

2SFCA 기반 공간적 접근성의 변화 특성에 관한 연구 : 구미시 노인복지시설을 중심으로*

안재성¹ · 김이배² · 박미라³*

An Analysis of Variation of Spatial Accessibility Pattern Based on 2SFCA : A Case Study of Welfare Facilities for the Aged in Gumi City*

Jae-Seong AHN¹ · Lee-Bae KIM² · Mi-Ra PARK³*

요 약

본 연구에서는 구미시를 사례로 매개 변수값의 변화에 따른 2SFCA(2 Step Floating Catchment Area) 기반 접근성 변화의 지역 특성을 분석하였다. 2SFCA는 기본인구가 증가하면 접근성이 감소하고, PPR(Provider to Population Ratio)이 증가하면 접근성이 증가하는 일반적인 경향을 보였다. 구미시 내부의 지역 특성을 분석하기 위해서 민감도 분석 과정에서 군집분석을 수행하였다. 지역 특성은 다음과 같다. 첫째, 구미시 읍면 외곽지역처럼 노인복지시설과 멀리 떨어져 있는 지역은 매개 변수값의 변화에 따른 접근성 변화가 미미하였다. 둘째, 기존 노인복지시설 주변 지역은 매개 변수값의 변화에 따라 접근성이 개선되거나 약화되는 다양한 양상을 보였다. 노인인구가 많고 노인복지시설이 밀집해 있는 동 지역에서는 PPR의 변화에 따른 접근성 변화가 크고, 나머지 지역은 기본인구 변화에 따른 접근성 변화가 크게 나타났다. 셋째, 매개 변수값이 커지면 여러 곳의 노인복지시설을 이용할 수 있는 구미시 중앙구역에서 전반적으로 접근성이 양호해지는 양상을 보였다. 향후, 2SFCA 기반의 접근성 분석 과정에서 매개 변수값 선택을 위한 신중한 시나리오 적용이 필요할 것이다.

주요어 : 2SFCA, 공간 접근성, 민감도 분석, 군집분석

ABSTRACT

This study aims to analyse the variation of spatial accessibility pattern based on

2014년 9월 25일 접수 Received on September 25, 2014 / 2014년 11월 19일 수정 Revised on November 19, 2014 /
2014년 12월 3일 심사완료 Accepted on December 3, 2014

* 이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2012R1A1A1014860).

1 경일대학교 공간정보공학과 Dept. of Geoinformatics Engineering, Kyungil University

2 경북행복재단 Gyeongbuk Happiness Foundation

3 세종사이버대학교 Sejong Cyber University

※ Corresponding Author E-mail : parkmi0124@naver.com

2SFCA(2 Step Floating Catchment Area) by changing its parameter values. The general pattern of the result of 2SFCA analysis shows that the spatial accessibility value is decreased by growing base population, while the spatial accessibility value is increased by growing PPR(Provider to Population Ratio). The three characteristics of local pattern in the Gumi City are founded by cluster analysis on the sensitive analysis procedure. Firstly, the variation of the accessibility values is insignificant in the fringe area of the Gumi City. Secondly, the variation of the accessibility values is diverse in the surrounding area of the welfare facilities. Especially, Dong areas are more sensitive to PPR variation, while others are more sensitive to base population variation. Thirdly, the larger parameter values, the more the spatial accessibility of the central areas, where elder people can access welfare facilities more easily, is improved. It needs to choose parameter values with caution to analyse spatial accessibility based on 2SFCA.

KEYWORDS : 2SFCA, Spatial Accessibility, Sensitive Analysis, Cluster Analysis

서 론

접근성은 교통망 분석, 공공서비스시설 입지 평가 등에 사용되는 개념으로 그동안 다양한 측정 방법이 제시되었다(Kim and Jo, 2003). Talen(2003)은 공공서비스 입지 평가에서 사용되어 온 접근성 측정 방법을 다섯 가지로 제시하였는데, 계산 방식에 따라 세 종류로 구분이 가능하다. 접근성 측정 방법은 일정한 공간 범위에 포함되는 서비스 시설을 집계하는 방식(컨테이너, 커버리지 모델), 서비스 이용자와 시설 간의 최소거리나 비용을 계산하는 방식(최소거리, 이동비용 모델), 서비스 공급능력과 서비스 이용자 간의 거리마찰 효과를 고려하는 중력모델 기반 방식으로 구분될 수 있다. 이 중 GIS의 발전으로 최소거리, 비용계산 방식이나 중력모델 기반 방법들이 점차 개선되고 있다.

GIS 자료 저장 및 분석 능력을 이용하여 대용량의 교통망 자료를 활용할 수 있게 되면서 실제 도로망을 반영한 접근성 분석이 가능해졌다. 보통 GIS를 활용한 연구에서는 주로 교통망에서의 상대적 접근거리를 토대로 접근성을 계산한다(Sohn and Oh, 2007). 이 과정에서 교통망을 결절과 노선으로 이루어진 네트워크

구조로 추상화시켜서 해당 결절점의 접근성을 측정하는 방법을 많이 사용한다(Huh, 2004). 국내에 소개된 GIS를 이용한 접근성 분석 연구들(Ma and Kim, 2011; Son, 2013; Kim and Ahn, 2014)은 실제 도로망에 대한 네트워크 기반의 접근거리를 계산하여 현실의 조건들을 반영하려고 하였다.

세밀한 공간단위의 자료 획득이 가능해짐으로써 정밀한 분석이 가능해 졌다는 점이 GIS의 또 다른 공헌이라고 할 수 있다. 행정 구역 내에 존재하는 서비스 시설의 개수를 집계하는 방식은 동일 구역 내의 접근성은 모두 동일하다고 가정한다. 이는 구역 내의 위치에 따라서 접근성이 변한다는 현실을 반영하지 못한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 좀 더 세밀한 공간단위 정보를 이용(Seo and Jun, 2011; Kim and Jun, 2012)하거나 구역 내 서비스 수요자들의 위치 정보를 활용할 필요가 있다. 세밀한 공간단위와 정밀한 위치정보를 활용한 대표적인 방법이 2SFCA(2 Step Floating Catchment Area)이다. 2SFCA는 미국 시카고 지역에서 의료시설의 접근성을 분석하기 위하여 Luo and Wang(2003)이 제안하였다. 기존에는 인구대비의료인비율(physician to population)을 평가하는 방법으로 의료서비스 시설의 접근

성을 분석하였는데, 2SFCA는 의료시설별 서비스 이용권역의 공간적 범위를 고려하였다는 점에서 공간 특성을 반영한 분석방법이라고 할 수 있다(Cheng *et al.*, 2012). 2SFCA는 공공서비스 시설을 제공하는 공간적 범위와 해당 시설을 이용하고자 하는 수요자가 접근할 수 있는 공간적 범위를 모두 고려하기 때문에 중력모델 기반의 접근성 측정 방법의 한 종류라고도 할 수 있다.

지금까지 2SFCA는 공공서비스시설 계획을 세우거나 정책을 세우는데 활용하는 접근성 지표를 계산하는 간단하고 실용적인 방법으로 많이 적용되고 있다. 2SFCA는 의료서비스(Luo, 2004; McGrail and Humphreys, 2009a; Cho *et al.*, 2010; Schuurman *et al.*, 2010), 노인요양시설(Yang *et al.*, 2012), 식료품 가게(Dai and Wang, 2011) 등 다양한 시설의 접근성 분석에 적용되었다. 특히 2SFCA는 서비스 시설의 이용권역을 다양하게 적용할 수 있기 때문에 넓은 지역에 걸쳐서 수요자가 분포하는 농촌지역의 의료 서비스 접근성 분석에서 세밀한 공간해상도를 적용한 분석이 가능하다는 장점을 가지는 것으로 평가되었다(McGrail and Humphreys, 2009a; Cho *et al.*, 2010).

공공서비스시설의 입지 평가에서 2SFCA 접근성 지표를 사용할 때 주의해야할 점이 있다. 2SFCA는 공급과 수요의 범위를 결정할 명확한 기준이 없다는 점이다. 매개 변수값의 변화에 민감한 2SFCA의 특성을 제대로 파악하지 못한다면 공공서비스시설 입지 평가 과정에서 현실과 다른 결과를 제시할 위험성이 존재하는 것이다. 2SFCA를 적용하기 위해서는 지역적인 특성과 정책 목적에 맞게 수요와 공급의 범위를 정하고, 정해진 범위가 일반적인 기준이 아님을 유의하면서 결과를 해석해야 한다. 공간분석 단위가 세밀해질수록 분석 기준이 결과에 미치는 영향은 더욱 커질 수밖에 없기 때문에 기준 설정과 결과 해석에 더욱 주의를 기울여야 한다.

본 연구는 세밀한 공간단위 기반의 2SFCA 적용과정에서 분석에 사용되는 매개 변수값의

변화에 따른 분석 결과의 변화특성에 대한 사례연구를 수행한다. 이를 통해서 2SFCA를 활용하는 과정에서 주의해야할 특성에 대한 시사점을 도출하는 것이 목적이다.

본 연구는 세 부분으로 구성되어 있다. 첫째, 2SFCA와 개선 방법들에 대하여 살펴본다. 둘째, 2SFCA 매개 변수값을 변화시키면서 구미시 노인복지시설의 접근성을 분석한다. 셋째, 분석 결과에 대한 민감도 분석 과정에서 군집 분석을 수행하여 구미시 내부 지역의 특징을 살펴본다.

관련이론 검토

2SFCA는 두 단계로 공간 접근성을 계산한다. 첫 번째 단계에서는 각 서비스시설의 이용자 대비 공급능력을 계산한다. 이를 서비스시설 j 의 인구대비공급자비율(PPR : Provider to Population Ratio, 이하 PPR) 이라고 한다. PPR 계산방법은 식 (1)과 같다.

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in I_j, k < d_0} P_k} \quad (1)$$

R_j 는 서비스시설 j 의 PPR을 의미한다. S_j 는 서비스시설 j 의 공급능력을 의미하고, P_k 는 j 로부터의 임계거리(d_0)내에 존재하는 k 인구중심점의 인구를 의미한다. 보통 행정구역이나 센서스 구역의 중심점이 인구중심점으로 이용된다.

두 번째 단계에서는 수요자들이 도달할 수 있는 거리 내에 있는 서비스시설의 이용가능성을 분석한다. 이 값은 i 인구중심점으로부터 임계거리(d_0) 내에 있는 서비스시설의 PPR을 합산하여 계산된다. 식 (2)의 A_i 는 인구중심점 i 를 기준으로 서비스 이용권역 내에 있는 모든 서비스시설의 PPR을 합산한 값이다. 2SFCA는 A_i 를 i 지점에서 이용할 수 있는 서비스시설에 대한 접근성으로 해석한다.

$$A_i = \sum_{j \in d_{ik} < d_0} R_j \quad (2)$$

그 동안 2SFCA는 두 가지 측면에서 문제점이 제기되었고, 이에 대한 개선방법이 소개되었다. 첫 번째 문제는 서비스 이용권역 내의 시설 접근성은 모두 동일하다고 가정하기 때문에 거리 조락 효과를 무시하고 있다는 점이다. 좁은 서비스 이용권역이 모여 있는 도심에서는 거리 조락 효과가 미미하나 농촌 지역과 같이 서비스 이용권역이 넓은 지역은 거리조락 효과를 무시할 수 없는 요소이다. Luo and Qi(2009)는 서비스 이용권역 내에서 수요자와 시설 간 거리에 따라 가중치를 부여하는 방법으로 거리 조락효과를 반영하고자 하였다. 이 방법에서는 임계거리(d_0)를 30분 내에 도달하는 거리로 정한 후, 0~10분, 10~20분, 20~30분 내에 도달할 수 있는 구역으로 세분하고 해당 구역마다 가중치를 다르게 적용하여 PPR(R_j)과 시설 접근성(A_i)을 계산하였다. 구역을 나눈 후 가중치를 부여하는 방법은 거리조락 효과를 일부 반영하기는 하지만 구역 내부의 거리조락효과를 무시하는 문제가 여전히 존재한다. 따라서 연속적인 함수를 적용하여 거리조락효과를 반영하는 경우가 많다. Dai and Wang(2011)는 거리조락효과를 반영하는 방법을 표준 2SFCA 방법으로 평가하기도 하였다.

2SFCA 방법의 두 번째 문제는 계산과정에서 동일한 크기의 서비스 이용권역을 적용한다는 점이다. 2SFCA는 인구나 서비스 시설이 조밀하게 모여 있는 도심지역과 넓은 지역에 걸쳐서 서비스 시설과 인구가 분포하는 농촌지역의 지역적 특성을 무시하고 접근성을 분석하게 된다. 이러한 문제점 해결을 위해서 Luo and Whippo(2012)는 2SFCA 방법을 개선하였다. V2SFCA(Variable 2SFCA)라고도 불리는 이 방법은 사전에 정해 놓은 기준에 맞는 다양한 임계거리를 적용하는 것이 특징이다. 첫 번째 단계의 PPR 계산에서는 기준인구(base population)를 정한다. 그러면 각 서비스 시설의 이용권역에 포함되는 인구가 기준인구를 넘

어갈 때 까지 임계거리를 계속해서 늘려나간다. 이렇게 되면 서비스 시설별 PPR을 계산하기 위한 임계거리가 다르게 적용된다. 두 번째 단계에서는 최소 PPR 기준을 정한다. 그러면 각 인구중심에서는 최소 PPR 기준을 넘어갈 때까지 임계거리를 증가시키고 이에 따라 접근성 계산에 포함되는 시설의 개수도 늘어난다. 이 과정에서 도심지역에서는 임계거리가 짧아지고 농촌 지역에서는 임계거리가 길어진다. V2SFCA는 다양한 임계거리를 적용함으로써 지역적인 특성을 반영할 수 있다는 것이 가장 큰 장점이다.

V2SFCA의 단점은 기준인구와 최소 PPR의 기준이 없기 때문에 선택 값에 따라서 결과가 달라질 수 있다는 것이다. 시카고 지역의 의료 시설 접근성 분석을 대상으로 한 Luo and Whippo(2012)의 연구에서도 기본인구와 PPR의 변화에 따라 도시지역과 농촌지역의 접근성 변화 양상이 달라진다는 사실을 설명하고 있다. 따라서 V2SFCA 활용과정에서는 분석 지역의 현실을 반영할 수 있는 매개변수를 선택하는 것이 중요하며, 분석 결과의 해석 과정에서도 매개 변수값의 변화에 따른 결과의 차이를 고려해야 한다. 특히 대축척 스케일의 세밀한 공간단위의 분석에서는 임계거리의 변화와 서비스 이용권역을 변화시키는 매개 변수값의 선택에 더욱 주의해야 한다(McGrail, 2012).

기존 연구에서 제기되었던 2SFCA의 특징을 고려하여, 2SFCA 매개 변수값에 따른 결과의 차이를 지역적으로 구분해서 해석했다는 점에서 본 연구는 기존 연구와 차별성을 갖는다.

분석 방법

1. 연구 자료

본 연구는 구미시를 대상으로 하였다. 구미시 도로망, 행정구역 경계와 같은 공간자료는 국가 주소정보시스템(KAIS)의 전자지도를 활용하였다. 노인(기초노령연금대상자) 19,830명의 주소정보는 사회복지통합망(행복e음) 정보를 활

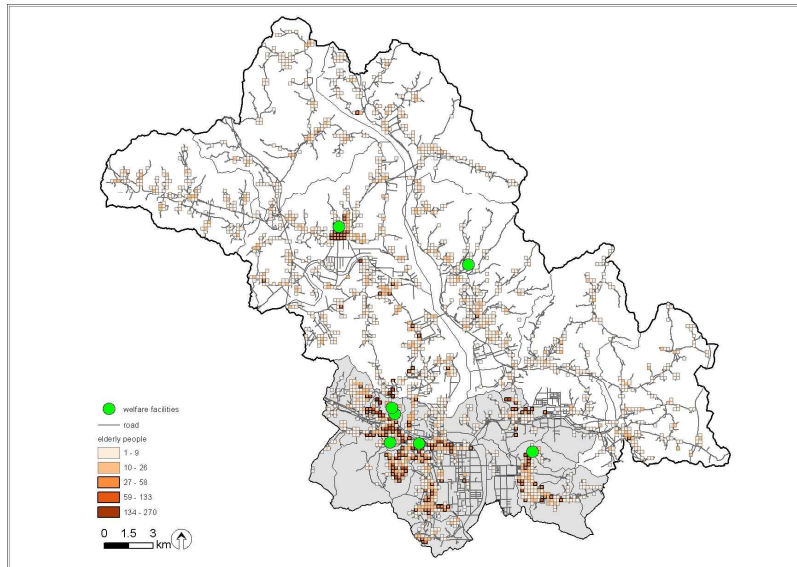


FIGURE 1. Study region

용하였고, 노인복지시설 8곳의 정보는 경상북도 도청에서 제공받았다. 노인주소와 노인복지시설의 주소 정보는 지오코딩 작업을 수행하여 포인트 자료로 변환하여 활용하였다.

분석의 공간단위로는 200m by 200m 해상도의 격자를 선택하였다. 읍면동 행정구역이나 국가기초구역을 기본 공간단위로 고려하지 않은 이유는 면적이 넓은 지역에서는 중심점이 그 지역의 인구분포를 제대로 반영해 주지 못하기 때문이다.

그림 1은 구미시의 도로망, 격자 단위로 집계된 노인 인구의 분포와 노인복지시설 8곳의 위치를 보여주는 지도이다. 지도에서 음영으로 처리된 지역은 동 지역이고 음영이 없는 지역은 읍면지역이다. 지도를 보면, 노인 인구가 많이 분포하고 있는 지역을 중심으로 노인복지시설이 위치하고 있음을 알 수 있다.

2. 2SFCA 적용

본 연구에서는 2SFCA를 개선한 V2SFCA 방법을 적용하여 구미시 노인복지시설 접근성을 분석하였다. 접근성 분석을 위한 거리는 네

트윅 거리로 계산하였다.

2SFCA 적용 방법은 다음과 같다. 첫 번째 단계에서는 노인복지시설의 공급 능력을 계산하였다. 이 값은 노인인구 대비 노인복지시설 공급비율이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 노인복지시설의 공급 능력을 시설 종사자수로 계산하였다(식 3).

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in I_k < C_j} P_k W_{kj}} \quad (3)$$

노인복지시설 j 의 공급능력은 해당 시설의 서비스능력 (S_j)을 주변의 노인 인구값으로 나눠서 계산한다. 노인복지시설 j 와 격자 중심점 k 사이의 거리를 계산한 후, 이 거리가 임계거리(C_j) 안에 포함되면 해당 격자의 노인인구를 합산한다.

임계거리는 기본인구를 기준으로 정한다. 기본인구는 해당 노인복지시설의 서비스대상 노인 인구를 의미한다. 본 연구에서는 모든 인구 중심점에서 적어도 한 곳의 노인복지시설을 이용한다고 가정하였다. 이 가정을 만족하는 거리

를 정한 후, 이 거리 내에 있는 노인들을 모두 합산하여 기본인구로 적용하였다.

모든 노인들이 적어도 한 곳의 노인복지시설을 이용할 수 있는 거리는 인구 중심점에서부터 가장 가까운 곳에 위치한 노인복지시설까지의 거리 중 가장 큰 값으로 계산될 수 있다. 본 연구에서는 22,028m가 최대 거리로 계산되었다. 노인복지시설로부터 22,028m 거리 내의 평균 노인인구를 계산하면 약 13,238명이 나온다. 이 값이 본 연구의 기본인구이다.

기본인구를 정한 후, 노인복지시설 마다 주변의 노인인구를 합산하는 임계거리를 다르게 적용하였다. 노인복지시설로부터 거리를 증가시키면서 노인인구를 합산하는데, 노인인구가 13,238명을 넘어서는 거리에 도달하게 되면 이 거리가 시설별 R_j 를 계산하기 위한 임계거리가 된다.

두 번째 단계에서는 격자별 접근성을 계산하였다.

$$A_i = \sum_{k \in d_{ik} < c_j} R_j W_{ij} \quad (4)$$

식 (4)에서 격자중심점 i 의 접근성은 인근 노인복지시설의 PPR을 모두 합한 값이다. PPR을 합산하는 임계거리 (C_j)는 최소 PPR을 기준으로 정하였다. 본 연구의 최소 PPR은 노인 인구 대비 노인복지시설 종사자수 비율로 정하였다. 2014년 노인복지시설 현황자료(보건복지부, 2014)에서는 구미시의 노인복지시설 종사자수는 65명, 노인인구는 28,038명으로 나와 있다. 이 값을 기준으로 PPR을 계산하면 약 0.002 (65/28,038)이 나온다. PPR 0.002는 한 명의 노인복지시설 종사자가 500명의 노인을 담당한다는 의미이다. 본 연구에서는 격자 중심점 주변의 노인복지시설의 PPR 값의 합이 0.002를 넘어서는 거리를 임계거리로 적용하였다.

서비스 이용권역 내의 거리조락 효과를 반영하기 위해서는 연속함수를 적용하여 가중치 (W_{ij})를 계산하였다. 보통 2SFCA에서 거리조락효과를 반영하기 위해서 서비스 이용권역을

세 개로 나눈다. 그리고 가장 가까운 구역은 가중치 1을 주고, 나머지 구역은 각기 다른 방식으로 가중치를 부여한다. 본 연구에서는 노인복지시설을 이용할 수 있는 최대 거리인 22,028미터를 기준으로 세 개의 구역으로 구분하여 가중치를 부여하였다. 이 기준을 적용하면 각 구역의 거리는 약 7,343 미터가 된다. 본 연구에서는 두 지점의 거리가 7,343 미터 이내이면 가중치 값으로 1을 적용하였다. 두 지점의 거리가 기준거리 7,343 미터를 넘으면 식 (5)와 같은 연속함수를 적용하여 가중치를 계산하였다. 거리조락함수의 가중치는 1.5를 적용하였다. 거리가중치가 2를 넘으면 거리조락효과가 과도하게 반영되기 때문에 일반적으로 1.5가 많이 사용된다(McGrail and Humphreys, 2009b). 두 지점의 거리가 22,028 미터를 넘으면 가중치 0을 적용하였다.

$$W_{ij} = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & , \text{ if } d_{ij} < d_0 \\ \left(\frac{d_{\max} - d_{ij}}{d_{\max} - d_0} \right)^{1.5} & , \text{ if } d_0 < d_{ij} < d_{\max} \\ 0 & , \text{ if } d_{ij} > d_{\max} \end{array} \right\} \quad (5)$$

$$d_{\max} = 22,028, d_0 = 7,343$$

3. 민감도분석 방법

민감도분석에서는 2SFCA 분석에 사용하는 매개변수 값을 변화시킨 후 격자별 접근성의 변화를 분석하였다. 분석에 사용한 매개변수는 기본인구와 최소 PPR 값이다. 매개변수 값의 기준은 기본인구 13,238, PPR 0.002를 적용하였다. 이 값을 기준으로 매개 변수값을 증가시키거나 감소시키면서 각 격자의 접근성 값의 변화를 살펴보았다.

접근성 변화의 지역적 특성을 분석하기 위해서는 군집분석을 수행하였다. 군집분석으로 접근성의 변화 크기가 유사한 지역들을 분류하였다. 그리고 각 군집별 접근성 변화 특성을 살펴봄으로써 매개 변수값의 변화가 구미시 내부지역의 접근성 변화에 미치는 영향을 평가하였다.

분석결과

1. 접근성 분석결과

본 연구에서 기본인구 13,238, PPR 0.002를 적용한 구미시 노인복지시설의 접근성 분석 결과는 그림 2와 같다. 그림을 보면, 구미시 노인복지시설 접근성의 지역적 특성을 알 수 있다. 대체적으로 노인복지시설 주변의 접근성이 양호하다. 외곽지역은 노인복지시설과 떨어져 있어서 접근성이 상대적으로 나쁘다. A구역은 읍면 지역으로 1개의 노인복지시설이 위치하고 있다. 이 시설은 구미시 8개 노인복지시설 중 종사자 수가 가장 많은 곳이다. B구역은 읍면 지역이며 노인시설 근처의 도로망을 따라서 양호한 접근성을 보인다. C구역은 동 지역이다. 도로망이 잘 발달해 있고, 5개의 노인복지시설이 밀집해 있는 지역이다. D구역은 동 지역임에도 불구하고 도로망이 덜 발달해 있고, 노인복지시설도 1개만 있기 때문에 접근성이 상대적으로 나쁘게 나타나고 있다.

2. 민감도 분석결과

1) 개요

민감도 분석에서는 기본인구(BP)와 최소 PPR을 단계적으로 변화시키면서 접근성의 변화를 살펴보았다. 기준이 되는 기본인구는 13,238이고, 최소 PPR은 0.002이다. 기본인구는 기준값에서 $\pm 2,000$ 씩 변화시켰다. 사전 연구에서 $\pm 2,000$ 보다 세밀한 단계로 기본 인구를 변화시키더라도 전반적인 경향성에는 변화가 없다는 것을 확인했기 때문에 매개변수 값의 변화 크기는 결과에 큰 영향을 미치지 않는다고 할 수 있다. 최소 PPR 또한 값의 변화 크기는 연구 결과에 영향을 미치지 않기 때문에 임의의 값으로 정한 ± 0.0005 씩 변화시켰다.

기준 값과 매개변수 변화 값의 차이를 분석하기 위해서는 산포도를 활용하였다(그림 3). 산포도의 X 축은 기준값을 사용할 경우의 접근성 계산 결과이고, Y축은 변화된 매개 변수값을 사용했을 경우의 접근성 계산 결과이다. 산포도에는 X축과 Y축에 기준 매개 변수값을 적

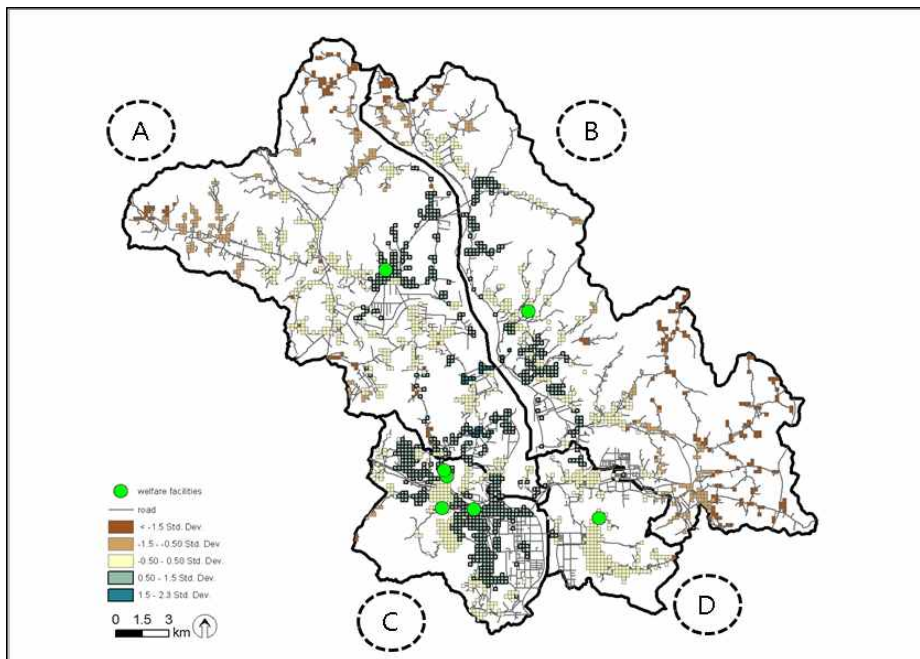


FIGURE 2. Spatial accessibility map

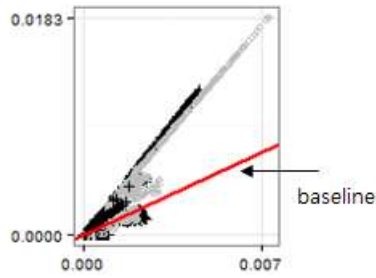


FIGURE 3. Scatter plot

용했을 때의 추세선을 추가하였다. 이 추세선을 기준으로 접근성 값의 변화를 해석할 수 있다. 산포도 분포가 추세선보다 상위에 나타나면, 집

근성 값이 기준 매개 변수값을 사용했을 경우보다 커졌다고 해석할 수 있고, 반대의 경우에는 접근성 값이 기준 매개 변수값을 사용했을

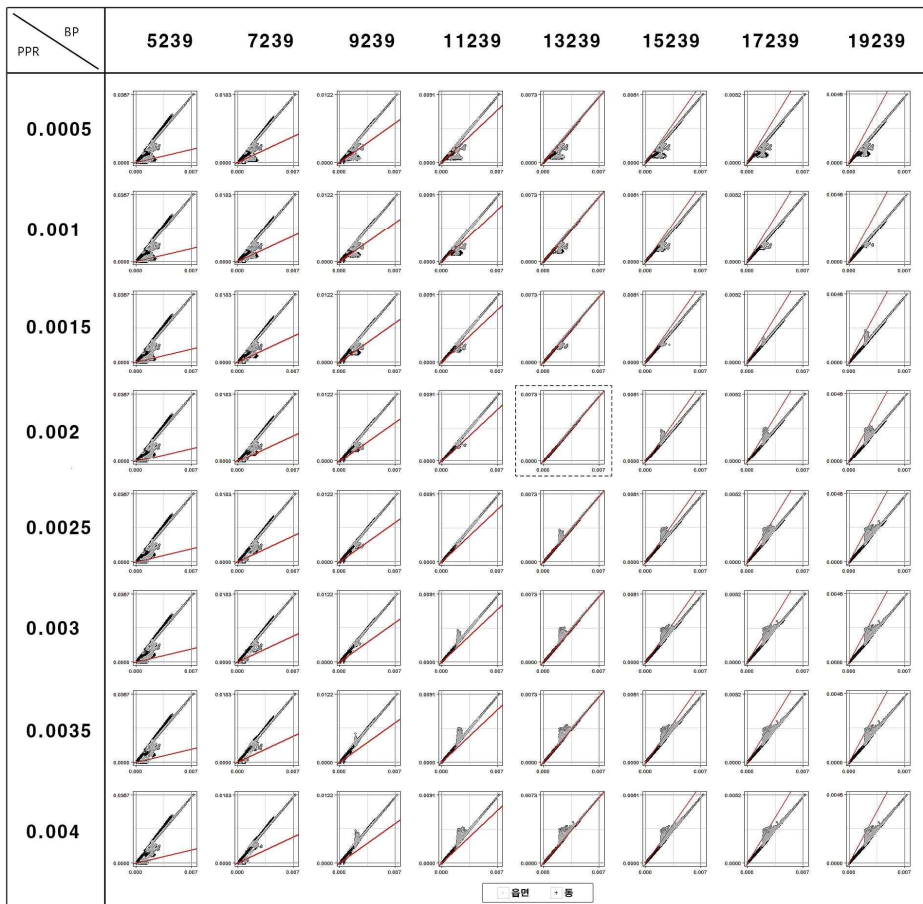


FIGURE 4. Scatter plot matrix

경우보다 작아졌다고 해석할 수 있다.

그림 4는 매개 변수값의 변화에 따른 계산 결과의 차이를 보여주고 있다. 기준으로 정한 기본인구보다 작으면 접근성은 점차 증가하는 경향을 보이고, 기준으로 정한 기본인구보다 크면 접근성은 감소하는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 최소 PPR 값은 작은 수이기 때문에 그래프에서는 명확하게 드러나지 않는다. 접근성 평균값을 비교해 보면, 값이 증가할수록 접근성 값도 함께 증가하는 경향을 보인다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 기본인구 13,239를 기준으로 최소 PPR을 0.0005, 0.002, 0.004로 변화시키면 접근성의 평균값은 0.0009925, 0.0018125, 0.0020735로 증가하였다.

매개 변수값의 변화에 따른 접근성의 변화를 요약하면 다음과 같다. 기본인구가 증가할수록 접근성 값은 감소하고, 최소 PPR 값이 증가할수록 접근성 값은 증가한다. 기본인구가 증가하는 것은 노인복지시설을 이용하는 노인인구가 증가하다는 의미이기 때문에 상대적으로 접근

성이 감소하게 된다. 최소 PPR이 증가한다는 것은 각 시설이 제공하는 서비스제공 능력이 증가하다는 의미이기 때문에 상대적으로 접근성은 증가하게 된다. 이러한 경향성이 구미시 전역에서 고르게 나타나는 것은 아니다. 산포도에서는 회색으로 표현되는 읍면지역과 검은색으로 표현되는 동 지역에서 변화양상이 다르게 나타나고 있는데, 이후부터는 이러한 지역적 차이에 대한 분석을 수행한다.

2) 매개 변수값의 변화

접근성 분석에 사용하는 매개변수 중 최소 PPR을 0.002로 고정시키고 기본인구를 기준인구(13239) 대비 증가시키거나 감소시키면서 접근성의 변화를 분석하였다. 구미시 전체로 보면, 기본인구가 기준인구 보다 작아지면 접근성 값이 증가하고, 기본인구가 기준인구 보다 커지면 접근성은 감소하는 경향을 보인다. 읍면 지역과 동 지역에서 변화의 폭은 다르게 나타난다. 그림 5와 표 1을 보면, 기본인구가 7239보다 작

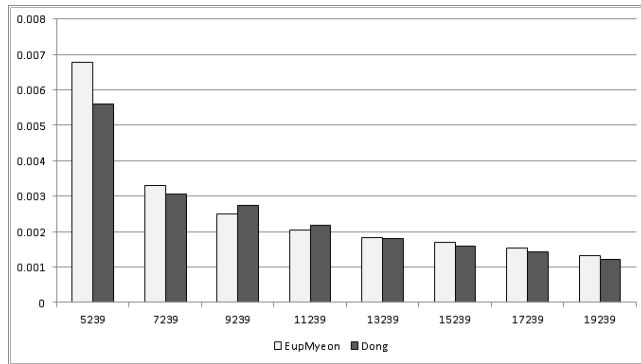


FIGURE 5. Accessibility variation by changing base population

TABLE 1. Accessibility variation by changing PPR and difference value between base population and 13239

	5239	7239	9239	11239	13239	15239	17239	19239
EupMyeon	0.006789 (0.004966)	0.003296 (0.001473)	0.002508 (0.000685)	0.002053 (0.00023)	0.001823 (0)	0.0017 (0.000123)	0.001539 (0.000284)	0.001331 (0.000492)
Dong	0.005607 (0.003805)	0.003051 (0.001249)	0.002732 (0.00093)	0.002184 (0.000382)	0.001802 (0)	0.0016 (0.000202)	0.001425 (0.000377)	0.001221 (0.000581)

() : $|bp - 13239|$, Shade : the larger variation area

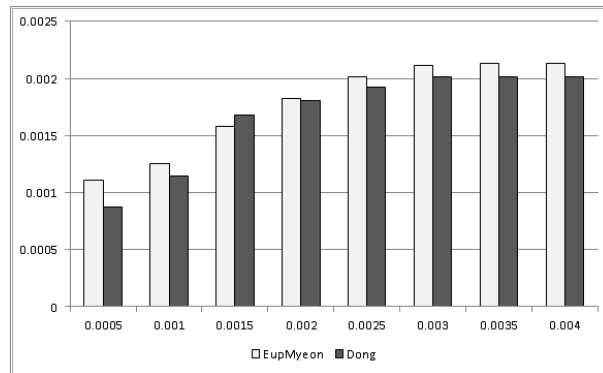


FIGURE 6. Accessibility variation by changing PPR

TABLE 2. Accessibility variation by changing PPR and difference value between PPR and 0.002

	0.0005	0.001	0.0015	0.002	0.0025	0.003	0.0035	0.004
EupMyeon	0.001108 (0.000715)	0.001255 (0.000568)	0.001577 (0.000246)	0.001823 (0)	0.002011 (0.000188)	0.002116 (0.000293)	0.002132 (0.000309)	0.002133 (0.00031)
Dong	0.000877 (0.000925)	0.001149 (0.000653)	0.001679 (0.000123)	0.001802 (0)	0.001925 (0.000123)	0.002014 (0.000212)	0.002014 (0.000212)	0.002014 (0.000212)

() : $|ppr - 0.002|$, Shade : the larger variation area

아지면 상대적으로 읍면동의 변화폭이 커지나 기본인구가 9239보다 커지면 동지역에서 상대적으로 변화의 폭이 증가하는 것을 알 수 있다.

다음으로 접근성 분석에 사용하는 기본인구를 13239로 고정시키고 최소 PPR을 기준대비 증가시키거나 감소시키면서 접근성의 변화를 분석하였다. 구미시 전체로 보면, PPR이 기준보다 작아지면 접근성 값도 감소하고, PPR이 기준보다 커지면 접근성 값도 증가하는 경향을 보인다. 그림 6과 표 2를 보면, PPR이 0.001보다 작아지면 동 지역의 변화폭이 크고, PPR이 0.0015보다 커지면 읍면 지역의 변화폭이 커지는 것을 알 수 있다.

3) 군집분석

군집분석에서는 각 매개 변수값의 변화에 따른 접근성 변화의 절대 차이를 변수로 사용하였다. 기준인구와 PPR을 각각 7단계로 변화시켰기 때문에 모두 14개의 변수를 사용하였다.

군집분석 방법으로는 K-means 방법을 사용하였다. 먼저, 계층적 군집분석을 수행하여 산

출된 덴드로그램을 기준으로 적절한 군집수를 선택하였다. 본 연구에서 선택한 군집 수는 세 개이다. 세 개의 군집을 적용한 K-means 군집분석의 결과를 지도화한 것이 그림 7이다. 그림을 보면, 각 군집의 공간패턴을 확인할 수 있다. 군집1은 구미시 외곽지역에 위치하고 있다. 군집2와 군집3은 노인복지시설 주변에 위치하고 있다. 단, 군집2는 노인인구와 노인복지시설이 밀집해 있는 동 구역에 많이 분포하고 있으며, 군집3은 군집2보다는 상대적으로 넓은 지역에서 분포하고 있는 것을 알 수 있다.

먼저 격자별 노인인구를 기준으로 군집별 특성을 살펴보았다. 군집1의 평균 노인인구는 약 4.1명, 군집2의 평균 노인인구는 14.2명, 군집3의 평균 노인인구는 9.9명으로 분석되었다. 구미시 외곽지역에 넓게 분포하는 군집1의 평균 노인인구 값이 가장 작고, 노인복지시설이 집중되어 있는 동지역에 많이 분포하는 군집2의 평균 노인인구 값이 가장 크다는 것을 알 수 있다.

다음으로 각 군집의 특성을 매개 변수값의 변화에 따른 접근성의 차이로 살펴보았다. 먼

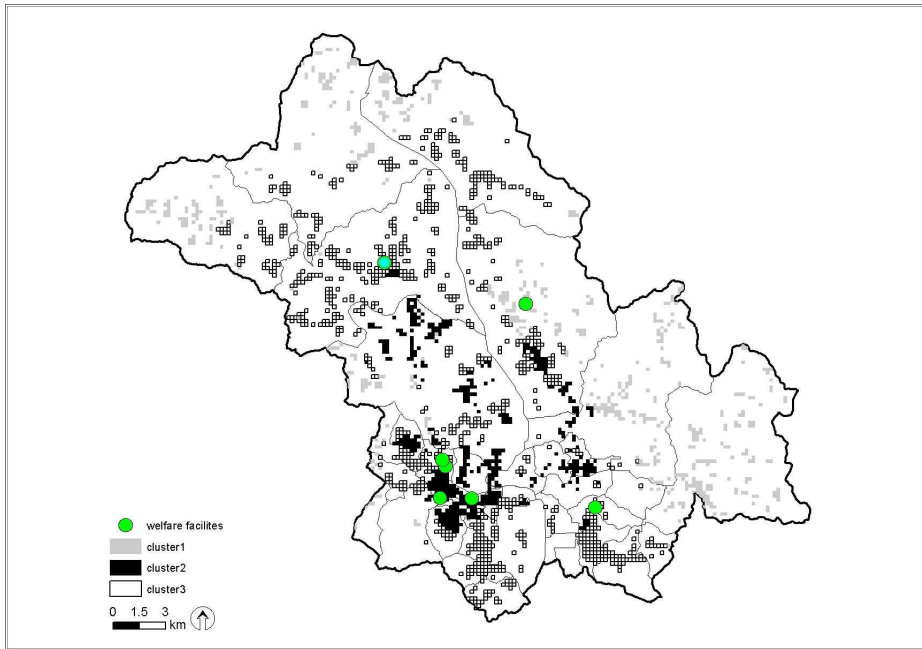


FIGURE 7. Map of cluster analysis

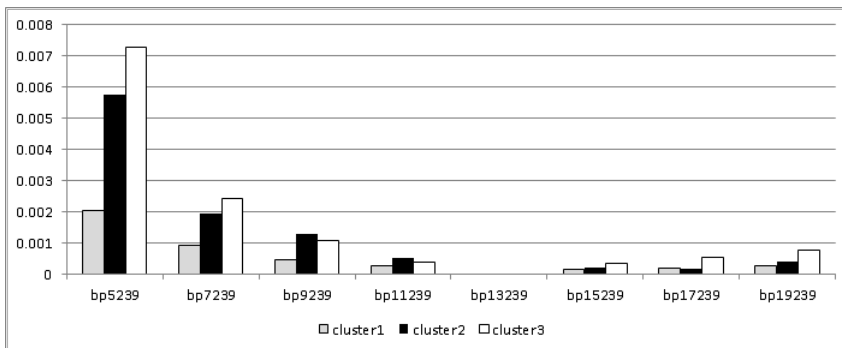


FIGURE 8. Mean accessibility variation by clusters according to base population change

저, 기본인구 변화에 따른 특성을 살펴보았다. 그림 8은 기본인구 변화에 따른 접근성 차이의 평균을 나타낸 그래프이다.

구미시 외곽에 위치한 군집1은 다른 군집에 비해서 접근성 차이가 크지 아니하는 특성을 보인다. 군집2와 군집3은 상대적으로 변화가 많이 나타나는데, 군집3 지역에서 가장 큰 변화를 보이고 있다. 기준인구를 5238와 19239로

적용했을 때의 접근성 지도(그림 9)를 보면, 군집3 지역에서 상대적으로 접근성 변화가 많이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 군집3 지역 중 동 지역의 노인복지시설 주변 지역은 기본인구를 줄였을 때 접근성이 나빠지는 곳도 나타나고 있다.

기본인구의 증가는 노인복지시설 이용 노인들을 집계하기 위해서 더 넓은 지역을 포괄하

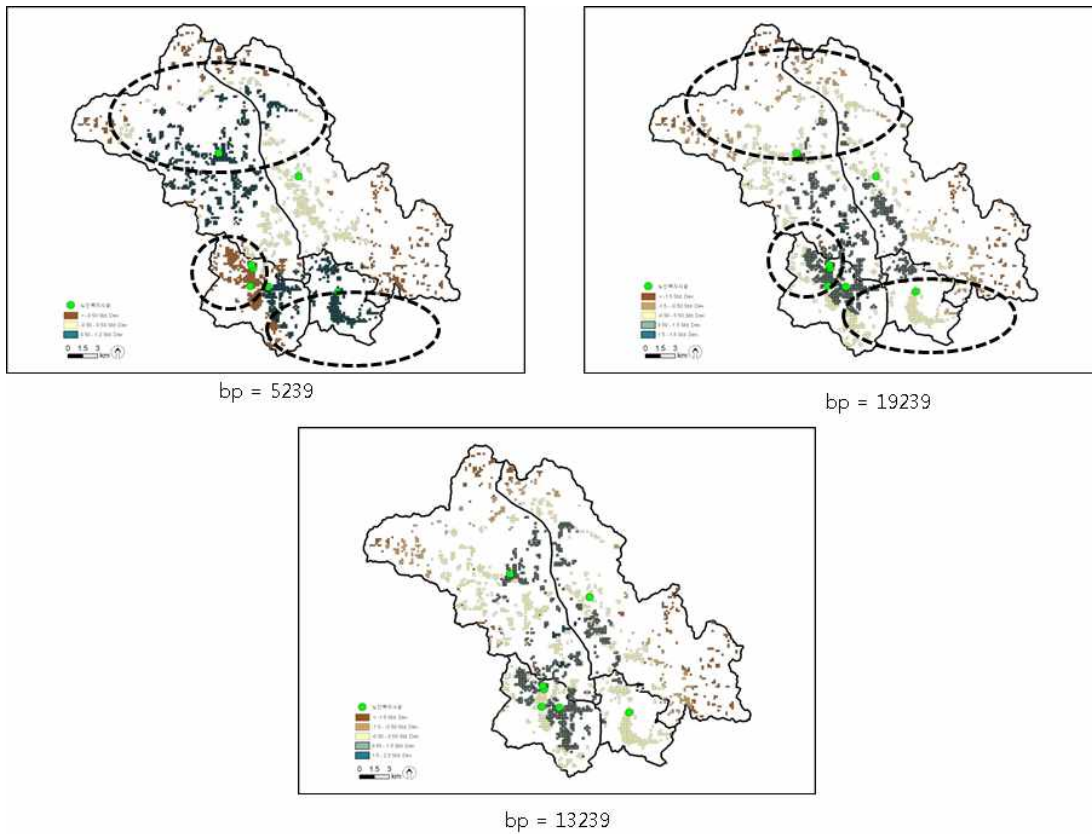


FIGURE 9. Accessibility maps by different base populations (classification method : standard deviation)

는 임계거리를 적용한다는 의미이다. 상대적으로 노인들이 많이 밀집해 있는 지역은 짧은 임

계거리를 적용하더라도 사전에 정해 놓은 기본 인구에 쉽게 도달할 수 있다. 이러한 조건에서

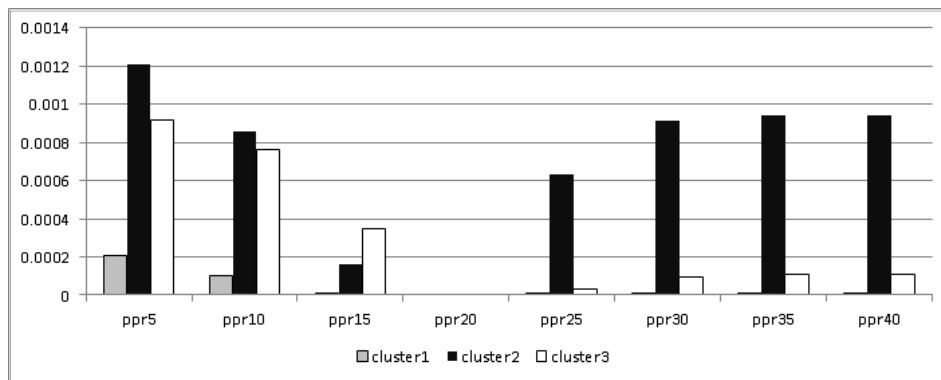


FIGURE 10. Mean accessibility variation by clusters according to ppr change

는 PPR 계산의 분모에 해당하는 집계 노인인구 값에 더 큰 거리 가중치를 적용하기 때문에 노인복지시설의 PPR 값을 낮추는 효과가 있다. 노인복지시설이 제한된 공급능력 대비 더 많은 노인인구를 서비스 대상으로 하면 PPR이 낮아진다는 의미로 해석할 수 있다. PPR이 낮아지면 기준 PPR에 맞추기 위해서 더 많은 사회복지시설의 PPR을 합산해야 하기 때문에 주위에 사회복지시설이 많이 모여 있으면 있을수록 접근성은 증가하게 된다.

구미시의 중앙구역은 주위의 여러 노인복지시설을 이용하기 유리한 위치이다. 구미시 중앙 지역에 위치한 군집2와 군집3 지역은 기본인구를 증가하면 전반적으로 접근성이 양호하게 바

뀌는 것을 알 수 있다.

PPR 변화에 따른 군집별 특성은 그림 10에 나타나 있다. 구미시 외곽에 위치한 군집1은 접근성 차이에 변화가 없는 특성을 보인다. 군집2와 군집3 중에서는 군집2의 변화가 크다는 것을 알 수 있다.

기준 PPR이 증가하는 것은 접근성 계산과정에서 더 많은 노인복지시설을 포함한다는 의미이기 때문에 상대적으로 여러 노인복지시설에 접근하기 쉬운 위치에 있는 지역들의 접근성 개선효과가 크다. PPR이 증가했을 때, 구미시 중앙 지역에 분포하는 군집2와 군집3 지역이 전체적으로 접근성이 양호해 지는 것을 확인할 수 있다(그림 11).

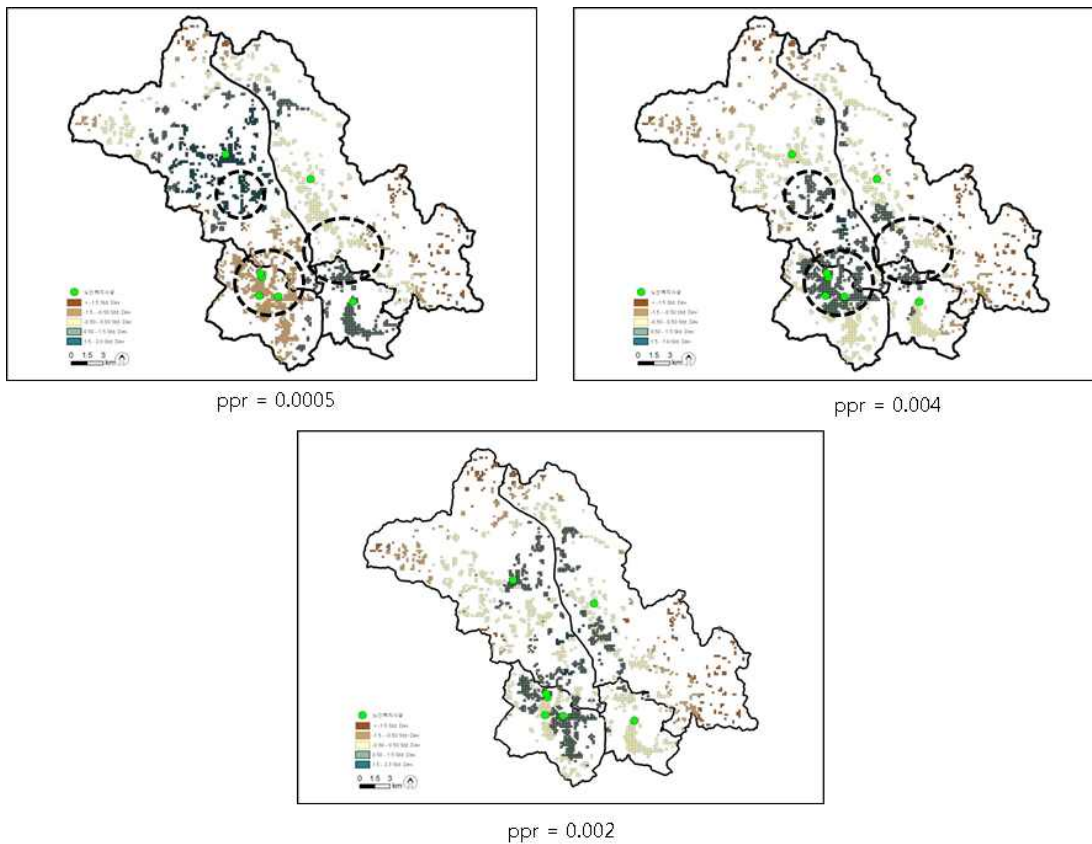


FIGURE 11. Accessibility maps by different PPRs (classification method : standard deviation)

4) 특성 분석

민감도 분석은 2SFCA 방법을 적용한 접근성 분석에서 매개 변수값의 변화에 따른 분석 결과의 차이를 살펴보는 것을 목적으로 하였다. 민감도 분석을 통한 특성분석도 접근성 차이의 원인을 밝히는 것이 아니고 매개 변수값의 변화에 따른 결과 값의 지역적 차이를 설명하는데 중점을 두도록 한다.

구미시 전체의 접근성 경향을 보면, 기본인구가 증가할수록 접근성 값은 감소하고, 최소 PPR 값이 증가할수록 접근성 값은 증가하였다. 이러한 경향성은 2SFCA 특성 때문에 나타나는 결과이다. 2SFCA는 노인복지시설의 수요와 공급측면을 고려하여 종합적으로 접근성을 계산한다. 2SFCA 계산에서 기본인구가 증가하는 것은 노인복지시설을 이용하고자 하는 수요자 간의 경쟁이 증가한다는 의미이기 때문에 접근성이 감소하게 된다. 최소 PPR이 증가한다는 것은 노인복지시설의 공급능력이 증가한다는 의미이기 때문에 접근성은 증가하게 된다.

일반적인 경향성이 구미시 전체 지역에 동일하게 영향을 미치는 것은 아니다. 구미시의 지역적 특성에 따라 다른 영향을 미치게 된다. 구미시를 세 구역으로 구분해 보면, 노인인구가 적고 노인복지시설과 멀리 떨어져 있는 지역은 매개 변수값의 변화 영향이 미미한 것을 알 수 있다. 기존 노인복지시설 주변은 매개변수 값에 따라 민감하게 결과값이 달라진다. 기존 노인복지시설 주변에 위치한 구역 중 노인 인구가 가장 많은 동 지역은 PPR 변화에 따른 접근성 변화 값이 크고, 나머지 구역은 기본인구 변화에 따른 접근성 변화가 크게 나타났다. 세부적으로 살펴보면, 매개 변수값의 변화에 따라 접근성이 개선되기도 하고 악화되기도 하는 다양한 양상을 보였다. 구미시의 중앙 구역처럼 여러 곳의 노인복지시설을 선택적으로 이용할 수 있는 곳은 매개 변수값이 커지면 구역 전체에 걸쳐 접근성이 개선되는 양상을 보이기도 하였다. 이러한 결과는 너무 큰 매개 변수값을 선택하게 되면 여러 복지시설을 이용하기 유리한 지역의 접근성이 과도하게 평가될 수도 있다는

점을 시사한다.

결 론

본 연구에서는 구미시의 노인복지시설을 사례로, 2SFCA 기반 접근성 분석에서 매개 변수값의 변화에 따른 분석 결과의 차이에 대한 지역특성을 분석하였다.

2SFCA 분석에서 기본인구가 증가하면 접근성이 감소하고, PPR이 증가하면 접근성이 증가하는 일반적인 경향을 보였다. 이러한 경향이 구미시 내부에서 어떻게 나타나는지를 살펴보기 위해서 민감도 분석과정에서 군집분석을 수행하여 지역별 변화 특성을 살펴보았다. 변화 특성을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 구미시 읍면 외곽지역처럼 노인복지시설과 멀리 떨어져 있는 지역은 매개변수의 변화에 따른 접근성 변화가 미비하였다. 둘째, 기존 노인복지시설 주변 지역은 매개변수의 변화에 따라 접근성이 개선되거나 악화되는 다양한 양상을 보였다. 노인인구가 많고 노인복지시설이 밀집해 있는 동 지역에서는 PPR의 변화에 따른 접근성 변화가 크고, 나머지 지역은 기본인구 변화에 따른 접근성 변화가 크게 나타났다. 셋째, 매개변수가 커지면 여러 곳의 노인복지시설을 이용할 수 있는 구미시 중앙구역의 접근성이 전반적으로 양호해지는 양상을 보였다.

2SFCA 기반의 접근성 분석을 위해서는 매개변수 값 선정을 위한 합리적 기준을 마련하는 것이 중요하다. 구미시의 노인복지시설 접근성 분석의 결과에서 보는 바와 같이, 매개변수의 선택에 따라 지역의 접근성 패턴이 달라지기 때문이다.

매개변수의 선택 기준은 다양한 시나리오를 고려할 수 있을 것이다. 만약 2SFCA 접근성 분석을 정책의사결정지원을 위한 근거자료로 활용하는 것을 목적으로 한다면, 정책기준에 따라 매개변수를 선택할 수 있을 것이다. 현재 우리나라의 사회복지공무원 배치기준에 대한 공식적인 기준이 설정된 상황은 아니다. 그러나 KRILA(2011) 자료에 따르면, 기초생활수급자

100명당 사회복지공무원 1인으로 배치기준을 설정했을 경우, 노인복지대상자인 기초노령수급자의 경우 약 33.5명으로 산출될 수 있다고 제시하고 있다. 이 기준에 의하면 대략 300명 정도의 기초노령수급자가 있을 경우, 사회복지공무원 1인을 배치할수 있는 것으로 추정할 수 있다. 그러나 현실적으로 이런 기준을 적용한 사례는 없다. 또한 현재 노인복지관 등의 배치 기준에는 노인인구수를 반영하는 기준이 아니라 시군구에 1개소 이상을 설치하는 것을 제안하는 수준에서 언급되고 있다. 이에 의하면 관행적으로 노인인구 1만명당 1개소가 적정한 노인복지관의 배치수로 간주되고 있다. 하지만 이런 기준들은 지역특성을 반영하지 못하기 때문에 접근성 분석과정에서 신중한 검토가 필요할 것이다.

본 연구에서는 2SFCA 매개변수 값의 변화에 따른 지역 내 접근성의 변화 특성만을 분석하였다. 향후 접근성과 사회경제적 요인들을 종합적으로 고려하는 공공서비스시설의 입지분석에서 매개변수의 영향을 분석하는 연구가 추가적으로 진행될 수 있기를 기대한다.

감사의 글

자료를 협조해 주신 경상북도 담당자 분께 감사드립니다. **KAGIS**

REFERENCES

- Cheng, Y., J. Wang and M.W. Rosenberg. 2012. Spatial access to residential care resources in Beijing, China. *International Journal of Health Geographics* 11:1-32.
- Cho, D.H., J.Y. Shin, K.Y. Kim and G.H. Lee. 2010. An analysis of spatial accessibility to public healthcare services in rural areas. *Journal of The Korean Association of Regional Geographers* 16(2):137-153 (조대현, 신정엽, 김감영, 이건학. 2010. 농촌지역 공공보건서비스에 대한 공간적 접근성 분석. *한국지역지리학회지* 16(2):137-153).
- Dai, D. and F. Wang. 2011. Geographic disparities in accessibility to food stores in southwest Mississippi. *Environment and Planning B* 38(4): 659-677.
- Higgs, G. 2004. A literature review of the use of GIS-based measures of access to health care services. *Health Services & Outcomes Research Methodology* 5:119-139.
- Huh, W.K. 2004. Analyzing accessibility with GIS-Transportation : a review. *Journal of Geography* 43:1-27 (허우궁. 2004. 교통지리정보시스템(GIS-T)에 기반한 접근성 분석. *지리학논총* 43:1-27).
- Kim A.Y. and B.W. Jun. 2012. Environmental equity analysis of the accessibility to public transportation services in Daegu City. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 15(1):76-86 (김아연, 전병운. 2012. 대구시 대중교통서비스의 접근성에 대한 환경적 형평성 분석. *한국지리정보학회지* 15(1):76-86).
- Kim, Y.B. and J.S. Ahn. 2014. A comparative study of the accessibility to social welfare facilities for use in Gyeongbuk province utilizing GIS. *Social Welfare Policy* 41(3):107-125 (김이배, 안재성. 2014. GIS를 활용한 경북 사회복지이용시설의 접근성 비교 연구. *사회복지정책* 41(3):107-125).
- Kim, Y.H. and M.H. Jo. 2003. 3D visualization approaches for evaluation location solution performances. *Journal*

- of the Korean Association of Geographic Information Studies 6(3):21-32 (김영훈, 조명희. 2003. 시설물 접근성 분석을 위한 GIS의 3차원 시각화 기법 적용. 한국지리정보학회지 6(3):21-32).
- Korea Research Institute for Local Administration. 2011. A research on the actual condition of local government's organization and operation : analysis of social welfare manpower (한국지방행정연구원. 2011. 지방자치단체 조직운영실태 분석·진단 3과제 : 사회복지인력 운영 분석·진단).
- Luo, W. 2004. Using GIS-based floating catchment method to assess areas with shortage of physicians. *Health & Place* 10:1-11.
- Luo, W. and F. Wang. 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* 30(6):865-884.
- Luo, W. and T. Whippo. 2012. Variable catchment sizes for two-step floating catchment area method. *Health & Place* 18:789-795.
- Luo, W. and Y. Qi. 2009. An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians. *Health & Place* 15:1100-1107.
- Ma, S. and H.S. Kim. 2011. Accessibility to welfare facilities for the aged through GIS network analysis : focused on inland areas in Incheon. *The Korea Spatial Planning Review* 70:61-75 (마세인, 김홍순. 2011. GIS 네트워크 분석을 활용한 노인복지시설의 접근성 연구: 인천시 내륙부를 중심으로. 국토연구 70:61-75).
- McGrail, M.R. 2012. Spatial accessibility of primary health care utilizing the two step floating catchment area method : an assessment of recent improvements. *International Journal of Health Geographics* 11:1-12.
- McGrail, M.R. and J.S. Humphreys. 2009a. Measuring spatial accessibility to primary care in rural areas : improving the effectiveness of the two-step floating catchment area method. *Applied Geography* 29:533-541.
- McGrail, M.R. and J.S. Humphreys. 2009b. The index of rural access : an innovative integrated approach for measuring primary care access. *BMC Health Service Research* 9:1-12.
- Ministry of Health & Welfare. 2014. 2014 Report on the welfare facilities for the aged (보건복지부. 2014. 2014년 노인복지 시설 현황).
- Schuurman, N., M. Berube and V.A. Crooks. 2010. Measuring potential spatial access to primary health care physicians using a modified gravity model. *Canadian Geographer* 54:29-54.
- Seo, H.J. and B.W. Jun. 2011. Environmental equity analysis of the accessibility of urban neighborhood parks in Daegu city. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 14(4):76-86 (서현진, 전병운. 2011. 대구시 도시근린공원의 접근성에 따른 환경적 형평성 분석. 한국지리정보학회지 14(4):221-237).
- Sohn, J.Y. and S.K. Oh. 2007. Measuring accessibility of day care centers for the

- elderly in Seoul using GIS spatial analysis techniques. *Journal of The Korean Association of Regional Geographers* 13(5):576-594 (손정렬, 오수경. 2007. GIS 공간분석기법을 이용한 서울시 노인주간보호시설의 접근성 연구. *한국지역지리학회지* 13(5):576-594).
- Son, K.H. 2013. A case study on functional shift and specialization of social welfare center to social welfare for people with disability utilizing GIS analysis. *Journal of Community Welfare* 44:99-125 (손광훈. 2013. GIS를 이용한 사회복지관의 장애인복지 기능전환 및 특화에 관한 사례연구. *한국지역사회복지학* 44: 99-125).
- Talen, E. 2003. Neighborhoods as service providers: a methodology for evaluating pedestrian access. *Environment and Planning B* 30:181-200. [KAGIS](#)