

# 한국의 미래 인구분포 변화에 대한 예측 : 셀기반 로지스틱 회귀모형을 적용하여\*

김 현 중\*\* / 여 관 현\*\*\*

이 연구는 공간계획에서 인구분포가 갖는 중요성에 주목하여 우리나라의 인구분포를 2015년부터 2045년까지 예측하였다. 전국을 대상으로 미시적인 공간단위인 200×200m의 격자 수준에서 분석하였으며, 셀 기반 로지스틱 회귀모형을 활용하였다. 분석은 현재의 공간변화 경향이 2045년까지 지속됨을 전제하였다. 주요 분석결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 우리나라의 인구분포는 향후 적지 않은 변화를 겪을 것으로 보인다. 인구분포의 입지위치는 매년 감소하여 2045년에는 2015년에 비해 27%가 감소하는 것으로 예측되었다. 인구감소시대에 빈집 발생 등의 공간 축소현상이 주된 원인인 것으로 풀이할 수 있다. 다만, 공간의 축소현상은 기성시가지뿐만 아니라, 신시가지 등지에서도 산발적으로 나타날 확률이 높았다. 둘째, 2015년 현재 인구과소지역들은 2045년에도 지속되거나 더 악화될 것으로 분석되었다. 또한 우리나라의 인구수 핫스팟 지역들은 향후 수도권에서부터 세종특별자치시와 대전광역시를 잇는 지역을 중심으로 커다란 띠 모양을 형성할 것으로 예측되었다. 따라서 현재와 같은 추세가 지속된다면, 미래에도 국토공간구조의 근본적인 변화는 피하기 어려울 것으로 보인다. 이 연구에서는 이상의 분석결과를 참조하여 인구분포 예측을 위한 시뮬레이션 모형의 정책적 개선방향과 후속연구의 발전방향을 제안하였다.

주제어 \_ 인구분포, 공간시뮬레이션 모형, 확률선택모형, 로지스틱회귀모형, 대시메트릭 매핑기법

\* 이 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017R1D1A1B03035073)

\*\* 루이지애나주립대 지리·인류학과 박사과정(제1저자)

\*\*\* 안양대학교 공공행정학과 교수(교신저자)

# The Predicting Changes in Future Population Distribution in Korea : using a Cell-Based Logistic Regression Model

Hyun-joong Kim\* / Kwan-hyun Yeo\*\*

---

This study projected the population distribution of South Korea from 2015 to 2045, paying particular attention to the importance of population distribution in spatial planning. The analysis was performed using 200×200m national-level raster data from South Korea and was analyzed using a cell-based logistic regression model. The authors premised that spatial change trends through 2045 would be consistent with 2015 levels. The main results are summarized as follows. First, the population distribution of South Korea is expected to go through considerable change until 2045. The population distribution locations will decrease annually and will have declined by 27% in 2045, compared to 2015. The primary reason for the decline is due to spatial shrinking. However, spatial shrinking will be more likely to occur sporadically in the existing urban areas and new towns as well. Second, the depopulated areas will continue to decline between 2015 and 2045. Also, it is predicted that population hot spots will form a large belt line around the areas from the Seoul Metropolitan Area to the Sejong Special Self-governing City and the Daejeon Metropolitan City. Therefore, if current spatial trends continue, it is unlikely that fundamental changes of the national spatial structure will be possible in the future. This paper proposes policy implications and future research directions for the spatial simulation model to predict population distribution.

**Key words** \_ Population Distribution, Spatial Simulation Model, Probabilistic Choice Model, Logistic Regression Model, Dasymmetric Mapping Technique

---

\* Ph.D Student. Dept. of Geography and Anthropology Development, Louisiana State University(First Author)  
\*\* Professor. Dept. of Public Administration, Anyang University(Corresponding Author)

# 1. 서론

인구 자료는 학문 영역에서 뿐만 아니라, 실생활에서도 중요한 가치를 지닌다. 인구의 규모 및 구조적 특성 등은 인간의 정주환경과는 불가분의 관계로서, 개인의 삶의 질과 직결되기 때문이다. 따라서 안정적이고 지속가능한 인구 자료를 확보하려는 노력은 오래된 과제이다. 최근 들어 우리나라에서는 인구감소 및 인구구조의 급격한 변화가 초래할 사회적 문제들이 국가적 의제로 다뤄지기 시작하면서 인구 자료에 대한 관심이 더욱 높아졌다. 이와 같은 추세는 인구감소시대에 지속될 것으로 예견된다.

공간계획 분야에서도 인구는 가장 중요한 요소이다. 공간계획은 공간에서 표출되는 사람들의 삶의 문제를 다루는 연유로 인구와 관련된 많은 내용들이 계획적 범위에 포함된다. 인구규모, 인구분포 등은 그 자체가 공간계획의 출발점이자, 보다 나은 삶을 위한 대안들의 산물이다. 인구의 특성을 파악할 수 있는 다양한 내용 중 공간계획의 주된 관심사 중의 하나는 인구분포에 있다. 공간계획의 효율성과 정주환경의 쾌적성 등의 계획적 목표를 달성하기 위한 기본적인 전략은 인구배분, 즉 인구분포를 기반으로 한다. 따라서 공간계획의 근간을 이루는 공간구조계획, 토지이용계획, 교통계획, 환경계획, 생활권계획 등은 인구분포에 종속적이다.

다양한 공간통계기법을 활용하여 인구 자료를 더욱 가치 있게 만드는 노력들이 활발히 이뤄지고 있다. 일반적으로 인구 자료는 개인정보의 기밀성을 위해 집계자료의 형태로 제공되고 있어, 인구의 세부적인 사회현상을 분석하고 해석하는 데에 많은 제약이 따른다(Fisher and Langford 1996). 가령, 정확한 인구분포의 확인을 위해서는 모든 가구 단위에서의 인구자료가 필요하나, 우리나라뿐만 아니라, 대부분의 선진국에서는 가구 수준의 미시적인 단위에서의 자료들은 제공하고 있지 않다. 이와 같은 한계를 극복할 수 있는 실천적인 방법들이 등장하고 있으며, 대표적으로는 대시메트릭 매핑(dasymeric mapping) 기법이 있다. 이 기법은 행정구역과 같은 특정 영역 단위로 구축된 원자료를 그것과 경계가 서로 다른 공간 단위로 전환하는 방법(Mennis and Hultgren 2006)이며, 보다 정확한 재현을 위해서 주거지역 혹은 주거건물 등의 보조 정보를 활용한다. 따라서 지표면상의 인구분포를 보다 국지적으로 재현할 수 있는 장점이 있다.

대시메트릭 기법 등을 활용하여 구축한 세밀한 인구분포 자료는 보다 정확하고 객관적인 분석을 지원할 수 있으며, 이는 효율적인 계획적 활동으로 이어질 수 있다. 예를 들면, 주거건물의 상주인구수를 활용하여 분석한 시설의 접근성 결과는 읍면동 혹은 집계구 단위에서 분석한 결과보다 몇 배는 정확한 결과를 제공할 수 있다. 비단 시설의 접근성 뿐 아니라, 공간계획의 근간을 이루는 인구계획, 교통계획, 토지이용계획, 시설계획 등 거의 모든 공간계획 분야에서 미시적인 인구분포 자료의 쓰임새는 다양하다.

논의를 한 걸음 더 진전시키면, 미래의 인구분포를 미시적인 수준에서 예측한 자료는 현재보다 더욱 중요한 가치를 가진다. 공간계획적 활동은 미래를 대상으로 이루어지기 때문에 미래를 대상으로 구축한 인구분포 자료는 효율적인 계획적·정책적 활동을 위해서는 매우 중요하다. 국토계획, 도시기본계획 등의 법정계획뿐만 아니라, 공간계획이 담아내야 하는 다양한 비물리적 계획 등에서도 직접적인 참조가 가능하다. 미시적인 수준에서 예측한 인구분포 결과는 그 쓰임새가 많음에도 불구하고 아직까지 우리나라에서는 관련 연구가 활성화되어 있지 않다.

이 연구는 미시적 인구분포 자료가 갖는 다차원적인 유용성을 한 단계 높이는 데에 초점이 있으며, 세부적인 연구목적은 다음과 같다. 첫째, 우리나라의 인구분포 변화를 미시적인 수준에서 예측할 수 있는 합리적인 모형을 구축한다. 둘째, 인구분포의 변화상을 선제적으로 예측하고, 공간분포 변화의 지역 간 특성 등을 종합적으로 살펴본다. 셋째, 미래의 미시적인 인구분포 변화결과에 대응하여 공간계획적 차원의 대응방안에 대하여 제언한다. 이 연구는 전국을 대상으로 미시적인 공간단위에서 인구분포를 예측함으로써, 향후 도시 및 지역계획의 방향과 원칙을 설정하는 데에 귀중한 기초자료를 제공할 수 있다. 아울러, 현재 추구하고 있는 다양한 공간계획 정책들의 방향성을 사전에 진단할 수 있는 좋은 기회도 제공할 수 있다.

분석의 기준년도는 2015년이며, 예측년도는 각각 2025년, 2035년, 2045년이다. 분석의 공간적 범위는 전국이며, 분석의 공간적 수준은 200×200m의 격자이다. 분석에는 다양한 공간통계기법과 공간분석기법이 활용된다. 특히 셀 기반의 로지스틱 회귀모형(Cell-Based Logistic Regression Model)을 활용하여 인구분포의 변화를 체계적으로 시뮬레이션하는 것이 연구의 주된 특징이다.

## II. 이론적 배경

도시의 인구분포는 도시민의 삶의 양식과 공간 활용 행태가 반영된 것으로 지역을 연구하는 지리학, 도시계획, 교통계획 등 다양한 분야에서 일찍부터 많은 관심을 받으며 연구되어 온 주제이다(이금숙 외, 2015). 특히, 공간계획에서의 인구분포는 도시성장을 효과적으로 통제하기 위한 근거이자 수단으로서, 그 중요성은 더욱 강조되고 있다(Bryan and Brian, 2013; Guneralp and Seto, 2013; Verburg et al., 2004). 인구분포와 관련된 연구주제는 우리나라에서도 많이 수행되고 있다. 가장 쉽게 찾아볼 수 있는 연구주제는 인구분포의 변화를 사후적으로 분석한 연구들이다(김리영·서원석, 2016; 남광우·권일화, 2013; 김호용, 2012). 최근에는 대시메트릭 맵핑기법 등을 이용하여 인구밀도를 보다 정확히 구현하려

는 노력들이 활발히 이루어지고 있다(전병운, 2017; 김감영·이건학, 2016; 이진학·김감영, 2016). 하지만 이 연구들은 사후적으로 인구분포를 재현한 한계가 있다.

이 연구의 목적과 같이 미래의 인구분포를 예측한 연구들도 꾸준히 수행되고 있다. 지역적인 수준에서 인구이동 등의 요인을 고려하려 인구분포를 예측한 연구들이 수행되고 있다(이상일·조대현, 2012; 김홍배 외, 2009; 김경수·장욱, 2003; 강병기 외, 1997). 하지만 이 연구들 또한 인구분포의 변화를 특정지역을 대상으로 수행하거나, 행정구역 단위의 거시적인 수준에서 예측하였기 때문에 분석결과의 함의가 제한적인 문제가 있다. 특히, 이 연구와 같이 미시적인 수준에서 미래의 인구분포를 예측한 연구를 찾아보기 어려운 것이 현실이다.

인구분포 예측 중 최근 들어 가장 커다란 관심을 받고 있는 분야는 시뮬레이션 모형을 활용한 연구들이다(김현중·정일훈, 2017; 박소현·이금숙, 2016; 김동한 외, 2014; 김동한, 2013; 박헌수·조규영, 2008; 안종욱, 2006). 다양한 시뮬레이션 모형들이 선행연구에서 적용되고 있는 것이 특징적이다. 선행연구들에서 주로 활용되고 있는 모형은 마이크로 시뮬레이션이다. 마이크로 시뮬레이션 모형은 컴퓨팅기술의 비약적인 발전과 분석 가능한 미시 데이터의 축적 증가, 그리고 미시적 차원의 정책 분석 필요성 증대 및 가능성 인식으로 인해 미국과 캐나다, 영국, 호주 등의 선진국들을 중심으로 발전해 오고 있다(안창원 외, 2014). 무엇보다도 방대한 공간자료의 구축이 효과적으로 이뤄지면서, 마이크로 시뮬레이션의 활용가능성이 크게 높아진 것이 결정적인 역할을 하였다. 종합하면, 자료의 구축과 방법론의 발전, 그리고 정책적 수요 등이 맞물리면서 마이크로 시뮬레이션의 활용성을 크게 증대되고 있는 추세이다.

인구분포 예측모형과 관련해서 확률선택모형(probabilistic choice model), 셀룰러 오토마타 기반의 모형, 셀룰러 오토마타-마르코프(CA-Markov) 모형, 그리고 행위자 기반 모형(agent-based model) 등에 대해서는 추가적인 논의가 필요하다. 최근의 시뮬레이션은 동태적(dynamic)이고 미시적(microscopic)인 방법론을 주로 활용하는데, 이 모형들도 이 범주에 속한다. 상기의 모형들 중 행위자 기반 모형이 최근 들어 각광받고 있으나, 모형의 폐쇄적인 특성, 즉, 모형의 코드를 공식적으로 제공하지 않은 연유로 활용이 어려운 현실적인 제약이 있다. 행위자 기반 모형을 제외한 상태에서, 이 연구는 두 가지 모형에 주목한다. 하나는 셀룰러 오토마타 기법이고, 다른 하나는 확률선택모형이다. 인구의 분포를 예측할 수 있는 다양한 모형들 중 많은 주목을 받고 있는 모형은 셀룰러 오토마타 기반의 모형이다. 큰 틀에서 보자면, 최근에 활용되고 있는 셀룰러 오토마타-마르코프 모형, 행위자 기반 모형 등 많은 모형들에서 셀룰러 오토마타를 활용하고 있을 만큼 셀룰러 오토마타 기법은 탁월한 장점이 있다.

셀룰러 오토마타는 격자로 분리된 셀의 상태가 주변 여건(neighborhood)에 따라 자동적으로 변화되는 시스템으로, 유연한 셀의 변환 규칙을 갖는다(김동한 외, 2014). 셀룰러 오토마타는 기본적으로 시·공간 동적 모형으로서, 복잡한 시스템을 다루기 용이하며, 특정 셀과 셀 주변 간의 공간효과를 반영할 수

있다. 단순성(simplicity), 직관력(intuitiveness), 유연성(flexibility), 투명성(transparency) 등의 장점과 함께 GIS의 발달에 힘입어 발전 잠재력이 확대되었다(Webster and Wu, 1999). 하지만 셀룰러 오토마타는 사회경제적·인구통계학적 변수들을 모형에 적극적으로 반영하기 어려우며, 셀 변화의 총수요를 사전에 통제하기 어려운 문제점 등을 노정하고 있다(Hu and Lo, 2007). 또한 셀룰러 오토마타의 기본 요소 중에서 가장 중요한 것은 전이확률(transition probability)<sup>1)</sup>인데, 최소 두 시기 이상의 자료를 구득하기 어려울 시에는 전이확률의 근거가 약해진다.<sup>2)</sup>

로짓모형을 주로 사용하는 확률선택모형은 오랜 기간 동안 중요한 도시모형으로 자리매김하고 있다. 확률선택모형에서는 공간상의 의사결자가 가장 효용수준이 높은 대안을 선택한다고 가정하며, 확률 값을 기반으로 선택이 이뤄진다(박헌수·조규영, 2008). 이 모형은 공간자료처리에 융통성이 높고(박헌수·조규영, 2008), 사회경제적·인구통계학적 변수를 손쉽게 반영할 수 있는 장점이 있다. 하지만 공간자기상관 혹은 공간 이질성 등의 공간효과를 고려하기 어려우며, 시간의 변화를 고려하기 어려운 한계가 있다(Hu and Lo, 2007).

지금까지 살펴본 주요 도시모형의 장·단점과 함께 자료 구득 상의 문제점 등을 종합하여 분석모형을 결정해야 한다. 이 연구에서는 셀 기반의 로지스틱 모형을 활용한다. 이는 셀룰러 오토마타 기법의 한계 즉, 자료의 제약으로 인해 신뢰성 높은 전이확률을 도출하는 것이 현실적으로 어려운 제약을 반영한 것이다. 다만, 로짓모형의 단점 중 하나는 인접한 셀 간의 공간효과를 반영하지 못하는 것인데, 이 연구에서는 셀룰러 오토마타의 공간효과 방법을 차용하여 셀 간의 공간적 상호작용을 적극적으로 고려한다. 따라서 이 연구에서 활용한 모형은 기존의 로지스틱 모형이 주변효과를 고려할 수 없는 한계를 일정 부분 극복한 것으로 평가할 수 있다.

1) 전이확률은 현재의 변화패턴이 미래에도 지속될 것이라는 전제로 두 시기의 토지이용 및 피복도를 활용하여 한 셀의 토지이용 및 피복이 다음 시기에 어떠한 토지이용 및 피복으로 전환되는지에 대한 확률을 계산하며, 모든 토지이용 및 피복의 전이확률 값의 합은 1을 넘을 수 없다(서현진·전병운 2017).

2) 한편, 전이규칙을 보정하려는 노력에도 불구하고 아직까지는 만족스러운 결과를 얻어내지 못하고 있다(서현진·전병운 2017).

### III. 모형설정 및 분석방법

#### 1. 분석절차 및 모형

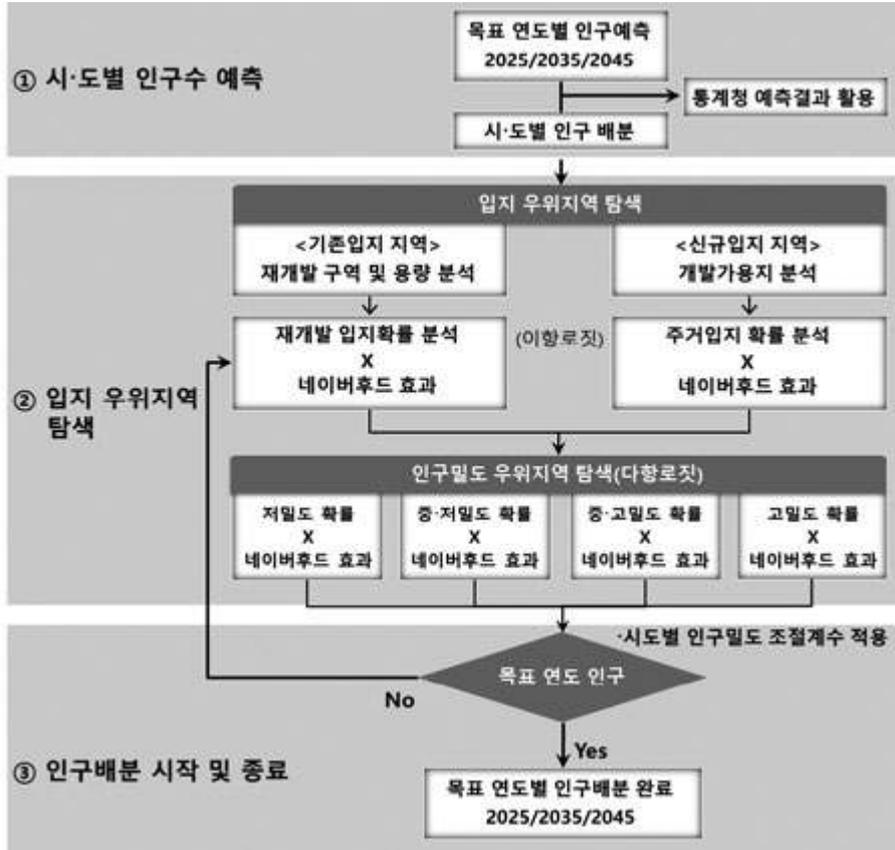
이 연구의 인구분포 예측모형의 구조와 절차는 <그림 1>과 같다. 크게 세 가지의 절차 즉, 미래의 인구수 예측, 입지 우위지역 탐색, 그리고 인구할당으로 나뉜다. 미래의 인구분포를 예측하고 200×200m 격자수준에서 인구수를 할당해줘야 하므로, 인구수 예측과 인구할당 절차는 쉽게 이해할 수 있다. 이에 반해, 입지 우위지역 탐색의 목적과 내용은 다소 생소하고 복잡하게 보일 수 있다. 로짓모형과 같은 확률선택모형은 개별 격자의 입지확률 값에 의해서 인구가 배분되는 시스템이다. 따라서 분석의 대상이 되는 모든 격자를 대상으로 어떠한 입지확률 값이 주어질지를 결정하는 과정을 입지 우위지역 탐색으로 이해할 수 있다. 세 가지 절차에 대한 자세한 설명은 다음과 같다.

첫 번째는 시도별로 인구수를 예측하는 단계이다. 여기에서는 통계청(2017)의 장래인구추계 시·도편 자료를 활용하였다. 공신력 높은 자료를 활용함으로써, 이 연구는 목표 연도별 인구예측 결과에 대한 문제로부터 자유로울 수 있다.<sup>3)</sup>

두 번째 단계에서는 개별 격자에서의 입지 우위지역 즉, 향후 인구배분의 우선순위를 정하는 과정이 이뤄진다. 이를 위해서는 먼저 인구분포 변화의 시나리오가 확정되어야 한다. 다양한 시나리오가 설정될 수 있으나, 이 연구에서는 최근의 계획방향이 지속됨을 전제로 분석을 수행한다. 시도별로 최근 10년 동안 시행되었던 기성시까지 정비와 신시까지 개발의 추세가 향후 2045년까지 이어질 것으로 가정한다. 입지 우위지역 탐색은 두 단계로 세분화된다. 미래의 인구분포의 두 가지 조건에서만 이뤄진다. 하나는 2015년 현재 인구가 위치하고 있는 기존입지 지역이고, 다른 하나는 미래에 새롭게 인구가 입지할 신규 입지 지역이다. 따라서 두 가지의 입지 지역을 대상으로 입지확률을 분석해야 한다. 이와 함께 네 가지 유형의 인구밀도의 입지확률도 산출해야 한다. 기존입지 지역과 신규입지 지역의 확률 값이 평면적인 입지우위 지역을 탐색하는 과정인 것에 반해, 네 가지 유형의 인구밀도의 입지확률 값은 개별 격자에서 할당될 인구밀도 즉, 인구의 수직적인 입지우위 지역을 산출하는 과정으로 이해할 수 있다.

3) 시군구 이하의 단위에서 미래의 인구를 추정하는 것은 현실적으로 많은 제약이 있고, 또 신뢰성이 떨어지는 한계가 있으므로, 시도 단위의 분석결과를 활용하였다.

〈그림 1〉 인구분포 예측모형의 구조와 절차



기존입지 지역의 재개발 입지확률은 최근 10년 간 수행된 시도별 재개발 구역의 입지결정요인을 바탕으로 분석한다. 신규입지 지역의 주거입지 확률은 먼저 개발가능지 분석을 통해 신규 입지가 가능 여부를 결정 후, 이들 지역을 대상으로 주거입지 확률을 산출한다. 입지 여부는 이산적인 특성, 즉, 1이 아니면 0의 값을 가지게 되므로, 여기에 적합한 이항로짓모형(binary logit model)을 적용한다. 인구밀도의 우수지역을 탐색하는 과정은 다음과 같다. 이 연구에서는 네 가지의 인구밀도 유형 즉, 저밀도, 중·저밀도, 중·고밀도, 고밀도로 구성하였다. 여기에서 특기할 만 한 점은 각 유형의 인구밀도를 시도별로 유연하게 적용했다는 것이다. 예컨대, 서울시와 강원도의 고밀도 기준은 많이 다르다. 따라서 지역적 특성을 고려하여 인구밀도 유형별로 서로 다른 값, 즉, 시도별 평균을 적용하였다. 200×200m의 격자에서 인구밀도 유형별로 기준이 되는 인구는 저밀도 10명, 중·저밀도 100명, 중·고밀도 500명, 고밀도 1,200명이다. 인구밀도의 유형은 서열화 되지 않은 여러 범주를 가진 종속변인에 해당되므로, 이에 적합한 다

항식 로짓모형(multinomial logit model)을 활용한다.

앞서 언급한 바와 같이, 입지 우위지역 탐색을 위해 추정하는 기존입지의 확률, 신규입지의 확률, 그리고 인구밀도의 확률 값은 로지스틱 회귀분석을 통해 분석된 확률 값에 셀 주변 간의 공간효과 즉, 네이버후드 효과를 곱해줌으로써, 최종적인 확률 값을 산출할 수 있다. 네이버후드 효과는 서로 동일한 유형의 격자들 간에는 더욱 밀집하려는 경향을 반영한 것이다. 분석에는 뉴만(von Neumann)의 5×5 네이버후드를 적용한다. 인구분포 예측모형의 마지막 과정은 세부 격자별로 인구배분을 할당하는 단계이다. 개별 격자의 주거입지 혹은 재개발 입지확률 값이 높거나 특정 유형의 인구밀도의 확률이 높을수록 인구수는 우선적으로 배분된다. 목표 연도별도 예측인구에 도달할 때까지 이와 같은 과정은 반복·시행된다.

## 2. 회귀분석 모형

앞서 언급한 바와 같이, 이 연구에서 활용하는 회귀분석 모형은 두 가지이다. 종속변인들의 특성에 적합하게 이항식 로짓모형과 다항식 로짓모형을 적용하였다. 이항로짓모형은 종속변수가 이산적인 경우에 사용할 수 있으며, 수식 (1)과 같이 이항 선택성을 가진 변수에 확률의 개념이 적용된 것이다(Maddala 1983).

$$Prob(y_i = 1) = Prob(u_i > -\sum_{k=1}^k \beta_k x_{ik}) = 1 - F(-\sum_{k=1}^k \beta_k x_{ik}) \quad \text{수식 (1)}$$

여기서,  $y_i$ 는  $i$  번째의 선택 혹은 상태를 나타내며,  $x_{ik}$ 은 상수항,  $\beta$ 는  $k$  회귀계수의 벡터,  $u_i$ 는 잔차이다. 수식 (1)에서 얻어진  $y$  값은 확률을 가진 이항과정으로 나타나고,  $u$ 가  $x$ 에 독립적인 정규분포라고 가정한다면 이항로짓모형은 다음의 수식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$L(\sum_{k=1}^k \beta_k x_{ik}) = \frac{e^{\sum_{k=1}^k \beta_k x_{ik}}}{1 + e^{\sum_{k=1}^k \beta_k x_{ik}}} \quad \text{수식 (2)}$$

다항로짓모형은 이항로짓모형의 확장된 형태로서, 서열화되지 않은 여러 범주를 가진 종속변인에 한해서 적용이 가능하다. 이모형은 응답변수가 다항분포를 이루고 있다는 개념에서 출발한 것으로서, 이항선택의 연장선상에서 선택이 이루어진다. 인구밀도 유형별 확률 값을 도출하는 데에는 수식 (3)의 다항로짓모형이 활용된다.

$$Prob(y = j) = \frac{e^{\sum_{k=1}^k \beta_k x_{ik}}}{1 + \sum_{j=1}^{j-1} e^{\sum_{k=1}^k \beta_k x_{ik}}} \quad \text{수식 (3)}$$

### 3. 자료구축

200×200m의 격자 수준에서 인구분포를 예측할 수 있는 것은 인구분포를 미시적인 수준에서 재현할 수 있는 대시메트릭 매핑기법이 개발되었기 때문이다. 이 연구에서는 다양한 대시메트릭 매핑기법 중에 가장 널리 활용되는 방법 중 하나인 연면적 적용기법(volumetric method)을 적용하여 2015년도의 인구분포를 200×200m의 격자 수준에서 재현한다. 이 방법의 가점은 비교적 단순하다. 모든 상주인구는 주택건물에만 거주한다는 가정 아래, 주택의 연면적에 비례해서 특정 지역의 인구수를 배분해 준다. 여기서 인구수 자료의 공간적 수준이 중요한데, 이 연구는 분석결과와 정확성을 높이기 위해 우리나라에서 인구수를 제공하는 최소의 공간단위인 집계구 자료를 활용하였다.

미래의 인구분포는 공간적으로 신시가지 혹은 기성시가지 둘 중 하나에 배분된다. 기성시가지는 기존의 인구분포가 존재하는 지역이므로 추가적인 분석이 필요하지 않지만, 신시가지의 경우에는 어느 지역이 향후에 신시가지로 편입될 것인지에 대한 사전적인 정의가 필요하다. 미래에 활용될 신시가지의 분석에는 개발가능지 분석이 많이 활용된다. 2015년 현재의 기성시가지를 제외한 전국의 모든 지역을 대상으로 향후 개발이 불가능한 지역(개발억제지)을 제외시키는 방법으로 개발가능지를 분석하였다. 개발억제지의 기준은 김동한 외(2014)를 참조하여 법적 기준, 환경적 기준, 시설 기준으로 구분하였다. 개발가능지의 분석 결과는 다음의 <그림 2>와 같다.

인구분포 예측을 위해 활용된 회귀분석 모형은 모두 세 가지로서, 주거입지 결정요인, 주거밀도 결정요인, 그리고 재개발구역 결정요인이 포함된다. 회귀분석에 활용된 변인들을 설명하기 전에 이 연구에서 분석하고자 하는 공간적 범위와 내용에 대해 상술할 필요가 있다. 이 연구는 주거건물 단위에서의 인구분포 예측을 예측한다. 따라서 기본적인 종속변인은 주거건물 단위에서 구축된 주거입지적 특성을 담

<그림 2> 개발가능지 분석결과



고 있어야 한다. 아울러 독립변인은 주거입지적 특성 등을 설명할 수 있는 변인들로 구축되어야 한다.

독립변인들은 국내에서 수행된 선행연구들을 종합적으로 검토하여 선정하였다. 국내에서 수행된 선행 연구 검토결과, 주거입지 요인과 주거밀도 요인은 거의 동일한 기준들이 적용되고 있다(김현중·정일훈, 2017; 김동한 외, 2014; 임재문 외, 2013; 이창효, 2012). 아울러, 재개발 혹은 재정비구역 결정요인에서 활용되고 있는 변인들도 주거입지 요인을 활용하고 있다(신우화·신우진, 2015; 이도길 외, 2010). 따라서 근본적으로 세 가지 모형에서 적용되고 있는 입지결정요인들 유사하다고 간주할 수 있다.

주거입지 요인으로 언급되고 있는 세부 내용은 다음과 같다(〈표 1〉 참조). 주거의 선택은 입지효용을 높이려는 합리적인 의사과정으로 이해할 수 있다. 주거입지의 효용은 복합적인 요인들에 의해서 결정되는 만큼 다양한 요인들에 대한 고려가 필수적이다. 이 연구는 지역적 특성과 주거입지 간의 연관성에 주목하므로, 지역적 수준에서 언급되고 있는 주거입지 요인을 설명한다. 먼저 주거입지는 경제력과 매우 밀접한 관련이 있다(이창효, 2012). 경제수준이 높은 지역에 거주하려는 경향이 있는 반면, 너무 높은 지역의 경제수준은 입주의사를 포기하게 만들기도 한다. 접근성은 주거입지 선택에 있어 핵심적인 요인이다(Alonso, 1964). 접근성이 우수한 지역에서의 입지효용이 높은 것은 자명하다. 자연환경 또한 입지 요인의 결정짓는 가장 근본적인 요인들 중 하나이다. 경사 및 표고 등의 자연환경은 쾌적하고 편리한 주거환경의 하나의 척도로서 작용한다. 주거입지는 직장과의 거리와도 밀접한 관련성이 있으므로(최은영·조대현, 2005), 지역의 사업체수와 밀접한 관련성을 지닐 수 있다. 마지막으로 적정 수준의 인구밀도는 다양한 편익시설들의 공급을 원활하게 하고, 집적 경제를 도모할 수 있는 장점이 있으므로(김현중·정일훈, 2017), 이에 대한 고려도 필요하다.

〈표 1〉 회귀분석의 변인설명

변인		내용	자료
중속 변인	주거입지	주거=1, 주거 아님=0(참조집단)	새주소도로망지도(안전행정부)
	재개발구역	재개발구역=1, 재개발구역 아님=0(참조집단)	도시재개발구역(국토교통부)
	주거밀도	저밀도=1, 중·저밀도=2, 중·고밀도=3, 고밀도=4(참조집단)	새주소도로망지도(안전행정부)
독립 변인	인구 및 경제 특성	인구수(집계구별, 인/ha)	인구주택총조사(통계청)
		사업체수(읍면동별, 개소)	사업체기초통계조사(통계청)
		공시지가(원/㎡)	표준지공시지가(국토교통부)
	근린 특성	주거 집중도(인)	새주소도로망지도(안전행정부)
		주요 상권과의 거리(m)	전국 주요 상권현황(중소벤처기업부)
		초등학교와의 거리(m)	새주소도로망지도(안전행정부)
		문화시설과의 거리(m)	
대형판매시설과의 거리(m)			

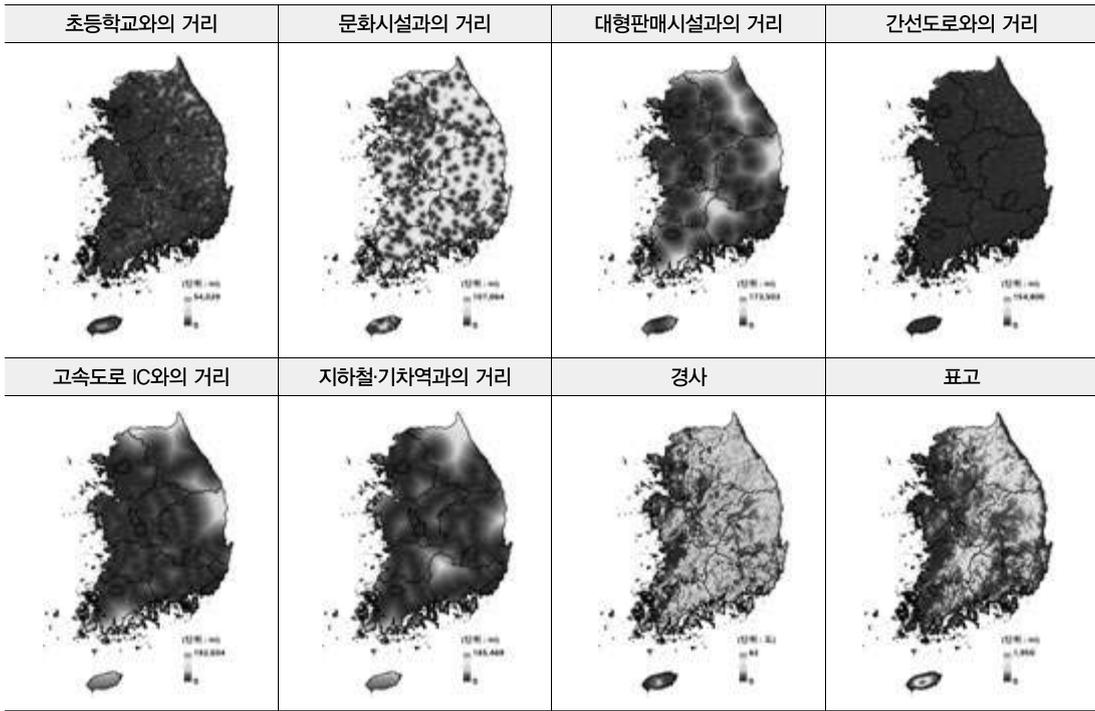
독립 변인	교통 특성	간선도로와의 거리(m)	한국토지정보시스템(국토교통부)
		고속도로 IC와의 거리(m)	
		지하철·기차역과의 거리(m)	새주소도로망지도(안전행정부)
	자연 특성	경사(도)	전국 DEM자료(국토교통부)
		표고(m)	

회귀분석에 활용되는 변인들을 모두 ArcGIS 10.3을 통해 구축하였다(〈그림 3〉 참조). 모든 변인들의 공간적 범위는 정확하게 일치시켰으며, 모두 8,546,846(2,794×3,059)개의 격자로 구성된다. 거리를 제외한 변인들은 ArcGIS에서 간단하게 표현할 수 있으므로, 자세한 변인구축 설명은 생략한다. 거리변인은 ArcGIS의 공간분석 도구를 활용하여 구축하였다. 해당하는 시설을 추출한 후, 유클리디언 거리(euclidean distance) 도구를 활용하여 시설의 위치에서부터 전 분석대상지까지 직선거리를 산출하였다.<sup>4)</sup>

〈표 1〉 회귀분석의 변인설명

주거입지	주거밀도	재개발구역	인구수
사업체수	공시지가	주거 집중도	주요 상권과의 거리

4) 분석에는 ArcGIS 10.3에 탑재되어 있는 Spatial Analyst Tools의 Euclidean Distance를 활용하였다.



로지스틱 모형을 기반으로 미래의 인구분포를 예측하는 이 연구의 특성상 회귀분석 결과의 견고성(robustness)은 예측모형의 신뢰성을 의미한다. 특히, 2015년 단일년도 자료를 기반으로 2045년까지의 인구분포를 예측해야 하므로, 회귀분석의 결과는 모형의 신뢰성에 결정적인 영향을 미친다. 따라서 인구분포 예측 모형을 진행하기에 앞서 로지스틱 회귀분석 결과를 미리 확인할 필요가 있다.

## IV. 분석결과

### 1. 회귀분석 및 입지확률 예측 결과

다음의 <표 2>에서 살펴볼 수 있듯이, 세 가지의 로지스틱 회귀모형의 설명력은 매우 높았다. 또한, 개별 독립변인들의 추정계수들 또한 통계적으로 유의성이 매우 높게 나타났다. 이 연구에서 분석한 세 가지 회귀분석 모형의 결과는 그간 국내에서 찾아보긴 힘든 자료로서, 주거입지와 관련된 중요한 정보

를 제공하고 있다. 전국을 대상으로 200×200m 격자에서 개별 변수들을 도출 및 분석한 만큼, 매우 미시적인 수준에서 주거입지 결정요인을 살펴볼 수 있기 때문이다. 따라서 개별 모형별로 회귀분석 결과를 자세히 설명하는 것은 커다란 의의를 지닐 수 있으나, 제한적 지면으로 인해 유의미한 변인들에 대해서만 간략하게 설명한다.

주거입지 모형에서 인구수, 사업체수, 공시지가는 주거입지의 부(-)의 영향을 미쳤다. 이와 같은 결과는 자칫 오해를 낳을 수 있다. 왜냐하면, 우리가 경험한 주거입지는 이들 변인들과는 정(+)의 영향을 보이는 것이 일반적이기 때문이다(김현중·정일훈, 2017; 김동한 외, 2014; 이창효, 2012). 이 분석은 전국의 주거입지를 분석한 것으로서, 비도시지역의 주거입지가 도시지역보다는 많은 비중을 차지한다. 따라서 우리나라의 주거입지는 인구수와 사업체수가 적고, 공시지가가 낮은 지역에서 더 많이 분포하고 있다고 풀이할 수 있다. 기타 접근성이 좋고, 주거집중도가 높으며, 자연환경 조건이 유리한 지역에 주거입지가 많이 나타나고 있는 현상은 국내에서 수행된 대부분의 선행연구들과도 궤를 함께 하는 것이다(김현중·정일훈, 2017; 김동한 외, 2014).

재개발구역 모형을 통해서는 우리나라의 재개발구역 설정의 기준 혹은 원칙을 확인할 수 있다. 인구수가 많고, 접근성이 유리하며, 공시지가가 높은 도시지역을 중심으로 재개발구역들이 선정되고 있다. 이와 같은 결과는 이도길 외(2010), 신우화·신우진(2015)과 맥을 함께 하는 결과이다.

마지막으로 주거밀도 모형의 회귀분석결과는 고밀도를 참조집단으로 해석해야 한다. 고밀도에 비해 상대적으로 밀도가 낮은 세 가지 범주에서 나타난 추정결과는 상식적인 수준에서 이해할 수 있다. 고밀도의 주거지역에서 인구수가 많고, 인구집중도와공시지가가 높았다. 주요시설과의 접근성 또한 고밀도 지역이 상대적으로 우수하였는데, 이는 시설의 입지효율성 측면에서 당연한 결과라 할 수 있다. 하지만 모든 접근성 요인들이 통계적 유의성을 확보하고 있지는 않았다. 이에 대해서는 추가적인 논의가 필요하지만, 종합적으로 볼 때, 우리나라에서 나타나고 있는 주거밀도와 접근성 간의 관련성은 제한적인 것으로 판단할 수 있다. 인구가 많이 밀집하고 있는 주거지역보다는 다른 지역에서 사업체수가 많은 이유는 주거 입지적 측면에서 해설할 수 있다. 인구의 고밀도지역들은 사업체수가 많이 분포하고 있는 공단 지역, 업무지역들과는 일정 거리 이상의 거리를 두고 입지하는 것이 일반적이다.

한편, 다음의 <그림 4>는 입지확률 예측결과이다. 주거입지와 재개발구역의 입지확률은 수식 (2)의 이항로짓모형을 통해, 그리고 세 가지의 주거밀도 입지확률은 수식 (3)의 다항로짓모형을 통해서 산출되었다. 주거밀도 입지확률 중 고밀도의 입지확률을 예측하지 않은 이유는 네 가지의 주거밀도 확률의 합은 1이 되므로, 세 가지의 입지확률을 알게 되면, 고밀도의 입지확률도 자동으로 계산되기 때문이다. 앞서 설명한 바와 같이, 미래의 인구분포는 입지확률을 기반으로 할당되며, 입지 우위지역의 기준에 의해 인구가 할당된다. 다양한 기준의 입지확률이 의미하는 바도 적지 않다. 하지만 이 연구는 주거분포

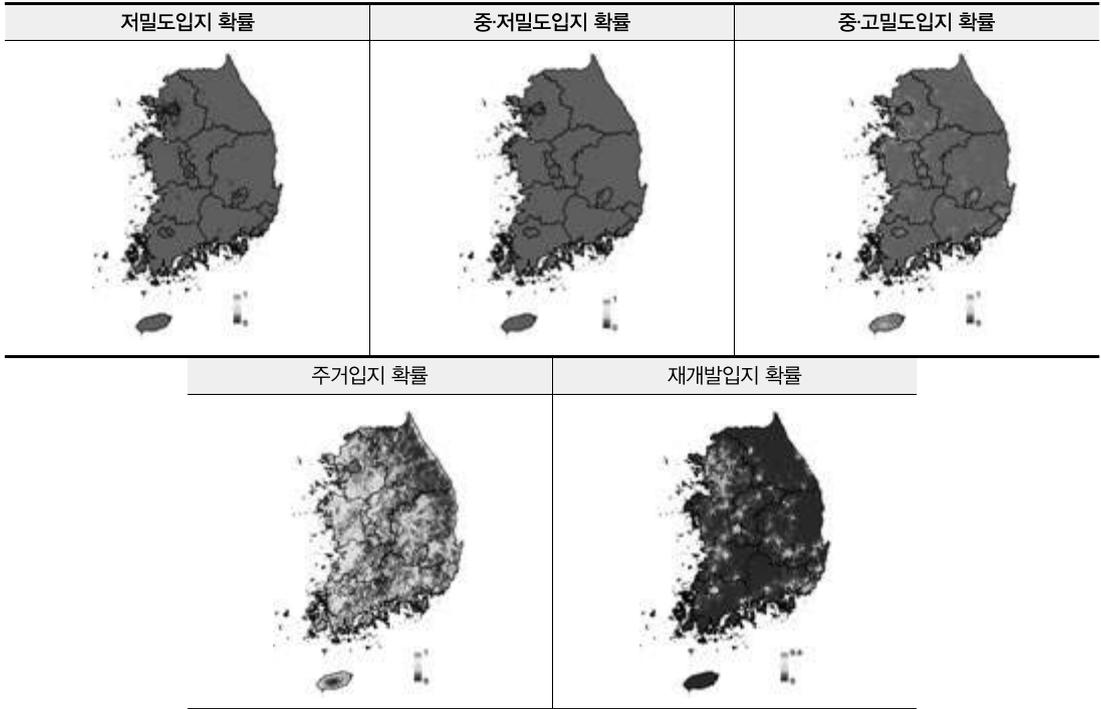
변화 예측이 주된 목적이므로 이에 대한 설명은 생략하도록 한다. 입지 확률예측 결과에서 반드시 확인이 필요한 내용이 있는데, 그것은 현재의 입지와 확률예측 결과는 거의 유사하게 나와야 한다. 분석결과, 이 연구에서 추정한 확률 값은 현재의 입지패턴과 거의 동일하게 나왔으므로, 모형의 신뢰성이 높다고 평가할 수 있다.

〈표 2〉 로지스틱 모형을 이용한 회귀분석 결과

변수	주거입지	재개발구역	주거밀도		
			저밀도	중·저밀도	중·고밀도
상수항	0,151100 ***	-1,467300 ***	5,147400 ***	3,182100 ***	3,050800 ***
인구수	-0,000340 ***	0,000600 ***	-0,004090 ***	-0,004330 ***	-0,003740 ***
사업체수	-0,000100 ***	0,000079	0,015200 ***	0,015900 ***	0,013100 ***
공시지가	-0,000000 ***	0,000000 ***	-0,000001 ***	-0,000000 ***	-0,000000 ***
주거 집중도	0,001180 ***	0,000174 ***	-0,003910 ***	-0,001390 ***	-0,000580 ***
주요 상권과의 거리	0,000003 ***	-0,000050 ***	0,000115 ***	0,000079 **	-0,000001
초등학교와의 거리	-0,000100 ***	-0,000510 ***	0,001160 ***	0,000551 ***	-0,000030
문화시설과의 거리	-0,000005 ***	-0,000003 *	0,000036 **	0,000027 *	0,000002
대형판매시설과의 거리	-0,000001 ***	-0,000020 ***	0,000019	0,000021	0,000011
간선도로와의 거리	-0,000010 ***	-0,000290 ***	-0,000130 **	-0,000100 **	-0,000010
고속도로 IC와의 거리	-0,000003 ***	-0,000006 ***	-0,000010	0,000002	0,000011 *
지하철기차역과의 거리	0,000000 ***	-0,000030 ***	0,000002	-0,000005	-0,000020 *
경사	-0,068100 ***	0,001900	0,145900 ***	0,082600 ***	0,067600 ***
표고	-0,000570 ***	0,000034	-0,000140	-0,001010	-0,000680
N	2,573,517	567,774	548,472		
AIC	965,148	81,601	20,519		
Max-rescaled R2	0,4066	0,5090	0,5370		

\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

〈그림 4〉 입지확률 예측 결과



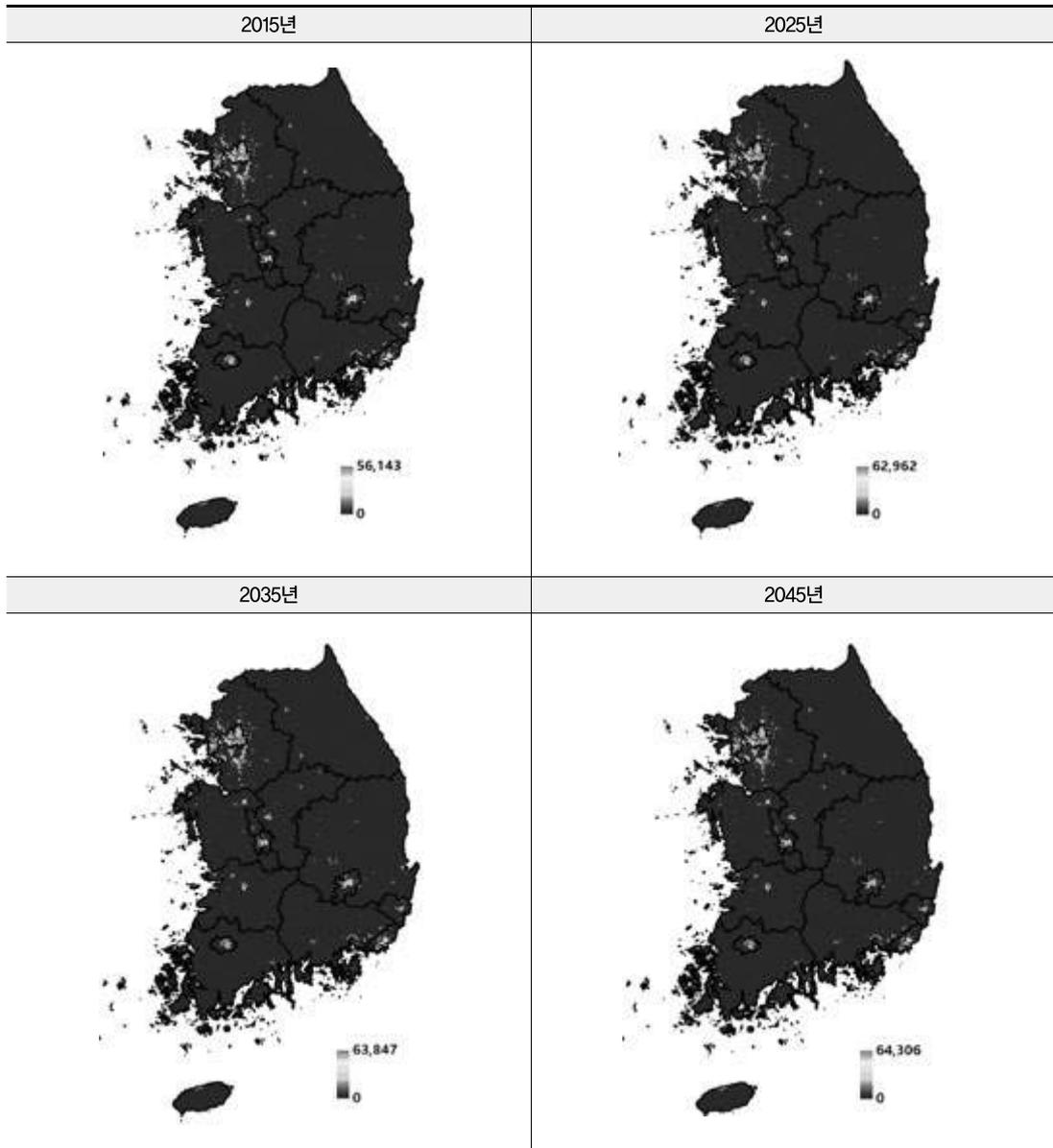
## 2. 미래의 인구분포 예측 결과

최근의 공간변화 경향이 지속됨을 전제로 분석한 미래의 인구분포 예측 결과는 다음의 〈그림 5〉와 같다. 이 결과는 200×200m의 격자에서 얼마나 많은 인구수들이 미래에 거주할 것인가를 드러내는 것이다. 〈그림 5〉를 통해서 미래의 인구분포의 변화를 효과적으로 살펴보기 어려운 문제가 있다. 그림이 담아낼 수 있는 표현의 한계로 인해 우리나라에서 나타나게 될 인구분포 변화를 자세하게 살펴보기 어렵기 때문이다. 이와 같은 문제를 고려해서 아래에서는 공간계획적 차원에서 의미 있는 주요 연구결과를 살펴본다.

다음의 〈표 3〉은 200×200m의 격자수준에서 예측한 주거입지 및 평균 주거밀도의 변화를 보여준다. 주거입지의 격자수는 2015년 516,132개소를 정점으로 매년 줄어들어, 2045년에는 396,923개소로 분석되었다. 앞으로 30년 동안 주거입지의 격자수는 27.4%가 감소할 것으로 예측된 것이다. 최근 5년간(2010 ~ 2015년) 빈집이 31%나 증가한 점에 비추어 볼 때(통계청, 2015), 이와 같은 분석결과는 주거 축소의 경향을 잘 드러내고 있는 것으로 판단된다. 주거입지 지역은 줄었으나, 격자 당 평균 주거밀

도는 점진적으로 증가하는 것으로 나타났다. 2015년에는 200×200m의 격자에서 평균 98.8인이 거주 하였으나, 2025년 111.7인, 2035년 121.1인, 2045년에는 128.6인이 거주하는 것으로 드러났다. 이는 2015년과 2045년의 인구수는 변화가 없는데 반해, 인구의 입지지역이 축소함에 따라 나타난 자연스러운 결과이다.

〈그림 5〉 미래의 인구분포 예측 결과



〈표 3〉 주거입지 및 평균 주거밀도의 변화

연도	주거입지 격자		격자당 주거밀도		인구수(인)
	격자수	증감률(%)	평균 주거밀도(인)	증감률(%)	
2015년	516,132	-	98.8	-	51,010,000
2025년	472,849	-8.4	111.7	13.1	52,610,000
2035년	434,342	-17.3	121.1	19.9	52,830,000
2045년	396,923	-27.4	128.6	24.6	51,050,000

그렇다면, 미래의 인구분포는 더욱 집적될 것인가? 이 질문에 대한 답을 얻기 위해 모란지수(Global Moran's I)를 이용하여(Anselin, 1995), 주거분포의 공간적 집적도 변화를 분석하였다. 모란지수는 -1부터 1까지의 값을 가지게 되며, 0보다 크면 양의 공간적 자기상관을, 0보다 작으면 음의 공간적 자기상관을 각각 가진다. 따라서 모란지수를 통해 시기별 인구분포의 공간적 집적 수준을 확인할 수 있다. 〈표 4〉의 분석 결과에서 확인할 수 있듯이, 미래의 인구분포 집적도는 2015년 수준에서 크게 증가하지 않는 것으로 예측되었다. 모란지수의 값은 2015년 0.097에서 2045년에는 0.091로 조금 줄어들었지만, 이는 미미한 수준의 변화이다. 따라서 현재와 같은 수준의 인구변화와 공간계획이 지속된다면, 미래의 인구분포 집적도 또한 현재의 수준과는 크게 달라지지 않을 것으로 예상된다.

〈표 4〉 모란지수의 변화

구분	2015년	2025년	2035년	2045년
모란지수	0.097	0.095	0.093	0.091
Z-score	65.69 ***	64.99 ***	63.85 ***	62.38 ***

주: 역거리 기반의 공간가중행렬 적용, \*\*\* p<0.01

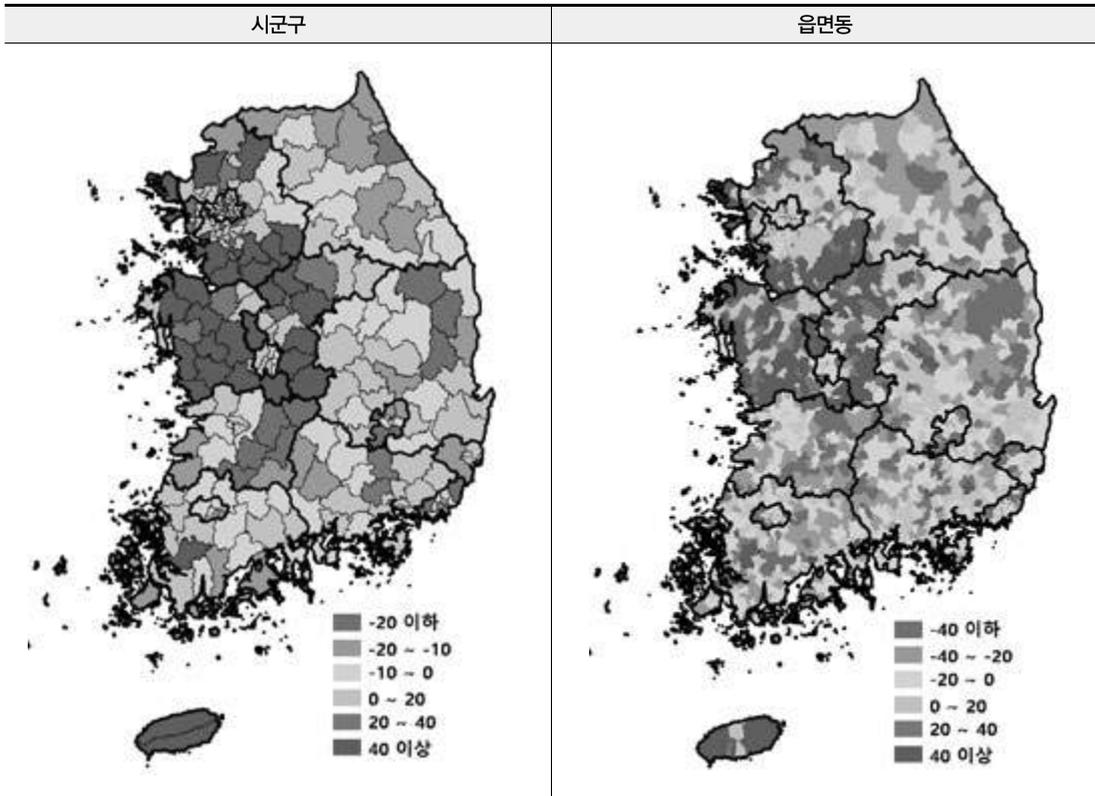
다음으로 미래의 인구분포 패턴을 보다 구체적으로 확인하기 위해 지역중심지와의 거리조락(distance decay)에 따른 변화를 살펴보면 상기의 〈표 5〉와 같다. 여기에서 지역중심지는 시군구청이 소재한 위치이다. 지역중심지로부터 거리조락에 따른 인구분포의 비율은 2015년과 2045년도의 값이 크게 다르지 않았다. 따라서 지역중심지를 중심으로 인구분포의 입지를 예측하면, 현재와 같은 수준이 2045년까지도 지속될 것으로 보인다.

〈표 5〉 지역중심지와의 거리에 따른 인구분포의 변화

(단위 : %)

거리(km)	2015년	2025년	2035년	2045년
1 이하	15.6	14.8	14.7	14.9
1 ~ 2	44.3	42.4	41.9	42.5
2 ~ 3	64.1	61.5	60.8	61.6
3 ~ 4	74.2	71.4	70.6	71.5
4 ~ 5	79.9	77.2	76.3	77.2
5 ~ 6	84.1	81.5	80.6	81.6
6 ~ 7	87.2	84.9	84.0	84.9
7 ~ 8	89.5	87.4	86.6	87.4
8 ~ 9	91.5	89.6	88.7	89.6
9 ~ 10	93.2	91.5	90.7	91.5
10 ~ 11	94.5	92.9	92.2	92.9
11 ~ 12	95.7	94.2	93.6	94.3
13 이상	100.0	100.0	100.0	100.0

〈그림 6〉 지역별 인구증감률 예측결과(2015~2045년)



한편, <그림 6>은 2015년부터 2045년까지의 인구증감률 변화를 시군구와 읍면동 단위에서 분석한 것이다. 공간단위에 따라서 분석결과는 적지 않은 차이를 보이곤 하는데, <그림 6>은 이를 잘 드러낸다. 미시적인 수준에서 분석한 결과는 다양한 공간적 수준에서 집계함으로써, 유용하게 활용할 수 있는데, 상기의 분석결과를 이를 증명하는 좋은 예이다.

먼저 시군구의 결과를 살펴보면, 크게 세 개의 지역들에서 인구분포가 크게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 경기도와 충청도, 그리고 제주도에서의 인구분포 증가가 확연히 드러난다. 이와는 반대로 인구가 감소하는 지역들도 공간적으로 군집하고 있는 특성을 보이고 있는데, 우리나라에서 전통적인 낙후지역이라 할 수 있는 영남권, 호남권, 그리고 강원권에서 인구감소율이 높은 것을 확인할 수 있다. 서울시를 비롯한 많은 대도시지역에서 인구감소율이 높게 나타난 것으로 미루어 보아, 대도시지역에서의 축소현상도 멀지 않은 미래부터 나타날 것으로 예견할 수 있다. 읍면동의 결과도 시군구의 결과와 유사한 공간적 군집 특성을 보이고 있다. 다만, 세부적으로 살펴보면, 인구감소가 진행되고 있는 시군구에서도 특정 읍면동 지역들은 인구가 증가하는 경향이 일부 확인할 수 있다. 이 연구에서 분석한 지역별 인구증감률 예측결과는 향후 다양한 용도로서 활용이 가능하다. 인구분포 변화의 지역 간 변화뿐만 아니라, 개별 지역들에서 인구분포 변화에 대한 기초자료로서 활용이 가능하다.

<그림 7>은 미래의 인구분포 핫스팟 및 콜드스팟을 읍면동 단위에서 분석한 결과이다. Local Moran's I를 적용하였으며, HH(High-High)를 핫스팟으로, LL(Low-Low)는 콜드스팟으로 각각 구분하였다 (Anselin 1995). 분석결과는 매우 흥미로운 사실을 드러내며, 두 가지 측면에서 시사점을 찾을 수 있다. 첫째, 콜드스팟 즉, 인구수가 부족한 읍면동의 군집지역들은 2045년까지도 계속해서 콜드스팟으로 남는 경향을 보였다. 전통적인 낙후지역이라 할 수 있는 강원권, 호남권, 영남권의 많은 지역들에서 콜드스팟이 주로 밀집되었다. 이들 지역의 쇠퇴는 오래전부터 지적되어 왔음에도 불구하고, 미래에도 개선이 될 확률은 낮은 것으로 판단된다. 둘째, 인구수를 기준으로 한 국토공간의 축은 일부 변경이 될 가능성이 있는 것으로 보인다. 국토공간의 전통적인 축은 여전히 경부 축인 것으로 볼 수 있으나, 수도권에서 세종특별자치시를 거쳐 대전광역시까지를 잇는 매우 커다란 축이 형성될 것으로 분석되었다. 상기의 <그림 5>에서 확인할 수 있듯이, 이들 지역의 인구분포 축은 시간이 지날수록 더욱 강해짐을 알 수 있다. 이는 수도권 지역을 중심으로 산업 및 경제기능이 재편되고, 충청권을 중심으로 인구가 지속적으로 유입되는 등의 공간적 확산현상에 따른 결과로 해석될 수 있다.

이 연구는 전국을 대상으로 200×200m의 격자 수준에서 미래의 인구분포를 예측한 만큼 개별 지역 단위에서도 세부적인 분석결과를 확인할 수 있다. 앞에서 살펴본 시군구, 읍면동 수준에서 집계한 자료뿐만 아니라, 개별 지역에서 미시적인 인구분포 변화를 살펴볼 수 있는 장점이 있다. 상기의 <그림 8>은 진안군, 영양군, 이천시의 분석사례들이다. 진안군과 영양군은 미래의 인구수가 가장 많이 줄어들 것으

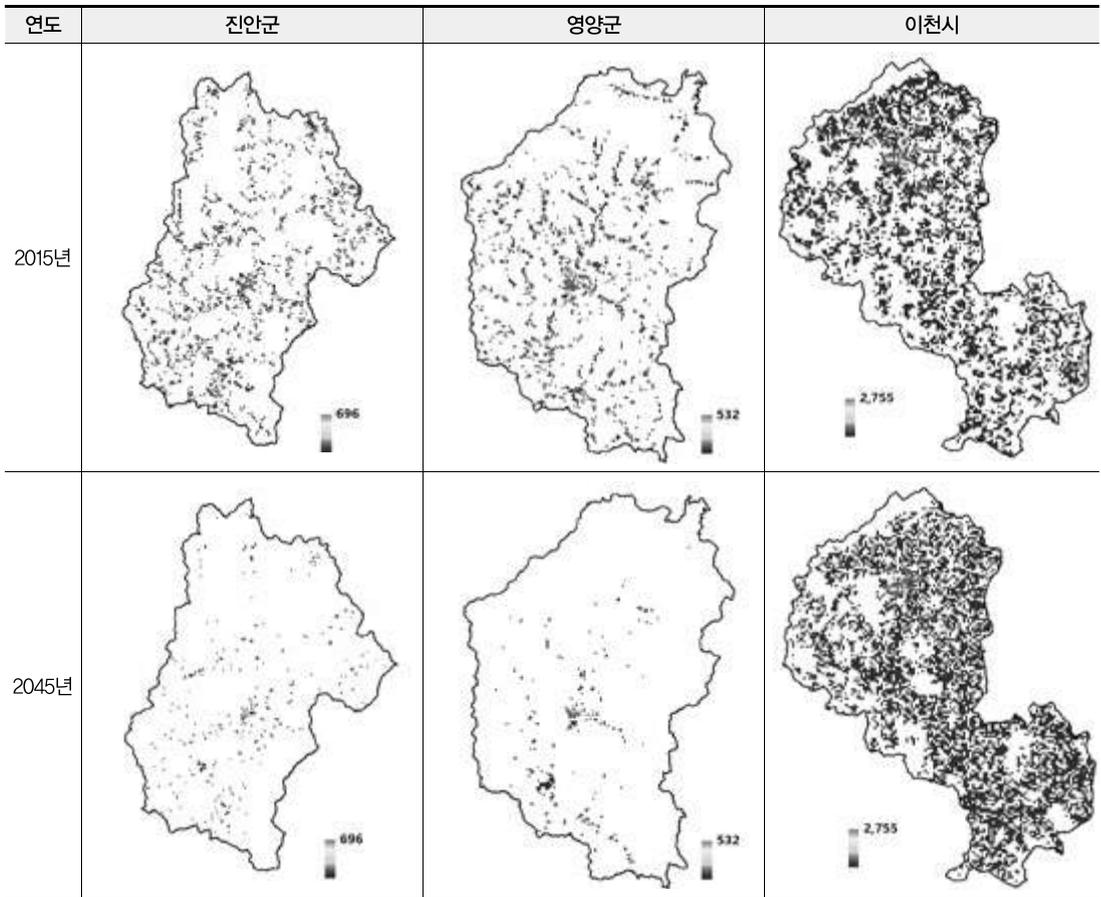
로 예측된 지역들로서, 2015년도에 비해 2045년도는 많은 인구가 감소에 따라서 축소현상이 나타날 것으로 예견된다. 인구증가로 인해 2045년도에 인구분포 지역이 크게 증가하는 사례도 찾아볼 수 있다. 경기도 이천시가 여기에 해당되며, 향후 이천시 전 지역에서 인구분포의 확산이 눈에 띈다. 경기도 이천시의 기존 도심지역보다는 도심 인근지역에서 인구분포가 크게 증가하는 이유는 이천시 전역에는 신규 개발가능지가 많이 분포하고 있기 때문으로 풀이할 수 있다. 그리고 과거 10년간 이천시에서는 재개발 사례가 없는 관계로 시뮬레이션 모형에서 기존 도심에서의 인구밀도는 동일하게 유지됨을 가정하였기 때문에 대부분의 인구증가는 신규 개발용지에서 발생한 것으로 보인다.

〈그림 5〉 미래의 인구분포 예측 결과



지금까지 살펴본 진안군, 영양군, 이천시의 사례는 시사점이 크다. 합리적인 공간계획을 위해서는 미시적인 인구분포 변화를 사전에 예측하고 이를 체계적으로 관리하려는 노력이 중요한데, 이 연구의 결과는 이를 잘 보여준다. 더 나아가서는 인구분포의 증가 혹은 소멸지점의 원인을 사전에 검토하고, 타 계획 간의 관련성 분석을 통해 인구분포를 보다 효율적으로 관리할 수 있는 근거자료로서 역할을 수행할 수 있다.

〈그림 8〉 지자체 단위에서의 인구분포 예측결과 예시



## V. 결론

인구분포는 인간 활동의 산물로서, 개인의 삶에 지대한 영향을 미친다. 직장, 교육, 안전, 환경 등 거의 모든 인간 활동은 인구분포의 특성과 밀접한 관련성을 맺는다. 따라서 인구분포를 해석하고, 개선점을 찾는 노력은 필수적이다. 공간의 문제를 다루는 공간계획에 있어 인구분포의 의미는 각별하다. 많은 공간 문제들이 인구분포로부터 파생되기 때문이다. 따라서 미래의 합리적인 공간계획을 수립하기 위해서는 인구 분포의 특성을 주도면밀하게 예측하고 관리하려는 노력이 필요하다. 본 연구는 공간계획에서 인구분포가 갖는 중요성에 주목하여 우리나라의 인구분포를 2045년까지 예측하였다. 전국을 대상으로 미시적인 공간단위인  $200 \times 200\text{m}$ 의 격자 수준에서 분석하였으며, 셀 기반 로지스틱 회귀모형을 활용하였다. 분석은 현재와 같은 수준의 공간계획이 지속됨을 전제하였다. 주요 분석결과를 요약하고, 연구의 의의와 한계 등을 밝히면 다음과 같다.

우리나라의 인구분포는 향후 적지 않은 변화를 겪을 것으로 보인다. 인구 분포지역은 매년 감소하여 2045년에는 2015년의 약 73% 수준에 머무를 것으로 예측되었다. 인구감소시대에 빈집 발생 등의 축소 현상이 지속적으로 나타남에 따라 공간의 축소현상이 나타날 것으로 풀이할 수 있다. 인구분포 지역의 감소에 따라  $200 \times 200\text{m}$ 의 격자에서의 인구밀도는 점진적으로 증가할 것으로 분석되었다. 이는 2015년과 2045년도의 총인구수는 비슷함에도 불구하고 인구분포지역의 감소에 따른 결과이다.  $200 \times 200\text{m}$ 의 격자수준에서 인구분포지역이 감소함에도 불구하고 인구분포의 공간적 집적 수준은 2015년과 유사하게 나타날 것으로 예측되었다. 이는 인구분포 감소지역들이 공간적으로 산재하여 나타나는 것을 의미하는 것이다. 따라서 공간의 축소현상은 기성시가지뿐만 아니라, 신시가지 등지에서도 산발적으로 나타날 확률이 높은 것을 유추할 수 있다. 다만, 이와 같은 공간축소현상이 모든 지역에서 동일하게 나타나는 것은 아니다. 서울시의 일부 지역뿐 아니라, 경기도, 인천시 등에 속한 대도시 인접 지역에서의 인구밀도 증가는 미래에도 나타날 것으로 예측된다. 제한적이지만 미래에는 재도심화의 경향도 분명히 나타날 것으로 예견된다. 다만, 이 연구를 통해 보다 명확히 들어나고 있는 점은 국토의 전반적인 경향이 공간의 축소화이므로 이에 대한 선제적 대응방안은 보다 적극적으로 추진될 필요가 있을 것이다.

본 연구의 가장 흥미로운 분석결과는 읍면동 단위에서 분석한 인구분포의 핫스팟 변화에서 찾을 수 있다. 2015년 현재 인구과소지역들은 2045년에도 지속되거나 더 악화되는 것으로 분석되었다. 또한 우리나라의 인구수 핫스팟 지역들은 향후 수도권에서부터 세종특별자치시와 대광역시를 잇는 지역을 중심으로 커다란 띠 모양을 형성할 것으로 예측되었다. 이와 같은 결과는 최근의 공간계획적 특성이 미래에도

지속됨을 전제로 했다는 점에서 더욱 의미가 깊다. 왜냐하면, 현재의 공간계획적 노력의 문제점을 큰 틀에서 살펴볼 수 있기 때문이다. 인구분포와 관련해서 오랫동안 추진되어 온 대표적인 정책은 국토공간의 효율적 이용과 지역의 활성화를 위한 인구의 분산정책이었다. 거의 모든 국토공간 계획에서 인구 분산은 일차적인 목표였으며, 추진경과가 상당히 길다. 하지만 현재와 같은 추세가 지속된다면, 미래에도 인구분포의 변화는 피하기가 어려울 것으로 보인다.

따라서 향후 인구분포의 전국적인 분산을 추진하기 위해서는 보다 적극적인 공간계획적 노력이 필요할 것으로 판단된다. 정책적 목표에 따라 인구분포의 방향성은 달라질 수 있으므로, 향후에 어떠한 정책이 효과를 발휘할지에 대해서는 추가적인 검토가 요구된다. 다만, 이 연구가 잘 보여주고 있듯이, 합리적인 미래의 인구분포 예측결과를 토대로 정책을 수립하는 것이 타당할 것이다. 공간을 대상으로 수행되는 시뮬레이션 모형은 많은 장점을 갖고 있다. 다양한 대안들을 사전에 체계적으로 평가할 수 있는 모의시험장을 제공해주어 보다 나은 계획을 수립하도록 도와준다. 아울러, 공간계획적 노력을 평가하거나 기존 계획의 문제점을 식별하는 데에도 도움을 줄 수 있다. 일례로, 이 연구에서 추정한 인구분포 모형을 기반으로 우리나라 고속철도가 인구분산에 미친 실질적인 영향 등을 평가하고 개선방향을 찾는 노력을 기울일 수 있을 것이다. 이 외에도 개별 모형의 성격과 목적 등에 따라서 다양한 장점들을 제공할 수 있다. 풍부한 자료의 구축과 다양한 방법론의 발전으로 인해 보다 정교해진 시뮬레이션 모형들이 등장하고 있으므로, 시뮬레이션 모형을 기반으로 한 공간계획으로의 전환이 시급히 요구된다.

이를 위해서는 먼저 예측결과를 제고시킬 수 있는 모형의 발전이 요구된다. 이 연구에서 시도한 모형은 미시적인 공간단위에서 그간 확률선택모형의 단점으로 지적되어온 공간효과를 반영한 것과 함께 인구밀도를 직접적으로 예측한 것이 새로운 시도였다고 평가할 수 있다. 하지만 단일 연도의 자료를 기반으로 확률 값을 도출함으로써, 과거로부터의 변화추세를 반영하기 어려운 한계를 노정하고 있다. 따라서 미래의 모형은 동태적인 변화를 합리적으로 산출하는 노력이 필요하다. 또한 주거입지의 입지 원인을 더욱 정밀하게 분석할 필요가 있을 것이다. 이 연구에서는 사회경제적 변수들과 인구입지 간의 인과성을 기반으로 확률 값을 도출하였다. 현실적인 자료의 제약을 고려할 때, 나름 최선의 방법이었지만, 일정부분 한계를 드러내고 있다. 주거입지를 설명할 수 있는 개인 혹은 가구단위의 자료를 통제할 수 없는 문제로 인해 주거입지 결정요인의 신뢰성을 제고할 수 없었다. 개인 및 가구변인이 주거입지에 미치는 영향이 적지 않은 현실적 문제를 고려할 때, 향후에는 개인 및 가구변인도 추가적으로 고려할 수 있는 노력이 필요할 것이다.

■ 참고문헌 ■

- 강병기·최봉문·권일(1997), “서울 인구밀도분포의 공간적 변화 분석 및 예측 시뮬레이션”, 『국토계획』, 32(6): 49-65.
- 김감영·이건학(2016), “이동통신 빅데이터를 이용한 현재인구 추정과 개선방안 연구”, 『한국도시지리학 회지』, 19(2): 181-196.
- 김경수·장욱(2003), “정상 마르코프 연쇄모형에 의한 부산권 인구분포예측 연구”, 『국토계획』, 38(4): 33-46.
- 김동한(2013), “메트로나미카 모형을 활용한 수도권 지역의 도시성장 시뮬레이션”, 『국토연구』, 78: 3-17.
- 김동한·서태성·구형수·강민규·성혜정·김은빈(2014), 『행위자 기반의 공간변화 시뮬레이션 모형구축과 국토도시정책 활용방안 연구』, 국토연구원.
- 김리영·서원석(2016), “공간계량기법을 이용한 학령별 인구의 공간적 분포 및 입지특성 영향요인 연구”, 『한국지역개발학회지』, 28(2): 113-129.
- 김현중·정일훈(2017), “농촌 주거지 축소지역 예측 : Dyna-CLUE 모형의 적용”, 『주거환경』, 15(2): 51-66.
- 김호용(2012), “세력권 방식의 공간적 연관성을 이용한 인구분포 변화 분석”, 『국토연구』, 73: 47-61.
- 김홍배·김재구·임병철(2009), “조성법과 Markov Chain 모형을 결합한 지역 인구예측 모형에 관한 연구”, 『국토계획』, 44(6): 139-146.
- 남광우·권일화(2013), “센서스 데이터를 활용한 고령인구 분포 특성”, 『한국산학기술학회논문지』, 14(1): 464-469.
- 박소현·이금숙(2016), “마르코프 체인 모형을 이용한 직종별 취업자의 공간적 분포 변화 예측”, 『대한지리학회지』, 51(4): 525-539.
- 박현수·조규영(2008), “확률선택모형에 의한 대구시의 토지이용변화에 대한 실증분석”, 『국토연구』, 58:137-150.
- 서현진·전병운(2017), “CA-Markov 모형을 이용한 대구시 녹지의 공간적 변화 모델링”, 『대한지리학회지』, 52(1): 123-141.
- 신우화·신우진(2015), “부산의 주거정비사업 추진에 미치는 영향요인 분석”, 『대한부동산학회지』, 13(1): 125-132.
- 안중욱(2006), “Markov Chain 모형을 이용한 수도권 인구분포예측에 관한 연구”, 『수도권연구』, 1-18.

- 안창원·최민식·배유석·백의현·최은정·김기호(2014), “인구동태 마이크로 시뮬레이션 기술동향”, 『전자통신동향분석』, 29(4): 11-20.
- 이건학·김감영(2016), “공간통계 기법을 이용한 현주인구 추정 모델링”, 『한국지도학회지』, 16(2): 71-93.
- 이금숙·김호성·이수영(2015), “미디어 이용자의 활동공간 시·공간 정보를 활용한 서울의 실시간 인구 분포 분석”, 『한국경제지리학회지』, 18(1): 87-102.
- 이도길·김창석·남진(2010), “재개발사업기간에 영향을 미치는 요인에 관한 연구”, 『도시행정학보』, 23(3): 237-252.
- 이상일·조대현(2012), “지역간 인구이동의 예측을 통한 우리나라 시도별 장래 인구 추계: 다지역 코호트-요인법의 적용”, 『대한지리학회지』, 47(1): 98-120.
- 이창효(2012), 『토지이용-교통상호작용을 고려한 주거입지 예측모델 연구-DELTA의 활용을 중심으로-』, 서울시립대학교 박사학위논문.
- 임재문·오세경·권태정(2013), “지구지정 해제 대상 정비예정구역의 신규 정비사업 적용을 위한 유형화에 관한 연구”, 『대한토목학회논문집』, 33(5): 2135-2146.
- 전병운(2017), “지리가중 포아송 회귀모형을 이용한 위성영상 기반 인구추정”, 『한국지역지리학회지』, 23(3): 586-600.
- 최은영·조대현(2005), “서울시 내부 인구이동의 특성에 관한 연구”, 『한국지역지리학회지』, 11(2): 169-186.
- 통계청(2015), 『2015 인구주택총조사 전수부문 : 등록센서스 방식 집계결과』
- 통계청(2017), 『장래인구추계 시도편: 2015~2045년』
- Alonso, W.(1964), *Location and Land Use*, Harvard University Press.
- Anselin, L.(1995), “Local Indicators of Spatial Association LISA.” *Geographical Analysis*, 27(2): 93-115.
- Bryan, J. and Brian, C. O.(2013), “Historically grounded spatial population projections for the continental United States.” *Environmental Research Letters*, 8(4): 1-11.
- Fisher, P. and Langford, M.(1996), “Modeling Sensitivity to Accuracy in Classified Imagery: A Study of Areal Interpolation by Dasymetric Mapping.” *Professional Geographer*, 48(3): 299-309.
- Guneralp, B. and Seto, K. C.(2013), “Futures of global urban expansion: uncertainties and implications for biodiversity conservation.” *Environmental Research Letters*, 8(1): 1-10.
- Hu, Z. and Lo, C.(2007), “Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression.”

*Computers, Environment and Urban Systems*, 31(6): 667–688.

Maddala, G. S.(1983), *Limited-dependent and qualitative variables in econometrics*, Cambridge University Press.

Mennis, J. and Hultgren, T.(2006), “Intelligent Dasymmetric Mapping and Its Application to Areal Interpolation,” *Cartography and Geographic Information Science*, 33(3): 179–194.

Verburg, P. H. Van Eck, J. R. R. De Nijs, T. C. M. Dijst, M. J. and Schot, P.(2004), “Determinants of land–use change patterns in the Netherland.” *Environment and Planning B: Planning and Design B*, 31: 125–150.

---

원 고 접 수 일 | 2018년 11월 21일

심 사 완 료 일 | 2019년 2월 1일

최종원고채택일 | 2019년 2월 7일

**김현중** k452k452@hanmail.net

2019년 현재 미국 일리노이주립대 지리 및 인류학과에서 박사과정을 밟고 있다. 주요 논문으로는 “수도권 5대 범죄의 결정요인 : Mixed GWR모형의 적용”(2011), “대형마트와 SSM의 출점이 전통시장의 매출액에 미친 영향”(2013), “서울특별시 공공도서관 접근성의 지역 간 격차와 결정요인”(2015), “농촌 주거지 축소지역 예측 : Dyna\_CLUE 모형의 적용”(2017) 등이 있다. 최근까지도 다양한 학술활동을 펼치고 있으며, 국내외에서 30여 편의 논문을 발표하였다. 주요 관심분야는 GIS 공간분석, 도시시물레이션 모형, 그리고 공간 빅데이터이다.

**여관현** motelkh@anyang.ac.kr

2012년 서울시립대학교에서 행정학 박사학위를 받았으며, 박사논문 제목은 “정책네트워크 관점에서 본 도시재개발사업의 갈등구조 연구”이다. 한국도시행정학회 대외협력의원장 및 편집위원, 서울시 도시재생사업 총괄코디네이터, 안양시지속가능발전협의회 도시의제위원장 등을 겸임하고 있으며, 현재 안양대학교 공공행정학과 교수로 재직 중이다. 관심분야는 도시재생, 마을만들기, 도시공동체, 사회적경제 등이며, 저서로는 “세계도시의 이해”(한국학술정보, 2014)가 있다. 논문으로는 “지역적 특성이 빈집 발생에 미치는 영향”(IDI 도시연구, 2018), “협업능력 및 사고력 개발을 위한 기숙형 대학 비교과 프로그램 효과 탐색”(학습자중심교과교육연구, 2018), “근거이론을 활용한 「소규모 맞춤형 정비사업」의 실천적 함의”(지방정부연구, 2017) 등 30여 편의 논문을 발표하였다.