

중소 제조기업의 생산정보화(MES) 도입 전략에 관한 연구 (I) - 생산정보화 수준 진단 및 평가

A Study on the Production Informatization Strategy for Korean SMEs of Manufacturing Industries (I) - Evaluation of Production Informatization Level

이주연¹, 조문빈¹, 박양호¹, 이언¹, 노상도^{1,✉}, 조현재², 조용주², 최석우²
Ju Yeon Lee¹, Wen-Bin Zhao¹, Yang Ho Park¹, Eon Lee¹, Sang Do Noh^{1,✉}, Hyunjei Jo²,
Yong Ju Jo², and Seog Ou Choi²

¹ 성균관대학교 시스템경영공학과 (Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan Univ.)

² 한국생산기술연구원 (Korea Institute of Industrial Technology)

✉ Corresponding author: sdnoh@skku.edu, Tel: +82-31-290-7603

Manuscript received: 2012.7.17 / Accepted: 2012.11.15

In recent years, the main concerns of enterprise management activities is how to strengthen the competitiveness to quickly respond to changes and sustain the growth in business environment. In order to achieve competitiveness and sustainability, a large variety of production informatization systems, such as MES (Manufacturing Execution System), ERP (Enterprise Resource Planning), have been introduced to manufacturing companies. However, there have been many problems owing to the reckless introduction of those systems. Therefore, it is necessary to evaluate the informatization level of the manufacturing company before introducing production informatization systems. This paper presents methodology and system to evaluate the informatization level of manufacturing company. The proposed evaluation method, based on the traditional questionnaire approaches, considers the various characteristics of the company. And then, we proposed models for calculation and production informatization level using 450 results of conducting a survey. Finally, a web-based system was developed for the evaluation of informatization level.

Key Words: Manufacturing Execution System (제조실행시스템), Production Informatization Level (생산정보화 수준)

1. 서론

최근 제조 기업들은 빠르게 변화하는 시장 환경 속에서 다양한 소비자의 욕구를 만족시키고 기업의 경쟁력을 강화하기 위해서 정보 시스템의 구축에 많은 투자를 하고 있다. 이에 1990 년 이후 많은 기업들이 새로운 정보기술 환경으로 제시하고 도입한 것이 전사적 자원관리(Enterprise Resource Planning) 시스템이다. 이와 같이 기업들의 ERP 도입이 많이

추진되어 왔으나 수시로 변화하는 생산 공정의 정보를 실시간으로 확인하거나 이를 근거로 민첩하고 유연하게 대처할 수 없는 구조로 인하여 최고경영자의 의사결정 도구 및 고객 만족도의 개선에는 문제점을 가지고 있다. 제조실행시스템(Manufacturing Execution System, MES)은 ERP 가 상용화되는 시점에서 생산현장과 ERP 간에 정보시스템의 연결을 위한 방안으로 소개되었고, ERP 도입 시 문제되는 부분의 대안으로 인식되어 많은 기업에서 성공적인 ERP

의 도입을 위해 MES 를 구축하고 있다.^{1,2} 그럼에도 불구하고 ERP 와 마찬가지로 MES 구축에도 많은 문제와 오류가 존재하기 때문에, 기업이 성공적으로 MES 을 구축하여 운영하기 위해서는 기업의 특성이나 수준에 대한 요소가 고려되어야 한다.

MES 의 경우, 기업별로 생산 환경의 특성이 모두 반영된 정보화로 추진되어야 하는 관계로 대기업과는 달리 중소기업에서 도입하는 데에 많은 어려움을 겪고 있다. 즉, 일반적으로 중소기업은 제한된 납기와 수주 정보의 잦은 변경, 생산 공정의 표준화 및 안정화의 어려움, 제한된 인력과 인프라 등으로 인해 대기업 MES 보다 더욱 어려운 생산 환경을 가지고 있으므로, 대기업 위주의 MES 구축 전략으로는 제한되는 부분이 많다. 따라서 기업의 업종이나 생산유형, 규모 등의 다양한 요소들을 고려하지 않은 획일적인 구축 전략은 많은 문제점을 야기하게 된다.²

위와 같이 기업의 획일적인 MES 구축으로 인한 문제를 해결하기 위해서는, MES 를 구축하기 전에 기업이 자사의 업종, 규모, 생산 유형 및 정보화 수준을 정확하게 파악하여 수준에 맞는 시스템을 구축할 수 있는 기반이 마련되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 기업의 업종, 기업 규모, 생산 환경 등의 요소를 고려하여 MES 를 구축할 수 있도록 구축 전 자사의 생산정보화 수준을 진단할 수 있는 방법론과 시스템을 제시하고자 한다.

2. 정보화 수준 평가 관련 연구

정보화 수준을 평가하기 위하여 국내외의 학계, 연구소, 공공기관 및 기업체 등에서 많은 연구가 진행되어 왔다. 본 논문에서는 기존 국내외의 정보화 수준 측정에 관한 주요 연구들을 국내, 국외 연구로 구분하여 살펴보고, 이를 지표의 체계수립에 반영하고자 한다.

2.1 국내 연구

국내에서 처음으로 시도된 EIII(Evaluation Indices of Industrial Informatization)는 1997 년부터 정보통신부와 기업정보화지원센터에서 시행한 대표적인 정보화 수준 평가지수이다. EIII 는 2005 년부터 정보사회진흥원으로 이관되어 수행되면서, 정보화 전략, 정보화 환경, 정보화 인프라, 정보시스템, 정보화성과의 5 대 영역의 관점에서 재구성되어, 정량적 통계자료를 확보하고, 그 결과를 기업들의 벤치마크

및 정책과제 도출에 활용하고 있다.³ EIII 에서 한 단계 보완된 IT-ABC(IT Assessment for Business Competitiveness)는 기업의 IT 관련 자원의 보유, 관리 수준 및 IT 를 업무에 적용하는 능력과 이를 통해 창출되는 경영상의 효과를 종합하는 기업 경쟁력 수준을 측정하기 위해 개발되었다.^{3,4} 국내에서 EIII 와 함께 대표적인 지수로 자리 잡은 한국전자거래진흥원의 KEBIX(Korea e-Business Index)는 e-비즈니스 현황 및 수준을 종합적으로 평가하고 관련 정책 수립에 필요한 기초 자료 수집을 위해 개발한 계량화된 평가지수이다.⁵ 한편, 국내에는 중소기업에 특화된 정보화 수준 평가지수도 있는데, 중소기업청 지원 하에 2000 년부터 시행되고 있는 중소기업 정보화 수준 조사는 중소기업의 전략수립, 추진환경, 구축현황, 활용수준, 효과수준의 5 대 영역을 평가한다.⁶ 또한 최근에 개발된 DII(Digital

Table 1 Previous research on evaluation of informatization level (Korea)⁹

평가지수	평가대상	평가영역	평가 목적 및 내용
KEBIX	기업	- 환경 - 자원과 인프라 - 프로세스 - 조직과 인력 - 가치	프로세스 혁신을 중심으로 한 자원과 인프라, 사람과 조직에 대한 정성적 평가지표
EIII	기업	- 정보화전략 - 정보화환경 - 정보화인프라 - 정보시스템 - 정보화성과	기업의 IT 수준을 정보화 목표, 설비, 환경, 지원, 응용, 활용관점에서 평가
IT-ABC	기업	- 경영성과 - 업무역량 - 정보화역량 - 정보화용량	기업의 IT 관련 자원의 보유 관리 수준 및 IT 업무 적용능력과 이를 통해 창출되는 경영상의 효과를 종합적으로 평가
DII	기업	- 디지털 혁신 기반수준 - 디지털 혁신 활용수준 - 디지털 성과수준	IT 의 활용 고도화를 통해 개별 기업 활동 및 산업 활동의 생산성을 향상을 가져오는 IT 의 구축, IT 활용, IT 성과 수준측면을 평가 평가 프레임, 평가영역 및 항목의 논리적 근거는 IT-ABC 방법론을 기반으로 함
중소기업 정보화수준 평가	기업	- 전략수립 - 추진환경 - 구축현황 - 활용수준 - 효과수준	중소기업 정보화수준 조사는 중소기업 정보화 현황을 중장기 전략 및 정책수립에 필요한 자료를 제공하고, 중소기업에게 자발적 추진 의지를 고려하기 위한 목적
IT 활용조사	기업	- 자원과 인프라 - 인력과 조직 - 업무프로세스 - 효과 - 환경	기업 내 e-비즈니스와 IT 활용 현황을 파악하여 향후 우리나라 기업의 IT 활용 확산을 전망하고, 관련 정책수립의 기초자료로 사용

Innovation Index)는 IT-ABC 방법론의 프레임워크를 기반으로 기업을 대상으로 디지털 혁신 기반 및 활용수준, 활용성과 수준에 대해 평가하고 있다.⁷ 아래 Table 1 에서는 EIII, IT-ABC, KEBIX 등 국내 주요 정보화 수준 평가 관련 연구들의 특징을 정리하였다.

또한, 2005 년에 중소기업청과 중소기업정보화경영원은 중소기업생산정보화사업에 참여한 187 개 중소기업 중 구축성과가 우수한 구축사례를 사례집으로 발간하였다.⁸ 이 사례집은 생산정보화를 추진하고자 하는 중소기업이 쉽게 벤치마킹 할 수 있도록 현장 사례를 중심으로 하여 생산정보화사업을 쉽게 이해할 수 있도록 생산정보화 참조모델 등을 수록 하였다.

2.2 국외 연구

ITU(International Telecommunication Union)의 DOI(Digital Opportunity Index)는 국가 간 정보사회 격차를 비교하고 개도국들의 경제발전 및 격차해소

를 위한 벤치마킹에 활용하기 위하여 2005 년 개발한 지수로 세계 40 여 개국을 대상으로 평가를 수행한다.¹⁰ 위의 DOI 와 비슷한 지수로서, EIU (Economist Intelligence Unit)의 e-Readiness Rankings 는 국가별 IT 인프라의 질, 정부의 정보화 추진력, 인터넷의 실제 상업적 효율 창출 수준 등을 측정하여 여러 나라의 종합적인 e-비즈니스 환경을 비교하기 위해 개발한 지수로 세계 60 여 개국을 대상으로 하고 있다.¹¹ 또한 WEF(World Economic Forum)의 NRI(Networked Readiness Index)는 개인, 기업, 정부의 IT 환경, 준비도, 활용도를 측정하여 IT 발전 정도 및 성과를 평가한다.¹² OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)는 기업 정보화 정책과 관련하여 회원국 간 경험공유 및 모범 사례 발굴 등을 목적으로 상호검토를 추진하고 있으며, 이를 통해 각국의 IT 인프라 수준, 기업정보화 현황, IT 인력 양성 현황 등을 제시하고 있다.¹³ 마지막으로 EUROSAT 은 유럽 기업의 IT 활용수준 및 전자상거래 수준을 기업 내 실무자를 대상으로 평가 수행하고 있다.¹⁴ Table 2 에서는 지금까지 설명한 해외의 주요한 연구들의 특징을 정리하였다.

Table 2 Previous research on evaluation of informatization level (worldwide)⁹

평가지수	평가대상	평가영역	평가 목적 및 내용
DOI	세계 40 개국	- 기회 - 인프라 - 활용	인프라 보급, 통신요금, 인터넷 이용자 등 활용 측면을 종합적으로 고려하여 정보통신 발전 가능성 평가
e-Readiness Rankings	세계 60 여 개국	- 접속환경 - 사업환경 - 사회문화환경 - 법제환경 - 정부정책 및 비전 - 소비자 및 기업의 수용	국가별 IT 인프라의 질, 정부의 정보화 추진력, 인터넷 실제 상업적 효율 창출수준 등을 측정하여 각국의 종합적인 e-비즈니스 환경을 평가
NRI	전 세계 178 개국	- 시장, 정치, 규제 및 제반시설 등 - 개인, 기업, 정부의 준비도 부문 - IT 활용수준	각 국의 개인/기업/정부의 IT 환경, 준비도, 활용도를 측정하여 IT 발전 정도 및 성과 평가
UK-IBS	정보화 선진국 11 개국	- 외부환경요인 - 조직역량 및 인식 - IT 도입수준 - 프로세스 역량 - 인지적 효과	영국정부의 정보화 선진국 수준의 정보화를 구축하기위해 주요국가의 정보화 수준을 비교함. 기업정보화의 3 개 축으로 불리는 인력, 기술, 프로세스와 환경을 기준으로 기술혁신 라이프사이클의 조합을 통해 평가 기준을 설계하고 있음
OECD	OECD 회원국	- IT 인적자원 - IT 활용 - IT 혁신 - 기업가정신	기업정보화 정책관련 회원국 간 경험공유 및 모범 사례발굴을 통한 회원국의 강-약점 제시
EUROSAT	기업	- 기업의 ICT 활용수준 - 기업간 전자상거래수준	기업의 정보통신 실무자를 통한 기업의 실제 IT 활용정도 및 전자상거래 수준을 평가하여 국가별 기업의 IT 수준 및 전자상거래 수준 평가

3. 생산정보화(MES) 수준 진단/평가

3.1 진단/평가 지표 항목의 도출

생산정보화 수준을 진단/평가하기 위한 지표를 정의하기에 앞서, 기업의 특징 및 환경적인 요소

Table 3 Classification of manufacturing companies

항목	분류
업종	건설/조선/운송장비, 자동차부품, 전기/전자부품, 자동차/전기/전자부품 의 1 차 급속/기계/금형/기계 부품, 식품/제약/의약, 화학/철강/제지/섬유
규모	소기업, 중견기업, 중소기업, 대기업
생산 방식	이산생산, 일괄생산, 연속생산, 혼합생산
주문 방식	주문설계, 주문생산, 주문조립, 예측생산

Table 4 Indicators for evaluation of production informatization level

대분류	세부 분류
정보화 전략	정보화 계획, 정보화 투자, 경영진마인드, 보급/확산
정보화 환경	정보화 제도, 정보화 조직, 조직원마인드, 보급/확산
정보화 인프라	정보화 인프라 활용/효과, 정보화 기기, 네트워크, 보급/확산
정보 시스템	운영관리, 생산관리, 품질관리, 물류관리, 정보기술, 활동 평가, 자원관리, 공정현황 추적관리, Shop Floor 계공현황, 보급/확산

들을 고려하기 위하여 Table 3 과 같이 제조기업의 업종, 규모, 생산유형을 정의하였다. 분류된 항목들은 실제 기업의 생산정보화 수준 진단/평가를 위한 설문지의 기본 문항으로 포함되며, 각 항목의 구체적인 설명은 설문지에 서술되었다.

기존의 다양한 연구 및 문헌조사, 그리고 생산정보화 우수 사례를 기반으로 본 논문의 목적과 특성에 맞게 생산정보화 수준의 진단/평가 지표항목들을 크게 정보화 전략, 정보화 환경, 정보화 인프라, 정보 시스템의 4 가지 영역으로 정의하였다. Table 4 는 생산정보화 수준 진단/평가를 위한 진단 지표의 대 분류와 세부 분류를 정리한 것이다.

일반적으로 기존 연구들에서 고려되는 정보화 활용/효과의 항목은 정보화 인프라의 세부적인 항목으로 포함하였다. 또한 설문 대상 기업에게 설문 결과를 기반으로 하여 생산정보화시스템(MES)을 보급/확산하기 위한 전략을 제시하기 위하여 보급/확산의 세부 항목을 추가하였다.

3.2 설문 수행

위에서 정의된 생산정보화 수준 진단/평가를 위한 지표항목들을 기반으로 설문을 작성하여 수행하였다. 설문 대상의 업종 리스트는 앞서 분류한 업종에 기타 항목을 추가하여 총 7 개로 분류하였으며, 그에 따른 우리나라 전체 제조업의 분류와

업종리스트	업종NO
건설/조선/운송장비	1
자동차부품	2
전기/전자부품	3
자동차, 전기, 전자부품 외	4
1차 금속/기계/금형/기계부품	5
식품/제약/의약	6
화학/철강/제지/섬유	6
기타	7

산업별	업종 NO	사업체수 (개)
제조업 (10 ~ 33)		331,150
기타 운송장비 제조업	1	2,244
자동차 및 트레일러 제조업	2	6,625
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	3	9,997
전기장비 제조업	3	16,985
1차 금속 제조업	4	5,725
금속가공제품 제조업 기계 및 도구 제외	4	53,313
기타 기계 및 장비 제조업	4	33,276
식품 제조업	5	56,175
음료 제조업	5	1,216
의약품 물질 및 의약품 제조업	5	918
실유제품 제조업; 의복제외	6	20,486
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	6	23,903
필프, 종이 및 종이제품 제조업	6	5,459
코르크, 인단 및 석유정제품 제조업	6	271
화학물질 및 화학제품 제조업 의약품 제외	6	6,890
담배 제조업	7	15
가죽, 가방 및 신발 제조업	7	4,078
목재 및 나무제품 제조업 가구제외	7	8,872
인쇄 및 기록매체 복제업	7	17,633
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	7	15,997
비금속 광물제품 제조업	7	9,804
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	7	7,243
가구 제조업	7	9,593
기타 제품 제조업	7	16,532

Fig. 1 Number of surveyed manufacturing companies and its classification

해당 사업체의 개수를 Fig. 1 과 같이 정리하였다. Fig. 1 의 표에서 제시된 전체 제조업의 분류를 정리하여, 본 논문에서 설문 대상으로 하는 450 개 기업의 설문 표본을 구성하는 과정을 설명하면 아래와 같다.

- ① 전체 우리나라 제조업의 분류에서 조사 대상의 업종으로 통합하여 구성 비율을 도출한다.
- ② 구성 비율을 기반으로 450 개 설문 대상 업종의 표본을 구성한다.
- ③ 분석을 위한 안정적인 표본을 구성하도록 조정한다. (건설/조선/운송장비와 자동차 부품 업종에 50 개의 샘플을 강제할당 한다.)
- ④ 최종적인 표준 분배 조정안을 도출한다.

위의 과정을 통해 도출된 최종의 표본은 건설/조선/운송장비(50 개), 자동차부품(50 개), 전기/전자부품(50 개), 자동차, 전기/전자부품 외 1 차 금속/기계/금형/기계부품(133 개), 식품/제약/의약(83 개), 화학/철강/제지/섬유(84 개)의 총 450 개 기업으로 구성되었다.

4. 평가모형

4.1 진단/평가 지표의 항목별 가중치 분석

본 논문에서는 위에서 정의한 생산정보화 수준 진단/평가의 지표들에 대한 항목별 가중치를 구하기 위하여 AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법론을 사용하였다. AHP 란, 의사결정의 목표 또는 평가기준이 다수이며 복합적인 경우, 이를 계층(Hierarchy)화하여, 주요 요인과 그 주요 요인을 이루는 세부

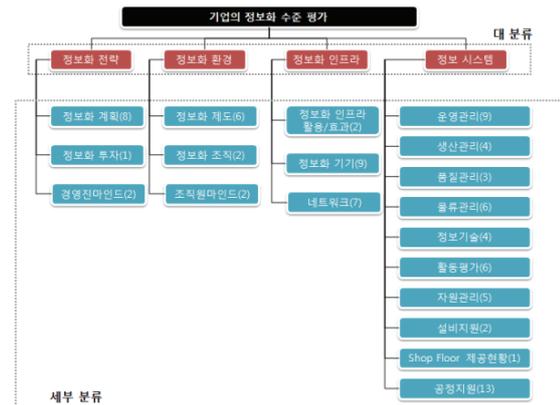


Fig. 2 AHP hierarchical model of indicator for evaluation of production informatization level

요인들로 분해하고, 이러한 요인들을 쌍대 비교 (Pairwise Comparison)를 통해 중요도를 산출하는 분석 방법이다.¹⁵ Fig. 2 는 제조기업의 생산정보화 수준을 진단/평가하기 위한 지표들의 대 분류와 세부 분류 항목들의 가중치를 구하기 위하여 구성된 AHP 계층모형이다. 표준적인 AHP 계층모형은 의사결정 목적과 평가기준, 평가대안의 3 개 계층으로 구성되나, 본 논문에서는 대안이 별도로 존재하지 않기 때문에, 의사결정 목적, 대 분류와 세부 분류의 평가기준으로 구분된 모형으로 계층을 구성하였다.

위에서 도출된 계층도에 따라 MES 개발 및 컨설팅 전문 인력과 실제 기업의 사용자를 대상으로 하여 AHP 설문을 하고 쌍대비교를 수행하였다. AHP 설문은 2010 년 3 월 12 일부터 2010 년 3 월 19 일까지의 기간 동안 직접 방문을 통해 수행되었으며, 총 45 명의 MES 개발 및 컨설팅의 전문 인력과 MES 사용자를 대상으로 하였으나 분석에 의미 있는 결과를 도출하기 위해서 사용된 자료는 25 명 응답자의 자료이다. 따라서 본 논문에서는 25 명의 응답 결과를 기반으로 기업의 생산정보화 수준을 평가하기 위한 항목들에 대한 가중치를 Satty 가 개발한 Expert Choice 프로그램을 이용하여 Table 5 와 같이 산출하였다.

Table 5 Indicator for evaluation of production informatization level

대분류	가중치	순위	세부분류	가중치	순위
정보화 전략	0.222	3	정보화계획	0.164	3
			정보화투자	0.210	2
			경영진마인드	0.625	1
정보화 환경	0.151	4	정보화제도	0.202	3
			정보화조직	0.205	2
			조직원마인드	0.594	1
정보화 인프라	0.293	2	정보화인프라 활용/효과	0.454	1
			정보화기기	0.198	3
			네트워크	0.347	2
정보 시스템	0.334	1	운영관리	0.081	8
			생산관리	0.131	1
			품질관리	0.123	3
			물류관리	0.096	6
			정보기술	0.097	5
			활동평가	0.064	10
			자원관리	0.114	4
			설비지원	0.088	7
			Shop Floor 제공현황	0.078	9
			공정지원	0.128	2

위와 같이 산출된 상대적 가중치와 그에 따른 순위를 살펴보면, 대 분류 평가 기준에서는 정보 시스템이 가장 중요한 요인으로 고려되었고, 세부 분류 평가 기준에서는 정보화 전략과 정보화 환경에서 각각 경영진과 조직원의 마인드가 큰 격차를 가지고 가장 중요한 요인으로 고려되었다. 따라서 생산정보화의 도입 시 중요한 요인들은 기업의 전략이나 제도적인 측면보다 우선은 기업에 속한 사람들의 마인드, 즉 인식이라고 할 수 있다. 그리고 나머지 정보화 인프라에서는 활용/효과 측면, 정보 시스템에서는 생산관리, 품질관리, 공정지원 등이 상대적 우선순위가 높은 기준으로 나타났다.

4.2 가중치 기반 점수화 모델

본 논문에서 정의한 생산정보화 수준 진단/평가의 항목들을 기반으로 구성된 설문을 통해 해당 기업의 생산정보화 수준을 도출하기 위해서는 설문 항목들에 대한 점수화 방식, 가중치 합산 방식 등의 점수화 모델을 정의하여야 한다. 위에서

Table 6 Scoring model from AHP analysis

최종 점수 (S)	대 분류 (i)	가중치 (W _i)	수준 점수 (S _i)	세부 분류 (j)	가중치 (W _{ij})	수준 점수 (S _{ij})	항목 점수 (S _{ijk})
-	정보화 전략	0.222	-	정보화 계획	0.164	-	-
				정보화 투자	0.210	-	-
				경영진 마인드	0.625	-	-
	정보화 환경	0.151	-	정보화 제도	0.202	-	-
				정보화 조직	0.205	-	-
				조직원 마인드	0.594	-	-
	정보화 인프라	0.293	-	정보화 인프라 활용/효과	0.454	-	-
				정보화 기기	0.198	-	-
				네트워크	0.347	-	-
	정보 시스템	0.334	-	운영관리	0.081	-	-
				생산관리	0.131	-	-
품질관리				0.123	-	-	
물류관리				0.096	-	-	
정보기술				0.097	-	-	
활동평가				0.064	-	-	
자원관리				0.114	-	-	
설비지원				0.088	-	-	
Shop Floor 제공현황				0.078	-	-	
공정지원				0.128	-	-	

S, S_i, S_{ij}, S_{ijk}: 설문에 의한 해당 수치 입력

정의한 평가 기준 별 항목들은 각각 한 문항으로 구현되었으며, 이렇게 구현된 한 문항에는 100 점 이 만점으로 부여된다. 따라서 사용자 해당 문항 의 객관식 답을 고르는 것에 따라 100 점 만점에 서 점수가 배분되게 되며, 평가의 세부 분류 기준 의 문항 수에 따라 총 만점이 달라진다. 그리고 주관식의 경우는 항목의 성격에 따라 100 점 만점 을 일정 간격으로 나누어 점수를 배분하도록 하였 다. 이렇게 모든 항목에 대한 점수가 합산된 후에 는, 기존 연구의 방법론¹⁵에 따라 각 세부 분류 기준 별 점수, 대 분류 기준 별 점수와 설문 최종 점수가 계산된다. 본 연구의 점수화 계산 방식을 Table 6 을 기반으로 하여 구체적으로 설명하자면 아래와 같다.

우선, 각 평가 영역의 가중치를 W_i , W_{ij} 라고 한 다면,

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij} = 1$$

세부 분류 평가영역 j 의 l 개의 평가 항목 k 에 대한 항목 점수를 S_{ijk} 라 하면 수준 점수 S_{ij} 는

$$S_{ij} = \left(\sum_{k=1}^l S_{ijk} \right) \times \frac{100}{\text{Perfect score of the j area}}$$

이며, 대 분류 평가영역 i 의 수준점수 S_i 는,

$$\sum_{j=1}^m W_{ij} S_{ij}$$

이고, 설문 최종의 생산정보화 수준점수 S 는,

$$\sum_{i=1}^n W_i S_i$$

가 된다.

4.3 생산정보화 수준 모델의 정립

기존에 기업의 정보화 수준과 관련된 많은 연 구에서는 일반적으로 정보화 성숙모형을 5 단계로 표현하고 있다. 2007 년 발표된 “기업정보화수준평

가 결과보고서”에서는 기업정보화수준 평가에 사 용된 정보화 성숙모형을 정보화의 성숙도에 따라 가장 초보적인 기반구축 단계에서부터 업무정보화, 전사정보화, 협업정보화, 지식정보화 단계로 구분 하였다.³ 그리고 평가영역을 정보화 전략, 정보화 환경, 정보화 인프라, 정보시스템, 정보화성과의 5 대 영역으로 구분하여, 성숙단계별 평가영역과 관 련된 핵심지표를 17 개 추출하였다. 이로 인해 지표 별 성숙단계의 흐름을 한눈에 파악할 수 있으며 각 단계별 도약에 필요한 정보화 액션 플랜을 제시할 수 있게 되었다. 따라서 개별 기업은 각 지표 별로 정보화 성숙단계 상에서 상대적 위치를 알 수 있고 해당 기업이 목표로 하는 수준까지 올리기 위해서 는 어떠한 내용을 수행해야 하는지를 파악할 수 있게 되었다.¹⁷

본 논문에서는 450 개 제조업체들을 대상으로 설문을 수행하였기 때문에, 이미 설명한 바와 같이 다양한 업종에 대한 생산정보화 수준을 분석할 수 있는 기반 데이터가 마련되었다고 할 수 있다. 위 와 같이 수집된 설문결과 데이터를 기반으로 생산 정보화 수준 모델을 정립하기 위하여 군집분석을 사용하였다. 군집분석이란, 말 그대로 x 변수들이 어느 일정한 패턴을 갖고 군집화 될 수 있다는 가 정 하에 이들을 군집화 하는 분석방법을 의미한다. 여기서 군집화 방법이란 유사성(similarity)을 기준 으로 한다는 의미이며, 이를 통계학이나 수학에서 는 바로 거리(distance)를 기준으로 유사성을 인정 한다는 것이다.¹⁸ 본 논문에서는 통계 프로그램인 SPSS 를 사용하여 450 개 기업의 생산정보화 수준 설문결과 데이터를 입력 값으로 하고 위에서 설명

Table 7 Result of score-based cluster analysis

Section	Average	Minimum	Maximum	Surveyed Company
Case 1	20.44299	8.20701	26.80373	77
Case 2	35.83626	27.14753	43.35202	200
Case 3	48.84607	43.77593	55.09746	126
Case 4	60.68477	55.55516	74.12145	47

Table 8 Production informatization level model classification for manufacturing company

Grade	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Minimum	0	27	43	55	74
Maximum	27	43	55	74	100

된 군집분석을 수행한 후, 의미 있는 생산정보화의 5 단계 수준 모델을 정립하였다. 위의 군집분석을 수행하여 얻은 결과를 논문에서 활용할 수 있도록 450 개 기업의 설문 점수를 기반으로 정리하면 아래 Table 7 과 같다.

본 논문에서는 “기업정보화수준평가 결과보고서”를 참고로 하고 위의 Table 7 의 결과를 기반으로 해서 최소값을 0 으로 하고, 최대값을 100 으로 하는 5 단계의 기업 생산정보화 수준 모델을 Table 8 과 같이 정의하였다.

Fig. 3 은 Table 7 의 최소값과 최대값을 기반으로 제조기업의 생산정보화 수준 모델을 가지적으로 그래프화 한 자료이다. 또한, 각 수준 단계 별로 생산정보화 수준 진단/평가 항목들의 평균점을 제시해 줌으로써, 현 수준에서 정보화 전략, 정보화 환경, 정보화 인프라, 정보 시스템의 4 개 항목들의 일반적인 다른 기업과의 상대적인 수준 또한 확인할 수 있도록 한다. 이는 단순 생산정보화 수준의 제시가 아니라, 현실적인 측면에서 그 수준에서도 다른 기업들에 비해 높은 수준의 항목과 낮은 수준의 항목을 구분할 수 있게 함으로써, 다

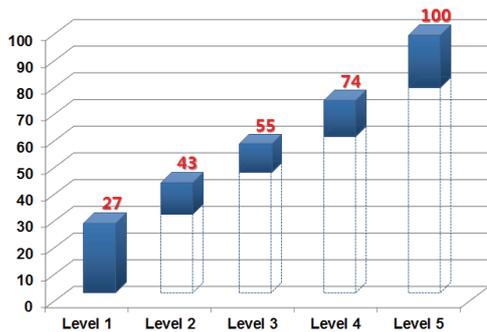


Fig. 3 Informatization level model of manufacturing companies



(a) Average score of level 1 companies



(b) Average score of level 2 companies



(c) Average score of level 3 companies



(d) Average score of level 4 companies



(e) Average score of level 5 companies

Fig. 4 Average score of each production informatization level

음 단계로 진입하는 것을 목표로 전략적으로 수준을 향상시키기 위해 노력해야 하는 부분을 기업 스스로가 인식할 수 있도록 할 수 있다. Fig. 4 는 생산정보화 수준의 5 단계 별로 정보화 전략, 정보화 환경, 정보화 인프라, 정보 시스템의 4 개 항목들의 평균 점수를 그래프로 표현한 자료이다.

위의 평균 점수는 450 개 설문을 한 기업의 데이터를 가지고 산출되었으나, Level 5 는 이상적인 생산정보화 수준의 단계로서, 대기업 중에서도 매우 높은 수준의 생산정보화가 이루어진 기업만이 해당되는 단계라 할 수 있다. 본 연구의 설문에서는 몇몇의 대기업만이 설문 대상이 되었기 때문에, 위 Level 5 에 해당하는 기업의 설문데이터를 받지는 못하였다. 따라서 Level 5 의 각 항목별 평균 점수는 Level 1 부터 Level 4 까지 항목들의 평균점 간 변화 간격의 규칙을 최대한 반영하여 예측한 값을 유의해야 한다.

5. 생산정보화 수준 진단/평가 시스템

앞서 설명한 생산정보화 수준 진단/평가의 지표 항목들과 항목들을 포함하고 있는 설문지, 그리고 설문 결과를 분석하기 위해 AHP 방법론을 통해 도출된 가중치와 가중치 기반의 설문에 대한 점수화 모델, 마지막으로 450 개 제조기업의 실제 설문 결과 데이터를 기반으로 정의된 생산정보화 수준 5 단계 모델의 모든 방법론은 웹 운용 플랫폼 내에 생산정보화 수준 진단/평가 시스템으로 반영되도록 구현하였다. 따라서 자사의 생산정보화 수준을 진단/평가하기를 원하는 사용자들은 웹 시스템에 접속하여 웹 상에서 설문을 수행한 뒤, 해당 설문 점수 및 생산정보화 수준 모델에서의 자사의 위치와 구체적인 평가 항목 별 점수와 맞춤형 가이드라인을 제공받을 수 있다. 이 시스템은 JSP/HTML 을 기반으로 하여 Fig. 5 과 같이 개발되었다.

5.1 결과 화면의 예시

실제 웹 시스템에서 제조 기업이 설문을 수행하고 나면, 결과 화면에서 전체 설문점수를 정보화 전략, 정보화 환경, 정보화 인프라와 정보 시스템의 각 항목 별로 제시하게 되고, 설문의 총점을 기준으로 설문을 수행한 기업이 생산정보화 수준 모델의 측면에서 현재 어떤 단계에 속하는지를 제시해 줌으로써, 국내 제조기업들과 비교하여 상대적인 수준 정도를 이해하기 쉬운 그래프 형태로

확인할 수 있도록 한다. 본문에서는 예시로써, 한 기업이 설문을 수행한 결과를 아래 Fig. 6 과 같이 제시하고, 그에 따른 결과 및 가이드라인을 설명하고자 한다.

Fig. 6 에서 예시된 기업은 본 논문에서 제시된



Fig. 5 Web-based system for evaluation of production informatization level

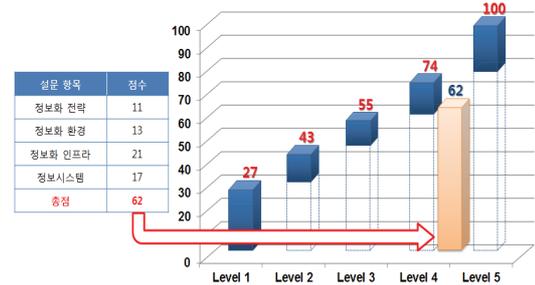


Fig. 6 Diagnosis results of production informatization level

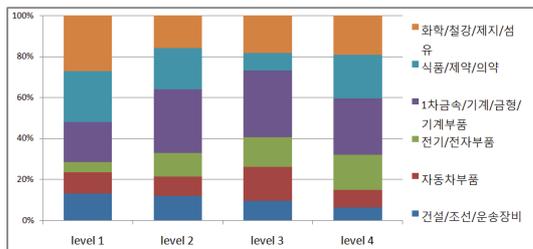
가중치 기반의 점수화 모델을 통해 대 분류의 정보화 전략 (11 점), 정보화 환경 (13 점), 정보화 인프라 (21 점), 정보 시스템 (17 점) 으로 총점은 62 점으로 산출되었다. 따라서 생산정보화 수준 모델 그래프에서는 위와 같이 Level 4 로 매핑되는 것을 확인할 수 있다. 또한, 웹 상의 결과 화면에서는 앞서 설명한 단계별 항목의 평균 점수를 기반으로 아래와 같은 전략들을 제시해준다.

귀사가 다음 단계인 [Level 5]로 진입하기 위해서는, [Level 4]인 타 제조 기업들의 평균보다 상대적으로 낮은 수준의 [정보화 인프라]와 [정보화 전략]을 위한 집중적인 전략이 필요합니다.

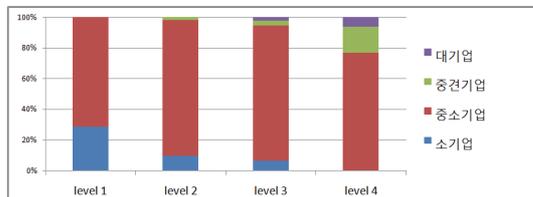
Fig. 7는 실제 웹 시스템에서 위의 예시 기업에



Fig. 7 User view page for diagnosis results



(a) Informatization level distribution by type of industries



(b) Informatization level distribution by size of company

Fig. 8 Informatization level distribution

해당하는 결과를 제시해주는 화면이다.

6. 생산정보화 전략의 수립을 위한 설문 결과의 통계적 분석

국내 중소 제조기업의 맞춤형 생산정보화 전략을 도출하기 위하여 앞서 설명한 생산정보화 수준 진단 시스템을 통한 국내 450 개 제조기업의 설문 결과를 기반으로 다양한 분석을 수행하였다. 전체 분석 결과가 매우 광범위하고 방대하기 때문에, 본 장에서는 기업 속성별 분석과 향후 지원 요청사항에 대한 분석 결과만을 대표적으로 정리하고자 한다.

6.1 기업 속성별 분석

설문 대상기업의 진단 결과를 수준 모델에 배치하고 그에 대한 통계적 분석을 수행한 결과, Fig. 8 과 같이 업종별/규모별 차이가 도출되었다. 업종별 분포를 살펴보면, 화학/철강/제지/섬유, 식품/제약/의약과 건설/조선/운송장비 산업은 생산정보화 수준이 낮은 Level 1 과 Level 2 에 주로 분포되어 있었다. 반면에 1 차금속/기계/금형/기계부품, 전기/전자부품과 자동차부품 산업은 생산정보화 수준이 상대적으로 높은 Level 3 과 Level 4 에 집중적으로 위치하였다. 따라서, 향후 정부 차원에서 국내 제조기업의 생산정보화 전략을 수립할 시에는 1 차금속/기계/금형/기계부품, 전기/전자부품과 자동차부품 산업보다는 화학/철강/제지/섬유, 식품/제약/의약과 건설/조선/운송장비 산업에 우선적인 지원을 하는 것이 효율적일 것으로 나타났다.

규모별 분포에서는 일반적으로 예상하는 결과대로 소기업이 Level 1 에 가장 많이 위치하여 상대적으로 매우 낮은 생산정보화 수준을 나타냈다. 중견기업과 대기업은 Level 3 과 Level 4 에 집중적으로 분포하여 상대적으로 높은 생산정보화 수준을 기록하였고, 특히 대기업은 Level 3 이상의 수준에서 위치하는 것으로 나타났다. 즉, 향후 소기업의 생산정보화 수준 향상에 많은 관심과 지원이 필요한 것으로 생각된다.

6.2 생산정보화 보급/확산 지원 요청사항 분석

생산정보화 보급/확산 및 도입 시 기업에 대한 지원 요청사항을 총 8 개로 분류하였다. 이를 기반으로 생산정보화 수준별로 설문 각 영역에서의 지원 요청사항에 대한 분석을 수행하였다.

Fig. 9는 설문 영역 중에서 향후 정보 시스템의 보급/확산을 위한 지원 요청사항을 450 개의 설문 응답을 기반으로 분석한 결과이다. 모든 생산정보화 수준에서 정부의 예산에 대하여 가장 많은 지원요청을 하였다. 특히, 생산정보화 수준이 낮은 Level 1의 기업들이 정부의 예산지원을 가장 많이 요구하고 있다. 생산정보화 수준이 높은 Level 4의 기업들은 법률 및 제도, 산학연의 기술개발 및 지역네트워크의 기술개발 지원을 타 수준 단계의 기업들보다 상대적으로 많이 요청하였다. 전체적인 분포를 비교하면, 대부분의 기업들이 행정, 예산과 인력/교육에 대한 정부의 지원을 가장 필요로 하는 것으로 나타났다.

Fig. 10은 업종별 정보 시스템 영역에서의 지원 요청사항 분석 결과를 나타내고 있다. 정보 시스템 관련 정부의 예산 지원에 대한 필요성은 화학/철강/제지/섬유 산업이 가장 높고, 다음으로 건설/조선/운송장비 산업이 높게 나타났다. 자동차부품 산업은 정부, 산학연과 지역 네트워크의 인력/교육 지원에 대한 요청이 상대적으로 높게 나타났다. 즉, 자동차부품 산업은 정보 시스템 관련 인력/교육에 대한 관심과 필요가 타 산업에 비해 높은 것으로 판단

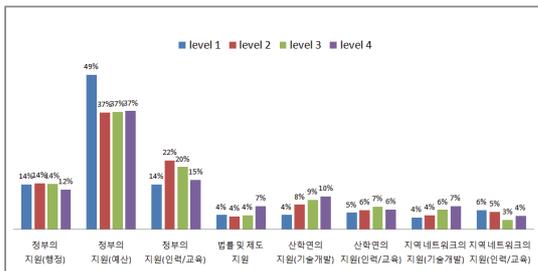


Fig. 9 Requests for information system of each level

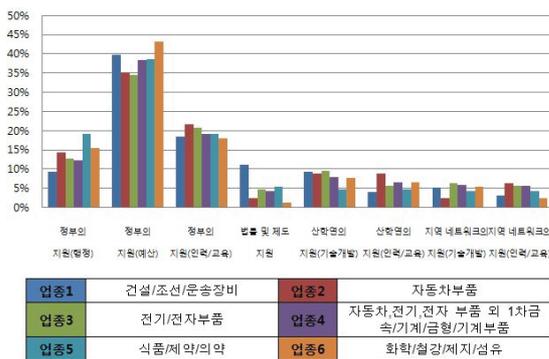


Fig. 10 Requests for information system by type of level industries¹⁸

된다. 또한, 전기/전자부품 산업은 산학연과 지역 네트워크의 기술개발 지원에서 가장 높은 요청 수준을 나타냈다. 다시 말하면, 전기/전자부품 산업은 정보 시스템을 위한 기술개발 지원의 필요성이 높다고 할 수 있다. 위의 결과를 살펴보면, 상대적으로 생산정보화 수준이 높은 전기/전자부품과 자동차부품 산업은 예산 지원보다 인력/교육과 기술개발 지원의 필요성이 높고, 생산정보화 수준이 낮은 산업들은 정부의 예산 지원에 대한 필요성이 매우 높다고 할 수 있다.¹⁹

Table 9와 같이, 수준 진단 평가를 통한 향후 보급/확산에 있어서 세부영역 별 중요도를 보여 주고 있다. 상은 향후 보급/확산에 있어 업종별 가장 중요한 영역으로 보인다. 구체적으로 볼 때, 화학/철강/제지/섬유 산업의 향후 보급/확산 전략 수립 시 생산관리 및 품질관리 등 세부영역에 중점을

Table 9 Importance of diffusion strategies based on evaluation by informatization level

세부영역	업종1	업종2	업종3	업종4	업종5	업종6
정보화 계획	중	하	중	중	하	하
정보화 투자	중	중	하	중	중	상
경영진 마인드	중	하	하	하	하	하
정보화 제도	중	상	중	중	중	중
정보화 조직	중	상	하	상	중	상
조직원 마인드	중	하	중	중	중	중
정보화 기기	하	하	하	중	하	상
네트워크	하	하	중	하	하	중
운영관리	중	중	하	중	상	중
생산관리	상	중	중	상	상	상
품질관리	상	상	하	상	중	중
물류관리	중	중	하	상	중	중
정보기술	중	상	중	상	상	상
활동평가	중	상	하	중	중	상
자원관리	중	상	하	상	상	상
공정현황추적관리	중	상	중	상	상	상
Shop Floor 제공현황	중	상	중	중	상	상

두어야 하고, 식품/제약/의약 산업의 향후 보급/확산 전략 수립 시 정보화 제도, 정보화 조직, 품질관리, 정보기술, 활동평가, 자원관리, 공정현황 추적관리 및 Shop Floor 제공현황 등 세부영역에 중점을 두어야 한다. 또한, 자동차, 전기, 전자 부품의 1 차금속/기계/금형/기계부품 산업의 향후 보급/확산 전략 수립 시 상대적인 중점 영역 없이 모두 평균적으로 하는 반면에 전기/전자 부품 산업의 향후 보급/확산 전략 수립 시 정보화 제도, 생산관리, 품질관리, 물류관리, 정보기술, 활동평가, 자원관리 및 공정현황 추적관리 등 세부영역에 중점을 두어야 한다. 그리고 자동차 부품 산업의 향후 보급/확산 전략 수립 시 운영관리, 생산관리, 정보기술, 자원관리, 공정현황 추적관리, Shop Floor 제공현황 등 세부영역에 중점을 두어야 하며, 건설/조선/운송장비 산업의 경우 정보화 투자, 정보화 조직, 정보화 기기, 생산관리, 정보기술, 활동평가, 자원관리, 공정현황 추적관리, 및 Shop Floor 제공현황 등 세부영역에 중점을 두어야 한다.

7. 결론 및 추후 연구과제

본 논문에서는 제조기업이 생산정보화시스템(MES)을 성공적으로 구축하고 운용하기 위하여, 구축 전 기업의 생산정보화 수준에 대한 진단/평가를 수행하기 위한 방법론과 시스템을 제시하였다. 먼저, 기존 연구와 문헌 조사를 기반으로 생산정보화 수준을 진단/평가할 수 있는 지표 항목을 정의하였다. 그리고 450 개 국내 제조기업을 대상으로 설문을 수행하였다. 설문 결과를 분석하기 위하여 AHP 를 통해 도출된 가중치와 가중치 기반의 점수화 모델을 정의하였고, 마지막으로 450 개 제조기업의 실제 설문 결과 데이터를 기반으로 생산정보화 수준 5 단계 모델을 정립하였다. 웹 운영 플랫폼 내에 생산정보화 수준 진단/평가 시스템은 위에서 제시된 설문문항, 평가모형, 생산정보화 수준 모델의 개념들이 모두 반영되도록 구현하였다.

본 논문은 450 개 설문 결과의 분석을 통해 기본적인 수준의 맞춤형 전략을 제시하였다. 그러나 추후에는 생산정보화 수준 모델도 업종, 규모, 생산 유형에 따라 다르게 제시될 수 있도록 설문 및 분석을 수행하고, 이에 따라 결과로 제시되는 전략의 가이드라인 역시 다양하고 구체적으로 제시할 수 있는 연구가 필요하다.

후 기

본 논문은 지식경제부가 지원하는 국가플랫폼 기술개발사업, “맞춤·보급형 제조실행(c-MES) 플랫폼 기술 개발 (과제 번호: 10033159)”의 지원으로 이루어졌습니다. 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Shin, K. C., “The Introduction of Manufacturing Execution System,” *The Journal of Industrial Management*, pp. 127-149, 2002.
2. Lim, S. M., Lee, J. Y., Noh, S. D., Cho, Y. J., and Choi, S. O., “A Study on Effective Implementation Strategy of Manufacturing Execution System,” *Proc. of KSPE Autumn Conference*, pp. 743-744, 2009.
3. The Ministry of Information and Communication, “Assessment for Level of Industry Information System,” 2004.
4. Leem, C. S., “Methodology for Theory, Application & Practice,” *Communication Books*, 2007.
5. Korea Institute for Electronic Commerce, “Survey of e-Business Index,” 2007.
6. Korea Technology and Information Promotion Agency for SMEs, “The Small and Medium Business Administration,” 2008.
7. Korea Institute for Electronic Commerce, “A Study on Development of Digital Innovation Index,” 2007.
8. Korea Information Management Institute for Small and Medium Enterprises, “Production Informatization Case Studies,” 2006.
9. Leem, C. S., Yu, E. J., Kim, B. W., Shin, S. D., Lee, B. Y., and Cha, J. H., “A New Approach to Evaluation of Industrial Informatization,” *The Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 13, No. 4, pp. 125-144, 2008.
10. International Telecommunication Union, “Chapter Three the Digital Opportunity Index,” 2007.
11. The Economist Intelligence Unit, “The 2007 e-Readiness Rankings Raising the bar, A white paper from the EIU,” 2007.
12. World Economic Forum, “The Global Information Technology Report 2007-2008,” 2008.
13. The OECD’s ICCP Committee, “DSTI/ICCP/IIS (2005)6/FINAL,” WPIIS, 2005.

14. Goldstein, R. C. and McCririck, I., "The stage hypothesis and data administration: some contradictory evidence," Proceedings of the Second International Conference on Information System, pp. 309-324, 1981.
15. Cho, K. T., Cho, Y. G, and Kang, H. S., "The Analytic Hierarchy Process," DongHyeon, pp. 3-4, 2003.
16. Lee, H. G. and Ryu, H. G., "Exploring study on the development of an integrated evaluation index for improvement of the level of its performance in port," Journal of Korean Data Analysis Society, Vol. 9, No. 3, pp. 1431-1442, 2007.
17. National Information Society Agency, "2007 Assessment for Level of Industry Information System," NIAIII-RER-07007, 2007.
18. Won, T. Y., "SPSS (PASW Statistics) 18.0," 2010.
19. Zhao, W., Lee, J. Y., Park, Y. H., Lee, E., Noh, S. D., Cho, Y. J., and Choi, S. D., "Diffusion Strategy for Production Informatization of Domestic Manufacturing Companies by Informatization Level Evaluations," Proc. of KSPE Autumn Conference, pp. 481-482, 2010.