국토연구 제126권(2025. 9): pp.81~102 http://dx.doi.org/10.15793/kspr.2025.126..005

비수도권 도시 네트워크의 경제적 외부효과 연구 : 공간계량경제모델 활용을 중심으로*

Economic Spillover Effects of Urban Networks in Non Capital Regions: A Spatial Econometric Approach

김지수 Kim Jisu**, 허유경 Hur Yoogyeong***, 강민규 Kang Mingyu***

Abstract

This study empirically analyzes the economic effects of different inner city network types within non-capital regions using urban network theory. Using freight Origin-Destination data from the national transport database, two network types were constructed. The first represents an 'internal non capital network(G1)' while the second encompasses a 'non capital to capital region network(G2)'. The Spatial Durbin Error Model(SDEM) quantified both direct and indirect effects of network centrality and core citie on labor productivity. Stiatistical validation revealed that network-based spatial weight matrices failed to achieve significance, while only geographical proximity demonstrated meaningful externalities. Analysis uncovered diffrences across network configurations. Within G1, connectivity produced negative direct effects on labor produrtivity, with economic benefits concentrated among south eastern core cities, creating agglomeration shadows. In G2, connectivity with the capital region enhanced productivity in certain non-capital areas, though negative spillover effects persisted around Chungcheong core cities. Both network types consistently exhibited core city-induced agglomeration shadows. Traditional production factors demonstrated resilience throughout the analysis. Firm revenue and human capital maintained positive direct and indirect effects, reinforcing their continued importance for regional development. These findings suggest that non-capital urban networks have not achieved functional maturity necessary for mutual complementarity, indicating that strengthening internal linkages alone proves insufficient for establishing balanced regional development frameworks.

Keywords: Urban Network, Urban Network Externalities, Spatial Economectirc Model, Spatial Spillover Effect, Balanced Regional Development

Ⅰ. 서론

교통 및 통신 인프라와 정보기술의 급속한 발전은 도시를 '장소로서의 공간(space of place)'에서 '흐름의 공간(space of flow)'으로 변화시켰다(Batten 1995; Capello 2000). 이와 함께 단일도시의 규모(size)만

* 본 논문은 2025년도 서울시립대학교 교내학술연구비에 의하여 지원되었음.

** 서울시립대학교 도시행정학과 박사수료(제1저자) | Ph.D. Candidate, Dept. of Urban Administration, Univ. of Seoul | Primary Author | rlawltn3582@uos.ac.kr

*** 서울시립대학교 도시행정학과 박사 | Ph.D., Dept. of Urban Administration, Univ. of Seoul | digitalisds6@uos.ac.kr

**** 서울시립대학교 도시행정학과 부교수(교신저자) | Associate Prof,, Dept. of Urban Administration, Univ. of Seoul | Corresponding Author | mgkang23@uos.ac.kr

www.kci.go.kr

으로는 해석하기 어려운 새로운 도시성장 패턴이 나타나면서 이를 설명하는 '도시 네트워크(urban network)' 개념이 등장하게 되었다. 도시 네트워크란 '독립적인 두 개 이상의 도시가 사회경제적인 유대를 형성하고 네트워크를 구축하면서 상호보완적 통합 또는 시너지 효과를 창출하는 공간조직 체계'를 일컫는다(Camagni and Salone 1993).

도시 네트워크는 도시 및 지역연구 분야에서 상당한 주목을 받아왔다(Burger, Meijers, Hoogerbrugge and Tresserra 2015; Capello 2000; Camagni, Capello and Caragliu 2015; Meijers and Burgers 2017). 학계의 관심은 이론적 논의에 머물지 않고 실질적인 정책방안 구상으로 이어졌다. 도시 네트워크를 도시성장의 핵심동력으로 인지하고, 도시 간 연합체를 형성하는 방향으로 발전하였다. 이는 개별 도시의 자립적인 성장에서 벗어나 도시 간 연계를 바탕으로 한 집단적 발전의 잠재력을 시사한다. 관련 논의는 국내에도 영향을 미치면서 지방 도시가 주변의 대도시 또는 유사 규모 도시들과의 협력을 통해 부족한 경쟁력을 극복할 수 있다는 기대감을 형성하였다(권규상 2016).

한편 국내에서는 이러한 도시 간 협력과 네트워크 구축의 주요 목표를 '국토의 균형발전'이라는 틀에서 논의하고 있다는 점에서 해외 연구성과들과 차이를 보인다. 이러한 차이는 우리나라 국토공간체계가 갖는 특수성에서 비롯된다. 서울의 강력한 종주성이 비수도권의 도시성장을 저해하고 있는 상황에서, 지방도시의 연합과 네트워크 구축이 수도권 집중 문제 해결의 대안이 될 수 있기 때문이다(강현수, 강민규 2020; 손정렬 2011; 최병두 2015). 역대 정부는 수도권 과밀화를 억제하고, 수도권에 대응할 수 있는 경쟁력을 갖춘 비수도권 경제·생활권 형성을 독려하기 위한 다양한 정책을 추진해 왔으며(강민규, 박노수, 박경현, 허유경 외 2023), 이러한 노력은 메가시티를 비롯한 최근 국토정책에까지 이어지고 있다. 실제 '제5차 국토종합계획'에서는 지역 간 자율적 연계와 협력의 중요성을 강조하는 지침을 제시하고 있으며, 「국가균형발전특별법」과 「지방자치법」의 개정을 통해 '초광역권' 및 '특별지방자치단체' 설립 근거를 마련하는 등 균형발전 차원에서 도시 간 연합 구성의 제도적 기반을 강화하고 있다.

그러나 정부의 다각적인 노력에도 불구하고 국내에서는 비수도권 도시 네트워크 구축의 성공적인 협력 사례를 찾아보기 어려운 실정이다. 이는 도시 간 협력에 대한 양가적인 관점과 관련이 있다. 상대적으로 경쟁력이 낮은 도시는 네트워크를 통한 잠재적 이점을 인식함과 동시에 인구 및 자원의 유출 가능성, 즉 '빨대효과'를 우려하기 때문이다. 이러한 이중적 태도는 도시 간 협력을 저해하는 주요 요인으로 작용하며,[1] 결과적으로 도시 네트워크 정책의 실효성을 저하하는 원인이 되어왔다.

그런데 '빨대효과'에 대한 우려가 실제 현상인지, 혹은 도시 네트워크를 통해 오히려 상호 이익을 얻을 수 있는지에 대한 실증적 규명을 위한 학술적 노력은 아직 충분하지 않다. 실제 국내 선행연구는 주로 도시 간 네트워크 구조에서 개별 도시가 차지하는 위상이나 그 수준의 변화 양상을 분석하는 데 집중되어 있다(김효성, 구동회 2019; 손정렬 2011; 최병두 2015). 기존연구의 접근방식은 다음과 같은 부분을 충분히 다루지 못한다. 첫째, 도시 네트워크의 집합적 효과보다는 개별 도시 자체에 초점을 맞추고 있으므로 도시 간 상호작용이 도시성장에 미치는 구체적 영향을 파악하기 어렵다. 둘째, 도시 간 상호작용은 단일도시의 행정경계를 넘어 주변지역으로 확산하는 공간적 파급효과(spatial spillover effect)를 동반하지만, 도시 네트워크 영향력의 공간적 확산에 대한 고려가 미흡하다.

1) Ansell and Gash(2008)는 이해관계자 간 권력, 자원 그리고 지식의 불균형이 협력을 유인하거나 저해하는 초기 조건임을 제시함.

www.kci.go.kr

본 연구는 비수도권 시군구를 대상으로 네트워크 구조를 분석하고, 도시 간 상호작용이 경제성장에 미치는 영향을 실증적으로 규명하고자 한다. 구체적으로 국가교통DB의 화물OD자료를 활용하여 비수도권의 네트워크 구조를 파악하고, 독립변수의 공간지연항을 고려한 공간계량경제모델을 활용하여 도시 네트워크의 경제적 영향력을 분석한다. 이를 통해 도시 간 상호작용의 영향을 네트워크 외부효과(network externalities) 관점에서 해석하고자 한다. 본 연구는 네트워크의 실증적 효과를 규명하여 균형발전 정책 수립에 시사점을 제공할 것으로 기대된다.

Ⅱ. 이론적배경 및 선행연구 검토

1. 도시 네트워크 이론

경제주체들의 공동입지(co-location)에 주목한 집적경제(agglomeration economies)는 도시의 경제성장을 설명하는 핵심 이론으로 여겨져 왔다. 규모와 밀집도에서 우위를 가진 도시에 경제활동이 집중되면 생산성 증대 및 비용 절감효과가 나타난다는 것이다(Marshall 2013). 그러나 도시의 규모는 유한하므로 일정 수준을 초과하면 편익보다 비용이 커지는 집적불경제(diseconomies of agglomeration) 현상이 발생한다. 중심지에 입지하기 위한 경제주체들의 과도한 경쟁으로 인해 지가와 임대료 상승, 교통혼잡, 환경오염 등의 문제가 나타나기 때문이다. 이러한 집적불경제의 한계는 교통과 통신의 발달과 함께 분산된 공간구조의 다핵성(polycentricity)과 도시 네트워크(urban network) 개념이 등장하게 된 초석이 되었다.

다핵성은 단일 집적지에 경제활동이 집중되는 형태가 아닌, 여러 개의 중심지가 분산된 형태로 작동하는 것을 의미하는 것으로(Kloosterman and Musterd 2001; Hall and Pain 2006), 형태학적(morphological) 다핵성과 기능적(functional) 다핵성으로 구분된다. 형태학적 다핵성은 규모와 밀도에서 우위를 차지하는 중심지들 간 균형있는 분포에 중점을 둔다. 이와 달리 기능적 다핵성은 중심지들 간 실질적인 연계를 핵심으로 한다. 즉, 중심지 간 자원, 사람, 정보 등 흐름(flows)의 균형과 다방향성에 초점을 둔다(Burger and Meijers 2012; Green 2007). 이러한 기능적 다핵성은 도시의 중요성을 절대적 규모보다는 타 도시와의 관계적 맥락 속에서 상대적인 개념으로 본다는 점에서 '도시 네트워크(urban network)'와 밀접하다.

도시 네트워크는 도시 간 연결 그 자체가 경제적 성과를 창출하는 동력일 수 있다는 관점을 제시한다. 연결을 통해 물리적인 집적의 한계를 넘어서면서도 그에 준하는 경제적 이익을 확보한다는 것이다. 이러한 맥락에서 도시 네트워크는 개별 도시를 노드(node)로 개념화하고 그것의 기능적 중요성을 네트워크 중심성(network centrality)으로 측정한다(Alderson and Beckfield 2004; Green 2007). 중심성이 높은 도시는 자원 흐름에 대한 지배적 영향력을 발휘할 수 있는 반면 중심성이 낮은 도시는 상대적으로 자원 접근성에 제약을 받아 구조적으로 고립될 수 있다(Wei, Wang, Zhang and Sono et al. 2022).

한편 네트워크에서 한 도시의 변화가 네트워크 내 다른 도시에 미치는 파급효과를 '도시 네트워크 외부효과(urban network externalities)'라 한다. 외부효과의 영향력은 중심성 수준이 균형적일수록 기능적 다핵성이 높아짐에 따라 확대될 수 있다(Yue, Wang, Liu and Zhang et al. 2019). 외부효과는 긍·부정적으로 작동할 수 있으며, 본 연구에서는 이를 차용규모(borrowed size)와 집적그림자(agglomeration shadow)로 구분하여 살펴본다.

차용규모는 네트워크로 연계된 도시들이 서로의 규모(size)를 차용(borrowed)하여 성장의 한계를 극복한다는 개념이다. 이를 최초로 제시한 Alonso(1973)는

www.kci.go.kr

소도시가 지리적으로 인접한 대도시의 집적경제를 간접적으로 누리며 성장하는 현상을 차용규모로 명명했다. 그 후 Capello(2000)를 비롯한 유럽 학자들은 이 개념을 도시 네트워크의 이론적 관점에서 정교하게 확장했다. 네트워크 관점에서 차용규모는 도시 간 상호작용을 통해 개별 도시의 물리적 한계를 넘어 대도시 수준의 기능이나 성과를 달성하는 현상으로 정의된다(Burger, Meijers, Hoogerbrugge and Tresserra 2015; Camagni, Capello and Caragliu 2015; Meijers, Burger and Hoogerbrugge 2016; Meijers and Burger 2017). 이를테면 기능적 다핵성 구조에서 중심성이 높은 도시는 활발한 상호작용을 통해 자원을 효과적으로 공유함으로써 경쟁력이 부족한 도시들의 성장 잠재력을 의미 있게 끌어올리는 데 기여할 수 있다(Capello 2000; Meijers and Burger 2015; Meijers, Burger and Hoogerbrugge 2016).

이와 반대로 집적그림자는 네트워크에서 특정도시가 주변도시의 성장을 저해하는 현상을 의미한다. 본래 이 현상은 신경제지리학에서 특정도시로의 과도한 경제활동 집중이 주변에 미치는 부정적 영향을 설명하기 위해 개념화되었으나, 이후 도시 네트워크의 부정적 외부효과를 설명하는 개념으로 활용되었다(Burger, Meijers, Hoogerbrugge and Tresserra 2015; Dobkins and Ioannides 2001). 네트워크 관점에서 이 개념은 차용규모의 이점을 과도하게 누리기 위한 경쟁이 오히려 성장을 저해할 수 있다는 역설적 현상으로 설명된다(Burger, Meijers, Hoogerbrugge and Tresserra 2015; Camagni, Capello and Caragliu 2015; Meijers and Burger 2017). 이를테면 기능적 다핵성 구조에서 중심성이 높은 도시와의 긴밀한 교류가 오히려 자원의 일방적 흡수를 촉진하며 상대적으로 취약한 도시의 성장을 저해할 수 있다는 것이다.

2. 선행연구 검토 및 연구의 차별성

도시 간 연결성에 대한 이론적 중요성이 대두되면서 실증연구가 다수 진행되었다. 특히 중국을 중심으로 독립변수의 공간지연항을 고려한 공간계량경제모델을 통해 네트워크의 외부성을 검증하려는 시도가 이어졌다. Huang, Hong and Ma(2020)는 중국의 도시 철도 여객OD자료를 활용하여 네트워크 중심성이 도시성장에 미치는 영향을 공간더빈모형(SDM)으로 분석하였다. 그 결과, 지리적 근접성에 의한 파급효과를 상회할 수준의 긍정적인 네트워크 외부효과가 관찰되었다. 이는 네트워크 연결성이 도시 자체의 경제성장뿐만 아니라 네트워크에 연결된 주변도시의 성장까지 촉진하는 것을 보여준다. 유사한 연구로 Fu, Luo and Yan(2023)은 중국 도시 간 철도 네트워크 자료를 사용하여 도시 네트워크의 경제성장에 대한 긍정적인 영향력을 SDM으로 확인하였다. 이들은 더 많은 도시가 네트워크에 포함될수록 그 외부효과는 지리적 근접성에 의한 효과를 상회한다는 점과, 네트워크 거점도시로부터의 파급효과가 주변도시의 차용규모를 촉진하는 점을 밝혀냈다. 또한 Tongjing, Meijers, Bao and Wang(2024)은 지리적 텍스트 마이닝 기법을 활용하여 웹페이지에 같이 언급된 도시(toponym co-occurrence) 쌍을 네트워크로 정량화한 후 그 외부효과를 측정하였다. 네트워크에 긴밀하게 연결된 도시일수록 그 자체가 창출할 수 있는 잠재적인 영향력을 넘어서는 수준의 노동생산성을 보였으며, 특히 소도시가 대도시와 함께 언급될 때 차용규모 효과가 강했다.

이상의 연구들이 도시 규모의 물리적인 제약을 초월하여 네트워크 연결성이 경제적 성과에 기여한다는 발견을 했다면, 네트워크의 구조적 불균형에 의한 부정적인 파급효과, 집적그림자 효과를 규명한 연구도 있었다. Pain, Van Hamme, Vinciguerra and David

www.kci.go.kr

(2016)는 유럽과 미국의 대도시를 대상으로 글로벌 네트워크(비즈니스 기업, 항공, 항만 연계)와 노동생산성 간 관계를 분석했다. 그 결과 런던, 뉴욕 등 소수의 영향력 있는 글로벌 도시를 제외한 대다수 도시에서는 네트워크 연결성 증진이 실질적인 경제성장으로 이어지지 않는 것으로 나타났다. De Fabiis, Mancuso, Silvestri and Coppola(2023)는 유럽의 아드리아해-이오니아해 지역을 대상으로 교통 네트워크의 확장이 경제에 미치는 영향을 조사했다. SDM 모형으로 분석한 결과, 교통 연결성 향상은 지역 전체의 경제성장을 일으키는 동시에 일부 지역에서는 오히려 경제를 위축하는 집적그림자가 발생하여 네트워크 효과의 공간적 불균형을 규명하였다. Gao, Zhang and Li(2024)는 중국 동북지역의 철도 네트워크 자료를 활용하여 네트워크 중심성 증가와 경제성장 간 관계를 분석했다. SDM으로 분석한 결과 중심성 증가는 경제성장을 견인하는 것으로 나타났으나, 주변도시에는 부정적인 외부효과를 창출하였다. 이는 앞선 중국의 분석결과와는 상반되는 것으로, 공간적 범위를 달리할 경우 네트워크에 대한 영향력이 상이해질 수 있음을 시사한다.

국내연구는 사회연결망분석(Social Network Analysis: SNA)을 활용하여 개별 도시의 네트워크 중심성을 탐색하는데 주력해왔으며, 그 결과로 수도권의 강력한 중심성 대비 비수도권의 약한 중심성을 일관되게 확인하였다. 관련하여 조병설, 홍성호, 이만형(2015)은 전국 시군구를 대상으로 공간구조를 진단했다. 대기업 간 교류(구매·판매) 관계자료를 활용하여 다양한 네트워크 중심성 지표를 산출하였다. 그 결과 한국은 서울시를 중심으로 일극형 체계를 유지하고 있었으며, 충청권은 수도권과 비수도권의 매개역할을 수행하는 것으로 나타났다. 유사한 연구로 김효성, 구동회(2019)는 여객OD자료를 바탕으로 전국 시·군의 중심성을 측정하여 균형발전정책이 추진되었음에도 불구하고 비수도권 도시의 중심성은 약화한 반면 수도권 도시의 중심성은 강화되어 온 현상을 확인했다. 한편, 김홍주(2008)는 비수도권 광역시와 인근 시군 간 통근·통학 자료를 활용하여 기초적인 수준에서 네트워크 외부효과를 탐색했다. 분석결과 광역시가 집적지로서 갖는 이점이 인근 시군으로 확산하지 못하고 오히려 인구와 자원을 흡수하는 집적그림자 효과를 확인했다.

탐색적인 단계에서 나아가 엄현태, 우명제(2019)는 네트워크의 도시성장에 대한 영향력을 실증적으로 규명하려는 시도를 하였다. 서울시와 수도권 시군구 간 네트워크 강도를 여객 및 화물OD로 측정하였으며, 네트워크와 인구 및 고용성장률 간 관계를 OLS로 조사했다. 분석결과 네트워크 강도는 인구 및 고용성장에 각각 U자형과 역 U자형의 비선형적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 서울시와 일정 수준으로 상호작용하는 것이 도시성장에 긍정적일 수 있지만, 그 수준을 넘어서면 오히려 부정적인 효과를 초래할 수 있음을 시사한다.

이를 바탕으로 도출해 낼 수 있는 본 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 공간적 범위 및 네트워크 구축의 차별성이다. 선행연구들은 주로 전국 단위를 하나의 도시 시스템으로 분석하는 식으로 접근하였다. 본 연구는 네트워크의 특성이 그 구조에 따라 상이할 수 있다는 시각에 주목하여(Gao, Zhang and Li 2024; Sigler and Martinus 2017) 비수도권 시군구를 하나의 도시 시스템으로 설정하고, 두 가지 유형의 네트워크를 구축한다. 첫째는 '비수도권 내부 도시 간 네트워크'이다. 최근 정부의 정책이 비수도권 도시 간 자율적 연계와 협력강화에 중점을 두고 있으므로, 수도권의 종주성에 가려져 소외되었던 비수도권의 고유한 네트워크 구조에 대한 잠재력을 탐구하고자 한다. 둘째는 '비수도권-수도권 네트워크'이다. 기존 국내연구를 통해 지속적으로 수도권의 지배적인 중심성이 강조되어 왔음을 고려할 때 수도권과의 연계를 통한 경제적 효과도 별도로

www.kci.go.kr

분석해야 한다고 판단하였다. 이러한 접근은 비수도권 도시가 내부 연계와 수도권과의 외부연계에서 차지하는 구조적 위상과 그로부터 창출되는 상이한 경제적 효과를 종합적으로 분석할 수 있다.

둘째, 공간계량경제 모형을 활용하여 네트워크의 경제적 영향력 및 외부효과를 분석한다. 그간 국내 연구들은 해외연구들이 공간계량경제모델을 적극적으로 활용한 것과는 대조적으로 공간적 맥락을 충분히 고려하지 못하는 SNA 기법으로 네트워크 구조를 진단하거나, 단순 회귀분석으로 기초적인 관계만을 조명했다. 본 연구는 국내의 이러한 방법론적 격차를 해소하기 위해 공간계량경제모델을 적용하여 네트워크 중심성이 경제성장에 미치는 직접효과와 주변도시로 확산하는 간접효과를 분리하여 엄밀하게 추정한다. 이를 통해 네트워크 외부효과의 공간적인 파급과정을 정량적으로 살펴보고자 한다.

Ⅲ. 연구설계

본 연구의 시간적 범위는 코로나19의 영향을 배제하고 데이터 구득 상황을 고려하여 최근의 연계 실태를 파악할 수 있는 2019년으로 하였다.[2] 공간적 범위는 비수도권 시군구이며, 공간계량경제모델 분석을 위해 이웃지역 없이 섬(island) 형태로 존재하는 경상북도 울릉군, 제주특별자치도 등 3개의 시군구는 분석 대상에서 제외했으며, 결과적으로 총 160개의 시군구가 선정되었다. 분석은 크게 두 단계로 진행된다. 1단계에서는 도시 네트워크 구조의 전체적 특성을 탐색적으로 진단하고, 2단계에서는 공간계량경제 모형을 활용하여 네트워크 차원의 경제적 영향력을 정량적으로 분석한다. 제반 분석과정과 시각화는 통계 프로그램 R 4.3.1과 ArcGIS Pro 3.3.1을 통해 구현하였다.

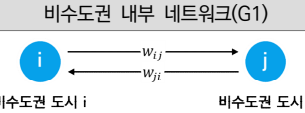
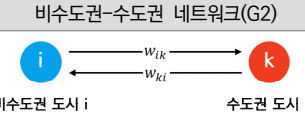
1. 네트워크 구조

1) 네트워크 구축

본 연구는 도시 간 연계 수준을 측정하기 위해 국가교통DB의 화물OD(Origin/Destination)자료를 활용하였다. 도시 네트워크는 인구이동, 통근통행, 화물수송량 등 물리적 연계뿐만 아니라, 행위자들 간 정보교류, 혁신협력 등 비물리적 영역도 아우른다(김홍주 2008; Huang, Hong and Ma 2020). 이 중에서도 교통 인프라를 기반으로 한 물리적 지표는 인적·물적 자원의 이동을 효과적으로 추적하는 데 유용하며, 다수의 선행연구에서 활용되어 왔다. 화물 이동은 도시 간 생산·소비 활동에 대한 공급망을 보여주므로 경제적 상호작용을 반영한다. 따라서 본 연구는 교통 네트워크를 기반으로 상호작용하는 화물OD자료를 선택하였으며, 화물물동량은 품목 전체의 합계를 사용하였다.

네트워크 구조는 노드(node), 에지(edge), 그리고 에지가중치(edge weight)로 구성된다(Wasserman

표 1 네트워크 유형별 구조적 특성

비수도권 내부 네트워크(G1)	
	
노드(V_1)	160개
에지(E_1)	160×159=25,440쌍
에지가중치(W_1)	비수도권 도시 간 화물이동량
비수도권-수도권 네트워크(G2)	
	
노드(V_2)	160+66=226개
에지(E_2)	(160×66)×2=21,120쌍
에지가중치(W_2)	비수도권과 수도권 간 화물이동량

2) 2025년을 기준으로 국토교통DB에서 제공하는 화물 및 여객OD자료의 최신 연도는 2022년이므로 코로나19의 영향을 크게 받음.

www.kci.go.kr

1994). 여기서 노드는 개별 도시를 지칭한다. 에지는 도시 간 화물이동 연결 여부를 나타내는 링크(link)로서 물동량 이동이 발생하지 않는 경우 에지는 형성되지 않는 것으로 간주한다. 마지막으로 에지가중치는 노드 간 연결 강도를 나타내는 수치로, 본 연구에서는 도시 i와 도시 j 간 주고받는 화물물동량의 총합을 에지가중치로 적용하여 상호작용 정도를 파악하였다. 본 연구는 상기의 구성원리를 바탕으로 두 가지 유형의 네트워크를 구축하였다. 첫째는 비수도권 160개 도시 간의 물류 이동을 반영하는 '비수도권 내부 네트워크(G1)'이며, 둘째는 비수도권과 수도권 간의 물류이동을 포괄하는 '비수도권-수도권 네트워크(G2)'이다. 두 가지 유형의 네트워크에 대한 구조적 특성은 〈표 1〉에 제시하였다.

$$G_1 = (V_1, E_1, W_1) \qquad \text{〈식 1〉}$$

$$G_2 = (V_2, E_2, W_2) \qquad \text{〈식 2〉}$$

위 〈식 1, 2〉에서 V_1은 비수도권 160개 도시들의 집합을, V_2는 비수도권 160개 도시와 수도권 66개 도시들을 아우른 총 226개 도시들의 집합을 나타낸다. E_1과 E_2는 각 네트워크 에지의 집합이며, W_1과 W_2는 각 네트워크의 에지가중치 행렬이다.

2) 네트워크 중심성

네트워크 중심성(network centrality)은 네트워크 분석에서 개별 노드의 영향력을 평가하는 데 활용되는 대표적인 개념이다(Freeman 1977). 이를 통해 한 도시가 다른 도시들과 얼마나 잘 연결되어 있는지 정량적으로 측정하고, 네트워크 구조 내에서 차지하는 지위를 파악할 수 있다(Crucitti, Latora and Porta 2006; Tian, Wang and Wang 2023). 본 연구에서는 네트워크 중심성 지표 가운데 가장 직관적인 개념인 연결중심성(Degree Centrality: DC)을 주요 독립변수로 선정하였다. 특히 본 연구에서는 에지가중치를 고려한 가중연결중심성(Weighted Degree Centrality: WDC)을 통해 도시 간 연계 강도를 반영하고자 하였다.

WDC는 특정 노드에 연결된 모든 에지가중치의 총합을 나타내며, 이는 한 도시가 다른 도시들과 주고받는 교류 수준(물동량)을 의미한다. 본 연구에서는 네트워크의 방향성을 고려하여 유입량을 기준으로 내향 가중연결중심성(inWDC)을, 유출량을 기준으로 외향 가중연결중심성(outWDC)을 각각 산출하였다. WDC가 높다는 것은 네트워크 내에서 다른 도시들과 적극적으로 교류하면서 경제적 상호작용의 핵심 역할을 수행하고 있다는 것을 의미한다. WDC의 산출 방법은 〈식 3, 4〉와 같다.

$$in\,WDC_i = \sum_{j \in V, j \neq i} w_{ji} \qquad \text{〈식 3〉}$$

$$out\,WDC_i = \sum_{j \in V, j \neq i} w_{ij} \qquad \text{〈식 4〉}$$

〈식 3〉은 도시 i를 제외한 전체 노드 집합(V)에서 도시 i로 유입되는 화물물동량(w_{ji})의 총합을 나타낸다. 〈식 4〉는 반대로 도시 i로부터 도시 i를 제외한 전체 노드 집합(V)으로 유출되는 화물물동량(w_{ij})의 총합을 의미한다. 본 연구는 비수도권 내부 네트워크(G1)와 비수도권-수도권 네트워크(G2) 각각에서 비수도권 도시들의 중심성을 측정하고, 네트워크 유형에 따른 비수도권 도시들의 중심성을 규명하고자 한다.

아울러 본 연구에서는 각 네트워크 유형(G1, G2)에서 가장 영향력 있는 거점도시(Core City: CC)를 식별하고자 한다. 이를 위해 WDC값을 순위에 따라 정렬한 순위-규모(rank-size) 분포에서 연속된 순위 간 WDC 값의 변화량을 계산한 후, 변화폭이 가장 큰 지점을 변곡점으로 식별하였다. 이는 데이터 자체의 분포에 기반하여 객관적으로 변곡점을 도출한다. 본 연구에서는 변곡점의 상위에 위치한 도시를 네트워크의 거점도

www.kci.go.kr

시로 정의하였다. 거점도시 식별 시에는 방향성을 고려하지 않은 화물물동량의 총합으로 산출한 WDC값을 사용하였다. 이러한 거점도시들은 다른 도시에 비해 현저히 높은 연계를 보이며 네트워크 내에서 중추적인 지위를 갖는다.

2. 네트워크 영향력 검증

1) 콥-더글라스 생산함수 기반 모형 개발

콥-더글라스 생산함수는 산출량(Q)을 설명하기 위한 핵심 설명변수로 노동(L)과 자본스톡(K)을 구성한다(〈식 5〉 참조). 많은 연구들이 산출량을 대리하는 지표로 지역내총생산(GRDP)을 사용하지만, 이와 같은 총량 지표를 사용하게 되면 도시 규모 자체의 효과를 통제하기 어렵다(Meijers and Burger 2010).

이에 본 연구는 Meijers and Burger(2010)의 방식을 준용하여 GRDP를 고용자 수(L)로 나눈 노동생산량(labor productivity: Q/L)을 종속변수로 설정하여 규모효과를 통제하고자 하였다. 한편 시·군·구 단위에서 구득이 어려운 자본스톡의 경우, '사업체 매출액(Revenue: R)'을 대리변수로 활용하여 간접적으로 반영하였다. 이 외에 총요소생산성(A)에 영향을 미칠 수 있는 인적자본 수준을 통제하기 위해 '대학(2~3년제) 졸업 이상 학력자(human capital: H)'를 모형에 추가하였다.[3] 나아가 본 연구의 주요 독립변수로 비수도권 내부 네트워크(G1)와 비수도권-수도권 네트워크(G2)에서 각기 산출한 가중연결중심성(WDC)과 거점도시(CC) 여부를 분석에 활용하였다. 〈식 6, 7〉에 따라 최종 모델 〈식 8〉을 설정하였으며 최종 변수는 〈표 2〉에 제시하였다.

$$Q = R^r \times L^l \times A \qquad \text{〈식 5〉}$$

표 2 변수 정의

구분		약어	변수설명	출처
종속변수	노동생산성	Q/L	종사자 1인당 GRDP의 로그변환	KOSIS(2019)
네트워크 변수	G1 내향중심성	inWDC_G1	G1 네트워크에서 비수도권 도시 간 유입되는 화물물동량의 합(내향 가중연결중심성)의 로그변환	국가교통DB (2019) 활용하여 저자 산출
	G1 외향중심성	outWDC_G1	G1 네트워크에서 비수도권 도시 간 유출되는 화물물동량의 합(외향 가중연결중심성)의 로그변환	
	G2 내향중심성	inWDC_G2	G2 네트워크에서 수도권에서 비수도권으로 유입되는 화물물동량 합(내향 가중연결중심성)의 로그변환	
	G2 외향중심성	outWDC_G2	G2 네트워크에서 수도권에서 비수도권으로 유출되는 화물물동량 합(외향 가중연결중심성)의 로그변환	
	G1 거점도시 여부	CC_G1	1: 거점도시; 0: 비거점도시	
	G2 거점도시 여부	CC_G2	1: 거점도시; 0: 비거점도시	
통제변수	사업체 매출액	R	종사자 1인당 사업체 평균 매출액의 로그변환	기업통계등록부 (2019)
	인적자본	H	종사자 1인당 전문대학 이상 학위소지자의 로그변환	인구주택총조사 (2020)

주: 기업통계등록부는 통계데이터센터(SDC)의 승인을 받아 활용한 자료로서 데이터센터에 방문하여 추출하였음.

3) 내생적 성장이론은 노동력과 자본에 의해서만 생산성이 결정된다고 보는 신고전학파의 관점이 지역의 경제성장을 설명하는 데 충분하지 않다는 것을 지적하며 인적자본의 중요성을 강조. Romer(1986)는 교육과 학습을 통한 지식 축적이 노동자 개개인의 생산성 향상에 기여한다고 주장하였으며, Lucas(1988) 역시 노동자들의 교육과 학습이 경제성장에 중요한 역할을 한다고 강조.

www.kci.go.kr

$$\frac{Q}{L} = (\frac{R}{L})^r \times (\frac{H}{L})^h \times A \qquad \langle 식\ 6 \rangle$$

$$\ln(\frac{Q}{L}) = r\ln(\frac{R}{L}) + h\ln(\frac{H}{L}) + \ln(A) \qquad \langle 식\ 7 \rangle$$

$$\ln(\frac{Q}{L}) = \beta_0 + r\ln(\frac{R}{L}) + h\ln(\frac{H}{L}) + \beta_1 \ln(in\,WDC_{G1}) + \beta_2 \ln(out\,WDC_{G1}) + \beta_3 \ln(in\,WDC_{G2}) + \beta_4 \ln(out\,WDC_{G2}) + \beta_5\,CC_{G1} + \beta_6\,CC_{G2} + \epsilon \qquad \langle 식\ 8 \rangle$$

2) 독립변수 공간지연항을 고려한 공간계량경제모델

본 연구는 도시 네트워크의 외부효과를 측정하기 위해 독립변수 공간지연항을 고려한 공간계량경제모델을 활용한다. 공간계량경제모델은 일반 회귀분석과 달리 변수 간 인과관계를 추정하는 과정에서 공간적 종속성(spatial dependence)을 명시적으로 반영한다. 대표적으로 종속변수의 종속성을 고려한 SAR(spatial autoregressive regression)과 오차항의 자기상관성을 고려한 SEM(spatial error model)이 있다. 그러나 이 두 모형은 특정 도시의 독립변수 변화가 주변도시의 종속변수에 미치는 영향, 즉 외생적 상호작용(exogenous interaction)을 포착하지 못한다(Manski 1993).

이와 달리 SDM(Spatial Durbin Model)과 SDEM (Spatial Durbin Error model)은 외생적 상호작용을 고려하여 특정 도시의 독립변수 변화가 주변도시의 종속변수에 미치는 공간적 파급효과까지 추정할 수 있다는 강점이 있다(Elhorst 2010). SDM과 SDEM은 각각 〈식 9〉와 〈식 10〉으로 표현된다.

$$Y = \rho Wy + X\beta + WX\theta + \epsilon \qquad \langle 식\ 9 \rangle$$

$$Y = X\beta + WX\theta + u; u = \lambda Wu + \epsilon \qquad \langle 식\ 10 \rangle$$

여기서 Y는 분석 대상인 N개 도시의 종속변수 값에 대한 $N \times 1$ 크기의 벡터이다. W는 $N \times N$ 크기의 공간가중행렬로, 도시 간 공간적 인접성을 행렬로 정량화한 것이다. Wy는 종속변수의 공간지연항(spatial lagged)이며, ρ는 자기회귀계수(spatial autoregressive coefficient)이다. X는 k개의 독립변수에 대한 $N \times k$ 크기의 행렬이며, β는 각 독립변수가 종속변수에 미치는 영향력을 나타내는 $k \times 1$ 크기의 회귀계수 벡터이다. WX는 핵심지표인 독립변수의 공간지연 항으로써 θ는 그 영향력을 나타내는 $k \times 1$ 크기의 벡터이다. u는 오차항 벡터, Wu는 오차의 공간지연항, 그리고 λ는 그것의 자기회귀계수이다. 마지막으로 ϵ은 오차항을 의미한다.

독립변수의 공간지연항(WX)은 본 연구에서 주목하는 외부효과를 측정하는 핵심요소이다. 이를 통해 한 도시의 네트워크 연결성이 그 도시의 노동생산성에 미치는 직접효과(direct impact)뿐만 아니라 공간가중행렬(W)로 정의한 주변도시의 노동생산성에 미치는 간접효과(indirect impact), 즉 공간적 파급효과(spatial spillover effect)까지 정량적으로 추정할 수 있다.

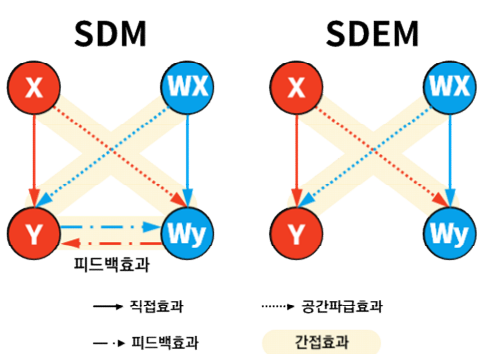
본 연구는 '주변도시'의 효과를 두 가지 측면에서 관찰한다. 첫째, 연구의 주 목적인 네트워크 외부효과를 측정하기 위해 비수도권 시군구 간 화물 OD를 '네트워크가중행렬(W_{OD})'로 활용한다. 이는 실제 네트워크로 연계된 도시 간 기능적 연결에 따른 파급효과를 측정할 수 있다. 둘째, 지리적 근접성에 기반한 상호작용을 파악하기 위해 '역거리가중행렬($W_{distance}$)'을 구축한다. 해외의 많은 연구들이 네트워킹을 통해 지리적 한계를 극복할 수 있다고 주장했지만, 물리적 거리는 여전히 도시 간 상호작용에 핵심적인 결정요인일 수 있다. 본 연구는 이러한 이중적인 접근으로 비수도권 도시 네트워크 연결성에 대한 경제효과를 규명하고자 한다. 이상의 모든 공간가중행렬은 행 정규화(row-standarization)방식을 통해 구축하였다.

한편 SDM과 SDEM 간에는 독립변수 공간지연항

www.kci.go.kr

(WX), 즉 간접효과를 해석하는 방식에 차이가 존재한다. 수식에서 확인할 수 있다시피 SDM은 종속변수의 공간지연항(Wy)을 포함하는 반면, SDEM은 그렇지 않다. 이러한 특성 때문에 SDM의 간접효과를 해석할 때는 한 도시의 독립변수 변화가 이웃 도시의 종속변수에 영향을 미쳤다가, 그 영향이 다시 해당 도시의 종속변수에 되돌아오는 피드백 효과(feedback effect)까지 고려해야 해서 그 계수인 θ만으로 해석이 어렵다. 반면 SDEM은 종속변수의 공간적 종속성을 고려하지 않으므로 공간가중행렬(W)로 정의된 주변 도시의 간접효과를 θ만으로 온전하게 추정가능하다(Rüttenauer 2022). 이는 〈그림 1〉에서 확인할 수 있다. 본 연구에서는 라그랑주승수 검정(Lagrange Multiplier test: LM test)으로 종속변수와 오차항의 공간적 종속성을 검토한 후, 모형적합도 지표를 기준으로 최종 모델을 선택하고자 한다. 이상의 연구설계를 바탕으로 설정한 연구질문은 다음과 같다.

그림 1 SDM과 SDEM의 간접효과 추정 원리



1. 비수도권 도시 네트워크 연결성은 노동생산성에 직접적인 영향을 미치는가?

2. 비수도권 도시 네트워크 연결성은 주변도시의 노동생산성에 간접적인 영향을 미치는가?

2-1. 비수도권 도시 네트워크 연결성은 네트워크로 연계된 도시의 노동생산성에 간접적인 영향을 미치는가?

2-2. 비수도권 도시 네트워크 연결성은 지리적으로 인접한 도시의 노동생산성에 간접적인 영향을 미치는가?

Ⅳ. 분석결과 및 논의

1. 기술통계량

1) 종속변수와 통제변수

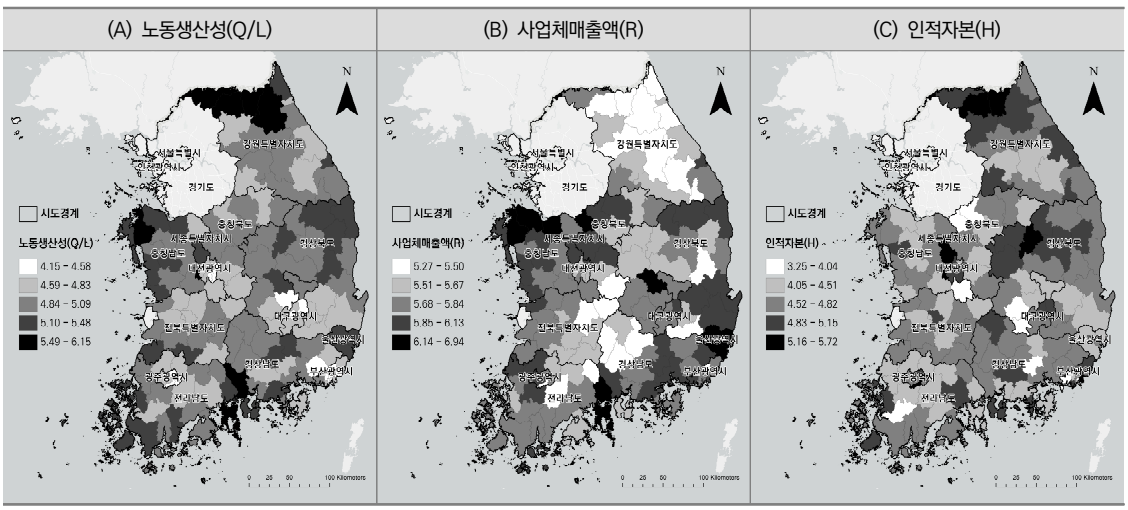
연구에서 활용한 변수들의 기술통계량은 〈표 3〉과 같으며, 그에 대한 공간적 분포는 〈그림 2〉에 제시하였다. 먼저 종속변수인 노동생산성(Q/L)과 통제변수인

표 3 기술통계량

변수	최솟값	최댓값	평균	표준편차	빈도
노동생산성(Q/L)	4.15	6.15	4.92	0.33	-
G1 내향중심성(inWDC_G1)	12.80	17.90	14.80	1.04	-
G1 외향중심성(outWDC_G1)	12.40	17.60	14.80	1.08	-
G2 내향중심성(inWDC_G2)	10.90	16.80	12.90	1.16	-
G2 외향중심성(outWDC_G2)	9.78	16.40	13.20	1.22	-
사업체 매출액(R)	5.27	6.94	5.76	0.27	-
인적자본(H)	3.25	5.72	4.66	0.40	-
G1 거점도시 여부(CC_G1)	-	-	-	-	6곳(3.75%)
G2 거점도시 여부(CC_G2)	-	-	-	-	7곳(4.38%)

www.kci.go.kr

그림 2 종속변수와 통제변수의 공간적 분포



주: 〈표 2〉에 정의한 바와 같이 모든 지표는 종사자 1인당 값에 대하여 로그변환한 값임.

사업체 매출액(R), 인적자본(H)의 특성을 살펴보면 다음과 같다. 비수도권의 노동생산성(Q/L) 수준은 평균 4.92, 표준편차 0.33을 보이며 울산, 충남, 세종, 그리고 강원의 일부지역에서 상대적으로 높은 값을 나타냈다. 사업체 매출액(R)은 평균 5.76, 표준편차 0.27로 세 변수 중 표준편차가 가장 낮았다. 공간적으로는 종속변수와 마찬가지로 울산, 세종, 충남, 경남 순으로 높았으며 강원, 대전, 전북은 낮은 값을 나타났다. 인적자본(H)의 평균은 4.66, 표준편차 0.4로 표준편차가 가장 컸다. 공간적으로는 세종, 대구, 부산 순으로 높은 값을 기록했고, 충북, 울산, 전남은 상대적으로 낮았다.

2) 네트워크 변수

네트워크 중심성 분석결과는 〈그림 3〉과 같다. 이를 통해 비수도권 내부 네트워크(G1)와 비수도권-수도권 네트워크(G2)에서 나타나는 가중연결중심성(WDC) 분포 간 상이한 양상을 확인할 수 있다. 〈그림 3-A〉의 G1 내향중심성(inWDC_G1)은 울산 남구, 부산 강서구, 부산 남구, 울산 울주군, 전남 광양시 순으로 상위권을 나타냈다. 〈그림 3-B〉의 외향중심성(outWDC_G1)도 같은 도시들 사이에서 울산 울주군, 전남 광양시, 울산 남구, 부산 강서구, 부산 남구 순으로 그 순위만 변경되었다. 이는 비수도권 내부 네트워크에서 동남권 시군구가 핵심으로 기능하고 있음을 시사한다.

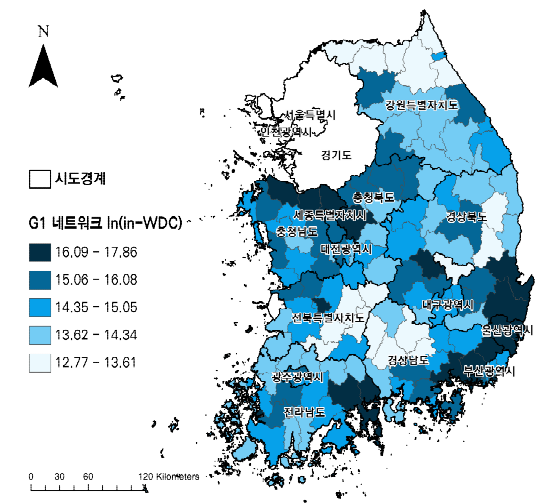
〈그림 3-C〉의 G2 내향중심성(inWDC_G2)은 충남 당진시, 부산 강서구, 충남 천안시, 부산 남구, 충북 청주시 순으로 높은 연결성을 보였다. 〈그림 3-D〉의 외향중심성(outWDC_G2)의 경우 부산 강서구, 부산 남구, 충남 당진시, 충남 천안시, 충남 아산시 순으로 높았다. 이는 비수도권-수도권 네트워크 구조에서 충청도 도시들의 중요성을 나타낸다.

〈그림 3-E, F〉를 통해 두 네트워크 간 시도별 중심성 순위를 비교한 결과, 방향과 상관없이 부산, 울산을 중심으로 한 동남권은 G1 네트워크에서 상위권을 차지하는 반면, 충청도와 강원은 G2 네트워크에서 더 높은 순위를 보이는 것으로 확인되었다. 주목할 만한 점은 G1 네트워크에서 하위권에 머물렀던 강원과 충북이 G2에서는 그 수준이 크게 상승했다는 점이다. 대표적으로 강원의 원주시, 그리고 충북의 충주시, 청주시의 중심성이 크게 향상되었다.

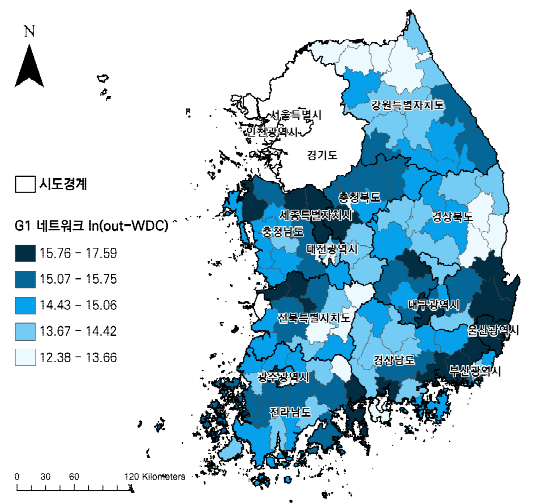
www.kci.go.kr

그림 3 네트워크 유형별 중심성 결과

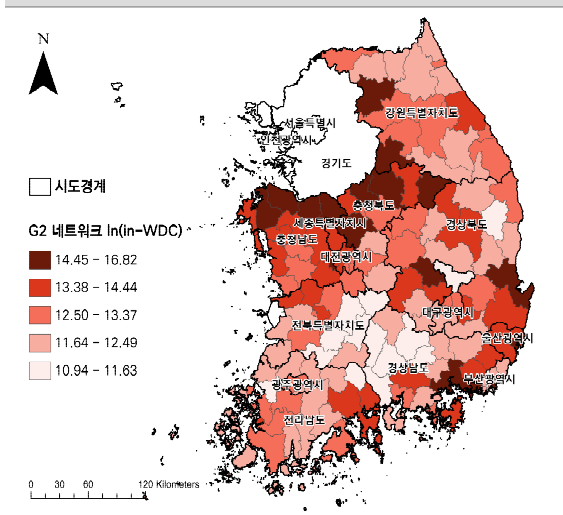
(A) G1 내향중심성 (inWDC_G1)



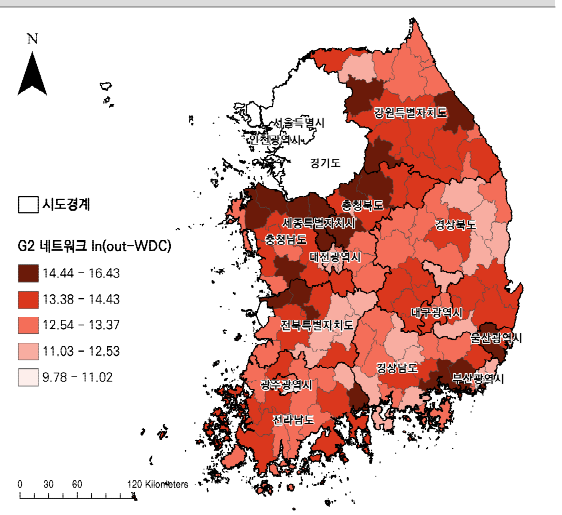
(B) G1 외향중심성 (outWDC_G1)



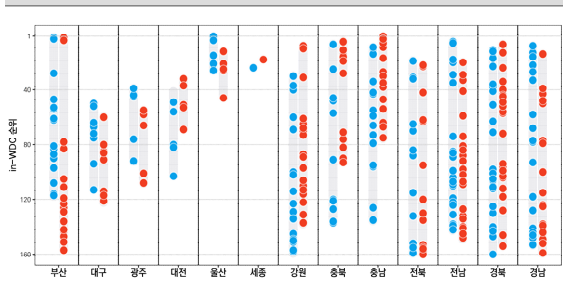
(C) G2 내향중심성 (inWDC_G2)



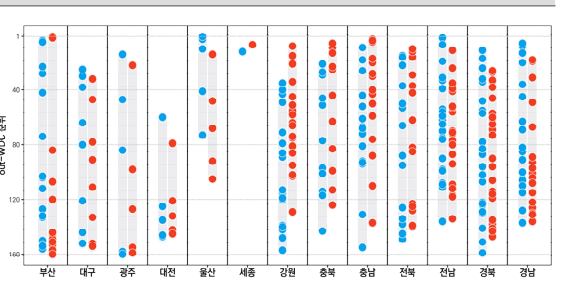
(D) G2 외향중심성 (outWDC_G2)



(E) 시도별 네트워크 유형별 내향중심성(inWDC) 순위 비교



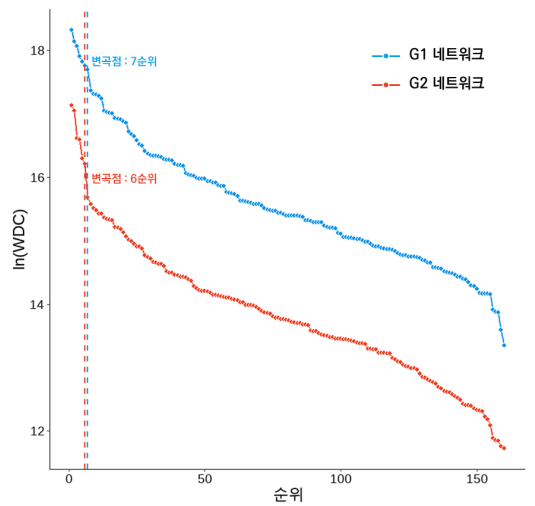
(F) 시도별 네트워크 유형별 외향중심성(outWDC) 순위 비교



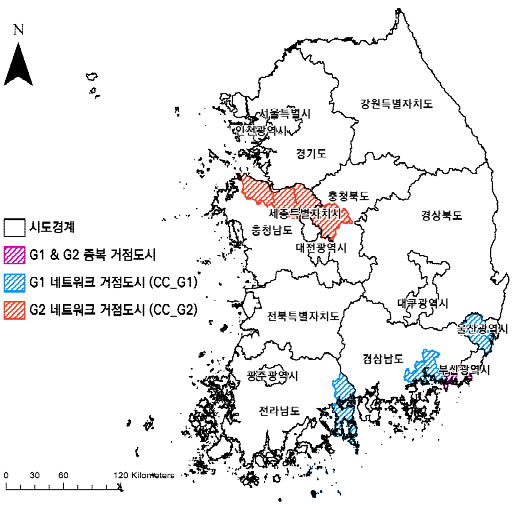
www.kci.go.kr

그림 4 네트워크 유형별 순위-규모(rank-size) 분포 결과 및 거점도시(CC)

(A) 순위-규모(rank-size) 분포 및 변곡점



(B) 거점도시 공간적 분포



(C) G1 네트워크 거점도시 (n=7)

시도	시·군·구
부산광역시	**강서구, 남구**
울산광역시	남구, 울주군
전라남도	광양시, 여수시
경상남도	창원시

(D) G2 네트워크 거점도시 (n=6)

시도	시·군·구
부산광역시	**강서구, 남구**
충청북도	청주시
충청남도	천안시, 당진시, 아산시

주: (C)와 (D)에서 볼드(bold)체는 양 네트워크에서 거점도시로 도출된 시군구를 나타냄.

다음으로 WDC값의 순위-규모(rank-size) 분포를 통해 거점도시(CC)를 식별하였다. 그 결과 G1과 G2 네트워크에서 각각 7개, 6개의 거점도시가 도출되었다. <그림 4>로 공간적 분포를 살펴보면 G1 네트워크의 거점도시는 주로 동해안 인근에 분포하였다. G2 네트워크의 거점도시는 충청권에서 다수 관찰되어 조병설, 홍성호, 이만형(2015)에서 드러난 충청권의 매개역할을 재확인할 수 있었다. 이렇듯 다소 뚜렷하게 구분된 거점도시 분포는 양 네트워크 간 구조적 차이를 암시한다.

2. 네트워크 영향력 분석결과

1) 공간적 자기상관성 및 다중공선성 검증

공간가중행렬을 기반으로 Moran's I 검정을 실시하여 각 변수의 공간적 자기상관성을 검증하였으며, 그 결과를 <표 4>에 수록하였다. 공간적 자기상관성은 변수의 속성값이 공간적 맥락에서 나타내는 상관성을 측정하는 것으로, 공간계량경제모델 적용의 필요성을 판단하는 기준이 된다(Anselin 1988).

Moran's I 통계량 검정결과, 종속변수(Q/L)는 모든 공간가중행렬에서 양(+)의 자기상관성이 나타났다. 이는 네트워크 연결성과 지리적 인접성 모두에서 주변 도시와의 유사한 노동생산성을 시사하며, 두 행렬에서 공간계량경제모델의 필요성을 뒷받침한다. 독립변수의 경우 가중행렬에 따라 결과값에 차이를 보였다. 전통적인 생산요소 가운데 사업체매출액(R)만이 $W_{distance}$에서 양(+)의 자기상관성을 보였다. 네트워크 중심성의 경우 대부분 W_{OD}에서 음(-)의 자기상관

www.kci.go.kr

표 4 Moran's I 통계량 및 다중공선성 검정결과

변수	Moran's I 통계량(W_{OD})	Moran's I 통계량($W_{distance}$)	VIF
노동생산성(Q/L)	0.003(6.409)***	0.057(6.409)***	-
G1 내향중심성(inWDC_G1)	-0.005(2.850)	0.022(2.850)***	2.036
G1 외향중심성(outWDC_G1)	-0.008(0.136)	-0.005(0.136)	1.230
G2 내향중심성(inWDC_G2)	-0.003(0.453)***	-0.002(0.453)	6.954
G2 외향중심성(outWDC_G2)	-0.005(0.099)**	-0.005(0.099)	7.151
G1 거점도시 여부(CC_G1)	-0.003(0.659)***	0.000(0.659)	6.082
G2 거점도시 여부(CC_G2)	0.001(3.006)***	0.024(3.006)***	5.223
사업체 매출액(R)	-0.005(-0.130)*	-0.008(-0.130)	1.498
인적자본(H)	-0.005(0.513)**	-0.002(0.513)	1.564

주: 1) 괄호 안의 값은 모수 추정치의 z-값을 나타냄.
2) ***p〈0.01, **p〈0.05, *p〈0.1.
3) 통계적으로 유의한 계수(p〈0.05)를 음영 처리함.

성을 나타냈다. 이는 비수도권 네트워크에서 높은 중심성을 가진 도시와 낮은 중심성을 가진 도시가 서로 연결된 경향이 강하다는 것을 의미하며, 중심성이 공간적으로 불균등하다는 것을 시사한다. 아울러 모든 독립변수의 VIF 값이 10 미만으로 도출되어 다중공선성 문제는 발견되지 않았다. 한편 Moran's I 통계량은 단순 변수의 공간적 의존성을 확인할 뿐, 적절한 공간계량경제모델을 확인할 수 없다(Elhorst 2014). 이에 본 연구에서는 LM-test를 통해 최적 공간계량경제 모형의 적합성을 규명하고자 한다.

2) LM test

이어서 Anselin(1988)의 LM-test를 실시하였다. LM test는 최소제곱법(Ordinary Least Square: OLS) 추정 결과의 잔차를 활용하여 종속변수의 공간적 지연 및 오차항의 공간적 자기상관성 존재 여부를 검증한다. 이를 활용하여 적합한 공간계량경제 모델을 판별할 수 있다. 〈표 5〉의 검정결과, W_{OD}와 $W_{distance}$ 모두 종속변수(RS-lag, adj.RS-lag)와 오차항(RS-err, adj.RS-err)의 검정통계량이 신뢰구간 95% 이내에서 유의하게 나타났다. 이는 두 공간가중행렬 모두에서 공간계량경제 모델을 적용하는 것에 대한 통계적 타당성을 뒷받침한다.

한편 Rüttenauer(2022)는 종속변수와 오차항의 자기상관 유무에 초점을 둔 LM-test가 독립변수의 공간지연항(WX)을 고려하지 못하는 한계를 지적하면서, 독립변수의 공간적 파급효과를 추정하는 SDM이나 SDEM의 선택은 그 결과와 무관하다고 주장한다. SDM과 SDEM이 더 단순한 형태의 SAR과 SEM 모델을 포함하는 구조이기 때문이다(LeSage and Pace 2009; Rüttenauer 2022). 따라서 본 연구에서는 LM-test의 결과와 더불어 모형적합도 지표를 고려하여 최종 모형을 선택하고자 한다.

표 5 LM test 결과

구분	W_{OD}	$W_{distance}$
RS-err	0.285	13.584***
RS-lag	0.072	15.701***
adj.RS-err	4.775**	0.884
adj.RS-lag	4.563**	3.001*

주: 1) ***p〈0.01, **p〈0.05, *p〈0.1.
2) 통계적으로 유의한 계수(p〈0.05)를 음영처리함.

www.kci.go.kr

3) 공간계량경제모델의 추정값 해석

〈부표 1〉의 분석결과, W_{OD}를 활용한 경우 공간계량경제모델의 적합성을 발견하지 못했다. 모형적합도를 나타내는 AIC(Akaike Information Criterion)값이 SDEM(-29.451)에서 가장 낮은 것으로 확인되었으나 오차의 자기회귀계수(λ)가 통계적으로 유의하지 않았으며, SDM에서도 종속변수의 공간지연항(ρ)이 유의하지 않았다. 나머지 모형(SAR, SEM)에서도 ρ와 λ이 유의하지 않았을뿐더러, OLS의 AIC값이 더 우수했다.

반면 〈표 6〉의 $W_{distance}$을 활용한 경우에는 SDEM 모형의 적합성을 입증할 수 있었다. SDEM의 AIC값이 -46.873으로 가장 낮으면서 λ가 통계적으로 유의했다. SDM 모형에서는 ρ가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타나 모형의 적합성을 검증하지 못했다. 이에 본 연구에서는 LM-test 결과와 AIC 값을 고려하여 거리기반의 가중행렬($W_{distance}$)을 활용한 SDEM을 최종 모형으로 선택하였다.

〈표 6〉을 통해 살펴보면, 직접효과의 경우 OLS, SAR, SEM, SDM, SDEM 모든 모형에서 일관된 통계적 유의성과 부호가 관찰되었으며, 간접효과 역시 SDM과 SDEM의 결과가 일치했다. 구체적으로 SDEM 결과를 보면 네트워크 중심성 변수는 네트워크 유형에 따라 결과에 차이가 있었다. G1 네트워크에서는 모든 중심성 변수가 노동생산성 변화율(Q/L)에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 내향중심성(inWDC_G1)과 외향중심성(outWDC_G1)이 각각 1% 증가할 때 노동생산성 변화율(Q/L)은 -0.20%, -0.16%만큼 감소하였다. 이들의 공간지연항(WinWDC_G1, WoutWDC_G1)은 통계적으로 유의미하지 않았으므로 간접효과를 관찰할 수 없었다. G2 네트워크에서는 외향 중심성(outWDC_G2)만이 1% 증가 시 0.16%만큼의 직접적인 긍정적 영향을 미쳤으며, 주변도시에도 0.87%만큼의 긍정적 간접효과를 일으켰다. 내향중심성(inWDC_G2)의 경우 직접적으로는 통계적 유의성을 확보하지 못했지만, 주변도시에 -1.31%만큼의 부정적 효과를 초래하는 것으로 나타났다.

거점도시 여부 역시 네트워크 유형별로 그 결과가 상이했다. G1 거점도시(CC_G1)는 비거점도시에 비해 노동생산성 변화율(Q/L)에 0.29%만큼 유의미한 정(+)의 직접영향을 미치는 동시에 -4.39%만큼 부(-)의 간접영향을 확인할 수 있었다. 반면 G2 거점도시(CC_G2)의 직접영향은 통계적으로 유의하지 않았으나, 비거점도시에 비해 주변도시의 노동생산성 변화율(Q/L)에 -3.02%만큼 부(-)의 영향을 미치고 있었다.

마지막으로 통제변수의 결과는 다음과 같다. 사업체 매출액(R)의 1% 증가는 노동생산성 변화율(Q/L)에 0.90%만큼, 그리고 인적자본(H)의 1% 증가는 0.27%만큼의 정(+)의 영향을 미쳤다. 이들 변수는 주변도시의 노동생산성 변화율에도 각각 3.40%(WR), 2.48%(WH) 만큼 정(+)의 간접영향을 미쳤다.

3. 논의

본 연구는 비수도권을 공간적 범위로 두 가지 유형의 네트워크를 구축하고, 도시 간 상호작용이 노동생산성에 미치는 영향과 그 파급효과를 실증적으로 분석하였다. 이를 위해 화물OD자료를 활용하여 비수도권 내부 네트워크(G1)와 비수도권-수도권 네트워크(G2)를 구축하고 공간더빈오차(SDEM) 모형을 활용하였다.

두 가지 유형의 공간가중행렬을 살펴봤을 때 역거리가중행렬($W_{distance}$)과 달리 네트워크가중행렬(W_{OD})에서는 공간계량경제모델의 통계적 정합성을 확인하지 못했다. 이는 두 번째 연구질문 가운데 네트워크로 연결된 주변도시로의 간접효과는 검증할 수 없었다는 것을 의미한다. 비수도권 도시 간 네트워크가 경제적으로 외부효과를 일으킬 만큼 충분히 발달하지 않았다는

www.kci.go.kr

표 6 모형별 추정값 및 적합도 비교

변수	OLS	SAR($W_{distance}$)	SEM($W_{distance}$)	SDM($W_{distance}$)	SDEM($W_{distance}$)
상수항	1.593*** (0.588)	-1.952** (0.949)	1.706*** (0.555)	-36.718*** (9.046)	-42.316*** (6.101)
G1 내향중심성 (inWDC_G1)	-0.216*** (0.046)	-0.208*** (0.043)	-0.213*** (0.043)	-0.174*** (0.044)	-0.204*** (0.041)
G1 외향중심성 (outWDC_G1)	-0.148*** (0.044)	-0.145*** (0.042)	-0.153*** (0.042)	-0.155*** (0.039)	-0.156*** (0.036)
G2 내향중심성 (inWDC_G2)	0.005 (0.038)	0.006 (0.036)	0.013 (0.036)	0.015 (0.034)	0.037 (0.034)
G2 외향중심성 (outWDC_G2)	0.184*** (0.034)	0.161*** (0.032)	0.164*** (0.032)	0.160*** (0.030)	0.162*** (0.029)
G1 거점도시 (CC_G1)	0.376*** (0.107)	0.392*** (0.101)	0.392*** (0.099)	0.272*** (0.094)	0.291*** (0.089)
G2 거점도시 (CC_G2)	-0.079 (0.118)	-0.018 (0.111)	-0.011 (0.111)	-0.036 (0.104)	-0.038 (0.099)
사업체매출액(R)	0.879*** (0.095)	0.883*** (0.089)	0.887*** (0.090)	0.894*** (0.081)	0.898*** (0.079)
인적자본(H)	0.247*** (0.049)	0.248*** (0.046)	0.242*** (0.046)	0.276*** (0.045)	0.272*** (0.042)
WG1 내향중심성 (inWDC_G1)				1.046 (0.737)	1.046* (0.547)
WG1 외향중심성 (outWDC_G1)				0.029 (0.779)	0.179 (0.623)
WG2 내향중심성 (inWDC_G2)				-1.224** (0.524)	-1.308*** (0.334)
WG2 외향중심성 (outWDC_G2)				1.199** (0.551)	0.869** (0.368)
WG1 거점도시 (CC_G1)				-3.907** (1.567)	-4.386*** (1.096)
WG2 거점도시 (CC_G2)				-3.318** (1.675)	-3.017** (1.211)
W사업체매출액(R)				2.907** (1.305)	3.398*** (0.894)
W인적자본(H)				1.917** (0.822)	2.479*** (0.630)
Rho(ρ)		0.738***		-0.715	
Lambda(λ)			0.805***		-3.022***
AIC	-10.463	-17.629	-16.900	-39.983	-46.873

주: 1) ***p〈0.01, **p〈0.05, *p〈0.1.
2) 괄호 안의 수치는 표준오차(Standard Error)를 의미함.
3) 통계적으로 유의한 계수(p〈0.05)를 음영처리함.

www.kci.go.kr

것이다. 이는 중국에서 확인한 Huang, Hong and Ma(2020); Fu, Luo and Yan(2023)의 결과와는 대조적인 발견으로, 국내 비수도권은 여전히 기능적 연계보다 지리적 인접성을 통한 파급효과가 뚜렷하다는 것을 시사한다.

SDEM 모형에 대한 구체적 논의는 다음과 같다. 비수도권 내부 네트워크(G1)에서는 내향 및 외향 중심성(inWDC_G1, outWDC_G1)이 모두 노동생산성에 부(-)의 직접영향을 미치는 것으로 나타났다. 비수도권 내부에서의 화물 교류가 오히려 노동생산성을 저하한다는 것이다. 이러한 현상은 유입 또는 유출되는 화물이 단순 물류처리 단계에 그치거나 부가가치가 낮아서 경제적 시너지를 발휘하지 못하기 때문에 발생하는 것으로 추측된다. 한편 이들의 간접효과는 통계적으로 유의하지 않았다.

전체적 경향성과 달리 거점도시(CC_G1, *W*CC_G1)는 정(+)의 직접효과와 부(-)의 간접효과(집적그림자)를 보였다. 이는 거점도시로 식별된 동해안권 도시들이 내부 연계를 통해 자체적인 경제적 우위를 확보하고 있는 한편 그 효과가 인근도시로 부정적인 파급효과를 미친다는 것을 뜻한다. 결국 비수도권 내부 네트워크(G1)는 개별 도시의 경쟁력 강화보다는 거점도시 위주의 불균형적인 구조를 보이며 네트워크 전체의 경제성장에는 부정적임을 보여준다.

비수도권-수도권 네트워크(G2)에서는 역설적인 현상이 나타났다. 내향중심성(inWDC_G2)의 경우, 직접효과는 유의하지 않았지만 간접효과는 부(-)의 영향을 미치는 것으로 관찰되었다. 이는 수도권으로부터의 자원 유입이 주변도시와의 경쟁을 불러일으키는 집적그림자 현상으로 설명할 수 있다. 대조적으로 외향중심성(outWDC_G2)은 직·간접적인 정(+)의 효과가 나타났다. 수도권으로 유출하는 화물이 많을수록 자체적인 노동생산성과 더불어 인근 도시의 노동생산성 역시 개선되는 차용규모 관계를 나타낸다. 이러한 현상은 수도권 시장에 진출한 비수도권 도시가 생산 규모를 확대하거나 부가가치를 창출하는 과정에서 주변도시로부터 지원 자원을 공급받으면서 상호의존적인 구조를 형성한 것으로 이해된다. 그러나 이러한 해석은 보다 정교한 분석을 통해 신중히 이뤄질 필요가 있다.

G2 네트워크 거점도시(CC_G2)의 직접효과는 유의하지 않았으나, 부정적인 간접효과가 관찰되었다. 이는 수도권과의 강한 상호작용이 거점도시에 미치는 영향은 뚜렷하지 않지만, 인근 도시의 노동생산성을 위축시키는 집적그림자 현상을 나타낸다. 즉 충청권의 일부 거점도시가 수도권과의 긴밀한 연계를 통해 성장하는 한편, 그로부터 얻은 자원과 기회를 독점하는 것으로 추측된다. 이상의 결과는 앞서 G1 네트워크 거점도시(CC_G1)의 결과와 상통한다. 비수도권에서는 네트워크 유형과 상관없이 거점도시가 집적그림자를 초래하는 공통된 결론이 도출되었다. 이는 엄현태, 우명제(2019)가 확인한 서울시와의 과도한 연결성이 수도권 도시에 미치는 부정적 영향과 일부 상통한다. 결국 한국의 국토공간에서는 서울시-수도권-비수도권으로 이어지는 네트워크 위계가 강할수록 상위 위계로부터의 집적그림자가 더 크게 나타날 수 있음을 시사한다.

콥-더글라스 함수에 기반한 전통적인 생산요소였던 사업체매출액(R)과 인적자본(H)은 해당 도시는 물론 주변도시의 경제성장에도 긍정적인 외부효과(차용규모)를 일으키는 것으로 분석되었다. 이는 전통적인 경제성장 요인들이 여전히 도시경제를 핵심적으로 견인하면서도 가까운 지역에 긍정적인 외부효과를 창출한다는 것을 의미한다.

V. 결론 및 시사점

본 연구의 결과는 도시 간 연계를 강화하는 것만으로는 비수도권 지역의 집합적인 발전을 도모하기 어렵다는 한계를 드러낸다. 특히 정책 현장에서 제기되어 온

www.kci.go.kr

빨대효과에 대한 우려가 현실적일 수 있음을 보여준다.

연구결과, 비수도권 내에서 네트워크 기반의 파급효과보다 지리적 인접성에 기반한 영향이 여전히 더 크게 작용하고 있었다. 동시에 비수도권 내부 도시 간 상호작용은 경제적 이점을 창출하지 못하는 결과가 나타났다. 이는 중국이나 유럽의 도시 네트워크와는 다른 양상으로, 우리나라 비수도권에서는 도시 간 기능적 연계가 아직 충분히 발달하지 않았음을 의미한다. 이에 따라 네트워크 파급효과에 의존하는 것보다는 개별 도시의 자립적인 성장 역량을 강화하는 것이 보다 현실적인 대안임을 시사한다.

거점도시의 경우, 네트워크 유형과 무관하게 주변에 부정적인 외부효과(집적그림자)를 유발하고 있었다. 이러한 현상은 G1 네트워크의 거점도시로 식별된 동해안권 도시를 중심으로 한 부울경 초광역 경제동맹 구상이 균형발전을 달성하기 어려울 수 있음을 보여준다. 즉 도시 간 연결 강화만으로는 집합적 성장을 기대하기 어렵고, 거점도시를 중심으로 연합 내부의 격차가 심화될 가능성을 암시한다. 같은 맥락에서 대통령직속 지방시대위원회(2023)에서 추진하는 특별지구 정책처럼 거점도시에 편중된 성장 전략을 수립시 후보지 선정과정에서 신중을 기해야 할 필요가 있다. 지역의 내생적인 발전을 도모하면서도 주변지역와 상호보완적 연계를 증진시킬 가능성을 종합적으로 고려해야 한다.

한편, 전통적 생산요소에서 직접적인 성장효과와 더불어 긍정적인 파급효과가 관찰되었다. 지역 내 기업의 매출액 증진과 인재 유치를 위한 투자가 비수도권 경제활성화를 위한 핵심적인 동력이라는 것이다. 최근 비수도권 청년 인재의 수도권 유출이 가속화되고 있는 현실을 고려할 때(김민석, 강민규 2023), 이러한 결과는 광역차원에서 지역 인재를 정착시키고 지식기반산업을 육성하는 것이 여전히 중요하다는 것을 의미한다.

본 연구는 비수도권 도시 네트워크의 경제효과를 실증적으로 분석했다. 방법론적 측면에서 국내연구가 SNA를 중심으로 탐색적인 분석에 머물러 있던 것에서 더 나아가 공간계량경제모델을 활용하여 네트워크의 직·간접효과를 분석하였다는 의의가 있다. 그러나 본 연구는 다음과 같은 한계를 지닌다. 첫째, 데이터의 가용성으로 인해 코로나19 이후 변화된 경제환경을 반영하기 어려웠으므로 분석결과의 일반화에 신중해야 한다. 둘째, 화물OD만을 활용하여 다양한 유형의 네트워크 효과를 관측하지 못했다. 셋째, 외부효과 창출 원인은 심층적으로 다루지 못했다. 향후 연구에서는 최신 상황을 반영한 종단 데이터의 활용과 함께 여러 유형의 네트워크에 대한 외부효과 발생조건을 탐구하는 것이 필요하다.

• 참고문헌 References

1. 강민규, 박노수, 박경현, 허유경, 김지수. 2023. 초광역지역 연합 설치 및 운영에 관한 연구. 세종: 대통령직속 국가균형발전위원회.
   Kang Min Gyu, Park Nosu, Park Kyunghyeon, Hur Yoogyeong and Kim Jisu. 2023. *A Study on the Establishment and Operation of Super-regional Associations*. Sejong: National Committee for Balanced Development.
2. 강현수, 강민규. 2020. 균형발전을 위한 광역협력사업 추진 방안. 국토이슈리포트 23호. 세종: 국토연구원.
   Kang Hyunsu and Kang Mingyu. 2020. Strategies for Promoting Wide-Area Cooperation Projects for Balanced Development. *KRIHS Issue Report 23*. Sejong: Korea Research Institute for Human Settlements.
3. 권규상. 2016. 도시 네트워크의 규범적 개념화에 대한 비판적 검토. 한국도시지리학회지 19권, 2호: 263-282.
   Kwon Kyusang. 2016. Normative conceptualization of urban network: A critical review. *Journal of the Korean Urban Geographical Society* 19, no.2: 263-282.
4. 김민석, 강민규. 2023. 개인 및 지역 특성을 고려한 비수도권 청년유출 영향 요인 분석. 도시행정학보 36권, 2호: 47-66.

www.kci.go.kr

Kim Min Seok and Kang Min Gyu. 2023. An analysis of individual and regional factors influencing youth outflow from non-capital regions. *Journal of The Korean Urban Management Association* 36, no.2: 47-66.

5. 김효성, 구동회. 2019. 우리나라 도시 네트워크의 공간구조 변화. 대한지리학회지 54권, 6호: 621-636.
Kim Hyosung and Koo Donghoe. 2019. The change of spatial structure of urban networks in Korea. *Journal of the Korean Geographical Society* 54, no.6: 621-636.
6. 김홍주. 2008. 대도시광역권의 지역 간 네트워크 구조 변화: 대전, 광주, 대구, 부산·울산광역시를 중심으로. 국토연구 59권: 263-280.
Kim Hongjoo. 2008. The change of inter-regional network structure in metropolitan area in Daejeon, Gwangju, Daegu, Busan·Ulsan. *The Korea Spatial Planning Review* 59: 263-280.
7. 대통령직속 지방시대위원회. 2023. 제1차 지방시대 종합계획 (2023~2027).
Presidential Committee for Decentralization and Balanced Development. 2023. *The 1st Comprehensive Plan for Local Era.*
8. 손정렬. 2011. 새로운 도시성장 모형으로서의 네트워크 도시-형성과정, 공간구조, 관리 및 성장전망에 대한 연구동향. 대한지리학회지 46권, 2호: 181-196.
Sohn Jungryul. 2011. Network city as a new urban growth model: A review on its formation, spatial structure, management, and growth potential. *Journal of the Korean Geographical Society* 46, no.2: 181-196.
9. 엄현태, 우명제. 2019. 중심도시와의 네트워크가 도시성장에 미치는 영향. 국토계획 54권, 3호: 15-26.
Eom Hyeuntae and Woo Myungje. 2019. The impact of network with central city on urban growth. *Journal of Korea Planning Association* 54, no.3: 15-26.
10. 조병설, 홍성호, 이만형. 2015. 도시 네트워크 관점에 근거한 국토 공간구조의 재해석: 대기업 연결망을 중심으로. 한국지역개발학회지 27권, 1호: 1-22.
Cho Byung-Seol, Hong Sung-Ho and Lee Man-Hyung. 2015. Reinterpretation of Korean spatial structure based on urban network approaches: Focused on conglomerate business networking. *Journal of the Korean Regional Development Association* 27, no.1: 1-22.
11. 최병두. 2015. 네트워크도시 이론과 영남권 지역의 발전 전망. 한국지역지리학회지 21권, 1호: 1-20.
Choi Byung-Doo. 2015. Theory of network city and perspective on development of the Yeongnam region. *Journal of The Korean Association of Regional Geographers* 21, no.1: 1-20.
12. Alderson, A. S. and Beckfield, J. 2004. Power and position in the world city system. *American Journal of Sociology* 109, no.4: 811-851.
13. Alonso, William. 1975. *Urban Zero Population Growth. In The No-Growth Society.* New York: Routledge.
14. Anselin, Luc. 1988. *Spatial Econometrics: Methods and Models.* 4 vols. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
15. Ansell, C. and Gash, A. 2008. Collaborative governance in theory and practice. *Journal of Public Administration Research and Theory* 18, no.4: 543-571.
16. Batten, David F. 1995. Network cities: Creative urban agglomerations for the 21st century. *Urban Studies* 32, no.2: 313-327.
17. Burger, M. J. and Meijers, E. J. 2012. Form follows function? Linking morphological and functional polycentricity. *Urban Studies* 49, no.5: 1127-1149.
18. Burger, M. J., Meijers, E. J., Hoogerbrugge, M. M. and Tresserra, J. M. 2015. Borrowed size, agglomeration shadows, and cultural amenities in North-West Europe. *European Planning Studies* 23, no.6: 1090-1109.
19. Camagni, R., Capello, R. and Caragliu, A. 2015. The rise of second-rank cities: What role for agglomeration economies? *European Planning Studies* 23, no.6: 1069-1089.
20. Camagni, R. P. and Salone, C. 1993. Network urban structures in northern Italy: Elements for a theoretical framework. *Urban Studies* 30, no.6: 1053-1064.
21. Capello, Roberta. 2000. The city network paradigm: Measuring urban network externalities. *Urban Studies* 37, no.11: 1925-1945.
22. Crucitti, P., Latora, V. and Porta, S. 2006. Centrality measures in spatial networks of urban streets. *Physical Review E* 73: 036125.

www.kci.go.kr

23. De Fabiis, F., Mancuso, A. C., Silvestri, F. and Coppola, P. 2023. Spatial economic impacts of the TEN-T network extension in the Adriatic and Ionian region. *Sustainability* 15, no.6: 5126.
24. Dobkins, L. H. and Ioannides, Y. M. 2001. Spatial interactions among US cities: 1900-1990. *Regional Science and Urban Economics* 31, no.6: 701-731.
25. Elhorst, J. Paul. 2010. Applied spatial econometrics: Raising the bar. *Spatial Economic Analysis* 5, no.1: 9-28.
26. _____. 2014. *Spatial Econometrics: From Cross-Sectional Data to Spatial Panels.* Heidelberg: Springer.
27. Freeman, Linton C. 1977. A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry* 40, no.1: 35-41.
28. Fu, W., Luo, C. and Yan, M. 2023. Does urban agglomeration promote the development of cities? Evidence from the urban network externalities. *Sustainability* 15, no.12: 9850.
29. Gao, H., Zhang, Y. and Li, G. 2024. Does improvement of railway network promote urban economic growth? Evidence from Northeast China. *PLOS ONE* 19, no.10: e0309133.
30. Green, Nick. 2007. Functional polycentricity: A formal definition in terms of social network analysis. *Urban Studies* 44, no.11: 2077-2103.
31. Hall, P. G. and Pain, K. 2006. *The Polycentric Metropolis: Learning from Mega-city Regions in Europe.* London: Routledge.
32. Huang, Y., Hong, T. and Ma, T. 2020. Urban network externalities, agglomeration economies, and urban economic growth. *Cities* 107: 102882.
33. Kloosterman, R. C. and Musterd, S. 2001. The polycentric urban region: towards a research agenda. *Urban Studies* 38, no.4: 623-633.
34. LeSage, J. and Pace, R. K. 2009. *Introduction to Spatial Econometrics.* New York: Chapman and Hall/CRC.
35. Lucas, Robert E. 1988. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics* 22, no.1: 3-42.
36. Manski, Charles F. 1993. Identification of endogenous social effects: The reflection problem. *The Review of Economic Studies* 60, no.3: 531-542.
37. Marshall, Alfred. 1890. *Principles of Economics.*. London: Macmillan.
38. Meijers, E. J. and Burger, M. J. 2017. Stretching the concept of 'borrowed size'. *Urban Studies* 54, no.1: 269-291.
39. Meijers, E. J., Burger, M. J. and Hoogerbrugge, M. M. 2016. Borrowing size in networks of cities: City size, network connectivity and metropolitan functions in Europe. *Papers in Regional Science* 95, no.1: 181-198.
40. Pain, K., Van Hamme, G., Vinciguerra, S. and David, Q. 2016. Global networks, cities and economic performance: Observations from an analysis of cities in Europe and the USA. *Urban Studies* 53, no.6: 1137-1161.
41. Romer, Paul M. 1986. Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy* 94, no.5: 1002-1037.
42. Rüttenauer, Tobias. 2022. Spatial regression models: a systematic comparison of different model specifications using Monte Carlo experiments. *Sociological Methods and Research* 51, no.2: 728-759.
43. Sigler, T. J. and Martinus, K. 2017. Extending beyond 'world cities' in World City Network (WCN) research: Urban positionality and economic linkages through the Australia-based corporate network. *Environment and Planning A: Economy and Space* 49, no.12: 2916-2937.
44. Tian, M., Wang, Y. and Wang, Y. 2023. High-speed rail network and urban agglomeration economies: Research from the perspective of urban network externalities. *Socio-Economic Planning Sciences* 85: 101442.
45. Tongjing, W., Meijers, E., Bao, Z. and Wang, H. 2024. Intercity networks and urban performance: A geographical text mining approach. *International Journal of Urban Sciences* 28, no.2: 262-283.
46. Wasserman, S. and Faust, K. 1994. *Social Network Analysis: Methods and Applications.* Cambridge: Cambridge University Press.
47. Wei, Y., Wang, J., Zhang, S., Sono, D. and Xiu, C.

www.kci.go.kr

2022. Urban positionality in the regional urban network: Through the lens of alter-based centrality and national-local perspectives. *Habitat International* 126: 102617.

48. Yue, W., Wang, T., Liu, Y., Zhang, Q. and Ye, X. 2019. Mismatch of morphological and functional polycentricity in Chinese cities: An evidence from land development and functional linkage. *Land Use Policy* 88: 104176.

• 논문 접수일: 2025. 7. 1.
• 심사 시작일: 2025. 7. 15.
• 심사 완료일: 2025. 8. 7.

요약

본 연구는 도시 네트워크를 이론적 배경으로 비수도권의 네트워크 수준이 경제성장에 미치는 영향을 실증적으로 분석하였다. 국가교통DB의 화물OD자료를 활용하여 비수도권 내부 네트워크(G1)와 비수도권-수도권 네트워크(G2)라는 두 가지 유형의 네트워크를 구축하고, 독립변수의 공간지연항을 포함하는 공간더빈오차모형(SDEM)을 통해 네트워크 중심성과 거점도시가 노동생산성에 미치는 직접효과와 간접효과를 정량적으로 평가하였다. 먼저 공간가중행렬의 통계적 정합성을 검증한 결과, 화물 네트워크 연계를 통한 경제적 파급효과는 확인되지 않았으며, 물리적 인접성에 기반한 외부효과만이 통계적으로 유의했다. SDEM 분석결과 네트워크 유형별 결과에 차이가 존재했다. 비수도권 내부 네트워크(G1)에서는 연결성이 노동생산성에 부정적 직접효과를 미친 반면, 동남권 거점도시에만 경제효과가 집중되었다. 비수도권-수도권 네트워크(G2)에서는 수도권과의 연계가 비수도권의 노동생산성에 기여하는 결과가 도출되었으나, 충청권 거점도시를 중심으로 부정적인 파급효과가 관찰되었다. 한편 사업체매출액과 인적자본은 직·간접적으로 모두 긍정적인 영향력을 보여 전통적 생산요소의 중요성을 다시 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 비수도권 도시 간 네트워크가 상호 보완적인 단계에 도달하지 못한 현실을 보여주며, 내부 연계를 강화하는 것만으로는 균형 있는 상생구조를 형성하기 어렵다는 점을 시사한다.

• **주제어:** 도시 네트워크, 도시 네트워크 외부효과, 공간계량경제모델, 공간적 파급효과, 지역균형발전

www.kci.go.kr

부표 1 W_{OD} 모형별 추정값 및 적합도 비교

변수	OLS	SAR(W_{OD})	SEM(W_{OD})	SDM(W_{OD})	SDEM(W_{OD})
상수항	1.593*** (0.588)	4.347 (5.263)	1.609** (0.574)	144.785** (59.475)	144.816** (60.389)
사업체매출액(R)	0.879*** (0.095)	0.878*** (0.093)	0.873*** (0.093)	0.697*** (0.107)	0.692*** (0.107)
인적자본(H)	0.247*** (0.049)	0.247*** (0.048)	0.251*** (0.048)	0.248*** (0.057)	0.251*** (0.057)
G1 내향중심성 (inWDC_G1)	−0.216*** (0.046)	−0.217*** (0.044)	−0.218*** (0.044)	−0.185*** (0.053)	−0.183*** (0.054)
G1 외향중심성 (outWDC_G1)	−0.148*** (0.044)	−0.149*** (0.043)	−0.151*** (0.043)	−0.124** (0.056)	−0.125** (0.056)
G2 내향중심성 (inWDC_G2)	0.005 (0.038)	0.006 (0.037)	0.004 (0.037)	−0.017 (0.039)	−0.018 (0.039)
G2 외향중심성 (outWDC_G2)	0.184*** (0.034)	0.186*** (0.033)	0.189*** (0.032)	0.145*** (0.043)	0.142*** (0.043)
G1 거점도시 (CC_G1)	0.376*** (0.107)	0.374*** (0.104)	0.381*** (0.105)	0.454*** (0.126)	0.467*** (0.126)
G2 거점도시 (CC_G2)	−0.079 (0.118)	−0.084 (0.115)	−0.085 (0.114)	0.070 (0.122)	0.082 (0.123)
W사업체매출액(R)				−21.797** (9.998)	−26.391*** (9.692)
W인적자본(H)				3.392 (5.389)	2.931 (5.510)
WG1 내향중심성 (inWDC_G1)				−2.562 (4.542)	−1.685 (4.623)
WG1 외향중심성 (outWDC_G1)				−0.250 (4.478)	0.067 (4.575)
WG2 내향중심성 (inWDC_G2)				−3.831 (3.189)	−3.699 (3.205)
WG2 외향중심성 (outWDC_G2)				5.886** (2.800)	5.139* (2.765)
WG1 거점도시 (CC_G1)				12.451 (10.949)	12.721 (11.079)
WG2 거점도시 (CC_G2)				1.864 (12.770)	2.321 (13.140)
Rho(ρ)		−0.560		−3.887	
Lambda(λ)			−2.877		−6.370
AIC	−10.463	−8.649	−9.749	−28.649	−29.451

주: 1) ***p〈0.01, **p〈0.05, *p〈0.1.
2) 괄호 안의 수치는 표준오차(Standard Error)를 의미함.
3) 통계적으로 유의한 계수(p〈0.05)를 음영처리함.

www.kci.go.kr