

기존 및 신규 첨단제조업 사업체의 입지 결정요인: Industry 4.0 기술의 공간 파급효과*

Locational Determinants of Existing and New High-Tech Manufacturing Establishments: Spatial Spillovers of Industry 4.0 Technologies

박지한 Park Jihan**, 김동현 Kim Donghyun***

Abstract

We examined the impact of knowledge spillovers on the location choices of existing and new high-tech manufacturing establishments. Technologies were classified as related or unrelated to Industry 4.0, and spatial spillover effects were examined using a spatial Durbin model. We analyzed high-tech manufacturing establishments founded before 2019 and new manufacturing establishments founded during 2020–2022. Technological unrelatedness can foster innovation and a stable business environment, positively influencing establishment location. In contrast, 4.0 technological relatedness may support the growth of existing establishments but does not significantly promote the formation of new establishments. Moreover, high technological relatedness generates negative spatial spillover effects, potentially leading to excessive concentration in certain regions. This study highlights the need for balanced policy strategies that address the dual effects of technological agglomeration in spatial planning. We emphasize the importance of adjusting industrial policy to address the tensions between existing and emerging high-tech manufacturing establishments.

Keywords: High-tech Manufacturing, Startups, Location Choice, Knowledge Spillovers, Relatedness and Unrelatedness Density, Fourth Industrial Revolution

I. 서론

4차 산업혁명의 부상으로 기술 및 산업환경이 빠르게 재편되고 있다. 교역 산업은 비교역 산업보다 지역 경쟁력 강화와 고용성장에 더 큰 영향을 미치며(Storper, Kemeny, Makarem and Osman 2015), 이 중 고부

가가치 교역 산업은 그 파급력이 특히 크다. 특히, 첨단제조업은 전통 제조업과 차별화된 기술 집약적 특성과 지식 외부효과를 통해 지역 혁신 생태계를 촉진하며, 고부가가치를 창출한다(Gornig and Schiersch 2024; Zhang, Huang, Sun and Wang 2013). 또한, 첨단제조업의 입지는 글로벌 가치사슬과 연계되며,

* 본 논문은 2020년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(RS-2020-NR054846).

** 부산대학교 도시공학과 박사과정(제1저자) | Ph.D. Student, Dept. of Urban Planning and Engineering, Pusan National Univ. | Primary Author | jihan6834@pusan.ac.kr

*** 부산대학교 도시공학과 부교수(교신저자) | Associate Prof., Dept. of Urban Planning and Engineering, Pusan National Univ. | Corresponding Author | donghyun-kim@pusan.ac.kr

지역경제의 경쟁력과 지속가능성을 강화한다(Arauzo-Carod 2009). 정부 차원에서 첨단산업 활성화 및 클러스터 조성을 적극 추진하는 이유도 같은 맥락이다.

사업체의 입지 결정요인을 설명하는 주요 접근은 신고전주의 경제학(Neoclassical Economics)과 신경제지리학(New Economic Geography)으로 구분된다. 신고전주의 이론은 최저 비용을 중점으로 입지 결정을 설명한다(Weber 1929). 반면, 최근에는 집적경제(agglomeration economies)가 사업체의 주요 입지 결정요인으로 강조된다(Krugman 1991). 국지화 경제(localization economies) 및 도시화 경제(urbanization economies)는 사업체 입지 결정에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고된다(김규환, 김병근 2021; 김희연, 정수연 2023; He and Romanos 2016).

반면, 국지화 경제를 입지계수로 정량화하면(김희연, 정수연 2023), 주요 메커니즘 중 하나인 지식 파급효과는 비가시적 특성으로 인해 실증적 포착이 어렵다(Cerver-Romero, Ferreira and Fernandes 2020). 이에 일부 연구에서는 특허 수 또는 대졸자 수와 같은 지표로 지식과 기술 수준을 대리한다(Coll-Martínez, Jove-Llopis and Teruel 2022; Wang, Ascani and Castaldi 2023). 그러나 이는 총량을 반영할 뿐이며, 지식과 기술 간 관계를 명시적으로 측정하기 위해서는 네트워크 분석이 유용할 수 있다(Ter Wal and Boschma 2009).

본 연구에서는 입지계수나 특허 수 대신 네트워크 분석을 통해 지역의 기술 수준을 정량화했다. 또한, 주어진 기술 간 관계를 연관성(relatedness) 및 비연관성(unrelatedness) 차원으로 구분했다(Boschma, Miguelez, Moreno and Ocampo-Corrales 2023). 연관된 기술은 점진적 혁신을 촉진하고(Hesse and Fornahl 2020), 비연관된 기술은 이종 기술 간 결합을

통해 급진적 혁신을 유발한다(Saviotti and Frenken 2008). 이 두 기술의 조합은 기술 경로 의존성에 따라 다양한 생태계를 형성할 수 있다(Boschma, Miguelez, Moreno and Ocampo-Corrales 2023). 첨단제조업 사업체가 선호하는 기술 생태계의 환경적 특성이 다를 수 있다.

본 연구는 지식 파급효과가 첨단제조업 사업체 및 신규 첨단제조업 사업체의 입지 결정에 미치는 영향을 분석하는 것이 목적이다. 특히, 지식 파급효과를 기술 연관성 밀도(relatedness density)와 비연관성 밀도(unrelatedness density)로 구분하고 공간 파급효과(spatial spillovers)를 검증했다. 2019년 이전에 설립된 첨단제조업 사업체와 2020~2022년 신규 설립된 첨단제조업 사업체를 대상으로 연구를 수행했다. 전국 지자체 수준에서 공간터빈모형(spatial Durbin model)을 활용했다. 본 연구는 기술 경로 의존성이 강한 지역의 존재가 불균형적인 사업체 입지 결정을 초래할 수 있음을 제시한다. 또한, 이러한 지역에서는 창업 생태계 조성이 어려울 수 있어 기존 및 신규 첨단제조업 사업체를 위한 차별화된 정책 대응이 필요함을 시사한다.

II. 선행연구 검토

1. 첨단제조업 및 신규 사업체 정의

첨단산업은 「첨단산업 인재혁신 특별법」에 따라 ‘기존 산업을 혁신하거나 새로운 사회적·경제적 가치가 있어 시장성, 파급효과, 성장 잠재력과 국민경제의 발전에 대한 기여도가 높을 것으로 예상되는 산업’으로 정의될 수 있다. 통상 연구개발 집약도와 기술 수준이 높은 고기술(high-tech) 산업이 이러한 요건을 충족한다. OECD(2015)에서도 부가가치 대비 연구개발 투입 비율 2.5% 이상인 산업을 고기술 산업으로 분류

한다. 그러나 국내외 연구에서는 고기술 산업을 신성장산업, 신산업, 벤처기업, 기술창업기업, 고기술산업 등의 유사한 용어로 혼용하여 지칭하는 경향이 있다(김규환, 김병근 2021; 송창현, 김주영, 임업 2022; Gornig and Schiersch 2024; Jensen and Clausen 2017). 이에 첨단산업을 배타적으로 정의하기는 쉽지 않다.

한편, 4차 산업혁명으로 기술 패러다임이 전환됨에 따라, 인공지능·사물인터넷·클라우드·빅데이터·로봇·3D 프린팅 등의 핵심기술을 적극적으로 생산·활용하는 제조업은 산업 혁신성과 파급효과 측면에서 전통적 첨단산업과 기능적으로 유사할 수 있다(Abdullah, Saleh, Al-Ahmari and Anwar 2022). 다시 말해, 첨단제조업과 4차 산업혁명 관련 산업은 연구개발 집약도와 특정 기술의 활용·집약도라는 차별화된 기준을 갖지만, 혁신역량이라는 공통 속성에서 부분적으로 중첩된다. 이에 4차 산업혁명 관련 업종을 첨단산업의 현대적 형태로 간주하는 시각은 이론적·실증적 근거를 동시에 갖출 수 있다.

창업 7년 이하의 법인 또는 개인사업자는 「중소기업창업 지원법」에 따라 창업기업으로 정의될 수 있다. 그러나 이에 기반하여 신규 사업체를 정의하게 되면 최초의 입지 결정뿐만 아니라 입지 이전에 대한 메커니즘이 구분될 수 없다. 특히, 창업 사업체는 사업체 전체 대비 약 4~5배 많은 입지 이전을 수행한다(송창현, 김주영, 임업 2022). 더욱이, 고기술 산업군에서는 지식 집약적 산업의 집적, 벤처 캐피털 등이 입지 이전을 주도한다(Ioramashvili, Feldman, Guy and Iammarino 2024). 이에 특정 지역으로 흡입이 강하게 발생할 수 있다. 이를 간과하고 창업 사업체를 정의하여 분석을 진행하면, 활성화된 기존 생태계에서

창업이 두드러진다는 결론으로 귀결될 가능성이 높다. 한편, 경쟁 강도가 높은 환경은 오히려 창업 생태계에 불리할 수도 있다(de Vasconcelos Gomes, Salerno, Phaal and Probert 2018). 창업 이후 3년이 지나지 않은 창업자는 「중소기업창업 지원법」에 근거하여 초기 창업자로 정의된다. 본 연구는 엄격한 관점에서 최초의 입지 결정만을 수행한 것으로 볼 수 있는 사업체를 신규 사업체로 정의했다.¹⁾

2. 사업체의 입지 결정요인

사업체의 입지 결정요인을 설명하는 이론적 틀은 크게 신고전주의 요인과 신경제지리학 접근으로 구분할 수 있다. 먼저, 최소비용이론(Least Cost Theory)은 생산 비용을 최소화하기 위해 운송비 및 노동비 등에 기반하여 기업이 최적의 입지를 선택함을 설명한다(Weber 1929). 시장의 특성, 기술과 같은 지역의 구조적 요인보다는 비용의 효율성, 특히 물류에서 비용의 효율성을 강조한다. 실제로 제조업 부문에서는 물류비용이 상당히 중요하며, 고속도로 접근성은 전통 제조업 사업체의 입지 결정을 상당 부분 설명해 왔다(Kim 2021; Holl 2016). 그 외에 토지 및 노동 비용이 낮은 곳에서도 제조업이 더 집중될 수 있으며(김희연, 정수연 2023; Wang, Ascani and Castaldi 2023), 이는 비용 절약의 측면으로 이해된다.

반면, 신경제지리학적 접근에서 사업체의 입지 결정은 공간적 상호작용으로 좌우된다(Krugman 1991). 시장의 규모, 외부 경제, 네트워크 효과 등이 해당하며, 집적경제는 이를 실현하게 한다. 집적경제는 동종 산업 간 집적으로 나타나는 경제적 외부효과인 국지화 경제(localization economy)와 이종산업 집적에

1) Coll-Martínez, Jové-Llopis, and Teruel(2022)와 손아람, 박정일, 이수기(2022) 등의 연구에서도 창업 3~4년 내 사업체만을 대상으로 연구를 수행한 바 있음.

의한 도시화 경제(urbanization economy)로 구분된다(Glaeser, Kallal, Scheinkman and Shleifer 1992; Jacobs 1961; Marshall 1890). 먼저, Marshall (1890)의 논의에 기초하여 국지화 경제가 긍정적 외부효과를 발생시키는 메커니즘은 다음의 세 가지로 요약된다: 노동시장 풀링(labor market pooling), 중간재 공유(input sharing), 지식 파급효과(knowledge spillovers). 기업과 사업체는 숙련된(skilled) 고급 노동력, 중간재와 공급망, 신기술과 혁신적 아이디어를 쉽게 공유하고 활용함으로써 생산성과 효율성을 높인다(Jofre-Monseny, Marine-López and Viladecans-Marsal 2014). 반대로 도시화 경제는 사회문화적 다양성, 공유 인프라, 이질적인 개체 간 상호작용을 통해 혁신성을 높일 수 있다(He and Huang 2016; He and Romanos 2016).

그 외에 제도적 요인도 사업체의 입지 결정에 영향을 줄 수 있다(정홍열 2023, 51). 특히, 조닝(zoning)은 제조업 사업체의 입지 결정을 지배할 가능성이 크다. 한국은 「국토의 계획 및 관리에 관한 법률」에 따라 도시지역이 주거, 상업, 공업, 녹지지역으로 구분되고 있다. 공업지역 면적은 사업체 입지 결정에 직접적인 고려 대상일 수 있으므로(김희연, 정수연 2023; 손아람, 박정일, 이수기 2022), 사업체의 입지 결정요인 분석 시 이를 통제할 필요가 있다.

3. 한계점 및 차별성

첨단 사업체는 지식 및 기술에 대한 높은 의존성으로 인해, 전통적인 비용·시장 중심 요인만으로는 입지 특성을 충분히 설명하기 어려울 수 있다. 이에 일반적인 입지 결정요인과 구분된 접근이 필요하다. 그러나 선행연구에서 첨단 사업체만의 특징적인 입지 요인을 구체적으로 식별한 경우는 드물다. Zhang, Huang, Sun and Wang(2013)과 Gornig and Schiersch(2024)

는 다른 산업과 마찬가지로 첨단 사업체의 입지 결정에서도 집적경제의 중요성을 강조한다. 차별적 요인으로는 연구개발 인프라, 특허 수, 연구개발 인력 정도가 있다(김규환, 김병근 2021; 김민준, 정창무, 임재빈 2022; Arauzo-Carod 2009; 2021). 단, 이는 기술이 풍부한 곳에 첨단 사업체를 유인할 가능성을 보여주는 데 그쳤다. 특히, 국지화 경제의 주요 메커니즘 중 하나인 지식 파급효과는 비가시적 요소로 구성되며, 노동시장 풀링이나 중간재 공유와 달리 입지계수로 정량화가 어렵다(Cerver-Romero, Ferreira and Fernandes 2020).

지식 파급효과를 고려한 선행연구에서는 주로 특허 강도, 연구개발 인력, 대졸자 수 등의 지표로 지역의 지식수준을 대리한다(Coll-Martínez, Jové-Llopis and Teruel 2022; Wang, Ascani and Castaldi 2023; 김민준, 정창무, 임재빈 2022). 그러나 이는 지식의 절대적 총량만 강조할 뿐 실제 주어진 지역에서 특정 기술이 어떻게 상호 연결되는지를 고려하지 못한다. 또한, 선행연구에서는 기술의 연관성과 비연관성을 구분하지 못하고 있다. 연관된 기술은 축적된 기술을 기반으로 발달하며 위험과 불확실성을 줄이고 점진적 혁신을 돕는다(Hesse and Fornahl 2020). 반면, 비연관된 기술은 이종 기술 간 결합을 통해 혁신적 가치를 높여 급진적 혁신을 촉진할 수 있다(Saviotti and Frenken 2008). 이러한 차이는 지역의 기술 경로 의존성(path dependency)을 유발하는 등 다양한 구조적 영향으로 이어질 수 있다(Boschma, Miguelez, Moreno and Ocampo-Corrales 2023).

본 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 기존 연구에서 지식 파급효과를 단순히 입지계수로 정량화했던 접근을 보완하고 이를 더 명확한 별도의 변수로 정량화했다. 기존에는 지식 파급효과를 집적경제의 한 형태로서 포괄적으로 해석했으나, 본 연구에서는 기술 수준 그 자체를 더 정교하게 측정했다. 둘째,

네트워크 분석을 활용하여 기술 및 지식 간 구조적 특성을 반영했다. 네트워크 분석은 비가시적 요소를 정량화하기 위한 최적의 도구로 제시된다(Ter Wal and Boschma 2009). 이는 기존 연구와 달리 지식 간 상호 작용과 구조적 특성을 반영하려는 시도다. 마지막으로, (비)연관된 기술이 미치는 차별적 영향을 분석했다. 이를 통해 첨단 사업체의 입지와 기술 경로 의존성 간 관계를 명시적으로 식별했다.

를 분석의 공간적 범위로 설정했다. 지자체 단위는 사업체의 입지 결정에 영향을 미치는 산업 육성 및 지원 정책이 시행될 수 있는 최소 행정 단위로서 실질적인 정책적 시사점을 제공하는 데 유용하다. 정책 실행과 행정적 관리가 이루어지는 공간 단위에서 분석을 수행하여 사업체 입지 결정을 평가했다.

III. 자료 및 분석 방법

1. 연구의 대상과 범위

본 연구는 기존 첨단제조업 사업체의 입지 특성을 식별하기 위해 2022년 기준 2019년 이전 설립된 첨단 제조업 사업체의 분포를 활용했다. 신생 사업체는 2020~2022년에 설립된, 설립 3년 이내의 사업체로 한정했다. 사업체의 입지 결정에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 전국 229개 기초 지자체(시·군·구)

2. 자료 및 변수

본 연구에서 활용한 모든 변수와 자료의 출처는 <표 1>과 같다. 첨단제조업 사업체 분포는 통계청에서 제공하는 2019년과 2022년 전국사업체조사에서 얻었다. 전국사업체조사는 제10차 한국표준산업분류에 기반하여 사업체별 대표 업종을 세세분류(5-digit) 수준에서 구분한다. 기술 (비)연관성을 식별하기 위해 특히 출원 자료를 활용했다. 특히 출원 정보는 Korea Intellectual Property Rights Information Service (KIPRIS) plus에서 얻었다. KIPRIS plus에서는 특허 청구 보유한 출원된 특허의 출원지와 협력적 특허

표 1 변수 설명

개념		정의	출처	
종속 변수	기존 첨단제조업 사업체	2019년 이전에 설립된 지자체별 첨단제조업 사업체 수	전국사업체조사 (2022년)	
	신규 첨단제조업 사업체	2020~2022년 지자체별 첨단제조업 신규 사업체 수	전국사업체조사 (2022년)	
독립 변수	신경제지리학	기술 연관성 밀도	Industry 4.0 기술 연관성 밀도	KIPRIS plus (2000~2019년)
		기술 비연관성 밀도	Industry 4.0 기술 비연관성 밀도	KIPRIS plus (2000~2019년)
		국지화 경제	2019년 지자체별 첨단 제조업 종사자 입지계수	전국사업체조사 (2019년)
		도시화 경제	산업 다양성 지수(허쉬만-허핀달 지수의 역수)	전국사업체조사 (2019년)
	신고전주의 입지요인	노동생산성	지자체별 노동생산성(1인당 지역 내 총생산, 백만 원)	지역소득(2019년) 주민등록현황(2019년)
		공시지가	지자체별 평균 공시지가(원/m ²)	국토지표(2019년)
		고속도로 접근성	지자체별 평균 고속도로 나들목 최단 거리(km)	국토지표(2019년)
제도적 요인	공업지역 면적	지자체별 공업지역 총면적(km ²)	국토지표(2019년)	

분류(Cooperative Patent Classification, CPC)코드에 대한 정보를 제공한다. 통계변수를 구축하기 위해 통계청에서 제공하는 지역소득, 행정안전부에서 제공하는 주민등록인구현황, 국토지리정보원에서 제공하는 국토지표를 활용했다.

본 연구는 통계청이 제시한 분류체계(박승빈 2018)를 따라 4차 산업혁명 관련 제조업을 첨단제조업으로 정의했다.²⁾ 해당 분류체계는 다음의 세 단계 절차를 통해 구축되었다. 첫째, 한국표준산업분류 세세분류

수준에서 키워드 기반 매칭으로 인공지능·산업용 로봇·3D 프린팅·클라우드·빅데이터 등 주요 4차 산업혁명 핵심기술을 직접 생산하거나 집약적으로 활용하는 업종을 1차 후보군으로 선정했다. 둘째, 제조업 기술 전문가 5인의 델파이 검토를 통해 후보군의 적절성을 평가하고 비핵심 업종을 제외했다. 셋째, 산업통상자원부의 12대 신산업 통계 및 통계청의 스마트팩토리 구축률 자료와의 교차검증을 수행했으며, 두 외부 자료 중 어느 하나에도 포함되지 않는 업종은

표 2 Industry 4.0 기술 CPC 코드

4-digit CPC 코드	설명
B23Q	공작 기계의 세부, 구성부분, 또는 부속 장치, 예. 모방 또는 제어 장치; 특정의 세부 또는 구성부분의 구조에 특징이 있는 공작 기계; 특정의 결과를 목적으로 하지 않는 금속 가공 기계의 조합
B33Y	적층 제조, 즉, 적층적 퇴적, 적층적 응집 또는 적층적 레이어링을 이용한 3차원 물체의 제조, 예. 3D 프린팅, 스테레오리소그래피 또는 선택적 레이저 소결에 의한 것
G05B	제어 또는 조정 시스템 일반; 이와 같은 시스템의 기능요소; 이와 같은 시스템 또는 요소의 감시 또는 시험장치
B25J	매니플레이터; 매니플레이터 장치를 갖는 실; 차륜 또는 그의 부분을 지지하기 위한 매니플레이터; 크레인; 원자로 내에서 사용되는 연료 또는 기타 물질의 처리 수단
B29C	플라스틱의 성형 또는 접합; 소성 상태에 있는 물질의 성형으로서 달리 분류되지 않는 것; 성형품의 후처리, 예. 수선
B60T	차량 제동 제어 시스템 또는 그것의 부품; 제동 제어 시스템 또는 그것의 부품, 일반; 차량의 제동 요소의 배치 일반; 차량의 원치 않는 이동을 방지하기 위한 휴대용 장치; 제동의 냉각을 용이하게 하기 위한 차량 개선
B60W	다양한 유형 또는 다양한 기능의 차량 하위 유닛의 공동 제어; 하이브리드 차량에 특별히 적용된 제어 시스템; 특정 하위 유닛의 제어와 관련되지 않은 목적을 위한 도로 차량 구동 제어 시스템
G01S	무선에 의한 방위결정; 무선 항행; 전파의 사용에 의한 거리 또는 속도의 결정; 전파의 반사 또는 재방사의 사용에 의한 위치 또는 존재 감지; 기타의 파류를 사용하는 유사한 장치
G05D	비전기적 변량의 제어 또는 조정을 위한 시스템
G06F	전기에 의한 디지털 데이터처리
G06N	특정 계산모델 기반의 컴퓨팅 장치
G06T	일반적으로 이미지 데이터 처리 또는 생성
H01L	클래스에 포함되지 않는 반도체 소자
H04L	디지털 정보의 전송, 예. 전신통신
H04W	무선 통신 네트워크
Y02P	상품의 생산 또는 공정의 기후 변동 완화 기술
Y04S	전력 발전, 송전 또는 배전, 관리 또는 이용을 향상시키는 전원망 운영, 통신 또는 정보 기술과 관련된 기술을 통합하는 시스템, 즉, 스마트 그리드

자료: Jun, Kim, Choi and Jeon et al. 2023.

2) 제조업(10차 한국표준산업분류): 20202, 26421, 23999, 26111, 26112, 26212, 26219, 26293, 26299, 26310, 26422, 26429, 26519, 27211, 27301, 28114, 28119, 28123, 28202, 29222, 29224, 29280, 29292, 30332, 30399, 31311, 31312, 31322. 서비스업(10차 한국표준산업분류): 58219, 58221, 58222, 61210, 61220, 62010, 62021, 63111, 63120, 63991, 66199, 70111, 70121, 70129.

최종 목록에서 제외했다.

이 분류는 플랫폼 서비스업과 같이 비물질적이며 융합적인 성격을 가지는 업종을 포착하는 데 한계가 있다. 특히, 교차검증에 활용된 외부 자료 또한 제조업 중심으로 설계된 경향이 있어 서비스업 부문의 4차 산업 관련 업종 일부가 누락될 가능성이 존재한다. 그러나 본 연구는 제조업에 분석의 초점을 두고 있기에 이러한 제약이 결과에 중대한 영향을 미친다고 보기는 어렵다. 오히려 해당 분류는 국가 통계와의 호환성이 높아 정책 활용 가능성이 크며, 실제로도 다수의 선행연구(신학철, 우명제 2020; 정진원, 조형진, 변병설 2020)에서 활용되고 있어 비교 가능성과 신뢰도 측면에서 충분한 타당성을 지닌다.

본 연구는 업종 분석단위를 6개 산업 부문(첨단제조업, 전통제조업, 첨단서비스업, 전통서비스업, 농림어업, 광업)으로 구분했다. 먼저 한국표준산업분류 세세분류 수준에서 4차 산업혁명 핵심기술을 생산·활용하는 업종을 첨단제조업(또는 첨단서비스업)으로 식별했다. 이어서, 한국표준산업분류 대분류 수준에서 정의된 제조업과 서비스업에서 첨단제조업과 첨단서비스업으로 정의된 업종을 제외한 모든 업종을 각각 전통제조업과 전통서비스업으로 정의했다. 농림어업과 광업은 대분류 기준을 그대로 유지했다. 이는 입지계수 및 산업 다양성 지수를 계산하기 위한 산업 구분이다.

기술 연관성(Technological relatedness)을 식별하기 위해 2000~2019년 한국특허청에서 출원된 259만 7,079개 특허 내 CPC 코드의 공동출현(co-occurrence)을 계산했다. 4차 산업혁명은 비교적 최근의 논의이지만, 관련된 핵심기술은 3차 산업혁명 기술에 기반을 두고 2000년대 초부터 꾸준히 누적되어 왔다(Capello and Lenzi 2021). 또한, 누적적 지식 스톡은 지역 입지 경로를 고착시키는 경향이 있으므로(Martin and Sunley 2006), 과거의 분포로

미래의 경향을 설명하려는 시도는 이론적으로 타당할 수 있다. <표 2>는 CPC 4-digit 수준(총 672개)에서 식별한 Industry 4.0 기술, 즉 CPC 17개 코드를 요약한다. Boschma, Miguelez, Moreno and Ocampo-Corrales(2023)을 따라, 주어진 특허 내 모든 두 기술이 함께 나타나는 빈도를 계산하여 주어진 두 기술(s, k) 간 연관성(α_{sk})을 측정했다. 이는 <식 1>과 같다:

$$\alpha_{sk} = \frac{M\theta_{sk}}{T_s T_k} \quad \text{〈식 1〉}$$

θ_{sk} 은 주어진 특허에서 기술(CPC) s 와 k 가 함께 나타난(즉, 표기된) 총횟수를 의미한다. T_s 와 T_k 는 모든 특허에서 나타난 기술 s 와 k 의 총횟수이며, M 은 전체 특허 수를 의미한다. α_{sk} 는 두 노드 s 와 k 간 엣지(edge) 정보를 구성하며, 전체 기술 공간(technology space)은 네트워크로 표현된다.

연관성 $\alpha_{sk} \leq 1$ 인 경우, 두 기술 s 와 k 는 주어진 특허에서 우연히 함께 등장할 확률과 같거나 낮은 것으로 보고 두 기술을 비연관된 것으로 간주한다(Boschma, Miguelez, Moreno and Ocampo-Corrales 2023). 672x672차원 비연관성 행렬에서 각 셀 γ_{sk} 이 $\alpha_{sk} \leq 1$ 이면 1, 아니면 0을 반환한다. 반대로 $\alpha_{sk} > 1$ 이면, 두 기술 s 와 k 는 우연보다 더 자주 함께 등장하는 것으로 이해하고 관련된 기술로 판단한다. 672x672차원 연관성 행렬에서 각 셀 δ_{sk} 는 $\alpha_{sk} > 1$ 이면 1, 아니면 0으로 정의된다.

이어서, 지역 수준에서 (비)연관성 밀도를 계산하기 위해 주어진 기술이 주어진 지역에서 특화되었는지를 식별하기 위해 <식 2>와 같이 현시기술 우위(revealed technological advantage, RTA)를 계산했다:

$$RTA_{sj} = \frac{(P_{sj} / \sum_s P_{sj})}{(\sum_j P_{sj} / \sum_s \sum_j P_{sj})} \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

P_{sj} 은 지역 j 에서 출원된 기술 s 에 대한 전체 특허 수를 의미한다.³⁾ 주어진 기술 s 에 대하여 현시기술 순위가 높은 지역은 다른 지역 대비 기술 포트폴리오에서 기술 s 의 비중이 높다. $RTA_{sj} > 1$ 이면 $\psi_{sj}=1$, 아니면 $\psi_{sj}=0$ 을 반환했다.

마지막으로, 기술 연관성 밀도(TRD) 및 기술 비연관성 밀도(TUD)를 <식 3>, <식 4>와 같이 계산했다(Boschma, Miguelez, Moreno and Ocampo-Corrales 2023):

$$TRD_{sj} = \frac{\sum_k (\gamma_{sk} \times \psi_{kj} \times I(4.0_k))}{\sum_k \gamma_{sk}} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

$$TUD_{sj} = \frac{\sum_k (\delta_{sk} \times \psi_{kj} \times I(4.0_k))}{\sum_k \delta_{sk}} \quad \langle \text{식 4} \rangle$$

$I(4.0_s)$ 는 주어진 기술 s 가 Industry 4.0 기술인지를 판단하는 더미변수다. 기술 연관성 밀도(TRD)는 특정 Industry 4.0 기술과 연관된 기술이 지역 내 얼마나 가까이 분포하는지를 측정하며, 유사한 기술의 풍부함을 나타낸다. 반면, 비연관성 밀도(TUD)는 Industry 4.0 기술과 연관되지 않은 기술이 주어진 지역 내 얼마나 가까이 분포하는지를 측정하며, Industry 4.0 기술과 거리가 먼 활동의 풍부함을 말해준다. 기술 연관성 밀도는 관련 기술의 고도화 수준을 반영하며, 비연관성 밀도는 기술 다각화 가능성을 나타낸다(Boschma, Miguelez, Moreno and Ocampo-Corrales 2023).

3. 공간계량모형

본 연구에서는 공간모형(spatial econometrics)을 사용하여 기존 및 신규 첨단제조업 사업체의 입지 결정 요인을 분석했다. 시·군·구(지자체) 수준은 독립된 시스템 단위로 보기 어려우며, 공간 자기상관성(spatial autocorrelation)이 존재할 가능성이 크다. 최소자승법 회귀모형을 이용 시 관측치가 독립적임을 가정한다. 그러나 현실에서 공간적으로 자기상관된 자료는 공간상에 무작위로 분포하지 않으며, 이를 최소자승법으로 추정하면 모수 추정치가 편향(bias)될 수 있다.

공간 종속성(Spatial dependence)을 통제하기 위한 공간계량모형으로 공간시차모형(spatial lag model)과 공간오차모형(spatial error model)이 주로 사용된다. 반면, 공간 의존성이 구조적으로 존재할 때, 이를 단순히 통제하는 것을 넘어 공간 파급효과(spatial spillovers)를 고려할 필요가 있다(LeSage and Pace 2009). 공간 파급효과는 주어진 지역 i 의 요인 X_i 가 인접 지역 j 의 성과 Y_j 에 유의미한 영향을 미칠 때 발생한다(LeSage and Pace 2009). 특히, 본 연구의 설명변수인 기술 (비)연관성은 지리적 근접성에 따라 공간 파급효과가 존재할 가능성이 높다(Li, Heimeriks and Alkemade 2021). 또한, 전역적 파급효과(global spillovers)와 국지적 파급효과(local spillovers)를 구분할 필요가 있다(LeSage 2014). 특정 지역의 변화가 이웃뿐만 아니라 이웃의 이웃으로 계속 파급되는 전역적 파급효과와 특정 지역의 변화가 인접 지역의 성과에만 반영되는 국지적 파급효과는 정책적 해석과 적용에서 매우 다른 결론을 초래할 수 있다.

3) 본 연구는 특허를 지역 단위로 매핑할 때, 출원인과 등록인을 구분하지 않고 모든 주소를 사용했음. 출원인·등록인 구분은 법적 소유권의 문제에 관한 것이며, 본 연구에서 파악하고자 하는 기술 역량의 공간 분포와는 직접적 관련성이 높지는 않음. 오히려 두 주소를 모두 반영해야 기술이 창출 및 활용될 수 있는 잠재적 공간을 빠짐없이 포착할 수 있어, 기술 역량을 과소평가하지 않을 수 있음. 같은 이유로 공동 출원 특허도 기재된 모든 주소지에 해당 기술이 공동 분포하는 것으로 처리함.

이러한 공간 파급효과를 고려하기 위해서는 공간 교차회귀모형(spatial cross-regressive model or spatial lag of X model), 공간더빈모형, 공간더빈 오차모형(spatial Durbin error model)을 활용할 수 있다. 전역적 공간 파급효과를 식별하기 위해 공간더빈모형을 구체화했다. 이는 <식 5>와 같다 (LeSage and Pace 2009)⁴⁾:

$$Y_{rt_1}(\hat{Y}_{rt_1}) = \beta_0 + \beta_1 X_{rt_0} + \beta_2 U_{rt_0} + \beta_3 C_{rt_0} + \rho WY_{rt_1} + \pi WX_{rt_0} + \phi WU_{rt_0} + \epsilon_r \quad \langle \text{식 5} \rangle$$

Y_j 와 \hat{Y}_j 는 지역 j 에 위치한 첨단제조업 사업체와 신규 첨단제조업 사업체를 의미한다. X_j 와 U_j 는 각각 지역 j 의 Industry 4.0 기술 연관성 및 비연관성 밀도를 나타낸다. C_j 는 통제변수를 의미하며, 종속변수 (t_1 , 2022년)와 독립변수(t_0 , 2019년)의 시점을 달리 하여 내생성 문제를 최소화했다. W 는 인접성(contiguity)을 기반으로 정의된 지역 간 공간가중치 행렬을 의미한다. 본 연구에서는 인접성 Queen 가중치 행렬을 활용했다. 먼 단위 공간 데이터에서는 거리 기반 접근보다는 인접성을 고려하는 방식이 적합하며, Queen 방식은 인접성을 가장 포괄적으로 포착하기에 공간 분석에서 널리 사용되고 있다(Anselin 1988, 17-18). 공간더빈모형은 공간 자기회귀 종속변수(WY_j)와 공간 지연(spatially lagged) 설명변수(WX, WU)를 모두 활용한다. ρ 는 공간 자기회귀 종속변수에 대한 공간 모수이며, 이웃의 종속변수가 주어진 지역의 종속변수에 미친 영향을 말해준다. 마찬가지로 π 와 ϕ 는 이웃의 기술 연관성 및 비연관성 밀

도가 주어진 지역의 성과에 미친 영향이다.

이어서, 국지적 파급효과를 식별하기 위해 공간교차회귀모형과 공간더빈오차모형을 각각 <식 6>, <식 7>과 같이 구체화했다(Anselin 1988; LeSage and Pace 2009):

$$Y_{rt_1}(\hat{Y}_{rt_1}) = \beta_0 + \beta_1 X_{rt_0} + \beta_2 U_{rt_0} + \beta_3 C_{rt_0} + \pi WX_{rt_0} + \phi WU_{rt_0} + \epsilon_r \quad \langle \text{식 6} \rangle$$

$$Y_{rt_1}(\hat{Y}_{rt_1}) = \beta_0 + \beta_1 X_{rt_0} + \beta_2 U_{rt_0} + \beta_3 C_{rt_0} + \pi WX_{rt_0} + \phi WU_{rt_0} + \epsilon_r, \quad \langle \text{식 7} \rangle$$

$$\epsilon_r = \lambda W\epsilon_r + \mu_r$$

공간교차회귀모형은 공간 지연 설명변수만을 활용하며, 공간더빈오차모형은 공간 지연 설명변수와 공간 자기회귀 오차를 동시에 포함한다. λ 는 오차항에 대한 공간 모수이며, 주어진 지역에서 설명되지 않은 잔차(residual)와 이웃의 잔차가 가지는 체계적 연관성을 의미한다.

본 연구는 최적의 공간계량모형을 선정하기 위해 일반에서 구체로(general-to-specific) 접근법을 채택하였다(Anselin, Bera, Florax and Yoon 1996). 이 접근법은 모든 잠재적 요인을 포함하는 복잡한 모형(일반화된 모형)에서 출발하여, 점차 단순한 모형(제약된 모형)으로 구체화하는 방식이다. 비록 계산 비용이 높지만, 이는 구체에서 일반으로의 접근보다 더 우수한 검정력을 제공한다(Le Gallo 2021). 이에 공간더빈모형과 공간더빈오차모형에서 출발하여

4) 본 연구에서는 종속변수로 기초지자체의 첨단제조업 사업체 수(절대 규모)를 사용했음. 본 연구의 목적은 밀도의 비교가 아닌 특정 지역에서 왜 일정 규모의 사업체가 분포하는지를 규명하는 데 있음. 규모에 따른 효과가 존재하지만, 이는 국지와 경제와 같은 구조적 설명변수를 통해 통제됨. <부표 1>은 이를 제시하고 있음. 실제로 규모에 따른 효과는 집적경제에 의한 것이며, 이를 관련 지표로 통제하는 것은 타당한 접근일 수 있음. 면적에 따른 효과는 공업지역 면적 절댓값을 활용한 본 연구 특성상 모형에 직접적으로 반영됨.

공간교차회귀모형, 공간시차모형, 공간오차모형의 적합성을 검토했다. 우도비 검증(Likelihood ratio test)을 수행하여 복잡한 모형과 제약된 모형 간 적합도를 평가했다. 공간더빈모형과 공간더빈오차모형에서는 두 모형이 중첩된(nested) 관계가 아니므로 우도비 검증이 불가능해 정보지수(information criterion)로 모형을 평가했다.

공간 파급효과를 포함한 공간계량모형에서는 추정된 계수를 그대로 해석해서는 안 된다. 이는 추정된 계수가 단순히 특정 지역의 독립변수와 종속변수 간 관계를 나타내는 것이 아니라, 직접효과(direct effect)와 간접효과(indirect effect)를 포함하는 복합적인 값을 나타내기 때문이다(LeSage and Pace 2009). 따라서, 공간계량모형에서 독립변수의 변화가 종속변수에 미치는 영향을 정확히 이해하려면 이를 직접효과, 간접효과, 총 효과로 분리해서 해석해야 한다. 직접효과는 주어진 지역의 독립변수가 주어진 종속변수에 미친 영향과 피드백효과를 의미한다. 피드백효과는 이웃을 거쳐 주어진 지역으로 회귀하는 효과다($i \rightarrow j \rightarrow i$). 간접효과는 공간적 파급효과를 의미하며, 총 효과는 직접효과와 간접효과를 결합한 전반적인 영향이다.

공간더빈모형은 <식 8>, <식 9>와 같이 행렬 형태로 표현될 수 있다:

$$Y = \beta_0 + \rho WY + \beta_1 X + \pi WX + \epsilon \quad \langle \text{식 8} \rangle \\ = (I - \rho W)^{-1} (\beta_0 + \beta_1 X + \pi WX) \\ + (I - \rho W)^{-1} \epsilon$$

$$(I - \rho W)^{-1} \quad \langle \text{식 9} \rangle \\ = I + \rho W + \rho W^2 + \dots + \rho W^n$$

I 는 주대각선(diagonal) 값이 모두 1이고 나머지가 0인 단위행렬(identity matrix)이다. $(I - \rho W)^{-1}$ 은

간접효과가 이웃의 이웃으로 확산하는 과정을 수학적으로 보여준다. 종속변수를 독립변수로 편미분(partial differentiation)하면, 간접효과는 $(I - \rho W)^{-1} (\beta_1 + \pi W)$ 의 비대각(off-diagonal) 요소로 정리된다(Elhorst 2014, 22-23). 마찬가지로 공간더빈오차모형도 <식 10>과 같이 재구성될 수 있다:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \pi WX \quad \langle \text{식 10} \rangle \\ + (I - \lambda W)^{-1} \epsilon$$

$(I - \lambda W)^{-1}$ 는 무작위 충격의 전국적 확산(global diffusion)을 모형화한다(LeSage 2014). 반면, 공간적 파급효과(πW)는 인접 지역 수준으로 제한되며, 공간교차회귀모형에서도 똑같이 적용된다.

IV. 분석 결과

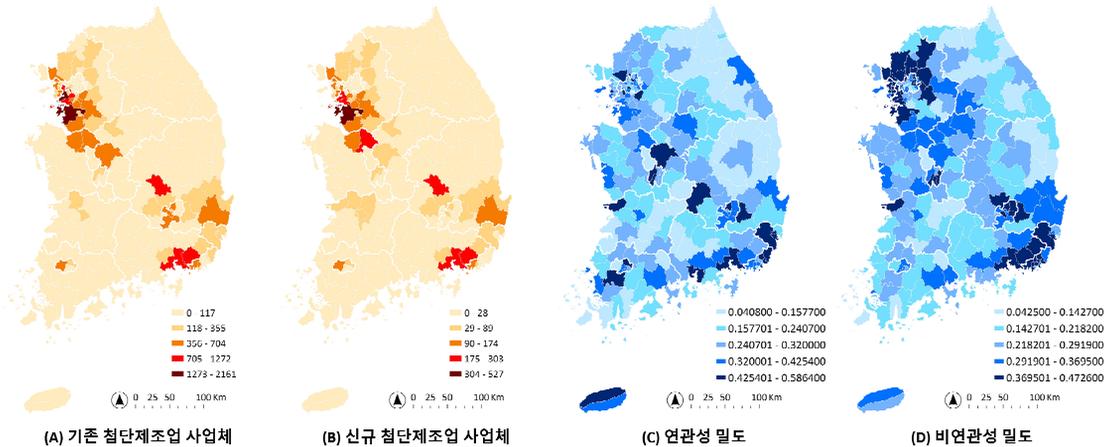
1. 기초통계량 및 탐색적 자료 분석

기초통계량은 <표 3>과 같다. 기존 및 신규 첨단제조업 사업체의 분포는 지역별로 변동성이 식별된다. 두 종속변수 모두 오른쪽 긴 꼬리 분포를 보이며, 이는 일부 지역에 첨단제조업 사업체가 집중되어 있다는 점을 말해준다. 특히, 신규 첨단제조업 사업체는 전체 시·군·구의 26.64%에서 사업체 수가 0인 것으로 나타나 매우 편향된 분포를 보인다. 이어서, 기술(비)연관성 밀도에서도 지역 간 큰 차이가 확인된다. 예를 들어, 최저치인 4% 수준의 (비)연관성 밀도는 지역 내 전체 기술 중 약 4%만이 Industry 4.0 기술과 (비)연관되어 있음을 의미한다. 반면, 최대치인 약 50~60% 수준에서는 지역 내 기술의 절반 이상이 Industry 4.0 기술과 (비)연관되어 있어 지역별 기술 포트폴리오 차이가 뚜렷해 보인다. 이 외에도 통제변수에서 충분한 지역별 변량을 확인할 수 있다. 이는

표 3 기초통계량

변수	표본	평균	표준오차	최솟값	최댓값
기존 첨단제조업 사업체	229	145.3493	270.4507	0	2161
신규 첨단제조업 사업체	229	28.8646	59.4295	0	527
기술 연관성 밀도	229	0.2708	0.1160	0.0408	0.5864
기술 비연관성 밀도	229	0.2761	0.1002	0.0425	0.4726
국지화 경제	229	0.6133	1.2108	0.0000	9.8374
도시화 경제	229	1.4204	0.3444	1.0416	2.7149
노동생산성(백만 원)	229	38.9277	34.9586	10.2137	426.5894
공시지가(원/m ²)	229	494,736	1,096,286	1,425	8,790,509
고속도로 접근성(km)	229	15.0903	14.2756	2.0900	130.3000
공업지역 면적(km ²)	229	5.3226	8.8645	0.0000	58.9597

그림 1 첨단제조업 사업체와 기술 (비)연관성 밀도의 공간적 분포



기술 (비)연관성 밀도가 첨단 제조 사업체 및 신규 사업체의 입지 결정에 미친 영향을 분석하기 위해 이 변수들을 통제할 필요성을 시사한다.

〈그림 1〉의 (A)와 (B)는 기존 및 신규 첨단제조업 사업체의 공간적 분포를 보여준다. 기존 및 신규 첨단 제조업 사업체 분포는 강도 면에서는 차이가 있지만, 패턴 자체는 유사하다. 두 집단 모두 서울 외곽 수도

권과 동남권 일대에서 주로 집적되어 있으며, 이는 전통적인 제조업 클러스터 지역이다(김재원, 안순범, 임업 2023; 정진원, 조형진, 변병설 2020). 기존 및 신규 첨단제조업 사업체(0.3905, $p < .000$; 0.4365, $p < .000$) 분포 모두에서 유의미한 공간 자기상관성이 관찰되었으며, 이는 사업체의 입지가 공간적으로 무작위적이지 않음을 시사한다.⁵⁾

5), 6) $I = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \times \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (y_j - \bar{y})(y_i - \bar{y})}{\sum_i \sum_j w_{ij} (y_j - \bar{y})^2}$. y_j 는 지역 j 의 특성값을 의미하고 \bar{y} 는 지역 j 의 평균 특성값을 나타냄. w_{ij} 는 지역 i 와 지역 j 간 공간가중행렬을 의미함.

이어서, <그림 1>의 (C)와 (D)는 기술 (비)연관성 밀도의 지역별 분포를 나타낸다. Industry 4.0 기술 (비)연관성은 서로 다른 공간에 집중되는 양상을 보인다. 기술 연관성 밀도는 대체로 대도시지역 내부에 집중되며, 이는 대학과 연구소 같은 연구개발 인프라가 밀집된 대도시가 기술 연관성을 강화하기에 유리한 환경을 제공하기 때문이다. 반면, 기술 비연관성 밀도는 대도시 외곽의 고용 중심지에서 높은 경향을 보인다. 4차 제조업 기술과 비연관된 기술은 전통적인 제조업 생태계와 연결되어 도심 외곽의 기존 제조업 거점에서 활용될 가능성이 높다. 기술 연관성 밀도(0.1960, $p < .000$) 및 기술 비연관성 밀도(0.4529, $p < .000$) 모두에서 유의미한 공간 자기상관성을 식별할 수 있었다.⁶⁾ 이는 기술 분포 또한 공간적으로 무작위적이지 않음을 보여준다.

2. 공간계량모형 및 공간 파급효과

공간 종속성이 존재함에 따라 본 연구는 공간더빈모

형을 최종모형으로 선정했다. <부표 2>의 최소자승법 회귀분석 결과에 따르면, 모형 2와 4의 잔차에서 유의미한 공간 자기상관성이 관측된다(기존 사업체: $\chi^2 = 8.08$, $p = .005$; 신규 사업체: $\chi^2 = 21.34$, $p = .000$). 회귀계수의 신뢰성이 확보되지 않아 전역적 공간계량 모형을 검토하였다. 공간더빈모형과 공간더빈오차모형을 기준으로 공간교차회귀모형에 대한 우도비 검증을 수행했으며, 유의수준 0.1%에서 제약된 모형이 더 적합하다는 귀무가설을 기각할 수 있었다. 공간더빈모형과 공간더빈오차모형 중 Akaike 정보지수와 Bayesian 정보지수가 더 낮은 모형을 최종모형으로 선정했다. 이 절차는 기존 및 신규 첨단제조업 사업체 모두에 똑같이 적용되었으며, 두 경우 모두 공간더빈 모형의 적합도가 더 높았다.

<부표 3>은 공간더빈모형의 결과를 요약한다. 공간더빈모형에서 공간 자기상관항은 유의미했고 설명계수는 소폭 상승했다. 그러나 공간 파급효과가 존재하기에 추정된 계수를 그대로 해석하면, 잘못된 결론의 도출로 이어질 수 있다. 직접효과와 간접효과를 분리

표 4 공간더빈모형의 직접효과와 간접효과

구분	종속변수: 기존 첨단제조업 사업체(log)			종속변수: 신규 첨단제조업 사업체(log)		
	직접효과	간접효과	총 효과	직접효과	간접효과	총 효과
기술 연관성 밀도	1.0460* (0.5676)	-3.9724** (1.9550)	-2.9264 (2.1473)	0.7399 (0.7308)	-5.9782** (2.8809)	-5.2383* (3.1469)
기술 비연관성 밀도	3.2292**** (0.7999)	3.5728** (1.5652)	6.8020**** (1.7253)	3.1456**** (1.0235)	6.3676**** (2.4050)	9.5132**** (2.6799)
국지화 경제	0.2626**** (0.0474)	0.1378**** (0.0440)	0.4004**** (0.0737)	0.2667**** (0.0610)	0.1913**** (0.0736)	0.4580**** (0.1104)
도시화 경제	0.1152 (0.1413)	0.0605 (0.0757)	0.1757 (0.2154)	0.0863 (0.1824)	0.0619 (0.1313)	0.1481 (0.3125)
노동생산성(백만 원)(log)	0.1124 (0.1100)	0.0590 (0.0609)	0.1714 (0.1690)	0.3152* (0.1428)	0.2260 (0.1404)	0.5413** (0.2687)
공시지가(원/m ²)(log)	0.1683**** (0.0406)	0.0883**** (0.0332)	0.2566**** (0.0650)	0.0771 (0.0530)	0.0553 (0.0397)	0.1324 (0.0894)
고속도로 접근성(km)(log)	-0.3320**** (0.1145)	-0.1742** (0.0791)	-0.5062**** (0.1799)	-0.3115* (0.1473)	-0.2234* (0.1348)	-0.5349** (0.2665)
공업지역 면적(km ²)(log)	0.5499**** (0.0617)	0.2885*** (0.0955)	0.8385**** (0.1284)	0.5095**** (0.0802)	0.3653*** (0.1416)	0.8748**** (0.1814)

주: * $p < .1$, ** $p < .05$, *** $p < .01$, **** $p < .001$.

하여 해석할 필요가 있으며, <표 4>를 통해 각 효과를 요약하고 해석했다.

먼저, 기술 연관성 밀도의 직접효과는 기존 첨단 제조업 사업체에서만 유의미한 양의 효과를 보였고 ($\beta=1.0460$, $p=.055$), 신규 사업체에서는 유의미하지 않았다($\beta=0.7399$, $p=.311$). 기술 생태계의 경로 의존성은 관련 기술 산업의 성숙도를 높이지만, 과도한 전문화는 임금·지가 및 경쟁 압력 등을 통해 창업에 반드시 우호적인 조건을 제공하지는 않을 수 있다. 반면, 기술 연관성 밀도의 간접효과는 기존 사업체 ($\beta=-3.9724$, $p=.042$)와 신규 사업체($\beta=-5.7982$, $p=.038$) 모두에 부정적 영향을 초래했다. 주어진 지역의 과도한 전문화가 이웃의 자원을 흡입하는 효과 (absorptive effect)로 이해된다(Arauzo-Carod 2021).

기술 비연관성 밀도의 직접효과는 기존 사업체 ($\beta=3.2292$, $p=.000$)와 신규 사업체($\beta=3.1456$, $p=.002$) 모두와 유의미한 양의 관계가 있으며, 간접효과 역시 기존 사업체($\beta=3.5728$, $p=.022$)와 신규 사업체 ($\beta=6.3676$, $p=.008$)에 유의미한 양의 영향을 준다. 이러한 일관된 긍정적 효과는 기술 연관성 밀도와는 다른 네트워크 작동 논리에 기반한다. 연관성 밀도가 높은 지역에서는 유사한 기술군 간 자원 공유가 가능하지만, 동시에 대체성과 경쟁이 강화되어 고속 인력, 특허 부품, 투자 등의 희소 자원을 둘러싼 경합이 발생할 수 있다. 기술 외부성은 지역 내 규모의 경제를 촉진하지만, 외부의 인접 지역에는 자원을 흡수하는 제로섬 경쟁의 형태로 나타날 수 있다 (Arauzo-Carod 2021; Boschma, Miguelez, Moreno and Ocampo-Corrales 2023). 반면, 기술 비연관성 밀도는 이질적인 기술 간 기능 및 시장 겹침이 작기에 대체·경쟁보다는 보완 관계로 작동한다. 이질적 기술의 집적은 교차 거래, 공동 연구개발, 융복합 혁신을 유도할 수 있는 기반이 된다. 이에 비연관성에 의한 기술 외부성은 지역 내부뿐 아니라 외부에도 일관된

순 효과를 제공하는 조건을 형성한다.

국지화 경제는 기존 사업체($\beta=0.2626$)와 신규 사업체($\beta=0.2667$) 모두에서 유의수준 0.1%로 양의 직접효과를 나타냈으며, 간접효과 또한 각각 $\beta=0.1378$ ($p=.002$)와 $\beta=0.1913$ ($p=.000$)으로 유의미한 양의 값을 보였다. 이는 동일 산업 내 기업 간의 노동력 풀 공유, 중간재 연계, 생산 비용 절감 등이 여전히 첨단제조업 입지 결정에 중요한 요소로 작용하고 있음을 의미한다. 반면, 도시화 경제는 통계적으로 유의미하지 않았다. 이는 첨단제조업 입지에서 규모와 업종 다양성보다는 기술 적합성과 구조가 더 중요할 수 있음을 시사한다.

노동생산성($\beta=0.5413$, $p=.044$)은 신규 사업체에서만 유의미한 양의 총 효과를 보여 창업 시 전문 인력의 존재가 중요한 유인으로 작용함을 나타낸다. 반면, 공시지가는 기존 사업체에서만 유의미한($p<.000$) 양의 계수를 보인다. 기존 사업체가 창업 사업체보다 높은 입지 비용을 감내할 수 있음을 말해준다. 또한, 교통 인프라 접근성의 저하는 입지 유인을 약화시킬 수 있으며, 토지이용 여건은 입지와 유의미한 양의 관계를 보인다.

V. 논의

1. 요약

본 연구는 전국 지자체 수준에서 기술 (비)연관성 밀도가 기존 및 신규 첨단제조업 사업체에 미친 영향을 분석했다. 특히, 기술의 유형에 따라 전역적 또는 국지적 공간 파급효과가 어떻게 영향을 미치는지를 조사했다. 주요 결과는 다음의 세 가지 측면으로 요약된다. 첫째, 기술 연관성 밀도는 기존 사업체의 입지에만 직접적으로 의미 있는 양의 효과를 주며, 신규 창업에는 통계적으로 유의한 영향을 주지 않았다. 둘째,

기술 연관성 밀도의 간접효과는 기존 및 신규 사업체 모두에서 음으로 나타나는데, 이는 과도한 전문화 허브가 인접 지역의 창업 유인을 배제함을 보여준다. 마지막으로, 기술 비연관성 밀도는 기존 및 신규 사업체에서 직·간접효과 모두가 일관된 양의 효과를 보여 이질적인 기술의 융·복합이 지역 내·외부 모두에 긍정적 파급효과를 발생시킴을 확인했다.

2. 논의

먼저, 비연관성 밀도는 기존 및 신규 첨단제조업 사업체 모두에 긍정적인 외부효과를 제공하고 있다. 다변화된 기술 생태계에서 급진적 혁신 생태계와 안정적인 사업 환경 조성이 동시에 이루어질 수 있다. 국지화 경제가 제공하는 노동력 풀과 중간재 공유라는 이점은 기존 첨단제조업 사업체와 신규 사업체 모두에 유익할 수 있다. 한편, 연관성 밀도는 흡입 효과를 통해 상충(trade-off)을 만들 수 있다. 특히, 신규 첨단제조업 사업체는 과도한 경쟁과 이미 구축된 네트워크로 인해 불리한 환경에 놓일 가능성이 있다.

기술 경로 의존성은 지역과 전국 수준 그리고 기존 및 신규 사업체에 차별적 영향을 미친다. 주어진 지역이 강한 기술 경로 의존성을 가지게 되면, 자원 흡수 메커니즘을 통해 다른 지역의 입지 결정을 저해하는 부정적 파급효과를 초래한다(Boschma, Miguelez, Moreno and Ocampo-Corrales 2023). 특정 지역에 지식 자원이 집중되면서 지역 간 지식 접근성의 불균형이 발생할 가능성이 있다(Cerver-Romero, Ferreira and Fernandes 2020). 이와 유사하게 Ioramashvili, Feldman, Guy, and Iammarino(2024)은 특정 지역에 집중된 벤처 캐피털이 첨단 기업의 흡입을 초래함을 강조한다. 반면, 기술 경로 의존성은 기존 사업체에 안정적인 환경을 제공하며 지역 산업 생태계를 강화하지만, 경쟁 과열과 같은 내부적 요인은 신규 사업체

의 창업 활동에 부정적 영향을 줄 수 있다(Aarstad and Kvitastein 2019). 즉, 기술 경로 의존성이 높은 지역에서는 기존 사업체의 성장을 기대할 수 있지만, 장기적인 혁신과 창업을 도모하기는 어려울 수 있다.

기술 비연관성 밀도는 기존 및 신규 첨단제조업 사업체의 입지 결정에 모두 유의미한 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 높은 기술 비연관성 밀도는 이질적인 기술과 자원의 결합을 통해 혁신을 촉진할 뿐만 아니라(Boschma, Miguelez, Moreno and Ocampo-Corrales 2023; Castaldi, Frenken and Los 2015), 새로운 사업 기회의 창출, 제품 및 공정의 개선, 공급망 다각화와 같은 측면에서 사업체에 유익한 환경을 제공할 수도 있다(Frenken, Van Oort and Verburg 2007). 혁신 생태계는 창업에 중요한 요인으로 작용하는 한편, 기존 사업체에도 다양한 기술 및 지식 간 상호 작용을 촉진하는 환경을 조성함으로써 경쟁력을 강화한다.

본 연구에서는 기술 연관성 및 비연관성 밀도가 각각 첨단제조업 사업체의 입지 결정에 미치는 독립적인 영향을 분석하였으나, 두 요인 간 균형에 대한 논의도 중요하다. 특정 지역의 산업 구조가 과도하게 연관되거나 지나치게 연관되지 않는 경우 각각 경로 의존성과 협업 한계라는 문제가 발생할 수 있다(Boschma 2017; Castaldi, Frenken and Los 2015; Frenken, Van Oort and Verburg 2007). 다시 말해, 기술 연관성이 지나치게 높으면 기존 산업에 대한 의존도가 강화되면서 장기적인 기술 다각화와 혁신이 제한될 수 있으며, 반대로 비연관성이 지나치게 높으면 산업 간 협력 및 지식 교류의 효과가 감소할 수 있다(Boschma, Miguelez, Moreno and Ocampo-Corrales 2023). 이에 지역 수준에서 기술 연관성과 비연관성이 조화된 산업환경을 조성하는 것이 중요할 수 있다.

기술 (비)연관성 밀도가 첨단제조업 사업체의 입지

결정에 중요한 요인으로 작용하는 가운데, 국지화 및 도시화 경제의 역할에 대한 재고도 필요하다. 국지화 경제는 지식 파급효과를 분리하더라도 여전히 유의미한 영향을 미쳤다. 이는 노동시장 풀링과 중간재 공유가 여전히 유의미한 입지 유인임을 시사한다 (Jofre-Monseny, Marine-Lopez and Viladecans-Marsal 2014). 반면, 도시화 경제는 첨단제조업 사업체의 입지 결정에 유의미한 영향을 미치지 않았으며, 이는 기존 연구 결과와 상반된다(김규환, 김병근 2021; 손아람, 박정일, 이수기 2022). 이는 두 가지로 이해된다. 먼저, 도시화 경제의 주요 메커니즘 중 하나인 이종 산업-지식 간 교류 효과가 이미 비연관성 밀도로 반영되어 소비자 시장 접근성과 같은 다른 메커니즘의 영향이 제한적으로 작동했을 수 있다. 다른 하나는 도시화 경제의 정량화 방식이 해당 개념을 충분히 포착하지 못했을 가능성이다. 산업 다양성 지수는 도시화 경제라는 개념을 포괄적으로 반영하는 데 한계가 있다. 사회문화적 다양성(He and Huang 2016) 또는 인구 규모(Coll-Martínez, Jové-Llopis and Teruel 2022)와 같은 지표를 고려할 수도 있다.

3. 한계점

본 연구는 다음의 한계를 가진다. 첫째, 본 연구는 기술 (비)연관성 밀도를 통합적으로 분석하고 있으나, 개별 기술군 수준에서 입지 결정요인을 식별하지는 못했다. 분석단위를 CPC 4-digit 수준으로 설정하고 있어 기술 간 경계가 교차-중첩되고 세부 해석이 복잡해질 수 있다. 이를 계량적으로 분리하기 위한 연구 설계는 본 연구의 범위를 넘어선다. 둘째, 본 연구는 공간 파급효과, 특히 지식과 기술에 대한 파급효과에 집중하고 있다. 그러나 부정적 및 긍정적 공간 파급효과가 사업체 입지 결정에 미치는 메커니즘을 아주 상세하게 설명하기에는 무리가 있다. 이는 지역 내부적

요인이 작동하기 때문이며, 이를 명시적으로 모형화하지는 못하고 있다. 마지막으로, 2020~2022년은 코로나19라는 특수한 사건에 영향을 받은 시기다. 창업 활동 및 기존 사업 활동에 있어 특수성이 존재했을 가능성이 높다. 이상의 한계는 정교화된 분석을 통해 해결될 수 있을 것이며, 이는 향후 연구 과제로 남겨두고자 한다.

VI. 결론

산업입지에서 기술 집적은 혁신 효율성과 공간 불균형이라는 양면적 효과를 동시에 지닌다. 본 연구는 기술 (비)연관성 밀도가 기존 및 신규 첨단제조업 사업체의 입지에 미치는 영향을 구분하여 분석함으로써, 기술 집적의 내부 자기강화 메커니즘과 부정적 공간 파급효과를 실증적으로 규명했다. 반면, 기술 비연관성 밀도는 이질적 기술 간 보완성으로 인해 지역 내·외부 모두에 걸쳐 일관된 긍정적 외부효과를 만드는 것으로 나타났다. 이는 산업정책 설계 시 기술 집적이 초래하는 상충을 이해하고 집적의 장점을 유지하되 외부 확산과 균형적 파급을 유도할 수 있는 전략적 설계가 필요함을 시사한다.

국토 및 지역개발 관점에서 산업정책을 설계할 때, 기술 집적이 제공하는 혁신 효율성을 유지하면서도 그로 인해 발생할 수 있는 흡입 효과와 지역 간 격차를 완화하기 위한 세 갈래의 전략이 제안될 수 있다. 첫째, 과밀 클러스터 내부가 아닌 중간 수준의 연관성을 지닌 지역을 창업 인큐베이터로 지정해 테스트베드 및 멘토링을 지원한다. 이는 과도한 전문화 허브의 진입장벽을 피해 창업 위험을 낮추면서도, 적정 수준의 연관 지식을 활용해 초기 성장 가능성을 높이는 방안이다. 둘째, 기술 허브 인접 지역을 완충 및 확산 거점으로 육성하고 허브 내 성숙 사업체와의 공동 프로젝트를 도모해 자원과 지식 흐름이

양방향으로 유지되도록 설계한다. 이 접근은 창업·중소기업이 과도한 흡수 효과를 피해 핵심 네트워크에 접근하면서도 집적이 주는 혁신 효율과 지역 균형을 동시에 확보할 수 있게 한다. 마지막으로, 이중 기술 융합 지대를 육성할 필요가 있다. 이중 기술 간 협업 시 세계 감면이나 공동장비 매칭 등의 전략을 제도화하여 지역 내·외부의 긍정적 파급효과를 기대할 수 있다.

• 참고문헌

References

1. 김규환, 김병근. 2021. 벤처기업 입지결정 요인에 관한 연구. 국토계획 56권, 5호: 153-164.
Kim, Gyu-Hwan and Kim, Byung-Keun. 2021. Factors affecting geographical location of venture companies. *Journal of Korean Planning Association* 56, no.5: 153-164.
2. 김민준, 정창무, 임재빈. 2022. 수도권 바이오기업 입지결정 요인에 관한 연구. 국토계획 57권, 6호: 88-100.
Kim, Min-Jun, Jung, Chang-Mu, and Lim, Jae-bin. 2022. Location determinants of biotechnology firms in Seoul metropolitan area. *Journal of Korean Planning Association* 57, no.6: 88-100.
3. 김재원, 안순변, 임업. 2023. 4차 산업혁명 관련 공통 세부 업종 제조업 및 서비스업의 수도권 내 공간적 분포 변화. 한국IT서비스학회지 22권, 2호: 1-21.
Kim Jaewon, Ahn Soonbeom and Lim Up. 2023. Changes in spatial distribution of core manufacturing service industries of the Fourth Industrial Revolution. *Journal of Information Technology Services* 22, no.2: 1-21.
4. 김희연, 정수연. 2023. 기업은 무엇으로 입지를 결정하는가? 지역 특성과 집적 외부성을 중심으로. 지역연구 39권, 3호: 13-34.
Kim hee yeon and Jung su yeon. 2023. What determines the location of a firm? Focusing on the regional characteristics and agglomeration effect. *Journal of the Korean Regional Science Association* 39, no.3: 13-34.
5. 박승빈. 2018. 4차 산업혁명 주요 테마 분석: 관련 산업을 중심으로. 통계개발원 2017년 하반기 연구보고서 III권, 242-301. 대전: 통계청 통계개발원.
Park Seung Bin. 2018. Analysis of Key Themes of the Fourth Industrial Revolution: Focusing on Related Industries. In *Statistics Research Institute 2017 second-half research report volume 3*, 242-301 Daejeon: Statistics Research Institute.
6. 손아람, 박정일, 이수기. 2022. 서울시 신산업의 입지패턴 및 입지 결정요인 분석. 대한지리학회지 57권, 6호: 549-565.
Son Aram, Park Jeong-Il, and Lee Sugie. 2022. Analysis of location pattern and determining factors of new industry in Seoul, Korea. *Journal of Korean Geographical Society* 57, no.6: 549-565.
7. 송창현, 김주영, 임업. 2022. 수도권 신성장산업 창업 사업체의 지역 간 유출입 네트워크 및 영향 요인. 지역연구 38권, 1호: 3-20.
Song Changhyun, Kim Juyoung, and Lim Up. 2022. A study on the factors influencing regional networks of start-ups in new growth industries in the capital region. *Journal of Korean Regional Science Association* 38, no.1: 3-20.
8. 신학철, 우명제. 2020. 4차 산업혁명 관련 산업의 입지특성이 균형발전에 미치는 영향. 한국지역개발학회지 32권, 2호: 91-118.
Shin, Hak Cheol and Woo, Myungje. 2020. The impacts of location characteristics of industries related to the fourth industrial revolution on balanced development. *Journal of the Korean Regional Development Association* 32, no.2: 91-118.
9. 정진원, 조형진, 변병설. 2020. 4차 산업혁명 관련 산업의 입지분포와 성장, 2010-2018. 국토지리학회지 54권, 4호: 461-476.
Jung JinWon, Cho HyungJin, and Byun Byungseol. 2020. The locational distribution and growth of industries related to the 4th industrial revolution, 2010-2018. *The Geographical Journal of Korea* 54, no.4: 461-476.
10. 정홍열. 2023. 지역경제학 제2판. 서울: 시그마프레스.
Jeong Hong Yeol. 2023. *Regional Economics*, 2nd ed. Seoul: Sigmampress.
11. Aarstad, J. and Kvitastein, O. A. 2019. Entrepreneurial path dependency in labour market regions: A longitudinal panel study of related and unrelated

- variety. *Small Enterprise Research* 26, no.3: 235-267.
12. Abdullah, F. M., Saleh, M., Al-Ahmari, A. M. and Anwar, S. 2022. The impact of Industry 4.0 technologies on manufacturing strategies: Proposition of technology-integrated selection. *IEEE Access* 10: 21574-21583.
 13. Anselin, L. 1988. *Spatial Economics: Methods and Models*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
 14. Anselin, L., Bera, A. K., Florax, R. and Yoon, M. J. 1996. Simple diagnostic test for spatial dependence. *Regional Science and Urban Economics* 26: 77-104.
 15. Arauzo-Carod, J. M. 2009. Location determinants of high-tech manufacturing activities: A preliminary analysis. *Letters in Spatial Resource Sciences* 2: 23-29.
 16. _____. 2021. Location determinants of high-tech firms: An intra-urban approach. *Industry and Innovation* 28, no.10: 1225-1248.
 17. Boschma, R. 2017. Relatedness as driver of regional diversification: A research agenda. *Regional Studies* 51, no.3: 351-364.
 18. Boschma, R., Miguelez, E., Moreno, R. and Ocampo-Corrales, D. B. 2023. The role of relatedness and unrelatedness for the geography of technological breakthroughs in Europe. *Economic Geography* 99, no.2: 117-139.
 19. Capello, R. and Lenzi, C. 2021. 4.0 technologies and the rise of new islands of innovation in european regions. *Regional Studies* 55: 1724-1737.
 20. Castaldi, C., Frenken, K. and Los, B. 2015. Related Variety, Unrelated Variety and Technological Breakthroughs: An Analysis of US State-level Patenting. *Regional Studies* 49, no.50: 767-781.
 21. Cerver-Romero, E., Ferreira, J. J. and Fernandes, C. 2020. A scientometric analysis of knowledge spillover research. *The Journal of Technology Transfer* 45: 780-805.
 22. Coll-Martínez, E., Jové-Llopis, E. and Teruel, M. 2022. The city of start-ups: Location determinants of start-ups in emergent industries in Barcelona. *Growth and Change* 53, no.2: 972-1007.
 23. de Vasconcelos Gomes, L. A., Salerno, M. S., Phaal, R. and Probert, D. R. 2018. How entrepreneurs manage collective uncertainties in innovation ecosystems. *Technological Forecasting and Social Change* 128: 164-185.
 24. Elhorst, J. P. 2014. *Spatial Econometrics: From Cross-sectional Data to Spatial Panels*. New York: Springer.
 25. Frenken, K., Van Oort, F. and Verburg, T. 2007. Related variety, unrelated variety and regional economic growth. *Regional Studies* 41, no.5: 685-697.
 26. Glaesar, E. L., Kallal, H., Scheinkman, J. A. and Shleifer, A. 1992. Growth in cities. *Journal of Political Economy* 100, no.6: 1126-1152.
 27. Gornig, M. and Schiersch, A. 2024. Agglomeration economies: Different effects on TFP in high-tech and low-tech industries. *Regional Studies* 58, no.11: 1999-2010.
 28. He, J. and Huang, X. 2016. Agglomeration, differentiation and creative milieus: A socioeconomic analysis of location behaviour of creative enterprises in Shanghai. *Urban Policy and Research* 36, no.1: 79-96.
 29. He, Z. and Romanos, M. 2016. Spatial agglomeration and location determinants: Evidence from the US communications equipment manufacturing industry. *Urban Studies* 53, 10: 2154-2174.
 30. Hesse, K. and Fornahl, D. 2020. Essential ingredients for radical innovations? The role of (un-)related variety and external linkages in Germany. *Papers in Regional Science* 99, no.5: 1165-1183.
 31. Holl, A. 2016. Highways and productivity in manufacturing firms. *Journal of Urban Economics* 93: 131-151.
 32. Ioramashvili, C., Feldman, M., Guy, F. and Iammarino, S. 2024. Gathering round big tech: How the market for acquisitions concentrates the digital sectors. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* 17, no.2: 293-306.
 33. Jacobs, J. 1969. *The Economy of Cities*. New York: Vintage.
 34. Jensen, A. and Clausen, T. H. 2017. Origins and emergence of exploration and exploitation capabilities in new technology-based firms. *Technological Forecasting and Social Change* 120:

- 163-175.
35. Jofre-Monseny, J., Marín-López, R. and Viladecans-Marsal, E. 2014. The determinants of localization and urbanization economies: Evidence from the location of new firms in Spain. *Journal of Regional Science* 54, no.2: 313-337.
 36. Jun, B., Kim, S. H., Choi, H., Jeon, J. H. and Yu, D. 2023. Technology leadership in industry 4.0: A comparison between manufacturing and ICT sectors among Korean firms. *IEEE Access* 11: 28490-28505.
 37. Kim, J. 2021. Identifying the impact of highway accessibility on manufacturing firm location in Korea. *KSCE Journal of Civil Engineering* 25, no.9: 3523-3532.
 38. Krugman, P. 1991. Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy* 99, no.3: 483-499.
 39. Le Gallo, J. 2021. Cross-section spatial regression models. In *Handbook of Regional Science*, 2nd ed. (Extended). Fischer, M. M. and Nijkamp, P., 2117-2139. Berlin: Springer.
 40. LeSage, J. P. and Pace, R. K. 2009. *Introduction to Spatial Econometrics*. New York: CRC Press.
 41. LeSage, J. P. 2014. Spatial econometric panel data model specification: A Bayesian approach. *Spatial Statistics* 9: 122-145.
 42. Li, D., Heimeriks, G. and Alkemade, F. 2021. Recombinant invention in solar photovoltaic technology: Can geographical proximity bridge technological distance? *Regional Studies* 55, no.4: 605-616.
 43. Marshall, A. 1890. *Principles of Economics*. London: Macmillan.
 44. Martin, R. and Sunley, P. 2006. Path dependence and regional economic evolution. *Journal of Economic Geography* 6: 395-437.
 45. OECD. 2015. *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015: Innovation for Growth and Society*. OECD Publishing: Paris.
 46. Saviotti, P. P. and Frenken, K. 2008. Export variety and the economic performance of countries. *Journal of Evolutionary Economics* 18: 201-218.
 47. Storper, M., Kemeny, T., Makarem, N. P. and Osman, T. 2015. *The Rise and Fall of Urban Economies: Lessons from San Francisco and Los Angeles*. California: Stanford University Press.
 48. Ter Wal, A. L. J. and Boschma, R. 2009. Applying social network analysis in economic geography: Framing some key analytic issues. *The Annals of Regional Science* 43: 739-756.
 49. Wang, Y., Ascani, A. and Castaldi, C. 2023. Location choice of Chinese greenfield investments across EU regions: The role of industry and county-of-origin agglomerations. *Regional Studies* 57, no.9: 1714-1730.
 50. Weber, A. 1929. *Theory of the Location of Industries*. Chicago: The University of Chicago Press.
 51. Zhang, X., Huang, P., Sun, L. and Wang, Z. 2013. Spatial evolution and locational determinants of high-tech industries in Beijing. *Chinese Geographical Science* 23, no.2: 249-260.

-
- 논문 접수일: 2025. 2. 20.
 - 심사 시작일: 2025. 4. 22.
 - 심사 완료일: 2025. 5. 27.

부표 1 상관관계: 인구와 집적경제

	총인구	신규 사업체	기존 사업체	국지화 경제	도시화 경제
총인구	1.0000				
신규 (첨단제조업) 사업체	0.5562****	1.0000			
기존 (첨단제조업) 사업체	0.6182****	0.9622****	1.0000		
국지화 경제	0.3481****	0.6801****	0.5555****	1.0000	
도시화 경제	-0.0439	0.1571***	0.1856***	0.1098*	1.0000

주: *p<.1, **p<.05, ***p<.01, ****p<.001.

부표 2 최소자승법 회귀분석 결과

구분	종속변수: 기존 첨단제조업 사업체(log)		종속변수: 신규 첨단제조업 사업체(log)	
	모형 1	모형 2	모형 3	모형 4
기술 연관성 밀도	2.4440(0.8177)****	0.5550(0.6529)	1.6718(0.8716)*	0.1073(0.7681)
기술 비연관성 밀도	9.0226(0.9421)****	5.0259(0.8668)****	7.5530(1.0043)****	4.7401(1.0198)****
국지화 경제	0.6010(0.0590)****	0.3816(0.0524)****	0.6381(0.0629)****	0.3889(0.0617)****
도시화 경제		0.1815(0.1641)		0.1808(0.1930)
노동생산성(백만 원)(log)		0.1477(0.1254)		0.2569(0.1476)*
공시지가(원/m ²)(log)		0.1436(0.0460)****		0.0920(0.0541)*
고속도로 접근성(Km)(log)		-0.6168(0.1205)****		-0.4713(0.1418)****
공업지역 면적(Km ²)(log)		0.5155(0.0710)****		0.5369(0.0835)****
절편	0.1045(0.2105)	0.3337(0.8587)	-0.9131(0.2244)****	-1.2661(1.0103)
F	140.54****	110.53****	99.02****	63.98****
R-squared	0.6520	0.8008	0.5690	0.6994
Adjusted R-squared	0.6474	0.7935	0.5633	0.6885
잔차의 공간 자기상관성		8.08***		21.34****

주: *p<.1, **p<.05, ***p<.01, ****p<.001.

괄호 안의 값은 표준오차를 의미함.

VIF 값은 모든 추정된 모형에서 5 미만이었으며, 심각한 다중공선성을 초래한다고 보기 어려움.

모형 1과 2 그리고 3과 4는 모형의 적합성을 점진적으로 확인하기 위한 단계적 변수 투입 방식임.

부표 3 공간더빈모형의 결과

구분	종속변수: 기존 첨단제조업 사업체(log)	종속변수: 신규 첨단제조업 사업체(log)
	모형 1	모형 2
기술 연관성 밀도	1.2533(0.5556)**	1.0892(0.7109)
기술 비연관성 밀도	3.0427(0.8061)****	2.7735(1.0225)***
국지화 경제	0.2554(0.0471)****	0.2556(0.0601)****
도시화 경제	0.1121(0.1375)	0.0826(0.1748)
노동생산성(백만 원)(log)	0.1093(0.1070)	0.3020(0.1362)**
공시지가(원/m ²)(log)	0.1637(0.0397)****	0.0739(0.0511)
고속도로 접근성(Km)(log)	-0.3229(0.1116)***	-0.2985(0.1413)**
공업지역 면적(Km ²)(log)	0.5349(0.0607)****	0.4881(0.0788)****
절편	-0.7962(0.7575)	-1.6211(0.9663)*
ρ	0.4109(0.0829)***	0.4954(0.1035)****
πW	-3.5408(1.4021)**	-4.4965(1.7334)***
ϕW	1.4711(1.4642)	2.8408(1.7088)*
Wald test	43.08****	74.80****
Pseudo R-squared	0.8463	0.7397

주: *p<.1, **p<.05, ***p<.01, ****p<.001.

괄호 안의 값은 표준오차를 의미함.

요약

본 연구는 지식 파급효과가 기존 및 신규 첨단제조업 사업체 입지에 미치는 영향을 분석했다. 주어진 기술을 Industry 4.0 기술에 대하여 (비)연관 기술로 구분하고, 공간 파급효과를 검증하기 위해 공간더빈 모형을 적용했다. 분석은 2019년 이전 설립된 첨단제조업 사업체와 2020~2022년 새로 설립된 첨단제조업 사업체를 구분하여 진행했다. 기술 비연관성은 혁신을 촉진하고 안정적인 사업 환경을 조성하여 기존 및 신규 첨단제조업 사업체의 입지에 모두 긍정적인 영향을 미쳤다. 높은 기술 연관성은 전체 첨단제조업 사업체의 성장을 촉진하지만, 신규 첨단제조업 사업체의 창업을 유의미하게 높이지는 않았다. 또한, 높은 기술 연관성은 부정적인 공간 파급효과를 초래하여 특정 지역으로의 사업체 집중을 초래할 가능성이 있다. 본 연구는 효율적 국토 관리를 위해 기술 집적의 이중적 효과를 고려한 균형 전략이 필요함을 시사하며, 기존 및 창업 사업체 간 상충을 조정하는 산업정책의 중요성을 강조한다.

- **주제어:** 고기술 제조업, 스타트업, 입지 선택, 지식 파급효과, 연관성 및 비연관성 밀도, 4차 산업혁명
-