

인구이동 플로의 지리적 시각화를 위한 개념적 명료화: 우리나라 2020년 인구이동에 대한 주제도 제작

이상일* · 이소영**

Conceptual Clarifications on Geovisualization for Migration Flow Data: Thematic Mapping of Internal Migration in South Korea in 2020

Sang-Il Lee* · Soyoung Lee**

요약 : 본 논문의 주된 연구목적은 인구이동 플로의 지리적 시각화를 위한 개념적 명료화를 수행하고, 그것에 의거해 우리나라 인구이동 데이터를 사례로 다양한 주제도의 예시를 제공하는 것이다. 공간적 스케일 개념에 대한 심도 깊은 논의를 바탕으로 인구이동 연구를 위한 공간적 프레임워크가 제시되었다. 인구이동 관련 측도들의 다양성이 측도의 성격과 측도의 공간적 스케일이라는 두 축에 의거한 유형 분류 체계를 통해 제시되었다. 측도의 다양한 성격을 세 가지 주요 주제도 유형(도형표현도, 코로플레스맵, 유선도)과 결합하는 원리가 제시되었다. 우리나라 2020년 시군구 단위 인구이동 플로 데이터에 대해 세 가지 지역 스케일별로 주제도 제작의 사례가 제공되었다. 지역별 수준에서는 순이동과 순이동률에 대한 일종의 이변량 도형표현도, 인구이동 영향력에 대한 코로플레스맵, 자족도에 대한 코로플레스맵이 제시되었다. 지역-특수적 수준에서는 행-표준화 지도와 열-표준화 지도가 도형표현도와 단계구분도의 형태로 제시되었다. 지역간 수준에서는 스트림 영향력 지도와 탁월류 분석 지도가 유선도 형태로 제시되었다. 본 연구는 단순한 시각화를 넘어 인구이동 플로 데이터에 대한 탐색적 공간데이터 분석을 진작한다는 측면에서 의의가 있는 것으로 평가된다.

주요어 : 인구이동 플로, 공간적 스케일, 인구이동 측도, 주제도 제작, 탐색적 공간데이터 분석

Abstract : The main objective of this study is to provide conceptual clarifications on geovisualization for migration flow and to exemplify them with various thematic maps for internal migration data of South Korea. A spatial framework for migration studies is offered based on an in-depth discussion on the spatial scale concept. Various migration measures are properly placed on a typology table on which one dimension is about their characteristics and the other is about their spatial scales. A proper way to combine various measures and the three major types of thematic mapping, proportional symbol, choropleth, and flow maps, is examined. Thematic maps for the internal migration flow data in South Korea in 2020 are offered at three different regional scales: a kind of bivariate proportional symbol map for net migrants and net migration rates and a choropleth map for migration effectiveness at the general regional scale; a couple of proportional symbol maps and a couple of choropleth maps for row-standardization and column-standardization proportions at the region-specific level; and a couple of flow

*서울대학교 사범대학 지리교육과 교수(Professor, Department of Geography Education, College of Education, Seoul National University, si_lee@snu.ac.kr)

**서울대학교 사범대학 지리교육과 강사(Lecturer, Department of Geography Education, College of Education, Seoul National University, lsy4707@snu.ac.kr)

maps for stream effectiveness and dominant flows at the inter-regional scale. This study is expected to foster exploratory spatial data analysis for migration flow data beyond simple data visualization.

Key Words : Migration flows, Spatial scales, Migration measures, Thematic mapping, Exploratory spatial data analysis (ESDA)

I. 서론

공간적 상호작용(spatial interaction)은 “공간상의 지점들 간의 모든 종류의 흐름”으로 포괄적으로 정의될 수 있는데(이상일, 2012), 공간적 상호작용의 한 인스턴스(instance)는 “한 지점에서 다른 지점으로의 일방향적 공간 이동 현상”으로 보다 구체적으로 주어질 수 있다. 예를 들어 인구가 이동의 한 인스턴스는 한 주택이 위치한 지점에서 또 다른 주택이 위치한 지점으로의 한 단위 인구(한 사람 혹은 한 가구)의 이동을 의미한다. 이러한 인스턴스의 집합이 특정한 종류의 공간적 상호작용을 총체적으로 규정한다. 한편, 공간적 상호작용 데이터는 이러한 공간적 상호작용의 양상을 포착하여 정리한 것이다. 공간적 상호작용의 개별 인스턴스에 대한 기초 데이터를 바탕으로, 특정 공간 범위 내에서 특정 기간 동안 발생한 총합적 양상에 대한 데이터를 구성하게 된다. 통상적인 의미의 공간적 상호작용 데이터는 공간단위들 간의 플로 규모에 대한 측정값(카운트)으로 구성되며, 보통 줄여서 플로 데이터(flow data)라고 부른다(Stillwell *et al.*, 2010).

그런데 공간적 상호작용 데이터를 보다 정확히 이해하기 위해서는 공간적 상호작용과 공간적 상호작용 데이터를 보다 엄밀히 구분할 필요가 있다. 앞에서 살펴본 것처럼, 공간적 상호작용의 한 인스턴스는 “전출지-전입지”로 구성되는 한 단위의 방향적 지점쌍(a directional pair of locations)”으로 이해할 수 있다. 그런데 공간적 상호작용 데이터가 개별 인스턴스의 형태로 주어지는 경우는 매우 드물다. 대부분의 공식적인 공간적 상호작용 데이터는 특정 공간단위 체계로 집계된 합역 데이터(spatially aggregated data)의 형태로 주어진다. 이는 두 가지의 함의를 가진다. 첫째, 플로 데이터는 더 이상 점형(point) 개체 간의 관계가 아니라 역형(area) 개체 간의 관계로 전환된다. 둘째, 공간적 상호작용의 인스턴스는 일방향적이지만, 플로 데이터의 인스턴스는 쌍방향적이다. 즉, 모든 공간단위는 전출지임과 동시에 전입지가 된다.²⁾

공간적 상호작용 데이터는 다른 공간적 데이터와는 확

연히 구분되는 고유한 특성이 있고(Bailey and Gatrell, 1995; Stillwell *et al.*, 2010; 이상일, 2012), 이로 말미암아 데이터 관리 및 분석 측면에서 다양한 난제가 존재한다는 것은 이미 널리 알려져 있다. 즉, 공간적 상호작용 데이터는 데이터의 시간-공간-속성의 일관성을 유지하기 어렵고(Duke-Williams and Stillwell, 2010), ‘공간단위 임의성의 문제(modifiable areal unit problem, MAUP)’(Stillwell *et al.*, 2018; Chatagnier and Stillwell, 2021; 김감영, 2011)나 공간적 자기상관 분석(Chun, 2008; LeSage and Pace, 2008; Fisher and Griffith, 2008; 김영호, 2010)과 같은 분석적 측면에서 훨씬 더 복잡한 이슈를 내포하고 있다. 본 연구는 공간적 상호작용 데이터의 특수성이 데이터 관리 및 분석 측면 뿐만 아니라 지리적 시각화(geovisualization) 측면에도 많은 부가적인 난제를 부과한다는 점에 주목하고자 한다. 공간적 상호작용 데이터는 시각 혼란증(visual cluttering) 문제와 필연적으로 연관되어 있고, 지도학적 표현 기법의 다중성이라는 특성을 갖는다(김감영·이상일, 2012; Kim *et al.*, 2012). 전자는, 일부만 시각화할 수밖에 없는 제한점이 존재한다는 점을 지적하는 것이고(김지우·이건하, 2017), 후자는 우선도를 포함한 다양한 주제도 유형으로 시각화될 수 있다는 점을 지적하는 것이다(이상일·김현미, 2021).

공간적 상호작용 데이터 일반 혹은 그것의 특수한 형태로서의 인구가 이동 플로의 지리적 시각화에 대한 연구는 2000년대 이후에 꾸준히 진행되어 왔으며, 최근 많은 성과가 있었다(Nielsen and Hovgesen, 2008; Guo, 2009; Rae, 2009; Xiao and Chun, 2009; Wood *et al.*, 2010; Maddox *et al.*, 2013; Guo and Zhu, 2014; Zhu and Guo, 2014; Koylu and Guo, 2017; Stephen and Jenny, 2017; Zhou *et al.*, 2018). 그런데 이러한 연구의 대부분은 지리적 시각화의 ‘기법’ 그 자체에 집중하는 경향이 있고, 시각화의 대상이 되는 현상 자체에 대한 관심은 상대적으로 적은 편이다. 본 연구의 기본 시각은 인구가 이동 플로우에 대한 적절한 지리적 시각화 기법을 발전시키기 위해서는 인구가 이동이라는 공간적 현상에 대한 보다 정교한 개념적 고려가 선행되어야

한다는 것이다.

따라서 본 논문의 주된 연구목적은 인구이동 플로의 지리적 시각화를 위한 개념적 명료화를 수행하고, 그것에 의거해 우리나라 인구이동 데이터를 사례로 다양한 주제도의 예시를 제공하는 것이다. 이를 위해 다음과 같은 하위 연구 과제를 설정한다. 첫째, 공간적 스케일 개념에 대한 논의를 바탕으로 우리나라 인구이동 연구를 위한 공간적 프레임워크를 제시한다. 둘째, O-D 매트릭스로부터 도출되는 다양한 인구이동 관련 측도를 엄밀히 규정하고, 적절한 유형 분류 체계를 제시한다. 셋째, 다양한 측도와 주요 주제도 유형을 결합함으로써 인구이동 플로에 대한 지리적 시각화의 토대를 제시한다. 넷째, 우리나라 2020년 시군구 단위 인구이동 플로 데이터를 사례로 적절한 주제도 제작 사례를 제공한다.

II. 인구이동 연구의 공간적 프레임워크와 인구이동 측도의 유형 분류

1. 공간적 스케일과 인구이동 연구의 공간적 프레임워크

Lam(2004)은 공간분석 혹은 지리적 연구에서 다루어지는 공간적 스케일은 네 가지의 서로 다른 의미를 가진다고 정리한 바 있다. 그것들은 지도 스케일(cartographic scale), 지리 스케일(geographic scale), 측정 스케일(measurement scale), 그리고 작동 스케일(operational scale)인데, 각각의 의미를 인구이동 플로 데이터의 맥락에서 면밀히 검토해 볼 필요가 있다. 특히 중간의 두 개가 중요한 의미를 가지므로 좀 더 자세히 살펴보고, 나머지 두 개는 개략적으로만 다루고자 한다.

우선 지리 스케일은 관찰 스케일(observational scale)이라고도 불리는데, 연구 대상 전체의 공간적 범위를 의미한다. 측정 스케일은 연구 대상 전체를 구성하고 있는 기본 공간단위의 크기를 의미하는 것으로, 행정구역과 같은 에어리어 데이터가 사용된 경우는 해당 구역의 위계 수준(혹은 해당 위계 수준에서의 구역의 평균 면적)을, 인공위성 영상과 같은 그리드(grid) 데이터가 사용된 경우는 셀(cell)의 크기를 의미한다. 특히 후자의 경우 공간 해상도(spatial resolution)라는 개념으로 더 잘 알려져 있다. 만일 우리나라의 시군구간 인구이동 양상을 연구한다면, 지리 스케일

은 우리나라 전체가 되고, 측정 스케일은 시군구 수준이 된다. 다른 데이터와 마찬가지로, 지리 스케일과 측정 스케일이 상호 의존의 관계에 있다는 것을 이해하는 것이 중요하다. 지리 스케일이 커지면 측정 스케일도 따라서 커지는 경향이 있고, 그 반대도 마찬가지이다. 예를 들어 서울시 내부의 인구이동 양상에 초점을 맞춘 연구의 경우, 시군구 수준으로 구간 인구이동 데이터를 활용할 수도 있지만, 읍면동 수준으로 동간 인구이동 데이터를 활용할 가능성이 높아진다. 만일 특정 구 내의 인구이동 양상을 연구한다면, 당연히 읍면동 수준의 데이터를 활용할 수밖에 없다.

이러한 지리 스케일과 측정 스케일에 대한 일반론적 검토를 바탕으로 인구이동 연구의 공간적 프레임워크를 정의할 수 있다. 하나의 인구이동 연구는 개념적으로 두 개의 스케일 개념, 즉 전역(global) 스케일과 지역(regional) 스케일 개념과 결부될 수밖에 없다. 전역 스케일은 인구이동이 고려되는 폐쇄 시스템의 외연을 의미하는 것으로, 그 경계를 넘는 인구이동은 고려 대상에서 제외된다. 이는 앞에서 설명한 지리 스케일과 동일한 개념이지만, 임의적인 장벽을 설정하는 것이라는 점에서 보다 심대한 함의를 가진다. 이에 반해 지역 스케일은 연구의 기본 공간단위로 측정 스케일을 의미한다. O-D 매트릭스의 기본 공간단위이며, 인구를 내보내고 받아들이는 기본 구역을 의미한다.

표 1은 인구이동 연구의 다양한 공간적 프레임워크를 우리나라를 사례로 보여주고 있다. 우선 위계포섭적 체계를 가지는 다섯 개의 기본 공간단위(전국, 권역, 시도, 시군구, 읍면동)를 상정한다. 물론 우리나라 전체를 구획하는 방식은 이보다 더 다양할 수 있으며, 반드시 위계포섭적 체계를 가져야 하는 것도 아니다. 예를 들어 시군구 수준은 통상적으로 기초지방자치단체에 기반한 229개의 공간단위로 구성된 구역 체계를 의미하지만, 다른 합역(spatial aggregation) 방식을 적용하여 다른 종류의 구역 체계를 생성할 수도 있다. 이런 의미에서, 이상일·이소영(2019)은 시도 수준과 시군구 수준을 결합함으로써 생성되는 총 162개의 공간단위로 구성된 구역 체계를 ‘시군 수준’이라고 정의하고, 인구이동 연구의 특정 맥락에서는 시군구 수준에 비해 상대적인 강점이 있음을 주장한 바 있다.³⁾ 우리나라 전체를 대상으로 시군구 혹은 시군 수준의 연구를 수행한다면 표 1에 나타나 있는 사례 1의 전형적인 예가 된다.

표 1은 전역 스케일의 공간단위 수준이 달라지면 해당 지역 스케일 보다 하위의 공간단위 수준이 지역 스케일로 규정되는 체계적인 과정을 잘 보여주고 있다. 예를 들어 수도

표 1. 인구가동 연구의 공간적 프레임워크: 우리나라의 경우

공간단위 수준	공간적 프레임워크 사례			
	사례 1	사례 2	사례 3	사례 4
전국	전역 스케일			
권역	지역 스케일 1	전역 스케일		
시도	지역 스케일 2	지역 스케일 1	전역 스케일	
시군구	지역 스케일 3	지역 스케일 2	지역 스케일 1	전역 스케일
읍면동	지역 스케일 4 (정의 스케일)	지역 스케일 3 (정의 스케일)	지역 스케일 2 (정의 스케일)	지역 스케일 (정의 스케일)

권을 대상으로 수도권 내부에서 발생한 시군구간 인구가동을 다룬다면 수도권이 전역 스케일이 되고 시군구가 지역 스케일이 된다(사례 2). 또한 서울을 대상으로 25개 구간 인구가동을 다룬다면 서울이 전역 스케일이 되고 시군구 수준이 지역 스케일이 될 것이고(사례 3), 서울시 관악구를 대상으로 동간 인구가동을 다룬다면 서울시 관악구가 전역 스케일이 되고 읍면동 수준이 지역 스케일이 될 것이다(사례 4). 그런데 전국 보다 하위의 특정 공간단위를 대상으로 연구를 진행했다고 해서 그 특정 공간단위 수준이 자동적으로 전역 스케일이 되는 것은 아니라는 점을 이해할 필요가 있다. 예를 들어, 수도권을 대상으로 한 연구에서 수도권 내 시군구 수준의 인구가동 플로를 뿐만 아니라 수도권 내 개별 시군구에서 비수도권 전체로 진출한 인구와 비수도권 전체에서 개별 시군구로 진입한 인구도 함께 다룬다면, 즉, 마치 비수도권을 수도권 내의 시군구와 동일 수준에 있는 하나의 공간단위인 것처럼 다룬다면, 전역 스케일은 수도권이 아니라 전국이 된다.

표 1을 보면 읍면동 수준의 괄호 속에 정의 스케일(defining scale)이라는 개념이 부여되어 있는 것을 볼 수 있다. 정의 스케일이란 인구 이동을 규정하는 측정 스케일을 의미한다. 우리나라의 경우 인구가동은 “읍면동 경계를 넘어 거주지를 변경한 경우”로 규정되기 때문에(통계청, 2021), 정의 스케일이 읍면동 수준이 되는 것이다. 일본의 경우는 시구정촌(市区町村)이 동일한 기능을 하며, 미국의 경우는 특별한 정의 스케일 없이 조금이라도 이동한 경우는 모두 인구가동으로 간주된다(통계청, 2021). 결국 정의 스케일은 지역 스케일의 일종이지만 개념적으로는 일반적인 지역 스케일과 다르게 취급할 필요가 있는 것이다. 결국 모든 인구가동 연구는 전역 스케일과 지역 스케일로 구성되고, 특수한 경우 지역 스케일이 정의 스케일과 동일할 수 있는 것이다.

Lam(2004)이 정의한 나머지 두 가지 공간적 스케일에 대해서도 간략하게 언급하고자 한다. 작동 스케일은 공간적 프로세스가 작동하는 공간적 범역을 의미한다(Lam, 2004; 신정엽, 2005; 이소영, 2020). 인구가동 데이터에서는 특정 공간단위로부터의 진출자가 보여주는 범위, 혹은 전입자가 오는 범위와 관련되어 있다. 인구가동 필드에 대한 많은 연구가 이와 관련된다(Morrill, 1988; Pandit, 1994). 마지막으로 지도 스케일은 보통 지도 축척으로 알려져 있는 것으로 현실 공간이 지도 공간에서 축소되는 정도를 의미한다. 지도 스케일과 인구가동 데이터는 가장 간접적으로 연관되어 있지만, 주제도 제작이라는 측면에서는 큰 의미가 있다. 인구가동 관련 주제도 제작의 기본도로 어느 정도의 지도학적 일반화가 이루어진 지도가 적절한 것인가에 대한 사항은 지리적 시각화의 적절성을 결정하는 중요한 인자일 수 있다(이와 관련하여 김현미·이상일(2021a)의 논의 참조).

2. 인구가동 측도의 다양성과 유형 분류 체계

그림 1에는 인구가동 연구에서 사용되는 기본적인 O-D (origin-destination) 매트릭스가 나타나 있다. 이 O-D 매트릭스는 n 개의 지역간 인구가동 플로를 $n \times n$ 정사각 매트릭스로 표현한 것으로, 지역간 인구가동 규모에 대한 완벽한 2차원 재현이다(Yan and Thill, 2009; 이상일·김현미, 2021).⁴⁾ 가운데에 음영으로 표시된 부분이 실질적인 매트릭스 부분이다. 이 매트릭스에 나타나 있는 n 개의 지역이 앞에서 언급한 지역 스케일이 되며, 이 n 개 지역이 전체적으로 구성하는 공간적 범위가 전역 스케일이 된다. 이 매트릭스가 우리나라 전체에 대한 것이라면 전역 스케일은 무조건 전국이지만, 지역 스케일은 시도 단위일수도, 시군구 단위일수도, 읍면동 단위일수도 있다. 핵심 매트릭스 부분

의 외곽에 있는 행별 합산, 열별 합산, 연양인구는 뒤에서 다룰 측도를 계산하는데 사용되는 부가적인 정보들이다.

본 연구는 이 O-D 매트릭스로부터 다양한 종류의 측도가 도출될 수 있다는 점을 체계적으로 보여주고자 한다. 우선, 측도는 크게 두 가지 방식으로 분류할 수 있는데, 하나는 측도의 성격에 의한 분류이고, 또 다른 하나는 공간적 스케일에 의한 분류이다. 측도의 성격에 의한 분류는 모든 측도를 인구이동 규모(magnitude) 관련 측도, 인구이동 강도(intensity) 관련 측도, 인구이동 비중(proportion) 관련 측

도의 세 가지로 구분한다. 공간적 스케일에 의한 분류는 모든 측도를 전역 스케일의 측도와 지역 스케일의 측도로 구분한다. 그런데 지역 스케일의 측도는 개념적으로 지역별 측도, 지역-특수적 측도, 지역간 측도의 세 가지 하위 수준으로 세분화된다. 지역별 측도란 각 지역의 인구이동 특성을 보여주는 속성을 의미하고, 지역-특수적 측도는 특정 지역에 초점에 두고 그것과 다른 지역이 맺는 방식에 대한 측도이다. 특정 지역을 전출지로 간주하느냐 전입지로 간주하느냐에 따라 전출지-특수적 측도와 전입지-특수적 측도로 나눌 수 있다. 마지막으로 지역간 측도는 스트림(stream) 수준 측도라고도 부르는데(Plane, 1994), 개별 지역쌍의 플로 특성에 대한 측도이다. 표 2는 측도의 성격과 공간적 스케일이라는 두 축에 의해 규정되는 인구이동 관련 측도의 유형 분류 체계를 보여주고 있다.

		전입지								행별 합산	연양 인구
		1	2	...	<i>i</i>	...	<i>j</i>	...	<i>n</i>		
전출지	1	Y_{11}	Y_{12}	...	Y_{1i}	...	Y_{1j}	...	Y_{1n}	O_1	P_1
	2	Y_{21}	Y_{22}	...	Y_{2i}	...	Y_{2j}	...	Y_{2n}	O_2	P_2
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	<i>i</i>	Y_{i1}	Y_{i2}	...	Y_{ii}	...	Y_{ij}	...	Y_{in}	O_i	P_i
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	<i>j</i>	Y_{j1}	Y_{j2}	...	Y_{ji}	...	Y_{jj}	...	Y_{jn}	O_j	P_j
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	<i>n</i>	Y_{n1}	Y_{n2}	...	Y_{ni}	...	Y_{nj}	...	Y_{nn}	O_n	P_n
	열별 합산	D_1	D_2	...	D_i	...	D_j	...	D_n	T	
연양 인구	P_1	P_2	...	P_i	...	P_j	...	P_n		P	

그림 1. 인구이동 O-D 매트릭스(Stillwell and Harland, 2010, Figure 1을 수정함.)

표 2. 인구이동 관련 측도의 유형 분류

		공간적 스케일에 의한 분류			
		전역 스케일	지역 스케일		
			지역별	지역 특수적	지역간
측도의 성격에 의한 분류	인구이동 규모	• 총이동	• 전출 • 전입 • 총이동 • 순이동		
	인구이동 강도	• 총이동률 • 시스템 영향력	• 전출률 • 전입률 • 총이동률 • 순이동률 • 인구이동 영향력		• 스트림 영향력
	인구이동 비중		• 자족도	• 행 표준화 비중 • 열 표준화 비중	

1) 인구이동 규모 관련 측도

그림 1의 외곽에 나타나 있는 행별 합산과 열별 합산은 매트릭스 구성 요소에 대한 단순한 연산을 통해 쉽게 계산할 수 있다.

$$O_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} \tag{1}$$

$$D_j = \sum_{i=1}^n Y_{ji} \tag{2}$$

여기서 Y_{ij} 는 i 지역에서 j 지역으로의 이동자수, O_i 는 i 행의 합산값, Y_{ji} 는 j 지역에서 i 지역으로의 이동자수, D_j 는 j 열의 합산값이다. 그런데 여기서 주대각 요소를 어떻게 처리할 것인지에 따라 두 가지 경우가 있을 수 있다. 우선 정의 수준인 경우에는 주대각 요소의 값이 모두 0이다. 우리나라의 경우, 읍면동 내의 인구이동은 공식적인 인구이동으로 간주되지 않기 때문에 O-D 매트릭스가 약 3,500개의 읍면동에 대해 구성된 것이라면 주대각 셀에는 0이 놓일 것이다. 그러나 연구의 지역 스케일이 시도 수준 혹은 시군구 수준이라면 주대각 셀은 해당 수준의 지역 내 이동자수에 대한 값을 가지게 된다. 그런데 특정 지역 스케일에서의 인구이동 플로란 해당 스케일의 공간단위의 경계를 넘는 인구이동 플로를 의미하는 것이므로, 전출자수와 전입자수에는 해당 공간단위 내의 인구이동이 포함되지 말아야 한다. 따라서 식 (1)과 (2)는 이러한 점을 반영하기 위

해 다음과 같이 변형되어야 하고, 각각 가장 기본적인 인구 이동 플로의 측도가 된다(Stillwell and Harland, 2010).

$$IM_i = \sum_{j=1}^n Y_{ji, i \neq j} = D_i - Y_{ii} \quad (3)$$

$$OM_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij, i \neq j} = O_i - Y_{ii} \quad (4)$$

여기서 IM_i 는 다른 지역에서 i 지역으로 이동한 전입(in-migration) 혹은 전입자수(in-migrants)이고, OM_i 는 i 지역에서 다른 지역으로 이동한 전출(out-migration) 혹은 전출자수(out-migrants)이다.

이 두 가지 기본적인 측도로부터 두 가지 측도가 부가적으로 생성될 수 있다.

$$GM_i = IM_i + OM_i \quad (5)$$

$$NM_i = IM_i - OM_i \quad (6)$$

여기서 GM_i 는 총이동(gross migration) 혹은 총이동자수(gross migrants), NM_i 는 순이동(net migration) 혹은 순이동자수(net migrants)이다. 총이동은 해당 지역과 결부되어 있는 인구이동의 전체 규모를 나타내고, 순이동은 해당 지역이 인구이동을 통해 얻거나 잃는 인구의 규모를 나타낸다. 즉, 해당 지역의 사회적 인구 증가량을 나타낸다.

지금까지 살펴본 네 개의 인구이동 측도는 모두 지역 스케일에서의 규모 관련 측도이다. 전역 스케일에서의 규모 관련 측도는 총이동이 거의 유일한데, 문제는 식(5)에 나타나 있는 지역 스케일의 총이동과는 개념 자체가 다르다는 것이다. 전역 스케일의 총이동은 “주어진 기간 동안 특정 지역 스케일의 공간단위를 넘어 인구이동을 실행한 총 인구수”로 정의할 수 있다. 이는 전역 스케일의 총이동은 지역 스케일에 따라 다양하게 주어진다라는 것을 의미한다. 우리나라를 예를 들면, 2020년 우리나라 전체의 총이동은 지역 스케일이 시도 수준인지, 시군구 수준인지, 읍면동 수준인지에 따라 다양하게 주어질 수 있다. 따라서 전역 스케일의 총이동에 대한 가장 혼란 개념적 혼돈은 총이동이 오로지 정의 스케일에 의거해서만 규정될 수 있다는 생각이다.

만일 정의 스케일이 전역 스케일의 총이동을 결정한다고 가정하면, O-D 매트릭스가 어느 지역 스케일에서 구성

된다 하더라도 다음의 수식을 통해 구해질 수 있다.

$$GM = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Y_{ij} = \sum_{i=1}^n O_i = \sum_{i=1}^n D_i = T \quad (7)$$

즉, 해당 매트릭스의 모든 요소(주대각 요소 포함)를 합산해야만 한다. 그런데, 총이동이 정의 스케일뿐만 아니라 또 다른 지역 스케일에 따라 다르게 규정될 수 있다면 식(7)은 다음과 같이 변형되어야 한다.

$$GM = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Y_{ij, i \neq j} = \sum_{i=1}^n OM_i = \sum_{i=1}^n IM_i \quad (8)$$

식(8)은 식(7)과 달리 해당 지역 스케일에서의 지역내 이동을 생략하여 총이동을 구하고 있다. 식(8)이 식(7)에 비해 전역 스케일의 총이동은 개입되는 지역 스케일에 따라 달라질 수 있다는 공리에 보다 부합한다.

측정 스케일 혹은 상이한 지역 수준에 따른 전역 스케일의 총이동 개념을 보다 정확히 살펴보기 위해 2020년 우리나라 인구이동 결과를 예시로 설명하고자 한다. 표 3은 2020년 우리나라 인구이동의 결과를 공간단위 수준별로 몇 개의 측도를 정리한 것이다. 전역 스케일은 전국이고, 세 개의 지역 스케일은 각각 시도 수준의 서울시, 시군구 수준의 서울시 관악구, 읍면동 수준의 서울시 관악구 대학동이다. 이 때 마지막의 것은 정의 스케일이기도 하다. 이 표는 통계청의 KOSIS가 제공하는 국내인구이동 통계의 기본 형식을 따르고 있는데, 모든 공간단위 수준에 대해 총이동, 시도내 이동(시군구내 이동, 시군구간 이동), 시도간 이동 각각에 대해 전입, 전출을 나누어 표시하고, 여기에 순이동을 포함시키는 방식이다. 그런데 이것이 많은 혼란의 근원이 되는데, 특히 두 가지 점이 중요하다.

우선, 지역 스케일에 따른 전역 수준의 총이동과 관련된 혼란이다. 이것은 전역 스케일 행에 나타나 있는 정보를 통해 파악할 수 있다. 총이동의 두 컬럼(전입과 전출)에 동일한 숫자 7,735,491명이 적혀 있는데, 이것은 정의 스케일인 읍면동 수준에서의 총이동을 의미한다. 즉, 2020년 한 해 동안 읍면동 경계를 넘어 통상적인 거주지를 옮긴 인구 그 정도 규모라는 것이다. 이것을 연안인구로 나누어 백분율을 구한 것이 괄호안에 나타나 있다(15.06%). 그런데, 앞에서 언급한 것처럼, 전역 스케일의 총이동은 해당 지역 스케일에 따라 다르게 규정되어야 한다. 시도 수준에서의

표 3. 우리나라 2020년 인구이동 공간단위 수준별 척도값

공간단위 수준	행정구역 명칭	총이동		순이동	시도내 이동				시도간 이동	
		전입	전출		시군구내 이동		시군구간 이동			
					전입	전출	전입	전출	전입	전출
전역 스케일	전국	7,735,491 (15.06)	7,735,491 (15.06)	0 (0.00)	2,926,406 (5.70)	2,926,406 (5.70)	2,274,971 (4.43)	2,274,971 (4.43)	2,534,114 (4.94)	2,534,114 (4.94)
지역 스케일	서울시	1,578,127 (16.55)	1,642,977 (17.23)	-64,850 (-0.68)	444,682 (4.66)	444,682 (4.66)	623,431 (6.54)	623,431 (6.54)	510,014 (5.35)	574,864 (6.03)
지역 스케일	서울시 관악구	98,301 (20.07)	103,226 (21.08)	-4,925 (-1.01)	27,197 (5.55)	27,197 (5.55)	29,962 (6.12)	37,731 (7.70)	41,142 (8.40)	38,298 (7.82)
지역(정의) 스케일	서울시 관악구 대학동	6,280 (26.60)	6,120 (25.92)	160 (0.68)	1,208 (5.12)	1,415 (5.99)	1,827 (7.74)	1,955 (8.28)	3,245 (13.74)	2,750 (11.65)

주: 전국, 서울시, 서울시 관악구, 서울시 관악구 대학동의 2020년 연앙인구는 각각 51,349,259명, 9,533,412명, 489,798.5명, 23,609명이다. 괄호 안의 숫자는 연앙인구로 나눈 비율값으로 뒤에 나올 인구이동 강도 관련 척도들임.
자료: KOSIS

총이동은 동일 행의 가장 오른쪽에 있는 시도간 이동 컬럼을 통해 파악할 수 있다. 즉, 시도간 이동자수 2,534,114명이 바로 시도 수준에서의 총이동이다. 그런데 혼란의 핵심은 시군구 수준에서의 총이동에 대한 것인데, 표 3에 나타나 있는 정보를 바탕으로 재계산을 수행해야만 구해진다. 즉, 시도간 이동자수에 시도내 이동자수 중 시군구간 이동자수를 더한 4,809,085명이 시군구간 총이동자수이다.⁹⁾

두 번째 혼란은 두 지역 스케일(서울시와 서울시 관악구)의 척도값과 관련되어 있다. 이 두 지역의 총이동(전입, 전출)은 식 (3)~(6)에 의거해 구해져야 한다. 다시 한번 강조하지만 개별 지역 스케일에서의 인구이동은 반드시 해당 지역 스케일의 경계를 넘어 이동한 인구만을 대상으로 해야 한다. 하지만 통계청의 표는 전체적인 합산 값을 정확히 동일하게 유지하기 위해 해당 지역 내, 즉 서울시 내 이동과 서울시 관악구 내 이동을 총이동의 전입, 전출 항목에 포함시키고 있다. 우선 서울시의 경우 식(3)과 (4)에 의거한 전출과 전입은 맨 오른쪽에 있는 시도간 이동의 전입과 전출이다. 서울시 관악구의 전입과 전출은 시도간 이동의 전입과 전출에 시도내 이동에서 시군구간 이동의 전입과 전출을 합한 값이어야 한다. 혹은 총이동 컬럼의 전입과 전출에서 시도내 이동 중 시군구내 이동의 전입과 전출을 뺀 값이어야 한다. 이렇게 계산하면 서울시 관악구의 전출과 전입은 각각 71,104명과 76,029명이다. 정리하면, 통계청이 제시하는 지역 스케일의 전입과 전출은 식 (1)~(2)에 나타나 있는 것에 의거한 것이고, 식 (3)~(4)에 의거한 실질적인 해

당 척도값을 구하기 위해서는 재계산 과정을 거쳐야 한다는 것이다.

2) 인구이동 강도 관련 척도

위의 식 (3)~(6)을 해당 공간단위의 연앙인구로 정규화하면 인구이동 강도 관련 척도를 구할 수 있다. 비율의 형태를 취하기 때문에 전입률(in-migration rate, IMR_i), 전출률(out-migration rate, OMR_i), 총이동률(gross migration rate, GMR_i), 순이동률(net migration rate, NMR_i)이라는 이름이 붙는다.

$$IMR_i = \frac{IM_i}{P_i} \times 100 \quad (9)$$

$$OMR_i = \frac{OM_i}{P_i} \times 100 \quad (10)$$

$$GMR_i = \frac{GM_i}{P_i} \times 100 \quad (11)$$

$$NMR_i = \frac{NM_i}{P_i} \times 100 \quad (12)$$

여기서 P_i 는 i 지역의 연앙인구이다. 표 1의 지역 스케일의 괄호 속에 나타나 있는 값들이 모두 이 척도들과 관련되어 있다.

또한 식 (7) 혹은 식 (8)을 이용하면 전역적 총이동률도 다음의 수식에 의거해 산출할 수 있다.

$$GMR = \frac{GM}{P} \times 100 \quad (13)$$

여기서 P 는 전국의 해당 연도의 연앙인구이다. 전역 스케일의 총이동률은 전역 내에서 무작위로 선정한 사람들 중 일년 동안 특정 지역 스케일의 공간단위 경계를 넘어 인구이동을 감행한 사람들의 비중이라는 의미도 되고, 전역 내의 한 개인이 일년 동안 특정 지역 스케일의 공간단위 경계를 넘어 인구이동을 감행할 확률로도 해석할 수 있다.

표 3의 전역 스케일 행의 괄호 속의 값이 전역적 총이동률과 관련되어 있다. 전역 수준의 15.06이 의미하는 바는 2020년 한 해 동안 읍면동 경계를 넘어 인구이동을 감행한 인구가 전 인구의 15.06%를 차지한다는 것을 의미한다. 앞서 말한 것처럼, 시도 단위의 총이동률은 4.94%이며, 시군구 단위의 총이동률은 시도간 이동률과 시도내 이동률 중 시군구간 이동률을 합산한 9.37%이다. 식 (9)~(12)에 의거하여 지역 스케일의 측도값을 계산해 보면, 서울시의 전입률과 전출률은 각각 5.35%와 6.03%이고, 서울시 관악구의 전입률과 전출률은 각각 14.52%와 15.52%이다. 해당 지역의 총이동률과 순이동률도 해당 수식에 의거해 손쉽게 계산할 수 있다.

여기에 한 가지 측도를 추가할 수 있는데, 그것은 인구이동 영향력(migration effectiveness)이다.

$$ME_i = \frac{IM_i - OM_i}{IM_i + OM_i} \times 100 = \frac{NM_i}{GM_i} \times 100 \quad (14)$$

특정 지역의 인구이동 영향력은 해당 지역과 다른 지역간의 인구이동이 보여주는 일방성(unidirectionality)에 대한 측도인데(Plane, 1994), 전입과 전출의 불균형성을 측정한다. 특정 지역의 인구이동 영향력은 그 지역을 중심으로 벌어지는 인구이동의 총량(전입과 전출을 합한 값)에서 해당 지역의 절대 인구수 변화를 야기하는 ‘턴오버(turnover)’, 즉 순이동의 비중을 백분율로 표시한 것이다(Plane, 1994). 식 (14)를 순이동률에 대한 식 (12)와 비교해 보면, 분모가 총이동이 연앙인구로 바뀐 것 밖에 없다는 것을 발견할 수 있다. 따라서 인구이동 영향력은 순이동률과 매우 높은 상관성을 보일 수밖에 없다. 순이동의 크기가 같고 연앙인구도 같다면 두 지역의 순이동률은 동일할 것이

다. 그런데 동일한 순이동의 규모라 하더라도 전입과 전출의 규모가 상대적으로 큰 지역 보다는 전입과 전출의 규모가 상대적으로 작은 지역에서 해당 순이동 규모의 영향력이 클 것이다. 따라서 순이동률은 순이동이 해당 지역의 인구증감에 미치는 영향의 정도를 측정하지만, 인구이동 영향력은 순이동이 특정 지역을 중심으로 한 인구이동의 규모에서 어느 정도의 비중을 차지하는지를 측정한다. 특히 연앙인구의 규모가 매우 크거나 작을 경우 순이동률은 매우 작거나 큰 값을 갖기 때문에 인구이동의 인구 변동에의 실질적인 기여를 측정할 수 없다는 측면에서 인구이동 영향력을 더 좋은 측도로 평가하기도 한다(Plane and Rogerson, 1994; Plane, 1994).

Plane(1984; 1994)은 지역별 인구이동 영향력 지수를 변형하여 전역 스케일과 지역간 스케일에 대한 측도도 제시한 바 있다. 그는 이를 각각 시스템 영향력(system effectiveness)과 스트림 영향력(stream effectiveness) 지수라 불렀다.

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n |NM_i|}{\sum_{i=1}^n GM_i} \times 100 \quad (15)$$

$$ME_{ij} = \frac{Y_{ij} - Y_{ji}}{Y_{ij} + Y_{ji}} \times 100 \quad (16)$$

여기서 ME 는 시스템 영향력이고, ME_{ij} 는 스트림 영향력이다. 시스템 영향력은 전역 스케일에서 인구이동이 인구재분포에 얼마만큼 유효한가를 나타내는 지표이고, 스트림 영향력은 두 지역 사이의 인구이동이 얼마나 한 쪽 방향으로 편중되어 있는가의 지표이다. 스트림 영향력의 분자와 분모를 각각 스트림 순이동과 스트림 총이동이라 부를 수 있다. 참고로 우리나라 시군구 수준의 시스템 영향력은 8.14%이다.

3) 인구이동 비중 관련 측도

(1) 자족도 관련 측도

앞에서 특정 지역 스케일에서 인구이동 관련 측도를 산출할 때 지역 내 이동을 배제하는 것이 보다 타당하다고 언급한 바 있다. 그런데 특정 측도는 각 지역별로 전체 전출 혹은 전입에서 지역 내 이동이 차지하는 비중을 통해 자족

도(self-containment)를 산출하기도 한다. 자족도는 크게 전역적(global) 자족도와 지역적(regional) 자족도로 구분할 수 있다. 전역적 자족도는 시스템 내의 총 이동 중 지역 내 이동이 차지하는 비중을 의미하며, 다음의 수식에 의거해 구해진다.

$$GSC = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{ii}}{T} \times 100 \quad (17)$$

2020년 우리나라 시도 수준의 전역적 자족도를 계산하면, 시도 내 이동 5,201,377명이 전체 이동 7,735,491명에서 차지하는 비중이므로 67.24%이다. 시군구 수준에서의 전역적 자족도는 시군구 내 이동 2,926,406명이 7,735,491명에서 차지하는 비중이므로 37.83%이다.

이에 반해 지역적 자족도는 ‘공급-측면(supply-side) 자족도’ 혹은 ‘전입지-기반(destination based) 자족도’와 ‘수요-측면(demand-side) 자족도’ 혹은 ‘전출지-기반(origin based) 자족도’로 나뉜다(O’Sullivan *et al.*, 2004; Brown and Hincks, 2008; 이상일 등, 2012). 공급-측면 자족도는 해당 지역으로부터의 총 전출자 중 그 지역 내에 정착한 비중(%)을 의미하는 것으로, 해당 지역에서 발생한 총 수요 중 얼마가 그 지역 내 공급에 의해 흡수되었는가의 정도를 나타낸다. 이에 반해 수요-측면 자족도는 해당 지역으로의 총 전입자 중 그 지역 내부로부터 발생한 비중(%)을 의미하는 것으로, 해당 지역에서 제공한 총 공급 중 얼마가 그

지역 내 수요에 의해 소비되었는가의 정도를 나타낸다. 수식은 다음과 같이 주어진다.

$$SC_i^S = \frac{Y_{ii}}{O_i} \times 100 \quad (18)$$

$$SC_i^D = \frac{Y_{ii}}{D_i} \times 100 \quad (19)$$

여기서 SC_i^S 는 공급-측면 자족도이고, SC_i^D 는 수요-측면 자족도이다. 표 3에 나타나 있는 정보를 이용해 계산해 보면, 서울시의 공급-측면 자족도와 수요-측면 자족도는 각각 65.01%와 67.68%이며, 서울시 관악구의 공급-측면 자족도와 수요-측면 자족도는 각각 26.35%, 27.67%이다. 행정구역의 수준이 높을수록 자족도가 높게 나타나는 것은 당연한 결과이다.

(2) 지역-특수적 비중 측도

그림 2에는 그림 1에 있는 O-D 매트릭스에 각각 행-표준화(row-standardization)와 열-표준화(column-standardization)를 실행한 것의 결과가 나타나 있다. 우선 표준화 과정에 주대각 요소는 고려되지 않았음에 주목해야 한다. 원편의 행-표준화를 보면, 모든 비대각 요소를 해당 행의 합산값, 즉 전출자수로 나누어 준 것을 알 수 있다. 반대로 오른쪽의 열-표준화를 보면, 모든 비대각 요소를 해당 열의 합산값, 즉 지역별 전입자수로 나누어 준 것을 알 수 있다. 통계

		전입지							
		1	2	...	i	...	j	...	n
전출지	1	-	Y_{12}/OM_1	...	Y_{1i}/OM_1	...	Y_{1j}/OM_1	...	Y_{1n}/OM_1
	2	Y_{21}/OM_2	-	...	Y_{2i}/OM_2	...	Y_{2j}/OM_2	...	Y_{2n}/OM_2
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	i	Y_{i1}/OM_i	Y_{i2}/OM_i	...	-	...	Y_{ij}/OM_i	...	Y_{in}/OM_i
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	j	Y_{j1}/OM_j	Y_{j2}/OM_j	...	Y_{ji}/OM_j	...	-	...	Y_{jn}/OM_j
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n	Y_{n1}/OM_n	Y_{n2}/OM_n	...	Y_{ni}/OM_n	...	Y_{nj}/OM_n	...	-

(a) 행-표준화의 경우

		전입지							
		1	2	...	i	...	j	...	n
전출지	1	-	Y_{12}/IM_2	...	Y_{1i}/IM_i	...	Y_{1j}/IM_j	...	Y_{1n}/IM_n
	2	Y_{21}/IM_1	-	...	Y_{2i}/IM_i	...	Y_{2j}/IM_j	...	Y_{2n}/IM_n
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	i	Y_{i1}/IM_1	Y_{i2}/IM_2	...	-	...	Y_{ij}/IM_j	...	Y_{in}/IM_n
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	j	Y_{j1}/IM_1	Y_{j2}/IM_2	...	Y_{ji}/IM_i	...	-	...	Y_{jn}/IM_n
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n	Y_{n1}/IM_1	Y_{n2}/IM_2	...	Y_{ni}/IM_i	...	Y_{nj}/IM_j	...	-

(b) 열-표준화의 경우

그림 2. O-D 매트릭스의 표준화를 통한 지역-특수적 측도 도출

학적으로 말하면, 행-표준화는 Q-모드의 주성분분석과 관련되어 있고, 열-표준화는 R-모드의 주성분분석과 관련되어 있다(Clayton, 1977; Pandit, 1994).

그런데 여기서 중요한 것은, 각 표준화별로 두 개씩의 지역-특수적 비중 측도가 산출된다는 것이다. 우선, 행-표준화의 경우, 그림 2(a)에 나타나 있는 것처럼, i 지역에 대해 두 개의 변수가 생성된다. i 번째 행의 경우는 i 번째 지역으로부터의 전출자 전체에서 각 도착지가 차지하는 비중을 나타낸다. i 번째 열의 경우는 i 번째 지역으로의 전입자수가 각 출발지의 전출자 전체에서 차지하는 비중을 나타낸다. 이 때 전자를 ‘전출자-특수적 행-표준화 비중’, 후자를 ‘전입지-특수적 행-표준화 비중’이라고 부를 수 있다. 뒤에서 살펴볼 것이지만 후자가 훨씬 더 중요한 의미를 갖는다. 다음으로 열-표준화의 경우, 그림 2(b)에 나타나 있는 것처럼, 마찬가지로 i 지역에 대해 두 개의 변수가 생성된다. i 번째 열의 경우는 i 번째 지역으로의 전입자 전체에서 각 출발지가 차지하는 비중을 나타낸다. i 번째 행의 경우는 i 번째 지역으로부터의 전출자수가 각 도착지의 전입자 전체에서 차지하는 비중을 나타낸다. 이 때 전자를 ‘전입지-특수적 열-표준화 비중’, 후자를 ‘전출지-특수적 열-표준화 비중’이라고 부를 수 있다.⁶⁾

III. 우리나라의 2020년 인구이동 플로에 대한 주제도 제작

1. 측도의 성격과 주제도 유형의 선정

여기서는 표 1에 나타나 있는 다양한 측도들을 주제도로 표현하는 원칙에 대해 논하고자 한다. 우선 전역 스케일의 측도들은 지도에 표현할 수 없다. 이 측도는 주로 시계열적 분석이나 국가간 비교 연구에서 사용된다(Bell *et al.*, 2002; 2015; Charles-Edwards *et al.*, 2019). 따라서 지리적 시각화는 지역 스케일에 집중한다. 지역 스케일 중 특히 지역별 측도가 지도화에 가장 널리 사용되는 속성이다. 인구이동 플로에 대한 지리적 시각화의 가장 중요한 부분은 측도의 성격에 부합하는 주제도 유형을 선정하는 것이다. 보통 총계나 빈도로 표현되는 속성을 ‘공간적으로 외연적인(spatially extensive)’ 속성이라고 부르고, 평균, 비중, 비율과 같은 표준화 혹은 정규화 값으로 표현되는 속성을 ‘공간적으로 내포적인(spatially intensive)’ 속성이라고 부른다

(Goodchild and Lam, 1980, Goodchild *et al.*, 1993). 지역별 측도 중 인구이동 규모 관련 측도가 전자의 예이고, 인구이동 강도 관련 측도가 후자의 예이다.

주제도 제작의 가장 중요한 원칙 중의 하나가 공간적으로 외연적인 속성은 도형표현도(graduate or graduated symbol map)로, 공간적으로 내포적인 속성은 코로플레스맵(choropleth map)⁷⁾의 형태로 표현하는 것이다(MacEachren, 2004; Dent *et al.*, 2009; 이진학 등 역, 2014; 이상일·손일 역, 2021). 그런데 왜 이러한 지도학적 원칙이 수립되었는지에 대해서 다소간의 혼돈이 존재하는 것으로 보여 그에 대한 설명을 제시하고자 한다. 공간적으로 외연적인 속성은 공간단위 내의 모든 지점에 그 값이 존재한다고 가정할 수 없는데 반해, 공간적으로 내포적인 속성은 공간단위 내의 모든 지점에 그 값이 ‘평균적으로’ 존재한다고 가정할 수 있다. 예를 들어 전출자수는 해당 공간단위 내의 모든 지점에서 그 만큼의 인구가 전출했다고 할 수 없다. 만일 그렇다면 그 지역에서 다른 지역으로의 전출자수는 무한대가 되기 때문이다. 따라서 공간단위를 대표하는 특정 대표 지점에서만 그 현상이 발생한 것이라 간주할 수밖에 없고, 도형표현도가 그러한 것을 잘 반영하는 주제도 기법인 것이다. 그러나 전출률은 해당 공간단위 내의 모든 지점에서 평균적으로 그 정도의 강도로 전출이 이루어진다고 말할 수 있다. 따라서 공간단위 전체가 동일한 속성값을 갖게 표현해주는 코로플레스맵 형태의 지도가 적절한 것이다. 결국 지역별 측도 중 인구이동 규모 관련 측도는 도형표현도로, 인구이동 강도 관련 측도는 단계구분도로 표현하여야 한다.

인구이동 비중 관련 측도에 대한 주제도 제작은 주의를 요한다. 비중은 기본적으로 공간적으로 내포적인 속성이고, 코로플레스맵 형태로 나타내는 것이 원칙이기 때문에, 지역별 비중 측도인 자족도는 모두 코로플레스맵의 형태로 나타내야 한다. 그런데 지역-특수적 비중 측도는 조금 복잡하다. ‘전출지-특수적 행-표준화 비중’과 ‘전입지-특수적 열-표준화 비중’은 비율의 형태를 띠고 있기는 하지만 비중 계산에서 동일한 분모가 사용되기 때문에 분자에 있는 인구이동 규모와 직접적으로 관련되어 있다. 이에 반해 ‘전입지-특수적 행-표준화 비중’과 ‘전출지-특수적 열-표준화 비중’은 비중 계산에서 모두 다른 분모가 사용되기 때문에 인구이동의 강도에 대한 측도와 유사한 성격을 갖는다. 따라서 전자의 두 지도는 도형표현도로, 후자의 두 지도는 코로플레스맵 형태로 나타내야 한다. 물론 단계구분도나

코로플레스맵 대신에 유선도 형태로 표현할 수도 있다. 선의 굵기는 공간적으로 외연적인 속성, 공간적으로 내포적인 속성 모두를 표현할 수 있다(Dent, 2009).

마지막으로, 지역간 수준의 지배적인 주제도 유형은 유선도(flow map)라 할 수 있다. 스트림 영향력 측도를 활용한 유선도 제작이 가능하다. 그러나 그림 1에 나타나 있는 O-D 매트릭스의 일부를 적절히 선정하여 나타낸 모든 종류의 유선도가 이 범주에 포함된다고 할 수 있다. 문제는 선정 방식이 어떠한 기준에 따른 것인지, 그리고 드러난 공간적 패턴이 어떠한 통찰력을 제시해 줄 수 있는지가 지리적 시각화의 적절성을 결정하는 관건이 된다.

2. 주제도 제작

여기서는 표 2에 나타나 있는 인구이동 관련 측도의 유형 분류 체계에 기반하여, 지역 스케일의 세 가지 하위 범주, 즉 지역별 수준, 지역-특수적 수준, 지역간 수준으로 나누어 주제도 제작의 사례를 보여주도록 한다. 주제도 제작의 측면에서 세 가지 지역 스케일의 차이를 보다 명확히 할 필요가 있다. 지역별 수준은 측도값이 모든 지역의 속성값으로 주어지는 경우로, 지역×변수의 데이터 매트릭스에서 인구이동 측도가 변수로 취급되는 경우이다. 지역-특수적 수준은 연구 지역 내의 모든 지역이 특정 지역과 맺는 관계의 속성이 지역×변수의 데이터 매트릭스에서 하나의 변수가 되는 경우이다. 따라서 변수 자체가 특정 지역과 필연적으로 결부되어 있고, 해당 지역은 자신의 변수에서 값을 갖지 않는다. 모든 지역에 대해 이러한 지역-특수적 변수가 생성될 수 있기 때문에 지역 개수만큼의 측도가 가능하고, 그 만큼의 주제도가 제작될 수 있다. 마지막으로 지역간 수준은 특정 지역과 결부되지 않고 개별적인 지역쌍의 플로우에 대해 측도값이 산출되는 경우이다.

1) 지역별 수준 측도

(1) 인구이동 규모 및 강도 관련 측도

한 측도만으로 한 주제도를 제작하는 일반적인 경우라면 위에서 정리한 원칙에 맞추어 주제도를 제작하면 된다. 그러나 많은 경우 인구이동 규모와 강도를 동시에 탐색할 필요가 있고, 한 장의 지도에 두 개의 서로 다른 속성을 표현하는 것이 하나의 지도학적 옵션일 수 있다. 이것은 부가적인 시각변수(visual variable)을 활용한 것일 수도 있고

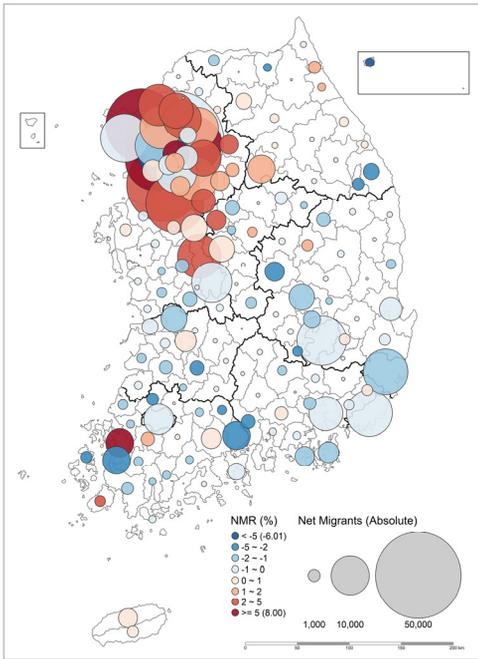
(이건학 등 역, 2014), 일종의 이변량 도형표현도인 것으로 간주할 수도 있다. 그림 3(a)는 인구이동 규모 측도로서의 순이동과 인구이동 강도 측도로서의 순이동률을 하나의 지도에 동시에 나타낸 것이다. 경기도 화성시, 김포시, 시흥시, 평택시, 하남시가 2만명 이상의 순전입(net in-migration)을 기록한 반면, 서울시는 6만 명이 넘는 순전출(net out-migration)을 기록했다. 경기도 과천시, 김포시, 하남시, 전라남도 무안군, 경기도 시흥시가 5%가 넘는 순이동률을 기록했다.

그림 3(b)는 측도 하나를 사용하여 제작된 전형적인 코로플레스맵의 예를 보여준다. 그림 3(a)는 시군 수준으로 제작된 반면, 그림 3(b)는 시군구 수준에서 제작되었기 때문에 특별시와 광역시 내의 공간적 변동을 좀 더 세밀하게 살펴볼 수 있는 장점이 있다. 동시에 그림 3(a)에 나타나 있는 순이동률과의 관련성을 비교함으로써 후자의 측도로서의 특징을 좀 더 세밀히 살펴볼 수도 있다. 경기도 김포시, 과천시, 하남시, 시흥시, 전라남도 무안군, 경기도 평택시, 화성시가 20%가 넘는 높은 인구이동 영향력을 보여주었다. 순이동률과 인구이동 영향력의 상관계수는 0.974로 극단적으로 높기 때문에 우리나라의 맥락에서 거의 동일한 지표로 간주해도 무방할 것으로 보인다.

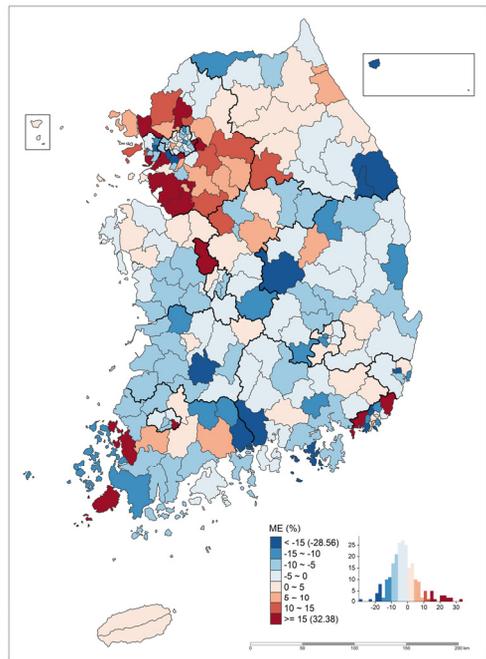
(2) 인구이동 비중 관련 측도: 자족도

앞에서 살펴본 것처럼, 우리나라 2020년의 시군구 단위 인구이동에서 전역적 자족도는 37.83%이다. 이는 읍면동 경계를 넘는 인구이동을 실행한 인구 중 원 거주지의 시군구 내에서 이동한 인구의 비중이 대략 40% 정도 수준이라는 의미이다. 지역 스케일, 즉 시군구별로 식(18)과 (19)에 의거해 공급-측면 자족도와 수요-측면 자족도를 산출하고 그것을 코로플레스맵 형태로 나타낼 수 있다(그림 4).

우선 공급-측면 자족도를 살펴보면, 충청북도 청주시, 강원도 춘천시, 전라북도 전주시, 전라북도 군산시, 경상남도 창원시, 제주도 제주시, 강원도 원주시가 60% 이상의 높은 자족도를 보여준 반면, 충청북도 증평군, 인천광역시 옹진군, 경상북도 군위군은 10% 미만의 낮은 자족도를 보여준다. 수요-측면 자족도를 살펴보면, 경상남도 창원시, 전라북도 군산시, 충청북도 청주시, 경상북도 포항시, 전라남도 여수시 등이 60% 이상의 높은 자족도를 보여준 반면, 충청북도 증평군, 인천광역시 옹진군, 경상북도 군위군은 10% 미만의 낮은 자족도를 보여준다. 두 지도 패턴의 높은 유사성에서 연역할 수 있는 것처럼, 두 변수의 상관계

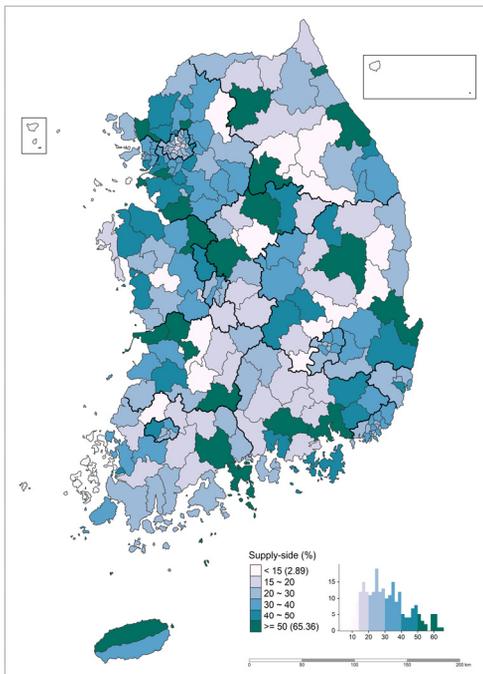


(a) 순이동 규모와 순이동률

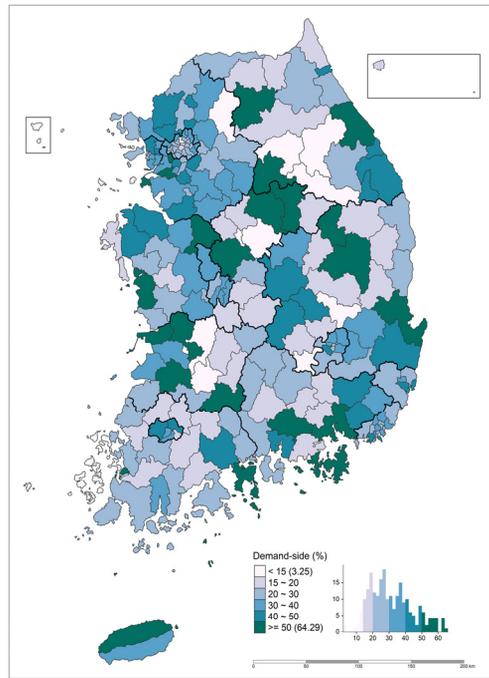


(b) 인구가동 영향력

그림 3. 지역별 인구가동 규모 및 강도 지도



(a) 공급-측면 자족도



(b) 수요-측면 자족도

그림 4. 지역별 자족도 지도

수는 0.950로 극단적으로 높다.

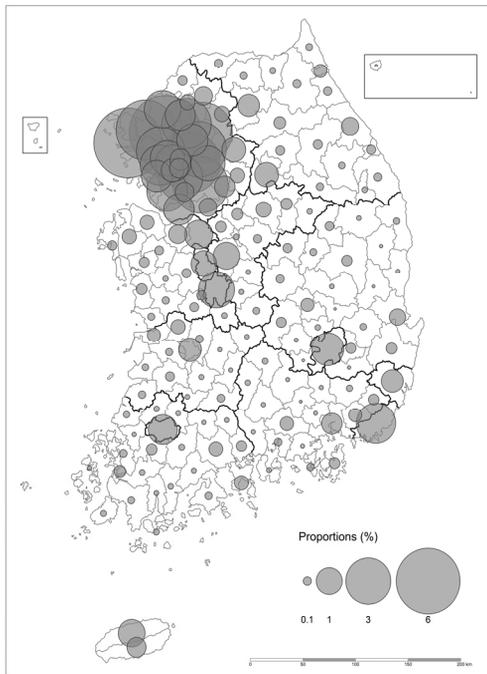
2) 지역-특수적 수준 측도

앞에서 살펴본 것처럼, O-D 매트릭스의 표준화에 기반한 측도는 다른 측도와 달리 특정 지역과 나머지 지역과의 관련성에 대한 측도이다. 따라서 우선 특정 지역을 선정해야 하고, 그 다음에 행-표준화인지 열-표준화인지를 결정해야 하고, 최종적으로 전출자-특수적 지도인지 전입자-특수적 지도인지 선택해야 한다. 결국 한 지역별로 네 장의 지도를 산출할 수 있다. 이 예는 서울을 사례로 한 것인데, 서울이 하나의 단일 지역으로 선정될 수 있는 것은 시군구 단위가 아니라 시군 단위를 사용했기 때문이다.

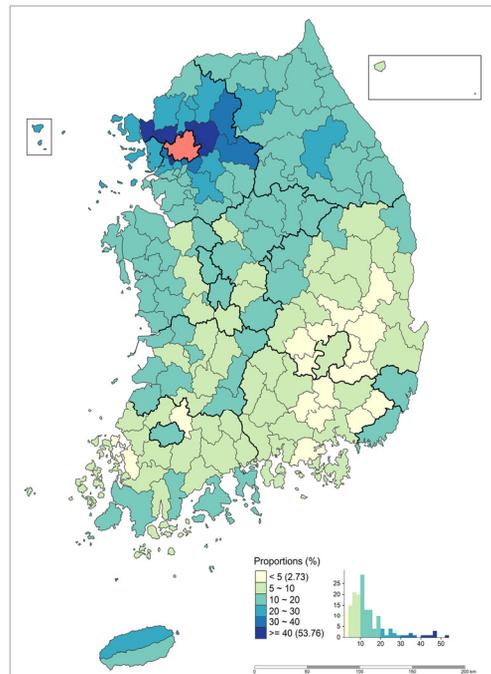
그림 5에는 그림 2(a)에 나타나 있는 행-표준화와 관련된 두 장의 주제도가 나타나 있다. 그림 5(a)는 출발자-특수적 행-표준화 지도로, 서울시로부터의 전출자수 전체에서 각 도착지가 차지하는 비중을 백분율로 표시한 것이다. 비록 비율 속성이지만 도형표현도 형태로 표현한 것은 분모가 동일하기 때문에 인구이동 강도가 아니라 인구이동 규모 관련 측도와 성격이 유사하기 때문이다. 경기도 고양시(7.56%), 인천시, 경기도 남양주시, 김포시, 성남시가 5%

이상의 높은 비중을 보였다. 이에 비해 그림 5(b)는 도착자-특수적 행-표준화 지도로, 서울시로의 전입자수가 각 출발지의 전출자 전체에서 차지하는 비중을 나타낸 코로플레스맵이다. 경기도의 하남시(53.76%), 의정부시, 남양주시, 고양시, 구리시, 광명시, 김포시가 40% 이상의 높은 비중을 보였다. 하남시를 떠난 전출자 중 약 54%가 서울을 향했다는 것을 의미한다.

그림 6에는 그림 2(b)에 나타나 있는 열-표준화와 관련된 두 장의 주제도가 나타나 있다. 그림 6(a)는 출발자-특수적 열-표준화 지도로, 서울로부터의 전출자수가 각 도착지의 전입자 전체에서 차지하는 비중을 나타낸 코로플레스맵이다.⁸⁾ 경기도 하남시(44.11%), 광명시, 고양시, 남양주시, 의정부시, 양평군, 과천시가 30% 이상의 높은 비중을 보였다. 하남시에 도착한 전입자 중 약 44%가 서울로부터 온 것이라는 의미이다. 이에 비해 그림 6(b)는 도착자-특수적 열-표준화 지도로, 서울시로의 전입자 전체에서 각 출발지가 차지하는 비중을 백분율로 표시한 것이다. 인천시와 경기도의 고양시, 성남시, 용인시, 그리고 부산시가 4% 이상의 높은 비중을 보였다. 그림 5(a)와 그림 6(b)의 상관계수는 0.926이고, 그림 5(b)와 그림 6(a)의 상관계수는 0.962로



(a) 출발자-특수적



(b) 도착자-특수적

그림 5. 서울시에 대한 행-표준화 지도

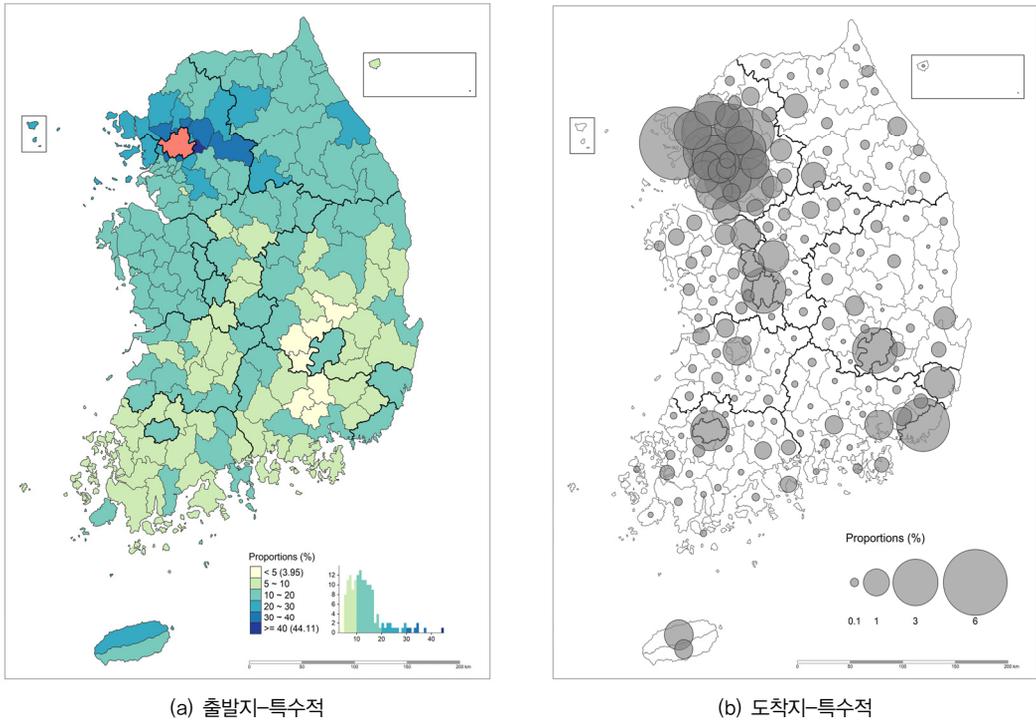


그림 6. 서울시에 대한 열-표준화 지도

매우 높다. 두 쌍의 변수의 차를 구하면 보다 흥미로운 분석이 가능할 것으로 보인다.

3) 지역간 수준 측도

지역간 수준 주제도 제작의 핵심은 시각 혼란증의 방지를 위해 적절한 개수의 플로만을 선별하여 표현하는 것이다. 여기서는 두 가지 사례를 제시하고자 하는데, 하나는 지역간 수준의 측도를 사용하는 것이고, 또 다른 하나는 O-D 매트릭스에 나타나 있는 원 플로량을 사용하는 것이다.⁹⁾

그림 7(a)는 식 (16)에 나타나 있는 스트림 영향력 측도를 활용하여 제작된 것이다. 모든 지역쌍에 대해 스트림 영향력을 측정한 후, 25% 이상인 것만 표현하되 분모에 해당하는 스트림 총이동이 1,000명 이상인 것만 나타냈다. 여기에 나타나 있는 총 80개의 플로는 쌍방향 흐름에서 상대적으로 가장 한쪽으로 쏠린 흐름을 표현한 것이라 볼 수 있다. 경기 광명시 → 시흥시(64.9), 경기 부천시 → 시흥시, 경기 부천시 → 김포시, 경기 광명시 → 부천시 가 50%가 넘는 매우 높은 영향력을 보여주었다. 두 도시를 오가는 총이동 중 절반 이상이 원편에 있는 도시에서 오른편에 있는 도시로 순이동하였다는 의미이다. 서울로부터의 흐름 중 값이 큰

것에는 경기 김포시, 시흥시, 하남시, 과천시, 양주시, 의정부시 등이고, 서울로의 흐름 중 값이 큰 것에는 경북 구미시, 경남 김해시, 대구시, 울산시, 전남 광양시, 경남 창원시 등이다.

그림 7(b)는 Nystuen and Dacey(1961)의 결절 구조 분석의 결과를 나타낸 것인데, 전체 플로에서 중요한 플로를 선별해 낸다는 의미에서는 일종의 지역간 수준 주제도 기법으로 간주할 수 있다고 본다(유사한 접근으로, Holmes and Haggett, 1977). 우선 이 기법에서 핵심은 탁월류(dominant flow)의 개념인데 모든 공간단위에서 가장 큰 전출 플로를 의미한다. 따라서 그림 7(b)에는 공간단위 개수만큼의 플로만 나타나 있다. 다시 말하면 그림 1에 나타나 있는 O-D 매트릭스에서 각 행별로 가장 큰 값을 가진 셀만 남기는 것이다(주대각 요소는 고려하지 않음). 그리고 나서 O-D 행렬을 연안인구의 크기에 따라 재배열한 후 각 지역이 결절 구조 속에서 어떤 층위에 있는지를 검토하면 지도에 나타나 있는 것과 같은 위계 구조를 얻을 수 있다. 한 지역의 탁월류가 인구 수가 더 적은 지역을 향하는 경우 지배적(dominant) 노드, 탁월류가 인구 수가 더 큰 노드를 향하면서, 동시에 다른 지역으로부터의 탁월류의 종착지이기

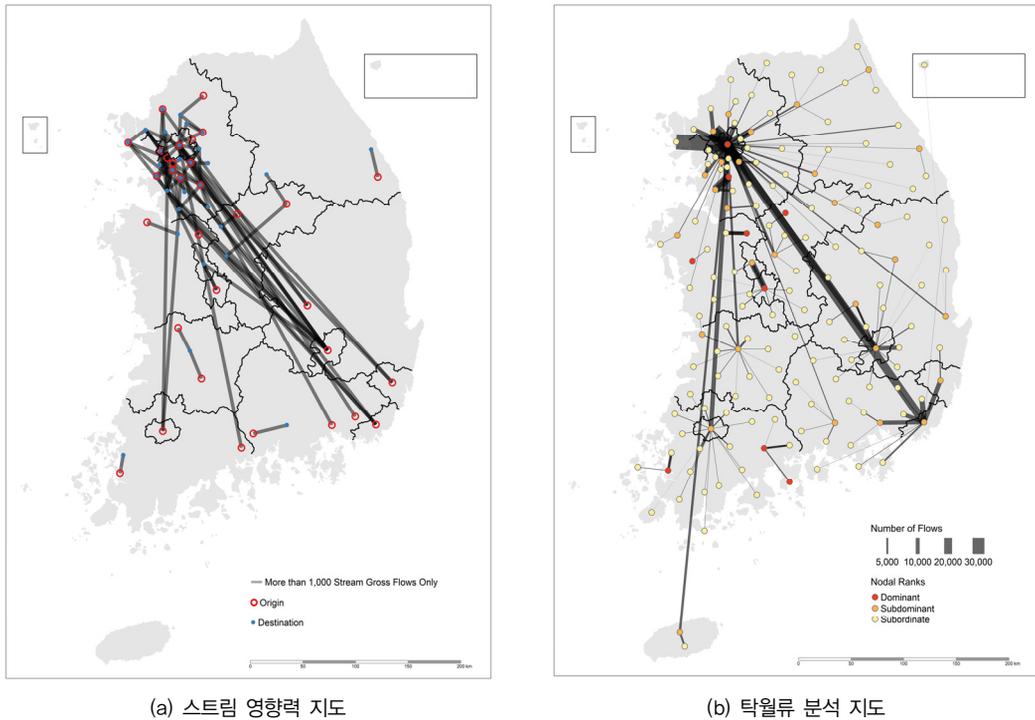


그림 7. 지역간 수준의 유선도

도 한 노드는 준지배적(subdominant) 노드, 택월류가 인구가 더 큰 지역을 향하지만, 다른 지역으로부터의 택월류의 종착지가 되지는 못하는 노드는 종속적(subordinate) 노드가 된다. 그림 7(b)에는 서울 중심의 위계적 결절 구조와 국지적 수준의 지방 중심지 체계가 잘 나타나 있다.

IV. 결론

본 논문의 주된 연구목적은 인구이동 플로 데이터에 대한 지리적 시각화를 위한 개념적 명료화를 수행하고, 그것을 바탕으로 우리나라 인구이동 플로 데이터를 사례로 다양한 주제도의 예시를 제공하는 것이었다. 개념적 명료화의 측면에서, 우선 공간적 스케일과 인구이동 연구의 공간적 프레임워크에 대한 개념적 검토를 수행했다. 공간적 스케일 개념에 대한 논의를 바탕으로 인구이동에서의 전역 스케일 및 지역 스케일(그리고 정의 스케일)에 대한 개념을 규정하고, 이것에 공간단위 수준을 결합하여 인구이동 연구를 위한 공간적 프레임워크를 제시했다. O-D 매트릭스로부터 도출되는 측도들의 다양성을 측도의 성격(인구

이동 규모, 인구이동 강도, 인구이동 비중)과 측도의 공간적 스케일(전역 스케일과 지역 스케일(3개의 하위 스케일))이라는 두 축에 의거한 유형 분류표를 정리하였다. 측도의 다양한 성격을 세 가지 주요 주제도 유형(도형표현도, 콜로플레스맵, 유선도)과 결합함으로써 인구이동 플로에 대한 지리적 시각화의 원리를 명료화하였다.

지리적 시각화의 예시 측면에서는, 우리나라 2020년 시군구 단위 인구이동 플로 데이터에 대해 지역 스케일의 세 가지 하위 범주별로 주제도 제작 사례를 제공하였다. 지역별 수준 측도에서는 순이동 규모와 순이동률을 동시에 표현한 일종의 이변량 도형표현도, 인구이동 영향력에 대한 콜로플레스맵, 공급-측면과 수요-측면 자족도에 대한 콜로플레스맵이 제시되었다. 지역-특수적 수준 측도에서는 서울시에 대한 두 장의 행-표준화 지도(전출지-특수적, 전입지-특수적)와 두 장의 열-표준화 지도(전출지-특수적, 전입지-특수적)가 도형표현도와 콜로플레스맵의 형태로 제시되었다. 지역간 수준 측도에서는 스트림 영향력 지도와 택월류 분석 지도가 유선도 형태로 제시되었다.

주제도 제작 기법의 원칙을 정교화하고 그것에 입각한 다양한 주제도 제작 방식을 검토하는 것은 단순한 시각화

를 넘어 인구이동 플로 데이터에 대한 탐색적 공간데이터 분석(exploratory spatial data analysis, ESDA)을 진작한다는 측면에서 의의가 있다(Nielsen and Hovgesen, 2008; Guo *et al.*, 2012; Andrienko *et al.*, 2016; Vrotsou *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2017; 김감영, 2010). 또한 인구이동 플로에서 유의미한 클러스터 패턴을 탐지하려는 연구(Tao and Thill, 2016; 2019; Song *et al.*, 2019; 이승민·이건학, 2017)의 토대가 될 수 있다. 그리고 인구지리학 분야에서 시각화 및 패턴 분석 방법론의 발전을 꾀하려는 최근의 시도(김현미·이상일, 2021b; 이상일·김현미, 2021)와 궤를 같이 하는 것이기도 하다. 본 연구가 관련 연구의 진흥에 기여할 수 있기를 기대된다.

註

- 1) 이 두 지점의 쌍은 ‘전출지-전입지’ 외에 ‘기원지-목적지’, ‘출발지-도착지’, ‘유출지-유입지’, ‘이출지-이입지’ 등의 다양한 이름으로 불리지만, 본 논문에서는 인구이동에 초점을 맞춘다는 의미에서 ‘전출지-전입지’로 통일하여 사용하고자 한다.
- 2) 인구이동 합역 데이터 중 특수한 형태는 여전히 일방향적일 수 있다. 그러나 국가의 공식적인 인구이동 플로 데이터가 이러한 형태로 주어지는 경우는 거의 없으므로 일반적인 경우를 상정하고 논의를 이끌어 가고자 한다.
- 3) 이상일·이소영(2019)은 우리나라 메조-스케일의 공간단위가 시군구-1(229개), 시군구-2(250개), 시군-1(162개), 시군-2(183개)의 네 가지 수준으로 규정될 수 있음을 보여주었다. 본 논문에서의 시군구와 시군 수준은 각각 해당 논문의 시군구-1과 시군-1 수준에 해당한다. 자세한 내용은 해당 논문의 표 1을 참고할 수 있다.
- 4) 이러한 방식의 O-D 매트릭스에 두 가지 정도의 논란이 있을 수 있다. 첫째, 인구이동 플로 매트릭스라 하더라도 반드시 정사각 매트릭스이어야 할 이유는 없다. 예를 들어 전출지는 시군구 수준이고, 전입지는 시도 수준일 수도 있다(구형모, 2018). 둘째, 정사각 O-D 매트릭스라 하더라도 전출지에 대해서는 i 를, 전입지에 대해서는 j 를 사용하여 표현하는 것이 일반적이다(이상일·김현미, 2021). 그림 1에서처럼, 전출지와 전입지 모두에 대해 i 와 j 모두

를 사용해 표현하는 것은 이러한 방식이 특히 지역별 수준의 측도 산출을 보여주는 데 보다 유리한 측면이 있다고 보기 때문이다. Stillwell and Harland (2010)도 이러한 측면을 고려하여 유사한 방식으로 O-D 매트릭스를 표현했다고 판단한다.

- 5) 사실 통계청의 보도자료(2021)를 보면(표 1에 부가되어 있는 참고 표) 시군구 수준 총이동자수를 시도 내 이동자수 전체로 잘못 표현하는 오류를 범하고 있다. 보다 자세한 설명은 이상일·김현미(2021) 참조.
- 6) 개념적인 명료화를 위해 이러한 명칭을 부여했을 뿐, 구체적인 연구에서는 맥락에 따라 다른 명칭을 부여할 수 있다.
- 7) 코로플레스맵에 대한 번역어로 ‘단계구분도’는 매우 적절치 않다. 코로플레스맵에서 코로스(choros)는 구역을 의미하고 플레스(pleth)는 수치를 의미하기 때문에, 역형 공간단위에 대한 속성이 표현되어 있다는 것이 이 주제도 유형의 본질적인 특성이다. 따라서 이것을 반영하는 방식으로 번역어가 정해져야 한다. 단계구분도는 단순히 수치를 몇 개의 등급으로 나누었다는 의미이므로 코로플레스맵의 그러한 본질적 특성을 전혀 반영하지 못한다. 임시적인 제안으로 ‘등급역도(等級域圖)’ 혹은 ‘등급구역도(等級區域圖)’ 정도가 어떨까 하는데, 참고로 일본에서는 ‘등치지역도(等値地域圖)’라는 용어가, 중국에서는 ‘등치구역도(等值區域圖)’라는 용어가 사용되고 있다.
- 8) 이와 유사한 시도로 목적지-특수적 전출물을 지도화한 최은영·조대현(2005)의 연구가 있다.
- 9) 본 연구는 우선적으로 측도를 계산하고 그것을 시각화하는 것에 초점을 두고 있지만, O-D 매트릭스의 원 플로값도 시각화의 대상이 되기 때문에 표 2에 나타나 있는 측도의 유형 분류 체계를 적용할 수 있다. 어떻게 보면 원 플로값이 가장 단순한 형태의 측도로 볼 수도 있다. 일단 원 플로값이 시각화의 속성으로 사용되었다면 측도의 성격에 따른 분류로 보면 인구이동의 규모가 표현된 것이다. 모든 플로가 표현되거나 플로 중 특정한 기준(예를 들어, 상위 10% 혹은 10,000명 이상)을 만족하는 플로가 표현되었다면, 그것은 지역간 스케일에 해당한다. 만일 특정한 전출지 혹은 전입지에 해당하는 행 혹은 열의 플로만 표현되었다면(거기에 특정한 기준이 적용된 경우도 포함), 그것은 지역-특수적 스케일에 해당한다.

참고문헌

- 구형모, 2018, “대학 진학 이동과 대학 졸업자 취업 이동의 공간적 특성 탐색,” 한국도시지리학회지, 21(3), 109-122. <http://doi.org/10.21189/JKUGS.21.3.8>
- 김감영, 2010, “연령별 인구이동 특성에 대한 탐색적 공간 데이터 분석(ESDA): 대구시를 사례로,” 한국지역지리학회지, 16(5), 590-609. UCI G704-000607. 2010.16.5.010
- 김감영, 2011, “공간 상호작용 모델에 대한 공간단위 수정 가능성 문제(MAUP)의 영향,” 대한지리학회지, 46(2), 197-211. UCI G704-000550.2011.46.2.004
- 김감영·이상일, 2012, “Web GIS 기반 유선도 작성을 통한 인구이동통계의 지리적 시각화,” 대한지리학회지, 47(2), 268-281. UCI G704-000550.2012.47.2.008
- 김영호, 2010, “서울시 자전거 이용의 공간 네트워크 패턴 연구: 공간적 네트워크 자기상관을 중심으로,” 국토지리학회지, 44(3), 339-352. UCI G704-001284. 2010.44.3.004
- 김지우·이건학, 2017, “웹기반 데이터 시각화 도구를 활용한 플로우 데이터의 지리적 시각화 기법 탐색,” 한국지도학회지, 17(1), 25-39. <http://dx.doi.org/10.16879/jkca.2017.17.1.025>
- 김현미·이상일, 2021a, “우리나라 디지털 행정구역 경계 파일의 일반화에 관한 연구: 주제도 제작용 기본도를 중심으로,” 한국지도학회지, 21(2), 29-44. <https://doi.org/10.16879/jkca.2021.21.2.029>
- 김현미·이상일, 2021b, “이성분트렌드매핑 기법을 이용한 우리나라 인구 변화의 시공간적 역동성 시각화,” 한국사진지리학회지, 31(3), 51-68. <https://doi.org/10.35149/jakpg.2021.31.3.004>
- 신정엽, 2005, “상이한 공간 스케일 효과와 유의한 작동 스케일(operational scale)에 대한 경험적 탐색 연구: 미국 도시중심지와 인구간 상관관계를 사례분석으로,” 한국도시지리학회지, 8(2), 91-106. UCI G704-001360.2005.8.2.009
- 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.)
- 이상일, 2012, “공간적 상호작용론의 본질과 연구 영역: 인문지리학에 대한 통섭적 접근,” 한국지리학회지, 1(1), 137-151. UCI G704-SER000004171.2012.1.1.011
- 이상일·김감영·계갈영, 2012, “지오컴퓨터이션 접근에 의한 주택시장지역의 설정: 우리나라 수도권에의 적용,” 한국도시지리학회지, 14(3), 59-75. UCI G704-001360.2012.15.3.002
- 이상일·김현미, 2021, “인구이동 플로의 연령-특수적 패턴 분석을 위한 방법론 연구 - 우리나라 시군구 단위 인구이동에의 적용 -,” 대한지리학회지, 56(5), 537-550. <https://doi.org/10.22776/kgs.2021.56.5.537>
- 이상일·손일 역, 2021, 「지도와 거짓말」, 서울: 푸른길. (Monmonier, M., 2018, *How to Lie with Maps*, 3rd ed., Chicago: The University of Chicago Press.)
- 이상일·이소영, 2019, “우리나라 센서스 지리의 고도화를 위한 제안: 메조-스케일 공간단위의 다양화,” 지리교육논집, 63, 1-13.
- 이소영, 2020, “교육성과에 대한 네이버후드 효과 연구에서의 공간단위 적절성 문제: MAUP를 고려한 작동 스케일 탐색,” 대한지리학회지, 55(6), 601-618. <https://doi.org/10.22776/kgs.2020.55.6.601>
- 이승민·이건학, 2021, “유동 클러스터 탐지 기법의 개발과 적용: 서울시 대중교통 통행을 사례로,” 한국지도학회지, 21(2), 129-144. <http://dx.doi.org/10.16879/jkca.2021.21.2.129>
- 최은영·조대현, 2005, “서울 강남구의 경제적 장벽과 인구 이동 특성,” 서울도시연구, 6(4), 1-20. UCI G704-001108.2005.6.4.006
- 통계청, 2021, 2020년 국내인구이동통계 결과, 보도자료, 1월 26일.
- Andrienko, G., Andrienko, N., Fuchs, G., and Wood, J., 2016, Revealing patterns and trends of mass mobility through spatial and temporal abstraction of origin-destination movement data, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(9), 2120-2136. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2016.2616404>
- Bailey, T.C. and Gatrell, A.C., 1995, *Interactive Spatial*

- Data Analysis*, Harlow, Essex: Longman. ISBN 0-582-24493-5
- Bell, M., Blake, M., Boyle, P., Duke-Williams, O., Rees, P., Stillwell, J., and Hugo, G., 2002, Cross-national comparison of internal migration: Issues and measures, *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 165(3), 435-464. <https://doi.org/10.1111/1467-985X.t01-1-00247>
- Bell, M., Charles-Edwards, E., Ueffing, P., Stillwell, J., Kupiszewski, M., and Kupiszewska, D., 2015, Internal migration and development: Comparing migration intensities around the world, *Population and Development Review*, 41(1), 33-58. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2015.00025.x>
- Brown, P. and Hincks, S., 2008, A framework for housing market area delineation: Principles and applications, *Urban Studies*, 45(11), 2225-2247. <https://doi.org/10.1177/0042098008095866>
- Chatagnier, S. and Stillwell, J., 2021, Scale and zonation effects on internal migration indicators in the United Kingdom, *Population, Space and Place*, e2455. <https://doi.org/10.1002/psp.2455>
- Charles-Edwards, E., Bell, M., Bernard, A., and Zhu, Y., 2019, Internal migration in the countries of Asia: Levels, ages and spatial impacts, *Asian Population Studies*, 15(2), 150-171. <https://doi.org/10.1080/17441730.2019.1619256>
- Chun, Y., 2008, Modeling network autocorrelation within migration flows by eigenvector spatial filtering, *Journal of Geographical Systems*, 10(4), 317-344. <https://doi.org/10.1007/s10109-008-0068-2>
- Clayton, C., 1977, The structure of interstate and interregional migration: 1965-1970, *The Annals of Regional Science*, 11(1), 109-122. <https://doi.org/10.1007/BF01287253>
- Dent, B.D., Torguson, J.S., and Hodler, T.W., 2009, *Cartography: Thematic Map Design*, 6th edition, Boston: McGraw Hill.
- Duke-Williams, O. and Stillwell, J., 2010, Temporal and spatial consistency, in Stillwell, J., Duke-Williams, O., and Dennett, A., eds., *Technologies for Migration and Commuting Analysis: Spatial Interaction Data Applications*, New York: Business Science Reference, 89-110. <https://doi.org/10.4018/978-1-61520-755-8.ch005>
- Fischer, M.M. and Griffith, D.A., 2008, Modeling spatial autocorrelation in spatial interaction data: An application to patent citation data in the European Union, *Journal of Regional Science*, 48(5), 969-989. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2008.00572.x>
- Goodchild, M.F. and Lam, N.S.N., 1980, Areal interpolation: A variant of the traditional spatial problem, *Geo-processing*, 1(3), 297-312.
- Goodchild, M.F., Anselin, L., and Deichmann, U., 1993, A framework for the areal interpolation of socio-economic data, *Environment and Planning A*, 25(3), 383-397. <https://doi.org/10.1068/a250383>
- Guo, D., 2009, Flow mapping and multivariate visualization of large spatial interaction data, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15(6), 1041-1048. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2009.143>
- Guo, D. and Zhu, X., 2014, Origin-destination flow data smoothing and mapping, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 20(12), 2043-2052. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2014.2346271>
- Guo, D., Zhu, X., Jin, H., Gao, P., and Andris, C., 2012, Discovering spatial patterns in origin-destination mobility data, *Transactions in GIS*, 16(3), 411-429. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2012.01344.x>
- Holmes, J.H. and Haggett, P., 1977, Graph theory interpretation of flow matrices: A note on maximization procedures for identifying significant links, *Geographical Analysis*, 9(4), 388-399. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1977.tb00591.x>
- Kim, K., Lee, S.-I., Shin, J., and Choi, E., 2012, Developing a flow mapping module in a GIS environment, *The Cartographic Journal*, 49(2), 164-175. <https://doi.org/10.1179/174327711X13166800242356>
- Koylu, C. and Guo, D., 2017, Design and evaluation of line symbolizations for origin-destination flow

- maps, *Information Visualization*, 16(4), 309-331. <https://doi.org/10.1177/1473871616681375>
- Lam, N.S.-N., 2004, Fractals and scale in environmental assessment and monitoring, in Sheppard, E. and McMaster, R., eds., *Scale & Geographic Inquiry: Nature, Society, and Method*, Malden: Blackwell, 23-40. <https://doi.org/10.1002/9780470999141.ch2>
- LeSage, J.P. and Pace, R.K., 2008, Spatial econometric modeling of origin-destination flows, *Journal of Regional Science*, 48(5), 941-967. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2008.00573.x>
- MacEachren, A.M., 2004, *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design*, New York: The Guilford Press.
- Maddox, C., Corcoran, J., and Liu, Y., 2013, Mapping spatial flows over time: A case study using journey-to-work data, *Journal of Spatial Science*, 58(1), 147-159. <https://doi.org/10.1080/14498596.2012.759089>
- Morrill, R.L., 1988, Migration regions and population redistribution, *Growth and Change*, 19(1), 43-60. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.1988.tb00461.x>
- Nielsen, T. and Hovgesen, H., 2008, Exploratory mapping of commuter flows in England and Wales, *Journal of Transport Geography*, 16(2), 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2007.04.005>
- Nystuen, J.D. and Dacey, M.F., 1961, A graph theory interpretation of nodal regions, *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, 7(1), 29-42. <https://doi.org/10.1007/BF01969070>
- O'Sullivan, T., Young, G., and Maclellan, D., 2004, *Local Housing System Analysis: Good Practice Guide*, Edinburgh: Communities Scotland.
- Pandit, K., 1994, Differentiating between subsystems and typologies in the analysis of migration regions: A US example, *The Professional Geographer*, 46(3), 331-345. <https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1994.00331.x>
- Plane, D.A., 1984, Migration space: Doubly constrained gravity model mapping of relative interstate separation, *Annals of the Association of American Geographers*, 74(2), 244-256. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1984.tb01451.x>
- Plane, D.A., 1994, The wax and wane of interstate migration patterns in the USA in the 1980s: A demographic effectiveness field perspective, *Environment and Planning A*, 26(10), 1545-1561. <https://doi.org/10.1068/a261545>
- Plane, D.A. and Rogerson, P.A., 1994, *The Geographical Analysis of Population with Applications to Planning and Business*, New York: John Wiley & Sons.
- Rae, A., 2009, From spatial interaction data to spatial interaction information? Geovisualisation and spatial structures of migration from the 2001 UK census, *Computers, Environment and Urban Systems*, 33(3), 161-178. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2009.01.007>
- Song, C., Pei, T., Ma, T., Du, Y., Shu, H., Guo, S., and Fan, Z., 2019, Detecting arbitrarily shaped clusters in origin-destination flows using ant colony optimization, *International Journal of Geographical Information Science*, 33(1), 134-154. <https://doi.org/10.1080/13658816.2018.1516287>
- Stephen, D.M. and Jenny, B., 2017, Automated layout of origin-destination flow maps: US county-to-county migration 2009-2013, *Journal of Maps*, 13(1), 46-55. <https://doi.org/10.1080/17445647.2017.1313788>
- Stillwell, J. and Harland, K., 2010, Analysing interaction data, in Stillwell, J., Duke-Williams, O. and Dennett, A., eds., *Technologies for Migration and Commuting Analysis: Spatial Interaction Data Applications*, New York: Business Science Reference, 69-88. <https://doi.org/10.4018/978-1-61520-755-8.ch004>
- Stillwell, J., Dennett, A., and Duke-Williams, 2010, Interaction data: definition, concepts and sources, in Stillwell, J., Duke-Williams, O. and Dennett, A., eds., *Technologies for Migration and Commuting Analysis: Spatial Interaction Data Applications*, New York: Business Science Reference, 1-30. <https://doi.org/10.4018/978-1-61520-755-8.ch001>

- Stillwell, J., Daras, K., and Bell, M., 2018, Spatial aggregation methods for investigating the MAUP effects in migration analysis, *Applied Spatial Analysis and Policy*, 11(4), 693-711. <https://doi.org/10.1007/s12061-018-9274-6>
- Stillwell, J., Duke-Williams, O., and Dennett, A., eds., 2010, *Technologies for Migration and Commuting Analysis: Spatial Interaction Data Applications*, New York: Business Science Reference.
- Tao, R. and Thill, J.C., 2016, Spatial cluster detection in spatial flow data, *Geographical Analysis*, 48(4), 355-372. <https://doi.org/10.1111/gean.12100>
- Tao, R. and Thill, J.C., 2019, FlowAMOEBAs: Identifying regions of anomalous spatial interactions, *Geographical Analysis*, 51(1), 111-130. <https://doi.org/10.1111/gean.12161>
- Vrotsou, K., Fuchs, G., Andrienko, N., and Andrienko, G., 2017, An interactive approach for exploration of flows through direction-based filtering, *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 1(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s41651-017-0001-7>
- Wang, F., Chen, W., Zhao, Y., Gu, T., Gao, S., and Bao, H., 2017, Adaptively exploring population mobility patterns in flow visualization, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(8), 2250-2259. <https://doi.org/10.1109/ITITS.2017.2711644>
- Wood, J., Dykes, J., and Slingsby, A., 2010, Visualisation of origins, destinations and flows with OD maps, *The Cartographic Journal*, 47(2), 117-129. <https://doi.org/10.1179/000870410X12658023467367>
- Xiao, N. and Chun, Y., 2009, Visualizing migration flows using kriskograms, *Cartography and Geographic Information Science*, 36(2), 183-191. <https://doi.org/10.1559/152304009788188763>
- Yan, J. and Thill, J.C., 2009, Visual data mining in spatial interaction analysis with self-organizing maps, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(3), 466-486. <https://doi.org/10.1068/b34019>
- Zhou, Z., Meng, L., Tang, C., Zhao, Y., Guo, Z., Hu, M., and Chen, W., 2018, Visual abstraction of large scale geospatial origin-destination movement data, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 25(1), 43-53. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2864503>
- Zhu, X. and Guo, D., 2014, Mapping large spatial flow data with hierarchical clustering, *Transactions in GIS*, 18(3), 421-435. <https://doi.org/10.1111/tgis.12100>
- 교신: 이소영, 08826, 서울시 관악구 관악로 1, 서울대학교 사범대학 지리교육과(이메일: lsy4707@snu.ac.kr)
- Correspondence: Soyoung Lee, Department of Geography Education, College of Education, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Republic of Korea (Email: lsy4707@snu.ac.kr)

투 고 일: 2021년 12월 5일
심사완료일: 2021년 12월 10일
투고확정일: 2021년 12월 12일