KIPS Tr. Comp. and Comm. Sys.
Vol.7, No.5 pp.111~118 pISSN: 2287-5891

https://doi.org/10.3745/KTCCS.2018.7.5.111

The Effects of the 4th Industrial Revolution on the Capability of Smart Manufacturing

Wonguen Oh† · Injai Kim††

ABSTRACT

The effects of the Fourth Industrial Revolution on manufacturing are spreading by policies to secure or strengthen the manufacturing competitiveness of each country. Strengthening policies on manufacturing necessitate nurturing manpower for smart manufacturing. This study examines the difference of the experts' perception about the educational curriculum to develop the knowledge of Product Lifecycle which covers the whole knowledge area of product development among the knowledge areas aimed at fostering the manpower of smart manufacturing for the 4th Industrial Revolution Era. Experts were aware that future developments in digital development, production, and new product development are most important, and that they feel that the whole knowledge area is generally weak. In this study, the implications for the development of educational curriculum in the future are derived from the perception difference of knowledge on Product Lifecycle obtained through expert survey.

Keywords : 4th Industrial Revolution, Smart Manufacturing, Smart Factory, PLM (Product Lifecycle Management), Product Development

4차 산업혁명이 스마트 제조 역량에 미치는 영향

오 원 근† · 김 인 재††

요 약

4차 산업혁명이 미치는 제조업에 대한 영향은 국가별로 자국의 제조 경쟁력을 확보 또는 강화하려는 정책적 노력으로 확산되고 있다. 제조업에 대한 강화 정책은 필연적으로 스마트 제조에 대한 인력을 육성하는 것을 필요로 한다. 본 연구는 4차 산업혁명 시대를 대비한 스마트 제조 인력 육성을 목적으로 한 지식 영역 중에서 제품개발 전반적인 지식영역을 포괄하고 있는 제품수명주기 지식역량을 키우기 위한 교육커리큘럼에 대한 전문가들의 인식 차이를 살펴보았다. 전문가들은 현재 제품수명주기 지식의 교육커리큘럼에 대한 보완 필요성을 인지하였고, 디지털개발 및 생산, 신제품개발 영역에 대해서 향후 변화가 예상되고 중요하다고 인지하고 있었다. 본 연구에서는 전문가 조사를 통해서 얻어진 제품수명주기 지식역량에 대한 인식 차이에서 향후 교육커리큘럼 개발을 위한 시사점을 도출하였다.

키워드 : 4차 산업혁명, 스마트 제조, 스마트 팩토리, 제품수명주기관리, 제품개발

1. 서 론

2016년 다보스포럼에서 제시된 “4차 산업혁명”이라는 화두는 산업계뿐만 아니라, 사회 문화 전반적으로 상당한 영향을 미칠 것으로 예상되고 있다[1]. 정보통신과 소프트웨어 기술로 인한 영역 별 고도화와 영역 간 경계가 허물어지는 비선형적인 융합 시대에 과거의 경험만으로 미래의 변화를 예측하기란 어려운 것이 현실이다. 혁명이라고 불릴 만한 급격한 변화를 예고한 4차 산업혁명 시대를 대비하여 세계 여러 국가들은 인더스트리 4.0, 스마트 제조, 스마트 팩토리, 제조업 혁신 3.0 전략 등 제조업 경쟁력 강화 정책을 펼치고 있으며, 이것은 독일, 미국, 일본과 같은 전통적인 제조업 강국과 중국과 같은 신흥 제조업 국가들이 제조업에 대한 미래 경쟁력을 확보하기 위한 필연적인 결과물이다[2, 3]. 그리고, 국가 정책에 맞춰서 그에 맞는 스마트 제조 인력을 갖춰야 하는 것은 4차 산업혁명 시대에 한 국가의 제조 경쟁력을 결정할 주요 요인이 된다[2, 3].

본 논문의 목적은 4차 산업혁명 시대에 제조업 인력이 가져야 할 스마트 제조 역량 중 제품수명주기 지식역량에 대한 교육 커리큘럼에 전문가의 인식 차이를 알아보는 것이다. 그 결과를 기초로 과거 대량생산 패러다임에 맞춰서 효율성을 강조한 획일적인 교육커리큘럼을 벗어나서 대량생산 패러다

† 비 회 원 : 동국대학교 경영정보학과 박사과정
†† 종신회원 : 동국대학교 경영정보학과 교수
Manuscript Received : December 11, 2017
Accepted : February 23, 2018
* Corresponding Author : Injai Kim(ijkim@dongguk.edu)

임의 효율성을 갖추면서 고객의 가치를 최우선으로 하는 효과성을 강화하는 스마트 제조 패러다임에 맞는 교육커리큘럼이 무엇인지 제고하였다[2, 3]. 본 논문의 구성은 2장에서 4차 산업혁명 시대에서 스마트 제조 인력이 갖춰야 할 핵심 역량 중 하나인 제품수명주기 지식영역을 제시하고, 3장에서는 제품수명주기 지식영역을 기준으로 현재 교육커리큘럼에 대한 전문가 설문조사를 통한 인식 차이를 파악하여 그 결과를 분석하였다. 마지막으로 4장에서 제시된 설문조사의 결과를 토대로 제품수명주기 역량에 대한 교육 커리큘럼에 대한 시사점을 도출했다.

2. 제품수명주기 지식영역

제품수명주기 지식역량의 교육커리큘럼에 대한 전문가 간의 인식차이를 알아보기 위해서는 먼저 제품수명주기 지식영역에 대한 분류가 필요하다. 제품수명주기 지식영역은 문헌연구를 통하여 분류했다. 그 다음은 지식영역에 대한 전문가 간의 인식 차이를 알아보기 위한 설문 항목을 선정했다. 설문 항목은 Kirkpatrick의 교육훈련프로그램에 대한 평가모형[4]을 참고했다.

2.1 제품수명주기 지식영역

문헌연구를 통해서 제품수명주기 지식영역은 프로젝트 포트폴리오 관리, 협업 설계 지원, 고객요구사항 관리, 공급/구매 관리, 제품정보관리, 디지털개발 및 생산, 연구개발 지원, 신제품 개발로 분류했으며, 각각의 대항목은 다시 아래와 같이 소항목으로 분류했다.

1) 프로젝트 포트폴리오 관리: 전체 포트폴리오, 프로그램, 프로젝트를 관리하여 의도한 목표를 달성하고 효율적으로 전사 자원을 활용할 수 있도록 하는 기능이다. 여기에는 프로젝트/프로그램 관리, 프로세스 관리, 포트폴리오 관리가 속한다[5].

2) 협업 설계 지원: 다수의 엔지니어, 유관 부서 구성원이 효과적으로 설계, 협업할 수 있도록 협업 환경을 구성하는 것이다. 여기에는 제품 설계 툴, 가시화, CAD 상호운영성이 속한다[6-8].

3) 고객요구사항 관리: 고객의 요구사항을 효과적으로 관리하여 제품에 반영하는 활동을 의미한다. 여기에는 고객 요구사항 관리, 서비스 피드백, 분석, 제품 구성체계가 속한다[6-8].

4) 공급/구매 관리: 제품 개발 초기에 공급사를 참여시켜서 완제품의 경쟁력을 높이는 활동을 의미한다. 여기에는 고객 제안서 관리, 부품과 공급사 관리가 속한다[6-8].

5) 제품정보관리: 제품수명주기 관리의 가장 기본적인 기능으로 제품개발 과정에서 생성, 관리되는 데이터 및 정보를 관리하는 활동을 의미한다. 제품 구조 관리, CAD 통합, 엔지니어링 변경 관리, 구성관리, 엔지니어링 문서 관리가 속한다[6-8].

6) 디지털개발 및 생산: 가상 환경에서 제품을 설계하고, 실제로 양산 전에 제품설계 과정에서 생성된 데이터를 기반으로 생산 프로세스, 핵심 이벤트를 시뮬레이션하여 작업성, 양산성 등을 사전에 점검하는 기능이다. 여기에는 제품 설계 지원, 가상 생산, 제조 데이터 관리가 속한다[9-11].

7) 연구개발 지원: 제품 개발 및 연구하는 과정을 지원하는 기능이다. 엔지니어링 지식관리, R&D 보안, R&D 포탈이 속한다[12].

8) 신제품개발: 제품의 기획 단계부터, 양산 이관까지의 프로세스를 구축 각각의 고객이 만족하는 제품을 개발하기 위한 중요 핵심사항을 도출하여 관리하는 활동을 의미한다. 여기에는 신제품개발, 제품개발기법, 시스템엔지니어링, 데이터 기반의 신제품 개발이 속한다[7, 13].

2.2 전문가 인식 조사 항목

앞 절에서 정의된 제품수명주기 지식영역에 대한 인식 차이를 조사하기 위한 항목을 Kirkpatrick 교육훈련프로그램 평가모형[4]을 활용하여 다음과 같이 선정했다.

1) 중요도: Kirkpatrick 모형에서 결과 평가에 대한 항목으로 교육 훈련 참가자에 의해서 얻게 된 성과, 즉 비용 감소, 품질 개선, 양적 증가 등의 관점에서 교육프로그램의 현 수준을 유지 또는 강화해야 하는 수준을 중요도로 정의했다. 설문 대상자가 교육프로그램 중에서 가장 중요하게 생각하는 항목, 가장 큰 효용을 제공할 것이라고 생각되는 항목을 선정하기 위하여 중요도에 대한 설문을 했다.

2) 취약도: Kirkpatrick 모형에서는 교육에 대한 반응에 대한 평가로 교육훈련 참가자의 만족을 평가를 하지만, 본 연구에서는 인식 차이, 만족도 차이를 알아보기 위해서 취약도를 평가하고, 그 내용도 교육프로그램의 컨텐츠 수준에 대한 평가로 한정했다.

3) 현업적용도: 본 항목은 Kirkpatrick 모형의 행동 또는 현업적용도에 대한 평가로 학습한 내용의 현업적용 수준으로 평가하는 항목이다. 실제로 교육을 받은 수요자가 교육 내용을 자신이 업무를 하는 과정에서 얼마나 적절하게 활용했는가를 평가했는지를 묻는 항목으로, 교육 커리큘럼의 실효성을 평가할 수 있다.

4) 향후 기대되는 현업적용도: 본 연구는 4차 산업혁명을 대비한 스마트 제조의 인력 양성을 위한 교육커리큘럼 개발에 대한 연구이기 때문에, 이전에 없는 교육영역도 포함해야 한다. 이를 위해서 교육 영역 중에서 향후에 변화될 현업 상황에 적용이 높아질 것으로 기대되는 영역에 대한 조사도 같이 해야 했고, 그것에 대한 질의 항목을 추가했다.

5) 영향도: 마지막 설문항목인 영향도는 제품수명주기 지식영역이 4차 산업혁명으로 인해서 얼마나 큰 영향을 받을 것인지를 평가하기 위한 항목이다[12].

3. 설문결과 분석

설문의 목적은 현재 4차 산업혁명 기반의 스마트 제조를 위한 제품수명주기 지식 인력 양성을 위한 교육커리큘럼에 대한 전문가 인식의 차이를 알아보는 것이다. 그 목적에 맞게 연구를 진행할 수 있도록 설문의 대상을 제품수명주기 관리에 대한 전문가를 공급자와 수요자로 나눠서 선정을 했다.

1) 교육 공급자: 교육 공급자는 교육기관에서 제품수명주기 관리(Product Lifecycle Management, PLM), 스마트 제조 관련된 커리큘럼을 개발하는 대학 교수/강사, 연구원, 컨설턴트, 솔루션 벤더로 선정했다.

2) 교육 수요자: 교육 수요자는 교육을 받는 학생, 교육 커리큘럼을 원하는 기업 담당자로 선정했다.

3.1 설문 결과 요약

총 65명의 교육기관, 컨설턴트, 솔루션 벤더, 일반 제조사에 속한 제품수명주기 관리 영역의 전문가들에게 설문 결과를 받았으며, 직업으로 구분한 응답자 수는 Table 1과 같다.

Table 1. Number of Survey Responses

Occupation	# of Responses
Educational Institute	11
Consultant	21
Solution Vendor	13
Manufacturing Company	20
Sum	65

직업 군 별 지식영역별 영향도, 중요도, 취약도, 현업 적용도, 향후 기대 적용도 평균 결과는 Fig. 1과 같다. 먼저 일반 통계량(영역별 평균값)을 확인하여 특징을 찾아냈다.

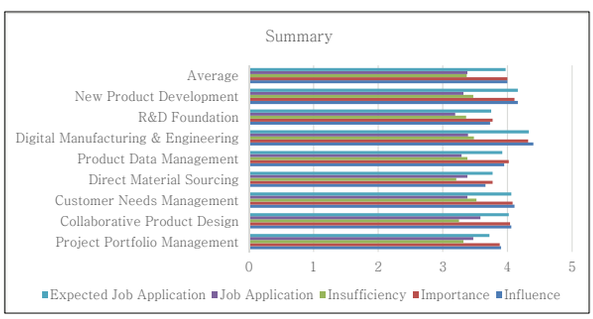

Fig. 1. Survey Result

전체 지식영역 중에서 4차 산업혁명으로 인해서 영향을 크게 받을 것으로 평균 이상으로 응답된 항목은 디지털 개발 및 생산, 신제품 개발, 고객 요구사항 관리 순이다. 4차 산업혁명 시대의 제조혁명은 제조과정의 디지털화, 지능화, 연결화를 통해서 고객과 시장이 원하는 맞춤형 제품을 효율적으로 개발, 생산, 공급하는 것을 수반하기 때문에 디지털개발 및 생산과 고객 요구사항 관리의 영향도가 높을 것이라고 응답했음을 유추할 수 있다[14]. 그리고, 3D 프린팅, 모바일, 분석 기술, 클라우드, 모바일 등 디지털 기술과 함께 디지털개발 및 생산으로 인해서 영향을 받게 될 항목으로 신제품개발을 선정한 것도 예상할 수 있는 결과이다[14]. 또한, 영향도가 가장 높은 디지털 개발 및 생산이 역시 중요도, 취약도 또한 높은 점수가 응답되었다. 응답자들은 변화의 폭이 클 것으로 생각되는 디지털 개발 및 생산 영역이 중요하지만 현재 교육 커리큘럼은 취약하다고 생각했다는 것을 알 수 있다. 현재 제품수명주기 지식영역 중에서 현재 가장 현업에서 활용도가 높은 영역은 협업 설계지만, 향후에는 디지털 개발 및 생산이 현업 적용도가 높아질 것으로 예상하고 있었다. 이 또한 디지털기술의 발전에 따라서 현업에서 활용도가 높아질 것으로 예상됨을 알 수 있다. 다음은 직군 별로 지식영역별 응답 결과이다.

1) 교육기관

교육기관에서는 Fig. 2와 같이 전체 응답결과와 달리 신제품개발이 아닌, 고객 요구사항 관리에서 영향도, 중요도, 기대 현업 적용도에 상대적으로 높은 점수가 나왔다. 이는 고객 가치 중심의 제품 개발을 위한 제품수명주기 관리에 대한 필요성을 다른 직군보다 높게 인지하고 있는 것으로 생각된다.

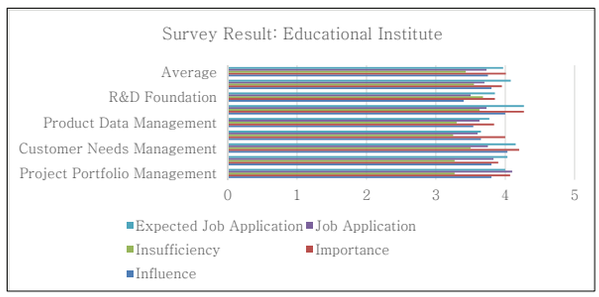

Fig. 2. Survey Result: Educational Institute

2) 컨설턴트

컨설턴트 직군에서는 전체 응답결과와 달리, 협업 설계가 4차 산업혁명으로 인한 영향이 클 것으로 응답했다(Fig. 3) 참조). 스마트 팩토리의 요건 중 하나인 수평적 협업으로 인해서 가치사슬 상 기업 내/외부 구성원 간의 협업의 중요성이 커질 것으로 인지한 것으로 유추된다[14]. 그리고, 현업 적용도에 대해서도 협업 설계, 공급/구매 관리 부분을 높게 평가한 것은 컨설턴트 직군은 실무 측면에서 공급/구매 관리와 협업 설계에 대해서 필요성을 인지하면서도 일정 부분은 정착된 것으로 인지하는 것으로 생각된다. 반면에, 중요도, 취약도, 기대 현업 적용도 측면에서 고객 요구사항 관리에서 높은 점수가 평가된 것은 교육기관과 같이 고객 가치 중심의 제품 개발 측면을 강조하면서도 현재 부족함을 인지하고 있음을

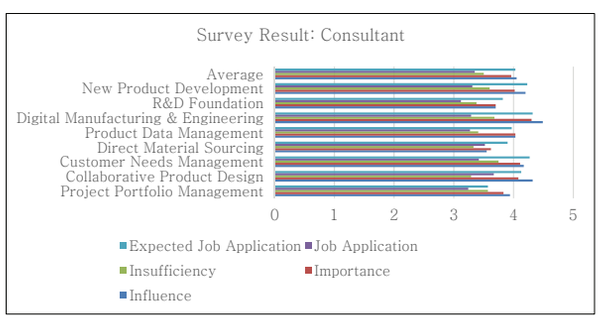

Fig. 3. Survey Result: Consultant

알 수 있다. 상대적으로 신제품개발에 대한 중요도나 현업적용도가 전체 대비 낮은 것은 향후 기대되는 현업 적용도를 높게 평가하면서도 실무 관점에서는 실질적으로 가치를 내놓은 항목을 높게 평가한 것이 아닌가 생각된다.

3) 솔루션 벤더

솔루션 벤더는 다른 직군과 달리 취약도에 대한 평가가 낮았다는 점이 눈 여겨 볼 점이다. 즉, 현재 교육커리큘럼에 대해서 타 직군 대비하여 만족하고 있다는 것을 의미하며, 이것은 공급자로서의 자신의 위치에서 충분한 교육과 솔루션을 제공하고 있는 것으로 인지하는 것으로 생각된다. 또한 디지털개발 및 생산, 신제품개발에 대한 영향도, 중요도, 기대 현업 적용도가 높게 나온 것은 솔루션 공급자로서 다른 직군보다 기술에 대한 수용도나 민감도가 큰 것으로 생각된다(Fig. 4 참조).

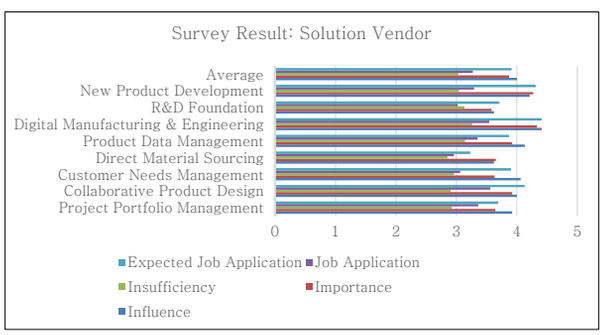

Fig. 4. Survey Result: Solution Vendor

4) 일반 제조사

수요자로서 일반 제조사 응답자들은 Fig. 5와 같이 고객요구사항 관리에 대한 중요성을 상대적으로 크게 인지하고 있고, 이를 지원하기 위한 디지털개발 및 생산을 중요하게 생각하는 것으로 보인다. 다만, 취약도 측면에서 전체 응답과 달리 디지털개발 및 생산이 아니라 고객 요구사항 관리에서 취약도가 높게 나온 것은 디지털개발 및 생산의 중요성을 인지하면서도 아직까지는 고객 요구사항 관리에 대한 교육커리큘럼에 대한 부족함을 인지하는 것으로 생각된다. 반면에 향후 기대되는 현업 적용도에서 디지털개발 및 생산에서 높은 점수로 평가한 것은 앞으로 디지털개발 및 생산에 대한 교육

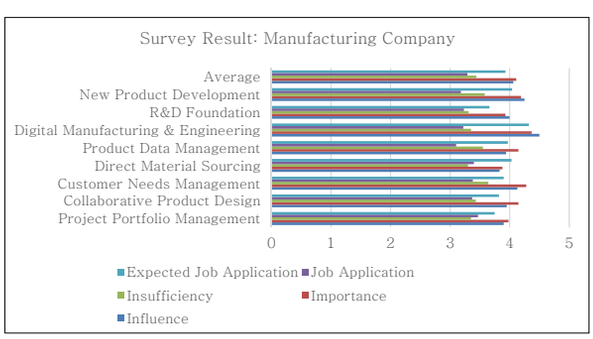

Fig. 5. Survey Result: Manufacturing Company

커리큘럼에 대한 필요성이 대두될 것임을 예상할 수 있다. 실제로 제조사는 전통적인 고객 가치 지향의 비즈니스 모델을 지향한다. 그런 의미에서 고객 요구사항 관리에 대해서 중요도를 크게 두는 것은 전혀 이상한 것이 아니다. 다만, 디지털개발 및 생산에 대한 기대 현업 적용도가 높은 것은 이것 또한 고객 가치 지향을 위해서 활용될 수 있는 디지털개발 및 생산의 가치를 높게 둔 것으로 생각할 수 있다.

3.2 분석 결과

이전 절에서는 지식영역별 응답에 대한 통계 값으로 의미를 찾은 후에, 이번 절에서는 분산분석을 통해서 실증적인 의미를 찾고자 했다.

1) 제품수명주기 지식영역의 영향도 분석

제품수명주기 지식영역 별로 4차 산업혁명 시대에 크게 영향을 받는 정도가 유의미한 차이가 있을 것인가에 대해서 알아보기 위해서 분산분석을 실행했다. 8개의 지식영역에 대한 요약 통계 값과 분산분석의 결과는 Table 2와 Table 3에 각각 제시되었다. p값(p=0.05 기준)으로 살펴보면, 지식영역 간의 영향도 차이는 없을 것이란 귀무가설이 기각된다. 즉, 지식영역 별로 영향도 유의미한 차이가 있음을 알 수 있다. 전문가 조사 결과를 종합적으로 해석해본다면 제조과정의 디지털 화를 통해서 제조 과정상에서 발생하는 데이터를 수집, 분류, 저장, 분석하여 사이버 공간과 물리적 공간의 동기화를 추구하는 디지털 제품개발 및 생산 기술의 발달이 향후 제조업 전반적으로 크게 영향을 미칠 것으로 예상하는 것으로 생각되며, 이로 인해서 신제품 개발 프로세스도 상당한 영향을 받아서 전통적인 개발 프로세스와는 달라질 것으로 판단하는 것으로 생각된다. 그리고, 고객요구사항을 유연하게 제품개발에 반영하는 부분도 IoT, SNS, 기계학습, 인공지능, 빅데이터 분석 등의 기술을 통해서 보다 고객 요구를 효과적으로 반영한 제품개발이 가능해짐을 기대하고 있는 것으로 판단할 수 있다[14]. 반면에 공급/구매 관리는 상대적으로 영향도가 낮은 것은 기존의 전통적인 운영프로세스가 상당한 영역을 대응하고 있다고 판단하는 것으로 생각된다.

2) 제품수명주기 지식영역의 중요도 분석

제품수명주기 지식영역의 중요도에 대한 유의미한 차이가 있을 것인가에 대해서 분산분석을 실행했다. 8개의 지식영역에 대한 요약 통계 값과 분산분석의 결과는 Table 4와 Table 5에 각각 제시되었다. p값(p=0.05 기준)으로 살펴보면, 지식영역 간의 중요도 차이가 없을 것이란 귀무가설이 기각되므로, 지식영역 간의 중요도 유의미한 차이가 있음을 알 수 있다. 특히 디지털 제품설계 및 생산이 중요도가 크다고 판단되는 것은 가상환경 상에서 제품을 개발하고 검증하고, 생산에 이르는 영역이 스마트 제조, 스마트 팩토리의 중요 영역으로 인지하고 있음을 알 수 있다. 이와 함께 디지털 기술의 발전에 따라서 신제품개발 또한 그 중요도가 커짐을 알 수 있다.

Table 2. Summary Statistics: Influence

Level	Count	Sum	Average	Variance
1. Project Portfolio Management	65	253.00	3.89	0.49
2. Collaborative Product Design	65	263.67	4.06	0.68
3. Customer Needs Management	65	267.00	4.11	0.38
4. Direct Material Sourcing	65	238.00	3.66	0.52
5. Product Data Management	65	256.57	3.95	0.32
6. Digital Manufacturing & Engineering	65	286.00	4.40	0.51
7. R&D Foundation	65	243.00	3.74	0.47
8. New Product Development	65	270.50	4.16	0.39

Table 3. ANOVA: Influence

Source Variation	SS	DF	MS	F	P-Value	F_0
Model	25.87	7	3.67	7.86	**4.65E-09**	2.03
Residual	240.82	512	0.47			
Total	266.69	519				

Table 4. Summary Statistics: Importance

Level	Count	Sum	Average	Variance
1. Project Portfolio Management	65	252.33	3.88	0.52
2. Collaborative Product Design	65	263.00	4.05	0.57
3. Customer Needs Management	65	265.75	4.09	0.42
4. Direct Material Sourcing	65	245.00	3.77	0.57
5. Product Data Management	65	261.43	4.02	0.28
6. Digital Manufacturing & Engineering	65	281.33	4.33	0.41
7. R&D Foundation	65	245.75	3.78	0.42
8. New Product Development	65	267.75	4.12	0.48

Table 5. ANOVA: Importance

Source of Variation	SS	DF	MS	F	P-Value	F_0
Model	16.08	7	2.30	5.01	**1.65E-05**	2.03
Residual	234.72	512	0.46			
Total	250.81	519				

3) 제품수명주기 지식영역의 취약도 분석

제품수명주기 지식영역의 취약도에 대한 유의미한 차이가 있을 것인가에 대해서 분산분석을 실행했다. 8개의 지식영역에 대한 요약 통계 값과 분산분석의 결과는 Table 6과 Table 7에 각각 제시되었다. p값(p=0.05 기준)으로 살펴보면, 지식영역의 취약도의 차이는 없을 것이란 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉, 지식영역 간의 취약도의 유의미한 차이가 없음을 알 수 있다. 평균값이 지표 평균 이상으로 평가된 것으로 전반적으로 취약하다고 인지하고 있다는 것으로 유추된다. 다만, 영향도와 중요도가 높게 랭크된 디지털 개발과 생산이 취약도가 가장 높은 점수를 얻는 것은 아직 디지털 개발과 생산이 적용하기 위한 기반을 구축하기 위한 기술적 성숙도가 높지 않기 때문으로 생각된다.

4) 제품수명주기 지식영역의 현업 적용도 분석

제품수명주기 지식영역의 현업 적용도에 대한 유의미한 차이가 있을 것인가에 대해서 분산분석을 실행했다. 8개의 지식영역에 대한 요약 통계 값과 분산분석의 결과는 Table 8과 Table 9에 각각 제시되었다. p값(p=0.05 기준)으로 살펴보면, 지식영역 간의 현업 적용도는 유의미한 차이가 있다는 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉, 지식영역 간의 현업 적용도의 유의미한 차이가 없음을 알 수 있다. 종합적으로 해석해보면, 현재는 제품수명주기 지식영역 중에서 협업 설계에 대한 현업 적용이 가장 높다는 것을 알 수 있다. 이것은 제품수명주기 시스템의 발전과정 상의 CPC 영역이 어느 정도 현업에 활용되고 있기 때문으로 생각된다[14]. 반면에, 앞서 언급한 바와 같이 영향도, 중요도에서 가장 높게 평가된 디지털 개발 및 생산의 경우는 아직 현업에 적용하기에는 기술적 성숙도가 높지 않음을 유추할 수 있다.

Table 6. Summary Statistics: Insufficiency

Level	Count	Sum	Average	Variance
1. Project Portfolio Management	65	216.67	3.33	0.53
2. Collaborative Product Design	65	211.67	3.26	0.46
3. Customer Needs Management	65	229.50	3.53	0.65
4. Direct Material Sourcing	65	209.50	3.22	0.41
5. Product Data Management	65	220.57	3.39	0.40
6. Digital Manufacturing & Engineering	65	227.67	3.50	0.80
7. R&D Foundation	65	218.50	3.36	0.37
8. New Product Development	65	226.00	3.48	0.65

Table 7. ANOVA: Insufficiency

Source of Variation	SS	DF	MS	F	P-Value	F_0
Model	5.82	7	0.83	1.56	**0.145**	2.03
Residual	273.03	512	0.53			
Total	278.85	519				

Table 8. Summary Statistics: Job Application

Level	Count	Sum	Average	Variance
1. Project Portfolio Management	65	226.00	3.48	0.66
2. Collaborative Product Design	65	232.67	3.58	0.62
3. Customer Needs Management	65	219.75	3.38	0.50
4. Direct Material Sourcing	65	220.00	3.38	0.45
5. Product Data Management	65	213.43	3.28	0.41
6. Digital Manufacturing & Engineering	65	219.67	3.38	0.69
7. R&D Foundation	65	207.25	3.19	0.36
8. New Product Development	65	215.75	3.32	0.67

Table 9. ANOVA: Job Application

Source of Variation	SS	DF	MS	F	P-Value	F_0
Model	6.41	7	0.92	1.69	**0.11**	2.03
Residual	277.96	512	0.54			
Total	284.37	519				

Table 10. Summary Statistics: Expected Job Application

Level	Count	Sum	Average	Variance
1. Project Portfolio Management	65	242.33	3.73	0.45
2. Collaborative Product Design	65	261.33	4.02	0.61
3.Customer Needs Management	65	264.50	4.07	0.41
4. Direct Material Sourcing	65	245.50	3.78	0.74
5. Product Data Management	65	255.00	3.92	0.31
6. Digital Manufacturing & Engineering	65	281.33	4.33	0.34
7. R&D Foundation	65	244.50	3.76	0.38
8. New Product Development	65	270.75	4.17	0.49

Table 11. ANOVA: Expected Job Application

Source of Variation	SS	DF	MS	F	P-Value	F_0
Model	20.82	7	2.97	6.53	**2.14E-07**	2.03
Residual	233.17	512	0.46			
Total	253.99	519				

5) 제품수명주기 지식영역의 기대 현업 적용도 분석

제품수명주기 지식영역의 기대 현업 적용도에 대한 유의미한 차이가 있을 것인가에 대해서 분산분석을 실행했다. 8개의 지식영역에 대한 요약 통계 값과 분산분석의 결과는 Table 10과 Table 11에 각각 제시되었다. p값(p=0.05 기준)으로 살펴보면, 기대 현업 적용도의 지식영역 간 유의미한 차이가 있다라는 귀무가설이 기각된다. 즉, 지식영역 간의 기대 현업 적용도의 유의미한 차이가 있음을 알 수 있다. 종합적으로 해석해보면, 현재 현업 적용도가 가장 낮은 디지털 개발 및 생산이 가장 높은 점수로 평가된 것은 향후 스마트 팩토리 적용이 확산됨에 따라서 디지털개발 및 생산이 한 축을 담당할 것을 기대하는 것으로 유추할 수 있다[15]. 그와 함께 신제품 개발에 대한 기대 현업 적용도가 높은 것도 스마트 제조 패러다임으로의 변화가 신제품 개발에 대한 영역에 대한 활용을 이끌어낼 것으로 생각된다[15].

4. 교육 커리큘럼에 대한 시사점

전문가 설문을 통해서 얻어진 결과를 통해서 현재 제품수명주기 지식역량에 대한 교육커리큘럼에 대한 시사점을 찾아보았다.

1) 디지털 개발 및 생산, 신제품 개발에 대한 영향도 및 중요도가 높게 평가되었다.

4차 산업혁명 시대에 스마트 제조 패러다임으로 구현되는 스마트 팩토리가 갖춰야 할 요건 중 하나가 가상화임을 고려해볼 때, 제품수명주기 지식영역 중 디지털 개발 및 생산, 가상 환경 상에서 제품을 설계하고, 가상 환경에서 양산성, 조립성 검증 등의 가상환경과 물리적 환경을 연결한 디지털 트윈과 같은 활동은 기술의 발전에 의해서 큰 변화가 예상되고, 중요해질 것으로 생각된다. 향후 교육커리큘럼에는 도입되는 디지털 개발 및 생산에 대해서 기술적인 추세에 민감하게 구성되어야 할 것이다. 즉, 기술적 변화에 따라서 교육 내용의 최신성을 잃지 않도록 구성해야 하며, 교육커리큘럼 상에서 차지하는 비중을 높여야 함을 알 수 있다. 그리고, 디지털 개발 및 생산이 보편화됨에 따라서 신제품 개발에도 변화가 있을 것이기 때문에 그에 맞는 신제품 개발에 대한 요구가 영향도가 높게 나온 것으로 생각될 수 있다. 교육커리큘럼에는 변화하는 신제품 개발에 대한 방법론, 프로세스, 툴에 대한 내용이 반영되어야 하고, 특히 IoT, 빅데이터, 인공지능, 로봇, 소셜 미디어 등 발전하는 디지털기술을 활용한 신제품 개발의 방법론, 프로세스, 툴에 대한 내용이 보강되어야 할 것이다[14, 15].

2) 전반적으로 지식영역이 취약도가 높게 분포되었으며, 영역 간의 유의미한 차이는 없었다.

전 영역이 유의미한 차이 없이 취약도가 보통 이상이 나온 것은 전반적으로 제품수명주기 지식영역에 대한 교육커리큘럼에 대한 만족도가 높지 않고, 보완이 필요함을 유추할 수 있다. 특정 영역 구분 없이 향후 전반적인 교육커리큘럼 보완이 필요함을 의미한다.

3) 프로젝트 포트폴리오 관리, 협업 설계에 대한 현업 적용도가 높았다.

프로젝트 포트폴리오 관리, 협업설계 등 제품수명주기 지식영역 중 기본적으로 활용되는 영역에 대한 현업 적용도가 높게 나온 것은 이 부분은 어느 정도 기술적 성숙도가 높음을 의미한다. 단기적으로는 이 부분에 대한 교육은 실무에서 활용할 수 있도록 실습과 적용사례 위주로 교육커리큘럼을 구성할 필요가 있을 것이다.

4) 디지털 개발 및 생산, 신제품 개발에 대한 향후 기대되는 현업 적용도가 높았다.

영향도, 중요도가 높았던 디지털 개발 및 생산, 신제품 개발이 향후 기대되는 현업 적용도가 높다는 것은 이 부분에 대한 변화해가는 기술추세에 맞춰서 이론부터 실무까지 전반적으로 교육 커리큘럼을 구성해야 함을 알 수 있다. 다만, 아직까지 현업에서 활용할 정도로 상대적인 기술 성숙도가 높지 않은 것으로 예상되기 때문에, 기술 변화에 따라서 교육커리큘럼에 대한 빠른 재편이 이루어져야 한다.

5. 결 론

4차 산업혁명 시대는 이전과는 질적으로나 양적으로 다른 제조업의 변화를 요구하고 있다. 국가 정책에 맞게 제조업의 경쟁력을 갖춰가는 것도 필요하겠지만, 그 근간이 될 스마트 제조인력에 대한 교육을 강화하여 향후 벌어질 인재전쟁에 대비해야 할 것이다. 본 연구는 4차 산업혁명 시대의 스마트 제조 인력을 위한 역량 중에서 제품 개발의 핵심이 되는 제품수명주기 역량에 대한 전문가들의 인식 차이를 조사하고 분석하였다. 이를 통해서 현재 만들어진 교육커리큘럼에 대한 보완과 개선방향에 대한 힌트를 얻고 향후 교육커리큘럼 개발에 필요한 시사점을 제시하고자 했다. 영향도, 중요도, 기대 현업적용도가 높게 평가된 디지털개발 및 생산, 신제품개발에 대해서는 향후 구성될 교육커리큘럼에서는 제품수명주기 지식영역과 관련된 기술 변화에 따라서 좀더 민감하게 구성되어야 하고, 교육커리큘럼 내에서의 비중 및 보완이 필요할 것으로 생각된다.

References

[1] M. Chung, “The Summary and Implications of 2015 World Economic Forum,” HRI, 2016.

[2] S. H. Baek, “Smart manufacturing to prepare for the fourth industrial revolution,” *The Proceedings of KIEE*, 65, pp.44-48, 2016.

[3] D. H. Ahn, “Report on the development of a professional training program for smart factory operation,” KAICA, 2016.

[4] KM Plus Consulting, "Analysis of educational performance using the latest education and training evaluation model," 2012.
[5] H. S. Cho and Y. H. Ryu, "PLM Knowledge," BB Media, 2008.
[6] W. Liu, Y. Zeng, M. Maletz, and D. Brisson, "Product lifecycle management: a survey," *Proceedings of the ASME 2009 International Design Engineering Technical Conference & Computers and Information in Engineering Conference*, IDETC/CIE. San Diego, California, USA, 2009.
[7] J. B. Kim, "An Empirical Study on the Success Factors of Implementing Product Life Cycle Management Systems," *Journal of KIISE: Software and Applications*, pp.909-918, 2010.
[8] J. K. Song and J. D. Kim, "An Effect of PLM Implementation on Quality Management and Business Performance: Based on User Activity Cycle," *Academic Society of Global Business Administration*, Vol.14, pp.205-231, 2017.
[9] F. Ameri and D. Dutta, "Product lifecycle management: closing the knowledge loops," *Computer-Aided Design and Applications*, Vol.2, No.5, pp.577-590, 2005.
[10] W. Cheung and D. Schaefer, "Product lifecycle management: state-of-the-art and future perspectives," Enterprise Information Systems for Business Integration in SMEs: Technological, Organizational, and Social Dimensions, pp. 37-55, 2009.
[11] M. Grieves, "Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking," McGraw Hill Professional, 2009.
[12] A. J. Gupta, "Digital Product Lifecycle Management - The impact of digital on product innovation and product development," Accenture, 2014.
[13] H. B. Jeon, "PLM and Product Lifecycle Optimization," *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, Vol.18, No.1, pp.17-20, 2012.
[14] S. Wang, J. Wan, D. Li, and C. Zhang, "Implementing Smart Factory of Industry 4.0: An Outlook," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Vol.12, No.1, 2016.
[15] Y. Cho, "The strategy for Smart Factory of Korea in the era of the Industry 4.0," *Journal of Computing Science and Engineering*, pp.40-48, 2017.

오 원 근
https://orcid.org/0000-0002-0771-348X
e-mail : vipwgo@naver.com
2015년 호서대학교 골프산업전공(석사)
2016년~현 재 동국대학교 경영정보학과 박사과정
현 재 ㈜한스코 대표
관심분야 : 소프트웨어품질, 스마트제조

김 인 재
https://orcid.org/0000-0002-0447-2510
e-mail : ijkim@dongguk.edu
1983년 서울대학교 산업공학(학사)
1985년 KAIST 경영과학(석사)
1996년 The University of Nebraska-Lincoln 경영정보학(박사)
1985년~1991년 금성사(LG전자) 중앙연구소 전산실 개발팀장
1997년~1998년 한남대학교 경영대학 조교수
1998년~현 재 동국대학교 경영정보학과 교수
관심분야 : 기술수용, 빅 데이터, 소셜 네트워크 분석, IT커뮤니케이션, 유 웰니스, IT전략