

# 4차 산업 특화가 지역 경제 회복력에 미치는 영향 : 코로나19 팬데믹 사례 연구\*

The Impact of 4IR-Related Industrial Specialization on Regional Economic Resilience  
: A Case Study of the COVID-19 Pandemic

윤성원\*\*.이상원\*\*\*.김갑성\*\*\*\*

Sungwon Yoon·Sangwon Lee·Kabsung Kim

## 목 차

- I. 서론
- II. 문헌검토
- III. 분석방법
- IV. 분석결과
- V. 결론

4차 산업혁명 시대를 맞이하여 신기술의 경제적 효과를 규명하는 것은 지역의 성장 전략 수립에 있어 핵심적 과제이지만, 이를 정량적으로 측정하는 데에는 상당한 제약이 존재하여 왔다. 이러한 한계를 보완하기 위하여 본 연구는 4차 산업 특화도를 활용하는 대안적 접근을 차용하였다. 특히 코로나19 팬데믹이 산업 전반에 동시다발적으로 영향을 미친 외생적 충격이라는 점에 주목하여 자연 실험적 맥락으로 설정하고, 지역 경제의 침체와 회복 과정을 포착할 수 있는 회복력 개념을 도입하였다. 이에 따라 한국표준산업분류를 기반으로 4차 산업을 분류하고 전국사업체조사 자료를 활용하여 4차 산업 특화도와 지역 경제 회복력을 산정한 후, 4차 산업 특화가 지역 경제 회복력에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과, 4차 제조업과 정보통신업 특화는 회복력

\* 이 논문은 2024년 한국지역학회 전기학술대회와 2024 대한민국도·도시계획학회 추계학술대회에서 우수논문상을 수상한 원고를 수정·보완한 것으로, 당시 발전 방향에 대하여 구체적인 조언을 해주신 토론자분들께 깊이 감사 드립니다. 이 논문은 수정·보완 과정에서 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었음.

\*\* 제1저자, 연세대학교 도시공학과 석사과정

\*\*\* 공동저자, 연세대학교 도시공학과 박사수료

\*\*\*\* 교신저자, 연세대학교 도시공학과 교수

논문 접수일: 2025. 7. 30. 심사기간: 2025. 7. 30. ~ 2025. 12. 10. 게재확정일: 2025. 12. 10.

향상에 기여한 반면, 4차 금융보험업과 전문과학 특화는 회복력에 유의한 영향을 미치지 않았다. 이러한 차이는 산업별 신기술 적응 속도와 비대면 수요 대응 능력 등의 이질성에 기인한다. 한편, 산업 다양성은 오히려 회복력을 약화시키는 것으로 나타나 다양성의 효과가 비선형적이고 지역적 맥락에 따라 달라질 수 있다는 기존 논의를 지지하였다. 본 연구는 지역의 4차 산업 기반과 기술 성숙도에 따라 회복력 수준이 상이하게 나타남을 실증적으로 확인함으로써, 4차 산업의 관점에서 기초지자체의 산업 정책이 외부 충격에 대응하고 신속히 회복할 수 있는 구조적 역량을 강화하는 지속가능한 방향으로 재정립될 필요가 있음을 제시하였다는 의의를 지닌다.

□ 핵심어: 4차 산업 특화도, 지역 경제 회복력, 코로나19 팬데믹, 4차 산업 혁명 기술, 디지털 전환

In the era of the Fourth Industrial Revolution(4IR), identifying the economic effects of new technologies is a crucial task for regional growth strategies. However, quantifying these effects at the firm level has remained challenging. To address this limitation, this study adopts an alternative approach using 4IR-related industrial specialization. Recognizing that the COVID-19 pandemic served as an exogenous shock that simultaneously affected industries nationwide, the study employs a natural experiment framework and incorporates the concept of regional economic resilience to capture the trajectories of decline and recovery. Based on the Korean Standard Industrial Classification, 4IR-related industries were defined, and measures of 4IR-related industrial specialization and regional economic resilience were constructed using Census on Establishment. The analysis revealed that specialization in 4IR-related manufacturing and information/communications industries enhanced resilience, whereas specialization in 4IR-related finance/insurance and professional/scientific industries had no significant effects. These differences stem from heterogeneous levels of technological adaptation and the capacity to respond to contactless demand across industries. Additionally, industrial diversity was found to weaken resilience, supporting existing arguments that the effects of diversity are nonlinear and vary across regional contexts. By empirically showing that regional economic resilience depends on the maturity of technologies and 4IR-related industrial base, this study highlights the need for local governments to reorient their industrial policies toward a sustainable direction that strengthens structural capacities that enable rapid recovery from external shocks.

□ Keywords: 4IR-Related Industrial Specialization, Regional Economic Resilience, COVID-19 Pandemic, Fourth Industrial Revolution Technologies, Digital Transformation

## I. 서론

2016년 세계경제포럼(World Economic Forum; WEF)에서 처음 제시된 4차 산업혁명이란 개념은(Schwab, 2016) 초연결성과 지능화를 기반으로 기존 산업 시스템을 재편하는 기술 혁신으로 이해된다(최계영, 2016). 사물인터넷(Internet of Things), 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing), 빅데이터(Big Data), 인공지능(Artificial Intelligence) 등 신기술은 실시간 데이터 수집·처리·분석을 통하여 기존의 생산 및 관리 방식을 근본적으로 변화시킨다(구한민, 2024a; Javaid et al., 2022). 특히, 정보통신기술(Information and Communication Technology; ICT)은 의사결정 속도를 높여 자원 배분 효율과 기업 경쟁력을 향상시키고(Jorgenson & Vu, 2016; Niebel, 2018; Qu et al., 2017), 인공지능은 예측 및 최적화를 통하여 산업 전체의 효율성을 제고한다(Aghion et al., 2019; Purdy & Daugherty, 2016).

신기술의 경제적 효과를 파악하는 것은 지역 성장 전략 수립에 있어 핵심적인 과제이지만, 기술 도입 수준이나 혁신 활동을 기업 단위에서 계량화하는 것은 한계가 있다. 이에 신기술이 집약적으로 구현되는 4차 산업의 특화 수준을 활용하여 경제적 효과를 분석하는 접근법이 주목받고 있다(주미진, 2023). 4차 산업에 특화된 지역은 지식과 기술의 축적, 데이터 기반의 의사결정, 숙련 노동력의 확보, 기업 간 협력 네트워크 등을 통하여 신기술의 효과가 체계적으로 작동하는 기반을 마련할 수 있다(변창욱 외, 2018). 이는 집적 이익(agglomeration economies)을 제공하며 단기적 생산성 향상뿐만 아니라 구조적인 경쟁력 강화로 이어진다(Duranton & Puga, 2004). 비록 정보통신기술의 발달이 공간적 제약을 완화하여 특화 효과를 약화시킬 수 있다는 주장도 존재하지만(Pascal, 1987), 글로벌화의 역설(globalization paradox)에 따르면 경쟁력은 오히려 지식(knowledge), 관계(relationship), 동기(motivation) 등 지역적 요인에 더욱 의존하게 된다(Porter, 1998). 즉, 4차 산업 특화는 신기술의 단순 도입을 넘어 지역 혁신 생태계의 성숙과 지식의 순환 구조를 강화하는 구조적 메커니즘으로서 경제적 효과를 유발한다.

4차 산업의 경제적 효과는 정상 국면보다 외부 충격 상황에서 더욱 명확하게 드러났다. 코로나19 팬데믹은 산업 활동, 노동 시장, 지역 경제 전반에 걸쳐 심각한 충격을 야기하였으며(구한민 외, 2024a; 임석희·송주연, 2022; 주재욱 외, 2021), 비대면 기조의 확산은 재택근무·원격교육·전자상거래 등 디지털 기술의 활용을 급격히 확대하였다(Brynjolfsson et al., 2020; De' et al., 2020). 이 과정에서 디지털 인프라는 생산과 서비스의 지속성을 보장하는 핵심 장치로 기능하였고(권오경, 2020; de la Garza Montemayor et al., 2023), 4차 산업 기술이 외부 충격을 완화하는 실질적 역할을 수행함을 드러내었다. 팬데믹 이전 연구가 4차

산업 기술의 경제적 효과를 제한적으로 평가한 반면(Brynjolfsson & McAfee, 2014; Gordon, 2015; Ishida, 2015), 팬데믹 이후 연구는 디지털 기반 산업이 회복을 견인하는 동력임을 강조하였다(Bocean & Värzaru, 2023; Magoutas et al., 2024; Saba & Ngepah, 2024)는 사실은 이를 뒷받침한다. 따라서 코로나19 팬데믹은 4차 산업 특화 지역이 외부 충격에 어떻게 대응하고 회복하는지를 식별할 수 있는 자연 실험(natural experiment)의 기회를 제공한다.

충격에 대한 침체와 회복 과정을 포착할 수 있는 회복탄력성(resilience; 이하 회복력) 개념을 도입하여 4차 산업 특화 효과를 분석할 필요가 있다. 기존 연구는 4차 산업 특화도와 성장률 간의 시계열적 상관성을 탐색하는 데 초점을 두었으나(정진원 외, 2020; 주미진, 2023), 이러한 접근 방식은 충격 상황에서 대응 메커니즘의 지역 간 차이를 설명하기 어렵다. 반면, 회복력은 충격 이후의 침체 깊이와 회복 속도를 분리하여 측정함으로써 지역의 내재적 대응 능력을 계량적으로 파악할 수 있다(Martin, 2012). 예컨대, 동일한 성장률을 지닌 지역이라도 급격한 하락 후 빠르게 반등한 지역과 완만한 감소 후 장기간 회복한 지역은 전혀 다른 체계적 역량을 보유한다. 따라서 회복력은 외부 충격에 대한 대응 과정을 분석하는 지표로서, 4차 산업 특화가 지역 경제에 미치는 영향을 평가하는 데 보다 적합한 분석 틀을 제공한다.

본 연구는 4차 산업 특화가 코로나19 팬데믹 시기 지역 경제 회복력에 미친 영향을 실증적으로 분석하는 것을 목적으로 다음의 두 가지 연구 질문을 설정하였다. 첫째, 4차 산업 특화는 팬데믹 시기 지역 경제 회복력에 어떠한 영향을 미치는가? 둘째, 4차 산업의 세부 유형별 특화도가 팬데믹 시기 지역 경제 회복력에 미치는 영향은 어떻게 다른가? 이에 답하기 위하여 본 연구는 한국표준산업분류를 기반으로 4차 산업을, 전국사업체조사 종사자 수를 기반으로 지역 경제 회복력을 정의하고, 시군구를 단위로 다중회귀분석을 수행한다. 시군구는 산업 집적과 노동 구조의 차이가 가장 뚜렷하게 나타나는 최소 공간 단위이자, 산업 육성 및 고용 정책이 집행되는 행정 단위이므로(김영수, 2012), 연구 결과는 대내외적 불확실성이 확대되는 상황 속에서 기초 지자체의 기술 육성, 고용 안정, 혁신 생태계 조성에 필요한 실질적 함의를 제공한다. 나아가 외부 충격이 발생한 이후 지역 경제가 어떤 경로를 통하여 침체, 반등, 회복으로 이행하는지 포착함으로써 4차 산업 특화 효과의 작동 기제를 규명한다는 점에서 학술적 의의를 갖는다.

## II. 문헌검토

### 1. 4차 산업 특화와 지역 경제의 관계

4차 산업혁명은 2016년 세계경제포럼(WEF)에서 처음 공식화된 개념으로, 디지털, 물리, 생물학적 기술이 융합되어 산업의 가치사슬 전체를 재구성하는 구조적 변화를 의미한다(Schwab, 2016). 사물인터넷, 인공지능, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 등 핵심 기술은 데이터의 실시간 처리와 자동화를 통하여 생산·관리 방식의 효율성을 극적으로 향상시킨다(구한민 외, 2023; Javaid et al., 2022). 이러한 기술적 진전은 노동·자본·지식의 결합 방식을 재편함으로써 지역 산업 구조 자체를 변화시키고 성장을 견인하는 핵심적인 요인으로 지목되고 있다(Cooke, 2021; De Propris & Bailey, 2020; Kireeva & Tsoi, 2018; Ramirez, 2021).

4차 산업혁명의 경제적 영향은 세 가지 주요 메커니즘으로 나타난다. 첫째, 생산성의 구조적 개선이다. 스마트 팩토리(smart factory), 디지털 트윈(digital twin) 등 데이터 기반 제조 기술은 생산 비용을 감소시키고 운영 효율을 향상함으로써 지역 산업의 평균 생산성을 제고한다(Cooke, 2021). 둘째, 신산업 시장의 창출이다. 생명공학, 핀테크(fintech)와 같은 기술 집약적 산업은 고부가가치 경제 활동을 유발하며 이러한 산업군이 지역에 집적될 경우 성장을 촉진하는 산업 클러스터가 형성된다(Niranga et al., 2022; Ramirez, 2021). 셋째, 혁신 역량의 확산이다. 기술 기반 기업 간의 지식 교환과 전문 노동력의 순환은 지역 내 학습 효과와 협력 네트워크를 확대하여 집단적 기술 적응 능력을 강화한다. 이처럼 4차 산업혁명은 생산·시장·혁신 역량을 연결하는 다층적 경로를 통하여 지역 경제의 성과를 결정한다(변창욱 외, 2018).

4차 산업혁명의 영향은 지역 수준의 생산성 향상과 혁신 역량의 확산에 그치지 않고, 노동 시장 구조를 재편하는 방향으로 확장된다. 자동화·로봇화는 반복적 중간숙련 직무를 대체하는 한편, 인공지능 운영, 데이터 분석, 디지털 서비스와 같은 고숙련 직무 수요를 확대하여 노동시장 내부의 기술 분화와 숙련 프리미엄을 강화한다(Acemoglu & Restrepo, 2018). 이러한 변화는 특정 산업에 한정되지 않고, 4차 산업 특화 지역의 지식 확산과 네트워크 기반 활용을 통하여 연관 산업 고용까지 파급되는 승수 효과를 발생시킨다(Moretti & Thulin, 2012). 즉, 4차 산업 특화는 단순 고용 증감이 아니라 외부 충격 상황에서 고용을 유지하거나 재편하는 능력을 결정하는 지역 노동 구조의 탄력성으로 작동한다.

산업 특화는 이러한 4차 산업혁명의 효과를 공간적으로 증폭시키는 요인으로 작용한다. 산

업이 특정 지역에 집중되면 지식의 확산, 노동력 확보, 기술 협력 네트워크가 강화되며 긍정적인 외부효과(external effect)를 창출한다(Marshall, 1920; Porter, 1998). 특히 4차 산업은 높은 연구개발 의존도와 기술 불확실성을 내포하기 때문에 단일 기업의 혁신 역량보다 지역 단위에서의 집단적 학습과 리스크 분산이 경제 성과를 좌우한다(Gotz & Jankowska, 2017). 즉, 4차 산업 특화는 기술 도입 여부를 넘어 지역 혁신 생태계의 성숙과 인재·자본·지식의 순환구조를 형성하는 메커니즘으로 이해될 필요가 있다. 특히, 기술 발달로 인한 공간적 제약의 완화에도 경쟁력이 지역적 자산에 더욱 의존하게 된다는 글로벌화의 역설(Porter, 1998)에 따르면 기술이 보편화될수록 지역 간 혁신 역량의 불균형은 심화된다.

4차 산업이 지역 경제에 미치는 영향에 관한 실증 연구 역시 이러한 차이를 지지한다. 신학철·우명제(2020)는 제조 기반 4차 산업이 지방 광역 대도시권의 인구 및 경제 성장을 촉진함을 확인하였으며, 4차 산업 입지 패턴의 중요성을 강조하였다. 주미진(2021)은 제조 및 금융·보험업 기반 4차 산업이 지역의 생산성 향상에 긍정적 영향을 미친 반면, 방송 및 과학기술 기반 4차 산업은 유의미한 영향을 미치지 않았음을 확인하였으며, 산업 유형에 따른 차등적 효과가 존재함을 제시하였다. 이러한 결과는 4차 산업 특화의 효과가 산업 구조, 인적 자본, 지역 클러스터 수준과 밀접한 관련이 있는 복합적 메커니즘이라는 점을 시사한다. 따라서 본 연구는 4차 산업 특화뿐만 아니라 4차 산업 세부 유형별 특화를 중심으로 공간적 분포를 살펴보고 지역 간 효과의 차이를 규명하는 데 초점을 둔다.

박승빈(2017)은 4차 산업혁명 관련 기술에 관한 선행연구를 바탕으로, 자율주행차, 로봇, 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 모바일, 가상현실, 블록체인, 핀테크, 드론, 3D 프린팅 등 중요도와 분류 가능성이 높은 11개의 기술을 4차 산업의 핵심 기술로 선정한 바 있다. 이후 기기, 부품, 기술, 연구 등 4개 분야로 구분하고, 각 분야와 직접적으로 관련된 37개 산업을 4차 산업으로 분류하였다(〈표 1〉). 본 연구는 박승빈(2017)의 4차 산업 분류를 토대로 4차 산업 특화도를 산정한다.

## 2. 회복탄력성의 개념 및 측정방법

회복력은 교란(disturbance)에 직면하여 시스템의 기능을 유지하거나 충격을 최소화하는 능력, 충격에서 신속히 회복하는 능력, 변화에 적응하는 능력, 시스템의 구조를 재조직하는 능력을 포함한다(하수정 외, 2014; Holling, 1973; Meerow et al., 2016; Walker et al., 2004). 이러한 정의는 충격 이전 상태로의 신속한 복귀 능력(engineering resilience)뿐만 아니라, 교란에 직면하여 시스템의 구조를 근본적으로 재조직하고 더 나은 방향으로 전환하

는 적응 능력(ecological resilience)을 모두 포괄하는 다면적 속성을 지니므로(Martin, 2012), 시스템이 변화 과정에서 보유한 내재적 대응 능력을 포함하는 동태적 개념으로 이해할 수 있다.

〈표 1〉 한국표준산업분류에 기반한 4차 산업 분류

대분류	산업 분류부호	산업분류명	대분류	산업 분류부호	산업분류명
제조업	20202	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	제조업	29280	산업용 로봇 제조업
	23999	그 외 기타 분류 안 된 비금속 광물제품 제조업		29292	고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업
	26111	메모리용 전자집적회로 제조업		30332	자동차용 부품 전기장치 제조업
	26112	비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업		30399	그 외 기타 자동차 부품 제조업
	26212	유기 발광 표시장치 제조업		31311	유인 항공기, 항공 우주선 및 보조장치 제조업
	26219	기타 표시장치 제조업		31312	무인 항공기 및 무인 비행장치 제조업
	26293	전자카드 제조업		31322	항공기용 부품 제조업
	26299	그 외 기타 전자 부품 제조업		58219	기타 게임소프트웨어 개발 및 공급업
	26310	컴퓨터 제조업	58221	시스템소프트웨어 개발 및 공급업	
	26421	방송장비 제조업	58222	응용소프트웨어 개발 및 공급업	
	26422	이동 전화기 제조업	61210	유선통신업	
	26429	기타 무선 통신장비 제조업	61220	무선 및 위성 통신업	
	26519	비디오 및 기타 영상기기 제조업	62010	컴퓨터 프로그래밍 서비스업	
	27211	레이더, 항행용 무선기기 및 측량 기구 제조업	62021	컴퓨터시스템 통합 자문 및 구축 서비스업	
	27301	광학렌즈 및 광학요소 제조업	63111	자료처리업	
	28119	기타 전기 변환장치 제조업	63120	포털 및 기타 인터넷 정보 매개 서비스업	
	28114	에너지 저장장치 제조업	63991	데이터베이스 및 온라인정보 제공업	
	28123	배전반 및 전기자동차 제어반 제조업	66199	그 외 기타 금융 지원 서비스업	
	28202	축전지 제조업	70111	물리, 화학 및 생물학 연구 개발업	
	29224	금속 성형기계 제조업	70121	전기·전자공학 연구 개발업	
	29222	디지털 적층 성형기계 제조업	70129	기타 공학 연구 개발업	

주: 한국표준산업분류 제11차 개정에 따라 박승빈(2017)이 제시한 37개 산업을 42개 산업으로 재분류하였음

출처: 박승빈(2017)을 토대로 저자 재작성

도시 및 국토 계획 분야에서 회복력 개념은 단순한 위험 대응을 넘어 지속가능성의 핵심 요인으로 확장되고 있다. 회복탄력적인 도시는 외부 위협을 완화하고 핵심 구조와 기능적 역량을 유지함으로써 지속가능한 도시 개발을 촉진할 수 있는 잠재력을 지니고 있기 때문이다(Sharifi & Yamagata, 2014). 이는 회복력이 재난 관리에 국한된 대응 전략이 아니라, 기술·산업·인적자본이 결합된 도시 시스템의 내생적 역량을 측정하는 지표로 기능할 수 있음을 시사한다. 따라서 지역의 회복력을 평가하는 것은 산업 구조 변화와 사회·경제적 충격에 대응할 수 있는 도시 및 지역 계획을 수립하는 데 필수적이며, 지속가능한 발전 전략을 마련하기 위한 실증적 기반을 제공한다(하수정 외, 2014).

경제적 회복력을 측정하는 대표적인 방법으로는 충격지표와 반등지표를 계산한 뒤, 두 지표의 비율을 로그변환하는 방법이 있다(Han & Goetz, 2015). 충격지표는 충격이 발생하지 않았을 경우 예상되는 고용과 충격이 발생하여 감소한 고용의 비율을 의미하며, 반등지표는 충격의 여파가 가라앉은 후 감소한 고용으로부터 회복된 고용의 수준을 의미한다. 이와 같은 방법은 외부 충격에 대한 지역의 대응 능력과 복구 정도를 평가하는 데 유용하며, 지역 간 이질성을 완화할 수 있다는 장점을 지닌다.

### 3. 코로나19 팬데믹과 디지털 전환

코로나19 팬데믹은 단순한 공중보건 위기에 그치지 않고, 사회적 거리두기와 방역 조치로 인한 경제활동의 위축과 소비 연결망의 붕괴를 초래하였다(이진희 외, 2021; 임석희·송주연, 2022). 감염 우려와 이동 제한 조치로 유동인구가 감소하면서 소규모 점포의 매출이 급감하고, 기업 수익은 악화되었으며 고용 시장의 불안으로 이어졌다(구한민, 2024b; 김동준 외, 2020; 이관용 외, 2023; 주재욱 외, 2021). 실제로 2020년 2분기 우리나라의 경제성장률은 전 분기 대비 약 3.3% 감소하였고, 미국은 약 8.2%, 중국은 2020년 1분기 기준 전년 동기 대비 약 6.8% 감소하는 등 전 세계적인 경제 충격이 발생하였다(한국개발연구원, 2020). 이러한 상황에서 비대면 활동을 가능케 하는 디지털 인프라는 생산과 서비스의 지속성을 보장하는 핵심 장치로 기능하였으며, 4차 산업 관련 기술이 외부 충격을 완화하는 실질적 역할을 수행함을 드러내었다(권오경, 2020; de la Garza Montemayor et al., 2023).

코로나19 팬데믹을 거치며 4차 산업혁명 관련 기술의 활용은 일상과 산업 활동 전반으로 빠르게 확산되었다. 전염성이 높은 바이러스의 특성 때문에 비대면 서비스는 생활 전반에 깊숙이 침투하였고(Zeng et al., 2020), 운영 프로세스의 디지털화는 서비스 산업의 비용 구조와 운영 모델을 변화시키며 새로운 시장 기회를 창출하였다(Lee & Trimi, 2021). 산업별로

살펴보면, 제조업 분야에서는 대면 접촉 없이 교육·훈련을 수행하기 위하여 증강현실 기반 원격 교육 시스템을 적극 도입하였다(Rubega, 2021). 정보통신 분야에서는 재택근무, 온라인 교육, 비대면 공연, 전자상거래 등 디지털 기반 활동이 사회적 표준으로 자리잡았다(구한민·김갑성, 2021; 한국전자통신연구원, 2021). 금융·보험 분야에서는 디지털 환경에 익숙해진 소비자의 수요에 대응하여, 비대면 보험 가입, 인공지능 상담 등 서비스가 빠르게 확산되었으며(김재현·이석호, 2021), 전문과학 분야에서도 인공지능, 빅데이터, 클라우드 기술 도입을 통하여 연구 환경의 디지털 전환이 가속화되었다(이혜진 외, 2022). 이처럼 팬데믹 기간 동안 4차 산업 기술은 산업 운영 방식, 서비스 전달 방식, 혁신 활동 전반을 재편하며 외부 충격 속에서도 경제 활동을 유지하는 핵심 인프라로 기능하였다.

이러한 변화는 4차 산업혁명의 경제적 효과에 대한 평가 방향을 전환시켰다. 팬데믹 이전 연구에서는 신기술의 도입 수준이 초기 단계에 머물러 있어 경제적 효과가 제한적이라는 회의적 평가가 우세하였으나(Brynjolfsson & McAfee, 2014; Gordon, 2015; Ishida, 2015), 팬데믹 이후 연구에서는 디지털 인프라 확장과 기술 수요 급증을 배경으로 4차 산업이 경제 회복을 견인하는 동력으로 작용한다는 점이 강조되기 시작하였다(Bocean & Vărzaru, 2023; Magoutas et al., 2024; Saba & Ngepah, 2024). 즉, 코로나19 팬데믹은 4차 산업 특화 지역이 외부 충격 상황에서 어떻게 대응하고 회복하는지를 확인할 수 있는 자연 실험의 조건을 제공하였으며, 팬데믹 전후 시점에서 기술 특화 수준이 지역 경제 회복력에 미치는 영향을 분석할 필요성을 제기하였다.

### III. 분석방법

#### 1. 연구자료 및 범위

본 연구는 4차 산업 특화도가 지역 경제 회복력에 미치는 영향을 분석하기 위하여 전국사업체조사의 시군구별 종사자 수를 활용하였다. 지역 경제 연구에서 주로 활용되는 지역내총생산(gross regional domestic product)은 물가와 자본 가격 변동에 민감하고 위기 상황에서는 시차로 인하여 즉각적인 경제 활동 변화를 포착하기 어렵다는 한계를 지닌다. 반면, 고용은 기술 변화와 수요 충격에 직접적으로 반응하며(Sensier et al., 2016), 4차 산업혁명과 같은 기술 전환기에는 자동화·디지털화로 인한 중간숙련 일자리 감소와 고숙련 직무 수요 확대가 노동시장 구조를 빠르게 재편한다(구한민 외, 2024b). 따라서 종사자 수는 지역의 기술

적응 능력과 외부 충격에 대한 반응 수준을 반영하는 실질적 회복 지표로 기능한다. 실제로 코로나19 팬데믹 기간 동안 국내 노동시장은 고용 충격이 비대칭적으로 발생하는 등 구조적 변화가 나타났다(안효상·서정희, 2020). 이러한 맥락에서 본 연구는 시군구별 종사자 수 변화를 바탕으로 지역 경제 회복력을 측정하고, 기술 활용 능력을 내생적으로 포함하는 4차 산업 종사자 수를 기반으로 4차 산업 특화도를 산정하였다.

본 연구의 시간적 범위는 2017년부터 2022년까지이다. 2020년 1월 국내에서 코로나19 첫 확진자가 발생한 이후, 서울을 중심으로 집단 감염이 확산되면서 강도 높은 사회적 거리두기 조치가 시행되었고, 해당 조치는 2022년에 해제되었다. 회복력은 충격 직전의 정상 상태를 기준으로 하락 규모와 회복 수준을 비교하여 산출하는 지표이다. 이를 바탕으로 본 연구는 전국 시군구의 연도별 종사자 수 변동을 검토하여 2017년부터 2019년을 팬데믹 이전의 안정적인 고용 추세를 반영하는 정상 상태로 설정하였다. 2020년은 전체 229개 시군구 중 191개에서 종사자 수가 최저점을 기록하여 팬데믹 충격이 가장 강하게 작용한 시점으로 확인되었으므로 침체기로 설정하였다. 2021년에는 일부 지역에서 반등이 나타났으나, 지역별 회복 양상이 불균일하여 회복 기준으로 활용하기 어려웠던 반면, 2022년은 다수의 시군구에서 안정적인 증가세가 관찰되어 팬데믹 이후 회복 수준을 대표하는 시점으로 판단하였다. 아울러 연구 수행 시점에서 확보 가능한 전국사업체조사의 최신 자료가 2022년도였음을 고려하여, 2021년이 아닌 2022년을 회복기의 기준점으로 설정하였다. 공간적 범위는 전국 229개 시군구이다. 전국 단위의 분석은 4차 산업 특화도와 지역 경제 회복력의 관계를 거시적으로 파악할 수 있도록 하며, 시군구는 정책이 수립되고 집행되는 기본 행정 단위로서 산업 구조와 고용 특성의 차이가 뚜렷하게 나타난다.

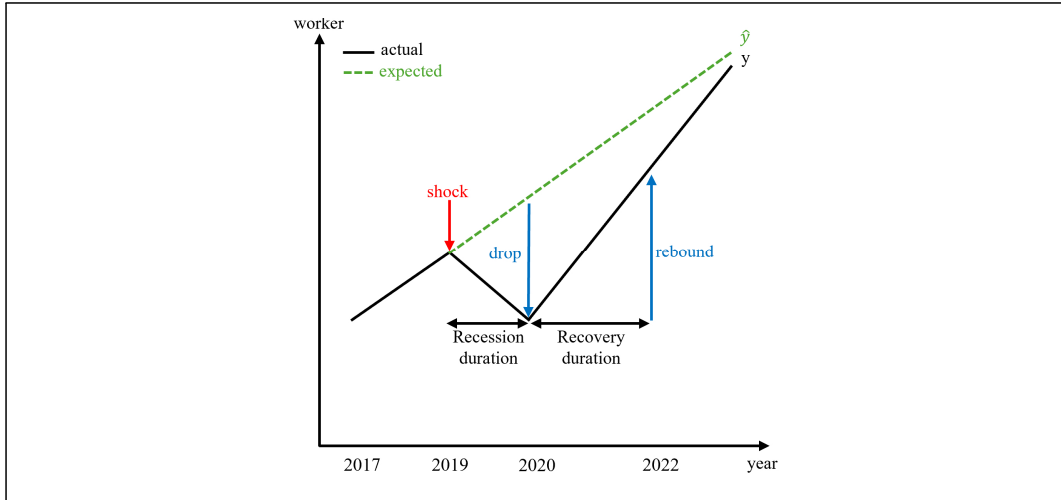
## 2. 변수 및 측정

### 1) 종속변수: 지역 경제 회복력

지역 경제 회복력은 충격지표(drop)와 반등지표(rebound)의 비율을 로그변환하여 계산한다(〈그림 1〉). 충격지표는 충격이 발생하지 않았을 경우 예상되는 고용으로부터 충격으로 감소한 고용의 비율로 산정된다(〈식 3〉). 이를 구하기 위하여 초기 시점(2017년)과 위기 발생 직전 시점(2019년)의 종사자 수를 이용해 연평균 성장률을 산출한다(〈식 1〉). 이후, 외부 충격이 없었을 경우 예상되는 종사자 수를 연평균 성장률을 적용하여 추정한다(〈식 2〉). 이를 통하여 계산된 충격지표의 값이 클수록 충격으로 인한 부정적 변화가 크게 나타난 것으로 도시의 회복력 또한 낮아진다고 해석할 수 있다. 반등지표는 외부 충격으로 고용이 감소한 저점

으로부터 회복한 고용의 비율로 산정한다(〈식 4〉).

〈그림 1〉 지역 경제 회복력의 개념도



출처: Han & Goetz(2015)를 바탕으로 재작성

$$r = \left( \frac{y_{2019}}{y_{2017}} \right)^{\frac{1}{2019-2017}} - 1 \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

$$\hat{y}_t = y_{2019} (1+r)^{t-2019} \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

$$Drop = \frac{\widehat{y}_{2020} - y_{2020}}{\widehat{y}_{2020}} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

$$Rebound = \frac{y_{2022} - y_{2020}}{y_{2020}} \quad \langle \text{식 4} \rangle$$

*ratio*는 충격지표와 반등지표의 비율을 기반으로 산정되며, 이를 로그변환하고 표준화한 값을 활용하여 회복력을 계산한다(〈식 5〉, 〈식 6〉). 로그변환 시 음수 값을 방지하고 분포의 왜곡을 완화하기 위하여 충격지표와 반등지표 각각에 대하여 최솟값을 뺀 후 1을 더한다. 회복력은 지역 간 비교를 용이하게 하기 위하여 *ratio* 값을 표준화하여 구한다.

$$ratio = \ln \left( \frac{Rebound - \min(Rebound) + 1}{Drop - \min(Drop) + 1} \right) \quad \langle \text{식 5} \rangle$$

$$Resilience = \frac{ratio - \text{mean}(ratio)}{sd(ratio)} \quad \langle \text{식 6} \rangle$$

## 2) 핵심 설명변수: 4차 산업 특화도

본 연구는 4차 산업 특화도를 활용한 분석과 더불어 4차 산업의 세부 유형별 특화도를 활용한 분석을 병행하였다. 이를 위하여 박승빈(2017)의 4차 산업 분류 체계를 토대로, 4차 산업 특화도, 4차 제조업 특화도, 4차 정보통신업 특화도, 4차 금융보험업 특화도, 4차 전문과학 특화도를 측정하였다.

지역 경제 회복력은 코로나19 팬데믹으로 인한 충격과, 이에 대한 지역의 대응 및 적응 과정을 포함하는 동태적 개념이다. 따라서 충격이 발생한 시점인 2020년을 기준으로 4차 산업 특화 수준을 측정함으로써, 침체와 회복 과정에서 작용하는 지역의 구조적 특성을 반영하고 인과적 선후 관계를 명확히 설정할 수 있다. 특화도는 입지계수(location quotient; LQ)를 통하여 측정하였다. 입지계수는 특정 산업 종사자 수의 지역 내 비중과 전국 비중을 비교함으로써, 산업이 지역에 집중된 정도를 측정하는 지표로서, 그 값이 클수록 해당 산업에 특화된 지역으로 볼 수 있다(〈식 7〉). 특화 여부를 판단하는 기준은 연구에 따라 상이하지만, 일반적으로 입지계수 값이 1이나 1.25 이상일 경우 특화된 것으로 간주한다(윤윤규 외, 2012; 조은설, 2014). 특화도의 정규성 확보를 위하여 1을 더한 후 로그변환하였다.

$$LQ_i = \frac{e_i}{e_j} \times \frac{E_j}{E_i}$$

〈식 7〉

$e_i$ : 분석대상 지역의  $i$ 산업 종사자수  
 $e_j$ : 분석대상 지역의 총 종사자수  
 $E_i$ : 전국의  $i$ 산업 종사자수  
 $E_j$ : 전국의 총 종사자수

## 3) 통제변수

통제변수는 산업 다양성, 경제활동인구 비율, 외국인 노동자 비율, 대학교 졸업자 비율, 재정자립도, 주거·상업·공업면적 비율, 수도권 여부이다. 산업 다양성은 지역 경제에 영향을 미치는 핵심 요인으로 다수의 선행연구에서 강조되어 왔다(류수열 외, 2013; 문동진, 2018; 문동진·홍준현, 2015; Angelopoulos et al., 2023; Brown & Greenbaum, 2017). 본 연구는 산업 다양성의 측정에 널리 활용되는 허핀달-허쉬만 지수(Herfindahl-Hirschman Index; HHI)를 통하여 산업 다양성을 측정하였다(Izraeli & Murphy, 2003; Mizuno et al., 2006). HHI는 특정 산업의 집중도를 나타내는 지표로서 그 값이 클수록 집중도가 높고 다양성이 낮기 때문에 1에서 HHI 값을 뺀 값을 분석에 활용하였다(〈식 8〉).

$$1 - HHI = 1 - \sum_{i=1}^I \left( \frac{E_i}{E} \right)^2 \quad \langle \text{식 8} \rangle$$

$E_i$ :  $i$ 산업 종사자수  
 $E$ : 총 종사자수

인구 특성과 관련하여서는 경제활동인구 비율, 외국인 노동자 비율, 대학교 졸업자 비율을 활용하였다. 경제활동인구 비율은 지역 경제에 유의미한 영향을 미치며(강윤호, 2008), 15세 이상 65세 미만의 인구를 총 지역 인구수로 나누어 구한다. 외국인 노동자의 유입으로 인한 외생적인 노동 투입량과 소비지출의 증가는 경제적 파급 과정을 거쳐 총산출 및 부가가치를 증가시킨다(강동관 외, 2011). 대학교 졸업자 비율은 교육·훈련 등을 통해 축적된 지식이나 기술 등과 같이 노동생산성을 향상시키는 노동의 질적인 측면인 인적자본을 대표한다(구한민·홍사흠, 2023).

재정자립도는 지역의 재정적 안정성과 자립성을 나타내며 성장 잠재력을 반영하는 변수로 활용하였다(강윤호, 2008). 지역 경제에 영향을 미치는 모든 경제활동은 토지를 기반으로 발생하는데 해당 토지의 용도가 어떻게 지정되어 있는지에 따라 경제활동의 방향 및 영향력은 달라질 수 있다(최철 외, 2013). 따라서 주거지역, 상업지역, 공업지역 면적 비율 등 토지이용 특성 변수를 활용하였다. 또한, 수도권 여부에 따라 산업 다양성이나 회복력의 수준이 다르게 나타날 수 있기 때문에 수도권 여부를 활용하였다. 변수 및 측정방법은 <표 2>와 같다.

<표 2> 변수 및 측정방법

구분	변수	측정방법	
종속변수	지역 경제 회복력	$Resilience = \frac{ratio - mean(ratio)}{sd(ratio)}$	
독립변수	핵심 설명 변수	4차 산업 특화도	$LQ_i = \frac{e_i}{e_I} \times \frac{E_I}{E_i}$
		4차 제조업 특화도	
		4차 정보통신업 특화도	
		4차 금융보험업 특화도	
		4차 전문과학 특화도	
	통제 변수	산업 다양성	$1 - HHI = 1 - \sum_{i=1}^I \left( \frac{E_i}{E} \right)^2$
		경제활동 인구 비율	15-65세 인구 수/전체 인구 수
		외국인 노동자 비율	외국인 노동자 수/전체 인구 수
		대학교 졸업자 비율	대학교 졸업자 수/전체 인구 수
		재정자립도	(지방세+세외수입)/지자체 예산규모
주거면적 비율	주거면적/전체면적( $m^2$ )		
상업면적 비율	상업면적/전체면적( $m^2$ )		
공업면적 비율	공업면적/전체면적( $m^2$ )		
수도권 여부	0='비수도권', 1='수도권'		

## IV. 분석결과

### 1. 기술통계량

본 연구의 기술통계량은 <표 3>과 같다. 종속변수인 지역 경제 회복력의 최솟값은 -2.616, 최댓값은 5.178로 나타났다. 특화도의 평균은 4차 산업이 0.511, 4차 제조업이 0.646, 4차 정보통신업이 0.428, 4차 금융보험업이 0.462, 4차 전문과학이 0.435로 나타났다. 특화도의 최솟값은 0으로 지역 내 4차 산업 종사자가 존재하지 않는 지역이 존재하였고, 최댓값은 3.817부터 14.533 사이의 값을 지니고 있었다. 4차 전문과학 특화도의 경우 최댓값이 14.533으로 연구개발특구 등 특화도가 매우 높은 지역이 존재함을 확인할 수 있었다.

통계변수의 평균은 산업 다양성이 0.985, 경제활동인구 비율이 0.630, 외국인노동자 비율이 0.010, 대학졸업자 비율이 0.269, 재정자립도가 20.296, 주거면적 비율이 0.220, 상업면적 비율이 0.031, 공업면적 비율이 0.070으로 나타났다. 용도지역 관련 변수 중에서는 주거면적 비율의 평균이 가장 높았으며, 상업면적 비율의 평균이 가장 낮았다.

<표 3> 기술통계량

변수	<i>N</i>	Mean	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
지역 경제 회복력	229	0	1	-2.616	5.178
4차 산업 특화도	229	0.511	0.702	0	3.817
4차 제조업 특화도	229	0.646	1.172	0	9.269
4차 정보통신업 특화도	229	0.428	0.899	0	6.544
4차 금융보험업 특화도	229	0.462	1.093	0	8.416
4차 전문과학 특화도	229	0.435	1.446	0	14.533
산업 다양성	229	0.985	0.012	0.872	0.996
경제활동인구 비율	229	0.630	0.060	0.472	0.838
외국인노동자 비율	229	0.010	0.010	0.001	0.064
대학교졸업자 비율	229	0.269	0.082	0.123	0.502
재정자립도	229	20.296	11.879	6.100	66.300
주거면적 비율	229	0.220	0.162	0.001	0.915
상업면적 비율	229	0.031	0.051	0	0.442
공업면적 비율	229	0.070	0.087	0	0.514
수도권여부	229	0.260	0.440	0	1

주: 기술통계량은 로그변환 이전의 값을 기준으로 작성하였음

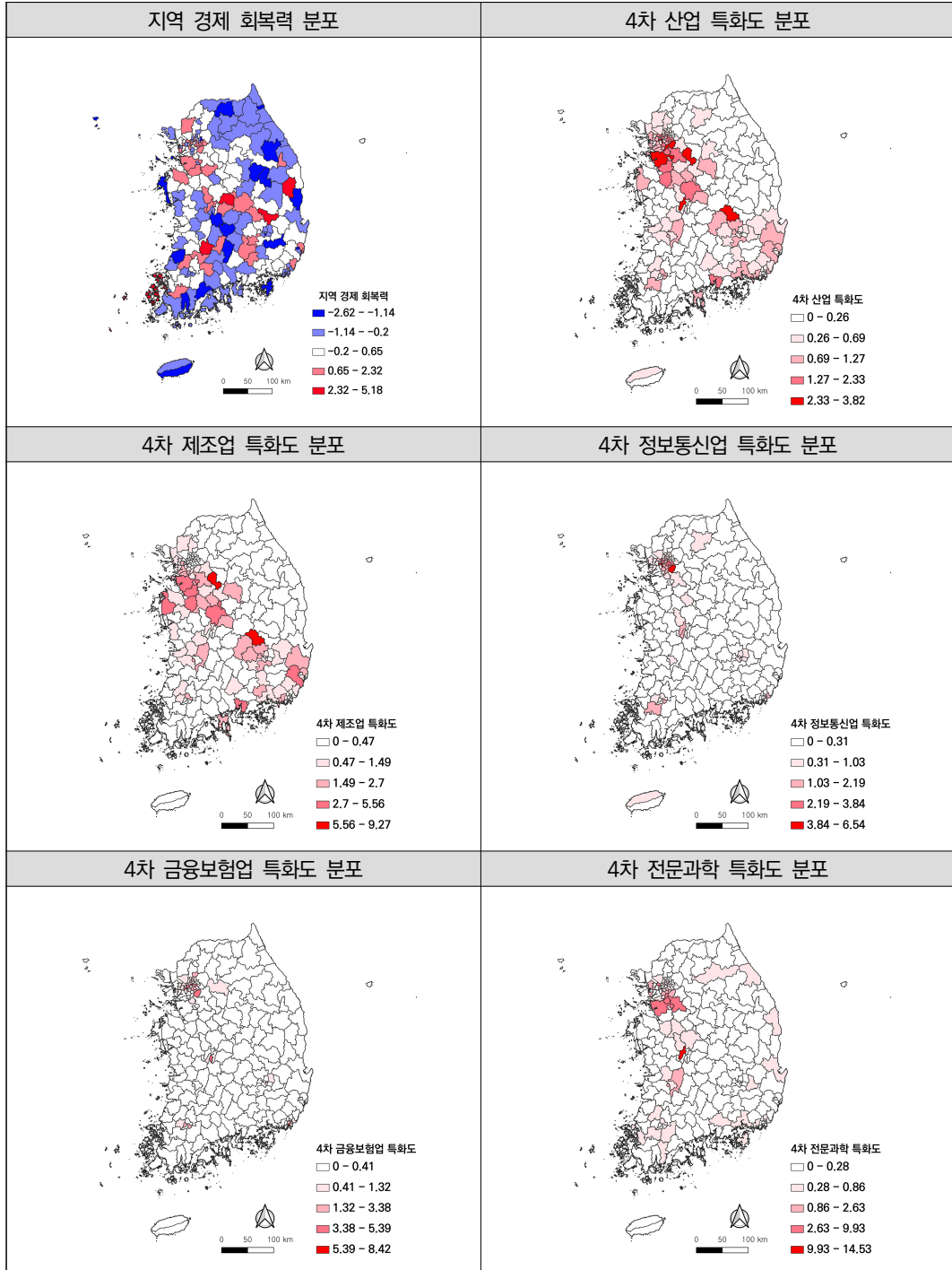
## 2. 지역 경제 회복력과 4차 산업 특화도의 공간적 분포

시군구별 지역 경제 회복력과 4차 산업 특화도의 분포는 <그림 2>와 같다. 먼저 지역 경제 회복력의 공간적 분포를 살펴보면 서울 동남부와 경기 남부, 주요 광역시 주변 지역에서 높은 회복력이 나타났다. 이들 지역은 산업·서비스·고용 기반이 다양하게 구성된 대도시권 혹은 대도시 배후 지역으로서 충격 이후 경제활동의 정상화 속도가 빠른 구조적 특성을 지닌다는 점에서 회복력이 높게 나타난 것으로 해석할 수 있다. 반면, 강원 내륙에서 충북과 경북으로 이어지는 산지 지역에서는 회복력이 전반적으로 낮게 나타났는데, 이는 인구·고용 규모가 작고 산업 기반이 취약한 지역에서는 외부 충격에 대한 대응 능력이 제한적임을 시사한다.

전체 4차 산업 특화도의 분포는 수도권 남부를 중심으로 충남·충북 경계 지역, 대구·부산 등 영남권 주요 도시 주변, 전주·광주 등 호남권 주요 도시 주변에서 높게 나타났다. 특히, 성남, 화성, 이천, 대전 유성구, 구미 등은 4차 산업 특화도가 두드러지는 지역이었다. 이러한 공간적 분포는 수도권 남부에서 충청권을 거쳐 영·호남권 주요 도시로 이어지는 국가 주력 산업 축과 상당 부분 중첩되며, 광역적 교통 인프라와 산업 입지 전략이 4차 산업의 집적을 유도하고 있음을 시사한다.

산업별로 세분하여 살펴보면, 4차 제조업 특화도는 경기 남부 및 충청권을 중심으로 가장 높은 값을 보였다. 이는 전통 제조업 기반이 강한 지역에서 빅데이터·로봇 등의 기술이 제조 공정과 결합되면서 고부가가치 제조업으로 전환되고 있음을 시사한다. 특히 경부선 축을 따라 높은 4차 제조업 특화도가 관찰되었다는 사실은, 제조업 특성상 교통 접근성과 물류 효율성이 산업 입지에 중요한 결정 요인으로 작용하고 있음을 시사한다. 4차 금융보험업은 대부분 서울 및 성남 지역에 집중되어 있는 것으로 나타났다. 이러한 수도권 편중은 고속권 노동력을 필요로 하는 금융업 특성상 수도권에 밀집하는 구조와 관련이 있으며 비수도권에서는 관련 산업 기반이 매우 제한적임을 시사한다. 4차 정보통신업과 4차 전문과학 특화도는 수도권과 광역시 등 대도시권 주변에서 공통적으로 높았다. 그러나 4차 정보통신업 특화도는 대도시권 중에서도 수도권에 집중된 반면, 4차 전문과학 특화도는 상대적으로 전국적인 분포를 보였다. 이는 국가 차원의 연구기관 설립, 과학기술 기반 대학 및 공공 연구시설의 분산 배치 등 정책적 요인이 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

〈그림 2〉 지역 경제 회복력 및 4차 산업 특화도의 분포



### 3. 다중회귀분석 결과

다중회귀분석에 앞서, 지역 경제 회복력이 공간 자기상관성(spatial autocorrelation)을 지니는지 검정하였다. 이를 위하여 이상원 외(2022)에서와 마찬가지로 퀸 인접성(queen contiguity) 기반의 공간가중행렬(spatial weight matrix)을 구성하고 전역적 Moran's  $I$  값을 산출한 뒤, 999회 순열 검정(permutation test)을 수행하였다. 그 결과, 지역 경제 회복력의 Moran's  $I$  값은 통계적으로 유의한 양의 공간 자기상관성을 보였다(Moran's  $I = .125$ ; pseudo  $p < .01$ ). 그러나 회귀모형의 잔차에 대한 LM 검정(Lagrange Multiplier test) 결과는 <모형 1>과 <모형 2> 모두에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 종속변수 자체의 공간적 구조가 존재하지만 회귀식의 잔차에는 공간적 편이가 존재하지 않음을 의미하기 때문에(Gu, 2024), 본 연구는 공간 회귀모형을 적용하지 않고 OLS 추정에 기반한 다중회귀분석을 수행하였다.

4차 산업 특화도와 산업 대분류별 특화도가 지역 경제 회복력에 미치는 영향을 분석한 결과는 <표 4>와 같다. 그 결과 4차 산업 특화도는 지역 경제 회복력을 향상시키는 것으로 나타났다( $p < .001$ ). 이는 4차 산업이 지역의 생산·관리·조직 시스템을 디지털 기반으로 전환함으로써 충격 흡수 능력을 향상하고, 경제 활동이 위축된 국면에서도 비교적 빠른 고용 회복을 촉진하는 구조적 기반을 제공하였음을 의미한다.

그러나 4차 산업 대분류별 효과는 상이하게 나타났다. 4차 제조업과 4차 정보통신업 특화도는 지역 경제 회복력을 향상시켰으나( $p < .05$ ), 4차 금융보험업과 4차 전문과학 특화도는 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않았다. 이러한 산업 간 이질성은 팬데믹이라는 충격의 성격, 산업별 디지털 전환 속도, 서비스·공급망 구조, 공간적 입지 패턴, 고용 구조의 차이가 복합적으로 작용한 결과로 볼 수 있다.

4차 제조업은 대면 활동 의존도가 높아 팬데믹의 직접적인 타격을 받았음에도 불구하고, 디지털 트윈, 스마트 팩토리, 자동화 기술의 도입이 빠르게 확산되면서 생산 공정의 중단을 최소화할 수 있었다(Rubega, 2021). 또한, 팬데믹 기간 동안 재택근무, 원격 교육, 전자상거래 등 비대면 서비스 수요가 폭발적으로 증가하면서(한국전자통신연구원, 2021) 정보통신업 기반의 인프라는 경제 활동의 지속성을 유지하는 필수 요소로 기능하였다. 특히, 정보통신 기업이 집적된 지역은 네트워크 기반의 대응력이 높아 충격 이후 빠른 경제 회복이 가능하였다. 반면, 4차 금융보험업은 디지털 전환이 빠르게 진행되었음에도(김재현·이석호, 2021), 산업 입지가 서울 및 성남 등 수도권에 편중되어 있어 지역 수준의 고용 효과는 제한적이었다. 4차 전문과학은 지역의 혁신 역량을 강화하는 주요 산업이지만 고용 변동이나 생산 회복과 같은 단기적 지표에 즉각적으로 반영되기보다는 장기적 성장 잠재력에 더 큰 기여를 하였다.

한편, 산업 다양성은 지역 경제 회복력을 오히려 약화시키는 것으로 나타났다( $p < .001$ ). 이는 산업의 다양화가 외부 충격을 흡수하는 완충 장치로 작용한다는 기존 논의와는 상반되는 결과로(He et al., 2022), 전 산업을 동시다발적으로 제약하는 광범위한 충격이라는 팬데믹의 특성과 관련이 있다. 공중보건 위기처럼 충격의 범위가 방대한 상황에서는 산업 간 상호 의존성이 높을수록 충격이 연쇄적으로 확산되고 회복이 지연될 가능성이 높음을 시사한다.

〈표 4〉 다중회귀분석 결과

변수			종속변수: 지역 경제 회복력			
			〈모형 1〉		〈모형 2〉	
			<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>B</i>	<i>SE</i>
독립 변수	핵심 설명 변수	4차 산업 특화도	0.919***	0.256	-	-
		4차 제조업 특화도	-	-	0.456*	0.178
		4차 정보통신업 특화도			0.719*	0.311
		4차 금융보험업 특화도			-0.123	0.252
		4차 전문과학 특화도			0.078	0.190
	통제 변수	산업다양성 지수	-19.841***	5.636	-20.598***	5.791
		재정자립도	0.011	0.010	0.013	0.010
		경제활동인구 비율	2.106	1.321	2.063	1.358
		외국인 노동자 비율	3.207	7.317	2.665	7.437
		대학교 졸업자 비율	-0.882	1.618	-1.260	1.810
		주거면적 비율	0.292	0.531	0.307	0.548
		상업면적 비율	-0.165	1.346	0.132	1.482
		공업면적 비율	-0.451	0.745	-0.543	0.762
	수도권여부	0.095	0.179	0.091	0.184	
상수	17.828**	5.779	18.653**	5.902		
모형의 적합도						
R <sup>2</sup>			0.174		0.176	
LM-Lag			1.822		1.798	
Robust LM-Lag			0.034		0.088	
LM-Error			2.231		2.302	
Robust LM-Error			0.443		0.593	

주1: \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

주2: 핵심설명변수의 VIF(variance inflation factor) 값은 3.65(4차 정보통신업 특화도) 이내로 나타나, 일반적으로 통용되는 수준에서 다중공선성 우려는 적은 것으로 확인되었음. 이외 〈모형 1〉과 〈모형 2〉의 통제변수들의 VIF 값은 1.11(공업면적 비율)에서 5.71(대학교 졸업자 비율) 범위로 나타났다

## V. 결론

4차 산업혁명 시대 신기술은 지역의 산업 구조와 경제 활동 방식을 근본적으로 변화시키고 있으며, 코로나19 팬데믹은 이러한 변화가 지역 경제의 회복 과정에서 어떠한 역할을 수행하였는지 확인할 수 있는 중요한 계기가 되었다. 본 연구는 시군구 단위의 사업체 종사자 수를 활용하여 지역 경제 회복력을 정량적으로 측정하고, 다중회귀분석을 통하여 4차 산업 특화도의 효과를 실증적으로 분석하였다. 주요 분석 결과와 정책적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 4차 산업 특화도는 지역 경제 회복력을 향상시켰다. 이는 신기술이 제공하는 자동화, 데이터 기반 관리, 원격 서비스 등 디지털 역량이 팬데믹과 같은 위기 상황에서 충격을 완화하고 회복 속도를 높이는 구조적 기반으로 작용하였음을 의미한다. 또한, 특화 수준에 따라 지역 간 회복력 격차가 나타났다는 점은 4차 산업 역량이 충분히 축적된 지역은 경제 활동의 증진을 최소화하고 빠르게 회복하지만, 기술 기반이 취약한 지역은 충격 대응 수단이 제한되어 충격 완화와 회복 수준 모두에서 뒤처졌음을 시사한다. 따라서 기술 기반이 약한 지역을 조기에 식별하고 디지털 인프라 확충, 전문 인력 양성, 기술 전환 지원 등 기초 역량을 강화하기 위한 정책을 우선적으로 추진할 필요가 있다.

둘째, 4차 제조업과 정보통신업 특화도는 팬데믹 기간 동안 지역 경제 회복력을 향상시켰다. 4차 제조업은 스마트 팩토리, 디지털 트윈, 로봇 기술 도입이 빠르게 확산되면서 사회적 거리두기와 인력 투입의 제약에도 불구하고 생산 공정을 안정적으로 유지할 수 있었다. 4차 정보통신업은 비대면 수요가 폭증하는 팬데믹 환경 속에서 지역 경제 활동의 지속성을 보장하는 핵심 기반으로 기능하였다. 이는 디지털 기술에 대한 높은 적응성과 지식 집적 기반의 대응 능력이 지역적 수준에서 실질적인 충격 완충 장치로 작동하였음을 시사한다. 두 산업에서의 특화가 고용의 신속한 회복으로 이어졌다는 점에서, 기초지자체 차원에서 이러한 산업 기반을 전략적으로 육성할 필요가 있다. 4차 제조업 특화 지역에서는 자동화 공정 도입을 확대하는 등 생산 리스크를 낮추는 방향으로 산업 구조를 고도화하고, 4차 정보통신업 특화 지역에서는 데이터 센터 확충, 디지털 서비스 공급 플랫폼 강화 등 비대면 수요 흡수 능력을 확대하는 정책적 지원이 필요하다.

셋째, 4차 금융보험업과 전문과학 특화도는 지역 경제 회복력에 유의한 영향을 미치지 않았다. 4차 금융보험업에서는 디지털 전환이 빠르게 진행되었음에도 산업 입지가 소수의 수도권 대도시 편중되어 있어, 비수도권에서는 4차 금융보험업 특화도가 높더라도 고용 회복으로 이어지는 연계 효과가 작았다. 4차 전문과학 분야는 지식집약적 산업으로서 단기적 고용 회복에 영향을 미치기보다는 장기적 혁신 역량을 강화하였다. 이는 단기적 회복뿐만 아니라,

인프라 불균형 완화와 구조적 혁신 등 장기적 역량 강화에도 정책적 초점을 둘 필요성을 시사한다. 예를 들어, 디지털 금융 접근성 격차를 해소하기 위한 ICT 인프라 지원, 지역 기반 핀테크 생태계 조성이 요구되며, 4차 전문과학 특화 지역에서는 연구개발 인력 유출 방지, 기술 창업 촉진 등 장기적인 혁신 기반을 확충하는 전략이 요구된다.

넷째, 산업 다양성은 지역 경제 회복력을 약화시키는 것으로 나타났다. 이는 산업 다양성이 충격을 완화하고 경제 성장을 견인한다는 기존의 논의와 상반되는 결과이다(Angelopoulos et al., 2023; Brown & Greenbaum, 2017). 특히, 산업 다양성이 경제 성장과 고용 안정성에 미치는 영향이 수도권과 비수도권에서 차별적이며(문동진, 2018; 문동진·홍준현, 2015), 비선형적(류수열 외, 2013; Yang & Liu, 2010)이라는 연구 결과는 산업 다양성의 효과가 지역적 맥락에 따라 다르게 나타날 수 있으며 항상 긍정적이지는 않음을 시사한다. 또한, 대면 활동과 생산·유통·소비 전반을 동시다발적으로 제한한 코로나19 팬데믹의 충격은 지역 간 상호의존성에 따라 연쇄적으로 확산되었으며(이진희 외, 2021), 이 과정에서 산업 다양성은 충격의 확산 경로를 더욱 복잡하게 만드는 요인으로 작용하였다. 따라서 단순한 산업 다양성 확대보다는 지역별 핵심 산업의 디지털 전환 수준, 산업 간 연계 구조, 충격 민감도 차이를 고려한 차등적 대응이 요구되며, 이는 향후 팬데믹과 같은 광역적 충격에 대비하는 정책의 주요 방향이 되어야 할 것이다.

본 연구는 충격-침체-회복이라는 동태적 과정을 반영하는 회복력 개념을 적용하여 신기술의 경제적 효과가 위기 상황에서 어떻게 발현되는지를 실증적으로 규명하였다. 특히 시군구 단위에서 지역별 4차 산업 기반과 기술 생태계의 성숙도에 따라 회복력 수준이 상이하게 나타남을 밝힘으로써 지역적 맥락을 고려한 산업 정책 수립의 근거를 제공하였다는 의의가 있다. 나아가 본 연구는 4차 산업의 관점에서 기초지자체의 산업 정책이 산업 육성 중심의 단기적 접근을 넘어, 외부 충격에 대응하고 빠르게 회복할 수 있도록 하는 구조적 역량을 강화하는 지속가능한 방향으로 재정립되어야 함을 강조한다. 이러한 의의에도 불구하고 본 연구에는 다음과 같은 한계가 존재한다. 첫째, 회복력은 경제·사회·제도 등 다차원적 특성을 지니는 개념임에도 불구하고 연구의 목적과 자료의 제약을 고려하여 회복력을 경제적 차원에 한정하였다. 경제적 차원은 계량적 지표를 통하여 회복력을 명확히 비교할 수 있다는 장점을 지니며, 산업 구조와 기술 기반의 효과를 규명하고자 하는 연구 목적과도 부합한다. 그럼에도 사회적 자본의 약화나 제도적 대응과 같은 비경제적 요인을 제외한 분석은 회복 과정의 총체적 맥락을 충분히 설명하지 못할 수 있기 때문에 향후 사회적·제도적 요인을 통합한 다차원적 분석이 수행될 필요가 있다. 둘째, 자료의 한계로 최대 침체 시점인 2020년과 전국적인 회복세가 관찰된 최대 회복 시점인 2022년을 비교하여 회복력을 산정하는 접근 방식을 취하였다. 연구 수행 시점에 구득 가능한 가장 최신의 자료였던 2022년 전국사업체조사 자료는, 2023

년 5월 엔데믹 선언 이전의 자료로서 팬데믹 종료 후 충분한 시간이 경과하였다고 보기 어렵다. 따라서 2022년의 회복 수준에 침체에 대한 반발 효과와 내재적 회복 효과가 혼재되어 있을 수 있다. 향후 연구에서는 2023년 이후 장기간의 시계열 자료를 활용하여 회복 경로의 지속성과 구조적 적응을 분석할 필요가 있다. 셋째, 자료의 한계로 팬데믹 충격의 지역 간 차이를 충분히 반영하지 못하여 4차 산업 특화도의 효과가 과대 또는 과소 추정되었을 가능성이 존재한다. 지역별 확진자 발생률, 사회적 거리두기 수준, 의료 인프라의 차이는 경기 회복에 영향을 미치는 간접적인 요인으로 작용할 수 있음에도 전국 시군구 단위의 일관된 시계열 자료를 확보하기는 어려웠다. 따라서 향후 보건·사회적 충격을 반영할 수 있는 변수를 포함한 분석을 통하여 공간적 차이를 보다 정밀하게 식별할 필요가 있다. 넷째, 신기술을 계량화하기 위한 방법으로 한국표준산업분류 기반의 4차 산업 분류를 활용하였으나, 기존의 산업 분류체계는 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 블록체인, 로봇 등 4차 산업혁명 기술을 포착하는 데 한계가 있다. 이에 4차 산업 특화도가 실제 기술 구조를 단순화하였다는 측면에서 해석상의 주의가 필요하며, 향후 신기술의 효과를 엄밀하게 측정할 수 있는 자료를 활용한 분석이 수행되기를 기대한다.

## 【참고문헌】

- 강동관·이해춘·이규용. (2011). 외국인 노동자가 국내 경제에 미치는 영향. 「IOM 이민정책연구원 워킹페이퍼」, 2011(8): 1-29.
- 강운호. (2008). 지역경제 성장의 영향요인 분석. 「한국행정학보」, 42(1): 365-381.
- 구한민. (2024a). 기업의 경제적 성과에 대한 4차 산업혁명 신기술의 역할: 머신러닝 증가 성장점 구매의 준수험적 증거. 「산업연구(JIET)」, 8(1): 1-47.
- 구한민. (2024b). 코로나19 팬데믹을 전후로 청년의 주거불안정은 어떻게 변화하였는가?. 「지방행정연구」, 38(2): 27-61.
- 구한민·김갑성. (2021). 코로나19가 가속화한 스마트시티로의 전환에 대한 고찰: 유토피아인가 디스토피아인가?. 「사단법인 스마트도시·건축학회 논문집」, 2(1): 18-24.
- 구한민·김서영·김갑성. (2024a). 코로나19 팬데믹 기간 서울시 도시 중심성 변화 탐색. 「대한부동산학회지」, 42(3): 35-61.
- 구한민·이상원·김갑성·홍사흠. (2024b). 4차 산업혁명 시대, 어떤 특성을 가진 지역의 일자리가 지속가능할 것인가?. 「대한지리학회지」, 59(3): 350-368.
- 구한민·홍사흠. (2023). 지역일자리, 대체될 것인가 지속할 것인가? 지역 특성이 기술진보에 따른 일자리 대체 가능성에 미치는 영향. 「대한지리학회지」, 58(2): 135-146.
- 구한민·황의현·김갑성. (2023). 4차 산업혁명 핵심기술과 기업의 매출액 간 상관관계 평가. 「산업진흥연구」, 8(2): 1-9.
- 권오경. (2020). 4차 산업혁명과 포스트코로나의 시대. 「행정포커스」, 11/12: 58-61.
- 김동준·최현준·조환기·김광용. (2020). 코로나팬데믹 이후 관광산업 발전방안 연구. 「호텔경영학연구」, 29(4): 129-144.
- 김영수. (2012). 우리나라 클러스터정책의 특징과 지역산업생태계론으로의 진화 필요성. 「지역연구」, 28(4): 23-43.
- 김재현·이석호. (2021). 한국 금융산업의 2030 비전과 과제: 보험산업-코로나 위기 이후 금융의 디지털화를 중심으로. 「KIF 연구총서」, 2021(1): 1-285.
- 류수열·최기홍·윤성민. (2013). 산업구조 다양성이 지역경제의 성과에 미치는 영향. 「지역사회연구」, 21(1): 73-94.
- 문동진. (2018). 도시의 입지와 규모에 따른 고용 불안정성에 대한 산업 다양성의 영향력 차이에 관한 연구. 「지방정부연구」, 22(1): 247-279.
- 문동진·홍준현. (2015). 도시 규모와 입지에 따른 지역경제성장률에 대한 산업다양성의 영향력 차이에 관한 연구. 「지방정부연구」, 19(3): 125-152.

- 박승빈. (2017). 「4차 산업혁명 주요 테마분석: 관련 산업을 중심으로」. 대전: 통계청.
- 변창욱·이상호·김지수·최윤기·김창모. (2018). 「지역 산업혁신클러스터 발전요인 분석과 활성화 방안 연구」. 세종: 산업연구원.
- 신학철·우명제. (2020). 4차 산업혁명 관련 산업의 입지특성이 균형발전에 미치는 영향. 「한국지역 개발학회지」, 32(2): 91-117.
- 안효상·서정희. (2020). 코로나 19 이후 불확실성 시대의 새로운 소득보장. 「산업노동연구」, 26(3): 63-118.
- 윤윤규·김준영·배기준·신인철·윤미례·이상호·정준호·최효미. (2012). 「한국의 지역노동시장권 2010: 방법론, 설정 및 평가」. 세종: 한국노동연구원.
- 이관용·구한민·김갑성. (2023). 코로나19 팬데믹 초기 서울시 생활인구의 도시공간활용: 용도지역 패턴의 차이를 중심으로. 「도시재생」, 9(3): 46-63.
- 이상원·구한민·김갑성. (2022). 혁신도시가 모도시의 인구유출에 미치는 영향: 신시가지형과 신도시형 혁신도시의 비교. 「한국도시지리학회지」, 25(3): 27-40.
- 이진희·박민숙·이상원. (2021). 코로나바이러스감염증-19의 시공간적 확산 패턴 및 지역 간 감염 네트워크 분석. 「국토연구」, 110: 43-62.
- 이혜진·김재훈·현미환. (2022). 「디지털 전환 대응 디지털 큐레이션 전략」, KISTI 이슈브리프 45호. 대전: 한국과학기술정보연구원.
- 임석희·송주연. (2022). 코로나19 팬데믹 경기침체와 회복력의 지역적 특성: 도시 고용위기와 회복을 중심으로. 「한국경제지리학회지」, 25(3): 281-298.
- 정진원·조형진·변병설. (2020). 4차 산업혁명 관련 산업의 입지분포와 성장, 2010-2018. 「국토지리학회지」, 54(4): 461-476.
- 조은설. (2014). 지역특화산업을 중심으로 한 클러스터 집적화 분석: 7개 혁신클러스터를 중심으로. 「한국행정과 정책연구」, 12(1): 1-31.
- 주미진. (2021). 4차 산업 집적이 지역경제에 미치는 영향 분석. 「한국콘텐츠학회논문지」, 21(3): 375-389.
- 주미진. (2023). 경기도 4차 산업의 특화도 및 동태적 변이할당 분석. 「GRI 연구논총」, 25(1): 61-83.
- 주재욱·노승철·윤종진. (2021). 코로나 19 확산이 서울 지역에 미친 경제적 손실. 「서울연구원 정책리포트」, 322: 1-22.
- 최계영. (2016). 4차 산업혁명 시대의 변화상과 정책 시사점. 「KISDI Primum Report」, 16-04: 1-38. 진천: 정보통신정책연구원.
- 최열·이재송·김성. (2013). 공간자기상관을 고려한 용도지역이 지역경제에 미치는 영향 분석: 영남 지역을 중심으로. 「국토계획」, 48(4): 5-17.
- 하수정·남기찬·민성희·진성제·박종순. (2014). 「지속가능한 발전을 위한 지역 회복력 진단과 활용

- 방안 연구」. 세종: 국토연구원.
- 한국개발연구원. (2020). 「바이러스가 경제에 가져온 나비효과」. <https://eiec.kdi.re.kr/material/pageoneView.do?idx=1424>
- 한국전자통신연구원. (2021). 「코로나 이후 글로벌 트렌드: 완전한 디지털 사회」, 기술정책 인사이트 2020-01. 대전: 한국전자통신연구원.
- Acemoglu, D. and Restrepo, P. (2018). Low-skill and high-skill automation. *Journal of Human Capital*, 12(2): 204-232.
- Aghion, P., Jones, B. and Jones, C. (2019). Artificial intelligence and economic growth. In A. Agrawal, J. Gans, and A. Goldfarb (Eds.), *The economics of artificial intelligence: An agenda* (pp. 237-290). Chicago: University of Chicago Press.
- Angelopoulos, S., De Silva, A., Navon, Y., Sinclair, S. and Yanotti, M. (2023). Economic resilience in a pandemic: Did COVID-19 policy effects override industry diversity impacts in Australia? *Economic Papers: A Journal of Applied Economics and Policy*, 42(2): 153-171.
- Bocean, C. G. and Vărzaru, A. A. (2023). EU countries' digital transformation, economic performance, and sustainability analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1): 1-15.
- Brown, L. and Greenbaum, R. T. (2017). The role of industrial diversity in economic resilience: An empirical examination across 35 years. *Urban Studies*, 54(6): 1347-1366.
- Brynjolfsson, E., Horton, J. J., Ozimek, A., Rock, D., Sharma, G. and TuYe, H. Y. (2020). *COVID-19 and remote work: An early look at US data*. Massachusetts: National Bureau of Economic Research.
- Brynjolfsson, E. and McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York: WW Norton & Company.
- Cooke, P. (2021). Image and reality: 'digital twins' in smart factory automotive process innovation - Critical issues. *Regional Studies*, 55(10-11): 1630-1641.
- de la Garza Montemayor, D. J., Ibanez, D. B. and Brosig Rodriguez, M. E. (2023). Digital habits of users in the post-pandemic context: A study on the transition of mexican internet and media users from the Monterrey metropolitan area. *Societies*, 13: 72.
- De Propris, L. and Bailey, D. (2020). *Industry 4.0 and regional transformations*. Abingdon: Taylor & Francis.
- De', R., Pandey, N. and Pal, A. (2020). Impact of digital surge during COVID-19 pandemic:

- A viewpoint on research and practice. *International Journal of Information Management*, 55: 102171.
- Duranton, G. and Puga, D. (2004). Micro-foundations of urban agglomeration economies. *Handbook of Regional and Urban Economics*, 4: 2063-2117.
- Gordon, R. J. (2015). Secular stagnation on the supply side: US productivity growth in the long run. *Digiworld Economic Journal*, 100: 19.
- Gotz, M. and Jankowska, B. (2017). Clusters and industry 4.0: Do they fit together? *European Planning Studies*, 25(9): 1633-1653.
- Gu, H. (2024). Differential impacts of urban revitalization projects on land prices: A case study of Seongnam, South Korea. *Cities*, 154: 105256.
- Han, Y. and Goetz, S. J. (2015). The economic resilience of US counties during the great recession. *Review of Regional Studies*, 45(2): 131-149.
- He, D., Miao, P. and Qureshi, N. A. (2022). Can industrial diversification help strengthen regional economic resilience? *Frontiers in Environmental Science*, 10: 987396.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1): 1-23.
- Ishida, H. (2015). The effect of ICT development on economic growth and energy consumption in Japan. *Telematics and Informatics*, 32(1): 79-88.
- Izraeli, O. and Murphy, K. J. (2003). The effect of industrial diversity on state unemployment rate and per capita income. *The Annals of Regional Science*, 37: 1-14.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R. and Gonzalez, E. S. (2022). Understanding the adoption of industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. *Sustainable Operations and Computers*, 3: 203-217.
- Jorgenson, D. W. and Vu, K. M. (2016). The ICT revolution, world economic growth, and policy issues. *Telecommunications Policy*, 40(5): 383-397.
- Kireeva, A. A. and Tsoi, A. A. (2018). Mechanisms for forming IT-clusters as "Growth Poles" in regions of Kazakhstan on the way to "Industry 4.0". *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 11(2): 212-224.
- Lee, S. M. and Trimi, S. (2021). Convergence innovation in the digital age and in the COVID-19 pandemic crisis. *Journal of Business Research*, 123: 14-22.
- Magoutas, A. I., Chaideftou, M., Skandali, D. and Chountalas, P. T. (2024). Digital progression and economic growth: Analyzing the impact of ICT advancements on the GDP of European Union countries. *Economies*, 12(3): 63.
- Marshall, A. (1920). *Principles of Economics*. 8th Edition, London: Macmillan.

- Martin, R. (2012). Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks. *Journal of Economic Geography*, 12(1): 1-32.
- Meerow, S., Newell, J. P. and Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147: 38-49.
- Mizuno, K., Mizutani, F. and Nakayama, N. (2006). Industrial diversity and metropolitan unemployment rate. *The Annals of Regional Science*, 40: 157-172.
- Moretti, E. and Thulin, P. (2012). *Local multipliers and human capital in the US and Sweden*. IFN Working Paper No. 914.
- Niebel, T. (2018). ICT and economic growth: Comparing developing, emerging, and developed countries. *World Development*, 104: 197-211.
- Niranga, M., Sedera, D. and Sorwar, G. (2022). Does IT Matter (Now)? A global panel data analysis of 7 regions from 2018-2020 on digitalization and its impact on economic growth. *arXiv preprint arXiv:2212.03071*.
- Pascal, A. (1987). The vanishing city. *Urban Studies*, 24(6): 597-603.
- Porter, M. E. (1998). Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review*, 76(6): 77-90.
- Purdy, M. and Daugherty, P. (2016). Inteligencia artificial, el futuro del crecimiento. *Accenture Institute for High Performance*, 1-27.
- Qu, J., Simes, R. and O'Mahony, J. (2017). How do digital technologies drive economic growth? *Economic Record*, 93: 57-69.
- Ramirez, P. (2021). Technological revolutions, socio-technical transitions and the role of agency in new regional development paths: The case of Varmland's transition to a regional bio-economy. *Regional Studies*, 55(10-11): 1642-1651.
- Rubega, G. F. (2021). *How COVID-19 accelerated manufacturing into the 4IR*. Boston: Wolf & Company. <https://www.wolfandco.com/resources/insights/how-covid-19-accelerated-manufacturing-into-the-4ir>
- Saba, C. S. and Ngepah, N. (2024). The impact of artificial intelligence (AI) on employment and economic growth in BRICS: Does the moderating role of governance matter? *Research in Globalization*, 8: 100213.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. Geneva: World Economic Forum.
- Sensier, M., Bristow, G. and Healy, A. (2016). Measuring regional economic resilience across Europe: Operationalising a complex concept. *Spatial Economic Analysis*, 11(2): 128-151.
- Sharifi, A. and Yamagata, Y. (2014). Major principles and criteria for development of

- an urban resilience assessment index. In *2014 International Conference and Utility Exhibition on Green Energy for Sustainable Development (ICUE)* (pp. 1-5). IEEE.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R. and Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2): 5.
- Yang, F. and Liu, G. (2010). Empirical research on Chinese industrial diversity and economic performance. In *2010 International Conference on Management and Service Science* (pp. 1-4). IEEE.
- Zeng, Z., Yu, H., Chen, H., Qi, W., Chen, L., Chen, G., Yan, W., Chen, T., Ning, Q., Han, M. and Wu, D. (2020). Longitudinal changes of inflammatory parameters and their correlation with disease severity and outcomes in patients with COVID-19 from Wuhan, China. *Critical Care*, 24: 1-12.

---

**윤 성 원:** 명지대학교 토목환경공학과에서 학사학위를 취득 후, 연세대학교 대학원 도시공학과 석사과정에 재학 중이다. 현재 연세대학교 도시계획및개발연구실에서 연구를 수행하고 있으며, 주요 관심 분야는 도시공간구조, 산업입지, 부동산 금융 등이다 (dbstjddnjs99@yonsei.ac.kr).

**이 상 원:** 연세대학교 도시공학과에서 학사학위를 취득 후, 동 대학원 도시공학과 박사과정에 재학 중이다. 현재 연세대학교 도시계획및개발연구실에서 연구를 수행하고 있으며, 주요 관심 분야는 국토 및 지역계획, 도시공간구조, 스마트시티 등이다(alaks123@yonsei.ac.kr).

**김 갑 성:** 연세대학교 건축공학과를 졸업하고, 美 University of Pennsylvania에서 도시 및 지역계획학 석사, 지역경제학 박사를 취득하였다. 현재 연세대학교 도시공학과 교수로 재직 중이며, 주요 관심 분야는 부동산정책, 산업입지, 미래도시 등이다(kabsung@yonsei.ac.kr).

