

공간 최적화 방법을 이용한 서울시 소규모 노인복지센터의 최적 입지 연구: 공간 효율성과 형평성을 고려한 다목적 최적화 접근*

김지윤** · 이진학***

Optimal Locations for Small Senior Welfare Centers in Seoul Using Spatial Optimization Method: Multi-objective Optimization Approach Considering Spatial Efficiency and Spatial Equity*

Jiyeon Kim** · Gunhak Lee***

요약 : 최근 노인 인구가 증가함에 따라, 이들의 삶의 질에 대한 사회적 관심도가 높아지고 있으며, 노인들의 건강하고 활기찬 노후를 고려하는 활동적 노후 및 고령친화도시의 개념이 주목받고 있다. 이러한 상황에서 많은 지자체는 노인들이 지역 사회에서 여생을 의미 있게 보낼 수 있도록 다양한 노인여가복지 서비스를 제공하기 위해 노력하고 있다. 그러나 실질적인 노인 수요에 부합하는 서비스 공급이 이루어지지 못하고 있으며, 지역별로 노인여가복지 서비스의 공간적 격차가 발생하고 있는 실정이다. 이는 노인여가복지 입지와 관련하여 체계적인 법적 기준이 부재하기 때문이다. 이에 본 연구는 서울시의 노인여가복지 시설에 대한 수요와 공급의 공간적 불일치성을 탐색하고, 공간 효율성과 형평성을 고려한 노인복지센터의 최적 입지 대안을 제시하고 있다. 연구 결과, 여러 입지 시나리오에 따라 서울시 노인복지센터의 공간적 접근성을 향상시킬 수 있는 다양한 최적 입지 대안들을 제시할 수 있었으며, 향후 노인복지 서비스 공급과 관련한 계획 및 정책에 있어 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. **주요어 :** 노인여가복지 시설, 소규모 노인복지센터, 공간적 효율성, 공간적 형평성, 공간 최적화, 다목적 최적화 모델, 공간적 불일치성

Abstract : As elderly population is increasing, the quality of their life and ‘active aging’ or ‘age-friendly cities’ for healthy and active retirement for the elderly have been paid more attention. In this situation, many local governments attempt to provide various senior leisure welfare services to enjoy the rest of life in a local community. However, those services are not supplied properly in terms of the actual demand of elderly population, and there exists a spatial disparity of the provision of senior leisure welfare services. This is because there is no legal guideline on the spatial location of senior leisure welfare facilities. In this regard, this study explores a spatial mismatch between the demand and supply for senior leisure welfare facilities in Seoul, and suggests optimal locations for the senior welfare center by considering spatial efficiency and spatial equity. As a result, we presented various optimal solutions based on several location scenarios to enhance the spatial accessibility of the senior welfare center in Seoul. Also, our results can be utilized as useful materials for planning or policy-making for the future provision of elderly welfare services.

Key Words : Senior leisure welfare facility, Senior welfare center, Spatial efficiency, Spatial equity, Spatial optimization, Multi-objective optimization model, Spatial mismatch

*본 연구는 제1저자의 석사학위 논문 일부를 수정·보완하여 작성한 것임.

**서울대학교 지리학과 석사과정(Master Student, Department of Geography, Seoul National University, geogiiyun@snu.ac.kr)

***서울대학교 지리학과 교수 및 국토문제연구소 겸무연구원(Professor, Department of Geography and Institute for Korean Regional Studies, Seoul National University, gunhlee@snu.ac.kr)

I. 연구 배경 및 목적

한국은 저출산·고령화 현상이 심화됨에 따라, 고령인구의 비중이 지속적으로 증가하고 있다. 통계청 “고령인구 비율” 자료에 따르면 2023년 6월 기준으로 한국은 ‘고령사회’¹⁾로 분류되며, 65세 이상 고령인구가 949만여 명으로 전체 인구 5139만여 명의 18.5%를 차지하고 있다. 한국은 2025년에는 고령인구가 전체 인구의 5분의 1에 해당하는 1,051만명을 차지하며 ‘초고령 사회’가 될 것으로 전망된다. 이미 2023년 기준으로 부산, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북은 초고령사회에 진입한 상황이다.

고령인구의 증가와 함께 노인의 무위고(無爲苦) 문제가 대두되고 있다. 대표적인 노인의 불행의 원인으로는 노인의 사중고(四重苦)가 꼽히는데, 사중고란 현대화 과정에서 노인에게 나타나는 특징적인 현상으로서 빈고(貧苦), 병고(病苦), 고독고(苦毒苦), 무위고(無爲苦)를 말한다(이윤경 등, 2012). 이 중 무위고는 하는 일 없이 지내는 무료함에서 비롯하는 고통으로, 퇴직 후 일자리 부재에 따라 겪게 되는 노년층의 어려움이다. 한국의 사회 정책은 상대적으로 노년층의 질병과 빈곤에 대해 보다 큰 관심을 두고 있으며, 무위와 고독에 대해서는 아직까지 활발한 논의가 이루어지지 않고 있다(황남희, 2014).

선진국에서는 고령친화도시(age-friendly city)의 개념이 사회적으로 주목받으면서, ‘활동적 노후(active aging)’와 ‘지역사회에서의 노후(aging in community)’가 점차 중요해지고 있다. 이러한 개념은 노인들이 자립적인 생활 및 사회 참여 활동을 유지하는 것을 중요시 여기며, 특히 지역 사회가 그러한 환경을 제공할 수 있도록 노력할 것을 강조한다. 한국의 고령층 역시, 노후를 현재 살고 있는 지역에서 보내고 싶어하는 것으로 조사되었다(양재섭·성수연, 2022). 노인이 생활해 온 지역사회 내에서 노인들이 적극적으로 참여할 수 있는 사회적 서비스의 접근성을 높일 수 있다면, 보다 활동적이며 지속가능한 노후 생활의 가치를 지역사회에서 실현할 수 있을 것이다.

지역 사회에 노인복지 시설을 설치해 운영하는 것은 노인들의 활발한 사회 참여를 유도하는 효과적인 방법 중 하나이다. 특히 노인은 비교적 이동성에 제한이 있기 때문에, 노인들을 위한 시설의 입지 시에는 접근성을 매우 중요하게 고려해야 한다. 예컨대 노인들의 활발한 여가 활동을 위해서는 노인복지관이 노년층 수요자들로부터 멀지 않은 곳에 입지하는 것이 필요하다. 현재 서울에는 노인종합복지관이 37곳, 소규모 노인복지센터가 52곳으로 총 89곳

의 노인복지관이 설치되어 있다. 그러나 현재의 노인복지관 입지 분포 및 서비스 제공의 공간적 특성이 주요 이용 대상자인 고령층의 실제 거주 분포와 수요를 제대로 고려한 공간 서비스인지는 불분명하다. 복지관 설치 이전에 타당성 조사와 같은 예비 조사 과정은 거치고 있으나, 노인복지관의 입지와 관련한 구체적인 법적 가이드라인은 존재하지 않기 때문이다. 특히 최근에는 노인복지 예산이 매해 큰 폭으로 증가하는 추세이기 때문에, 보다 합리적이며 체계적인 공간 의사결정이 필요한 시점이라 할 수 있다.

이러한 공간적 의사결정 시에는 공간 최적화(spatial optimization) 기법이 합리적이고 과학적인 대안을 제시해 줄 수 있는 매우 유용한 방법이 될 수 있다. 공간 최적화는 제한된 설치 면적, 유한한 자원 및 주변 환경과의 공간 관계를 고려하면서, 다양한 시설물에 대해 최적화된 공간 배치를 제시할 수 있다. 특히 수리적 모델(mathematical programming)을 활용하여 시설물의 관리 목표를 최대화하거나 최소화함으로써 공공 시설물과 비즈니스의 입지, 도시계획 등에 있어 과학적이고 체계적인 공간 의사결정을 도울 수 있다(이진학, 2012; 이진학·김감영, 2013).

본 연구는 고령층의 활동적인 여가활동 및 지역 사회 참여를 유도하는데 크게 기여할 수 있는 노인복지 시설의 입지에 관한 공간적 진단과 개선에 초점을 맞추고 있다. 이를 위해 먼저 노인복지 시설의 수요와 공급의 공간적 불일치성(spatial mismatch)을 탐색할 것이며, 공급 부족 지역에 대한 공간적 대안을 다목적 공간 최적화(multi-objective spatial optimization) 기법을 통해 제시할 것이다. 다목적 공간 최적화 모델은 공간적 효율성(spatial efficiency)과 공간적 형평성(spatial equity)과 같은 다소 상충하는 가치를 다양하게 고려할 수 있는 유용한 접근법이다. 본 연구에서는 공간적 효율성, 공간적 형평성, 절충적 접근 등 다양한 시나리오에 기반한 노인복지관의 최적 입지 대안을 제안하고자 한다. 특히 노인여가복지 체계에서 노인종합복지관과 경로당 사이의 규모로 기능하고 있는 소규모 노인복지센터를 대상으로 서울시의 노인여가복지 시스템의 현 주소와 대안을 논의할 것이다.

II. 이론적 연구

1. 노인여가복지 전달체계

노인복지란 사회복지의 한 분야로서, 노인의 기본적 욕

구를 충족하고 노인문제를 예방 및 해결하며 성공적 노화를 촉진하기 위한 공공과 민간 부문의 조직적 활동이라 정의내릴 수 있다(권중돈, 2016). 노인복지 전달체계란 노인 복지 급여 및 서비스가 전달되는 데 관련되는 조직적인 체계로서, 중앙정부와 지방정부, 노인복지기관 및 시설을 포함하는 모든 공공 및 민간조직의 서비스 전달을 위한 망이다(Friedlander and Apte, 1980). 노인복지법에 따르면, 노인이 이용할 수 있는 노인복지 시설에는 크게 7가지가 있다. 노인복지 시설의 종류로는 아래 표 1과 같이 노인주거복지시설, 노인의료복지시설, 노인여가복지시설, 재가노인복지시설, 노인보호전문기관, 노인일자리지원기관, 학대피해노인 전용쉼터가 있다.

노인복지 체계 중 노인여가복지 전달체계는 노인들이 여가를 즐기고 친목도모·취미생활 등을 할 수 있는 여가복지 서비스가 생성되고 전달되는 체계를 말한다. 노인여가복지 시설은 노인들이 여가를 즐기고 친목도모·취미생활 등을 할 수 있는 시설을 말하며, 표 2와 같이 노인복지관, 경로당, 노인교실이 이에 해당된다. 노인여가복지 시설을 설치 및 운영하기 위해서는 법적으로 정해진 시설 기준 및 직원 배치 기준을 만족해야 한다. 노인복지법 시행규칙에 명시된 기준은 노인복지관의 경우 연면적 500m² 이상, 경로당의 경우 이용정원 20명 이상(도서, 읍면 지역

은 10명 이상)을 수용할 수 있는 면적, 노인교실의 경우 이용정원 50명 이상을 수용할 수 있는 면적이다. 또한 노인복지관은 최소 7명 이상, 노인교실은 2명 이상의 직원을 배치해야 하며, 경로당은 직원의 배치 의무가 없다. 노인복지 시설은 이용자의 수요도, 전문 인력과 거리, 자원봉사자의 이동 거리 등을 중시하는 도시 지향적 시설과, 시설환경의 수준 및 쾌적한 주변 환경을 중시하는 전원 지향적 시설로 크게 구분할 수 있다. 이때 노인복지관은 전자에 속하므로 접근성을 추구하는 시설 입지 특성을 가진다고 할 수 있다. 한편 해당 지역(시군구 단위)에 노인복지관이 있으나 접근성이 좋지 않은 지역의 노인을 위하여 노인복지관 분관을 설치할 수 있다. 분관의 규모는 본관과 달리 연면적 500m² 이상이라는 규정 적용을 받지 않는다. 이외에도 접근성이 좋지 않은 농촌 지역의 경우 거동불편 노인을 직접 찾아가서 서비스를 제공하는 찾아가는 이동복지관을 운영할 수도 있다(권중돈, 2016). 이동복지관의 경우 사회복지 접근이 어려운 지역을 대상으로 재가복지지원과 재가 사례관리, 일반상담 및 사회복지정보 제공, 교육 및 사회참여, 지역사회 서비스 연계를 제공하고 있다(경산시 노인종합복지관, 2023).

본 연구에서 다루고자 하는 ‘소규모 노인복지센터’는 자치구 단위의 지역밀착형 노인여가복지 시설로서, 노인중

표 1. 노인복지 시설의 유형

노인복지시설	정의	서비스 시설
노인주거복지시설	생계급여 또는 의료급여 수급자이거나 부양을 받지 못하는 등의 65세, 또는 입소비용을 전액 부담하고 단독취사 등 독립생활이 가능한 60세 이상의 노인이 가정과 같은 주거공간에서 일상생활에 필요한 편의를 제공받을 수 있는 시설	양로시설, 노인공동생활가정, 노인복지주택
노인의료복지시설	노인성질환 등 심신의 상당한 장애로 요양이 필요한 65세 이상의 노인이 입소하여, 급식·요양 및 일상생활에 필요한 편의를 제공받는 시설	노인요양시설, 노인요양공동생활가정
노인여가복지시설	노인들이 여가를 즐기고 친목도모·취미생활 등을 할 수 있는 시설	노인복지관, 경로당, 노인교실
재가노인복지시설	정신적·신체적인 이유로 독립적인 일상생활을 수행하기 곤란한 노인 및 노인 부양가정에 필요한 각종 서비스를 제공하는 시설	방문요양서비스, 주·야간보호서비스, 단기보호서비스, 방문 목욕서비스, 재가노인지원서비스, 방문간호서비스, 복지용구지원서비스
노인보호전문기관	노인학대를 예방하기 위하여 설치하는 기관	중앙노인보호전문기관, 지역노인보호전문기관
노인일자리지원기관	지역사회 등에서 노인일자리 개발·지원, 창업·육성 및 노인에 의한 재화의 생산·판매 등을 직접 담당하는 기관	노인일자리지원기관
학대피해노인 전용쉼터	노인학대로 피해를 입은 노인을 일정기간 보호하고 심신 치유 프로그램을 제공하는 시설	학대피해노인 전용쉼터

표 2. 노인여가복지 시설별 역할 및 특징

시설명	역할	전국 시설 수 (2022년)	특징
노인 복지관	노인의 교양·취미생활 및 사회참여활동 등에 대한 각종 정보와 서비스를 제공하고, 건강증진 및 질병예방과 소득보장·재가복지, 노인의 복지증진에 필요한 서비스를 제공(노인복지법 제36조 1항)	357개소	경로당 및 노인교실에 비해 다양하고 체계적인 프로그램으로 비교적 다양한 이용자 수용(송준민·정재용, 2013).
경로당	지역노인들이 자율적으로 친목도모·취미활동·공동작업장 운영 및 각종 정보교환과 기타 여가활동을 할 수 있는 장소를 제공(노인복지법 제36조 2항)	67,211개소	노인여가복지시설 중 가장 흔히 접할 수 있는 시설
노인교실	노인들에 대하여 사회활동 참여욕구를 충족시키기 위하여 건전한 취미생활·노인건강유지·소득보장 및 기타 일상생활과 관련한 학습프로그램을 제공(노인복지법 제36조 3항)	1,255개소	노인복지관 부속 시설로서 설치되거나, 성당 및 교회 등 종교시설에 설치됨, 일주일에 1회 교육 프로그램 운영

합복지관과 경로당의 중간 규모에 해당하는 여가시설이다. 서울시는 노인복지관을 규모(시설 연면적 등)에 따라 노인종합복지관과 소규모 노인복지센터로 구분하고 있다. 타 지역에서 설치되는 노인복지관은 주로 서울의 노인종합복지관 정도의 큰 규모인데 반해, 서울은 노인복지관을 규모가 큰 노인종합복지관과 규모가 작은 소규모 노인복지센터로 구분하여 각각 설치하고 있다. 서울시 보도자료에 의하면²⁾ ‘지역밀착형 소규모 노인복지센터’는 부족한 노인여가 시설을 보완하고, 기존의 노인종합복지관에 대한 접근성을 개선해 지역 노인들에게 보다 가까운 곳에서 다양한 복지서비스를 제공한다. 서울시는 2007년부터 소규모 노인복지센터를 지속적으로 설치하고 있다. 소규모 노인복지센터의 설치 토지를 매입하여 신규 건립하거나, 기존에 노인복지관이 아니었던 건물을 리모델링 및 증축하는 방식으로 이루어진다. 서울시는 노인여가복지 시설 설치를 장려하기 위해 노인종합복지관 건립 시 부지매입비로 10억원을, 소규모 노인복지센터 건립 시 건립비로 10억원을 지원하고 있다.³⁾ 특히 소규모노인복지센터의 경우, 서울시에서 2007년부터 신축·증축·리모델링시 최대 개소당 10억원까지 시비로 지원하고 있으며, 매분기마다 운영보조금도 교부하고 있다. 2007년부터 25개 자치구마다 1개소 이상씩 운영할 수 있도록 소규모 노인복지센터를 차례차례 건립하고 있으며 이에 2008년에 1개소에 불과했던 서울의 소규모 노인복지센터는 2016년에는 44개소, 2023년에는 52개소가 운영되고 있다. 소규모 노인복지센터는 노인을 대상으로 하는 여가(노인복지센터)와 돌봄기능(데이케어센터)을 합침으로써 여가와 요양이 복합한 새로운 지역밀착형 복지 모델로서 설치, 운영되고 있다(임영희·주창범, 2021). 이는 기존에 주로 공급되었던

노인종합복지관과는 규모 및 운영 방식에서 큰 차이가 있다. 먼저 소규모 노인복지센터는 노인종합복지관에 비해 규모가 약 절반 정도로 작다. 또한 시에서 운영하는 노인종합복지관과는 달리 소규모 노인복지센터는 각 자치구의 재량으로 운영되는 구립 시설이기 때문에, 각 자치구별로 지원 규모가 상이하다(정은하 등, 2018). 그럼에도 불구하고 노인종합복지관과 소규모 노인복지센터에 대해 서울시 차원의 운영 지침은 물론 시설 유형의 분류 기준과 입지 기준조차도 공식적으로 마련되어 있지 않은 상태이다. 「노인복지법」에서는 노인복지관을 설치하기 위하여 갖추어야 할 시설 및 인력 규모에 대해서는 명시하고 있으나, 노인복지관을 구체적으로 어떤 입지로 설치해야 하는지에 대해서는 규명하고 있지 않다. 이는 설치 및 운영과 관련한 규정을 제정함으로써 입지 조건(저소득층 밀집 지역 등)을 명문화한 사회복지관과 대비되는 모습이다.

2. 노인복지 시설에 관한 연구 동향

한국의 노인복지관에 대한 학술적 연구는 1990년대 후반부터 이루어지고 있으며, 주로 노인복지관의 기능 정립 방안에 대한 연구, 노인복지관에 대한 이용 패턴 및 이용 만족도 연구, 노인복지관의 건축 형태 등에 대해 이루어지고 있었다. 원영희·모선희(1998)의 연구는 노인복지관을 다룬 초기 연구로서, 노인복지관 관련 법적 근거 마련 및 행정적 지원, 양적 확대 등이 필요하다는 발전 방향을 제시하였다. 권영길(2006)은 노인복지관 프로그램의 만족도를 결정하는 요인들을 제시하였고, 소준영(2006)은 서울 노인복지관의 공간 및 면적 특성을 파악하여 구체적으로 제시하였다. 신혜중(2008)은 소도시를 대상으로 노인복

지관의 이용에 영향을 미치는 요인들을 분석하였다. 정순돌 등(2011)은 보건복지부의 노인복지사업 관련 지침서들을 대상으로 하여, 노인복지관의 운영과 프로그램의 흐름 및 특성을 분석하였다. 김금환·김윤재(2013)는 지역별 노인복지관 운영의 효율성 및 비효율성을 분석하였다. 송준민·정재용(2013)은 서울의 노인복지관을 대상으로 노인 인구밀도, 대중교통, 시가화 건조지역, 지형의 관점에서 입지 특성을 분석하였다.

노인복지 시설의 입지 및 접근성에 대해서도 국내·외에서 활발히 연구되었는데, 시설의 주 이용층인 노인들은 이동성에 있어 제약이 존재하므로 노인복지 시설은 물리적 접근성이 요구되기 때문이다. 특히 서비스 시설까지 직접 이동함으로써 서비스를 제공받는 경우, 공간적 접근성은 더욱 중요하게 고려되어야 한다(이전학, 2010). 원보람(2006)은 서울의 자치구별로 노인 인구의 구성을 평가하고 유형을 구분하여 재가노인시설의 이용 특성에 따른 이용권에 대해 분석하였다. 손정렬·오수경(2007)는 서울시의 행정동별로 노인주간보호 시설에 대한 접근성 지수를 분석하여 공간적 효율성과 형평성을 향상시킬 수 있는 입지 후보지를 평가하였다. 손승호·한문희(2010)은 노인주거복지 시설의 입지 유형을 도시지역과 농촌지역으로 나누어 다차원적도법을 활용해 시도별 입지 현황을 분석하였다. 안재성 등(2014)은 구미시의 노인복지 시설을 대상으로 인구, 그리고 인구 대비 공급자 비율의 증감에 따라 접근성이 어떻게 변화하는지 2SFCA(2-Step Floating Catchment Area) 기법을 활용하여 분석하였다. 김동균(2016)은 서울시의 보건시설, 종합사회복지관, 육아종합지원센터, 청소년시설, 노인시설을 대상으로 서비스가 제공되는 지역과 제공되지 않는 지역을 파악한 뒤, 미수혜지역에 시설의 신규 설치를 제안하였다. 노인복지 시설에 대한 공간 접근성을 보다 미시적 관점에서 분석한 연구들도 수행되었는데, 먼저 이영아·진영환(2001)은 노인복지 시설에 대한 도보 가능 접근성의 기준을 제시하고 있다. 이 연구에서 노인복지회관은 1km, 경로당은 250m의 도보 접근성이 필요한 시설로 간주하고 있다. 한편 마세인·김홍순(2011)의 연구에서는 노인의 보행가능 거리에 따라 노인복지 시설을 1차 권역(300m), 2차 권역(500m), 3차 권역(1km)으로 구분하고 있었다. 1차 권역에는 노인이 생활하는 데 필요한 실질적인 서비스를 제공하는 시설로서 가장 높은 접근성이 요구되는 시설(예, 경로당, 노인교실)이 입지하고, 2차 권역에는 교통이 편리하면서도 기피시설로 간주되어 지가

가 낮은 지역에 주로 위치하는 시설(예, 노인주거복지 시설)이, 3차 권역에는 종합적인 서비스를 지향하는 노인복지관(본관) 등이 입지할 수 있음을 정의하고 있다. 이와 동일하게 홍지수·문지석(2023) 또한 1차 권역은 최소 보행거리인 300m(경로당, 노인교실)로, 2차 권역은 평균 보행거리인 500m(주거복지시설, 의료복지시설)로, 3차 권역은 최대 보행거리인 1km(노인복지관 본관)로 설정하였다..

한편 일부 연구들은 노인복지 서비스의 공급 측면보다 노인 인구의 거주 분포에 초점을 맞추으로써 수요 측면을 강조하거나 공급과 수요의 공간적 불일치성을 탐색하고 있다. 조성아·이전학(2017)은 서울시를 대상으로 노인 인구 거주지와 노인 수요시설이 공간적으로 불일치함을 이변량 공간적 자기상관 지표와 같은 다양한 공간통계를 활용하여 분석하였다. 윤민석·문진영(2018)은 노인복지관 등 사회복지 시설의 수요 인구를 추정하는 데 있어 생활인구라는 보다 실제적인 인구 분포를 가정하고 있다. 생활인구는 이동통신 데이터에 기반하여 서울시가 개발한 인구 데이터로서, 특정 시간대에 특정 지역에 머물고 있는 현재 인구의 분포를 상세하게 보여준다. 정은하 등(2018)은 노인복지관을 대상으로, 수요 수준이 높음에도 불구하고 공급이 적게 이루어지는 자치구를 선정한 후, 재정수요 충족도 및 수요와 공급의 편차에 기초하여 시설 확충의 우선순위를 도출하였다. 김옥진·김태연(2022)은 수급권자, 빈곤 독거노인, 장애인 이용자 등 다양한 수요층의 서비스 접근성에 주목하여 서울시 사회복지관 우선 건립 후보지를 제시하고 있다.

해외에서도 노인을 대상으로 하는 여러 시설의 입지와 관련한 연구가 다수 수행되어 왔다. Love and Lindquist(1995)는 미국 일리노이 주에서 노인들의 병원 시설로의 지리적 접근성을 연구하였으며, 특히 대도시 통계 구역(Metropolitan Statistical Area: MSA) 내부와 외부에서의 접근성 차이를 비교하였다. Kitajima *et al.*(2001)은 일본 도쿄도 하치오지시를 대상으로 노인주간돌봄시설에 대한 지리적 접근성의 격차를 파악하였다. 이들은 지역의 노인에 대한 격자 데이터를 활용하여, 각 중심점으로부터 시설까지의 네트워크 최단거리를 측정함으로써 지리적 접근성을 분석하였다. Takahashi *et al.*(2006)은 일본 야마나시현 고후시를 대상으로 노인들의 주간보호시설로의 접근성을 연구하였다. 이들은 보노로이 다이어그램(Voronoi diagram)을 수행하여 돌봄 서비스가 필요한 노인들을 영역별로 산출하였으며, 향후 시설을 설치할 때 지역 노인의

거주지로부터의 접근성을 고려할 것을 제안하였다. 이와 유사하게 Takahashi and Ogihara(2009)는 일본 사이타마 현의 25개 노인 주간서비스 시설을 대상으로 보로노이 분할을 이용하여 노인 거주지와 시설간의 지리적 접근성을 평가하여 노인복지 시설의 공간적 불균형을 보여주었다. Cheng and Cui(2020)는 중국 상하이 정안구를 대상으로 주거형 노인요양시설의 입지를 분석하여, 서비스 공급지 및 수요지 간에 발생하는 격차를 확인하였다. 나아가 다목적 공간 최적화 모델을 활용하여 시설의 최적 입지를 제시함으로써, 노인의 이동 비용을 감소시키는 동시에 투자자의 이익을 증대시키는 데 기여하였다. Huang *et al.*(2022)은 중국 상하이의 7개 구를 대상으로 노인요양시설의 접근성을 정량화 및 시각화하였다. 여덟 가지 유형의 노인돌봄시설을 두 가지 범주로 구분한 후, 보다 개선된 2SFCA 기법을 통해 시설별 접근성을 산출하였다.

3. 노인복지 시설 접근성 제고의 중요성

노인은 신체적 기능의 저하로 인해 이동성이 떨어지고 환경에 대한 적응력이 감소한다(Rantakokko *et al.*, 2013). 따라서 소외된 지역 사회의 특정 요구를 수용하고 사회적 형평성을 촉진하는 데 노인 대상 돌봄서비스에 대한 연구가 필수라는 인식이 확산되고 있다(Huang *et al.*, 2022). 그러나 그동안 노인복지 시설과 관련한 뚜렷한 입지 기준이 부재한 채로 노인시설의 공급이 이루어진 결과, 수요를 효과적으로 충족하지 못하게 되었다(마세인·김홍순, 2011). 과거 사회복지 서비스에 대한 인식이 부족했던 시기에는 지자체당 1개씩 일괄적으로 시설을 설치하는 것이 일반적이었으며, 실제로 현재 정부는 국내 모든 시군구에 최소 1개소 이상의 노인복지관을 설치하여 운영하는 것을 목표로 하고 있다.⁴⁾ 하지만 이와 같은 행정편의적 자원 분배는 실제 수요 인구의 라이프스타일이나 지역 특성을 고려하지 못함으로써, 서비스 이용의 효용성을 감소시키는 결과를 낳고 있다. 따라서 접근성이 낮은 시설의 이용 활성화를 위해, 서틀버스 운행과 같이 접근성을 높이기 위한 노력을 추가적으로 들여야 하는 실정이다(윤민석·문진영, 2018). 이렇듯 법적 근거가 취약한 공공 서비스 시설을 설치하거나 평가할 때에는 공간 분석기법을 활용한 접근성 분석이 적극 활용되어야 한다. 특히 사회적 약자들은 일반인들에 비해 이동성 제약이 많기 때문에, 이들이 주로 이용하는 복지시설의 경우 공간 접근성 제고가 필수적이다(손

정렬·오수경, 2007).

한편 저출산·고령화가 야기한 인구 감소로 인해, 도시 축소 및 지방 소멸 문제가 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다. 이러한 시점에서는 보다 압축적이고 효율적인 도시 공간 구조로의 변화가 필수적이라 할 수 있다. 특히 지역 주민들의 삶의 질에 중대한 영향을 미치는 지역 밀착형 생활SOC 시설의 입지 문제가 강조되고 있다. 노인복지관 역시 지역 주민이 가장 쉽고 빠르게 접근할 수 있는 중요한 생활SOC임에도 불구하고, 체계적인 공간 의사결정과 공급 시스템이 제대로 갖춰지지 않은 상황이다.

4. 노인복지 시설 최적 입지 모델링 방법

본 연구는 노인복지 시설의 최적 입지를 도출하기 위하여 공간 최적화 기법을 활용하였다. 시설물의 입지선정 문제는 후보지 중에서 주어진 조건을 만족하는 시설물의 입지를 선택하는 문제이다(김종근, 2013). 공간 최적화 방법은 수학적 최적화 모델을 기반으로 정확한 공간 최적해를 도출할 수 있는 유용한 방법론이며, 다양한 공적 및 사적 영역의 입지 문제에 적용될 수 있다. 특히 노인복지 시설과 같은 공공시설의 입지 문제는 서비스의 균등 제공과 같은 사회적 관점의 특정 목적을 달성하고자 한다는 점에서, 상업적 이윤을 최대화하고자 하는 사적 영역과는 상이한 고려 요건을 가진다(이견학, 2010). 공공 서비스의 공간적 입지 및 접근성을 살펴볼 때에는 공간적 효율성과 공간적 형평성 간에 발생하는 상충 관계(trade-off)를 고려해야 한다. 일반적으로 공간적 효율성을 극대화하면 평균 이동 거리는 짧아지지만, 가장 접근성이 열악한 지역의 이동거리는 늘어날 수 있다. 반대로 공간적 형평성을 최대화하면 원거리에서의 접근성은 개선되는 반면, 전체적인 이동 거리가 늘어나 효율성이 떨어질 수 있다. 공공 시설물의 접근성에 있어서 공간적 효율성의 가치도 중요하지만, 공공의 이익을 위해서는 서비스 소외지역으로부터의 접근성 또한 고려함으로써 서비스의 공급의 공간적 격차를 개선할 수 있어야 한다(이견학, 2010).

공간 최적화 문제는 응용 분야에 따라 다양하게 구분될 수 있으나, 대체로 시설물 입지 문제(facility location problem), 구획화 문제(districting problem), 경로 설정 문제(routing problem), 네트워크 설계 문제(network design problem) 등으로 구분된다. 이 중 시설물 입지 문제는 특정 거리의 서비스의 도달 범위를 가정하는 커버링 문제

(coverage problem), 그리고 거리 기반의 접근성을 고려하는 미디언(median), 센터(center) 문제 등이 매우 광범위하게 연구되고 있다(이건학, 2010). 본 연구는 노인복지시설에 대한 공간 접근성에 초점을 두기 때문에, 미디언 및 센터 문제를 활용한다. 미디언 및 센터 문제는 다른 정의로는 입지-배분 문제(location-allocation problem)로 간주될 수 있는데, 이는 시설물에 대한 입지와 각 시설에 대한 수요의 할당 또는 배분을 동시에 고려하는 공간 최적화 문제이다. 미디언 및 센터 문제는 Hakimi(1964)에 의해 명시적으로 논의되었는데, 주로 여러 개의 다중 시설 입지에 대한 P-median, P-center 문제의 형태로 활발하게 적용되고 있다. 먼저 P-median 문제는 P개의 시설에 대해 최근린 시설과 모든 수요 간의 총 거리(비용)를 최소화시키도록(Mini-sum) 입지하는 것을 목적으로 한다. 이는 시설물과 수요 지점과의 평균적인 거리나 합계된 거리를 최소화시킨다는 점에서 ‘공간적 효율성’을 강조하는 개념이라 할 수 있다. 반면 P-center 문제는 가장 원거리에 있는 수요 지점과의 거리를 최소화시키는(Mini-max) 입지를 찾는 것을 목적으로 하며, 접근성 수준이 가장 열악한 지역의 서비스를 개선할 수 있다는 점에서 ‘공간적 형평성’을 강조하는 개념이라 할 수 있다. 공간 최적화 문제들은 일반적으로 최적화하고자 하는 목적함수를 단 한 개만 가지지만, 현실 상황에서는 다양한 가치를 반영해야 하는 상황이 발생한다. 이렇듯 다양한 가치를 고려하기 위해서는 여러 개의 목적함수를 둘 수 있는 다목적 최적화 접근이 필요하다. 다목적 최적화 모델은 상충하는 하나 이상의 목적함수를 동시에 최적화시키는 수리 모델을 말하며, 특히 목적함수가 두 개인 경우는 이목적 최적화 모델(bi-objective optimization model)로 불린다(이건학, 2015). Halpern(1976)에 의해 소개된 센디언 문제(cendian problem)는 상충하는 목적을 가지는 미디언과 센터 문제를 가중치를 활용해 선형조합으로 결합한 이목적 최적화 모델이며, 이 두 가지 목적함수의 볼록조합(convex combination)을 최소화시키는 지점을 센디언이라고 한다.

본 연구에서는 센디언이라는 다목적 공간 최적화 모델을 구축함으로써, 노인복지 서비스의 공간 접근성에 대한 공간적 효율성과 형평성을 동시에 고려한다. 이를 통해 공간적 효율성, 공간적 형평성, 그리고 절충적 접근에 따른 노인복지관의 최적 입지 대안을 비교 분석하고자 한다.

III. 서울시 노인복지관의 공간적 분포 특성 분석

1. 서울시 노인복지관 입지 현황

본 연구에서 분석 대상 지역이 되는 서울시는 2023년 기준으로 940만 명 이상의 인구가, 171만 명의 65세 이상 노인 인구가 거주하고 있는 대도시이다. 전체 인구 중 18.2%가 노인 인구에 해당하는 서울은 2013년 한국에서 처음으로 WHO의 GNAFCC(고령친화도시 국제네트워크) 회원 도시가 된 지역이다. 서울은 2010년에 “2020 고령사회마스터플랜”에서 처음으로 고령친화도시의 개념을 언급한 이래, 2011년 “서울시 고령친화도시 구현을 위한 노인복지 기본조례”를 제정하여 발표하고 민관 협력 추진위원회를 구성하였다. 2013년 서울시가 제출한 고령친화도시 제1기 실행계획(서울어르신종합계획)에 따르면, 서울은 활기찬 여가문화, 제2인생 설계지원, 살기편한 환경, 맞춤형 일자리, 건강한 노후, 존중과 세대통합이라는 서울시 6대 영역을 주창하였다. 특히 서울시의 노인복지정책 관련 세부 예산 편성 내용을 살펴보면, 서울시는 “활기찬 여가문화” 영역에서 노인복지관 지원, 경로당 지원, 노인대학 및 노인교실의 프로그램 지원 등에 방점을 두고 인력 및 예산을 투입하고 있다(서울시복지재단, 2015).⁵⁾ 현재 서울에 설치된 노인종합복지관의 시설 수는 37곳, 종사자수는 2,294명이다. 이는 전국에서 경기 다음으로 가장 큰 규모에 해당하며, 서울시의 면적을 고려하면 밀집도는 전국에서 가장 높은 편이라 할 수 있다. 노인종합복지관과 별도로 소규모 노인복지센터는 총 52곳이 운영되고 있다.

신규 노인복지관의 입지는 도시와 농촌에서 각기 다르게 접근해야 하는데, 도시 지역은 이미 노인복지관이 시군구별로 1개 이상 설치되어 있는 경우가 대다수이나, 농촌 지역은 1개소도 없는 경우가 많아 입지 상황이 크게 상이하기 때문이다. 또한 농촌 지역은 도시 지역에 비해 비교적 저밀도로 개발되어 있고 노인 인구도 분산되어 분포한다. 따라서 노인복지관의 지역별 입지적 특성을 고려하여 서울시의 노인복지관 입지 대안은 도시형 입지로 간주한다.

2. 서울시 노인여가복지 시설의 수요와 공급 현황

서울시 노인여가복지 시설에 대한 수요는 서울의 노인

인구 규모를 통해 파악할 수 있다. 서울시 노인 인구 수는 171만 명으로, 서울 전체 인구의 18.2%를 차지한다. 이 수치는 2000년 5.4%보다 12.8%p 증가한 수치이며, 이를 통해 노인 인구 비율이 꾸준히 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 2023년 기준으로 서울에서 행정동별로 고령 인구가 가장 많이 거주하는 지역은 은평구 역촌동(8,750명), 강서구 화곡1동(8,740명), 은평구 진관동(8,638명), 강동구 길동(8,478명), 양천구 신정3동(8,101명) 순이었다. 서울은 전체 행정동 중 상위 30개 동에 총 21.9만 명의 고령 인구가 거주하고 있으며, 이는 서울시 전체 고령 인구(171만 명)의 12.8%에 달하는 비율이다. 2023년 기준 동별 고령화율이 높은 지역은 강남구 수서동(34.2%), 강서구 가양2동(31.6%), 강북구 번3동(29.1%), 도봉구 도봉1동(28.7%), 동대문구 청량리동(28.6%) 순이었다. 서울의 행정동별 주민등록 노인 인구 분포에 대한 공간적 군집성을 살펴보기 위해 전역적 Moran's I 공간 통계값(Moran, 1950)을 살펴본 결과, I 값이 0.330(Z-score 17.635, p-value 0.000)로 나타나, 대체로 행정동 단위에서 서울의 노인 인구가 군집화된 분포 특성을 보임을 알 수 있었다.

그림 1은 국지적 Moran's I(Anselin, 1995)를 통해 보다 상세한 노인 인구 분포의 공간적 클러스터들을 보여주고 있다. 공간 클러스터 지역은 HH 유형(노인 인구가 많은 지역 주변에 많은 노인 인구가 분포하는 지역)과 LL 유형(노인 인구가 적은 지역 주변에 적은 노인 인구가 분포하는 지

역)이 있고, 공간 이례지역은 HL 유형(노인 인구가 많은 지역 주변으로 적은 노인 인구가 분포하는 지역)과 LH 유형(노인 인구가 적은 지역 주변으로 많은 노인 인구가 분포하는 지역)으로 구분된다. 노인 인구가 밀집한 지역(HH 유형)은 주로 서울 외곽에 위치한 자치구들이며, 노인 인구가 적은 지역이 밀집한 지역(LL 유형)은 중구, 종로구 일대의 서울 중심부에 해당한다.

서울의 노인여가복지 서비스는 크게 노인종합복지관, 소규모 노인복지센터, 경로당, 노인교실, 노인대학과 같은 5가지 시설에서 담당하고 있다. 법적으로 노인여가복지 시설은 경로당, 노인복지관, 노인교실 3가지로 규정되어 있으나, 서울은 편의상 위와 같이 5곳으로 노인여가복지 시설을 구분하고 있다. 이와 같이 여러 유형의 시설이 존재하는 노인여가복지 서비스의 공급적 측면을 보다 종합적으로 고찰하기 위해, 본 연구에서는 노인여가복지 시설의 공급지수를 별도로 산출하였다. 공급지수는 노인여가복지 시설의 유형별(경로당, 노인종합복지관, 소규모노인복지센터, 노인교실, 노인대학) 개수의 가중합산으로 계산하였으며, 이때 유형별 역할과 규모를 고려하여 상이한 가중치를 적용하였다. 각 유형별 시설에서 제공하는 평균 이용 인원 자료를 분석한 결과, 노인종합복지관은 15,971명, 소규모 노인복지센터는 1,921명, 노인대학은 181명, 노인교실은 60명, 경로당은 평균 38명의 평균 이용 인원을 보유하고 있었다. 따라서 서울의 노인여가복지 공

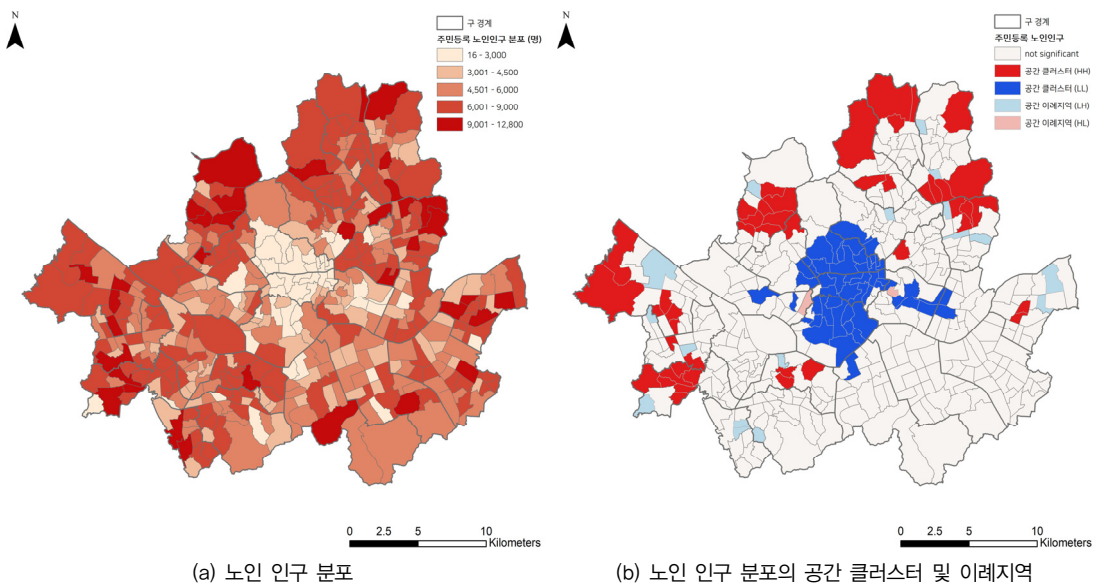


그림 1. 서울시 노인 인구 분포의 공간 클러스터 및 이례지역

표 3. 서울시 자치구별 노인여가복지 시설 현황

자치구	노인종합 복지관 개수	소규모 노인복지 센터 개수	경로당 개수	노인교실 개수	노인대학 개수 (2016)	자치구	노인종합 복지관 개수	소규모 노인복지 센터 개수	경로당 개수	노인교실 개수	노인대학 개수 (2016)
종로구	2	1	62	10	1	마포구	2	2	155	13	0
중구	1	1	50	3	1	양천구	3	1	164	23	3
용산구	1	1	89	21	0	강서구	1	4	219	25	1
성동구	1	3	164	12	0	구로구	1	1	201	20	1
광진구	1	0	95	8	1	금천구	2	2	73	9	1
동대문구	1	0	131	16	1	영등포구	1	2	175	23	2
중랑구	3	3	128	11	1	동작구	1	2	141	9	1
성북구	1	5	177	6	1	관악구	1	0	113	17	2
강북구	1	1	100	17	2	서초구	3	1	136	6	1
도봉구	1	4	136	8	1	강남구	3	3	167	20	1
노원구	1	2	246	14	1	송파구	1	5	172	16	1
은평구	1	6	157	17	0	강동구	2	1	124	10	1
서대문구	1	3	112	12	1	합계	37	52	3,487	346	26

급지수를 계산하기 위한 가중치는 각 유형별로 800:100:9:3:2로 정의하였다.

서울의 동별 노인종합복지관, 소규모 노인복지센터, 경로당, 노인교실, 노인대학 개수를 나타낸 결과는 표 3과 같다. 「주택건설기준 등에 관한 규정」에 따르면 경로당은 150세대 이상인 아파트 단지라면 의무적으로 설치되어야 한다.⁶⁾ 따라서 특히 아파트가 많은 노원구, 강서구, 구로구에서 경로당이 200개소 이상 다수 설치된 것이 확인된다. 반면 오피스 지구가 많고 공동주택이 적은 종로구와 중구에서는 그 개수가 비교적 적었다. 노인종합복지관은 중랑구, 양천구, 서초구, 강남구에는 3개소씩, 종로구, 마포구, 금천구, 강동구에는 2개소씩 설치되어있고 나머지 구에는 1개씩 설치되어 있어 총 37곳이 운영되고 있다. 현재 서울의 모든 자치구에는 서울시가 운영비를 지원하는 노인종합복지관이 1곳 이상 확보되어 있는 상황이기 때문에, 최근의 추가적인 인프라 구축은 자치구 차원의 소규모 노인복지센터를 중심으로 이루어지고 있다.

그림 2는 서울시에 설치되어 운영 중인 노인여가복지 시설 중 노인종합복지관과 소규모 노인복지센터의 공간적 분포를 보여준다. 노인종합복지관이 모든 자치구에 1개소에서 3개소가 설치된 것을 고려하면, 자치구별로 1개소 이상씩 설치하는 것을 목표로 하는 정부의 방침은 충족된 것으로 보인다. 그러나 한 자치구 안에서도 노인복지관이 치우쳐서 설치되었다면, 해당 자치구의 다른 지역에서

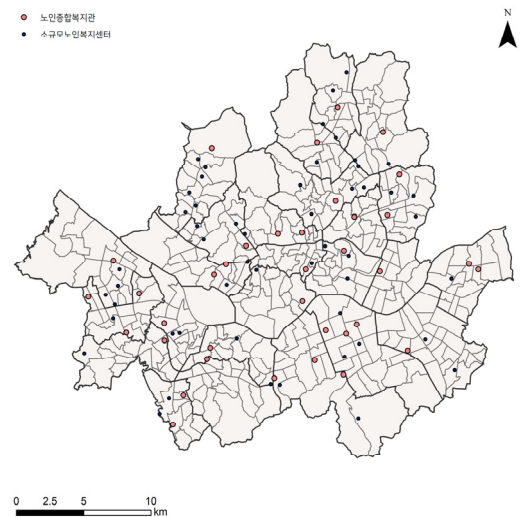


그림 2. 서울 노인복지관의 공간적 분포

는 이용하기가 어렵기 때문에 접근성 문제가 여전히 발생할 수 있음을 주지해야 한다. 한편 소규모 노인복지센터는 노인종합복지관이 설치되지 않은 지역에 공급되면서 노인종합복지관 서비스의 공백을 어느 정도 해소해주는 것으로 확인된다.

그림 3은 노인여가복지 서비스 공급지수의 분포와 클러스터 및 이레지역을 나타낸 결과이다. 전역적 Moran's I 값은 -0.020로서, 노인복지관 공급에 있어서는 전역적 수준

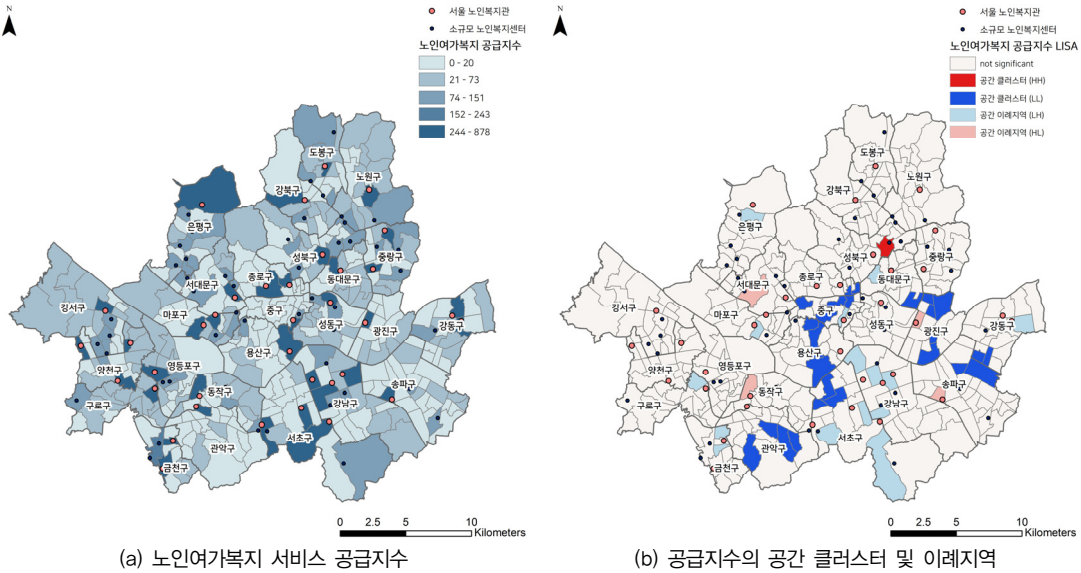


그림 3. 서울시 노인여가복지 서비스 공급지수의 공간 클러스터 및 이례지역

에서 유의미한 군집성이 나타나지는 않고 있다. 하지만 국지적 수준에서 중구, 용산구, 동대문구, 중랑구, 광진구, 관악구, 서초구, 송파구, 강동구가 낮은 공급지수 클러스터로 나타나 이들 지역 주변이 대체로 노인여가복지 서비스의 공급이 부족한 지역임을 확인할 수 있다.

서울시 노인복지관의 공간적 분포를 살펴본 결과, 해당 지역에 노인복지관의 개수가 절대적으로 부족한 경우, 그리고 노인복지관이 존재하기는 하지만 특정 지점에 치우쳐 있어서 서비스 사각지대가 발생하는 경우가 있었다. 이는 노인여가복지 서비스의 실제적인 수요 분포나 공급의 지역적 격차를 제대로 고려하지 못한 결과라 할 수 있다. 노인복지관을 적게 보유한 자치구는 노인복지관 1개소당 담당하는 노인 수가 많아지므로, 이용에 있어 보다 어려움이 발생할 수 있다. 또한 수요 지역으로부터 시설까지의 거리가 멀어져 접근성이 떨어지게 되며, 특히 노인복지관에서 운영하는 프로그램 중 인기가 많은 프로그램의 경우 추첨을 통해 수강할 수 있으므로(이윤경 등, 2012), 참여를 하고 싶어도 그럴 수 없는 경우가 발생할 수 있다.

다음으로 서울시의 노인복지관(종합 37개소, 소규모 52개소, 전체 89개소) 간의 거리를 살펴봄으로써 노인복지관 분포의 공간적 편재를 간접적으로 확인하고자 하였다. 이때 시설들 간 거리는 유클리드 거리로 산출하였다. 우선 노인종합복지관들 간의 거리는 최솟값이 강동노인종합복지관(강동구)과 성가정노인종합복지관(강동구) 사이

의 807m, 최댓값은 서서울어르신복지관(양천구)과 강동노인종합복지관(강동구) 사이의 29km였다. 소규모 노인복지센터 사이의 거리를 살펴본 결과, 최솟값은 영등포어르신복지센터(영등포구)와 모래말어르신복지센터(영등포구) 사이의 515m, 최댓값은 도봉동어르신복지관(도봉구)과 한내어르신복지센터(금천구) 사이의 28km였다. 전체 노인복지관들 간 거리의 최솟값은 사당어르신종합복지관(동작구)⁷⁾과 방배노인종합복지관(서초구) 사이의 495m였고, 최댓값은 은수어르신복지관(구로구)과 강동노인종합복지관(강동구) 사이로 29km였다. 일부 노인복지관의 경우 서로 다른 자치구의 시설끼리 더욱 가까이 입지하고 있었다. 가령 동작구의 노인종합복지관과 관악구의 노인종합복지관은 852m 거리에, 구로구의 노인종합복지관과 영등포구의 노인종합복지관은 1.3km 거리에 위치해 있다. 많은 노인종합복지관에서 거주 자치구와 관계없이 시설을 이용할 수 있도록 하고 있다는 점, 자치구 내의 노인 인구가 원거리를 이동해야 하면 오히려 접근성이 감소할 수 있다는 점을 고려하면 이는 다소 비효율적인 입지라 할 수 있다.

3. 서울시 노인복지관의 수요와 공급의 공간적 불일치성

앞서 살펴본 것처럼 서울시 노인복지관은 수요의 분포

와 공급이 지역적으로 일치하지 않은 것으로 보인다. 이를 보다 통계적으로 명확하게 탐색하기 위해 공간 통계를 활용하였다. 수요에 해당하는 노인 인구와 노인여가복지 서비스 공급량 간의 공간적 연관성을 살펴보기 위해 이변량 공간 자기상관(bivariate spatial correlation) 지표를 활용하였다. 이변량 공간적 자기상관은 유사한 위치에서의 두 변수 사이의 공간적 의존성을 의미하며(조성아·이진하, 2017), 본 연구에서는 노인의 수요 밀집 지역과 노인여가복지 시설 공급 밀집 지역의 공간적 불일치성을 판단하는데 매우 유용하게 활용될 수 있다. 대표적인 이변량 공간적 자기상관 통계로는 이변량 Moran's I 통계가 있는데, 이는 일변량에 대한 Moran's I 통계에서와 같이 전역적 이변량 통계와 국지적 이변량 통계로 구분된다(Anselin *et al.*, 2002). 국지적 이변량 Moran's I는 BiLISA(Bivariate Local Indicator of Spatial Association)라고 불리며, 두 변수 간의 공간적 불일치가 발생하는 국지적인 클러스터를 탐색하는데 유용하다. 표 4는 노인복지관에 대한 수요와 공급 간의 공간적 불일치성을 전역적 및 국지적 이변량 Moran's I를 활용해 탐지한 결과를 보여주고 있다. 이때 수요는 노인 인구로, 공급은 노인여가복지 서비스의 공급지수로 보았고, 이들을 모두 z-score로 표준화하여 분석하였다.

서울 전체 동 개수 425개 중 통계적으로 유의하지 않은 동을 제외하면, 국지적 이변량 클러스터(HH, LL 유형)에 해당하는 동은 전체의 25.64%에 불과한 반면, 공간적 이레지역(HL, LH 유형)에 속하는 행정동은 45.64%를 차지하고 있다. 즉 노인 거주지와 전체 노인복지 시설 분포 간에는 25.64%의 공간적 일치성을, 45.64%의 공간적 불일치를 보이고 있어, 전반에 가까운 서울 행정동에서 수요와 공급의 분포가 일치하지 않음을 확인할 수 있었다. 노인여가복지 시설의 수요와 공급이 함께 밀집하여 나타나고 있

는 곳은 주로 외곽 지역이었으며, 서울의 중심부에서는 수요와 공급이 모두 적게 나타났다. 반면 노인여가복지 시설에 대한 수요와 공급이 공간적으로 불일치하는 곳은 두 가지 유형(LH, HL) 모두 나타나고 있다. 노인 인구는 평균에 비해 유의미하게 적으면서 인근 지역에 노인여가복지 시설이 많이 입지하고 있는 LH 유형 지역은 주로 서울 외곽 일부 지역에 나타나고 있다. 반대로 노인 인구는 평균에 비해 많지만 인근 지역에 이용할 수 있는 노인여가복지 시설이 존재하지 않거나 그 규모가 작은 HL 유형 지역은 대체로 서울 중심부 일부 지역에 분포하고 있었다.

IV. 서울시 노인복지관 입지 최적화 모델링

1. 노인복지관 입지 최적화를 위한 공간적 재현

앞서 살펴본 것처럼 서울시의 노인여가복지 서비스는 수급에 있어 지역적 불균형을 보이고 있다. 이러한 문제를 개선하기 위해 본 장에서는 노인복지관의 최적 입지 대안들을 제시하고자 한다. 이를 위해 먼저 표준화된 노인 인구에서 공급지수값을 빼주어 공급 부족지수를 계산한 후, 수요에 비해 공급이 적은 지역을 도출하여 공급부족 지역, 즉 신설 노인복지관에 대한 수요지로 정의하였다. 그림 4는 공급 부족지수와 이에 따른 공급 부족지역을 보여주고 있다. 전체 425개의 행정동 중 199개의 행정동이 공급 부족지역으로 도출되었다.

노인복지관의 수요지는 공급 부족지역으로, 입지 후보지는 모든 행정동으로 정의하여 최적 입지 모델링을 수행

표 4. 노인 인구와 노인여가복지 공급지수의 이변량 공간적 자기상관

이변량 공간적 자기상관		분포의 특성	노인여가복지 공급지수
전역적 이변량 Moran's I		공간적 연관성	-0.005
국지적 이변량 Moran's I (수요-공급 순)	High - High	공간적 일치	17 (4.00%)
	Low - Low		92 (21.64%)
	Low - High	공간적 불일치	150 (35.29%)
	High - Low		44 (10.35%)

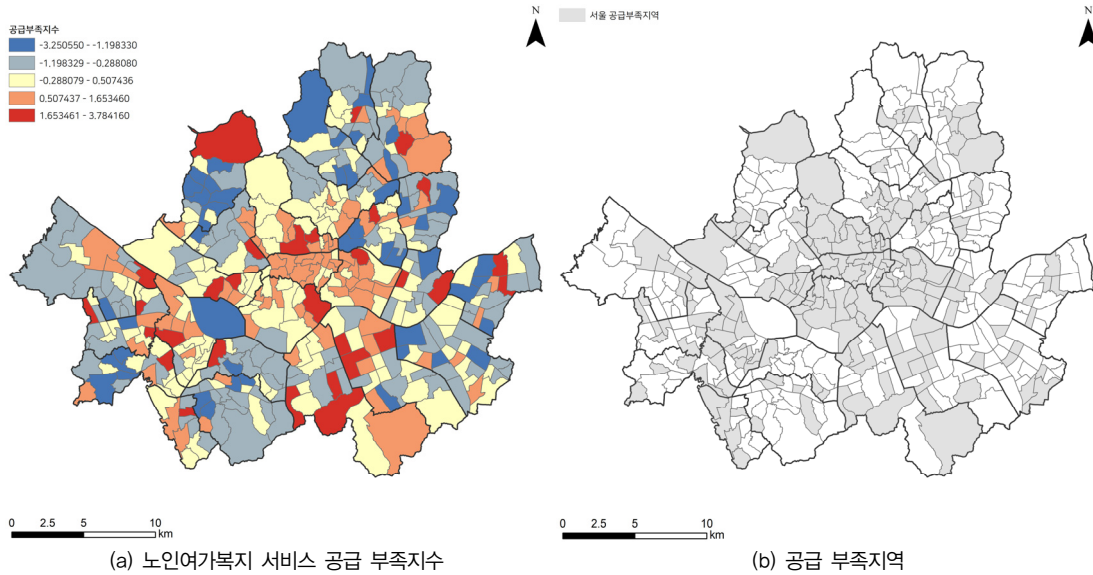


그림 4. 노인여가복지 서비스 공급 부족지수 및 부족지역

하였다. 각 수요지에서 입지 후보지 간의 공간적 접근성은 도로 네트워크를 통한 이동을 가정하여 총 네트워크 이동 거리로 계산하였고, 이 때 각 수요지의 노인 인구수가 수요량으로 가중되었다. 생활SOC 시설은 서비스 및 제공 대상에 따라 주요 방문 방법이 도보 혹은 차량이 될 수 있으며, 국가도시재생 기본방침(국토교통부, 2018)에서 노인복지관 등의 사회복지시설을 차량통행 시설로 보고 있어 본 연구에서도 차량통행을 가정하였다. 이동거리는 차량 이동의 실제적인 경로 데이터를 제공하는 카카오 모빌리티사의 상용 API⁸⁾를 활용하여 산출하였다.

2. 다목적 공간 최적화 모델링: 공간 효율성, 공간 형평성, 절충적 시나리오

노인복지관을 다수 설치할수록 더 많은 노인들이 노인복지관을 이용할 수 있으나, 공간적 분포 고려 없이 설치하는 것은 현실적으로 과도한 사회적 비용을 야기한다는 문제가 있다. 노인복지관은 법적으로 연면적 500m² 이상의 건물 규모를 확보해야 하고, 법에 규정된 시설들을 갖추어야 하므로 많은 예산이 소요된다. 따라서 한 곳을 설치하더라도 최대한 여가복지서비스의 수요자인 노인들과 해당 시설 간의 거리를 최소화함으로써 효율성을 높이는 것이 중요하다. 이는 공간적 효율성을 강조하는 접근이며, P-median 입지 모델이 적절하게 적용될 수 있다. 반면 지

역적으로 균등한 노인복지 서비스 제공을 위해서는 노인복지관으로부터 접근성이 떨어지는 지역의 수요자들도 함께 고려해야 한다. 이는 수요지 사이의 접근성에 대한 격차를 최소화하는, 즉 공간적 형평성을 강조한 모델링이며 P-center 모델이 이에 적합한 공간 최적화 문제라 할 수 있다. 공간적 효율성과 형평성 개념은 공간 최적화 모델링에서 다소 상충되는 목적함수를 가진다. 즉 시설로부터의 총 거리를 최소화하면 가장 원거리의 수요지는 최소화되지 못하고, 가장 원거리의 수요지를 최소화하면 전체적인 거리나 평균 거리가 최소화되지 않는 경향이 있다. 이와 같이 상충하는 두 목적함수를 절충하면 보다 다양한 시나리오의 입지 대안을 모색할 수도 있는데, P-median과 P-center 문제를 절충해 고안된 P-centdian라는 다목적 최적화 형태의 모델이 대표적인 예시이다.

다음 수식은 P-median, P-center, P-centdian의 전형적인 정수선형계획법(integer linear programming)을 보여주고 있다. 먼저 수식 (1)과 수식 (6)은 각각 P-median과 P-center의 목적함수이다. 수식 (1)은 수요지와 입지할 노인복지관의 총 인구가중거리를 최소화하는 목적함수를, 수식(6)은 수요지와 노인복지관 사이의 최대 이동 거리를 최소화하는 목적함수를 가지고 있다. 한편 수식 (2)~(5)는 각 모델의 제약조건식에 해당한다. 수식 (2)와 (3)은 노인복지관의 입지에 따른 수요지의 배분 제약식을 의미하며 수식 (4)는 입지시킬 후보지의 개수 P를 외부적으로 정의

한다. 수식 (5)는 결정변수로서, 시설 입지 및 수요지 배분 여부를 결정하는 변수를 0과 1의 이진 변수로 정의한다. 수식 (7)은 노인복지관과 가장 원거리에 있는 수요지의 거리를 정의한다. 다음으로 P-median과 P-center의 두 목적 함수를 수식 (8)과 같이 가중 선형 결합하여 P-centdian이라는 단일 목적함수로 변환하였다. 각 목적함수의 가중치는 공간적 효율성과 형평성에 대한 중요도를 의미하며, 공간적 효율성을 최대화하거나($w=1$) 형평성을 최대화할 수 있으며($w=0$), 형평성과 효율성을 절충하는 최적해도 도출할 수 있다($w=0.5$). 이러한 다목적 모델에서 가중치를 활용한 방법은 다양한 현실적 입지 상황에 맞춰 여러 최적 대안들을 도출할 수 있으므로 유연한 의사결정에 도움을 줄 수 있다.

i : 노인여가복지 수요지

j : 소규모 노인복지센터의 입지 후보지

a_i : 수요지 i 의 수요량

d_{ij} : 수요지 i 와 입지 후보지 j 와의 거리

P : 입지할 소규모 노인복지센터의 개수

W : 수요지와 할당된 소규모 노인복지센터 사이의 최대 거리

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{수요지 } i \text{가 입지 후보지 } j \text{의 시설물에 할당된 경우} \\ 0, & \text{그렇지 않은 경우} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{소규모 노인복지센터가 입지 후보지 } j \text{에 입지한 경우} \\ 0, & \text{그렇지 않은 경우} \end{cases}$$

[P-median]

$$\text{Minimize } Z_{\text{median}} = \sum_i \sum_j a_i d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

subject to

$$\sum_j x_{ij} = 1, \forall i \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_j, \forall i, j \quad (3)$$

$$\sum_j y_j = P \quad (4)$$

$$x_{ij}, y_j = \{0, 1\}, \forall i, j \quad (5)$$

[P-center]

$$\text{Minimize } Z_{\text{center}} = W \quad (6)$$

subject to

$$\sum_j x_{ij} = 1, \forall i \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_j, \forall i, j \quad (3)$$

$$\sum_j y_j = P \quad (4)$$

$$x_{ij}, y_j = \{0, 1\}, \forall i, j \quad (5)$$

$$W - \sum_j a_i d_{ij} x_{ij} \geq 0, \forall i \quad (7)$$

[P-centdian]

$$\begin{aligned} &\text{Minimize } Z_{\text{centdian}} \\ &= w Z_{\text{median}} + (1 - w) Z_{\text{center}}, \quad 0 \leq w \leq 1 \end{aligned} \quad (8)$$

P-median, P-center, P-centdian은 각각 Google Colab 환경에서의 Python 3.10으로 구현하였다. 이들 문제는 NP-hard 문제로 알려져 있는데 다항 시간 내에 정확한 해결 방법이 알려져 있지 않으므로, 대략적인 해결 방법이나 휴리스틱 방법을 사용하여 근사해(approximate solution)를 찾는 경우가 많다. 비교적 해를 빠르게 구할 수 있는 P-median은 CPLEX 최적화 소프트웨어를 Python 환경에서 분석할 수 있는 docplex 패키지를 활용하여 구현하였다. P-center와 P-centdian 모델은 메타 휴리스틱(meta heuristic) 알고리즘 중 성능이 뛰어나고 복잡한 공간 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm: GA)을 활용하여 해를 탐색하였다. 주요 패러미터인 세대별 후보해의 수는 100, 반복할 세대수는 100, 돌연변이 발생률은 0.01로 설정하였다.

2018년 서울시 복지본부 자료⁹⁾에 의하면, 서울시에서는 2007년부터 소규모 노인복지센터 건립계획 수요 조사를 통해 노후 경로당 등의 부지를 활용한 신축·증축·리모델링 시 개소당 최대 10억원까지 시비로 지원하고 있다. 2007년부터 매해 시비를 활용하여 소규모 노인복지센터가 건립되고 있다. P는 새롭게 입지되는 소규모 노인복지센터의 개수를 뜻하므로, 소규모 노인복지센터 한 개소당 10억원이 소요되는 셈이다. 소규모 노인복지센터가 처음으로 건립된 2007년 이래로, 1년에 건립되는 시설 개수의 최댓값은 8, 최솟값은 0, 평균은 2.41이었다.¹⁰⁾ 이에 본 연구에서는 P를 1에서 15 사이의 값으로 모델링하였으며, 이에 따른 소요 예산은 최대 150억원에 이를 수 있다.

3. 서울시 소규모 노인복지센터 입지 최적화 결과

P-median, P-center, P-centdian 모델에 따라 다양한 공간적 배열의 소규모 노인복지센터의 최적 입지안을 도출

하였다. 특히 다중 시설 입지를 고려하여 각 문제에 대해 1개에서부터 15개까지 신규 노인복지센터의 최적 입지를 도출하였다. 그림 5는 그 일부 결과를 시각화하여 보여주고 있으며, 그림 6은 모든 최적 입지를 누적한 입지 빈도를 보여주고 있다.

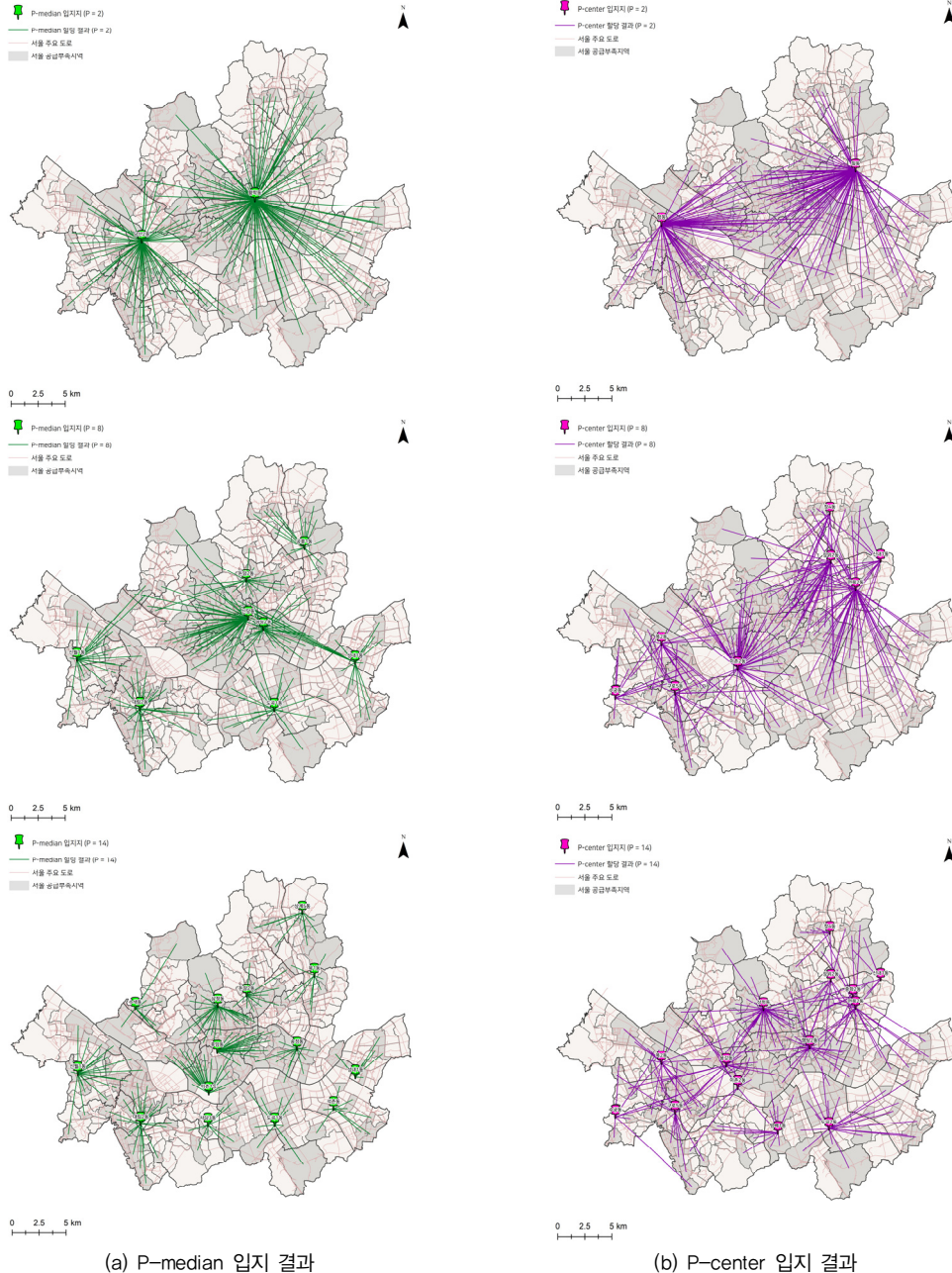


그림 5. P-median과 P-center 기반의 소규모 노인복지센터 최적 입지(P=2, 8, 14)

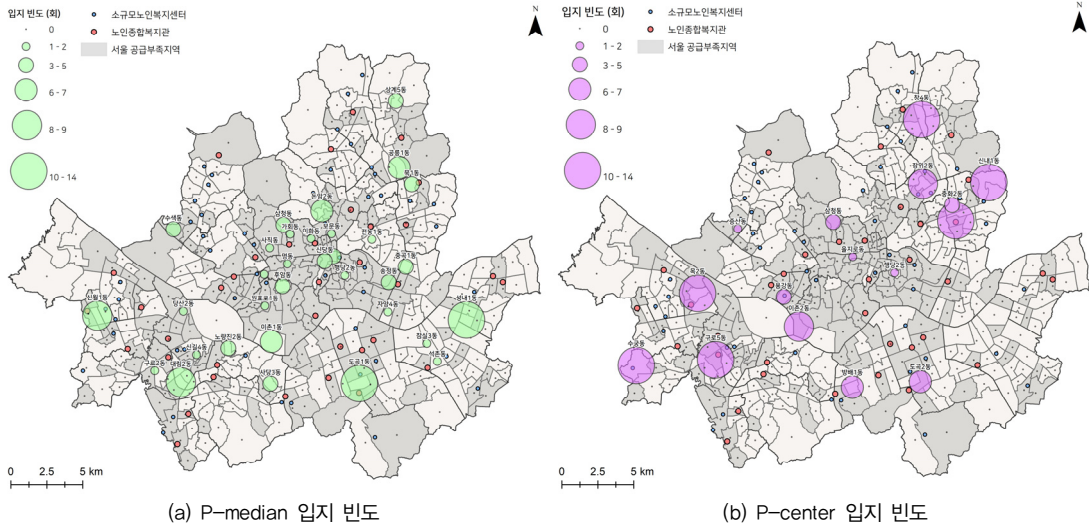


그림 6. 소규모 노인복지센터의 모델별 입지 빈도

모든 다중 시설 입지에 대한 입지 빈도를 살펴본 결과, P-median의 최적 입지는 도곡1동 및 성내1동(11회), 신월 1동(9회), 대림2동(8회), 이촌1동, 돈암2동 및 공릉1동(7회)이 주요 후보지로 선정되었다. 수요자와 공급지 간의 가중 거리합을 최소화하는 목적함수에 맞게, 입지할 시설의 개수가 적을수록 중구 등 서울 중심부 위주로 입지하다가 시설 수가 증가할수록 노인복지 공급 부족지역에 해당하는 다양한 자치구에 입지하고 있다. 중구는 P=9를 제외하고는 모든 다중 입지 시나리오에서 선택됨으로써 주요한 입지 후보 지역으로 확인되었다. P=11까지는 각 자치구에서 1곳씩만 입지하고 있으나, P=12부터는 용산구가 2곳씩 입지하는 패턴을 보이고 있다. 이와 같이 P-median 모델에서는 수요지와 거리 가 먼 서울의 경계 부근보다는 중구, 용산구 등 중심부 지역이 주요 입지 지역이 되면서 노인복지센터로의 접근성을 효율적으로 높이고 있다. 중구 및 용산구와 10회 이상 입지된 도곡1동 및 성내1동을 각각 포함하는 강남구와 강동구는 3장 2절에서 제시된 노인여가복지의 공급수준이 낮은 클러스터에 해당하는 지역이었다. 이에 P-median 모델은 앞서 다루었던 공급 부족 밀집 자치구의 공급 부족상황을 일정 부분 해소할 수 있을 것으로 보인다.

반면 P-center 문제는 공간 형평성을 고려하며, 여러 위치 중에서 P개의 센터를 선정함으로써 각 위치로부터 가장 가까운 시설까지의 최대 거리가 최소가 되도록 하는 문제이다. 비교적 다양한 지역에서 고루 입지된 P-median과

는 달리, P-center의 최적 입지는 모든 P에 대한 실험 시 이전의 결과와 중복하여 입지되는 특성을 보였다. 또한 서울시 중심부와 가까이 입지된 P-median과는 달리, 서울시 경계와 가까운 곳에 주로 입지하였다. 이는 접근성이 열악한 곳을 개선하는 P-center의 특성을 보여준다고 할 수 있다. P-center 모델의 P값에 따른 중복된 입지 빈도를 살펴본 결과, 면목2동 및 목2동(14회), 수궁동(13회), 창4동(12회), 구로5동(11회), 신내1동(10회)이 주요 입지지로 선정되었다. P=1의 경우에는 P-median과 마찬가지로 중구라는 서울 중심 지역이 입지지로 선정되었으나, 이후 신규 시설 수가 증가하면서는 선정되지 않았다. 오히려 중랑구의 면목2동과 양천구 목2동이 거의 모든 다중 시설 입지의 최적지로 선정되었다. 또한 구로구 역시 P=5일 때부터 P=15까지 매회 입지하면서(수궁동, 구로5동) P-center에서 강조되는 주요 지역으로 나타났는데, 수궁동은 구로구 내에서 가장 서쪽, 구로5동은 구로구 내에서 가장 동쪽에 위치해 있다. 이는 단순히 한 자치구에 노인복지센터를 한 개씩 일괄적으로 설치하는 것보다, 중복되더라도 분산되게 입지함으로써 원거리 접근성을 효과적으로 개선할 수 있음을 시사하고 있다.

한편, P-median과 P-center를 절충한 P-centdian 모델의 입지 결과는 그림 7과 같다. 각 하위 모델에 대한 중요도, 즉 가중치 w 를 얼마나 두느냐에 따라 상이한 결과를 보이고 있다. 그림 7은 15개의 노인복지센터를 새롭게 입지할 경우 w 의 변화에 따른 최적 입지를 보여주고 있다. 보다

구체적으로 $w=0.1$ 은 공간적 형평성을 강조한 center와 가까운 입지, $w=0.9$ 는 공간적 효율성을 강조하는 median과 가까운 입지, $w=0.5$ 는 두 가치를 절충한 입지 결과를 보여 주고 있다. 0에서부터 1까지 0.1씩 증가하는 모든 가중치에 대한 최적 입지 결과를 누적인 결과는 대체로 특정 행정동이 다수 선택되기보다 여러 행정동에 골고루 입지하는 경향을 보이고 있다. 이 중 상계5동이 5회로 가장 자주 입지하였고, 신당동, 행당2동, 중곡2동, 송천동, 충현동, 신정1동, 당산1동, 신사동, 역삼1동이 각각 3회씩 입지하고 있다. 특히 광진구와 노원구의 경우 각각 13번씩 입지된

주요 입지 지역이었다. 그러나 서초구와 강서구는 2회씩, 금천구와 성북구는 3회, 관악구와 동작구, 서대문구는 4회씩 입지되며, 이들 자치구는 비교적 노인복지센터의 입지 지역으로 적게 선정되었다. 대체로 가중치가 작아질수록, 즉 공간적 효율성에서 공간적 형평성을 강조하는 입지일수록 최적 입지는 서울시 경계와 가까워지는 패턴을 보이고 있다.

그림 8은 P-median과 P-center의 목적함수 변화를 보여 주고 있다. 두 모델의 목적함수 값은 큰 차이를 보이고 있는데 P-median의 목적함수는 모든 수요지와 입지 후보지

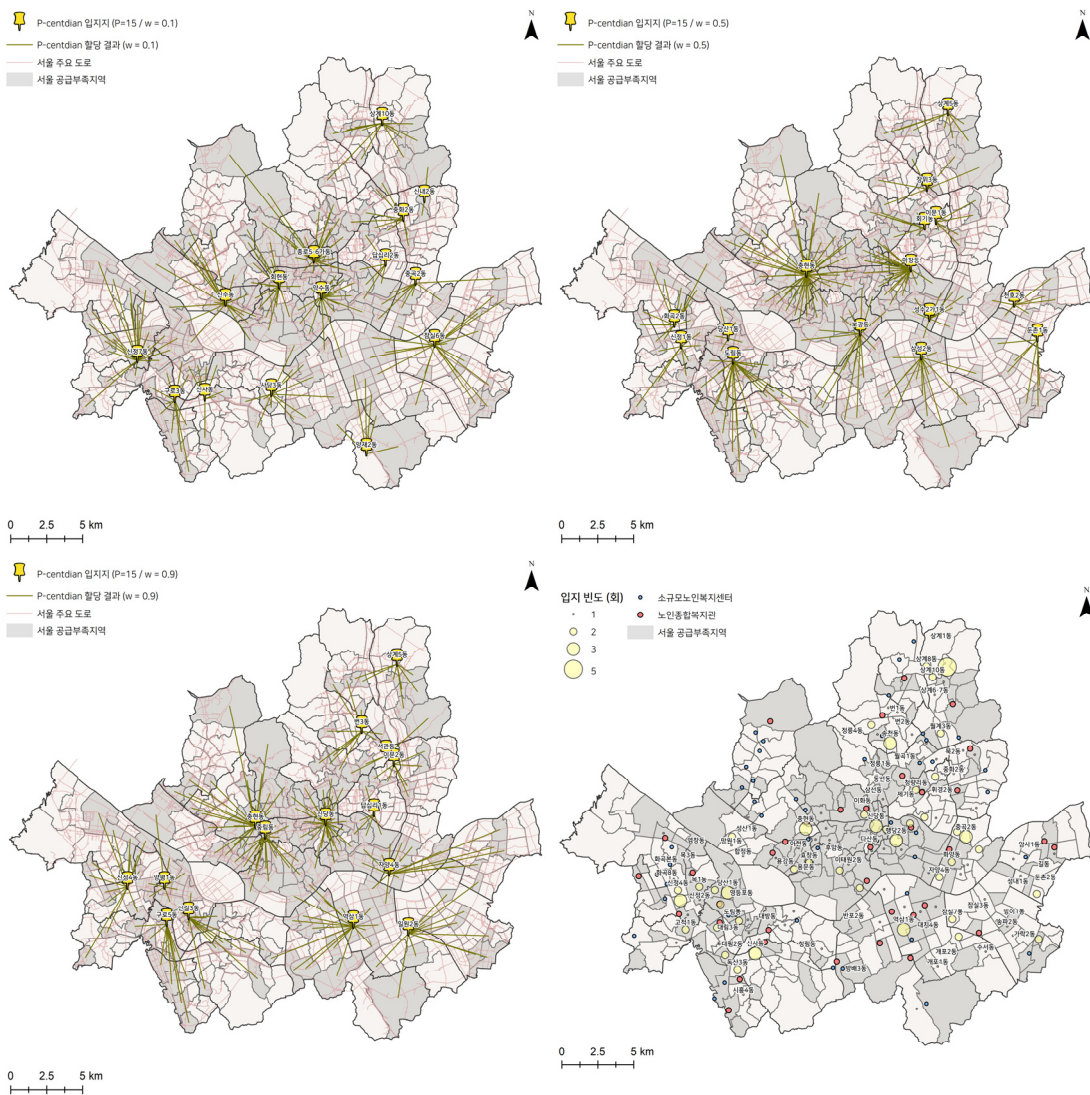


그림 7. P-centdian 최적 입지($P=15$, $w=0.1, 0.5, 0.9$)와 입지 빈도

간 수요가 가중화된 총 거리를 나타내는 반면, P-center의 목적함수는 가장 멀리 떨어진 수요지와 노인복지센터 사이의 거리, 즉 최대 거리를 나타내기 때문이다. 두 모델 모두 소규모 노인복지센터를 추가 입지시킬수록 수요지로부터의 가중거리가 줄어들면서 접근성이 개선되고 있음을 보여주고 있다. P-median의 경우 새로운 시설을 추가할수록 총 가중거리가 줄어들고 있으며, 일정 개수 이상(4개소)부터는 추가 설치에 따른 접근성 개선의 효과가 그리 크지 않고, 점차 체감하는 것으로 나타났다. P-center 모델 역시 새로운 노인복지센터를 설치함에 따라 수요지로부터 최대 가중거리가 점차 줄어들면서 접근성이 좋지 않은 지역의 접근성을 개선해주고 있다.

그림 9는 P-centdian 모델로 15개의 소규모 노인복지센터를 입지시켰을 때 공간적 효율성과 형평성의 가중치 조합에 따른 총 가중거리 및 최대 가중거리의 변화를 각각 두 개의 꺾은선으로 제시하고 있다. P-centdian의 목적함수는 수식 8과 같이 총 가중거리와 최대 가중거리값을 가중

치 w 에 따라 결합한다. 이때, 총 가중거리는 모든 경우의 가중거리를 더한 결과이고 최대 가중거리는 모든 경우의 가중거리 중 최댓값만을 나타낸 결과이다. 이들은 값의 단위가 크게 상이하기 때문에, 선형 조합을 하였을 때 상대적으로 수치가 큰 최대거리의 영향을 절대적으로 받는다는 문제가 발생한다. 따라서 각 모델의 목적함수에 대한 거리 단위값을 min-max 방법으로 정규화하였다. 이러한 정규화 과정은 유전자 알고리즘에서 최적의 값을 찾는 과정에만 영향을 주며, 함수에서 반환되는 결과값에는 영향을 주지 않음을 주지할 필요가 있다. 아래 그래프에서 좌측의 축과 점선의 꺾은선은 총 가중거리를, 우측의 축과 실선의 꺾은선은 최대 가중거리를 나타낸다. w 가 0이면 P-median과, w 가 1이면 P-center와 동일한 입지 결과가 된다. 다시 말해 w 가 0에 가까울수록 노인복지센터의 공간적 형평성을 강조하는 최적 입지가 되며, 1에 가까울수록 공간적 효율성을 추구하는 최적 입지 대안이 된다. 형평성을 추구할수록 총 가중거리는 커지고 최대 가중거리가 감소하는 결

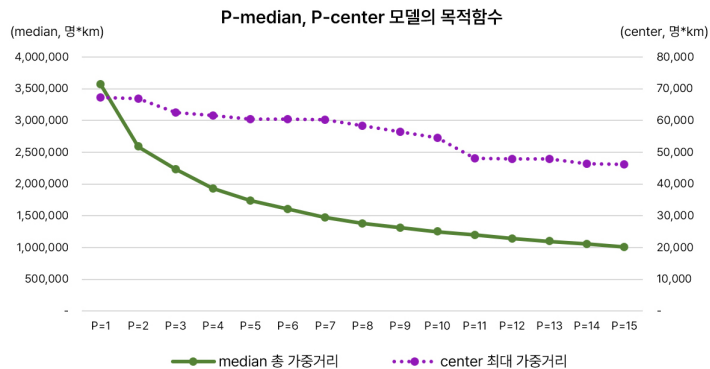


그림 8. P-median과 P-center 입지의 목적함수 변화

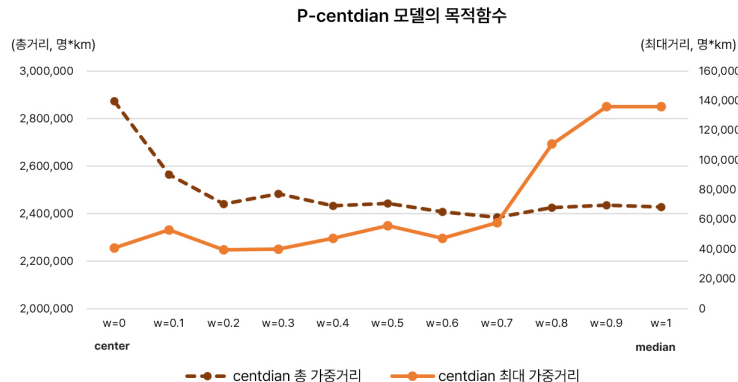


그림 9. 가중치 조합에 따른 P-centdian 모델의 목적함수 변화(P=15)

과를 보여주고 있다. 이는 가장 원거리에 있는 지역, 즉 접근성이 열악한 지역들이 개선되고 있음을 의미한다. 반면 효율성을 추구할수록 총 가중거리는 작아지고 최대 가중거리가 증가한다. 특히 w 가 0.7일 때는 총 가중거리가 2,384,390km로 최저치였고, 최대 가중거리 또한 57,922km로 다른 가중치를 적용한 결과보다 크게 높지 않았다. 이에 효율성과 형평성을 모두 고려하였을 때 가장 바람직한 시나리오는 $w=0.7$ 일 때인 것으로 확인되었다.

표 5는 세 가지 모델을 통해 도출된 최적 입지 대안의 공간 접근성을 요약하고 있다. 기존의 89개 노인복지센터 분포에서는 수요지에서 평균 이동거리는 1.17km이었으나, P-median과 P-center 모두 노인복지센터를 신규 입지할수록 1.16km($P=2$)에서 1.06km($P=14$)로 이동거리가 짧아지면서 공간적 접근성이 효율적으로 향상되고 있음을 확인할 수 있다. 한편 노인인구 수요가 가중된 총 이동거리는 이보다 확연한 차이를 보여주고 있다. 먼저 P-median 모델의 경우 시설을 추가할수록 효과적으로 총 가중거리가 감소하며, $P=14$ 일 때는 현재 입지 거리 345만km의 1/3 수준인 105만km로 대폭 감소하였다. P-center 모델의 경우도 대체로 기존 시설들에 비해 평균적인 이동거리는 개선된 것을 확인할 수 있으나, 총 가중거리의 경우 기존 입지 분포와 큰 차이가 없으며 오히려 $P=8$ 인 경우 다소 증가하고 있었다. 최대 가중거리 측면에서는 P-median과 P-center 모두 시설 확충 이전보다 최대 가중거리를 감소시키고 있다. 특히 P-center 모델에서 $P=14$ 일 때 최대 가중거리가 46,446km로 나타나, 기존 입지 분포의 최대 가중거리 77,777km를 약 40% 정도 줄이는 효과를 보여주고 있

다. 이렇듯 P-center 모델은 대부분의 신규 입지 시나리오에서 기존 입지보다 원거리 이동을 단축시켜주므로써, 접근성이 떨어지는 지역을 개선시키고 있음을 알 수 있다. 마지막으로 P-centdian 모델의 경우, 기존 입지에 비해 총 가중거리 및 최대 가중거리가 대부분 감소하는 결과를 보였다. 총 가중거리의 경우 큰 값의 w 를 가질 때, 즉 효율성을 추구하는 입지에서 보다 효과적으로 감소한 데 반해, 최대 가중거리는 w 가 작은 형평성을 추구하는 입지의 최적해에서 보다 크게 감소하는 패턴을 보였다. 평균 이동거리는 시나리오 간 큰 차이가 없었으나, 시설이 다수 입지되면서 공통적으로 시설 확충 이전보다는 거리가 단축되는 변화를 보였다. 한편, $w=0.9$ 시나리오에서 기존 입지보다 최근린 시설까지 최대 가중거리가 오히려 증가한 결과를 볼 수 있는데, 이는 수요가 많은 지역에서 최근린 시설까지의 거리가 먼 경우가 발생하였고 이때의 가중거리가 최댓값으로 탐지된 결과임을 파악할 수 있다. 이렇듯 예상과는 상이한 결과가 나타나는 점은 샌디언 모델 분석 시 정확한 해를 도출하는 것이 아닌 근사해를 찾는 휴리스틱 방법을 사용하였기 때문임을 주지할 필요가 있다.

V. 결론

한국은 저출산·고령화 현상을 겪으며 매해 노인 인구가 빠르게 증가하고 있지만, 한국 노인의 삶의 질과 행복도는 선진국 중 최하위권에 해당한다. 한편 선진국에서는 노인의 삶의 질에 대한 학술적·사회적 관심이 높으며, 세계보

표 5. 각 입지 모델별 공간 접근성

입지 모델		시설수 (개)	최근린 시설까지 평균 이동거리(km)	최근린 시설까지 총 가중거리(km)	최근린 시설까지 최대 가중거리(km)
기존 입지($P=0$)		89	1.17	3,451,865	77,777
공간 효율성	median ($P=2$)	91	1.16	2,590,375	69,125
	median ($P=8$)	99	1.12	1,381,331	64,518
	median ($P=14$)	105	1.06	1,054,222	60,455
공간 형평성	center ($P=2$)	91	1.16	3,446,947	66,829
	center ($P=8$)	99	1.12	3,643,051	58,425
	center ($P=14$)	105	1.06	3,355,448	46,446
절충형	centdian ($w=0.1$)	106	1.06	2,564,415	53,017
	centdian ($w=0.5$)	106	1.07	2,442,679	56,029
	centdian ($w=0.7$)	106	1.10	2,384,390	57,922
	centdian ($w=0.9$)	106	1.05	2,435,868	135,975

건기구에서는 고령친화도시 및 활동적 노후 개념을 제시하고 있다. 정부에서는 노인들의 행복한 삶을 위해 노인복지법을 제정하고, 지역 사회가 노인여가복지 시설을 설치함으로써 지역 노인들이 여가 시간을 의미있게 보내는데 기여할 수 있도록 하고 있다. 그러나 이러한 노인여가복지 시설은 법적인 입지 기준이 존재하지 않고, 노인여가복지 시설에 대한 수요와 공급이 불일치하다는 문제가 있었다. 선행연구 검토 결과, 노인 관련 시설에 대한 운영 문제나 접근성 이슈를 다룬 연구는 많았으나 시설의 공간적 분포에 대한 지리적 분석과 구체적인 입지 대안을 논의하는 연구는 매우 부족한 실정이었다. 이에 본 연구는 노인여가복지 시설의 공간적 분포를 체계적으로 검토하여 노인복지관에 대한 수요와 공급의 공간적 불일치성을 탐색하였다. 또한 분석 결과를 토대로 공간적 효율성과 형평성에 관한 다양한 입지 시나리오에 따라 노인여가복지 시설의 최적 입지 대안들을 도출하였다.

노인여가복지 서비스 시스템은 서울의 행정동 중 약 26%만이 수요 및 공급에서 공간적 일치성을 보였고, 46%는 불일치하고 있었다. 수급 현황 분석을 통해 도출된 공급 부족지역에 대하여 본 연구에서는 다목적 공간 최적화 모델을 활용해 서울 소규모 노인복지센터의 최적의 입지를 제시하였다. 공간 효율성을 추구하는 입지 문제인 P-median 모델링 결과, 수요지와의 거리가 먼 서울의 경계 부근보다는 시내에 입지함으로써 수요지와 입지 후보지 간 거리를 최소화한 것을 확인할 수 있었다. 반면, 공간 형평성을 추구하는 P-center 모델의 결과, 다양한 지역에 분산되어 입지한 P-median과는 달리 서울시의 경계와 가까운 곳에 주로 입지함으로써 시설로부터 원거리의 접근성이 보다 개선되는 최적해를 보여주고 있다. 공간적 효율성과 형평성을 모두 고려하는 P-centdian 모델링 결과, 각 목적함수에 대한 가중치에 따라 상이한 결과를 보여주고 있다. 가중치가 낮을수록 공간 형평성을 강조한 P-center 결과와 유사한 패턴이, 가중치가 높을수록 공간 효율성을 강조한 P-median 최적해와 유사한 결과가 나타났다. 특히 $w=0.7$, 즉 효율성을 70%, 형평성을 30% 고려한 시나리오에서 총 가중거리와 최대 가중거리를 효과적으로 감소시킬 수 있었다.

본 연구는 기존 연구에서 다루어지지 않은 노인복지관의 구체적인 입지 대안을 제시하였다는 점에서 실용적 의미가 있다. 또한 상충할 수 있는 가치인 공간 효율성과 형평성을 동시에 고려한 다목적 공간 최적화 접근을 적용함

으로써, 다양한 현실적 상황을 고려해야 하는 정책 입안자나 의사결정자에게 직접적인 도움이 될 수 있을 것이다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 지가나 용도지구 등 시설 설치 시 필요한 구체적인 조건들은 충분히 반영하지 못했다는 한계가 있다. 또한 경로 거리 계산 시 출발지점 및 도착지점을 각 행정동의 중심으로 설정하였는데, 이는 공간적으로 불균등하게 분포하는 실질적인 인구 분포를 고려한 결과가 아니다. 따라서 보다 현실적인 인구 분포를 반영하기 위해 인구 중심점을 이용하는 등 대안적인 지점 설정 방식을 사용한다면, 계산되는 네트워크 거리는 충분히 달라질 수 있다. 본 연구 시 사용한 모델은 거리를 기반으로 하기에, 거리에서의 변화는 다시 최적입지 결과에도 영향을 줄 수 있다. 또한 노인여가복지 서비스가 가능한 다양한 시설에 대한 포괄적인 분석과 입지 최적화를 수행하지 않고 있으며, 공공 서비스 외에 지역 사회에 운영되고 있는 민간 영역의 다양한 복지 시설과 조직을 동시에 고려하지 못하고 있다. 향후에는 노인복지전달 시스템의 보다 다층적 측면에 대한 공간적 이슈를 다룰 필요가 있으며, 도시 지역과는 다른 공간적 제약과 인프라 시설의 분포 특성을 보이는 농촌 지역에 대한 연구 또한 시의성 높은 연구 주제가 될 수 있다. 또한 모바일 플랫폼과 같은 기술 진보나 현대인의 변화하는 생활 습관을 고려할 수 있도록 노인 인구를 직접 찾아가는 모바일 복지관이나 새로운 형태의 노인여가복지 서비스에 대한 연구들도 후속될 필요가 있다.

註

- 1) 65세 이상 인구 비율이 7% 이상이면 ‘고령화사회(aging society)’, 14% 이상이면 ‘고령사회(aged society)’, 20% 이상이면 ‘초고령사회(super-aged society)’로 분류된다.
- 2) 서울특별시 보도자료(2011. 11. 22) “서울시, ‘지역 밀착형 소규모 노인복지센터’ 8개소 개관”
- 3) 서울시, 2022, 서울시 주요 업무 보고.
- 4) 보건복지부, 2022, 2022 노인보건복지사업안내
- 5) 서울시복지재단, 2015, “서울시 고령친화도시 제1기(2013~15년) 실행계획 평가”
- 6) 150세대 이상은 경로당, 어린이놀이터, 300세대 이상은 경로당, 어린이놀이터, 어린이집, 500세대 이상은 경로당, 어린이놀이터, 어린이집, 주

- 민운동시설, 작은도서관, 다함께돌봄센터를 설치해야 한다.
- 7) 명칭은 종합복지관이나, 소규모 노인복지센터로 분류된다.
 - 8) 카카오모빌리티 길찾기 API 중 ‘자동차 길찾기’ 서비스 이용, <https://developers.kakaomobility.com/product/api>
 - 9) 서울시 복지본부 주요업무 보고 자료(2018. 02 제 278회 임시회)
 - 10) 서울특별시청 홈페이지 > 행정 > 재정·예산·세금 > 예산정보 > 연도별 예산서 https://news.seoul.go.kr/gov/archives/category/tax-news_c1/info_budget_c1/data_document_budget-n2

참고문헌

- 권영길, 2006, “노인복지관 프로그램 만족도의 결정요인에 관한 연구: 수도권 지역을 중심으로,” 노인복지연구, 33, 103-126.
- 권중돈, 2016, 「노인복지론」, 서울: 학지사.
- 김금환·김윤재, 2013, “DEA 모형을 이용한 노인복지관의 지역별 효율성 분석,” 노인복지연구, 60, 55-76. <https://doi.org/10.21194/kjgsw.60.201306.55>
- 김동균, 2016, GIS를 활용한 서울의 보편적 복지시설 입지의 지역편차 및 복지서비스권역분석, 서울시립대학교 석사학위논문.
- 김옥진·김태연, 2022, “서울시 사회복지관 신규 건립을 위한 입지 연구 - 서비스권역과 입지할당의 GIS 네트워크 분석을 중심으로 -,” 한국사회복지학, 74(1), 53-78. <https://doi.org/10.20970/kasw.2022.74.1.003>
- 김종근, 2013, “지역포괄 시설물 입지선정 문제를 위한 라그랑지안 해법 연구,” 한국지리학회지, 13(1), 143-153.
- 마세인·김홍순, 2011, “GIS 네트워크 분석을 활용한 노인복지시설의 접근성 연구: 인천시 내륙부를 중심으로,” 국토연구, 70, 61-75. <https://doi.org/10.15793/ksp.2011.70..004>
- 소준영, 2006, “서울시 노인종합복지관의 유형별 공간특성에 관한 연구,” 한국실내디자인학회 논문집, 15(5), 209-220.
- 손승호·한문희, 2010, “고령화의 지역적 전개와 노인주거복지시설의 입지,” 한국도시지리학회지, 13(1), 17-29.
- 손정렬·오수경, 2007, “GIS 공간분석기법을 이용한 서울시 노인주거보호시설의 접근성 연구,” 한국지역지리학회지, 13(5), 576-594.
- 송준민·정재용, 2013, “노인복지시설의 입지적 특성에 관한 연구 - 서울시 노인복지관을 중심으로,” 대한건축학회연합논문집, 15(6), 63-72.
- 신혜중, 2008, “소도시 노인종합복지관 이용에 영향을 미치는 요인에 관한 연구,” 한국지역사회복지학, 25, 201-221.
- 안재성·김이배·박미라, 2014, “2SFCA 기반 공간적 접근성의 변화 특성에 관한 연구: 구미시 노인복지시설을 중심으로,” 한국지리정보학회지, 17(4), 112-128. <https://doi.org/10.11108/kagis.2014.17.4.112>
- 양재섭·성수연, 2022, 「서울시 고령인구 밀집지역의 사회공간적 특성과 근린환경 개선방향」, 서울연구원.
- 원보람, 2006, 노인인구구조 특성에 노인인구구조 특성에 따른 서울시 재가노인복지시설의 공급과 재가노인복지시설의 공급과 입지에 관한 연구, 서울시립대학교 석사학위논문.
- 원영희·모선희, 1998, “노인복지관에 관한 연구: 현황과 발전방안,” 한국노년학, 18(2), 64-79.
- 윤민석·문진영, 2018, 「노인인구 증가로 사회서비스시설 확충 시 활동지역·생활인구 고려한 수요분석 필요」, 서울연구원.
- 이건학, 2010, “동통폐합에 따른 동주민센터의 입지 변화 분석과 최적 입지 모델링-공간적 효율성 및 형평성 접근,” 대한지리학회지, 45(4), 521-539.
- 이건학, 2012, “와이파이 기반 U-캠퍼스 구축을 위한 커버리지 분석과 최적 입지 모델링,” 한국지도학회지, 12(2), 47-58.
- 이건학, 2015, “광역 커버리지 슈퍼 와이파이 최적 입지 모델링,” 한국지도학회지, 15(1), 37-58. <https://doi.org/10.16879/jkca.2015.15.1.037>
- 이건학·김감영, 2013, “화이트 스페이스를 활용한 슈퍼 와이파이 시설의 효율적 배치를 위한 공간 입지 모델링,” 대한지리학회지, 48(2), 259-271.
- 이영아·진영환, 2001, “노인을 위한 도시환경조성에 관한 연구,” 국토연구, 32, 77-93.
- 이윤경·정경희·오영희·염주희·김향아, 2012, 「노인여가복지서비스 발전방안 연구」, 한국보건사회연구원.
- 임영희·주창범, 2021, “소규모 노인복지센터의 효율적 운영 방안에 관한 연구: 일본의 노인복지센터, 지역포괄지원센터와 비교연구,” 사회과학연구, 28(1), 130-156. <https://doi.org/10.46415/jss.2021.03.28.1.130>
- 정순돌·선한나·김고은, 2011, “노인복지관 운영 및 프

- 그램 분석과 발전방향,” 한국사회복지행정학, 13(3), 179-199. <https://doi.org/10.22944/kswa.2011.13.3.007>
- 정은하·박지선·유은경·임승연, 2018, 「초고령사회 대응을 위한 서울형 노인복지시설 구축 방안 연구」, 서울시복지재단.
- 조성아·이건학, 2017, “공간 통계를 활용한 서울시 노년 인구 거주지와 노인 수요 시설 분포의 공간적 불일치 탐색,” 한국도시지리학회지, 20(2), 99-112. <https://doi.org/10.21189/JKUGS.20.2.8>
- 홍지수·문지석, 2023, “GIS 네트워크 분석을 통한 서울시 노인복지시설 공급 및 입지 특성 연구: 보행 접근성과 시설 차량 접근성을 중심으로,” 도시연구, 23, 317-365. <https://doi.org/10.34165/urbanr.2023..23.317>
- 황남희, 2014, “한국 노년층의 여가활동 유형화 및 영향요인 분석,” 보건사회연구, 34(2), 37-69. <https://doi.org/10.15709/hswr.2014.34.2.37>
- Anselin, L., 1995, Local indicators of spatial association-LISA, *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Anselin, L., Syabari, I., and Smirnov, O., 2002, Visualizing multivariate spatial correlation with dynamically linked windows, *Proceedings, In New Tools for Spatial Data Analysis, Specialist Meeting*, University of California, Santa Barbara.
- Cheng, M. and Cui, X., 2020, Spatial optimization of residential care facility configuration based on the integration of modified immune algorithm and GIS: A case study of Jing'an district in Shanghai, China, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 8090. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218090>
- Friedlander, W.A. and Apte, R.Z., 1980, *Introduction to social welfare*, 5th ed., New Jersey: Prentice-Hall.
- Hakimi, S.L., 1964, Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, *Operation Research*, 12(3), 450-459.
- Halpern, J., 1976, The location of a center-median convex combination on an undirected tree, *Journal of Regional Science*, 16(2), 237-245. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1976.tb00966.x>
- Huang, X., Gong, P., and White, M., 2022, Study on Spatial distribution equilibrium of elderly care facilities in downtown Shanghai, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 7929. <https://doi.org/10.3390/ijerph19137929>
- Kitajima, T., Kitazawa, T., Cho, K.I., and Noyama, O., 2001, “地理情報システムを用いた通所介護施設への地域高齢者の地理的アクセス推計の試み,” 日本公衆衛生雑誌, 48(8), 613-619. (in Japanese)
- Love, D. and Lindquist, P., 1995, The geographical accessibility of hospitals to the aged: a geographic information systems analysis within Illinois, *Health Services Research*, 29(6), 629-651.
- Moran, P., 1950, Notes on continuous stochastic phenomena, *Biometrika*, 37(1/2), 17-23. <https://doi.org/10.2307/2332142>
- Rantakokko, M., Mänty, M., and Rantanen, T., 2013, Mobility decline in old age, *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 41(1), 19-25. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3182556f1e>
- Takahashi, M., Odagiri, Y., and Uchida, H., 2006, “地理情報システム(GIS)を使用した介護サービス施設の配置に関する検討: 甲府市の通所介護施設を事例として,” 山梨県立大学看護学部紀要, 8, 1-8. (in Japanese)
- Takahashi, K. and Ogihara, A., 2009, Visualization of the relationship between the geographic distribution of day service facilities for the elderly and local elderly residents using a geographic information system, *Bulletin of Social Medicine*, 26(2), 1-12.
- 국토교통부, 2018, 국가도시재생 기본방침.
- 경산시 노인종합복지관, 2023, <http://gsswc.org/>
- 교신: 이건학, 08826, 서울시 관악구 관악로 1, 서울대학교 지리학과(이메일: gunhlee@snu.ac.kr)
- Correspondence: Gunhak Lee, Department of Geography, Seoul National University, Gwanak-ro 1, Gwanak-gu, Seoul, 08826, Republic of Korea (Email: gunhlee@snu.ac.kr)

투 고 일: 2023년 12월 1일
심사완료일: 2023년 12월 16일
투고확정일: 2023년 12월 20일