Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 16(3) 2013, pp. 40-53
http://dx.doi.org/10.11108/kagis.2013.16.3.040

장수 인구의 분포 패턴에 관한 탐색적 공간 데이터 분석과 수정 가능한 공간단위 문제(MAUP)의 Scale Effect에 관한 연구

최돈정[1※] · 서용철[1]

A Study on the Exploratory Spatial Data Analysis of the Distribution of Longevity Population and the Scale Effect of the Modifiable Areal Unit Problem(MAUP)

Don-Jeong CHOI[1※] · Yong-Cheol SUH[1]

요 약

장수인구의 공간적 분포 패턴과 지역적 장수요인을 파악하고자 하는 국내의 기존 연구들은 대부분 확증적(confirmatory) 접근 방식을 지향하고 있다. 또한 대다수의 연구자는 통계자료의 가용성에 의존하거나 임의적인 분석 공간 단위를 설정하고 있다. 이러한 연구 방식은 특히 장수 현상이 가지는 공간적인 특성을 충분히 반영하지 못하며 수정 가능한 공간 단위(MAUP) 문제에서도 자유롭지 못하다. 본 연구에서는 인구통계 자료를 이용한 탐색적 공간 데이터 분석(ESDA)을 통해 장수인구의 공간적 분포 패턴에 관한 공간적 자기상관의 발생여부를 파악 하고자 하였다. 이와 병행하여 상이한 분석 공간 단위 사이에서 발생할 수 있는 수정 가능한 공간단위문제(MAUP)에 대한 평가를 수행 하였다. 공간적 자기상관의 발생 여부 파악을 위해 시군구와 읍면동의 상이한 공간단위에 대한 장수 인덱스를 산출하여 전역적 공간적 자기상관 측도인 Moran'I 분석을 수행 하였다. 또한 Getis-Ord Gi*를 이용하여 공간적 Hot Spot 과 Cold Spot 을 파악하였다. 연구결과 시군구와 읍면동의 모든 공간단위에서 통계적으로 유의한 수준의 공간적 자기상관과 장수인구 군집 지역(Hot spot 과 Cold spot)이 존재 하는 것으로 나타났다. 또한 시군구와 읍면동의 상이한 공간 단위에서 산출된 전역적(Global) 공간적 자기상관 지수와 국지적(Local) 공간 클러스터의 값에 차이가 발생하였는데 이는 MAUP의 Scale Effect로 볼 수 있다. 본 연구의 결과는 고령화로 인해 필연적으로 증가하게 될 장수에 대한 연구 시 연구자는 현상이 포함하는 공간적 차원을 고려하여야 하며 MAUP으로 인해 심각한 정보의 오류를 범할 수 있다는 점을 시사한다.

주요어 : 장수인구, 공간적 자기상관, 핫스팟 분석, 수정가능한 공간단위 문제

2013년 5월 25일 접수 Received on May 25, 2013 / 2013년 7월 23일 수정 Revised on July 23, 2013 / 2013년 9월 4일 심사완료 Accepted on September 4, 2013

1 부경대학교 공간정보시스템공학과 Dept. of Spatial Information Engineering, Pukyong National University
※ Corresponding Author E-mail : choidonjeong@gmail.com

ABSTRACT

Most of the existing domestic studies to identify the distribution of longevity population and influencing factors oriented confirmatory approach. Furthermore, most of the studies in this research topic simply have used their own definition of spatial unit of analysis or employed arbitrary spatial units of analysis according to data availability. These research approaches can not sufficiently reflect the spatial characteristic of longevity phenomenon and exposed to the Modifiable Aerial Unit Problem(MAUP). This research performed the Exploratory Spatial Data Analysis(ESDA) to identify the spatial autocorrelation of the distribution of longevity population and investigated whether the modifiable areal unit problem in the aspect of scale effect using spatial population data in Korea. We used Si_Gun_Gu and Eup_Myeon_Dong as two different spatial units of regional longevity indicators measured. Then, we applied Getis-Ord Gi* to investigate the existence of spatial hot spots and cold spots. The results from our analysis show that there exist statistically significant spatial autocorrelation and spatial hot spots and cold spots of regional longevity at both Si_Gun_Gu and Eup_Myeon_Dong levels. This result implies that the modifiable areal unit problem does exist in the studies of spatial patterns of longevity population distribution. The demand for longevity researches would be increased inevitably. In addition, there were apparent differences for the global spatial autocorrelation and local spatial cluster which calculated different spatial units such as Si_Gun_Gu and Eup_Myeon_Dong and this can be seen as scale effect of MAUP. The findings from our analysis show that any study in this topic can mislead results when the modifiable areal unit problem and spatial autocorrelation are not explicitly considered.

KEYWORDS : Longevity Population, Spatial Autocorrelation, Getis Ord GI, Modifiable Areal Unit Problem*

서 론

장수요인을 규명하려는 연구는 여러 학계에서 활발히 진행되고 있지만 장수요인을 공간적 요소로서 접근하는 연구는 미진한 실정이다. 국내에서 진행된 장수관련 연구들은 대부분이 통계자료를 이용하여 장수에 영향을 미치는 요인을 규명하는데 중점을 두고 있다. 또한 장수관련 기존 연구들의 자료 수집의 편의상 일반적으로 분석의 공간 단위를 시군구나 읍면동으로 설정하고 있다. Kim(2003)은 사망력과 장수의 연관성에 대해 시군구 수준의 분석 단위를 채택하였다. Kim *et al.*(2002, 2007)은 장수노인의 거주지 특성을 밝히고 사회환경 요인에 관한 통계적 분석을 수행하였는데 시군구 수준 안에서 장수인들이 가지는 사회적 환경 특성을 탐구하였다. Kim *et al.*(2005)은 GIS 공간분석 기법과 다중 회귀분석을 이용하여 장수인구가 거주하는 지역의 환경 생태학적 특성을 연구하였다. 특히 해당 연구는 GIS분석기법을 이용한 장수관련 연구 중 환경 데이터의 공간 DB화를 통한 분석을 수행 하였다는 점이 특징이라 할 수 있다. Park *et al.*(2005)는 한국의 장수지역에 대한 시공간 변화 특성을 밝히고자 하였는데 시군구의 수준 안에서 공간적 변동과 연관성을 가지

는 요인을 탐구하였다는 특징이 있다. 인구의 고령화에 따라 장수에 대한 사회적 욕구가 증가할 것임을 고려할 때 이러한 욕구를 만족시킬 사회정책과 공간계획의 중요성 또한 매우 크다고 할 수 있다. 국내에서 진행된 장수와 연관된 연구들은 통계자료를 이용하여 장수인구가 많은 지역의 환경 요소를 파악하는 것에 중점을 두고 있었다. 2000년대 들어 GIS 공간분석 인프라가 확대되면서 장수와 연관된 연구들 또한 비공간 자료를 공간 자료로 가공하여 다양한 주제도와 연구 결과를 생산하고 있다. 그러나 기존의 연구들은 비공간 자료를 공간 데이터로 가공할 때의 편리성에 중점을 두었을 뿐 공간자료 자체가 가지는 특성을 고려하는 것에는 상대적으로 소홀하다. 다시 말해 장수라는 현상을 통계적 수치로써만 인식할 뿐 이와 연관된 공간자료가 가지는 의존성이나 유사성의 특징에 대해 심도 있는 논의가 부족한 실정이다. Tobler(1970)가 제시한 지리학의 1법칙[1]을 고려할 때 장수라는 현상은 시군구나 읍면동이라는 공간상에서 상호작용하는 특성을 가질 수 있으며 공간자료의 특성상 수정 가능한 공간단위 문제(MAUP : Modifiable Areal Unit Problem)에서 자유로울 수 없다. 따라서 장수 데이터를 이용한 공간분석 시 장수요인을 파악하기 이전에 자료의 공간 분포가 가지는 특성 자체에 대한 검토가 필요하며 연구의 공간적 범위를 달리하여 결과의 추이를 살피는 과정이 필요하다. 탐색적 공간 데이터 분석(ESDA : Exploratory Spatial Data Analysis)의 발견은 전통적 통계 접근방식 일변도의 지역분석 분야에 공간적 상호관계를 반영한 정보를 생산할 수 있다는 점에서 큰 각광을 받고 있는 추세이다. ESDA는 공간적 자기상관(Spatial Autocorrelation)의 정량적인 시각화나 다양한 시각화 검증 기법을 통해 공간상에 펼쳐지는 이산적 현상들에 대한 흐름을 재현할 수 있게 해준다. 지역분석을 위한 공간분석 시 분석을 위한 공간단위의 설정은 일반적으로 데이터의 수집가능여부나 연구자의 개인적 판단에 의해 결정된다. 그러나 동일한 현상이라 할지라도 다른 크기의 공간 범위에서 가질 수 있는 공간의 영향력이나 상호작용의 변동 가능성이 존재하게 된다. 또한 MAUP으로 인해 공간단위의 설정에 따라 연구의 결과가 판이하게 달라질 수 있다. 따라서 연구자는 공간분석의 수행 시 MAUP의 존재를 항상 고려해야 한다. 본 연구에서는 사회적 이슈라 할 수 있는 고령화와 관련하여 전국 장수인구 데이터에 관한 ESDA분석을 각각 시군구, 읍면동 단위로 실시한다. 이와 병행하여 ESDA의 결과에 대한 주요 통계량 비교를 통해 MAUP의 구성요소 중 하나인 Scale Effect의 발생 여부에 대해 고찰 해 보고자 한다.

수정 가능한 공간단위 문제(MAUP)

행정구역 기반으로 집계(Aggregate)된 센서스나 각종 통계 데이터들은 일반적으로 MAUP(Modifiable Areal Unit Problem)의 문제를 가진다(Openshaw *et al.*, 1981). 이는 공간 분석 시 분석 단위의 상이한 정의에 따라 분석의 결과가 달라지는 현상을 의미한다.(Cho, 2010).

일반적으로 MAUP은 Scale Effect와 Zoning Effect[2]로 구분할 수 있다. Scale effect는 동일한 분석을 상이한 공간 해상도로 수행할 때 발생하는 속성 값의 변화와 이에 따른 분석결과의 변화를 나타낸다. 반면에 Zoning effect는 분석 시 사용되는 공간 단위의 수는 같으나 구획(zoning)방식을 달리 했을 시 발생하는 속성 값의 변화와 이에 따른 분석결과의 변화를 나타낸다. MAUP에 관한 논의는 1970년대 이후 GIS기술의 발달과 함께 본격적으로 다루어졌고 특히 1980년대 후반 미국 지리정보 분석센터(NCGIA : National Center for Geographic Information and Analysis)에서 하나의 연구과제로 선정된 것이 주목할 만하다(Jung *et al.*, 2012). 또한 사회과학이나 인문학 분야에서도 수많은 주제에 대한 공간분석이 이루어지면서 최근까지도 MAUP에 대한 다양한 연구사례가 축적되고 있다. Mitra and Buliung

(2012)은 물리적 환경요소와 학교까지의 이동수단에 대한 관계 분석 시 근린주구 경계의 설정 방식에 따라 이동거리나 블록의 밀집성, 보행 밀도 등의 물리적 환경 변수의 값이 달라짐으로 인해 상이한 인과관계를 도출함을 증명하였다. Lasse *et al.*(2010)은 두 가지의 공간단위에 대한 사망률 데이터를 기반으로 포아송 회귀분석을 수행한 결과 작은 공간단위의 분석결과가 통계적으로 강한 클러스터 경향을 보임을 증명 하였다. Jianquan and Stewart(2013)는 지역의 사회경제적 변수와 고학력자의 비율간의 관계에 대해 상이한 공간 단위를 적용한 OLS와 GWR모델간의 부합도 비교연구를 수행하였다. 해당 연구에서는 현상의 공간적 특징을 고려한 GWR모델이 OLS모델에 비해 높은 모델 부합도를 보이며 공간 스케일을 작게 할수록 보다 높은 모델 부합도를 보임을 제시하였다. 국내의 경우 1999년 이상일의 연구 이후 주로 지리학 분야에서 MAUP에 대한 연구가 이루어져 왔다. Lee(1999)는 미국의 기능지역의 합역을 사례로 하여 MAUP에 대한 전반적인 내용을 다루며 비공간적인 통계기법에서 공간통계학을 정립하기 위한 필연적 문제 제기로써의 MAUP의 의미를 제시하였다. Kim(2011)은 공간 상호작용 모델에 대한 MAUP의 영향을 파악하고자 하였는데 연구결과 포아송 회귀모형은 잔차의 공간적 특성뿐 아니라 파라미터 추정값, 적합도 등에서 MAUP의 영향을 받음을 증명 하였다. 한편 Cheong and Kim(2012)은 지역사회의 범죄발생과 사회경제적 변수들의 관계에 대해 시군구와 읍면동 수준의 분석 결과를 비교하여 합역 수준이 높은 읍면동의 분석 결과가 보다 높은 통계적 설명력을 보임을 제시하였다. 국내외의 MAUP에 관한 문헌들을 검토한 결과 대부분이 사회적 현상에 대한 실증적 연구 시 발생할 수 있는 MAUP의 영향에 초점을 맞추고 있었다. 이러한 연구들은 일반적으로 상관분석이나 회귀분석 등의 전통적 통계 기법을 이용하여 MAUP의 발생과 영향을 평가하고 있다. 다시말해 공간의 합역수준(Aggregate)이 달라짐에 따라 어떠한 현상에 영향을 미치는 변수의 종류가 달라지거나 통계적 설명력이 변화하는 것을 확인함으로써 MAUP의 발생을 검증하고 있다. 그러나 비공간 자료의 공간DB화를 통한 통계적 분석 시 자료의 공간적 특징에 관한 검토는 필수적으로 선행되어야 하는 단계이다. 따라서 본 연구에서는 MAUP의 원인이 사물의 공간적 분포 그 자체에 있다는 사실에 주목하여 장수인구의 공간분포 패턴에 관한 탐색적 공간데이터 분석과정에서 발생하는 MAUP의 Scale Effect를 다루고자 한다(Lee, 1999).

자료구축 및 분석방법

1. 분석 데이터 구축 및 주요지표 산출

본 연구에서는 그림 1과 같이 전국을 대상으로 시군구와 읍면동의 상이한 분석 공간단위를 설정 하였다. 사용된 분석 자료는 2009년의 행정구역 경계 데이터와 인구통계 자료로 구분된다. 우리나라의 인구통계데이터는 대부분 행정경제 기반으로 제공되고 장수 인덱스를 산출할 수 있는 최소한의 행정경계는 읍면동이다(Sim *et al.*, 2013). 모든 자료는 지오프로세싱 단계를 거쳐 공간 DB화 하였으며 행정구역 데이터는 통계청 SGIS 공간통계 서비스에서 제공받아 행정구역 통폐합 상황을 고려하여 재가공하였다.

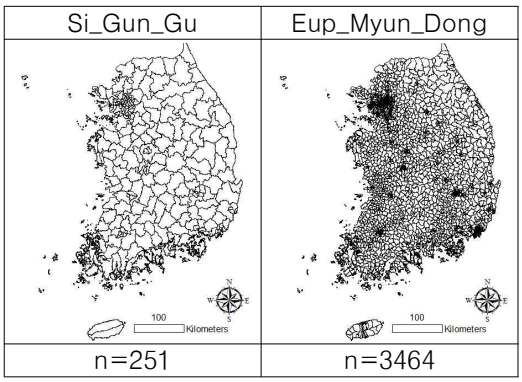


FIGURE 1. Study area

인구 데이터의 경우 국가통계 포털의 주민등록 5세별 자료 중 65세 이상 성별 인구자료를 활용하였다. 분석에 사용된 주요지표인 지역별 성별 장수 인덱스는 식 (1), (2), (3)과 같이 기존연구를 준용하여 단위지역의 65세 인구 중 80세 이상의 인구가 차지하는 비율로 정의하였다.

$$\text{합계장수도} = \frac{80\text{세이상인구}}{65\text{세이상인구}} \times 100(\%) \quad (1)$$

$$\text{남성장수도} = \frac{80\text{세이상남성인구}}{65\text{세이상남성인구}} \times 100(\%) \quad (2)$$

$$\text{여성장수도} = \frac{80\text{세이상여성인구}}{65\text{세이상여성인구}} \times 100(\%) \quad (3)$$

2. 분석방법

본 연구에서 수행한 분석 절차는 그림 2와 같다. 구축된 장수인덱스 데이터를 바탕으로 변동계수(CV : Coefficient of Variation)를 산출하여 장수인구 분포가 공간상에 균형적으로 이루어 졌는지 파악한다. 이와 병행하여 본 연구에서는 장수인구 분포의 공간적 패턴을 파악하기 위한 전역적 차원과 국지적 차원의 ESDA분석을 수행한다. 전역적 공간적 자기상관 측도인 Moran's I 인덱스를 산출하고 이에 대한 Scatter Plot을 이용하여 장수인구의 분포에 대한 공간적 자기상관의 존재 여부를 파악한다.

또한 국지적인 군집 성향을 파악하기 위한 Getis-Ord Gi*를 수행하여 장수인구의 분포가 지역적으로 어떠한 분포 패턴을 보이는지 파악하고자 한다. CV와 ESDA 그리고 Getis-Ord Gi* 기법을 이용한 공간분석 시 시군구와 읍면동이라는 상이한 공간단위를 설정하여 산출된 주요 통계 수치는 MAUP의 Scale Effect에 대한 평가를 수행하는데 활용되었다. 자료의 통계분석은 SPSS를 활용하였고 공간분석 과정은 ArcGIS Desktop 10.1과 GeoDa를 활용하였다.[3)]

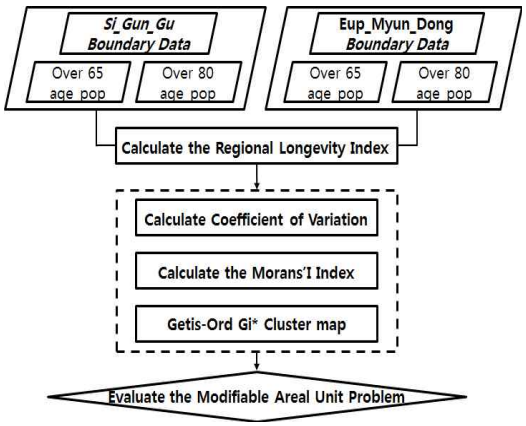


FIGURE 2. Study flow chart

1) 장수 인덱스 자료의 공간적 불균형 평가

산출된 장수 인덱스의 공간적 자기상관 유무를 측정하기에 앞서 적용된 자료의 공간 분포 특징을 살펴볼 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 지역 불균형 지표로 활용되고 있는 변동계수(CV : Coefficient of Variation)를 활용하여 자료의 특성을 살펴보고자 하였다. 표준편차를 평균으로 나누어 상대적인 분산도를 측정하는 변동계수는 특정 변수에 대한 공간적 불균형을 파악하는 데에 활용될 수 있다(Williamson, 1965; Choi *et al.*, 2009). 변동계수는 식 (4)와 같은 과정에 의해 산출 되며 일반적으로 상이한 평균값을 가지는 자료의 집합을 비교할 때 사용된다.

$$CV(Coefficient\,of\,Variation) = \frac{S}{\overline{X}} \times 100(\%) \quad (4)$$

여기서 $\overline{X}$ 는 자료의 평균을 의미하며 S는 표준편차를 의미한다. 변동계수가 낮게 산출 될수록 자료의 분포가 공간상에서 고르다는 것을 의미하며 높게 산출 될수록 군집할 가능성이 높다는 것을 의미한다.

2) 성별 장수 인덱스의 전역적 공간적 자기상관 측정

본 연구에서는 장수인구 분포의 군집 유무를 파악하기 위해 대표적인 전역적 공간적 자기상관 측도인 Moran's I를 이용하였다. Moran's I는 인접(neighborhood)해 있는 공간 단위들이 가지는 값에 대한 반복적 비교 과정을 통해 인덱스(Morans Index)를 산출하게 되며 그 식은 (5)와 같다.

$$I = \frac{n\sum\sum(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})^2}{W\sum(x_i-\bar{x})^2} \quad (5)$$

산출된 인덱스가 1에 가까울수록 인접한 공간 단위들이 전체 연구 지역에 걸쳐 유사한 값의 군집 성향을 가진다는 것으로써 이는 정적 자기상관을 의미한다. 반대로 −1에 가까울수록 인접한 공간 단위들이 상이한 값을 가진다는 의미로써 이는 부적 자기상관을 의미한다. 여기에서 W는 공간 가중치 행렬이다. 이는 개별 공간단위의 잠재적 공간 상호관계를 반영하고 연구지역을 포함한 주변지역의 패턴을 구조화하는 매개변수이다(Park, 2004). 연구 대상지 경계의 인접 여부, 폴리곤 중심점간 직선거리, 가장 가까운 폴리곤 등 다양한 기준이 있다. 그러나 표준적 방법은 아직 제시된 바 없으며 공간 가중치 행렬의 선택이 분석결과에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서는 심도있는 논의가 부족한 실정이다(Chung, 2012). 본 연구에서는 일반적으로 적용되고 있는 Rook, Queen, k-nearest neighbors 방식의 가중치 행렬을 모두 작성하여, 그 중 가장 높은 자기상관 수치를 보인 Queen방식의 인접성 행렬을 사용하였다.

3) 성별 장수 인덱스의 국지적 공간적 자기상관 측정

지역 장수 인덱스에 대한 전역적 자기상관 측정 이외에 국지적 공간적 자기상관 측도(LISA : Local Indicators of Spatial Association) 가운데 하나인 Getis-Ord Gi*를 이용하여 시군구와 읍면동 단위로 측정된 장수 인덱스의 공간적 군집을 파악한다. 공간적 군집의 파악 이후에는 시군구와 읍면동 분석 단위별로 분석 결과에 차이가 존재하는지 분석한다.

Getis-Ord Gi*의 정의는 식 (6)과 같다.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_{ij}x_j - \bar{X}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}}{S\sqrt{\frac{\left[\sum_{j=1}^{n} w_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1}^{n} w_{ij}\right)^2\right]}{n-1}}} \quad (6)$$

Getis-Ord Gi*는 연구 지역내 지리적 객체의 z-score를 계산한다. 그리고 목표 객체(Target Feature)를 중심으로 일정 영역 안에 높은 값의 군집(Hot Spot)과 낮은 값의 군집(Cold Spot)이 존재하는가를 분석하여 통계적으로 유의수준과 함께 지도에 나타내는 기능을 가진다. 통계적으로 유의한 양(positive)의 Gi* 값은 목표 객체를 중심으로 일정 영역 안에 상대적으로 높은 값들이 군집(Hot Spot)함을 나타낸다. 또한 통계적으로 유의한 음(negative)의 Gi* 값은 목표 객체를 중심으로 일정 영역 안에 상대적으로 낮은 값들이 군집(Cold Spot)함을 의미한다(Kim, 2012). Getis-Ord Gi* 분석시 이용하는 공간가중치 행렬은 단위 구역들 사이의 공간적 이웃 관계를 정량화한 것으로 본 연구에서는 Moran's I 인덱스 산출시와 동일하게 Queen방식의 인접성 행렬을 사용하였다.

분석 결과

본 연구의 주요 목적은 지역의 장수 인덱스를 대변하는 주요 지표인 장수 인덱스 자료의 공간적 자기상관 발생 여부를 파악하고 상이한 공간단위를 적용한 분석시 발생하는 MAUP의 Scale effect를 평가하는 것이다. 이를 위해 인구 통계자료를 이용하여 선행연구의 방식에 따라 장수인덱스를 산출하고 변동계수를 활용하여 자료의 분포를 파악하였다. 이와 병행하여 ESDA의 전역적 공간적 자기상관 측정도구인 Moran's I를 통해 산출된 장수인구의 분포 척

도인 장수 인덱스에 대한 공간적 특징을 파악하고자 하였으며 국지적 공간적 자기상관 측정도구인 Getis-Ord Gi*를 통해 장수 인덱스가 높은 값들이 군집하는 Hot Spot과 낮은 값들이 군집하는 Cold Spot을 파악하였다. 또한 공간적 자기상관 측정도구를 이용한 분석 시 시군구와 읍면동의 상이한 공간 단위를 설정하였으며 결과의 비교를 통해 본 연구에서 파악하고자 하였던 MAUP의 발생여부를 평가하였다.

1. 장수인덱스 분포의 공간적 불균형

표 1은 SPSS를 이용해 산출한 전국 장수인덱스의 주요 통계량을 나타낸다. 주요 통계량을 보면 변동계수(coefficient of variation)가 읍면동의 자료 분포에서 더욱 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 변동계수가 낮을수록 자료의 분포가 무작위적인(random) 사실을 고려할 때 시군구 보다는 읍면동 수준 장수 인덱스 자료가 공간상에 임의적으로 분포할 수 있음을 의미한다. 이는 모든 연구지역에 대한 공간단위에서 장수인덱스의 분포가 공간상에 규칙적으로 분포하지 않음을 의미한다. 따라서 각각의 공간 단위에 대한 자기상관의 존재유무를 파악할 필요가 있다.

TABLE 1. Spatial disparities of longevity index

		Si_Gun_Gu	Eup_Myeon_Dong
Total	Mean	17.046	17.016
	StD	1.904	2.803
	CV	11.17	16.476
Male	Mean	12.478	12.433
	StD	2.217	3.188
	CV	17.768	25.644
Female	Mean	20.135	20.103
	StD	1.885	3.037
	CV	9.362	15.11

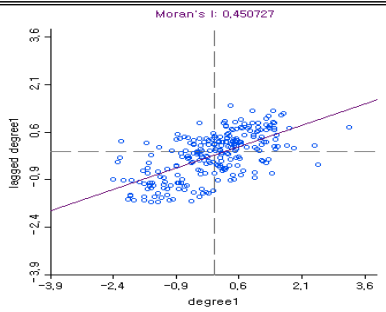
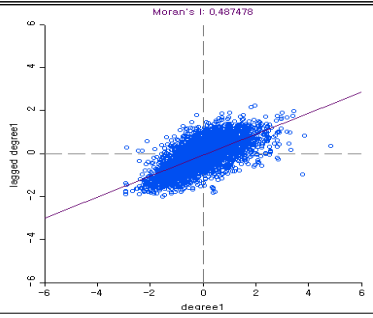
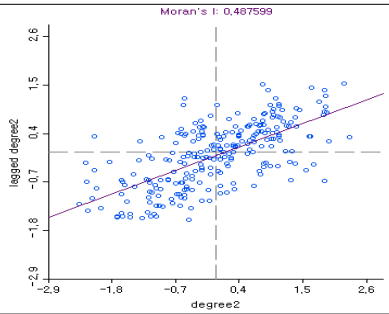
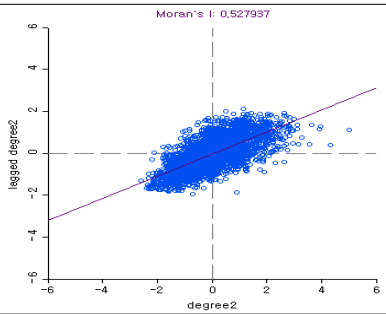
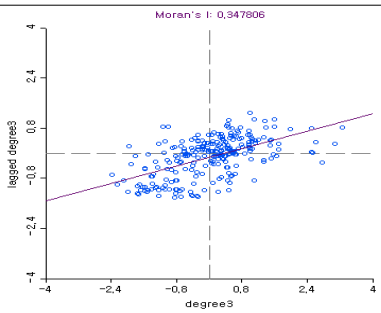
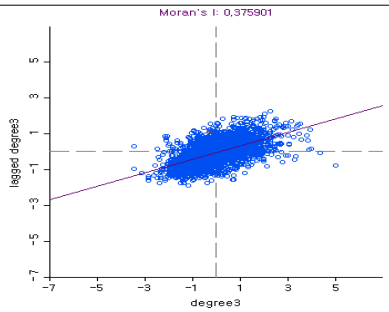
2. 장수인덱스의 전역적 공간적 자기상관 측정 결과와 MAUP의 Scale effect

표 2는 성별, 공간 단위별 장수 인덱스를 이용한 Moran's I 인덱스를 정리한 Scatter Plot이다. 제시된 Moran's I Scatter Plot은 시군구와 읍면동의 모든 공간 단위에서 장수인구의 Index 수치가 1에 가깝게 산출됨으로써 강한 정적 자기상관이 있음을 보여주고 있다. 이는 장수현상 또한 공간현상의 특징이라 할 수 있는 유사성과 이질성이 장수라는 현상에 존재함을 의미한다. 개별 읍면동 장수인구의 통계 값에 대한 시군구 수준으로의 집계 값은 단위 시군구의 통계 값과 일치한다. 그러나 시군구라는 공간 단위 안에서도 개별 읍면동의 통계 값에 대한 분석과정에서 상이한 공간 가중치 행렬 값을 산출하게 되고 결국 전역적 군집 패턴의 결과 또한 상이하게 산출되었다. 따라서 장수인구의 분포성향을 파악하거나 지역적 장수요인을 탐색하고자 하는 연구를 수행할 시 자료의 공간적 특징을 충분히 고려한 분석 방법의 적용이 필요하다. 또한 각각의 공간 단위에서 산출된 Moran's I Index의 값이 동일하지 않은 이유는 분석시 공간 가중치 행렬 작성 단계에서 상이한 공간 이웃의 설정이 이루어 졌기 때문이다. 또한 자료의 집계 수준에 따라 계수 산출 시 적용되는 매개변수의 수치가 달라짐으로써 각각 다른 군집 양상을 산출하게 된다. 이는 장수인구의 공간적 분포 패턴에 대한 ESDA분석 시 MAUP의 Scale Effect가 발생하였음을 증명한다.

3. 장수인덱스의 국지적 군집 패턴과 MAUP의 평가

그림 3은 상이한 공간 단위에 대한 성별 Getis-Ord Gi* 분석 결과다. 지도에 표현되는 지역은 Getis-Ord Gi* 분석결과 통계적으로 95%이상의 유의성을 보이는 곳으로 제한하였다. 가로선으로 표현된 곳은 Hot Spot 지역이며 장수인덱스가 높은 값들이 군집한 지역을 나타낸다. 반면에 세로선으로 표현된 지역은 Cold Spot지역으로서 장수 인덱스가 낮은 지역들이 군집한 지역을 나타낸다. 우선 시군구와 읍면동 두 가지의 공간 단위 모두에서 통계적으로 유의한 수준의 군집이 나타나는 것을 확

TABLE 2. Gender differences of global Moran's I scatter plot

Gender	Si_Gun_Gu(n=251)	Eup_Myeon_Dong(n=3464)
Total Population		
Morans'I Index	0.451	0.488
p-value	0.001	0.001
Male		
Morans'I Index	0.488	0.528
p-value	0.001	0.001
Female		
Morans'I Index	0.347	0.376
p-value	0.001	0.001

인할 수 있다. 또한 군집의 방향성 측면에서 보면 두 가지의 공간 단위가 유사한 형태의 hot spot을 보이고 있지만 공간의 단위에 따라 통계적으로 유의한 결과 값의 분포양상에서 차이를 보이고 있다. 그림 4는 Getis-Ord Gi*의 결과 중 강원도 지역의 정선군과 태백시, 삼척시의 일대를 확대한 것으로써 상이한 공간 단위에 따른 군집 효과의 차이를 잘 보여주고 있다. 시군구 수준의 분석결과에는 도출되지 않았던 군집(Cold Spot)이 읍면동 수준의 분석에서는 도출되는 결과를 확인 할 수 있다. 이는 동일한 과정을 통해 수행한 군집 분석의 결과가 상이한 수준의 공간단위에서 자료가 집계되는 원인으로 인해 차이를 보이는 MAUP의 Scale Effect를

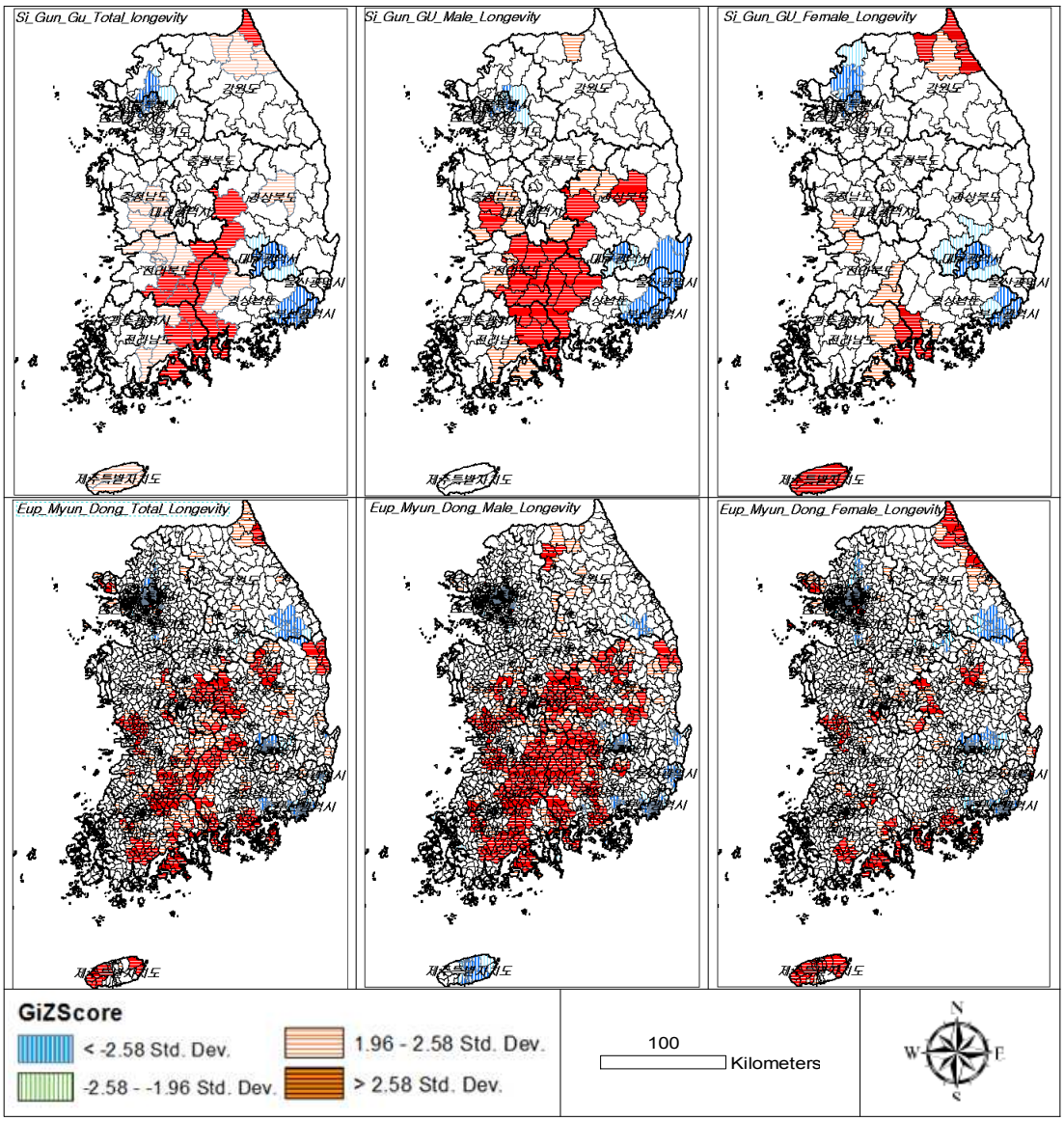


FIGURE 3. Gender differences of Getis-Ord Gi* cluster

의미한다. 표 3은 Getis-Ord Gi*결과로 도출된 z-score에 대한 Box Plot과 주요 통계량을 나타낸다. Box Plot은 자료의 최소값, 최대값, 1사분위수, 3사분위수, 중앙값을 이용하여 자료의 변산성(variability)을 파악하는 데에 유용하게 쓰인다. 일반적으로 Getis-Ord Gi*의 z-score가 -1.65~1.65사이의 값을 나타낼 때는 90%의 신뢰구간을 의미하고 -1.96~1.96의 값을 가질 때는 95%의 신뢰구간을 의미하며 -2.58~2.58사이의 z-score는 99%의 신뢰구간을 의미한다. Box Plot의 주요 통계량은 시군구와 읍면동의 수준에서 상이한 결과 값을 보이고 있는데 이러한 결과들이 연구지역 내에서 국지적으로 작용한 결과 그림 4와 같이 유의한

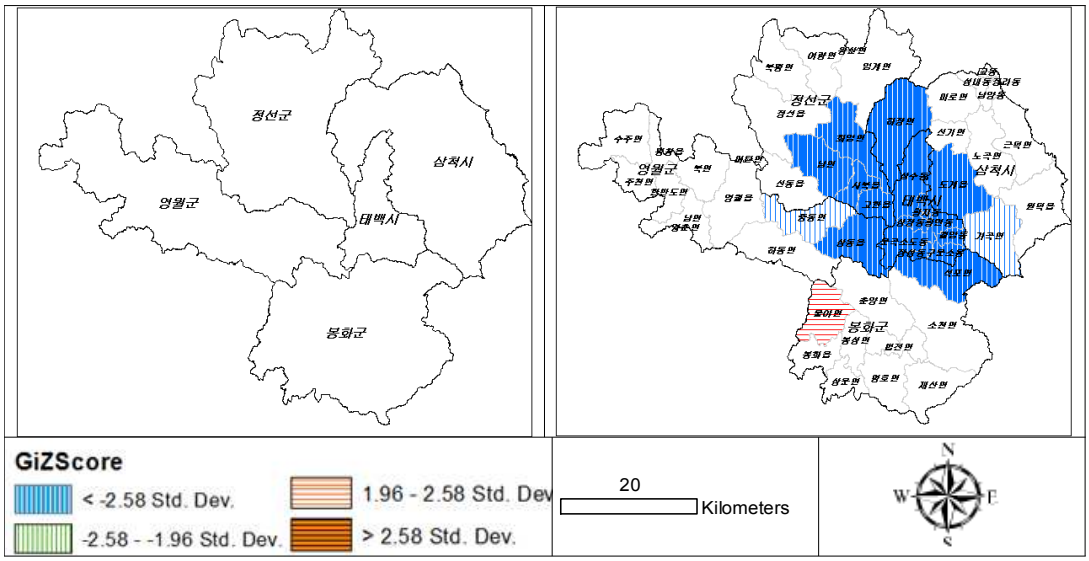
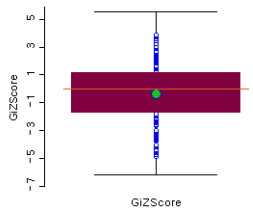
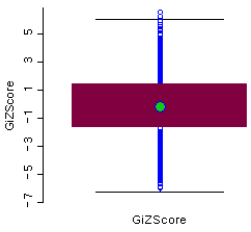
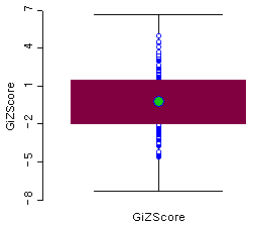
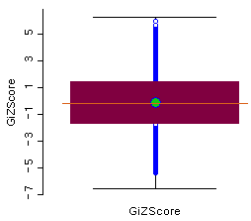
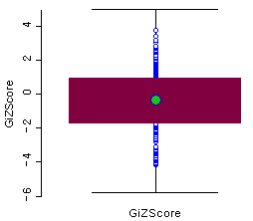
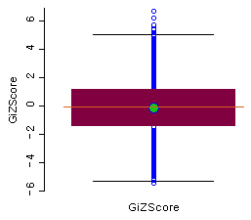


FIGURE 4. The scale effect of MAUP

TABLE 3. Box plot of Getis-Ord Gi* z-score

Si_Gun_Gu	Statistics		Eup_Myun_Dong	Statistics	
	min	−4.857		min	−6.007
	max	3.899		max	6.624
	Q1	−1.786		Q1	−1.667
	median	−0.0721		median	−0.028
	Q3	1.161		Q3	1.416
	IQR	2.947		IQR	3.093
	mean	−0.328		mean	−0.168
	StD	2.143		StD	2.159
	min	−4.646		min	−5.432
	max	4.98		max	6.014
	Q1	−2.055		Q1	−1.747
	median	0.025		median	−0.2375
	Q3	1.432		Q3	1.467
	IQR	3.487		IQR	3.213
	mean	−0.241		mean	−0.139
	StD	2.196		StD	2.254
	min	−4.158		min	−5.502
	max	3.731		max	6.694
	Q1	−1.759		Q1	−1.45
	median	0.115		median	−0.132
	Q3	0.944		Q3	1.147
	IQR	2.703		IQR	2.597
	mean	−0.333		mean	−0.149
	StD	1.892		StD	1.198

군집 형태가 특별히 다른 지역들이 존재 하는 것으로 판단된다. 또한 시군구 수준의 분석 시 파악하기 어려운 장수 인덱스의 군집이 읍면동 수준의 분석에서 발견됨으로서 장수분야의 공간분석 시 분석의 공간단위에 대한 충분한 고찰이 필요하다는 본 연구의 일차적인 가정이 검증된 것으로 판단된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 전국 장수인구의 분포 패턴에 대한 탐색적 공간 자료 분석을 수행하여 장수도의 공간적 자기상관의 발생 유무를 파악하였다. 또한 상이한 분석단위를 적용하여 분석 공간단위의 범위를 달리 함에 있어 발생할 수 있는 MAUP(Modifiable Areal Unit Problem) 중 공간 단위(Spatial Unit)를 통합(Aggregation)함으로써 발생하는 Scale effect를 확인 하고자 하였다. 이를 위해 전역적 공간적 자기상관 측도인 Moran' I를 이용하여 우리나라 장수인구의 분포에 공간적 자기상관이 존재함을 발견하였다. 또한 공간적 자기상관의 국지적 측정 도구인 Getis- Ord Gi* 통계량 분석결과 상이한 공간 단위에서 장수인구의 군집 패턴이 상당부분 다름을 확인 할 수 있었다. 이는 지역의 장수인구에 대한 군집 패턴을 분석하고자 할 때 자료의 공간적 특징이나 MAUP의 고려 없이 진행된 연구의 결과는 신뢰성을 보장하기 어렵다는 의미이다. 사회적으로 고령화에 대한 관심이 증대됨에 따라 이에 대한 다방면의 연구 수요 또한 증가할 것으로 판단된다. 이러한 연구 결과들은 고령화에 따라 필연적으로 도래하게 되는 고용구조의 변화나 그로 인한 사회구조 변화에 대비한 정책 입안의 의사결정 도구로써 의미있는 역할을 할 수 있다. 또한 실버타운 등의 공간계획 시 중요한 참고자료로도 활용가치가 매우 크다고 판단된다. 공간정보를 활용한 장수연구는 사회적, 물리적 환경요소가 고령화와 가지는 연관성을 보다 객관적으로 분석할 수 있게 한다. 이러한 점을 상기할 때 다양한 공간 단위의 적용 시 나타날 수 있는 MAUP에 대한 고찰은 반드시 필요한 과정이라 판단된다. 장수에 대한 기존 연구들처럼 연구자의 임의성을 바탕으로 하여 추가적으로 진행된 장수 영향요인에 관한 연구는 더더욱 불확실한 정보를 생산해낼 가능성이 클 것으로 예상되며 이는 정책의 오류로 진행될 가능성 또한 내포하게 된다. 따라서 장수인구의 공간분포를 파악하고 지역적 장수요인을 파악하기 위한 연구를 수행할 시 반드시 공간적 측면에 대한 인식이 필요하며 MAUP을 적절히 통제할 수 있는 방안을 마련하기 위한 노력이 필요하다.

주

1) 모든 것은 다른것과 연관되어 있다. 그러나 인접한 것들은 떨어져 있는 것보다 더욱 연관성이 크다.
2) 본 연구에서는 기존의 국내 장수연구가 일반적으로 채택하는 공간 단위인 시군구와 읍면동의 행정경계 데이터를 활용하였기 때문에 별도의 공간단위 구획이 필요하지 않다고 판단하여 zoning effect에 대해 다루지 않았다.
3) Getis Ord-Gi*와 Moran's I 분석을 위해 ArcGIS Desktop의 spatial statistics tool을 활용하였다. 분석 시 설정하는 가중치 행렬의 경우 ArcGIS Desktop에서 제공하는 제한적인 방식을 해결하기 위해 GeoDa 10.1을 활용하여 가중치행렬 작성 후 분석 과정에서 연동하는 방식을 채택하였다.

감사의 글

이 논문은 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임. KAGIS

참고문헌

Cheong, J.S. and W.J. Kim. 2012. Neighborohood-level crime research

and the MAUP(Modifiable Areal Unit Problem). The Journal of Police Science 12(2):27-47 (정진성, 김우중. 2012. 지역사회 범죄연구와 가변적 공간단위 문제(MAUP). 경찰학연구 12(2):27-47).

Cho, I.H. 2010. A study on spatial effects in MAUP : with a focus on scale and zoning effects. Master Thesis, Korea National University of Education. Korea. 144pp (조일환. 2010. MAUP에서의 Spatial effects 연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문. 144쪽).

Choi, Y., B.H. Lee and H. Kim. 2009. A time series analysis of spatial inequality and spatial autocorrelation in metropolitan living sphere. Korea Real Estate Academy Review 36(1):14-26 (최열, 이백호, 김현. 2009 . 대도시 생활권의 공간적 불균형과 공간적 자기상관에 관한 시계열 분석. 부동산학보 36(1):14-26).

Chung, K.S., S.W. Kim and Y.W. Lee. 2012. A comparative study on the goodness of fit in spatial econometric models using housing transaction prices of Busan, Korea. Jounrnal of the Korean Association of Geographic Information Studies 15(1):43-51 (정건섭, 김성우, 이양원. 2012. 부산시 실거래 주택매매 가격을 이용한 공간 계량 모형의 적합도 비교연구. 한국지리정보학회지 15(1)43-51).

Jelinski, D.E. and J. Wu. 1996. The modifiable areal unit problem and implications for landscape ecology. Landscape Ecology 11(3):129-140.

Jianquan, C.A. and F. Stewart. 2013. Multi-scale issues in cross-border comparative analysis. Geoforum 46:138-148.

Jung, N.S., J.J. Lee, H.J. Kim, J.M. Lee, K. Seo and H.J. Lee. 2003. A study on the longevity index and the criteria of longevity in rural area for aged society. Journal of Korean Society of Rural Planning 9(3):35-39 (정남수, 이정재, 김한중, 이지민, 서교, 이호재. 2003. 노령화사회에 대비한 농촌지역 장수도의 정의 및 장수지역 기준마련에 관한 연구. 한국농촌계획학회지 9(3):35-39).

Kim, D.S. and H.J. Park. 2003. Regional differentals on mortality in Korea, 1990~2000. Korea Journal of Population Studies 26(1):1-30 (김두섭, 박효준. 2003. 사망력 수준의 시 · 군별 편차 및 그 변화 추이, 1990~2000. 한국인구학 26(1):1-30).

Kim, H.Y., J.S. Kim and S.H. Lee. 2012. A spatial statistical approach to the delimitation of CBD. Jounrnal of the Korean Association of Geographic Information Studies 15(4):42-54 (김호용, 김지숙, 이성호. 도심경계설정을 위한 공간 통계학적 접근. 한국지리정보학회지 15(4): 42-54).

Kim, J.I. 2002. Social-environment factors by region of centenarians. Journal of the Korea Gerontological Society 21(3):157-168 (김종인. 2002. 백살 이상 장수노인의 거주 지역에 대한 사회 환경요인. 한국노년학 21(3):157-168).

Kim, J.I. 2007. Influence social-environment factors for region of centenarians. Journal of the Korea Gerontological Society 27(3):635-347 (김종인. 2007. 백세인의 지역별 장수지표와 사회 환경요인의 영향력. 한국노년학 27(3): 635-347).

Kim, K.Y. 2011. Effects of the modifiable areal unit problem (MAUP)

on a spatial interaction model. Journal of the Korean Geographic Society 46(2):197-211 (김감영. 2011. 공간 상호작용 모델에 대한 공간단위 수정가능성 문제(MAUP)의 영향. 대한지리학회지 46(2):197-211).

Kim, M.J. and A.H. Choi. 2008. A study on overview model development of the rural long-lived village: the case of Chapung1-ri of Umsung-kun, Chungcheongbuk-do. The Korean Spatial Planning Review. 59:37-59 (김묘정, 최아현. 2008. 농촌장수마을 공간계획에 관한 연구: 충북 음성군 차평 1리를 사례로. 국토연구 59:37-59).

Kim, Y.S., S.S. Kim, H.J. Lee and J.J. Lee. 2002. Assessment of geographic factors with time on longevity using geographic information system. Journal of Korean Society of Rural Planning 8(3):41-48 (김윤순, 윤성수, 김한중, 이정재. 2002. 지리정보시스템을 이용한 지리환경의 장수에 대한 영향평가. 농촌계획 8(3):41-48).

Lasse, T., M. Pekka, L. Mikko and H.L. Alastair. 2010. Comparing the effects of neighbourhood characteristics on all-cause mortality using two hierarchical areal units in the capital region of Helsinki. Health Place 16(2):409-412.

Lee, J.H., H.D. Kim and K.D. Oh. 2009. Analysis on MAUP effects in visibility analysis using GIS. Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology 12(1):80-87 (이준학, 김항덕, 오경두. 2009. 가시권 분석에서의 MAUP 영향 분석. 한국군사과학기술학회지 12(1):80-87).

Lee, S.I. 1999. The delineation of function regions and modifiable areal unit problem. The Journal of The Korean Association of Geographic and Environmental Education 7(2):757-783 (이상일. 1999. 기능지역의 설정과 공간단위 수정가능성의 문제. 한국지리환경교육학회지 7(2):757-783).

Mitra, R. and R.N. Buliung. 2012. Built environment correlates of active school transportation: neighborhood and the modifiable areal unit problem. Journal of Transport Geography 20(1):51-61.

Openshaws, S. 1984. The modifiable areal unit problem. Concept and Technique in Modern Geography 38. Norwich : Geo Books.

Park, G.J., S.D. Yoon and H.H. Kang. 2007. The factors influencing excercise behaviors of elderly living at the well-being villages in Korea. Rural Economy and Development 14(2):257-278 (박공주, 윤순덕, 강현정. 2007. 농촌건강장수마을 노인의 운동태도에 영향을 미치는 요인. 농촌지도와 개발14(2):257-278).

Park, K.H. 2004. A study on the effects of spatial proximity weight matrices on the spatial autocorrelation measures: the case of Seoul administrative units. Seoul Studies 5(3):67-83 (박기호. 근린가중치 행렬이 공간적 자기상관 추정에 미치는 영향: 서울시를 사례로. 서울도시연구 5(3):67-83).

Park, S.O., E.J. Jeong and K.U. Song. 2005. Spatial characteristics of longevity degree in Korea. Journal of The Korean Association of Regional Geographers 11(2):87-210 (박삼옥, 정은진, 송경언. 2005. 한국 장수도 변화의 공간적 특성. 한국지역지리학회지 11(2):87-210).

Park, S.O., E.J. Jeong and K.U. Song. 2006. Spatial characteristics of manufacturing production and innovation networks of the long-live area of Gangwon and Jeju. Journal of the Korean Geographic Society 41(1):1-21 (박삼옥, 정은진, 송경언. 2006. 강원 · 제주 장수지역의 제조업 생산 연계와 혁신 네트워크의 공간적 특성. 대한지리학회지 41(1):1-21).

Sim, J.S., H.Y. Kim, K.W. Nam and S.H. Lee. 2013. Analysis of the characteristics of subway influence areas using a geographically weighted regression model. Jounrnal of the Korean Association of Geographic Information Studies 16(1):67-79 (심준석, 김호용, 남광우, 이성호. 지리가중회귀모델을 이용한 역세권 공간구조 특성 분석. 한국지리정보학회지 16(1):67-79).

Williamson, J.C. 1965. Regional inequality and the process of national development : a description of the patterns. Economic development and cultural change 13(4): 1-84.

Wrigley, N. and R.J. Bennet. 1981. Quantitative Geography: A British View. Routledge, London. pp.60-69.

Tobler, W.R. 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. Economic Geography 46(2):234-240.

http://www.kosis.kr/.

http://gis.nso.go.kr/. KAGIS