

4차 산업혁명 대응과 스마트 기업으로의 변화를 위한 제조 및 서비스 기업의 기술적용 우선순위에 대한 연구

박찬권¹, 서영복^{2*}

¹경북대학교 건설환경에너지융합기술원 교수, ²김천대학교 교양학과 교수

A Study on the Technological Priorities of Manufacturing and Service Companies for Response to the 4th Industrial Revolution and Transformation into a Smart Company

Chan-Kwon Park¹, Yeong-Bok Seo^{2*}

¹Professor, Institute of Construction Environment Energy Convergence Technology, Kyungpook Nat'l University

²Professor, Department of General Education, Gimcheon University

요약 본 연구는 우리나라 중소기업들에게 4차 산업혁명 대응과 스마트 기업으로의 변화를 위해서는 어떠한 기술들을 우선적으로 적용하여야 하는가에 대한 내용을 AHP를 활용하여 규명하는 것이다. 이를 위하여 4차 산업혁명 관련 기술들을 종합하고, 김대훈 외(2019)의 분류기준을 준용하지만 전문가들의 의견을 추가로 수렴하여 관련 기술들을 분류하였다. 인공지능(AI), Big Data, Cloud Computing을 디지털 기반기술로, 모바일, 사물인터넷(IoT), Block Chain을 초연결 기술로, 무인운송(자율주행), 로봇(Robot), 3D 프린팅, 드론을 융합기술로, 스마트 제조 및 물류, 스마트 헬스케어, 스마트 교통, 스마트 금융을 스마트 산업기술로 구분하였다. AHP 분석과 종합가중치를 계산하는 방식으로 기술적용 우선순위를 확인한 결과 제조기업은 모바일, 인공지능(AI), Big Data, 로봇(Robot)의 순위가 높으며, 서비스기업은 Big Data, 로봇(Robot), 인공지능(AI), 스마트 헬스케어의 순위가 높고 전체기업에서는 Big Data, 인공지능(AI), 로봇(Robot), 모바일의 순서이다. 본 연구를 통해 4차 산업혁명 대응과 스마트 기업으로의 변화를 위해서는 어떠한 기술들을 우선적으로 적용하여야 하는가를 명확하게 규명하였다.

주제어 : 4차 산업혁명, 스마트 팩토리, AHP, 디지털 기반기술, 초연결 기술, 융합기술, 스마트 산업기술

Abstract This study is to investigate, using AHP, what technologies should be applied first to Korean SMEs in order to respond to the 4th industrial revolution and change to a smart enterprise. To this end, technologies related to the 4th industrial revolution and smart factory are synthesized, and the classification criteria of Dae-Hoon Kim et al. (2019) are applied, but additional opinions of experts are collected and related technologies are converted to artificial intelligence (AI), Big Data, and Cloud Computing. As a base technology, mobile, Internet of Things (IoT), block chain as hyper-connected technology, unmanned transportation (autonomous driving), robot, 3D printing, drone as a convergence technology, smart manufacturing and logistics, smart healthcare, smart transportation and smart finance were classified as smart industrial technologies. As a result of confirming the priorities for technical use by AHP analysis and calculating the total weight, manufacturing companies have a high ranking in mobile, artificial intelligence (AI), big data, and robots, while service companies are in big data and robots, artificial intelligence (AI), and smart healthcare are ranked high, and in all companies, it is in the order of big data, artificial intelligence (AI), robot, and mobile. Through this study, it was clearly identified which technologies should be applied first in order to respond to the 4th industrial revolution and change to a smart company.

Key Words : 4th Industrial Revolution, Smart Factory, AHP, Digital Base Technology, Hyper Connected Technology, Convergence Technology, Smart Industrial Technology

*Corresponding Author : Yeong-Bok Seo(yeongbokseo@naver.com)

Received October 25, 2020

Revised February 22, 2021

Accepted April 20, 2021

Published April 28, 2021

1. 서론

최근 전 세계적으로 가장 관심을 받고 있는 용어는 4차 산업혁명이라고 할 수 있다. 4차 산업혁명이라는 용어는 2016년 세계경제포럼(World Economic Forum)에서 클라우드 슈밥에 의하여 제시 되었으며, 이는 첨단 지능의 정보통신기술(Information and Communication Technology : ICT)이 기존의 산업과 서비스 등 여러 분야의 신기술과 융합되어 경제·사회·문화의 전반에 걸쳐서 혁신적인 변화를 일으키는 차세대 산업혁명이라고 할 수 있다. 또한 4차 산업혁명과 관련한 각종 정보통신기술(ICT)들이 기존의 산업설비와 결합 및 융합됨으로써 경영성과를 제고할 수 있다는 주장과 함께 4차 산업혁명에 따르는 변화는 여러 가지 산업 내에 있는 기업체들에게 기존과는 다른 제조 및 서비스 제공방식으로써 경영 활동에서의 패러다임 전환을 요구하게 될 것은 자명한 일이다[1,2].

우리나라 정부 역시 4차 산업혁명의 도래에 따라 경제·사회·문화의 전반에 걸쳐서 나타나는 혁신적인 변화를 전체 산업 및 기업의 생태계를 획기적으로 변화시킬 수 있는 기회로 보고 적극적으로 지원하고 있는 상황이다. 특히 4차 산업혁명의 도래에 따른 제조업 부문에서의 핵심적인 변화는 지능형 자율 공장을 의미하는 스마트 팩토리(Smart Factory)의 도입과 확산이라고 할 수 있다[3]. 우리나라의 경우 정부 주도로 중소기업들의 스마트 팩토리의 전환을 위하여 스마트제조혁신추진단의 '스마트공장 사업관리시스템'을 통하여 2020년까지 1만개, 2025년까지 스마트 공장 3만개 보급, 스마트공장 고도화 수준(Level 3 이상 25% 달성), 인공지능(AI) 데이터 허브 구축을 목표로 스마트 팩토리의 보급을 적극적으로 지원하고 있는 상황이다[4].

그러나 현재는 더 높은 수준의 인지도로 나타나겠지만 국내의 기업들을 대상으로 하는 4차 산업혁명에 대한 인지도의 조사에서 제조 기업은 40.9% 만이 알고 있다고 응답한 반면, 서비스 기업은 51.5% 만이 4차 산업혁명을 알고 있다고 응답하였는데, 우리나라 기업들의 4차 산업혁명에 대한 인지도의 수준은 미흡한 것으로 판단되며, 4차 산업혁명에 대한 대응 수준 역시 글로벌기업들에 비하여 크게 미흡한 수준이다[5]. 이외에도 개별기업들의 4차 산업혁명에 대한 지각의 수준이 다르며, 전반적으로 대응의 수준이 미흡하다는 연구결과가 제시되었다[6,7].

4차 산업혁명과 관련한 기존 선행연구들의 내용을 살펴보면 4차 산업혁명에 따르는 총론적인 방향성이나 4차 산업혁명의 영향력에 대한 연구 및 중소기업에 대한 지원정책이 필요하다는 선행연구들은 많이 제시된 상황이다[5,6,8-14]. 4차 산업혁명에 대응하기 위한 방안을 제시하는 연구로는 4차 산업혁명 시대의 국내 제조업의 대응전략에 대하여 제시한 연구[8], 중소기업차 부품 공급업체의 대응방안을 제시한 연구[13], 물류산업에서의 대응방안을 제시하는 연구[15] 등이 있지만 이들 선행연구들은 4차 산업혁명에 대하여 대응하여야 한다는 총론적인 내용을 제시하고 있으며, 구체적으로 어떠한 기술을 받아들이고 어떻게 대응할 것인가에 대한 내용을 제시하는 부분에 있어서는 제한적인 상황이다.

국가의 핵심적 성장 동력이 될 수 있는 중요한 기술들이 사회와 기업들에게 보급되어 제대로 정착되기 위해서는 기술 자체에 대한 연구 및 기술과 관련된 정책과 제도에 대한 연구뿐만 아니라 해당 기술을 실제로 사용하고, 제조 및 서비스 프로세스에 적용하여야 하는 실무자들에게 수용될 경우 어떠한 요인들의 작용에 의하여 관련 기술이 수용될 수 있는가 등에 대한 연구가 이루어질 필요성이 있다[16]. 하지만 개별기업들의 4차 산업혁명 대응 방향이나 스마트 팩토리 구축 목적 및 스마트 서비스 기업으로의 변화에 맞추어 여러 가지 관련 기술들 가운데 개별 기업의 규모 및 상황, 제조 및 서비스 프로세스 등에 맞추어 가장 시급하게 요구되는 기술을 선정하고 우선순위를 부여하는 등 우선적으로 적용되어야 하는 기술을 선정하는 것은 매우 중요한 요인임에도 불구하고 이에 대한 선행연구는 제한적인 상황이다.

우리나라의 중소기업들에 대하여 4차 산업혁명과 관련하여 구체적으로 어떠한 기술들을 선정하고, 어떠한 순서로 적용하여야 하는가에 대하여 제시하고 있는 연구가 제시되었지만[17], 해당 연구는 4차 산업혁명 대응을 위한 우리나라 전체 산업의 관점에서 연구를 진행하였으며, 기업의 산업적 특성, 고객에게 제품 및 서비스 제공 프로세스에서 차이가 있는 제조업 및 서비스업의 특성을 반영하지 않고 연구를 진행하였다는 제한사항이 있다. 특히 우리나라에서의 4차 산업혁명에 대한 대응의 방향은 무엇보다도 관련 기술의 활용에 중점을 두어야 하는데, 4차 산업혁명과 관련하여 나타나는 여러 가지 기술들은 우리가 직접 개발하거나 만든 것이 아니므로 우리나라 중소기업들은 기초에서부터 만들어

갈 수 있는 능력이 제한되어 있으므로 외부에서 만들어 지고 개발된 기술들을 빠르게 산업 현장에 적용하는 방식으로 혁신을 달성하는 것이 필요로 하며, 이러한 방식으로 4차 산업혁명에 대한 대응이 필요한 상황이다[18].

그러므로 현재의 우리나라 중소기업들에게 4차 산업혁명에 대응하기 위한 시급한 방안은 '4차 산업혁명이 도래하고 있으므로 대응 및 적응하여야 한다.'는 막연한 제시보다는 '4차 산업혁명에 대응하고 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 기업으로 변환을 위해서 4차 산업혁명과 관련된 여러 가지 기술들 가운데 어떠한 기술들의 활용과 도입에 우선순위를 두어야 하는가? 또한 자금과 영업능력, 자원의 보유 수준이 제한적인 우리나라 중소기업체 및 서비스 기업체들이 직면하고 있는 상황에 맞추어 어떠한 기술들을 선택하고 우선적으로 적용하여야 하는가?'에 대한 연구를 필요로 한다.

최종적으로 본 연구의 가장 큰 목적은 4차 산업혁명 대응과 스마트 팩토리의 구현 및 스마트 서비스 기업으로의 변화를 위한 방안을 제시하는 것이며, 우리나라의 중소 제조 및 서비스 기업들에게 자신의 기업 관점에서 가장 우선적으로 적용되어야 하는 4차 산업혁명 관련 기술들의 기술 적용 우선순위를 계층화 분석법 (Analytic Hierarchy Process : AHP, 이하 AHP)을 활용하여 결정하는 것이다. 이러한 연구를 통하여 인력, 자원 및 자금이 제한적인 중소 제조 및 서비스 기업들에 대하여 4차 산업혁명에 대응하고 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 기업으로의 변환을 위한 기술선정 및 실제 경영활동에서 우선적으로 도입하여야 하는 기술을 명확하게 제시할 수 있을 것이다.

2. 이론적 배경

2.1 4차 산업혁명 관련 기술과 스마트 팩토리 및 스마트 서비스

2.1.1 4차 산업혁명 및 관련 기술

4차 산업혁명이라는 용어는 독일에서 'Industry 4.0'에서 시작되었으며, 인공지능, 사물 인터넷, 빅 데이터를 바탕으로 하여 초지능적인 제품생산과 서비스를 제공할 수 있는 획기적인 변화를 의미하며[19-23], 초융합, 초연결성을 특징으로 한다[24]. 그러나 디지털 혁명으로 불리는 3차 산업혁명 역시 혁신적인 변화를 가져왔다는 의미에서 아직까지 3차 산업혁명의 연장선상에

서 바라본다면 4차 산업혁명이라는 용어에 대하여 아직까지도 논란이 있는 것도 사실이다[24-28].

4차 산업혁명 관련 기술들의 종류는 선행연구자들에 따라서 다양하게 제시되고 있는 상황이다. 4차 산업혁명과 관련하여 우리나라의 주무부서인 산업부와 미래부는 사물인터넷(IoT), 빅 데이터(Big Data), 3D 프린팅, 클라우드(Cloud), 사이버 물리 시스템(Cyber Physical System : CPS), 스마트 센서, 에너지 절감, 홀로그램을 주요한 기술로 제시한다. 또한 중소기업기술정보진흥원은 중소기업 기술로드맵을 통하여 인공지능(AI), 빅 데이터, 사물인터넷, 5G+, 스마트 제조, 지능형 로봇, 시스템 반도체, 미래자동차, 바이오 헬스, 서비스 플랫폼, 실감형 콘텐츠, 스마트 시티, 블록체인(Block Chain), 드론(Drone), 신재생에너지, 배터리로써 16개의 기술을 제시하며, 특허청에서는 인공지능, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 차세대통신, 사물인터넷, 지능형 로봇, 자율 주행차, 드론, 가상증강현실, 스마트시티, 맞춤형 헬스케어, 혁신신약, 지능형반도체, 첨단소재, 신재생 에너지, 3D 프린팅을 제시한다[29]. 그리고 김대훈 외(2019)는 인공지능, 사물인터넷, Big Data, 로봇 공학, 3D 프린터, 무인운송수단, 클라우드, 드론, 모바일(Mobile), 블록체인, 바이오(Bio)등을 제시한다[30]. 그러므로 이러한 여러 가지 기술들 가운데 산업별 특성과 개별 기업의 상황에 맞추어서 우선적으로 적용되어야 하는 기술의 선정을 필요로 한다.

2.1.2 스마트 팩토리과 스마트 서비스

스마트 팩토리는 주요 선진 국가들의 새로운 제조 패러다임 요구와 저성장 국면으로의 진입에 따라 새로운 성장 동력의 필요성에 의하여 대두 된 것으로써 2006년 6월 독일의 카이저슬라우테른(Kaiserslautern)에서 바스프(BASF), 독일인공지능연구센터(DFKI), KSB, 지멘스(SIEMENS) 등의 창립멤버들에 의하여 '스마트 팩토리'라는 기술 계획이 수립되면서 최초로 소개되었고, 2011년 독일 정부가 이를 근간으로 하는 'Industry 4.0'을 주창하면서 본격적으로 사용되기 시작하였다[16,31].

스마트 팩토리란 단순히 공장 자동화를 의미하는 것이 아니며, 제품의 기획에서부터 설계 및 생산, 유통, 판매 등의 전체 프로세스에 대하여 앞서 제시한 4차 산업혁명 관련 기술들을 적절하게 융합하고 정보통신기

술(ICT)로 통합하여 적절하게 활용함으로써 최소의 비용과 시간의 사용으로 고객 맞춤형 제품을 제조하는 미래형 공장을 의미한다[31]. 또한 4차 산업혁명 관련 기술들을 핵심기술로 하여 소비자 맞춤형으로써 다품종 대량생산이 가능하도록 하는 유연 제조시스템의 실현, 생산 및 제조설비 간 실시간적인 정보교환, 자동화된 수주와 발주, 사용되는 에너지 절감, 제조과정에서 자동 품질검사가 가능한 공장을 의미 한다[32]. 따라서 이러한 4차 산업혁명 관련 기술들을 기업 내부의 업무, 제조 및 서비스 프로세스에 적극적으로 활용함으로써 스마트 팩토리가 구축이 완료된 이상적인 공장 및 스마트 서비스 기업의 모습은 대기시간(Zero Waiting), 재고(Zero Inventory), 완벽한 품질(Zero Defect), 설비의 정지(Zero Downtime) 현상이 없는 4무(無)가 실현되는 것을 의미한다[33].

앞서 제시한 것처럼 우리나라의 경우 스마트제조혁신추진단의 ‘스마트공장 사업관리시스템’을 통하여 스마트 팩토리의 보급을 적극적으로 지원하고 있으며, 스마트 팩토리 관련 기술의 도입을 통해 경영개선 성과로서 고용증가 +3명, 매출액 증가 +7.7%, 산업재해감소율 -18.3%, 공정개선 성과로서 생산성 증가 +30.0%, 품질향상 +43.5%, 원가감소 -15.9%, 납기준수 +15.5%의 성과제고가 있다는 내용을 제시한다[4]. 이러한 성과 제고의 현상이 나타나고 있음에도 불구하고 우리나라 중소기업의 스마트 팩토리 도입현황은 비교적 저조한 상황인데, 현재는 더 높은 수준으로 조사되었지만 2018년을 기준으로 조사된 내용에 의하면 아래의 Table 1과 같다[34].

Table 1. The Level of Smart Factory Adoption

Division	Sum	Medium E.	Small E.
Number of Companies	132,593	122,493	10,100
Introduction Completed%	6	16.3	5.1
Introducing%	3.7	11.1	3.1
Planning%	1.7	3.7	1.5
No Plan%	88.6	68.8	90.2

위의 Table 1에서 제시한 것처럼 우리나라 중소기업들의 스마트 팩토리 도입현황은 앞서 제시된 경영개선 성과 및 공정개선 성과에도 불구하고 전반적으로 낮

은 상황이다. 이러한 이유는 4차 산업혁명 관련 기술이나 스마트 팩토리 관련 기술이 우리나라에 도입 및 소개의 시간이 비교적 짧았다는 것에서도 기인한다. 하지만 스마트 팩토리 도입 수준을 시급하게 제고시킬 필요성이 있다. 또한 우리나라의 기업들은 어떠한 형식과 방식으로든 4차 산업혁명에 대응하고 이에 따르는 경영환경의 변화에 적응하여야만 한다.

4차 산업혁명에 대한 대응방안의 일환으로써 스마트 팩토리 관련 국내 선행연구들을 살펴보면 스마트 팩토리에서 빅 데이터 인프라 구축방안에 대한 연구[35], 스마트 팩토리 수준 진단 방안에 대한 연구[36], 스마트 팩토리의 구축을 위하여 내부 프로세스 개선 등 스마트 팩토리 구축을 위한 방법론을 제시하는 연구 [3,33,37,38], 스마트 팩토리의 구축 전략 및 전략적 활용 방안에 대한 연구[39,40], 4차 산업혁명과 관련된 기술 및 장비를 공장 내부 프로세스에 적용하는 방법을 제시하고 이를 활용하는 방식으로 스마트 팩토리의 구축방안을 제시하는 연구[38,41-47], 스마트 팩토리 성공 및 실패 사례와 효과에 대한 연구[48-50]. 스마트 팩토리 관련 기술의 도입 및 수요요인에 대한 연구 [16,51,52] 등이 있으며, 많은 연구들이 진행되었다.

그러나 국내의 기업들은 4차 산업혁명과 스마트 팩토리에 대한 정확한 업무 정의, 범위, 구현 방법 등에 대하여 어려움을 겪고 있는 실정이다. 예를 들면 “제조 프로세스에 로봇을 도입하면 스마트 팩토리가 구축되는가?”, 아니면 “제조 프로세스 자동화를 추진하면 스마트 팩토리가 완성 되는가?”, “제조 솔루션에서 클라우드 컴퓨팅을 활용하면 스마트 팩토리가 되는가?”, “IoT 기술을 활용하면 스마트 팩토리가 구축되는가?” 등에 대한 많은 의문을 가지고 있는 상황이다[36]. 그러므로 어떠한 관련 기술을 자기 기업의 제조 프로세스와 설비에 접목하며, 어떠한 방식으로 스마트 팩토리를 구현하여야 하는가에 대하여 의문점이 많은 상황이다.

이는 제조 기업뿐만 아니라 서비스 기업 역시 동일한 상황일 것으로 예측할 수 있다. 서비스 기업 역시 고객에 대한 서비스를 제공하는 설비 및 프로세스에서 어떠한 4차 산업혁명 관련 기술을 접목하여야 하는가에 대한 의문점이 발생할 수 있을 것이다. 스마트 서비스의 개념은 관련된 모든 사람을 만족시킬 수 있는 지속적인 행동을 수행하기 위한 것으로서 제조업에서와 같이 서비스업에서도 비용, 시간, 품질, 유연성과 같은 비

즈니스 목표를 향상시키기 위해서는 다양한 IT 기술들을 활용하여야 하며, IT 기술의 활용을 통해 비즈니스 목표를 향상시킬 수 있어야 하기 때문이다[53]. 또한 스마트 서비스는 빅 데이터 시스템과 연계하여 다양한 산업에 적용되는 추세인데, 비즈니스 목표의 달성을 위해서는 서비스 시스템에서 고객 관련 및 해당 기업체에서 발생하는 데이터 분석이 필수적으로 요구되기 때문이다[54,55]. 이러한 경우 개별기업별로 고객 서비스 제공 프로세스에서 적용되어야 하는 4차 산업혁명 관련 기술들이 모두 동일할 수는 없으며, 서비스 업종별·기업의 규모·서비스 프로세스 내용에 따라서도 요구되는 기술이 모두 다를 수 있기 때문이다.

2.2 계층화 분석법(AHP)

AHP는 효율적인 의사결정이 이루어질 수 있도록 하기 위하여 제시된 기법으로서 각급 의사결정의 단계에서 합리적인 의사결정을 도출하기 위하여 쓰이는 기법의 하나이다[56]. 의사결정권자는 의사결정의 상황에서 평가하여야 할 대안이 증가할수록 대안들 사이의 중요도를 비교하기가 어려워지는 상황에 봉착할 수 있다. 이러한 경우 AHP는 대안을 평가하기 위하여 사용되는 기준을 계층적으로 작성하고, 각 계층에 속하는 요소에 대하여 쌍대비교(Pairwise Comparison)를 시행함으로써 가중치를 산출해낼 수 있도록 도와준다. 이러한 가중치의 계산을 통하여 상대적으로 높은 중요도를 가지는 대안을 결정할 수 있게 되며, 이 경우 사용되는 모든 대안은 상호 배타적이어야 한다[57-59].

그러므로 여러 지표에 대한 의견을 하나의 점수로 통합하는 방법론으로서 AHP는 계층화를 통하여 상대적 중요도를 평가하고[60], 논리적 일관성을 얻을 수 있다는 특성이 있으며, 다양하고 복잡한 의사결정 기준들을 구성요소별로 분해하여 이를 쉽고 직관적으로 파악할 수 있도록 도움을 제공한다. 또한 각 분류 요소들의 가중치를 선정함으로써 수치적인 척도를 이용하여 종합적인 판단을 할 수 있도록 도와준다[59,61-65]. 또한 우선순위를 결정할 수 있도록 각급 자료의 종합을 통해 평가 기준을 적용하고 각 대안을 비교할 수 있다는 특징 때문에 그 편리성과 유용성을 인정받고 있으며, 계층화 과정을 통하여 논리적인 일관성을 유지할 수 있게 되고, 각 평가의 기준과 그 하위 구성요소로 이루어진 전체 구조를 직관적으로 파악할 수 있다는 장점을 가지

고 있다[63-66].

AHP는 접근방법 이론의 단순성 및 명확성, 적용의 간편성, 대상의 범용성이라는 특징을 가지고 있으며, 이러한 특징은 의사결정 분야에서 AHP가 광범위하게 사용될 수 있도록 만드는 주요한 요인이다[67]. AHP는 전체 다섯 가지 단계를 거쳐서 수행되는데, 각각은 문제의 계층화, 평가기준 쌍대비교, 상대적 가중치 추정, 일관성 비율 검증, 상대적 가중치 종합 및 판단의 과정으로 이루어져 있으며[57-59], 본 연구에서도 이를 적용한다.

3. 연구방법론

앞서 제시한 것처럼 본 연구는 4차 산업혁명 관련 기술들의 적용 우선순위를 제조기업과 서비스기업별로 구분하여 제시하는 것이다. 제조업과 서비스업의 일반적인 차이점을 정리하면 아래의 Table 2와 같다.

Table 2. Difference between Manufacturing and Service Industries

Characteristics	Produce	Service
Customer Contact	Low	High
Homogeneity of the Input	High	Low
Labor Intensity	Low	High
Homogeneity of the Output	High	Low
Outputs	Tangible	Intangible
Productivity Measurement	Easy	Difficulty
Can Solve Quality Problems	High	Low
Inventory	Many	Small
Evaluation of Output	Easy	Difficulty
Patent Registration Possibility	High	Low

Table 2에서 제시한 것처럼 제조기업과 서비스 기업의 부가가치 창출 방식은 다르며, 부가가치의 창출을 위한 프로세스에서 고객의 참여 수준 및 노동집약도, 문제발생 시 해결할 수 있는 가능성 등에서 전부 차이가 있으므로 4차 산업혁명 대응이나 스마트 팩토리의 구현 및 스마트 서비스 기업으로의 변화 방식이 다를 수 있다. 그러므로 우선 적용되어야 하는 기술의 우선 순위 역시 다를 것으로 예측할 수 있다. 따라서 이를 규명하는 것이 필요로 한다.

그러므로 위에서 제시된 내용을 기준으로 연구 과제를 설정하고, 이를 검증하기 위하여 AHP 기법으로 분석을 시행한다. 연구문제의 선정과 해결을 위하여 조사

대상 기업의 경영자 및 실무자들에게 우선적으로 적용되어야 하는 적용 기술들이 무엇인가를 질문하기 위해서는 4차 산업혁명이나 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 기업에 대한 사전적인 배경 지식이 같거나 유사하여야만 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 4차 산업혁명 및 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 기업에 대한 정의를 조사대상 응답자들이 동일하게 인식할 수 있어야 하며, 이를 기준으로 응답할 수 있도록 유도하여야 한다. 앞서 2.1절에서 4차 산업혁명과 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 기업의 정의에 대한 내용을 제시하였으며 이를 실제 설문조사의 과정에서도 그대로 적용하였다. 최종적으로 다음과 같은 연구문제를 설정하고 이를 해결하고자 하였다. “4차 산업혁명 대응과 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 기업의 구현을 위하여 자기 기업의 업무, 제조 및 서비스 프로세스 관점에서 가장 우선적으로 적용되어야 하는 기술은 무엇인가?”

4차 산업혁명 관련 기술의 종류에는 앞서 제시한 것처럼 여러 가지 기술들이 많이 제시 되어 있으며, 개별 중소기업의 관점에서 여러 가지 기술들을 모두 동시에 해당 기업의 업무, 제조 및 서비스 프로세스에 적용하는 것은 현실적으로 보유하고 있는 자원이나 인력의 수준, 비용의 측면에서 제한사항이 많을 것이다.

또한 스마트 팩토리를 도입하지 않은 미도입 기업체 600개를 대상으로 한 조사결과에 따르면 스마트 팩토리 도입을 주저하는 이유로서 성과에 대한 확신부족(19.7%), 직원들의 낮은 수용성 및 전문 전담인력 확보의 어려움(19.3%), 비용부담(16.7%)의 순서로 조사되었으며, 해당 조사에서 특히 관심을 가져야 하는 사항은 정부의 재정적인 지원이 없다면 자발적으로 스마트 팩토리를 구축할 의향이 있느냐의 질문항목에 긍정적인 답변은 37.7%, 부정적인 답변은 62.3%로 조사되었다[16]. 이러한 조사 결과는 개별기업체의 입장에서 정부의 재정적인 지원이 스마트 팩토리를 도입하는 주요한 요인으로 작용하고 있다는 것을 의미한다.

따라서 스마트 팩토리의 도입 및 스마트 제조 기업으로의 변화에 있어서 나타날 수 있는 재정적인 비용 부담의 문제, 직원들의 낮은 수용성, 전문 전담인력 확보의 어려움 등과 같은 문제를 완화하기 위해서라도 개별기업의 관점에서 도입되어야 하는 기술들의 우선순위를 결정하고 순차적으로 도입하는 방안이 요구되기 때문이다. 그러므로 여러 가지 대안들 가운데 상대비교

를 통해 우선순위를 결정하는 대표적인 연구방법은 AHP이므로 이를 적용하는 것이다.

4차 산업혁명 관련 기술의 세부내용은 앞서 2.1.1에서 제시하였다. 이러한 4차 산업혁명 관련 기술들의 우선순위를 결정하기 위해서는 비교적 유사하고 관련성이 높은 기술들로 유형화 하는 것이 요구되는데, 이러한 관련성 높은 기술들에 대하여 분류를 제시하는 선행 연구들을 제한적인 상황이다. 그러므로 비교적 관련성이 높은 기술로 유형화를 시행하여야 하는데 특허청에서는 4차 산업혁명 관련 新특허분류체계 구성으로 제시한다[29]. 세부내용을 살펴보면 4차 산업 ICT 기반 기술(Z01)로는 인공지능, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 차세대통신, IoT를 제시하며, 융합 서비스 분야(Z03)로는 지능형 로봇, 자율 주행차, 드론(무인기), 가상증강현실, 스마트시티, 맞춤형 헬스케어, 혁신신약으로, 산업 기반기술(Z05)로는 지능형 반도체, 첨단소재, 신재생 에너지, 3D 프린팅을 제시한다.

그러나 본 연구에서는 2010년 스마트 기술 1.0, 2014년 스마트 기술 2.0, 2018년 스마트 기술 3.0으로 기술의 분류 체계를 보다 논리적으로 제시한 김대훈 외(2019)의 연구에서 제시된 방식을 기본적인 분류 기준으로 활용하였다[30]. 김대훈 외(2019)는 스마트 기술 3.0으로 4차 산업혁명 관련 기술들 중 Computing, Cloud, Big Data를 ‘기반 디지털 기술’로, AI를 ‘초지능화 기술’로, Connected Smart Device, Network, IoT, Block Chain을 ‘초연결 기술’로, 자율주행, Robot, 증강현실/가상현실(AR/VR), 3D 프린팅을 ‘기술의 융합’으로, 스마트 헬스케어, 스마트 제조, 스마트 농업, 스마트 유통, 스마트 교통, 스마트 금융, 스마트 물류, 스마트 시티 등을 ‘기술과 산업의 융합’으로 하여 총 5가지 기술로 분류하고 제시하였다.

따라서 앞서 제시한 4차 산업혁명과 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 기업에 대한 정의에 비추어 김대훈 외(2019)의 연구에서 제시된 내용을 그대로 사용하기 보다는 관련 기술들에 대한 분류의 내용이 적절한가에 대한 추가적인 확인의 필요성이 있다고 판단하였다. 이를 위하여 국내에서 4차 산업혁명 기술 관련 논문을 제시한 대학교 및 연구소 전문가들의 e-mail 주소를 확보하였으며, 이들을 대상으로 기술 분류의 적절성에 대한 문의를 통해, 기술 분류 내용의 적절성에 대하여 의견을 수집하였다.

최종적으로 전문가 28명의 의견이 수렴되었으며, 세부적인 의견 수렴 내용은 다음과 같다. 대부분의 전문가들은 김대훈 외(2019)의 분류기준이 적절하다는 의견을 제시하였지만 인공지능(AI)은 기반기술로 보아야 한다는 의견이 제시되어, 인공지능(AI)을 초지능화 기술의 별도 기술로 구분하지 않고, 디지털 기반기술로 분류하였다. 또한 Computing은 현재 자연적으로 발전하고 있는 기술이며, Cloud와 별도로 구분하기 보다는 삭제할 것이 제시되었다. 또한 증강현실/가상현실(AR/VR)은 중요한 기술이기는 하지만 제조 및 서비스 기업과 관련된 연구이므로 불필요하다는 의견이 제시되었다. 최종적으로 2.1.1.에서 제시된 관련 기술의 세부적인 내용과 전문가 의견을 종합하여 최종적으로 본 연구에서 연구하고자 하는 AHP의 계층 구조도를 작성하였다. 4차 산업혁명 대응과 스마트 팩토리 구현을 위한 적용 기술의 계층적 모형은 아래의 Fig. 1과 같으며, 세부적인 내용은 다음과 같다.

먼저 최상위 의사결정 목표인 Level I으로서 “4차 산업혁명 대응을 위한 적용 기술”을 선정하고, Level II의 기준은 앞서 제시한 것처럼 다양한 기술들을 유사한 항목으로 그룹화 시킬 수 있어야 한다. 앞에서 제시한 것처럼 김대훈 외(2019)에서 제시된 내용을 중심으로 전문가 집단의 의견을 종합하여, 총 4개의 기준을 선정하였다. 4개의 기준은 4차 산업혁명으로 가기 위한 기반 기술을 의미하는 ‘디지털 기반 기술’, 사람과 사람, 사람과 기기를 연결하기 위한 네트워크 관련 기술로서 ‘초연결 기술’, 여러 가지 기술들이 융합되어 나타나는 기술로서 ‘융합기술’, 여러 가지 기술들이 각 산업별로 융합되어 가는 산업기술로서 ‘스마트 산업기술’의 4가지이다.

Level II의 4가지 기준들 중 첫 번째 기준인 디지털 기반 기술의 하위 요인으로 시스템에 의하여 만들어진 지능 혹은 이러한 지능을 만들 수 있는 방법론이나 실현 가능성을 연구하는 기술인 인공지능(AI), 대량의 정형 및 비정형 데이터를 포함한 데이터로부터 가치를 추출하고 결과를 분석하는 기술인 Big Data, 정보를 자신의 컴퓨터가 아닌 인터넷에 연결된 다른 컴퓨터로 처리하는 기술인 Cloud Computing을 선정 하였다. 김대훈 외(2019)는 인공지능(AI)을 초지능화 기술의 별도 항목으로 구분하지만 앞서 제시한 것처럼 본 연구에서는 디지털 기반기술로 분류하였다.

초연결 기술의 하위 요인은 음성이나 영상, 데이터 등을 장소에 구애받지 않고 통신할 수 있도록 이동성이 부여된 통신 체계(5G) 기술로서 모바일, 각종 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여 인터넷에 연결하는 기술 즉, 무선통신을 통하여 각종 사물을 연결하는 기술인 사물인터넷(IoT), 분산 컴퓨팅 기술 기반의 데이터 대변 방지 기술로서 Block Chain을 선정 하였으며, 융합 기술의 하위 요인은 운전자 없이 주변 환경을 인식하고 주행 상황을 판단하여 차량을 제어함으로써 스스로 주어진 목적지까지 주행하는 자동차 기술로서 무인운송(자율주행), 사람과 유사한 모습과 기능을 가진 기계 또는 무엇인가 스스로 작업하는 능력을 가진 기계로서 로봇(Robot), 3차원 형상을 구현하기 위한 전자적 정보를 자동화된 출력장치를 통하여 입체화 하는 활동과 관련된 기술로서 3D 프린팅, 조종사가 탑승하지 않은 무인/원격 비행 장치 기술인 드론으로 구분 하였다.

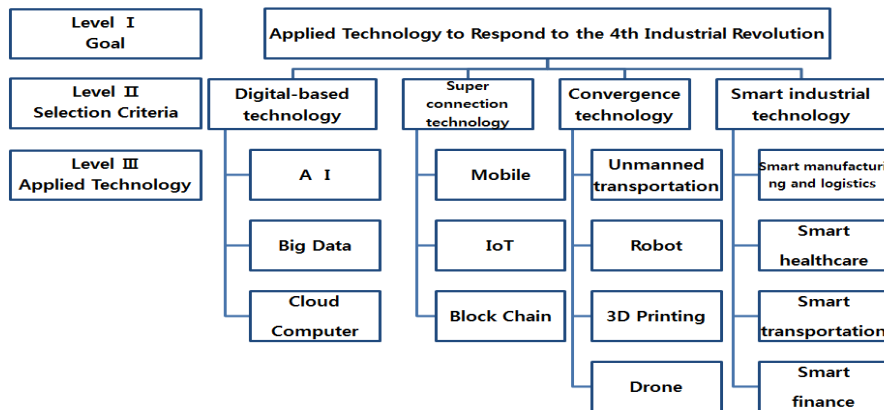


Fig 1. Hierarchical Structure Diagram for Priority of Applied Technologies

초연결 기술의 하위 요인은 음성이나 영상, 데이터 등을 장소에 구애받지 않고 통신할 수 있도록 이동성이 부여된 통신 체계(5G) 기술로서 모바일, 각종 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여 인터넷에 연결하는 기술 즉, 무선통신을 통하여 각종 사물을 연결하는 기술인 사물인터넷(IoT), 분산 컴퓨팅 기술 기반의 데이터 대변 방식 기술로서 Block Chain을 선정 하였으며, 융합 기술의 하위 요인은 운전자의 개입 없이 주변 환경을 인식하고 주행 상황을 판단하여 차량을 제어함으로써 스스로 주어진 목적지까지 주행하는 자동차 기술로서 무인운송(자율주행), 사람과 유사한 모습과 기능을 가진 기계 또는 무엇인가 스스로 작업하는 능력을 가진 기계로서 로봇(Robot), 3차원 형상을 구현하기 위한 전자적 정보를 자동화된 출력장치를 통하여 입체화 하는 활동과 관련된 기술로서 3D 프린팅, 조종사가 탑승하지 않은 무인/원격 비행 장치 기술인 드론으로 구분 하였으며, 김대훈 외(2019)는 AR/VR을 융합기술로 제시하고 있지만 본 연구에서는 기업과 관련된 기술에 대하여 연구를 진행하므로 이를 제외하였다.

마지막으로 스마트 산업기술은 제조, 물류, 유통 부문을 종합한 사항으로 가치사슬의 각 단계가 수평적으로 통합되어 자동화·자율화의 수준이 수직적으로 결합되는 미래 첨단 제조 및 물류로서 스마트 제조 및 물류를 선정하고, 개인의 건강과 의료에 관한 정보, 기기, 시스템, 플랫폼을 다루는 산업분야로서 건강 관련 서비스와 의료 IT가 융합된 종합의료 서비스인 스마트 헬스케어, 기존의 교통체계에 정보, 통신, 제어, 전자 등의 지능형 기술을 접목시킨 차세대 교통 시스템으로서 스마트 교통, 전자적 채널을 통한 소매의 금융상품 및 서비스 제공, 전자지급 및 그 밖의 전자적으로 제공되는 도매 금융 서비스 기술로서 스마트 금융을 선택하였으며, 스마트 농업과 스마트 시티 역시 제조 및 서비스 관련 기업을 대상으로 하는 연구이므로 이를 제외 하였다.

세부적으로는 Level I, Level II, Level III로 구분하여 디지털 기반기술, 초연결 기술, 융합기술, 스마트 산업기술의 주요 기준 4가지와 각각을 구성하는 세부 기술 14개로 구성되어 있다. 연구를 위한 설문의 내용은 우선 Level II를 이루는 네 가지를 서로 쌍대비교하고, 다음 Level II를 이루는 세부기준에 있는 Level III을 쌍대비교 하는 것으로 구성하였다. 쌍대비교를 시행하기 위한 설문조사의 방식은 통상 9점 척도가 사용하

기에 편리하므로[68], 9점 척도로 설문지를 구성하였다. 또한 인구통계학적 특성을 분석하기 위한 내용과 제조 및 서비스 기업으로 분류를 위한 내용을 설문에 추가하였다. 이후 AHP 분석을 이용하여 연구에서 설정한 계층별 가중치를 도출하고, 이를 계층별로 적용하여 최종적인 우선순위를 도출하는 방식으로 연구를 진행하였다.

4. 실증분석

4.1 조사대상의 일반적 특성

설문 조사 대상은 주로 대구·경북·울산·경남 지역에 위치한 기업을 중심으로 조사를 진행하였다. 설문조사 기간은 2019년 5월부터 10월까지이며, 우편조사와 e-mail을 활용하여 조사를 진행하였다. 또한 연구자들의 방문조사를 허용한 기업체들을 직접 방문하여 조사를 진행하기도 하였다. 총 800부의 설문지가 배포 되었으며, 176부의 설문지를 확보하였다. 확보된 설문지의 AHP 분석은 개별 설문의 일관성을 평가하였으며, 이를 만족하는 설문지를 이용하여 최종적으로 DRESS를 이용하여 분석을 수행하였다.

본 연구의 조사대상자들은 AHP에 대한 전문적인 지식이 있다고 볼 수는 없다. 하지만 Saaty(1983)에 의하면 AHP에 대한 이해도가 비교적 낮은 사람들을 대상으로 하는 경우 허용기준으로서 C.R.값을 0.2까지는 허용이 가능하다고 하였으므로[58], C.R.값이 0.2 이상으로 나타나는 설문데이터 62부를 제거하였으며, 응답 상태가 좋지 않다고 판단된 설문지 8부를 추가로 제거하여 본 연구에서 활용된 설문 데이터의 수는 106부이다. 조사 대상 기업의 인구통계학적 특성은 아래의 Table 3과 같다.

Table 3. Characteristics of the companies to be surveyed

Division	Contents	Frequency	%
Industry	Manufacturing	75	70.8
	Service	31	29.2
Sectors	Electricity&Electronics	20	18.9
	Car Related	27	25.5
	Construction	11	10.4
	Express	1	0.9
	Machine & Metal	11	10.4
	Petrochemical	9	8.5
	Retail&Distribution	4	3.8

(Continued)

Table 3. Characteristics of the companies to be surveyed

Division	Contents	Frequency	%
Sectors	Communication	8	7.5
	Information	2	1.9
	Food & Drink	2	1.9
	Household	1	0.9
	Medical	2	1.9
Position	Finance	8	7.5
	Assistant Manager	38	35.8
	Exaggeration	36	34.0
	Director	14	13.2
Business Period	Executives over	18	17
	5 Below	33	31.1
	5-10	39	36.8
	11-20	16	15.1
Unit:Year	21 Over	18	17.0
	50 Below	21	19.8
	51-100	19	17.9
	101-300	17	16.0
Sales Unit:Billion	301-500	6	5.7
	501-1000	11	10.4
	1001-5000	12	11.3
	5001-10000	2	1.9
	10000 over	18	17.0
Employee Unit:Person	50 Below	25	23.6
	51-100	18	17.0
	101-300	23	21.7
	301-500	8	7.5
	501-1000	10	9.4
	1001-5000	5	4.7
	5001-10000	3	2.8
	10000 Over	14	13.2

세부적인 내용을 살펴보면 주요 연구 대상으로서 제조 기업은 75개(70.8%), 서비스 기업은 31개(29.2%)

Table 4. Pairwise Comparison Result of Level II

Pairwise Comparison	Manufacturing Company		Service Company		Total Company	
	More important skills	More important degree	More important skills	More important degree	More important skills	More important degree
Digital : Connection	Digital	0.015	Digital	0.125	Digital	0.057
Digital : Convergence	Digital	0.021	Digital	0.030	Digital	0.022
Digital : Industrial	Digital	0.028	Industrial	0.010	Digital	0.021
Connection : Convergence	Connection	0.006	Convergence	0.095	Convergence	0.035
Connection : Industrial	Connection	0.012	Industrial	0.135	Industrial	0.036
Convergence : Industrial	Convergence	0.007	Industrial	0.040	Industrial	0.001

Digital-based technology-Digital, Hyper connection technology-Connection, Convergence technology-Convergence, Smart industrial technology-Industrial

업체가 조사되었다. 서비스기업의 수가 제조기업의 수와 비교 시 상대적으로 낮는데 서비스 기업의 경우 C.R.값의 기준을 충족하지 못하는 경우가 많았으며, 소기업으로 분류될 수 있는 기업은 연구대상에서 모두 제외하였다. 업종별로는 전기 및 전자 업체가 20개(18.9%), 자동차 관련 업체는 27(25.5%), 건설 관련 업체는 11개(10.4%), 기계 및 금속업체 역시 11개(10.4%)로서 이들 업체의 비중이 비교적 높은 것으로 나타난다. 이는 조사대상 지역의 산업적 특성이 반영되었다고 볼 수 있다. 직위는 과/차장급 이상이 68명(64.15%)으로 비교적 해당 기업의 특성을 잘 알고 있는 계층에서의 응답비율이 상대적으로 높다. 기업의 활동기간으로서 업력은 10년 이하가 72개(67.9%)이며, 매출액 기준으로는 300억 원 이하가 57개(53.7%), 종업원 수 기준으로 300명 이하가 66개(62.3%)로 조사되어 중소기업들의 응답 비율이 상대적으로 조금 더 높다.

4.2 Level II 및 Level III의 우선순위 분석 결과

조사된 자료를 통합하는 방법에는 그룹평가방법과 수치통합방법으로 구분할 수 있는데, 그룹평가방법은 현실적으로 제한사항이 많기 때문에 수치통합방법을 활용하였으며, 평가대상자들의 데이터 값을 기하평균으로 계산하여 통합하는 방법이 가장 바람직하므로, 본 연구에서도 기하평균을 이용하여 계산하고 통합을 시행하였다. Level II의 디지털 기반기술, 초연결 기술, 융합기술, 스마트 산업기술에 대한 계층 분석의 결과로서 쌍대비교에 따른 더 중요한 정도를 종합한 결과는 아래의 Table 4와 같다. Table 4에서 제시한 Level II의 쌍대비교 결과에 따라 Level II의 중요도 지수를 분석한 결과는 다음의 Table 5에 제시하였다.

Table 5. Analysis of Average Importance Index by Element of Level II

Division	Digital-based	Hyper connection	Convergence	Smart industrial	Sum
Manufacturing	0.266	0.251	0.245	0.238	1
Service	0.286	0.161	0.256	0.296	1
Total	0.275	0.218	0.253	0.254	1

C.I.=0.012, C.R.=0.014

C.R. 값은 기준 값인 0.1보다 낮게 나타나므로 일관성이 있다고 판단하였다. 세부적인 내용을 살펴보면 제조기업은 디지털 기반기술의 중요도가 0.266으로서 가장 높으며, 다음은 비교적 근소한 차이로 초연결 기술의 중요도가 0.251로서 융합기술보다 높은 것으로 나타난다. 서비스기업은 스마트 산업기술의 중요도가 0.296으로 가장 높으며, 다음은 비교적 근소한 차이로 디지털 기반기술의 중요도가 0.286로서 융합기술보다 높은 것으로 계산되었다. 또한 전체기업에서는 디지털 기반기술의 중요도가 0.275로서 가장 높으며, 다음은 비교적 근소한 차이로 스마트 산업기술의 중요도가 0.254로서 융합기술보다 높은 것으로 나타나며, 초연결 기술은 비교적 낮은 것으로 계산되었다.

Level III의 디지털 기반기술, 초연결 기술, 융합기술, 스마트 산업기술 각각의 세부기술에 대한 계층 분석의 결과로서 쌍대비교에 따른 더 중요한 정도를 종합한 결과는 아래의 Table 6과 같다. 쌍대비교의 결과 디지털 기반기술에서는 Big Data와 AI의 상대적 중요도가 높은 것으로 나타나며, 초연결 기술에서는 Mobile과 IoT의 상대적 중요도가 높은 것으로 검증되었다. 그리고 융합기술에서는 로봇(Robot)과 무인운송수단의 상대적 중요도가 높은 것으로 나타난다. 마지막으로 스마트 산업기술에서는 스마트 제조 및 물류의 상대적 중요도가 높다. 이러한 현상은 앞서 Table. 3에서 제시한 것처럼 조사대상 기업들 중 제조기업의 수가 비교적 많기 때문인 것으로 파악할 수 있다.

Table 6. Pairwise Comparison Result of Level III

Division	Pairwise Comparison	Manufacturing Company		Service Company		Total Company	
		More important skills	More important degree	More important skills	More important degree	More important skills	More important degree
Digital based technology	AI : Big Data	AI	0.021	Big Data	0.116	Big Data	0.016
	AI : Cloud Computing	AI	0.171	AI	0.173	AI	0.168
	Big Data : Cloud Computing	Big Data	0.150	Big Data	0.289	Big Data	0.185
Hyper connection technology	Mobile : IoT	Mobile	0.152	IoT	0.057	Mobile	0.064
	Mobile : Block Chain	Mobile	0.278	Mobile	0.101	Mobile	0.219
	IoT : Block Chain	IoT	0.126	IoT	0.159	IoT	0.155
Convergence technology	Unmantrans : Robot	Robot	0.048	Robot	0.116	Robot	0.088
	Unmantrans : 3D Printing	Unmantrans	0.150	Unmantrans	0.181	Unmantrans	0.169
	Unmantrans : Drone	Unmantrans	0.190	Unmantrans	0.129	Unmantrans	0.181
	Robot : 3D Printing	Robot	0.198	Robot	0.297	Robot	0.257
	Robot : Drone	Robot	0.238	Robot	0.246	Robot	0.269
	3D Printing : Drone	3D Printing	0.040	Drone	0.051	3D Printing	0.013
Smart Industrial technology	Manu/Logis : Healthcare	Manu/Logis	0.074	Healthcare	0.037	Manu/Logis	0.044
	Manu/Logis : Transportation	Manu/Logis	0.069	Manu/Logis	0.023	Manu/Logis	0.053
	Manu/Logis : Finance	Manu/Logis	0.054	Finance	0.010	Manu/Logis	0.027
	Healthcare : Transportation	Transportation	0.006	Healthcare	0.060	Healthcare	0.010
	Healthcare : Finance	Finance	0.020	Healthcare	0.027	Finance	0.016
	Transportation : Finance	Finance	0.014	Finance	0.033	Finance	0.026

-Unmanned Transportation : Unmantrans, Manufacturing/Logistics : Manu/Logis

Table 7. Analysis of Average Importance Index by Element of Level III

Digital based Tech	AI	Big Data	Cloud Computing	Sum
Manufacturing Com	0.397	0.377	0.226	1
Service Com	0.352	0.468	0.179	1
Total Com	0.384	0.400	0.216	1

Total Company : C.I.=0.011, C.R.=0.022

Hyper connection Tec	Mobile	IoT	Block Chain	Sum
Manufacturing Com	0.477	0.325	0.199	1
Service Com	0.348	0.405	0.247	1
Total Com	0.428	0.364	0.208	1

Total Company : C.I.=0.010, C.R.=0.020

Convergence Tech	Unmamtrans	Robot	3D Printing	Drone	Sum
Manufacturing Com	0.323	0.371	0.173	0.133	1
Service Com	0.299	0.415	0.118	0.169	1
Total Com	0.316	0.404	0.147	0.134	1

Total Company : C.I.=0.000, C.R.=0.000

Smart industrial Tech	Manu/Logis	Healthcare	Transportation	Finance	Sum
Manufacturing Com	0.299	0.225	0.231	0.245	1
Service Com	0.244	0.281	0.221	0.254	1
Total Com	0.281	0.237	0.228	0.254	1

Total Company : C.I.=0.007, C.R.=0.007

-Unmanned Transportation : Unmantrans, Manufacturing/Logistics : Manu/Logis

Table 6에서 제시한 쌍대비교의 결과에 따라서 Level III의 중요도 지수를 분석한 결과는 위의 Table 7과 같으며, 세부적인 내용을 살펴보면 제조기업의 경우 디지털 기반기술에서는 인공지능(AI)의 중요도가 0.397로 가장 높게 나타났으며, 초연결 기술에서는 모바일의 중요도가 0.477로 가장 높다. 또한 융합기술에서는 로봇(Robot)의 중요도가 0.371로서 가장 높으며, 스마트 산업기술에서는 스마트 제조 및 물류의 중요도가 0.299로 가장 높게 나타났다. 서비스기업의 경우 디지털 기반기술에서는 Big Data의 중요도가 0.468로 가장 높게 나타났으며, 초연결 기술에서는 사물인터넷(IoT)의 중요도가 0.405로 가장 높다. 또한 융합기술에서는 로봇(Robot)의 중요도가 0.415로서 가장 높으며, 스마트 산업기술에서는 스마트 헬스케어의 중요도가 0.281로 가장 높게 나타났다. 그리고 전체기업의 경우 디지털 기반기술에서는 Big Data의 중요도가 0.400로 가장 높게 나타났으며, 초연결 기술에서는 모바일의 중요도가 0.428로 가장 높다. 또한 융합기술에서는 로봇(Robot)의 중요도가 0.404로서 가장 높으며, 스마트 산업기술에서는 스마트 제조 및 물류의 중요도가

0.281로 가장 높게 나타났다.

4.3 평가점수 기준 가중치와 기술 우선순위 도출 결과

앞서 제시한 평가점수들을 기준으로 종합 가중치를 계산하여 기술적용 우선순위를 제조기업과 서비스기업에 대하여 도출한 결과는 다음의 Table 8.에 정리하여 나타내었으며, 전체기업에 대하여 도출한 결과는 다음의 Table 9.와 같다.

4차 산업혁명 대응과 적응을 위한 기술적용 우선순위를 종합가중치를 계산하는 방식으로 제조기업을 대상으로 확인한 결과 가장 우선적으로 적용되어야 하는 기술은 모바일로서 종합가중치는 0.120으로 나타난다. 두 번째는 인공지능(AI)으로서 0.106으로 나타나며, 세 번째는 Big Data로서 0.100으로 조사되었으며, 네 번째는 로봇(Robot)으로 0.091로 나타난다. 따라서 이들 기술에 대한 적용의 우선순위가 높은 것으로 나타났으며, Block Chain, 3D 프린팅, 드론 등은 우선순위가 비교적 낮은 것으로 조사되었다. 서비스기업을 대상으로 확인한 결과 가장 우선적으로 적용되어야 하는 기술은 Big Data로서 종합가중치는 0.134로 나타난다. 두

번째는 로봇(Robot)으로서 0.106으로 나타나며, 세 번째는 인공지능(AI)으로서 0.101로 조사되었으며, 네 번째는 헬스케어로서 0.083으로 나타난다. 따라서 이들 기술에 대한 적용의 우선순위가 높은 것으로 나타났으며, 드론, Block Chain, 3D 프린팅은 우선순위가 비교적 낮은 것으로 조사되었다.

전체기업을 대상으로 확인한 결과 가장 우선적으로

적용되어야 하는 기술은 Big Data로로서 종합가중치는 0.110으로 나타난다. 두 번째는 인공지능(AI)으로서 0.106으로 나타나며, 세 번째는 로봇(Robot)으로서 0.102로 조사되었으며, 네 번째는 모바일로서 0.093으로 나타난다. 따라서 이들 기술에 대한 적용의 우선순위가 높은 것으로 나타났으며, Block Chain, 3D 프린팅, 드론 등은 우선순위가 비교적 낮은 것으로 조사되었다.

Table 8. Technical Priority Analysis Results of Manufacturing and Service Companies

Division	Manufacturing Company					Service Company				
	Importance	Technology	Importance	Total weight	Priority	Importance	Technology	Importance	Total weight	Priority
Digital based Technology	0.266	AI	0.397	0.106	2	0.286	AI	0.352	0.101	3
		Big Data	0.377	0.100	3		Big Data	0.468	0.134	1
		Cloud	0.226	0.060	8		Cloud	0.179	0.051	11
Hyper connection Technology	0.251	Mobile	0.477	0.120	1	0.161	Mobile	0.348	0.056	10
		IoT	0.325	0.082	5		IoT	0.405	0.065	9
		Block	0.199	0.050	12		Block	0.247	0.040	13
Convergence Technology	0.245	UnmanTr	0.323	0.079	6	0.256	UnmanTr	0.299	0.077	5
		Robot	0.371	0.091	4		Robot	0.415	0.106	2
		3DPrint	0.173	0.042	13		3DPrint	0.118	0.030	14
		Drone	0.133	0.033	14		Drone	0.169	0.043	12
Smart industrial Technology	0.238	Manu/Log	0.299	0.071	7	0.296	Manu/Log	0.244	0.072	7
		Healthcare	0.225	0.054	11		Healthcare	0.281	0.083	4
		Transport	0.231	0.055	10		Transport	0.221	0.065	8
		Finance	0.245	0.058	9		Finance	0.254	0.075	6

-Block Chain : Block, Unmanned Transportation : Unmantr, Manufacturing/Logistics : Manu/Log

Table 9. Technical Priority Analysis Results of Total Companies

Division	Importance	Technology	Importance	Total weight	Priority
Digital based Technology	0.275	AI	0.384	0.106	2
		Big Data	0.400	0.110	1
		Cloud Computing	0.216	0.059	10
Hyper connection Technology	0.218	Mobile	0.428	0.093	4
		IoT	0.364	0.079	6
		Block Chain	0.208	0.045	12
Convergence Technology	0.253	Unmaned Transpo	0.316	0.080	5
		Robot	0.404	0.102	3
		3D Printing	0.147	0.037	13
		Drone	0.134	0.034	14
Smart industrial Technology	0.254	Manuf/Logis	0.281	0.071	7
		Healthcare	0.237	0.060	9
		Transportation	0.228	0.058	11
		Finance	0.254	0.065	8

- Unmanned Transportation : Unmaned Transpo, Manufacturing/Logistics : Manuf/Logis

5. 연구결과 및 향후 연구방향

5.1 연구결과의 요약 및 시사점

본 연구는 우리나라 기업들에게 4차 산업혁명 대응과 스마트 팩토리의 구현 및 스마트 서비스 기업으로의 변화를 위해서는 어떠한 기술들을 우선적으로 적용하여야 하는가에 대한 사항을 AHP를 활용하여 규명하는 것이 주요한 목적이다. 이를 위하여 선행연구들에서 제시된 4차 산업혁명과 관련된 기술들을 종합하고, 김대훈 외(2019)의 분류기준을 준용하지만, 여러 전문가들의 의견을 추가로 확보하여 4차 산업혁명 관련 기술을 디지털 기반기술, 초연결 기술, 융합기술, 스마트 산업기술의 4가지로 분류하였다. 그리고 각각의 하부기술로서 디지털 기반기술에는 인공지능(AI), Big Data, Cloud Computing으로 분류하였으며, 초연결 기술에는 모바일, 사물인터넷(IoT), Block Chain으로 분류하고, 융합기술에는 무인운송(자율주행), 로봇(Robot), 3D 프린팅, 드론으로 분류하였으며, 스마트 산업기술로는 스마트 제조 및 물류, 스마트 헬스케어, 스마트교통, 스마트 금융으로 구분하였다. 조사된 설문지들 중 일관성을 충족하는 설문 데이터만을 연구에 활용하였다.

AHP 분석결과 Level II의 중요도 분석에서 제조기업에서는 디지털 기반기술과 초연결 기술의 중요도가 높다. 서비스기업에서는 스마트 산업기술과 디지털 기반기술이 높은 중요도를 가진다. 전체기업에서는 디지털 기반기술과 근소한 차이로 스마트 산업기술의 중요도가 높다. Level III의 중요도 지수를 분석한 결과 제조기업의 디지털 기반기술에서는 인공지능(AI)이, 초연결 기술에서는 모바일이, 융합기술에서는 로봇(Robot)이, 스마트 산업기술에서는 스마트 제조 및 물류가 가장 높게 나타났다. 서비스기업의 디지털 기반기술에서는 Big Data가, 초연결 기술에서는 사물 인터넷(IoT)이, 융합기술에서는 로봇(Robot)이, 스마트 산업기술에서는 스마트 헬스케어가 가장 높게 나타났다. 그리고 전체기업의 디지털 기반기술에서는 Big Data가, 초연결 기술에서는 모바일이, 융합기술에서는 로봇(Robot)이, 스마트 산업기술에서는 스마트 제조 및 물류가 가장 높게 나타났다.

또한 이들의 내용을 종합하여 종합가중치를 계산하는 방식으로 가장 우선적으로 적용되어야 하는 기술을 확인한 결과 제조기업에서 가장 우선적으로 적용되어

야 하는 기술은 모바일, 두 번째는 인공지능(AI), 세 번째는 Big Data, 네 번째는 로봇(Robot)으로 나타난다. 서비스기업을 대상으로 확인한 결과 가장 우선적으로 적용되어야 하는 기술은 Big Data, 두 번째는 로봇(Robot), 세 번째는 인공지능(AI), 네 번째는 헬스케어로 나타난다. 마지막으로 전체기업을 대상으로 확인한 결과 가장 우선적으로 적용되어야 하는 기술은 Big Data, 두 번째는 인공지능(AI), 세 번째는 로봇(Robot), 네 번째는 모바일로 나타난다. 따라서 이들 기술에 대한 적용 우선순위가 높은 것으로 나타났으며, Block Chain, 3D 프린팅, 드론은 전체적으로 우선순위가 비교적 낮은 것으로 조사되었다.

이러한 연구결과를 바탕으로 본 연구의 시사점을 정리하면 다음과 같다.

먼저, 4차 산업혁명에 대응하기 위한 기술의 분류이다. 4차 산업혁명 관련 선행연구들의 대부분은 4차 산업혁명에 따르는 총론적인 방향성이나 4차 산업혁명의 영향력에 대한 연구 및 중소기업에 대한 지원정책이 필요하다는 연구들은 많이 진행되었으며, 4차 산업혁명에 대한 대응방안으로서 스마트 팩토리의 구축 방법론, 구축 전략, 기술도입 방안, 수용요인 등에 대하여 제시하는 논문들 역시 많이 제시되었다.

그러나 4차 산업혁명과 스마트 팩토리 관련 기술을 일정한 유형에 따라서 분류하는 선행연구들이 더욱 제한적인 상황에서 본 연구는 AHP 방법을 적용하여 4차 산업혁명 관련 기술들을 김대훈 외(2019)의 분류기준을 준용하지만 추가적으로 전문가 28명의 의견을 수렴하여 4차 산업혁명 기술을 디지털 기반기술, 초연결 기술, 융합기술, 스마트 산업기술의 4가지로 분류하였다. 이러한 기술의 분류는 차후 연구를 위한 기술 분류 방향 결정에 도움을 제공할 수 있을 것이다.

둘째, 4차 산업혁명 대응과 스마트 팩토리 구현 및 스마트 서비스 기업으로의 변화를 위하여 우선적으로 적용되어야 하는 기술을 구체적으로 분류하고 제시하였다. 우리나라 기업들 중 대부분은 중소기업들이며, 중소기업들의 경우 보유하고 있는 자원, 인력, 자금, 혁신성의 수준이 제한적이며[9,13], 제시되고 있는 4차 산업혁명과 관련한 여러 가지 기술들의 도입에 있어서 어떠한 기술의 도입이 요구되어야 하는지를 명확하게 파악하고 있는 경우는 제한적인 상황이다[36]. 또한 4차 산업혁명 관련 기술을 선정하고 개별기업들에게 어떻

게 적용하여야 하는가에 대한 내용을 구체적으로 제시하는 선행연구가 제한적인 상황이고 중소기업의 IT 융합 역량의 강화가 필요하다는 연구[69]와, Industry 4.0의 역기능 대응방안에 대한 연구[70]가 제시되었지만 본 연구는 AHP 방법을 적용하여 우리나라의 중소기업들이 어떠한 기술들을 우선적으로 적용하여야 하는가를 구체적으로 제시하였다.

세부적으로 Level II 단계로서 제조기업에서는 디지털 기반기술이, 서비스기업에서는 스마트 산업기술이 그리고 전체기업 측면에서는 디지털 기반기술이 가장 중요한 것으로 조사되었다. 또한 Level III 단계로서 제조기업의 디지털 기반기술에서는 인공지능(AI), 초연결 기술에서는 모바일, 융합기술에서는 로봇(Robot), 스마트 산업기술에서는 스마트 제조 및 물류가 가장 높다. 서비스기업의 디지털 기반기술에서는 Big Data, 초연결 기술에서는 사물 인터넷(IoT), 융합기술에서는 로봇(Robot), 스마트 산업기술에서는 스마트 헬스케어 가장 높다. 전체기업 측면에서 디지털 기반기술에서는 Big Data, 초연결 기술에서는 모바일, 또한 융합기술에서는 로봇(Robot), 스마트 산업기술에서는 스마트 제조 및 물류가 가장 우선적으로 적용되어야 한다는 것을 제시한다.

셋째, 4차 산업혁명 대응과 스마트 팩토리의 구현 및 스마트 서비스 기업으로의 변화를 위하여 우리나라 중소기업들이 적용하여야 하는 기술의 전체적인 우선순위로써 종합가중치를 이용한 분석결과 제조기업에서는 모바일, 인공지능(AI), Big Data, 로봇(Robot)의 우선순위가 높으며, 서비스기업에서는 Big Data, 로봇(Robot), 인공지능(AI), 스마트 헬스케어의 우선순위가 높으며, 전체기업에서는 Big Data, 인공지능(AI), 로봇(Robot), 모바일의 순서로 나타난다. 이는 우리나라 중소기업들이 정형적 및 비정형적 데이터의 집합으로 나타나는 대량의 데이터를 손쉽게 분석하고 적용할 수 있는 Big Data 기술에 대한 사항을 가장 우선적으로 적용해야 하는 기술로 생각하고 있으며, 다음은 인공지능(AI)을 통한 창의적인 문제해결의 필요성을 높게 판단하고 있는 것으로 예상할 수 있다. 또한 융합기술로서 로봇(Robot)의 우선순위가 높게 나타난다. 이는 본 연구의 조사대상 기업의 많은 수가 제조 기업이므로 인해 산업용 로봇(Robot)의 개발과 실제 산업에서 적용의 중요성 때문에 또한 서비스기업 역시 무인 자동화에 따

르는 요구사항으로서 로봇(Robot)의 중요성을 높게 생각하는 것으로 나타난다. 하지만 Block Chain, 3D 프린팅, 드론의 우선순위는 제조기업, 서비스기업, 전체기업에서도 대체로 낮은 순위를 보인다.

이러한 연구결과는 4차 산업혁명에 대한 기업의 인식과 시사점에서 제시된 것처럼 4차 산업혁명에 대한 대비를 전혀 준비 못함 18.3% 및 준비 못함의 응답비율이 52.9%로 준비하지 못하고 있다는 응답비율이 총 71.2%에 이르고 있다는 연구결과[5]와 Table 1.에서 제시한 것처럼 스마트 팩토리 도입 완료 수준이 6%에 지나지 않는다는 현실에서 제조 및 서비스기업들에게 어떠한 기술을 우선적으로 확보하고 준비하여야 하는가에 대한 세부적인 순위와 내용을 제시하는 것이다.

따라서 우리나라 중소기업들의 4차 산업혁명에 대한 대응의 수준과 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 기업으로의 변환의 수준을 제고할 수 있으며, 실제 우선적용 기술의 활용을 통한 경영성과의 제고에도 도움을 제공할 수 있을 것이다. 또한 향후 4차 산업혁명 대응과 스마트 팩토리 구현 및 스마트 서비스 기업으로의 변화를 위한 우리나라 산업의 전략적 방향을 수립하여야 하는 기술정책 수립 관련자들에게도 어떠한 기술들에 대한 투자가 우선적으로 이루어져야 하는지를 파악하는데 도움을 제공할 수 있을 것이다.

5.2 연구 제한사항 및 향후 연구방향

본 연구의 결과에 따르는 연구의 제한사항과 향후 연구방향을 정리하면 다음과 같다.

먼저, 가장 큰 제한사항으로서 앞서 Fig 1.의 AHP의 계층구조도에서 여러 가지 기술들이 각 산업별로 융합되어 가는 산업기술로서 '스마트 산업기술'에 대한 부분이다. 스마트 산업 기술의 경우 여러 가지 4차 산업 혁명 관련 기술들이 융합되어 나타나는 대표적인 산업의 형태이며, 이들의 내용은 일부 유사한 의미로 비추어질 수 있다는 점이다. 비록 본 연구의 과정에서 C.R.값의 검정과 적용을 통하여 기준을 충족하는 설문지들만 활용함으로써 기술 분류에서 문제가 되는 사항은 없었지만 향후 연구에서는 스마트 산업기술의 사용여부에서 추가적인 검토가 필요로 할 것이다.

둘째, Fisher(1997)에 의하면 제품의 특성을 크게 2가지로 구분하는데 수명이 비교적 길고, 고객 수요가 크게 변화하지 않는 기능적 제품과 반대로 수명이 비교

적 짧고, 고객 수요가 크게 변화하는 혁신적 제품으로 구분하며, 기능적 제품의 경우 공급사슬 전체의 비용을 절감하고, 제품의 가격을 낮추기 위하여 효율적 공급사슬을 구성할 것을 제시하며, 혁신적 제품의 경우 공급사슬 전체의 비용절감 보다는 유연성과 신속성을 강조하는 반응적 공급사슬을 구성할 것을 제시한다[71].

이러한 내용을 바탕으로 4차 산업혁명의 영향성 정도와 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 기업으로 우선적으로 변화시켜야 하는 산업 및 기업들을 검토할 경우 혁신적 제품으로 분류할 수 있는 제품을 제조하는 반응적 공급사슬 구성 산업들은 기능적 제품으로 분류할 수 있는 제품을 제조하는 효율적 공급사슬 구성 산업들과의 비교에서 4차 산업혁명에 대한 대응의 속도 및 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 산업으로의 변화가 보다 빠르게 진행되어야 할 것이다. 따라서 이러한 제품별 및 공급사슬의 특성에 따라서 4차 산업혁명에 대한 대응과 스마트 팩토리 및 스마트 서비스 산업으로의 변화 과정에서 적용되어야 할 기술들의 우선순위 역시 달라질 수 있으므로 이를 비교하는 연구를 필요로 할 것이다.

셋째, 4차 산업혁명 대응과 스마트 팩토리 구현 및 스마트 서비스 기업으로 변화를 위하여 특정 산업별로 우선적용 되어야 하는 기술의 특성 역시 달라질 수 있다. 예를 들어서 전자 및 통신 관련 산업과 자동차 관련 산업의 경우 필요로 하는 대표적인 기술은 전자 및 통신 관련 산업의 경우 모바일 기술이 가장 중요하고 우선적으로 적용되어야 하는 것으로 판단할 수 있겠지만, 자동차 관련 산업의 경우 무인운송(자율주행) 혹은 산업용 로봇(Robot)이 가장 중요하고, 물류산업의 경우에도 무인운송수단(자율주행)이나 드론이 우선적으로 적용되어야 하는 기술로 판단할 수 있다. 또한 같은 산업 내에서 경쟁하고 있다고 하더라도 개별기업의 경쟁 전략으로서 원가우위 전략과 차별화 전략의 구현 및 핵심 고객의 수요 변동성에 따라서도 적용되어야 하는 기술 역시 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 부분에 대한 연구가 추가로 진행될 필요성이 존재한다.

마지막으로 대기업과 중소기업 간의 차이를 분석하는 것 역시 필요로 할 것이다. 우리나라의 산업 특성 상 대기업의 경우 주로 완제품을 제조하는 경우가 많고, 중소기업의 경우 1차 및 2차 부품 공급업체의 역할을 수행한다. 또한 RFID 또는 바코드의 수집을 통한 자동 생산실적 관리와 모기업과의 공급사슬 관련 정보 및 엔지

니어링 정보를 실시간으로 공유하는 낮은 단계의 스마트 팩토리 및 사이버 물리시스템(CPS)과 사물인터넷(IoT) 기술을 이용하여 개인 맞춤형 다품종 대량생산이 가능한 유연생산 시스템을 구현하고, 자동 수주 및 발주, 생산설비 간 센서(Senser)를 통한 실시간 정보교환, 자동품질 검사 및 에너지 절감이 이루어지는 높은 단계의 스마트 팩토리를 제시하는데[52], 이러한 경우 4차 산업혁명에 대응하기 위한 핵심기술의 수요 및 수용의지 등이 기업별로 모두 달라질 수 있다. 따라서 각 산업별, 기업의 규모별, 스마트 팩토리의 구현 수준에 따라서 우선적으로 적용되어야 4차 산업혁명 관련기술을 분석하는 것 역시 필요로 하지만 이는 차후 연구로 미루었다.

REFERENCES

- [1] M. Colin, R. Galindo & O. Hernandez. (2015). Information and Communication Technology as a Key Strategic for Efficient Supply Chain Management in Manufacturing SMEs. *Peocedia Computer Science*, 55, 833-842. DOI : 10.1016/0022-2496(83)90028-7
- [2] M. Maslaric, S. Nikolicic & D. Mircetic. (2016). Logistics Response to the Industry 4.0: The Physical Internet. *Open Engineering*, 6(1), 511-517. DOI : 10.1515/eng-2016-0073
- [3] H. B. Na, H. S. Son, J. W. Seo & I. K. Hwang. (2018). A Study on Process / Facility Methodology for SME Smart Factory. *Journal of the Korean institute of Plant Engineering*, 23(1), 3-13.
- [4] Korea Smart Manufacturing Office. (2020). Smart Factory Business Management System. (Online). <https://smart-factory.kr>
- [5] M. Jung & J. B. Oh. (2017). Corporate Perception and Implications for the 4th Industrial Revolution. *VIP Report(17-18)*, 691, 1-12.
- [6] S. M. Choe, J. H. An & S. S. Moon. (2018). A Study on the Perspective and Coping Measure of Small and Medium-Sized Enterprises in Ulsan City for The Fourth Industrial Revolution. *Journal of Regional Studies*, 26(2), 1-24. DOI : 10.22921/jrs.2018.26.2.001
- [7] C. B. Lee, J. H. Noh & J. H. Kim. (2017). A Study on the Perception of the Impact of Fourth Industrial Revolution on the Performance of Logistics Management. *KOREA LOGISTICS REVIEW*, 27(5), 1-12. DOI : 10.17825/klr.2017.27.5.1

- [8] H. S. Khan. (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..
DOI : 10.36345/kacst.2018.36.3.007
- [9] Y. Y. Kim & Y. S. Park. (2017). Fourth Industrial Revolution and SME Supporting Policy. *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 20(2), 387-405.
- [10] Y. I. Bae & H. R. Shin. (2017). A Study on Policy Direction for Establishing the Foundation of the Fourth Industrial Revolution in Gyeonggi-Do. *Policy Research 2017-19*, 1-104.
- [11] K. H. YU & J. K. Doh. (2017). A Study on the Efficient Export Support Policy in Response to the Fourth Industrial Revolution. *The e-Business Studies*, 18(2), 273-286.
DOI : 10.20462/TeBS.2017.04.18.2.273
- [12] S. C. Lee. (2018). Study of Strategy to Develop Manufacturing Industry in the Gumi National Industrial Complex in the Age of the Fourth Industrial Revolution. *Korean Public Administration Quarterly*, 30(2), 437-464.
DOI : 10.21888/KPAQ.2018.6.30.2.437
- [13] N. K. Chung & D. S. Kim. (2018). Strategic Response of Small and Medium-sized Automobile Part Industry for the 4th Industrial Revolution Era. *Ordo Economics Journal*, 21(1), 45-63.
- [14] Y. H. Choi & S. H. Choi. (2017). A Study on the Factors Influencing the Competitiveness of Small and Medium Companies Applied with Smart Factory System. *Information Systems Review*, 19(2), 95-113.
DOI : 10.14329/isr.2017.19.2.095
- [15] H. J. Nam & E. H. Kim. (2018). Classification of Logistics Industry and Countermeasures in the 4th Industrial Revolution Era. *Korean Management Consulting Review*, 18(3), 275-286.
- [16] J. R. Kim & S. J. Lee. (2020). Factors Affecting Technology Acceptance of Smart Factory. *Journal of Information Technology Applications & Management*, 27(1), 75-95.
DOI : 10.21219/jitam.2020.27.1.075
- [17] C. K. Park & C. B. Kim. (2019). A Study on Priority and Weight of Technology Applied by Korean Firms for the Response to the 4th Industrial Revolution Using AHP. *Korean Business Education Review*, 34(6), 539-559.
DOI : 10.23839/kabe.2019.34.6.4.539
- [18] J. H. Suh. (2017). How to Recognize and Respond to the 4th Industrial Revolution. *Kukto*, 424, 2-4.
- [19] H. Lasi, P. Fettke & M. Hoffmann. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
DOI : 10.1007/s12599-014-0334-4
- [20] T. Stock & G. Seliger. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536-541.
DOI : 10.1016/j.procir.2016.01.129
- [21] H. G. Andreas & F. C. Kleemann. (2016). The Impact of Industry 4.0 on Procurement and Supply Management: A Conceptual and Qualitative Analysis. *International Journal of Business and Management Innovation*, 5(6), 55-66.
- [22] R. Geissbauer, J. Veddsø & S. Schrauf. (2016). *A Strategist's Guide to Industry 4.0*. Strategy+Business, Summer 2016. 83
- [23] E. Hofmann & M. Ritch. (2017). Industry 4.0 and The Current Status as well as Future Prospects on Logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34.
DOI : 10.1016/j.compind.2017.04.002
- [24] J. Fredett, R. Marom, K. Steinert & L. Witters (2012). *The Promise and Peril of Hyperconnectivity for Organizations and Society*. The Global Information Technology Report.
- [25] C. W. Y. Wong, K. H. Lai & E. W. T. Ngai. (2009). The Role of Supplier Operational Adaptation on the Performance of IT-enabled Transport Logistics Under Environmental Uncertainty. *International Journal of Production & Economics*, 122(1), 47-55.
DOI : 10.1016/j.ijpe.2008.12.023
- [26] I. Harris, Y. Wang & H. Wang (2015). ICT in Multimodal Transport and Technological Trends: Unleashing Potential for the Future. *International Journal of Production & Economics*, 159, 88-103.
DOI : 10.1016/j.ijpe.2014.09.005
- [27] M. Harmann, T. Pentek & B. Otto. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review, in *System Science(HICSS)*, 49th Hawaii International Conference, 3928-3932.
- [28] J. Rifkin. (2016). *The 2016 World Economic Forum Misfires with Its Fourth Industrial Revolution Theme*, Industry Week.
- [29] Intellectual Property Office. (2020). *New Patent Classification System Related to the 4th Industrial Revolution*, (Online). <http://www.kipo.go.kr>

- [30] D. H. Kim, H. B. Jang, Y. I. Park & K. L. Yang. (2019). *The Fourth Industrial Revolution*. Seoul : Pakyoungsa.
- [31] J. J. Oh & S. J. Choi. (2017). Development of PLC-based Fieldbus Educational Equipment and Curriculum for building Smart Factory. *Journal of Practical Engineering Education*, 9(1), 49-56. DOI : 10.14702/JPEE.2017.049
- [32] S. J. Lee, B. K. Lim, K. R. Park & J. C. Park. (2018). *Smart Factory Operation and Strategy*. Seoul : Hanol Publishing House.
- [33] H. B. Na & I. K. Hwang. (2018). The Method of Improvement through Current Analysis Current Situation of Smart Factory in Small to Medium Sized Industries. *Journal of the Korean institute of Plant Engineering*, 23(3), 59-69.
- [34] Ministry of SMEs and Startups. (2020). *Statistics*. (Online). <https://www.mss.go.kr>
- [35] W. J. Jang, S. I. Cho, S. S. Kim & G. Y. Gim. (2018). A Study on the Implementation of Big Data Infrastructure in Smart Factory. *Asia-pacific Journal of Multimedia Service Convergent with Art Humanities, and Sociology*, 8(10), 11-23. DOI : 10.35873/ajmahs.2018.8.10.002
- [36] S. C. Oh & Y. H. Ahn. (2019). A Study on the Diagnosis Measurement for the Smart Factory Level in the 4th Industrial Revolution. *KOREA LOGISTICS REVIEW*, 29(6), 149-162.
- [37] S. G. Park & M. L. Lee. (2016). Smart Factory for Small Company. *Electronics and Telecommunications Trends*, 31(6), 39-47.
- [38] J. H. Jung & D. H. An. (2019). Development of Remote Control System based on CNC Cutting Machine for Gradual Construction of Smart Factory Environment. *KIPS Transactions on Computer and Communication Systems*, 8(12), 297-304. DOI : 10.37451/KTCCS.2019.8.12.297
- [39] J. H. Oh & J. D. Kim. (2019). A Study on Strategic Utilization of Smart Factory: Effects of Building Purposes and Contents on Continuous Utilization. *Asia Pacific Journal of Small Business*, 41(4), 1-36. DOI : 10.36491/APJSB.41.4.1
- [40] J. S. Park & K. S. Kang. (2017). Strategies of Smart Factory Building and Application of Small & Medium-Sized Manufacturing Enterprises. *Journal of Korea Safety Management & Science*, 19(1), 227-236. DOI : 10.12812/ksms.2017.19.1.227
- [41] Y. H. Kang. (2017). Construction of E134 enabled EDA system for smart factory. *JOURNAL OF PLATFORM TECHNOLOGY*, 5(3), 40-47.
- [42] J. S. Kho & J. P. Jeong. (2019). Design and Implementation of Smart Factory MES Model Based on Process Visualizationa for Small and Medium Business in Korea. *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*, 19(5), 135-141. DOI : 10.7236/JIIBC.2019.19.5.135
- [43] B. E. So & S. S. Shin. (2017). The Built of Smart Factory Using Sensors and Virtual Process Design. *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 12(6), 1071-1080. DOI : 10.13067/JKIECS.2017.12.6.1071
- [44] Y. M. Lee, W. B. Lee & S. H. Lee. (2019). Development of Embedded Board for Construction of Smart Factory, 23(3), 1092-1095. DOI : 10.7471/ikeee.2019.23.3.1092
- [45] J. W. Lim, D. H. Jo, S. Y. Lee, H. J. Park & J. W. Park. (2017). A Case Study for the Smart Factory Application in the Manufacturing Industry. *Korean Journal of Business Administration*, 30(9), 1609-1630. DOI : 10.18032/kaaba.2017.30.9.1609
- [46] Y. S. Jeong. (2018). Linking Algorithm between IoT devices for smart factory environment of SMEs. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(2), 233-238. DOI : 10.22156/CS4SMB.2018.8.2.233
- [47] Y. S. Jeong. (2019). A Model Design for Enhancing the Efficiency of Smart Factory for Small and Medium-Sized Businesses Based on Artificial Intelligence. *Journal of Convergence for Information Technology*, 9(3), 16-21. DOI : 10.22156/CS4SMB.2019.9.3.016
- [48] S. Y. Kim. (2018). A Case Study of the Introduction of Smart Factory Operation Management(FOM) in the Fourth Industrial Revolution Era. *Korean Computers and Accounting Review*, 16(1), 43-62. DOI : 10.32956/kaoca.2018.16.1.43
- [49] J. P. Park. (2017). Analysis on Success Cases of Smart Factory in Korea: Leveraging from Large, Medium, and Small Size Enterprises. *Journal of Digital Convergence*, 15(5), 107-115. DOI : 10.14400/JDC.2017.15.5.107
- [50] J. Y. Oh & S. H. Choi. (2018). An Analysis of the Characteristics of Companies introducing Smart Factory System Using Data Mining Technique.

- Journal of the Korea Convergence Society*, 9(5), 179-189.
DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.5.179
- [51] H. J. Kim, H. Huh, J. W. Kang & J. M. Boo. (2019). A Study on Factors Influencing the Introduction of Smart Factory : Focusing on Small and Medium-sized Enterprises in Korea. *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 42(3), 252-261.
DOI : 10.11627/jkise.2019.42.3.252
- [52] J. H. Oh, J. H. Seo & J. D. Kim. (2019). The Effect of Both Employees' Attitude toward Technology Acceptance and Ease of Technology Use on Smart Factory Technology Introduction level and Manufacturing Performance. *Journal of Information Technology Applications & Management*, 26(2), 13-26.
DOI : 10.21219/jitam.2019.26.2.013
- [53] S. Barile & F. Polese. (2010). Smart Service Systems and Viable Service Systems: Applying Systems Theory to Service Science. *Service Science*, 2(1/2), 21-40.
DOI : 10.1287/serv.2.1_2.21
- [54] H. Demirkan, C. Bess, J. Spohrer, A. Rayes & D. Allen. (2015). Innovations with Smart Service Systems: Analytics, Big Data, Cognitive Assistance, and the Internet of Everything. *Communications of the Association for Information Systems*, 37, 733-752.
DOI : 10.17705/1CAIS.03735
- [55] H. J. Lee & J. Y. Lee. (2017). Smart Service System-based Architecture Design of Smart Factory. *Journal of the Korea Society of Systems Engineering*, 13(2), 57-64.
DOI : 10.14248/JKOSSE.2016.13.2.057
- [56] Y. J. Jung, H. U. Kang & S. H. Park. (2019). A Study on Critical Factor Analysis of Selection Attributes of Overseas Direct Purchase Using AHP and IPA. *Korean Business Education Review*, 34(3), 233-253.
DOI : 10.23839/kabe.2019.34.3.233
- [57] T. L. saaty. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York : McGraw-Hill.
- [58] T. L. saaty. (1983). Priority Setting in Complex Problem. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 30(3), 96-108.
DOI : 10.1109/TEM.1983.6448606
- [59] T. L. saaty. (1989). Decision Making Scaling, and Number Crunching. *Decision Science*, 20(2), 404-409.
DOI : 10.1111/j.1540-5915.1989.tb01887
- [60] E. Zio. (1996). On the Use of the Analytic Hierarchy Process in the Aggregation of Expert Judgment. *Reliability Engineering and System Safety*, 53(2), 127-138.
DOI : 10.1016/0951-8320(96)00060-9
- [61] R. F. Dyer, E. H. Forman & M. A. Mustafa. (1992). Decision Support for Media Selection Using the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Advertising*, 21(1), 59-72.
DOI : 10.1080/00913367.1992.10673360
- [62] F. Zahedi. (1986). The Analytic Hierarchy Process-A Study of the Method and It's Applications. *Journal on Applied Analytics*, 16(4), 96-108.
DOI : 10.1287/inte.16.4.96
- [63] D. H. Kim, Y. J. Jung & W. I. Joh. (2018). A Study on the Characteristics of Consumers' Choice of Cosmetics in Online Shops Using AHP. *Korean Business Education Review*, 33(3), 387-406.
DOI : 10.23839/kabe.2018.33.3.387
- [64] J. Aczel & T. L. Saaty. (1983). Procedural for Synthesizing Ratio Judgement. *Journal of Mathematical Psychology*, 27(1), 93-102.
DOI : 10.1016/0022-2496(83)90028-7
- [65] T. L. Saaty & L. G. Vargas. (2001). *Model, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- [66] Y. Wind & T. L. Saaty. (1980). Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 26(7), 641-745.
DOI : 10.1287/mnsc.26.7.641
- [67] L. G. Vargas. (1990). An Overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications. *European Journal of Operation Research*, 48(1), 2-8.
DOI : 10.1016/0377-2217(90)90056-H
- [68] P. Harker & L. G. Vargas. (1987). Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 33(11), 1383-1403.
DOI : 10.1287/mnsc.33.11.1383
- [69] K. I. Kim. (2014). A study on the Plan for Consolidating the IT Convergency Capabilities of SMB. *Journal of Convergence for Information Technology*, 4(3), 41-46.
DOI : 10.22156/CS4SMB.2014.4.3.41
- [70] J. Y. Lee & K. I. Kim. (2018). An Exploratory Study to Respond to Industry 4.0 Dysfunction in Small and Medium Manufacturers. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(3), 169-174.
DOI : 10.22156/CS4SMB.2018.8.3.169

- [71] M. L. Fisher. (1997). What is the right supply chain for your product?. *Harvard Business Review*, 75(2), 105-116.

박찬권(Chan-Kwon Park)

[정회원]



- 1993년 2월 : 충북대학교 사회학과 (문학사)
- 2002년 2월 : 충남대학교 경영학부 (경영학석사)
- 2011년 2월 : 경북대학교 경영학부 (경영학박사)

- 2020년 9월 ~ 현재 : 경북대학교 건설환경에너지융합기술원 연구 초빙교수
- 관심분야 : 물류, SCM, 경영통계, 경영과학
- E-Mail : rommel11413@empal.com

서영복(Yeong-Bok Seo)

[정회원]



- 1984년 2월 : 경희대학교 산업공학과(공학사)
- 2005년 2월 : 경북대학교 경영학부 (경영학석사)
- 2013년 2월 : 금오공과대학교 건설링학과(건설링학박사)

- 2017년 3월 ~ 현재 : 김천대학교 교양학과 조교수
- 관심분야 : POM, 물류관리, SCM
- E-Mail : yeonbokseo@naver.com