

한국 제조업 기업의 연구개발 투자와 디지털 전환

요약

본고는 한국 제조업 기업의 연구개발 투자와 디지털 전환(DX) 기술 활용 간의 관계를 분석한 결과 및 이에 기반한 정책 방안 제안을 목적으로 한다. 분석은 통계청의 2017~2023년 기업활동조사 자료를 활용해 4,543개 제조업 기업을 대상으로 패널 분석을 수행했으며, Crépon-Duguet-Mairesse(CDM) 모델을 적용해 R&D 투자와 DX 기술 활용 간의 관계를 정량적으로 검증했다.

현황을 살펴본 결과 제조업의 R&D 참여 기업 비율은 2023년 80% 수준이었으며 매출액 최상위 기업군(상위 10%)이 88.74%로 가장 높은 참여율을 보였다. DX 기술 활용률은 2017년 7.5%에서 2023년 15.5%로 상승했으며, 기업의 규모가 클수록 높은 활용률을 기록했다. 활용 기술 개수는 평균 1.8개이며 매출액 최상위 기업군이 2.8개로 가장 많았다.

CDM 모델 분석에서 R&D 강도가 전반적으로 DX 기술 활용 확률을 높이는 것으로 나타나 제조 기업의 R&D가 DX 기술의 활용 증가로 이어지는 경로를 정량적으로 확인하였다.

정책 대안으로는 ① 규제 완화와 실증 기반 강화, ② 데이터-AI 기반 인프라 구축, ③ 재정·컨설팅·인력 지원 확대를 제안한다. 이는 중소기업의 기술 도입 장벽을 낮추고 제조 기업의 생산성을 높이는 데 기여할 것이다.

1. 서론

최근 디지털 기술의 빠른 진보는 경제 분야 전반에 혁신을 이끌고 있으며, 특히 제조업에서 디지털 전환의 중요성이 두드러지게 나타난다. 제조업은 국가 경제의 핵심 부분을 담당하며, 디지털 도구를 도입함으로써 운영 과정의 효율을 높이고 새로운 가치를 만들어낼 수 있는 큰 가능성을 보유하고 있다. 제조업의 디지털 전환은 디지털 시도와 융합, 그리고 전체적인 변화의 단계를 거치며 발전한다. 디지털 기술의 적용을 활발히 추진하지 못하는 경우 산업경쟁력 약화와 생산성 정체로 이어질 위험이 크다. 따라서 제조 기업의 디지털 기술 사용 실태를 체계적으로 조사 및 분석하는 작업이 반드시 필요하다.

기업 입장에서 인공지능, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅 같은 디지털 전환 기술의 도입은 생산성을 강화하는 주요 요소로 기능한다. 제조업에서는 이러한 기술을 통해 공급망을 최적화하고, 장비 유지 보수를 예측하며, 생산 과정을 자동화하여 비용을

줄이고 효율을 끌어올릴 수 있다.

또한 국제 경제 환경에서 디지털 전환은 제조업의 생산성을 높이는 핵심 전략으로 간주된다. 디지털 기술은 규모 확대와 구조 개편을 통해 제조 생산성을 향상시킬 수 있다.

본고에서는 이러한 배경 아래 제조 기업의 연구개발 투자가 디지털 전환 기술 활용에 미치는 영향을 검토하고, 이를 토대로 정책 방향을 제안한다. 이러한 접근법은 기준에 연구개발 투자와 디지털 전환에 대한 독립된 관점을 취하는 것이 현실을 설명하고 정책적 시사점을 얻는 것에 제약이 있다는 반성에서 비롯한다. 즉, 기업 입장에서 연구개발 투자와 디지털 전환이 별개의 의사결정이 아니므로 기업의 R&D 투자가 디지털 전환으로 이어지는 유기적 과정에 대한 검토를 통해 정책 연구의 현실 정합성을 제고하고 이를 통해 효과적인 정책과제를 도출하고자 하는 시도이다.

2. 제조업 연구개발 투자 동향¹⁾

(1) 분석 자료의 출처와 구성

본 분석은 통계청의 2017년부터 2023년까지 기업활동조사 자료를 활용하였다. 이 자료는 통계청 통계데이터센터를 통해 확보하고 처리되었다. 해당 기간 동안 주요 변수가 완전하게 포함된 기업은

총 4,543개로 집계되었으며, 이를 패널 형태로 변환하여 관측치를 확보하였다. 이러한 패널 구조는 시간 경과에 따른 변화를 추적하는 데 유리하다.

1) 본 절에서는 기업활동조사에 포함된 기업을 산업분류 대분류를 기준으로 매출액 상위 10%, 40%, 70%를 경계로 하여 대형, 중대형, 중소형, 소형 기업으로 칭한다.

디지털 전환 관련 기술 변수는 기업활동조사에서 각 기술의 사용 여부를 나타내는 응답을 기반으로 구성되었다. 여기서 디지털 전환 기술은 3D 프린팅, 가상 및 증강 현실, 로봇 공학, 모바일 기술, 빅데이터, 블록체인, 사물인터넷, 인공지능, 클라우드 컴퓨팅의 9개 항목을 포함한다. 이 변수들은 제조업의 기술 도입 수준을 정량적으로 평가하는 데 핵심 역할을 한다.

(2) 전체 및 규모별 연구개발 미참여 기업 수와 비율

제조업 전체에서 연구개발 미참여 기업 비율은 2017년 16.13%에서 2020년 24.79%로 올라간 후 2023년 19.81%로 안정되었다. 이는 2020년 팬데믹 충격으로 미참여가 일시적으로 늘어난 것으로 보인다. 연평균 미참여 기업 비율은 대략 19%로 유지되었고, 총기업 수가 4,432개사에서 4,543개사 사이로 안정적이었음을 감안하면 미참여는 구조적

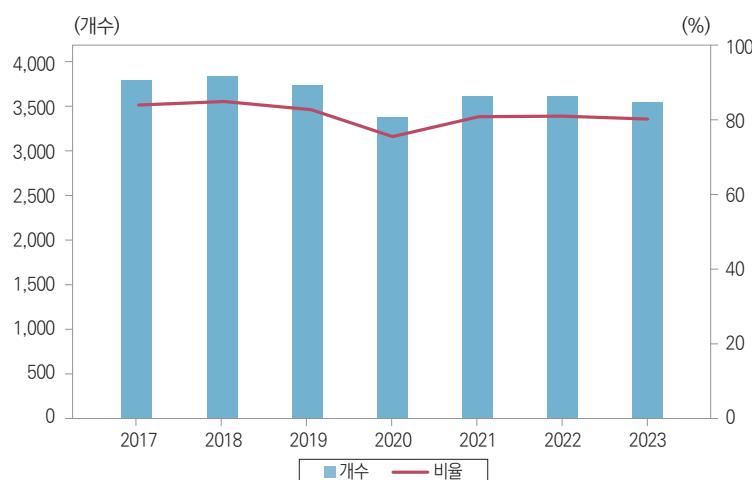
이슈로 해석된다. 이러한 현상은 제조업 내 지속적인 지원 체계 구축의 중요성을 시사한다.

규모별로 보면 대형기업의 미참여 비율은 2017년 11.26%에서 2023년 13.85%로 약간 증가했으나 중대형기업은 16.32%에서 25.96%로 큰 변동을 보였고, 중소형은 13.99%에서 22.82%, 소형은 17.73%에서 27.07%로 상승 추세였다. 특히 소형기업의 평균 미참여 비율이 21.86%로 최고수준을 기록하여, 자원 부족이 연구개발 진입을 막는 장벽으로 작용한다고 판단된다. 이는 제조업 규모차이가 연구개발 참여를 제한하는 요인임을 나타내며 맞춤형 지원 전략이 요구된다.

(3) 전체 및 규모별 연구개발 참여 기업 수와 비율

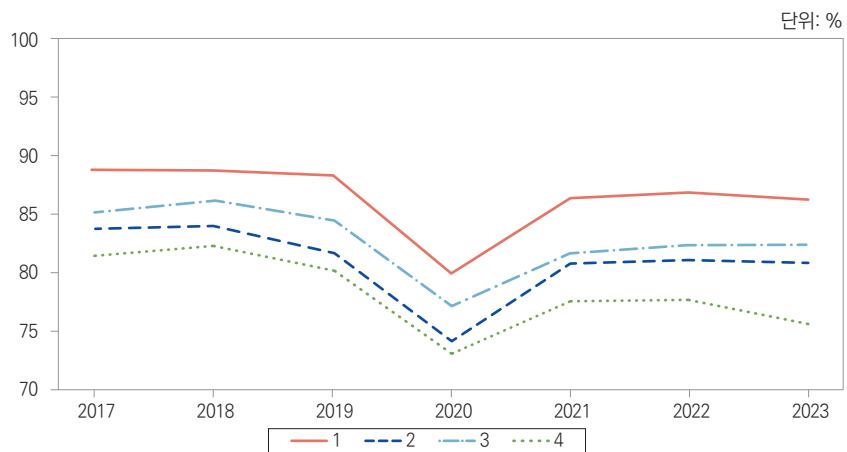
반대로 연구개발 참여 기업 비율은 전체에서 2017년 83.87%에서 2020년 75.21%로 떨어졌다가 2023년 80.19%로 회복되었다. 참여 기업 수는

〈그림 1〉 R&D 참여 기업 추이



자료: 통계청 SDC의 기업활동조사(2017~2023)를 활용하여 저자 작성.

〈그림 2〉 기업 규모별 R&D 참여 추이



자료: 통계청 SDC의 기업활동조사(2017~2023)를 활용하여 저자 작성.

주: 매출액 규모분류(1:최상위).

3,389개사에서 3,840개사로 변동되었으며, 이는 미참여 증가와 반대되는 패턴이다.

규모별 참여 비율은 대형기업이 79.82%에서 88.74%로 가장 높고 안정적이었다. 중대형은 74.04%에서 83.97%, 중소형은 77.18%에서 86.01%, 소형은 72.93%에서 82.27%로 나타났다. 소형기업의 참여 비율이 가장 낮고 변동이 심한 점은 미참여 결과와 맞물리며, 이 영역에 정책적 노력이 필요하다는 점을 보여준다.

(4) 연구개발 참여 기업의 연도별 연구개발 투자 추이

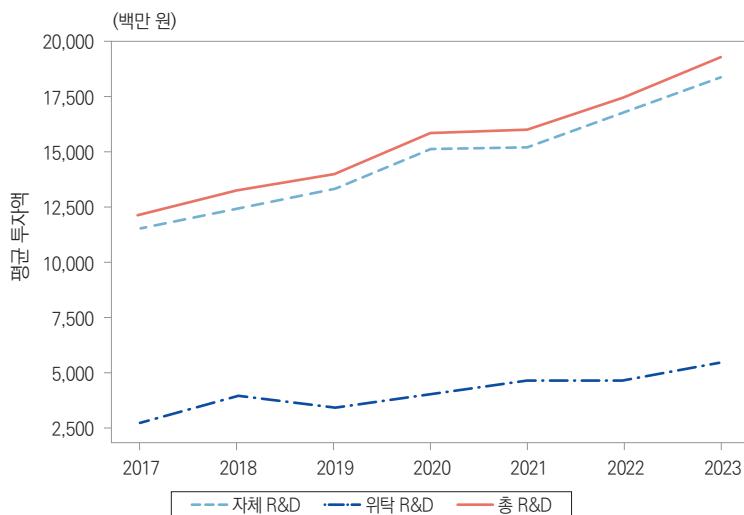
연구개발 참여 기업의 평균 연구개발 투자액은 2017년 121억 500만 원에서 2023년 192억 6,500만 원으로 약 59% 성장하였다. 자체 연구개발은 115억 4,100만 원에서 183억 5,300만 원으로, 위탁은 26억 9,300만 원에서 54억 6,700만 원으로 각각 증가하였다. 이는 제조업 연구개발

〈표 1〉 제조업 평균 R&D 투자 추이(연구개발 참여 기업 한정)

연도	자체 R&D	위탁 R&D	전체 R&D	단위: 백만 원
2017	11,541.3	2,692.9	12,104.9	
2018	12,403.5	3,990.3	13,239.3	
2019	13,302.6	3,427.3	13,964.0	
2020	15,079.7	3,987.4	15,869.0	
2021	15,203.8	4,636.1	15,957.6	
2022	16,710.7	4,654.8	17,442.3	
2023	18,352.8	5,467.5	19,265.3	

자료: 통계청 SDC의 기업활동조사(2017~2023)를 활용하여 저자 작성.

〈그림 3〉 투자 유형별 R&D 추이



자료: 통계청 SDC의 기업활동조사(2017~2023)를 활용하여 저자 작성.

투자의 확대를 확인하며, 위탁 부분의 성장률이 103%로 자체 59%를 앞서 외부 협력이 강화되었음을 뜻한다.

연도별로 2017년부터 2019년까지 안정적으로 증가(121억 500만 원에서 139억 6,400만 원)한

후 2020년 158억 6,900만 원으로 크게 올랐고, 2023년까지 상승세가 지속되었다. 이는 디지털 혁신 수요가 연구개발 투자를 자극한 결과로 보인다. 위탁 비중은 22.25%에서 28.38%로 확대되어 산학연 협력의 가치가 부각되었다.

3. 디지털 전환 기술의 활용 실태

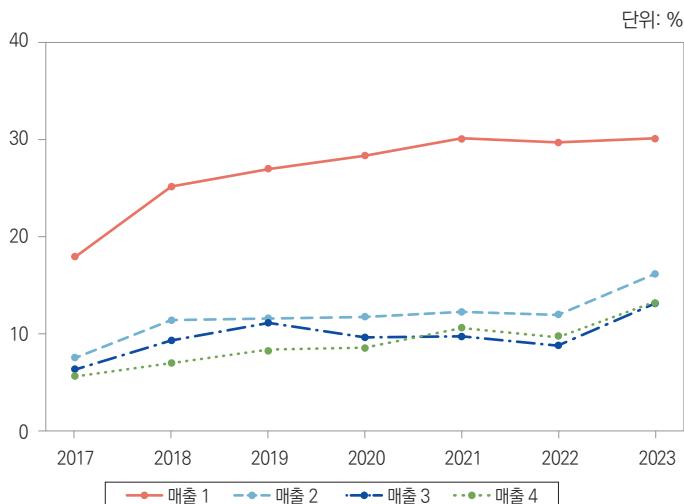
(1) DX 기술의 활용 여부 현황

제조업 전체에서 4차 산업혁명 기술(디지털 전환 기술)을 사용하는 기업 비율은 2017년부터 2023년까지 서서히 상승하였다. 2017년 7.5%에서 2018년 10.7%, 2019년 11.8%로 올랐으나 2020년 11.7%로 멈췄고, 2021년 12.6%로 오르다 2022년 11.9%로 내려간 후 2023년 15.5%로

크게 뛰었다.

매출 규모별로 대형기업이 가장 높은 비율을 보였고, 하위로 갈수록 줄어드는 패턴이 뚜렷했다. 대형그룹은 2017년 17.9%에서 2019년 26.8%로 급등한 후 2020년 28.3%, 2021년 29.9%로 계속 올랐으나 2022년 29.5%로 약간 줄고 2023년 30.0%로 안정화되었다. 이는 대형 제조 기업들이 디지털 기술로 효율을 추구한 적극성을 반영한다.

〈그림 4〉 제조업의 DX 기술 활용 여부



자료: 통계청 SDC의 기업활동조사(2017~2023)를 활용하여 저자 작성.

중대형그룹은 2017년 7.4%에서 2023년 16.0%로 증가했으나 2019년 11.5% 이후 2020년부터 2022년까지 11.7%에서 11.8%로 정체되었다. 중

소형그룹은 2017년 6.1%에서 2023년 13.1%로 올랐으나 2020년 9.5%와 2022년 8.8%로 변동이 커졌다. 소형그룹은 2017년 5.4%에서 2023년 12.9%로 상승했으나 전체적으로 최저 수준을 유지하며 중소 제조업의 기술 도입 장벽을 드러냈다. 이 격차는 기업 규모별로 차등화된 R&D 지원의 필요성을 강조한다.

(2) 활용하는 디지털 전환 기술 동향

제조업 전체에서 기업들이 활용한 4차 산업 혁명 기술의 평균 개수는 2017년부터 2023년 까지 1.8개 수준에서 점진적인 증가를 보였다. 2017년 1.794개에서 2018년 1.811개로 상승한 후 2019년 1.743개로 하락하였고, 2020년

1.798개로 회복된 뒤 2021년 1.806개, 2022년 1.809개로 안정되었으며, 2023년 1.914개로 증가하였다.

매출액 규모별 분석에서 제조업 역시 대형그룹이 가장 많은 활용 개수를 보였으며, 하위그룹으로 갈수록 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 대형그룹은 2017년 2.296개에서 2023년 2.805개로 상승하였다. 중대형그룹은 2017년 1.792개에서 2023년 1.775개로 안정적이었으나, 2019년 1.609개와 2022년 1.561개로 변동이 커졌다. 중소형그룹은 2017년 1.602개에서 2023년 1.795개로 증가하였으나, 2019년 1.624개와 2022년 1.765개로 불규칙한 패턴을 보였다. 소형그룹은 2017년 1.459개에서 2023년 1.546개로 소폭 상승하였으나, 전체적으로 가장 적은 개수를 유지하며 중소 제조업체의 기술 제한을 드러냈다. 제조업 내 매출 규모별 격차는 연도별로 확대되지는 않았다.

4. 제조업 연구개발이 디지털 전환 기술 활용에 미치는 영향

Crépon-Duguet-Mairesse(CDM) 모델은 기업 연구개발 투자와 혁신 결과 생산성 간의 인과 관계를 구조적으로 탐구하는 경제학 도구로, 선택 편의와 내생성을 조정하며 연구개발이 혁신을 거쳐 생산성을 높이는 과정을 숫자로 검증한다. 본 연구는

한국 기업활동조사 2017년부터 2023년 자료를 사용해 CDM 모델을 적용하였으며, 제조업에 초점을 맞췄다. 설명 변수는 시장 경쟁과 기업 특징 등으로 이루어지며, 모형의 단계별로 이전 예측치와 추가 변수를 포함하여 점진적으로 확대된다. 모든 설명 변수에 1년 시차를 두어 내생성을 줄였으며, 이는 모델의 인과성을 강화한다. 해당 계량모형은 1, 2, 3단계로 나누어 추정 절차를 구성하고 있으나, 본 절에서는 2단계의 결과에 집중한다.

본 연구의 CDM 모델은 연구개발 투자가 혁신으로 연결되고, 혁신이 생산성을 높이는 흐름을 수량으로 구현한다. 1단계에서 선택 편의 보정(IMR)은 연구개발 강도의 과소평가를 막고, 2단계에서 연구개발 집중도의 예측치는 혁신 효과를 확인하며, 3단계에서 혁신 결과 예측치는 디지털

전환 기술의 생산성 기여를 검토한다. 설명 변수 구성은 단계별로 누적되어 흐름을 강화하며, 변수에 1년 시차를 적용해 모델 내 내생성을 완화한다. 이 접근은 제조업의 특성을 반영한 실증 분석을 가능하게 한다.

요약하면 CDM 모형의 1단계가 기업의 연구개발 투자 여부 및 투자량 결정, 2단계가 연구개발 투자가 혁신산출물의 생산으로 이어지는 경로, 3단계가 혁신산출물이 생산성의 증대로 이어지는 경로에 대한 계량식으로 구성되어 있는데, 본고에서는 2단계의 결과 즉, 기업이 연구개발 투자를 수행한 경우 이것이 혁신산출물로 이어지는 경로의 유효성을 분석하고자 하는 것이다. 자연스럽게 본 분석에서 CDM 모형의 혁신산출물은 디지털 기술의 활용 여부가 된다.

모형의 1단계 결과는 생략하고, 패널 프로빗 방법론에 의해 추정된 2단계의 결과는 〈표 2〉와 같다. 여기에서 나타난 연구개발집중도 예측치는 1단계의 결과로 추정된 값을 사용하는 변수이며 모델의 구성상 소형그룹이 갖는 ‘연구개발이

〈표 2〉 CDM 모형 2단계의 주요 결과

	coef	std err	z	P> z
기업 규모 1 X 연구집중도 예측치	1.790**	0.779	2.297	0.022
기업 규모 2 X 연구집중도 예측치	0.723	0.568	1.272	0.203
기업 규모 3 X 연구집중도 예측치	1.709***	0.581	2.942	0.003
연구집중도 예측치	0.733*	0.397	1.845	0.065
피설명변수				DX 기술 활용 여부
관측치				17522
Pseudo R-squ.				0.1607
로그우도함수값				-3960.4163

자료: 한국기업활동조사(2018~2023)를 이용하여 저자 작성.

디지털 전환 기술 활용 확률을 높이는 것에 기여하는 정도'를 의미한다. 또한 기업 규모와 연구개발 집중도 예측치의 교차항들은 각각 대형, 중대형, 중소형그룹이 소형그룹의 값을 기준으로 얼마나 추가적인 기여분을 갖는지에 대한 결과를 보여주는 계수값이다. '소형'그룹의 (R&D가 DX 기술 활용으로 이어지는) 한계효과로 p 값 0.065 수준에서 유의하며, 계수가 0.733으로 긍정적 영향을 나타냈다. '대형'그룹의 한계효과는 0.733에 1.790(p

값 0.022로 유의)을 더한 2.523으로 양의 효과를 보였고, '중대형'그룹은 0.723(p 값 0.203로 비유의하므로 0으로 처리) 더하기 0.733인 0.733으로 양의 효과를, '중소형'그룹은 0.733에 1.709(p 값 0.003으로 유의)를 더한 2.442로 양의 효과를 드러냈다. 이는 연구개발 강도가 디지털 전환 기술 활용에 긍정적 역할을 향을 입증한다. 이러한 결과는 제조업에서 연구개발 투자가 기술 도입을 촉진하는 메커니즘을 정량적으로 증명한다.

5. 정책 제안

앞선 분석에서는 제조업 기업의 R&D 투자가 DX 기술의 활용을 촉진하는 경로가 규모별로 세분화된 제조업의 각 기업군별로 대체적으로 모두 작동하고 있음을 밝혔다. 본 장에서는 이러한 DX 기술 활용이 실질적인 생산성 확대로 이어지기 위해서 필요한 정책과제 중 주요과제를 간략히 밝힌다. 이는 광범위한 전문가 조사를 통해 이루어진 결과이다.

(1) 규제 혁신 및 실증 기반 강화

제조업의 디지털 전환을 가속화하기 위해 기존 규제를 재검토하고, 유연한 틀을 마련해야 한다. 연구개발 투자와 기술 도입 과정에서 발생하는 장벽을 제거하며, 실증 테스트를 통해 효과를 확인하는 시스템을 구축한다. 예를 들어 중소 제조 기업의 연구개발 미참여 비율이 높은 점을 고려해

규제 완화가 참여를 유도하도록 설계한다. 또한 디지털 기술 활용의 실증 사례를 축적하여 산업 전체에 공유함으로써, 대형기업의 성공 모델을 중소기업에 적용할 수 있는 기반을 마련한다. 이는 제조업 생산성 향상과 경쟁력 강화를 위한 필수 단계이다.

(2) 데이터-AI 기반 혁신 인프라 구축 및 제공

제조업 기업들이 빅데이터와 인공지능 같은 기술을 효과적으로 활용할 수 있도록 공공 인프라를 조성한다. 클라우드 컴퓨팅과 사물인터넷의 도입을 지원하는 플랫폼을 제공하며, 특히 연구개발 참여 기업의 위탁 투자 증가 추이를 반영해 산학연 협력을 촉진하는 네트워크를 강화한다. 중소 제조업의 기술 활용 비율이 낮은 문제를 해결하기 위해 무료 또는 저비용 데이터 공유 시스템을 도입

하고, AI 기반 분석 도구를 보급한다. 이 인프라는 제조업의 스마트 공장 전환을 뒷받침하며, 장기적으로 생산성 향상을 이끌어낸다.

(3) 디지털 전환 기술 도입을 위한 재정·컨설팅·인력 지원

제조 기업의 디지털 기술 도입을 돋기 위해 재정 지원을 확대하고, 전문 컨설팅 서비스를 제공

한다. 연구개발 투자 확대 추세를 고려해 보조금과 세제 혜택을 통해 중소기업의 참여를 장려하며, 인력 교육 프로그램을 통해 기술 격차를 해소한다. 또한 인력 양성을 위한 훈련 과정을 운영함으로써 제조업 전체의 노동생산성을 제고한다. 이 지원은 제조업의 지속 가능한 성장을 위한 핵심 요소로 작용한다. 

핵심 주제어: 디지털 전환, 제조업, CDM 모형



강민성

인구감소·고령화대응연구실 부연구위원
mins.kang@kiet.re.kr / 044-287-3047

『서비스 업종별 글로벌 경쟁력 지수 개발 및 적용』(공저, 2024)
『한국 연구개발서비스 산업의 전략적 역할과 영향분석』(공저, 2024)



고대영

인구감소·고령화대응연구실 연구위원
daeyoungkoh@kiet.re.kr / 044-287-3124
『제조-서비스 통합공간 모형을 활용한 서비스
수출경쟁력 분석 및 시사점』(공저, 2025)
『디지털전환 기반 서비스 비즈니스모델 혁신
경쟁력 분석 및 시사점』(공저, 2022)



김승민

산업구조·정책효과분석실 전문연구원
ksmark@kiet.re.kr / 044-287-3013

『미시자료를 활용한 ICT 서비스산업의 특성 분석과 시사점』(공저, 2025)
『디지털 비즈니스모델 혁신이 서비스기업의 성과에 미치는 효과』(공저, 2024)