Journal of the Korea Convergence Society
Vol. 11. No. 9, pp. 219-227, 2020

ISSN 2233-4890 / eISSN 2713-6353
https://doi.org/10.15207/JKCS.2020.11.9.219

6-도메인 스마트팩토리 성숙도 평가 모델 기반 도입기업 군집분석

정도현[1], 안정현[2], 최상현[3*]
[1]충북대학교 경영정보학과 석사과정, [2]충북대학교 빅데이터학과 석사과정, [3]충북대학교 경영정보학과 교수

Cluster analysis of companies introducing smart factory based on 6-domain smart factory maturity assessment model

Doorheon Jeong[1], Junghyun Ahn[2], Sanghyun Choi[3*]
[1]Master's Course, Dept. Management Information Systems, Chungbuk National University
[2]Master's Course, Dept. Bigdata, Chungbuk National University
[3]Professor, Dept. Management Information Systems, Chungbuk National University

요 약 스마트팩토리는 가장 빠르게 발전하고 변화하는 4차 산업혁명 분야 중 하나이다. 스마트팩토리에서 도입정도와 성숙도 수준 평가는 중요한 부분에 해당한다. 본 논문에서는 국내 스마트팩토리를 도입한 중소기업들을 대상으로 설문조사를 진행한 데이터를 바탕으로 스마트팩토리 도입 현황과 새로운 성숙도 평가 모델 기반 군집분석을 진행하였다. 설문에 응한 스마트팩토리 도입 기업의 약 68% 기업들이 기초수준에 해당하였고, 21% 정도만이 중간1 수준이었다. 대다수 중소기업들이 중간1로 진입하지 못한 가장 큰 이유로 자금부족을 꼽았다. 군집분석 결과, 군집별 패턴은 유사하지만 정도의 차이에 따라 '상, 중, 하' 3개로 군집됨을 확인할 수 있었고, 6 도메인 중 프로세스가 상대적으로 성숙도가 가장 높았고, 데이터가 가장 낮은 수준을 보였다. 이를 통해 6개 도메인 기반 새로운 스마트팩토리 성숙도 평가 모델을 활용하여, 보다 구체적이고 정량적인 성숙도 수준 측정 및 분석이 가능함을 보였다.

주제어 : 스마트팩토리, 성숙도수준, 현황분석, 군집분석, 기업특성 분석

Abstract Smart Factory is one of the fastest developing and changing fourth industrial revolution fields. In particular, the degree of introduction and maturity level in the smart factory is an important part. In this paper, a cluster analysis of companies introduced smart factory was performed based on a new maturity assessment model. The 68% of 193 companies surveyed were at the basic level, with only 21% being the middle one. Most SMEs cited lack of funds as the main reason for not entering the middle one. As a result of the cluster analysis, it was found that all clusters had similar patterns but grouped into one of three levels of high, middle, and low depending on maturity level of smart factory operation, and process domain had the highest maturity and data domain was lowest among the 6 domains. Through this, analysis of more specific and quantified maturity levels can be performed using 6-domain smart factory maturity evaluation model.

Key Words : Smart Factory, Maturity Level, Status Analysis, Cluster Analysis, Organization Analysis

*Corresponding Author: Sanghyun Choi(chois@cbnu.ac.kr)
Received July 14, 2020 Revised August 13, 2020
Accepted September 20, 2020 Published September 28, 2020

1. 서론

정보통신 기술의 급격한 발전은 다양한 분야에 적용되어 지난 시대와는 확연히 구분되는 새로운 시대를 이룩하고 있으며, 클라우스 슈밥은 2016년 이 새로운 시대를 4차 산업 혁명으로 지칭하며 지난 반세기 동안 진행된 디지털 혁명이라고 정의하였다[1].

거의 모든 분야라고 해도 좋을 만큼 많은 분야에서 4차 산업혁명 관련 연구와 기술개발이 진행되고 있으며, 제조 현장에서도 4차 산업 혁명에 따라 급격하게 변화하는 정보통신기술들을 도입하기 위한 기술경영적인 노력이 계속되고 있다.

국내에서도 2013년 산업통상자원부의 '산업혁신 3.0 추진 전략' 수립을 기반으로, 2015년 민관합동 스마트공장추진단(KOSF, 現 스마트제조혁신추진단(KOSMO)) 발족 및 스마트공장 기술개발 로드맵을 수립하여 한국 제조 기업들의 스마트팩토리 보급률을 제고하기 위해 노력하고 있다[2].

현재 대한민국에서 적용하고 있는 성숙도 수준은 시스템 기준으로 5 레벨만을 다루고 있으며[3,4] 이러한 기존 성숙도 수준 평가 모델을 보완하기 위해 6개 Domains (조직, 시스템, 프로세스, 통합, 설비, 그리고 데이터)를 포함하고 있는 새로운 스마트팩토리 운영시스템 성숙도 수준평가 모델을 제안하는 연구가 진행되었다[5].

본 연구에서는 새롭게 제안된 6-Domains 수준평가 모델에 따라 조사한 국내 스마트팩토리 도입 중소기업 성숙도 수준 현황을 기반으로 군집분석을 통해 성숙도 수준별 영향요인을 탐색하였다. 이러한 새로운 수준평가 모델 기반의 평가 및 분석은 중소기업들이 스마트팩토리 도입에 있어 중요한 판단 기준을 제공할 것으로 기대한다.

2. 이론적 배경

2.1 스마트팩토리의 개념

독일은 2011년에 시작된 제조 4.0에서 스마트팩토리를 빅데이터 및 연산 능력, 신속한 분석 및 비즈니스 인텔리전스 능력, 증강현실 등을 이용한 맨-머신 상호작용 기술, 디지털 정보를 현실로 구현할 수 있는 적층제조의 네 요소에 의해 견인되는 새로운 단계의 제조 디지털화라고 정의하였다[6].

또한 대한민국의 스마트팩토리 지원사업을 책임지고 있는 스마트제조혁신추진단(KOSMO)에서는 스마트팩토리를 제품의 기획부터 판매까지의 모든 생산과정을 정보통신 기술로 통합해 최소 비용과 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 인간 중심의 첨단 지능형 공장으로 정의하고 있다[7].

따라서 이러한 관점들을 종합해보았을 때, 스마트팩토리는 제품의 기획에서부터 판매에 이르는 모든 단계에서 비즈니스 프로세스의 정보화 및 생산시스템의 자동화가 이루어진 지능화 공장이라고 할 수 있다.

2.2 스마트팩토리 국내 도입 현황

민관합동 스마트팩토리 추진단(KOSF)의 2017년 보고에 따르면 2016년까지 산업통상자원부의 지원을 받아 스마트팩토리 시스템을 도입한 중소기업은 2,800개에 달한다. 2014년에 스마트팩토리를 도입한 중소기업은 사출 성형(injection molding), 사출 성형(injection welding), 소성가공(plastic working), 주형(casting), 프레스 툴링(press tooling), 열처리(heat treatment), 이온 플레이팅(ion plating), 표면처리(surface treatment)와 같은 분야의 기업들로, 대부분 자동차나 전기 분야의 대기업과 오랜 시간 협력해온 기업들이었다. 그러나 2015년부터는 화학, 제약, 섬유, 식품과 같은 다양한 분야의 중소기업들이 스마트팩토리 프로젝트에 흥미를 갖고 참여하였다 [8].

KOSF는 2025년까지 약 30,000개의 중소기업이 스마트팩토리 시스템을 도입할 것으로 기대하고 있다. 그러나 중소기업들은 관련 경험의 부족, 리더십 부재, 자금, 전문가, 프로젝트 관리 능력의 부족 등의 문제를 겪고 있기 때문에 중소기업의 스마트팩토리 도입을 위해서는 조심스러운 전략적 접근이 필요하다[8].

중소벤처기업부에서 2020년 1월에 발표한 스마트팩토리 도입 여부에 대한 통계자료에 따르면, 2018년도 조사 결과 업종별로는 섬유가 13%, 자동차 및 트레일러가 9.9%, 전자, 컴퓨터, 영상, 음향, 통신장비가 8.5%로 스마트팩토리 도입 완료 비율이 가장 높았고 도입 중이거나 도입 계획 중인 비율이 높게 나타났다[9].

또한 동시기에 조사하고 발표한 스마트팩토리 도입 분야에 대한 통계 조사에서는 대부분의 업종에서 조사 대상인 공장운영시스템, 지조자동화, 공정시뮬레이션, 초정밀금형 4개 분야 중 공장운영시스템 도입이 가장 많았으며, 제조자동화 도입이 그 다음으로 높게 나타났다[10].

2.3 스마트팩토리 평가 모델의 국제 동향

2.3.1 Traditional Readiness Model (USA)

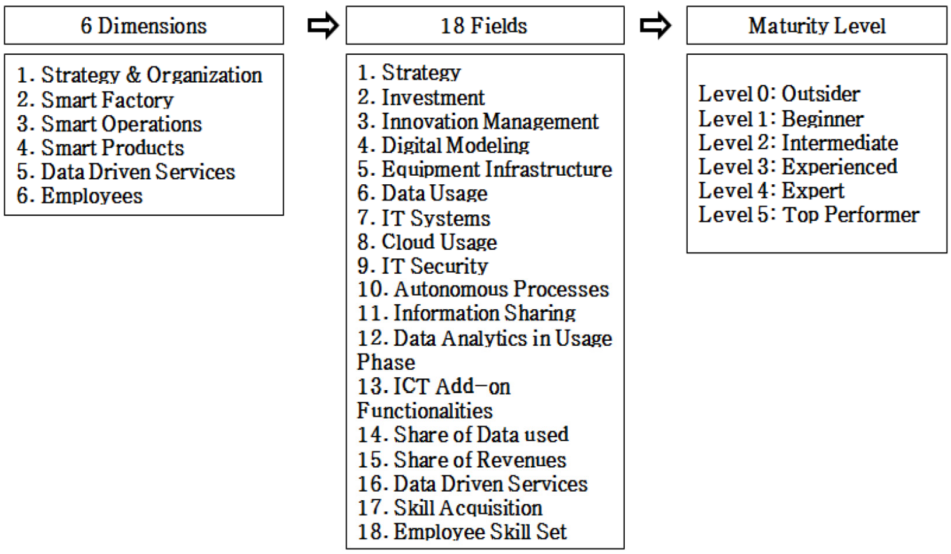


Fig. 1. Six levels of Industrie 4.0 Readiness Model

Source: Industrie 4.0 Readiness 2015

미국은 1970년대부터 NASA (National Aeronautics and Space Administration)의 TRL (Technology Readiness Level)을 도입하여 기술 성숙도를 측정해 왔다. TRL은 복잡하지 않은 단순한 기술들의 준비도를 측정하기 위해 적용되었고[11], 복합 시스템을 통합하기에는 한계점이 있다[12].

따라서 제조 현장에서의 요구를 충족시키기 위해 1980년대에는 기술이 아닌 제조 부문에 적용되는 MRL (Manufacturing Readiness Level)을 도입하였다[13].

기술을 측정하기 위한 TRL, 제조 관점에서 의사 결정을 지원하고 잠재적 리스크를 예측하여 정량적 성숙도 평가를 하는 MRL, 시스템 안에서 개별적인 TRL의 기능들과 그 연결들을 평가하기 위한 SRL, 시스템간의 통합도를 보기 위한 IRL 등 여러 가지 지표를 사용하여 다양하게 스마트팩토리 성숙도를 평가하고 있다.

2.3.2 Industrie 4.0 Readiness Level (Germany)

독일에서는 Fig. 1과 같이 6개 차원, 18필드를 기반으로 스마트팩토리 준비도를 평가 하며, 자가 평가 시스템을 도입하여 운영하고 있다.

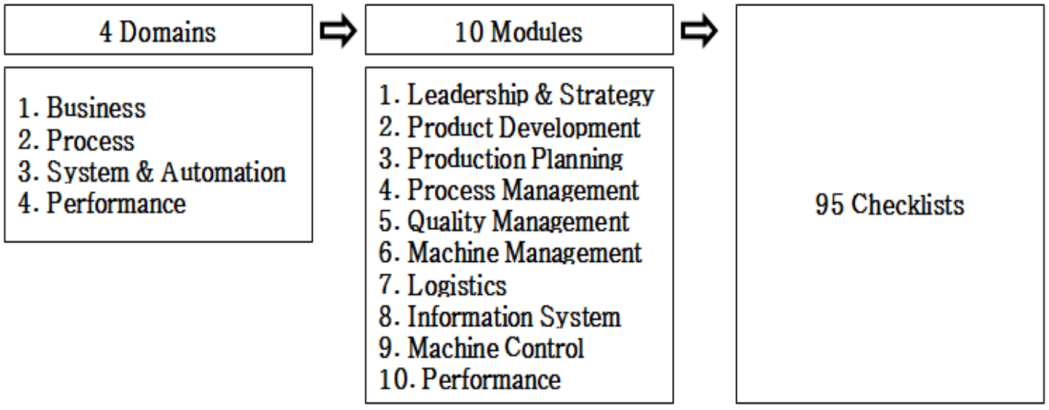


Fig. 2. KPC Smart Factory Maturoty Model

Source: KPC Smart Factory Team, Nov, 2015

2.3.3 스마트팩토리 평가 모델 국제 연구 동향

Marco M. Pagliosa(2020)는 Lean 제조에 스마트팩토리 도입을 위해 필요한 성숙도 수준 진단 기준을 제시하고 사례 연구 결과를 발표하였다[14].

Erwin Rauch(2020)은 중소기업을 위한 성숙도 수준 기반 수준 진단 툴을 제시하고, 사례 연구 결과를 발표하였다[15].

2.4 스마트팩토리 평가 모델의 국내 연구 동향

현재 대한민국에는 종합적인 스마트팩토리 성숙도 수준 평가 기준이 미흡하기 때문에 중소기업이 스마트팩토리 도입 프로젝트를 진행할 때 전문가가 시스템 관점에서만 평가 하고 있다. 또한 공장 전체에 대한 세부적인 평가가 이루어지지 않기 때문에 불명확한 결과를 산출하게 된다.

정보통신산업진흥원(NIPA)는 2014년에 환경, 퍼포먼스, 프로세스, 리더십, 수용성, 거버넌스, 자원의 7개 영역에서 스마트 오피스 성숙도 수준을 평가하여 IT 활용 인덱스를 확인하기 위한 평가 모델을 제시하였다[16].

2015년에는 한국생산성본부(KPC)에서 Fig. 2와 같이 리더십, 전략/프로세스/시스템, 자동화, 퍼포먼스 4개 도메인으로 스마트팩토리 성숙도를 측정하는 모델을 제안하였다[17].

2016년 조영주(2016)에 따르면 한국무역협회(KITA)에서는 기존 연구의 데이터의 실시간 수집 및 분석을 기반으로 하는 데이터 활용 측면을 보완하는 평가 모델을 논문을 통해 제시하였다. 해당 논문은 대한민국의 중소기업들을 위해 다음 Fig. 3과 같은 스마트팩토리 플랫폼을 제시하였다[18].

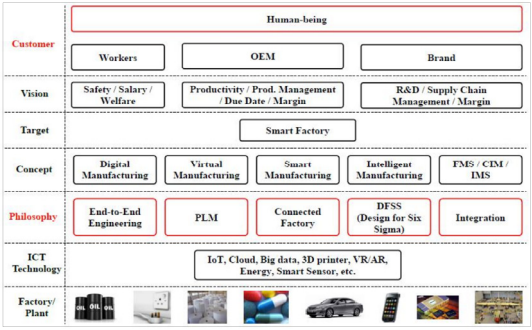


Fig. 3. Smart Factory Platform (KITA 2016)
Source: Guidance for SME's Smart Factory Implementation

이정철(2017)은 스마트팩토리 수준 진단을 위한 프레임워크를 제안하였으며, 스마트팩토리 효과 사례를 분석하였다.[19]

오승철(2019)은 SCOR(Supply Chain Operations Reference Model)과 SPICE(Software Process Imporvement and Capability dEtermination) 모델을 종합하여 새로운 스마트팩토리 수준 진단 지표를 개발 했다[20]. 해당 모델은 스마트팩토리 수준은 공장을 종합적인 관점에서 평가하며 스마트팩토리 추진방향으로 최적화, 자동화, 디지털화, 연결화, 지능화를 제시하였다.

이 외에도 국내 스마트팩토리에 관한 연구는 중소벤처기업의 스마트팩토리 기술적용이 품질과 혁신성과에 미치는 영향[21], 스마트 팩토리의 전략적 활용 연구: 구축목적 및 내용이 지속적 활용에 미치는 영향[22], 스마트팩토리 지속사용의도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구[23] 등과 같이 다양한 분야의 연구가 진행되고 있다.

3. 연구방법

3.1 스마트팩토리 운영성숙도 평가 모델

본 연구에서 사용하는 새로운 스마트팩토리 운영성숙도 평가 모델은 6개의 주요 도메인(조직, 데이터, 프로세스, 설비, 통합, 시스템)과 41개 요소들을 포함하며, 열처리(heat treatment), 사출성형(injection molding), 단조 화장품(forging, cosmetic), 의약(medical) and 자동차(automobile)와 같은 다양한 제조 분야의 100개 이상의 중소기업을 대상으로 평가한 경험에 기반하고 있다[5].

새로운 성숙도 평가 모델 수준은 큰 틀에서 기존 평가 모델의 5단계 수준과 유사하지만, 41개의 세부요소로 구성된 6개 도메인의 평가를 기반으로 소수점 첫째 자리까지 다룬다는 차이가 있다.

이는 보다 구체적이고 정량적인 측정 및 분석이 가능함을 의미한다. 또한, MES, ERP, PLM, SCM과 같은 기업용 시스템뿐만 아니라 빅데이터 준비도, 설비 인터페이스, 시스템 통합, 프로세스 그리고 조직적 리더십, 협력과 같은 연관 요소들까지 다루고 있다. 구체적인 새로운 성숙도 정의는 Table 1과 같다[5].

Table 1. Smart Factory Maturity Model by Choi

Level	Score Range	Baseline Requirement
1	0.0 ~ 0.9	No ICT Level • Generally no machines interfaced. Work manually with sheet recording and not utilize MES system (May use ERP, POP)
2	1.0 ~ 1.9	Basic Level • Part of machines connected and utilize MES system at least • Partially data collection and equipment monitoring
3	2.0 ~ 2.9	Middle 1 Level • Automated data collection with low or mid frequency and few factors with not well defined for promoting quality control • All machines connected with MES and adopt bigdata platform. May use many systems • Apply MRP (Material Requirement Planning)
4	3.0 ~ 3.9	Middle 2 Level • Automated data collection with high frequency and defined many factors for preventing quality problem in real time • Apply Robot, remote control and utilization of bigdata with optimization • Support system integration and APS
5	4.0 ~ 4.9	Advanced Level • Operating shop floor with autonomous robot • Applying AI or CPS under almost peopleless shop floor • Real time feedback with optimized solution for rapid adjustment when required

3.2 스마트팩토리 도입 중소기업의 현황에 대한 기초통계 분석

위 3.1에서 언급한 6개 도메인 성숙도 평가 모델에 기반하여 진행한 설문조사에 대한 기초 분석은 다음과 같다. Fig. 4는 설문조사에 참여한 국내 중소기업이 이미 도입한 스마트팩토리 관련 시스템 비율을 나타낸 것이다. MES가 52%로 가장 높았고, 그다음 ERP가 29%, 아무 시스템도 도입하지 않은 기업이 9%를 차지했다. 스마트 펙토리 도입에 대한 만족도는 3점이 43%, 4점 이상이 40%로 전반적으로 만족하였다.

Fig. 6은 193개의 중소기업에서 새로운 성숙도 평가 기준 설문조사 항목을 자체평가한 결과를 나타낸 것이다. 그 결과, 설문조사에 응한 중소기업 중 2/3에 해당하는 68%가 기초수준에 해당하였고, 21%가 중간1 수준이었다.

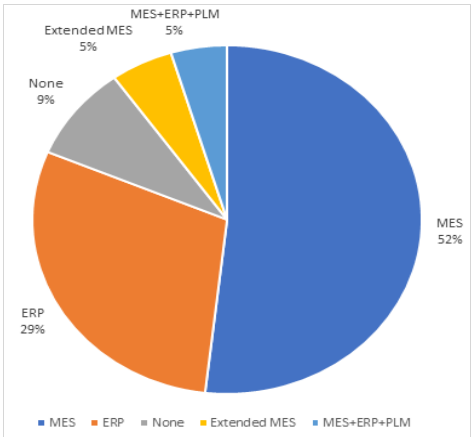


Fig. 4. Frequency by Adaptation System

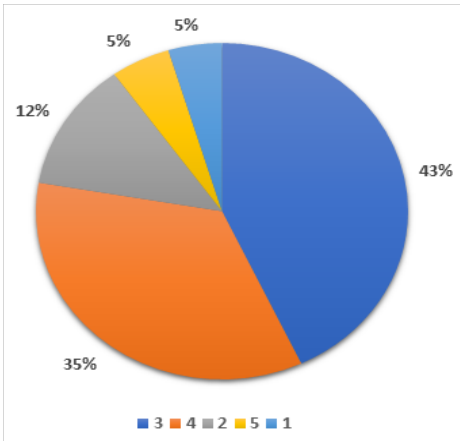


Fig. 5. Satisfaction Rate after System Adaptation

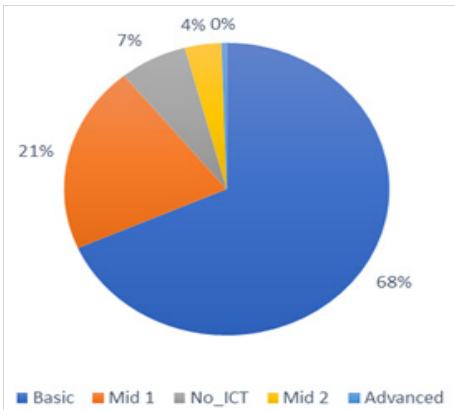


Fig. 6. Frequency by Maturity Level with Self Evaluation

Fig. 7을 보면, 중소기업의 대다수가 중간1 단계로 진입 시 가장 큰 문제를 자금부족이라고 답하였다. 그 다음으로 조직참여, 기술부족, 전문가부족 등이 뒤따랐다. 이러한 현실적 한계에 대한 지원부분 및 지원정도에 대한 설문조사를 시행하였다.

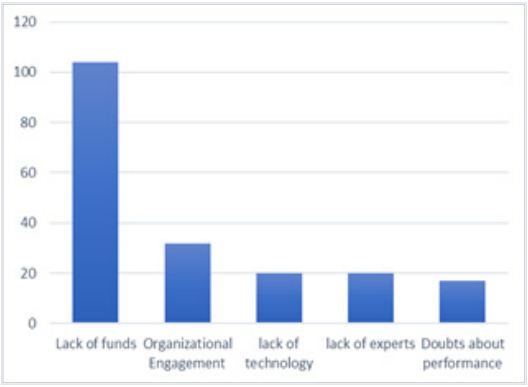


Fig. 7. Troubles for Next Stage

그 결과 Table 2에서와 같이 대다수의 중소기업이 외부지원이 필요하다고 답하였고, 그 중에서도 성숙도기준이 가장 필요한 것으로 나타났다. 또한, 성숙도 수준평가가 기업의 품질신뢰도와 신용평가에 영향을 준다고 답한 기업이 대다수였다. 이러한 설문조사 통계에 근거하였을 때, 적합한 성숙도 평가 모델 제시가 중소기업들에게 큰 의의를 갖는 것을 알 수 있다.

Table 2. Support Types for Introducing Smart Factory

	Government-support	Experts support	Maturity-criterion	Evaluation-impact	Total
1	7	110	3	2	122
2	13	56	4	7	80
3	48	13	46	58	165
4	95	8	103	98	304
5	30	6	37	28	101

3.3 성숙도 수준에 따른 군집분석

본 논문에서는 최영환(2019)이 제시한 성숙도 평가 수준의 핵심개념인 6개 도메인(Organization, System, Process, Integration, Equipment, Data)에 따라 193개 기업을 군집화하였다. 기법은 K-means 알고리즘을 활용하였고, 파라미터인 클러스터 개수 k값은 3으로 설정하였다.

군집분석의 입력데이터는 레코드가 설문조사에 응한 중소기업이며 193개의 값을 갖고, 필드는 도메인으로 총 필드 개수는 6개이다. Fig. 8에서 x축은 입력데이터의 필드인 도메인이고, y축은 필드값 즉 기업이 갖는 각 도메인 점수이다. 3개의 군집 패턴은 유사하지만, 정도의 차이가 있음을 알 수 있다. 이를 보다 가시적으로 확인하기 위하여 군집 별 각 도메인에 대한 평균을 구하여 시각화한 것이 Fig. 9이다.

cluster0에서 cluster2로 갈수록 평균적인 성숙도 수준이 높아짐을 알 수 있다. 결과적으로 조사에 응한 193개 기업은 성숙도 수준에 따라 '상, 중, 하' 3개로 군집됨을 확인 할 수 있다.

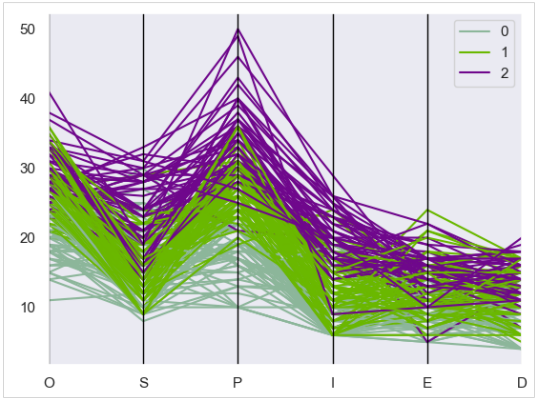


Fig. 8. Multi-dimensional K-means Clustering Analysis by 6 Domains

Fig. 9, Mean Values by Domain

Table 3과 Table 4는 각각 작년매출과 임직원수에 대하여 성숙도 수준간의 관계를 나타낸 것이다. Table 3을 보면, 전년도매출은 군집과 상관없이 "〈5B (50억원 미만)" 클래스 빈도가 가장 높다. 그리고 전년도매출이 높아질수록 성숙도수준이 낮은 cluster0보다 성숙도 수준이 높은 군집에 해당하는 비율이 높아짐을 확인할 수 있다.

Table 4를 보면, 임직원수 역시 전년도매출과 마찬가지로 군집과 상관없이 "〈50 (50명 미만)" 클래스 빈도가 가장 높다. 그리고 cluster0과 1은 임직원 수가 커질수록 크게 감소하는 것에 반해, cluster2 같은 경우는 임직원 수의 크기에 크게 영향을 받지 않는다. 이는 임직원수가 큰 기업일수록 스마트팩토리 성숙도 수준이 높을 가능성이 높음을 의미한다.

Table 3. Relation between Sales and Maturity Level

BC05PreRevnue	cluster=0	cluster=1	cluster=2
〈 5B	55	68	46
〈 10B	2	4	2
〈 20B	1	2	1
〈 30B	0	5	2
〉 30B	0	3	2

Table 4. Relation between Number of Employee and Maturity Level

BC06Emp	cluster=0	cluster=1	cluster=2
〈 10	3	2	5
〈 50	26	34	18
〈 100	21	21	8
〈 200	5	16	12
〉 200	3	9	10

4. 분석결과

설문조사 통계분석 결과 중소기업에서 도입한 스마트팩토리 시스템은 MES가 52%로 가장 높았고, 그다음 ERP가 29%로 뒤따랐다. 시스템 도입에 대한 만족도는 3점이 43%, 4점 이상이 40%로 전반적으로 만족하였다.

자체 평가한 스마트팩토리 성숙도 수준에 대해서는 설문조사에 응한 중소기업 중 2/3에 해당하는 68%가 기초수준에 해당하였고, 21%가 중간1 수준이었다. 대다수 중소기업들이 중간1로 진입하지 못한 가장 큰 이유로 자금부족을 꼽았으며, 성숙도 평가 기준 마련을 가장 많은 기업들이 필요로 하였다.

6개 도메인에 따른 군집화 결과, 193개 기업은 성숙도 수준에 따라 '상, 중, 하' 3개로 군집 되었고, 군집 별 각 도메인에 대한 평균은 Process가 가장 높고, Data가 가장 낮았다. 6개 도메인별 군집별 평균 결과, 6개 도메인 중 Process, Integration, Equipment 3개의 도메인이 군집을 구분하는 결정적 역할을 하는 것을 확인할 수 있었다. 예를 들어 Process가 30 이상이고 Integration, Equipment가 15 이상이면 대략 '상'이라고 판단할 수 있다.

전년도매출과 성숙도 수준 간의 관계를 분석한 결과, 전년도매출이 많을수록 성숙도 수준이 높은 군집에 해당할 비율이 높아짐을 확인할 수 있었다. 또한, 임직원 수와 성숙도 수준 간의 관계 분석결과, 임직원 수가 많을수록 '하'(cluster0), '중'(cluster1) 수준에 속할 확률이 작아지는 반면에, '상' 수준(cluster2) 같은 경우는 임직원 수의 크기에 크게 영향을 받지 않았다. 이는 임직원 수가 많은 기업일수록 스마트팩토리 성숙도 수준이 높을 가능성이 많음을 의미한다.

5. 결론

본 논문에서는 중소기업을 위한 스마트팩토리의 포괄적인 수준 측정이 어려운 기존 스마트팩토리 성숙도 평가 모델의 한계를 극복하기 위해 새로운 성숙도 평가 모델을 사용하여 군집분석을 진행하였다.

분석 결과, 군집별 패턴은 유사하지만 정도의 차이에 따라 '상, 중, 하' 3개로 군집됨을 확인할 수 있었고, 6 도메인 중 Process가 상대적으로 성숙도가 가장 높았고, Data가 가장 낮은 수준을 보였다.

본 연구 군집분석 결과 군집 간 명확한 경계를 갖는 것을 확인할 수 있었다. 이는 새로운 성숙도 수준 설문조사 결과를 활용하여 '상, 중, 하' 등급으로 구분할 수 있음을 시사한다. 또한, 6 도메인은 다양한 설문조사 문항에 기반하기 때문에, 등급에 속하게 된 요인을 파악할 수 있다.

본 연구에서는 제시된 6개 도메인 기반 새로운 스마트팩토리 성숙도 수준을 활용한 평가 모델을 활용하여, 보다 구체적이고 정량적인 성숙도 수준 측정 및 분석이 가

능함을 보였다. 본 연구에서 제시한 새로운 성숙도 평가 모델 기반 분석 방법은 중소기업이 스마트팩토리를 도입하거나 운영하는데 있어서 보다 효과적인 평가기준 및 방법론을 제공할 것으로 기대된다.

또한 이와 같은 정량적 스마트팩토리 수준 진단 모델을 기반으로 자가 진단 시스템을 구축한다면 각 기업들의 스마트팩토리 담당자들이 시스템을 통해서 쉽게 스마트팩토리 수준을 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 한계점은 응답기업을 산업군별로 분류하고 연구를 진행하지 않았다는 점이며, 따라서 향후 연구에서는 데이터를 추가로 확보하고 응답기업의 산업군이나 업종에 따른 분류를 먼저 진행한다면 해당 분야에 특화된 연구 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

[1] K. Schwab. (2016). *The Fourth Industrial Revolution.* World Economic Forum.

[2] C. S. Bae & S. C. Goh. (2019). Case Study on Security Enhancement of Smart Factory. *Journal of The Korea Institute of Information Security & Cryptology, 29(3),* 675-684.

[3] KOSF. (2014). Reference Model of Smart Factory.

[4] KOSMO. (2020.06.05.). Announcement on the revision of detailed management standards for smart factory supply and expansion projects. www.smart-factory.kr

[5] Y. H. Choi. (2019). *A Model to Evaluate the Maturity Level of SME Smart Factory Operation.* Chungbuk National University.

[6] B. Cornelius & W. Dominik. (2015). Manufacturings next act. *McKinsey & Company,* 1-5.

[7] KOSMO. Introduction of Smart Factory. www.smart-factory.kr/smartFactoryIntro

[8] KOSF. (2017). *Guidebook for 2017 Smart Factory.* Korea Smart Factory Foundation, 5-56.

[9] Ministry of Small and Medium Business. Statistics DB. (2020.01.21.) stat.mss.go.kr:8443/statHtml/statHtml.do?orgId=142&tblId=DT_F40008

[10] Ministry of Small and Medium Business. Statistics DB. (2020.01.21.) stat.mss.go.kr:8443/statHtml/statHtml.do?orgId=142&tblId=DT_F40009#

[11] B. Sauser et al. (2006). From TRL to SRL (The Concept of Systems Readiness). *Stevens Institute of Technology,* 1-10.

[12] F. Joseph A. (2010). Contextual Role of TRLs and MRLs in Technology Management. *Sandia National Laboratories,* 7-20.

[13] MRL Working Group. (2011). Manufacturing Readiness Level (MRL) Deskbook. *OSD Manufacturing Technology Program,* 7-32.

[14] C. Machado & J. P. Davim. (2020). "Maturity level assessment for industry 4.0 integration into Lean Manufacturing", *Industry 4.0: Challenges, Trends, and Solutions in Management and Engineering,* 191-240. ISBN-13: 978-0815354406, ISBN-10: 0815354401

[15] KPC. (2015). A study of institutionalizing the smart factory. *Korea Productivity Center,* 10-200.

[16] E. Rauch et al. (2020). A Maturity Level-Based Assessment Tool to Enhance the Implementation of Industry 4.0 in Small and Medium-Sized Enterprises. *MDPI, 12(9),* 1-18 DOI: 10.3390/su12093559

[17] K. W. Jung et al. (2016). A Reference Activity Model for Smart Factory Design and Improvement. *NIST,* 1-31.

[18] Y. J. Cho. (2016). The suggestion of Implementing Smart Factory System for SMEs. *Korea International Trade Association,* 5-34.

[19] J. C. Lee et al. (2017). A Smartness Assessment Framework for Smart Factories Using Analytic Network Process. *MDPI, 9(5),* 1-15. DOI: 10.3390/su9050794

[20] S. C. Oh & Y. H. Ahn. (2019). A Study on the Diagnosis Measurement for the Smart Factory Level in the 4th Industrial Revolution. *Korea Logistics Review, 29(6),* 149-162. DOI: 10.17825/klr.2019.29.6.149

[21] R. Le & S. K. Chae. (2020). The Effects of Smart Factory Technologies on Quality and Innovation Performance in SME. *Asia-Pacific Journal of Business Venturing and Entrepreneurship, 15(3),* 59-71. DOI: 10.16972/apjbve.15.3.202006.59

[22] J. H. Oh & J. D. Kim. (2019). A Study on Strategic Utilization of Smart Factory: Effects of Building Purposes and Contents on Continuous Utilization. *Asia Pacific Journal of Small Business, 41(4),* 1-36. DOI: 10.36491/APJSB.41.4.1

[23] H. G. Kim. (2020). A Study on the Factors Influencing on the Intention to Continuously Use a Smart Factory. *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, 25(2),* 73-85. DOI: 10.9723/jksiis.2020.25.2.073

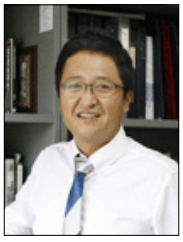
정 도 현(Doorheon Jeong) [학생회원]

· 2015년 8월 : 한양대학교 정치외교학과(정치학사)
· 2019년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 경영정보학과
· 관심분야 : 빅데이터, 데이터마이닝, 스마트팩토리
· E-Mail : djccnt15@gmail.com

안 정 현(Junghyun Ahn) [학생회원]

· 2018년 8월 : 배재대학교 TESOL·비즈니스영어학과(문학사)
· 2020년 8월 : 충북대학교 빅데이터(공학석사)
· 관심분야 : 딥러닝, 머신러닝
· E-Mail : jh.ahn991@gmail.com

최 상 현(Sanghyun Choi) [정회원]



· 1998년 2월 : 한국과학기술원 경영정보공학(공학박사)
· 1996년 9월 ~ 2002년 9월 : LG CNS 책임컨설턴트
· 2002년 10월 ~ 2011년 8월 : 국립경상대학교 산업시스템공학부
· 2011년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 경영정보학과 교수
· 관심분야 : 빅데이터, 데이터마이닝, 스마트팩토리
· E-Mail : chois@cbnu.ac.kr