

# 스마트공장 공급기업 설문조사를 바탕으로 한 스마트공장 정책 제언

윤영호\* · 이진\* · 이은빈\* · 문보명\* · 서지형\* · 이정철\*\* · 장태우\* · 성시일\*†

\* 경기대학교 산업경영공학과

\*\* 한국생산성본부

## Policy Suggestions on the Smart Factory Based on the Survey Results from Smart Factory Suppliers

Yeong-Ho Yoon\* · Jin Lee\* · Eunbin Lee\* · Bo-Myeong Moon\* · Ji-Hyung Seo\*  
· Jeongcheol Lee\*\* · Tai-Woo Chang\* · Siil Sung\*†

\* Department of Industrial and Management Engineering, Kyonggi University

\*\* Korea Productivity Center

### ABSTRACT

**Purpose:** This paper treats the survey result from the suppliers of smart factories. Based on the survey results, it is provided suggestions about government policies of the smart factory.

**Methods:** For providing political suggestions, the survey of smart factory is conducted. The survey results are analyzed by the correlation and association methods based on the stratification.

**Results:** The survey results are analyzed for extracting policy-level suggestions. Multiple policy-level suggestions are identified and presented in the conclusion.

**Conclusion:** Six policy-level suggestions are presented for enhancing the management efficiency of suppliers of smart factory.

**Key Words:** Smart Factory, Market Survey, Policy Development, Correlation Analysis

● Received 10 February 2020, revised 23 February 2020, accepted 24 February 2020

† Corresponding Author(sisung@kgu.ac.k)

© 2020, Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

\* This work was supported by the GRRC program of Gyeonggi province [GRRC KGU 2018-B05, Smart Manufacturing Application Technology Research].

# 1. 서론

4차 산업혁명의 등장으로 빅데이터, 인공지능(AI)과 같은 최첨단 기술의 도입 및 개발에 대해 정부 및 민간 기업들이 관심을 가지기 시작했다. 이러한 상황 하에서 4차 산업혁명 관련 기술들은 새로운 부가가치 서비스를 창출하여 이익 실현을 가능하게 하였으며 이와 같은 기술 발달과 함께 다양한 제조업 분야에서 첨단 기술을 적용하는 스마트공장의 개념의 도입되었다. 여기서 스마트공장이란 사물인터넷(Internet of Things)과 클라우드(Cloud), 빅데이터(Big data) 그리고 가상 물리 시스템(cyber-physics systems) 등의 정보통신기술(ICT)을 활용하여 제조 및 생산 운영 환경이 첨단화된 공장을 의미하며(Shin 2014), 스마트공장은 생산, 품질, 원가, 납기 등의 성과를 개선하는데 중요한 역할을 한다. 따라서 스마트공장의 확산은 제조업의 발전 및 기업의 효율 향상을 위해 선택이 아닌 필수가 되어 가고 있다(Jeong 2017).

스마트공장의 세계 시장 규모는 연평균 11.9% 성장하고 있으며, 계속해서 증가할 것으로 전망된다. 한국의 스마트공장 시장 점유율은 2015년 기준 11.27%로서 중국(18.83%), 독일(15.08%), 일본(13.27%), 미국(12.51%)에 이어 5번째 규모이다. 스마트공장의 국내 시장 규모는 연평균 10.9% 성장하여 2016년 3조 8천억 원에서 2021년 6조 3천억 원에 이를 것으로 예측되고 있다. 우리 정부는 작년 12월 관계 부처와 합동으로 “중소기업 스마트 제조혁신 전략”을 발표한 바 있으며, 2022년까지 스마트공장 3만 개를 구축하겠다고 밝히는 등 ‘공장혁신’과 ‘산단혁신’ 그리고 ‘일터혁신’을 통해 제조업 전반의 스마트 혁신을 추진하여 중소기업 제조 강국을 실현하겠다고 밝힌 바 있다. 이러한 스마트공장 보급 및 확산 사업에 힘입어 국내 스마트공장 시장이 활황을 맞이하고 있으나 Table 1과 같이 참여 기업의 대부분인 약 82%가 기초 수준에 머물고 있으며 15%가 그보다 조금 개선된 상태인 중간 1수준에 머물고 있다(Gwak 2018).

**Table 1.** Classification of the level on smart factory

Level	Description
advanced	IoT & CPS-based intelligent and flexible manufacturing system
intermediate-2	The best car in the world, smart enterprise Level (Amberg factory in Siemens, Germany, competitive domestic global companies, etc.
intermediate-1	Intermediate-2 and intermediate process of foundation
basic	Interconnection of facilities and processes, possibility of a situation by smart phones
non	Some CAD/CAM-enabled but disconnected states, manual

이러한 스마트공장과 관련된 산업은 크게 하드웨어와 소프트웨어 기술을 공급하는 “스마트공장 공급산업”과 이러한 스마트공장 구축 기술을 도입하여 제품을 생산하는 “스마트공장 수요산업”으로 구분할 수 있다. 스마트공장 공급 산업에서 구축된 기술은 수요산업의 프로세스와 융합되어 사용자가 원하는 다양한 제품을 스마트하게 생산할 수 있도록 구축하는 기술을 의미한다(Mun et al. 2019과 Cho and Shin 2019). 스마트공장 3만 개 구축 사업에서, 공급기업의 역량은 스마트공장 보급의 질적 수준에 영향을 끼치며, 향후 유지 보수와 추가적인 스마트화에도 영향을 끼치는 등 중요한 역할을 한다(Park et al, 2018과 Oh et al. 2018). 또한 지역 내 기업들의 혁신화 역량이 낮은 상황에서 IT 솔루션을 보급하는 기업과 보급을 희망하는 지역 중소기업 간 연계 및 협력 강화가 무엇보다 필수적이기 때문이다(Kim and Park 2018). 국내 스마트공장은 비교적 높은 도입률을 보이지만, 고도화 단계는 전무한 상태이다. 또

한 국내 스마트공장 공급기업의 현황 파악이 매우 부족하고, 산업 현장의 정책적 요구 사항 및 해외 제조혁신 정책 동향에 대한 정보가 미비하다. 따라서 고도화 단계는 전무한 상태인 한국의 스마트공장 도입 수준의 문제를 해결하기 위해 국내 스마트공장 공급 분야의 대기업, 중견기업, 중소기업을 대상으로 한 스마트공장 공급기업의 실태조사가 수행된 바 있다. 이 연구는 조사내용 중 주요 문항 및 응답에 대한 상관관계 분석과 연관성 분석을 수행하고, 이를 기반으로 국내 스마트공장 공급기업의 현황파악을 통해 기업들의 여건 개선과 관련 산업 활성화를 위한 정책적 개선점 등을 제시하고자 한다.

이 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 자료의 수집과 분석방법과 전처리에 대해 다루고 있으며, 자료 분석 결과는 3장에 제시하고 있다. 마지막으로 4장에서는 스마트공장 공급 기업의 여건 개선 및 활성화를 위한 6가지 정책적 개선 사항을 제안하고 있다.

## 2. 자료 수집 및 전처리

### 2.1 자료의 수집 및 분석방법

연구를 위한 표본 설계를 위하여 선행연구를 고찰하였으며 또한 2019년 스마트공장 공급기업 실태조사에서 사용되었던 설문 항목을 이용하여 통계분석 결과를 도출하였다. 연구 수행을 위해 수집된 자료는 SPSS 21.0과 R을 이용하여 분석하였다. 우선 SPSS 21.0을 이용하여 빈도 분석과 같은 기초 통계분석을 실시하여 기초통계량을 산출하였고, 범주형 문항 중 조사된 샘플의 개수가 30개 이상인 항목을 층화한 후 층화된 자료의 수치형 문항들 간의 상관관계를 조사하였다. 또한 순위형 문항의 응답 결과를 분석하기 위하여 R을 이용하여 연관성 분석을 수행하였다.

이 연구에서 적용한 상관분석(correlation analysis)은 두 확률 변수 간에 어떤 선형적 관계를 갖고 있는지를 분석하는 방법이다. 상관분석 결과에 따라 두 변수는 서로 독립적인 관계를 가질 수도 있으며 혹은 서로 연관이 있어서 한 확률 변수가 변화함에 따라 나머지 확률 변수도 변화하는 상관된 관계를 가질 수 있다(Hogg et al. 2005). 이 연구는 설문 문항과 설문 응답에 대한 전처리 과정을 거친 후 심층 실태 조사를 위해 층화 분석에 기반을 둔 상관분석을 진행하였다. 또한 층화를 수행한 결과, 각 층에 포함된 샘플의 수가 30개 이상인 경우, 상관분석의 유의 확률(p-value)이 5% 이하인 경우만 다루었다. 또한, 상관계수가 0.5 (혹은 -0.5) 이상인 관계들을 대상으로 분석을 수행하였다.

연관성 규칙은 하나의 거래나 사건에 포함되어 있는 항목들 간의 관련성을 파악하여 둘 이상의 항목들로 구성된 연관성 규칙을 도출하는 탐색적 자료 분석의 방법으로, Agrawal et al. (1993)에 의해 가장 먼저 소개되었으며, 이후 많은 연구가 수행되어 왔다. 연관성 규칙을 판단하는 기준은 기본적으로 지지도, 신뢰도, 향상도 세 가지로 구성되어 있다. 모든 연관성 규칙의 기초가 되는 지지도는 전체에 대한 항목 A와 항목 B가 동시에 일어나는 확률을 의미한다. 지지도는 A와 B를 모두 포함하는 경우의 확률로 지지도의 경우  $\text{Support}(A \Rightarrow B)$ 와  $\text{Support}(B \Rightarrow A)$ 가 상호 대칭적으로 서로 같은 값을 가진다. 즉, A와 B는 서로 연관 상대인 다른 항목에 대한 비중에 영향을 받는다. 이렇기 때문에 지지도는 관심 변수 모두의 비중이 크고, 연관성도 큰 경우에는 유용하게 사용되지만, 관심 변수의 전체에 대한 포함 비중이 낮은 경우에는 연관성을 판단하는데 어려움이 있다.

이러한 지지도의 단점을 보완하는 것이 신뢰도이며, 신뢰도는 A가 발생한 경우 중 B가 발생하는 경우, 즉 조건부 확률을 의미한다. 신뢰도는 A를 포함하는 경우 중, B 또한 포함할 경우의 조건부 확률을 의미하며 위의 식에서 보면 알 수 있듯이 신뢰도는 지지도와는 달리 대칭적이지 않다. 지지도 또는 신뢰도가 높은 연관성 규칙 중에는 우연하게 연관성이 높게 보이는 것들이 나타날 수도 있는데, 이 부분을 보완하기 위해서 향상도가 사용된다. 신뢰도는 B에 대

한 확률과 비율로 향상도가 1보다 크면 연관성이 있다고 볼 수 있다.

위의 세 가지 개념에서 나타낸 바와 같이 지지도, 신뢰도, 향상도는 서로 밀접한 관계를 가지고 있으며, 그 관계성은 쉽게 이해할 수 있다. 본 연구에서는 모든 항목 집합에 대한 지지도를 계산하지 않고 원하는 빈발 항목 집합을 찾아내는 선형적 알고리즘(Apriori Algorithm)을 사용하여 연관성 분석을 진행하였으며 최소 지지도(Minimum Support)는 0.5, 최소 신뢰도(Minimum Confidence)는 0.8로 선택한 뒤 그 이상일 경우에 연관성을 가지는 것으로 판단 기준을 설정하였다.

## 2.2 데이터 전처리

총 393개의 표본을 다루었으며 표본을 살펴보면 대기업이 3개사(0.7%), 중견기업이 29개사(7.4%) 그리고 소기업이 361개사(91%)로 표본 중 대부분이 소기업임을 알 수 있다. 사업장의 입지는 대학·연구기관이 23개사(5.8%), 산업단지 119개사(39.2%), 일반상업지역이 188개사(47.8%), 일반주택 지역이 32개사(8.1%) 그리고 나머지 기타가 31개사(7.9%)로 산업단지와 일반상업지역에 대부분의 스마트공장이 밀집되어 있음을 알 수 있다. 이 연구에서 다루는 설문은 사업장 정보와 스마트공장 관련 설문으로 크게 나누어져 있으며 사업장 정보에서는 일반 사항 등 기본 사항을 다루고 있으며 스마트공장 관련 설문 부분에서는 스마트공장과 관련된 내부 역량과 연구개발 실적 및 역량 등과 관련된 조사 항목으로 구성되어 있다. 각 항목에 대한 내용은 Table 2와 같다.

Table 2. Survey configuration

Classification	Measurement		Number of questions
Business information	General information	Outline of a place of business	9
	Organization form	Organization form, corporate classification, business scale, current status of certification, etc.	8
	Current status of certification on venture capital and M&A	Investment status of engel investors, questions on venture capital investment	8
	Business line	Financial status, domestic exchange rate, laboratories operated by revenue target	16
	Status of workers	Number of employees by type of employment	9
Smart Factory Survey	Internal capabilities	Business capability	7
	Research and development	Investment performance and plan, R&D performance, possession of intellectual property rights	12
	Current status on sales growth, import and export	Major Strategies to Increase Sales, marketing plan, export-related questions	11
	Alliance and cooperation	Status of partnership and cooperation activities, cooperative intention with other institute	13
	Main clients	Main clients in the main business, operating level, concerns and Expectations	8
	Difficulties	Difficulties in technology development and sales export, requirement for government support, policy suggestions	4

설문조사의 결과를 심층적으로 분석하기 위하여 데이터의 전처리를 다음과 같이 진행하였다. ‘귀사가 매출 증대를 위해 추진하고 있는 주요 전략은 무엇입니까?’(복수응답 가능 문항)은 응답의 모든 경우를 고려하여 ‘매출 증대를 위한 주요 전략 수’로 변환하였다. 이와 마찬가지로 ‘소재지 사업자 수’, ‘인증현황 수’, ‘스마트공장 산업 해당 업종 수(해당 제품 및 서비스)’, ‘제휴 및 협력 활동 유형 수’ 등 복수응답이 가능한 문항의 경우, 모든 경우의 수를 고려하여 변환한 후 분석에 사용하였다. 또한 설문조사에 기반을 두었기 때문에 응답 문항 중 결측치도 존재하였는데 이를 해결하기 위해 다음과 같이 처리하였다. 응답 문항 중 ‘연도별 투자계획 금액’의 응답에서 발생한 결측치는 무응답으로 간주한 후 변수의 값을 0으로 변경하는 방식으로 제거하였다. 또한 해당 연도의 투자계획 금액뿐만 아니라 연도별 비용의 증분액 자료도 중요하기 때문에 ‘연도별 투자계획 금액 증분’이라는 새로운 변수를 생성하였으며 ‘연도별 투자계획 금액’ 같이 증분액의 자료가 필요한 경우와 ‘투자실적 증분액’, ‘자본금 증분액’, ‘자산 증분액’, ‘전체 매출액 증분액’, ‘스마트공장 산업 분야 매출액’, ‘스마트공장 사업 관련 투자실적 증분액’ 그리고 ‘스마트공장 사업 관련 투자 계획 증분액’도 새로운 변수를 생성하여 분석을 수행하였다. 또한 ‘가장 주된 제품 및 서비스의 국산화율은 어느 정도입니까?’와 같이 비율을 묻는 문항의 경우 다음과 같은 선택지가 있다. 선택지 1번은 0~5%, 2번 5~25%, 25~50%, 3번 50~75%, 4번 75~95% 그리고 5번은 95~100%로써 각 선택지에 따라 층별을 진행한 후 분석을 수행하였다. 마찬가지로 ‘가장 주된 제품 서비스의 시장점유율은 어느 정도입니까?’라는 문항도 선택지에 따라 층별을 실시한 수 분석을 수행하였다. ‘귀사는 엔젤 투자자로부터 투자 받은 적이 있습니까?’의 진위형 문항(즉, 응답은 ‘예’ 혹은 ‘아니오’인 문항)에 대한 답변의 경우 SPSS 21.0을 이용하기 위하여 응답이 ‘예’인 경우 1로, ‘아니오’인 경우 2로 변환하였다. 마찬가지로 동일한 진위형 문항인 ‘부설 연구소 운영 여부’와 ‘스마트공장 관련 연구개발 실적 보유 여부’ 그리고 ‘스마트공장 관련 지식재산권 보유 여부’도 앞선 문항과 마찬가지로 변환하여 분석을 수행하였다. 마지막으로 ‘전체 상용근로자 수’와 ‘전체 경영인 수’, ‘임시 및 일용근로자 수’, ‘전체 기타 종사자 수’, ‘스마트공장산업분야 상용근로자 수’, ‘스마트공장 산업분야 경영인 수’, ‘스마트공장 산업분야 임시 및 일용근로자 수’, ‘스마트공장 산업분야 기타 종사자 수’ 문항들의 경우, 응답이 성별을 구분하여 조사되었는데 성별의 차이가 스마트공장 산업분야의 분석에 유의하지 않다는 판단 아래 합산하여 분석을 수행하였다.

### 3. 분석 결과

#### 3.1 상관관계 분석

국산화율에 따라 층화를 수행한 결과 총 393개 기업 중 국산화율이 25~50%인 기업이 75개였으며 50~75%인 기업은 44개, 75~95%인 기업은 72개 그리고 95~100%인 기업은 202개로 나타났다. 국산화율에 따라 층화를 수행한 후 ‘스마트공장 제품 및 서비스 제공 건수’ 문항의 응답과 나머지 문항의 응답 결과 간의 상관분석을 수행하였다. 상관분석 결과 ‘정부 사업으로 추진되는 스마트공장 제품 또는 서비스 제공 건수’라는 조사 항목과 ‘수출 증가 부분’ 그리고 ‘내수 증가 부분’ 항목이 유의미한 상관관계를 나타냈다(Table 3 참조).

**Table 3.** The correlation with number of smart factory products and services provided (localization rate 50 ~ 75%)

The value amount of smart factory products and services-(domestic)	0.779
The value amount of smart factory products and services-(export)	0.955
The number of smart factory products or services-(export)	0.953
The value amount of smart factory products and services-(government project)	0.923
Incremental total revenue	0.751
The value amount of smart factory products and services-(domestic)	0.882

증화에 기반을 둔 상관관계를 종합적으로 분석하였을 때, 국산화율이 50% 이상인 스마트공장 공급기업의 경우 각 기업들이 외부로부터 투자를 유치할수록 적극적으로 스마트공장 공급 사업에 참여하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 국산화율이 50% 이상이면서 외부 투자를 유치하고자 하는 공급기업을 효율적으로 선별하여 지원 대상으로 식별한 후 정책적 지원이 스마트공장 분야의 전반적인 활성화를 위해 필요할 것으로 식별되었다. 또한 연구개발 활동이 활발한 기업일수록 기업의 스마트공장에 대한 투자 자금의 자기부담금이 증가하는 현상을 관찰할 수 있다. 이 활동을 다각적으로 분석해보면 스마트공장 공급에 자기자본을 투자하는 기업들을 양적으로 증가시켜 스마트공장의 도입을 활발하게 하도록 유도하기 위해서는 기업 자체적으로 스마트공장 공급 부분에 대한 자기자본 투자 비율을 늘릴 수 있는 유인책을 찾아야 할 것으로 판단된다. 따라서 이러한 유인을 가질 수 있도록 기업의 경영 여건을 개선할 수 있는 정책의 개발이 필요하다. 자기 자본 부담금의 증가와 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된 항목은 자본 증가 항목과 매출액의 증가 항목으로, 자본과 매출액 증가가 자기 부담 증가와 직접적인 관계가 있는 것으로 판단된다. 따라서 기업이 스마트공장에 자기 자본 부담을 증가시키면서, 즉 스마트공장과 관련된 예산 중 직접적인 투자를 증가시킬 수 있는 정책적 지원책 및 유인책이 필요해 보인다. 또한 자기 부담이 증가하는 기업일수록 매출이 개선되며 이를 개선된 매출액의 지속적 유지 및 개선을 뒷받침하기 위해 스마트공장과 관련된 근로자를 추가로 고용하는 경향을 살펴볼 수 있기 때문에 기업들이 자기 부담을 포함한 투자 활동을 활발히 할 수 있도록 정책적 편의 사항을 제공하는 것이 필요해 보인다. 이를 통해 기업의 고용 증가를 유도할 수 있을 것으로 기대되며 동시에 연구개발 인력의 증가는 연구개발 활동과도 상관관계가 있으므로 스마트공장 공급과 관련된 연구개발 활동도 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

정부기관과 협력 경험 여부에 따라 증화를 수행하여 분석한 결과는 다음과 같다. 총 393개의 대상 기업 중 정부기관과 협력한 경험이 있는 기업은 105개, 없는 기업은 288개로 조사되었다. 정부기관과 협력한 105개 기업을 증화 분석의 대상으로 선택하여 상관분석을 실시한 결과, ‘스마트공장 제품 및 서비스 제공 건수’라는 조사 항목은 Table 4의 3개 설문조사 항목과 상관관계를 가짐을 식별할 수 있었다.

**Table 4.** The correlation with the number of smart factory products and services

The number of smart factory products and services-(export)	0.745
The value amount of smart factory products and services-(export)	0.742
Performance of R&D related to smart factories-(R&D expenditure)	0.660

이 결과를 살펴보면 정부기관과 협력하는 기업들 중에서 스마트공장 제품 또는 서비스 제공 건수에서 수출 부문 문항과 스마트공장 제품 또는 서비스 금액 그리고 연구개발 실적 금액 문항과의 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 따라서 정부기관과 협력하는 기업의 경우 스마트공장의 전반적인 실적은 수출 및 연구개발 실적과 양의 상관관계가 있으며, 스마트공장 관련 기업의 발전에 긍정적인 영향을 미침을 알 수 있다.

스마트공장 제품 혹은 서비스의 수출 여부로 층화분석을 수행한 결과, 393개 기업 중 수출을 진행하는 기업은 295개, 수출을 진행하지 않는 기업은 98개로 나타났다. 수출 기업을 대상으로 상관분석을 했을 때 스마트공장 산업 분야의 연구개발 인력 현황과 스마트공장 산업 분야 매출액 사이에 양의 상관관계가 있음을 알 수 있다. 또한 스마트공장 산업 분야의 연구개발 인력 현황 중 연구개발 부문과 스마트공장 산업분야 매출액 간에 양의 상관관계가 있음이 나타났다. 특히 2016년부터 2018년까지 매출액은 연구개발 인력이 많을수록 높아지는 양의 상관관계를 가지며 지식재산권의 신규 개발 건수와도 높은 상관관계를 가짐을 알 수 있다. 즉 스마트공장 제품 혹은 서비스를 수출하는 기업일수록 연구개발 부문과 양의 상관관계를 가지며, 각 항목별 상관관계는 Table 5와 같다.

**Table 5.** The correlation with R&D among workforce status in smart factory industry according to export status

Sales in smart factory industry-2016	0.882
Sales in smart factory industry-2017	0.840
Sales in smart factory industry-2018	0.885
The number of new intellectual property rights related to smart factories	0.762

스마트공장 제품 혹은 서비스의 수출 여부로 층화분석을 수행한 결과, 스마트공장 산업 분야의 기술직 인력 현황과 연도별 스마트공장 산업 분야 매출액과 강한 양의 상관관계가 있음을 알 수 있다. 또 기술직 인력 현황은 보유하고 있는 스마트공장 관련 지식재산권 건수(자체 연구개발), 보유하고 있는 스마트공장 관련 연구개발 실적(정부 지원 연구개발) 금액, 보유하고 있는 스마트공장 관련 지식재산권 건수(고유개발)와도 양의 상관관계가 있음을 알 수 있다 (Table 6 참조).

**Table 6.** The correlation with technical sector among workforce status in smart factory industry according to export status

Sales in smart factory industry-2016	0.916
Sales in smart factory industry-2017	0.821
Sales in smart factory industry-2018	0.825
The number of accumulated intellectual property rights related to smart factories (own R&D)	0.880
The number of accumulated intellectual property rights related to smart factories (R&D supported by government)	0.528
The number of new intellectual property rights related to smart factories(own R&D)	0.503

반면 스마트공장 제품 및 서비스 기업이 수출을 하지 않았을 때는 각 항목에서 유의미한 상관관계가 관찰되지 않았다. 이 결과를 종합하여 정리하면, 스마트공장 제품 및 서비스를 수출하는 기업은 연구개발 인력 및 기술직 인력이

증가했을 때 스마트공장 산업분야 매출액이 증가하며 지식재산권 및 연구개발 실적이 증가하는 양의 상관관계를 가짐을 알 수 있다. 따라서 현재 수출을 하지 않는 기업을 대상으로 수출 판로 개척에 도움을 주는 동시에 연구개발 및 기술 인력 지원을 도와줄 수 있도록 기업 경영 여건 개선 및 관련 지원 정책을 개발하여 제공하는 것이 스마트공장 사업의 성장에 도움이 되는 것을 알 수 있다. 이를 통해 지식재산권 신규 개발 건수 등 각 기업의 고유 기술 확보에도 영향을 주어 장기적인 관점에서 스마트공장 시장 내에서의 경쟁력 개선에 기여할 수 있음을 보여주고 있다. 또한 이 관계를 역으로 고려해보았을 때, 스마트공장 관련 수출 기업들이 보유하고 있는 지식재산권이 많을 수록 적극적으로 스마트공장 제품 및 서비스 사업에 참여하고 있는 것으로 판단할 수 있다. 따라서 스마트공장의 확산을 위해 해당 업체를 대상으로 수출 활성화를 위한 다각적인 정책 개발이 필요한 것으로 보인다. 또한 스마트공장 공급산업과 관련된 연구개발 및 생산 기술직의 수요를 증폭시킬 수 있으므로 연구개발 인력을 원활히 배출할 수 있도록 학계에 대한 정책적 지원이 필요함을 알 수 있다.

마지막으로 민간연구소 운영 여부 측면에서 층화분석을 수행하였다. 393개 기업 중 민간연구소를 운영하는 기업은 206개, 운영하지 않는 기업은 187개로 나타났다. 민간연구소를 운영하는 기업 206개 기업을 대상으로 스마트공장 관련 기업의 매출액 증분에 대해 상관분석을 실시한 결과, Table 7과 같이 일용 근로자의 수와 연구개발 인력 등 종사자의 수와 관련된 5개 분야에서 상관관계가 나타났다.

Table 7. The Correlation with incremental sales in 2018-2017

[The number of employees by type of employment] (smart factory industry) Temporary and daily workers	0.824
[Status of workforce in smart factory industry] R&D	0.925
[Status of workforce in smart factory industry] Technical position (production)	0.840
[Additional personnel required for smart factory industry] R&D	0.579
[Additional personnel required for smart factory industry] Technical position (production)	0.514

이 결과를 살펴보았을 때 민간연구소를 운영하지 않는 경우, 매출액과 나머지 조사된 항목 사이에서는 유의미한 관계를 찾아보기 어려웠다. 다만 앞서 언급한 것처럼 민간연구소를 운영하는 경우 인력과 관련된 항목과 매출액의 증분 간에 유의미한 관계가 있는 것을 알 수 있다. 따라서 정부는 자체적으로 스마트공장 관련 연구소를 운영하지 않는 기업들을 대상으로 연구소의 독자적인 운영을 장려하고 지원할 수 있도록 정책적 유인을 제공할 필요가 있음을 알 수 있다. 또한 민간연구소를 운영하는 기업의 경우 스마트공장 산업분야 연구개발 인력과 기술직(생산) 인력에서 인력을 추가로 원함을 알 수 있다. 그러므로 민간연구소를 운영하는 기업도 추가 인력을 배치하도록 정부 부분에서 투자를 확대할 필요가 있음을 알 수 있다.

### 3.2 연관성 분석

순위형 자료의 답변이 나온 문항에 관하여 다음과 같이 연관성 분석을 진행하였다. 우선 최소 지지도는 0.5로 설정하였으며 최소 신뢰도는 0.8로 결정하고 그 이상일 경우를 판단 기준으로 적용하였다. 연관성 분석이 진행된 문항은 ‘현재 스마트공장 기술 개발 부문의 가장 큰 애로사항은 무엇입니까?’와 ‘귀사에서 스마트공장 관련 사업 진행 시 정부 지원이 요구되는 사항은 무엇입니까?’ 그리고 ‘현재 판매 및 수출 증대 부문의 가장 큰 애로사항은 무엇입니



까?’라는 3종류이며, 1순위 및 2순위를 선택하는 문항이다. 이에 대한 연관성 분석은 다음과 같다.

‘현재 스마트공장 기술 개발 부문의 가장 큰 애로사항은 무엇입니까?’라는 문항에서 1순위로 가장 높은 빈도를 기록한 응답은 ‘초기 투자 비용의 부담’으로써 전체 조사된 응답의 61.7%(243, 응답수)였으며 그다음으로는 ‘전문 인력의 부족’이 25.4%(100)였다. 그다음으로 ‘기술경쟁력 부족’이 6.6%(26)였으며 ‘생산시설 및 연구기자재의 노후 및 부족’이 3.8%(15), ‘기술교류 부족’ 1.5%(8)의 순으로 조사되었다. 1순위 응답에서 가장 응답 빈도수가 높은 ‘초기 투자 비용의 부담’과 그다음으로 빈도가 높은 ‘전문 인력의 부족’ 간의 연관성 분석을 수행한 결과, ‘초기 투자비용의 부담’을 1순위로 뽑은 기업들은 2순위로 ‘전문 인력 부족’을 호소하고 있음을 알 수 있다. 반면에 ‘전문 인력 부족’을 1순위로 뽑은 기업은 ‘초기 투자 비용의 부담’을 2순위로 선택하였음이 조사되었다. 즉 두 설문 문항인 ‘초기 투자 비용의 부담’과 ‘전문 인력의 부족’은 양방향으로 연관성이 있음을 알 수 있다. 따라서 스마트공장 제품 및 서비스 제공 기업들의 경영 여건을 개선하기 위해 ‘초기 투자 비용의 부담’과 ‘전문 인력의 부족’을 동시에 해결해야 함을 알 수 있다.

‘귀사에서 스마트공장 관련 사업 진행 시 정부 지원이 요구되는 사항은 무엇입니까?’라는 문항에서는 ‘개발 및 도입 자금 지원’이 43.9%(173)로 가장 많은 1순위 응답이었으며 그다음으로 ‘R&D 사업 확대’가 15.5%(61)이었으며 ‘확산사업 확대’가 14.0%(55), ‘중소·중견 기업 위주의 지원’이 11.9%(47), ‘기술인력 양성 지원 확대’가 6.9%(27)로 조사되었다. 해당 답변에 대해 연관성 분석을 수행한 결과, 1순위로 ‘개발 및 도입자금지원’을 응답한 기업은 2순위로 ‘R&D 사업 확대’를 응답하였으며 ‘R&D 사업 확대’를 1순위로 응답한 기업들은 ‘기술인력 양성 지원 확대’의 정부 지원’을 응답하였다. 이를 분석하여 보면 스마트공장 제품 및 서비스를 제공하는 기업들 중 연구개발을 활발히 수행하는 기업은 R&D 사업 확대를 부차적으로 필요로 하고 있으며, R&D 사업 확대를 위해 기술 인력의 수급 상황 개선이 필요함을 알 수 있다. 따라서 국내 스마트공장 제품 및 서비스 제공 기업들의 경영 환경 중 연구개발 부분의 개선을 위해 전문 인력 수급의 부족을 해결할 수 있는 정책적 지원 사항을 고려해야 함을 알 수 있다.

마지막으로 ‘현재 판매 및 수출 증대 부문의 가장 큰 애로사항은 무엇입니까?’는 문항에 대해서 1순위 응답으로 ‘판로개척의 어려움’이 46.7%(184)로 조사되었으며 ‘시장정보의 부족’이 25.1%(99), ‘과다경쟁’은 25.1%(99), ‘판매 시장의 협소성’은 7.4%(29) 그리고 ‘수출 절차의 복잡성’은 3.3%(13)로 조사되었다. 조사 기업들 중 ‘판로개척의 어려움’을 1순위로 선정한 기업들은 ‘판매시장의 협소성’을 2순위로 선택하는 경향을 볼 수 있었는데 이를 고려할 때 판매 및 수출 증대를 위한 정책 개발이 필요함을 알 수 있다.

## 4. 결 론

이 연구는 한국의 스마트공장 도입에 따라 발생하는 문제를 찾고 이를 해결하기 위해 국내 스마트공장 공급 분야의 대기업과 중견기업 그리고 중소기업에 대상으로 한 스마트공장 공급기업의 실태조사 내용 중 주요 문항에 대한 상관관계 및 연관성 분석을 수행하였다. 총 393개의 기업에 대한 설문조사 응답을 획득한 후 기초 통계분석 및 층화에 기반을 둔 상관관계 분석과 연관성 분석을 기반으로 스마트공장 공급 기업의 여건 개선 및 활성화를 위한 6가지 정책적 개선 사항을 도출하였다. 도출된 정책적 개선 사항은 다음과 같다. 첫째, 국산화율이 50% 이상이면서 외부 투자를 유치하고자 하는 공급 기업을 효율적으로 선별하여 지원 대상을 식별한 후 경영 여건 개선을 위한 정책적 개발이 필요하다. 둘째, 스마트공장 공급산업 부분에 자기 자본을 직접 투자하는 비율을 늘릴 수 있도록 정책적 유인책 개발이 필요하다. 셋째, 정부기관과 협력하는 기업의 경우 해당 스마트공장 공급 기업의 전반적인 사업 실적은 주력 제품의 수출 및 연구개발 실적과 양의 상관관계가 있으므로 수출 판로 개선을 위한 정부 기관의 적극적인 보조

방법을 강구할 필요가 있으며, 연구개발 실적 향상을 위해 산학연 공동 연구 진행을 위한 컨소시엄 구성과 국가R&D 참여 기회 확대 등의 다각적 접근 방법이 지원되어야 할 필요가 있다. 넷째, 현재 수출을 하지 않는 공급기업을 대상으로 수출을 시도할 수 있도록 해외 판로 개척에 도움을 줄 수 있는 정책 개발이 필요하다. 다섯째, 스마트공장 공급 기업 중 자체적으로 연구소를 운영하지 않는 기업들을 대상으로 연구개발의 필요성을 인식시켜 연구소의 독자적인 운영을 장려하고 지원할 수 있도록 정책적 유인을 제공해야 한다. 여섯째, 민간연구소를 운영하는 공급 기업을 위해 추가 인력 수급이 원활하게 진행될 수 있도록 정부 부분에서 학계에 관련된 투자를 확대해야 한다. 추후 연구로는 여섯 종류의 정책 제언을 현실화할 수 있는 정책 개발 연구가 필요하다. 이를 통해 다가오는 4차 산업혁명 시대에 효과적으로 대처할 수 있는 국가산업체제 구축이 가능해질 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- Agrawal, R., and Srikant, R. 1994. Fast Algorithms for Mining Association Rules. *Proceedings of Very Large Data Bases*. pp. 487-499.
- Cho, J., and Shin, W. 2019. Developing a Framework for Assessing Smart Factory Readiness of SMEs and Case Study. *J Korean Soc Qual Manag* 47:1-15.
- Gwak, M. 2018. An Analytical Study on Business Performances According to the Application of Smart Factory Core Technology : Focusing on the Application Level and the Variables Affecting Business Performances. thesis, Seoul National University of Science and Technology.
- Hogg, R., McKean, J., and Craig, A. 2005. *Introduction to Mathematical Statistics*. Pearson Education.
- Jeong, H. 2017. Reliability Paradigm-Changes in Industry 4.0. *Journal of Applied Reliability* 17:289-295.
- Kim, E., and Park, M. 2018. A Study on the Limits of Manufacturing Innovation and Policy Direction of SMEs in the 4th Industrial Revolution : Focusing on the Limitations and Examples of Pohang SME's Smart Factory Introduction. *Journal of Science & Technology Studies* 18:269-306.
- Mun, B., Lim, M., Kim, S., and Bae, S. 2019. Fault Detection and Diagnosis of Smart Factory Equipments Using Wavelet Spectrum. *Journal of Applied Reliability*. 19:22-30.
- Oh, S., Park, W., Riew, M., and Lee, M. 2018. A Case Study of the Construction of Smart Factory in a Small Quantity Batch Production System: Focused on IDIS Company. *J Korean Soc Qual Manag* 46:11-26.
- Park, H., Shim, W., and Lee, J. 2018. Analysis on Efficiency and Productivity of Smart Factory Industry Using DEA and Malmquist: Chiefly on System and Application Software Publishing. *Journal of Industrial Innovation* 34:101-130.
- Shin, D. 2014. A Socio-technical Framework for Internet of Things Design : A Human-Centered Design for the Internet of Things. *Telematics and Informatics* 31:519-531.

## 저자소개

**윤영호** 경기대학교 창의공과대학 산업경영공학과 학사과정 학생으로 재학 중이다. 품질경영연구실에서 ‘공급기업 설문조사를 바탕으로 한 스마트 공장의 발전 방향 탐구’와 ‘MWRC 생산성 향상방안 연구’ 등의 팀 프로젝트에 참여하여 연구를 진행하였다. 관심분야는 품질경영분야이다.

- 이진** 경기대학교 창의공과대학 산업경영공학과 학사과정 학생으로 재학 중이다. ‘공급기업 설문조사를 바탕으로 한 스마트 공장의 발전 방향 탐구’와 ‘MWRC 생산성 향상방안 연구’ 등의 팀 프로젝트에 참여하였다. 관심분야는 품질경영분야이다.
- 이은빈** 경기대학교 창의공과대학 산업경영공학과 학사과정 학생으로 재학 중이다. ‘공급기업 설문조사를 바탕으로 한 스마트 공장의 발전 방향 탐구’ 프로젝트를 통해 스마트 공장 현황을 분석하였다. ‘MWRC 생산성 향상방안 연구’ 프로젝트에 참여하여 폐가전 공정을 분석했다. 관심분야는 품질경영분야이다.
- 문보명** 경기대학교 창의공과대학 산업경영공학과 학사과정 학생으로 재학 중이다. ‘공급기업 설문조사를 바탕으로 한 스마트 공장의 발전 방향 탐구’와 ‘MWRC 생산성 향상방안 연구’ 등의 팀 프로젝트에 참여하여 스마트 공장의 실태를 파악, 개선안 고안 및 연구를 진행 하였다. 주요 관심분야는 품질경영분야이다.
- 서지형** 경기대학교 창의공과대학 산업경영공학과 학사과정 학생으로 재학 중이다. ‘공급기업 설문조사를 바탕으로 한 스마트 공장의 발전 방향 탐구’ 프로젝트에 참여하였다. 폐가전 공정을 관리하는 ‘MWRC 생산성 향상방안 연구’ 프로젝트에 참여하였다. 관심분야는 품질경영분야이다.
- 이정철** 한국생산성본부 책임전문위원. 서울대학교 산업공학과에서 학사학위를, 동 대학원에서 산업공학 석사, 박사 학위를 취득하였다. 현재 한국생산성본부에 재직 중이다. TPM, LEAN, 한국형 제조혁신 방법론(KPS) 등 다수의 제조혁신 컨설팅 프로젝트에 참여하였다. 주요 연구 관심분야는 스마트공장 평가체계, 제조혁신 모델 등이 있으며, 현재 스마트공장 수준진단, 전략수립, 도입 및 고도화 프로젝트를 진행중이다.
- 장태우** 경기대학교 산업경영공학과 교수. 서울대학교 산업공학과에서 학사를 마쳤으며, 동 대학원에서 산업공학 석사, 박사학위를 취득하였다. 한국전자통신연구원에서 우편 정보화/자동화를 연구하였고, 현재 경기대학교 산업경영공학과에 재직중이다. 주요 연구 관심분야는 스마트공장, 물류/SCM, 시스템분석 등이 있으며, 현재 경기도 지역협력연구센터(GRRC)인 지능정보융합제조연구센터의 센터장을 맡고 있다
- 성시일** 경기대학교 산업경영공학과 교수. 고려대학교 산업시스템정보공학과에서 학사 및 석사학위를, 그리고 KAIST 산업및시스템공학과에서 박사학위를 취득하였다. 삼성전자와 국방기술품질원 그리고 인제대학교에서 근무하였고, 현재 경기대학교 산업경영공학과에 조교수로 재직중이다. 주요 연구 분야는 실험계획법, 품질공학 그리고 신뢰성공학이다.