석에서는 부천시 동 지역을 대상으로 생활SOC 시설의 추가 공급에 따른 접근성 개선 효과를 분석하였다.

부천시에 공공도서관이 2개 추가되면, 심곡동은 18.9%의 접근성 개선 효과를 누리는 것으로 예측되었다. 반면, 범안동, 부천동 등 5개 동 지역에서는 접근성 변화가 없었다. 4개의 시설이 추가되면, 범안동과, 소사본동, 신중동, 심곡동의 주민은 10%이상의 접근성 개선 효과를 향유하는 것으로 추정되었다. 6개의 시설이 추가되면, 부천동을 제외한 모든 동 지역에서 접근성 개선 효과가 나타났다. 마지막으로 8개의 공공도서관이 추가로 공급되면, 모든 동 지역에서 접근성 개선 효과를 누릴 수 있으며, 심곡동(33.9%), 대산동(24.7%), 중동(23.9%)은 20% 이상의 접근성 개선 효과를 누릴 수 있었다.

국민체육센터가 1개 추가되면, 심곡동의 접근성 개선이 40.1%로 압도적이었다. 신중동도 16.9%의 접근성 개선 효과가 나타나지만, 기타 지역에서는 접근성 개선 효과가 미미하였다. 2개의 시설 추가 시에는 심곡동과 함께 성곡동의 접근성 개선 효과가 38.4%로 가장 높았다. 오정동에서도 10% 이상의 접근성 개선 효과가 나타났다. 국민체육센터 3개 추가 공급 시에는, 접근성 개선 효과가 상대적으로 낮았는데, 소사본동, 심곡동, 부천동 등지에서만 미미한 효과를 보였다. 마지막으로 4개의 국민체육센터가 공급되면, 심곡동, 신중동, 성곡동은 30% 이상의 접근성 향상 효과가 나타나는 것으로 분석되었다.

〈표 1〉 공공도서관 추가 공급에 따른 동 지역별 접근성 변화

(단위 : m, %)

동 지역	2020년 접근성	2개 추가		4개 추가		6개 추가		8개 추가	
		접근성	개선율	접근성	개선율	접근성	개선율	접근성	개선율
대산동	926	924	0.2	924	0.2	791	14.6	697	24.7
범안동	1,369	1,369	-	1,104	19.4	1,104	19.4	1,104	19.4
부천동	1,100	1,100	-	1,100	-	1,100	-	1,062	3.4
상동	1,296	1,296	-	1,261	2.7	1,261	2.7	1,260	2.8
성곡동	1,036	1,036	-	1,036	-	1,012	2.3	1,012	2.3
소사본동	874	793	9.3	779	10.8	779	10.8	779	10.8
신중동	1,032	1,026	0.6	863	16.4	863	16.4	863	16.4
심곡동	1,122	909	18.9	909	18.9	904	19.4	741	33.9
오정동	1,606	1,606	-	1,606	-	1,465	8.8	1,465	8.8
중동	947	902	4.8	899	5.1	899	5.1	721	23.9

〈표 2〉 국민체육센터 추가 공급에 따른 동 지역별 접근성 변화

(단위 : m, %)

동 지역	2020년 접근성	1개 추가		2개 추가		3개 추가		4개 추가	
		접근성	개선율	접근성	개선율	접근성	개선율	접근성	개선율
대산동	987	965	2.2	965	2.2	965	2.2	965	2.2
범안동	1,398	1,398	-	1,398	-	1,398	-	1,398	-
부천동	1,452	1,441	0.8	1,441	0.8	1,425	1.9	1,402	3.5
상동	1,196	1,196	-	1,196	-	1,196	-	1,196	-
성곡동	2,879	2,879	-	1,772	38.4	1,772	38.4	1,772	38.4
소사본동	677	677	-	677	-	657	2.9	657	2.9
신중동	1,909	1,587	16.9	1,587	16.9	1,587	16.9	1,094	42.7
심곡동	1,955	1,172	40.1	1,172	40.1	1,105	43.5	1,105	43.5
오정동	1,756	1,756	-	1,565	10.9	1,565	10.9	1,565	10.9
중동	1,243	1,180	5.1	1,180	5.1	1,180	5.1	1,176	5.4

V. 결론

기후변화, 팬데믹 등으로 신사회적 위험이 커져가는 상황에서 집주변 일상활동 공간의 질 제고에 대한 국민적 기대와 수요가 증대될 수 밖에 없으며, 보육·의료·복지·교통·문화·체육시설, 공원 등 일상생활에서 국민의 편익을 증진시키는 모든 시설인 생활SOC는 지속적인 공급이 불가피하다. 특히 이러한 생활SOC의 공급 및 관리는 대부분 지방사무로서 지자체는 주민의 수요와 지역특성에 맞는 생활SOC의 공급이 중요한 현안 사업일 수 밖에 없다. 이에 중앙 정부는 생활SOC3개년계획 수립 및 생활SOC 복합화사업 등 주요 정책과 사업 추진시 지역주도의 체계로 전환을 꾀했으나 대부분의 생활SOC 사업들이 사실상 중앙공모사업 등을 통해 중앙주도와 지원 형태였다. 그러나 지역에 따라 시설 및 주민 현황이 다르고 재정 여건이 다른 상황에서 지역의 특성과 부담가능성을 고려하여 지자체가 주도적으로 생활SOC 공급 및 입지 결정을 할 수 있도록 체계적 지원이 필요한 시점이다. 이에 본 연구에서는 생활SOC 적정입지 탐색 시뮬레이션 모형을 구축하고 부천시를 대상으로 활용방안에 대해 모의 실험하였다. 이 연구의 주요 결과 및 시사점은 다음과 같다. 이 연구에서 제시한 생활SOC 적정입지 시뮬레이션 모형은 직관적이고, 간결한 절차가 장점이다. 분석시설이 선정되면, 목표를 설정하고, 분석 방법을 선택하여, 목표를 달성할 때까지 시뮬레이션을 반복 수행한다. 목표 설정은 다양할 수 있으나, 공급량보다는 접근성이 적절한 사유를 밝혔다. 분석 방법 또한 시설과 지역의 특성을 고려하여 다양한 기법의 적용이 가능한데, 우리나라의 현실을 고려해서 입지 효율성을 추구하는 최대 커버링 입지 문제의 적용을 제시하였다. 시뮬레이션 모형은 접근성의 현황분석을 시작으로 목표 달성 여부를 충족하면 분석이 종료되는 간결한 체계로 구축하였다. 이 연구에서 제시한 시뮬레이션 모형은 간결하고 효과적이며, 향후 생활SOC를 공급하는 데에 활용이 가능할 것이다.

부천시의 공공도서관과 국민체육센터를 대상으로 한 적정입지 시뮬레이션 결과는 중요한 정보를 다수 포함한다. 첫째, 정책 목표에 부합하는 적정입지와 시설의 공급량을 확인할 수 있다. 정책 목표를 충족시켜주는 시설의 공급량에 관한 정보는 계획단계에서 매우 중요한데, 본 시뮬레이션 모형에서는 이에 대한 정보를 제공한다. 부천시의 사례에서는 공공도서관의 인구 1인당 접근성을 향후 10% 개선하기 위해서는 모두 8개의 시설이 필요한 것으로 나타났다. 둘째, 적정입지의 비교우위를 확인할 수 있다. 복수의 시설을 공급하기 위해서는 입지우위에 대한 정보가 필수적인데, 본 시뮬레이션을 통해 이러한 정보를 도출할 수 있다. 공급량은 물론 어느 지점에 시설을 공급하는 것이 타당한지에 대한 의사결정을 지원한다. 입지우위에 대한 정보는 다양한 지역 수준에서 제공이 가능하므로, 시뮬레이션 모형의 활용도를 높일 수 있다. 마지막으로 세부 지역단위에서 정책 목표의 효과를 확인할 수 있다. 생활SOC의 공

급 효과는 지역별로 다르므로 본 시뮬레이션 모형을 통해 지역 간 차별적인 효과를 분석할 수 있다. 지역별로 나타나는 차별적 효과의 정보는 향후 연속적인 생활SOC 공급의 기초자료로 활용이 가능하며, 지역 간 격차를 줄이고, 지역밀착형 공급방안을 마련하는 데에 핵심적인 자료로서 활용가치가 높다.

이 연구는 미시적인 수준에서 생활SOC에 대한 적정입지 시뮬레이션 모형을 개발하였지만, 자료의 확보 문제로 인해 제한된 수준의 결과만 제공하였다. 실현된 접근성을 활용하는 것이 바람직하나, 관련 자료를 확보할 수 없어 부득이하게 잠재적 접근성을 활용하였다. 생활SOC의 이용자를 고려하면, 상주 인구뿐 아니라, 유동인구 혹은 체류인구를 모두 고려할 수 있는 모형의 개발이 필요하나, 자료의 불비로 모형에 반영할 수 없었다. 두 가지 자료가 구축되면, 한층 더 고도화된 생활SOC 적정입지 시뮬레이션 모형으로 진화할 수 있을 것이다. 생활SOC의 적정입지를 탐색하려는 노력은 지속되어야 하며, 관련 모형의 개발도 뒤따라야 한다. 후속 연구에서는 생활SOC 공급자(중앙 및 지방정부)의 편의를 제고하기 위해 시뮬레이션 모형의 활용이 편리한 툴킷(toolkit)을 개발하고 제공하는 노력도 필요하다. 생활SOC 적정입지 탐색의 필요성에 대한 사회적 공감대가 한층 더 강화되면, 지역주도의 생활SOC 공급이 더욱 체계화·고도화될 수 있을 것으로 기대된다.

■ 참고문헌 ■

- 건설교통부(2006). 『국토공간계획지원체계(KOPSS) 구축사업 2006년 준공보고서: 도시기반시설 입지 배분모형(모형 2)』.
- 고승렬·박준식·김겨중·최용선(2019). 버스공영차고지 최적 입지선정 방법론에 관한 연구: 인천광역시를 중심으로. *교통연구*, 26(2), 101-113.
- 국무조정실(2021). “2년의 노력, 우리동네 생활SOC 일석삼조의 효과!”, 국무조정실 보도자료, 2021.12.16.
- 국토교통부(2019). 국가도시재생 기본방침. (일부개정, 국토교통부 공고 제2019-113호)
- 기획재정부(2018). “10대 지역밀착형 생활SOC 투자 확대”.
- 김영엽·여관현(2014). 공간의 국지적 탐색을 통한 공공도서관의 입지평가 및 최적입지 선정. *주거환경*, 12(4), 55-71.
- 김재익·정현욱(2001). 도시공공시설 적지선정을 위한 GIS 활용방안에 관한 연구. *한국지리정보학회지*, 4(4), 8-20.
- 김현중·임형백(2013). 범죄예방을 위한 파출소·지구대의 입지 효율성 평가 및 최적 입지 탐색. *지역연구*,

- 29(2), 85-104.
- 김현중·정진우·여관현(2016). 도보권 근린공원의 최적입지 선정에 관한 연구. 주거환경, 14(1), 41-57.
- 김황배·김시곤(2006). 접근성이론과 GIS 공간분석기법을 활용한 행정기관의 입지선정. 대한토목학회 논문집 D, 26(3D), 385-391.
- 박병식·강태호(1998). 공공시설 입지결정에 관한 연구 : 쓰레기매립장을 중심으로. 한국행정학회, 32(4), 239-255.
- 부천시(2021). 포용성장을 위한 부천 도시공간 활성화계획 수립.
- 성은영·강현미·고영호·민혜경(2021). 생활SOC3개년계획 성과평가 및 정책발전 방안. 국무조정실 생활SOC추진단.
- 성은영·강현미·오성훈·김성준·허재석·정혜윤·황남희·김경래·임덕영·남궁은하·정희선(2021). 삶의 질 제고를 위한 생활SOC 운영 효율화 방안 연구. 경제인문사회연구회.
- 성은영·고영호·강현미·송경민. (2019). 도시재생활성화를 위한 지역의 자립적 기초생활인프라 공급 및 관리 지원방안 연구. 국토교통부.
- 염철호·강현미·진태승·최가윤·김수빈(2021). 2022년도 생활SOC 복합화사업 선정 및 관리 지원. 국무조정실 생활SOC추진단
- 유재우·김신영(2015). 지역대표도서관 입지환경 평가에 관한 연구 -대구광역시를 중심으로-. 한국도서관정보학회지, 46(4), 427-450.
- 이건학(2015). 광역 커버리지 슈퍼 와이파이 최적 입지 모델링. 한국지도학회지, 15(1), 37-58.
- 이건학·신정엽·신성희(2010). GIS 기반의 다기준 의사결정분석 기법을 이용한 시립 미술관 입지 적합성 분석 연구: 인천시를 사례로. 한국도시지리학회지, 13(3), 89-105.
- 이금숙(1998). 의료서비스시설 입지문제. 한국경제지리학회지, 1(12), 71-84.
- 이지원·김지영·윤기윤·양성철. (2019). 공공데이터를 활용한 초등학생 돌봄시설의 최적입지 선정. 지역과 국토정보, 49(2), 109-122.
- 이희연(2000). 공공시설물 입지선정에 있어서 다기준평가기법의 활용에 관한 연구 -쓰레기 소각장을 사례로 하여. 대한지리학회지, 35(3), 437-454.
- 임수진·김찬호(2020). 서비스 공급 인구나 접근성에 기반한도시기반시설의 입지결정에 관한 연구: 공공도서관을 중심으로. 한국지역개발학회지, 32(3), 45-66.
- 조대현·신정엽·김감영·이건학(2010). 농촌지역 공공 보건서비스에 대한 공간적 접근성 분석. 한국지역지리학회지, 16(2), 137-153.

- Church, R. & Reville, C. (1974). *The Maximal Covering Location Problem*. Papers of the Regional Science Association, 32, 101–118.
- Daskin, M. (1995). *Network and Discrete Location: Models, Applications and Algorithms*. Wiley: New York, USA.
- Kik, D. Wichmann, M.G. & Spengler, T.S. (2021). *Decision Support Framework for the Regional Facility Location and Development Planning Problem*. Journal of Business Economics, 92, 115–157.
- Luo, W. & Wang, F. (2003). *Measures of Spatial Accessibility to Health Care in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region*. Environment and Planning B: Planning and Design, 30, 865–884.

원 고 접 수 일 | 2022년 10월 7일

심 사 완 료 일 | 2022년 11월 16일

최종원고채택일 | 2022년 11월 21일

김현중 khj1122452@gmail.com

미국 루이지애나주립대 지리 및 인류학과에서 박사수료 후 (주) 빅랩을 설립하여 대표이사로 재직 중이다. 주요 논문으로는 “Disparity in Spatial Access to Public Daycare and Kindergarten across GIS-Constructed Regions in Seoul, South Korea(2019)”, “i2SFCA와 GWR을 활용한 편의점 입지 효율성과 근접출점 간의 인과성 검증(2021)”, “생활SOC의 지역 간 격차와 최적입지: 생활거점시설을 중심으로 (2022)”, “Pattern and Explanation of Inter-City Crime Variation in South Korea(2022)” 등이 있다. 주요 관심 분야는 GIS 공간분석, 도시기물레이션 모형, 그리고 공간 빅데이터 등이다.

성은영 eyseong@auri.re.kr

2017년 서울대학교 환경대학원에서 도시계획학 박사학위를 받았으며, 현재 건축도시공간연구원 주거문화연구단 연구위원으로 재직중이다. 주요 논문으로는 “서울시 단독주택밀집지구의 공간 분포 변화와 유형별 특성 분석(2017)”, “빈집의 선제적 관리를 위한 근린환경 요인 탐색-부산광역시를 사례로(2020)”, “생활SOC3개년계획 성과평가 및 정책 발전 방안 연구(2021)”, “n분 도시의 실현을 위한 도시전략 연구(2021)”등 다수 논문과 연구를 발표하였다. 주요 관심분야는 주거지재생, 축소도시, 생활SOC, 생활권계획 등이다.