

# 이성분트렌드매핑 기법을 이용한 우리나라 인구 변화의 시공간적 역동성 시각화

김현미<sup>1)</sup> · 이상일<sup>2)</sup>

## Geovisualizing Spatio-Temporal Dynamics of Population Change in Korea using the Bicomponent Trend Mapping Technique

Hyun-Mi Kim<sup>1)</sup> · Sang-Il Lee<sup>2)</sup>

**요약** : 본 연구의 목적은 인구 변화의 시공간적 역동성을 시각화하는 대안적인 시도를 소개하고, 이를 우리나라 시군구 인구 데이터를 사례로 검토해보는 것이다. 본 연구는 Schroeder(2010)가 제안한 이성분트렌드매핑 기법을 적용하여, 이 새로운 접근법이 1975년부터 2020년까지 우리나라 인구 변화의 시공간적 패턴을 얼마나 효과적으로 시각화할 수 있는지 살펴보았다. 이성분트렌드매핑 기법은 지도 범례 기능을 하는 이성분트렌드매트릭스를 통해 주성분 분석을 이변량 코로플레스 매핑과 결합시킨 기법으로, 다양한 형태의 트렌드를 동시에 효과적으로 하나의 지도로 시각화한다. 연구 결과, 이 대안적 기법이 비선형적인 트렌드의 공간적 패턴을 효과적으로 시각화한다는 점을 확인하였다. 또한 이 기법이 이변량 색채배열을 논리적이고 적절하게 사용함으로써 시공간적 역동성을 직관적으로 해석하기 쉽도록 한다는 점도 확인하였다. 이에 더해 이 기법이 우리나라 인구 변화의 시공간적 역동성을 탐색하는 데 매우 유용하다는 것을 확인하였다. 서울을 둘러싼 수도권과 대도시 중심의 전반적인 인구 변화의 공간적 패턴을 시각화하는 것을 넘어서, 흥미로운 인구 변화의 지역적, 국지적 패턴을 섬세하게 드러내며 기존의 접근법으로는 포착할 수 없었던 새로운 정보를 시각화하였다.

**주요어** : 인구 변화, 지리적 시각화, 이성분트렌드매핑(BTM), 시공간적 역동성

**Abstract** : The purpose of this study is to introduce an alternative attempt to visualize the spatio-temporal dynamics of population change and to examine this new approach by using si-gun-gu level population data in Korea. This study applied the Bicomponent Trend Mapping technique proposed by Schroeder (2010) to assess how effectively this new technique can visualize spatio-temporal patterns of population change in Korea from 1975 to 2020. The bicomponent trend mapping technique combines principal component analysis and bivariate choropleth mapping through a bicomponent trend matrix serving as a map legend to simultaneously and effectively depict various types of trends on a single map. As a result of this study, it was found that this alternative technique could effectively demonstrate the spatial patterns of non-linear trends, and that it made it easy to intuitively interpret spatio-temporal dynamics through using logical and suitable bivariate color scheme. In addition, this technique was found to be quite useful for exploring the spatio-temporal dynamics of population change in Korea. Beyond

1) 주저자, 한국교육과정평가원 연구위원(Research Fellow, Korea Institute for Curriculum and Evaluation), hkim@kice.re.kr  
2) 교신저자, 서울대학교 지리교육과 교수(Professor, Department of Geography Education, College of Education, Seoul National University), si\_lee@snu.ac.kr

visualizing the spatial patterns of overall trends in the metropolitan area surrounding Seoul, it delicately revealed interesting regional and local patterns of population trend variations and presented new information that could not be well captured by the existing approaches.

**Key words** : *Population change, GeoVisualization, Bicomponent Trend Mapping(BTM), Spatio-Temporal Dynamics*

## 1. 서론

공간통계자료의 탐색적 분석 및 지리적 시각화는 지리학, 특히 지도학 및 GIS 분야에서의 주요 관심 연구 분야 중 하나이며, 빅데이터 시대에 더 주목받고 있는 분야라 할 수 있다(Dodge et al., 2008; 안재성·이양원·박기호, 2006; 이견학 외, 2014; 김민호, 2015; 김정희, 2019). 탐색적 데이터 분석은 연구자로 하여금 데이터 속에 담긴 정보를 추출하고 그 패턴이나 트렌드, 관계 등을 포착하고 설명할 수 있도록 하며 더 나아가 새로운 질문을 가능케 한다(Andrienko et al., 2003). 장기간의 시계열 지역별 인구 데이터와 같이 대용량의 시공간 데이터를 효과적으로 요약할 수 있는 시각화 도구나 시각화 기술은 보다 효과적인 의사소통의 방법을 제공하기도 하고 우리가 기존의 방법으로는 드러내지 못했던 것을 드러낼 수 있게 함으로써 이를 통해 새로운 공간적 통찰력을 가질 수 있도록 많은 기회를 제공할 것으로 기대된다.

우리나라 인구 변화는 탐색적 데이터 분석과 지리적 시각화의 주된 연구 대상 중 하나라고 할 수 있다. 인구 변화의 지역적 차원에 대한 관심(지방소멸, 도시 쇠퇴/축소 등)이나 인구 변화의 공간적 패턴 등에 관심 속에서 우리나라 인구의 장기 시계열 분석 연구는 다각도로 활발히 수행된 편이다. 인구 감소지역, 지방 소멸위험지역, 축소도시, 도서지역, 대도시 도심부, 지방 소도시 등 지역별 인구 변화를 유형화하고 그 특성을 다루는 연구들을 살펴볼 수 있다. 그런데, 이러한 기존 연구들을 살펴보면 문제는 이러한 인구 변동이나 추이의 시공간성을 효과적으로 지도화한

연구가 많지 않다는 것이다. 우선 인구 변동의 시기별 인구 증감 특성에 따라 지역별 인구 변동 유형을 구분한 연구 대부분이 통계적 분석에 그치거나 표나 그래프로 시각화할 뿐 지도로는 표현하지 않았거나 단순히 유형별 지역 위치를 지도로 나타내는 형태를 취하고 있었다(김영성, 2004; 임석희, 2016, 2018, 2019; 류주현·장동호, 2017, 2018; 장문현, 2016; 제현정, 2019; 최재현·박판기, 2020). 이러한 연구들은 단순히 각 지역의 인구 변화를 증가한 지역과 감소한 지역으로만 다루지 않고 지역의 인구 트렌드의 역동성을 포착하고자 하였다는 점에서 의의가 있으나, 지리적 시각화의 방법론적 측면에서는 여전히 아쉬움이 남는다. 다음으로 인구 변화 분석 시작 년도 대비 최근 연도의 증감률을 지도화하거나 시기별 스냅샷 지도로 시각화 하는 형태를 볼 수 있다(장문현, 2016; 조대현, 2021; 고문익·김걸, 2021). 이와 같이 전통적으로 인구 변화에 대한 지리적 시각화의 대표적인 형태는 여러 장의 다른 시기 지도의 정적/동적 시각화(스냅샷 지도 또는 애니메이션), 비선형적 트렌드를 보여주기 어려운 단순 인구성장률 지도, 주성분분석이나 군집분석 등 다변량분석 결과를 기반으로 한 인구증감 유형별 지도 등을 들 수 있다. 이러한 접근법은 많은 지역과 시간에 걸쳐 나타나는 유의미한 시공간적 패턴의 모든 측면들을 효과적으로 설명할 수 없다(Schroeder, 2010). 이러한 방법론적 한계를 극복하고 보다 효과적으로 시각화하기 위한 연구는 상대적으로 많이 이루어지지 않았다. 이에 장기간의 시계열 데이터의 시공간적 역동성을 효과적으로 시각화할 수 있는 대안적인 방법을 모색할 필요성이 제기된다.

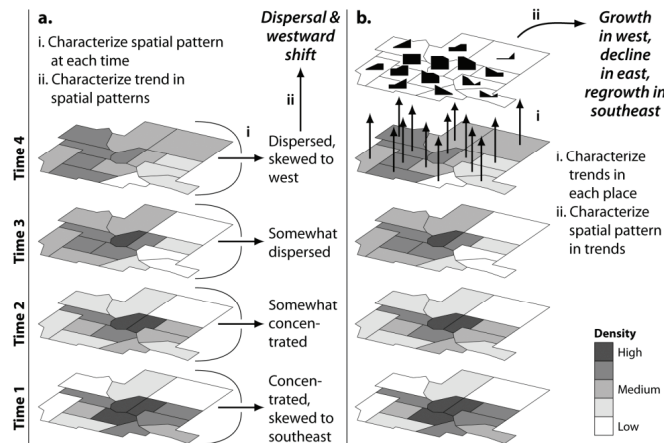
이러한 맥락에서 본 연구는 장기간에 걸친 우리나라 인구 변화의 시공간적 패턴을 효과적으로 시각화하는 대안적인 방법을 탐색하고 그 효과성과 가능성에 대해 살펴보고자 한다. 하나의 대안적인 지리적 시각화의 방법으로 Schroeder(2010)가 제안한 이성분트렌드매핑(Bicomponent Trend Mapping, 이하 BTM) 기법에 주목하고, 이를 적용하여 우리나라 인구 변화의 시공간적 역동성이 한 장의 지도로 효과적으로 구현되는지 탐색하고자 한다. 1975년부터 2020년까지 5년 단위 우리나라 시군구 수준의 통계청 인구 데이터를 활용하여 주성분 분석을 수행하고 이를 바탕으로 BTM 기법을 활용하여 우리나라 인구 트렌드를 지도화하고 그 특성을 살펴보고자 한다.

## 2. 시공간적 역동성에 대한 지리적 시각화 방법으로서의 BTM

Schroeder(2010)는 시계열적 인구 데이터의 지리적 시각화를 위한 다변량 접근법으로서 BTM 기법을 제안

하였다. BTM 기법은 주성분 분석(principal component analysis, 이하 PCA) 기법과 이변량 코로플레스 매핑(bivariate choropleth mapping)을 결합하여 하나의 지도로 여러 형태의 트렌드를 동시에 시각화하는 기법이다. 이는 시공간적 역동성에 대한 대안적인 지리적 시각화 방법으로, 인구 변화의 공간적 특성 및 변화하는 인구 트렌드를 한 장의 지도상에 종합적으로 표현하여 직관적으로 이해할 수 있도록 시각화할 수 있다는 장점을 지닌다(Li et al., 2014). Schroeder는 미국 주요 도시 지역의 인구 트렌드 패턴에 대한 효과적인 시각화 전략으로서 이 새로운 접근 방법의 적용 가능성을 탐색하였다(Schroeder, 2009, 2010). 미국 NHGIS(U.S. National Historical Geographic Information System)에서 제공하는 미국 센서스트랙 단위 인구 데이터를 이용하여 1950년부터 2000년까지 10년 단위 5개 시기별로 34개 주요 도시의 인구 변화에 대한 PCA 분석 및 BTM 시각화를 실시하였다.

기존의 지도들이 주로 시간의 흐름에 따라 인구 분포의 공간적 패턴 변화를 보여주었다면, BTM 지도는 ‘인구 트렌드의 공간적 패턴’을 보여준다는 점에서 차별화된다. <그림 1>과 같이 시공간 분포는 일련의



<그림 1> 공간적 패턴의 트렌드(a) vs. 트렌드의 공간적 패턴(b)  
(Schroeder, 2010, 171)

시기별 지도들을 통해 ‘공간적 패턴의 트렌드(trend in spatial patterns)’와 ‘트렌드의 공간적 패턴(spatial pattern in trends)’, 두 측면으로 구분하여 볼 수 있다 (Schroeder, 2010, 171). 인구 변화의 시공간성은 <그림 1>(a)의 예처럼 여러 시점의 인구밀도 지도를 보고 비교하여 공간적 패턴상의 변화를 파악하고 그 공간적 패턴의 트렌드를 인지하는 방식(예: 공간적으로 분산되고 서쪽으로 이동한 경향)으로 접근할 수 있고, 또 한편으로 각 장소에서의 인구 변화 트렌드를 파악하고 그 트렌드의 공간적 패턴을 인지하는 것(예: 서부는 인구 증가, 동부는 감소, 동남쪽은 감소하다 최근 재성장 등)이 또 다른 한 축이다. 전자가 많은 연구들이 통상 적용해 온 지리적 시각화 방법이라면, 후자는 그간 거의 시도된 적이 없었다고 볼 수 있다. Schroeder의 BTM 기법은 바로 후자에 해당하는 ‘트렌드의 공간적 패턴’을 한 장의 지도상에 효과적으로 시각화하는 기법이라 할 수 있다.

Schroeder(2010)의 BTM 기법에 따른 시각화는 다음과 같은 과정을 거쳐 진행된다. 우선, BTM 기법은 시기별 인구 성장 데이터로부터 시작한다. 즉, 전체 시기를 몇 개의 하위 시기로 나누고 개별 시기별 인구 성장 지수를 변수로 활용하는 것이다. 다음으로, 이 변수에 PCA를 적용하여 데이터를 축약하고, 생성된 주성분 중 고유값(eigenvalue)이 가장 큰 두 개의 주성분에 집중한다. 이 두 개의 주성분을 결합하여 3×3 이성분트렌드매트릭스(bicomponent trend matrix)를 구성하여 9개의 특징적인 시공간적 역동성 패턴을 확인한다. 마지막으로, 이성분트렌드매트릭스의 9개 유형의 개별 특성을 반영한 분기형 색채 배열(diverging color scheme)을 생성하고, 이를 지도 범례로 적용함으로써 ‘트렌드의 공간적 분포’를 시각화한 이성분트렌드 지도(bicomponent trend map)를 산출한다. BTM 기법에 따른 시각화 단계를 좀 더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

### 1) PCA 단계

PCA는 다변량 데이터 분석 시 가장 많이 활용되는 분석 방법의 하나로, 데이터의 규모와 차원성을 줄여 준다(김기영·전명식, 1989). 특히 지리학에서의 활용의 역사는 매우 길다(조대현, 2011; Demšar et al., 2013). PCA는 서로 상관관계가 높은 여러 개의 변인들을 조합해서 그 변인들이 가지는 정보를 가능한 적은 개수로, 서로 독립적이며 중복되지 않은 변인들, 즉 주성분으로 축약하면서도 이 주성분들이 원래 변인들의 정보를 최대한 많이 함축하도록 하는 일종의 자료축약기법이라 하겠다(박광배, 2000). 하위 시기별 인구 변동 데이터를 의미있게 축약하는 작업을 PCA를 통해 수행하는 것이다.

Schroeder(2010)의 BTM 기법은 우선 PCA에 투입할 데이터로서 ‘정규화 인구변화율(Normalized Rates of Population Change, 이하 NRPC)’을 산출한다. 공식은 다음과 같다.

$$NRPC = 100 \times \frac{P_t - P_0}{P_t + P_0} \quad (1)$$

여기서  $P_0$ 와  $P_t$ 은 개별 기간의 시작 시점과 마지막 시점의 인구수이다. 이 값은 0을 기준으로  $\pm 100\%$ 까지 범위의 값을 가진다. -100인 경우는 시작 시점에는 인구가 존재했으나 마지막 시점에는 인구가 없는 경우이고, 100인 경우는 시작 시점에는 인구가 존재하지 않았으나 마지막 시점에는 인구가 존재하는 경우이다. 0은 두 시점 사이에 인구 변화가 없는 경우이다. 이렇게 정규화하는 이유는, 일반적인 인구변화율을 계산할 경우 -100부터 무한대의 양의 값을 가질 수 있으며, 이러한 특이값(outliers)으로 인해 PCA의 결과가 왜곡되는 경향이 있기 때문이다(Schroeder, 2010, 175).

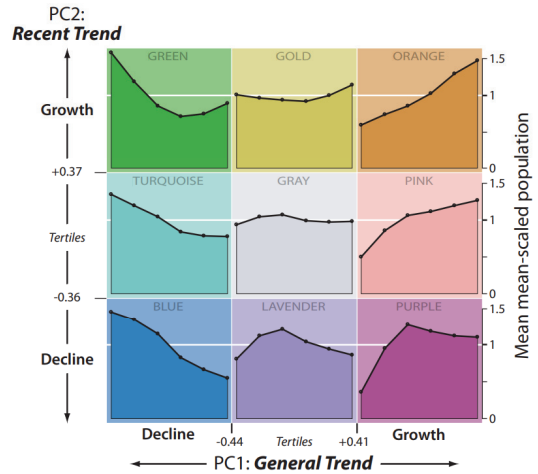
다음 단계로, NRPC를 다시 평균 0, 표준편차 1로 변환한 ‘표준화한 변화율(standardized normalized rates)’을 구하여 PCA에 투입하였다. 이는 공분산행렬 대신

상관행렬에 기초하여 주성분을 유도하는 과정으로 (Schroeder, 2010, 175), 이렇게 표준화함으로써 척도에서 일어나는 문제, 특히 가장 큰 변이를 가진 변수에 의해 분석이 좌우되는 경향을 피할 수 있다(김기영·전명식, 1989, 20-23).

## 2) PCA 기반 이성분트렌드매트릭스의 구성

BTM 기법은 PCA 결과 도출된 주성분 중 고유값이 가장 큰 2개의 주성분을 선택하여 전체 데이터를 2개의 차원으로 축약한다. Schroeder는 50년 간 미국 주요 도시 인구 트렌드의 변이에 대한 PCA 결과 두 개의 주성분을 도출하였으며, 각 주성분별 10년 단위 시기별 주성분 적재값의 변화 양상을 통해 각 주성분의 특성을 파악하였다. 첫 번째 주성분에서 지역 간 가장 큰 분산의 차원은 전체 시기(특히 1950~1980년) 인구 증가 또는 감소 정도였다. 두 번째 성분의 경우 1950년대와 60년대에는 주성분 적재값이 음의 값이 나타나고 70년대 이후에는 양의 값이 나타났으며 특히 1980년대와 90년대에 적재값이 높게 나타났다. 이를 바탕으로 Schroeder(2010)는 첫 번째 주성분과 두 번째 주성분이 각각 전반적 인구 증가 트렌드와 최근 시기의 인구 가속화 트렌드에 해당하는 것으로 보았다(Schroeder, 2010, 175-176).

BTM 기법의 핵심은 바로 첫번째 주성분 트렌드와 두 번째 주성분 트렌드를 동시에 고려하기 위하여 각각을 하나의 축으로 한 3×3 ‘이성분트렌드매트릭스’를 생성하고, 이를 기반으로 지리적 시각화를 시도한 것이다. <그림 2>의 매트릭스에서 가로축이 첫 번째 주성분으로 ‘전반적 트렌드’를 ‘전반적 인구 성장/안정(둔화)/쇠퇴’ 3개 유형으로 구분한 것이고, 세로축은 두 번째 주성분으로 ‘최신 트렌드’를 ‘최근 인구 재성장/최근 인구 안정(둔화)/최근 인구 쇠퇴’ 3개 유형으로 구분한 것이다. 매트릭스 각 셀 중간의 흰색 수평선은 평균 트렌드를 가리키고, 검은색 꺾은선 그래프는 1950~2000년의 인구 트렌드를 표준화한 인구(mean mean-scaled population by census year)로



<그림 2> 이성분트렌드매트릭스(Schroeder, 2010, 180)

표현한 것이다. 표준화한 인구란 ‘전체 시기 평균 인구 대비 한 해의 인구의 비’를 의미하며, 이렇게 함으로써 절대적인 인구수의 차이에 따라 발생하는 영향으로부터 자유로울 수 있다(Schroeder, 2010, 178). 전반적 트렌드 3개 유형과 최신 트렌드 3개 유형을 조합함으로써, 총 9개의 유형 셀로 구성된 이성분트렌드매트릭스가 만들어지게 된다.

본 연구가 주목하는 ‘이성분트렌드 지도’는 바로 이성분트렌드매트릭스의 각 셀마다 상이한 색상을 적용하고 이를 지도 범례로 활용하여 이변량 코로플레스맵 형태로 나타낸 것이다. 이 지도의 색상 선정과 배열 방법은 각 지역의 전반적 인구 증감, 최근의 재성장과 쇠퇴 등 인구 트렌드에 대한 지도 이해와 해석이 직관적으로 가능하도록 섬세하게 고려되었다고 할 수 있다. 이와 같은 단계구분도의 색채배열은 심미적인 효과뿐만 아니라 기능적으로도 쉽고 명확한 정보 전달을 위해 매우 중요하다. 색채배열에 따라 지도를 읽는 사람의 이해와 인식이 달라질 수 있다. 또한 색채배열의 논리는 데이터의 시각화 및 탐색적 자료 분석과 관련하여 매우 중요하므로 특히 신중할 필요가 있는 부분이다(황철수, 2002).

Schroeder(2010)의 이성분트렌드매트릭스에서 첫 번째 주성분(PC1) 축의 셀은 좌에서 우 방향으로 ‘시안색(cyan)/연회색/빨간색’ 색채배열이 이루어지고, 두 번째 주성분(PC2) 축의 셀은 하단에서 상단 방향으로 ‘보라색/연회색/노란색’ 색채배열이 이루어진다. 각 셀에 해당하는 양 축의 색상 두 개가 섞임으로써, 3×3 매트릭스의 9개 셀에 색채가 체계적이고 논리적으로 배열된다(Schroeder, 2010, 179). 따라서 두 주성분이 결합한 매트릭스에서 우측 최상단 셀은 빨간색과 노란색이 섞여 주황색(orange)으로 표현된다. 이렇듯 9개 셀은 각 셀에 부여된 색채에 대한 통상적인 인식을 바탕으로 각 셀의 인구 트렌드 유형을 직관적으로 파악할 수 있도록 하였다. 파란색/청록색/초록색과 같이 차가운 색 계열은 전반적으로 인구가 감소하는 트렌드를 가리키고, 주황색/분홍색/보라색과 같이 따뜻한 색 계열은 전반적으로 인구가 증가하는 트렌드를 가리킨다. 좌측 최하단 셀은 전반적 인구 감소 지역인데다 최근 인구가 더 급격히 감소하는 지역으로, 직관적 파악이 용이하도록 가장 차가운 느낌의 짙은 파란색으로 제시된다. 봄의 이미지를 가진 초록색이나 노란색(gold)의 경우는 소생의 의미를 함축하며, 인구 트렌드 유형 중 재성장을 효과적으로 시각화한다. 이처럼 Schroeder(2010)의 이성분트렌드매트릭스 색채배열의 장점은 9개의 복잡한 색채 범례를 지도에 사용하면서도 색채배열과 인구 트렌드의 특성을 의미있게 연계시킴으로써 직관적인 지도 해석이 가능하도록 하였다는 데 있다.

### 3. BTM을 활용한 1975~2020년 우리나라 인구 변화의 시공간적 역동성 시각화

#### 1) 연구 데이터 및 분석 방법

본 연구는 우리나라 인구 변화의 시공간적 패턴을 파악하기 위해, 1975년부터 5년 단위 시군구 수준의

통계청 인구총조사 데이터를 활용하였다. 연구의 시간적 범위를 1975년부터 2020년까지로 하여 1975~1980년 시기부터 2015~2020년까지 9개의 하위 시기의 인구 변화 특성을 분석하였다. 해당 기간 동안 시도, 시군구, 읍면동 수준의 분할 및 통합에 의한 행정구역 변경에 따른 인구 통계 및 행정경계가 달라진 지역들<sup>1)</sup>이 발생하였는데, 기본적으로 통계청이 인구주택총조사의 시계열 연계자료를 제공함으로써 서로 다른 시점 자료에 대한 직접적 비교분석이 가능해졌다(통계청, 2011). 국가통계포털(KOSIS)은 시군구 단위에 대해서는 1975년에서 2010년까지 5년 단위의 인구총조사 인구 수 속성을 1990년, 2000년, 2010년의 행정구역에 각각 맞춘 데이터를 제공하고 있다(<http://kosis.kr>). 본 연구에서는 2010년의 행정구역에 맞춘 데이터를 기본으로 사용하고, 2015년과 2020년의 인구 총조사 데이터 결과를 결합하여 전체 데이터를 구축하였다. 2010년 이후 시군구 단위 행정구역 변동 중 가장 큰 것은 2012년 7월 1일 세종특별자치시가 출범한 것이다. 세종특별자치시는 연기군을 중심으로 공주시의 일부, 청원군의 일부를 통합하여 형성된 것이지만, 편의상 1975~2010년의 충청남도 연기군을 2015~2020년의 세종시와 동일한 것으로 간주하고 인구 성장 데이터를 구축하였다. Schroeder(2010)의 BTM 방법을 적용한 지리적 시각화를 위해 PCA를 수행하였으며, 그 결과를 토대로 45년 간 우리나라 시군구의 인구 트렌드를 지도화하였다. 이를 위한 일련의 통계 분석 및 그래프, 지도화 작업은 오픈소스 통계 분석 프로그램인 R(4.0.2)과 관련 패키지를 이용하여 진행하였다.

Schroeder가 제안한 BTM을 기존 지리적 시각화 방법과 비교해 보기 위해 다양한 방식으로 지도를 산출하였다. 전통적으로 인구의 변화를 지도화할 때 많이 쓰는 방법으로는 두 시점 간 인구 변화율이나 연평균 인구성장률을 한 장의 지도로 표현하는 ‘변화 지도(change maps)’ 방법, 여러 개의 시기별 인구 지도를 연속적으로 제시하는 ‘스냅샷 지도(snapshot map)’ 방법, PCA나 군집 분석 등을 통해 유형화하고 이를

지도로 나타내는 ‘일성분 지도(single component map)’ 방법 등을 들 수 있다.

먼저, 인구 증감을 한 장의 지도상에 시각화하는 변화 지도의 예시로 1975년 대비 2020년의 인구성장률 지도, 1975년부터 2020년까지 연평균 인구성장률 지도를 제작하였다. 인구성장률(Population Growth Rate, PGR)은 각 지역별로 ‘(2020년 인구 - 1975년 인구)×100/1975년 인구’로 계산하여 이를 지도화하였다. 다음으로, 본 연구에서 사용된 연평균 인구성장률(Average Annual Population Growth Rate, AAPGR) 지표는 주어진 기간 동안 연간 성장률이 일정할 것을 전제한 상태에서의 연간 인구 성장의 속도를 측정할 것으로, 특히 인구 성장을 이산적(discrete) 또는 기하(geometric) 변동이 아닌 연속적(continuous) 또는 지수(exponential) 변동으로 가정할 경우, 다음과 같은 수식이 사용된다(이희연, 2003; 박정수·구자홍, 2016; Rowland, 2003; Siegel and Swanson, 2008).

$$AAPGR = \frac{1}{n} \ln \frac{P_k}{P_0} \quad (2)$$

여기서  $n$ 은 개별 하위 기간의 시작 시점과 마지막 시점 간의 연차(year difference),  $\ln$ 은 자연로그 함수,  $P_0$ 와  $P_t$ 은 개별 기간의 시작 시점과 마지막 시점의 인구수이다. 이 수식을 개별 하위 기간과 전 기간에 적용하여 인구 성장의 속도를 측정하였다.

두 번째로, 스냅샷 지도는 시계열적 순서대로 여러 개의 하위 시기별 변화 지도를 제작하는 것이다. 1975년부터 2020년까지의 인구 데이터를 5년 단위로 각 시기별 연평균 인구성장률을 식(2)에 의거하여 계산하고 총 9개의 스냅샷 지도를 제작하였다. 세 번째로, PCA의 결과로 도출되는 주성분 점수를 지도화할 수 있는데, 개별 주성분에 대해 시각화한 지도를 일성분 지도라 부를 수 있다. 본 연구에서는 PCA 결과 주성분 값을 토대로 여러 개의 주성분 지도를 제작하였다. 마지막으로, BTM 기법에 의거하여, 2개의 주성분 트렌드를 결합한

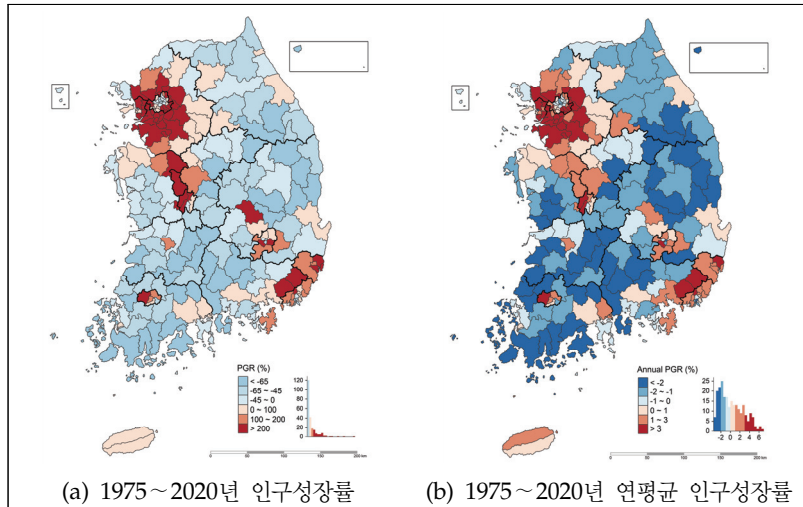
이성분트렌드매트릭스를 범례로 하여 이변량 단계구분도인 이성분트렌드 지도 한 장을 제작하였다. 이 대안적인 지리적 시각화 방법이 우리나라 45년간의 인구 변화의 시공간적 역동성을 어떻게 표현해내는지 탐색하고, 우리나라 인구 트렌드의 시공간적 특성을 살펴보았다.

다음은 기존의 대표적인 접근법(변화 지도, 스냅샷 지도, 일성분 지도)으로 1975년부터 우리나라 시군구 인구 변화를 시각화하여 그 특징과 한계를 살펴본 다음, 본 연구에서 대안적 접근법으로 제안한 BTM 기법에 따라 제작한 이성분트렌드 지도를 통해 우리나라 인구 변화의 시공간적 역동성이 얼마나, 그리고 어떻게 드러나는지를 탐색해보도록 하겠다.

## 2) 전 시기의 ‘변화 지도’를 통한 시각화

변화 지도는 변화의 공간적 패턴을 효과적으로 보여주는 대표적인 지도화 방법이다. 지역 간 인구 성장률이 얼마나 다른지를 직접적으로 한눈에 파악할 수 있는 장점이 있다. 변화 지도는 두 시점 간 변화의 크기만을 시각화하는데, 이 부분은 변화 지도의 특징이기도 하지만 또 한편으로는 한계이기도 하다. 두 시점 간의 변화량이 전 시기에 걸쳐 일정한 증가 또는 감소 경향이 지속되었다거나, 모든 지역에 걸쳐 동일하게 그러하다는 전제는 다소 비현실적이다. 어느 지역은 성장이 최근 들어 가속화하기도 하였을 것이고, 어느 지역은 증가하였다가 감소하였다가 다시 증가하였을 수 있고, 또 어떤 지역은 인구가 감소하다가 최근 들어 증가하거나 또 그 반대로 인구가 증가하다가 최근 들어 감소하였을 수 있다. 이러한 단 한 장의 변화 지도로는 이와 같은 가속화, 재성장 등 비선형적 트렌드의 특성을 담아낼 수 없다는 한계가 있다(Schroeder, 2010, 171).

<그림 3>은 1975~2020년까지 45년간의 우리나라 인구성장률을 단 하나의 지도로 시각화하는 방법을 활용한 지도이다. 두 비교 시점 간의 인구 변화 크기와 방향을 보여주는 이러한 형태의 지도가 많이 활용된다. 우선, <그림 3>-(a)는 1975년 대비 2020년 시군구



<그림 3> 변화 지도: 1975~2020년 인구성장률 지도(a)와 연평균 인구성장률 지도(b)  
출처: 저자 작성

수준의 지역별 인구성장률(Population Growth Rate, 지도 범례에 PGR로 표기)을 지도화한 것이다. 인구 변화의 시공간성을 보여주는 가장 대표적인 지도 시각화 방법이다. 1975년 대비 인구가 200% 이상 증가한 곳과 65% 이상 감소한 곳 등 실제 두 시기의 실제 인구변화율을 파악하고 그 공간적 패턴을 파악할 수 있다. 다음으로, <그림 3>-(b)는 1975년에서 2020년까지 우리나라 연평균 인구성장률(Annual Population Growth Rate, 지도 범례에 Annual PGR로 표기)을 나타낸 지도이다. 두 지도 모두 전체 기간에 대하여 인구 변화 트렌드를 보여주는 지도라고 할 수 있다. 장기간의 시계열 데이터에 대해 초기 시점 값과 최종 시점 값을 활용하여 인구 변화 트렌드를 가장 간명하게 보여준다는 것이 장점이기도 하지만, 또 바로 그 지점이 이러한 지도화 유형의 단점이기도 하다. 두 시점 간의 변화만으로는 다이내믹한 인구 변화 양상을 잘 드러내지 못한다. 예컨대 빨간색으로 인구가 많이 증가한 것으로 표시된 지역 중 일부는 과거 시기에 인구 증가가 두드러졌으나 최근 들어서는 오히려

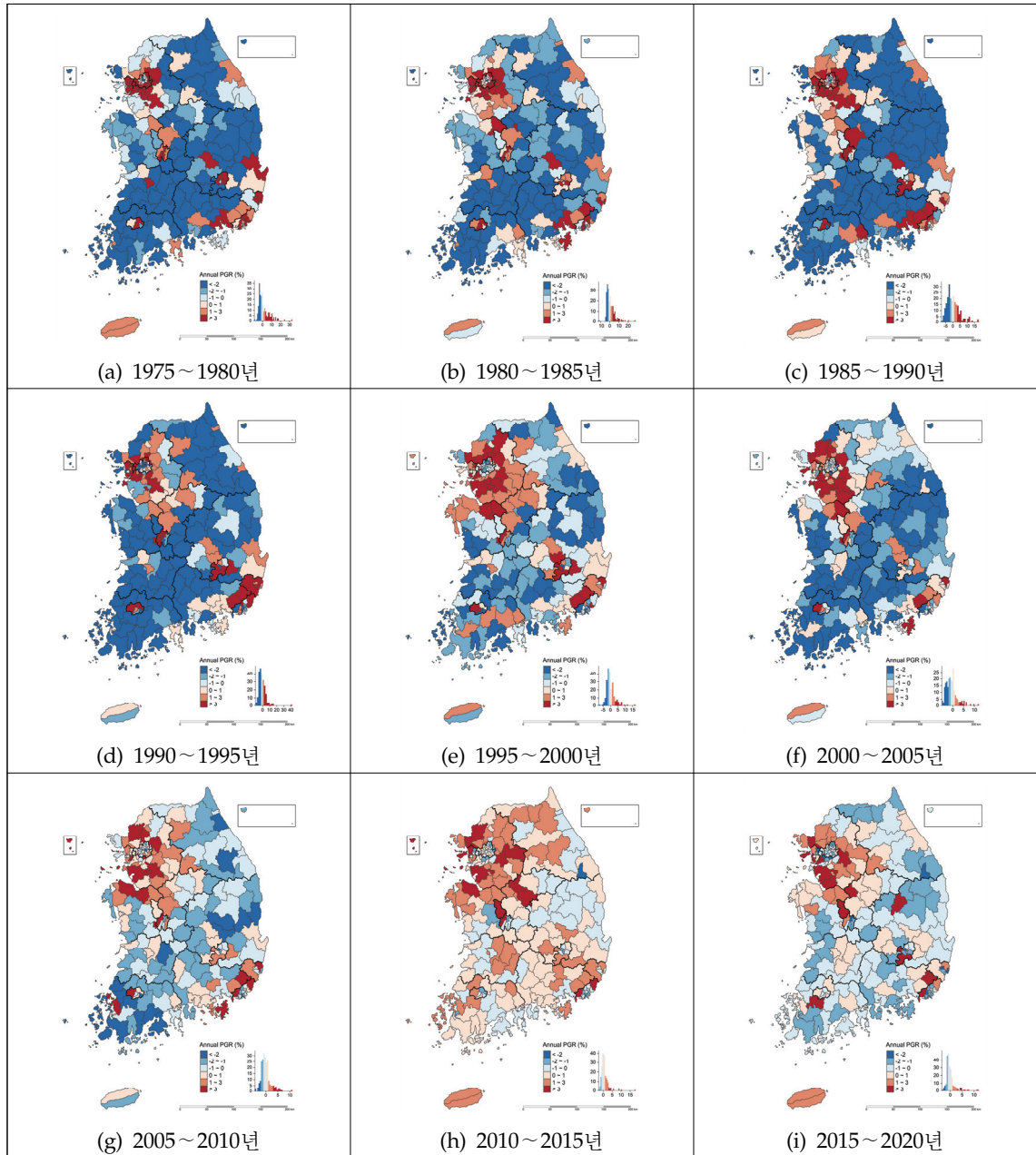
인구 감소 양상이 뚜렷하게 나타나고 있는데, 이러한 유형의 지도로는 이러한 변화 트렌드의 비선형성을 포착하기 어렵다.

### 3) 하위 시기별 ‘스냅샷 지도’를 통한 시각화

스냅샷 지도는 장기간의 시계열 데이터를 일련의 지도로 제시하는 시각화 방법으로(신정엽·이상일, 2008), 이는 가장 단순한 형태의 시각화이기는 하지만 모든 시기를 다 보여주기 위해서는 많은 공간을 차지하고 더 나아가 지도로 표현된 여러 개의 시기들 간의 비교나 지역별 비교가 쉽지 않다는 단점이 제기된다.

<그림 4>는 1975년부터 2020년까지의 인구 데이터를 5년 단위로 각 시기별 연평균 인구성장률을 총 9개의 스냅샷 지도로 시각화한 것이다. 총 9개의 스냅샷 지도는 각 5년 단위 시기별 연평균 인구증가를 지도화를 통해 지역별 인구 증감 정도를 보여준다. 일련의 스냅샷 지도들을 제시하여 각 세부 시기별 인구 변화를 비교할 수 있게 함으로써, 변화 지도와 달리 전 시기에 걸친 다양한 트렌드 특성을 포착할 수 있는 기회를





<그림 4> 스냅샷 지도: 1975~2020년 하위 시기별 연평균 인구성장률 지도

출처: 저자 작성

제공한다는 장점이 있다. 그렇지만, 스냅샷 지도의 한계 또한 명확하게 드러난다. 변화 지도처럼 특정 시기의 각각의 지도를 통해 5년 간 인구 증감의 공간적 패턴을 파악하기에는 적절하지만, 일련의 다른 스냅샷 지도들, 즉 그 이전과 이후 시기들의 지도들과 비교하는 작업은 때로 비효율적이다. 복수의 지도를 비교해야 함에 따라 정보의 과다와 복잡성으로 인해 전 기간에 걸친 인구 변화의 트렌드를 파악하기란 여간 쉽지 않다. 1975년부터 2020년까지 기간 동안 각 지역의 인구 변화 패턴을 파악하기 위해서는 9개의 지도를 계속 비교해야 하는 번거로움이 있다. 이렇듯 비교 대상이 되는 스냅샷 지도의 개수가 많아지면 많아질수록 인구 변화의 트렌드를 파악하기가 어려워진다.

#### 4) ‘일성분 지도’를 통한 시각화

BTM은 PCA를 수행하는 과정을 동일하게 거치지만 단순히 PCA 결과를 바로 여러 개의 지도로 매핑하는 방식의 일성분 지도와는 다른 것이다. 스냅샷 지도처럼 여러 장의 지도를 산출하고 각각을 해석하고 종합하는 과정을 거쳐야 하는 일성분 지도와 달리, BTM은 여기에서 한 단계 더 나아가 두 개의 주성분을 결합하여 단 하나의 지도 위에서 복합적인 트렌드의 특성을 드러낸다는 점에서 차이가 있다. 일성분 지도이든 BTM 기법의 지도이든 우선, 식(1)에 나타나 있는 수식에 의거해 *NRPC*를 도출하는 과정은 동일하게 거치게 된다. Sheoreder(2010)의 방법대로 *NRPC*를 계산한 다음, 이를 이용해 PCA를 수행하였다. 본 연구에서는 각 5년 단위 정규화된 인구 변화율을 평균 0, 표준편차 1로 변환하여 표준화한 정규 인구 변화율을 PCA에 투입하였다.

<표 1>은 1975~2020년 정규화한 5년 단위 시기별 우리나라 시군구 인구변화율(*NRPC*)의 기술통계와 PCA 결과를 보여준다. 1975~2020년에 대해 5년 단위 시기별로 정규화한 인구변화율의 평균 트렌드는 1975~1980년에 가장 인구증가율이 크고 이후 점차 작아 지다가 1990~1995년에 인구감소율이 가장 컸다가

이후 증감이 반복적으로 나타나는 형태이다. 주성분별 고유값과 설명되는 비율 및 누적 비율을 살펴보면, 첫 번째 주성분(PC1)의 고유값은 4.239로 이에 의해 설명되는 부분은 전체 분산의 47.1%이고, 두 번째 주성분(PC2)의 고유값은 2.152로 23.9%를 설명하고 있다. 세 번째 주성분(PC3)은 0.807로 고유값이 1 미만이고 설명되는 비율도 9.0%에 불과하다. 첫 번째 주성분과 두 번째 주성분이 71.0%를 설명하고 있어, 첫 두 개의 주성분이 주어진 자료를 적절히 요약하고 있다고 볼 수 있으며, 2차원의 주성분을 통해 차원 축소가 가능해진다.

<표 1>에 나타난 PCA 결과 중 주성분 적재값을 좀 더 자세히 살펴볼 필요가 있다. 첫 번째 주성분은 모든 5년 단위 시기에 대해 예외없이 양의 적재값을 가지고, 특히 1975년부터 2010년까지 시기에 가장 높은 적재값을 가진다. 전 시기 양의 적재값은 전반적인 인구 증가 트렌드를 의미하며, 지역 간 가장 큰 분산의 차원은 2010년 이전까지 시기(1975년~2010년)에 인구가 전반적으로 성장하거나 감소한 정도임을 가리킨다. 두 번째 주성분은 전체 기간 동안 주성분 적재값이 증가하였음을 알 수 있다. 1975년부터 1995년까지는 음의 적재값을, 1995년부터 2020년까지는 양의 적재값을 가지며, 특히 2010년부터 2020년까지 가장 최근 시기에 대해 높은 적재값을 가진다. 이는 첫 번째 성분 다음으로 가장 큰 분산의 차원이 가속화 트렌드임을 알 수 있다. 나머지 주성분들(PC3~9)은 두 개의 연이은 특정 시기들 간의 급격한 변화율의 전환(shift)과 관련되고, 주성분들은 이러한 특정 시기의 변화율 전환을 포착한다(Schroeder, 2010). 본 연구는 우리나라를 대상으로 1975년부터 45년 간 9개의 시기에 대해서 수행하였지만, 기본적으로는 미국 주요 도시를 대상으로 1950년부터 50년 간 5개의 시기에 대해 수행한 Schroeder(2010)의 PCA 결과와도 상당히 유사한 패턴을 보이고 있다.

<표 2>는 우리나라 5년 단위 시기별 인구변화율에 대한 첫 번째 주성분(PC1)과 두 번째 주성분(PC2)

<표 1> 1975-2020년 인구 변화를 기술 통계 및 PCA 결과

		정규화 인구 변화율(Normalized Rates of Population Change, <i>NRPC</i> )										
시기	1975-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020			
평균	2.60	1.76	0.14	-2.12	0.07	-1.39	-0.01	1.80	-0.01			
표준편차	13.72	10.91	10.82	11.68	7.23	6.44	4.96	4.92	4.88			
주성분	주성분 적재값(Principal component loadings)									고유값	설명 비율	누적 비율
	1975-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020			
PC1	0.655	0.689	0.823	0.807	0.789	0.822	0.705	0.213	0.408	4.239	47.101	47.101
PC2	-0.557	-0.498	-0.353	-0.128	0.216	0.215	0.395	0.806	0.745	2.152	23.913	71.014
PC3	0.339	0.372	0.067	-0.172	-0.439	-0.233	-0.093	0.421	0.293	0.807	8.962	79.977
PC4	-0.071	-0.059	0.078	0.352	0.146	-0.156	-0.499	0.031	0.238	0.490	5.444	85.420
PC5	0.062	-0.034	0.142	-0.386	0.103	0.248	-0.221	-0.139	0.190	0.351	3.895	89.315
PC6	-0.040	-0.083	0.264	-0.096	0.096	-0.346	0.178	-0.116	0.126	0.278	3.086	92.401
PC7	-0.067	-0.009	0.201	-0.106	0.145	-0.025	-0.101	0.302	-0.287	0.262	2.910	95.311
PC8	0.352	-0.320	-0.043	0.023	0.032	-0.025	0.002	0.058	-0.033	0.235	2.609	97.920
PC9	-0.085	-0.156	0.234	0.092	-0.274	0.131	0.010	-0.003	-0.001	0.187	2.080	100.000

<표 2> PC1, PC2의 상·하위 10개 지역

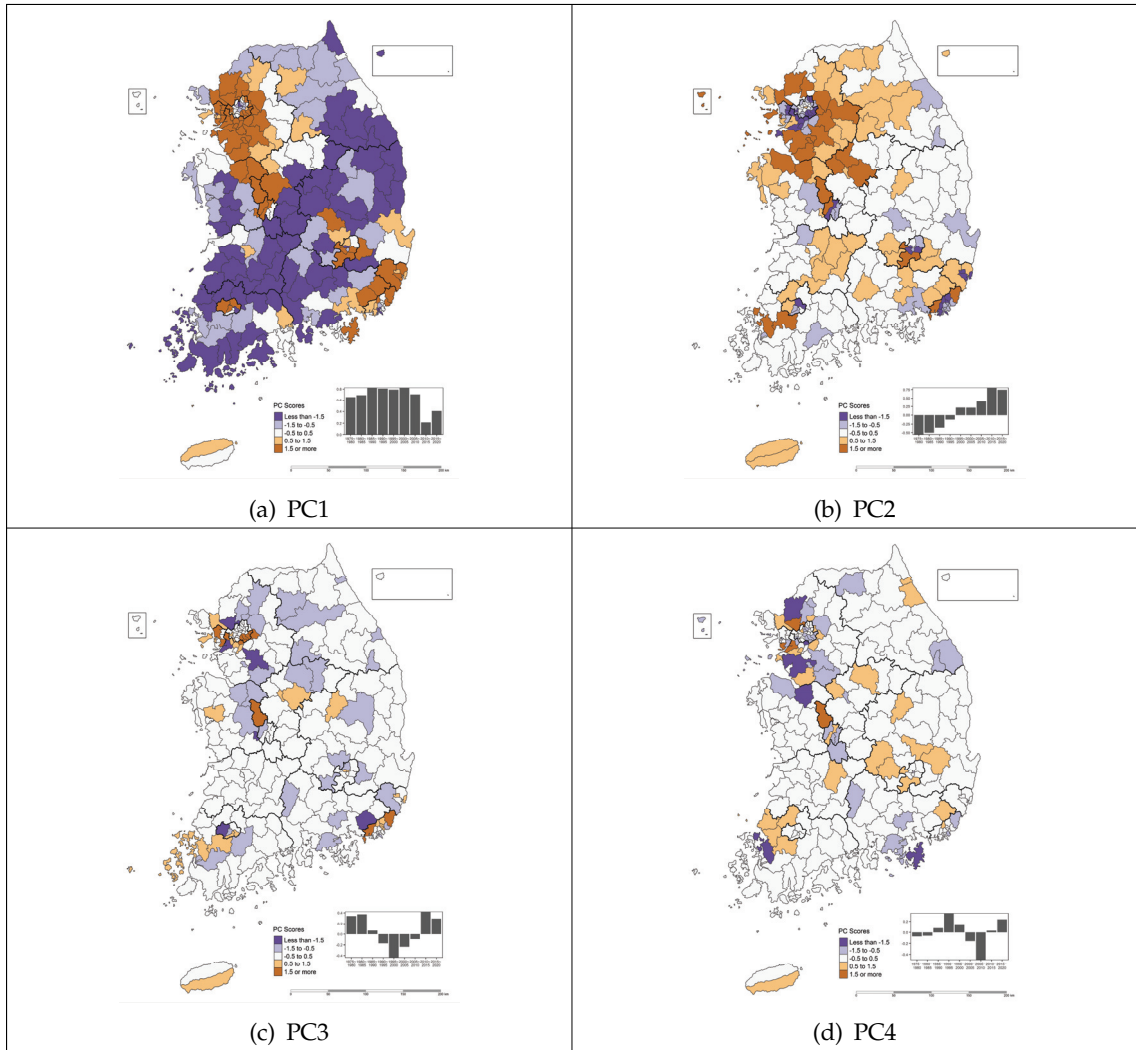
순위	PC1				PC2			
	상위 10개 지역		하위10개 지역		상위 10개 지역		하위 10개 지역	
1	경기 시흥시	5.33	전북 신안군	-3.30	세종 세종시	7.70	부산 북구	-3.02
2	경기 용인시	5.21	전북 진안군	-3.03	경기 화성시	4.94	서울 강남구	-2.90
3	경기 안산시	5.06	전남 보성군	-2.98	부산 강서구	4.66	경기 과천시	-2.90
4	인천 연수구	4.53	강원 정선군	-2.96	경기 김포시	4.43	인천 계양구	-2.85
5	경기 오산시	4.46	전북 임실군	-2.90	부산 기장군	3.75	대구 서구	-2.78
6	경기 화성시	4.45	경북 영양군	-2.87	경기 광주시	3.35	부산 사상구	-2.72
7	인천 서구	4.39	전남 함평군	-2.86	인천 중구	3.09	서울 강동구	-2.68
8	경기 광주시	4.28	전남 고흥군	-2.77	경기 파주시	2.85	경기 부천시	-2.67
9	대전 유성구	4.18	경북 의성군	-2.67	인천 옹진군	2.69	대전 대덕구	-2.67
10	경기 남양주시	4.04	전남 장흥군	-2.67	충북 진천군	2.59	서울 양천구	-2.54

결과 나타난 상·하위 10개 지역으로, 이를 통해 우리나라 인구 트렌드를 보다 명확히 확인할 수 있다. PC1은 1975년부터 2020년까지 전반적인 인구 변화 트렌드를 보여주는데, 상위 10개 지역은 주로 시흥·용인·안산 등 서울을 둘러싼 수도권 지역의 도시들과 인천·대전 등 대도시 지역으로, 1975년부터 2020년까지 전반적인 인구 성장이 두드러졌던 지역들이다. 반면 PC1의 하위 10개 지역은 전북·전남·강원·경북 등 군 단위 농어촌 지역으로 전반적인 인구 감소가 두드러졌던 지역들이다. PC2는 상대적으로 최근 시기의 인구 변화 트렌드를 보여주는데, 상위 10개 지역은 세종, 화성·김포·파주 등 서울에서 다소 떨어진 수도권 지역의 도시들, 부산·인천 등 대도시의 일부 구, 혁신도시가 위치한 충북 진천군 등 최근 시기에 인구 성장이 가속화한 지역들이다. 반면, PC2의 하위 10개 지역은 서울·부산·인천·대구·대전 등 대도시 지역의 특정 구 지역들과 과천·부천 등 서울 인접 수도권 도시들로, 최근 시기에 인구 감소가 두드러진 지역들이다.

<그림 5>는 각각의 PCA 결과를 개별 지도로 시각화하여 나타난 일성분 지도이다. 각 지도 우측 하단에는 적재 그래프(loading graphs)가 제시되어 있는데, 각 그래프의 높이는 해당 주성분과 각 5년 단위 시기의 NRPC와의 상관성을 의미한다. 따라서 특정 시기의 그래프가 높다면 그 연간의 특성을 더 잘 반영한다는 의미로 해석할 수 있다. 또한 양의 값을 가지면 인구가 성장한 것, 음의 값을 가지면 인구가 감소한 것으로 파악할 수 있다. 주성분 점수(principle component score)에서 양의 값은 주성분 적재 벡터의 방향에서 평균으로부터의 차이를 의미하고, 음의 값은 반대방향으로의 차이를 의미한다. 평균 트렌드는 중요한 준거점이 된다. 1975~1980년 시기의 성장, 1990~1995년 시기의 감소, 나머지 시기의 작은 여러 변화들이 평균적인 트렌드였다면, 각 지역의 주성분 점수는 해당 지역의 인구 트렌드가 상대적으로 안정적인 평균값에서 차이가 나는 ‘정도’를 가리킨다. 우선, <그림 5>(a) PC1은 첫 번째 주성분에 대한 점수를 보여준다. PC1

일성분 지도에서 1975~2020년에 전반적으로 인구가 증가한 지역은 주황색, 인구가 감소한 지역은 보라색으로 시각화된다. 지도의 우측 하단에 제시된 PCA 적재 그래프를 통해 PC1의 경우 모든 시기의 인구 변화율이 양의 값을 갖고, 특히 각 시기 그래프의 높이를 통해 상대적으로 최근 시기보다는 그 이전 초·중반기의 인구 변화 특성과 상관도가 높다는 것을 알 수 있다. PC1 일성분 지도에 나타난 공간적 패턴이 <그림 3>의 변화 지도와 대체로 유사하다는 것을 알 수 있는데, 이는 PC1 또한 전시기에 걸쳐 각 지역에서 일어난 전반적인 인구 증감의 공간적 패턴을 보여주는 특성을 가지기 때문이다. 서울을 둘러싼 수도권 지역과 대전광역시까지 이어지는 축, 울산·광주·대구·부산 등 대도시 중심의 인구 증가 패턴과, 전북·전남·강원·경북 등 농어촌에 위치한 대부분의 군 단위 지역 중심의 인구 감소 패턴이 두드러진다.

PC1과 달리, (b) PC2~(d) PC4 등 <그림 5>의 나머지 지도들은 각각 ‘비선형적인’ 인구 변화 트렌드에 대한 공간적 정보를 제공한다. 이 지도들은 변화 지도 그 자체로는 드러낼 수 없었던 비선형적 트렌드, 즉 이전이나 이후 시기 대비 특정 시기의 인구 변화 트렌드의 ‘강도’를 보여준다. 1975~2020년 5년 단위 인구 변화율의 PCA 결과 (b) PC2는 1990년 초반까지 인구 변화율이 음의 값, 1990년 후반부터는 양의 값을 나타내고, 특히 2010~2020년의 그래프 높이를 볼 때 최근 시기의 인구 변화 트렌드와 강한 상관도를 가진다는 것을 알 수 있다. PC2에서는 군 단위 농어촌지역이 아니라, 주로 PC1에서 주황색이던 수도권과 대도시 지역 중 일부가 진한 보라색으로 제시된다. PC1 지도에서 주황색으로 나타났던 서울 강남구·서초구·송파구 등과 과천·부천·안양·광명·안산·군포 등 서울에 인접한 경기도 도시들이 PC2에서는 보라색으로 드러나고, 서울과 상대적으로 먼 경기도 도시들만 주황색인 공간적 패턴을 파악할 수 있다. 다음으로 PC3 지도는 1980년대까지 초반기에 인구증가율이 높다가 1990년대부터 2000년대 초반까지 중반기에 인구변화



<그림 5> 이성분 지도: (a) 첫 번째 주성분 지도(PC1)~(d) 네 번째 주성분 지도(PC4)

출처: 저자 작성

율이 음의 값을 갖거나 인구가 감소하다가, 다시 최근에 인구증가율이 높아지거나 양의 값을 갖는 주황색 지역과, 이와 반대로 초반기의 인구(변화율) 감소-중반기의 증가-최근의 감소 트렌드가 두드러지는 보라색 지역을 보여준다. 마지막으로 PC4 지도는 90

년대 중반기에 인구 또는 인구변화율이 증가하다가 2000년대에 감소한 후 다시 최근에 증가한 특성을 보인 주황색 지역과 이와 반대로 중반기(90년대) 인구 또는 인구변화율 감소-중후반기(2000년대) 인구 증가-최근(2010년대) 인구 감소 또는 인구 증가율 둔화 경향이

나타나는 보라색 지역을 보여준다. 따라서 각 주성분 지도는 시기별로 보았을 때 결코 단선적이지 않은 다이나믹한 인구 변화 트렌드 및 지역적 차이를 드러 낼 수 있다는 점에서 변화 지도와 차별화된다. 그런데, 이러한 여러 개의 주성분 지도를 시각적으로 비교하여 트렌드의 공간적 패턴을 종합적으로 파악하기에는 앞에서 본 스냅샷 지도처럼 여전히 복잡하고 고단한 작업이 요구된다. PC1을 통해 지역별로 전반적으로 전 시기에 걸친 인구 증감의 패턴을 파악하고 다시 두 지도를 번갈아 보고 비교하면서 특정 시기의 인구 증가나 감소 트렌드를 추가하여 복합적으로 파악한 다음, 다시 평균적 변화 값까지 고려하는 과정은 결코 쉽지 않은 일이다. PC3이나 PC4의 주황색이나 보라색은 PC1처럼 단순히 인구의 증가나 감소를 의미하는 것이 아니라 우측 하단에 나타난 시기별 인구 증감의 특정한 비선형적 트렌드 유형이 전형적으로 나타나는 지역인지 아니면 그 반대 방향으로 성격이 강하게 나타나는 지역인지를 의미하기 때문에, 주성분 지도별로 맥락에 따라 색상의 의미를 달리 해석해야하므로 자칫 해석상의 혼돈이 발생할 우려가 있다.

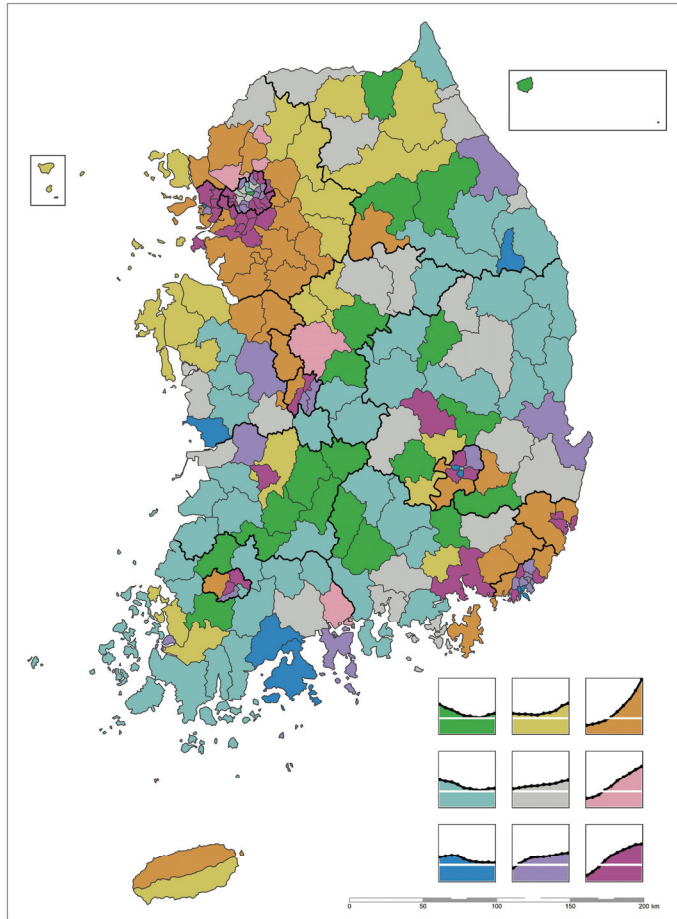
### 5) ‘이성분트렌드 지도’를 통한 시각화

트렌드의 공간적 패턴을 단 한 장의 지도로 효과적으로 직관적으로 표현하는 방법으로 본 연구에서는 이성분트렌드매트릭스에 기반하여 색상으로 표현한 일종의 이변량 주제도인 이성분트렌드 지도를 구현하고, 우리나라 인구 변화의 시공간적 역동성을 파악하는 데 어떤 유의미한 함의가 있을지를 살펴보고자 하였다.

<그림 6>은 1975~2020년 45년간의 우리나라 인구 변화의 시공간적 역동성을 파악하기 위해, 해당 시기 5년 단위 시군구 인구 데이터를 기반으로 이성분트렌드 지도를 구현한 것이다. <그림 6>의 우측 하단에 제시된 이성분트렌드매트릭스는 두 주성분의 점수를 결합하여 생성된 3×3 형태의 이성분트렌드매트릭스로, 이성분트렌드매핑 시 지도의 범례 역할을 수행한다. 수도권과 대도시를 중심으로는 따뜻한 계열 색상

(주황색, 분홍색, 보라색)의 변이를 통해 인구 증가 지역의 세부적인 트렌드 및 공간적 패턴을 직관적으로 파악할 수 있는 장점도 확인된다. 마찬가지로 전남, 전북, 경남, 경북, 경기 등을 중심으로 주로 군 단위 지역이나 대도시 내부 일부 지역을 중심으로는 차가운 계열 색상(초록색-하늘색-파란색)의 변이를 통해 인구 감소 지역의 세부적인 트렌드 및 공간적 패턴을 직관적으로 파악할 수 있다.

그리고 <표 3>은 <그림 6>에 제시된 매트릭스의 각 셀에 해당하는 지역을 제시한 것이다. 좌측의 하단부터 11셀은 전반적 감소 및 최근 인구 감소 심화 지역, 중간 12셀은 전반적 감소 및 최근 인구 감소 둔화 지역, 상단 13셀은 전반적 감소 및 최근 인구 재성장 지역을 의미한다. 예컨대 강원 태백시, 전남 고흥군·보성군, 충남 서천군 등의 특정 군 지역이나 대구 남구·서구, 부산 동구·서구·영도구·중구, 인천 동구(11셀)는 전반적인 인구 감소에 더해 최근 인구 감소가 더 가속화되고 있다는 점이 부각된다. 반면 강원 양구군·평창군·횡성군, 경남 산청군·창녕군·함양군을 포함한 군 단위 20개 지역의 경우(13셀)는 인구가 지속적으로 감소하긴 하였으나 최근에는 인구가 재성장하는 트렌드를 보인다는 점이 눈길을 끈다. 한편, 우측 하단의 31셀은 전반적으로 인구가 성장했지만 최근 들어 인구가 감소하는 트렌드를 포착하거나, 최상단의 33셀처럼 전반적으로 인구가 성장하다가 최근 인구 성장의 가속화가 일어난 트렌드를 포착하는 등 45년간 인구 증가 지역을 다시 최근 인구 변화 경향과 결합하여 인구 트렌드 유형을 섬세하게 드러낸다. 요컨대 <그림 6>과 같이 이성분트렌드 지도는 1975년에 비하면 전반적으로 인구 감소 추세이긴 하지만 최근 들어 인구 감소가 더 심화되거나 그 경향이 악화되거나 오히려 최근에는 인구가 성장하는 역동성이 표현된다. 대부분의 군 단위 지역에 대해 인구가 감소한다고만 뭉뚱그려 시각화하지 않고 최근의 트렌드까지 섬세하게 포착해 낼 수 있다는 점은 의미가 있다. 수도권 지역의 경우에도 인구 트렌드의 다이나믹을 효과적으로 포착해내고 이를



<그림 6> 이성분트렌드 지도: 1975~2020년 인구 성장의 역동성  
출처: 저자 작성

가시적으로 드러낼 수 있다. 서울시의 경우 인구가 감소하다가 최근 재성장하는 중구, 인구가 증가하다가 최근 감소하는 추세인 강남구·서초구·송파구 등 9개 구가 서로 대조적인 트렌드를 보이고 있다. 서울을 둘러싼 경기도의 시 단위지역의 경우 전반적으로 인구가 증가하는 경향 속에서도 최근 인구 성장 가속화가 되는 지역과 최근 인구 감소가 두드러지는 지역이 뚜렷한 공간적 패턴으로 가시화된다. 서울 내부의 파란색·서

울 외곽 지역 및 서울 인접 경기도 지역의 보라색, 그 바깥 경기도 지역의 주황색, 경기도 동부 외곽 지역의 골드색 등 흥미로운 차이의 패턴을 발견할 수 있다.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구의 목적은 인구 변화의 시공간적 역동성을

<표 3> 이성분트렌드매트릭스의 셀별 해당 시군구

3 최 근 증 가 ↑	13셀(21개)	23셀(23개)	33셀(32개)
	강원 양구군, 평창군, 횡성군 경북 산청군, 장영군, 함양군 강원 군위군, 성주군, 예천군, 울릉군, 청도군 서울 영구 전북 나주시, 장성군 전남 무주군, 순창군, 임실군, 장수군, 진안군 전북 고산군, 보은군	강원 인제군, 홍천군, 화천군 경기 가평군, 양평군, 여주시, 포천시 경남 함안군 경북 고령군, 칠곡군 강원 강화군, 동진군 전남 무안군, 영암군 전북 완주군 제주 서귀포시 충남 당진시, 서산시, 태안군, 홍성군 충북 음성군, 증평군, 진천군	강원 원주시 경기 광주시, 김포시, 남양주시, 시흥시, 안성시, 양주시, 오산시, 용인시, 이천시, 파주시, 평택시, 하남시, 화성시 경남 거제시, 김해시, 양산시 경북 경산시 광주 광산구 대구 달성군 대전 유성구 부산 강서구, 기장군 세종 세종시 울산 북구, 울주군 인천 연수구, 중구 제주 제주시 충남 계룡시, 아산시, 천안시
	12셀(45개)	22셀(26개)	32셀(5개)
P C 2	강원 고성군, 삼척시, 영월군, 정선군 경남 거창군, 고성군, 남해군, 의령군, 하동군, 함천군 경북 문경시, 봉화군, 상주시, 영덕군, 영양군, 울진군, 의성군, 청송군 광주 동구 서울 종로구 전남 강진군, 곡성군, 구례군, 담양군, 신안군, 영광군, 영도군, 장흥군, 진도군, 함평군, 해남군, 화순군 전북 고창군, 김제시, 남원시, 부안군, 정읍시 충남 보령시, 부여군, 예산군, 청양군 전북 무안군, 영광군, 흑산군	강원 동해시, 속초시, 양양군, 철원군, 춘천시 경기 연천군 경남 양산시, 사천시, 진주시, 통영시 경북 경주시, 김천시, 안동시, 영주시, 영천시 서울 마포구, 서대문구, 성북구, 영등포구, 용산구 전남 순천시 전북 군산시 충남 논산시, 보령시 경북 제천시, 충주시	경기 고양시, 동두천시, 의정부시 전남 광양시 충북 청주시
1 ↓ 최 근 감 소	11셀(11개)	21셀(27개)	31셀(39개)
	강원 태백시 대구 남구, 서구 부산 동구, 서구, 영도구, 중구 인천 동구 전남 고흥군, 보성군 충남 서천군	강원 강릉시 경북 포항시 남구 대구 동구, 중구 부산 금정구, 남구, 동래구, 부산진구, 사상구, 수영구, 연제구 강원 강릉구, 관악구, 광진구, 금천구, 동대문구, 동작구, 성동구, 은평구, 종로구 인천 미추홀구 전남 목포시, 여수시 전북 익산시 충남 공주시	경기 과천시, 광명시, 구리시, 군포시, 부천시, 성남시, 수원시, 안산시, 안양시, 의왕시 경남 창원시 경북 구미시 광주 북구, 서구 대구 달서구, 북구, 수성구 대전 대덕구, 서구 부산 북구, 사하구, 해운대구 서울 강남구, 강동구, 강서구, 구로구, 노원구, 도봉구, 서초구, 송파구, 양천구 울산 남구, 동구, 중구 인천 계양구, 남동구, 부평구, 서구 전북 전주시
	1      전반적 감소 ←	2      PC1	→ 전반적 증가      3

효과적으로 시각화하는 대안적인 접근법을 제시하고, 이를 우리나라 시군구 인구 데이터를 사례로 검토해 보는 것이다. 즉, 본 연구는 특히 비선형적 인구 트렌드를 한 장의 지도로 효과적으로 담아내는 적절한 방법에 대한 탐색적 연구의 성격을 띤다. Schroeder (2010)가 제안한 BTM 기법은 인구 변화의 시공간적 역동성을 효과적으로 보여줄 수 있는 하나의 가능성을 열어 준다는 점에서 의미가 있다.

전통적으로 인구 변화는 인구 데이터의 시작 연도 대비 최종 연도 변화율이나 연평균 인구성장률을 계산하여 지도화하거나, 특정 시점의 인구 데이터를 일정한 시간 간격으로 연속적으로 제시하는 스냅샷 방식을 이용하는 경우가 많다. 이는 너무 복잡하거나

단순히 증가나 감소와 같은 단선적인 정보만을 제공 한다. 인구의 단순 증감을 넘어 시기별로 성장과 쇠퇴, 정체가 복합적으로 나타나는 인구 변화의 다이내믹은 주로 표나 그래프 수준에서 시각화되었다. 비선형적인 인구 변화를 지도화하는 방법에 대한 충분한 시도가 이루어졌다고 보기 어렵다. 장기간의 인구 변화를 효과적이고 직관적으로 시각화하는 하나의 대안적인 방법으로서 Schroeder의 BTM 기법을 적용하여 한 장의 지도에 비선형적 인구 변화의 시공간적 역동성 정보를 시각화하였다. 1975년부터 45년간의 우리나라 인구 변화의 시공간적 역동성을 시각화하고 BTM 지도를 분석해 본 결과, 그 이전 접근법으로는 포착할 수 없는 인구 트렌드를 유의미하게 드러낼 수 있는



지도화 방법으로서의 가능성을 확인하였다.

1975년부터 2020년까지 5년 단위 9개 시기의 인구 변화를 단 한 장의 지도로 요약하여 시각화하는 것은 매우 도전적인 작업이다. 이를 위해 본 연구에서는 PCA를 통해 데이터 축약 과정을 거쳤으며, 도출된 두 개의 주성분이 전체 변이의 71.0%를 설명하는 것으로 나타났다. 인구 트렌드의 변이를 가장 많이 설명하는 첫 번째 주성분(PC1)은 모든 시기의 변화에 양의 값을 보였으며, 전 시기에 걸쳐 전반적인 인구 성장 또는 인구 쇠퇴의 정도와 관련되었다. 그 다음으로 변이를 많이 설명하는 두 번째 주성분(PC2)은 인구가 감소하던 전반기와 달리 후반기에 인구가 증가하는 형태가 강하게 나타났으며, 따라서 전반기와 비교하여 상대적으로 최근 시기의 인구 성장이나 쇠퇴의 정도를 가리킨다. 이 두 개의 주성분을 결합하여 이성분트렌드 지도로 시각화하였는데, 성분 점수의 조합에 따라 9개의 색상이 지도상에 표현되었다. 파란색은 전반적인 인구 쇠퇴 및 최근의 쇠퇴 가속화, 주황색은 전반적인 인구 증가 및 최근 성장 가속화, 초록색은 전반적 인구 쇠퇴 후 최근의 재생장, 보라색은 인구 성장 후 최근의 인구 쇠퇴 등을 의미한다. 첫 번째 주성분과 두 번째 주성분을 결합하여 이성분트렌드 지도를 구현한 것이다.

본 연구에서 채택된 BTM 기법은 여러 가지 의미에서 잠재력이 뛰어난 기법인 것으로 드러났다. BTM을 통해 산출된 최종 지도는 그 한 장으로 서울을 둘러싼 수도권과 대도시 중심의 전반적인 인구 성장의 공간적 패턴을 시각화하는 것을 넘어서, 이와 동시에 흥미로운 인구 변화의 지역적, 국지적 패턴을 뚜렷이 드러내는 새로운 정보를 제공하였다. 또한 이 새로운 유형의 시공간적 역동성 매핑 기법은 기존에 많이 활용되었던 스냅샷 지도나 변화 지도, 혹은 일진보하였다 하더라도 일성분 지도 등 일반적인 인구 변화 지도화 방식보다 비선형적인 트렌드의 공간적 패턴을 보다 명확하고 직접적으로 묘사할 수 있으며, 이러한 비선형적 트렌드를 단 하나의 지도로 의미와 연관된 색상 부여를 통해 직관적으로 해석할 수 있도록 한다는 장점을

잘 보여주는 것을 확인할 수 있었다.

이렇듯 새로운 대안적 인구 변화의 지리적 시각화 기법으로서 BTM 기법은 인구뿐만 아니라, 시공간적 차원이 종합적으로 동시에 고려될 필요가 있는 다양한 분야(기후, 환경, 농업, 상업, 토지, 주택, 보건, 범죄 등등)에서 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 시공간적 차원의 시각화를 넘어, 이러한 인구 트렌드와 다른 변인들을 연결하여 기존에 미처 하지 못했던 새로운 질문과 파악하지 못했던 새로운 국면이 포착되는 흥미로운 가능성들이 활발히 열리기를 기대한다.

#### ■ 주

- 1) 행정경계에 관해서는 먼저 2008년 읍면동 행정경계를 기준으로 2010년 경계를 확정된 후, 모든 경계를 2010년 경계에 맞추는 작업을 하였으며, 행정구역이 변화된 지역 중, 읍면동 단위로 변화한 곳은 합역 혹은 분할을 하고, 읍면동 경계가 변화한 곳은 지자체 연보와 지적도를 참조하여 자료를 수정하였다.

#### ■ 참고문헌

- 고문익·김걸, 2021, “한국 지방소멸위험의 공간분포 변화분석”, 한국지도학회지 21(1), 65-74.
- 김기영·전명식, 1989, SAS 주성분 분석, 서울: 자유아카데미.
- 김민호, 2015, “연결형 마이크로맵 공간통계자료의 탐색적 분석 및 지리적 시각화”, 한국지도학회지 15(2), 39-50.
- 김영성, 2004, “도시지역의 인구변동”, 국토지리학회지 38(3), 227-240.
- 김정희, 2019, “데이터마이닝을 이용한 시공간자료의 탐색적 분석 및 시각화”, 한국사진지리학회지 29(4), 143-158.
- 류주현·장동호, 2017, “세종시 개발에 따른 세종시와 인접지역 간 인구이동 및 통행 변화”, 한국사

- 진지리학회지 27(3), 23-37.
- 류주현·장동호, 2018, “세종시 전출입이동과 이동 이유”, 한국사진지리학회지 28(3), 149-165.
- 박광배, 2000, 다변량분석, 서울: 학지사.
- 박정수·구자홍, 2016, 인구통계학의 이론과 실제, 제 2판, 서울: 교우사.
- 신정엽·이상일, 2008, GIS의 개념과 원리, 서울: 다락방.
- 안재성·이양원·박기호, 2006, “지역분석을 위한 시계열 공간연관성 탐색도구”, 한국GIS학회지 14(1), 163-176.
- 이건학·김감영·김영호·김영훈·신정엽·이상일 역, 2014, 지도학과 지리적 시각화, 서울: 시그마프레스. (Slocum, T.A., McMaster, R.B., Kessler, F.C., and Howard, H.H., 2009, Thematic Cartography and Geovisualization, 3rd ed., Upper Saddle River: Prentice Hall.)
- 이희연, 2003, 인구학: 인구의 지리학적 이해, 서울: 범문사.
- 임석희, 2016, “대도시 도심부의 인구변동과 쇠퇴 양상의 변화”, 한국지역지리학회지 22(3), 599- 614.
- 임석희, 2018, “인구감소도시의 유형과 지리적 특성 분석”, 국토지리학회지 52(1), 65-84.
- 임석희, 2019, “지방소도시의 인구감소 및 성장과 쇠퇴의 특성”, 대한지리학회지 54(3), 365-386.
- 장문현, 2016, “GIS와 공간통계기법을 활용한 도시쇠퇴 특성 분석”, 한국지역지리학회지 22(2), 424-438.
- 제현정, 2019, “인구감소지역 유형별 대응정책 사례 연구”, 한국도시지리학회지 22(1), 131-147.
- 조대현, 2011, “유동 패턴 분석 방법으로서의 요인 분석에 대한 비판적 검토”, 한국지도학회지 11(1), 33-46.
- 조대현, 2021, “우리나라 도시 축소의 인구 요인 및 특성 분석”, 한국도시지리학회지 24(1), 29- 44.
- 최재현·박관기, 2020, “한국 축소도시의 지역적 특성과 도시정책의 방향”, 한국도시지리학회지 23(2), 1-13.
- An analytical review, Journal of Visual Languages and Computing, 14(6), 503-541.
- Demšar, U., Harris, P., Brunson, C., Fotheringham, A. S., and McLoone, S., 2013, Principal component analysis on spatial data: an overview, Annals of the Association of American Geographers 103(1), 106-128.
- Dodge, M., Mcderby, M., Turner, M., 2008, Geographic Visualization: Concepts, Tools and Applications, John Wiley & Sons Inc.
- Li, Y., Liu, H., Tang, Q., Lu, D. and Xiao, N, 2014, Spatial-temporal patterns of China’s interprovincial migration, 1985–2010, Journal of Geographical Sciences 24(5), 907-923.
- Rowland, D., 2003, Demographic Methods and Concepts, Oxford: Oxford University Press.
- Schroeder, J. P. 2009, Visualizing Patterns in U.S. Urban Population Trends, A Ph.D. Dissertation of the University of Minnesota.
- Schroeder, J. P. 2010, Bicomponent trend maps: A multivariate approach to visualizing geographic time series, Cartography and Geographic Information Science 37(3), 169-187.
- Siegel, J. S. and Swanson, D. A., 2008, The Methods and Materials of Demography, 2nd edition, Bingley: Emerald Group Publishing.
- 국가통계포털(KOSIS), <http://kosis.kr/>
- 통계청, 2011, “내가 살고 있는 지역의 35년 전 인구는? - 행정구역 변동에 따른 지역별 인구·가구·주택 추이(1975~2010) : 인구주택총조사를 중심으로 -”, 보도자료(2011년 12월 13일).
- Andrienko, N., Andrienko, G. and Gatal'sky, P., 2003. Exploratory spatio-temporal visualization:
- 투고일 2021. 09. 17  
수정일 2021. 09. 30  
확정일 2021. 09. 30