



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

기술경영학 석사 학위논문

스마트공장 도입 의향에 대한
영향요인 규명 연구
: 제조 벤처기업을 대상으로

2020년 8월

부경대학교 기술경영전문대학원

기술경영학과

박 성 호

기술경영학 석사 학위논문

스마트공장 도입 의향에 대한
영향요인 규명 연구
: 제조 벤처기업을 대상으로

지도교수 천동필

이 논문을 기술경영학 석사 학위논문으로 제출함.
2020년 8월

부경대학교 기술경영전문대학원

기술경영학과

박 성 호

박성호의 기술경영학 석사 학위논문을 인준함.

2020년 8월 일

위 원 장 경제학박사 이 민 규 (인)

위 원 공학박사 옥 영 석 (인)

위 원 공학박사 천 동 필 (인)

목 차

I. 서 론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 목적	8
II. 이론적 배경 및 선행연구	16
1. 이론적 배경	16
2. 선행연구	31
III. 연구모형	41
1. 데이터	41
2. 연구모형	44
IV. 분석결과	51
1. 기초통계분석	51
2. 분석결과	52
V. 결 론	54
1. 연구요약	54
2. 시사점	55
3. 연구한계 및 향후연구방향	57

참고 문헌	60
1. 국내 문헌	60
2. 해외 문헌	65



표 목 차

<표 1> 스마트공장 도입 시 고려사항	11
<표 2> 변수명과 설명	44
<표 3> 변수 정의 구분	46
<표 4> 지역별 유효데이터	47
<표 5> 기업성장단계별 유효데이터	48
<표 6> 스마트공장 도입의향 유효데이터	48
<표 7> 4차 산업혁명관계여부 유효데이터	49
<표 8> 기술통계량별 유효데이터	50
<표 9> 방정식의 변수	51
<표 10> 모형요약	51
<표 11> 분류표 a	51
<표 12> 로지스틱 회귀 분석	52
<표 13> 가설 지지여부	55

A Study on the Influence Factors on the Intension to Introduce Smart Factories
: Focusing on Manufacturing Ventures

Seoung Ho Park

Graduate School of Management of Technology
Pukyong National University

Abstract

After the advent of the Fourth Industrial Revolution, smart factories will gradually establish themselves as the core foundation of the Fourth Industrial Revolution and change and develop the competitive landscape of manufacturing industry. Therefore, it should be implemented as a differentiated strategy for introduction, construction and follow-up management. In line with this, major factors influencing the introduction of smart factories by manufacturing venture companies based on venture technology were investigated and studied based on official data from Statistics Korea.

To identify the factors affecting the introduction of the nation's first smart factory, the analysis of the national unit analysis, corporate growth stage, willingness to introduce smart factories and whether the 4th industrial revolution is related to the introduction of smart factories by manufacturing venture companies, intention to introduce them to domestic demand and exports, and statistical results on the areas related to technology related to the 4th industrial revolution were analyzed, and the employees, assets and sales of manufacturing venture companies were also investigated. It shows that manufacturing venture companies are relatively willing to introduce smart factories in the early and mature stages and are relatively willing to introduce them in preparation for global entry into foreign markets.

This study will require the government's policies to be planned, established and implemented in a realistic direction in line with the intention of manufacturing venture companies to introduce smart factories to enhance productivity and strategically strengthen their global competitiveness.

In addition, we would like to present research directions and implications on future reality that can create new industries suitable for high value-added industries and venture businesses in line with the development of manufacturing technologies of manufacturing venture companies and revitalize them as demand-manufacturing companies that meet the current state of domestic and foreign markets.

I. 서론

1. 연구 배경

우리나라는 현대 격변기를 지나며 1980년대 제조업의 발전과 확장으로 산업 기반에 괄목할 만한 경제 성장을 이루어 냈다. 1990년대 접어들면서 산업의 효율화와 생산성 극대화로 작업과 공정의 자동화(FA, Factory Automation)가 제조업의 혁신으로 인식되었다. 하지만 기술 자체에 대한 연구 개발 노력부족 등으로 국내외 경쟁력이 약화되어 제조업의 경제성장 기여도는 점차 낮아 졌으며 2000년도 초반 이후로 고임금, 고이자, 고물류비 등 고비용 대비 저효율의 생산구조 생태계 형성으로 국내 제조업 경쟁력의 한계까지 보였다. 그리고 일부의 시작으로 보편화된 제조업의 해외 이전이 하나의 방안으로 산업별 경제 경쟁력을 유지 해왔다.

2011년 독일과학기술원(Acatech) 학술원장 Henning Kagermann이 제조부문과 에너지부문의 변화와 혁명을 위한 새로운 독일 산업정책안을 제시하면서 이것을 산업4.0(Industry 4.0)이라 칭하였고 이것이 제4차 산업혁명의 시작을 알리게 되었다(Geissbauer et al, 2016). 4차 산업혁명으로 한층 더 심세하며 융합적인 기술 발전과 세계적인 제조업의 르네상스 시대로 접어들면서 국가 경쟁력의 중요한 일환으로 산업별 스마트공장(Smart Factory) 시스템 도입과 운영이 국가 경쟁력 도모에 차별화된 전략적 방안으로 대두되고 있다.

이에 우리나라 정부도 스마트제조 혁신 추진단을 운영함으로 중소·중견기업의 스마트공장 시스템 도입과 구축 그리고 사후관리에 체계적이며 적극적으로 추진하고 있다. 그러나 국내총생산(GDP) 대비 제조업 비율이 30% 이상 차지하는 우리나라는 산업별 생태계에 국내외 경쟁력을 재정비

하기 위해서 스마트공장 도입이 필수 절대적이라고 볼 수 있다.

미국의 B2B 조사기관 Markets&Markets 보고서에 따르면 글로벌 스마트공장 제조 산업시장 규모는 2022년까지 매년 9.3%씩 성장하여 약2054.2억 달러 시장규모로 형성 될 것이며, 한국의 스마트공장 제조업 규모는 2020년에는 78.3억 달러 그리고 2022년까지는 127.6억 달러로 연간 12.2%의 높은 성장률로 아시아에서 중국에 이어 두 번째로 빠른 성장 속도를 예상한다. 하지만 스마트공장 관련 기술 수준 비교부분에서는 2019년 기준 우리나라는 미국과 유럽 그리고 일본에 이어 4위에 위치하고 있으나, 3위인 일본과 기술수준의 차이가 크게 있어 경쟁력 제고와 확보를 위한 기획 및 추진의 현실적인 운영 방안이 필요하다.

우리나라 총생산에서 약30%를 차지하며 경제성장의 견인차 역할을 했던 국내 제조업이 국내외 경기침체의 영향과 특히 현재 유행하고 있는 코로나 팬데믹(Corona 19 Pandemic) 위기가 겹쳐서 산업활성화에 어려움이 지속되고 있다. 국가별 총생산에 제조업 자치 비율이 중국 28%, 독일 23% 그리고 일본의 19%인 것과 비교하였을 때 월등히 높은 한국 제조업이 경쟁력 순위가 계속 하락하고 있고 특히 대기업과 중견기업 중심으로 해외 진출이 증가하고 있는 것은 심각한 문제점으로 여기며 이러한 문제점과 그 해결책을 연구할 필요가 절실히 있다. 전문가들 견해는 저비용과 고비용의 산업구조가 우리나라의 글로벌 경쟁력 약화를 초래하였고 이에 따라 한국 제조업의 위기가 기술우위의 제조 강국과 비용우위의 제조 강국 사이에서 점차 그 차별성을 잃어가고 있기 때문이라 분석하였다. 예전 1960년대부터 시작된 국내 제조업 기반은 현재 개발도상국의 경쟁력과 같이 낮은 인건비용을 기반으로 한 성장이었고 현재 우리나라의 제조업은 재벌기업과 함께 성장해 왔기 때문에 일부 대기업의 경쟁력 약화는 곧바로 해당 산업 분야의 제조업의 근간을 위협할 수 있는 상황인 것이다.

국가 경제 성장의 다양화를 통하여 서비스 및 신규 산업분야의 발달로 제조업 비중이 감소하고 탈산업화가 심각해져 왔으나 제조업이 전후방 연관 효과가 높고 경제전체에 미치는 영향이 크기 때문에 미국과 독일, 일본 등 선진국을 중심으로 제조업이 새로이 재조명되고 있다.

최근 주요 선진국가들이 제조업을 통한 고용창출과 기술개발, 연구개발을 통한 신제품 출시로 국가의 글로벌 경쟁력 확보에 주력하고 있으며 특히 미국은 트럼프 정부의 강력한 기조로 저렴한 인건비를 앞세워 개발도상국으로 이전한 자국 기업들을 본국으로 복귀시키기 위한 정책을 확대하며 자국의 제조업 경쟁력을 강화하는 추세이다. 이는 이른바 리쇼어링(Re-shoring, 제조업의 본국 회귀)을 추진하고 있는 국가 간의 제조업 유치 경쟁은 총성 없는 전쟁으로 불리고 있는 가운데 사업규모별로 편차가 큰 국내 제조업 시장은 중소기업의 기반이 탄탄하지 못하여 글로벌 경쟁에 있어 매우 취약한 상황이며 4차 산업혁명에 대한 대응과 생존을 위한 전략구상을 통해 제조업 전반의 경쟁력 확보가 절실한 현실이다.

우리나라는 2022년 3만개 스마트공장 보급을 목표로 중소·중견기업 중심 구축하려 하고 있지만 현재까지는 소프트웨어(Software) 위주 보급이며 사물인터넷(Internet of Things; IoT)와 사이버 물리시스템 (Cyber Physical System; CPS) 같이 스마트공장 제조 기술의 고도화에 필요한 정보통신기술 (Information and Communications Technology; ICT) 기술의 솔루션은 대기업 중심의 시범 도입 단계이며 성공적인 사례는 아직 부족한 편이다.

해당 관련 산업에 따라 스마트공장 도입과 확산의 속도나 활용 속도는 다양하게 상이할 가능성이 큰데 이것은 산업마다 비용 구조가 다르고 기존의 자동화 수준, 고정밀과 고품질 생산 필요성, 시장의 다품종 소량 생산 압박, 요소별 기술 사용가치가 각각 다르기 때문이며 뿌리산업의 경우

에는 대부분 기계 또는 기계부품을 생산 및 개발을 주도하는 독일이 선제적으로 스마트공장을 도입을 활성화한 경우를 보면 도입시기에서 확산시기까지의 기간은 늦겠지만 확산속도는 타 산업대비 빠를 것으로 전망되고 자동화 수준이 낮고 인건비 수준이 높았는데 스마트공장 도입 시 비용절감이나 품질향상의 효율적 이익을 크게 기대할 수 있기 때문이다.

현재 스마트공장은 독일이 주도하는 가운데 미국과 일본의 추격 양상으로 전개 중으로 볼 수 있다. 독일은 2011년부터 인더스트리 4.0(Industrie 4.0) 슬로건 하에 국가차원에서 스마트공장 전략적 관점에서 집중하여 추진해오고 있고 인더스트리 4.0은 ICT 기술을 활용해 생산 공정을 업그레이드하고 개발·구매·유통·서비스까지 전반적인 가치사슬을 통합하며 나아가 셀 생산방식과 사이버 물리시스템(CPS)등을 결합해 새로운 형태의 생산체제를 만들고자 하는 개념으로 추진 중이다.

미국은 2012년 이후 ‘국가 첨단 제조전략’ 등 제조업 부흥정책을 시도하였으나 국가차원에서 새로운 미래 제조업 체제 구조 청사진까지 구체적 제시는 못 하였지만, 2012년부터 GE社의 산업인터넷(Industrial Internet) 전략 추진, 리쇼어링 타진 제조업체의 증가에 힘입어 스마트공장에 대한 관심이 높아졌다. 이것은 산업 인터넷에 사물 인터넷(IoT)을 산업현장에 적용한 버전이라고 볼 수 있으며 산업현장에서 사물 인터넷·클라우드·빅데이터 분석 등 새로운 기술적 기반을 활용해 최근의 생산성 정체를 돌파하고 이를 기반으로 새로운 사업모델을 창출하려는 것이다.

일본은 2000년대 모노즈쿠리 전략, 2013년 산업 재흥플랜 등 다양한 제조업 경쟁력 강화 정책들을 추진해왔다. 그러나 이러한 정책들은 적시생산체제(JIT), 현장암묵지, 지속적 개선(Kaizen), 모노즈쿠리 등 전통적인 생산성 제고 방법론을 중시했고, ICT 기반의 생산성 증대 가능성에는 큰 관심을 갖지 않았으나 독일의 인더스트리 4.0, 미국의 산업 인터넷, 나아가

전 세계적인 4차 산업혁명 유행과 추세에 맞춰 최근 일본정부와 재계 모두 스마트공장에 다시금 주목하고 있는 상황이다.

독일, 미국 그리고 일본 모두 스마트공장을 기존 제조 산업구조의 업그레이드 대안으로 적극 강조하고 있지만 구체적인 전략은 서로 간 입장과 경제 및 산업 환경과 정책적 조건에 맞춰서 다르게 시행하고 있다. 그리고 기업들의 스마트공장 도입과 활성화 추진 방향도 국가별로 조금씩 다르며 스마트공장 도입의 주체만 보더라도 독일은 정부 주도 성격이 강하나 미국은 대기업 주도형이며 일본은 각기 기업들이 독립적으로 추진하는 상황이다.

전략적 목표로 독일은 21세기형 생산체제의 구축이라는 비전으로 20세기 시기의 대량생산체제를 벗어나서 새로운 다품종 소량 생산체제를 만드는 것이며 미국은 사물 인터넷(IoT)의 연장선상에서 데이터와 네트워킹을 활용해 신사업 모델을 창출하고 새로운 수익원천을 확보하려는 실리적인 목표이며 일본은 전통적인 생산성 향상 기법이 도달한 한계를 극복하기 위한 보완적인 수단으로 활용하는데 목적이 있는 것으로 보인다.

우리나라는 스마트공장의 핵심적이며 융합 기술의 경쟁력이 다른 경제적 우위 국가들에 비해 아직은 실력이 부족하고 소프트웨어 및 하드웨어 기기 공급사업 분야에서 역량도 부족한 상황이다. 스마트공장 보급의 확대는 스마트공장 시스템을 도입하는 기업들 자체적인 혁신력 향상일 뿐만 아니라 스마트공장화를 가능하게 하는 공급기업의 역량과 수준을 필요로 한다. 이러한 스마트공장 시스템의 공급 기업들 간의 표준화가 안 되어 있는 경우가 많아서 기업들 간의 융·복합적 기술 경쟁력 활성화가 미비하다.

또한 경영환경이 열악한 상황이거나 운영 전반에 있어 담당할 인적 요소의 부족 또는 부재로 중소기업 입장에서는 스마트공장 도입을 위한 정보와 준비 부족, 기술 부족, 자금 부족 그리고 진행과정과 사후관리에 있

어 내부 담당인력 확보 어려움으로 스마트공장 도입 의향에 있어 미리 도입 결정을 머뭇거리는 경우가 많다.

국내외 산업별 기업들이 제조 효율성 향상과 시장 점유를 위한 경쟁력 강화의 방안으로 스마트공장 도입을 중심으로 산업별 생산 혁신에 노력하고자 하는 시대의 흐름과 대세에 우리 한국 정부 역시 ‘제조업 혁신 3.0’의 산업정책을 추진함으로써 중소기업에 스마트공장 도입과 고도화 확산에 대한 추진과 운영을 하고 있다. 스마트공장 도입에 대한 관심은 점차 증가하고 있는 추세이나 아직은 국내 중소기업에 스마트공장 보급률과 스마트공장 도입에 따른 생산성 효과에 대한 인식과 기대치는 대체적으로 낮은 편이다.

이에 본 연구는 그러한 4차 산업 혁명 기술 시대의 주요한 역할을 할 스마트공장의 지원정책과 도입과 보급 확산을 활성화하게 유도할 수 있는 방향을 제시하고자 탐색적 연구를 하였다. 특히 스마트 제조공정에 관한 국내 스마트공장 기술개발 현황과 문제점으로 스마트공장의 진화 수준을 ICT 미적용, 기초, 중간, 고도화 수준으로 구분하였을 때, 국내 대기업의 1차 협력사는 중간 이상 수준이지만, 대다수 중소기업은 수작업 혹은 ICT의 제한적 활용에 그치는 상황으로 보고 있고, 국내 스마트 제조 생태계의 문제점으로, 스마트공장 고도화를 위해 필수적인 신기술 및 핵심기술 역량 부족, 호환성·신뢰도 등의 사유로 국내 중소기업들의 신규 진입 난해, 공장 스마트화 추진 시 소요되는 비용 및 위험에 대한 큰 부담, 과거 노동집약적 생산방식 고수하여 저임금 노동력 확보에 집중, 국제표준에 부합하는 표준 플랫폼 부재, 공장 스마트화를 위한 전문 인력 부족으로 보고 있다.

그러한 문제점의 해결방안으로 스마트공장 보급·확산의 실효성 확보하고, 지역 제조 산업의 스마트화를 위해 지역중심의 스마트 제조공정 지원 센터 구축이 필요할 것이다.

무엇보다 그 첫 단계인 스마트공장의 도입을 위한 영향 요인에 대한 조사 분석으로 근거로 정책적 방향을 잡는다면 보다 효율적인 스마트공장의 보급을 확장 시킬 수 있을 것이라 여겨 본 연구에 그 목적성을 두었다.



2. 연구 목적

4차 산업 혁명 기술 확산의 시대에 우리나라의 현재 상황을 분석해 보면 최근 수년 동안 장기적인 제조업이 침체되는 주요 이유 중에 하나가 전 세계적인 경기 침체이다. 그리고 제조 산업 분야에 있어 노동 인력의 고령화에 따른 노동력 감소 그리고 예전에는 기술력이 낮았던 중국과 인도 같은 신흥 제조 산업 강국 기업들의 인건비 상승과 기술력 발전 또한 그 이유로 볼 수 있다. 일시적으로 시작 되어 보편화 되었던 제조 산업 기업들은 해외로 진출하고 난 이후 이러한 시사적 문제를 장기적으로 자체 경쟁력을 높일 관점에서 해결하고자 다른 기반 연결 혹은 대안 방안을 고민 하였다.

최적의 방안은 스마트공장의 도입으로 데이터를 분석, 의사결정의 최적화 그리고 안전하고 쾌적한 작업환경의 구축하여 최고의 생산효율성 이루어 낼 수 있는 스마트공장의 도입과 구축하는 것이다.

산업통상자원부는 ‘창조 경제 구현을 위한 제조업혁신 3.0전략’의 핵심 과제로 스마트공장을 중·장기적으로 전파 확산할 계획을 수립하여 시행하고 있으며, 중소 제조 기업 3만개 공장을 2022년까지 스마트화 적용을 추진하고 있다. 그리고 정부에서 기획하고 추진하는 스마트공장은 기존의 뿌리산업(주조, 금형, 용접 등)이 주요 산업으로 될 전망이고, 공장자동화와 스마트공장 간의 협업 및 물류 자동화를 포괄 운영을 통하여 생산 효율성을 증진시키는데 목표를 두겠다는 계획이다. 하지만 스마트공장의 도입으로 가져 올 기업의 경제적, 생산적 그리고 수익적인 이득을 추이하여 이행하기 전에 먼저 스마트공장의 도입에 대한 의향에 대한 이해가 충분히 필요하며 그에 맞춰 정부의 지원정책 방향을 수립하여 맞춰간다면 보다 체

계적이고 적재적소의 분포로 우리나라 산업별 스마트공장화 구축을 이루어 나갈 수 있다고 본다.

제조업의 경쟁력을 인정받은 우리나라이지만 제조업 강국으로 급부상하게 된 중국과 일본의 제조업 부활 등으로 인해 앞으로는 기존에 실행되고 적용되었던 방법을 유지하는 전략으로는 제조업 강국으로써의 측면을 그대로 지속하기 어려운 상황이 되고 있다. 국내의 제조 산업의 경우 고령화와 기피 현상으로 인한 인력난과 보다 급변하는 글로벌 경쟁심화 분위기와 수요의 다양화로 인해서 총체적인 난국이라고 할 수 있다. 이러한 위기 상황을 극복함과 동시에 한국의 생산 제조기술이 다시 한 번 제조업을 세계적으로 선도하는 주역으로 자리매김하기 위해서는 생산제조 분야에서 창조적이고, 창의적이며, 체계적인 연구를 수행할 스마트공장 도입의 필요가 크다고 볼 수 있다.

스마트 공장을 구상하는 가장 쉬운 방법은보다 전통적인 현대식 생산 환경과 비교하는 것이다. 오늘날 트렌드에서 제조업체가 자동화를 수용함에 따라 많은 회사들이 운영의 여러 부분에서 자동화 시스템을 보유하고 있다. 온라인 생산 기계, 바코드 스캐너, 피킹에 도움이 되는 드론 또는 유사한 도구와 같은 공급망 요소를 자동화하는 도구가 있을 수 있다. 동시에 생산 라인을 자동화하여 로봇을 사용하여 사람이 개입하지 않고도 다양한 제조 단계를 거칠 수 있습니다. 테스트 및 품질 관리에는 카메라 및 센서가 장착되어있어 많은 작업을 자동화 할 수 있다.

그러나 많은 공장에서 이러한 자동화 된 프로세스 각각은 서로 연결이 끊어졌으며 다양한 작업 단계 간의 전환을 처리하기 위해 빈번한 사람의 개입이 필요하다. 또한, 기계와 비즈니스 라인 간의 연결이 부족하다는 것은 작업자가 서로 다른 데이터 세트와 보고서를 지속적으로 분석하여 효율성과 관련된 잠재적 문제 영역과 문제점을 식별하고 있음을 의미한다고

볼 수 있다. 미래의 공장은 이기종 시스템이 더 이상 격리되지 않는 공장인 것이다. 데이터 및 프로세스 워크 플로우(work flow)는 창고에서 작업 현장 및 영업 사무소에 이르기까지 모든 비즈니스 라인에서 최적화되는 것이다.

스마트 공장은 보다 지능적인 제조를 추진함으로써 4차 산업 혁명의 기술로 인한 복합적인 운영 플랫폼으로 다음과 같은 역할을 예시로 한다. 첫째, 실시간 생산 데이터를 예측 재고 및 구매 관리 시스템과 통합하여 자재 공급이 생산 일정에 보다 최적화 될 수 있도록 하고, 둘째로 기계 학습을 사용하여 장비의 센서 및 모니터링 장치에서 수집 한 데이터를 자동으로 분석하고 효율성 향상 기회를 인식하여 자료를 축적할 수 있다. 여기에서 소프트웨어는 실제로 기계가 작동하는 데 사용하는 매개 변수를 변경하여 프로세스 개선을 자동으로 수행 할 수 있다. 그리고 이전에 사람의 개입이 필요했던 반복적인 작업을 처리하기 위해 의사결정을 위한 인공지능 또는 기계적인 능력의 확장력으로 드론과 같이 더 깊은 수준의 로봇 솔루션을 활용 수도 있다.

제조분야에서 이러한 기술적인 부분에서 스마트공장의 역할을 확대하여 도입의 취지와 목적을 고민하다 보면, 대표적인 4차 산업혁명 시대의 이슈화 되는 사람들의 경제적으로 안정적인 고용 안정 문제도 지켜봐야 할 것이다. 스마트공장이 서서히 등장함에 따라 사람들이 취하는 역할은 오늘날의 공장에서 현재하고 역할에 비해 더욱 발전을 필요로 한다. 사람들은 더 복잡한 역할을 수행하는 반면 자동화는 반복 가능하고 평범하거나 위험하거나 현재 노동력 부족으로 영향을 받는 작업을 할 수는 있다. 실제로, 인력 부족은 제조업체가 지속적으로 직면하고 있는 가장 일반적인 과제 중 하나이며, 미국의 프로스트 앤 설리번(Frost &Sullivan)의 세계 MHI 시장 분석 보고서 (Global Human Machine Interface)보고서(2018)에

따르면 미주 지역의 전통적인 제조 중심 회사의 56 %가 새로운 직원을 고용하는 것이 어렵다고 하였다. 자동화가 기존 제조 작업에 대한 위협으로 여겨지는 것은 사실이지만 ‘디지털 인재 격차’라고 하는 새로운 트렌드도 있다. 더 많은 회사가 디지털 기술을 구현하기로 선택함에 따라 디지털 기술 세트에 대한 요구가 증가하고 있다. MHI의 연례 산업 보고서에 따르면, 회사는 기술을 운영하는 데 필요한 기술이 부족하여 디지털 기술을 구현하는 능력이 심각하게 저해되고 있다. 즉, 4차 산업혁명 기술을 채택하려면 숙련된 작업자가 더 많이 필요하므로 회사는 인재 개발에 투자를 시작해야 할 것이다.

이처럼 기술적, 고용적인 부분에서의 문제점 또한 스마트공장 도입을 결정하기 위한 기업가와 그 임원들에게는 영향요인이 될 수 있다.

전문가 집단인 Deloitte에서는, 스마트공장 도입 시 고려해야 할 사항으로 다음과 같은 체크 리스트를 제안하였다.

<표 1> 스마트공장 도입 시 고려사항

스마트공장 도입 검토 시 사전 체크리스트
1. 고객 관점에서 서비스 강화가 이뤄지는가?
2. 비용 대비 효과(재무적 효과)가 대안 대비 우수한가?
3. 비효율 개선 영역과 고도화 영역의 구분
4. 운영에 대한 인적 역량은 충족될 수 있는가?
5. 스마트공장여야 하는 이유의 타당성, 왜?
6. 도입 시 예측되는 리스크에 대해 해소 방안이 있는가?
7. 도입의 필요성에 대해 내부 구성원과 공감대를 형성했는가?
8. 지금 도입해야 하는가?
9. 도입을 통해 발생하는 잉여 자원에 대한 대책이 있는가?
10. 현안이 무엇인가?

이는 스마트 공장에 대한 올바르고 적절한 도입 모델을 구현하기 위해 사전에 운영 현황에 대한 객관적 진단 등 확인 점검할 사항을 체크리스트 형태로 제시했으며, 각 점검 항목별 준비사항이 미흡한 경우 스마트공장의 도입은 형식적 수행 절차로 귀결될 가능성이 높다고 할 수 있다. 또한 스마트공장도입 실패 가능성을 최소화하고, 도입 전 기대 수준과 도입 후 도출 수준과의 일치를 위해 도입 프로젝트 추진 시 접하게 되는 의사결정 사항에 대해 참조 가능한 추진 방향을 제시해 활용할 수 있도록 제시한 것이다. 그리고, 스마트공장 도입에 대한 제언사항으로 스마트공장 도입 시, 먼저 도입 자체를 목적으로 삼을 것이 아니라 실제로 도입을 통한 산업 경제 성장과 구현하고자 하는 공장모습을 구체화해 시도하는 것이 필요하다. 그리고 기술적인 측면에서 IT에 너무 무게중심을 두지 말고, 운영 기술(Operation Technique)와 자동화 기술(Automation Technology)에도 충분히 관심을 분산해야 한다.

최근 들어 다양한 형태의 스마트공장 프로젝트를 접하며 드는 생각은 해당 프로젝트명에서 ‘스마트공장’라는 문구를 빼야 실체에 보다 가까워지는 느낌이다. 스마트공장 도입 시 초기(투자 심의 시)에 기대했던 수준에 근접하기 위해서는 현실에 대한 처절한 고민과 반성에서 출발하는 것이 필수적이다.

스마트공장 도입과 관련 4차 산업혁명 기술을 병행하여 보는 관점에서 중소벤처기업부의 ‘스마트공장 보급사업 성과분석’(2019)결과를 보면, 스마트공장 도입이 큰 효과가 있는 것으로 검증됨을 볼 수 있다. ‘스마트공장 보급사업 성과분석’에 따르면, 스마트공장을 도입한 중소기업은 평균적으로 생산성이 30% 늘어났고, 품질은 43.5% 향상되고 더불어 원가가 15.9% 감소했으며 납기 준수율도 15.5% 증가하는 등 경쟁력이 높아졌다고 한다. 또한 매출이 증가(7.7%)하면서 고용도 평균 3명이 증가했고, 산업재해는

18.3% 감소하는 등 양질의 일자리를 창출하는 것으로 나타났다고 한다. 본 상과분석의 데이터는 2014년부터 2017년까지 스마트공장을 도입한 5,003개 기업을 대상으로 분석했다. 특히 기존에 수행했던 설문조사 방식에서 벗어나 기업 데이터와 고용노동부 자료 등 행정 데이터를 적극적으로 활용해 스마트공장을 도입하지 않은 기업 중 유사 조건을 가진 업체와 비교분석(Propensity Score Matching, PMS)을 실시해 신뢰도를 높인 것이 특징이다.

스마트공장 도입에 가장 큰 효과를 본 것은 소규모 기업이었다. 중소기업벤처부는 공정개선 효과와 경영개선 성과가 동시에 나타났다고 분석했다. 종업원 수 10인 미만의 경우 생산성이 39% 증가해 평균치(30%)를 크게 상회했다. 또한 매출액 10억원 미만의 기업은 원가가 31.2% 감소한 것으로 조사되었다. 이는 평균 감소율인 15.9%보다 약 2배 정도 높았다. 또한 10인 미만 기업은 스마트공장 도입 이후 고용이 84.9% 증가했다. 산업재해를 역시 감소하였다. 매출액 기준으로도 매출액 10억원 미만 기업은 매출 증가율이 202.3%에 달해 전체 평균 7.7%를 크게 앞질렀다. 고용증가율도 33.1%를 기록하는 등 경영 개선 효과가 두드러졌다고 볼 수 있다. 업종별 스마트공장 도입 성과도 공표했다. 소규모 기업 비중이 높은 식품 제조업, 목재 제조업 등에서 성과가 높은 것으로 드러났으며, 스마트공장 도입 기업이 매출액과 수출액, 고용 등에서 스마트공장을 도입하지 않은 기업보다 성과가 더 높았다. 두 회사의 격차는 시간이 지날수록 심화되는 것으로 나타났다. 스마트공장을 빨리 도입할수록 기업 경쟁력이 향상된다는 것이 구체적인 자료를 통해 입증된 것이다.

최영환(2017)은 스마트공장 공장 성공적인 구축에 가장 큰 영향을 미치는 순서는 조직의 참여도, 정부지원, 외부 컨설팅 그리고 최고 경영자의 지 순서로 연구하였다. 그리고 황태곤(2018)은 정부의 정책적인 노력과

함께 구축비용의 보조, 컨설팅 등의 지원을 통해 스마트공장을 구축하는 것이 효과적 이라는 연구를 하였다. 이러한 선행연구에서 언급된 것처럼 정부의 지원, 컨설팅에 의존되어 온 스마트공장 구축을 위한 기업의 기대 원인에 대한 조사한 선행 연구뿐이기에 스마트공장 도입 의향에 대한 기업의 성장단계, 매출구조 그리고 4차 산업혁명과 관계에 대한 연구는 매우 희소하다.

본 연구는 통계청 공식승인통계인 벤처기업정밀실태조사 결과를 활용하여 국내 벤처기업의 스마트공장 도입 의향에 영향을 미치는 영향요인을 규명하는데 있다. 이를 통하여 국내 벤처생태계 현황을 반영한 통계분석 및 의미 있는 시사점 발굴이 가능하다.

산업별 경제 구조에서 성장 견인으로 역할을 하는 벤처기업에 대한 체계적이고 포괄적인 조사 통계 자료에서 4차 산업 혁명 시대의 스마트공장 도입에 대한 요인을 분석을 하였다.

그 대상으로 벤처기업의 범주로, 정부적인 “벤처기업 육성에 관한 특별 조치법”에 따라 벤처기업 인증 제도를 운영으로 인증된 기업에게 각종 정책적인 지원 집중할 수 있게 설문 된 자료를 활용 연구하였다. 이는 신(neo; 新)기술적 성향으로 벤처기술을 바탕으로 한 제조 벤처기업에서 스마트공장을 도입하는데 주요 영향요인을 통계청 공식 자료에 근거하여 연구함으로써 스마트공장화 도입의 정확한 실상을 파악하여 정부정책 수립에 기초자료로 활용하고 그 효과성을 증대시키는데 기여하고자 한다.

또한 스마트공장 도입에 대한 선행 연구에 따르면 정부의 중소기업 스마트 제조혁신 전력 및 스마트 혁신 추진에 대한 연구와 스마트공장 공급 산업에 현황 등에 맞춘 조사연구는 있으나, 제조 벤처기업에 있어 스마트 공장 도입에 대한 의향에 미치는 영향요인에 대한 연구는 희소하여 본 연구는 정부의 스마트공장 정책수립과 벤처기업들의 전략적인 스마트공장

도입을 위한 기초통계 자료를 형성하고자 한다.

현실적으로 기업들이 다양한 요인으로 스마트공장 도입을 고민하고 망설이고 있다. 본 연구로 스마트공장 도입에 따른 영향요인에 대하여 문제점을 해결하기 위한 목표와 방향을 잡을 수 있도록 하도록 한다.

본 논문은 전체 5장으로 구성, 1장에서는 연구배경과 연구목적의 서론을, 2장에서는 이론적 배경과 선행연구에 대하여, 3장에서는 데이터와 연구모형을, 4장에서는 기초통계분석과 분석결과에 대해서 그리고 5장에서는 연구요약, 시사점 그리고 본연구의 한계와 향후 연구방향에 대하여 작성하였다.



Ⅱ. 이론적 배경 및 선행연구

1. 이론적 배경

본 연구는 벤처기업의 실패 조사 설문지 결과를 분석 영향 요인을 탐색적으로 연구 규명하는 데 있다. 그러한 연구의 이론적 배경으로 스마트공장의 개념과 정의 그리고 현황을 살펴 볼 필요가 있다.

4차 산업혁명과 그 기술로 인한 시대적 발전과 그 기대성은 미래가 아니라 이미 현재이다. 세계경제포럼(WEF)은 2016년 다보스포럼을 통해 현재 우리는 제4차 산업혁명 기술의 도래기에 접어들었다고 볼 수 있다.

현재 각 나라 정부, 기업, 교육기관 그리고 연구기관 등 많은 주체들은 4차 산업혁명에 관심을 점차 높게 가지며 그에 관한 산업별 발전과 성장에 집중하며 빠르게 대응하기 위해 준비와 실행을 이미 시작하였다.

4차 산업혁명을 통해 제조혁신을 이루기 위한 각 나라의 정책적 기술적 활성화를 위한 움직임에 비해 한국은 다소 준비와 대비가 상대적으로 늦은 모습을 기존 연구들을 통해 볼 수 있다. 주요 선진 국가들과 비교해 볼 때, 우리나라 경제에서 제조업의 역할은 상당한데 반하여 지난 수년간 점차 그 차별성과 경쟁력을 잃고 있는 상황이다. 우리 한국 기업의 제조업 경쟁력을 강화하여 제조혁신을 이루기 위해서는 적극적인 스마트 공장 도입이 요구된다.

UBS 은행 보고서 (2016) 'Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution' 에는 4차 산업혁명에 잘 대응하고 있는 국가들의 순위를 소개한 바 있다. 이에 따르면 한국은 종합순위 25위를 기록하였고, 28위를 기

록한 중국보다는 소폭 앞섰지만, 미국(5위), 영국(5위), 일본(12위), 독일(13위) 등 주요국보다 뒤쳐지는 상황이었다. 주요 영역별로 보았을 경우, 한국은 기술수준(23위), 교육시스템(19위), 사회간접자본(20위) 측면에서는 상대적으로 양호한 수준을 보였으나, 노동시장의 유연성(83위), 법적 보호(62위) 측면에서 상대적으로 취약한 모습을 나타냈다.

우리 한국 경제에서 제조업의 영향력은 매우 중요하고 상당하였다. 세계 주요 선진국들과 비교해 보아도 제조업 경쟁력을 강화하는 것은 매우 중대한 과제일 수 있다. 지난 약 50년 동안 세계 각국은 금융업과 지식기반 서비스업 등을 중심으로 부가가치가 증대되면서 제조업이 총부가가치에서 차지하는 비중이 하락해 왔다.

미국은 1970년 약 23.6%에서 지속적으로 하락하여, 2015년 기준으로 12.0%에 달한다. 제조업기반의 국가라고 할 수 있는 독일과 일본도 제조업이 총부가가치에서 차지하는 비중이 하락해 왔고, 주요국들도 마찬가지이다. 중국의 경우 제조업이 총부가가치에서 차지하는 비중이 2006년 32.5%로 최고점을 기록하였지만, 경제구조 개편과 서비스업 중심으로 재편되면서 제조업 비중은 상당 폭 하락하여 2015년 27.0%를 기록하고 있다. 우리 한국도 서비스업을 중심으로 경제규모가 확대되면서 2010년 이후로 제조업의 비중이 점차 하락해 왔지만, 여전히 총부가가치의 29.5%가 제조업에서 비롯되고 있다.

그럼에도 불구하고, 우리 한국의 제조업 경쟁력은 점점 약화되고 있다. 제조업 경쟁력을 판단하는 주요 대상국인 중국과 견주어 보았을 때, 제조업 전반에 걸쳐 한국의 세계 시장점유율이 중국 대비 축소되는 경향이 나타난다. 한국의 중국 대비 세계 시장점유율은 제조업 전체 평균이 2000년 0.73에서 2015년 0.23으로 떨어졌다. 디스플레이 업종을 제외한 모든 제조업 영역에서 유사한 특징을 보인다. 4차 산업 혁명 대응을 통한 제조업 혁

신이 요구되는 시점이다.

이러한 추세에 세계 주요 선진국들의 4차 산업혁명 대응과 제조혁신의 내용들을 살펴보면 다음과 같다.

독일은 'Industry 4.0'의 선도적 추진을 통해 제조 강국으로서의 경쟁력을 확보하기 위해 노력하고 있다. 주요 정책들은 Industry 4.0과 관련하여 스마트 공장의 최적화, 안정화, 사이버공격에 대한 방어 등 다양한 연구 및 기술개발을 뒷받침하고 있다. 특히, 제조혁신을 추진하기 위한 9개의 기반 기술들을 중심으로 집중적인 R&D 노력을 기울이고 있다.

미국은 '첨단제조 파트너십(AMP2.0)'으로 제조혁신을 위해 산학연협력 연구, 제조설비와 인프라 공유체계구축 등 종합적 개선을 주요 목표로 하고 있다. 정책적으로 적극 지원하고 있는 3가지 제조기술 분야는 제조를 위한 고급 감지, 제어 및 플랫폼(ASCPM), 시각화, 정보학 및 디지털 제조 기술(VDM), 신소재 제조(AMM)이다.

중국은 'Made in China 2025'를 국가 성장전략 방향으로 정하고, '제조대국'에서 '제조강국'로 도약하기 위한 로드맵을 제시했다. 한편, 'Internet Plus' 전략을 통해, 신성장동력을 창출하고, 제조혁신을 이루기 위한 지원 정책들을 마련했다.

일본 정부는 2016년 국가경제 및 사회전반을 변화시키는 국가혁신 프로젝트 '4차 산업혁명 선도전략'을 발표하였다. 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 로봇 등에 대한 종합적인 로드맵을 제시하고, 각종 법 제도를 정비하며, 주요 유망산업의 발전을 지원하기 위한 인프라 구축을 지원하고 있다.

우리나라는 2017년 7월 국정기획자문위원회에서 '문재인정부 국정운영 5개년 계획'을 발표하였고, 4대 복합·혁신과제 중 하나로 '4차 산업혁명을 선도하는 혁신 창업국가' 달성을 제시하였다. 2017년 8월 대통령 직속 '4차 산업혁명위원회'를 신설하고, 인공지능, 소프트웨어, 하드웨어, 데이터·네

트위크 각 분야별 핵심 원천기술 및 이를 활용한 융합기술 개발을 지원하며, 신산업 성장을 위한 규제개선 및 제도 정비를 추진하는 것 등이 주요한 내용이다. 더욱이 산업단지 혁신 2.0을 추진할 계획으로, 유희 부지를 활용하여 지식기반사업 집적지구를 지정하고, 산업단지 내에 제조·생산 공정에 ICT를 접목한 스마트공장을 집중 보급할 계획이다.

산업통상자원부는 2017년 4월 ‘스마트 제조혁신 비전 2025’를 발표하여, 2025년까지 스마트공장 3만 개를 구축할 계획을 밝혔다. 당초 스마트공장 보급목표를 2020년 1만 개에서 2025년 3만 개로 상향 조정한 것이다. 세부 내용으로는 첫째, 2018년까지 스마트공장 자발적 구축 기업에 대한 인증 제도를 신설할 계획이다. 둘째, 대기업 협력사 인증 호환 등 인센티브 제공을 통해 민간 보급·확산을 촉진할 방침이다. 즉, 가치사슬 내 효과적 확산을 위해 업종별 대기업의 협력사 지원을 유도하고자 한다. 셋째, 2025년까지 1,500개의 선도모델을 구축(2016년 45개)하여 스마트공장을 고도화할 계획이다. 대표 스마트공장을 발굴하여 지원 금액을 5천만 원에서 2억 원으로 상향하는 상향 등 인센티브를 통해 기초수준 스마트공장의 고도화를 촉진하고자 하는 세부계획도 있다. 예를 들어, 솔루션, 센서, 컨트롤러, 로봇분야의 대기업과 중소기업이 ‘스마트공장 얼라이언스 (Smart Factory Alliance)’를 구축하여 공동 연구개발, 국제 표준 공동대응 등을 추진하여, 제조업 생산성을 확보하는 계획이다.

4차 산업혁명 스마트공장은 기존 공장자동화(FA, Factory Automation) 수준을 넘어선 차세대 디지털 신기술과 제조기술이 접목된 소비자 중심의 지능화된 공장을 의미한다. 한 생산라인에서도 다양한 제품 생산이 가능하며 모듈화를 통해 대량맞춤에서 개인별 유연생산 체계로 변화할 것으로 보고 있다. 스마트공장으로서의 전환은 제조업의 생산성을 획기적으로 향상시킬 것으로 전망되며 에너지 절감, 인간 중심의 작업환경 구현 또한 가능

하다. 가상의 공간에서 제조현장을 모니터링 할 수 있을 뿐더러 제어까지 가능하여 공장 관리가 용이하며 품질 및 원가 경쟁력 강화로도 이어질 것으로 전망된다.

최근 산업통상자원부 2019년 6월 19일 ‘제조업 르네상스 비전 및 전략’을 발표했다. 스마트화와 친환경화, 융·복합화, 혁신 가속화 등이 키워드로 언급됐다. 신산업을 새로운 주력 산업으로 육성하고, 기존 산업은 혁신을 통해 탈바꿈하겠다는 계획도 세웠다. 도전과 축적 중심의 산업 생태계 조성, 투자와 혁신을 뒷받침하는 정부 역할 강화 등도 함께 발표했다.

이는 제조업의 중요성에 관해 역설한 것으로 풀이할 수 있을 것이다. 양질의 일자리와 혁신성장, 지역 균형 발전, 국가 경제 성장 등 다양한 이슈 속에서 제조업이 다양한 역할을 맡을 수 있기 때문이다. 특히 지금까지의 전략이었던 ‘양적·추격형’ 전략에서 벗어나 ‘혁신 선동형’ 제조 강국을 실현해야 한다는 정부의 의지가 보였다.

현재 스마트 제조혁신이라는 흐름은 제조기업과 솔루션 기업에 다양한 비전과 도전을 주문하고 있다. 더불어 정부에서도 다양한 정책과 지원을 통해 동기부여를 하는 상황이라는 것에 대해서도 이견이 없다.

중소벤처기업부 스마트제조혁신추진단에 따르면, 스마트공장 도입의 성과는 생산과 품질, 설비, 에너지 등에서 생산되는 데이터를 기반으로 원가를 절감하는 것이 가장 중요한 요소다. 다시 말하면, 스마트공장은 제품의 모든 생산 과정을 사물인터넷과 인공지능, 빅데이터 등 ICT로 통합해 디지털화한 공장을 구현한 뒤 최소 비용 및 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 공장이다. 이는 공정 자동화 및 다품종 생산은 물론 유연한 생산 체계 등을 통해 생산성 향상과 에너지 절감, 인간 중심 작업 환경을 지향한다. 결국 많이 언급되는 다양한 제조 애플리케이션(MES, ERP, PLM, SCM 등), 산업용 디바이스 및 네트워크(로봇, 센서, 3D프린팅 등), ICT

플랫폼(CPS, 빅데이터, 네트워크 등) 등은 공장에서 발생하는 제조 데이터를 기반으로 원가 절감을 위한 올바른 의사결정도구로 사용하는 셈이다.

또한 공장자동화(Factory Automation)와 스마트공장(Smart Factory)을 구분할 수 있어야 한다. 전자는 시스템(컴퓨터, 로봇 등)을 통해 근로자가 실행하기 어렵거나 위험한 작업에 대한 무인화와 생산량 증가에 중점을 둔다. 반면, 후자인 스마트공장의 개념에서는 공장 내외의 데이터를 기반으로 수평적 통합을 하는 것이다. 원재료 투입부터 제품 배송까지의 제조 전 과정에 ICT 기술을 적용해 효율성과 원가 절감을 하는 것이 핵심이다. 스마트공장은 빅데이터 기반 인공지능과 결합해 진화를 거듭하고 있다. 지금까지 생산 설비는 중앙 집중화한 시스템의 통제를 받았으나 4차 산업혁명에서는 각 기기가 개별 공정에 알맞은 과업을 스스로 판단해 실행하게 된다. 더불어 산업 현장의 다양한 센서와 기기들은 스스로 정보를 취합한 뒤 이를 바탕으로 인공지능과 결합해 생산성을 최대로 끌어올릴 수 있게 될 것으로 보인다. 결국 스마트공장은 생산성 향상, 에너지 절감, 인간 중심 작업 환경, 개인 맞춤형 제조, 융합 등을 구현하게 하는 열쇠가 될 것이다.

한 사례로, 세계 유명 오토바이 제조업체 할리데이비슨은 스마트공장으로 혁신한 대표적 제조 기업이다. 할리데이비슨은 제조 공장 내 모든 기기 시스템을 연결했다. 제조 시간, 환풍기 습도 등 공장 내 모든 기록을 데이터로 수집·측정·분석한다. 이 기록을 활용해 오토바이 고장 내역과 고장 가능성을 예측한다. 스마트공장 시스템 도입으로 공장 당 200만 달러를 절감한다. 제조 일정도 기존 21일에서 6시간으로 단축했다. 이처럼 우리나라가 강세인 자동차, 조선 등 주요 업계가 침체기를 맞으면서 제조업 위기론이 부상한다. 이미 주요 제조 기업은 스마트공장 환경으로 전환, 위기를 이겨내고 새로운 기회를 만들 수가 있다. 현재 국내외 주요 국가와 기업이

스마트공장에 제조업 미래가 있다고 확신, 투자와 지원을 아끼지 않는다. 우리나라는 스마트공장 도입이 더디다. 한국 제조업 혁신을 위해 스마트공장 도입과 확대의 구현을 활성화 하여야 할 것이다.

국내외적으로 스마트공장 도입에 박차를 가하지만 우리나라는 산업별 성장 성과와 그간 역량을 비추어 그 잠재력을 보았을 때 스마트공장 활성화의 초기 단계라고 볼 수 있다.

2017년 산업통산부 자료에 따르면 자동차, 전자부품, 화학 등 주요 업종별 스마트공장 보급률은 1.5%에 불과하다. 스마트공장을 구축 수준도 낮다. 스마트공장 구축 중소기업 2800개사 가운데 79%가 스마트공장 기초 수준이다. 실시간 의사결정과 설비 제어가 가능한 '중간수준2' 단계인 회사는 1.7%다. 제조 산업계는 스마트공장 필요성에 공감한다. 중기중앙회 조사 결과 중소기업 67%가 스마트공장 도입이 필요하다고 답했고 필요성 인식도 점차 높아지고 있다. 2014년 57% 수준에서 2016년 응답자 91%가 스마트공장 도입이 필수라고 인식했다. 스마트공장 도입으로 경쟁력을 높일 수 있다고 보기 때문이다. 정보통신 기술 진흥 센터 설문조사 결과 스마트공장을 도입한 기업 응답자 80%는 '생산성·경쟁력 향상'을 도입 이유로 꼽았다. 정부가 스마트공장 전환 기업 1861개 조사한 결과를 보면 생산성 평균 23% 개선, 불량률 46% 감소, 원가 16% 절감 등 기업 경쟁력을 향상시켰음을 볼 수 있다.

실질적으로 현장에서의 목소리를 들어보면, 전문 인력 · 예산 · 투자자금 부족 등이 스마트공장 도입과 구축 발목을 잡는다. 중기중앙회 조사에서 응답 기업 83%가 '스마트공장 도입 시 투자자금 부담이 우려된다.'고 답했다. 또한 단순한 도입만으로는 스마트공장 구축과 운영, 유지보수에 필요한 전문 인력을 구하기 어려운 것이 현실이다.

여기에서 우리는 그간 우리나라 산업을 견인해온 '비용 중심' 성장의 패

러다임은 지속적 한계에 부딪히고 있으며 ‘가치 중심, 고객 중심’의 성장 패러다임으로의 혁신 필요성이 제기되는 문제점을 볼 수 있다. 제조업 수출에 대한 경제 의존성이 높으므로 국내 제조업의 질적 성장 없이는 장기적인 경제 성장을 기대할 수 없는 것은 분명하다. 국내 제조업의 경쟁력 제고 및 시장 주도를 위해서는 제조업의 글로벌 변화 트렌드에 맞춰 혁신을 유인하고 촉진할 기반 조성이 요구된다.

지능정보 중심의 기술 진보 극대화과 기술간 융합은 제조업 혁신과 그로 인한 새로운 산업적 기회를 제공 지금까지 산업의 혁신은 기계, 전자 등 획기적 기술(breakthrough)이 사회, 경제, 문화로 파급되어 문명 변화의 원동력이 되어왔다. 스마트 공장은 4차 산업혁명이 제조업에서 가시적으로 구현된 생산 시스템 속에서 제조 관점에서 4차 산업혁명은 스마트 공장을 통해 산업 기기와 생산 전 과정이 네트워크로 연결되며, 나아가 고객의 니즈에 유연히 대응하는 체계를 구현한다.

스마트 공장은 제조업-ICT 융합을 통해 개별 공정이 네트워크로 연결되고 생산/유통 정보가 공유되는 지능형, 협업 운영체제와 4차 산업혁명에서 제시하는 생산체계 혁신은 궁극적으로 지능화, 자율화 구현을 목표로 하나, 초기 스마트화 단계에서는 자동화 제고가 주 내용 초연결 사회에서 제조업은 기존의 생산 프로세스 개선 및 최적화를 넘어 포괄적이고 편재적인 HMI(Human-Machine Interface)를 형성하여 시장 및 소비자 맞춤형 생산 시스템의 확대와 예측을 위한 시뮬레이션 및 전 단계 엔지니어링을 통한 효율성 제고한다, 그리고 스마트 공장의 도입은 맞춤형 생산 공정·인터페이스·운영의 최적화 기술, 다품종 복합생산, 조달 및 물류 혁신, 기계와 인간의 협업을 가능케 하여 고객 만족과 기업 경쟁력 확보를 이루는 필수적 생산 혁신으로 부각되어야 스마트공장 도입의 의의를 충분히 가질 것이다.

스마트공장화 완성을 위해서는 4차 산업혁명의 기반이 되는 여러 디지털 신기술들로 사이버물리시스템(CPS), 로봇틱스, 3D 프린팅, IoT 기반 포그 컴퓨팅(FogComputing), 사이버 보안 등이 대표적이다. 실시간으로 제조현장의 데이터를 수집할 사물인터넷, 수집된 데이터를 실시간으로 의미 있는 결과로 만들고 의사결정을 지원할 애널리틱 및 인공지능 기술은 사이버물리시스템(CPS)의 핵심 요소가 된다. 제조 설비로부터 현장 데이터를 수집해 실시간으로 제어하기 위해서는 기존 클라우드보다는 제조현장 가까이서 활용될 수 있는 포그 컴퓨팅이 대두되고 있다. 생산 현장에서의 3D프린터 도입은 설계 단계부터 적은 비용으로 시제품을 제작할 수 있도록 지원하며, 양팔 및 협동 로봇은 생산라인에 큰 변화를 가져올 것이다. 마지막으로 ICT와 데이터 그리고 하드웨어가 결합되는 스마트공장 도입에 사이버 보안은 선택이 아닌 필수적인 기술이다.

스마트공장이란 스마트공장은 제품의 기획부터 판매까지 모든 생산과정을 ICT(정보통신)기술로 통합해 최소 비용과 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 사람 중심의 첨단 지능형 공장이다. 적용범위는 제품 기획·개발부터 양산까지, 주문에서부터 완제품 출하까지 제조 관련 모든 과정을 말하며 응용 시스템뿐 아니라 현장자동화와 제어자동화 영역까지 공장 운영의 모든 부분을 포함하는 것이다. 현재 우리나라는 단계별 구분으로 스마트공장을 도입하고 있는데, 준 스마트공장은 ICT 기술의 활용 정도 및 역량 등에 따라 미도입 - 기초 - 중간1 -중간2 - 고도화로 구분한다. 이는 다시 기초 수준을 두 단계로 나눠 레벨1부터 레벨5까지 정리한다.

스마트공장 도입을 고민 중인 기업이라면, 첫 단계부터 레벨5, 고도화를 걱정할 필요는 없다. 스마트공장은 기업의 여력이나 상황에 따라 점진적으로 구현 가능하기 때문에 기업의 사정에 따라 적절한 수준 및 기능을 선택해 집중 하는 것이 중요하다. 현재 많은 중소기업들이 비교적 적은 비용

으로 쉽게 시작할 수 있는 기초 단계(레벨1,레벨2)를 구축하고 있으며 기대 이상의 성과에 만족하고 있다. 기초 단계라 해도 실시간 만들어지는 제품을 바로 집계해 관리할 수 있고 자재 이력관리(lot-tracking)까지 가능하다. 이러한 스마트공장을 동비 구성하기 위해서 다섯 가지의 주요 조건이 있다. 첫째, 4M(Man, Machinery, Material, Method)+1M(Environment)디지털화로 각 요소들을 실시간으로 디지털 값으로 인지, 측정 가능한 정보를 제공해야하며, 통신을 통한 의사소통이 가능해야한다. 둘째, 지능화로, 이것은 알고리즘 또는 인공지능의 기술적 솔루션을 이용하여 최적해 또는 예측 가능한 답안을 제공할 수 있어야 한다. 셋째, 사회망과 가치사슬을 통해 단대단(End-to-End)의 정보 교류가 이루어지도록 수평적인 통합과 최하위 수준인 기계장치부터 기업 비즈니스 수준까지 수직적인 통합을 지향이 필요하다. 넷째, 지속적으로 정보를 확보하고 저장하여 이를 바탕으로 자동화를 위한 제조 지식을 점진적으로 창출 할 수 있어야 한다. 그리고 마지막으로 향후에 발전할 스마트 제품들과 통신 표준에 의거해 연결이 가능하게 하여야 한다.

각 기업들의 스마트공장 추진 동향도 국가별로 각각 다른데 독일 기업들은 컨베이어 벨트의 제거, 설비 및 공장 간의 연결, 가상과 현실의 결합, 인간과 기계의 협업을 통해 새로운 다품종 소량 생산 방식을 추진하고 있다. 독일은 정부 주도 하에 산학연 연계를 통해 공적인 스마트공장 표준화 전략을 추진 중인데, 이것은 자동차와 기계 및 관련 부품 산업이 강한 독일은 21세기형 차세대 생산 체제를 구축하고 스마트공장의 글로벌 표준을 확보하려 위함이고 동시에 장기적으로 독일 산업계 전역을 ‘세계의 공장을 만드는 공장’으로 전환하려는 구상을 갖고 있다.

반면 미국은 대기업이 주도하여 개방적 구조로 시장 기반의 표준화 전략을 추진하고 있는데 사물인터넷의 연장선상에서 새로운 사업 모델과 수

익 흐름의 창출이라는 현실적 실리를 추구하고 있다. 그리하여 미국 기업들은 당장 확보 가능한 사업상 효율적 이익을 추구하고, 이를 기반으로 새로운 사업모델을 만들어내는데 초점을 맞추고 있으며 또한 플랫폼 선점과 적극적인 외부 연동 산업과 연계로 관련 역량 강화와 세력 확대를 추구하고 있다.

한편 일본은 차분히 점진적인 표준 전략을 추구하고 기업들이 각개 약진하는 양상이며 또한 JIT, 카이젠, 모노즈쿠리 등 기존 생산성 방식의 한계를 돌파하기 위한 보완적 수단으로 스마트공장을 활용하면서, 독일, 미국과 다른 제3의 현실적 노선을 탐색하고 있는 것으로 보인다. 일본 기업들은 중요한 데이터를 지역에서 처리하거나 저장하고, 수신된 모든 데이터를 중앙 데이터센터나 클라우드 스토리지 리포지토리로 보내는 약 10평방미터 이하 규모의 마이크로 데이터센터들로 구성된 메시 네트워크(Mesh Network)인 엣지 컴퓨팅(Edge Computing)이라는 차별적인 관점 하에 거대 프레임의 구축보다는 강점 있는 기계·계측·자동화 제품들의 스마트화를 통해 시장 내 입지를 강화하고 있으며 나아가 일본에서는 부품, 소재 기업들도 스마트공장 관련 신사업 기회를 활발히 모색하고 있는 것으로 보인다.

이처럼 각각 나라별과 각 기업들의 다양한 방안과 노력에 따라 스마트공장 시장 활성화에 대한 기대감은 이미 커지고 있다. 생산성 향상 돌파구 마련의 필요성, 고기술역량 제조 인력들의 감소, 시장 변화 속도의 증가, 요소 기술들의 가격 인하, 각국 정부의 제조업 부흥 노력 등 글로벌 트렌드 측면에서 스마트공장의 도입과 확산 여건과 명분은 이미 널리 전파되고 그 필요성이 당연시 되고 있다. 그러나 여전히 수요 측면의 스마트공장 도입 장애 요인들도 많아 시장의 조기 확산을 장담하기는 힘든 상황이다.

투자 사이클 이슈와 기존 장비 문제, 표준화 지연 및 투자비용 하락 이

슈, 보안 및 내부 기밀 유출에 대한 불안감, 고정비 증가에 따른 재무적 유연성 저하, 아웃소싱 같은 다른 제조 대안의 존재는 확산을 저해하는 요인으로 작용하는 것으로 볼 수 있다. 또한 제조업 내에서도 세부 산업들의 여건이 매우 다른 특성상 스마트공장의 도입과 확산 속도는 산업별로 천차만별일 가능성이 크다. 다만, 자동차나 기계, 부품 산업의 경우 스마트공장이 다른 산업에 비해 빠르게 확산될 여지가 커 보임. 제품이 고중량, 고정밀, 고가격 특성을 갖고, 라이프 사이클이 길며, 고객들의 맞춤형 요구가 큰 관계로 스마트공장 도입의 비용 대비 효율적 이익이 상대적으로 크기 때문일 것이다.

향후에 스마트공장 기술 발전과 함께 글로벌 제조업의 경쟁 지형도 서서히 변해 나갈 전망이다. 정부 및 기업들은 힘을 합쳐 우리나라 기업의 체질에 맞는 스마트공장을 만들어가야 할 것이며 한국 고유의 주력 제조업, 기술·사업 역량, 기업 간 구조의 특성에 잘 부합하고, 독, 미, 일 3국의 전략 방향과는 차별적인 스마트공장 전략을 구상하고 실행해 나갈 필요가 있는 것은 분명하다. 해외 국가, 기업들의 전략이나 동향을 단순히 모방하는 것은 우리 체질에 맞지 않을 수 있다. 다른 한편으로 전 세계적으로 스마트공장 실험 과정에서 다양한 와해적 생산 방식들이 출현할 가능성과, 향후에도 중국이 스마트공장을 적극 도입해 제조 경쟁력 측면에서 우리를 더 빨리 추월할 가능성에 주의할 필요가 있다.

독일의 인공 지능 연구소(Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz; DFKI)는 ‘스마트 사물인터넷 기술을 기반으로, 공장 안의 모든 요소가 유기적으로 연결되어 지능적으로 운영되는 공장’이라고 정의하며, 미국 국립표준기술위원회(NIST, TheNational Institute of Standards and Technology)는 ‘고객의 요구에 맞게 공급 망을 통하여 공장에서 실시간으로 변화하는 고객요구와 조건을 만족시켜주는 완전히 통합되고 협동적인

제조시스템' 이라고 정의를 하고 있다. 일본은 4차 산업혁명에 대한 인식이 상대적으로 낮은 한편, 낡은 기계와 설비를 유지하는 등의 전통을 고수하는 일본 중소기업의 경향에 기인하여 정책 방향의 수립시기가 다소 늦은 점이 있으나 최근 4차 산업혁명에 대한 적극성을 보이고 있는 추세에 있다. 중국은 현재 1단계 전략을 시행중인 중국은 2020년까지 제조업 부문에서 IT 경쟁력을 개선하는 한편, 2025년까지는 노동생산성의 향상과 제조와 IT의 융합, 에너지 소모 및 오염배출 절감 등과 같은 환경적 이슈를 해소하는 측면에 집중하고 있다. 한국은 산업인력의 고령화, 현장 생산성의 정체 등과 같은 내부적 차원의 문제와 더불어 독일과 미국 등을 중심으로 한 제조업 르네상스 추진, 중국의 급속한 추격, 일본의 엔저 장기화 등과 같은 외적 차원의 문제에 직면해 있다.

전통적 제조 산업 강국이었던 독일, 미국 그리고 일본을 비롯하여 한때 신흥 제조 강국이었던 우리나라도 글로벌 경쟁력 확보라는 이름으로 인건비가 싸거나 원료의 조달, 무역장벽 등의 이유로 공장을 이전하고 제조 강국의 자리를 중국이나 인도 그리고 베트남 등으로 제3국 및 경제 후진국으로 자리를 내어주었다고 볼 수 있다. 이로 인해 전통 제조 강국들은 자국 내 실업률 증가와 및 소득의 양극화문제가 점점 심해지고 제조업의 기반 자체가 약해지는 현실이며 이에 해결방안으로 4차 산업혁명 기술이 적용된 스마트제조 시스템을 통해 침체된 자국의 제조 산업을 살리고 경쟁력을 확보하려는 집중 노력하고 있다.

현재 세계적인 자료를 보면 제조경쟁력 세계 1위는 중국이다. 그 뒤를 미국과 독일, 일본이 따르고 있다. GDP대비 제조업비중은 한국이 30%로 제일 높고 그 뒤를 중국, 독일, 일본, 미국 순으로 되어 있으며 각국별 경쟁력 높은 산업구조특성이 서로 상이하다. 특이할 사항은 독일은 글로벌 중소기업을 중심으로 일본은 소재부품기업을 중심으로 강점을 가지고 있

는 반면 한국의 제조경쟁력은 기존 대기업에 국한되어 있다는 점이 특징이며 제조업의 지속적 구조적 한계를 드러낸 것으로 볼 수 있다. Business Insiderdp은 세계 스마트공장의 시장규모 가치는 연평균 10.4% 성장할 것이며 2020년까지 7,480억 달러에 이를 것으로 전망하고 있으나 코로나19 상황으로 그 예상에 비해 다소 성장률은 주춤할 것으로 예상되며 유럽이 세계시장의 35%, APEC국가가 29% 미국이 22%를 차지하고 있다.

GDP대비 제조업비율이 30%를 상회하는 우리나라는 제조업의 경쟁력을 높이고 새로운 산업생태계의 적응 및 선도를 위해서 반드시 스마트공장을 도입하여야 한다. 정부는 제조업의 성장 동력 강화를 목표로 제조업과 IT 융합을 통한 생산현장, 제품, 지역생태계를 혁신하고 성공사례를 조기 창출하여 제조업전반으로 확산하고자 하는 제조업혁신3.0 전략과 2018년 하반기부터 대·중견기업과 공공기관이중소기업의 혁신 활동을 지원하는 산업혁신운동 2단계 전략을 추진해 스마트공장 구축을 지원하고 있다. 또한 정부는 2019년 기준 스마트공장보급과 스마트 산업단지 추진을 포함한 중소기업 스마트제조혁신 예산으로 1조 2086억 원을 배정했고 2022년까지 스마트 공장을 3만 개로 늘릴 것이라고 발표함으로써 우리나라도 본격적으로 스마트공장을 국가의 핵심경쟁력으로 발전시켜나갈 방안이다.

우리나라 스마트공장 도입과 구축에 관한 정책, R&D 투자 및 방향성에 대한 보다 심화된 점검 및 전략적 대응 방안 논의가 필요할 단계이다.

4차 산업혁명 대응 및 제조업 성장 잠재력 제고를 위해 스마트 공장의 보급·확산, 기술개발을 포함한 정부의 적극적 지원은 바람직하다.

그러나 인력·장치에 노하우가 축적되어 고도화되는 제조업의 특성상 단기적·정량적 목표는 인력·자원의 비효율적 소모를 야기할 수 있다. 또한 스마트공장이 기술개발, 보급 확산 및 표준화 등 다양한 접근 관점이 존재함을 감안할 때 기술 수준과 현장의 인식에 대한 면밀한 파악이 전제되지

않은 고도화 추진은 핵심 기술의 해외 의존도 심화의 우려도 있는 것은 맞다. 특히 지원 정책이 국내 중소기업의 단기적-단순 자동화 증진에 그치지 않기 위해서는 중장기적 관점에서의 스마트화 역량 제고 방안이 요구되고 스마트공장 도입의 수요 현장의 인식을 공유하고 이를 확장하기 위한 R&D 현황을 분석하여 중장기적 관점에서 지원 전략 수립과 추진이 필요할 것 이다.

스마트공장은 특정 기술 분야가 아니라 ICT와 생산 시스템의 융합 솔루션이므로 정확한 R&D 현황 분석을 위해서는 핵심기술별 과제단위에서 정부 R&D 이력 조사 및 분석 수행이 필요하다. 그에 따라 기업, 연구자 및 학계의 인식 조사를 통해 정책 방향의 타당성을 점검하고 향후 스마트공장 도입 참여를 유도하여 효율적인 구축과 지원을 위한 전략 논의도 요구되는 것이다.

기업의 스마트공장 도입 동기는 비용 절감 및 공정 관리 개선에 맞추어져 있으며, 고객 수요 대응이나 제품·기업의 혁신에 대한 인식은 매우 낮은 상태로 대부분 기업의 동기는 관리의 용이성 및 생산량 증가, 인건비 절감, 물류비용 감소 등에 있는 것으로 나타난다.

스마트공장 도입을 추구하는 기업 혁신과 고객 만족이 신제품·신시장을 창출하여 기업에 도움이 된다는 인식의 공유가 필요하다.

2. 선행 연구

전 세계 스마트공장 시장 규모는 최근 수년간 연평균 8.0% 성장하여 2018년 2,461억 달러의 경제적 가치를 창출하였다. 스마트공장을 구축하는 시장은 크게 ICT 공급시장과 디바이스 공급시장으로 구분된다. ICT 공급시장은 2016년 1,451억 달러에서 2018년 1,705억 달러 규모로 성장하였다. 한편, 디바이스 공급시장은 2016년 644억 달러 규모에서 2018년 756억 달러 규모에 도달하였다. 지역별로는 아시아 내 스마트공장 ICT 공급시장은 2014년 367억 달러에서 2018년 556억 달러 규모로 연평균 10.8% 성장하였다. 아시아의 ICT 공급시장 성장은 대부분 중국에 기인한 것이며, 중국의 수요는 중국정부의 스마트공장 확대정책으로 2016년 유럽, 2019년 미주시장의 수요를 어느 정도 추월하였다.(Market and Markets 보고서) 유럽을 비롯한 주요 선진국들은 저 출산 고령화 현상에 따른 생산 가능 인구 감소에 대응하기 위한 방안으로, 중국 등 신흥국은 인건비 상승에 대한 대응 및 제조업 경쟁력 강화 측면에서 스마트공장을 경쟁적으로 구축하고 고도화 추진에 박차를 가하고 있다.

국내 스마트공장 시장 규모는 2012년 24억 달러에서 2018년 44억 달러 규모로 가파르게 성장할 것으로 예상하였으나 실제 2018년에는 40억 달러 이하 규모로 추정 달성되었다. ICT 공급시장과 디바이스 공급시장이 각각 연평균 11.6%, 8.9% 성장해 스마트공장 보급이 상당히 빠른 속도로 확산될 것으로 전망된다. 그러나 여전히 독자적인 공장 생산 환경에 고착되어 공장의 물리적인 확장성과 가변성에 한계를 보이고 있다. 아울러 제조분야의 외부 생산품 솔루션 도입비율은 약 90%에 이르며 하드웨어 및 소프트웨어를 구성하는 기초 부품·컴포넌트 연구나 디지털 신기술인 IT 원

천기술 확보가 취약한 실정이다.

스마트공장 도입과 관련한 실증연구가 상당히 제한적이며, 특히 성공적인 스마트공장의 구축을 위한 도입의 핵심성공요인을 규명한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 이러한 연구 동향은 스마트공장 도입을 주제로 한 연구가 현재 초기단계에 있다는 것으로 보인다.

스마트공장 도입에 국내 선행 연구는 제조 분야에 스마트공장 도입과 그로 인한 제조혁신위한 정책과 보급 확산 이후의 결과를 예측하는 중점으로 연구하고 있다.

스마트공장 구축사업에 대한 중소기업들을 대상으로 해당 기업의 경쟁력을 향상시키기 위하여 성공적인 스마트공장의 도입과 활용 추진을 위해서는 최고경영자의 의지, 정부지원, 외부 컨설팅 그리고 조직참여가 미치는 영향에 대한 연구로써, 연구모형을 통한 실증연구를 위해 스마트공장 구축을 완료 하였거나 진행 중인 중소기업을 대상으로 설문지를 배포하여 회수된 101부의 설문지를 분석하여 실증분석 결과, 기업의 글로벌 경쟁력 확보를 위한 스마트공장 성공적 구현에 있어서 조직의 참여도가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 파악되었고, 정부지원, 외부 컨설팅 그리고 최고경영자 의지 순서로 영향을 미치는 것으로 나타났다.(최영환 외, 2017)

정부에서 중소·중견기업의 제조 경쟁력 강화에 부합하고 성장한계에 도달해 있는 경제 성장의 돌파구로 제조 중소·중견기업에서 진행하고 있는 스마트공장 구축 의지 즉, 경영진 의지, 실무자 의지, 정부 의지가 스마트공장 구축실행에 얼마만큼의 영향을 미치는지에 관한 연구하는 데 목적이 있다. 또한, 스마트공장 구축 실행에 있어 제조 중소·중견기업에서 투자여력의 어려움을 감안하여 정부에서 전체 금액의 50%이상 기업에 지원해주고 있는 정책을 펴고 있는 데 따른 정부 지원금과 나머지 50%를 기업 자체 부담금으로 스마트공장을 구축하고 이에 따른 기업 부담금을 조절

효과로 모형을 만들어 연구한 결과, 스마트공장 구축 시 경영진 의지, 실무자 의지가 중요함을 알 수 있는 분석 자료이며, 또한 정부 지원금 조절 효과로 인한 스마트공장 구축 실행에 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 분석됐고, 기업 부담금으로 인한 스마트공장 구축 실행은 부정적인 영향으로 분석되는 것으로 보는 연구 관점도 있다. (박제선, 2019)

우리나라의 기업이 스마트공장을 도입하기 위해서는 많은 시행착오가 필요하지만 스마트공장을 완벽하게 구성하기 위해서는 상당히 많은 고도화된 기술을 요구한다. 이에 정부가 추진하고 있는 정책인 제조업 인더스트리 3.0 정책의 연속과 인더스트리 4.0 WK (Working Group)에서 발표된 스마트공장의 선결과제로 제시된 통신 인프라 구축 정비, 안전과 보안, 표준화, 복잡한 시스템관리가 우선 해결되어야 할 시급한 과제로 보며, 우리나라 정부의 정책적인 노력과 함께 구축비용의 보조, 컨설팅 등의 지원을 통해 스마트공장을 구축하는 것이 효과적이라는 제안한 연구도 있다. (황태근, 2018)

스마트공장 도입의 단계별 추진 관점에서 스마트공장 도입을 검토, 추진하고 있는 기업의 문제점으로 첫째, 스마트공장에 대한 정의가 매우 다양하여 개념을 이해하는 것이 쉽지 않다. 둘째, 자사의 업종과 수준에 맞는 전략 수립이 어렵다. 셋째, 전략 실행 과정에서 투자한 만큼의 실질적인 성과창출이 쉽지 않다는 어려움을 발견하여 스마트공장 구축은 일회성이 아닌 지속적인 개선의 과정으로 추진되어야 하며, 기본이 강한 현장 구축을 바탕으로 내부 직원들과 함께 어려움을 극복하고 새로운 시스템을 정착시키는 과정에서 기업의 체질 개선으로 이어지는 방안을 연구한 선행연구에서 중소 제조 기업들이 스마트공장을 도입하는 과정에서 기업이 겪게 되는 애로사항을 파악할 수 있다. (장태우 외, 2018)

여전히 많은 기업들은 스마트 공장 도입과 구축 사업을 받아들이려는

의지가 부족하고 자발적으로 받아들이지 않고 있어, 정부의 사업 확대에 어려움을 가지고 있다. 따라서 스마트 공장 보급 사업을 확대하고 우리나라 제조업의 경쟁력을 강화를 도모하는데 있어서 과연 어떤 요인이 중소기업들로 하여금 정부의 스마트공장 관련 사업에 참여하여 관련 기술을 받아들이고, 기업에 적용하게 되는지 분석으로 스마트공장 도입과 구축에 빨리 기초를 닦고 저변을 확대해야 머지않아 다가 올 미래 공장으로서의 변화에 발걸음을 같이 할 수 있기 때문에, 보급 확산 사업이 활발하고 광범위하게 진행되는 것은 바람직하다. 그런 의미에서 본 연구에서 제시하는 스마트 공장 관련 기술 도입 요인은 정부 차원의 정책 추진 시 어떤 분야를 더 강조하고, 정책을 개발해야 하는지에 대한 좋은 참고 자료가 될 것이고, 도입 의도는 있으나 실제 도입을 주저하는 기업들의 우려 사항을 어떤 방식으로 해소할 것인데 대한 고민 또한 필요함을 제시할 수 있다. (이태진, 2017)

이러한 기업들의 스마트공장 도입과 구축에 애로사항을 해결하기 위하여 정부지원 사업의 효과적 분석을 연구하여 스마트화 지원 사업을 통해 매출액 증가율과 연구개발비율이 증대 효과가 있음을 확인하였다. 지정기업의 2년 후 매출액 증가율이 통계적으로 유의하게 비지원 기업보다 더 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 정부지원이 중소기업의 매출액에 영향을 미치는데 어느 정도 시차가 발생하는 것으로 추정되며 정부지원 사업이 실질적인 효과가 있음을 보였다는 점에서 의미가 있다.

그리고 자동화 지원사업의 경우는 연구개발 비율의 증대가 있음을 확인하였다. 일반적으로 수작업 공정을 자동화설비로 대체하는 사업의 특성상 매출액 증대 효과가 크게 나타날 것이라 예상했던 것과는 다르게 분석결과 지원사업의 효과가 미흡한 것으로 나타났다. 원인에 대한 명확한 설명은 어려우나, 중소기업은 재정적인 어려움으로 제품생산을 위한 전체 공정

중 일부 공정에 대한 자동화 가 이루어진다는 한계점이 존재하며, 생산성 향상, 품질개선 등 경영성과 향상을 위해서는 전체 공정의 자동화가 필요 해 보인다.

또한 정부지원금과 민간매칭 비율에 대한 조정을 통해 기업의 성장성, 수익성 확보를 위한 사업체계의 재구성이 필요 할 것이다. 이상의 결과를 종합하면 단기적으로 중소기업의 기업성과(매출액과 영업이익 등)에 직접 적으로 영향을 주기보다는 연구개발 비율 등과 같은 매개변수의 증대를 통해 장기적인 매출 증대로 이어지는 것을 예상할 수 있었다.

그러나 부가가치율의 경우에는 재정 지원이 없는 경우가 있는 경우보다 더 높게 나타나는 것으로 확인되었다. 그 이유는 정부지원 사업에 참여하 기 위해서는 민간의 매칭비율에 따른 장비투자비가 발생하게 된다. 일시적 으로는 비 지원기업이 부가가치율이 높게 나타날 수 있지만, 설비는 구축 이후 10년 이상 사용이 가능하므로 장기적으로는 지원기업의 부가가치율 이 높아 질 것으로 추정해 볼 수 있으므로 장기간 변화에 대한 관찰이 필 요할 것이다. (강정석, 2018)

4차 산업혁명의 핵심기능들의 융합체인 스마트공장은 전 세계적인 관심 과 집중에 힘입어 지속적인 성장을 견인하고 있다. 정부와 각 산업별협회 등 스마트공장 확산에 열을 올리고 있지만 대기업과 일부 중견기업 외에는 아직까지 필요성에 대한 인식재고와 스마트공장을 도입하면서 어떤 것 에 더 중점을 둘지에 대해 의견이 엇갈린다. 이제 중소기업들의 스마트공 장 도입 선택요인을 도출하여 선택 속성은 해당 요소가 가지고 있는 특징 을 기반으로 두 계층으로 구성된 모형으로 구성하였다. 최종적으로 구성된 계층 모형은 세부 요소가 가지고 있는 특징을 따라 구성하였으며, 상위 계 층으로는 생산성 향상, 이미지 제고, 마케팅 향상, 비용절감 등을 보여 준 다. (김한주 외 2019)

이처럼 스마트공장에 도입에 대한 유사한 선행 연구로 해외에서는 반의 적 구성 설문 요소로 스마트공장 도입의 제약요인에 관한 다음과 같이 연구 분석 하였다.

독일의 경우에 364개 기업을 대상으로 인더스트리 4.0의 도입을 저해하는 요인에 대하여 분류한 Statista(2016)의 조사 연구에서는 높은 투자비용, 데이터 보호 정책의수요, 데이터 보안의 수요, 전문 인력의 부족, 산업의 복잡성, 법률적 체계의 부재, 시스템의 보안 취약성, 종업원 간 수용의 부재와 같은 8개 항목을 핵심 제약요인으로 분류하였다. Schröder(2016)는 스마트공장을 도입하는 것에 있어서 기업의 규모에 따른 차별적인 제약이 존재한다는 것을 기본 가정으로 하여 ‘자원의 부족 및 디지털 전략의 부재’, ‘표준의 결여 및 낮은 수준의 데이터 보안’과 같은 두 가지 범주로 제약사항을 분류하였다. 구체적으로 자원 및 디지털 전략의 부재와 관련한 세부 제약사항은 과도한 비용, 가용자원의 부족, 노하우의 부족, 적절한 솔루션선택 및 사용자 투명성의 결여를 초래하는 전문 IT 부서의 부재, 과도한 적용범위, 최고경영자의 적극적인 참여 및 추진력의 부재, 이해 가능한 도입 전략의 부재와 같이 7개 사항을 언급하였다. 한편, 표준 및 데이터 보안과 관련한 제약사항으로는 보안의 표준과 규정의 부족, 상호운용성의 어려움을 초래하는 범용화 된 표준의 결여와 같이 2개 사항을 언급하였다. 독일 소재의 제조 기업을 대상으로 기업 규모에 따른 제약사항의 차이를 분류하여 조사한 BMWi(2015)에서는 부족한 자원, 부족한 노하우, 불충분한 IT 인프라, 준비되지 않은 프로세스 및 조직, 높은 종업원의 교육 수요, 부족한 이익 투명성, 적정 솔루션 선택의 어려움, 노후화된 생산설비 및 기술과 같은 8개 항목을 핵심 제약사항으로 분류하였다. 해당 조사의 결과에 따르면 대기업대비 중소기업의 경우 각각의 제약사항에 대하여 인식하는 정도의 차이가 최소 15% 이상 높은 것으로 집계되었으며 불충분

한 IT 인프라, 적정 솔루션 선택의 어려움, 노후화된 생산설비 및 기술과 같은 3개 항목은 30% 이상의 큰 격차를 보이고 있는 것으로 나타났다.

네덜란드에서는 중소기업을 대상으로 한 Nieuwenhuize(2016)의 연구에서는 스마트공장의 실질적인 도입에 영향을 미치는 제약사항을 기술적 한계, 신뢰의 부족, 산업 내에서의 인식 부족, 산업 표준의 결여와 같이 4개 항목으로 분류하는 한편, '신뢰의 부족'과 같은 측면에서는 동종 업계 내에서의 기업 간 경쟁심화로 인해 정보 및 데이터를 공유하지 않으려는 인터뷰 응답내용을 근거로 하고 있다. 유럽 소재의 기업을 대상으로 한 사례연구를 통해 스마트공장의 제약요인을 분류한 Diederik 등(2014)에서는 자금 조달의 기회, 정부의 신속한 금융지원의 부재, 고숙련 기술 인력(엔지니어)의 가용성 부족, 지원체계에 대한 정부의 관료주의적 문제, 스마트 어플리케이션 공급자 수의 증대에 따른 솔루션 유형의 복잡성과 같은 5개 항목을 제시하였다. 보다 구체적으로 해당 연구에서는 스마트 어플리케이션 공급사와 스마트공장을 도입하는 제조사 중 스타트업, 혹은 중소기업의 경우에는 신속하고 다양한 재무자원의 확보가 필수적이라고 강조하는 한편, 솔루션 유형의 복잡성은 스마트공장을 도입하는 제조 기업으로 하여금 통합의 어려움에 따른 운영 및 기술적 문제를 초래할 수 있다는 점을 강조하였다.

한국에서도 스마트공장 구축과 관련한 현장실태 및 요구사항에 대한 분석을 실시한 이현정 등(2017)의 연구 의하면 스마트공장 도입의 제약 사항을 높은 시스템 셋업비용, 불충분한 인력, 스마트공장에 대한 긍정적 의견의 부족, 인식 부족, 기존 공정과의 기술적 차이로 인한 적용의 어려움, 내부 조직구성원의 반대와 같이 6개 항목을 제시하는 한편, 160개 스마트 공장 구축 기업을 대상으로 조사한 결과 앞서 제시한 순서와 동일하게 제약이 존재하는 것으로 집계되었다. 특히, 높은 셋업비용과 불충분한 인력은

각각 47.5%, 40.0%로 높은 수준의 제약을 보이는 것으로 확인되었으며 정부의 재정적, 기술적 지원의 필요성을 강조하였다.

스마트공장의 도입을 통한 제조업혁신을 위해 추진되는 정책 환경을 분석하였다. 먼저는 국내 제조기업의 제조업혁신 준비정도를 분석하였고, 이후에는 스마트공장 시스템과 기술의 도입 방식에 대한 선호도와 스마트공장 보급 및 고도화 정책에 대한 기업의 수요를 조사하였다. 국내 제조업 내 전반적인 혁신 준비정도는 아직 낮은 단계이나, 중견기업은 스마트공장 설비의 구축과 혁신 친화적인 조직·문화 형성이 상당히 진행되고 있는 반면, 중소기업은 매우 낮은 수준에서의 대응이 이뤄지고 있음을 확인했다. 특히, 중소기업 내 혁신 전담조직과 전략의 부재, 전문 인력의 부족, 수직적 기업문화의 잔존은 설비의 미비와 함께 풀어가야 할 사항으로 지적한 선행연구에서 보듯이 스마트공장을 지속적으로 관리하고 기업의 혁신 전략을 수립하기 위한 전문 인력의 중요성이 더욱 강조되는 상황으로, 향후 제조기업 내분권화 시대에 역할을 담당할 수 있는 전문가를 확보하고, 올바른 의사결정을 내릴 수 있는 조직 및 기업문화 형성을 뒷받침할 필요가 있다. (신동평, 양윤나 2018)

연구자(연도)	데이터	주요결과
최영환 (2017)	스마트공장 구축 진행 중인 중소기업 대상 설문조사	스마트공장 공장 성공적인 구축에 가장 큰 영향을 미치는 순서는 조직의 참여도, 정부지원, 외부 컨설팅 그리고 최고경영자 의지 순서

이태진 (2017)	스마트공장 도입하여 활용하고 있는 중 업종 별, 지역별 200개 회사 CEO 설문조사	스마트 공장 보급 사업을 확대 하고 우리나라 제조업의 경쟁 력을 강화를 도모하는데 있어 서 과연 어떤 요인이 중소기업 들로 하여금 정부의 스마트공 장 관련 사업에 참여하여 관련 기술 수렴 필요
황태곤 (2018)	국가별 정책 및 사례연구	정부의 정책적인 노력과 함께 구축비용의 보조, 컨설팅 등의 지원을 통해 스마트공장을 구 축하는 것이 효과적
강정석 (2018)	스마트 추진단, 국가뿌리산업진흥센터 정보 DB	단기적으로 중소기업의 기업성 과에 직접적으로 영향을 주기 보다는 연구개발 비율 등과 같 은 매개변수의 증대를 통해 장 기적인 매출 증대로 이어지는 것을 예상
신동평 외 (2018)	기업 및 전문가 대상 설문조사	국내 제조업 내 전반적인 혁신 준비정도는 아직 낮은 단계이 나, 중견기업은 스마트공장 설 비의 구축과 혁신 친화적인 조 직·문화 형성이 상당히 진행되 고 있는 반면, 중소기업은 매우 낮은 수준에서의 대응

<p>장태우 외 (2019)</p>	<p>스마트공장 공급기업 실태조사 (중소기업벤처부 2019)</p>	<p>기업의 체질 개선으로 이어지는 방안을 연구한 선행연구에서 중소기업들이 스마트공장을 도입하는 과정에서 기업이 겪게 되는 애로사항을 파악</p>
<p>김한주 외 (2019)</p>	<p>기업 임직원 대상 설문조사 90부</p>	<p>중소기업들의 스마트공장 도입 선택요인을 도출하여 선택 속성은 해당 요소가 가지고 있는 특징</p>



Ⅲ. 연구모형

자료의 데이터는 2019년12월30일 공표된 중소벤처기업부와 (사)벤처기업 협회에 의한 벤처기업정밀실태조사 설문답안으로 조사대상은 2018년 12월 말 기준 벤처확인기업 36,065개에서 본 연구에 적합한 대상 1081개 업체 추출하여 사용하였다.

1. 데이터

1.1 가설설정

- H1 기업의 성장단계는 제조 벤처기업의 스마트공장 도입 의향에 영향을 미칠 것이다.
- H2 기업의 매출구조는 제조 벤처기업의 스마트공장 도입 의향에 영향을 미칠 것이다.
- H3 기업의 주력 사업이 4차 산업혁명과 관계여부는 제조 벤처기업의 스마트공장 도입 의향에 영향을 미칠 것이다.

1.2 데이터

통계자료를 토대로 벤처기업들의 스마트공장 도입의지에 대한, ‘예 또는 아니오’ 설명을 종속변수로 구분하였기에 종속변수의 범주 수를 2개로 하는 로지스틱 회귀분석을 연구 모형으로 하였다.

로지스틱 회귀(영어: logistic regression)는 영국의 통계학자인 D. R. Cox가 1958년에 제안한 확률 모델로서 독립 변수의 선형 결합을 이용하여 사건의 발생 가능성을 예측하는데 사용되는 통계 기법이다.

로지스틱 회귀의 목적은 일반적인 회귀 분석의 목표와 동일하게 종속 변수와 독립 변수간의 관계를 구체적인 함수로 나타내어 향후 예측 모델에 사용하는 것이다. 이는 독립 변수의 선형 결합으로 종속 변수를 설명한다는 관점에서는 선형 회귀 분석과 유사하다. 하지만 로지스틱 회귀는 선형 회귀 분석과는 다르게 종속 변수가 범주유형 데이터를 대상으로 하며 입력 데이터가 주어졌을 때 해당 데이터의 결과가 특정 분류로 나뉘기 때문에 일종의 분류(classification) 기법으로도 볼 수 있다. 흔히 로지스틱 회귀는 종속변수가 이항형 문제(즉, 유효한 범주의 개수가 두개인 경우)를 지칭할 때 사용된다. 이외에, 두 개 이상의 범주를 가지는 문제가 대상인 경우엔 다항 로지스틱 회귀(multinomial logistic regression) 또는 분화 로지스틱 회귀(polytomous logistic regression)라고 하고 복수의 범주이면서 순서가 존재하면 서수 로지스틱 회귀(ordinal logistic regression)라고 한다. 로지스틱 회귀 분석은 의료, 통신, 데이터마이닝과 같은 다양한 분야에서 분류 및 예측을 위한 모델로서 폭넓게 사용되고 있다.

로지스틱 회귀는 이항형 또는 다항형이 될 수 있다. 이항형 로지스틱 회귀(binomial logistic regression)의 경우 종속 변수의 결과가 찬성과 반대와 같이 2개의 범주가 존재하는 것을 의미하며 다항형 로지스틱 회귀는 종속형 변수가 승인, 보류 그리고 불허와 같이 2개 이상의 범주로 분류되는 것을 가리킨다. 이항형 로지스틱의 회귀 분석에서 2개의 범주는 0과 1로 나타내어지고 각각의 범주로 분류될 확률의 합은 1이 된다.

로지스틱 회귀는 일반적인 선형 모델(generalized linear model)의 특수한 경우로 볼 수 있으므로 선형 회귀와 유사하다. 하지만, 로지스틱 회귀

의 모델은 종속 변수와 독립 변수 사이의 관계에 있어서 선형 모델과 차이점을 지니고 있다. 첫 번째 차이점은 이항형인 데이터에 적용하였을 때 종속 변수 y 의 결과가 범위 $[0,1]$ 로 제한된다는 것이고 두 번째 차이점은 종속 변수가 이진적 이기 때문에 조건부 확률($P(y | x)$)의 분포가 정규분포 대신 이항 분포를 따른다는 점이다. 따라서, 대상이 되는 데이터의 종속 변수 y 의 결과는 0과 1, 두 개의 경우만 존재하는 데 반해, 단순 선형 회귀를 적용하면 범위 $[0,1]$ 를 벗어나는 결과가 나오기 때문에 오히려 예측의 정확도만 떨어뜨리게 된다.

이를 해결하기 위해 로지스틱 회귀는 연속이고 증가함수이며 $[0,1]$ 에서 값을 갖는 연결 함수 $g(x)$ 를 제안하였다. 연결함수의 형태는 다양하게 존재한다. 로지스틱 회귀가 다른 회귀 분석과 구분되는 가장 큰 특징은 결과 값이 0 또는 1이라는 것이다. 따라서 결과 값의 범위가 $[-\infty, +\infty]$ 인 선형 회귀의 식을 결과 값의 범위가 $[0,1]$ 이 되도록 변환을 수행한다.

로지스틱 회귀분석은 회귀분석과 개념적으로 동일하다. 다만 종속변수가 양적변수가 아니라 이분변수라는 점만이 다르다. 종속변수가 양적 변수일 때 종속변수에 영향을 주는 변수를 찾아내는 방법이 회귀분석이며, 로지스틱 회귀분석(logistic regression)은 종속변수가 집단을 두 집단으로 나누는 이분변수일 때 사용하는 통계적 방법이다. 이분변수는 두 범주로 구분되는 변수로 본 연구에서는 스마트공장 도입 의향이 '있다/없다'로 정하였다.

스마트공장 도입을 하는데 있어 영향을 주는 독립변수가 무엇인지 그리고 집단 분류를 어떤 변수들이 얼마만큼 설명하고 있는지를 로지스틱 회귀분석으로 설명할 수 있다. 그러므로 로지스틱 회귀분석은 두 집단 판별 분석과 유사하다

2. 연구모형

변수의 조작적 정의

벤처기업실태 설문조사 항에서 다음과 같이 각각의 종속, 독립, 통제변수를 분류하여 구별 정의하였다.

<표 2> 변수명과 설명

구분	변수명	설명	
종속변수	스마트공장 도입의지	1 : 예 , 0 : 아니오	
독립변수	성장단계	창업기 및 초기성장기	1 : 예 , 0 : 아니오
		고도성장기	1 : 예 , 0 : 아니오
		성숙기 및 쇠퇴기	1 : 예 , 0 : 아니오
	매출비중	대기업	매출비중 (%)
		1·2 차 벤더	매출비중 (%)
		중소기업	매출비중 (%)
		B2C	매출비중 (%)
		B2G	매출비중 (%)
		글로벌	매출비중 (%)
		4 차 산업혁명 관계여부	1 : 예, 0 : 아니오
통제변수	지역	1 : 수도권, 0 : 그 외	
	총 종사자수	명	
	자산총계	ln(백만원)	
	매출액	ln(백만원)	
	영업이익	ln(백만원)	

종속변수

본 연구의 종속변수는 스마트공장 도입의지이다. 스마트공장 도입에 대한 설문지는 2019년도에 법인기업 조사표에 질의 되어있다.

이번 연구에서는 종속변수(예/아니오)를 두고 독립변수와 통제변수를 두고 스마트공장도입의지에 미치는 영향을 로지스틱 회귀 분석기법으로 검증하고 분석하였다.

독립변수

본 연구에서 다루는 독립변수는 스마트공장 도입 의지 여부에 따른 제조 벤처기업의 사업화 단계, 매출 거래대상, 글로벌 그리고 4차 산업혁명과의 관계이다. 단, 전제적으로 제조업종을 그 기본 자격으로 하였다.

가. 기업의 사업화 단계는 성장단계로 ‘창업기 및 초기성장기’를 하나로 묶고, ‘고도성장기’, 그리고 ‘성숙기 및 쇠퇴기’를 하나로 묶어 총 3개 유형으로 분류하였다.

나. 기업의 매출 구조는 구성 대상으로, B2B(기업매출)로 대기업, 1·2차 벤더 협력업체, 중소기업으로 분류와 B2C(소비자매출), B2G(정부매출) 그리고 직접수출과 간접수출을 묶어 하나의 해외(글로벌)로 분류하였다.

다. 기업의 주력기술과 중소벤처기업부의 4차 산업혁명 분야 관계에 대하여 ‘예 또는 아니오’로 이항으로 분류하였다.

통제변수

본 연구에 종속변수와 독립변수 외에 통제변수들을 분석에 포함하였다.

가. 먼저 지역권을 수도권과 수도권 이외지역으로 분류하여 기업의 지역적 분포에 따른 변화를 통제변수로 선정하였다. 이는 기업의 특성 분

류에 업종과 성장 단계와 같이 지역별 분류가 보편적이기 때문이다.

나. 정규직과 비정규직을 합하여 총 종사자수를 독립변수를 취한 것은 스마트공장이 4차 산업혁명과 함께 언급되는 고용 유지 및 일거리 재창출과의 관계가 있어 그로 인한 스마트공장 도입에 관해 미치는 영향의 요인으로 보았기 때문이다.

다. 제조 기업에 있어 자산은 유형의 자산 가치가 중요하게 여겨지고 기존 선행연구들의 결과처럼 기업들이 자부담에 대한 재정적 여건이 스마트공장도입에 있어 재고하는 요인이기 때문이다.

라. 매출액과 영업이익은 기업이 스마트공장을 도입하여 생산성을 높이고 효율적인 이익을 창출하고 중·장기적인 전략적 계획을 세우는데 목표의 기준으로 될 수 있는 요인으로 보았기 때문이다.

<표 3 > 변수 정의 구분



종속변수의 조건의 결과 값의 범위는 ‘예 또는 아니오’ 범주로 정하였다. 독립변수에서 기업의 성장단계에 구분 또한 3단계로 나누어 ‘예 또는 아니오’ 범주로 구분하였다. 매출 대상에 대한 변수와 글로벌 변수는 백분율의 단위로 정하였고 4차 산업과의 관계에 대하여는 ‘예 또는 아니오’로 구분하여 값을 얻었다.

표본 데이터

<표 4> 지역별 유효 데이터

		빈도	퍼센트	유효 퍼센트	누적 퍼센트
유효	지역	441	40.8	40.8	40.8
	수도권	640	59.2	59.2	100
	전체	1081	100	100	

지역적인 구분을 수도권과 그 외 지역으로 분류하였고 유효한 값의 분포를 보았을 때, 수도권에 위치한 제조 벤처기업들이 지역권 보다 조금 더 포진 되어 있는 것을 볼 수 있다. 이는 제조 벤처기업들의 수도권 집중화로 볼 수 있는데, 제조의 특성과 벤처의 특성을 고려 해 볼 때, 수도권 지역의 산업기반에 따른 정보 및 지원 사업의 집중화를 유추 해 볼 수 있다.

<표 5> 기업성장단계별 유효 데이터

		빈도	퍼센트	유효 퍼센트	누적 퍼센트
유효	창업기 초기성장기	203	18.8	18.8	21.4
	고도성장기	389	36	36	54.8
	성숙기 쇠퇴기	489	45.3	45.3	197.2
	전체	1081	100	100	

기업의 성장단계의 구분은 창업기와 초기 성장기를 1분류, 고도 성장기를 2분류 그리고 성숙기와 쇠퇴기를 묶어 3분류로 구분하여 비교하였다. 설문지에 문항은 5문항으로 되어 있으나 결과 값에서 스마트공장 도입의 향에 대한 독립 변수항목으로 적용하면서 창업기와 초기 성장기를 1분류, 고도 성장기를 2분류 그리고 성숙기와 쇠퇴기를 묶어 3분류로 구분하여 비교하였다.

<표 6> 스마트공장 도입 의향 유효 데이터

		빈도	퍼센트	유효 퍼센트	누적 퍼센트
유효	아니오	668	61.8	61.8	61.8
	예	413	38.2	38.2	100
	전체	1081	100	100	

스마트공장 도입의 의향에 대한 유효 데이터 분류는 설문조사의 대상인 벤처기업들 중에서 2019년에 법인기업 대상으로 하는 조사표에 설문 문항에만 제시되었기 때문에 본 연구에 있어 스마트공장 도입 의향에 대한 심층적인 대상은 제조관련 벤처기업인 법인 기업이라고 본다. 그럼에도 불구하고 스마트공장 도입에 대한 의향에 ‘아니오’의 빈도가 상대적으로 높다는 것은 아직은 스마트공장 도입과 구축 활성화는 미비하며 그에 관한 스마트공장에 관한 이점들에 관한 정보 공유가 미비하다고도 볼 수 있겠다.

<표 7> 4차 산업혁명 관계여부 유효 데이터

		빈도	퍼센트	유효 퍼센트	누적 퍼센트
유효	관련 없음	574	53.1	53.1	53.1
	관련 있음	507	46.9	46.9	100
	전체	1081	100	100	

유효데이터의 구분에서 설문에 응한 벤처기업들의 4차 산업혁명 기술과 서비스 관련하여 집중화 되어 있지는 않다고 보인다. 벤처기업이라는 범위와 4차 산업혁명 기술의 다양한 분야를 고려 해 보았을 때, 벤처기업이라고 하여 반드시 4차 산업혁명과 직접적인 연계성이 있다고는 보여지는 것은 아니다.

<표 8> 기술통계량별 유효 데이터

기술 통계량					
	N	최소값	최대값	평균	표준편차
총 종사자수	1081	1	1185	51.8011	76.29514
자산총계	1081	50	767787	17827.9824	37668.14115
매출액	1081	0	446968	15481.5606	27921.92518
영업이익	1081	-14591	52232	761.0768	3756.72603
B2B 대기업	1081	0	100	18.329	28.46911
B2B 1·2차 벤더	1081	0	100	20.4112	30.9035
B2B 중소기업	1081	0	100	31.2445	34.00873
B2C	1081	0	100	8.7602	22.73604
B2G	1081	0	100	8.1189	21.08491
글로벌	1081	0	100	13.1362	23.72444
유효 N(목록별)	1081				

설문지 응답한 벤처기업의 매출 구조는 구성을 대기업, 1·2차 벤더, 중소기업, B2G, B2C 그리고 글로벌로 분류하였다.

IV. 분석결과

1. 기초통계분석

<표 9> 방정식의 변수

	B	S.E.	Wald	자유도	유의확률	Exp(B)
0 단계 상수항	-0.481	0.063	59.007	1	0	0.618

<표 10> 모형 요약

단계	-2 로그 우도	Cox 와 Snell 의 R-제곱	Nagelkerke R-제곱
1	1336.349 a	0.090	0.122

a. 모수 추정값이 .001 보다 작게 변경되어 계산 반복수 5에서 추정종료

- 로지스틱 회귀분석 모델에서 설명력을 계산하기 쉽지 않아, 이를 위해 계산된 값이 Cox and Snell의 R제곱과 Nagelkerke-R 제곱
- Cox-Snell R값은 1이 안되서 이를 보완한 것이, Nagelkerke 값

<표 11> 분류표 a

관측됨		예측		분류정확%
		스마트공장 도입의향 아니오	예	
1 단계	스마트공장도입의향 아니오	581	87	87.0
	예	275	138	33.4
전체 퍼센트				66.5

a. 절단값 500

2. 분석결과

<표 12> 로지스틱 회귀 분석

방정식의 변수						
	B	S.E.	Wald	자유도	유의 확률	Exp(B)
창업기 및 초기성장기	0.455	0.206	4.888	1	0.027**	1.577
성숙기 및 쇠퇴기	0.457	0.149	9.420	1	0.002***	1.579
B2B 대기업	-0.015	0.003	19.625	1	0.000***	0.985
B2B 1·2차 벤더	-0.009	0.003	7.923	1	0.005***	0.991
B2B 중소기업	-0.011	0.003	10.958	1	0.001***	0.989
B2C	-0.016	0.004	15.767	1	0.000***	0.984
B2G	-0.011	0.004	7.589	1	0.006***	0.989
4차 산업혁명 관계여부	-0.705	0.134	27.754	1	0.000***	0.494
지역	0.202	0.135	2.247	1	0.134	1.224
총 종사자수	0.003	0.001	3.332	1	0.068*	1.003
자산총계	0.212	0.091	5.463	1	0.019**	1.236
매출액	-0.190	0.075	6.386	1	0.012**	0.827
영업이익	0.492	0.339	2.107	1	0.147	1.636
상수항	-4.903	3.284	2.229	1	0.135	0.007

방정식 변수의 결과 값에서 기업성장단계에 있어 스마트공장 도입에 대한 의향은 고도성장기와 비교하여 보았을 때 제조 벤처기업들은 초기 및 성숙기 때 스마트공장 도입의향이 더욱 큰 것으로 나타난다.

기업의 매출구조에 따른 스마트공장 도입 의향의 요인으로 비교하였을 때, 직접적이거나 간접적으로 수출에 매출구조가 연계되는 기업들이 국내 내수 매출을 하는 것과 비교하였을 때, 스마트공장 도입의 의향이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 즉, 매출이 내수인 경우 글로벌(수출)과 대비하여 도입의향이 상대적으로 작은 것으로 분석된다.

4차 산업혁명 기술과 서비스의 범주는 중소기업벤처부의 분류에 따라 설문지에서도 20개로 분류 선택항목을 두었으나 스마트공장 도입 의향에 대한 응답 기업의 관련 자료에서는 4차 산업혁명 관련 영역 사업 시 스마트공장 도입의향은 관계가 없는 것으로 나타진다.

설문에 답한 기업들의 총 종사자수가 높은 경우 스마트공장 도입의향이 높은 것으로 나타내고, 또한 자산의 총계가 높을 수록도 스마트공장 도입의 의향이 높은 것으로 보인다. 그러나 매출은 상대적으로 낮은 경우에 스마트 공장의 도입의 의향을 있음을 답하였다고 보인다.

V. 결론

1. 연구 요약

4차 산업혁명 시대의 도래기에 국내외적으로 스마트공장이 미래 경제 산업에 있어 중추적인 핵심 융합 역할을 한다는 것은 이제 부정할 수 없는 산업 구조이다. 특히 제조 분야에 있어 전 세계적으로 선진국들의 스마트공장 도입과 구축의 확산에 있어 집중하고 있다. 제조업이 우리나라 경제 성장 발전의 큰 영역으로 성장해왔던 것을 인지하며 4차 산업혁명에 트렌드에 다시금 경제 부활의 방법으로 우리나라에도 스마트공장의 도입을 활성화 시킬 필요가 분명하다. 선진국과 비교하여 우리나라의 스마트공장 구축과 활용은 아직은 미비한 상태라고 할 수 있다.

본 연구의 핵심은 스마트공장 도입 의향에 대한 영향요인을 규명하고자 2019년12월30일 공표된 중소벤처기업부와 (사)벤처기업협회에 의한 벤처기업정밀실태조사 설문답안으로 조사대상은 2018년 12월말 기준 벤처확인기업 36,065개에서 본 연구에 적합한 대상 1081개 업체 추출하여 데이터 통계자료를 대상으로 하였다.

벤처기업정밀실태조사(2019) 통계자료로 국내 최초 스마트공장 도입에 영향을 미치는 영향요인을 규명하고자 기업의 성장단계, 기업의 매출구조, 수출, 4차 산업혁명관계여부가 스마트공장 도입의 의향과 4차 산업혁명 관계 여부가 제조 벤처기업 대상의 스마트공장 도입 의지에 미치는 영향 요인으로 관계를 이항적 로지스틱 회귀분석의 방법으로 연구 분석하였다.

그리고 통제변수로는 위치, 총종사자수, 자산총계, 매출액 그리고 영업이익을 설정하였다.

가설검증 결과 3개의 가설은 모두지지 되는 것으로 확인 하였다.

<표 13> 가설 지지여부

가설	지지여부
H1 기업의 성장단계는 제조 벤처 스마트공장 도입 의향에 영향을 미칠 것이다.	지지(+)
H2 기업의 매출구조는 제조 벤처 스마트공장 도입 의향에 영향을 미칠 것이다.	지지(+)
H3 기업의 주력 사업이 4차 산업혁명과 관계 여부는 제조 벤처 스마트공장 도입 의향에 영향을 미칠 것이다.	지지(-)

2. 시사점

분석결과에 따르면 첫째, 제조 벤처기업들이 기업의 성장단계가 고도 성장기일 때 보다 창업기 및 초기성장기에 스마트 공장 도입에 의향이 상대적으로 크다는 것을 보여준다. 이는 창업기는 혁신역량이 필요한 단계이기 때문에 사업화 시점에서 시장 점유를 위한 스마트공장 도입의 의향이 높아 보인다. 초기성장기에는 기업의 생산제품의 사업성을 검증 완료하고 양산을 준비하는 단계로 제조역량을 강화하기 위하여 스마트공장 도입에 대한 의향이 높아 보인다. 그리고 성숙기는 시장으로부터 제품의 성능을 인정받아 성장의 발판을 마련함과 아울러 동업계 시장점유율 증가가 뚜렷하게 나타나는 시기이며 이 시기에는 인원증가, 매출액증가, 공장설립 또는 증설, 제반 경영체계의 정립, 자본증자 등의 현상이 나타납니다. 따라서 성숙기는 대량생산으로 확산과 동시에 원가를 중요시하는 단계이기에 이

에 맞춰 스마트공장 도입을 검토할 수 있는 단계입니다.

둘째, 매출구조 관점에서 살펴보면, 대기업과 1·2차 벤더, 중소기업, B2C, B2G 등의 내수적 매출인 경우 보다는 글로벌 매출 비중이 높은 경우 스마트공장 도입 의향이 상대적으로 크다는 결과를 보여 준다. 사실 글로벌기업 대비 국내 스마트공장 관련 기술은 다소 뒤쳐지는 상황으로 생산설비와 네트워크 기술은 글로벌 기업에 준하는 수준이나 IoT 기반 기술인 센서와 RFID 등에서 기술력이 크게 뒤떨어지는 것으로 나타났다. 기반 소프트웨어 기술 역시 글로벌 기업과 상당한 격차를 보이고 있다. 그러나 한국은 LCD, TV, 메모리반도체, 조선 등 high-tech 분야에서의 높은 경쟁력을 가지고 있으며, 기업 R&D에서 high-tech가 차지하는 비중이 50% 이상 되며 한국 경제에서 제조업이 창출하는 부가가치는 독일, 일본 등의 제조 선진국과 유사한 수준이며, 중상위 기술 기반의 제조업에서의 부가가치 및 수출 비중이 매우 높게 나타나는 현상으로 볼 수 있다. (과기정통부·KISTEP, 2018: 기업 연구개발비 대비 하이테크산업 연구개발비 비율 (2014년): 한국 55.6%, 미국 46.0%, 일본32.6%, 독일 23.4%)

셋째, 4차 산업혁명 관련 기술과 서비스와 관계성 조사에서는 설문에 응한 스마트공장 도입 의지가 있는 기업이 4차 산업혁명 관련 관계는 부(-)인 것으로 나타났다.

넷째, 종사자수가 많고 자산이 상대적으로 높은 기업에서 도입의향이 높은 것으로 보아 전형적인 생산 제조 중심의 벤처기업들이 스마트공장 도입으로 인한 비용대비 효율성을 기대하는 것으로 본다. 기업의 종사자 수와 스마트공장 도입에 대한 기업의 의향에 대하여 독일의 경우에는 기업이 고도기를 지나면서 시장 지배를 강하게 유지하면서 추가적으로 증가하는 고정비용의 일부 인 인건비를 효율성 대비 좋은 효과를 만들기 위하여 스마트공장 도입을 업무에 대한 부담이 줄어든 기존 직원에 대한 업무적

재교육 부분이 일부 도입에 대한 요인으로 보인다. (HishamAlkhalefah 2018)

제조 벤처기업들이 생산성 고도화와 글로벌 경쟁력을 전략적으로 강화하기 위해 스마트공장을 도입 하고자 하는 의향에 맞춰 현실적인 방향에 맞게 정부의 정책이 기획, 수립 그리고 추진되어야 할 것이다. 또한 제조 벤처기업들의 제조기술 발전에 맞춰 주력 산업의 고부가 가치화와 벤처에 맞는 신산업 창출과 국내외 시장 현황에 맞는 수요 제조 기업으로 참여를 활성화하기 위하여 기업의 창업기와 초기성숙기에 수출을 준비하는 기업에 맞춘 정책 방향으로 참여도를 높이도록 하여야 한다고 제안한다.

그리고 본 연구를 통하여 제조 벤처기업들이 스마트공장을 도입하고자 하는 의향에 미치는 영향요인을 검증 연구하여 정부주도의 스마트공장 구축 사업과 민간 주도의 스마트공장 도입 활성화에 있어, 도입 예정 기업, 잠재적인 도입 기업들의 의향과 그에 미치는 요인을 파악하여 정책적인 방향 설정에 유용한 기초 자료와 유의한 정보로 사용되어지기를 기대한다.

3. 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구에 분석 표본의 대상이 벤처기업으로 국한되었고 그리고 그 범주에서도 제조업 관련 기업으로만 추출되어 연구조사 되었기 때문에 벤처기업 아닌 제조 기업, 전통적인 제조 중심의 산업별 기업들에 대한 스마트공장 도입 의향에 영향요인을 분석할 수 없었고, 통계자료에 근거하여 도출한 탐색적 연구로 접근하여 가설 검증과 비교분석에 한계가 있었다.

일반적인 기업 분류에 있어 산업업종별 분류에 대한 특성도 고려되는 경우도 있지만, 본 연구에서는 벤처 기업의 실태조사에 대한 기업의 성장 단계, 매출구조 그리고 기업의 주력기술과 4차 산업혁명과의 관계에 대한

도입 의향을 분석하면서 제조 분야에 한정 되어 연구하였다.

또한 스마트공장 도입에 대한 조건적인 제반에 관련한 선행연구들은 있었으나 도입 의향에 미치는 영향요인에 대한 선행 연구는 찾아보기 힘들었기에 향후 이 분야에 보다 많은 기초 연구가 필요할 것이며 본 연구가 향후 이어질 다른 연구의 기초 선행연구로써의 역할을 기대한다.

벤처기업이 현대 산업의 기술적 총체적 역할을 선도하는 기업이기는 하지만 벤처 기업으로 아직 인증을 받지 못했거나 많은 중소 제조 기업들의 스마트공장 도입 의향에 대한 요인을 향후 더 연구할 필요가 있음을 시사한다.

스마트공장 도입에 대한 공급기업, 도입기업 그리고 정부의 입장에서 경영성과에 대한 후속적 입장에 관해서, 본 연구의 목적은 기업특성과 스마트공장 도입의향과의 관계성 규명에 있었다. 스마트공장 도입에 따른 경영성과에 대한 분석은 향후 후속연구에서 스마트공장을 도입한 기업의 재무정보 확보가 가능할 시 진행할 예정이다.

벤처기업의 범주를 벗어나 산업별 전반적인 구분 조사 자료를 통하여 스마트공장 도입을 위한 의향의 요인을 보다 세밀하게 원인을 분석, 규명하는 연구가 활발해져 정부의 스마트공장 구축 방향과 장기적인 비전이 구체적으로 잘 시행 될 수 있도록 추가적인 연구 분석 필요할 것이다.

우리나라의 경우 우수한 정보통신 인프라와 높은 연구개발투자 비중 등의 우호적 여건을 활용하여 한국형 스마트공장 구축을 적극 추진할 필요가 분명히 있다. 현재 중소기업기술정보진흥원 홈페이지에 공급기업 리스트가 게시되어 있다. 약 1,200개 사의 정보를 얻을 수 있지만, 맞춤형 공급기업을 선정하기는 쉽지 않은 상황이다. 최근에 스마트공장 구축에 있어서 도입기업의 애로사항을 파악한 결과, 도입기업과 공급기업의 커뮤니케이션 부족으로 인해 도입한 IT 시스템의 활용도가 낮다는 결과를 얻었다. 대부

분의 공급기업이 IT, 운영기술(Operation Technique) 그리고 자동화 기술(Automation Technology) 융합의 관점에서 IT 시스템을 개발하고 공급하기보다 자체 보유한 IT 시스템의 공급에 목적을 두고 있어서 도입기업과의 견차가 발생하고 있다. 정부 차원의 노력에도 불구하고 국내 제조업 스마트화에는 여러 한계에 직면해 있다. 스마트공장 확산 사업에 힘입어 스마트공장 적용 업체 수는 크게 증가했으나 대부분의 스마트화는 기초수준에 불과하다는 것이다. 또한 스마트공장 공급 산업 역시 선진국과 비교시 크게 낮다. 우리나라는 스마트공장 보급·확산에 초점을 두고 있어 자체 스마트공장 관련 기기 및 소프트웨어, 플랫폼 개발에 미진하다는 평가다. 때문에 이미 주요 선진국이 공급 기술과 시장을 선점한 반면 우리나라는 공급 산업이 크게 성장하지 못한 실정이다.

정부의 의지 못지않게 기업의 스마트공장의 도입 의지가 우리나라의 미래 산업 및 경제 활성화에 매우 중요한 요소인 것은 분명하다. 향후 본연과 같은 스마트공장의 도입에 대한 영향요인에 대한 조사 연구 및 그 영향요인을 현실화하여 스마트공장 도입 활성화의 만족스러운 결과를 만들기 위한 연구가 계속적으로 필요하다.

참고 문헌

1. 국내 문헌

강성배(2013), “정보기술 능력이 기업성과에 미치는 영향,” 인터넷전자상거래연구, 13(2), 217-235.

강성호·최선미·박홍수(2013), “시장지향성이 기업의 성과에 미치는 영향에 관한 연구” 연세경영연구, 48(1), 1-32.

강정석, 조근태 (2018). 자동화 및 스마트 공장 구축에 대한 정부 지원사업의 효과 분석. 기술혁신학회지, 21(2), 738-766

경기도 전자부품연구원(2016), 스마트 제조공정 지원센터 타당성 조사

권대욱 이사(2018), Smart Factory 구현을 위한 제조 핵심 역량과 Engineering 기반 설계

권세인(2019), 스마트 팩토리 도입의 핵심성공요인과 기업성과에 관한 실증연구 - 국내 중소 제조기업을 중심으로 -

김상문(2020), 빅데이터기반 중소제조기업의 스마트 팩토리 수용의도와 경영성과에 관한 실증연구

김선재(2017), 4차 산업혁명 대응을 위한 스마트 공장 R&D 현황 및 시사점

김창도 수석연구원(2017), 중국의 인더스트리 4.0과 스마트 팩토리 추진 전략

김창희(2019), 벤처기업의 혁신 성과 측정: 제조 벤처기업의 마케팅 혁신을 중심으로

김태호·최우중(2014), 우리나라 제조업의 경쟁력향상 방안, 2014년 대한안전경영과학회 추계학술대회, pp.409-419

김한주·허훈·강재원·부제만(2019), 스마트팩토리 도입시 영향을 미치는 요인에 관한 연구 :국내 중소기업을 중심으로

박제선(2019), 스마트 팩토리 구축 의지와 실행에 관한 관계 분석(정부 지원금과 기업 부담금의 조절효과를 중심으로)

박종만 (2015). 중소기업 스마트공장 기술 동향과 이슈. 한국통신학회논문지, 40(12), 2491-2502

박종필(2017) “인더스트리 4.0 시대의 스마트 팩토리 성공 사례 분석: 국내 대·중·소기업을 대상으로”. 디지털융복합연구, 15(5), p. 107-115.

박철순(2011), “최적의 SCM을 위한 핵심 생산역량,” KAIST, 박사학위논문.

뿌리산업 인적자원개발위원회(2018), 선진국의 스마트팩토리 구축 동향 및 전략

산업분석리서치센터 민성희 선임연구원(2018), 스마트공장 구축 사례 및 시사점

산업통상자원부(2015a) 산업부, 스마트 공장 기술개발 로드맵(안) 공개.

삼정KPMG 경제연구원(2018), 4차 산업혁명과 제조혁신 : 스마트 팩토리

도입과 제조업 패러다임 변화

성창용(2019), 중소기업체의 스마트공장 인지정도에 따른 구축 현황 분석

신동평, 양윤나 (2018). 제조업혁신 주도를 위한 스마트공장 도입 및 고도화 추진 환경 분석. 대한기계학회 춘추학술대회, 1727-1732

안성훈(2019), 중소기업들을 위한 한국형 적정 스마트팩토리

양혁승 교수(2017), 스마트공장 도입이 고용에 미치는 효과 연구 - 해외 사례를 중심으로

오승철·안영효(2019), 4차 산업혁명 시대의 스마트팩토리 수준 진단 방안
에 대한 연구

오요셉, 이주연, 윤주성, 김보현 (2015). 중소기업들을 위한 스마트공장
구축. 한국CDE학회 학술발표회 논문집, 323-332

오주환, 서진희, 김지대 (2019), 종업원 기술수용태도와 기술 사용용이성이
스마트공장 기술 도입수준과 제조성과에 미치는 영향 , JITAM, 26:2,
13-26

이강원·윤주섭·권순오·안희경(2015), 경북 스마트산업 제조혁신을 위한 스
마트팩토리 보급확산 사업기획

이정철 (2018). 스마트공장 도입 단계별 추진 포인트. ie 매거진, 25(4),
31-37

이태진, 김영준 (2017). 한국 중소기업의 스마트 공장 사업 참여 요인에

대한 실증 분석. 한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집, 25(2), 191-194

이현정·김용진·임정일·김용운·이수형(2017), 스마트공장 구축을 위한 현장
실태 및 요구사항 분석

이현호·임춘성(2018), 중소기업의 스마트 공장 도입을 위한 SWOT 분석

장태우·성시일·이정철(2019), 스마트공장 중소 공급기업 실태 분석과 개선
방안

정은미(2017) 4차 산업혁명이 한국 제조업에 미치는 영향과 시사점. 세종:
산업연구원(KIET) 산업경쟁력연구본부.

조지훈(2020), 중소기업 스마트공장 도입을 위한 사전진단 체계 고도화 연
구

조지훈·신완선(2019), 중소기업을 위한 스마트공장 도입 준비도 진단 체계
개발 및 적용사례연구

조혜지 선임(2017), ICT로 제조혁신, 스마트팩토리

주영석·이동희(2019), 중소 금속가공 기업의 경쟁력 향상을 위한 스마트공
장 도입 요인 연구

진성욱·서영욱(2019), 중소기업에서 내부 환경요인을 통한 Smart Factory
핵심요인이 경영성과에 미치는 영향 연구

최영환·최상현(2017), 스마트공장 시스템 구축이 중소기업 경쟁력에 미치
는 요인에 관한 연구

황태곤(2018), 스마트 팩토리 도입에 관한 연구

<http://www.korea.kr/policy/presReleaseView.do?newsId=156070531>,
2018.01.23__(2015b) 제조업 혁신 3.0 전략 실행대책 - 창조경제 구현을
위한 제조업의 스마트 혁신 추진방안 -. 제7차 무역투자진흥회의, 관계부
처 합동 보고자료, p. 1-42.

산업통상자원부, 민관합동 스마트공장 추진단(2016) 4차 산업혁명, 스마트
공장에서 답을 찾다: 혁신의 길을 찾은 사람들. 2016 스마트공장 지원사업
참여기업 우수사례집. 세종:산업통상자원부.__(2017) 스마트공장 참조모델:
업종중심으로. 3차 개정보증판(Version 3.1). 세종: 산업통상자원부.

중소벤처기업부(2017) 중소·중견기업 기술로드맵 2017-2019 - 스마트팩토리

중소벤처기업부.(2018) 중소기업 기술로드맵 2018-2020 - 스마트공장

중소벤처기업부.(2019) 2019년 스마트공장 보급·확산사업 공고

<https://www.smart-factory.kr/pblanc/listUser/1>, 2019.03.02

(2019) 스마트공장 성과분석 연구용역 결과(요약).

[https://www.smart-factory.kr/recsrom/read/13?page=3&bsClCodeSe=00004
&bsnsClCodeSe=8888](https://www.smart-factory.kr/recsrom/read/13?page=3&bsClCodeSe=00004&bsnsClCodeSe=8888), 2019.05.28.

민관합동 스마트공장추진단 홈페이지 <http://www.smart-factory.kr>

산업통상자원부 홈페이지 <http://www.motie.go.kr>

㈜첨단 홈페이지 <http://www.exhibiton.helot.net>

2. 해외 문헌

'A conceptual approach to analyzing manufacturing companies' profiles concerning Industry 4.0 in emerging economies' 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2018) 419-426

Amr T. Sufian, Badr M. Abdullah, Muhammad Atteeq (2019), A Roadmap Towards the Smart Factory

Andreas Schumacher, Tanja Nemeth, Wilfred Sihn. (2018).

'Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises.' 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering

<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.IR.8107>, Sep. 21, 2017.

Batchkova I. A., D.Sc. Popov G.T., Eng. Ivanova Ts. A., Eng. Belev Y.A. (2018), "Assessment of Readiness for "Industry 4.0," International Scientific Journal, Year III, Issue 6, pp 288-291

D. Lucke, C. Constantinescu and E. Westkamper (2008), "Smart Factory - A Step toward, the Next Generation of Manufacturing" the 41st CIRP conf. on manuf. system, Tokyo, Japan, pp. 115-118

H. Kagermann, W. Wahlster, and J. Helbig, 'Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group', 2013.

J. Lee, 'Developing a framework for assessing maturity of future manufacturing system and case study', 2018.

M. P. Groover, 'Automation in production systems,' in Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing, fourth ed., Boston: Pearson, pp. 1-20, 2015.

Mohamed M. Mabkhot, Abdulahman M. Al-Ahmari, Bashir Salah and HishamAlkhalefah. (2018). 'Requirements of the Smart Factory System: A Survey and Perspective.' Machines Review, MDPI

Mohammed Munir, & Ahmed Osama Alaskari. (2014). 'Development of assessment methodology for improving performance in SME's.', International Journal of Productivity and Performance Management Vol.63 No.4, 477-498. Wikipedia, <https://ko.wikipedia.org/>

World Economic Forum, Acenture(2015). Industrial Internet of Things :Unleashing the Potential of Products and Services, http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf

World Economic Forum, Readiness for the Future of Production Report 2018, Insight Report in collaboration with A.T. Kearney, available at <http://wef.ch/fopreadiness18>

Y. Lu, KC Morris and S. Frechette, "Standards Landscape for Smart Manufacturing Systems,"