

건물 데이터를 이용한 국내 도시의 토지이용 압축도 측정에 관한 연구*

Measuring Land Use Compactness of Cities in Korea Using Building Registry Data

이경주 Lee Gyoungju**, 박진호 Park Jinho***, 임은선 Im Eunsun****

Abstract

In Korea, the last few decades have witnessed unplanned urban expansion, along with explosive population growth and rapid industrialization. Afterward, entry into the era of depopulation was accompanied by a decreased demand for land, thereby provoking intensive debates on building compact cities, where efficient land use is the norm. Although precisely defining a compact city is difficult, its pattern of high-density mixed land use is recognized as providing a conceptual springboard for further discussion. In consideration of these issues, this study was conducted to determine an index that measures the compactness of land use in Korean cities using building registry data and perform a national-level empirical analysis of indices on the basis of 162 cities and counties. To these ends, the total floor area and the number of different uses in each 500 m square grid were calculated and aggregated into city and county boundaries to identify compactness nationwide. High total floor areas and land uses were distributed along the Seoul metropolitan area, other metropolises, and major cities around the highway between Seoul and Busan. Given that building registry data are periodically updated, the compactness index proposed in this study is useful for ascertaining changes in the urban spatial structure of Korea. The index is expected to provide empirical information that supports the process of formulating urban and regional policies in the future.

Keywords: Land uses, Compactness, Density and Mixed use, Building registry data, Grid

I. 서론

우리나라는 과거 폭발적 인구증가와 급속한 산업화로 인하여 세계적으로 유례가 없을 정도로 급격한 도시의

팽창을 경험한 바 있다. 이 과정에서 무계획적 토지이용 즉, 난개발이 특히 도시와 비도시 경계 지역을 중심으로 만연하게 되었고 이는 상당한 사회경제적 비용을 초래 해왔다(조재성 2002; 박영철, 류승한, 황승미 2004).

* 본 논문은 국토교통부 국토지리정보원이 발주하여 수행한 ‘국토진단 및 모니터링을 위한 2019 국토조사(11-1613436-000234-01)’의 연구내용과 산출된 지표를 기초로 작성되었음.

** 한국교통대학교 건설환경도시교통공학부 교수(제1저자) | Prof., Korea National Univ. of Transportation | Primary Author | lgjracer@ut.ac.kr

*** 국토연구원 연구원 | Researcher, Korea Research Institute for Human Settlements | pak3345@krihs.re.kr

**** 국토연구원 선임연구위원(교신저자) | Senior Research Fellow, Korea Research Institute for Human Settlements | Corresponding Author | esim@krihs.re.kr

스마트성장 계획패러다임은 외연적 도시 확장이라는 미국 도시 공간구조의 문제점에 대한 인식에서 출발하였지만, 우리나라의 도시 공간에서 이루어지는 토지이용과 관련해서도 계획적 시사점이 크다고 볼 수 있다. 특히 현재에 이르러 우리나라 도시의 공간구조가 고도화 및 성숙기에 접어들어 따라 인구의 감소 추세와 맞물려 스마트성장 및 압축도시 개념이 도시 성장관리 및 효율적 토지이용 방안과 관련하여 일반적인 논의의 틀로 자리매김하고 있다(조대현 2008). 달리 표현하면, 인구감소는 토지이용에서 현 수준의 지속가능성과 효율성을 담보하기 위하여 도시계획의 새로운 전략으로서 압축도시의 필요성을 강조하고 있다(마강래 2017; 국토교통부 2019). 고밀도 복합적 토지이용으로부터 파생된 도시공간구조는 압축도시(compact city)에 내재한 특성으로도 해석할 수 있다(Burton 2002). 토지이용과 관련하여 압축도시를 지향하는 스마트성장 계획패러다임에서 강조하는 효율적 토지이용의 형태는 고밀도 복합적 토지이용이다(Frumkin, Anderson and Schmid 2004). 고밀도 복합적 토지이용이 이루어진 대도시에서는 다양한 활동이 밀집하면서 활발한 상호작용이 일어날 수 있는 장을 마련함으로써 일자리, 주거, 교육, 위락, 어메니티 등의 기회가 늘어나고 편익이 증진될 가능성이 크다(Glaeser 2011). 또한 고밀도 복합적 토지이용 공간구조에서는 자동차 의존도가 줄어들고 도보 및 자전거 통행빈도가 증가하므로 다양한 편익이 발생할 수 있다. 즉 서로 다른 기능의 다양한 토지이용이 근거리에서 이루어지므로 통근·통행 거리가 줄어들게 된다. 또 공공시설 및 다양한 근린편의시설까지의 이동비용이 감소하여 이들이 제공하는 서비스를 선택하거나 누릴 기회가 증가하게 된다. 이와 함께 보행활동의 증가는 보행자 친화적인 환경조성에 대한 수요 증가로 이어질 가능성이 있으므로 결과적으로 도시 공간구조

측면에서 도시민의 전반적인 건강향상에 도움이 될 여지 역시 충분하다(Cervero 1989; 1996; 2006). 요컨대, 고밀도 복합적 토지이용은 통행·통근 거리를 감소시키고 이를 통해 교통에너지 절감 및 대기오염 감소, 대중교통 및 도보 이용 증진으로 인한 편익을 발생시킴으로써 지속가능성 측면에서 바람직한 도시 공간구조를 형성할 여지가 크다(이경환, 김태환, 이우민, 김은정, 김태환 2014; 성현곤 2014; 성현곤, 이만형, 성태형 2015).

고밀도 혼합적으로 토지를 이용하는 도시 공간구조하에서 이러한 편익의 증가는 도시의 무분별한 외연적 확산을 억제하는 요인으로 작용할 수 있다. 또한, 기개발지를 중심으로 점진적인 개발을 유도하여 주요 공공시설 및 인프라 서비스 편익을 적은 비용으로 공유함으로써 토지이용의 효율성을 도모할 수 있다. 이는 도시 외곽의 무분별한 확산을 방지하고 도시 내 나대지, 공·폐가 등을 먼저 개발하여 기개발지 내 인프라 접근성을 높일 수 있는 충전식 개발(in-fill development)을 유도하여 토지이용의 효율성을 증진하는 측면에서 바람직하다고 할 수 있다.

스마트성장 계획패러다임에서 이루어지는 논의의 다른 한편에서는 고밀도 복합적 토지이용이 파생하는 부정적 효과를 강조하고 있다. 우선, 지나친 고밀도 개발은 단위면적당 자연적 정화 능력의 저하로 이어져 대기오염 농도의 증가로 건강에 악영향을 줄 소지가 다분하다(김리영, 문태훈 2010). 더불어, 상호 보완적인 토지의 혼합적 이용이 전제되지 않는 상황에서 고밀도 개발이 이루어지면 주거 밀도만 높게 되므로 통행·통근 거리의 전반적인 증가로 이어질 가능성 역시 지적되고 있다(남기찬, 김홍석, 손민수 2008). 반대로 적정 수준의 밀도가 뒷받침되지 않는 복합적 토지이용은 압축도시의 편익을 지속해서 발생시키기 어렵다는 점 역시 논란이 되고 있다(황기연, 조용학

2005). 따라서 압축도시가 과연 바람직한 도시의 형태로 규범적 측면에서 추구할 가치가 있는 것인가에 관한 지속적 논의와 공간구조 측정방법의 발전이 필요함이 강조되었다(임은선, 이종열, 이희연 2006). 이러한 논란의 이면에는 적정 수준의 밀도와 집적에 의한 외부적 편익 증가를 혼잡과 과밀에 의한 비용 증가와 비교하여 비용·편익을 가늠할 수 있는 실증적 근거에 관한 연구도 필요하다.

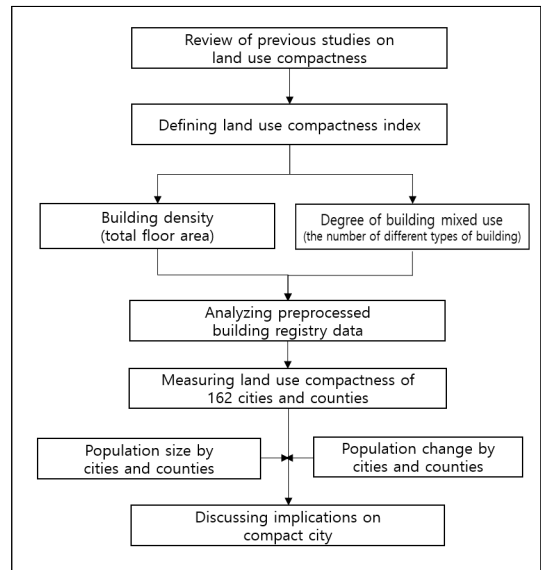
고밀도 복합적 토지이용은 비용과 편익 측면에서의 장단점에 대해 논란의 여지가 크다. 특히 도시계획에서 선택과 집중 전략의 방향성 자체에 대한 다양한 이견 역시 존재하기 때문에 현 상황에서 규범적 가치 판단의 대상으로는 보기는 어렵다. 다만 이 연구에서는 가치중립적인 관점에서 현재의 토지이용 패턴을 진단하여 어떤 방향으로든 향후 바람직한 도시 공간구조 형성을 뒷받침할 가치중립적 계획지표로서의 활용 가능성을 살펴볼 필요성이 있음을 전제하였다. 이에 따라 이 논문의 목적은 건물데이터를 이용하여 선행연구에서 살펴본 바와 같이 한정된 공간 내에서 토지의 이용이 얼마나 다양한 유형과 어느 정도의 밀도로 점유되고 있는지를 측정하는 지수를 개발하고, 실제 전국 시군을 대상으로 실증하여 계획 지원 수단으로써의 활용성을 제시하는 것이다.

이 논문의 전반적인 흐름은 <Figure 1>과 같다. 2장에서는 토지이용 압축도를 측정하는 방법에 관한 선행연구를 고찰하였다. 3장에서는 토지이용의 밀도와 다양성 관점에서 건물 데이터를 활용한 압축도 지수를 정의하였다. 4장에서는 전국 162개 시군 단위로 압축도를 산출한 뒤 진단 결과를 해석하고, 도시 및 지역 정책 관련 함의를 제시하였다. 5장에서는 이 연구의 특징을 요약하고 한계 및 향후 연구방안을 수록하였다.

II. 관련 선행연구 고찰

토지이용 패턴을 정량화함으로써 도시의 외연적 확산 과정에서 계획적 함의를 도출하기 위한 도시 공간구조 측정지표들에 관한 선행연구들이 활발히 이루어져 오고 있다. 이들 연구에서 제안하는 다양한 공간구조 측정지표 중 공통된 것은 밀도와 용도복합도 지표이다. 예를 들어, Galster, Hanson, Ratcliffe and Wolman et al.(2001)는 도시의 외연적 확산의 정도를 나타내는 여덟 가지 지표들, 밀도(density), 연속성(continuity), 집중도(concentration), 군집도(clustering), 중심성(centrality), 핵성(nuclearity), 복합적토지이용(mixed land uses), 근접성(proximity) 중 하나 이상의 지표가 작은 값은 경우 파생 비용 증가가 수반되는 공간구조 가능성이 있는 것으로 진단하였다. 또한 Ewing(1997) 역시 주거 밀도, 근린 내 주거 및 상업적 토지이용의 복합도, 주요 공공시설로의 접근성 등을 외연적으로 확장된 도시 공간구조를 진단하기 위한 개념적 출발점으로 놓고 관련된 정량지표를 제안하였다. Song and Knaap(2004)

Figure 1_ Research Flow



역시 도시의 외연적 확장 여부를 진단하기 위한 지표로 개발밀도, 토지이용복합도, 연결성 및 접근성 등을 제시하였다. Tsai(2005)의 경우 외연적 확장과 관련된 도시 공간구조 측정을 위한 개념적 준거로 밀도, 토지이용복합도, 중심성, 연속성, 도시의 규모 등을 제시하고 각 개념에 상응하는 정량지표를 정의하고 실증자료 적용을 통하여 해석적 함의를 도출하였다.

도시의 공간구조를 정량화하는 지표 중 복합적 토지이용 혹은 토지이용 복합도에 내포된 편익은 앞서 기술한 바와 같이 용도가 다른 토지가 혼재됨으로 인하여 발생하는 효용 지향적 방향성을 담고 있다. 토지이용 복합도에 대한 정량지표들을 비교 분석한 연구로는 Song, Merlin and Rodriguez(2013)를 들 수 있다. 이 연구는 토지이용 복합도 지표를 일정한 지리적 범위(예: 정방형 격자) 내에서 서로 다른 유형의 토지이용이 얼마나 많이 이루어지는지를 가리키는 개념으로 전제하고 이를 정량화할 수 있는 몇 가지 지표를 비교·분석하였다. 엔트로피 지수(entropy index)와 비유사성 지수(dissimilarity index), 지니 지수(Gini index) 등이 포함되어 있는데, 이들 지표는 다양성 수준(정도)이 측정되는 방식이 정의되어 있다는 공통점이 있다. 아울러 토지이용 복합도의 효용성 측면에서의 활용성을 제시한 연구는 Manaugh and Kreider(2013), Christian, Bull, Middleton and Knuiman et al.(2011), Frank, Anderson and Schmid(2004) 등을 들 수 있다. 이들 연구에서 공통으로 강조하는 바는 토지이용 복합도가 높을수록 보행 및 자전거 친화적이고, 자동차 의존도를 낮춤으로써 결과적으로 건강한 도시 공간구조를 형성할 가능성이 커진다는 점이다. 이는 곧 보행 및 자전거 사용 빈도 증가가 자동차 의존적 도시 공간구조의 문제로 지적되었던 건강과 관련한 다양한 문제를 완화할 가능성을 높이는 요인으로 작용하는 것으로 해석되었다. 또한 다양한 토지이용은 규모의 집

적에 의한 외부적 규모의 경제를 실현하여 경제적 편익 발생 가능성을 높일 뿐만 아니라 부동산 가치에도 긍정적 영향을 줄 가능성 역시 있음을 제시하였다.

임은선, 이종열, 이희연(2006)의 연구에서는 도시 성장관리에 중요한 계획지원정보로서 도시 공간구조를 분석하기 위한 도시 확산 및 압축 수준 측정지표를 제시하고 실증분석을 통하여 계획적 함의를 제시하였다. 이 연구에서는 도시의 확산 및 압축 수준 측정을 위한 정량지표로 인구밀도(density), 연속성(continuity), 토지혼용도(mixed use), 중심성(centrality), 지니 지수(Gini index), 엔트로피 지수(Entropy index), 공간자기상관지수(Moran's I), 평균 편차 거리 등을 활용하였다. 실증 분석결과를 바탕으로 도시 성장관리를 위하여 도시의 성장 유형을 진단하는 방법론을 제시하였다.

국토교통부(2016)에서는 「국토계획법」 제3조의2(도시의 지속가능성 및 생활인프라 수준 평가)를 근거로 지자체마다 도시의 지속가능성 및 생활인프라 평가 의무화 과정에서 토지이용 압축도를 정량화하기 위한 몇 가지 지표를 제안하였다. 예를 들어, 시가지구역 내 개발행위 허가면적의 비율의 경우 개발행위 허가가 이루어진 전체 토지 면적 중에서 용도구역상 시가지구역 내에서 이루어진 허가 및 개발 토지의 면적비를 의미한다. 이는 시가지구역을 기개발지로 볼 경우, 기개발지 내 토지이용 면적의 비중이 클수록 기개발지를 중심으로 토지이용이 압축적으로 이루어진 것으로 해석하는 지표이다. 시가지구역 내 미이용토지 면적의 비율 지표의 경우는 토지 수요가 기개발지 외곽으로 이동할 경우 무분별한 난개발 가능성이 증가한다는 점에 착안한 지표이다. 유사한 맥락에서 비시가지구역 면적 대비 형질변경(대지전환) 면적 지표는 도시적 용지로의 전환비율이 시가지구역이 아닌 도시 외곽에서 이루어졌을 때 이 역시 난개발 가능성을 높이는 것으로 해석한다. 기본적으로 이들 지표는 기개발지 및 외곽이

라는 지리적 면적 내 이루어진 토지이용면적의 총량을 압축도 추정량으로 정의한 점에 토지이용 개발밀도와 기본적 개념이 유사하다고 볼 수 있다.

국토교통부 국토지리정보원이 시행하는 국토조사는 그 성과를 2018년부터 국토모니터링 보고서로 제작하고 지표를 공개하고 있다. 국토조사에서 처음으로 건축물 등록시스템인 세움터의 전국 개별 건물 데이터를 지오코딩하여 500m 크기의 격자 단위로 토지이용의 압축도와 복합도 지표를 개발하기 시작하였다(국토지리정보원 2019; 2020).

이 논문은 국토조사 연구사업을 수행하는 과정에 정립한 지표 개발 방법론을 기초로 연구내용을 보완하고 재구성한 것이다. 격자 단위로 개별 건물의 연면적과 서로 다른 건물 용도의 개수를 지표로 정의하고 실증적 결과를 산출한 방법론을 적용하여 도시 간 비교 분석한 내용을 수록하였다.

III. 토지이용의 압축도 정의 및 측정방법

앞에서 선행연구를 통하여 기술한 바와 같이 토지이용 압축도의 비용 및 편익과 관련한 가치판단에 관해서는 다양한 기준이 있을 수 있다. 따라서 어떤 가치 기준을 적용하는가에 따라 토지이용 상태의 진단 결과가 달라질 수 있다. 이 논문에서는 특정 기준의 적용이 아닌 가치중립적 평가대상으로서 현 토지이용의 압축도를 진단하고 향후 인구구조 변화에 따른 토지 수요의 양상을 관찰하기 위한 정량지표의 필요성을 전제로 한다.

선행연구들에서는 토지이용의 압축적 개발 상태를 포함한 다양한 공간구조 진단지표들이 제시되었다. 지표의 다양성은 토지이용 패턴 및 이로부터 파생되는 공간구조를 모두 망라하는 지표 혹은 지표들을 정의하기가 쉽지 않다는 점에 대한 반증이라 생각된다.

또한, 지표마다 요구하는 실증자료의 속성이 다양하고 이를 측정하기 위한 공간 단위가 달라 토지이용 관련 연구에서 중요한 시계열 변화를 일관된 방식으로 담아내는 데 한계가 있어서 실증분석이 단편적 시점에 국한되는 경우가 많았다. 이러한 제약요인들은 시계열 변화를 일관성 있게 담아내어 관찰하기 위한 지표 또는 지수를 정의하여 활용하는 데 걸림돌로 작용한다. 따라서 실증자료로 구축이 어렵지 않고 일정 주기로 갱신할 수 있도록 지표를 정의하고 활용성을 모색할 필요가 있다. 또한, 앞서 선행연구에서 밝혔듯 도시 공간구조를 밀도와 복합도 측면에서 측정하기 위한 다양한 정량지표들이, 밀도와 복합도 각각에 대한 개별지표 형태로 제시되어왔다. 밀도와 복합도 각각은 공간구조 진단 측도로 가치가 있지만, 두 측도를 결합하여 종합한 정량지표 역시 의미가 있다.

이 논문에서는 자료의 구득과 갱신의 용이성 확보를 고려하여 토지이용이 얼마나 압축적으로 이루어지는 그 정도를 측정하기 위하여 토지이용 압축도(land use compactness) 지수를 정의하였다. 이러한 맥락에서 토지이용 압축도를 측정을 위하여 활용한 기초 원천자료는 2019년 기준 세움터에서 구축한 건축물대장 원천자료 중 건물의 밀도(연면적)와 건물의 용도이다. 건물 자료는 원천자료 구득과 주기적 갱신이 상대적으로 쉽기 때문이다. 이는 이 논문에서 제시하는 토지이용 압축도 지수의 구축 및 활용 측면에서의 차별점이다.

지표 개발에 활용한 총 건물 데이터는 2019년 기준 6,827,574개이다. 이 중 건물 연면적이 음수, 0 및 공백으로 표시된 건수를 오류로 판단하여 분석에서 제외하였다. 건물 연면적이 오류인 데이터는 60,557개로 약 0.89% 차지한다. 건물의 용도는 건축법에 명시한 28개 용도를 준용하였다. 주용도에 부여한 행정코드를 기준으로 불일치한 값을 도출하였다. 해당 오류는 용도가 명확하지 않지만 임의 건물로 이용할 수

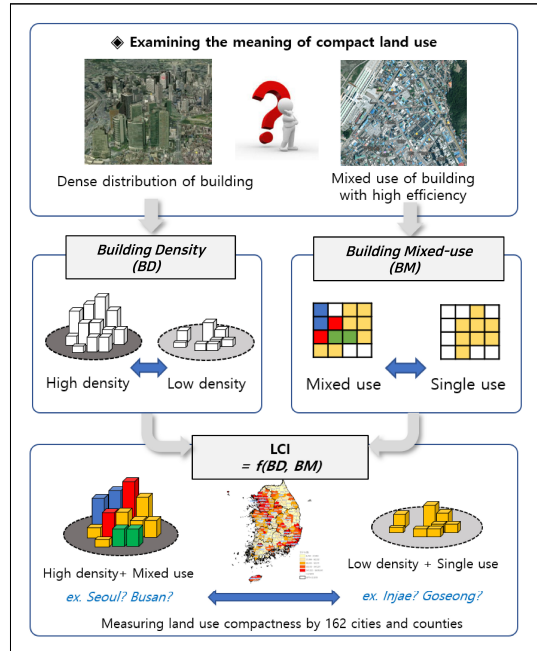
있음을 고려하여 분석에서 제외하지 않고, 임의 용도인 '기타용도'로 분류하였다.

<Figure 2>는 토지이용 압축도 지수의 개념과 측정 방식을 개념적으로 표현한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 이 논문에서 제시하는 토지이용의 압축도(Land use Compactness Index: LCI)는 “한정된 공간에 얼마나 다양한 건물이 집적되어 있는가에 대한 정도”이다. 이를 측정하기 위해 LCI는 건물이 집적된 밀도(Building Density: BD)와 건물 용도의 복합도(Building Mixed Use: BM)라는 두 가지 측면을 측정하고 종합하는 과정을 통해 산출한다. 도시 공간구조 진단을 위하여 밀도와 복합도를 동시에 고려하여 토지이용 압축도를 정의하는 방식은 이 연구가 가지는 기존 연구와의 또 다른 차별점이다.

분석 절차를 좀 더 설명하면, BD는 개별 건축물의 주소 기준 위치별 건물의 연상면적(building floor area)을 500m 표준 격자 단위로 집계한 건물의 밀도(건물 이용면적의 총합)를 이용하여 측정하고, BM은 개별 건물의 건축법상 용도 구분을 기준으로 몇 가지 용도가 500m 표준 격자 단위에 나타나는지를 측정하였다).

다음 절에서는 토지이용의 압축도(LCI)를 측정하는 두 가지 세부지표인 ① BD와 ② BM를 정의하고 측정을 위한 자료 처리 및 기준 등 방법론을 제시하였다. 참고로, 건물 데이터를 활용한 토지이용 압축도에 대한 지표 개발은 2018년 국토조사에서 처음 시도되었으며, 이 논문의 저자가 국토조사 사업의 수행 연구진으로 참여하여 토지이용 복합도 측정 방법론을 정립하였다. 이 논문의 3장에 수록한 건물 밀도와 용도의 복합적 이용에 대한 기초자료를 처리하는 방법론은

Figure 2_Measuring Compactness: A Conceptual Framework



2018년 국토조사 방법론에 적용하였던 아이디어와 같은 맥락에서 전처리 단계에 적용되었다.

1. 건물의 집적도(BD(i))

건물의 집적도(Building Density: BD)는 건물이 조밀하면서도 집약적으로 이용되고 있는 정도이다. BD는 단위면적당 건물의 총량으로, 같은 바닥면적 위에 이용되고 있는 입체적 총량, 즉 총연면적으로 측정한다. 밀도와 관련하여 가령 인구밀도의 경우 단위면적당 인구수로 정의하는 것이 일반적이다. 이를 준용하여 단위면적당 건물의 개수로 밀도를 정의할 경우 건물

1) 이 논문에서는 국토조사에서 제공하는 500m 규격의 표준공간단위를 사용하여 토지이용의 압축도를 밀도와 복합도 차원에서 측정하였음. 그러나 격자 크기에 따라 건축물의 포함 여부가 영향을 받기 때문에 동일한 지역이라도 격자의 해상도에 따라 압축도 지표 측정결과는 차이나 나타날 수 있음. 어떤 규모의 격자 해상도가 토지이용의 압축도를 측정하기에 적절한 규모인지 비교하고 검토하는 과정은 향후 연구로 남겨두었음.

의 규모를 반영하기 어려운 한계가 있다. 1층 건물이 5개 들어선 지역과 10층 건물이 5개 들어선 지역을 같은 것으로 보기는 어렵기 때문이다. 따라서 가용 데이터를 고려하면 연면적을 건물의 총량으로 보는 것이 현실적이다. 이 논문에서는 500m 크기의 정방형 격자 단위로 건물의 총연면적을 격자의 면적으로 나누는 값을 건물 밀도로 산출한 뒤 이를 시군단위로 집계하여 토지이용 압축도를 정의하기 위한 세부지표로 활용하였다.

시군 i 에서의 BD로 측정된 압축도는 <식 1>과 같다.

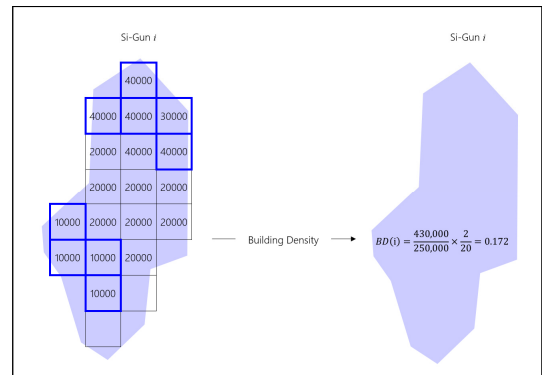
$$BD(i) = \sum_{j=1}^n \frac{TFA(j)}{A(j)} \times w(i), \quad \text{<식 1>} \\ w(i) = \frac{T-U}{T}$$

<식 1>에서 $BD(i)$ 는 시군 i 에서의 건물 밀도(Building Density)를 나타낸다. <식 1>은 총 n 개의 정방형 격자로 구성된 시군 i 를 전제한다. 이에 따라, $TFA(j)$ 와 $A(j)$ 는 각각 시군 i 를 구성하는 500m 크기의 정방형 격자 j 에서의 건물 연면적의 총합(Total Floor Area)과 격자의 면적($=250,000m^2$)을 나타낸다. 이는 정방형 격자 j 의 단위면적당 연면적 비율로 일종의 용적비에 해당한다. $BD(i)$ 는 이러한 용적비에 $w(i)$ 를 곱한 결과이다. $w(i)$ 는 시군 i 를 구성하는 행정구역 전체 격자면적(T : Territory) 대비 건물이 들어서지 않는 면적($T-U$, U 는 건물이 들어서 있는 도시적 토지이용면적(Urbanized Area))의 비율이다. $w(i)$ 값이 크면 해당 시군 i 의 특정 지역에 건물이 집중되어 있음을 의미한다. 예를 들어, 시군 A 와 시군 B 가 각각 100개의 격자로 구성되어 있으며 연면적의 총합 역시

$T(=100,000m^2)$ 로 같다고 하자. 그런데 T 가 A 에는 중심지를 구성하는 10개의 격자에 집중되어 있고, B 에서는 40개의 격자에 분산되어 있다고 한다면, 시군 A 에서의 토지이용이 더 압축적이라 해석할 수 있다. 이 경우 A 와 B 에서 비어 있는 격자의 수 m 은 각각 90개와 60개이기 때문에 $w(i)$ 값은 각각 $0.9(=90/100)$ 와 $0.6(=60/100)$ 이다. 따라서 $w(i)$ 는 시군 i 내에서 연면적 총합의 공간적 배분이 격자 단위로 집중되는 방식인지 혹은 분산되는 방식인지를 결정하는 일종의 가중치이다. 요컨대, 이 논문에서 토지이용 압축도를 정의하는 세부지표인 BD(건물밀도)는 용적비와 해당 시군의 시가화된 지역의 규모 등 지역의 공간구조 특징이 가중치로 결합된 지표로 볼 수 있다. 용적비 값이 크더라도 가중치가 작으면 상대적으로 $BD(i)$ 는 감소하고 그 반대의 경우도 성립한다.

<Figure 3>은 <식 1>의 정의에 따라 시군 i 에서의 $BD(i)$ 를 계산하는 과정을 예시한다. 이 그림은 가상의 시군 i 를 가정하는데 해당 시군은 20개의 격자로 분할되어 있다. 각 격자에 명시된 숫자는 각각 격자 내 건물 총연면적을 의미한다.²⁾ 가령, 가장 위에

Figure 3 _ An Illustrative Example of Calculating $BD(i)$



2) 건물 경계의 중심점이 격자 내 영역에 위치하면 해당 건물이 격자에 포함된 것으로 측정됨. 분석에 사용된 건물자료(raw data)는 건축행정 시스템(세움타)의 개별 건축물 등록자료 전체를 취득하여 사용하였음.

있는 격자에서의 총 연면적은 $40,000m^2$ 이다. 따라서 <식 1>의 격자별로 $TFA(j)$ 를 계산할 수 있다. 20개 격자 중 2개는 건물이 없다. 이는 $w(i)$ 가 $0.1(=2\div 20)$ 임을 의미한다. 즉, 시군 i 에서는 건물이 비교적 고르게 분포함을 알 수 있다. 결과적으로 시군 i 에서의 $BD(i)$ 는 0.172 이다.³⁾ $BD(i)$ 값이 크면 건물 밀도 측면에서의 압축적 토지이용이 이루어져 효율성 측면에서 유리한 것으로 해석할 여지도 있으나, 반대로 혼잡도를 높여서 오히려 비용 증가의 요인으로 작용할 가능성도 있다고 볼 수도 있다. 만일 $BD(i)$ 가 클수록 효율성 측면에서 바람직하다고 규정할 경우 건물의 용적률 기준이 필요 이상으로 오용될 가능성도 무시할 수 없다. 이에 이 논문에서는 $BD(i)$ 를 도시계획 규범적 측면에서 가치 중립적 정량지표로 전제하고 실증적 분석결과 해석에 있어서 규범적 가치판단은 배제하였다.

2. 건물 용도의 복합도($BM(i)$)

앞서 선행연구들에서는 토지이용 복합도를 대체로 일정한 지리적 범위 내에서 다양한 토지이용이 이루어지는 정도를 다양한 방식으로 정량화하고자 한 것으로 볼 수 있다. 이 논문에서도 이와 유사한 개념적 맥락에서 서로 다른 건물 용도가 한정된 공간 범위 내에서 혼재된 정도로 건물 용도 복합도를 세부지표로 정의하였다. 이 값이 클수록 한정된 공간에 다양한 용도의 토지이용이 이루어진 것으로 측정한다. 이

는 <식 2>와 같다.

$$BM(i) = \frac{\sum_{j=1}^p I(j)}{p} \times 100(\%)$$

$$I(j) = \begin{cases} 1 & \text{if } c(j) \geq t \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{<식 2>}$$

(식 2)에서 $BM(i)$ 은 시군 i 에서의 서로 다른 건물 용도가 혼재된 정도(Degree of Building Mixed use)를 나타낸다. p 는 시군 i 에서 건물이 들어선 격자의 개수를 의미한다. 분자의 $I(j)$ 는 $c(j)$ 가 일정한 수준 즉, t 값보다 크면 1의 값을 가지고 그 외에는 0의 값을 가지는 지표함수(indicator function)이다. $c(j)$ 는 격자 j 에서 서로 다른 건물 용도의 개수를 의미한다. 가령 격자 A 에 주거용 건물만 10개 들어선 경우 $c(j)$ 값은 1이다. 반면, 격자 A 에 들어선 건물 10개 중 주거용 건물이 6개, 상업용 건물이 2개, 업무용 건물이 2개인 경우 $c(j)$ 값은 3이 된다. 요컨대, <식 2>의 분자는 p 개의 격자 중에서 격자 내 용도의 개수가 t 개 이상인 격자의 개수를 합산한 값이다. $BM(i)$ 은 건물이 들어선 격자의 개수 대비 격자 내 서로 다른 용도의 개수가 일정 수준 이상인 격자들의 백분비(%)를 의미한다.

<Figure 4>는 <식 2>의 정의에 따라 시군 i 에서의 $BM(i)$ 를 계산하는 과정을 예시한다. $BM(i)$ 계산과정 역시 앞서 예시한 시군 i 를 대상으로 설명한다. 각 격자에 명시된 숫자는 각각 격자 내 서로 다른

3) <식 1>은 격자의 공간적 배열에 따른 집적도의 차이는 반영되어 있지 않음. 가령, 20개 격자 중 5개 격자에 $40,000m^2$ 의 $8,000m^2$ 씩 동일 배분된 상태를 가정할 경우, 이 다섯 개의 격자가 집중된 경우와 분산된 경우 <식 1>은 같은 값을 산출하지만, 집적도 역시 같다고 볼 수는 없음. 이는 지리학이나 도시사회학 등의 분야에서 일명 바둑판 문제(checkerboard problem)로 지칭되어오고 있는 문제임. 대표적으로, 도시사회학 분야에서 Duncan and Duncan(1955)에 의하여 고안된 분화지수(segregation index)의 경우 흑백 주거지 분리 정도를 측정하기 위한 방법론의 기본 틀을 제시한 것으로 평가받고 있지만, 분석단위의 공간적 배열의 특성을 분화지수 정의에서 반영하지 못함으로 인하여 실증 활용에 한계가 있는 것으로 지적되었음. 이를 보완하기 위한 방법론 측면에서 대표적인 연구는 Wong(2003)과 Wong(2005)의 연구를 들 수 있음.

건물 용도의 개수를 나타낸다. 가장 위에 있는 격자의 경우 건물 유형은 12개이다. 이 예시에서는 t 값을 10으로 설정하였다. 건물이 들어선 격자 18개 중 9개에서는 t 값이 10 이상이다. 이에 따라 $BM(i)$ 는 50%이 된다.

그런데 $BM(i)$ 산출을 위해서는 <식 2>에서 지표함수 값을 결정하는 매개변수인 t 값 설정할 필요가 있다. 이 값이 크면 시군 i 에서 다양한 용도의 건물이 혼재된 정도를 가늠할 판단 기준이 높다고 볼 수 있다. 그 반대의 경우도 마찬가지이다. 가령, 위 그림에서 예시하였듯이 $t=10$ 이라면 시군 i 를 구성하는 격자 j 에서 서로 다른 건물 용도의 개수가 10개 이상 경우에 국한해서 <식 2>의 분자에 합산한다. 이는 건물 유형이 10개 이상이면 해당 격자를 해당 시군에서의 복합도 증가에 일조한 것으로 판단하는 것이다. 만일 $t=5$ 라면 시군 i 에서의 토지이용 복합도 증가에 일조한 격자의 개수는 더 많아져서 $BM(i)$ 값은 증가하겠지만, 용도 다양성을 판단하는 기준은 하향된 것으로 볼 수 있다. 따라서 t 값을 어떻게 설정할 것인가에 대하여 논란이 있을 수 있어서 해석적 관점

에서 실증적 논거가 필요하다.

이 논문에서는 t 값을 설정하기 위한 실증적 논거를 다음과 같이 제시한다. 우선, 전국을 500m 크기의 정방형 격자로 나누어 생성된 423,601개의 격자 전체를 대상으로 각 격자 내 서로 다른 건물 용도의 개수를 산출하고 용도 개수의 통계적 분포를 <Figure 5>와 같이 상자 그림(box plot)으로 시각화하였다.⁴⁾ 그림을 보면 오른쪽 중간 부분에 ‘이상치(outlier)’의 최솟값이 10으로 표시된 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 상자 그림에서 이상치는 상위 25%(75th percentile)와 하위 25%(25th Percentile) 구간 즉, 1분위와 3분위 간 차이인 IQR (Inter Quartile Range)의 1.5배를 적용하여 도출한다. 이 논문에서도 이를 준용하여 이상치를 도출하였다.

그림을 보면 IQR 의 상한 경계는 9와 10 사이에 있다. 따라서 이상치는 10부터 시작한다고 볼 수 있다. 즉, 10은 이상치의 최솟값이다. 참고로 평균값은 3.48이고 중간값은 3임을 알 수 있다. 또한, $BM(i)$ 의 최댓값은 21로 산출되었다. 이는 전국 423,601개의 정

Figure 4 _ An Illustrative Example of Calculating $BM(i)$

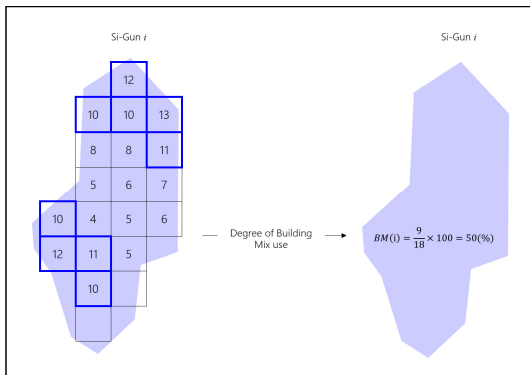
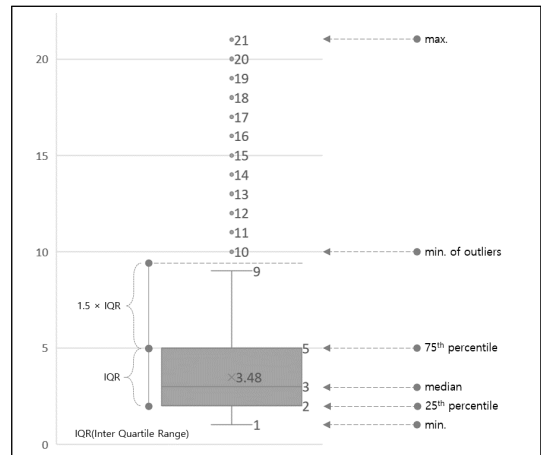


Figure 5 _ Descriptive statistics of $BM(i)$ Values



4) 건축법상에서 건물의 용도는 총 28개로 명시되어 있으며, 이 논문에서는 이를 준용하였음.

방향 격자 중 서로 다른 건물 유형이 한 격자 내 최대 21개까지 있음을 의미한다.

이 논문에서는 도출한 최소 이상치를 t 값으로 적용하였는데, 그 논거는 다음과 같다. 우선 우리나라에서 적용되는 용도지역·지구 제도의 경우 상충하는 용도를 공간적으로 분리하고자 하는 원칙을 적용하기 때문에 이는 한정된 공간 내에서 다양한 유형의 건물이 들어서는 데 있어서 일종의 제도적 제약으로 작용할 여지가 있다. 이러한 제약은 일정한 지리적 범위를 구획하는 격자 내 서로 다른 유형의 건물이 들어서 가능성을 낮추는 요인으로 작용할 수 있다. 이러한 상황에서 어떤 격자에서 서로 다른 용도의 개수가 최소 이상치 이상이면, 해당 격자에서는 제도적 제약에도 불구하고 다양한 유형의 건물이 한정된 지리적 범위에 들어서도록 하는 모종의 동인(dynamics)이 작용했을 가능성이 있는 것으로 반추할 수 있다. 이러한 격자간 시군 내에 많을수록 해당 시군구는 토지이용의 복잡도가 높은 것으로 해석하는 것이다. 이러한 논리에 따라 실증분석을 수행한 결과 그 최소기준으로서의 이상치는 10으로 볼 수 있다. 이에 따라 이 논문에서는 <식 2>의 t 값을 10으로 적용하여 복합도 지표를 산출하였다⁵⁾.

3. 토지이용 압축도 지수(LCI) : 표준화

앞서 정의한 BD(건물 밀도) 지표와 BM(건물 용도의

복합도) 지표를 종합하여 토지이용 압축도 지수(Land-Use Compactness Index, $LCI(i)$)를 <식 3>과 같이 정의하였다.⁶⁾

$$LCI(i) = \frac{BD(i)_{std} + BM(i)_{std}}{2}$$

$$BD(i)_{std} = \frac{BD(i) - \min(BD)}{r(BD)} \quad <식 3>$$

$$BM(i)_{std} = \frac{BM(i) - \min(BM)}{r(BM)}$$

$BD(i)_{std}$ 와 $BM(i)_{std}$ 은 각각 앞서 정의한 BD(건물 밀도) 지표와 BM(건물 용도 복합도) 지표를 표준화한 지표를 나타낸다. $r(BD)$ 와 $\min(BD)$ 는 건물 밀도 지표의 범위(range: 최댓값 - 최솟값)와 최솟값(minimum)을 나타낸다. 건물 용도 다양성 지표도 같은 방식으로 표기하였다. 따라서 $BD(i)_{std}$ 와 $BM(i)_{std}$ 는 0과 1 사이의 값을 가진다. 결과적으로 $LCI(i)$ 는 표준화된 두 세부지표 $BD(i)_{std}$ 와 $BM(i)_{std}$ 의 평균으로 정의되며, 0과 1 사이의 값을 가진다. 이 값이 클수록 건물의 집적도와 건물 용도의 복합도를 종합적으로 반영하였을 때 토지이용의 압축도가 높은 것으로 해석할 수 있다. 이는 지역마다 토지이용 밀도와 복합도가 다른 양상으로 나타날 수 있음을 전제로 토지이용 압축도를 종합적으로 판단하려는 방편이다.

5) 이 논문에서는 건물 용도의 복합도를 측정하는 기준을 용도 10개로 적용하였으나, 2019년 국토조사 사업에서는 용도 개수 기준을 12개로 적용하여 다소 차이는 있으나 시군의 상대적 복합도는 거의 유사하게 측정되었음.

6) 앞서 살펴본 선행연구에서는 토지이용 압축도를 측정하기 위해 인구밀도, 개발밀도, 접근성, 복합용도 등에 대한 지표를 여러 가지 측정 방법을 다르게 적용하고 이를 종합하는 방식으로 지수를 개발한 사례들이 대부분임. 압축이라는 개념을 여러 지표로 구성하여 그 중요도를 조사하거나 차등적으로 지표에 적용한 사례를 제시한 연구는 찾아보기 어려웠음. 이 논문에서는 건물밀도 측면에서 측정된 지표와 건물용도의 복합도를 측정된 결과를 0과 1 사이의 값으로 표준화하여 스케일을 일치시킨 뒤 같은 비중을 적용한 산술평균을 압축도로 정의하였음. 실제 국토지리정보원이 제공하는 국토지표는 두 지표를 각각 개별 지표로 공개하고 있으며, 사용자가 용도에 맞게 사용할 수 있음. 도시공간구조의 특징과 계획수립 시 응용되는 단계에서 두 지표 간의 가중치를 다르게 적용할 경우, 압축도 측정 결과의 차이와 현장에서의 함의를 보다 면밀히 살펴보는 것으로 향후 연구과제로 남겼음.

IV. 전국 시군의 토지이용 압축도 측정

앞서 토지이용 압축도를 두 가지 세부지표 즉, $BD(i)$ 와 $BM(i)$ 관점에서 정의하고, 세부지표를 결합하여 토지이용 압축도 지수를 제안하였다. 이를 전국 162 개 시군을 대상으로 실증적용하여 분석결과를 도출하였다.

<Figure 6(좌)>과 <Figure 6(우)>은 각각 시군별 $BD(i)$ 와 $BM(i)$ 를 계산하여 단계구분도로 시각화한 결과이다. 두 지도를 시각적으로만 비교해 보면 수도권 주요 도시들과 지방 광역시 등을 중심으로 두 지표 모두 큰 값을 보인다. $BD(i)$ 의 경우 특·광역시 이외의 대도시 지역들에서도 인구 규모가 상대적으로 작은 지역에 비하여 큰 값이 뚜렷하게 나타나고 있다.

Figure 6_Spatial Distribution of $BD(i)$ and $BM(i)$ by 162 Cities and Counties

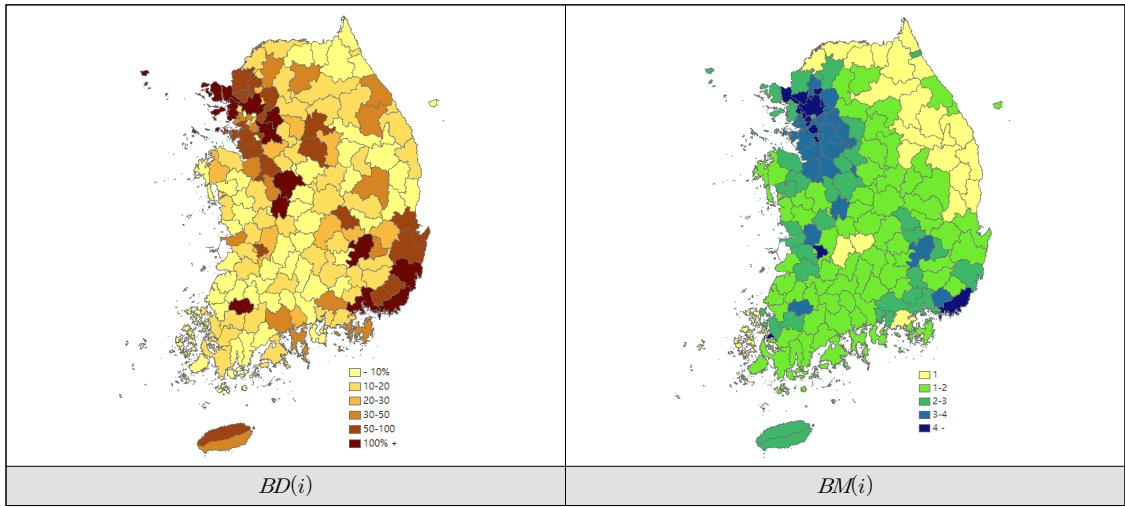
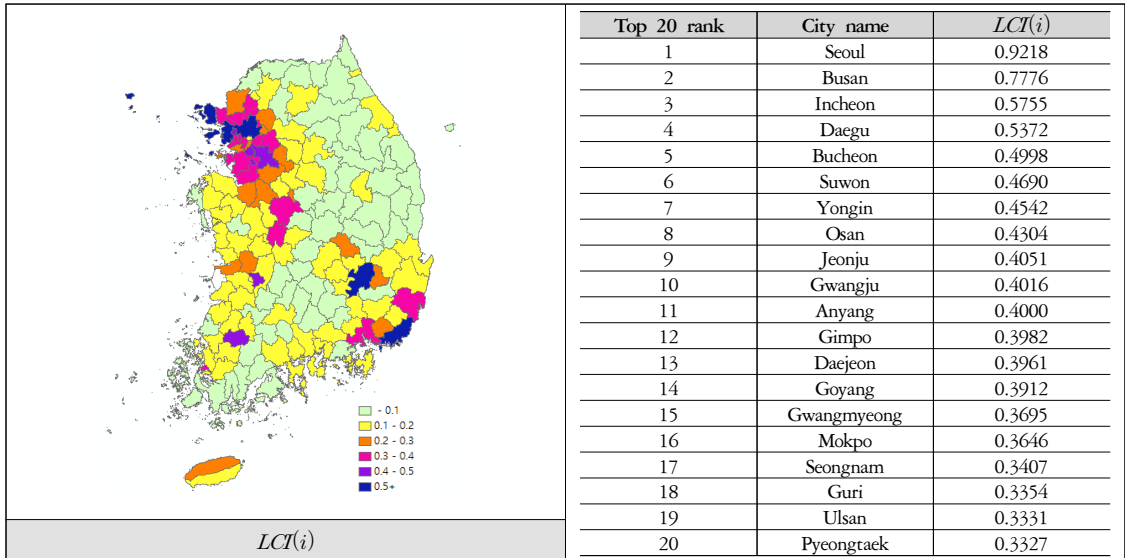


Figure 7_Spatial Distribution of $LCI(i)$ by 162 Cities and Counties



다만, $BM(i)$ 의 경우는 특·광역시에서는 큰 값이 뚜렷하지만, 이하 인구 규모가 작은 지역들에서는 유사한 값이 다소 공간적 연속성을 가지며 분포하는 패턴을 볼 수 있다.

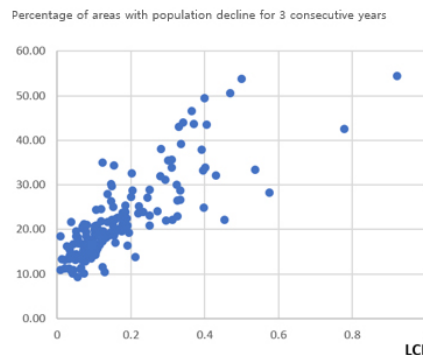
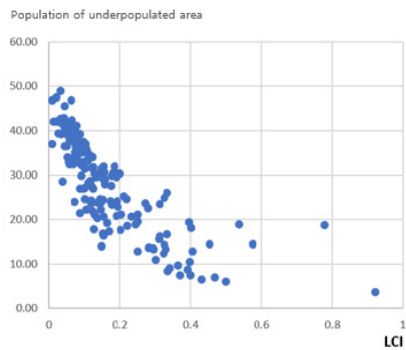
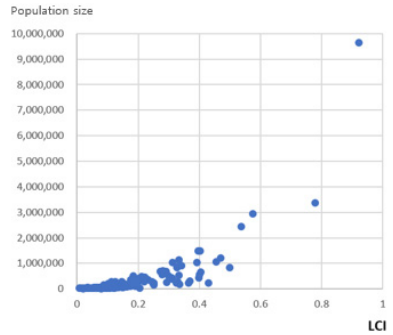
<Figure 7>은 <식 3>으로 정의한 토지이용 압축도 지수인 $LCI(i)$ 를 시군 단위로 추정하여 전국적 분포를 나타낸 것이며, 시군별 측정 결과는 부록에 수록하였다. 서울시를 비롯한 수도권 및 경부축 상의 주요 도시와 지방 광역시를 중심으로 토지이용 압축도 수준이 높게 나타나고 있다. 압축도가 가장 높은 도시는 서울(0.9218), 부산(0.7776), 인천(0.555) 순으로 나타났다. $LCI(i)$ 는 측정 방식상 상대적 압축도를 나타내는 것으로 절대적 수준을 측정하는 것은 아니다.

$LCI(i)$ 의 차이는 도시마다의 토지이용 여건이 반영된 것인데, 도시의 지형적 특성과 도시발달의 결과로 볼 수 있다. 지역별 압축도의 차이가 어떤 시사점을 가질 것인가에 대한 궁금함으로 간단히 도시별 인구규모와 변화를 나타내는 지표로 그 특성을 살펴보았다. <Table 1>은 측정된 162개 시군의 $LCI(i)$, $BD(i)$, $BM(i)$ 와 인구특성(인구규모, 인구과소지역 비율, 3년 연속 인구감소지역 비율)과의 상관성을 분석한 것이다. $LCI(i)$ 는 인구규모(0.7599)와 3년 연속 인구감소지역 비율(0.8106)과 강한 정적 상관관계(+)가 나타났다. 인구 과소지역비율(-0.7842)과는 부적 상관관계(-)가 나타났으며, $BD(i)$ 는 인구규모와는 매우 강한 정적 상관관계를 나타냈고, $BM(i)$ 은 인구의 규모, 과소지역비율, 인구감소지역 비율과 모두 강한 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

특이한 점은 압축도가 높은 도시들이 3년 연속 인구감소지역의 비율이 높은 것으로 나타났다. 3년 연

Table 1 _ Correlation between Indices

Variable	Population size	Percentage of underpopulated areas	Percentage of areas with population decline for 3 consecutive years
$LCI(i)$	0.7599	-0.7842	0.8106
$BD(i)$	0.8169	-0.3644	0.4394
$BM(i)$	0.5112	-0.8783	0.8618



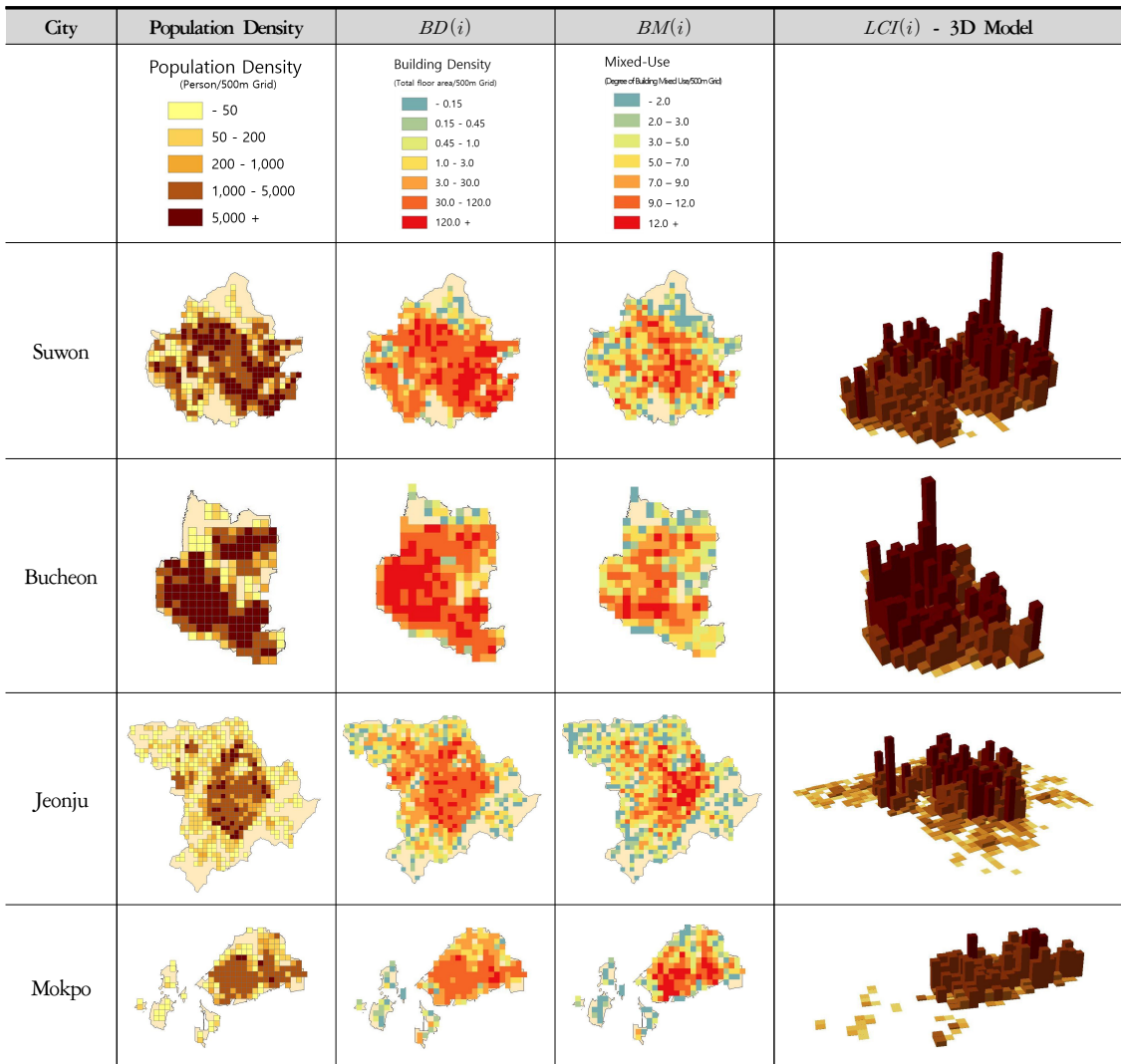
Source: NGII 2021; 2020 National Survey.

7) 인구규모는 2020년 기준 국토지리정보원 국토정보플랫폼에서 제공하는 총인구 수 데이터를 사용하였으며, 인구 과소지역 비율 및 3년 연속 인구감소지역 비율은 2020 국토조사에서 구축한 국토지표를 활용하였음.

속 인구감소지역비율이 높은 도시는 부산 중구, 영도구, 북구, 사하구, 서울 노원구, 양천구, 중랑구, 마포구, 구로구, 인천 부평구, 연제구, 수원시 팔달구 등으로 3년 연속 인구감소지역의 비율이 60%를 넘는다. 인구감소시대를 경험하는 우리나라의 현실을 살펴볼 때, 압축적 토지이용이 이루어진 대도시들에서 인구감소지역의 비율이 넓어진다는 사실은 또 다른 도시 문제에 대한 관심으로 이어져야 할 것이다.

<Figure 8>은 $LCI(i)$ 값 기준 상위 10위에 해당하는 도시를 대상으로 인구수, 격자 내 총연면적, 서로 다른 용도 개수를 격자 단위의 미시적 공간분포로 나타낸 것이다. 인구수와 총연면적은 대체로 유사한 패턴을 보인다. 즉, 인구가 밀집한 경우 그에 상응하는 규모의 토지이용 즉, 건물이 들어선 것으로 볼 수 있다. 인구수와 건물 용도의 복합도 분포를 비교하면, 인구 밀집 지역에 서로 다른 건물 용도의 개수가 반드시

Figure 8 _ Spatial Distribution of Population, Building Density and Mixed-use by Grids



시 크지는 않음을 알 수 있다. 인구 밀집 지역에서는 오히려 대규모 아파트단지 등 주거 목적의 단일 용도로 건물이 들어섰을 가능성이 있는 것으로 해석된다.

혹은 상주인구가 적은 지역에서의 다양한 형태의 상업 및 업무 시설이 밀집해서 분포할 가능성 역시 있을 것으로 판단된다. 요컨대, 인구 규모에 비례하여 총량적 측면에서의 건물 공급이 이루어지고 있으나,

그에 상응하는 정도로 다양한 용도의 건물이 들어선다고 보기는 어렵다. 일부 지역을 중심으로 주거와 그 이외의 용도 간 공간적 분리가 이루어진 토지이용 패턴을 유추해볼 수 있다.

<Table 2>는 시군별 인구의 규모를 기준으로 구분하여 $BD(i)$ 와 $BM(i)$ 값을 수록한 결과이다. $LCI(i)$ 를 구성하는 연면적과 복합도 측면에서의 다

Table 2_ Summary of $BD(i)$ and $BM(i)$

Category	City/county name*
Metropolitan City	Seoul(404.44, 6.97)**, Busan(479.25, 4.05), Daegu(293.64, 3.44), Incheon(395.41, 2.54), Gwangju(124.74, 3.98), Daejeon(180.31, 3.14), Ulsan(175.73, 2.37), Sejong(36.02, 2.48)
More than 1,000,000	Suwon(39.56, 6.04), Goyang(63.88, 4.68), Yongin(197.06, 3.67), Changwon(146.58, 2.49)
500,000 ~1,000,000	Seongnam(80.34, 3.79), Anyang(49.63, 4.99), Bucheon(11.96, 6.82), Pyeongtaek(72.17, 3.79), Ansan(56.66, 3.33), Namyangju(72.20, 3.26), Siheung(30.22, 3.95), Hwaseong(60.92, 3.86), Cheongju(137.29, 2.82), Cheonan(56.51, 3.20), Jeonju(59.21, 4.93), Pohang(87.71, 1.64), Gimhae(72.88, 3.07)
100,000 ~500,000	Uijeongbu(29.88, 4.08), Gwangmyeong(7.05, 5.18), Guri(10.11, 4.68), Osan(3.34, 6.03), Gunpo(13.07, 4.57), Uiwang(10.61, 3.57), Hanam(61.66, 3.43), Paju(67.97, 2.4), Icheon(16.29, 3.49), Anseong(25, 3.36), Gimpo(115.98, 4.05), Gwangju, Gyeonggi(105.81, 3.07), Yangju(90.05, 3.43), Pocheon(33.47, 2.27), Yeosu(23.81, 2.6), Yangpyeong(14.59, 1.91), Chuncheon(49.33, 1.22), Wonju(79.6, 1.81), Gangneung(41.07, 1.19), Chungju(75.5, 1.74), Jaechon(22.95, 1.39), Eumseong(16.93, 2.49), Gongju(14.61, 1.83), Asan(30.07, 3.07), Seosan(20.84, 1.8), Nonsan(11.05, 2.54), Dangjin(16.61, 2.18), Hongseong(7.17, 2.53), Gunsan(46.17, 2.42), Iksan(16.65, 3.4), Jeongeup(16.63, 2.24), Mokpo(14.88, 5), Yeosu(45.48, 1.7), Suncheon(43.46, 1.46), Naju(16.42, 2.18), Gwangyang(29.98, 1.85), Gyeongju(51.03, 1.65), Gimcheon(29.01, 1.43), Andong(30.48, 1.14), Gumi(63.69, 2.18), Yeongju(14.58, 1.79), Yeongcheon(22.55, 1.71), Gyeongsan(35.17, 2.81), Chilgok(22.06, 2.17), Jinju(40.7, 2.17), Tongyeong(31.39, 1.77), Sacheon(14.64, 2.2), Milyang(18.45, 1.74), Geoje(36.26, 1.83), Yangsan(77.85, 1.76), Jeju(58.53, 2.39), Seogwipo(32.75, 2.04)
Less than 100,000	Dongducheon(10.94, 2.76), Gwacheon(5.92, 2.28), Yeoncheon(10.29, 0.95), Gapyeong(13.38, 1.39), Donghae(14.99, 1.82), Taebaek(8.02, 0.96), Sokcho(17.07, 2.2), Samcheon(14.65, 0.66), Hongcheon(17.87, 0.89), Hoengseong(11.37, 1.22), Yeongwol(8.09, 0.78), Pyeongchang(14.44, 0.75), Jeongseon(43.24, 0.65), Cheorwon(11.35, 0.59), Hwacheon(5.4, 0.59), Yanggu(4.54, 0.52), Injae(7.53, 0.42), Goseong(8.91, 0.39), Yangyang(8.41, 0.94), Boeun(8.69, 1.37), Okcheon(9.57, 1.63), Yeongdong(8.85, 1.13), Jeungpyeong(3.58, 3.06), Jincheon(17.65, 2.18), Goesan(9.17, 1.3), Danyang(8.12, 0.88), Boreong(14.48, 1.56), Gyeryong(5.84, 1.7), Geumsan(10.63, 1.66), Buyeo(7.01, 1.83), Seocheon(4.55, 2.15), Cheongyang(4.09, 1.56), Yesan(8.21, 2.32), Taean(6.95, 1.48), Namwon(14.62, 1.73), Gimjae(10.57, 2.42), Wanju(21.95, 1.65), Jinan(6.76, 0.95), Muju(6.83, 0.9), Jangsu(6.6, 1.35), Imsil(6.1, 1.25), Sunchang(5.72, 1.35), Gochang(6.93, 1.79), Buan(9.32, 1.83), Damyang(8.65, 1.92), Gokseong(6.68, 1.06), Gurye(5.65, 1.07), Goheung(10.68, 1.36), Boseong(6.93, 1.21), Hwasun(13.23, 1.2), Jangheung(8.95, 1.33), Gangjin(7.73, 1.56), Haenam(11.67, 1.16), Yeongam(16.48, 1.88), Muan(10.67, 2.17), Hampyeong(5.36, 1.92), Yeonggwang(7.5, 1.6), Jangseong(9.59, 1.61), Wando(8.36, 1.24), Jindo(5.59, 1.01), Sinan(7.19, 0.82), Sangju(19.11, 1.4), Mungyeong(15.51, 1.15), Gunwi(6.81, 1.2), Uiseong(12.01, 1.09), Cheongsong(5.16, 0.75), Yeongyang(3.7, 0.62), Yeongdeok(7.7, 0.88), Cheongdo(10.46, 1.48), Goryeong(8.66, 1.68), Seongju(10.89, 1.7), Yecheon(9.04, 1.39), Bonghwa(6.59, 0.73), Uljin(10.36, 0.72), Ulleung(1.32, 1.44), Uiryong(6.17, 1.43), Haman(13.45, 2.21), Changnyeong(10.69, 2.01), Goseong(17.08, 0.9), Namhae(7.59, 1.87), Hadong(7.91, 1.63), Sancheon(8.48, 1.24), Hamyang(8.4, 1.23), Geochang(12.17, 1.16), Hapcheon(12.74, 1.26)

Note: *The order of the city is the order of the administrative district code.
 ** The mark of the corresponding value is "City name ($BD(i)$, $BM(i)$)"

양한 양상을 살펴 볼 수 있도록 $BD(i)$ 와 $BM(i)$ 를 괄호 속에 병기하였다. 대체로 특·광역시를 중심으로 두 세부지표 모두 큰 값을 나타낸다. 인구 100만 규모 도시의 경우 수도권외의 주요 도시 및 통합창원시가 상위권을 차지하고 있다. 인구 50만 규모의 도시는 경부축 선상에 분포하는 수도권외의 주요 도시를 비롯하여 청주, 천안, 포항, 김해 등이 포함되어 있다. 인구 규모가 감소함에 따라 세부지표 값 역시 전반적으로 감소하는 패턴을 나타내고 있다. 요컨대, 인구 규모는 건물 밀도와 용도 다양성에 대체로 비례하지만, 지역에 따른 편차가 다양하게 나타나는 것으로 판단된다. <Table 2>에서 볼 수 있듯이 건물 밀도만 고려하면 부산이 가장 높지만, 용도 다양성 측면에서는 서울이 가장 높게 나타났다(서울(404.44, 6.97), 부산(479.25, 4.05), 대구(293.64, 3.44), 인천(395.41, 2.54)). 인천의 경우 건물 밀도는 서울에 근접한 수준이지만 용도 다양성은 크게 낮은 것으로 나타났다. 따라서 인천의 경우 인구 규모 대비 건물의 공급이 상대적으로 많이 이루어졌으나, 단일 용도의 건물 입지가 전반으로 우세한 토지이용 패턴을 보이는 것으로 해석된다. 대전과 광주에 $LCI(i)$ 값이 0.4로, 울산은 0.33으로 산출되었다. 울산을 제외한 광주와 대전은 건물 밀도는 인천보다 크게 낮은 값을 가지지만, 용도 다양성은 오히려 큰 값을 보인다. 울산은 건물 밀도는 인천보다 낮지만, 용도 다양성은 비슷한 수준으로 산출되었다. 그 밖에도 광역시는 아니지만, 토지이용 압축도 측면에서 수위를 차지하는 도시들은 수도권 내에 주로 분포하는 것으로 나타났다. 군 지역의 경우 역시 수도권과 인접한 지역을 중심으로 큰 토지이용 압축도 값이 상위를 차지하는 것을 확인할 수 있다.

전국적으로 보면 대체로 인구수에 따라 이들의 총량적 수요 충족을 위하여 필요한 수준에서 건물이 공급되지만, 용도의 다양성이 반드시 수반되지는 않음

을 알 수 있다. 오히려 인구수가 많은 지역에서 용도 다양성이 상대적으로 떨어지는 경우도 확인할 수 있었다. 그 원인은 추가적인 연구가 필요하겠지만 도시별 자연적인 지형 조건의 차이, 중심지 기능발달의 역사, 신도시 지역에서의 주택공급 등 여러 요인이 종합적으로 반영된 결과라 판단된다.

우리나라 162개 시군을 대상으로 건물 밀도와 용도의 복합도로 토지이용 압축도를 실증 분석한 결과를 정리하면 다음과 같다. 우선, 인구가 밀집한 특·광역시에서 인구 규모에 비례하여 건물의 밀도가 큰 값을 가지면서, 다양한 용도의 건물이 들어선 패턴이 나타났다. 다만, 건물용도의 복합성은 유사한 인구 규모를 가진 대도시 간에도 편차가 있다. 서울의 경우 인구 규모만큼이나 건물 밀도가 높을 뿐 아니라, 다양한 용도의 건물이 혼재된 공간구조를 형성하였다. 인구 밀도가 워낙 높다 보니 고밀도 개발이 이루어지고 내부의 빈공간이 채워진 후, 주변으로의 개발압력이 강하게 작용하고 서울 내 한정된 토지개발의 한계로 인하여 외연적 확장이 이루어졌다. 서울과 부산의 특징을 비교하는 것은 어렵지만, 이해도를 높이는 차원에서 살펴보면, 부산은 해안과 접한 산지 지형으로 개발압력을 수용할 토지가 부족하고, 외부로의 교통망 발달이나 외연적 확산으로 이어지기 어려운 여건으로 내부 밀도가 높아지는 결과를 가져왔다고 해석된다.

수도권 집중으로 인한 고밀도 복합적 토지이용은 서울과 인접한 경기도의 여러 도시에서도 유사하게 나타난다. 앞서 밝혔지만, 고밀도 복합적 토지이용은 편익과 비용을 정확하게 저울질하여 가치판단을 내리기에는 관점에 따라 큰 이견이 발생할 수 있다. 이는 또한 수도권 규제 또는 완화라는 정책적 방향과도 관련하여 논쟁을 촉발할 수 있다. 이 논문에서는 이러한 현안과 관련해서는 가치중립적 관점에서 인구 규모에 따른 토지이용 압축도를 건물 밀도와 용도의 복합도

라는 측면에서 재조명하고 공간구조 진단을 위한 지수로서의 활용성을 예시하고자 하였음을 밝혀둔다.

V. 결론

이 논문에서는 건물데이터를 이용하여 건물 밀도와 용도의 복합도 측면에서 토지이용의 압축도를 측정하기 위한 지수를 제안하였다. 이를 토대로 전국 162개 시군 단위의 거시적 실증분석을 수행하여 전국 관점에서의 공간구조를 진단하고 해석 방안을 제시하였다.

토지이용 압축도를 구성하는 건물 밀도($BD(i)$)는 단위격자 면적대비 해당 격자에 위치하는 건물의 총 연면적과 가중치의 조합으로 정의하여 한정된 공간을 얼마나 압축적으로 이용하였는지를 추정하기 위한 지표로서의 활용성을 함의한다. 건물 용도의 복합도($BM(i)$)는 일정한 지리적 범위 내에 다양한 건물 유형의 개수로 추정함으로써 용도 혼합에 따른 토지이용 간 잠재적 상호작용이 어느 정도인지를 간접적으로 추정하는 방식으로써의 활용성을 담고 있다. 물론 서로 다른 용도란 기능에서 상충되어 잠재적 비용을 발생시키는 용도가 아닌 기능 보완적 측면에서 편익 발생 가능성을 높이는 용도가 전제됨은 물론이다. 다만 서로 다른 토지이용 유형의 기능이 상충하는지 혹은 보완적 관계에 있는지는 본 논문의 연구 범위를 벗어나기 때문에 논의의 대상에서 제외하였다. 그러나 일반적으로 토지용도 혼합을 통하여 발생 가능한 잠재적 편익이 전제된다는 점을 고려하면 서로 다른 토지이용 유형 간 기능의 상충 가능성 혹은 보완 가능성에 관한 심도 있는 연구가 추후 필요할 것으로 판단된다.

향후 우리나라의 인구는 지속적으로 감소할 것으로 전망되고 있다. 성장시대 활용했던 토지에 대한 수요를 측정하는 원단위의 변화 등 계획의 수립 기법도

변화를 준비하고 있다. 이 논문에서 개발한 압축도 지수는 각종 공간계획의 계획지표로서 활용될 수 있기를 기대해 본다. 최근 국토기본법이 개정되어 국토조사의 결과를 이용하여 국토계획에 대한 이행점검, 변화진단 및 장래 전망을 강화하는 국토모니터링 제도가 마련되었다. 이 논문에서 간단히 살펴본 바와 같이 국내 도시 중 가장 압축적 토지이용이 이루어지는 특·광역시급 도시에서 최근 3년 연속 인구 감소지역 비율이 늘어나고 있는 것으로 나타난 것은 그 원인과 영향에 대한 추가적인 검토와 후속 연구가 필요하다. 토지이용에 따른 압축도의 변화지역을 탐색하고, 이 지역에 나타나는 현상을 지속적으로 파악함으로써 지역을 보다 입체적이고 다채롭게 살펴보는 계획의 섬세함이 필요한 때가 오고 있다. 이 논문에서 제시한 압축도 지표가 좀 더 미시적 공간 규모에서 공간계획 방법론 모색의 자극제가 될 수 있으며, 토지의 수요와 공급의 조화를 가늠할 수 있도록 계획방법론의 개선에도 활용될 수 있기를 기대한다.

물론, 이 논문에서 제시한 분석 결과만으로는 바로 도시 및 지역계획에 활용하기 위한 구체적인 함의를 바로 도출하는 데는 한계가 있다. 향후 시군 내에서의 압축도를 미시적으로 분석하여 토지이용 과정에서의 정책적 또는 계획에서의 함의를 제시할 방안 마련하거나, 압축도와 다른 지표들을 비교하여 도시 내 공급된 토지이용의 양적 규모와 용도 다양성이 미치는 영향, 인구규모 대비 소비되는 토지공급량 또는 잔여량을 지속적으로 관찰하여 적정규모의 계획수립에 새로운 지표로 활용된다면 연구에서 제시한 방법론과 지속적 변화 추이에 대한 노력은 의미가 있을 것으로 생각된다.

「국토기본법」 제25조 국토조사에 따라 국토지리정보원은 매년 토지이용 압축도 지표를 생산할 때 이 연구에서 제안한 분석방법론을 적용하고 있다. 추후

인구구조 변화 및 이에 따른 토지 수요의 변화가 예상 되는 만큼 이를 반영하여 국토의 변화양상을 지속해서 관찰하기 위해서는 지표계산을 위한 일관된 분석 단위와 기준이 적용되어야 한다. 이 논문에서는 이에 대한 대안으로 전국을 일정한 크기의 정방형 격자 단위로 나누어 지표를 정의함으로써 향후 실증자료 변화를 일정한 공간적 틀에 담아서 활용할 가능성을 실증적으로 제시하였다.

또한, 향후 국토의 변화상을 일관된 공간적 틀에 담아내어 변화에 대한 학습으로부터 미래에 대한 예측이 가능한 지표로서의 시계열 확장성을 반영하고자 한 것이다. 시계열 변화에 대한 모니터링을 위해서는 무엇보다 원천자료 구축과정에서 자료의 공간 범위 및 갱신주기 등이 일관된 방식으로 반영될 수 있도록 자료 생산기관 및 관련 부서의 지속적 노력이 중요하다. 향후 토지이용 압축도 지수가 미시적 차원에서의 공간계획의 지표로 활용될 수 있도록 후속 연구와 함께 관계자들이 계획방법론에 반영하는 등 협업이 요구된다.

참고문헌

1. 국토교통부. 2016. 2016년 「도시의 지속가능성 및 생활인프라」 평가 및 시행연구. 세종: 국토교통부.
Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2016. 2016 『Urban Sustainability and Living Infrastructure』Assessment and Implementation Study. Sejong: Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
2. _____. 2019. 인구감소시대에 대응한 도시계획체계 개편 방안 최종보고서. 세종: 국토교통부.
_____. 2019. *Final Report on Reform of Urban Planning System in Response to the Era of Depopulation*. Sejong: Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
3. 국토지리정보원. 2019. 수요 기반의 국토조사 및 이용 활성화 연구. 수원: 국토지리정보원.
National Geographic Information Institute. 2019. *A Study on the Demand-Based National Land Survey and Utilization Activation*. Suwon: National Geographic Information Institute.
4. _____. 2021. 국토진단 및 모니터링을 위한 2020 국토조사. 수원: 국토지리정보원.
_____. 2021. *2020 National Land Survey*. Suwon: National Geographic Information Institute.
5. 김리영, 문태훈. 2010. 시스템사고로 본 압축도시의 공간적 특성과 지속가능성과의 동태적 관계. 한국시스템다이내믹스 연구 11권, 2호: 5-28.
Kim Leeyoung and Moon Taehoon. 2010. System thinking perspective on the dynamic relationship between spatial characteristics of compact city and urban sustainability. *Korean System Dynamics Review* 11, no.2: 5-28.
6. 김은정, 김태환. 2014. 우리나라 건강장수도시의 특성과 시사점. 국토정책Brief 464호. 세종: 국토연구원.
Kim Eunjeong, Kim Taehwan. 2014. Characteristics and implications of healthcare city in Korea. *Korea Policy Brief* no.464. Sejong: Korea REsearch Institute for Human Settlements.
7. 남기찬, 김홍석, 손민수. 2008. 인구압축도와 교통에너지와의 관계 연구: 압축지표를 활용하여. 국토계획 43권, 2호: 155-168.
Nam kichan, Kim Hongsook and Son Minsu. 2008. A study on the correlation between compact of population and transport energy: An application of compact index. *Journal of Korea Planning Association* 43, no.2: 155-168.
8. 마강래. 2017. 지방도시 살생부: '압축도시'만이 살길이다. 서울: 개마고원.
Ma Kangrae. 2017. *Hit List of Shrinking Cities*. Goyang: GaemaGowon.
9. 박영철, 류승한, 황승미. 2004. 환경친화적인 산업입지를 위한 제도개선 방안. 안양: 국토연구원.
Park Youngchul, Ryu Seunghan and Hwang Seungmi. 2004. *Policy Directions for The Environment-Friendly Industrial Location in Korea*. Anyang: Korea Research Institute for Human Settlements.
10. 성현근. 2014. 주거지 건조환경과 보행활동과의 비선형 연관성 진단: Jacobs의 삶에 기반한 물리적 환경의 보행목적별 차이를 중심으로. 국토계획 49권, 3호: 159-174.

- Sung Hyungun. 2014. Diagnosis on the non-linear association of built environment with walking activity in residential areas: Focused on the difference of walking purposes for physical environment based on Jacobs' Life. *Journal of Korea Planning Association* 49, no.3: 159-174.
11. 성현곤, 이만형, 성태형. 2015. 여가와 통행 목적으로서의 보행활동 결정요인의 차이: 개인 및 가구수준 특성을 중심으로. 국토계획 50권, 5호: 73-86.
- Sung Hyungun, Lee Manhyung and Seong Taeyoung. 2015. Difference in the determinants factors of walking activity as the purposes of recreation and travel: Focused on characteristics at the levels of individual and household. *Journal of Korea Planning Association* 50, no.5: 73-86.
12. 이경환, 김태환, 이우민, 김은정. 2014. 가구통행실태조사 자료를 이용한 근린환경과 보행통행의 상관관계 연구. 서울도시연구 15권, 3호: 95-109.
- Lee Kyunghwan, Kim Taehwan, Lee Woomin and Kim Eunjung. 2014. A study on effects of neighborhood's environments on residents' walking trips using household travel diary survey data in Seoul. *Seoul Studies* 15, no.3: 95-109.
13. 임은선, 이종열, 이희연. 2006. 도시성장관리를 위한 공간구조의 확산-압축패턴 측정. 국토연구 51권: 223-247.
- Im Eunsun, Lee Jongyeol and Lee Heeyeon. 2006. Measurement of urban form in urban growth management: Urban sprawl versus compactness. *The Korea Spatial Planning Review* 51: 223-247.
14. 조대현. 2008. 개발밀도를 고려한 셀룰러 오토마타 기반의 도시 토지이용 변화 모델링. 대한지리학회 43권, 1호: 117-133.
- Cho Daeheon. 2008. Cellular automata based urban landuse change modeling considering development density. *Journal of the Korean Geographical Society* 43, no.1: 117-133.
15. 조재성. 2002. 도시 난개발 현상에 관한 연구. 국토계획 37권, 2호: 227-242.
- Cho Jaeseong. 2002. Urban planning and urban sprawl in Korea. *Journal of Korea Planning Association* 37, no.2: 227-242.
16. 황기연, 조용학. 2005. 도심고밀개발 전략의 교통영향분석. 국토계획 40권, 3호: 91-105.
- Hwang Keeyeon, Cho Yonghak. 2005. Evaluating the traffic impacts of high-density development in the downtown of Seoul. *Journal of Korea Planning Association* 40, no.3: 91-105.
17. Burton, E. 2002. Measuring urban compactness in U.K. towns and cities. *Environment and Planning B: Planning and Design* 29, no.2: 219-250.
18. Glaeser, Edward. 2011. 도시의 승리: 도시는 어떻게 인간을 더 풍요롭고 더 행복하게 만들었나? 이진원 역. 서울: 해냄.
- Glaeser, Edward. 2011. *Triumph of the City: How Our Greatest Invention Makes Us Richer, Smarter, Greener, Healthier, and Happier?* trans. Lee Jinwon. Seoul: HaeNaem.
19. Cervero. 1989. Job-housing balancing and regional mobility. *Journal of the American Planning Association* 55: 136-150.
20. _____. 1996. Traditional neighborhoods land commuting in the San Francisco Bay area. *Transportation* 23, no.4: 373-394.
21. _____. 2006. Office development, rail transit, and commuting choices. *Journal of Public Transportation* 9, no.5: 41-55.
22. Christian, H. E., Bull, F. C., Middleton, N. J., Knuiman, M. W., Divitini, M. L., Hooper, P. and Amarasinghe, A. et al. 2011. How important is the land use mix measure in understanding walking behaviour? Results from the RESIDE study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 8, no.55: 1-12.
23. Duncan, O. D. and Duncan B. 1955. A methodological analysis of segregation indexes. *American Journal of Sociological Review* 20, no.2: 210-217.
24. Ewing, R. 1997. Is Los Angeles-Style sprawl desirable? *Journal of the American Planning Association* 63, no.1: 107-126.
25. Frank, L. D., Anderson, M. A. and Schmid, T. L. 2004. Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars. *American Journal of Preventive Medicine* 27, no.2: 87-96.
26. Frumkin, H., Frank, L. and Jackson, R. 2004. *Urban Sprawl and Public Health: Designing, Planning, and Building for Healthy Community*. Washington, DC: Island Press.
27. Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M. R., Wolman, H., Coleman, S. and Freihage, J. 2001. Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate* 12, no.4: 681-717.
28. Manaugh, K. and Kreider, T. 2013. What is mixed use? Presenting an interaction method for measuring land use

- mix. *The Journal of Transport and Land Use* 6, no.1: 63-72.
29. Song, Y., and Knaap, G. J. 2004. Measuring urban form: Is Portland winning the war on sprawl? *Journal of the American Planning Association* 70, no.2: 210-225.
30. Song, Y., Merlin, L. and Rodriguez, D. 2013. Comparing measures of urban land use mix. *Computers, Environment and Urban Systems* 42: 1-13.
31. Tsai, Y. H. 2005. Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. *Urban Studies* 42, no.1: 141-161.
32. Wong, D. W. 2003. Spatial decomposition of segregation indices: A framework toward measuring segregation at multiple levels. *Geographical Analysis* 35, no.3: 180-194.
33. _____. 2005. Formulating a general spatial segregation measure. *The Professional Geographer* 57, no.2: 285-294.

-
- 논문 접수일: 2021. 7. 20.
 - 심사 시작일: 2021. 8. 12.
 - 심사 완료일: 2021. 10. 26.

요약

주제어: 토지이용, 압축도, 건물밀도, 복합도, 건물등록정보, 격자

우리나라는 과거 폭발적 인구증가와 급속한 산업화로 인하여 무분별한 도시팽창이 이루어졌다. 이후 인구감소 시대에 접어들면서 효율적 토지이용의 중요성이 주목받으면서 압축도시에 관한 논의가 이루어지고 있다. 압축도시에 대한 정의는 다양하지만, 대체로 고밀도의 복합적 토지이용이 이루어지는 공간이라는 점에 대한 인식이 논의의 출발점에 있다. 이 논문의 목적은 건물데이터를 이용하여 토지이용의 압축도 수준을 측정할 수 있는 지수를 개발하고, 우리나라 162개 시군의 압축적 토지이용도를 측정하는 것이다. 이를 위하여 우선 500m 격자별로 개별 건축물의 밀도(연면적)와 건축용도의 수(복합도)를 계산한 후, 이를 종합하여 압축지수를 산정하였다. 종합

적으로 살펴보면 도시지역의 압축도가 높은 것으로 나타났으며, 세부적으로는 건축 밀도측면에서의 압축도는 수도권 주요 도시들과 광역시 및 경부축 선상의 일부 시군들이 높았고, 건물복합도 측면에서는 수도권 주요 도시와 광역시의 압축도가 높은 것으로 나타났다. 이 논문에서 개발한 압축도 지수는 건물등록 데이터를 기본 자료로 이용하기 때문에 주기적으로 지표의 갱신이 가능하여 도시 공간구조의 시계열적 변화를 지속적으로 파악하는 데 활용할 수 있으며, 향후 도시 및 지역 정책 수립 과정을 지원하기 위한 실증정보를 제공하는 수단으로써 활용성이 기대된다.

162개 시·군별 $LCI(i)$ 산출 결과Appendix Table 1_ $LCI(i)$ of 162 Cities and Counties

Rank	City name	$LCI(i)$	Rank	City name	$LCI(i)$	Rank	City name	$LCI(i)$	Rank	City name	$LCI(i)$
1	Seoul	0.9218	43	Gunsan	0.2014	85	Yeongju	0.1202	124	Hwasun	0.0740
2	Busan	0.7776	44	Gumi	0.2010	86	Hampyeong	0.1201	125	Hoengseong	0.0734
3	Incheon	0.5755	45	Sejong	0.1948	87	Miryang	0.1201	126	Mungyeong	0.0727
4	Daegu	0.5372	46	Yeosu	0.1914	88	Namhae	0.1186	127	Wando	0.0721
5	Bucheon	0.4998	47	Dongducheon	0.1900	89	Buan	0.1180	128	Sancheong	0.0718
6	Suwon	0.4690	48	Wonju	0.1895	90	Wanju	0.1176	129	Hamyang	0.0710
7	Yongin	0.4542	49	Pohang	0.1849	91	Namwon	0.1158	130	Imsil	0.0702
8	Osan	0.4304	50	Yangsan	0.1840	92	Buyeo	0.1153	131	Haenam	0.0696
9	Jeonju	0.4051	51	Chungju	0.1799	93	Chuncheon	0.1134	132	Geochang	0.0696
10	Gwangju	0.4016	52	Jinju	0.1766	94	Gochang	0.1121	133	Boseong	0.0682
11	Anyang	0.4000	53	Pocheon	0.1762	95	Seongju	0.1093	134	Gunwi	0.0672
12	Gimpo	0.3982	54	Eumseong	0.1754	96	Gimcheon	0.1079	135	Uiseong	0.0645
13	Daejeon	0.3961	55	Nonsan	0.1733	97	Geumsan	0.1062	136	Yeongdong	0.0642
14	Goyang	0.3912	56	Hongseong	0.1686	98	Goryeong	0.1054	137	Jeongseon	0.0633
15	Gwangmyeong	0.3695	57	Gimje	0.1635	99	Gyeryong	0.1045	138	Gokseong	0.0567
16	Mokpo	0.3646	58	Seogwipo	0.1584	100	Okcheon	0.1030	139	Gurye	0.0562
17	Seongnam	0.3407	59	Chilgok	0.1571	101	Boryeong	0.1024	140	Goseong (Gyeongnam)	0.0555
18	Guri	0.3354	60	Jeongeup	0.1564	102	Gangneung	0.1022	141	Hongcheon	0.0549
19	Ulsan	0.3331	61	Yesan	0.1538	103	Jangseong	0.1013	142	Yeoncheon	0.0515
20	Pyeongtaek	0.3327	62	Sokcho	0.1536	104	Hadong	0.1012	143	Jindo	0.0515
21	Gunpo	0.3299	63	Jincheon	0.1529	105	Jecheon	0.0981	144	Taebaek	0.0505
22	Cheongju	0.3267	64	Dangjin	0.1516	106	Yeongwang	0.0981	145	Yangyang	0.0492
23	Hwasung	0.3259	65	Naju	0.1514	107	Sangju	0.0954	146	Jinan	0.0485
24	Yangju	0.3241	66	Haman	0.1512	108	Gangjin	0.0952	147	Danyang	0.0444
25	Gwangju (Gyeonggi)	0.3126	67	Sacheon	0.1511	109	Cheongdo	0.0924	148	Muju	0.0444
26	Changwon	0.3113	68	Gwacheon	0.1481	110	Cheongyang	0.0917	149	Yeongdeok	0.0439
27	Uijeongbu	0.3098	69	Gyeongju	0.1480	111	Taeon	0.0888	150	Pyeongchang	0.0410
28	Siheung	0.3003	70	Geoje	0.1456	112	Gapyeong	0.0882	151	Sinan	0.0386
29	Hanam	0.2942	71	Yeosu	0.1455	113	Andong	0.0877	152	Yeongwol	0.0366
30	Namyangju	0.2922	72	Muan	0.1450	114	Uiryeong	0.0841	153	Samcheok	0.0342
31	Ansan	0.2810	73	Gwangyang	0.1411	115	Yecheon	0.0840	154	Uljin	0.0342
32	Gimhae	0.2785	74	Seocheon	0.1366	116	Goheung	0.0831	155	Cheongsong	0.0312
33	Cheonan	0.2713	75	Tongyeong	0.1362	117	Boeun	0.0824	156	Bonghwa	0.0311
34	Uirwang	0.2512	76	Changnyeong	0.1325	118	Ulleung	0.0795	157	Cheorwon	0.0258
35	Icheon	0.2509	77	Yeongam	0.1291	119	Jangheung	0.0793	158	Yeongyang	0.0202
36	Anseong	0.2500	78	Yangpyeong	0.1290	120	Jangsu	0.0785	159	Hwacheon	0.0197
37	Iksan	0.2449	79	Seosan	0.1274	121	Hapcheon	0.0783	160	Yanggu	0.0134
38	Asan	0.2333	80	Suncheon	0.1250	122	Sunchang	0.0776	161	Inje	0.0087
39	Paju	0.2220	81	Damyang	0.1241	123	Goesan	0.0770	162	Goseong (Gangwon)	0.0080
40	Gyeongsan	0.2189	82	Donghae	0.1232						
41	Jeju	0.2119	83	Gongju	0.1231						
42	Jeungpyeong	0.2049	84	Yeongcheon	0.1221						

