

성숙도 모델에 따른 국내 중소기업의 스마트제조혁신 준비도 평가

김경일*

한국교통대학교 융합경영학과 교수

Evaluation of Smart Manufacturing Innovation Readiness of Domestic SMEs According to Maturity Model

Kyung-Ihl Kim*

Professor, Dept. of Convergence Management, Korea National University of Transportation

요약 본 연구는 우리나라 중소기업의 인더스트리 4.0의 성숙도, 클러스터링의 지표 요인, 주요 요인이 기업의 자체 평가에 미치는 영향을 알아보기 위해 클러스터링 분석을 수행하였다. 80개의 국내 중소기업을 4가지 범주로 분류하면 프로세스, 기술 및 조직 간에 유의미한 양의 상관관계가 있음을 발견하였다. 또한, 성숙도 모델에 따라 테스트된 80개 기업의 대다수는 아직 미성숙하거나 부분적으로 성숙한 것으로 보이며 인더스트리 4.0과 관련된 혁신 전략의 많은 개선과 재평가가 필요한 것으로 나타났다. 마지막으로, 싱가포르 스마트 산업 준비 지수는 국내 중소기업에서 자체 평가를 수행하는 데 적합하다는 결론을 도출하였다. 이러한 결론은 실무자와 연구자에게 유용한 성숙도 및 그룹화 지침으로 제공될 수 있다.

키워드 : 4차 산업혁명, 성숙도 모델, 자체평가모델, 스마트제조, 스마트산업지수

Abstract In this study, clustering analysis was performed to find out the influence of the maturity level of Industry 4.0 of SMEs in Korea, index factors of clustering, and major factors on the self-evaluation of companies. When 80 domestic SMEs were classified into 4 categories, it was found that there was a significant positive correlation between process, technology and organization. In addition, the majority of the 80 companies tested according to the maturity model appear to be immature or partially mature, and many improvements and re-evaluation of innovation strategies related to Industry 4.0 are needed. Finally, it was concluded that the Singapore Smart Industry Readiness Index is suitable for conducting self-assessment in domestic SMEs. These conclusions can serve as useful maturity and grouping guidelines for practitioners and researchers.

Key Words : Industry 4.0, Maturity model, Self-evaluation model, Smart manufacturing, Smart industry index

1. 서론

Deloitte연구에 따르면, 기업은 스마트 제조와 인더스트리 4.0을 이해하고 적용하기 위해서는 생산 효율성을 개선할 수 있도록 IoT 또는 빅 데이터에 집중해야 할 뿐만 아니라 기술 발전에 참여하는 한편 새로운 비즈니스 모델을 개발하고 새로운 수익 수익을 창출하는 방법을 모색하여야 한다고 제기한 바 있다[1].

이러한 배경과 시대적 요구에 따라 제조업체는 새로운 비즈니스 창출을 위하여 인더스트리 4.0 준비도 및 성숙도를 검토하고 평가함이 새로운 국면에 대한 우선적인 과

제로 주어지고 있다.

인더스트리 4.0을 준비하는 성숙도를 평가하기 위한 싱가포르 스마트산업 준비 지수 등 기존 사례들은 본 연구는 즉각적인 개선이 필요한 영역을 쉽게 파악하거나 외부 자원을 활용하여 역량을 강화할 수 있지만 지수는 도입 기간 동안 적절한 규모로 기업의 성숙도를 식별하지 않는다.

이러한 한계를 극복하고자 도입 및 변환의 여러 단계에서 추간 분석을 위한 지침을 마련할 수 있도록 우리나라 중소기업의 성숙도와 인더스트리 4.0을 구현하기 위한 전략 평가와 실행 간에 간격이 발생하는 점을 찾아

This was supported by Korea National University of Transportation in 2022.

*Corresponding Author : Kyung-Ihl Kim(kikim@ut.ac.kr)

Received October 12, 2022

Accepted January 20, 2023

Revised November 28, 2022

Published January 28, 2023

원인 해결하고자 함을 목적으로 한다. 이 연구는 인터스트리 4.0 성숙도와 관련 조치 채택의 영향을 평가하기 위한 도구로 싱가포르 스마트 산업 준비 지수(Index)를 채택한다. 스마트 산업준비 지수 프레임워크는 기업이 투자해야 할 기술을 결정하고 우선 순위를 정하는 데 도움이 될 수 있다. 본 연구는 다음과 같은 연구문제를 해결하는 것을 목적으로 한다.

연구질문 1(a): 인터스트리 4.0의 맥락에서 디지털 트랜스포메이션은 무엇을 의미하는가? (b) Industry 4.0 기준을 충족하는 것을 목표로 하는 회사는 회사 규모와 동일한 수준의 성숙도를 가지고 있는가? (c) 그들의 기술, 프로세스 및 조직 수준은 양의 상관 관계인가 음의 상관 관계인가? (d) 평가 후 동일한 클러스터링 그룹에 속하는가?

연구질문 2(a): 회사가 도메인 및 응용 프로그램에 따라 유사성과 특성을 가지고 있는가? (b) 특정 도메인과 애플리케이션이 더 높은 성숙도와 유리한 위치에 있는가? (c) 기업 평가 후 인터스트리 4.0을 향한 다음 단계는 무엇인가?

연구질문 3: (a) 싱가포르 지수는 인터스트리 4.0 전략에 대한 역량을 개발하기 위해 현재 제조 회사의 요구를 충족하는가? (b) 지수는 다른 성숙도 모델과 유사한가? (c) 더 나은 평가를 위해 지수를 수정해야 하는가?

2. 선행연구

2.1 기술변혁과 인터스트리 4.0

디지털 혁신은 조직 전반, 특히 운영, 제품, 서비스를 디지털 방식으로 혁신하려는 최고 경영자들 사이에서 큰 의미를 갖게 되었다[2]. 정보, 컴퓨팅, 통신 및 연결 기술의 조합으로 간주될 수 있는 디지털 기술은 비즈니스 전략, 비즈니스 프로세스, 기업 기능, 제품 및 서비스, 확장된 비즈니스 네트워크의 기업간 관계를 근본적으로 변화시키고 있다. 디지털 변환은 또한 '비즈니스와 사회의 모든 측면에 근본적으로 영향을 미치는 디지털 기술의 적용'으로 정의되며[3] 디지털 기술은 기술 혁신이자 Industry 4.0에 따른 제조 변화의 핵심 동인이라고 제기되고 있다[4]. 디지털 혁신은 디지털화 프로세스의 효율성을 강조하는 한편 디지털 기능으로 기존 물리적 제품의 향상에 중점을 둔다. 아울러 디지털 변환 프로세스를 통해 디지털 기술은 회사의 비즈니스 모델을 개발하는 데 사용되며 결과적으로 제품 또는 조직 구조의 변경 또는 프로세스의

자동화가 발생한다[5].

그러나 디지털 변환은 점점 더 복잡해지고 모든 회사 자원의 노력이 필요하므로 디지털 변환 전략의 수립은 성공의 원천이라고 할 수 있다. 또한 조직이 시장 경쟁에 대처하기 위해 기술 역량을 향상시키는 것이 필수적이다. 예를 들어, 관련 산업이 직면한 IT 관련 또는 기술 과제는 지속 가능하고 수익성 있는 기회를 추구하는 데 적합한 솔루션을 식별하도록 유도한다. 최고 경영진은 또한 조직의 문화, 프로세스 및 기술을 혁신 프로세스에 영향을 미치는 전략 비전으로 재고해야 한다[6].

중소기업의 가치 증대를 지원하는 또 다른 중요한 전략은 포괄적인 지식과 기술 이전의 통합이다[7]. Liao 등은 수평, 수직 및 종단 간 디지털 통합 전략의 세 가지 주요 전략을 제안했으며 인간 상호 작용 및 소비자 의도와 같은 사회적 측면을 설명할 필요성을 강조했다[8]. 인터스트리 4.0에서 원하는 성숙도 수준에 도달하기 위해 기업은 혁신, 프로세스 및 기술에 대한 전략을 재평가하여 시장에서 자신을 효과적으로 포지셔닝해야 한다. 산업 간의 유사성과 배경을 고려할 때 기업의 디지털화 전환을 평가하여 동일한 성숙도 수준을 설정하는 것이 적절하다.

2.2 성숙도 모델 이론

인터스트리 4.0의 변화는 회사의 전략, 조직 구조, 운영 프로세스 및 기술 개발에 영향을 미친다. 따라서 고위 경영진은 특히 복잡한 프로세스를 해결하고 시장 경쟁력을 촉진하기 위해 능동적인 프로젝트와 투자를 지원해야 한다. 성숙도 모델은 기업의 비즈니스 범위를 평가 및 변환하고 인터스트리 4.0 전략을 구현하는 데 필요한 내부 및 외부 리소스를 이해하는 데 사용할 수 있다[9].

본 연구에서는 기업 평가에 사용할 수 있는 다양한 준비성 및 성숙도 모델을 제시했다 Basl은 기업 준비도의 두 가지 수준이 국가 및 기업 수준이라고 주장하면서 국가 차원의 평가NRI(National Readiness Index) 및 GCI(Global Competitive Index)와 같은 국가 또는 사회에 대한 거시적 관점을 채택하고 일반화된 고려 사항을 적용한다. 반면에 기업 차원의 평가는 개별기업의 성숙도를 평가하며 광범위한 범위를 적용하거나 많은 기업을 대상으로 하지 않는다. 원래 유럽 국가에서 기업을 평가하는 데 사용되었던 이 모델은 복잡하고 자세한 기업 정보 및 차원이 부족하다는 평가된 바 있다[10].

Mittal 등은 대기업을 대상으로 하는 9개의 성숙도 모델을 제시했는데 조직 차원을 조사할 때 중소기업은 제외

했으며 보다 정교한 평가를 위한 도구 상자를 사용하여 주요 조직 차원을 평가하기 위해 중소기업 성숙도 모델을 제안한 바가 있다[11]. Canetta 등은 인터스트리 4.0 성숙도 모델을 활용한 평가를 학계에서 수행한 27개의 클러스터링 모델에 대한 평가를 8개 모델로, 실무자가 수행한 평가를 19개 모델로 분류했다. 27개의 연구를 검토하면서 연구된 문헌의 대부분이 디지털 성숙도 평가에 대한 표준 접근 방식을 채택했음을 발견했다. 또한 대부분의 연구는 기술적인 목적을 가지고 있으며 조사 대상 기업의 특성을 고려하지 않아 인터스트리 4.0 관련 전략의 채택 수준을 평가함에 한계가 있음을 제기하였다[12].

2.3 모형 구조

싱가포르 스마트 산업 준비 지수는 2017년 11월 싱가포르 경제 개발 위원회에서 도입한 것으로 4차 산업 혁명 또는 인터스트리 4.0에 대응하는 산업 변화를 평가하기 위해 세계 최초의 정부가 제안하는 도구라 할 수 있다. 중소기업과 다국적 기업(MNC)을 포함한 다양한 산업 응용 프로그램과 기업 규모를 평가하도록 설계된 RAMI(참조 아키텍처 모델 산업) 프레임워크를 기반으로 제안되었다. 학계와 현장 전문가들은 이 지수가 Industry 4.0(싱가포르 EDB 2017)과 관련된 기업의 진행 상황을 추가로 평가하기 위한 실제 적용에 적합하지 검토한 바 있다[13].

Table 1에 따르면 이 지수는 3개의 계층(프로세스, 기술, 조직)과 8개의 중심점으로 구성된다. 이 중심점은 조직의 핵심 구성 요소를 나타내는 16개의 평가 차원으로 더 나뉘어진다. 이 지수는 기업이 16개 차원을 기반으로 현재 프로세스, 시스템 및 구조를 평가하는 데 사용할 수 있는 평가 매트릭스를 제공한다. 매트릭스는 또한 개선 지침을 자세히 설명하며 기업은 각 차원에 대한 단계를 따르도록 요구하고 있다.

Table 2는 이제까지 발표된 모형들을 비교한 것으로 산업 범위, 기업 유형 및 정부 정책 측면에서 지수모델이 더 광범위하게 적용된다는 점을 통해 제조업에서는 지수를 사용하여 전략적 계획으로 자체 평가를 수행할 수 있다.

그러나 이 지수는 3가지 구성 요소(운영, 기술 및 조직)와 8가지 중심점을 제공하지만 제조업체에 대한 특정 평가 척도를 제공하지는 않는다. 또한 기업은 즉각적인 개선이 필요한 영역을 쉽게 파악하거나 외부 자원을 활용하여 역량을 강화할 수는 있겠지만 도입 기간 동안에는 기업 성숙도를 식별할 수는 없다. 따라서 본 연구에서는 VDMA[14]의 Guideline Industrie 4.0을 기반으로 지수 구조의 수정을 제안한다. 수정된 인덱스는 가이드라인 인터스트리 4.0과 같은 도구 상자 기능을 사용하여 인터스트리 4.0을 향한 도입 및 변환의 여러 단계에서 추가 분석

Table 1. Singapore smart industry readiness index (Singapore EDB 2017)

3 Building Block							
Process				Technology		Organization	
8 Pillars							
Operation	Supply Chain	Product Lifecycle	Auto-mation	Connect-ivity	Intelli-gence	Talent Readiness	Structure and Management
16 Dimension							
Vertical Integration	Horizontal Integration	Integrated Product Cycle		·Shopfloor ·Enterprise ·Facility		·Workforce Learning and Development ·Leadership Competency	·Inter and Intra Company Collaboration ·Strategy and Governance

Table 2. Comparison between the index and existing maturity models

Model	Dimension	Industry Scope	Approach	Application Purpose	Enterprise Type	Government Initiative
Index	3 Building blocks and 8 pillars	Applicable to all industries	General, self-check, (online)	Comparative, prescriptive	Accounts for AMEs, MNCs	EDB
IMPUIS VDMA	5 levels of readiness and 6 dimensions including 18 items	Emphasis on manufacturing and engineering industries Limited application area	General, self-check, (online)	Comparative, prescriptive	not considered	N/A
Industry 4.0/ Digital Operation Self Assessment	4 levels of models with 7 dimensions	Industry Domain Specific	General, self-check, (online)	Comparative, prescriptive	not considered	N/A
The Connected Enterprise Maturity Model	5 levels of approaches and 4 dimensions	Focus on manufacturing industry. Limited application	General, Third Party Check	N/A	not considered	N/A
Industry 4.0 Maturity Model	5 levels of models with 9 dimensions and 62 items	Industry Domain Specific	General, Self-check	Descriptive	not considered	N/A
Industry 4.0 Collaborative Diversification	3 levels of models	Manufacturing and engineering industries	General, Self-check	Descriptive	considered	N/A

Table 3. Proposed definition of maturity level for index

Level 0	Initiated	Poor control over processes and inefficient operations, management is reactive and demonstrates improper organizational skills, technological tools are not aligned with infrastructure, top management must pay attention to these aspects. Five sustainability issues.
Level 1	Performed	Transformation process commences, process is partially planned and implemented, management is weak and lacks the ability to organize and facilitate technological development, technologies are proposed for improvement, practical application is reported at this stage. Evaluate resources for environment.
Level 2	Managed	Process is well defined for implementation and plan is ready for virtual application, organisation exhibits management abilities but has some limitations, infrastructure for smart technology is installed and operated but needs integration, digitalisation is as per the assessment level. Enable changes in business, processes, management, and technology for environmental sustainability.
Level 3	Established	Value-added operations and processes shift towards standardisation, vertical integration includes sensors and connectivity to established ERP systems, management applies latest concepts for improvement with external assistance, standardisations are at the desired level. Establish standard process for EMS (Electronic Manufacturing Services) and GSCM (Green supply chain management).
Level 4	Integrated and Interoperated	Horizontal integration and interoperability include supply chain and machine networks, new technologies are evaluated (i.e. artificial intelligence, big data, and machine learning), processes are automated and advanced analytics are applied (SCM and CRM), management becomes independent. Integrate all resources between green and social environments.
Level 5	Optimized	End-to-end digital integration of engineering is performed across value chain and for all operation processes, organisation adapts to changing technologies to improve business. Implement environmental sustainability and lead improvements in the natural environment.

을 위한 지침으로 태스크 포스를 개발하는 데 사용할 수 있을 것이다.

2.4 성숙도 범위

기업이 변환을 성공적으로 완료하려면 적절한 모델 및 전략 구현 단계를 식별하는 것이 중요하다. 성숙도 수준은 인터스트리 4.0-MM의 기능 차원 원칙[15]과 CMMI의 성숙도 정의[16]의 원칙을 기반으로 하여 평가를 위한 성숙도 6개 수준을 지정하였다.

본 연구에서는 평가를 위한 지수를 5가지 성숙도 수준으로 정의하여 Table 3에 정리하였다.

3. 연구방법

싱가포르 산업 성숙도 모델을 기반으로하는 연구설계는 Fig. 1과 같다.

3.1 표본 및 데이터 수집

연구를 위해 엔지니어링, 제조 및 의사 결정에 경험이

있는 경영진에 초점을 맞추기 위하여 19년 이후 중소기업 처기업부 시행 스마트공장지원사업에 참여한 경험이 있는 국내 중소기업 중 고도화중간 1 수준 이상의 스마트공장을 구현한 80개의 중소제조기업을 대상으로 온라인 설문지를 배포하여 설문조사를 시행하였다.

3.2 데이터 분석

Table 4는 향후 분석 과정에서 현황을 파악하기 위해 제조업 기업의 성숙도 점수를 정리한 것이다.

본 연구는 수집된 데이터에 대한 기술통계를 엑셀을 이용하여 수행하고 클러스터의 수를 추정한다. 표본에서 관찰된 변수를 기반으로 적절한 수의 하위 그룹을 분석 및 확인하고 산업 전반에 걸쳐 기업과 관련된 요인을 각 그룹의 변수로 사용한다. 같은 클러스터에 속한 기업은 동질성이 높은 반면, 다른 클러스터에 속한 기업은 이질성이 더 큰데 이는 동일한 클러스터 내의 공통점에 대한 통찰력을 제공할 뿐만 아니라 객관적으로 회사를 그룹화할 수 있기 때문이다.

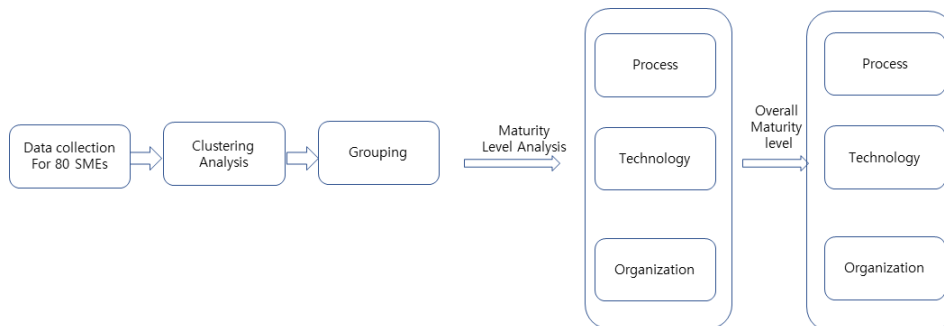


Fig. 1. Emperical research flow

Table 4. Score for maturity level and stage

Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
1-14	15-19	20-34	35-49	50-64	65-80
Immaturity		Partial Maturity		Maturity	

모든 구성은 적절한 신뢰성과 구성 타당도를 보여주고 있으며 다차원 효과를 확인하기 위해 분산 분석이 사용되었으며 파생 및 Pearson 상관 분석은 Industry 4.0에 따라 변환에 영향을 미치는 요인을 조사하는 데 사용되었다.

총 80개의 국내 중소제조기업이 5점 Likert 척도를 기반으로 한 온라인 설문지를 받았으며 응답자는 제조 분야와 관련된 회사의 산업 유형, 근무 경험 및 직위를 기술하도록 하였다. 표본 기업의 응답자 중 42명이 최고 경영자 수준(임원급)이고 38명이 중간 경영진으로 엔지니어링, 생산 관리 및 의사 결정 분야에서 16년 이상의 경험을 가진 운영 관리자 및 기술 관리자이다. 이들 기업의 핵심 사업은 IT 산업을 기반으로 하고 있으며 연구 당시 Industry 4.0 프로젝트는 스마트공장 실행단계에 있었다.

4. 분석

4.1 데이터분석 및 결과

80개 기업에 대한 평가는 조사 대상 기업 중 31개가 미성숙(레벨 0-1), 36개가 부분적으로 성숙(레벨 2-3), 13개가 성숙기 시작 또는 도달 단계에 있는 것으로 나타났다(Fig 2).

또한, 이 연구는 기술, 프로세스 및 조직의 세 가지 차원에 대한 결과를 설명하기 위해 레이더 차트(Fig 3)를 제시한다. 평균적으로 조직과 프로세스는 더 나은 성과를 나타내는 가치와는 거리가 멀지만 기술보다 활동적이고 강력하다.

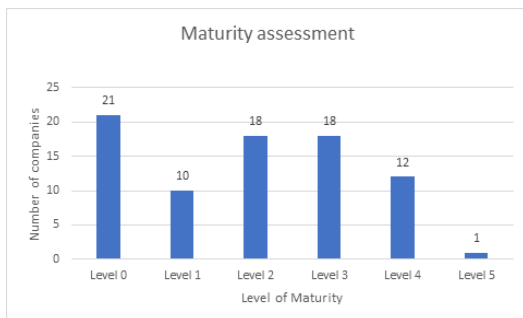


Fig. 2. Overall maturity level

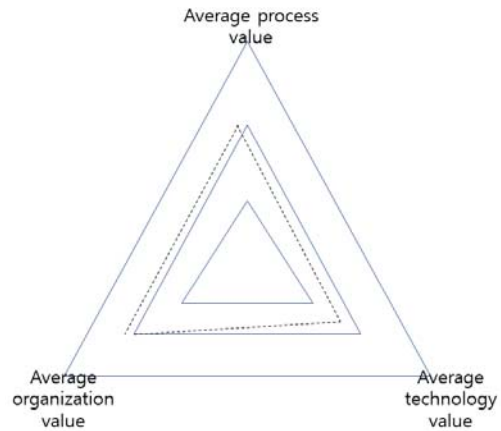


Fig. 3. The radar chart classified the overall average levels of the three dimensions

Table 5는 K-means 그룹화 결과, 평균으로 사용된 기술통계량 및 4개 그룹의 현황을 설명하는 표준편차를 나타낸다. 본 연구는 80개 기업을 대상으로 K-means 군집분석을 실시하여 4개 그룹으로 분류하였다. Table 5는 프로세스, 기술 및 조직이 기업의 변혁에 기여하는 바를 설명한다.

인더스트리 4.0에서, 표준 편차를 비교하면 기술 차원이 농도가 낮은 그룹에 덜 분산되어 있음을 알 수 있다. 반면에 조직과 프로세스는 더 광범위하게 분산되어 있다.

Table 5. Descriptive statistics, mean and standard deviation

	Mean	S.D.	N
Process	2.0625	1.31538	80
Technology	1.6444	1.14579	
Organization	2.0938	1.24929	

Table 6. Pearson's correlation results

	process	technology	organization
Process	1	0.806**	0.685**
Technology	0.806**	1	0.745**
Organization	0.685**	0.745**	1

Table 7. Clustering analysis of groups

	Final Clustering Centre			
	1	2	3	4
Process	4.33	1.57	2.65	0.93
Technology	3.39	1.14	2.49	0.57
Organization	3.67	1.92	3.06	0.6
No. of Company	12	24	20	24
Type	SMEs Mids	SMEs traditional industries	Mids technology oriented	SMEs High value oriented

Table 6의 피어슨상관분석결과 프로세스, 기술 및 조직 간에 상당한 양의 상관관계가 있음을 보여준다.

Table 7은 80개 기업을 4개 그룹으로 분류하여 클러스터 분석 결과를 나타낸 것이다. 첫 번째 및 세 번째 그룹은 12개 및 20개 회사로 구성되고 두 번째 및 네 번째 그룹에는 각각 24개 회사가 있다. 그룹 1과 4는 상당한 차이를 보여준다. 그룹 1에서는 두 회사가 최적의 값을 보고한다(프로세스: 4.33, 기술: 3.39, 조직: 3.67). 그룹 1에 속한 기업의 대다수는 ITC 및 산업용 개인용 컴퓨터(IPC) 분야에 속한다. 일부 기업은 다국적 기업 또는 중견 기업이다. 따라서 이 그룹에서 조직은 분명히 강력하고 활발하며 프로세스가 수직 및 수평으로 통합되었으며 관련 기술이 개선되었다. 즉, 그룹 1의 기업이 디지털 챔피언이 되려면 역량 향상을 목표로 해야 한다. 이에 비해 24개 기업이 있는 그룹 4는 최악의 값을 보고한다(프로세스: 0.93, 기술: 0.57, 조직: 0.68). 이 그룹에서 대부분의 기업은 중소기업이며 소수의 소기업이 있다. 추가 분석에 따르면 이러한 회사는 ITC 또는 제조 분야에 속한다. 특히 제조업체는 종종 특정 지식 영역에 대한 표준 프로세스를 정의하고 신기술이 부족하며 유연성이 떨어진다.

그룹 2와 3은 3차원 사이에 작은 간격을 보여준다. 즉, 그룹 2의 일부 기업은 시스템 설계 및 관련 기계 및 툴링 프로세스에 종사하는 중소기업(전통 산업)인 반면 그룹 3에는 특정 분야(예: 통신 사업자)에 속하는 중견 기업이 있다. 분명히 그룹 3의 프로세스, 기술 및 조직 능력은 그룹 2의 프로세스, 기술 및 조직 능력보다 강력하다. 또한 그룹 3은 그룹 2보다 유연한 성능과 경쟁력 있는 기술을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 그룹 3은 계속해서 변화하고 역량을 강화하여 정렬해야 한다. 다양한 전문 분야의 중견 기업임에도 불구하고 인터스트리 4.0과 함께 하고 있다. 요컨대, 그룹 1은 다른 그룹과 비교하여 IPC, MNC, EMS(중소기업 및 대기업)를 포함한 응용 분야 전반에 걸쳐 다중 구성의 이점이 있다.

다양한 응용 프로그램과 분야는 스마트 제조를 수용하는 문제에 신속하게 대응할 수 있는 그룹 및 회사의 능력에 영향을 미칠 것이다. 따라서 민첩성과 조정은 프로세스, 기술 및 조직 능력에 영향을 미치는 중요한 요소이며 더 큰 시장 경쟁력을 달성할 수 있도록 한다.

4.2 신뢰도 및 유효성 테스트 결과

Table 8에서 Cronbach의 α 값은 0.90(즉, 0.935)보다 커서 신뢰도가 상당히 높음을 나타낸다.

Table 8. Reliability and validity test

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha	Items
.961	.963	16
KMO and Bartlett's		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of sampling Adequacy		.929
Bartlett's test of Sphericity	Approx. Chi.Square DF Sig.	1262.315 120 .000

Kaiser-Meyer-Olkin(KMO) 및 Bartlett의 구형도 테스트는 PCA(주성분 분석) 및 클러스터 분석에 대한 데이터의 적합성을 분석한 결과, Table 8에서 보는 바처럼 KMO = 0.929, Bartlett's test chisquare = 1262.315($p < 0.05$)에서 측정된 데이터는 요인 분석에 적합한 것으로 나타났다.

4.3 시사점

본 연구결과가 제시할 수 있는 시사점을 먼저 이론적인 면에서 본다면, 기존의 연구는 인터스트리 4.0을 대비하기 위하여 기업이 무엇을 준비하여야 하는가에 대한 고민에 대하여 제시된 연구들이 기업유형별, 스마트제조혁신 프로젝트 단계별 요소가 무엇인지를 제시하지 못하였던 것을 극복할 수 있도록 기업 평가 후 다음 단계에 수행하여야 할 요소를 제시할 수 있다는 점에서 이론적 시사점을 찾을 수 있다.

실무적 측면에서는 대부분의 국내 중소제조 회사는 미성숙하거나 부분적으로 성숙하며 변화를 향한 노력을 계속해야 한다. 제조업을 가로막는 주요 이슈는 낮은 1인당 생산가치, 인재 부족, 느린 비즈니스 모델 전환 등이다. 비즈니스 모델이 스마트 제조 프로세스를 도입하지 않거나 스마트 애플리케이션을 부분적으로 채택하지 않거나 기업이 예산 제약이나 인재 자원 부족으로 인해 전환 경로를 결정하지 못하는 경우 이러한 요인은 시장을 더욱 제약할 것이다.

이러한 제조 회사는 기술과 비즈니스의 부족을 보완하기 위해 스마트 제조 산업에서 주요 정부 또는 민간 동맹에 가입할 수 있다. 2017년 IDB에서 제안한 PCB A-Team[17]이 그 대표적인 예이다.

우리나라에서는 중소벤처기업부 산하에 스마트제조혁신추진단을 설립하여 다부처에서 정책과제로 시행하던 스마트제조혁신 추진을 하나로 통합하면서 스마트공장 표준모델과 지도를 발표하는 등 매우 활발한 움직임을 보이고 있다.

그러한 동맹이나 더 큰 수직적 협력이 없다면 제조 회사는 경쟁력을 잃을 수 있다. 따라서 자원의 외부 통합이 증가하면 효율성이 향상될 수 있기 때문에 공급망 파트너와의 전략적 제휴는 스마트 제조를 도입하는 데 중요하다. 스마트 애플리케이션 시대에 빅데이터 분석은 빠르게 변화하는 고객 요구를 충족시키는 데 가장 중요하다.

기업 및 정부 부서의 전략 계획은 경쟁 환경에 대한 깊은 이해, 자원의 최적 할당, 효과적인 구현 부분으로 구성되며 그 목표는 일관되고 장기적이어야 한다. 제조업은 국가강국의 근간이며, 기계와 장비 제조업은 숙련된 인재가 없는 상황에서 매우 중요하므로 인더스트리 4.0 단계로의 전환을 위한 첫 번째 단계는 국가의 제조업 환경을 개선하고 장비 제조업을 '지능화'하며 정부 프로그램이나 민간 프로젝트를 통해 추가 인재 양성을 계획하는 것이다. 인더스트리 4.0을 산업 비전으로 달성하려면 장비 제조, 통신 및 인터넷 서비스와 같은 핵심 제조 산업이 필요하다. 이 세 가지 산업의 동시 개발은 인더스트리 4.0 목표를 달성하는 데 도움이 될 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 K-means 군집분석을 이용하여 성숙도 모형을 살펴보았다. 그렇게 함으로써 클러스터링에 영향을 미치는 핵심 요소를 탐색하고 기반 기업의 기술, 프로세스 및 조직의 성숙도 평가와 관련된 문제를 해결하는 것을 목표로 하였다.

80개 기업을 응용 분야와 분야에 따라 4가지 범주로 분류한 실증적 결과는 테스트 대상 기업의 전체 성숙도 수준에서 개선의 여지가 많다는 것을 시사한다. 우리나라 대다수 중소기업체(83%)는 여전히 변환 또는 디지털화의 경로에 대해 또는 불확실하다. 현재 성숙 단계에 도달하기 위해 스스로를 개선하고 있는 회사는 거의 없다. 요약하자면, 국내 중소기업이 더 많은 비용을 지불하는 것이 여전히 중요하다.

급변하는 시장변화에 대비한 경쟁력 확보에 주목 제조 회사가 시장경쟁력을 유지하기 위해서는 스마트제조산업의 주요 동맹에 참여하는 것이 필수적이다. 상관 분석은 또한 프로세스, 기술 및 조직이 상당한 양의 상관 관계를 갖고 있음을 보여주었다.

이 연구가 공헌할 수 있는 바는 첫째, 인더스트리 4.0은 푸시 애플리케이션과 기술을 요구하므로 관련 과제에 직면한 기업의 원동력이 되었다. 또한, 인더스트리 4.0은

개별 기업과 산업 전반에서 설계, 제조, 운영, 제품 서비스 및 생산 시스템에 몇 가지 변화를 가져왔다. 따라서 기업은 이러한 변화에 맞춰 새로운 제품과 기술을 개발하거나 채택하기 위해 다각화 전략을 채택해야 한다. 이는 급변하는 환경에서 핵심 역량을 결합하고 통합하는 접근 방식을 재평가하는 것을 정당화한다. 이러한 발견은 인더스트리 4.0 시대의 경영진에게 유용한 시사점을 줄 수 있다.

또한, 이 연구는 경쟁 환경에서 인더스트리 4.0과 관련된 노력을 지원할 적절한 성숙 모델을 찾고자 하는 기업의 욕구를 조명한다. 다양한 성숙도 모델 문헌에서 제안되었다. 그러나 3가지 차원은 기업이 새로운 기회를 평가하고 혁신 솔루션을 채택하는 데 기본이 되었다. 조사 결과에 따르면 싱가포르 스마트 산업 준비 지수는 다양한 규모와 응용 분야의 기업에서 자체 평가를 수행하는 데 적합하다. 따라서 기업은 이 연구의 결과를 활용하고 응용 프로그램을 조사하는 방법을 모색할 수 있다.

이러한 기여에도 불구하고 본 연구는 한계에서 자유롭지 못하다. 첫째, 설문지를 특정 산업 내 대만 기업에 배포하여 결과의 타당성을 제한하였다. 둘째, 본 연구의 대상은 제조업자이다. 추가 연구는 인더스트리 4.0에 따른 기술 개발과 같이 주의가 필요한 다른 문제를 탐색하는 것을 목표로 해야 한다. 예를 들어, 인더스트리 4.0과 관련된 기술 개발 등이다. 셋째, 본 연구는 제조현장만을 대상으로 하였다는 점이다.

향후 연구는 경영진과 고위 경영진도 고려해야 한다. 관리자는 그러한 연구 설계를 사용하는 것의 교차 효과를 더 자세히 드러낼 수 있다. 그렇게 하면 성숙한 모델, 즉 기술, 프로세스 및 관리 측면에서 스마트 제조를 채택하려는 기업의 결정에 미치는 영향에 대한 더 깊은 통찰력을 제공할 수 있다. 따라서 최고경영자는 전략적인 차원에서 그들이 미래 산업을 투영하고 제조현장에 반영할 수 있는 방안을 조직의 환경변화에 적합한 단계별 준비요소를 파악할 수 있는 연구가 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] Deloitte.(2017). "Tech Trend Report." Accessed 25 October 2018.
- [2] C. Heavin and J. Power.(2018). "Challenges for Digital Transformation-Towards a Conceptual Decision Support Guide for Managers." *Journal of Decision Systems*. 27(1): 38-45.
DOI : 10.1080/12460125.2018.1468697.

- [3] G. Gruman, (2016). "What Digital Transformation Really Means." *InfoWorld*. <http://www.infoworld.com/article/3080644/it-management/what-digital-transformation-really-means.html>
- [4] H. Lasi, H., P. Fettke, T. Feld, and M. Hoffmann. 2014. "Industry 4.0.", *Business & Information Systems Engineering* 6: 239-242. DOI : 10.1007/s12599-014-0334-4
- [5] T. Hess, C. Matt, A. Benlian, and F. Wiesböck. (2016). "Options for Formulating a Digital Transformation Strategy." *MIS Quarterly Executive* 15: 2.
- [6] Harvard Business Review. (2018). "Reassessing Digital Transformation" <https://hbr.org/resources/pdfs/comm/red%20hat/ReassessingDigitalTransformation>
- [7] H. Kagermann, G. Wahlster, and J. Helbig. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0. Berlin: Industrie 4.0 Working Group of Acatech. <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendation-for-implementing-industry-4-0>
- [8] Y.X. Liao, F. Deschamps, E. D. F. R. Loures, and L. F. P. Ramos. (2017). "Past, Present and Future of Industry 4.0-A Systematic Literature Review and Research Agenda Proposal." *International Journal of Production Research* 55(12): 3609-3629. DOI : 10.1080/00207543.2017.1308576.
- [9] S. K. Nikkhou, S., K. Taghizadeh, and S. Hajiyakhchali. (2016). "Designing a Portfolio Management Maturity Model (Elena)." *Procedia-Social and Behavioral Science* 226: 318-325. DOI : 10.1016/j.sbspro.2016.06.194.
- [10] J. Basl, (2018). "Analysis of Industry 4.0 Readiness Indexes and Maturity Models and Proposal of the Dimension for Enterprise Information Systems." *Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems*, 57-68. DOI : 10.1007/978-3-319-99040-8_5.
- [11] S. D. Mittal, Romero, and T. Wuest (2018). "Towards a Smart Manufacturing Maturity Model for SMEs (SM 3 E)." In IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems, 155-163.
- [12] L.A Canetta, L., A. Barni, and E. Montini June, (2018). "Development of a Digitalization Maturity Model for the Manufacturing Sector." In 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), 1-7. Stuttgart, Germany: IEEE. DOI : 10.1109/ICE.2018.8436292.
- [13] Singapore Economic Development Board. (2017). "Singapore Smart Industry Readiness Index: Catalyzing the Transformation of Manufacturing." 1-46. <https://www.edb.gov.sg/en/news-andresources/news/advanced-manufacturing-release.html>
- [14] K. Lichtblau, V. Stich, R. Bertenrath, M. Blum, M. Bleider, A. Millack, K. Schmitt, E. Schmitz, and M. Schröter. (2015), "IMPULS - Industrie 4.0-Readiness." VDMA's IMPULS-Stiftung, Aachen, Cologne.
- [15] E. Gökalp, U. Sener, and P. E. Eren (2017), "Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM." In International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination (770, 128-142), Palma de Mallorca, Spain: Springer.
- [16] A. D. Carolis, M. Marcchi, E. Negri, and S. Terzi, (2017). "A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies." *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 13-20. "10.1007/978-3-319-66923-6_2.
- [17] PwC. (2018). "Global Digital Operations Survey" <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industry-4-0>.

김경일(Ktung-Ihl Kim)

[정회원]



- 1983년 2월 : 명지대학교 경영학과 (경영학사)
- 1987년 2월 : 명지대학교 경영학과 (경영학석사)
- 1995년 2월 : 명지대학교 경영학과 (경영학박사)

- 1993년 4월~현재 : 한국교통대학교 융합경영학과 교수
- 관심분야 : 회계정보시스템, 디지털 트윈, RPA, 정보시스템 도입
- E-Mail : kikim@ut.ac.kr