

글로벌 경쟁에 대응한 4차 산업혁명 기술 활용의 기업 특성 연구

조정환

(취이코노바이저, 책임연구원(Ph.D.))

김태황

명지대학교 국제통상학과 교수

A Study on the Characteristics of Companies Using Technologies of the 4th Industrial Revolution in Response to Global Competition

Jung-Hwan Cho^a, Tae-Hwang Kim^b

^aEconovisor Korea University, South Korea

^bDepartment of International Business & Trade, Myongji University, South Korea

Received 12 April 2021, Revised 24 April 2021, Accepted 27 April 2021

Abstract

The purpose of this study is to analyze the factors affecting innovation activities related to the introduction of the 4th Industrial Revolution technology for Korean firms faced to the severe global trade and competition environments. This paper conducted an empirical analysis using the 'The Survey of Business Activities' distributed by the Statistics Korea in 2019. According to the results of the analysis, it was found that the firm size, labor cost, R&D, and intellectual property rights had a significant influence on the firms' adoption of the 4th industrial revolution technology. It was also found that the dummy variables such as strategic alliance between companies, review of entry into a new business, transfer of main business operations, and holding of subsidiaries had statistically significant effects on innovation activities. In addition, this paper showed that the firm characteristics had impacts on innovation activities of firms by the 4th industrial revolution technology type. In order for Korean firms to adapt to the challenges by the 4th Industrial Revolution, it is important to provide policy support and an environment in line with the characteristics of the firms.

Keywords: 4th Industrial Revolution Technology, Digital Transformation, Firm Characteristics, The Survey of Business Activities

JEL Classifications: M21, O32, O36

^a First Author, E-mail: jhcho0320@gmail.com

^b Corresponding Author, E-mail: ecothk@mju.ac.kr

© 2021 The Korea Trade Research Institute. All rights reserved.

I. 서론

2016년 다보스에서 개최된 세계경제포럼에서 '4차 산업혁명의 이해(Mastering the Fourth Industrial Revolution)'라는 주제가 제기된 이래 각국은 4차 산업혁명이 가져올 경제·사회적 변화에 주목하고 대응해오고 있다. 예를 들어 독일은 '플랫폼 인더스트리 4.0' 추진을 통해 스마트 공장 기술을 글로벌 표준으로 확립하여 제조업 분야에서 입지를 강화하려는 전략을 취하고 있다(Kahn Hyung-Sik, 2018). 일본은 생산인구의 감소, 경기침체, 전통산업의 성장 한계에 직면하면서 이를 극복하기 위해 정부 차원에서 4차 산업혁명 추진을 위한 2016년 4월 '신산업구조비전'을 발표하고 구체적인 전략을 제시하였다(Hyun Suk-Won, 2018).

4차 산업혁명은 개발도상국에도 기회 요인으로 작용할 수 있다. AI, 빅데이터, 블록체인, 온라인 플랫폼 등의 기술을 사용하여 선진 시장에 진입할 수 있기 때문이다. 그러나 4차 산업혁명의 기회 요인을 실질적으로 활용하기에는 기술적 측면, 제도적 측면, 시장 환경적 측면, 투자와 경영 의사결정 측면 등을 유효하게 고려해야 하므로 장단기적 투입과 산출의 인과성을 검증하기에는 제약성이 내재되어 있다. 한편으로는 기회 요인의 리스크를 고려해야 하지만 다른 한편으로는 기술혁신 기회를 활용하지 못할 경우 구조적인 위험 요인으로 고착될 수 있는 점도 고려해야 한다. 따라서 기술혁신 선도국뿐만 아니라 개발도상국도 4차 산업혁명의 과정과 영향력을 심도있게 탐구하고 부문별 비교우위를 확보하기 위한 전략을 적극적으로 모색할 필요가 있다(Muljani and Ellitan, 2019).

한국은 2017년에 '4차산업혁명위원회'를 설립하여 국가 전략적 대응을 시행하고 있다. 2018년에는 데이터 산업 육성을 위한 '데이터 산업 활성화 전략'을 마련하고 빅데이터 관련 산업을 지원하고 있다(Related Ministries of the Korean Government, 2018). 2019년에는 '인공지능(AI) 국가전략'을 발표하고 AI 인프라 확충 및 AI 기술경쟁력 확보 등을 주요 내용으로 하는 계획을 수립하여 추진 중이다(Related Ministries of the Korean Government, 2019).

그러나 4차 산업혁명 관련 기술 발전을 도모하고 신산업을 창출하기 위해서는 '테스트 베드' 및 '원칙적 허용·예외적 금지' 등 정부의 기존 규제 혁신 노력과 함께 규제 완화의 기본 방향과 관련하여 민간이 주도할 수 있도록 제도의 설계가 필요하다(National Assembly Budget Office, 2017).

이러한 맥락에서 우리 기업이 정부의 정책 방향과 지원 인프라를 통해 4차 산업혁명 기술을 도입하여 혁신하고 있는지 분석해 볼 필요가 있다. 기존 정책연구에서는 4차 산업혁명 기술의 혁신성, 효과성 및 과급영향을 분석하는 관점에 집중해 왔다. 본 연구는 기업의 4차 산업혁명 기술 도입에 영향을 미치는 기업의 경영 요인을 분석함으로써 선행연구들과의 차별성과 보완성을 제시하고자 한다. 요컨대 연구의 목적은 기업이 4차 산업혁명 관련 기술의 도입을 추진한다면 상대적으로 어떤 여건에서 어떤 특성에 근거하여 추진하는 경향을 나타내는지를 실증적으로 분석하고 전략적 시사점을 제시하는 것이다. 그리하여 연구 결과가 정부의 정책적 지원 방식과 기업의 경영 전략적 의사결정의 효율성을 제고할 수 있는 실증분석 자료로 활용되기를 기대한다.

연구의 구성을 보면, 2장은 기업의 혁신 활동 동인과 4차 산업혁명 적응도에 관한 기존 연구를 고찰한다. 3장에서는 기존 연구를 바탕으로 기업의 혁신 활동에 영향을 미치는 주요 요인을 중심으로 모형을 설정하고 실증분석을 위한 자료를 설명한다. 4장에서는 실증분석 결과를 설명하고, 5장에서는 정책적 및 전략적 시사점을 제시하고자 한다.

II. 선행연구 고찰

4차 산업혁명과 관련한 기업의 혁신 활동 요인 및 적응도를 연구한 선행연구를 살펴보면 상이한 혁신 요인과 다양한 대응 방식을 확인할 수 있다. 먼저 Hong Sung-Hyo and Nam Soo-Joong (2019)은 「정보화통계조사」와 「전국사업체조사」를 이용하여 한국 기업들의 4차 산업혁명 적응도를 연구하였다. 빅데이터, 사

물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 전자상거래, 전자정부, 스마트워크 기술의 도입 여부를 4차 산업혁명에 대한 기업의 적응도로 간주하였다. 이러한 적응도를 기업 특성에 의한 부분과 기업 구성에 의한 부분으로 분해하여 정량적으로 분석한 결과에 의하면 종사자 기준으로 규모가 큰 기업일수록 4차 산업혁명의 적응도가 높은 것으로 나타났다.

Cho Byung-Ok and Yoon Byung-Seop (2019)은 4차 산업혁명 관점에서 혁신의 의의와 혁신을 이루는 주요 요소들을 고찰하고 우리나라와 미국의 혁신 정책을 비교하여 분석하였다. 4차 산업혁명 관련 한국의 벤처기업은 매출 및 고용 규모 측면에서 일반 벤처기업 대비 소규모이며, 성장성은 높으나 수익성은 상대적으로 낮다고 보고하였다.

Kim Jong-Seok and Kang Jin-Won (2019)은 4차 산업혁명 관련 기업의 혁신 활동에 영향을 미치는 요인을 식별하고자 전문가들의 설문조사를 토대로 델파이 기법을 이용하였다. 분석 결과에 의하면, 4차 산업혁명 관련 혁신 활동을 촉진하는 요인으로 경영진의 마인드 및 미래전략, 기업의 유연성, 4차 산업혁명 관련 외부자원(기술) 획득·활동, 4차 산업혁명 관련 우수인재 영입과 발굴·관리, 4차 산업혁명 관련 투자 전략을 도출하였다. 반면에 장애 요인으로는 경영진의 미래전략 부재, 기업의 경직성, 4차 산업혁명 관련 기술혁신 역량 부족, 외부 협업에 대한 부정적인 인식, 혁신 수용 비용의 문제를 지적하였다.

Sung Tae-Kyung (2004)은 과학기술정책연구원의 KIS (Korean Innovation Survey) 2002 자료를 이용하여 우리나라 기업의 기술혁신 활동의 유형별 결정요인을 분석하였다. 2000~2001년 동안 총 1,128개 기업을 대상으로 분석한 결과, 혁신 유형, 즉 제품 혁신, 제품 개선, 공정 혁신에 따라 결정요인이 서로 다르게 나타났다. 또한 기술 혁신 요인으로 수출 비율, 기업 연령, 시장집중지수 등을 고려했는데, 모두 통계적인 유의성을 갖지는 못하는 것으로 나타났다.¹⁾

1) Sung Tae-Kyung (2004)의 연구에서 제품 혁신의 경

Chung Do-Beom and Kim Byung-Il (2017)의 연구에서는 개방형 혁신이 기업의 혁신 활동에 미치는 영향과 그 과정에서 조직혁신의 역할을 함께 살펴보았다. 2016년 한국기업혁신조사(Korean Innovation Survey: KIS) 데이터를 사용하여 2013~2015년 기간 동안 제조업체 1,453개 표본을 대상으로 실증분석한 결과에 의하면, 개방형 혁신으로 측정된 R&D 협력은 기업의 제품 혁신에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났지만 공정혁신에는 통계적인 유의성을 발견하지 못했다. 조직혁신의 조절 효과와 관련해서는 R&D 협력을 통한 제품 및 공정혁신 모두를 강화하는 것으로 분석되었다. 이러한 결과를 바탕으로 연구자들은 기업이 추진하는 혁신 유형에 따라 조직혁신 수행 여부를 고려해야 한다고 주장했다.

한편, 혁신 활동 및 4차 산업혁명 관련 기술의 도입이 기업의 성과 등에 어떠한 영향을 미치는지를 분석한 연구 결과로, Yoon Hyo-Jin, Hong Ah-Reum and Jung Sung-Do (2018)는 우리나라 중소기업을 대상으로 연구개발, 기술혁신 역량 및 정부의 기술혁신 지원제도가 기업의 성과에 미치는 영향을 제시하였다. 분석 결과에 의하면, 기업의 연구개발 및 기술혁신 역량이 높을수록 기업의 재무적 성과에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났고, 정부의 기술혁신 지원제도 또한 기업의 재무적 성과에 전반적으로 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 정부의 지원 가운데 자금지원, 세제지원 및 판로지원은 기업의 재무적 성과에 도움을 주는 것으로 분석되었지만, 인력지원, 정보지원은 개선이 필요하다고 지적했다.

Kim Sung-Hwan, Do Yeon-Woo and Hong Jin-Geun (2019)의 연구에서는 4차 산업혁명 관련 기술을 도입한 기업과 그렇지 않은 기업

우에는 컴퓨터 가설과 관련된 기업 규모가 통계적으로 유의하지는 않았지만, 제품 개선의 경우에는 기업 규모가 커질수록 제품 개선에 유의한 양(+)의 영향을 주는 것으로 분석되었다. 그리고 공정혁신의 경우에는 소기업이나 대기업보다는 중간 규모의 기업들에서 공정혁신이 수행될 확률이 높다는 점을 보여주었다. 기업 간 네트워크는 혁신 유형에 상관없이 기술혁신 활동에 통계적으로 유의미한 양(+)의 영향을 주는 것으로 나타났다.

의 수출 성과를 비교하였다. 2017년도 「기업활동조사」 자료를 이용하여 분석한 결과에 의하면, 4차 산업혁명 기술을 개발·도입한 기업은 그렇지 않은 기업과 비교하여 수출 성과가 낮다고 보고하였다. 이는 기술혁신이 기업의 경쟁력을 향상시켜서 수출 성과에 긍정적인 영향을 미친다는 기존 연구와 상반되는 결과이다.

Oh Young-Seoung and Son Ho-Cheol (2019)은 기업의 연구개발투자가 기업가치를 높이는지를 연구한 기존 연구의 연장선상에서 4차 산업혁명 관련 기업을 대상으로 연구개발투자가 기업의 가치를 높이는지를 실증적으로 분석하였다. 4차 산업혁명이 시작된 해를 2015년으로 보고 2015년부터 2017년까지 기업의 재무 자료를 이용하여 분석한 것이다. 분석 결과를 요약하면, 4차 산업혁명 핵심기술 관련 기업의 연구개발 투자는 기업가치를 높이는 것으로 나타났다. 다만, 4차 산업혁명 관련 기업을 산업별로 구분하여 분석한 결과 기업의 연구개발투자가 기업가치를 높이는 산업과 그렇지 않은 산업으로 구분되는데, 이러한 결과에 대해서 연구개발 투자의 성과는 단기간에 나타나지 않고 장기간에 걸쳐 나타나기 때문이라고 해석하였다.

Kim Sung-Hwan and Do Yeon-Woo (2019)는 4차 산업혁명 관련 기술 도입이 고용에 미치는 영향도 분석하였다. 통계청의 「기업활동조사」와 KIS-Value에서 확보한 자료를 토대로 2006년부터 2017년까지 분석한 결과 4차 산업혁명 기술을 도입한 기업이 그렇지 않은 기업보다 고용 증가 효과가 더 크게 나타났다. 그리고 4차 산업혁명 기술 도입의 고용 증가 효과는 업종별로 다르게 나타났는데 제조업의 경우에는 고용 증가 효과가 나타났고 정보통신 업종 또한 통계적으로 유의한 수준에서 고용 증가 효과가 있는 것으로 분석되었다. 반면에 금융 및 보험 업종의 경우에는 4차 산업혁명 관련 기술 도입이 고용에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

Chung Jae-Eun and Moon Hee-Cheol (2019)은 우리나라 중소 수출입 기업을 대상으로 4차 산업혁명 기술 수용 요인과 글로벌 공급사슬 혁신과의 영향 관계를 실증적으로 분석하

였다. 기술 수용 요인에 대한 주요 선행연구를 참조하여 연구모형을 구축하고 설문조사를 통해 분석한 결과에 의하면, 기업의 조직적 요인과 기술적 요인이 4차 산업혁명 기술 수용에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 4차 산업혁명 관련 기술의 수용은 공급사슬의 내부 혁신에 그리고 수출 성과에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Cha Wan-Kyu and Ahn Tae-Ho (2018)은 4차 산업혁명 시대 기술적 패러다임 전환기에 벤처·중소기업들이 취해야 특히 전략을 고찰했다. 4차 산업혁명 기술과 관련된 특허 등록이 증가하고 있음을 주목하고 과거 MP3 사례를 들어 기술적 우위를 확보하기 위한 전략으로 벤처·중소기업들에게 적합한 특허 전략을 구체적으로 논의하였다.

4차 산업혁명 시대에 기업의 경영환경과 경영전략에 대한 연구로써 Sohn Seyung-Hee (2018, 2019)는 기업 규모별 대응 요인과 우선순위를 제시하였고, Kim Yong-Yul and Park Young-Seo (2017)는 중소기업의 관점에서 4차 산업혁명의 파급영향이 어떤 변화를 유발하였는지를 탐구했다. Antoniuk et. al. (2017)은 4차 산업혁명 시대에 첨단기술을 가진 중소기업들의 성장 장애 요인과 기회 요인을 식별하고 우크라이나 스타트업 정책에 대한 시사점을 제시하였다.

선행연구에 따르면, 4차 산업혁명 기술을 채택하는 기업의 혁신 활동에 영향을 주는 정량적 요인으로는 기업 규모, R&D 수준 및 개방형 혁신 유무와 특허 등을 고려할 수 있다. 정성적 요인으로는 기업의 조직혁신과 조직문화가 있다. 본 연구에서는 이러한 선행연구에 기반하여 기업의 4차 산업혁명 기술 도입 유무에 영향을 주는 요인은 무엇인지를 정량적으로 분석하고자 한다.²⁾

혁신 활동 요인을 분석한 기존 연구를 확장하는 본 연구의 목적은 구체적으로 4차 산업혁

2) 선행연구를 참조해 볼 때 4차 산업혁명 관련 기술을 도입하는 혁신 활동에 기업의 조직문화 및 조직유형 등 정성적 요인이 크게 작용하고 있음을 알 수 있다. 그러나 본 연구에서 그러한 정성적 요인을 고려하지 못한 점은 한계점을 밝혀 둔다.

Table 1. Basic Statistics

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
LABOR (person)	5,493	408	2,168	7	102,356
ASSET (million won)	5,493	612,920	5,874,690	308	262,000,000
SALES (million won)	5,493	349,796	2,928,137	0	170,000,000
PAYROLL(million won)	5,493	30,688	187,512	0	7,887,895
RND (million won)	5,493	9,432	225,532	1	15,500,000
IP (건)	5,493	118	970	1	39,070
PARTNER	5,493	0	0	0	1
NEW	5,493	0	0	0	1
MAIN	5,493	0	0	0	1
SUBCOMP	5,493	0	0	0	1

명 기술 채택 여부에 영향을 주는 기업 특성은 무엇인지 살펴보는 데 있으며 이는 기존 연구의 논지를 실증적으로 보완하는 측면에서 차별성이 있다. 본 연구를 바탕으로 향후 기업의 4차 산업혁명 기술 도입과 관련한 혁신을 지원하기 위한 정책 방향은 어떠해야 하는지에 대한 논의의 확장에 기여하고자 한다.

Ⅲ. 자료와 모형설정

1. 자료 구성

본 연구는 2019년에 배포한 통계청의 「2018년 기준 기업활동조사」 자료를 이용하여 4차 산업혁명 기술 채택 여부에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 2018년에 배포한 「2017년 기준 기업활동조사」부터 '4차 산업혁명 관련 기술 개발·현황' 조사가 포함되었는데 4차 산업혁명 기술 활용 여부와 활용 기술, 활용 분야 및 해당 기술의 자체(위탁포함) 개발 여부를 묻고 있다.³⁾ 본 연구는 전체 조사 대상 기업 13,144개 가운데 1,500개 기업(11.4%)이 4차 산업 관련 기술을 개발·활용하고 있다고 응답한 「2018년 기준 기업활동조사」를 이용한 것이다.⁴⁾ 전체

조사대상 13,144개 기업 가운데 상호출자 제한 기업 집단과 비식별 관측치가 포함된 자료는 제외하고 총 5,493개 기업 자료를 확보하였다.

사용된 자료의 평균 상용 종사자 수(LABOR)는 408명, 평균 자산(ASSET)은 약 6,129억 원, 평균 매출액(SALES)은 약 3,497억 원, 평균 인건비(PAYROLL)는 약 306억 원, 자체 연구개발비(RND)는 약 94억 원, 특허권, 실용신안권, 디자인권, 상표권을 포함한 지식재산권 보유건수(IP)는 118건이었다. 이외에도 혁신 활동에 영향을 미치는 요인으로 기업 간 전략적 제휴 여부(PARTNER), 신규사업 진출 검토 여부(NEW), 주력사업 운영 이전 여부(MAIN), 그리고 자회사 관련 회사 보유 유무(SUBCOMP) 변수를 사용하였다. 분석을 위해 사용된 자료의 기초 통계는 다음 〈Table 1〉에 나타나 있다.

4차 산업혁명 기술을 활용한 기업과 사용하지 않은 기업 간 비교를 위한 기초 통계가 Appendix 〈Table A〉에 제시되어 있다. 4차 산업혁명 기술을 활용한 기업이 활용하지 않은 기업보다 종사자 수, 자산, 매출액 등에서 규모가 더 크다는 사실을 확인할 수 있다. 특히, 4차 산업혁명 활용 기업과 그렇지 않은 기업의 연구개발비가 각각 평균 379억 원, 37억 원으로 약 10배 차이가 나며, 지식재산권 보유 건수 측면에서도 4차 산업혁명 기술 활용 기업은 평균

3) 본 연구는 「기업활동 조사표 1」중에서²⁾ 현재 귀사는 4차 산업혁명 관련 기술을 개발 또는 활용하고 있습니까?²⁻¹ 현재 귀사에서 개발·활용하고 있는 기술은?(복수응답 허용) 질문 항목을 이용하였다.

4) 「2017년 기준 기업활동조사」에는 전체 조사대상 기

업 중 1,014개(8.1%) 기업이 4차 산업혁명 기술을 개발·활용하고 응답하였다. 본 연구에서는 보다 많은 응답수가 포함된 「2018년 기준 기업활동조사」를 이용한 것이다.

346건, 그렇지 않은 기업은 72건으로 약 5배 정도 차이가 있는 것으로 조사되었다. 이에 따라 4차 산업혁명 관련 기술을 도입한 기업의 혁신 역량이 그렇지 않은 기업에 비해 상대적으로 높다는 사실을 확인할 수 있다.

2. 모형설정

본 연구의 목적인 기업의 혁신기술 채택 유무에 영향을 주는 요인은 무엇인지 실증적으로 분석하기 위해 다음 식 (1)과 같은 분석모형을 설정하였다. 식 (1)의 분석모형과 같이 종속변수가 연속형 자료가 아닌 이항 변수일 경우 포아송 모형(Poisson Model), 프로빗 모형(Probit Model), 이항 로짓 모형(Binary Logit model)을 통해 추정하는 것이 가능하다.⁵⁾

$$\begin{aligned} \text{Prob}_i = & \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{LABOR}_i) \\ & + \beta_2 \ln(\text{PAYROLL}_i) + \beta_3 \ln(\text{RND}_i) \\ & + \beta_4 \ln(\text{IP}_i) + \beta_5 (\text{PARTNER}_i) \\ & + \beta_6 (\text{NEW}_i) + \beta_7 (\text{MAIN}_i) \\ & + \beta_8 (\text{SUBCOMP}_i) + \mu_i \end{aligned} \quad (1)$$

위 회귀모형에서 아래 첨자 i 는 개별 기업을 나타내고, 분석 시기는 2018년이다. Prob_i 는 종속변수로, 분석대상 기업이 4차 산업혁명 기술을 활용하면 1의 값을 가지며, 활용하지 않는 경우 0의 값을 가진다. LABOR_i 는 상용 종사자 수이고 PAYROLL_i 는 인건비를 나타낸다. 4차 산업혁명 기술 채택에 영향을 주는 변수로써 본 연구에서는 연구개발비와 지식재산권 보유 건수를 고려하였다. RND_i 는 위탁을 제외한 자체 연구개발비를 의미하고, IP_i 는 특허권, 실용신안권, 디자인권, 상표권을 포함한 지식재산권 보유 건수를 나타낸다. 또한 4차 산업혁명 기술 채택에 영향을 주는 기업 특성으로 기업 간 전략적 제휴 여부(PARTNER_i), 신규사업

진출 검토 여부(NEW_i), 주력사업 운영 이전 여부(MAIN_i), 자회사 관련 회사 보유 유무(SUBCOMP_i)를 더미 변수로 이용하였다. \ln 은 자연로그를 의미하고 μ_i 는 확률적 교란항이다.

Appendix <Table A>에 나타나 있듯이, 4차 산업혁명 기술을 활용한 기업과 그렇지 않은 기업 간에는 기업의 규모면에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 4차 산업혁명 관련 신기술을 채택하고 있는 기업은 종사자 수, 매출액 및 자산 측면에서 각각 4차 산업혁명 기술을 활용하지 않는 기업에 비해 규모가 크다. 본 연구에서는 상용 종사자 수를 기준으로 기업 규모를 측정했으며, 선행연구의 결과로부터 기업 규모가 클수록 4차 산업혁명 관련 기술을 채택할 확률이 높아질 것으로 기대되므로 β_1 은 양(+)의 부호를 가질 것으로 예상된다.

그리고 인건비와 관련해서는 두 가지 가능성을 생각해 볼 수 있는데, 인건비가 많이 소요되는 상황에서 로봇 등 자동화 기술을 도입하여 인건비를 절감하고자 하는 유인이 크다면 β_2 는 양(+)의 값을 가질 것이다. 그러나, 기존 인건비가 높아서 고도화된 전문 기술을 도입하기 어려운 경우도 생각해 볼 수 있는데, 이러한 경우에는 인건비가 높은 기업일수록 4차 산업혁명 관련 기술 도입에 어려움을 겪을 수 있기 때문에 β_2 는 음(-)의 값을 가질 것으로 기대된다.

4차 산업혁명 관련 기술을 채택하려는 기업의 혁신에 영향을 미치는 요소로 본 연구에서는 연구개발비와 지식재산권 보유 건수를 분석에 포함하였다. 장기적인 성장목표를 위해 연구개발비 지출이 많은 기업일수록 4차 산업혁명 기술 채택과 관련한 혁신 활동이 활발할 것으로 기대되므로 β_3 는 양(+)의 값이 예상된다.⁶⁾ 또한 지식재산권을 많이 보유한 기업일수록 혁신 활동에 적극적인 것이라는 가정하에 β_4 도 양(+)의 값이 예상된다.

5) 포아송 모형은 종속변수가 포아송 분포를 따른다고 가정하고, 종속변수가 가산 자료(count data)일 경우 사용한다. 즉 단위 시간 안에 어떤 사건이 몇 번 발생할 것인지 사건의 횟수를 추정하는데 사용하지만 본 연구에서는 사건이 발생한 경우와 그렇지 않은 경우인 이항 변수로 추정한 것이다.

6) Lee Jae-Yul and Park In-Seon (2019)은 장기적인 성장목표를 추구하는 기업은 이익을 연구개발에 투자하여 제품혁신과 생산 및 유통 과정에서의 혁신을 달성하여 더 많은 이익을 내고 다시 연구개발에 투자하는 성장 사이클을 반복한다고 언급하였다.

Table 2. Analysis of the Determinants of the 4th Industrial Revolution Technology Introduction

Variable	(1) Poisson	(2) Probit	(3) Logit
$\ln(LABOR)$	0.283*** (0.090)	0.228*** (0.068)	0.426*** (0.124)
$\ln(PAYROLL)$	-0.246*** (0.077)	-0.165*** (0.058)	-0.321*** (0.107)
$\ln(RND)$	0.138*** (0.022)	0.108*** (0.016)	0.201*** (0.030)
$\ln(IP)$	0.087*** (0.024)	0.073*** (0.017)	0.128*** (0.031)
<i>PARTNER</i>	0.819*** (0.069)	0.753*** (0.063)	1.285*** (0.107)
<i>NEW</i>	0.761*** (0.091)	0.791*** (0.099)	1.363*** (0.169)
<i>MAIN</i>	0.410** (0.193)	0.371* (0.198)	0.666** (0.332)
<i>SUBCOMP</i>	0.190*** (0.069)	0.103** (0.047)	0.190** (0.086)
Constant	-2.544*** (0.301)	-1.803*** (0.238)	-3.028*** (0.436)
Obs.	5,493	5,493	5,493

Notes : 1. () signify standard error

2. ***p <0.01, **p <0.05, *p <0.10

한편, 혁신 활동에 영향을 주시는 통제변수로 기업 간 전략적 제휴의 유무, 신규사업 진출 검토의 유무, 주력사업 운영 이전 여부, 자회사 관련 회사 보유의 유무를 더미 변수로 설정하여 분석하였다.⁷⁾ 기업의 경영 의사결정은 복합적인 요인에 따라 이행되고, 역으로 혁신기술 도입이 경영 의사결정에 영향을 끼치기도 하지만 연구의 목적에 초점을 두기 위해 이러한 경우는 본 연구모형에서 고려하지 않았다.

IV. 분석 결과

4차 산업혁명 기술 도입에 영향을 주는 요소를 식별하기 위한 분석 결과가 <Table 2>에 제시되어 있다. 분석모형 식 (1)에 대해서 포아송 모형, 프로빗 모형, 로짓 모형을 추정한 결과를 열 (1)~(3)에 제시하였다.

상용 종사자 수로 나타낸 기업 규모 변수는 모든 추정모형에서 1% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 양(+)의 값을 갖는 것으로 나타났고, 인건비 변수는 1% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 음(-)의 부호를 갖는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 규모가 큰 기업일수록 4차 산업혁명 관련 기술을 채택할 가능성이 높다는 사실을 보여주며, 4차 산업혁명 기술을 도입 및 활용하는 기업은 전체적으로 기업 규모가 크고 기술혁신 역량이 높다는 기존 연구와 부합하는 결과이다 (Kim Sung-Hwan and Do

7) 기업간 전략적 제휴 경험이 있는 기업일수록, 신규사업을 검토한 기업일수록, 그리고 생산비용 절감 및 새로운 판로 개척 등의 이유로 주력사업 운영 변동을 경험한 기업일수록 4차 산업혁명 관련 혁신 활동에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다. 그러나 자회사 관련 회사를 보유한 기업 유무는 4차 산업혁명 관련 기술 채택에 어떠한 영향을 미칠 수 있을지 단정하기 어려운 측면이 있다.

Table 3. Analysis of Determinants for Each Technology Introduction of the 4th Industrial Revolution

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	IOT	CLOUD	BIG_DATA	MOBILE	AI	BC	3DP	ROBOT	VR_AR
$\ln(LABOR)$	0.285 (0.183)	0.233 (0.172)	0.229 (0.179)	0.263 (0.217)	0.629*** (0.235)	0.550* (0.284)	0.237 (0.253)	0.586*** (0.224)	0.766*** (0.268)
$\ln(PAYROL)$	-0.198 (0.151)	0.024 (0.154)	0.118 (0.157)	-0.048 (0.186)	-0.317 (0.203)	-0.173 (0.275)	-0.061 (0.222)	-0.214 (0.219)	-0.357 (0.275)
$\ln(RND)$	0.120*** (0.042)	0.078* (0.042)	0.118*** (0.041)	0.136** (0.053)	0.160*** (0.052)	0.075 (0.069)	0.133** (0.052)	0.117* (0.066)	0.035 (0.073)
$\ln(IP)$	0.197*** (0.045)	0.049 (0.045)	0.070 (0.045)	0.159*** (0.060)	0.055 (0.054)	-0.117 (0.081)	0.182** (0.073)	0.004 (0.069)	0.258*** (0.083)
<i>PARTNER</i>	1.150*** (0.148)	1.231*** (0.145)	1.235*** (0.144)	0.986*** (0.164)	1.128*** (0.165)	1.246*** (0.248)	0.539** (0.240)	0.994*** (0.235)	1.011*** (0.247)
<i>NEW</i>	1.144*** (0.220)	0.778*** (0.240)	0.991*** (0.220)	0.884*** (0.246)	0.673** (0.273)	0.685* (0.395)	0.582* (0.336)	0.962*** (0.325)	1.058*** (0.361)
<i>MAIN</i>	0.635 (0.459)	0.352 (0.504)	-0.757 (0.812)	0.458 (0.605)	1.008** (0.496)	-0.015 (0.999)	0.400 (0.766)	0.955 (0.650)	0.004 (0.988)
<i>SUBCOMP</i>	0.083 (0.138)	0.103 (0.136)	0.087 (0.137)	0.305* (0.169)	0.234 (0.166)	0.276 (0.242)	0.290 (0.220)	0.057 (0.220)	0.154 (0.274)
Constant	-4.215*** (0.610)	-5.235*** (0.645)	-6.457*** (0.660)	-5.994*** (0.759)	-5.271*** (0.800)	-5.960*** (1.222)	-6.241*** (0.890)	-6.105*** (0.983)	-6.471*** (1.192)
Obs.	5,493	5,493	5,493	5,493	5,493	5,493	5,493	5,493	5,493

Notes : 1. () signify standard error

2. ***p <0.01, **p <0.05, *p <0.10

Yeon-Woo, 2019). 인건비 변수는 모든 추정모형에서 1% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 음(-)의 값을 갖는 것으로 나타나, 인건비가 많이 소요될수록 4차 산업혁명 기술 도입에 부정적인 영향을 줄 수 있음을 보여준다.

기업의 혁신 활동 정도를 나타내는 연구개발비와 지식재산권 보유 변수는 1% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 양(+)의 값을 갖는 것으로 나타나, 기업의 혁신 활동 수준이 높고 활발할수록 4차 산업혁명 기술을 채택할 가능성이 높다는 사실을 보여주고 있다.

한편, 본 연구에서 혁신 활동과 관련된 기업의 특성을 통제하기 위해 포함한 더미 변수를 살펴보면 다음과 같다. 기업의 전략적 제휴 유

무를 나타내는 변수는 1% 유의수준에서 양(+)의 값을 갖는 것으로 나타났고, 신규사업 진출 검토 유무를 나타내는 변수 또한 1% 유의수준에서 양(+)의 값을 갖는 것으로 나타났다. 즉 마케팅, 기술개발, 합작투자, 공동생산, 공동브랜드, 및 상호주식교환 등의 방식으로 기업 간 전략적 제휴를 경험한 기업일수록, 그리고 아이디어 기획, R&D, 설비건설, 판매 단계 등의 신규사업 진출을 검토한 기업일수록 4차 산업혁명 관련 혁신 활동을 수행할 가능성이 높다는 것을 의미한다. 주력사업 운영 이전 여부, 자회사 관련 회사 보유 유무를 나타내는 변수 또한 통계적으로 유의미한 양(+)의 값을 갖는 것으로 나타나, 새로운 판로개척, 무역장벽 등

의 사유로 주력산업 운영 이전을 경험한 기업일수록, 그리고 국내외에 자회사를 가진 기업일수록 4차 산업혁명 관련 기술을 도입할 가능성이 높다는 사실을 나타낸다.

이러한 결과는 기술 유형을 구분하지 않고 전체 4차 산업혁명 관련 기술 채택 유무만을 기준으로 분석한 것이다. 그러나 기업 규모별, 주력산업별로 기업의 특성에 따라 필요한 기술 유형이 다를 수 있다. 이러한 측면을 고려하기 위해 4차 산업혁명 기술별로 로직 모형을 이용하여 재추정한 결과를 <Table 3>에 제시하였다.⁸⁾

상용 종사자 수로 나타낸 기업 규모 변수는 기술별로 양(+)의 추정값을 보였지만 인공지능, 블록체인, 로봇공학, 가상·증강현실 기술에서만 통계적으로 유의미하게 분석되었다. 즉 기업 규모가 큰 기업은 인공지능, 블록체인, 로봇공학, 가상·증강현실 기술을 채택할 가능성이 높다는 사실을 보여준다. 인건비를 나타내는 변수는 클라우드와 빅데이터를 제외하고 음(-)의 부호가 나타났지만 통계적으로 유의하지는 않았다.

기업의 혁신 활동 수준을 나타내는 연구개발비 변수의 경우에는 블록체인과 가상·증강현실 기술을 제외하고 나머지 기술에서는 양(+)의 통계적인 유의성을 보였다. 다시 말해서, 연구개발비 지출이 많은 기업일수록 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 모바일, 인공지능, 3D 프린팅, 로봇공학 기술을 채택할 가능성이 높다는 것을 보여준다. 이와 함께 지식재산권 보유 건수를 나타내는 변수는 사물인터넷, 모바일, 3D 프린팅, 가상·증강현실 기술에 통계적으로 유의미한 양(+)의 영향을 주는 것으로 나타나, 지식재산권을 많이 보유한 기업일수록 사물인터넷, 모바일, 3D 프린팅, 가상·증강현실 기술 도입에 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 보여준다.

기업의 특성을 나타내는 더미 변수와 관련해서는 전략적 제휴의 유무 변수는 개별 기술 모두에서 통계적으로 유의미한 양(+)의 값을 갖는 것으로 나타났고, 신규사업 진출 검토의 유무 변수 또한 개별 기술 모두에서 통계적인 양(+)의 유의성을 보였다. 이러한 결과로부터 기업간 전략적 제휴와 신규사업 진출을 고려하는 기업일수록 개별 기술 유형에 구애됨 없이 4차 산업혁명 관련 기술 도입에 긍정적이라는 사실을 추론해 볼 수 있다. 그러나 주력사업 이전 경험과 자회사 보유의 유무 변수는 인공지능 및 모바일 기술에서만 통계적인 양(+)의 값을 보여서, 특정 기술 채택에만 관심이 있음을 추론할 수 있다.

V. 결론

1. 요약

기술혁신은 기업과 경제 성장의 핵심 요인이자(Antoniuk et al., 2017). 글로벌 무역과 경쟁 여건이 경제외적 환경을 포괄하여 다차원적이고 융복합적인 경향이 강해지고 있으므로, 기업이 비교우위를 확보하여 성장하기 위해서는 기업의 특성에 부합하는 4차 산업혁명 기술을 활용한 혁신적 생산방식의 운용은 필수 불가결한 요소이다. 4차 산업혁명 기술은 국내 시장뿐만 아니라 글로벌 경쟁에서 새로운 도전과 기회를 주고 있기 때문이다(Muljani and Ellitan, 2019). 본 연구는 이러한 문제의식에 기반하여, 기업의 4차 산업혁명 기술 도입과 혁신에 영향을 미치는 특징적인 경영 요인을 분석하였다.

분석 결과를 요약하면, 첫째, 기업 규모가 큰 기업일수록 4차 산업혁명 기술을 도입할 가능성이 크며, 인건비가 많이 소요될수록 4차 산업혁명 기술 도입에는 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 연구개발비 및 지식재산권 보유 건수로 측정된 기술혁신 능력이 큰 기업일수록 4차 산업혁명 기술을 도입할 가능성이 큰 것으로 나타났다.

둘째, 기술혁신과 관련한 통제변수를 포함하

8) 즉 종속변수는 「2018년 기준 기업활동조사」에서 고려한 사물인터넷(Internet of Things, IoT), 클라우드(Cloud), 빅데이터(Big Data), 5G, 인공지능(Artificial Intelligence, AI), 블록체인(Block Chain), 3D 프린팅(Three Dimensional Printing), 로봇공학(Robot Engineering), 가상·증강현실(Virtual·Augmented Reality) 기술이다.

여 추정된 결과에 의하면 기업 간 전략적 제휴, 신규사업 진출 검토, 주력사업 운영, 자회사 관련 회사 보유가 기업의 4차 산업혁명 관련 기술에 유의미한 영향을 주는 것으로 분석되었다.

셋째, 혁신기술 도입은 기업 특성별로 전략적 대응이 상이하므로 이러한 특성을 살펴보기 위해서는 본 연구에서는 4차 산업혁명 개별 기술별로 재추정하였다. 추정 결과에 의하면 기업 특성이 4차 산업혁명 기술 도입에 미치는 영향 정도가 세부 기술별로 다르게 나타났다. 예를 들어 인공지능, 블록체인, 로봇공학, 가상·증강현실 기술은 기업 규모가 큰 경우에 도입할 가능성이 높은 반면에 사물인터넷, 모바일, 3D 프린팅, 가상·증강현실 기술은 지식재산권을 많이 보유한 기업이 채택할 가능성이 높은 기술로 분석되었다.

2. 전략적 시사점

본 연구 결과에 근거하면, 4차 산업혁명 기술이 글로벌 경쟁구조에서 다차원적으로 도입되고 확산되는 시기에 우리 기업이 글로벌 무역의 비교우위를 창출하기 위해서는 기업의 전략적 경영 의사결정과 정부의 혁신기술 유인책 지원이 필요하다고 판단한다. 4차 산업혁명 기술 도입의 의사결정과 활용도를 촉진하기 위해 한편으로는 대기업을 중심으로 글로벌 시장의 기술혁신 역량을 강화하고 다른 한편으로는 다층적인 전략적 제휴와 사업구조의 조정이 필요하다. 역으로 4차 산업혁명 기술에 대한 자율적인 도입 가능성과 속도가 상대적으로 낮은 중견, 중소기업에 대해서는 정부의 정책적인 지원 필요성이 크다는 점을 방증한다. 4차 산업혁명 시대에 혁신기술의 활용 속도와 방식에 따라 글로벌 무역패턴이 변화할 것이다.

기술격차론(기술혁신론)의 관점에서는, 혁신기술이 비교우위 창출의 핵심 동인이므로 기술의 혁신과 활용 속도가 관건이다. 4차 산업혁명의 융복합적 혁신기술은 수요 창출의 시차(demand lag)가 기술 모방의 시차(imitation lag)보다 짧은 구조의 주기를 형성하므로 글로벌 무역을 통한 지속적인 시장 창출이 가능하다. 혁신기술 요소를 전통적인 헤서-오린의 요

소부존이론의 틀에서 고찰하는 것과 달리 리스크가 내포된 전략적 선택을 통해 비교우위를 창출함으로써 국제 경영과 무역 역량을 강화하는 것이다. 요컨대 혁신기술 도입의 충족 요건을 확대할 수 있는 환경을 조성함으로써 기업 차원의 글로벌 경쟁력과 산업 차원의 비교우위 창출이 가능하다고 판단한다.

산업 내 무역의 논지를 따르면, 4차 산업혁명 기술 도입의 확대는 소비성향의 한계성(marginality)을 높이고 제품의 차별화(differentiation)를 촉진함으로써 무역의 다분화를 확장할 것이다. 4차 산업혁명 기술은 무한의 데이터와 네트워크를 생성하고 활용하는 것을 기본적인 전제로 하므로 더욱 세분화된 소비자층을 대상으로 시장을 확대해 나아갈 수 있다. 글로벌 무역의 가격과 품질에 의한 양적 확대는 소비성향과 네트워크에 의한 질적 확대로 보완될 것이다. 전통적인 산업 간 무역의 암묵적인 비관세장벽이 강화됨에 따라 혁신기술에 기반한 산업 내 무역의 전략적 선택은 확대될 것이다. 이러한 무역구조는 혁신기술의 다층적인 활용도에 따라 산업 내 수직적 무역뿐만 아니라 수평적 무역의 확대에도 기여할 것으로 판단한다.

또한 미·중 무역분쟁이 심화되고 4차 산업혁명의 핵심기술을 중심으로 한 글로벌 공급망이 급속도로 재편됨에 따라 기업의 혁신기술에 대한 경영전략은 글로벌 시장구조의 변화로부터 지배적인 영향력을 받게 되었다. 이를테면 4차 산업혁명 기술 관련 소재, 부품, 장비 분야의 글로벌 공급망의 재편 과정은 우리 기업의 경영 전략 선택에 제약요인인 동시에 유인력이 될 수 있다고 판단한다. 이러한 맥락에서 글로벌 경쟁구조에 개방된 우리 기업의 전략적 의사결정의 환경을 체계적으로 분석하고 전략적 관점에서 정책적 지원을 고려해야 한다.

우리 정부의 기업 R&D 지원 규모는 크지만 제조업에 편중되어 있고 4차 산업혁명 관련 기술 수준은 미국 등 주요국에 비해 저조하므로 산업 전반에 대한 균형 있는 투자와 핵심기술 개발을 촉진할 수 있는 사회적 인프라 확충이 필수적이다(Hyundai Research Institute, 2017). 4차 산업혁명 기술의 속성을 고려하면 네트워크 효과와 외부 경제효과의 극대화를 지향해야

한다. 하지만 형식적이고 단기적인 전시 효과적 '규제 개혁 만능주의'에서 벗어나 적합한 진단과 처방이 필요하다(Jung Joon-Hwa, 2017). 미시적 경영전략 차원에서는 기업의 혁신 환경을 조성하는 것이 중요하지만, 거시적 정책 차원에서는 경영 의사결정과 경쟁 패러다임과 산업구조의 변화 동인에 대한 연관성 분석을 통해 정책 지원의 효율성과 효과성을 제고할 필요가 있다.

한편 기업의 4차 산업혁명 기술 도입 특성을 고려해 보면 정책적 지원은 기업의 이러한 도입 특성을 강화해 줌으로써 기술혁신의 의사결정을 선택하도록 유도하는 것이 효과적이다. 이를테면 기술 도입과 혁신에 양(+)의 유의미한 영향을 끼친 것으로 나타난 기업 간 전략적 제휴, 창업이나 신사업 추진의 동기부여에 초점을 둔 정책 지원의 활성화를 고려해 볼 수 있다.

또한 세부 기술별로 기업의 도입 방식과 파급영향이 달리 나타나므로 차등적인 전략적 추진과 정책적 지원이 적합하게 이행되도록 세부 기술별 혁신 로드맵을 확충하여 확산시킬 필요가 있다. 지식재산권의 영향력이 큰 기술의 경

우 지식재산권의 창출 및 활용 인프라의 확충을 우선적으로 추진하는 것이 효과적이라고 판단한다. 기업이 세부 기술별 상호 보완성과 대체성의 연관효과를 고려하여 선별적 도입을 전략적으로 촉진할 수 있도록 기술 정책적 지원을 세분화하고 심화할 필요가 있다.

본 연구는 4차 산업혁명 기술 도입에 영향을 주는 기업의 경영 요인과 기술 특성을 정량적으로 추정하여 분석하였다는 점에서 선행연구와 차별성을 지닌다. 그러나 4차 산업혁명 기술 도입 조사를 시작한 2017년부터 고찰이 가능한 자료의 한계로 인해 단년도 분석에 그친 점과 정성적 요인을 고려하지 못한 점 그리고 주요 국별로 확장하여 비교 고찰하지 못한 점은 본 연구의 중대한 한계점으로 남는다. 이러한 한계점을 보완하여 축적된 자료의 활용이 가능한 시기에 정성적 요인까지 고려한 시기별 국별 비교분석이 필요하다. 이에 근거하여 우리나라 기업의 혁신기술 도입 유형과 전략적 시사점을 정확하게 도출함으로써 정책적 활용도를 제고하는 일은 후속 연구과제이다.

References

- Antoniuk, L., I. Gernego, V. Dyba, Y. Polishchuk and Y. Sybirianska (2017), "Barriers and Opportunities for Hi-Tech Innovative Small and Medium Enterprises Development in the 4th Industrial Revolution Era", *Problems and Perspectives in Management*, 15(4), 100-113.
- Cha, Wan-Kyu and Tae-Ho Ahn (2018), "A Study on Strengthening Technological Competitiveness of Venture/SMEs in the Transition of Technology Paradigm of the Fourth Industrial Revolution: Corporate Culture and Adaptation of Patent Strategy", *The Journal of Small Business Innovation*, 21(3-4), 27-38.
- Cho, Byung-Ok and Byung-Seop Yoon (2019), "Current Status of Innovative Companies and Their Support: Perspective of Fourth Industrial Revolution", *The Journal of Small Business Innovation*, 22(1), 55-77.
- Chung, Do-Bum and Byung-Il Kim (2017), "The Effect of R&D Cooperation of Manufacturing Firms on Innovation Activities: Focusing on the Moderating Effect of Organizational Innovation", *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 20(4), 1192-1211.

- Chung, Jae-Eun and Hee-Cheol Moon (2019), "An Empirical Study on the Smart Technology Acceptance and Global Supply Chain Innovation in Korean Small and Medium Trading Companies: Focusing on the Key Technologies of 4th Industrial Revolution", *Korea Trade Review*, 44(4), 169-188.
- Hong, Sung-Hyo and Soo-Joong Nam (2019), "4th Industrial Revolution and Firms' Adaptation", *Journal of Regional Studies and Development*, 28(1), 59-78.
- Hyun, Suk-Won (2018), *4th Industrial Revolution Policy Status, Company Cases, and Implications of Japan*, (POSRI Issue Report), Seoul: POSCO Research Institute.
- Hyundai Research Institute (2017 September 18), *International Comparison of the R&D Status of the 4th Industrial Revolution-based Industries*, Seoul: author.
- Jung, Joon-Hwa (2017), "The Relationship and Misunderstanding between Regulation and Innovation: Focusing on the Discussion of the 4th Industrial Revolution", *The Korean Association for Policy Studies*, 45-64.
- Kahn, Hyung-Sik (2018), "The Countermeasures of Domestic Manufacturing in the 4th Industrial Revolution Era : Comparative Analysis on German Manufacturing Industries", *Journal of Product Research*, 36(3), 55-66.
- Kim, Jong-Seok and Jin-Won Kang (2019), "An Exploratory Study on Priorities of Facilitators and Impediments of Firm Innovation Activities Regarding the Fourth Industrial Revolution", *Asia-Pacific Journal of Business*, 10(3), 153-171.
- Kim, Sung-Hwan and Yeon-Woo Do (2019), "A Study on the Effects of 4th Industrial Revolution Technology Adopted by Firms on Employment in Korea", *Journal of Management and Economics*, 41(3), 167-188.
- Kim, Sung-Hwan, Yeon-Woo Do and Jin-Geun Hong (2019), "The Influences of Innovative Technology Competence in 4th Industrial Revolution on Exports of Korean Firms: Applying Gravity Factor Model in Firm-level OFDI", *Journal of International Trade & Commerce*, 15(4), 443-463.
- Kim, Yong-Yul and Young-Seo Park (2017), "Fourth Industrial Revolution and SME Supporting Policy", *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 20(2), 387-405.
- Lee, Jae-Yeul and In-Seon Park (2019), "A Study on the Characteristics of Korean Management in Age of 4th Industrial Revolution: With a Focus on Organizational Culture and Management Style in ICT Sector", *Koreanische Zeitschrift fuer Wirtschaftswissenschaften*, 37(3), 45-67.
- Muljani, N. and L. Ellitan (2019), "Developing Competitiveness in Industrial Revolution 4.0", *International Journal of Trend in Research and Development*, 6(5), 1-3.
- National Assembly Budget Office (2017), *Future Industry Policy Analysis in Preparation for the 4th Industrial Revolution II: Science and Technology Governance and R&D Innovation Measures Analysis*, Seoul: Author.
- Oh, Young-Seoung and Ho-Cheol Son (2019), "A Study on R&D Investment and Enterprise Value of Companies Related to the Fourth Industrial Revolution", *Korean Review of Corporation Management*, 10(4), 107-129.
- Related Ministries of the Korean Government (2018 June), *Data Industry Activation Strategy*, Korea: Author.
- Related Ministries of the Korean Government (2019 December), *National Strategy for Artificial Intelligence*, Korea: Author.
- Sohn, Seyung-Hee (2018), "The 4th Industrial Revolution in Germany and the Enterprise-Wide Response", *Koreanische Zeitschrift fuer Wirtschaftswissenschaften*, 36(3), 1-22.

- Sohn, Seyung-Hee (2019), "A Study on the Environmental Changes in the 4th Industrial Revolution Era and the Strategic Response Priority of SMEs", *Asia Pacific Journal of Small Business*, 41(3), 151-172.
- Sung, Tae-Kyung (2004), "The Determinants of Innovative Activity by Type of Innovations: Evidence from the Korean Manufacturing Firms", *Journal of Business Research*, 19(4), 199-218.
- Yoon, Hyo-Jin, Ah-Reum Hong, Sung-Do Jung (2018), "The Effects of R&Ds, Technology Innovation Capability and the Innovation Support System of Small- and Medium-Sized Businesses on the Company Performance", *Innovation Studies*, 13(2), 209-238.

Appendix

Comparison of Basic Statistics between Companies Using Technology of the 4th Industrial Revolution and Companies Not in Use

Table A. Companies Not-Using the 4th Industrial Revolution(Obs.:4,580)

Variable	LABOR	ASSET	SALES	PAYROLL	RND	IP	PARTNER	NEW	MAIN	SUBCOMP
Mean	292	373,689	205,169	20,329	3,754	72	0	0	0	0
Std. Dev.	1,284	4,605,534	1,253,116	113,567	52,025	467	0	0	0	0
Min	7	308	0	0	1	1	0	0	0	0
Max	66,276	262,000,000	43,200,000	6,056,316	2,579,465	23,339	1	1	1	1

Table B. Companies Using the 4th Industrial Revolution technology(Obs.:913)

Variable	LABOR	ASSET	SALES	PAYROLL	RND	IP	PARTNER	NEW	MAIN	SUBCOMP
Mean	990	1,813,528	1,075,622	82,677	37,930	346	0	0	0	0
Std. Dev.	4,430	9,981,520	6,567,389	379,188	540,227	2,123	0	0	0	0
Min	8	1,392	93	0	1	1	0	0	0	0
Max	102,356	219,000,000	170,000,000	7,887,895	15,500,000	39,070	1	1	1	1