ISSN 1229-1889(Print)
ISSN 2287-9005(Online)
J Korean Soc Qual Manag Vol. 47, No.1: 1-15, March 2019
https://doi.org/10.7469/JKSQM.2019.47.1.1

중소기업을 위한 스마트공장 도입 준비도 진단 체계 개발 및 적용사례연구

조지훈* · 신완선**†

*성균관대학교 기술경영전문대학원
**성균관대학교 시스템경영공학과

Developing a Framework for Assessing Smart Factory Readiness of SMEs and Case Study

Ji-Hoon Cho* · Wan-Seon Shin**†

*Graduate School of Management of Technology, Sungkyunkwan University
**Department of System Management Engineering, Sungkyunkwan University

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to support SMEs' introduction of smart factories during the 4th Industrial Revolution era. Through this study, we developed the readiness assessment framework for SMEs. This study draws practical implications for improving the readiness of SMEs to introduce smart factories.

Methods: Readiness Assessment Framework Design method, Case Studies Analysis

Results: This study identified SMEs suitable for smart factories and identified key issues for nonconforming companies. And the diagnostic framework has been determined whether it works in a real-life SME environment.

Conclusion: In order to succeed in the smart factory deployment, readiness assessment for SMEs should be performed as necessary. Prior to the introduction of smart factories, quality innovation activities should be carried out according to factory level.

Key Words: Smart Factory, Readiness Assessment, Framework, SMEs, 4th Industrial Revolution

● Received 6 February 2019, 1st revised 8 March, accepted 9 March 2019
† Corresponding Author(wsshin@skku.ac.kr)
ⓒ 2019, The Korean Society for Quality Management This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/ licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
※ 이 논문은 대한상공회의소에서 시행한 <스마트화 수준 진단을 위한 프로그램 개발> 사업 및 <2018년 중소기업 품질혁신 지도사업>의 지원을 받아 수행되었습니다.

1. 서 론

4차 산업혁명은 장비, 공장지능화, 연결 뿐만 아니라 유전자 염기서열부터 나노기술, 재생에너지, 양자컴퓨팅 등 다양한 영역 간 혁신기술들의 융합으로 발생하는 산업 전 영역의 변화로 정의된다(World Economic Forum, 2016). 현재 미국, 독일, 일본 등 주요 제조선진국들은 이러한 4차 산업혁명의 주도권을 확보하기 위해 치열하게 경쟁하고 있으며, 우리나라 정부도 4차 산업혁명에 대응하기 위한 다양한 정책을 수립하여 추진 중에 있다. 4차 산업혁명의 실현방식은 산업분야와 정부의 정책 지향점에 따라 다양한 형태로 나타나고 있으나, 제조분야에서는 스마트공장(Smart Factory)이 4차 산업혁명 구현을 위한 현실적인 대안으로 자리 잡아 왔다(Jung et al,. 2016). 우리나라에서도 민관합동 스마트공장 추진단을 중심으로 2025년까지 스마트공장 3만개 보급을 목표로 한 정책을 추진 중에 있으며, '14-'17년 4년 간 5,003개 중소기업에 스마트공장을 보급하였다(민관합동 스마트공장 추진단, 2018). 특히 중소기업의 경우 국내 대기업 및 글로벌 기업들과 공급망으로 연계되어 있으므로, 중소기업의 스마트화는 국가 산업경쟁력의 근본적인 발전을 위해 그 중요성이 더욱 부각된다고 할 것이다.

이러한 정부와 민간 차원의 스마트공장 확대 노력에 의해 양적인 성장이 진행되는 반면 실제 현장에서는 문제점들이 함께 나타나고 있다. 많은 중소기업들이 스마트 제조 도입의 필요성에 대해서는 공감하고 있으나 적극적 도입에는 나서지 못하고 있는 현실이며(KISTEP, 2018), 스마트공장을 기 도입한 기업의 경우에도 스마트공장 구축 수준이 대부분 기초단계(76.4%)에 머물러 있고, 스마트공장 도입에 따른 경쟁력 향상 등 성과에 대한 만족도가 낮게 나타나고 있는 상황이다. 이러한 배경아래 향후 스마트공장 보급, 확산을 위한 정책은 중소기업의 현황을 면밀히 분석하여 기업의 업종과 현실에 적합한 방향으로 추진되어야 할 것이며, 또한 스마트공장 도입을 검토 중인 기업은 자사의 현 수준에 대한 진단을 실시하고 이를 기반으로 스마트공장 도입을 위한 도입전략을 수립하는 것이 요구된다.

기 추진되어 온 중소기업 정보화를 비롯하여 ICT기술을 적용한 많은 중소기업 경쟁력 강화사업들이 선도기업의 외양만을 따라하는 이른바 '흉내 내기'를 시도하다가 성과도출에 실패하고 결국 사업을 중단하는 '악순환의 정보화'(Bae and Chang, 2013)가 반복되어왔던 만큼, 체계적인 사전진단과 결과분석은 사업의 성공을 위해 반드시 필요하다고 할 것이다. 그러나 현재 운영 중인 스마트공장 관련된 진단은 대부분 스마트공장 전개 이후의 운영수준에 대한 성숙도(Maturity)를 중심으로 이루어져 있어 스마트공장 도입 전 기업을 대상으로 한 준비도 진단과 개선을 위한 목적의 진단방법론은 부재한 것이 현실이다.

본 논문에서는 스마트공장 도입을 준비 중인 중소기업을 대상으로 스마트공장 도입을 위해 요구되는 주요 공정의 시스템 구축 수준과 운영수준을 진단하는 프레임워크 개발 과정과 진단 체계를 소개하고, 개발된 스마트공장 준비도(Readiness) 진단 프레임워크를 실제 중소기업들에 적용, 진단한 결과를 분석하여 향후 스마트공장 정책의 추진과 관련된 정책적 시사점과 스마트공장 도입으로 기대되는 성과를 고도화하기 위한 실무적 시사점을 제시하였다.

2. 연구의 필요성 및 접근방식

2.1 스마트공장 도입 사전진단체계 개발 필요성

정부는 지난 2014년 이후 중소·중견기업을 대상으로 한 스마트공장 보급 사업을 추진해 왔으며, 2017년 말 기준 5,000개 수준의 스마트공장을 오는 2025년까지 30,000개로 확대 보급할 계획을 갖고 있으며[1], 스마트공장 구축에 따른 주요 성과는 생산 공정의 개선, 업무 간소화를 포함한 근로환경 개선, 그리고 품질/생산성 향상 등을 들 수 있다.

반면 현재까지 추진되어 온 스마트공장의 단계 별 구축내용은 공장운영(MES)이나 기업자원관리(ERP) 등 주로 IT 시스템 기반의 운영 및 자원관리 활동에 집중되어 왔으며, 이로 인해 스마트공장이 우리나라 제조업의 본원적 경쟁력 강화로 이어지지 못하고 있다는 평가를 받고 있다(KISTEP, 2018).

또한 스마트공장 도입에 대해 중소기업들이 많은 관심을 갖고 있으나 실제 시스템 도입은 주저하는 경우가 많아 정부에서 추진하고 있는 스마트공장 보급 사업에 걸림돌로 작용하고 있다. 스마트공장 도입을 주저하는 주된 이유로는 성과에 대한 확신부족, 직원들의 낮은 수용성 및 전문 전담인력 확보의 어려움 등 도입비용에 대한 부담이나 기술적인 애로사항 보다는 스마트공장 도입전략의 수립이나 내부 변화관리와 관련된 문제를 주로 거론하고 있다.

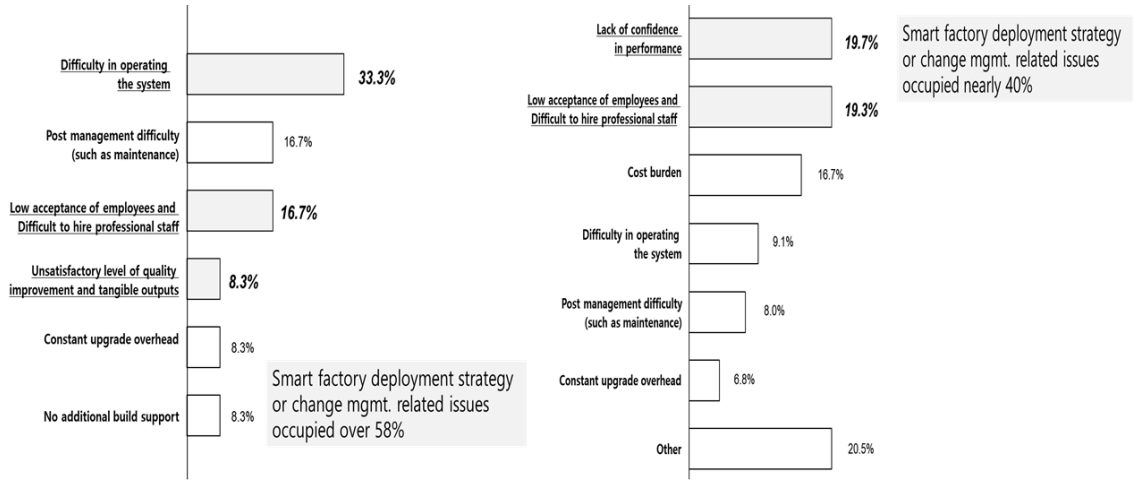

Figure 1. Reasons for SMEs hesitating to introduce smart factories and Reasons for the dissatisfaction of SMEs adopting smart factories

아울러 스마트공장을 도입하여 운영 중인 기업의 경우에도 운영에 따른 많은 불만을 가지고 있는 것으로 조사되었는데, 시스템운영의 어려움과 함께 직원들의 낮은 수용성 및 생산성 증가 등 가시적 성과 미흡 등을 제시하고 있다. 이 경우에도 스마트공장 도입과 관련된 비용부담(16.7%)이나 시스템 운영상의 어려움(9.1%)보다 스마트공장 도입 전개단계에서 체계적으로 접근하고 구성원의 변화관리를 통해 해결될 수 있었던 문제가 더 큰 것으로 조사되어 스마트공장 도입 전에 중소기업의 요구사항을 면밀히 분석하고 개별 기업의 현실에 적합한 스마트공장 전개방식이 제시될 필요가 있다는 점을 확인할 수 있다.

1) 「스마트 제조혁신 비전 2025」. 산업통상자원부 2017. 4. 20.

이와 같이 스마트공장 도입을 검토하고 있는 중소기업이 도입과정에 적극적으로 참여하지 못하는 문제와 스마트공장 도입기업의 문제가 해결되지 못하는 경우 스마트공장 도입지원과 관련된 정책이 그 목표를 달성하지 못하는 것은 물론, 제조업 스마트화를 통한 중소제조기업의 경쟁력 제고에 실패함으로 인한 국가적 차원의 기회손실이 우려되는 현실이다.

따라서 제조업 스마트화를 희망하는 중소·중견기업을 대상으로, 구축에 앞서 기존 공장의 운영 실태를 진단하여 스마트공장 도입에 따른 기대효과 및 성과를 명확히 한 후 구축을 진행하는 것이 필요한 시점이라고 할 수 있다. 이러한 중소기업을 대상으로 한 스마트화 준비도 진단 프레임워크 개발과 실행을 통해 기업의 입장에서는 새로운 시스템 도입에 따른 기대효과 및 성과를 명확히 할 수 있고 정부의 입장에서는 제조업 스마트화 관련 자금 지원의 효과성을 높일 수 있을 것으로 예측된다.

또한 제조업 스마트화를 희망하는 중소·중견기업의 보유 역량 및 자원에 대한 이해를 바탕으로 현재의 운영수준을 진단함으로써 기업별 스마트화 지원의 방향성을 명확히 할 수 있으며, 이를 위해 스마트화 구축 단계별로 공장운영과 관련된 영역별 진단 항목 및 관련 평가기준을 정립함으로써 정부지원 스마트화에 따른 경영성과를 사전에 가시화할 수 있을 것이다.

2.2 연구 질문

본 연구에서는 스마트공장 도입을 예정하고 있는 중소기업의 스마트화 준비도 사전진단을 위한 프레임워크를 제시하고 진단 프레임워크의 실효성을 검증할 수 있는 사례연구결과를 제시한다. 본 연구의 주요 질문은 다음과 같다.

- 스마트공장 도입 준비도 진단을 위한 기존의 방법론은 어떤 것들이 있으며 그 특징과 한계점은 무엇인가?
- 스마트공장, 중소기업 정책, 품질경영체계 평가방법론에 대한 기존의 연구는 중소기업 스마트공장 도입 및 활성화에 어떠한 시사점을 제공하는가?
- 스마트공장 도입 준비도 진단 프레임워크를 실제 중소기업에 적용하여 진단한 결과로 부터 어떤 시사점을 얻을 수 있는가?
- 중소기업 업종 별 차이는 스마트공장 도입을 위한 정책의 수립과 적용에 있어 어떤 정책적 시사점을 주는가?

2.3 연구방법 및 절차

본 연구는 크게 네 단계로 수행되었다. 먼저 문헌연구를 통해 기존 연구결과를 검토하여 중소기업 스마트공장 도입 시 주요 이슈와 특성을 정의하였고, 스마트공장 관련 정부정책을 분석하여 스마트공장 도입예정 중소기업의 사전진단 진단 필요성을 도출하였다. 그리고 사전진단 프레임워크 개발을 위한 과정을 소개하며, 중소기업 핵심 업무를 중심으로 한 진단영역 선정과 진단항목 정의, 진단을 위한 세부 절차 및 개선방법론과 연계된 진단 사후관리 절차 등의 설계과정을 기술한다. 사례연구에서는 개발된 진단 프레임워크를 활용하여 110개 국내 중소기업을 실제 진단하는 과정과 스마트화 준비도 진단결과 및 사전진단결과를 활용한 중소기업 실정에 적합한 품질혁신활동 추진 사례를 소개한다. 마지막으로 사전진단 사례연구 결과를 분석하여 연구 질문에서 예측한 결과가 도출되었는지를 검증하고, 향후 스마트공장 보급 사업이 중소기업의 본원적 경쟁력 강화를 통해 국가경쟁력 강화에 기여하기 위하여 반영되어야 할 정책적 시사점과 중소기업 경영진 및 품질혁신 지도 전문가를 위한 실무적 시사점을 기술한다. Figure.2는 본 논문의 구성을 시각화한 것이다.

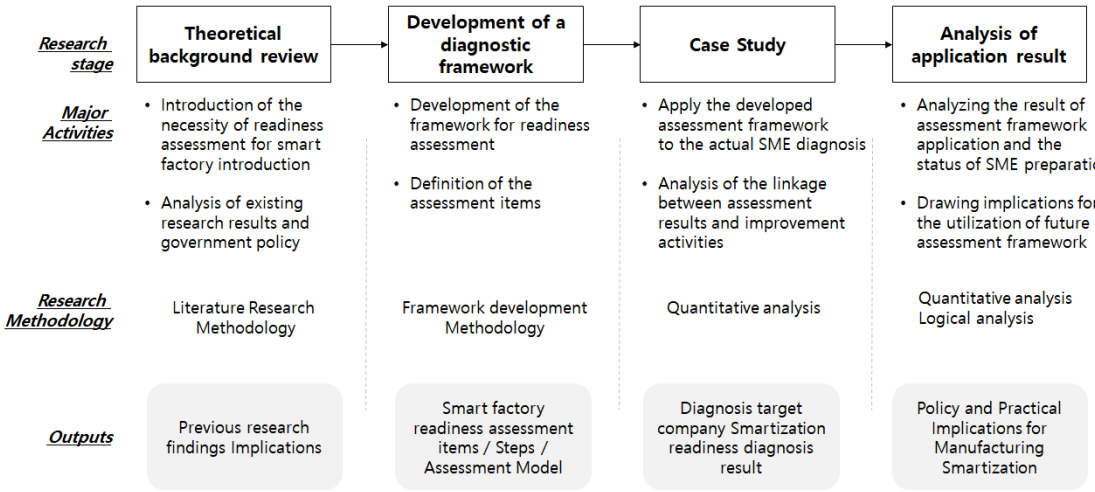

Figure 2. Research Approach

3. 이론적 배경

3.1 준비도 진단의 정의

준비도 진단이란 조직이 이행 프로세스나 변화를 받아들일 수 있는 조직의 능력을 체계적으로 분석하는 것으로 정의되며, 준비도 진단은 새로운 절차, 조직구조, 프로세스를 도입, 실행할 때 발생할 수 있는 잠재적인 변화를 현재 조직의 맥락으로 식별하도록 하는 것이 목적이다. 또한 기존 조직의 문제점을 도출하여 실행계획의 일부로서 이러한 문제를 해결하는 기회를 제공하는 것 또한 준비도 진단의 목적이라고 할 수 있다(HRSA, 2016). 조직문화적 관점에서 기업 등 조직에 새로운 기술과 업무를 도입하는 과정에서는 조직역량, 조직문화, 구성원의 역량, 실행계획 등 변화를 수용하기 위한 다양한 내부적인 준비가 사전에 확보되는 것이 변화실행의 중요한 성공 요인이며(Austin and Claassen, 2008), 이러한 사전 진단에서 확보되어야 할 요소들의 수준을 파악하는 것이 준비도 진단의 주된 목적이 된다.

준비도 진단은 기존에 없던 새로운 기술의 도입이나 프로젝트의 실행 이전 단계에서 조직이 새로운 변화를 수용할 수 있는 상태에 있는지를 진단하는 사전활동으로서 그 대상과 목적 등에 의해 성숙도 진단과 구분된다. 일반적으로 성숙도 모델은 현재 운영 중인 공정이나 제조방식 등을 대상으로 하고, 낮은 수준으로부터 상위 수준까지 각 단계를 구분하고 성숙도 단계 별 일정 요건의 충족여부를 통해 진단을 하게 된다. 반면 준비도 진단의 경우 도입해야 할 새로운 기술이나 일하는 방식의 도입 전 상태를 대상으로 하며, 진단결과를 일정 수준 또는 단계의 형태로 제시하여 본 프로젝트 도입 전 보완영역이나 개선을 위한 시사점을 도출하는 것을 목적으로 한다(Schumacher et al,. 2016). 준비도 진단 개념이 활용된 대표적인 사례로서 정보기술의 확산촉진의 목적으로 개발도상국의 정보화 준비도를 진단하는 세계경제포럼 등의 Networked Readiness Index(WEF and INSEAD, 2002), 세계은행의 Knowledge Assessment Methodology(Worldbank Institute, 1999), IBM 기업가치연구소의 The Economic Intelligence(EIU) E-Readiness Rankings Tool(IBM Institute for Business Value, 2006) 등을 들 수 있다.

3.2 4차 산업혁명 및 스마트공장 관련 준비도 진단 방법론

4차 산업혁명이 본격적으로 거론된 2013년 이후 각국의 4차 산업혁명 관련 정책의 추진과 관련하여 학계 및 민간 연구기관 등에서 4차 산업혁명의 전개 현황을 평가하고 수준을 진단하기 위한 다양한 모델이 제시되어 왔다(Lee, 2018). 현재까지 제시된 4차 산업혁명 진단모델은 대부분 성숙도 개념을 활용하여 국가 및 개별 기업 단위의 4차 산업혁명 대응의 수준을 파악하는 것을 목적으로 하고 있다. 성숙도 관점의 4차 산업혁명 진단방법론으로 대표적인 사례는 독일 기계공학산업협회(VDMA)의 IMPULSE - Industry 4.0 Readiness을 들 수 있다. 이 방법론은 전략과 조직, 스마트공장, 스마트 운영, 스마트 제조, 데이터 주도 서비스 그리고 직원의 6가지 평가범주로 기업이 4차 산업혁명에 대응하는 준비도 수준을 평가한다(VDMA, 2016). 또한 컨설팅 회사인 프라이스워터하우스쿠퍼스(PwC)는 4차 산업혁명 관련 성숙도 자가진단 서비스를 제공하고 있으나 평가모델의 구성과 평가항목에 대한 세부내용은 공개하지 않고 있다. 우리나라의 경우 민관합동 스마트공장 추진단에서 스마트공장 수준별 단계를 ICT 미적용에서 기초수준, 중간수준1, 중간수준2, 고도화의 5단계로 구분하여 이를 스마트공장 추진의 성숙도 기준으로 설정, 운영 중에 있다. 반면 스마트공장 도입 이전의 기업의 진단과 관련된 국내·외 연구결과는 찾아볼 수 없었으며, 기관의 경우에는 싱가포르 경제개발청(EDB)에서 발표한 The Singapore Smart Industry Readiness Index가 유일하다. 이 진단방법론은 프로세스, 기술, 조직의 세 가지 구분과 운영, 조달 등 8개 핵심 분야 및 수직적 통합 등 16개 세부영역으로 구성된 해당지표가 기업경영활동의 대부분 영역을 포괄한다.

성숙도 기반의 진단 방법론은 대부분 산업 전 영역의 4차 산업혁명 추진 목표와 현재수준을 진단하고 시사점을 도출하는 것을 목적으로 하고 있어 개별기업 단위에서 실무적 시사점 도출을 위해 적용하기에는 무리가 있다. 또한 기업을 대상으로 한 진단방법론의 경우에도 기업전략, 생산공정, 기업문화 등 경영전반에 걸친 내용을 진단대상으로 평가하고 있어 현재 특정 생산공정의 스마트화를 요구하고 있는 우리 중소기업의 경우에 이러한 방법론을 적용하기에는 어려움이 존재한다. 또한 전술한 바와 같이 현재 운영 중인 스마트공장을 대상으로 한 진단이 아닌 도입 예정기업이 스마트공장 도입의 필요성과 예상 성과를 명확히 인식하고 성공적 도입을 위한 개선 이슈를 도출하기 위해서는 기존 방법론 외에 보다 우리나라 중소기업의 현실을 올바르게 반영할 수 있는 진단체계의 설계와 운용의 필요성이 제기된다.

4. 스마트공장 준비도 사전진단 프레임워크 개발

4.1 개발원칙 도출

스마트화 준비도와 관련된 기존 연구결과에 대한 분석과 스마트공장 지원 사업 추진 관계자, 관련분야 교수, 중소기업 지도위원 그리고 중소기업 실무자들과의 인터뷰를 통해 새로 개발될 진단 프레임워크 설계에 요구되는 원칙을 도출하였다. 첫째, 스마트공장 도입지원을 위한 목적에 충실하기 위해 기업의 전반적인 경영진단의 관점이 아닌 주요 생산과정의 핵심 업무 프로세스를 대상으로 하는 진단체계를 만들어야 한다는 원칙이다. 스마트화 준비도 진단의 목적은 기업경영활동의 평가에 있는 것이 아니라 스마트공장 도입에 따른 예상성과를 명확히 하고, 도입과정의 시행착오를 최소화하는 것에 있기 때문이다. 둘째, 현재 정부의 중소기업 기존 스마트공장 지원정책의 관점과 체계와 일치되는 진단활동이 설계되어야 실제 추진과정에서 진단체계의 적용 용이성을 높일 수 있으며, 실무적인 활용도가 높

아질 것이라는 요구이다. 셋째, 진단활동이 결과도출에 그치지 않고 실제 중소기업의 이슈를 해결하는 문제해결의 과정으로 연계되어야 한다는 원칙이다. 진단활동이 종료된 이후 중소기업이 진단결과를 활용하여 문제를 해결하기 위해서는 개선을 위한 방법론과의 연계가 필수적이라고 할 것이나 많은 경우에 진단결과 보고서에 반영된 이슈들이 중소기업의 경영여건 상 적합한 방법론을 찾지 못하고 실질적인 개선으로 이어지지 못하고 있는 것이 현실이기 때문이다.

이러한 정책적 요구와 현장의 목소리를 반영하여 스마트화 준비도 진단체계의 설계에 있어서는 진단 대상과 범위를 중소기업의 핵심적인 제조공정에 한정하며, 진단 항목과 결과해석은 기존 스마트공장 추진정책의 체계와 일치하도록 설계하였다. 또한 진단결과 도출되는 스마트공장 추진 이전에 해결되어야 할 과제를 최적의 문제해결 방법론과 연계하여 기존 중소기업 품질혁신을 위한 지도활동으로 이어지도록 진단절차를 설계하였다.

4.2 프레임워크 개발 접근방식

스마트공장 준비도 사전진단을 위한 프레임워크 개발은 사전진단 방향성 정립단계, 사전진단 항목도출단계 그리고 평가기준 개발의 3단계로 진행되었다. 먼저 사전진단 방향성 정립 단계에서는 업종별 중소제조업 업무프로세스에 대한 분석과 함께 기 운영되어 온 <스마트공장 구축 표준 프로세스 모델>[2]을 분석대상으로 하여 4M1E관점의 주요 업무를 파악하고 스마트공장 준비도 진단을 위한 대상영역과 주요이슈를 파악하였다. 사전진단 항목도출 단계에서는 준비도 진단을 위한 항목을 정의하고, 각 항목 별 진단영역인 시스템 구축수준과 운영수준의 두 가지 영역 별로 실제 진단활동을 위한 항목 별 체크리스트를 작성하였다. 평가기준개발 단계에서는 국내·외 진단 및 평가모형 분석 과정을 통해 도출된 시사점을 기반으로 하여 스마트공장 도입 준비도 진단을 위한 평가기준을 개발하였고, 실제 평가활동의 진행단계별 평가활동을 정의한 사전진단 운영매뉴얼을 개발하였다.

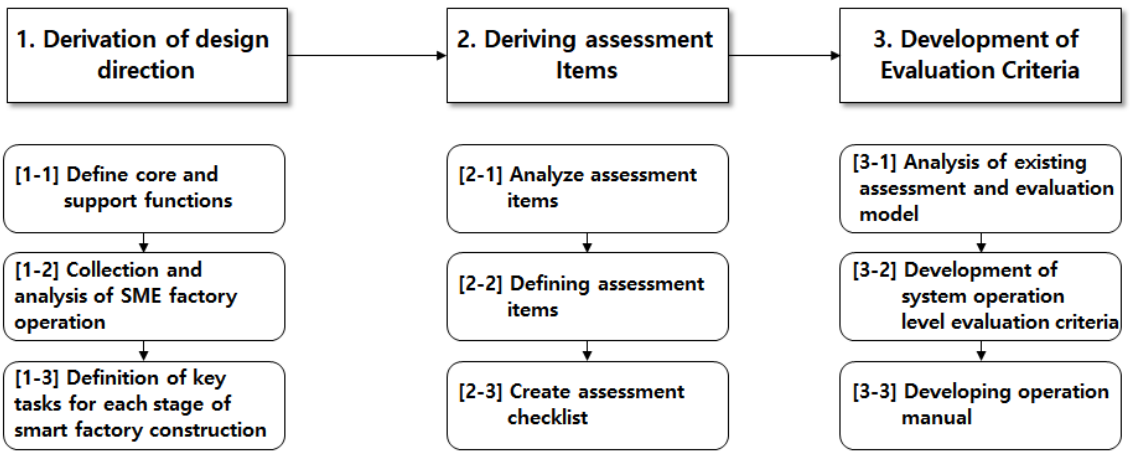

Figure 3. Procedures for Readiness Diagnosis Framework Development

2) 「스마트공장 보급·확산을 위한 업종별 참조모델」 산업통상자원부. 민관합동 스마트공장 추진단. 2017.07

4.2 사전진단 대상 중소기업 핵심업무영역 정의

중소기업을 위한 스마트공장 도입 준비도 진단체계는 다양한 중소기업의 업종별 특수성을 감안하여 정의되어야 한다. 또한 중소기업의 업무 프로세스 중 스마트화의 대상인 생산 관련 핵심 업무가 진단의 대상으로 선정되어야 할 것이다. 이를 위해 스마트공장 표준모델로서 중소기업의 업무 프로세스를 정의한 <업종중심 스마트공장 참조모델>을 활용하여 사전진단을 위한 진단대상 프로세스를 정의하였다, '참조모델'에는 중소기업 업종 별 표준 업무 기능을 중심으로 중소기업의 가치흐름과 관련된 업무가 선정되어 있다. 이 핵심 업무를 중심으로 하여 전문가 의견수렴 및 스마트화 추진이 예정되어 있는 중소기업 현장의 의견수렴을 통해 스마트화 추진 시 필수적으로 검토되어야 할 6개 핵심업무영역(1. 수주관리, 2. 설계관리, 3. 자재관리, 4. 생산관리, 5. 품질관리, 6. 설비관리)을 정의하였다. Figure 4. 는 스마트화 사전진단 핵심업무영역 도출을 위한 접근방식을 나타낸 것이다.

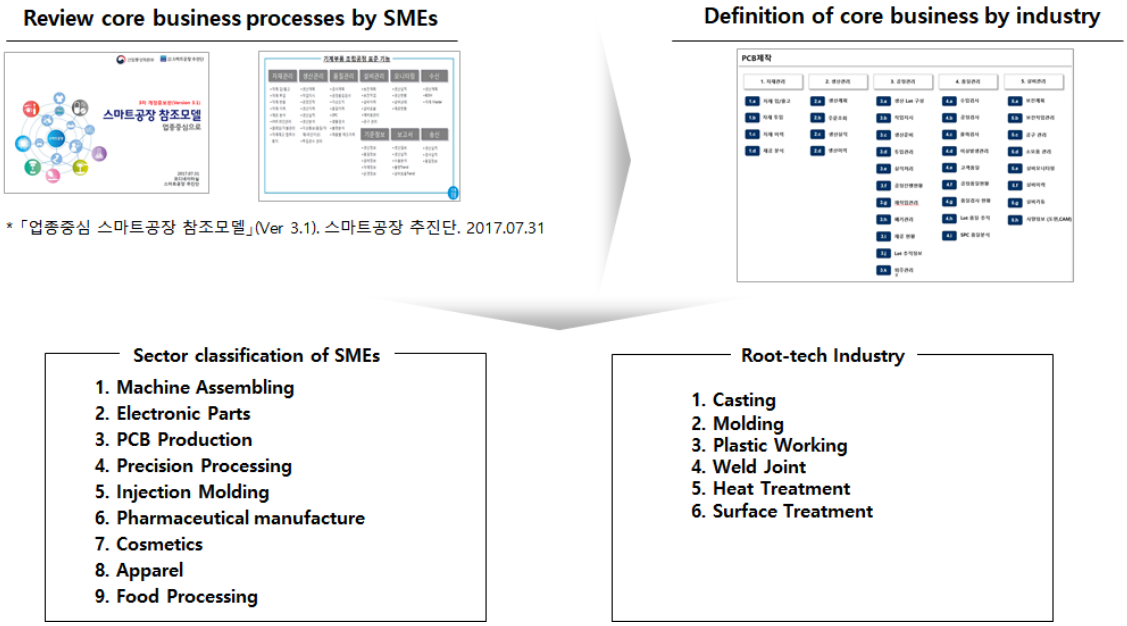

Figure 4. Procedures for identifying core business areas of SMEs

4.3 핵심 업무 별 사전진단 항목 도출

사전진단 항목은 중소기업의 6대 핵심업무 영역별로 실제 스마트화 사전진단 수준진단의 대상이 되는 항목을 의미한다. 진단항목도출은 대분류 6개 각 항목의 P-D-C-A 분석을 통해 도출하는 방식과 업무 Flow에서 스마트공장 도입과 전개에 있어 필수적인 핵심 Activity를 추출하는 방식 등 두 가지 방식을 활용하여 도출하였다. 또한 진단항목 선정을 위해 KS, ISO, ISO/TS 16949 주요 품질표준의 인증항목 검토와 기 추진되어 온 중소기업 정보화 사업과정에서의 주요 이슈를 반영하였고 관련분야 교수 및 지도위원 등 전문가의 검토를 거쳐 필수적인 항목으로만 선정하였다. 중소기업 업무 프로세스 전반을 진단대상항목으로 반영하지 않고 선정의 과정을 거친 이유는 스마트화 준비도 진단의 목적이 스마트공장 도입을 위한 준비도 진단과 향상에 있으며, 중소기업의 전반적인 경영수준진단이나 중소

기업 품질경영 평가와 인증을 하는 것에 있지 않기 때문이다. Figure. 5는 사전진단 대상항목 도출 결과를 정리한 것이다.

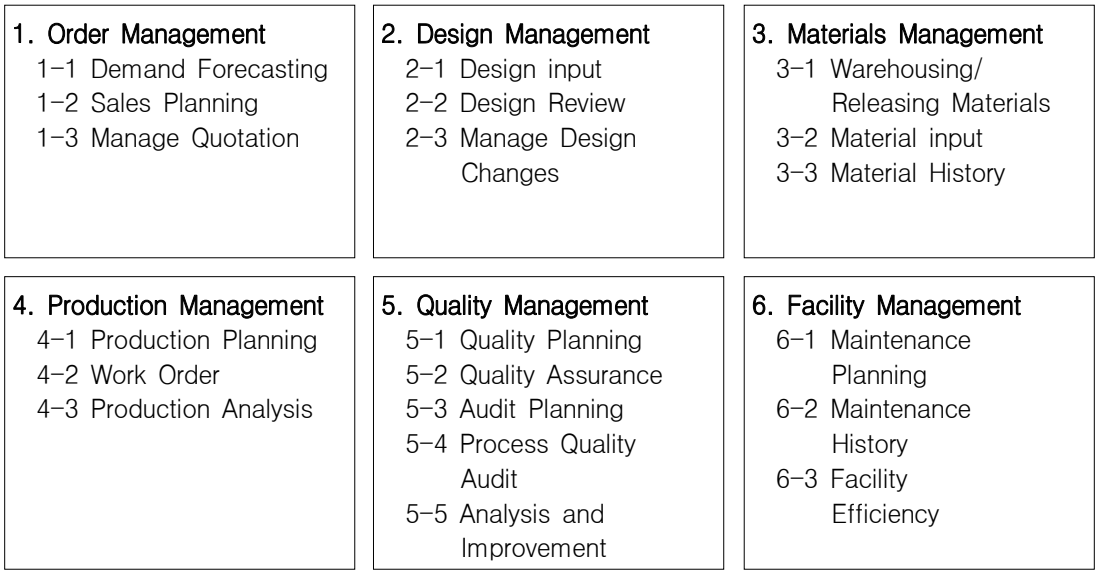

Figure 5. Assessment Items

4.4 진단항목 구성 및 개별항목 정의

4.4.1 스마트공장 핵심요소로부터 진단영역 도출

스마트공장의 3대 핵심요소[3]인 사람, 프로세스 그리고 기계를 중심으로 각 요소 간 관계를 중심으로 중소기업 스마트화 사전진단을 위한 세 가지 진단영역을 도출하였다. 첫째, 사람-프로세스의 관계는 업무수행 절차에 대한 표준화와 변화된 환경에 대응을 위한 관리활동으로 정의할 수 있으며 이를 '시스템 구축수준'으로 정의하였다. 둘째, 기계-프로세스의 관계는 기계와 업무수행 절차가 얼마나 효과적으로 활용되어 성과를 창출하는가의 의미로 '운영수준'으로 정의할 수 있다. 셋째, 사람-기계의 관계는 자동화, 스마트화에 대해 기업 구성원이 얼마나 이해하고 있는가의 의미로 이를 '이해도'로 정의할 수 있다. 상기 스마트공장의 3대 요소 중 스마트화 사전진단을 위한 진단항목은 시스템 구축수준과 운영수준을 진단측정의 두 축으로 선정하였으며, 이해도의 경우 교육 및 관련정책 홍보에 의해 향상될 수 있는 대상으로 판단하고 진단항목에서는 제외하였다.

4.4.2 진단항목 세부정의

각 진단항목 별로 준비도를 진단하기 위한 세부 항목은 기능별로 시스템 구축 수준과 실행수준을 평가할 수 있는 핵심질문으로 정의하였다. 각 핵심질문은 KS, ISO, TS16949 등 기존 품질경영 인증평가를 위한 세부평가항목은 물론, 자동차산업 등 주요 산업분야에서 활용하는 품질매뉴얼을 검토하여 스마트공장 추진 과정에서 핵심적으로 평가

3) 박형근(2014), "4차 산업혁명이 시작됐다. 기계가 소통하는 사이버물리시스템 주목하라." DBR N0.166.

되어야 할 내용 위주로 도출하였다. 또한 각 평가항목은 시스템구축수준과 운영수준을 1:1로 평가할 수 있도록 구성되었다. 세부 평가항목은 시스템 구축 수준과 운영수준의 2영역 별로 총 64개씩 총 128개 항목으로 정의되었다. Table 1.은 중소기업 스마트화 준비도 진단을 위한 6개 영역 별 세부 평가항목과 평가를 위한 질문 중 일부를 제시한 것이다.

Table 1. Smart Factory Readiness Assessment Items(Partial)

Main Category	Sub Category	Readiness Assessment Items	
		System build Level	Performance Level
1. Order Management	1-1 Demand Forecasting	• Are the basic data required for demand forecasting defined and built into the database? • Are goals set for accuracy in demand forecasting? • Has the process for demand forecasting (demand forecasting tool, criteria, participant number, etc.) been defined?	• Does the company conduct Gap analysis between demand forecasting and Actual Data? • Does the company periodically roll out demand forecast accuracy goals? • Does the company develop and implement measures to improve the accuracy of demand forecasting?
	1-2 Sales Planning	• Are standard procedures for changing sales plans established? • Are the data collected / maintained to reflect the planning? • Are sales plans organized by category (by item, by customer)?	• What is the level of achievement of sales planning accuracy (short or long term)?. • Is sales unit price / history management systematically operated? • Is there a way to improve the accuracy of the sales plan and is it implemented?
	1-3 Manage Quotation	• Are basic data and key management items for estimating? • Does the company take into account the relationship and usage of the components of the upper and lower parts when calculating the preliminary cost? • Are the main data management items for customer management defined?	• Does the company manage order collection management? • What is the level of the gap between the calculated advance cost and Actual cost and is it being managed? • Is the customer management information managed in accordance with the results of the quotation (the current level of the main information)?

4.4.3 준비도 진단결과 평가방식 설계

스마트화 준비도 진단결과 평가방식은 현재 스마트공장 관련 정책기획 및 사업추진 과정에서 활용되고 있는 4단계 수준과 연계하여 설계하였다. 스마트공장 보급 사업을 담당하고 있는 스마트공장 민관합동 추진단에서는 기초단계에서 고도화단계의 4단계를 스마트공장 도입 후 운영 수준을 측정할 수 있는 기준으로 운영하고 있다. 스마트화

준비도 진단결과는 각 구간별 값에 따라 스마트공장 수준단계에 연계되어 스마트공장 사업의 정책담당자나 중소기업 현장의 실무담당자도 이해할 수 있는 형태로 제시되도록 설계하였다. Figure 6.은 스마트화 준비도 진단 평가결과와 스마트공장 수준 단계와의 연계구조 설계를 설명하고 있다.

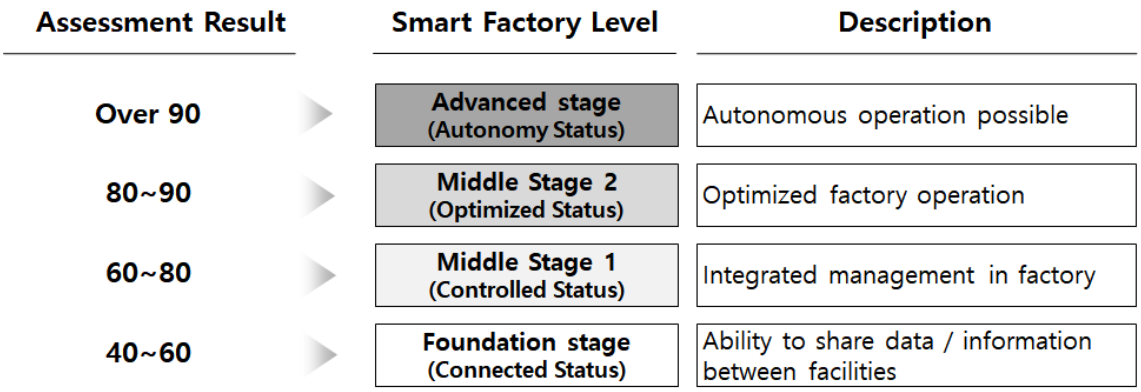

Figure 6. Smartization Readiness Diagnostic Results and Smart Factory Level Steps

4.4.4 진단결과와 중소기업 품질혁신 기법 연계

스마트화 준비도 진단프레임워크는 단순히 해당 중소기업이 스마트공장 도입 추진이 가능한 지 여부만을 판단하는 것이 아니라 진단결과에 따라 ① 스마트공장 즉시 도입 ② 보완 후 도입 ③ 품질혁신 활동 추진 등 유형 별 대안을 제시하여 PASS[4], 3정5S, 표준화 등 기업 현실에 적합한 유형의 지도사업과 연계하여 중소기업의 품질수준 향상에 직접 기여할 수 있는 연계 프로그램을 제시하였다.

5. 사례연구

5.1 연구개요

본 사례연구는 2018년 6월에서 9월까지 대한상공회의소 주관으로 시행된 <2018 중소기업 품질혁신 지도사업>의 일환으로 추진되었다. 사업 참여기업 중 스마트공장 도입을 준비 중인 기업을 대상으로 참여 신청을 받아 추진되었으며 총 참여기업 수는 110개 기업이다. Table 2. 는 참여기업의 설립연도를 기준으로 한 업력의 분포를 보여준다. 참여기업 중 가장 많은 분포를 보여주는 기업은 11년-19년이 41개(37%)로 조사되었으며, 20년 이상 기업도 29개(26)로 조사되었다.

4) 기존 중소기업 품질혁신 표준방법론으로 운영되어 온 <싱글PPM>을 대체하기 위해 2017년에 개발된 방법론으로서, P(Propose, 개선문제 정의), A(Analyze, 참원인 파악), S(Solve, 개선활동 전개), S(Sustain, 개선안 유지관리)의 4단계 로드맵에 의해 품질관련 문제를 해결하는 기법이다.

Table 2. Classification of SMEs by Operating Period

Operating Period	5 years or less	6~10 years	11~19 years	More than 20 years	Total
Number of companies (%)	17 (15%)	23 (21%)	41 (37%)	29 (26%)	110 (100%)

사전진단에 참여한 기업의 업종은 민관합동 스마트공장 추진단의 스마트공장 참조모델의 구분에 따라 분류하였으며, 업종분류 중 제약과 패션업을 제외한 나머지 업종이 모두 포함되었으며 기계부품 조립업종이 27개(25%), 사출성형이 14개(13%), 소성가공 12개(11%) 등의 비중을 차지하고 있다.

5.2 진단결과 종합

사전진단 결과 110개 진단대상기업 중 스마트화 가능 기업(진단점수 40점 이상)은 60개(54.5%), 스마트화 추진 불가능 기업으로 판단된 기업은 50개(45.5%)로 평가되었다. 전체 기업의 준비도 점수 평균은 40.62점으로 조사되었으며, 전체 110개 기업 중 상위 10%로 평가된 기업은 26개 업체이다. 최고점수인 60점으로 평가된 기업은 3개 업체이다.

Table 3. Smartization Readiness Assessment Results of SMEs

Readiness Assessment Results	Suitable for Smartization	Unsuitable for Smartization	Total
Number of companies (%)	60 (54.5%)	50 (45.5%)	110 (100%)

스마트화 진행 가능 기업으로 진단된 기업의 준비도 점수평균 46.17점으로 조사되었으며, 진단결과에 따른 후속조치 유형은 개선 후 추진 22개(37%), 경영품질향상 37개(62%), 스마트화 추진 1개(1%)로 나타났다. 스마트화 진행 불가 기업의 점수평균은 33.97점으로 조사되었고, 진단 후 후속조치 유형은 개선 후 추진 10개(20%), 경영품질향상 40개(80%)로 나타났다.

5.3 영역 별 진단결과

스마트화 사전진단 결과 진단대상기업의 영역 별 진단결과 점수는 품질관리 분야(2.52)가 가장 높은 것으로 조사되었다. 가장 낮은 점수로 평가된 영역은 설계관리분야(1.93)로 조사되었다. 진단평가의 두 가지 영역, 즉 시스템구축수준과 실행수준 간의 차이가 가장 큰 영역은 수주관리 분야로 조사되었으며, 가장 작은 영역은 품질관리 분야로 나타났다.

Table 4. Assessment results by smartization readiness area(System/Performance)

Area	1. Order Management			2. Design Management			3. Materials Management			4. Production Management			5. Quality Management			6. Facility Management		
Average Score	2.18			1.93			2.44			2.46			2.52			2.2		
Gap between system and per-for-mance	S	P	Gap	S	P	Gap	S	P	Gap	S	P	Gap	S	P	Gap	S	P	Gap
	2.3	2.06	0.24	2	1.86	0.14	2.5	2.38	0.12	2.5	2.41	0.09	2.56	2.48	0.08	2.25	2.15	0.1

5.4 진단결과에 따른 영역 별 후속조치 유형

Table 5.는 스마트화 사전진단 결과 각 진단영역 별 시스템 구축수준과 실행수준의 향상을 위해 도출된 과제의 유형을 나타낸다. 6개 진단영역을 대상으로 한 후속조치에서 가장 많은 유형을 차지하고 있는 것은 중소기업특화 품질혁신방법론인 PASS인 것으로 조사되었다. 또한 스마트공장 도입 전 프로세스 표준화를 위한 활동과 ISP(정보화 전략계획)도 전 영역에서 고르게 활용되고 있음을 확인할 수 있다. 자재관리에 대해서는 정리·정돈 활동을 중심으로 한 업무개선활동인 3정5S가 가장 많이 적용됨을 알 수 있다.

Table 5. Follow-up type by area according to assessment result

Assessment Area	1. Order Management	2. Design Management	3. Materials Management	4. Production Management	5. Quality Management	6. Facility Management
PASS	47	35	34	70	85	65
ISP	16	7	22	11	7	8
Standardization	32	28	24	22	16	29
3정5S			28	4		3
즉 실천	1		1	2	1	3

6. 결론

본 연구에서는 우리나라 중소기업의 현실을 반영한 스마트화 준비도 진단 프레임워크의 개발과정과 개발된 진단 프레임워크를 110개 중소기업을 대상으로 적용한 사례연구를 제시하였다. 4차 산업혁명의 실현을 위해 선진 각국이 치열한 경쟁을 벌이고 있는 환경 아래 국내 중소기업을 대상으로 추진되는 스마트공장 보급 사업에 있어 사전진단을 통해 각 기업이 해결해야 할 이슈를 확인하고, 스마트공장 도입을 통해 달성할 수 있는 스마트화 목표수준을 명확히

정의하는 진단활동은 향후 동 사업의 성공가능성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 학문적 차원에서 본 연구는 기존 성숙도 개념을 중심으로 한 스마트공장 수준진단 방법론의 한계를 벗어나 준비도라는 새로운 개념을 중심으로 다양한 산업분야에 있어 새로운 기술 및 업무방식의 도입과정을 연구한 사례를 제시했다는 측면에서 의의를 찾을 수 있다.

실무적 차원에서 진단활동이 결과보고에 머무르지 않고 도출된 이슈를 문제해결 방법론과 연계하여 개선을 위한 실천적인 활동으로 연계하는 사례가 스마트공장 도입을 준비 중인 중소기업의 경영진 및 실무자들에게 시사점을 줄 수 있다고 판단된다. 아울러 중소기업의 핵심 업무 중 설계관리 및 수주관리 분야가 타 업무에 비해 영역 별 점수가 낮게 평가되었는바, 스마트공장 도입은 물론 기업 경영품질의 향상을 위해서는 보다 많은 경영자원의 투입을 통해 경쟁력 강화를 위한 조치가 실행되어야 할 필요가 있음을 확인하였다.

또한 향후 기업의 스마트공장 도입 의사결정은 물론 스마트공장 보급정책 수립에 있어서 대상기업의 업무 프로세스 표준화, 데이터의 정의와 관리 등 시스템 구축수준의 향상과 기존 업무 프로세스를 활용한 경영활동의 성과수준이 주요한 고려사항이 되어야 한다는 시사점을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 전체 중소기업 업종을 단일한 프레임워크를 적용하여 진단하였다. 이는 스마트화 사전진단체계 개발에 있어 표준 진단방법론을 우선 개발하고 세부 업종별로 전개해 나아간다는 개발 방향성과 실무적용을 통해 진단 프레임워크의 적용가능성을 우선 확인해야 한다는 실무적 요구에 따른 것이었다. 업종 별로 실제 중소기업은 업종에 따라 경영환경, 공정의 차이, 발주처인 대기업과의 업무연계 방식, 생산품목의 복잡성 여부 등에 큰 차이가 나타날 수 있으므로 본 연구에서 제시한 방법론에 대한 후속연구를 통해 업종 별로 특화된 진단방식과 평가방식이 개발되어야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

4th Industrial Revolution Commission. 2018. Strategies for smart factory expansion and upgrading.

A. Schumacher, S. Erol, and W. Sihnab. 2016. “A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises.” Procedia CIRP 52:161-166.

Bae, Youngsik., and Chang, Hangbae. 2013. “A Qualitative Research on ICT Policy Design for Small and Medium Business.” Journal of Society for e-Business Studies 18(1):57-70.

Chen, Derek H. C., and Dahlman, Carl J. 2006. “The knowledge economy, the KAM methodology and World Bank operations.” WBI Working Paper, Vol. 1, Washington, DC: World Bank.

Chung, Sun-Yang, Jeon, Joong-Yang, and Hwang, Jeong-Jae. 2016. “Standardization Strategy of Smart Factory for Improving SME’s Global Competitiveness.” Journal of Korea technology innovation society 19(3):545-571.

Economic Development Board of Singapore. 2017. “The Singapore Smart Industry Readiness Index.” Available at: https://www.edb.gov.sg/en/news-and-resources/news/advanced-manufacturing-release.

Economist Intelligence Unit Limited. 2001. “The economist intelligence unit/pyramid research e-readiness rankings.” Available at: http://www.ebusinessforum.com/index.asp.

Korea Institute of S&T Evaluation and Planning. 2018. “Domestic Smart Manufacturing Policy and Support Status and Improvement Plan.” KISTEP Issue Weekly 01, ISSN 2586-2278.

Lee, Jeongcheol. 2018. “Developing a framework for assessing maturity of future manufacturing system and case study.” Dept. of Industrial Engineering, The Graduate School, Seoul National University.

M. J. Austin, and J. Claassen. 2008. “Impact of Organizational Change on Organizational Culture: Implications for Introducing Evidence-Based Practice.” Journal of evidence based social work 5(1-2):321-59.

Ministry of Culture, Sports and Tourism. 2016. Smart factory support business recognition and satisfaction survey.

Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea Smart Factory Foundation. 2017. Smart Factory Reference Model - Industry Focused. 2.

Park, Hyungkeun. 2014. "The fourth industrial revolution began. Pay attention to cyber physics system that machine communicates." Dong_A Business Review (DBR) 166(1).

Price waterhouse Coopers (PwC). 2016. "Industry 4.0 - Enabling Digital Operations Self Assessment." Available at: https://i4-0-self-assessment.pwc.nl/i40/landing/.

U. S. Department of Health and Human Services, Health Resources and Services Administration. 2016. Readiness Assessment & Developing Project Aims.

VDMA. 2015. "Industrie 4.0 Readiness." Foundation for mechanical engineering, plant engineering, and information technology of Germany, Available at: https://www.industrie40-readiness.de/.

World Economic Forum (WEF). 2002. "What is 'networked readiness' and why does it matter?" Available at: https://www.weforum.org/agenda/2016/07/what-is-networked-readiness-and-why-does-it-matter/.

World Economic Forum (WEF). 2016. "How are companies around the world really embracing digital?" Available at: https://www.weforum.org/agenda/2016/05/industry-4-0/KS Q ISO 9001:2015. Quality management systems and Requirements.