

## 중소벤처기업의 스마트팩토리 기술적용이 품질과 혁신성과에 미치는 영향

이록 (동아대학교 산업경영공학과 박사과정)\*

김채수 (동아대학교 산업경영공학과 교수)\*\*

### 국 문 요 약

본 연구는 중소기업의 스마트팩토리 기술적용이 품질과 혁신성과에 미치는 영향력을 밝히는데 목적을 갖고 실증분석 하였다. 연구 결과 중소기업에서의 스마트팩토리 기술적용이 품질과 혁신성과에 미치는 영향에서 유의적인 영향을 미치는 것으로 나타나 가설은 부분 채택되었다. 스마트팩토리 기술로서의 디바이스와 어플리케이션 기술이 정보품질과 시스템품질에 긍정적인 영향을 미치는 반면, 플랫폼 기술은 정보품질과 시스템품질에 유의하지 않아 기각되었다. 또한, 스마트팩토리 기술이 혁신성과에 미치는 영향에서도 디바이스 기술은 유의한 영향을 미치는 반면, 플랫폼과 어플리케이션은 유의하지 않아 기각되었다. 시스템품질은 혁신성과에 유의하지만 정보품질은 혁신성과에 유의하지 않은 영향을 미쳤다. 스마트팩토리의 디바이스 기술이 혁신성과에 미치는 영향에서 품질은 부분 매개효과를 보이는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 중소기업의 4차 혁명시대 스마트팩토리의 핵심으로서의 상호 연결을 통해 수준 높은 정보 품질관리를 구현해야 한다. 또한, 제조설계에서부터 실행, 분석에 이르기까지 상호 컴포넌트 연동과 중소기업의 필요에 따라 디바이스로부터 수집된 체계적인 정보를 통합 관리함으로써 기업의 성과를 높일 수 있음을 시사한 것으로 평가할 수 있다.

핵심주제어: 중소기업, 스마트팩토리, 시스템품질, 정보품질, 혁신성과

### 1. 서론

스마트팩토리는 설계, 개발, 유통, 물류, 판매 등 생산 및 전 과정에 정보통신기술(ICT)을 적용하여 센서와 사물인터넷(IoT), 사이버물리시스템(Cyber Physical System)의 신기술과 접목되어 제조의 모든 단계가 디지털화, 자동화되고 모든 공정이 서로 실시간 연동되는 생산체계를 말한다(Radziwon et al., 2014). 이는 최소 비용 및 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하고 실시간 자율 생산과 설비, 재료, 환경에 따라 네트워크를 통해 자율 판단하고 수행하는 장점을 갖는다(김한주 외, 2019).

즉 스마트팩토리는 공장자동화가 진화한 형태로 국내·외 기업에서 4차 산업혁명의 핵심 기능들의 융합체인 스마트팩토리의 도입으로 빠르게 변화하고 있으며, 전 세계적인 관심과 집중에 힘입어 지속적인 성장을 견인하고 있다.

현재 전 세계적으로 제조업과 정보통신기술(ICT)을 접목한 융합 제조혁신이 빠르게 진행되고 있다. 제조업 강국 독일의 경우 미래 제조업 시장을 주도권 확보를 위한 방안으로 '인더스트리 4.0'을 수행하고 있다. 이는 과거 기계 위주의 생산, 컴퓨터 로봇 생산의 패러다임이 현재는 기계, 사람, 인터넷의

상호 연결화를 통해 생산하는 스마트한 제조업으로 진화하고 있다(이철빈, 2018).

국내 제조업 3.0 정책을 추진하면서 중소기업의 디지털화 및 스마트공장에 대한 연구를 바탕으로 표준 모델 개발에 주력하고 있다. 이러한 기술뿐만 아니라 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 드론 등의 기술을 적극 활용함으로써 글로벌 경쟁에서 우위를 점하려는 노력이 빠르게 전개되고 있다(김미정·이수전, 2017).

국내 기술기반으로 한 중소기업에서는 제조 경쟁력 향상을 위해 IT 솔루션 활용과 엑셀 등 다양한 방법으로 생산 현장의 시스템 개선을 시도하고 있다(한재훈 외, 2017).

특히 김광수 외(2013)에 의하면 중소기업들이 시스템 도입을 통해 초기 생산 분야의 비용 절감과 효율성을 강화할 수 있는 다양한 전략을 구사하고 있다. 하지만 대부분의 생산 현장 데이터에 대한 체계적인 수집 및 관리가 미흡하고 체계적인 공장운영관리를 위한 스마트팩토리 기술을 활용하고 있음에도 불구하고 대부분 도입 시에 기대한 만큼의 성과를 도출하지 못하고 있다(정철호 외, 2016).

현 정부에서는 중소기업의 경쟁력 향상과 산업고도화 추진을 위해 스마트팩토리 사업을 5,003개의('14~'17) 업체를

\* 제1저자, 동아대학교 산업경영공학과 박사과정, rokleephd@gmail.com

\*\* 교신저자, 동아대학교 산업경영공학과 교수, cskim@dau.ac.kr

· 투고일: 2020-02-25 · 1차수정일: 2020-04-08 · 2차수정일: 2020-04-24 · 3차수정일: 2020-04-28 · 게재확정일: 2020-06-04

지원하였지만 76.4%가 기초수준의 데이터 수집단계에 머물러 있어 수준이다. 이는 데이터 분석과 활용을 통한 기업의 경쟁력 강화에는 많은 도움이 되지 못하고 있는 실정이다(김수영, 2018).

또한, 중소제조업에서는 원가절감과 생산성 향상이 기업의 생존과 직결되는 상황이지만 수집된 데이터 분석과 기술적용에 대한 인력 및 품질관리가 부족하다. 이는 중소제조업 운영에 있어서 어려움을 겪고 있는 것은 물론 기대이상의 혁신성과를 이끌어내지 못하고 있다(박종만, 2015).

이러한 문제와 한계를 해결하기 위해 본 연구에서는 시시각각 변하는 중소제조기업의 특성과 환경을 고려하여 생산현장의 스마트팩토리 기술적용이 품질과 혁신성과에 미치는 영향력을 파악하여 학제적 산업적 시사점을 제안하는데 본 연구의 목적을 갖는다.

## II. 이론적 배경

### 2.1 스마트팩토리 기술적용

스마트팩토리의 기능을 구현하는 최하위의 기술요소는 디바이스 및 센서로써 시장, 제품, 생산 환경으로부터 발생하는 다양한 정보를 식별하고 수집하여 상위의 플랫폼과 애플리케이션으로 전달하는 역할을 수행한다(이설빈, 2018).

센서 네트워크를 통해 수집된 정보는 상위 수준으로 전달됨으로써 데이터 기반의 통제 및 의사결정을 지원하는 근간이다(Davis et al., 2009; Lee et al., 2016). 플랫폼 기술은 최하위 단계의 디바이스 및 센서로부터 수집된 정보를 애플리케이션이 활용할 수 있도록 가공·처리하는 동시에 최하위 단계와 최상위 애플리케이션 단계를 연결하는 역할을 한다(한재훈 외, 2017).

특히, 플랫폼 수준에서는 하위 단계에서 수집된 방대한 양의 데이터를 저장하는 클라우드 컴퓨팅 기술과 데이터를 유용한 정보로 전환하는 빅데이터 분석, CPS, 모델링, 시뮬레이션 등을 활용하여 가상환경에서의 경험을 실제 환경으로 전환하는 기술이 요구되며(Thoben et al., 2017; 이설빈, 2018), 지능화된 시스템으로 하여금 프로세스를 모니터링하고 기능들을 통제함으로써 최상위 운영 활동에 적용될 수 있는 역량을 확보하는 것이 중요하다(Zhang et al., 2017).

Wollschlaeger et al.(2017)은 스마트팩토리의 구현을 위해서는 통신기술(IT)과 운영기술(OT)의 연계가 매우 중요하다고 언급하였으며, 실제 제조 환경의 전반적인 프로세스에서 수행되는 활동은 애플리케이션을 통해 계획 및 실행된다.

특히 애플리케이션 단계에서는 플랫폼 수준에서 분석된 데이터의 흐름을 도식화하여 최종 운영단계에서 적용되어지기 위해 CRM, SCM, MES, ERP 또는 PLM과 같은 통합된 정보 시스템을 활용해야 하는 점에서 이들 애플리케이션, 플랫폼, 디바이스 기술적용이 핵심요소를 확인할 수 있는바 이들 3

가지 요인의 적합성을 측정변수로 선정하여 관련 인과관계를 검증하고자 한다(Weissman, 2015).

<표 1> 스마트팩토리의 기술적 구분과 개념 및 역할 주요기술

구분	개념 및 역할	주요기술
애플리케이션 (Application)	공장의 운영을 지원하는 소프트웨어로써 제조 실행에 직접적으로 관여하는 시스템	MES EPP PLM SCM
플랫폼 (Platform)	수집된 정보를 애플리케이션이 활용할 수 있는 형태로 가공·처리하는 중간 소프트웨어 디바이스/센서와 애플리케이션의 매개 역할	빅데이터 분석 CPS 모델링/시뮬레이션 프로세스 제어/관리 클라우드
디바이스/센서 (Device/Sensor)	제조 환경에서 발생하는 정보를 감지하고 데이터를 수집하여 플랫폼 및 애플리케이션에 전달	컴포넌트 컨트롤러 로봇 인지형 스마트센서

### 2.2 스마트팩토리의 품질

스마트팩토리는 연결성, 실시간, 지능화, 유연성, 지속가능성과 같은 주요 특성을 지니는 스마트 운영시스템을 통해 적용된다(권세인, 2019).

스마트팩토리는 애플리케이션, 플랫폼, 디바이스 3가지 기능을 통해 센서 및 디바이스로부터 지속적으로 정보가 수집되고, 빅데이터 분석, CPS, 모델링·시뮬레이션, 클라우드 등과 같은 다양한 플랫폼을 통해 수집된 정보가 분석·가공된다. 가공된 정보는 최적화된 의사결정을 지원하는 PLM, ERP, SCM, MES, FEMS와 같은 정보시스템을 기반으로 실제 제조운영 프로세스에 포함된 설계, 계획, 생산, 프로세스 관리 등에 의해 품질이 관리된다(권세인, 2019).

중소기업의 스마트팩토리 운영단계에서 산출물의 품질에 대한 평가는 완성된 개별 정보시스템의 성능을 측정하는 것을 의미하는 것이다. 이는 주로 시스템의 성능과 유용성 등에 기초한 정보시스템의 품질에 대한 평가를 수행한다(DeLone & McLean, 1992). 따라서 정보시스템에 대한 평가항목들로 ‘시스템의 질’과 ‘정보의 질’을 제시한 이론적 준거를 바탕으로 본 연구에서는 품질을 시스템 통합관점에서의 시스템품질과 데이터 정보품질을 대상으로 한 정보품질을 반영하여 기술적용요인과 혁신성과간의 인과관계를 검증하고자 한다.

<표 2> 스마트팩토리 품질 요인

구분	정의	요인
품질	설계, 계획, 생산, 프로세스 관리에 의해 관리되는 품질	시스템 품질 : 모든 시스템 자체에서 일관성이나 결함이 발생되고 있는지 아닌지에 대하여 관계되는 것
		정보 품질 : 정보시스템에 의한 정보의 검색능력, 적시성, 정확성에 대한 판단

### 2.3 스마트팩토리의 혁신성과

혁신성과는 고객의 구체적인 요구사항을 충족하는 것과 밀접한 관련이 있다. Slack & Lewis(2015)는 혁신성과를 품질, 속도, 납기신뢰성, 유연성, 비용의 5가지 항목으로 분류하였다. 각각의 개념에 대한 구체적 설명을 보면 첫째, 품질로 고객의 요구를 충족시키는 제품과 서비스 오류가 없는 상태(error-free)로 제공되는 것을 의미한다(Agus, 2005). 동일한 관점에서 Slack & Lewis(2015)는 품질을 제품과 서비스가 지나야 할 “규격(specification)”과 규격에 대한 “적합성(conformance)”으로 설명하는 한편, 제조 측면에서의 구체적인 측정 항목을 제품의 규격, 혹은 규격에 대한 적합성의 비율로 언급하였다(Slack & Lewis, 2015). 이외에도 앞선 품질의 개념적 정의에 입각하여 단위당 결함 수, 불량에 따른 폐기 수준, 불량에 따른 재작업(rework) 등과 같은 비재무적 항목으로 측정하기도 한다(Belekoukias et al, 2014; Fullerton et al, 2014).

둘째, 속도는 프로세스의 시작부터 종료 간의 시간을 의미한다(Slack & Lewis, 2015). 주로 리드타임(lead-time)과 관련하여 주문 리드타임, 사이클 타임, 배송 리드타임, 셋업타임 등과 같은 항목이 있다(Khanchanapong et al, 2014).

셋째, 납기신뢰성은 배송의 마감기한과 실제 배송기한의 차이로 설명되는 정시배송, 혹은 정시배송률과 같은 항목으로 논의되고, 이외에 운영상에서의 신뢰성과 관련한 항목이 있다(Flynn et al, 2010; Kauppi et al, 2016).

넷째, 유연성은 새로운 요구사항을 충족시키기 위해 운영상의 변화를 가능하게 하는 차별적인 상황, 혹은 불확실한 환경에 빠르게 대응·적응하는 능력을 말한다(Gupta & Goyal, 1989; Sethi & Sethi, 1990). 주로 제품 측면에서는 수량(volume)과 다양성(mix, 혹은 variety), 신제품 개발·출시기간의 단축과 같은 측면에서 논의되며(Zhang et al., 2003), 제조부문의 포괄적인 관점에서는 계획, 기계·설비, 인력, 프로세스 등의 하드레버(hard lever), 자재, 배치, 조직구조, 의사결정 등의 소프트레버(soft lever), 직무설계, 자발적 변화, 인식, 공급사슬 구성원 간의 관계 등의 무형레버(intangible lever)와 같은 다양한 측면의 유연성이 존재한다(Aggarwal, 1997).

마지막으로 비용은 여러 자원의 투입 대비 산출물의 결과로 표현되는 생산성과 밀접한 관련이 있다. 비용은 자원의 활용, 노동생산성, 효율성, 단위당 생산비용 등과 같은 항목을 주로 다루고 있다(Shah & Ward, 2003; Jayalath et al., 2017).

Slack et al.(2010)은 혁신성과의 5가지 핵심경쟁능력차원이 상호 연관성을 지니고 있으며, 기업의 내·외부적 측면에 모두 영향을 미친다고 설명하였다.

내부적으로는 품질, 속도, 납기신뢰성, 유연성은 모두 비용에 영향을 미치기 때문에 비용 부문에서의 성과 향상을 위해서는 나머지 4가지 핵심경쟁 능력 차원의 성과를 향상 시키는 것이 중요하다.

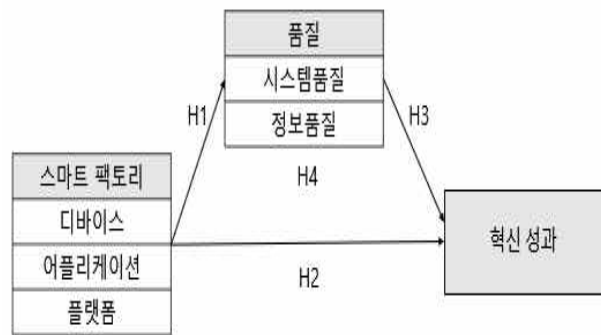
이렇듯 혁신성과변수로 시스템관련 재무적, 비재무적 요인

이 사용되는데 본 연구에서의 혁신성과요인으로 Slack & Lewis(2015)의 시스템기술 통합운영관점에서 혁신과 연동된 재무적, 비재무적 성과를 반영하여 측정하고자 한다.

## III. 연구의 설계

### 3.1 연구 모형

본 연구에서는 중소벤처기업의 스마트팩토리 기술적용이 정보품질, 시스템품질과 혁신성과 간의 관계를 측정하고자 스마트팩토리를 도입한 국내 제조기업을 대상으로 하여 기술적 측면에 해당하는 3개요인(디바이스 기술, 플랫폼 기술, 애플리케이션 기술)과 품질·관리 측면에 해당하는 2개요인(시스템품질과 정보품질)을 포함한 스마트팩토리의 혁신성과에 미치는 영향력을 실증적으로 검증하고자 <그림 1>과 같이 모형을 설정하였다.



<그림 1> 연구모형

### 3.2 연구가설의 설정

스마트팩토리를 주제로 한 양적 연구의 제약에 따라 선행연구를 기반으로 본 연구에서 수립한 가설에 대하여 직접적인 관계를 설명하는 것은 제한적이다. 그러나 앞서 스마트팩토리의 혁신성과요인을 분류하는 과정에서 다수의 선행연구를 통해 성공적인 스마트팩토리의 도입·구축을 위해 요구되는 기술적 측면을 살펴본바 결과적으로 기업의 혁신성과에 유의한 영향을 미칠 수 있을 것이라는 점을 간접적으로 유추할 수 있게 한다(권세인, 2019). 즉각 국가별 주요 기관 및 협의체에서는 스마트팩토리를 구축하기 위한 필수 기술 요건을 제시했는데 Coalition(2011)는 미국의 스마트제조를 위한 필수적인 기술적용에 대하여 ① 네트워크화 된 센서, ② 데이터 상호운용성, ③ 멀티스케일 동적 모델링·시뮬레이션, ④ 지능형 자동화, ⑤ 확장형 다중보안기술에 대하여 강조하였으며, EHS로 일컬어지는 환경(E), 건강(H), 안전(S)에 대한 이슈를 주요하게 다루고 있다.

독일의 표준로드맵을 제시한 Adolph et al.(2016)는 동일한 관점에서 ① 센서 네트워크 ② 상호 운용성, ③ 지능형 자동

화, ④ 안전·보안(인간·환경·데이터)에 대한 측면을 강조하였다. 또한, 스마트팩토리의 구현을 위해 요구되는 핵심 기술을 ① 네트워크화 된 센서, ② 정보통신기술 인프라, ③ 데이터 상호 운용성, ④ 새로운 생산시스템, ⑤ 지능화된 자동화, ⑥ 확장형/다층형 사이버 보안으로 분류하였으며, 작업자 및 설비, 환경에 대한 안전을 강조하였다(Adolph et al., 2016).

한편, 이설빈(2018)에서 제시한 스마트팩토리의 핵심기술 구조도와 기술적 구성요소는 센서/디바이스, 플랫폼, 애플리케이션의 3가지 요소를 강조하였으며, 최종 애플리케이션 단계에서 제조 실행에 직접적으로 관여하는 다양한 애플리케이션과 디바이스에 따라 성공적인 스마트팩토리의 도입을 통해 우수한 성과를 창출하게 된다고 하였다.

따라서 스마트팩토리의 중요 3가지 기술적용과 혁신성과 향상을 유추할 수 있으므로 이를 바탕으로 다음과 같이 가설을 설정하였다.

**H1: 스마트팩토리의 기술은 품질에 영향을 미칠 것이다.**

- H1-1: 스마트팩토리의 디바이스 기술은 시스템품질에 영향을 미칠 것이다.
- H1-2: 스마트팩토리의 디바이스 기술은 정보품질에 영향을 미칠 것이다.
- H1-3: 스마트팩토리의 애플리케이션 기술은 시스템품질에 영향을 미칠 것이다.
- H1-4: 스마트팩토리의 애플리케이션 기술은 정보품질에 영향을 미칠 것이다.
- H1-5: 스마트팩토리의 플랫폼 기술은 시스템품질에 영향을 미칠 것이다.
- H1-6: 스마트팩토리의 플랫폼 기술은 정보품질에 영향을 미칠 것이다.

성공적인 스마트팩토리의 기술적용 및 기업의 품질개선과 혁신성과향상과 관련한 기술적 측면의 중요성을 부분적으로 논의한 선행연구도 마찬가지로 본 연구에서 수립하고자 하는 가설을 지지하는데 활용되어 질 수 있다. 예를 들어 스마트팩토리의 기술적용을 위해 시스템품질과 관련한 측면을 강조한 선행연구(Posada et al, 2015; Reuter et al, 2017; Sadeghi et al, 2015), 정보품질의 중요성을 강조한 연구(Imtiaz & Jasperneite, 2013; Simons et al., 2017; Zuehlke, 2010), 플랫폼시스템 기술을 통한 혁신을 강조한 선행연구(Hashem et al., 2015; Xu & Hua, 2017), 정보시스템의 중요성을 강조한 연구(Kang & Kim, 2016; Mittal et al, 2019), 그리고 애플리케이션의 중요성을 강조한 연구(Brettel et al, 2014; Odważny et al, 2018; Vyatkin, 2011) 등에 해당한다. 이와 같은 논의에 의거하여 본 연구에서는 기술적 측면에서의 기술적용에 따른 핵심품질요인이 기업의 혁신성과에 미치는 영향에 대한 가설을 다음과 같이 설정한다.

**H2: 스마트팩토리의 기술은 혁신성과에 영향을 미칠 것이다.**

- H2-1: 스마트팩토리의 디바이스 기술은 혁신성과에 영향을 미칠 것이다.
- H2-2: 스마트팩토리의 애플리케이션 기술은 혁신성과에 영향을 미칠 것이다.
- H2-3: 스마트팩토리의 플랫폼 기술은 혁신성과에 영향을 미칠 것이다.

스마트팩토리의 도입에 따라 새롭게 변화하는 디지털 환경에서 마찬가지로 디지털화된 새로운 기술을 필요로 한다. 선행연구에서는 스마트팩토리의 성공적인 구현을 위해서는 전통적인 계층적 구조에서 벗어나 유기적이고 시스템품질이 강조되는 구조가 요구된다고 하였다. 유사한 맥락에서 기계, 설비 및 시스템 등이 자율적이고 분산화된 의사결정을 수행하는 것과 동일하게 기술자원도 제조 프로세스상에서의 원활한 협업을 위해 기능성과 품질을 갖추어야 한다.

이재식(2014)은 정보시스템의 품질과 서비스 품질이 중소기업의 성과에 미치는 영향 연구에서 정보시스템의 정보품질과 시스템품질은 경영성과에 유의한 영향을 미치고 있음을 규명하였다.

완전한 연결성을 지향하는 스마트제조 환경에서는 내, 외부 조직 간의 연결성을 확보함으로써 시스템 정보를 공유하는 품질을 통해 기하급수적인 가치를 창출할 것으로 기대된다. 따라서 이와 같은 논의에 의거하여 본 연구에서는 품질이 기업의 혁신성과에 유의한 영향을 미칠 것이라는 가설을 수립하였다.

**H3: 품질은 혁신성과에 영향을 미칠 것이다.**

- H3-1: 시스템품질은 혁신성과에 영향을 미칠 것이다.
- H3-2: 정보품질은 혁신성과에 영향을 미칠 것이다.

**H4: 스마트팩토리의 기술이 혁신성과에 미치는 영향에서 품질은 매개역할을 할 것이다.**

**3.3 조사대상 및 조사방법**

본 연구의 실증분석을 위하여 국내 중소벤처기업 중 스마트팩토리를 도입 및 운영하고 있는 제조기업을 대상으로 설문 조사를 실시하였다. 2019년 11월 11일부터 12월 15일까지 총 210부에 대해 설문 응답을 받아, 불성실한 응답 및 결측값을 제외한 후, 최종 186개 기업에 대해 분석을 실시하였다.

**3.4 측정변수의 조작적 정의**

**3.4.1 애플리케이션**

스마트팩토리 솔루션은 최상위의 소프트웨어 시스템으로 플랫폼 상에서 제조 과정을 실행하고, 수집된 데이터를 분석하고 가시화하는 시스템을 말한다.

이는 곧 MES(Manufacturing Execution System), ERP(Enterprise

Resource Planning), PLM(Product Lifecycle Management) 등 기존 제조 IT 솔루션과 연계하여 공장 운영관리를 지원하는 응용 소프트웨어로 애플리케이션을 통해 제조설계에서부터 실행, 품질 관리, 설비 보전 등 다양한 컴포넌트의 연동이 가능해진다. 따라서 이 같은 개념을 바탕으로 본 연구에서는 사용자의 필요에 따라 애플리케이션으로부터 수집된 정보를 통합·관리하고 분석결과 등을 제공하는 것으로 정의하고 김한주 외(2019)의 중소기업 스마트팩토리 기술요소를 응용하여 4문항을 리커트 5점 척도로 구성하여 측정한다.

### 3.4.2 플랫폼

플랫폼은 전통적으로 물리적인 구조물을 위한 공용화된 토대의 의미로 사용되어졌으나 ICT의 발전에 따라 공간의 제약이 없는 상태에서 다양한 상품 및 사람이 교류함으로써 새로운 가치를 창출하는 공간을 의미한다(정민의·유성진, 2019). 이러한 맥락에서 서비스 플랫폼은 다양한 서비스가 생성, 실행, 관리, 공유되는 장으로 이해될 수 있으며, 플랫폼 비즈니스는 생산자-소비자간 상호작용을 통해 가치를 창출하는 비즈니스로 해석할 수 있다(Parker et al, 2016).

따라서 스마트팩토리에서의 플랫폼은 디바이스에서 수집된 정보를 분석하고 활용하여 애플리케이션으로 전달하는 중간 소프트웨어 시스템으로 효율적인 데이터 채널로 정의하고 리커트 5점 척도로 4문항을 구성하여 측정하였다.

### 3.4.3 디바이스

디바이스는 스마트팩토리의 생산 환경과 시장, 제품 등과 같은 정보를 감지하고 다양한 데이터, 정보를 수집하여 애플리케이션과 플랫폼에 전달하는 역할을 수행하며, 최하위 하드웨어 시스템으로 센서와 네트워크 기술로 위치, 환경, 에너지, 소리, 동작 등과 같은 물리적 조건과 환경적 조건을 플랫폼으로 전송하는 시스템을 말한다. 따라서 이 같은 개념을 바탕으로 본 연구에서의 디바이스를 이를 준용한 개념으로 정의하고 Davis et al.(2009)의 선행변수를 응용하여 하위 4문항을 구성하여 리커트 5점 척도로 측정하였다.

### 3.4.4 시스템품질

시스템품질은 정확한 정보를 생산하고 의사소통하는 기술적인 성공을 의미한다(Delone & McLean, 1992).

Seddon(1997)은 시스템품질을 “모든 시스템(사용자 접점 시스템) 자체에서 일관성이나 결함(bug)이 발생되고 있는지 아닌지에 대하여 관계되는 것”으로 정의하였다. 시스템품질은 단순하게 “정보시스템의 시스템 자체에 대한 질적 수준을 의미”하는 개념으로 시스템을 사용하고 운영하는데 어느 정도의 효율성을 갖고 있는지에 초점을 맞춘다. 따라서 본 연구에서의 시스템품질을 Seddon(1997)의 선행변수를 바탕으로 4문항을 리커트 5점 척도를 구성하여 측정하였다.

### 3.4.5 정보품질

정보품질은 의도하는 정보가 전달되도록 하는 성공을 뜻한다. Seddon(1997)은 정보품질을 “정보시스템에 의한 정보의 검색능력, 적시성, 정확성에 대한 판단”으로 정의하였다.

박희석(2002) 또한 정보품질을 “정보시스템에 의하여 산출되어진 산출물과 그 가치의 효율적인 정도”로 정의하고 정보품질에 대한 8가지(고객지향, 유용성, 적시성, 정밀성, 정보의 양과 형태, 정확성, 충분성, 최신성) 문항으로 구성하여 평가하였다.

이 같은 개념을 바탕으로 본 연구에서의 정보품질을 “정보시스템 사용자가 지각하는 가치의 정도”로 정의하고(Zheng et al., 2013), “정보시스템의 시스템에 의해 산출물과 그 가치(정보 활용에 따라 증가된 가치와 정보획득에 따른 비용과 차이)에 따른 하위항목을 Lewis(2006)의 정보시스템에서 제공되는 자료에 대한 사용자를 위한 정보 공유에 중점을 둔 품질로 정의하고 리커트 5점 척도로 3문항을 구성하여 측정하였다.

### 3.4.6 혁신성과

혁신성과는 보통 사업성과 또는 기업성과 등으로 불리며, 이는 기업의 생산성과 수익성, 또한 조직의 목표 달성 정도, 기업 내부 및 외부의 조직능력 등 다양한 측면으로 정의된다(Strandskov, 2006). 혁신성과의 측정은 순 이익률, 매출액, 시장점유율, 투자수익률 등 재무지표 자료를 통한 재무적 성과에 치중했다(Stock et al, 2000). 그러나 재무적 성과를 통해 단일지표를 사용하는 것보다 비재무적 성과를 함께 포함한 복합지표를 사용하는 것이 보다 바람직하다는 다수의 연구에 의해 지지되고 있다(Stock et al, 2000; Powell, 1992).

또한, 비재무적 성과는 장기적이고 다양한 기준에 의해 측정되기에, 재무적 성과의 문제점을 극복할 수 있는 장점이 존재한다(Hult et al, 2004).

재무적 성과는 보통 수익성으로 나타내는데, 수익성은 이익과 판매이익률, 그리고 투자이익률 등 다양한 지표에 의해 측정된다. 그 중에서도 투자이익률이 가장 널리 사용된다(McGuire et al, 1988). 따라서 이 같은 개념을 바탕으로 기업의 시스템 혁신성과에서 수익은 성장전략을 추구하거나, 마케팅위험을 흡수하는 등 여러 가지 산업분야에서 꼭 필요한 자금을 내적/외적으로 공급할 수 있고, 필수적인 자원으로 정의하고 재무적 4문항 비재무적 4문항 등 8문항을 리커트 5점 척도로 구성하여 측정하였다.

<표 3> 측정 변수의 조직적 정의

변수	조직적 정의	출처
디바이스	• 특정 상황 및 위치를 감지·인식하고, 수집한 정보를 토대로 생산 및 품질 등과 관련한 운영 상황을 통제하여 무선통신기술을 활용한 네트워크 체계를 구축·활용하는 장치	Davis et al.(2009)
애플리케이션	• 생산현장의 최적화된 운영으로 제품과 공급망관리의 최적화된 공정운영들	김한주 외(2019)

플랫폼	• 빅데이터 수집, 분석, 관리, 의사결정을 지원하고, 생산 공정을 체계적 제어 관리하여, 데이터를 서버에 저장 활용하는 클라우드 기술을 활용하는 플랫폼	Parker et al.(2016)
시스템 품질	• 안정적인 시스템의 속도, 오류나 장애 없이 일관된 운영상태	Seddon(1997)
정보 품질	• 정보의 정확성을 바탕으로 시스템 사용 목적의 적합성에 기인한 효율	Lewis(2006)
혁신 성과	• 최근 3년 간 경영목표 달성정도, 원가절감 • 목표 달성, 내부의 경쟁력 향상정도 • 매출이익 달성수준	Hult et al(2004)

### 3.5 분석방법

본 연구 분석을 위해 SPSS Ver. 24, AMOS Ver. 24 활용하였다. 모집단 기업의 특성을 파악하기 위해 빈도분석을 실시하였으며, 설문 문항의 정확성과 신뢰성을 파악하기 위해 신뢰분석과 탐색적 요인분석, 확인적 요인분석을 실시하였다. 마지막으로 경로분석을 통하여 각 변수간의 경로관계를 확인하였다.

## IV. 분석 결과

### 4.1 빈도분석

<표 3> 빈도분석 결과

변수 구분		빈도	퍼센트
업종	전기·전자·반도체·통신	41	22.0
	중장비·자동차 부품	38	20.4
	농기구·선박엔진 부품	43	23.1
	금속·기계	38	20.4
	기타	26	14.0
종업원수	50명이하	32	17.2
	51명~100명	46	24.7
	101~200명	35	18.8
	201명 이상	73	39.2
매출액	50억 이하	34	18.3
	51억~70억	40	21.5
	71억~120억	52	28.0
	121억~200억	31	16.7
스마트 팩토리 도입 동기	201억이상	29	15.6
	월가절감 유연한 대응	12	6.5
	제조환경 변화를 통한 경쟁력 확보	8	4.3
	인건비 절감	31	16.7
	정부지원 및 정책에 의해	29	15.6
	방송 및 매체를 통한 학습	15	8.1
	내부 직원들의 합의	75	40.3
주변의 권유	16	8.6	
합계	186	100	

<표 3>은 설문에 응답한 기업의 특성을 나타낸 것이다. 업종별로 보면 전기·전자·반도체·통신 중사기업이 41개(22.0%),

중장비·자동차 부품 38개(20.4%), 농기구·선박엔진 부품 43개(23.1%), 금속·기계 38개(20.4%), 기타 업종 26개(14.0%)로 분포되어 있음을 알 수 있다.

사업장의 종업원 수는 50명이하가 32개(3.1%), 51~100명 46개(24.7%), 101~200명이 35개(18.8%), 201명 이상 73개(39.2%)로 나타났다.

매출 규모로는 50억 이하 34개(18.3%), 51~70억이 40개(21.5%), 71~120억 52개(28.0%), 121억~200억 31개(16.7%), 201억 이상 29개(15.6%)로 나타났다.

각 기업에서 스마트 팩토리의 도입 동기로는 원가절감 유연한 대응 12개(6.5%) 제조환경 변화를 통한 경쟁력 확보 8개(4.3%), 인건비 절감 31개(16.7%), 정부지원 및 정책에 의해 29개(15.6%), 방송 및 매체를 통한 학습 15개(8.1%), 내부 직원들의 합의 75개(40.3%), 주변의 권유 16개(8.6%)로 나타났다.

### 4.2 신뢰도 타당도 분석

변수에 대한 타당성 및 신뢰도 검증 결과는 <표 4>와 같다. 신뢰성분석 결과, 대부분의 변수에서 Cronbach의 알파 0.7이상으로 만족할만한 신뢰도가 확보되었으나, 정보 품질 변수는 신뢰도를 저해하는 2개 문항을 제거한 뒤 0.7이상의 신뢰도를 확보하여 분석에 사용하였다. 또한, K-M-O값도 0.7이상으로 타당성이 확보되어 수정 없이 그대로 분석에 사용하였다.

<표 4> 신뢰도 탐색적 요인분석 결과

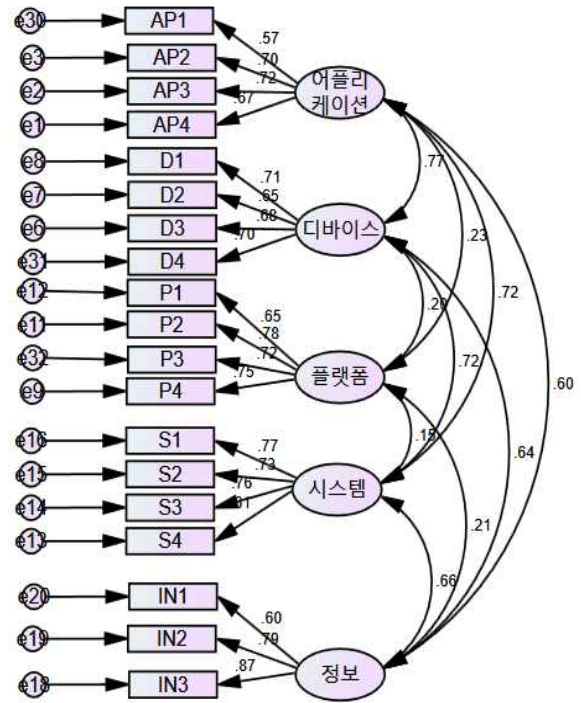
구분	문항 수	크론바흐' α	K-M-O	
스마트 팩토리	다바이스	4	0.714	0.723
	어플리케이션	4	0.729	0.707
	플랫폼	4	0.721	0.733
품질	시스템	4	0.805	0.789
	정보	5~3	0.726	0.727
혁신성과	8	0.899	0.922	

### 4.3 확인적 요인분석

변수에 대한 확인적 요인분석의 결과로 집중타당성의 검증 결과는 <표 5>와 같다. 각 변수들의 집중타당성이 있기 위해서는 표준화 요인부하량 0.5이상, C.R.은 1.965이상, AVE는 0.5 이상, 개념 신뢰도는 0.7이상을 만족해야 타당성이 있는 것으로 간주된다(Hair et al, 1998). 본 연구에서는 이 3가지 방법을 모두 사용하여 집중타당성을 검증하였고 변수들의 집중타당성 분석 결과 모든 변수에서 타당성의 기준을 만족하였으므로 수정 없이 그대로 분석에 사용하였다. 확인적 요인분석의 모형은 <그림 2>와 같다.

<표 5> 확인적 요인분석 결과

구분	요인 적재치	C.R.	개념신뢰도	AVE	
디바이스	D1	0.712	0.807	0.511	
	D2	0.651			7.804
	D3	0.675			8.064
	D4	0.698			8.296
어플리케이션	AP1	0.572	0.845	0.579	
	AP2	0.702			7.858
	AP3	0.721			8.016
	AP4	0.672			
플랫폼	P1	0.648	0.824	0.540	
	P2	0.776			9.224
	P3	0.72			8.751
	P4	0.755			
시스템품질	S1	0.771	0.858	0.604	
	S2	0.726			7.664
	S3	0.758			7.882
	S4	0.614			
정보품질	IN1	0.596	0.813	0.597	
	IN2	0.787			7.842
	IN3	0.869			8.064



<그림 2> 확인적 요인분석

#### 4.4 경로 분석

연구모델의 모델 적합도 지수는 Chi-square=629.286, DF=313, GFI=0.906, AGFI=0.916, CFI=0.937, RMR=0.039로 나타났다. GFI, AGFI, CFI는 0.9이상, RMR은 0.05이하면 적합하다(이학식, 임지훈, 2017). 따라서 구조방정식의 모형은 검증되었으며, 경로계수의 적합도도 검증되었음을 알 수 있다.

<표 6>은 연구모형 분석의 결과를 나타낸 것이고, <그림 3>은 경로분석 결과를 나타낸 것이다.

결과를 보면 가설1-1 ‘스마트팩토리의 디바이스 기술은 시스템품질에 영향을 미칠 것이다.’의 경로계수는 0.521(C.R=4.995,  $p < .05$ )로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타나 채택되었다.

가설1-2 ‘스마트팩토리의 디바이스 기술은 정보품질에 영향을 미칠 것이다.’의 경로계수는 0.492(C.R=4.737,  $p < .05$ )로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타나 채택되었다.

가설1-3 ‘스마트팩토리의 어플리케이션 기술은 시스템품질에 영향을 미칠 것이다.’의 경로계수는 0.52(C.R=4.785,  $p < .05$ )로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타나 채택되었다.

가설1-4 ‘스마트 팩토리의 어플리케이션 기술은 정보품질에 영향을 미칠 것이다.’의 경로계수는 0.378(C.R=3.898,  $p < .05$ )로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타나 채택되었다.

가설1-5 ‘스마트팩토리의 플랫폼 기술은 시스템품질에 영향을 미칠 것이다.’의 경로계수는 0.001(C.R=0.015,  $p > .05$ )로 유의하지 않은 것으로 나타나 기각되었다.

가설1-6 ‘스마트팩토리의 플랫폼 기술은 정보품질에 영향을 미칠 것이다.’의 경로계수는 0.088(C.R=1.115,  $p > .05$ )로 유의하지 않은 것으로 나타나 기각되었다.

가설2-1 ‘스마트팩토리의 디바이스 기술은 혁신성장에 영향을 미칠 것이다.’의 경로계수는 0.359(C.R=2.761,  $p < .05$ )로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타나 채택되었다.

가설2-2 ‘스마트팩토리의 어플리케이션 기술은 혁신성장에 영향을 미칠 것이다.’의 경로계수는 0.028(C.R=0.238,  $p > .05$ )로 유의하지 않은 것으로 나타나 기각되었다.

가설2-3 ‘스마트팩토리의 플랫폼 기술은 혁신성장에 영향을 미칠 것이다.’의 경로계수는 0.098(C.R=1.374,  $p > .05$ )로 유의하지 않은 것으로 나타나 기각되었다.

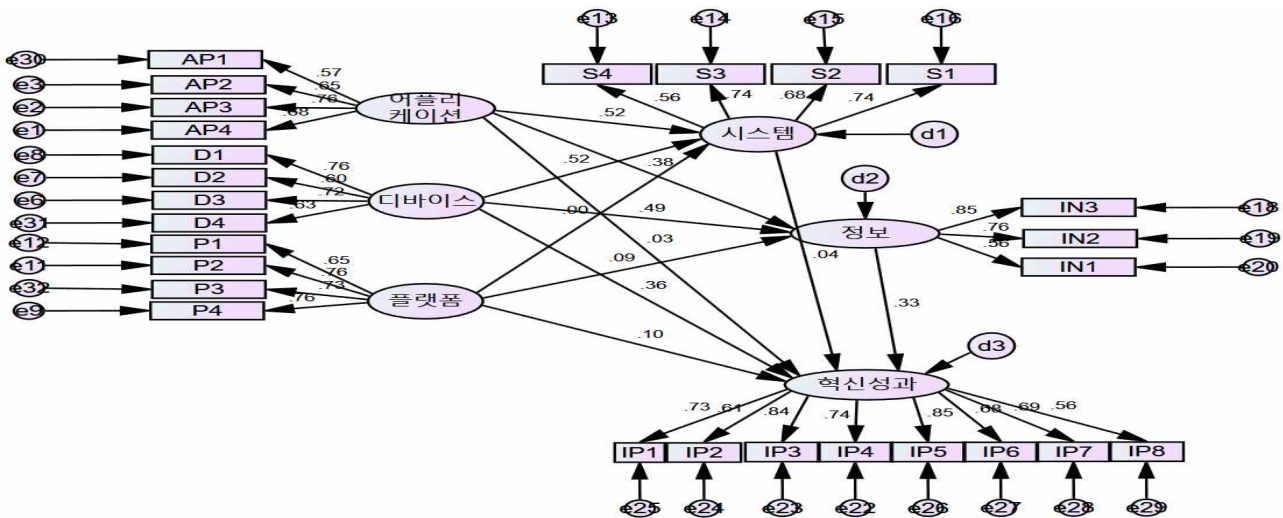
가설3-1 ‘시스템품질은 혁신성장에 영향을 미칠 것이다.’의 경로계수는 0.039(C.R=0.294,  $p > .05$ )로 유의하지 않은 것으로 나타나 기각되었다.

가설3-2 ‘정보품질은 혁신성장에 영향을 미칠 것이다.’의 경로계수는 0.334(C.R=3.001,  $p < .05$ )로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타나 채택되었다.



<표 6> 연구모형 분석결과

경로				B	$\beta$	S. E	C. R.	P	가설 채택 여부
H1-1	디바이스	→	시스템품질	0.31	0.521	0.062	4.995	***	채택
H1-2	디바이스	→	정보품질	0.352	0.492	0.074	4.737	***	채택
H1-3	어플리케이션	→	시스템품질	0.446	0.52	0.093	4.785	***	채택
H1-4	어플리케이션	→	정보품질	0.39	0.378	0.1	3.898	***	채택
H1-5	플랫폼	→	시스템품질	0.001	0.001	0.049	0.015	0.988	기각
H1-6	플랫폼	→	정보품질	0.07	0.088	0.063	1.115	0.265	기각
H2-1	디바이스	→	혁신성과	0.261	0.359	0.095	2.761	0.006	채택
H2-2	어플리케이션	→	혁신성과	0.029	0.028	0.124	0.238	0.812	기각
H2-3	플랫폼	→	혁신성과	0.079	0.098	0.058	1.374	0.17	기각
H3-1	시스템품질	→	혁신성과	0.047	0.039	0.16	0.294	0.769	기각
H3-2	정보품질	→	혁신성과	0.339	0.334	0.113	3.001	0.003	채택



<그림 3> 경로분석 결과

### 4.5 매개효과

중소벤처기업에서의 스마트팩토리의 기술이 혁신성과에 미치는 영향에서 품질이 매개효과를 보이는지 구조모형 Bootstrap분석 결과를 살펴보았다. 매개효과 가설검증 과정에서 간접효과의 유의성 검증은 비정상성 자료로 추정 가능한 Bootstrapping을 500회 반복추출을 실시하였으며 유의수준 .05 수준에 맞추어 측정하였다.

<표 7>은 가설 4. 스마트팩토리의 기술이 혁신성과에 미치는 영향에서 품질은 매개역할을 할 것이라는 가설을 검증한 결과를 나타낸 것이다. 스마트팩토리의 디바이스 기술이 혁신성과에 미치는 영향에서 품질이 부분매개를 보인 반면, 어플리케이션과 플랫폼 기술이 혁신성과에 미치는 영향에서 품질은 매개효과를 하지 않는 것으로 나타났다.

<표 7> 총, 직접, 간접 효과 검증

경로				총 효과	직접 효과	간접 효과	
디바이스	→	품질	→	혁신성과	0.543	0.359 <i>p=0.035</i>	0.184 <i>p=0.045</i>
어플리케이션	→	품질	→	혁신성과	0.175	0.028 <i>p=0.833</i>	0.146 <i>p=0.142</i>
플랫폼	→	품질	→	혁신성과	0.127	0.098 <i>p=0.169</i>	0.029 <i>p=0.389</i>

### V. 논의 및 결론

이상의 연구결과 중소기업에서의 스마트팩토리 기술 적용이 품질과 혁신성과에 미치는 영향은 부분적인 영향을 미치는 것으로 나타나 가설 또한 부분 채택되었다. 즉 스마트팩토리 기술로서의 디바이스와 어플리케이션 기술이 정보품질과 시스템품질에 긍정적인 영향을 미치는 반면, 플랫폼 기술은 정보품질과 시스템품질에 유의하지 않아 기각되었다. 또한, 스마트팩토리 기술이 혁신성과에 미치는 영향에서도 디바



이스 기술은 유의한 영향을 미치는 반면, 플랫폼과 애플리케이션은 유의하지 않아 기각되었다. 시스템품질은 혁신성과에 유의하지만 정보품질은 혁신 성과에 유의하지 않은 영향을 미쳤다. 스마트팩토리의 디바이스 기술이 혁신성과에 미치는 영향에서 품질은 부분 매개효과를 보이는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 중소기업의 4차 혁명 시대 스마트팩토리의 핵심으로서의 기술적용의 상호연결을 통해 수준 높은 정보 품질관리를 구현하고 제조설계에서부터 실행, 분석에 이르기까지 상호 시스템 연동과 중소기업의 필요에 따라 디바이스로부터 수집된 체계적인 정보를 통한 시스템품질을 효율적으로 관리함으로써 기업의 혁신된 성과를 높일 수 있음을 의미한 것으로 볼 수 있다.

이는 중소기업의 기존 제조 IT 솔루션과 연계된 센서와 네트워크 기술로 물리적 환경적 조건에 부합한 정보를 플랫폼으로 전송하는 시스템적 운영관리를 애플리케이션을 통해 분석하고 활용함으로써 중소기업의 품질과 성과를 극대화시킬 수 있음을 시사한 것으로 평가할 수 있다. 즉, 시스템 운영체제의 안정성을 바탕으로 오류나 장애 없이 안정된 품질과 정보품질의 적합성을 통해 사업성과가 통합된 기업의 매출 및 경쟁력 향상의 혁신적 성과로 나타난 것이라 할 수 있다. 이와 같은 결과는 정윤수(2018)와 Parker et al.(2016)이 밝힌 플랫폼 비즈니스에서의 애플리케이션과 디바이스, 플랫폼 기술의 적용이 생산자, 소비자 간 상호작용을 통해 가치 창출을 증대시키는 기제임을 밝힌 선행연구를 지지해준과 동시에 스마트팩토리의 기술적용과 혁신성과간의 인과적 관계를 설명했던 기존의 연구, 보고 자료를 통계적인 분석에 기반한 실증연구를 통해 재입증했다는 점에서 의의를 갖는다. 그리고 본 연구에서 강조하고자 했던 기술적용이 성공적인 스마트팩토리의 혁신성과를 위해 중요하게 작용할 수 있다는 결론을 지지한다. 한편, 이러한 실증연구의 결과는 스마트팩토리 기술적용과 관련하여 기술적 체계를 강조했던 기존의 선행연구(Wang et al., 2016; Lee, 2015)를 실증적으로 검증함으로써 해당 중요성을 다시 확인할 수 있었던 점에서 의의가 있다. 따라서 이 같은 결과를 바탕으로 향후 중소기업에서의 스마트팩토리 기술적용과 발전을 위해 첫째, 중소기업업을 위한 스마트공장화의 기술적용에 대한 인식제고와 방향성 정립이 필요하며 생태계 활성화를 위해 니즈시장, 사업화모델, 시장표준, 산업 연동효율의 창출 면에서 촉진화가 선행될 필요가 있다.

둘째, 중소기업의 스마트공장화를 위한 로드맵 수립과 마스터플랜의 재정립으로 기술 기반의 플랫폼 및 디바이스 기술 및 SW개발에 대한 국내 산학연의 연구와 정부의 상용화 개발 촉진정책의 가속화와 추적이 요구된다.

셋째, 향후 중소기업에 적합한 스마트팩토리 솔루션을 지속적으로 개선하고 적용하기 위해 제조혁신 마인드의 함양과 시스템을 활용한 스마트팩토리 기술적용을 위해 수주에서 출하까지의 전체 프로세스에 대한 통합모델을 적용해야 할 것이다.

이상의 연구결과 본 연구의 시사점을 요약하면 현재 스마트팩토리 성과와 관련해 독일을 중심으로 한 해외사례가 주를 이루고, 국내사례는 대기업 사례가 주류를 이루고 중소기업 사례는 전무한 실정이다. 그러나 본 연구를 통해 중소기업 혁신성과요인을 제시한 점에서 본 연구의 유용성을 갖는다. 더불어 최근 제4차 산업혁명에 대한 시대적 조류로 인해 스마트팩토리에 대한 관심이 매우 높다. 그러나 스마트팩토리 구축에 대한 중요성은 공감하고 있으나, 현실적으로 중소기업에서의 구축에 대한 실제 움직임은 크게 일어나지 않고 있다. 이러한 주요한 이유는, 중소기업들의 입장에서 스마트팩토리 구축을 통해 실제적인 성과를 가져다줄 수 있는가에 대한 의문이 잠재되어 있기 때문이다. 그러므로 본 연구를 통해 제공된 혁신성과도출은 국내 중소기업에 위한 실제적인 가이드라인을 제공할 수 있을 것이다. 아울러 본 연구를 통해 제시된 기술적용요인은 향후 스마트팩토리 구축과 지원을 고려하고 있는 중소기업과 정부에 중요한 밑거름이 될 수 있을 것이다. 마지막으로 본 연구는 제한된 설문에 의한 조사방법으로 표본수의 제한으로 결과를 전국에 일반화하는데 제한을 갖는다. 따라서 향후 연구에서는 제한된 요인에서 벗어나 다양한 스마트팩토리 기술요인을 반영한 표본의 다양화를 통해 후속적인 연구가 필요하다.

## REFERENCES

- 권세인(2019). *스마트 팩토리 도입의 핵심성공요인과 기업성과에 관한 실증연구: 국내 중소 제조 기업을 중심으로*. 박사학위 논문, 단국대학교 대학원.
- 김광수·서천범·정순석(2013). 생산혁신 기법을 활용한 생산성향상 사례연구. *벤처창업연구*, 8(3), 147-155.
- 김미정·이수전(2017). 4차 산업혁명 기반 사물인터넷 비즈니스 플랫폼 개발연구: 비용절감형 모델 활용. *한국전산회계학회*, 15(2), 1-18.
- 김수영(2018). 4차 산업혁명시대 스마트팩토리운영관리(FOM) 시스템의 도입성과에 대한 사례분석. *한국전산회계학회*, 16(1), 43-62.
- 김한주·허훈·강재원·부제만(2019). 스마트팩토리 도입시 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 국내 중소기업을 중심으로. *산업경영시스템학회*, 42(3), 252-261.
- 박종만(2015). 중소기업 스마트공장 기술 동향과 이슈. *한국통신학회*, 40(12), 15-22.
- 박희석(2002). 호텔정보시스템의 품질이 시스템 사용의도에 미치는 영향: 사용자 가치와 사용자 만족의 매개역할. *한국산업경영학회*, 17(2), 191-221.
- 이철빈(2018). *4차 산업혁명 중소기업과 기술경영*. 서울; 김스정보전략연구소.
- 이재식(2014). 정보시스템의 품질과 서비스 품질이 중소기업의 성과에 미치는 영향. *한국전문경영인학회*, 17(4), 45-66.
- 이학식·임지훈(2017). *구조방정식 모형분석과 AMOS 24*. 서울; 집현재.
- 정민희·유성진(2019). 4차 산업혁명 시대의 사물인터넷 산업 발전 전략에 관한 연구: 기업측면의 비즈니스 모델혁신 방향을 중심으로. *지능정보연구*, 25(2), 57-75.

- 정운수(2018). 중소기업의 스마트팩토리 환경을 위한 IoT 장치 간 연계 알고리즘. *융합정보논문지*, 8(2), 233-238.
- 정철호·서용석·곽동신·이상진(2016). ERP와 SCM시스템 간의 비교를 통한 성공적인 정보시스템 구현 전략 연구. *한국전산회계학회*, 14(2), 43-57.
- 한재훈·이덕수·박노국(2017). 자동차부품 벤처기업 스마트공장 및 모니터링 시스템 구현 사례연구. *벤처창업연구*, 12(5), 29-37.
- Adolph, L., Anlahr, T., & Bedenbender, H.(2016). *German Standardization Roadmap: Industry 4.0. In Version 2*. Berlin: DIN eV.
- Aggarwal, S.(1997). Flexibility Management: The Ultimate Strategy. *Industrial Management*, 39(1), 26-31.
- Agus, A.(2005). The structural linkages between TQM, product quality performance, and business performance: Preliminary empirical study in electronics companies. *Singapore Management Review*, 27(1), 87-106.
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V.(2014). The Impact of Lean Methods and Tools on the Operational Performance of Manufacturing Organizations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346-5366.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M.(2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, 8(1), 37-44.
- Davis, J., Edgar, T., Dimitratos, Y., Gipson, J., Grossmann, I., Hewitt, P., & Strupp, B.(2009). *Smart Process Manufacturing: An Operations and Technology Roadmap*. Smart Process Manufacturing Engineering Virtual Organization Steering Committee, Los Angeles, CA, Tech. Rep.
- Coalition, S. M. L.(2011). *Implementing 21st century smart manufacturing*. Washington DC: workshop summary report.
- Delone, W. H., & McLean, E. F.(1992). Information Systems Success: The Quest for the Dependent Variable. *Information Systems Research*, 3(1), 60-95.
- Flynn, B. B., Huo, B., & Zhao, X.(2010). The Impact of Supply Chain Integration on Performance: A Contingency and Configuration Approach. *Journal of Operations Management*, 28(1), 58-71.
- Fullerton, R. R., Kennedy, F. A., & Widener, S. K.(2014). Lean Manufacturing and Firm Performance: The Incremental Contribution of Lean Management Accounting Practices. *Journal of Operations Management*, 32(7-8), 414-428.
- Gupta, Y. P., & Goyal, S.(1989). Flexibility of Manufacturing Systems: Concepts and Measurements. *European Journal of Operational Research*, 43(2), 119-135.
- Han, J. H., Lee, D. S., & Park, R. G.(2017). A Case Study on Smart Plant and Monitoring System Implementation of Venture Company for Auto Parts. *Asia-Pacific Journal of Business Venturing and Entrepreneurship*, 12(5), 29-37.
- Hashem, I. A. T., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A., & Khan, S. U.(2015). The Rise of “Big Data” on Cloud Computing: Review and Open Research Issues. *Information Systems*, 47, 98-115.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C.(1998). *Multivariate Data Analysis*, 5th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Chapter 11. *Structural Equation Modeling*, 577-666.
- Hult, G. T. M., Hurley, R. F., & Knight, G. A.(2004). Innovativeness: Its antecedents and impact on business performance. *Industrial Marketing Management*, 33(5), 429-438.
- Imtiaz, J., & Jasperneite, J.(2013). Scalability of OPC-UA Down to the Chip Level Enables Internet of Things. *In Industrial Informatics(INDIN)*, 2013 11th IEEE International Conference, 500-505.
- Jayalath, U., Samarasinghe, G. D., Kuruppu, G. N., Prasanna, R., & Perera, H. S. C.(2017). Quality Management and Supply Chain Management Practices towards Operational Performance: A Study of the Rubber Manufacturing Industry of Sri Lanka. *Colombo Business Journal*, 8(2), 19-41.
- Jung, C. H., Seo, Y. S., Kwak, D. S., & Lee, S. J.(2016). A Study on the Implementation Strategy of Successful Information System through a Comparison of ERP and SCM System. *Korean Association Of Computers And Accounting*, 14(2), 43-57.
- Jung, M. U., & Yoo, S. J.(2019). A Study on the Strategy of IoT Industry Development in the 4th Industrial Revolution: Focusing on the direction of business model innovation. *Journal of Intelligence and Information Systems*, 25(2), 57-75.
- Jung, Y. S.(2018). Linking Algorithm between IoT devices for smart factory environment of SMEs. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(2), 233-238.
- Kim, J. H., & Jung, S. H.(2015). Study on CEO characteristics for management of public art performance centers. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 1(1), 1-21.
- Kang, T. G., & Kim, Y. R.(2016). An Empirical Study on Factors Affecting Smart Factory Introduction Performance from a BSC Perspective: Focus on Manufacturing Firms. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(1), 1-8.
- Kauppi, K., Longoni, A., Caniato, F., & Kuula, M.(2016). Managing Country Disruption Risks and Improving Operational Performance Risk Management along Integrated Supply Chains. *International Journal of Production Economics*, 182, 484-495.
- Khanchanapong, T., Prajogo, D., Sohal, A. S., Cooper, B. K., Yeung, A. C., & Cheng, T. C. E.(2014). The Unique and Complementary Effects of Manufacturing Technologies and Lean Practices on Manufacturing Operational Performance. *International Journal of Production Economics*, 153, 191-203.
- Kim, H. J., Heo, H., Kang, J. W. & Boo, J. M.(2019). A Study on Factors Influencing the Introduction of Smart Factory: Focusing on Small and Medium-sized Enterprises in Korea. *Journal of society of Korea*

- industrial and systems engineering*, 42(3), 252-261.
- Kim, K. S., Seo, C. B., & Chung, S. S.(2013). A Case Study on Use of the Production Innovation Methods for Improving Productivity. *Asia-Pacific Journal of Business Venturing and Entrepreneurship*, 8(3), 147-155.
- Kim, M. J., & Lee, S. J.(2017). A Study of Developing an IoT(Internet of Things) Business Platform Based on Fourth Industrial Revolution: Use of Cost Saving Model. *Korean Association Of Computers And Accounting*, 15(2), 1-18.
- Kim, S. Y.(2018). A Case Study of the Introduction of Smart Factory Operation Management(FOM) in the Fourth Industrial Revolution Era. *Korean Association Of Computers And Accounting*, 16(1), 43-62.
- Kwon, S. I.(2019). *An empirical study of critical success factors for implementation of smart factory and firm performance: focused on small and medium-sized manufacturing firms*. Doctoral dissertation, Dankook University.
- Lee, H. S., & Lim, J. H.(2017). *Structural Equation Model Analysis & AMOS 24*. Jyphyuntae, Seoul.
- Lee, J.(2015). Smart Factory Systems. *Informatik Spektrum*, 38(3), 230-235.
- Lee, J. S.(2014). The Effects of Information System Quality and Service Quality of Small and Medium Enterprises on Business Performance. *Journal of CEO and Management Studies*, 17(4), 45-66.
- Lee, J., Bagheri, B., & Jin, C.(2016). Introduction to Cyber Manufacturing. *Manufacturing Letters*, 8, 11-15.
- Lee, S. B.(2018). *The Fourth Industrial Revolution Small Business and Technology Management*. Seoul; Kims.
- Lewis. A. T.(2006). *The Effects of Information Sharing, Organizational Capability and Relationship Characteristics on Outsourcing Performance in the supply chain: An Empirical Study*. MBA Doctoral Dissertation of The Ohio State University.
- McGuire, J. B., Sundgren, A., & Schneeweis, T.(1988). Corporate social responsibility and firm financial performance. *Academy of Management Journal*, 31(4), 854-872.
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T.(2019). Smart Manufacturing: Characteristics, Technologies and Enabling Factors, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B. *Journal of Engineering Manufacture*, 233(5), 1342-1361.
- Odwazny, F., Szymańska, O., & Cyplik, P.(2018). Smart Factory The Requirements for Implementation of the Industry 4.0 Solutions in FMCG Environment Case Study. *LogForum*, 14(2), 257-267.
- Park, H. S.(2002), Hotel Information System's Quality and System Use Intentions: Mediating Roles of User's Values, User's Satisfaction. *Journal of business research*, 17(2), 191-221.
- Park, J. K., & Jang, T. W.(2018). Review of Domestic Research on Smart Manufacturing Technologies. *The Journal of Society for e-Business Studies*, 23(2), 123-133.
- Park, J. M.(2015). Small manufacturing factories Smart Technology Trends & Issues. *Korean Communications*, 40(12), 15-22.
- Parker, G. G., Van Alstyne, M. W., & Choudary, S. P.(2016). *Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy? and How to Make Them Work for You*. WW Norton & Company.
- Powell, T. C.(1992). Organizational alignment as competitive advantage. *Strategic Management Journal*, 13(2), 119-134.
- Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., Oyarzun, D., Stricker, D., de Amicis, R., & Vallarino, I.(2015). Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 35(2), 26-40.
- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia engineering*, 69, 1184-1190.
- Reuter, M., Oberc, H., Wannöffel, M., Kreimeier, D., Klippert, J., Pawlicki, P., & Kuhlenkötter, B.(2017). Learning Factories' Trainings as an Enabler of Proactive Workers' Participation Regarding Industrie 4.0. *Procedia Manufacturing*, 9, 354-360.
- Sadeghi, A. R., Wachsmann, C., & Waidner, M.(2015). Security and Privacy Challenges in Industrial Internet of Things. *Design Automation Conference (DAC)*, 2015 52nd ACM/EDAC/IEEE. IEEE. 1-6.
- Seddon, P. B.(1997). A Respecification and Extension of the DeLone and McLean Model of IS Success. *Information Systems Research*, 8(3), September, 240-253.
- Sethi, A. K., & Sethi, S. P.(1990). Flexibility in Manufacturing: A Survey. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 2(4), 289-328.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston. R.(2010). *Operations Management*. NY: Prentice Hall.
- Slack, N., & Lewis, M.(2015). *Operations Strategy*. Harlow: UK.
- Shah, R., & Ward, P. T.(2003). Lean Manufacturing Context, Practice Bundles, and Performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129-149.
- Simons, S., Abé, P., & Naser, S.(2017). Learning in the AutFab-The Fully Automated Industrie 4.0 Learning Factory of the University of Applied Sciences Darmstadt. *Procedia Manufacturing*, 9, 81-88.
- Stock, G. N., Greis, N. P., & Kasarda, J. D.(2000). Enterprise logistics and supply chain structure: The role of fit. *Journal of Operations Management*, 18(5), 531-547.
- Strandskov, J.(2006). Sources of competitive advantages and business performance. *Journal of Business Economics and Management*, 7(3), 119-129.
- Thoben, K. D., Wiesner, S., & Wuest, T.(2017). Industrie 4.0 and Smart Manufacturing: A Review of Research Issues and Application Examples. *International Journal of Automation Technology*, 11(1), 4-19.
- Vyatkin, V.(2011). IEC 61499 as Enabler of Distributed and Intelligent Automation: State-of-the-Art Review. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 7(4), 768-781.

- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C.(2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 3159805.
- Weissman, Z.(2015). *Siemens PLM Connections Americas 2015*. Siemens, Dallas, Texas, Siemens AG Presentation Material, May 2015.
- Wollschlaeger, M., Sauter, T., & Jasperneite, J.(2017). The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0. *IEEE industrial electronics magazine*, 11(1), 17-27.
- Xu, X., & Hua, Q.(2017). Industrial Big Data Analysis in Smart Factory: Current Status and Research Strategies. *IEEE Access*, 5, 17543-17551.
- Zhang, Q., Vonderembse, M. A., & Lim, J. S.(2003). Manufacturing Flexibility: Defining and Analyzing Relationships among Competence, Capability, and Customer Satisfaction. *Journal of Operations Management*, 21(2), 173-191.
- Zhang, Y., Ren, S., Liu, Y., & Si, S.(2017). A Big Data Analytics Architecture for Cleaner Manufacturing and Maintenance Processes of Complex Products. *Journal of Cleaner Production*, 142, 626-641.
- Zheng, Y., Zhao, K., & Stylianou, A.(2013). The impacts of information quality and system quality on users' continuance intention in information-exchange virtual communities: An empirical investigation. *Decision Support Systems*, 56, 513-524.
- Zuehlke, D.(2010). SmartFactory-Towards a Factory-of-things. *Annual Reviews in Control*, 34(1), 129-138.

# The Effects of Smart Factory Technologies on Quality and Innovation Performance in SMEs

Rok Lee\*  
Chae Soo Kim\*\*

## Abstract

This study is empirically intended to look into the effects of smart factory technologies on quality and innovation performance in small and medium-sized Enterprises(SMEs). The research results are as follows. Device and application technologies for smart factory had a positive effect on the information quality and system quality, while platform technologies had an insignificant effect on the information quality and system quality, rejecting the effect of platform technologies for smart factory on information quality and system quality. Device technologies for smart factory had also a significant effect on innovative performance, while platform and application technologies had an insignificant effect on innovative performance, rejecting the effect of platform and application technologies for smart factory on innovative performance. The system quality had a significant effect on innovative performance, while the information quality had an insignificant effect on innovative performance. The quality played a partial mediating role in the effect of device technologies for smart factory on innovative performance. These results indicate that small and medium-sized venture firms should implement a high standard of information quality management(IQM) through interconnection as the kernel of a smart factory in the 4th revolutionary era, and that they can improve their corporate performance through the interlocking between components from manufacturing design to execution and analysis and the integrated management of systematic information collected from devices if necessary.

*Keywords: SMEs, Smart Factory, System Quality, Information Quality, Innovation Performance*

---

\* First Author, Ph.D. Candidate, Dept. of Industrial and Management Systems Engineering of Graduate School, Dong-A University, roklee PhD@gmail.com

\*\* Corresponding Author, Professor, Dept. of Industrial and Management Systems Engineering of Graduate School, Dong-A University, cskim@dau.ac.kr