

비수도권 시·군의 토지이용 혼합도가 인구밀도 및 경제생산성에 미치는 영향 분석

: 공간회귀모형을 중심으로

Analysis of the Impact of Land Use Mix on Population Density and Economic Productivity in Non-Metropolitan Cities and Counties

: Focusing on Spatial Regression Models

박근오* · 이춘호**

Park, Keun-Oh · Lee, Chun-Ho

Abstract

This study empirically analyzes the relationship between land use mix and population density (as of 2025) and per capita GRDP (as of 2022) across 122 non-metropolitan cities and counties, using building register data and calculating Relative Entropy (R.E.) based on the floor area of six sectors (residential, commercial/service, office/knowledge, manufacturing/logistics, agriculture/livestock, public/other). Complementary indicators such as the Gini coefficient (G) and normalized Herfindahl-Hirschman Index (HHI*) were also employed. The analysis shows that entropy has a strong negative correlation with the Gini coefficient ($r=-0.831$) and HHI* ($r=-0.828$), while exhibiting a weak positive correlation with per capita GRDP ($r=0.166$). K-means clustering classified the regions into three types: high-diversity balanced (48), medium-diversity mixed (47), and low-diversity concentrated (27). High-diversity regions demonstrated advantages in economic vitality and spatial balance. Global Moran's I analysis confirmed significant spatial autocorrelation for entropy (0.401) and per capita GRDP (0.258), while LISA analysis revealed High-High clusters in northern Chungcheongnam-do and Low-Low clusters in inland Jeollanam-do and Gyeongsangnam-do. OLS regression indicated that entropy had a significant positive effect on per capita GRDP ($\beta=37.09$, $p<0.05$), though explanatory power was low ($R^2=0.039$). Applying the Spatial Lag Model revealed strong spatial dependence ($\rho=0.300$, $p<0.001$), with explanatory power improving substantially ($R^2=0.138$). Based on these findings, the study proposes land use planning strategies such as setting an entropy target of 0.8 or higher, balanced development of residential, commercial, and office sectors, compact development promotion, and establishment of interregional cooperation systems.

주제어 토지이용 혼합도, 상대적 엔트로피, 1인당 GRDP, 공간 지연 모형, LISA 분석

Keywords Land Use Mix, Relative Entropy, Per Capita GRDP, Spatial Lag Model, LISA Analysis

1. 서론

1. 연구 배경 및 필요성

현대 도시계획 패러다임에서 토지이용 혼합도는 공간 배치의

차원을 넘어 도시의 경제적 활력, 인구 지속성, 그리고 지속 가능한 발전을 결정짓는 핵심 요소로 자리매김하고 있다. 다양한 용도가 균형 있게 배치된 공간은 보행 통행을 증가시키고, 통근 거리를 줄이며, 집적 경제를 통해 지역 생산성을 높이는 복합적 효과를 발휘한다(Cervero, 1991; Jenks et al., 1996). 이러한 원리는

* Professor, Division of Real Estate and Construction, Kang-nam University (First Author: keunoh@hanmail.net)

** Professor Emeritus, Division of Real Estate and Construction, Kang-nam University (Corresponding Author: lch@kangnam.ac.kr)

스마트 성장(Smart Growth)과 신도시주의(New Urbanism)의 핵심 이론으로, 21세기 지속 가능한 도시 개발의 기본 방향으로 정립 되어 왔다.

반면, 우리나라 비수도권 시·군은 수도권 일극 체제의 심화로 인해 구조적 위기에 직면해 있다. 청년층의 수도권 집중, 저출생·고령화 가속, 제조업 기반 침식이 맞물리며 인구 감소와 지역 경제 침체가 악순환되고 있다. 비수도권 시·군의 산업·농업 중심 단일 용도 토지이용 패턴은 주거·상업 기능 간 불균형을 심화시켜, 생활 편의성 저하와 추가적인 인구 유출을 촉진하는 구조적 요인으로 작용한다. 엔트로피 관점에서 본다면, 토지이용의 다양성이 낮은 도시 스프롤(urban sprawl)은 자원 낭비, 에너지 손실, 환경 악화를 초래하며 도시 시스템의 자생적 조직화 능력을 약화시킨다(Netto et al., 2024; Cabral et al., 2013).

이러한 위기 대응의 방편으로, 최근 정치권과 중앙정부는 광주·전남, 대전·충남, 대구·경북 등 인접 광역 지자체를 통합하는 '메가시티 특별법' 기반의 초광역경제권 구성을 적극 추진하고 있다(지방시대위원회, 2023). 그러나 행정구역 통합이 실질적 지역 발전으로 이어지려면, 단순한 경계 재편을 넘어 공간적 파급효과를 고려한 토지이용 전략이 함께 뒷받침되어야 한다. 인접 지역 간의 경제·인구적 상호의존성을 무시한 채 이루어지는 행정통합은 오히려 자원 배분의 비효율을 심화시킬 수 있기 때문이다.

기존 토지이용 혼합도 연구는 대부분 서울 등 대도시권에 집중되어 있어, 농축산업 비중이 높고 인구밀도가 낮은 비수도권 시·군의 지역적 특수성을 충분히 반영하지 못하고 있다. 본 연구는 이러한 공백을 메우기 위해, 비수도권 122개 시·군을 대상으로 토지이용 혼합도와 인구밀도·경제 성과 간의 실증적 관계를 규명하고, 광역 통합 논의에 필요한 공간적 근거를 제시하고자 한다.

2. 연구 목적 및 범위

본 연구의 목적은 비수도권 시·군의 토지이용 혼합도를 상대적 엔트로피 지수로 정량화하고, 이것이 인구밀도 및 1인당 GRDP에 미치는 영향을 실증적으로 분석함으로써, 비수도권 균형발전을 위한 토지이용계획 방안을 도출하는 데 있다. 세부 목적은 다음과 같다.

첫째, 총괄표제부 데이터를 활용하여 비수도권 시·군의 토지이용 혼합도(상대적 엔트로피)를 정량화하고 지역별 분포 특성을 파악한다.

둘째, 상관분석 및 회귀분석을 통해 토지이용 혼합도와 인구밀도·1인당 GRDP 간의 통계적 관계를 검증한다.

셋째, 공간 회귀분석을 통해 인접 시·군 간의 공간적 파급효과를 실증하고, 이를 광역 협력 정책의 학술적 근거로 제시한다.

넷째, 분석 결과를 바탕으로 혼합도 제고를 위한 구체적인 토지이용계획 방안을 제안한다.

연구의 공간적 범위는 수도권(서울·경기·인천) 및 5대 광역시를 제외한 비수도권 122개 시·군이며, 시간적 범위는 2025년 기준 총괄표제부 및 인구밀도와 2022년 기준 1인당 GRDP이다. 비수도권 시·군의 토지이용 체계는 단기간에 급격히 변화하지 않으므로 데이터 시점 차이(3년)가 분석 결과의 경향성을 왜곡할 가능성은 낮다고 판단하였으며, 표준화 및 공간회귀분석을 통해 이를 보완하였다.

3. 연구 방법

본 연구는 '문헌 고찰→데이터 수집 및 전처리→혼합도 산출→통계·공간 분석→정책 방안 도출'의 절차로 진행된다. 혼합도는 총괄표제부의 용도별 연면적을 6개 그룹으로 재분류한 후 Shannon 엔트로피 기반 상대적 엔트로피를 산출하여 측정한다. 분석 방법으로는 Pearson 상관분석, OLS 회귀분석, GeoDa 기반 공간 지연 모형(Spatial Lag Model, SLM)을 단계적으로 적용하며, 결과는 등치지역도·Moran 산점도·LISA 지도를 통해 시각화한다.

II. 선행연구 고찰

1. 토지이용 혼합도의 개념 및 측정 방법

토지이용 혼합도(land use mix)는 한 공간 단위 내에서 다양한 토지 용도가 균형 있게 배치되어 상호 기능적으로 연계되는 정도를 의미한다. Zhuo et al.(2022)은 혼합도를 주거·상업·공공 등 세 가지 이상 주요 도시 기능의 복합으로 규정하며, 산업혁명 이후 용도 분리(zoning) 패러다임에서 혼합 패러다임으로의 전환 과정을 역사적으로 추적한다. 이 개념은 Jane Jacobs(1961)의 '혼합사용 생활공간' 논의에서 비롯되었으며, 현대에 이르러 스마트 성장(Smart Growth)과 신도시주의(New Urbanism)의 핵심 원리로 자리 잡았다.

측정 방법으로는 Shannon 엔트로피를 정규화한 상대적 엔트로피가 가장 널리 활용된다. Manaugh and Kreider(2013)는 기존 비율 기반 지수(HHI 등)가 용도 분포의 세밀한 패턴을 포착하지 못한다고 비판하며 인접 용도 간 인접도(adjacency)를 고려한 상호작용 방법을 제안하였다. Bordoloi et al.(2013)은 인도 도시 맥락에서 엔트로피와 비유사도(dissimilarity) 지수를 결합하여 혼합도의 다차원성을 확보하였다. 국내에서는 김현무 외(2021)가 표준화 엔트로피를 법정동 단위에 적용하여 혼합도를 단계적으로 분류하고 ArcGIS 클러스터 분석을 병행하였는데, 이는 본 연구의 6개 그룹 분류 방식에 직접적 근거를 제공한다.

변수 수의 선정도 엔트로피 산출에 중요한 영향을 미친다. 변수가 3개 미만이면 다양성이 과소 평가되고, 7~8개 이상이면 개

별 비율이 지나치게 작아져 엔트로피가 과도하게 상승할 우려가 있다. 선행연구들은 대체로 4~6개 분류를 권고하며(김현무 외, 2021; 임하나 외, 2016), 본 연구도 이를 준거로 삼아 6개 그룹을 채택하였다. 특히 비수도권 시·군의 농축산 관련 연면적 비율이 평균 18%에 달한다는 지역적 특수성을 반영하여, 이를 별도 그룹으로 독립 분류함으로써 엔트로피 지수의 포괄성과 변별력을 확보하였다.

2. 토지이용 혼합도와 인구밀도·경제 생산성의 관계

혼합도가 인구밀도와 경제 생산성에 미치는 긍정적 효과는 국내외 다수의 실증 연구를 통해 뒷받침된다. Iannillo and Fasolino(2021)는 이탈리아 도시 사례를 통해 Gini-Simpson 지수로 측정된 혼합도가 높을수록 인구 집중과 에너지 효율이 향상됨을 분석하였다. Cervero(1991)는 교외 활동 중심지에서 토지이용 혼합도가 도로 통근을 증가시키고, 밀도와 혼합도의 상호작용이 경제적 효율성을 높인다고 실증하였다. Jenks et al.(1996)은 압축도시 모델에서 혼합도와 고밀 개발이 에너지 소비를 줄이고 접근성을 향상시키는 지속 가능성의 핵심 요소임을 강조하였다.

경제 생산성 측면에서는, Lee(2022)가 서울 빈 주택 데이터를 활용하여 낮은 혼합도가 인구 유출과 GRDP 저하를 초래한다고 결론지었으며, 오다원·박인권(2019)은 혼합도가 야간 생활인구 증가를 유발함으로써 상권 활성화와 지역총생산 향상으로 이어지는 연결 구조를 제시하였다. 임하나 외(2016)는 보행 활동 조사 데이터를 분석하여 근린상업 연면적과 보행량의 양의 상관을 확인하였으며, 이는 ‘혼합도 증가→보행·통행 효율 향상→인구밀도 제고→경제 생산성 향상’의 논리적 연쇄 구조를 제시한다.

3. 국내·외 연구 동향 및 시사점

국내 연구는 주로 서울 대도시권을 중심으로 혼합도의 보행·통행 효과를 검증하는 데 집중되어 있다. 류나영(2024)은 GWR(지리가중회귀)로 스프롤 지수와 통근 패턴의 관계를 분석하였고, 임은선 외(2006)는 로렌츠 곡선으로 확산-압축 패턴을 측정하여 비수도권 스프롤 방지를 위한 통계 접근의 필요성을 제안하였다. 해외 연구는 엔트로피 개념의 이론적 확장에 주목하는데, Netto et al.(2024)은 열역학적 엔트로피에서 Shannon 정보이론으로의 발전 과정을 추적하며 도시의 자생적 조직화에 적용하고, Cabral et al.(2013)은 엔트로피 분석으로 도시 스프롤 관리의 논리 구조를 제안하였다.

종합하면, 기존 연구는 수도권 편중이라는 지리적 한계와 함께 농축산업 비중이 높은 비수도권의 산업구조를 충분히 반영하지 못한다는 방법론적 한계를 내포한다. 본 연구는 이를 보완하여 비수도권 시·군 전체를 대상으로 혼합도와 경제 성과 간의 관계

를 공간통계 기법으로 실증함으로써 학술적·정책적 기여를 도모한다.

III. 분석의 틀

1. 연구 대상 및 자료 수집

연구 대상은 수도권(서울·경기·인천) 및 5대 광역시를 제외한 비수도권 122개 시·군이다. 비수도권을 연구 범위로 설정한 이유는 스프롤 현상이 더 심각하고 1인당 GRDP 저하와 인구 유출이 구조적으로 고착화된 지역이기 때문이다(류나영, 2020). 또한 농촌적 성격이 강한 비수도권 시·군의 토지이용 특성을 반영함으로써 기존 수도권 중심 연구의 한계를 보완하고자 하였다.

자료는 다음과 같이 세 가지 출처에서 수집하였다. 첫째, 토지이용 혼합도 산출을 위한 총괄표제부(건축물대장) 데이터는 건축 Hub(<https://www.hub.go.kr>)에서 추출하며, 시·군구코드, 법정동코드, 연면적(m²), 주용도코드를 기준 변수로 활용한다. 둘째, 인구밀도는 통계청 주민등록 인구통계(2025년 기준)를 사용한다. 셋째, 1인당 GRDP는 통계청이 공표한 최신 확정치인 2022년 지역내총생산 자료를 기반으로 산출한다. 데이터 시점 간 차이(3년)에 따른 오차는 표준화 과정과 공간 회귀분석을 통해 최소화하였다.

2. 변수 정의 및 측정 지표

1) 독립변수: 토지이용 혼합도(상대적 엔트로피, R.E.)

독립변수는 토지이용 혼합도로, Shannon 엔트로피를 0~1 범위로 정규화한 상대적 엔트로피(R.E.)를 사용한다. R.E.=0은 단일 용도 완전 집중, R.E.=1은 6개 업종의 완전 균형 분포를 의미한다. 산출 공식은 식 (1)과 같다.

$$R.E. = -\sum(P_i \times \ln P_i) / \ln(N) \quad (1)$$

(여기서 P_i : i번째 업종의 연면적 비율, $N=6$)

업종 분류는 행정안전부 건축물용도코드(BDTYP_CD)를 기반으로 <Table 1>과 같이 6개 그룹으로 재분류하였다.

2) 보완 지표: 지니계수(G) 및 정규화 HHI(HHI*)

혼합도의 다차원성을 확보하기 위해 지니계수(G)와 정규화 허핀달-허쉬만 지수(HHI*)를 보완 지표로 산출하였다. 지니계수는 시·군 내 업종별 연면적 분포의 불균등 정도를 0~1 범위로 측정하며, 0은 완전 균등, 1은 완전 불평등을 의미한다. HHI*는 특정 업종 연면적의 집중도를 측정하며, 0에 가까울수록 분산, 1에 가까울수록 집중을 의미한다. 세 지표는 상호 검증 수단으로 활

Table 1. Industry classification criteria for land use mix

구분 Division	포함용도(예시) Inclusion uses (Examples)
주거 Dwelling	단독주택, 다가구주택, 다세대주택, 연립주택, 아파트 등 Single-family homes, Multi-family homes, Multi-generational homes, Townhouses, Apartments, etc.
상업/서비스 Commerce/ Services	제1·2종 근린생활시설, 판매시설, 숙박시설, 위락시설 등 1st and 2nd class neighborhood living facilities, Sales facilities, Lodging facilities, Entertainment facilities, etc.
업무/지식 Work/Knowledge	업무시설(사무소), 교육연구시설, 의료시설 등 Business facilities (offices), Educational and research facilities, Medical facilities, etc.
제조/물류 Manufacturing/ Logistics	공장, 창고시설, 운수시설, 자동차관련시설 등 Factories, Warehouse facilities, Transportation facilities, Automobile-related facilities, etc.
농축산관련 Agriculture and livestock related	동물 및 식물 관련시설(비닐하우스, 축사 등) Animal and plant-related facilities (Greenhouses, Livestock sheds, etc.)
공공/기타 Public/Other	공공업무시설, 문화·집회운동시설, 종교시설, 군사시설 등 Public business facilities, Cultural, assembly, and sports facilities, Religious facilities, Military facilities, etc.

용되며, 이하 분석의 주 지표는 엔트로피(R.E.)를 사용한다.

3) 종속변수

종속변수는 인구밀도(명/km²)와 1인당 지역내총생산(1인당 GRDP, 백만 원)이다. 1인당 GRDP는 노동 생산성과 밀접하게 연관된 지역 경제 성과의 대리 지표로서, 토지이용 혼합도가 집적 경제를 통해 경제 생산성에 긍정적인 영향을 미친다는 가설을 검증하는 데 활용된다.

3. 분석 방법

1) 상관분석 및 OLS 회귀분석

분석은 ① 자료 전처리 및 혼합도 산출, ② Pearson 상관분석, ③ OLS 회귀분석, ④ 공간 자기상관 검토 및 공간 지연 모형(SLM) 적용의 순서로 진행하였다.

Pearson 상관분석으로 토지이용 혼합도(R.E.)와 인구밀도·1인당 GRDP 간의 선형 관계를 파악하였다. OLS 회귀분석의 기본 모형은 식 (2)와 같으며, 다중공선성(VIF), 이분산성(Breusch-Pagan), 잔차 정규성(Jarque-Bera)을 검토하였다.

$$GRDP = \alpha + \beta_1 \cdot ENTRO + \beta_2 \cdot Agri + \varepsilon \quad (2)$$

(Agri: 농축산관련 업종 비율, ε : 오차항)

2) 공간 자기상관 검토 및 공간 지연 모형

OLS 회귀 잔차에 대한 Moran's I 검정을 실시하여 공간 자기상관의 존재를 확인한 후, GeoDa를 활용하여 LISA 분석으로 고-고(HH)·저-저(LL) 클러스터를 식별하였다. 공간 자기상관을 보정하기 위해 최대우도추정법(MLE) 기반 공간 지연 모형을 적용하였으며, 기본 수식은 식 (3)과 같다.

$$Y = \rho \cdot W \cdot Y + X \cdot \beta + \varepsilon \quad (3)$$

(ρ : 공간 지연계수, W: 공간 가중치 행렬)

IV. 분석 결과

본 장에서는 ① 기술통계 및 분석 변수 간 상관관계, ② 시·군별 엔트로피 유형 분류, ③ 변수의 공간적 분포 분석, ④ 공간 자기상관 분석(Moran's I 및 LISA), ⑤ OLS·공간 지연 모형 회귀 분석의 순으로 결과를 제시한다.

1. 기술통계 및 분석 변수 간 상관관계

1) 기술통계

비수도권 122개 시·군의 주요 분석 변수에 대한 기술통계 결과는 <Table 2>와 같다. 엔트로피의 평균은 0.708(표준편차 0.082)로 중간 수준의 혼합도를 나타내며, 최솟값(거제시, 0.441)과 최댓값(문경시, 0.869) 간의 범위(Range)가 0.428에 달해 시·군 간 혼합도의 편차가 상당히 크다.

1인당 GRDP의 경우 평균 38.4백만 원으로 최솟값(26.1백만 원)과 최댓값(88.7백만 원) 간 편차가 매우 크며, 대규모 제조업 시설이 입지한 일부 시·군이 평균을 크게 끌어올리는 정적 편포

Table 2. Descriptive statistics for key analysis variables (122 cities and counties outside the metropolitan area)

변수 Variables	관측 수 Number	평균 Mean	표준편차 Standard deviation	최솟값 Minimum	최댓값 Maximum
엔트로피(R.E.) Entropy	122	0.708	0.082	0.441	0.869
지니계수(G) Gini coefficient	122	0.500	0.107	0.193	0.712
HHI*	122	0.248	0.096	0.051	0.612
인구밀도 Population density (people/km ²)	122	248.7	472.3	18.4	3,905.2
1인당 GRDP GRDP per capita (million won)	122	38.4	14.7	26.1	88.7

(skewness = 1.82) 경향이 나타난다. 이에 따라 회귀분석에서 GRDP는 자연로그 변환 후 분석하였다.

2) 분석 변수 간 상관관계

비수도권 122개 시·군의 엔트로피(ENTRO), 지니계수(G), HHI* 간 상관관계를 분석한 결과를 <Table 3>에 제시한다. 엔트로피는 지니계수와 강한 음의 상관($r = -0.831$, $p < 0.01$), HHI*와도 강한 음의 상관($r = -0.828$, $p < 0.01$)을 보였다.

이는 엔트로피가 높은 지역일수록 용도별 연면적 분포의 불균등 정도와 집중도가 낮아, 다양한 용도가 균형 있게 배치됨을 의미한다. 반대로 지니계수와 HHI* 간에는 강한 양의 상관($r = 0.838$)이 확인되어, 두 집중도 지표가 유사한 현상을 포착하고 있음을 알 수 있다.

엔트로피와 1인당 GRDP의 양의 상관($r = 0.166$, $p < 0.1$)은 경제 규모가 어느 정도 다양성을 견인함을 시사하지만, 그 관계는 단순하지 않다. 엔트로피와 인구밀도 간의 약한 음의 상관($r = -0.144$)은 과도한 인구 집중이 오히려 특정 용도 중심의 단일화를 초래하여 다양성을 저하시킬 수 있음을 보여 준다. 전주시(인구밀도 3,036명/km², 엔트로피 0.493)와 목포시(인구밀도 3,905명/km², 엔트로피 0.684)는 이 현상의 대표적 사례로, 높은 밀도에도 불구하고 중심지 기능의 과도한 집중이 용도 다양성 확보를 저해하고 있음을 방증한다.

시(市)와 군(郡)의 평균값 비교에서 시의 엔트로피 평균(0.714)이 군(0.700)보다 높고, 지니계수(0.491 vs. 0.514)와 HHI*(0.240 vs. 0.259)는 군이 더 높게 나타났다. 특히 인구밀도에서 시(511.1명/km²)가 군(87.5명/km²)의 약 5.8배에 달하는 격차를 보여, 도시화 수준과 토지이용 다양성이 긴밀하게 연계됨을 확인하였다

Table 3. Pearson correlation coefficient between analysis variables

변수 Variables	엔트로피 Entropy	지니계수 Gini coefficient	HHI*	인구밀도 Population density	1인당 GRDP GRDP per capita
엔트로피(R.E.) Entropy	1.000	-0.831***	-0.828***	-0.144	0.166†
지니계수(G) Gini coefficient		1.000	0.838***	0.121	-0.149†
HHI*			1.000	0.098	-0.142
인구밀도 Population density				1.000	0.183*
1인당 GRDP GRDP per capita					1.000

† $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

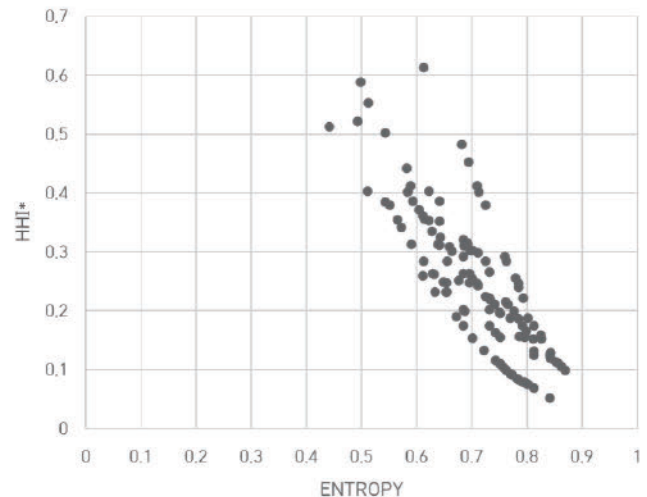


Figure 1. Correlation between HHI* and entropy

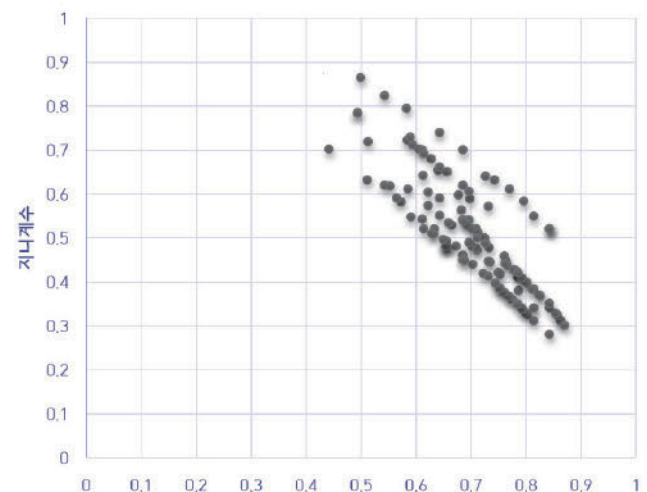


Figure 2. Correlation between Gini coefficient and entropy

(〈Figure 1〉, 〈Figure 2〉 참조). 이는 도시 지역일수록 상업·업무 기능이 함께 발달하여 토지이용의 다각화가 이루어지는 반면, 농촌 지역은 농축산 또는 주거 단일 용도에 의존하는 구조적 특성을 반영한다.

2. 시·군별 엔트로피 분포 특성

비수도권 122개 시·군의 엔트로피를 분석한 결과, 상위 5개 시·군과 하위 5개 시·군이 뚜렷한 공간적·산업적 패턴 차이를 보인다. <Table 4>에 상위 10개 시·군의 주요 지표를 정리하였다.

엔트로피 상위 시·군의 공통점은 제조업·농업·상업 등 이질적 산업이 균형 있게 공존하는 역사적 중심 도시라는 점이다. 경북 문경시(0.869)는 탄광 쇠퇴 이후 제조업, 농업, 관광업으로의 다각화에 성공하였고, 충남 아산시(0.849)는 자동차산업단지와 혁신도시 개발이 균형 있게 이루어져 다양한 용도가 공존하는 공간구조를 형성하였다. 전남 나주시(0.842)는 빛가람 혁신도시 조성과 농업·침

Table 4. Key indicators for the top 10 and bottom 10 cities and counties by entropy

구분 Division	시·군명 City/County	엔트로피 Entropy	지니계수 Gini coefficient	HHI*	주요 특성 Key features
상위 1위 Top 1	경북 문경시 Mungyeong-si, Gyeongbuk	0.869	0.218	0.112	제조업·농업·관광 균형 Balance between manufacturing, agriculture, and tourism
상위 2위 Top 2	경북 포항시 Pohang-si, Gyeongbuk	0.862	0.226	0.118	철강·서비스·주거 복합 Steel, service, and housing complex
상위 3위 Top 3	경북 경주시 Gyeongju-si, Gyeongbuk	0.857	0.241	0.131	역사관광·제조업 혼합 Mix of historical tourism, manufacturing, and agriculture
상위 4위 Top 4	충남 아산시 Asan-si, Chungnam	0.849	0.244	0.128	자동차산업·혁신도시 기반 The foundation of the automobile industry and innovation city
상위 5위 Top 5	전남 나주시 Naju-si, Jeonnam	0.842	0.253	0.051	빛가람 혁신도시, 농업·첨단균형 Bitgaram innovation city, A balance between agriculture and advanced technologies
하위 1위 Bottom 1	경남 거제시 Geoje-si, Gyeongnam	0.441	0.598	0.512	조선업 단일 산업 집중 Concentration of a single industry such as shipbuilding
하위 2위 Bottom 2	전북 전주시 Jeonju-si, Jeonbuk	0.493	0.571	0.478	중심지 기능 과집중 Over-concentration of central functions
하위 3위 Bottom 3	충북 단양군 Danyang-gun, Chungbuk	0.499	0.563	0.461	관광업·채석업 단순 구조 Simple structures such as tourism and quarrying
하위 4위 Bottom 4	경남 통영시 Tongyeong-si, Gyeongnam	0.510	0.549	0.443	수산업·관광업 이중 집중 Dual concentration of fisheries and tourism
하위 5위 Bottom 5	강원 춘천시 Chuncheon-si, Gangwon	0.512	0.543	0.438	공공·교육 기능 편중 Imbalance of public and educational functions

단산업의 균형 배치로 전남권 최고의 다양성을 기록한 사례이다.

반면 하위 시·군은 특정 산업 또는 지형적 제약에 의한 단일화 패턴을 보인다. 거제시(0.441)는 조선업 중심의 단일 산업 구조로 HHI*가 0.512에 달하며, 울릉군은 도서 지형의 한정적 토지이용으로 HHI*가 0.612로 비교적 높은 편이다. 전주시(0.493)는 비수도권 최대 도시 중 하나임에도 불구하고, 중심지 기능의 과도한 집중으로 인해 인근 농촌 지역과의 용도 배치 불균형이 엔트로피를 낮추는 역설적 상황을 보인다.

3. 시·군별 엔트로피 유형 분류

표준화 엔트로피(H), 지니계수(G), 정규화 HHI* 세 지표를 활용하여 K-평균 클러스터링(k=3)으로 비수도권 122개 시·군을 세 유형으로 분류하였다. 최적 클러스터 수는 엘보우 방법(Elbow Method)과 실루엣 계수(Silhouette Coefficient)를 통해 k=3으로 결정하였다(Table 5).

고다양성 균형형(48개, 39.3%)은 엔트로피가 0.79 수준으로 높고 집중도 지표(G, HHI*)가 낮아, 다양한 용도가 균형 있게 배치된 지속 가능한 공간 구조를 갖춘다. 이들 시·군은 대체로 역사적 제조업 기반과 농업이 공존하는 경북·충남권에 집중 분포하며,

혁신도시 개발로 추가적인 기능 다각화가 이루어진 지역도 포함된다.

중다양성 혼합형(47개, 38.5%)은 다양성이 중간 수준으로 도시화가 진행 중이거나 농촌과 도시의 경계 지역이 다수이다. 이들 지역은 현재 전환기에 있으며, 정책적 개입 여부에 따라 고다양성형으로 발전하거나 저다양성형으로 퇴행할 수 있는 분기점에 위치한다.

저다양성 집중형(27개, 22.1%)은 특정 산업이나 지형적 제약으로 인해 토지이용이 단일화된 취약 지역이다. 이들 지역은 불균형이 두드러지며, 집중적인 정책 지원과 용도 다각화 전략이 시급히 요구된다. 전북 내륙 시·군(전주, 남원, 익산 등)과 경남 서부 시·군(거제, 통영, 사천 등)이 이 유형에 집중된다.

4. 변수의 공간적 분포 분석

1인당 GRDP와 토지이용 혼합도(엔트로피)의 등치지역도(Choropleth Map)를 비교하면, 두 변수의 공간 패턴이 상당 부분 중첩된다(Figure 3, Figure 4).¹⁾ 1인당 GRDP가 가장 낮은 구간(27개 지역)은 주로 비수도권 농촌·산간 지역에 분포하며, 엔트로피가 가장 낮은 구간(27개 지역) 역시 내륙·동해안·남부 지

Table 5. Results of classification of land use mix types by city and county

유형 Category	엔트로피 평균 Entropy average	G 평균 G average	HHI* average	주요 특징 및 대표 지역 Key features and representative regions
① 고다양성 균형형 Type of high diversity balanced	0.790	0.380	0.140	(다양성 높고 집중도 낮은 균형 구조) (Balanced structure of high diversity and low concentration) 전남 강진군, 전남 곡성군, 전남 구례군, 전남 나주시, 전남 담양군, 전남 무안군, 전남 보성군, 전남 순천시, 전남 여수시, 전남 영광군, 전남 영암군, 전남 완도군, 전남 장성군, 전남 장흥군, 전남 함평군, 전남 해남군, 전남 화순군, 충북 음성군, 충북 청주시, 충북 충주시, 충남 당진시, 충남 서산시, 충남 아산시, 충남 천안시, 충남 홍성군, 강원 양양군, 강원 영월군, 강원 정선군, 강원 태백시, 강원 평창군, 강원 홍천군, 강원 횡성군, 경북 경산시, 경북 경주시, 경북 구미시, 경북 김천시, 경북 문경시, 경북 상주시, 경북 안동시, 경북 영주시, 경북 영천시, 경북 예천군, 경북 청도군, 경북 칠곡군, 경북 포항시, 경남 남해군, 경남 밀양시, 경남 산청군, 경남 양산시, 경남 하동군 Gangjin-gun, Gokseong-gun, Gurye-gun, Naju-si, Damyang-gun, Muan-gun, Boseong-gun, Suncheon-si, Yeosu-si, Yeonggwang-gun, Yeongam-gun, Wando-gun, Jangseong-gun, Jangheung-gun, Hampyeong-gun, Haenam-gun, Hwasun-gun in Jeonnam-do; Eumseong-gun, Cheongju-si, Chungju-si in Chungbuk-do; Dangjin-si, Seosan-si, Asan-si, Cheonan-si, Hongseong-gun in Chungnam-do; Yangyang-gun, Yeongwol-gun, Jeongseon-gun, Taebaek-si, Pyeongchang-gun, Hongcheon-gun, Hoengseong-gun in Gangwon-do; Gyeongsan-si, Gyeongju-si, Gumi-si, Gimcheon-si, Mungyeong-si, Sangju-si, Andong-si, Yeongju-si, Yeongcheon-si, Yecheon-gun, Cheongdo-gun, Chilgok-gun, Pohang-si in Gyeongbuk-do; Namhae-gun, Miryang-si, Sancheong-gun Yangsan-si, Hadong-gun in Gyeongnam-do 총 48개 A total of 48
② 중다양성 혼합형 Type of mixed diversity	0.690	0.530	0.270	(균형-집중 혼재. 도농 전환기 지역) (A region of urban-rural transition, with a mixture of balance and concentration) 전북 군산시, 전북 김제시, 전북 완주군, 전북 정읍시, 전남 고흥군, 전남 광양시, 전남 목포시, 전남 신안군, 전남 진도군, 충북 영동군, 충북 옥천군, 충북 제천시, 충북 증평군, 충북 진천군, 충남 공주시, 충남 금산군, 충남 논산시, 충남 보령시, 충남 부여군, 충남 서천군, 충남 예산군, 충남 청양군, 충남 태안군, 강원 강릉시, 강원 고성군, 강원 동해시, 강원 삼척시, 강원 양구군, 강원 인제군, 강원 철원군, 강원 화천군, 경북 고령군, 경북 성주군, 경북 울진군, 경남 고성군, 경남 김해시, 경남 창원군, 경남 창원시, 경남 통영시, 경남 합천군, 제주 제주시, 제주 서귀포시 Gunsan-si, Gimje-si, Wanju-gun, and Jeongeup-si in Jeonbuk-do; Goheung-gun, Gwangyang-si, Mokpo-si, Sinan-gun, and Jindo-gun in Jeonnam-do; Yeongdong-gun, Okcheon-gun, Jecheon-si, Jeungpyeong-gun, and Jincheon-gun in Chungbuk-do; Gongju-si, Geumsan-gun, Nonsan-si, Boryeong-si, Buyeo-gun, Seochon-gun, Yesan-gun, Cheongyang-gun, and Tae'an-gun in Chungnam-do; Gangneung-si, Goseong-gun, Donghae-si, Samcheok-si, Yanggu-gun, Inje-gun, Cheorwon-gun, and Hwacheon-gun in Gangwon-do; Goryeong-gun, Seongju-gun, and Uljin-gun in Gyeongbuk-do; Goseong-gun, Gimhae-si, Changnyeong-gun, Changwon-si, Tongyeong-si, and Hapcheon-gun in Gyeongnam-do; Jeju-si, Seogwipo-si in Jeju-do 총 47개 A total of 47
③ 저다양성 집중형 Type of low-diversity concentration	0.580	0.680	0.420	(특정 용도 강한 집중, 불균형·취약 구조) (Strong concentration of specific purposes and structures of imbalance and vulnerability) 전북 고창군, 전북 남원시, 전북 무주군, 전북 부안군, 전북 순창군, 전북 익산시, 전북 임실군, 전북 장수군, 전북 전주시, 전북 진안군, 충북 괴산군, 충북 단양군, 충북 보은군, 충남 계룡시, 강원 속초시, 강원 원주시, 강원 춘천시, 경북 봉화군, 경북 영덕군, 경북 영양군, 경북 울릉군, 경북 의성군, 경북 청송군, 경남 거제시, 경남 거창군, 경남 의령군, 경남 진주시, 경남 사천시, 경남 함안군, 경남 함양군 Gochang-gun, Namwon-si, Muju-gun, Buan-gun, Sunchang-gun, Iksan-si, Imsil-gun, Jangsu-gun, Jeonju-si, and Jinan-gun in Jeonbuk-do; Goesan-gun, Danyang-gun, and Boeun-gun in Chungbuk-do; Gyeryong-si in Chungnam-do; Sokcho-si, Wonju-si, and Chuncheon-si in Gangwon-do; Bonghwa-gun, Yeongdeok-gun, Yeongyang-gun, Ulleung-gun, Uiseong-gun, and Cheongsong-gun in Gyeongbuk-do; Geoje-si, Geochang-gun, Uiryeong-gun, Jinju-si, Sacheon-si, Haman-gun, and Hamyang-gun in Gyeongnam-do 총 27개 A total of 27

역에 집중되는 경향을 보였다.

그러나 두 변수의 공간 분포에는 주목할 만한 차이도 존재한다.

1인당 GRDP가 가장 높은 구간에 속하는 지역은 23개에 불과하

며, 이들 대부분은 충남 북부(당진·서산·천안) 산업단지 밀집 지

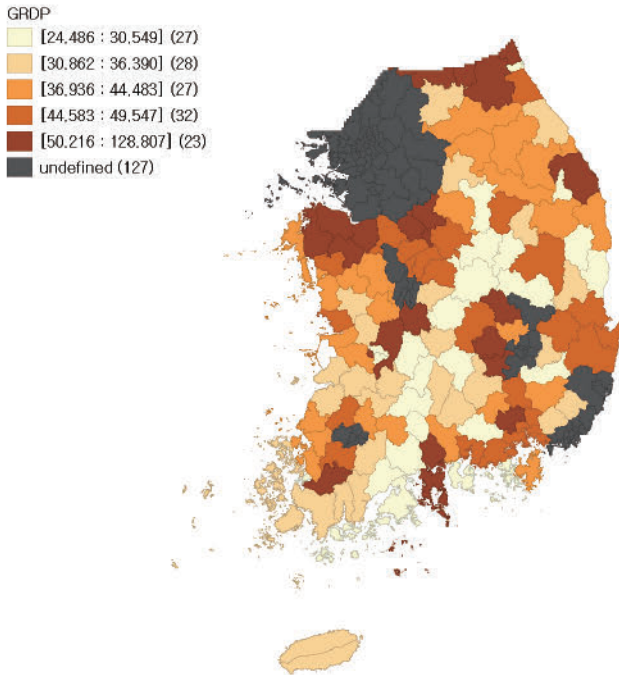


Figure 3. Choropleth map of GRDP per capita

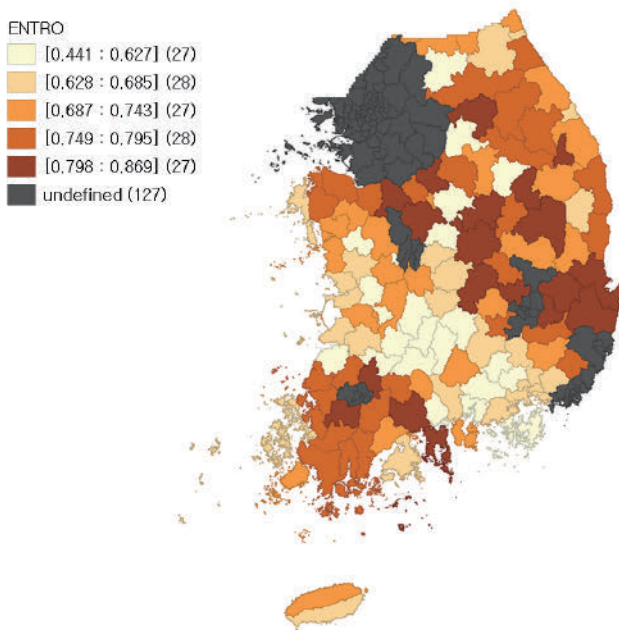


Figure 4. Choropleth map of land use mix

역에 집중된다. 반면 엔트로피가 높은 지역은 이보다 훨씬 넓은 범위에 걸쳐 분포한다. 이는 경제활동 다양성이 경제 성과에 선행하거나 더 광범위하게 나타남을 시사하며, 즉 토지이용 다양성이 경제 성과의 필요조건이지만 충분조건은 아님을 보여 준다.

특히, 경북 동부 해안 지역(포항·경주·영주 등)은 엔트로피가 높음에도 불구하고 1인당 GRDP는 중간 수준에 머물러, 다양성이 경제 성과로 전환되는 데는 산업 고도화, 인구 유지, 교통 인프라 등 추가적 조건이 필요함을 시사한다. 반대로 충남 당진시와 서산시는 엔트로피가 중간 수준임에도 대규모 제조업 입지로 인

해 1인당 GRDP가 전국 최고 수준에 달한다. 이는 단일 대형 산업 입지가 단기적으로 GRDP를 크게 끌어올릴 수 있음을 보여 주지만, 장기적 지속 가능성 측면에서는 토지이용 다양성을 함께 확보하는 전략이 필요하다는 점을 시사한다.

5. 공간적 자기상관 분석

1) 전역 공간 자기상관: Moran's I 분석

비수도권 시·군의 1인당 GRDP와 엔트로피에 대해 전역 Moran's I를 산출한 결과, 두 변수 모두 통계적으로 유의미한 양의 공간 자기상관이 확인되었다(Table 6).

이는 두 변수 모두 지리적으로 유사한 값을 가진 지역들이 서로 인접하여 클러스터를 형성하는 경향이 있음을 의미한다.

엔트로피의 Moran's I(0.401)가 1인당 GRDP(0.258)보다 높다는 것은, 경제활동 다양성의 공간적 집적 강도가 경제 성과의 그것보다 더 강함을 의미한다. Moran 산점도에서 두 변수 모두 1사분면(High-High)과 3사분면(Low-Low)에 점이 집중되고 회귀선의 기울기가 양(+)으로 나타나 공간적 군집화가 뚜렷이 존재함을 시각적으로 확인하였다(Figure 5, Figure 6).

Table 6. Global Moran's I analysis results

변수 Variable	Moran's I	Z-score	p-value
1인당 GRDP(ln 변환) GRDP per capita	0.258	4.821	<0.001
토지이용 혼합도(엔트로피) Land use mix (Entropy)	0.401	7.183	<0.001

Note: 퀸(Queen) 인접 기준 공간 가중치 행렬 사용
Using queen adjacency-based spatial weighting matrix

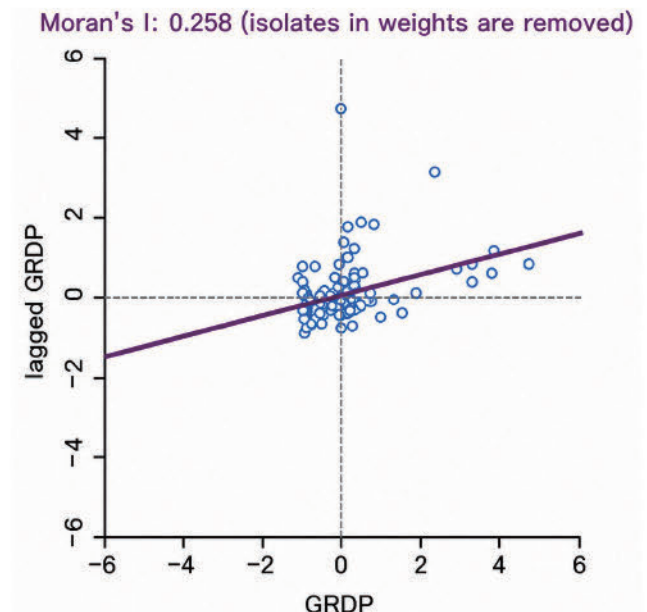


Figure 5. GRDP Moran's scatterplot

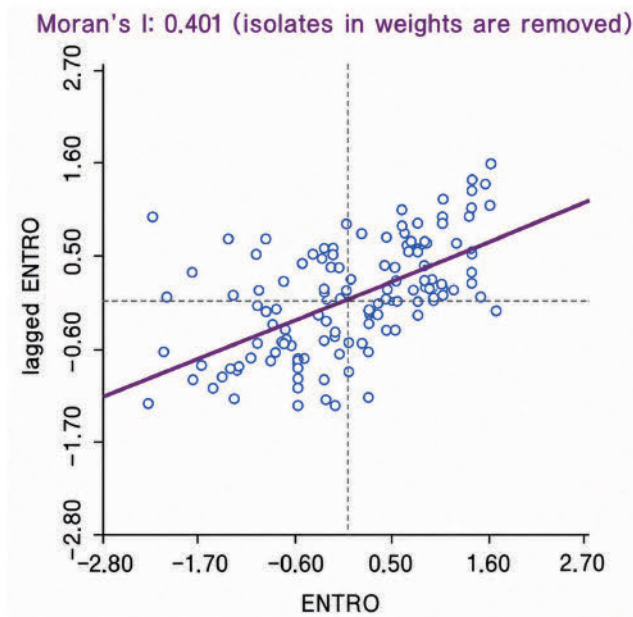


Figure 6. ENTRO Moran's scatterplot

이처럼 강한 공간 자기상관의 존재는 OLS 회귀분석의 독립성 가정을 위반하므로, 공간 자기상관을 명시적으로 모형화하는 공간지연모형(SLM)의 도입이 통계적으로 필수적임을 의미한다. 또한 인접 시·군의 혼합도와 GRDP가 상호 연동됨을 의미하는 이 결과는, 단일 시·군 차원의 정책 접근보다 광역적 협력 전략이 더 효과적임을 시사하는 핵심적 발견이다.

2) 국지적 공간 자기상관: LISA 분석

전역 Moran's I 분석의 결과를 보완하여, 어느 지역에서 공간적 군집이 형성되는지를 구체적으로 파악하기 위해 LISA(Local Indicators of Spatial Association) 분석을 실시하였다. LISA는 각 지역이 High-High(HH), Low-Low(LL), High-Low(HL), Low-High(LH) 클러스터 중 어디에 속하는지를 통계적으로 판별한다.

엔트로피(ENTRO)의 LISA 분석 결과, 통계적으로 유의미한 HH 클러스터 15개가 충청권 일부(천안·아산 인근), 동남권(울산·포항 인근), 전남 남서부 지역에 형성되었다. 이들 지역은 다양한 산업 기반과 균형 잡힌 토지이용 구조를 공유하며 상호 시너지 효과를 내고 있다. 반면 LL 클러스터 16개는 전북 및 경남 내륙 지역을 중심으로 형성되어, 낮은 다양성이 인접 지역들 간에도 공통적으로 고착되어 있음을 보여 준다(Figure 7).

1인당 GRDP의 LISA 분석에서는 HH 클러스터(7개)가 충남 북서부 산업단지(당진·서산·천안 일대)에 집중되어 있다. 이는 대규모 제조업 기반의 경제활동이 해당 지역에 강하게 응집되어 있음을 나타낸다. LL 클러스터(5개)는 전남 내륙 지역에 소규모로 분포하여 경제적 소외의 공간적 고착화를 보여 준다(Figure 8).

두 지표의 LISA 분석을 종합하면, 충남 북부 지역은 엔트로피

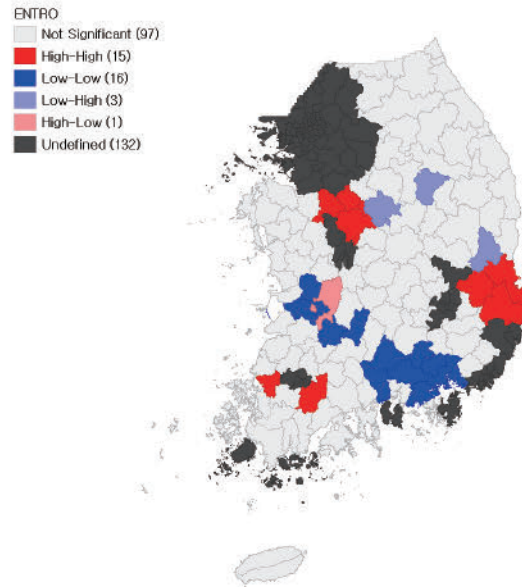


Figure 7. LISA map of land use mix

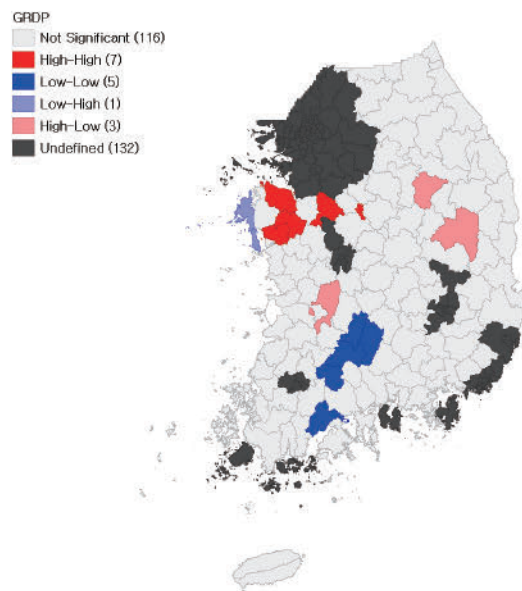


Figure 8. LISA map of GDP per capita

와 GRDP 모두에서 HH 클러스터가 충청권 일부(충청권 경제 성장의 핵심 거점으로 확인된다(Table 7)). 이 지역은 대규모 제조업 단지(현대제철 당진, 현대자동차 아산 등)와 균형 잡힌 토지이용 구조가 공존하는 사례로, 앞으로 비수도권 발전 모델로 참조할 수 있다.

반면, 전남·경남 내륙 일부 지역은 두 지표 모두에서 LL 클러스터가 나타나 다양성과 경제 성과의 이중 취약성이 공간적으로 고착화된 상황이다. 이들 지역은 우선적인 정책 지원과 광역 협력을 통한 구조 전환이 시급하다.

특히 HH 클러스터와 LL 클러스터의 지리적 경계가 충남-전북 경계, 경북-경남 경계 인근에서 뚜렷이 형성되는 패턴은, 행정 경계를 넘는 광역적 토지이용계획의 필요성을 강력히 시사한다. 이

Table 7. Summary of LISA cluster analysis results for ENTRO and GRDP

지표 Characteristic	HH 클러스터 HH cluster	LL 클러스터 LL cluster	주요 지역 Major areas
엔트로피 ENTRO	15개	16개	HH: 충청권·동남권·전남 남서부 / LL: 전북·경남 내륙 HH: Chungcheong Region, Southeastern Region, and Southwestern of Jeonnam-do / LL: Inland Areas of Jeonbuk-do and Gyeongnam-do
1인당 GRDP GRDP per capita	7개	5개	HH: 충남 북서부(당진·서산·천안) / LL: 전남 내륙 HH: Northwestern of Chungnam-do (Dangjin-si, Seosan-si, Cheonan-si) / LL: Inland Jeonnam-do

경계선을 따라 메가시티 통합이 추진되는 경우, 고다양성·고경제성 지역과 저다양성·저경제성 지역 간의 보완적 협력 구조를 설계하는 것이 통합의 실질적 효과를 높이는 데 도움이 될 것이다.

6. 회귀분석 결과

1) OLS 회귀분석

OLS 회귀분석 결과를 <Table 8>에 제시한다. 엔트로피(ENTRO)는 1인당 GRDP에 통계적으로 유의미한 양의 영향($\beta = 37.09$,

$p = 0.020$)을 미치는 것으로 나타났다. 이는 다른 조건이 동일할 때 엔트로피가 0.1 단위 증가할 때마다 1인당 GRDP가 약 3.7백만 원 증가하는 효과를 의미한다. 계수의 크기는 작지 않으나, 모형의 전체 설명력($R^2 = 0.039$)이 매우 낮아 엔트로피 이외에 GRDP를 설명하는 다른 요인들이 상당히 많음을 시사한다.

회귀진단 결과, 잔차의 정규성 검정(Jarque-Bera = 409.31, $p < 0.001$)에서 정규성 가정이 위반되었고, Breusch-Pagan 검정(BP = 6.18, $p < 0.01$)에서 이분산성이 확인되었다. 또한 OLS 잔차에 대한 Moran's I = 0.257($p < 0.001$)로 강한 공간 자기상관이 나타나, OLS 모형의 가정이 복합적으로 적절치 못함을 확인하였다. 이는 공간 자기상관을 명시적으로 처리하는 공간 회귀모형의 도입이 통계적으로 필수적임을 의미한다.

2) 공간 지연 모형(SLM) 분석

공간 지연 모형(Spatial Lag Model, SLM)을 적용한 결과 <Table 8>에서, 공간 자기상관 계수 $\rho = 0.300$ ($p < 0.001$)이 강하게 유의함을 보인다. 이는 특정 시·군의 1인당 GRDP가 인접 시·군들의 평균 GRDP에 의해 유의미하게 영향을 받음을 의미한다. 즉, 한 지역이 경제적으로 발전하면 인접 지역의 경제 성과도 향상되는 공간적 파급효과(spatial spillover)가 실증적으로 확인된 것이다.

엔트로피의 직접 효과는 OLS($\beta = 37.09$)에서 SLM($\beta = 29.05$)으로 약화되었으나, 경제적 유의 수준($p = 0.053$)으로 여전히 양의 방향성을 유지하고 있다. 이는 공간적 의존성을 통제하고 나면 엔트로피의 독립적인 영향력이 다소 줄어들지만, 그 관계의

Table 8. Comparison of OLS regression and Spatial Lag Model (SLM)

항목 Item	OLS	공간 지연 모형(SLM) Spatial Lag Model
상수(α) Constant	17.451 (4.231)***	10.191 (3.892)**
엔트로피(ENTRO, β) ENTRO	37.092 (15.762)*	29.048 (14.971) [†]
공간 지연 계수(ρ) Spatial Lag Factor	-	0.300 (0.089)***
R^2	0.039	0.138
Log likelihood	-586.169	-580.125
AIC	1,176.34	1,166.25
Breusch-Pagan(이분산성) (Heteroscedasticity)	6.180** ($p = 0.013$)	3.628† ($p = 0.057$)
Jarque-Bera(정규성) (Regularity)	409.31*** ($p < 0.001$)	-
LR test(공간 의존성) (Spatial dependence)	-	12.088*** ($p < 0.001$)
Moran's I(OLS 잔차) (OLS residuals)	0.257*** ($p < 0.001$)	-

[†] $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ / 괄호 안은 표준오차 The figures in parentheses are standard errors.

방향성은 일관됨을 보여 준다. 모형의 설명력은 $R^2=0.039$ 에서 $R^2=0.138$ 로 3배 이상 향상되었으며, AIC도 1176.34에서 1166.25로 크게 개선되어 SLM이 OLS보다 훨씬 우수한 모형임을 확인하였다. 이분산성 검정(Breusch-Pagan)도 $p=0.057$ 로 완화되어 모형의 통계적 적합성이 전반적으로 개선되었다.

3) OLS vs. SLM 모형 비교 및 해석

두 모형의 비교를 통해 다음과 같은 중요한 함의를 도출할 수 있다. 첫째, 공간 자기상관을 무시한 OLS는 계수를 과다 추정(Overestimation)하는 경향이 있다. ENTRO의 계수가 OLS(37.09)에서 SLM(29.05)으로 감소한 것은 일부 효과가 공간적 파급에 의한 것임을 의미한다. 둘째, SLM의 R^2 향상(0.039 → 0.138)은 공간적 의존성이 지역경제 성과의 약 10%p를 추가적으로 설명함을 나타낸다. 이는 인접 시·군 간의 경제 연동이 개별 시·군의 물리적 토지이용 특성만큼이나 중요함을 시사한다. 셋째, 엔트로피의 직접 효과가 경제적 유의($p=0.053$) 수준으로 유지된다는 것은, 공간적 파급효과를 통제한 이후에도 토지이용 혼합도 자체가 지역 경제 성과에 독립적인 기여를 한다는 것을 의미한다. 다만 이 효과의 통계적 강도는 상대적으로 약하여, 혼합도만으로 GRDP를 설명하는 단순 선형 관계보다는 공간적 상호의존성, 산업 구조, 인구 변화 등 다중 요인이 복합적으로 작용하는 비선형 메커니즘을 반영하는 보다 정교한 모형이 필요하다.

4) 분석 결과 종합 및 논의

본 장의 분석 결과를 종합하면, 비수도권 시·군의 토지이용 혼합도와 지역 경제 성과 간에는 통계적으로 유의미한 양의 관계가 존재하며, 이 관계는 강한 공간적 클러스터링과 상호의존성을 통해 형성된다는 것이 실증적으로 확인되었다.

핵심 발견은 다음과 같다. ① 엔트로피와 집중도 지표(G, HHI*) 간 강한 역상관 구조는 비수도권 시·군에서 다양성과 집중이 상반된 방향으로 움직이는 구조적 특성을 보여 준다. ② 고 다양성형 시·군의 경제 활력 우위는 다양한 용도의 균형 배치가 집적 경제와 지역 활력 향상으로 이어진다는 이론적 명제를 실증 데이터로 뒷받침한다. ③ 강한 공간 자기상관(엔트로피 Moran's $I=0.401$)과 SLM에서 확인된 공간 지연 계수($p=0.300$)는 비수도권 시·군의 발전이 상호 연동되어 있음을 보여 주며, 이는 행정 통합과 광역 토지이용계획의 공간적 타당성을 뒷받침하는 실증적 근거가 된다.

한편 이번 분석에서 인구밀도와 엔트로피 간의 약한 음의 상관($r=-0.144$)은 예상과 다른 방향으로, 이에 대한 해석에 주의가 필요하다. 이는 비수도권에서 인구 집중이 반드시 다양한 토지이용을 동반하지 않는다는 것을 시사하는데, 오히려 중심지 기능의 과집중(전주시, 춘천시 등)이 특정 용도의 비중을 높여 다양성을 해치는 역설적 상황이 발생하고 있다. 이는 단순히 인구를 모으

는 전략보다는, 다양한 기능과 함께 인구를 유인하는 질적 발전 전략이 필요함을 시사한다.

V. 결론 및 시사점

본 연구는 비수도권 122개 시·군을 대상으로 토지이용 혼합도(상대적 엔트로피)가 인구밀도 및 1인당 GRDP에 미치는 영향을 실증적으로 분석하였으며, 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 엔트로피는 지니계수($r=-0.831$) 및 HHI*($r=-0.828$)와 강한 음의 상관을 보여, 토지이용의 다양성과 집중도가 상반된 구조적 관계에 있음을 확인하였다.

둘째, K-평균 클러스터링으로 고다양성형(48개)·중다양성형(47개)·저다양성형(27개)의 세 유형이 식별되었으며, 고다양성형 시·군이 경제활력과 공간균형 측면에서 우위를 나타냈다.

셋째, 전역 Moran's I 분석에서 엔트로피(0.401)와 1인당 GRDP(0.258) 모두 유의미한 양의 공간 자기상관이 확인되었고, LISA 분석에서 충남 북부는 HH, 전남·경남 내륙은 LL 클러스터를 형성하였다.

넷째, OLS 회귀에서 엔트로피가 1인당 GRDP에 양의 영향($\beta=37.09$, $p<0.05$)을 미쳤으나 설명력이 낮았으며($R^2=0.039$), 공간 지연 모형 적용 시 공간적 의존성($p=0.300$, $p<0.001$)이 강하게 확인되고 설명력이 크게 향상되었다($R^2=0.138$).

본 연구의 분석 결과는 비수도권 균형발전을 위한 토지이용계획 수립에 다음과 같은 정책적 함의를 제공한다.

첫째, 엔트로피 목표치 설정이다. 고다양성형 시·군의 평균 엔트로피(0.79)를 참고하여, 비수도권 시·군 토지이용계획의 정량적 목표를 엔트로피 0.8 이상으로 설정할 것을 제안한다. 목표치 미달 시·군에 대해서는 단계적 개선 로드맵을 수립하고, 국토계획 평가 지표에 엔트로피를 포함시키는 방안을 검토할 필요가 있다.

둘째, 주거·상업·업무 기능의 균형 개발이다. 저다양성형 시·군(엔트로피 <0.58)은 단일 산업 집중이나 지형적 제약으로 토지이용이 단일화되어 있다. 복합 기능을 계획적으로 배치하여 혼합도를 높이고 지역 경제의 다각화를 도모해야 하며, 도시재생 뉴딜사업과 연계한 복합용도 개발을 우선 적용하는 방안이 효과적이다.

셋째, 공간적 파급효과를 고려한 광역 협력 강화이다. 공간 지연 모형에서 확인된 강한 공간적 의존성($p=0.300$)은 단일 시·군 차원의 정책으로는 한계가 있음을 의미한다. 특히 메가시티 특별법 기반의 초광역 경제권 논의에서 토지이용 혼합도를 핵심 지표로 활용하고, HH와 LL 클러스터의 경제 지역을 우선 협력 대상으로 설정하는 전략이 필요하다.

넷째, 압축 개발을 통한 스프롤 방지이다. 비수도권 시·군의 낮은 인구밀도(평균 248.7명/km²)와 토지이용 불균형은 도시 스프롤을 초래할 위험이 크다. 기존 시가지 내 복합용도 개발을 촉진하

고 외곽 신개발을 억제하는 압축 개발(Compact Development) 정책이 요구된다.

마지막으로, 지역 유형별 맞춤형 전략이다. 고다양성형 지역은 현재 수준을 유지·강화하고, 중다양성형은 고다양성형 전환을 위한 용도 다각화를 지원하며, 저다양성형은 집중 육성과 광역 협력을 통해 구조 전환을 유도하는 차별화된 접근이 필요하다.

결론적으로, 본 연구의 공간 분석 결과는 비수도권의 자생력 확보가 개별 시·군의 고립된 성장이 아닌, 공간적 상호작용을 전제로 한 '광역적 토지이용 최적화'에서 비롯됨을 시사한다. 현재 추진 중인 부울경 메가시티, 대구·경북 행정통합 논의에서 토지이용계획이 경제적 시너지를 창출하는 핵심 수단으로 다루어져야 할 것이다.

본 연구는 다음과 같은 한계를 내포하며, 향후 연구를 통해 보완될 필요가 있다. 첫째, 단일시점 분석의 한계이다. 본 연구는 단일시점의 횡단면 분석으로 인과 관계를 엄밀하게 검증하는 데 한계가 있다. 시계열 패널 데이터를 활용하여 토지이용 혼합도 변화가 1인당 GRDP에 미치는 장기적 인과 효과를 규명하는 시계열 연구가 필요하다.

둘째, 미시적 분석의 필요성이다. 시·군 단위의 거시적 분석에 집중하였으므로, 읍·면·동 단위의 미시적 공간 분석이 요구된다. 특히 동일 시·군 내에서도 시가지와 농촌 지역 간의 혼합도 차이가 클 수 있으며, 이를 반영한 세분화된 분석이 정책 실효성을 높일 수 있다.

셋째, 통제 변수의 확대이다. 본 연구는 토지이용 혼합도와 GRDP의 이변량 관계에 집중하였으나, 교통 인프라, 지역 산업 구조, 인적 자본 수준, 재정 자립도 등 다양한 통제 변수를 포함한 다변량 모형으로 확장할 필요가 있다.

넷째, 질적 연구의 병행이다. 정량적 분석만으로는 지역별 특성과 제도적 맥락을 충분히 이해하기 어려우므로, 사례 연구와 심층 인터뷰를 통한 질적 연구를 병행하여 각 지역의 고유한 발전 경로를 규명할 필요가 있다.

마지막으로, 엔트로피 상한 효과 및 용도 혼합의 질적 차원에 관한 연구가 필요하다. 본 연구는 엔트로피가 높을수록 경제 성과에 긍정적임을 실증하였으나, 엔트로피가 극단적 수준에 근접하는 경우 산업혁명 직후 무계획적 용도 혼재로 인한 도시문제가 재현될 개연성이 있는 만큼, 향후 연구에서는 엔트로피와 지역 경제생산성 간의 비선형 관계 검증과 함께 용도 간 기능적 적합성을 고려한 질적 혼합 지표의 개발이 병행될 필요가 있다.

인용문헌 References

1. 김현무·이우중·권태정·연지민, 2021. "서울시 용도복합 현상의 측정 및 기술에 관한 연구", 『한국지리정보학회지』, 24(3): 10-31.
Kim, H.M., Lee, W.J., Kwon, T.J., and Yeon, J.M., 2021. "Measuring and Describing Seoul's Mixed-Use Phenomenon", *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 24(3): 10-31.
2. 류나영, 2020. "우리나라 광역도시권의 스프롤의 측정과 스프롤이 통근에 미치는 영향을 중심으로", 서울대학교 박사학위논문.
Ryu, N., 2020. "Urban Sprawl in the Metropolitan Regions of Korea: Measuring Sprawl and Its Impact on Commuting Patterns", Ph.D. Dissertation, Seoul National University.
3. 류나영, 2024. "서울 광역도시권의 도시 스프롤과 통근 패턴 간 관련성 연구", 『한국지도학회지』, 24(1): 19-32.
Ryu, N., 2024. "Relationship between Urban Sprawl and Commuting Patterns in Seoul Metropolitan Region", *Journal of the Korean Cartographic Association*, 24(1): 19-32.
4. 오다원·박인권, 2019. "혼합적 토지이용이 주야간 생활인구에 미치는 영향", 2019 한국도시계획학회 춘계산학학술대회, 가천대학교.
Oh, D.W. and Park, I.K., 2019. "Impacts of Mixed Land Use on De Facto Population by Day and Night: Focusing on Commercial Districts in Seoul", Paper presented at the 2019 Spring Congress of Korea Planning Association, Gachon University.
5. 임은선·이종열·이희연, 2006. "도시성장관리를 위한 공간구조의 확산·압축 패턴 측정", 『국토연구』, 51: 223-247.
Im, E., Lee, J., and Lee, H., 2006. "Measurement of Urban Form in Urban Growth Management: Urban Sprawl versus Compactness", *The Korea Spatial Planning Review*, 51: 223-247.
6. 임하나·이수기·최창규, 2016. "서울시 토지이용 혼합유형과 보행량의 연관성 실증분석", 『국토계획』, 51(7): 21-38.
Im, H.N., Lee, S., and Choi, C.G., 2016. "Empirical Analysis of the Relationship between Land Mix and Pedestrian Volume in Seoul, Korea", *Journal of the Korea Planning Association*, 51(7): 21-38.
7. 지방시대위원회, 2023. 『제1차 지방시대 종합계획(2023-2027)』, 세종.
Committee for the Era of Local Autonomy, 2023. *The First Comprehensive Plan for the Era of Local Autonomy (2023-2027)*, Sejong.
8. Bordoloi, R., Mote, A., Sarkar, P.P., and Mallikarjuna, C., 2013. "Quantification of Land Use Diversity in the Context of Mixed Land Use", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 104: 563-572.
9. Cabral, P., Augusto, G., Tewolde, M., and Araya, Y., 2013. "Entropy in Urban Systems", *Entropy*, 15(12): 5223-5236.
10. Cervero, R., 1991. "Land Uses and Travel at Suburban Activity Centers", *Transportation Quarterly*, 45(4): 479-491.
11. Iannillo, A. and Fasolino, I., 2021. "Land-use Mix and Urban Sustainability: Benefits and Indicators Analysis", *Sustainability*,

주1. 본 연구에서는 기본적으로 비수도권의 시·군을 대상으로 하고 있으며, 비수도권의 시·군은 122개이고 행정구역의 경계로는 137개이다. 즉 137개의 행정구역 경계는 창원시, 포항시, 전주시, 천안시, 청주시에 있는 15개의 행정구를 포함한 수치이다.

- 13(23): 13460.
12. Jacobs, J., 1961. *The Death and Life of Great American Cities*, New York: Random House.
13. Jenks, M., Burton, E., and Williams, K. (Eds.), 1996. *The Compact City: A Sustainable Urban Form?*, New York: E & FN Spon.
14. Lee, S.G., 2022. "Does Land-use Mix Contribute to Vacant Housing?", Master's Thesis, Seoul National University.
15. Manaugh, K. and Kreider, T., 2013. "What Is Mixed Use? Presenting an Interaction Method for Measuring Land Use Mix", *Journal of Transport and Land Use*, 6(1): 63-72.
16. Netto, V.M., Peres, O.M., and Cacholas, C., 2024. "Entropy and the City: Origins, Trajectories and Explorations of the Concept in Urban Science", arXiv:2403.15199.
17. Zhuo, Y., Jing, X., Wang, X., Li, G., Xu, Z., Chen, Y., and Wang, X., 2022. "The Rise and Fall of Land Use Mix: Review and Prospects", *Land*, 11(12): 2198.

Date Received	2026-03-01
Date Reviewed	2026-03-24
Date Accepted	2026-03-24
Date Revised	2026-06-08
Final Received	2026-06-08