

2018 NAEK REPORT



2018 인재양성위원회 보고서

미래의 엔지니어에게 무엇을 가르칠 것인가

4차 산업혁명 시대 기계공학 엔지니어에게 필요한
역량 및 교육에 관한 연구

미래의 엔지니어에게 무엇을 가르칠 것인가

4차 산업혁명 시대 기계공학 엔지니어에게 필요한 역량 및 교육에 관한 연구

연구책임자 : 연세대학교 조형희

공동연구원 : 서울대학교 이건우

연세대학교 이재용

K A I S T 이용훈

연세대학교 강소연

중앙대학교 김성조

서울대학교 김용권

고려대학교 송광호

인하대학교 신수봉

홍익대학교 오명숙

부산대학교 이 석

한양대학교 정성훈

서울과학기술대학교 주원중

송실대학교 허완수



CONTENTS

6	I. 서론
8	제1절 연구 목적 및 필요성
10	제2절 연구 방법 및 범위
14	II. 4차 산업혁명 시대에 필요한 인재 양성을 위한 교육
16	제1절 4차 산업혁명 시대의 특징과 필요한 인재상
20	제2절 공학교육의 현실 및 4차 산업혁명을 위한 교육과정 개발
28	제3절 4차 산업혁명을 대비한 해외 교육개혁 모델
32	III. 연구 결과
34	제1절 가까운 미래 기계공학 분야에서 예상되는 변화
37	제2절 가까운 미래 기계공학 분야의 직업 전망
39	제3절 가까운 미래 기계공학 분야에서 필요한 직업 역량
41	제4절 가까운 미래 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정
44	제5절 가까운 미래 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육방법
46	IV. 결론 및 제언
50	INDEX & 참고문헌

01

서론

[제1절]

연구의 필요성 및 목적

[제2절]

연구 방법 및 연구 대상



[제1절] 연구의 필요성 및 목적

우리나라가 5세대(5G) 이동통신 시대 개막을 세계 최초로 선포하였다. 5G는 초연결·초대용량 특성을 바탕으로 모든 사물과 사람을 정밀하고 빠르게 연결하며, 새로운 산업과 가치를 창출할 수 있다. 이를 통해 스마트공장, 스마트팜 등 5G 융합 서비스 모델은 물론 사물인터넷(IoT) 단말기, 스몰셀, 양자암호통신, 인공지능(AI) 네트워크 등 혁신기술과 서비스가 진행될 것으로 기대된다(전자신문, 2018).

사회변화의 속도가 급격하고 빠르게 진행되면서 미래사회에 대한 예측 가능성은 낮아지는 반면 미래에 대한 불확실성은 오히려 커지고 사회문제는 점점 더 복잡해지고 있다. 4차 산업혁명 시대를 맞아 세계적으로 산업 분야의 큰 변화가 예상된다. 2025년에는 모바일 인터넷, 인공지능, 사물인터넷, 클라우드, 첨단 로봇 등이 주요 기술 산업이 될 것으로 전망하며, 새로운 성장산업은 고용과 교육에 영향을 미칠 것으로 예측하고 있다(김경훈, 2017). 우리나라도 2025년에는 업무의 70.6%가 로봇과 인공지능으로 대체될 것으로 예상하고 있다. 이와 같은 상황에서 급변하는 4차 산업혁명 시대의 변화를 예측하고 그에 필요한 역량을 교육해 사회에 필요한 인재를 양성하는 것은 국가는 물론 고등교육기관의 주요한 책무이므로 이에 대한 철저한 대비가 필요하다.

4차 산업혁명시대의 ICT 기반 융복합 기술에 대한 요구, 산업구조의 혁신적 변화, 플랫폼 비즈니스 등 혁신적인 패러다임 변화에 따라 유연성과 창의성 개발을 위한 교육의 역할이 중요하다. 따라서 교육과정의 변화, 대학의 교육과정 운영 자율성 확대, 학문 분야 간 융복합, 교육방법의 변화, 학과 구조의 변화, 산업체 요구를 반영하는 사회 맞춤형 학과

활성화 등에 대한 변화가 필요하다(백성기 외, 2016). 미국의 MIT 대학은 인공지능을 이공계는 물론 인문사회계 학생이 사용해야 할 ‘미래의 언어’로 규정하고, 이를 모든 학생에게 가르치고 다른 학문과 융합하는 단과대를 만들어 인공지능 언어와 자신의 전공 언어를 동시에 구사하는 ‘이중 언어자(bilingual)’로 양성하기 위해 준비하고 있다(조선일보, 2019).

우리 공학 커뮤니티도 이와 같은 급격한 변화를 이끌어 갈 수 있는 우수한 인재를 양성해야 한다. 21세기 미래사회의 인재는 ‘문제해결형 인재’에서 문제를 새롭게 정의하고 발견하는 ‘문제창조형 인재’이며, 전문지식형 인재에서 다른 분야의 지식들을 결합해 새로운 아이디어로 혁신을 주도하는 ‘융합형 인재’이며, 다른 분야의 조직이나 사람들과 어울려 소통하고 협력하며 조화를 이루어 새로운 성과를 창출할 수 있는 ‘관계성과형 인재’이다(오현석·유상옥, 2015). 국내 100대 기업이 요구하는 인재의 특성은 도전의식, 전문성, 창의와 혁신, 열정, 협력, 신뢰 등이 가장 높은 반면 해외 기업이 요구하는 인재의 특성은 문제해결력, 사고의 유연성, 책임감, 모험심 등 불확실한 미래와 상황에 대한 대처 능력과 해결 능력을 강조하고 있다(백성기 외, 2016).

19개국의 산업계, 학계, 정부 관계자 120여 명이 모인 기계공학의 미래 비전(2028 Vision for Mechanical Engineering)을 모색하기 위한 세계정상회의에서는 앞으로 20여 년 동안 직업적 요구에 대응할 세계적인 경쟁력을 갖춘 엔지니어를 배출하기 위해 기계공학자는 적응하고 변화할 수 있어야 한다고 주장하였다. 기계공학은

더 깨끗하고 건강하며 안전하고 지속 가능한 세상을 만들기 위해 공유된 비전을 가지고 공학적 해결을 위해 글로벌 전문직으로서 진화하고 발전할 것임을 천명하였다(ASME, 2008). 2028 미국 기계공학의 전략적 주제로는 첫째 에너지, 환경, 식량, 주택, 물, 교통, 안전, 건강 등 세계가 직면한 그랜드 챌린지(Grand Challenge)에 대처하기 위한 새로운 기술 개발, 둘째 모든 사람들의 기본적 요구에 대처하기 위한 글로벌하고 지속 가능한 공학적 해결책 제시, 셋째 글로벌 파트너십과 지역의 적절한 개발을 위한 노력, 넷째 인간의 삶의 질을 개선하기 위한 공학적 해결의 적용과 현장의 실천가들을 연결하기 위한 전략을 내세웠다. 이를 위해 과학·공학·기술과 관련된 정치적 의사결정에 영향을 주는 이슈를 지지하고 여러 규모의 시스템에 대한 다학제 및 시스템 엔지니어링 접근, 연구개발의 확대와 다음 세대의 공학자들을 양성하기 위한 학술·산업·정부와의 파트너십을 모색하며, 엔지니어와 엔지니어 리더의 글로벌 역량 개발을 위한 평생학습을 증진하려고 노력할 것을 제시하였다.

미국 공학한림원 회장이었던 찰스 베스트(Charles Vest)는 극소 및 거대 규모 시스템(multi-scale system)의 기술적 흐름이 21세기의 주요 스토리가 될 것임을 예측하였다. 2028년의 엔지니어는 거대하고 매우 작은 극미세 시스템의 양극단(the extremes of very large and very small system)에서 일하게 되며 따라서 더 많은 지식이 필요하고 다학제적 협력, 공간적·시간적 틀을 넘는 규모에서 일하게 될 것이라고 예상하였다. 이와 같은 상황에서 기계공학 교육은 더 많은 기술적 지식과 면밀함을 갖춘 경영 능력, 창의성, 문제해결

능력을 갖춘 전문가를 양성할 수 있도록 개편되어야 할 것이다. 미래 기계공학자는 창의성과 문제해결 능력, 문제에 대한 다학제적, 시스템적 이해를 가져야 하며 평생학습자가 되어 정보를 지식으로 능숙하게 전환하고 새로운 기술을 마스터할 수 있어야 한다(ASME, 2008).

특히 기계공학은 여러 분야의 전문가가 지식을 공유하고 협력함으로써 새로운 산업을 창출할 수 있는 가능성이 높은 분야다. 예를 들어 바이오나노 헬스가드시스템(IT+BT+NT+기계), 소프트일렉트로닉스(IT+NT+기계), 생체정보처리(IT+BT), 지능형 극미세 전자기계시스템(IT+NT+재료), 메카트로닉스(IT+기계), 생체 친화성 재료기술(BT+재료) 등 다양한 예가 많다(이재종, 2018).

4차 산업혁명 시대에 필요한 기계공학 인재를 양성하기 위해서는 기계공학 학부 교육과정 개발과 교육방법의 혁신이 필요하다. 4차 산업혁명 시대는 표층학습(surface learning)을 지양하고, 깊이 알고 새로운 결과물을 만들어 낼 수 있는 심층학습(deep learning)을 요구한다. 따라서 프로젝트 기반 학습이나 서비스러닝, 탐구학습 등 학생들의 참여와 경험을 강조하는 학습과 기술을 활용한 혼합학습(blended learning)이나 가상현실(VR, virtual reality), 인공지능을 활용한 수업 등으로의 변화가 필요하다.

이와 같은 시대적 상황에서 이번 연구의 목적은 4차 산업혁명 시대를 맞아 기계공학의 변화와 새로 생기는 분야를 전망하고 4차 산업혁명 시대에 요구되는 핵심역량을 선정해 이를 교육하는 데 적합한 교육과정 개발과 교육방법을 제안하는 데 있다.

[제2절] 연구 방법 및 연구 대상

미래 기계공학의 전망 및 기계공학 분야에 필요한 직업역량을 파악하고 이 역량을 키우기 위한 교육과정 및 교육방법을 알아보기 위해 이번 연구에서는 전문가들을 활용한 델파이 연구 방법을 실시하였다. 델파이 연구는 해당 분야 전문가 패널의 의견을 수렴해 미래에 대한 예측과 의사결정을 하는 연구 방법이다. 이번 연구에서는 3차에 걸쳐 델파이 연구를 실시하였으며 전문가 패널과의 상호작용은 개인 이메일을 통해 진행되었다. 각 차시별 델파이 연구 진행 내용은 <표 1>과 같다.

<표 1> 차시별 델파이 조사 내용 및 일정

구분	조사 내용	조사 일정
1차	비구조화된 개방형 문항	2018. 10. 01 ~ 10. 20
2차	1차 조사 결과를 반영한 구조화된 폐쇄형 문항	2018. 11. 05 ~ 11. 13
3차	2차 조사 결과를 반영한 의견 수렴	2018. 11. 19 ~ 11. 26

델파이 연구는 주제와 관련된 한정된 전문가 패널의 의견을 수렴해 미래를 예측하는 연구 방법이므로 해당 연구에 대해 충분히 의견을 제시할 수 있는 전문가 집단으로 구성하는 것이 중요하다(강소연 외, 2018). 이번 델파이 연구에는 대학 및 산업체, 연구소에서 근무하는 국내외 기계공학 분야 전문가 20인이 참여하였다. 참여한 전문가들은 기계공학 분야의 교육혁신에 지속적으로 관여하거나 기계공학 관련 전문 연구자들로 기계공학의 미래를 예측하는 데 충분한 전문성을 갖춘 이들로 구성하였다. 이번 델파이 연구에 참여한 전문가 패널은 <표 2>와 같다.

<표 2> 전문가 패널 구성

	성명	소속 기관
대학	고○○	서울대 기계항공공학부
	김○○	한양대 ERICA 캠퍼스 기계공학과
	김○○	연세대 기계공학부
	김○○	홍익대 기계시스템디자인공학과
	이○○	서울대 기계항공공학부
	이○○	중앙대 기계공학부
	송○○	영남대 기계공학부
	송○○	성균관대 기계공학부
	주○○	서울과기대 융합기계공학과
	최○○	연세대 기계공학부
	한○○	Purdue 기계공학과
	○○ Lee	National Cheng Kung Univ.
	○○ Cheong	대만국립대
산업체 및 연구소	엄○○	SIEMENS
	이○○	Motion Device
	임○○	GE Aviation
	주○○	두산중공업
	최○○	아이피웨이
	하○○	현대자동차
	Lincoln ○○	National Manager of Accreditation

델파이 연구의 설문지 초안은 기계공학 전문가와 교육학 전문가의 2차에 걸친 회의와 기계공학 분야의 미래 변화와 교육에 관한 선행연구 자료 검토를 통해 개방형 질문으로 구성하였다. 설문지 문항은 가까운 미래(5~10년)의 기계공학 분야에서 예상되는 변화, 기계공학 분야의 직업 전망, 기계공학 분야의 직업 전망에 따라 요구되는 직업 역량, 더 나아가 이러한 역량 개발에 필요한 교육과정과 이와 같은 교육과정 개발에 따른 수업 방법에 관한 것으로 구성되어 있다(〈표 3〉 참조).

〈표 3〉 델파이 질문 주제

질문 주제	
1	가까운 미래(5~10년) 기계공학 분야에서 예상되는 변화
2	가까운 미래(5~10년) 기계공학 분야의 직업 전망
3	가까운 미래(5~10년) 기계공학 분야에서 필요한 직업 역량
4	가까운 미래(5~10년) 기계공학 분야에 필요한 역량을 갖추기 위한 교육과정
5	가까운 미래(5~10년) 기계공학 분야의 직업역량을 갖추기 위한 교육방법

이 5가지 개방형 질문을 활용해 1차 델파이조사에서 전문가들의 응답을 수집하였고, 응답 내용을 심층 분석해 85개 항목을 추출하였다. 이 85개 항목은 기계공학과 관련해 예상되는 변화에 대한 문항 21개, 가까운 미래 기계공학 분야의 직업 전망 관련 문항 13개, 기계공학 분야에서 필요한 직업 역량 관련 문항 17개, 그리고 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정 관련 문항 20개, 가까운 미래 기계공학 교육을 위한 바람직한 교육방법에 관한 문항 14개로 구성되었다.

2차 델파이 조사에서는 1차 개방형 응답을 기초로 주제 단위로 구분된 85개 항목의 중요성을 5점 척도로 묻는 설문으로 제작해 2차 설문지를 구성하였으며 이 과정에서 교육학 박사 및 기계공학 전문가 2명의 검토 과정을 거쳤다.

3차 델파이 조사에서는 2차 델파이 조사 결과를 요약해 정보를 제공하였다. 2차 결과를 전문가들에게 제시할 때 중앙치는 M, 사분범위(interquartile range)¹⁾는 【 】로 표시해 제공하였고, 내용타당도 비율(Content Validity Ratio, CVR)과 본인의 이전 응답을 X로 표시해 제공하였다. 이 자료를 기초로 각 항목에 대한 본인 응답의 수정 여부에 대해 다시 한 번 확인을 요청해 전문가들의 의견을 수렴하였다.

CVR은 전문가들의 중요도 평가에 대한 합치된 정도를 수치화한 것으로 타당도 검증의 척도로 사용할 수 있다(Lawshe, 1975). 패널 수에 따른 CVR 값의 최소값 기준을 고려할 때 패널의 수가 20명인 경우 CVR 값이 0.42 미만인 값의 문항은 타당도가 없다고 판단되므로 이를 기준으로 유의한 항목들을 선정하였다. 최종적으로는 미래 변화에 대한 전망 14항목, 미래 기계 분야의 직업 전망 7항목, 필요한 역량에 대한 전망 12항목, 미래 교육과정에 대한 전망 13항목, 교육방법에 대한 전망 8항목 등 총 54개 항목을 전문가들이 미래 기계공학의 중요한 변화 요소로 선정하였다. CVR이란 주요 쟁점에 대한 일치된 의견을 계량화하는 것인데 주요 쟁점에 합의된 방안의 타당도에 대한 일치된 의견을 양화(quantifying consensus)한 것으로, 유의도 .05 수준에서 패널 수에 따른 최소값 이상의 CVR 값을 가진 항목들만이 내용타당도가 있다고 판단할 수 있게 된다(Lawshe, 1975, 567~568쪽).

1) 사분범위는 제3사분위수(C75)에서 제1사분위수(C25) 간의 거리를 반으로 나눈 값으로 사분위 범위가 크면 흩어진 분포이고, 작으면 밀집된 분포이다(『교육심리학 용어사전』, 2000, 171쪽).

02

4차 산업혁명 시대에 필요한 인재 양성을 위한 교육

[제1절]

4차 산업혁명 시대의 특징과 필요한 인재상

[제2절]

공학교육의 현실 및 4차 산업혁명을 위한 교육과정 개발

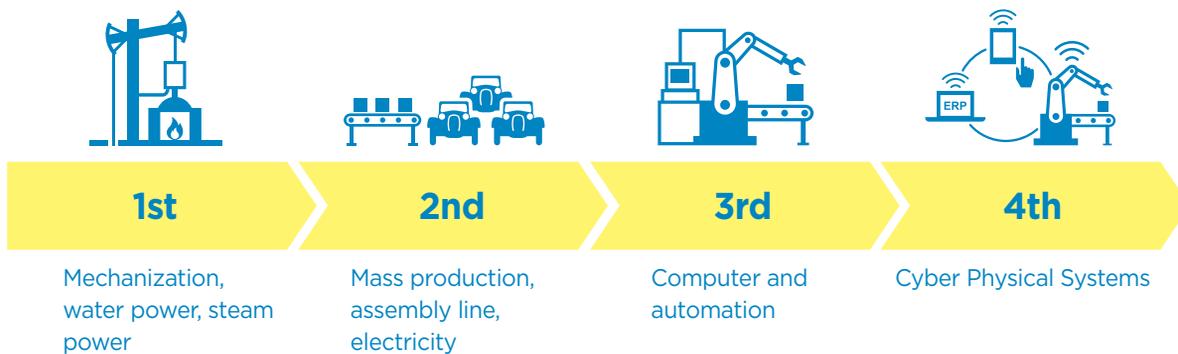
[제3절]

4차 산업혁명을 대비한 해외 교육개혁 모델



[제1절] 4차 산업혁명 시대의 특징과 필요한 인재상

4차 산업혁명은 2016년 다보스포럼에서 4차 산업혁명의 도래를 전하며 시작되었다. 1차 산업혁명은 기계의 발명으로 자동화가 이루어지고 증기기관의 발명을 통해 국가 내의 연결성이 증가하였다면 2차 산업혁명은 전기 에너지원의 활용과 작업 표준화를 통한 대량생산 체제의 성공, 3차 산업혁명은 전자장치와 ICT를 통한 급진적인 정보처리 능력의 발전, 정교한 자동화, 사람과 환경 그리고 기계를 아우르는 연결성 강화를 들 수 있으며 4차 산업혁명은 3차 산업혁명이 더욱 확장된 개념으로 속도와 범위, 시스템에 미치는 영향이 매우 큰 시대이며 인공지능에 의해 자동화와 연결성이 극대화되는 단계라 할 수 있다. 4차 산업혁명은 3차 산업혁명을 기반으로 한 디지털, 생물학, 물리학 등의 경계가 없어지고 융합되는 기술혁명을 의미하므로 여러 분야의 기술이 융합되어 새로운 기술혁신이 일어날 것으로 예측하고 있다(Klaus, 2016).



<그림 1> 산업혁명의 시대별 특징

출처: AllAboutLearn.com

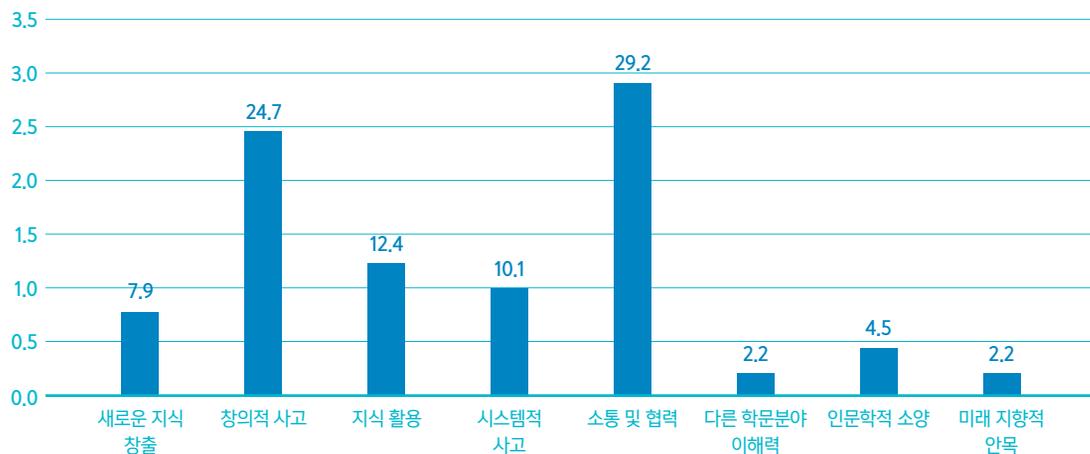
과거 산업혁명의 역사와 4차 산업혁명을 주도하는 기술의 역학관계를 통해 볼 때 오늘날 우리의 사고방식은 미래지향적이어야 하며, 다양한 당사자들 사이의 공통된 가치와 부합해야 한다. 기술이 우리 사회에 주는 영향을 생각할 때 기술이 아니라 시스템, 기술결정론이 아닌 권한의 부여, 사고하는 기술개발, 가치 지향적 기술개발의 원칙을 지켜야 한다(Klaus, 2018).

클라우스 슈밥(2018)은 4차 산업혁명 시대의 핵심기술에 대해 아래 <그림 2>와 같이 4가지 영역의 기술로 요약하였다. 첫째 확대되는 디지털 기술로 새로운 컴퓨팅기술, 블록체인과 분산원장기술, 사물인터넷 등이 해당되며 둘째 격변하는 물리적 세계로 인공지능과 로봇공학, 첨단소재, 적층가공(3D프린팅)이 해당된다. 또한 인류의 또 다른 시작과 관련된 분야로 생명공학, 신경기술, 가상현실과 증강현실을 들 수 있으며 앞으로 개척해야 할 환경의 최전선으로 에너지 확보와 저장, 전송과 지구공학, 우주기술 등을 들고 있다.

확대되는 디지털 기술	격변하는 물리적 세계	인류의 또 다른 시작	개척해야 할 환경의 최전선
<ul style="list-style-type: none"> · 새로운 컴퓨팅 기술 · 블록체인과 분산원장기술 · 사물인터넷 	<ul style="list-style-type: none"> · 인공지능과 로봇공학 · 첨단소재 · 적층가공(3D프린팅) 	<ul style="list-style-type: none"> · 생명공학 · 신경기술 · 가상현실과 증강현실 	<ul style="list-style-type: none"> · 에너지확보, 저장, 전송 · 지구공학 · 우주기술

<그림 2> 4차 산업혁명 시대의 핵심기술

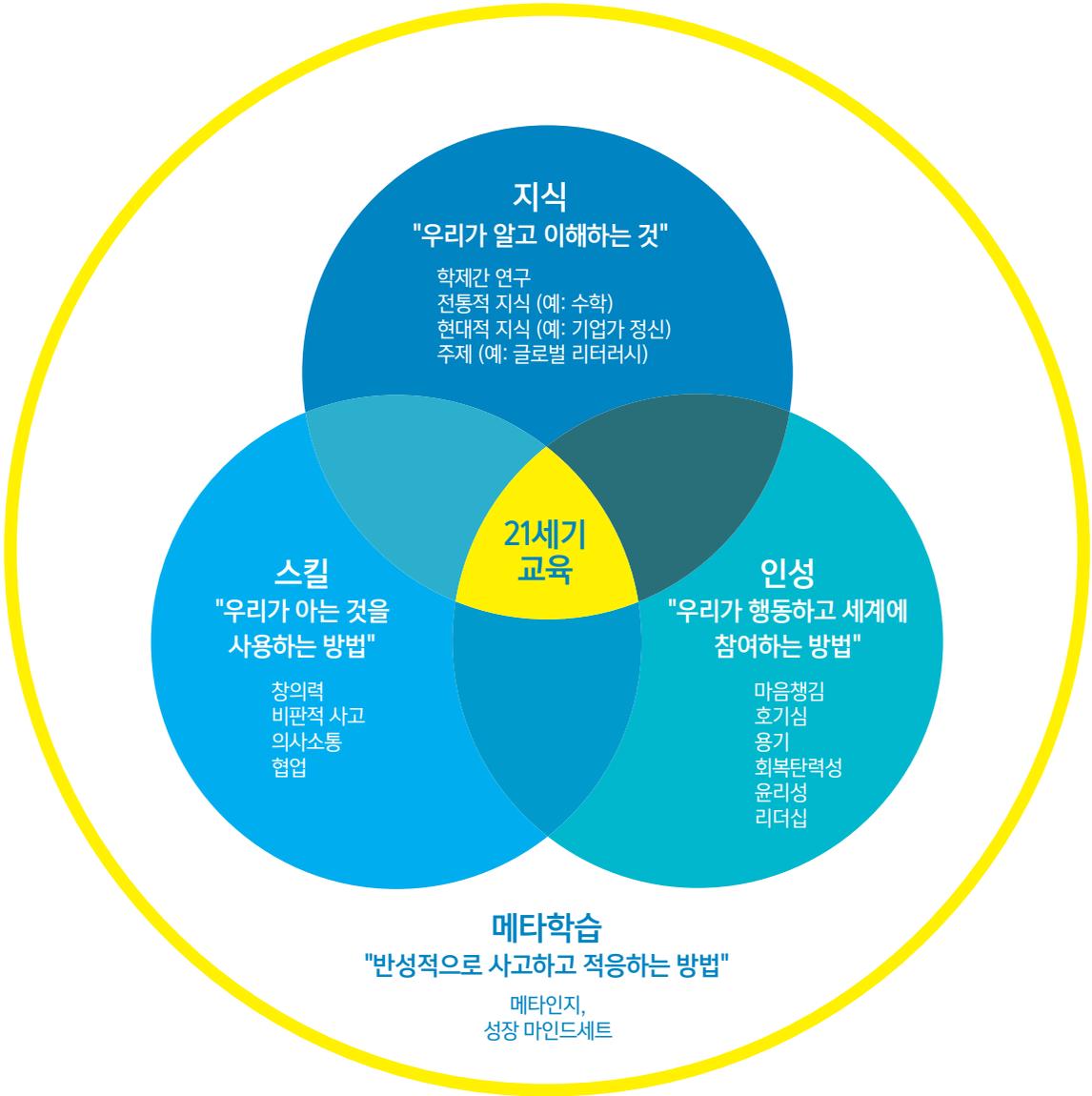
한국공학한림원은 2017년 공과대학 교수를 대상으로 우리나라 미래 공학교육을 위해 가장 중요한 인재상에 대해 설문조사를 한 결과 '다른 분야와의 소통과 협력'이 29.2%로 가장 높았고 그다음으로 '창의적 사고능력'이 24.7%, '다른 분야의 지식활용 능력'이 12.4%, '시스템적 사고능력'이 10.1%의 순으로 나타났다. 우리나라 공과대학 교수들도 4차 산업혁명 시대에 다른 분야와의 소통과 협력, 창의적 문제해결 능력의 중요성을 인식하고 있음을 확인할 수 있다.



<그림 3> 미래 공학교육의 인재상

출처: 이재용 외, 「융합교육에서 찾는 공학교육의 미래」, 한국공학한림원, 2018, 39쪽

파델(Fadel) 외(2016)는 21세기에는 전문형 인재(specialist)도 다방면형 인재(generalist)도 아닌 다재다능한 인재(versatilists)가 필요하다고 주장한다. 그들은 계속해서 확장되어 가는 상황과 경험에 전문적인 스킬을 적용할 수 있으며 그 과정에서 새로운 역량을 습득하고 관계를 만들어 가며 새로운 역할을 맡게 된다. 그들은 끊임없이 적응하고 학습하며 성장하고 빠르게 변화하는 세계 속에서 자신을 차별화하고 필요하면 재차별화하는 능력을 가지고 있다고 보았다. 전통적으로 교육과정은 주로 내용 지식을 학습하는 데 중점을 두었지만 그 지식을 실제 사용하는 데 필요한 스킬과 동기부여, 회복 탄력성, 사회/정서적 능력과 같은 인성의 배양과 학생 스스로 반성하고 자기 주도적이며 숙련된 학습자로 성장하도록 돕는 메타학습 전략이 필요하다. 지식, 스킬, 인성, 메타학습의 4가지 차원이 상호 작용하는 21세기 교육 프레임워크는 아래 <그림 4>와 같다. 따라서 21세기 학습자를 만드는 교육훈련은 지식을 쌓고 스킬을 학습하며 인성 역량을 개발하고 메타학습 전략을 적용하는 활동을 포함해야 한다. 이를 위해 강의중심의 수업이 아닌 프로젝트 기반 학습, 탐구학습, 토론, 디자인, 공연, 탐험 등 다양한 방법으로 확대되고 있다. 휴렛재단의 심화학습 이니셔티브는 500여 개의 학교를 대상으로 한 연구 결과 아래 프레임워크를 기반으로 한 학습의 경우 학생들이 더 높은 학습 성과를 낸 것으로 밝혀졌다.



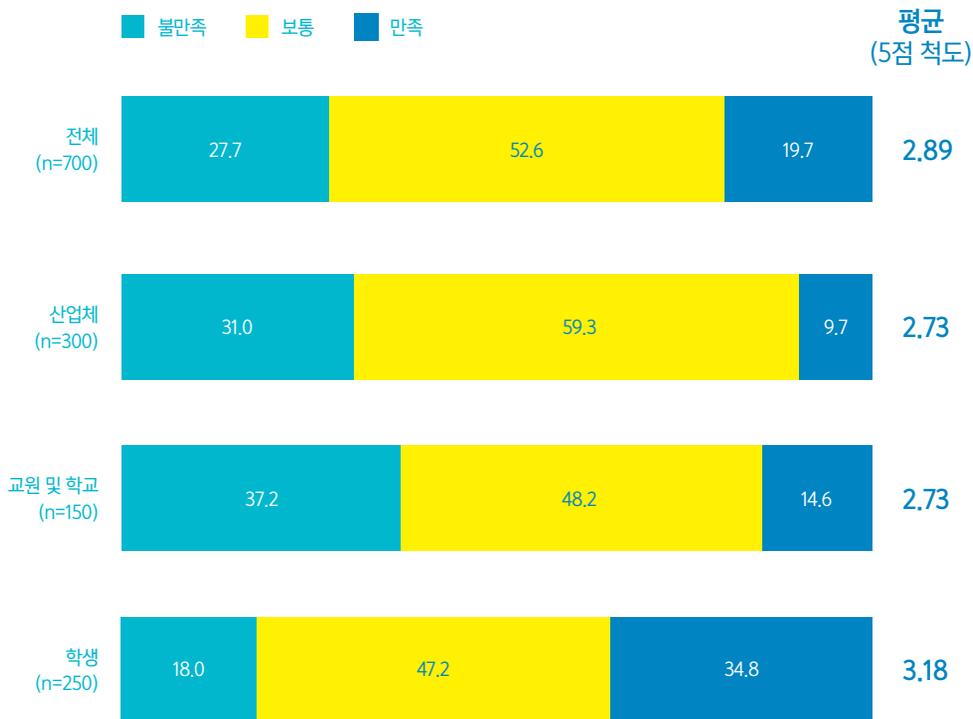
<그림 4> 21세기 교육 프레임워크

출처: 파델 외, 『4차원 교육 4차원 미래역량』에서 재인용, 2016, 101쪽

[제2절] 공학교육의 현실 및 4차 산업혁명을 위한 교육과정 개발

1. 교육기관과 산업체와의 공학교육에 대한 인식 차이

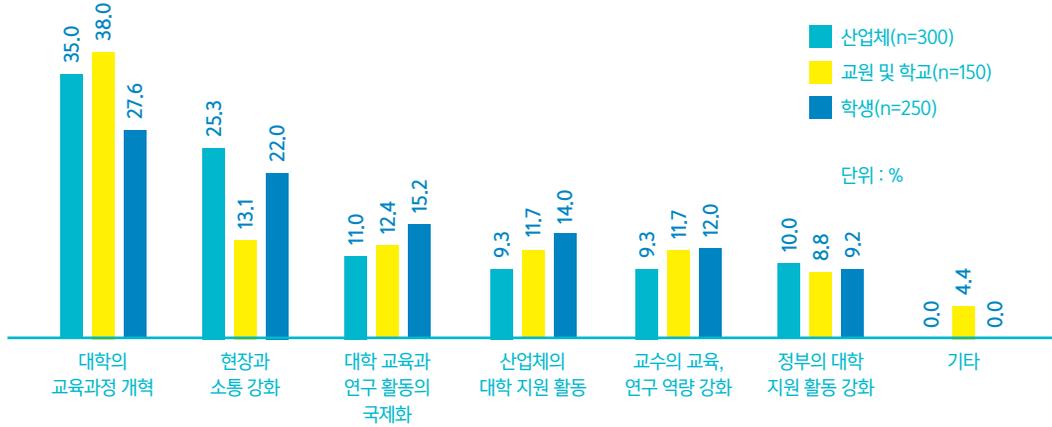
한국공학한림원(2015)은 ‘차세대 공학교육혁신 방안 연구’를 위해 산업체 종사자 300명, 교원 및 학교 종사자 150명, 전국 소재 대학생 250명 등 총 700명을 대상으로 공학교육에 대한 만족도와 개혁 방향을 조사하였다. 전체 참여자의 19.7%가 공학교육에 만족한다고 응답하였으나 산업체의 경우엔 만족한다는 응답이 9.7%로 가장 낮았다(<그림 5> 참조).



<그림 5> 공학교육에 대한 만족도

출처: 한국공학한림원 차세대공학교육위원회, 차세대 공학교육 혁신방안 연구, 2015, 209쪽

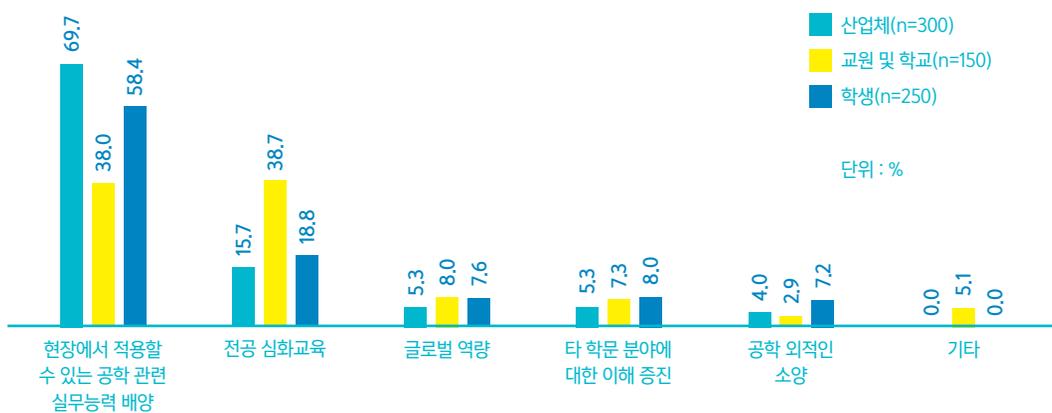
차세대 공학교육을 위해 가장 혁신이 필요한 분야로 산업체, 교원, 학생 모두 '대학의 교육과정 개혁'(33.0%)이라고 인식하고 있으며 그다음으로는 현장과의 소통 강화가 필요한 것으로 나타났다.



<그림 6> 공학교육에서 가장 혁신이 필요한 분야

출처: 한국공학한림원 차세대공학교육위원회, 차세대 공학교육 혁신방안 연구, 2015, 211쪽

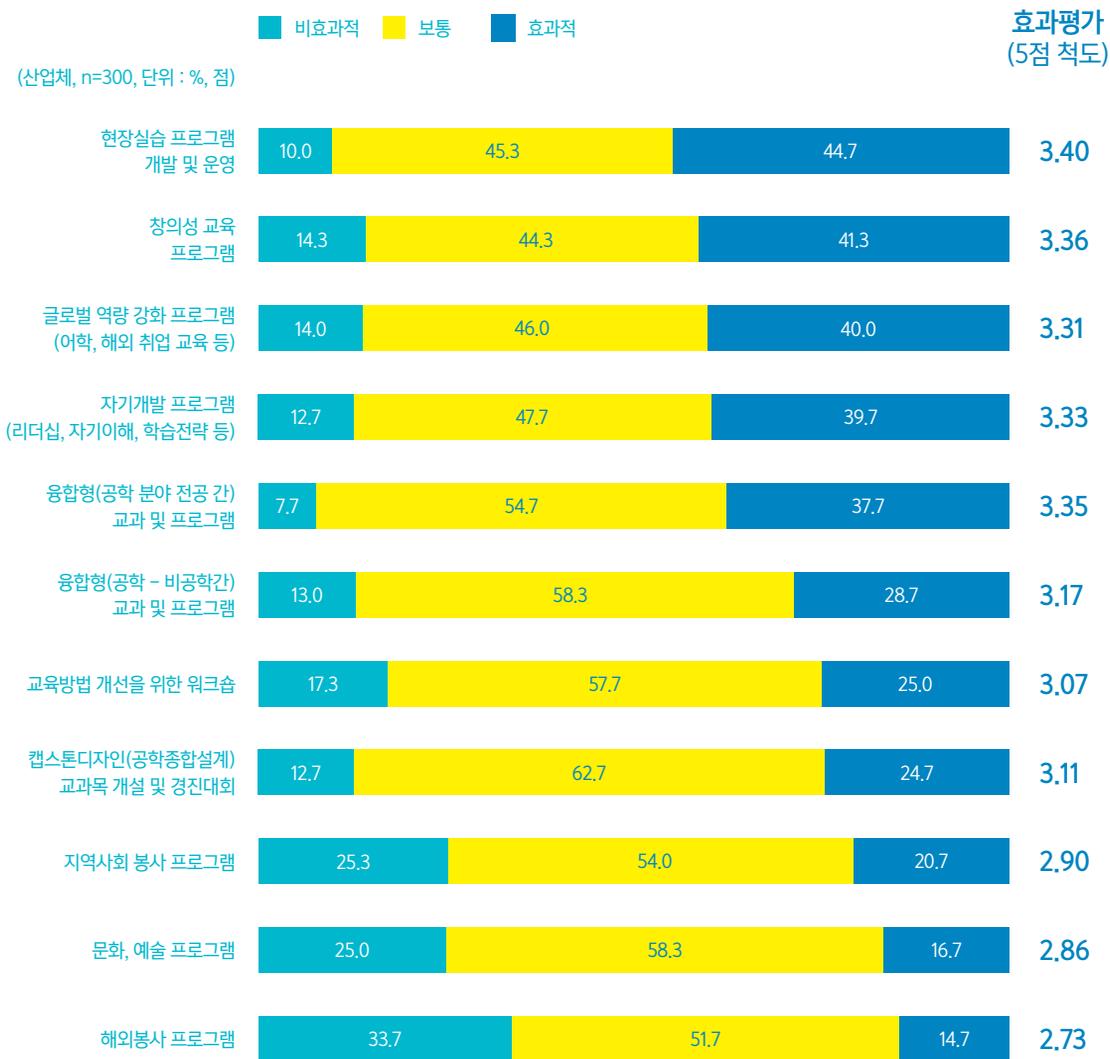
공학교육 중 가장 개선이 필요한 사항으로는 현장에서 적용할 수 있는 공학실무 능력 배양(58.8%)이 제일 많았고 그다음으로 전공심화 교육(21.7%), 글로벌 역량(6.7%)으로 나타났다.



<그림 7> 대학 공학교육 중 개선되어야 하는 부분

출처: 한국공학한림원 차세대공학교육위원회, 차세대 공학교육 혁신방안 연구, 2015, 218쪽

특히 산업체는 가장 효과가 있는 교육 프로그램으로 현장실습 프로그램 개발 및 운영, 창의성 교육 프로그램, 글로벌 역량 강화 프로그램, 자기개발 프로그램, 융합 프로그램의 순으로 인식하였다(〈그림 8〉 참조).

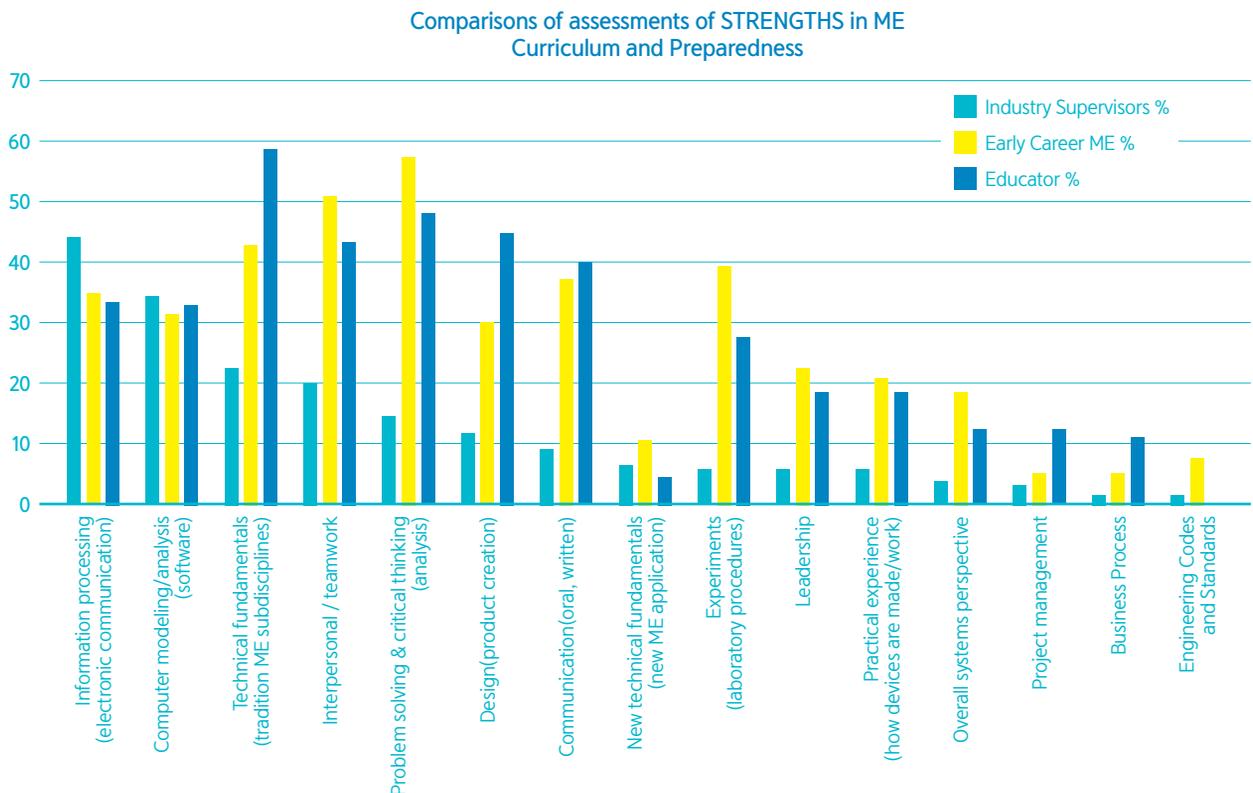


〈그림 8〉 산업체가 인식하는 효과적인 교육 프로그램

출처: 한국공학한림원 차세대공학교육위원회, 차세대 공학교육 혁신방안 연구, 2015, 231쪽 표를 그래프로 변경함

ASME 교육센터는 ASME Vision 2030을 위한 TF팀을 구성하고 기계공학 졸업생의 강점과 약점에 관해 산업체(산업체 관리자와 기계공학 초기 경력자)와 교육기관 관계자 등 3000여 명을 대상으로 설문조사를 진행하였다. 그 결과 산업현장 관리자와 고등교육기관 관계자의 교육에 대한 인식에서 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다(Danielson 외, 2011).²⁾

산업현장의 관리자들이 생각하는 미국 기계공학 졸업생의 강점과 준비도는 정보처리 능력, 컴퓨터 모델링과 분석, 전통기계 분야 기초학문, 팀워크 등의 순으로 높게 평가한 반면, 초기 기계공학 경력자는 문제해결 및 비판적 사고능력, 팀워크, 전통기계 분야 기초학문 순으로 공학교육 과정의 강점을 평가하였다. 그러나 고등교육기관 관계자들은 전통기계 분야 기초학문, 문제해결 및 비판적 사고 능력, 디자인(제품 제작) 등의 순으로 강점을 평가하였다(〈그림 9〉 참조).

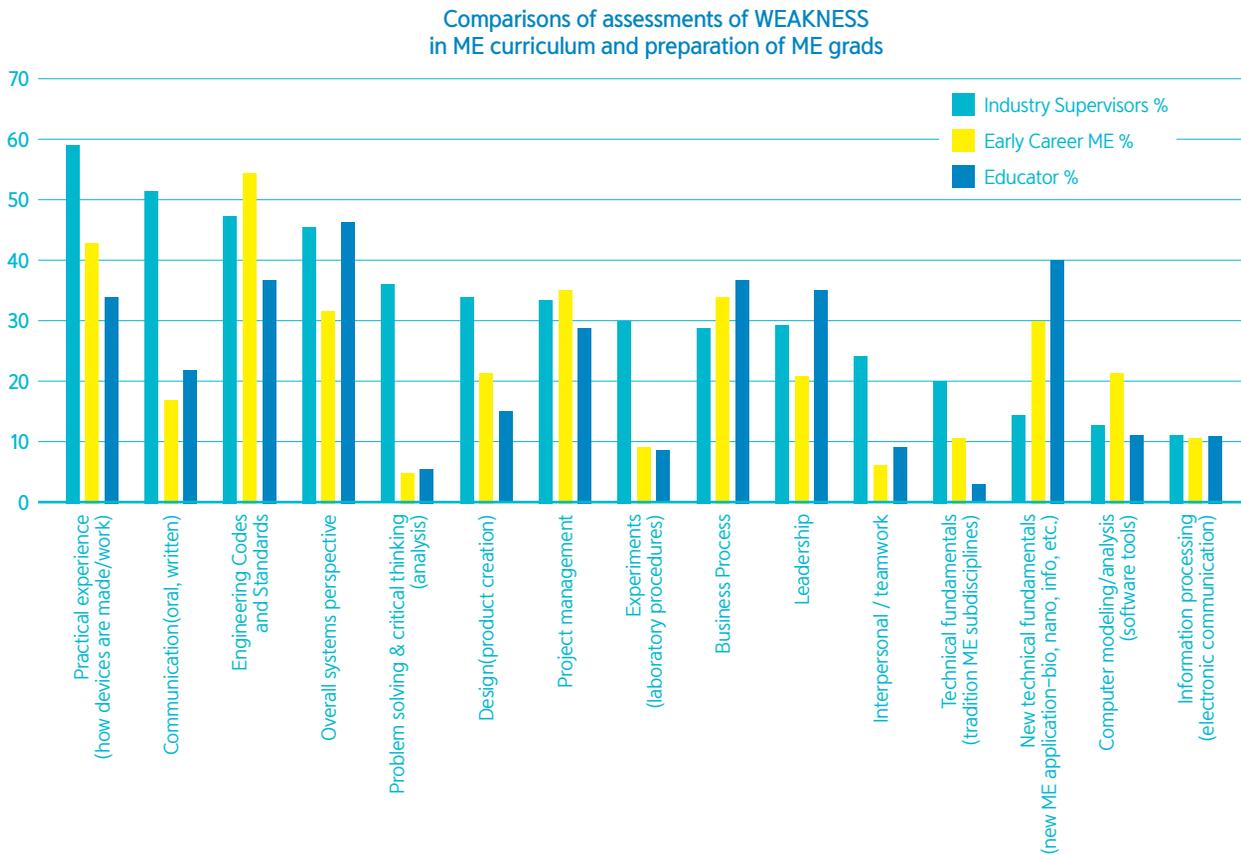


〈그림 9〉 미국 기계공학 교육과정 및 준비도의 강점에 대한 평가

출처: Danielson, S., & A. Kirkpatrick, Ervin, E., ASME Vision 2030: Helping to Inform Mechanical Engineering Education, 41th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 2011, T1J-3

2) 〈그림 9〉, 〈그림 10〉, 〈그림 11〉, 〈그림 12〉는 Danielson 외(2011)의 논문에서 인용한 것이다.

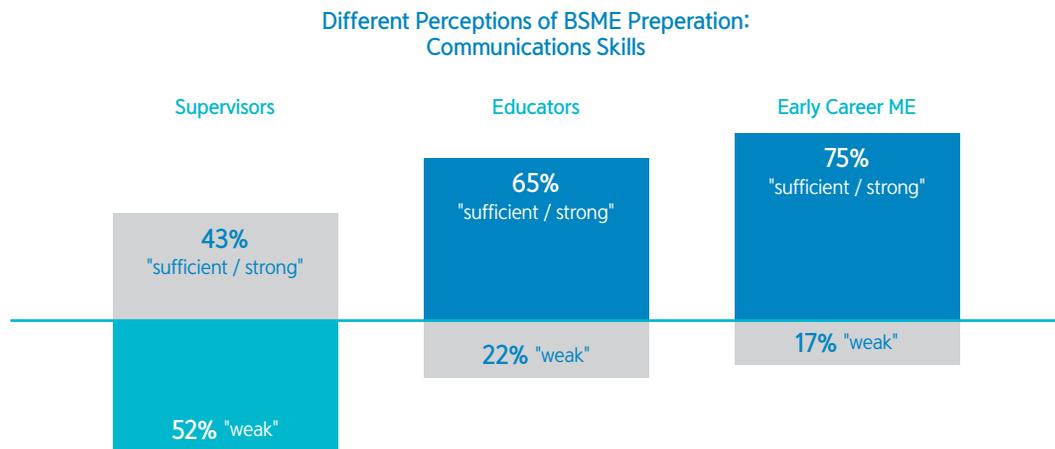
미국 기계공학 교육과정의 약점에 대해서는 산업현장의 관리자들은 디바이스가 어떻게 작동하는지에 대한 실제적 경험, 소통능력, 공학 코드와 표준, 시스템적 관점으로 나타난 반면, 초기 경력자들은 공학 코드와 표준, 디바이스가 어떻게 작동하는지에 대한 실제적 경험, 프로젝트 관리 능력, 비즈니스 과정 등으로 평가하였다. 그러나 고등교육기관의 관계자들은 시스템적 관점, 새로운 기술의 기초(바이오, 나노, 정보 등), 비즈니스 과정을 주요 약점으로 평가하였다.



<그림 10> 미국 기계공학 교육과정 및 준비도의 약점에 대한 평가

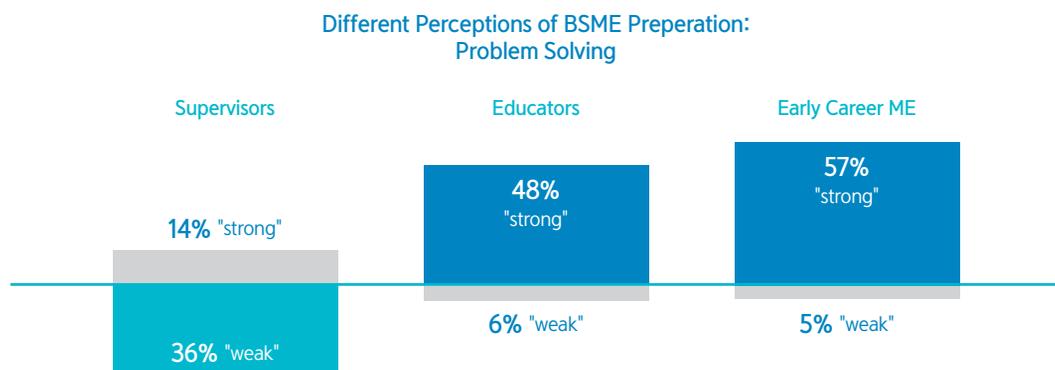
출처: Danielson, S., & A. Kirkpatrick, Ervin, E., ASME Vision 2030: Helping to Inform Mechanical Engineering Education, 4th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 2011, T1J-3

특히 소통 능력에 대한 산업체의 입장과 교육기관의 입장은 차이가 컸는데 산업체는 52%가 졸업생의 소통 능력이 약하다고 인식하는 반면, 고등교육기관 관계자는 65%가 충분하다고 인식하였다. 또한 문제해결 능력도 산업체의 36%가 약하다고 인식하는 반면 교육자와 초기 경력자들은 단지 5~6%만 약하고 48~57%는 강하다고 인식하고 있어 상당한 격차가 존재하는 것으로 보인다.



<그림 11> 기계공학 졸업생의 소통 능력에 대한 인식차

출처: Danielson, S., & A. Kirkpatrick, Ervin, E., ASME Vision 2030: Helping to Inform Mechanical Engineering Education, 41th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 2011, T1J-4



<그림 12> 기계공학 졸업생의 문제해결 능력에 대한 인식차

출처: Danielson, S., & A. Kirkpatrick, Ervin, E., ASME Vision 2030: Helping to Inform Mechanical Engineering Education, 41th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 2011, T1J-5

이상에서 볼 수 있는 바와 같이 국내와 미국 모두 산업현장에서는 실제적 경험이나 소통 능력, 문제해결 능력 등과 같이 현장에서 활용할 수 있는 실무 능력을 갖춘 인력을 요구하고 있음을 알 수 있다.

2. 국내외 4차 산업혁명 관련 교과목 개설의 현황³⁾

4차 산업혁명을 가능하게 하는 핵심기술은 인공지능이며 인공지능 시스템은 빅데이터를 기반으로 기계학습(machine learning)을 통해 설계되므로 기계학습은 필수적으로 다루어져야 한다. 그러나 현재 국내에서는 기계학습을 주로 대학원에서 가르치고 있으며 학사 수준에서는 대부분 가르치지 않고 있다. 그 이유로는 기계학습을 배우기 위해서는 확률통계, 선형대수, 벡터공간 최적화, 랜덤 프로세스가 요구되나 이런 과목들이 대학원에서 개설되고 학부에서는 전통적인 미분방정식 중심의 아날로그 시스템에 대해 교육하므로 배우기가 쉽지 않다. 또한 학부 저학년 학생들은 코딩 기술이 부족하고 Matlab과 C언어를 주로 사용하는 데 반해 기계학습은 Python을 주로 사용하므로 효율적 코딩을 위해 Python 기반의 TensorFlow 사용법을 학부 저학년에 미리 배워야 한다. 더불어 기계학습은 실습이 필요한데 이를 위해서는 전산장비가 갖추어진 실습 환경과 지원 조교가 필요해 대학 입장에서는 경제적 부담이 크다(이용훈 외, 2018).

사이버물리 시스템(Cyber-Physical System)은 4차 산업혁명 시대에 새로운 가치를 창출하는 핵심요소이다. 4차 산업혁명 시대의 엔지니어는 사이버적인 소프트웨어/하드웨어뿐만 아니라 물리적 시스템 모델링, 신호처리, 제어, 에너지 등에 대한 지식이 필요하다. 그러나 학부과정에서 사이버물리 시스템 교육을 운영하는 데는 어려움이 있다. 첫째 기계학습은 사이버물리 시스템의 핵심기술인데 앞에서

언급한 것과 같은 이유로 주로 대학원에서 개설하고 있어 학부생들이 배우기에는 한계가 있다. 또한 드론, 자율주행차와 같은 사이버물리 시스템을 교육하기 위한 교재와 실습장비도 부족하다. 학생들은 기존의 아날로그적인 물리 시스템과 최신의 디지털 시스템을 모두 수강해야 하므로 수강 부담이 커지게 된다. 따라서 필수과목을 줄여 학생들의 선택 폭을 확대해 강의 부담을 완화시킬 필요가 있다.

미국의 National Academies Press(2016)가 발간한 A 21st Century Cyber-Physical System Education에 관한 보고서는 미국에서 개설하고 있는 교육과정에 대한 예시 자료를 제시하고 있다. <표 4>에서 볼 수 있는 바와 같이 대체로 석사과정에서 개설되고 있다. NSF와 같이 국가적 차원에서 교육과정을 연구하고 안내하는 것 외에 각 대학별로도 4차 산업혁명과 관련된 교과목을 개발하고 있다. 대표적으로 카네기멜런대학에서 다음과 같은 과목이 개설되고 있다.

- Special Topics: Additive Manufacturing for Engineers
- Special Topics: Gadgetry-Sensors, Actuators, and Processors
- Special Topics: Robotic Systems and Internet of Things

3) 여기서는 National Academies Press의 A 21st Century Cyber-Physical System Education(2016)과 이용훈 외의 「4차 산업혁명을 위한 공학교육: 기계학습 및 사이버물리시스템 교육 방안」(『2017 인재양성위원회 보고서』, 한국공학한림원, 2018)의 자료를 요약한다.

우리나라의 경우 연세대학교 기계공학과와 같은 예를 보면 전통적인 4대 역학 과목인 고체역학, 열역학, 유체역학, 동역학을 기반으로 설계 및 생산, 열전달, 기계진동, 제어공학 등의 핵심 교과목을 개설해 운영하며 더불어 나노 및 마이크로 공학, 생체공학, 광공학 등을 아우르는 융합분야 교과목을 운영하고 있다. 이들 교과목은 대부분 사이버물리 시스템 교육을 병행해 수업을 진행하며 공통적으로 수치해석 과목 이수를 통해 기본적인 사이버물리 시스템 교육을 이수할 수 있도록 커리큘럼이 구성되어 있다. 특히 창의설계 2 교과목에서는 이론 교과목에서 배운 내용을 기반으로 CFD, ANSYS Mechanical 등 수치해석 기법을 이용해 제품 설계를 수행한다.

<표 4> 미국 대학에서의 CPS 관련 교과목 운영 사례

University / Department	Sample Courses	Name of Degree
University of Pennsylvania Department of Computer and Information Science	CIS 540: Principles of Embedded Computation CIS 541: Embedded Software for Life Critical Applications	M.S in engineering in embedded systems
Illinois Institute of Technology College of Science	CS 556: Cyber-Physical Systems: Languages and Systems CS557: Cyber-Physical Systems: Networking and Algorithms	Master's in computer science with a specialization in cyber-physical systems
University of Colorado, Boulder Department of Electrical, Computing and Energy Engineering	ECEN 5613: Embedded System Design ECEN 5023: Mobile Computing and IoT Security	Professional master's program(30 hours) or certificate(9 hours) in embedded systems engineering
Iowa State University College of Engineering	CprE 558: Real Time Systems CprE 588: Embedded Computer Systems	Embedded systems graduate certificate
University of Illinois College of Electrical and Computer Engineering	ECE 486: Control Systems CS 431: Embedded Systems	Undergraduate concentration in cyber-physical systems
New York University School of Engineering	CS 2204: Digital Logic and State Machine Design EL 5483: Real Time Embedded Systems	Undergraduate computer science degree with a concentration in computer hardware and embedded systems
University of California, Berkeley	EECS 149.1x: Cyber Physical Systems	Open Access online course

출처: A 21st Century Cyber-Physical System Education, National Academies of Press, 2016, 36쪽

[제3절] 4차 산업혁명을 대비한 해외 교육개혁 모델

4차 산업혁명을 가능하게 하는 핵심기술은 기계학습(machine learning)을 기반으로 한 인공지능이다. 2006년 캐나다 토론토대학의 힌턴(Hinton) 교수가 소개한 deep learning 기법과 그 이후에 제안한 다양한 심화학습 기법이 음성, 영상, 문장 등의 인식 성능을 획기적으로 향상시켜 인공지능의 실용화를 가능하게 하였다. 인공지능은 공학뿐 아니라 의료, 금융 등 사회 전반으로 확산되고 있다. 인공지능 시스템은 빅데이터를 기반으로 하는 기계학습을 통해 설계되므로 기계학습은 앞으로 공학교육에서 필수적으로 다루어져야 할 것이다.

또한 4차 산업혁명 시대에는 자율주행차와 같은 인공지능을 가진 기계가 보편화될 것이다. 사이버물리 시스템으로 불리는 인공지능 기계는 물리공간의 정보를 사물인터넷 등을 통해 취합한 후 사이버 공간의 인공지능에서 판단해 실시간으로 기계를 제어하게 된다. 이에 따라 사이버물리 시스템의 설계자는 물리적 설계 지식뿐 아니라 사이버적인 설계 지식도 겸비해야 하므로 공학교육에서 사이버물리 시스템 설계 교육이 강화되어야 할 필요가 있다.

National Academies Press(2016)가 발표한 A 21st Century Cyber-Physical System Education에서 제시하는 기계공학에서 개설할 수 있는 CPS 관련 과목은 아래 <표 5>와 같다.

일본의 경우도 4차 산업혁명을 대비한 인재 양성을 위해 국가적 차원에서 적극적으로 노력하고 있다. 문부성은 대학이나 기업의 재직자들로 구성된 대학 공학교육의 발전

방향을 위한 검토위원회를 설치해 공학교육의 현황 분석 및 발전 방향에 대한 대안을 제시하였다. 위원회는 현장 기반의 실학을 추구하는 귀납적 교육으로부터 새로운 가치를 창출할 수 있는 혁신 중심의 연역적 교육체계로 변환하여야 한다고 주장하였다. 해당 분야의 전문가를 양성하기 위해서는 현재의 학과나 전공 편성 방식으로는 미래사회가 요구하는 다수의 구성요소로 이루어진 system of systems를 다루는 인재를 양성할 수 없다고 보았다. 따라서 위원회는 이러한 문제점을 해결하기 위해 ICT 기술 기반의 다양한 서비스를 활용해 제조업과 비제조업을 연결하는 능력, 다양한 시스템을 실시간으로 연결하는 능력, 사이버 공간상에서 모델링을 기반으로 시스템을 실증-예측-최적화할 수 있는 CPS 활용 능력의 중요성을 강조하였다. 이와 더불어 공학적 가치를 이해하고 자율적으로 배우는 역량과 함께 과학적인 원리와 원칙을 깊이 이해하는 능력, 문제발견 능력, 아이디어 도출 능력, 과제 설정 및 수행 능력 등 기본 역량 교육의 중요성도 강조하고 있다. 이를 위한 대학과 기업에서 중요한 전공기초 과목은 역학, 통계, 과학기초 실험, 실습 등의 과목이며 아래 <그림 13>과 같다.

<표 5> CPS를 강조하는 기계공학 학부 교육과정 모델

Model for 4-year Undergraduate Degree in Mechanical Engineering with CPS Emphasis

Math and Natural Science(9 courses)

- Calculus I
- Calculus II
- Vector Calculus
- Differential Equations
- Linear Algebra
- Probability and Statistics
- Physics I(Mechanics and Dynamics)
- Physics II(Electricity and Magnetism)
- General Chemistry

Traditional Mechanical Engineering Courses(13 courses)

- Introduction to Engineering Graphics and Design
- Mechanics I: Statics
- Mechanics II: Dynamics
- Solid Mechanics
- Fluid Mechanics
- Thermodynamics
- System Dynamics
- Engineering Material Science
- Experimental Techniques Laboratory
- ME systems Laboratory
- Heat Transfer
- Design, Materials and Manufacturing
- Engineering Economy

CPS-Related Courses in Current ME Curricula(5 courses)

- Introduction to Computing
- Circuits and Electronics
- Computational Methods in Engineering
- Instrumentation and Electrics Laboratory
- Capstone Design(with CPS-focused project)

Technical Electives that Could Focus on CPS(5 courses)

Proposed new CPS-centric electives:

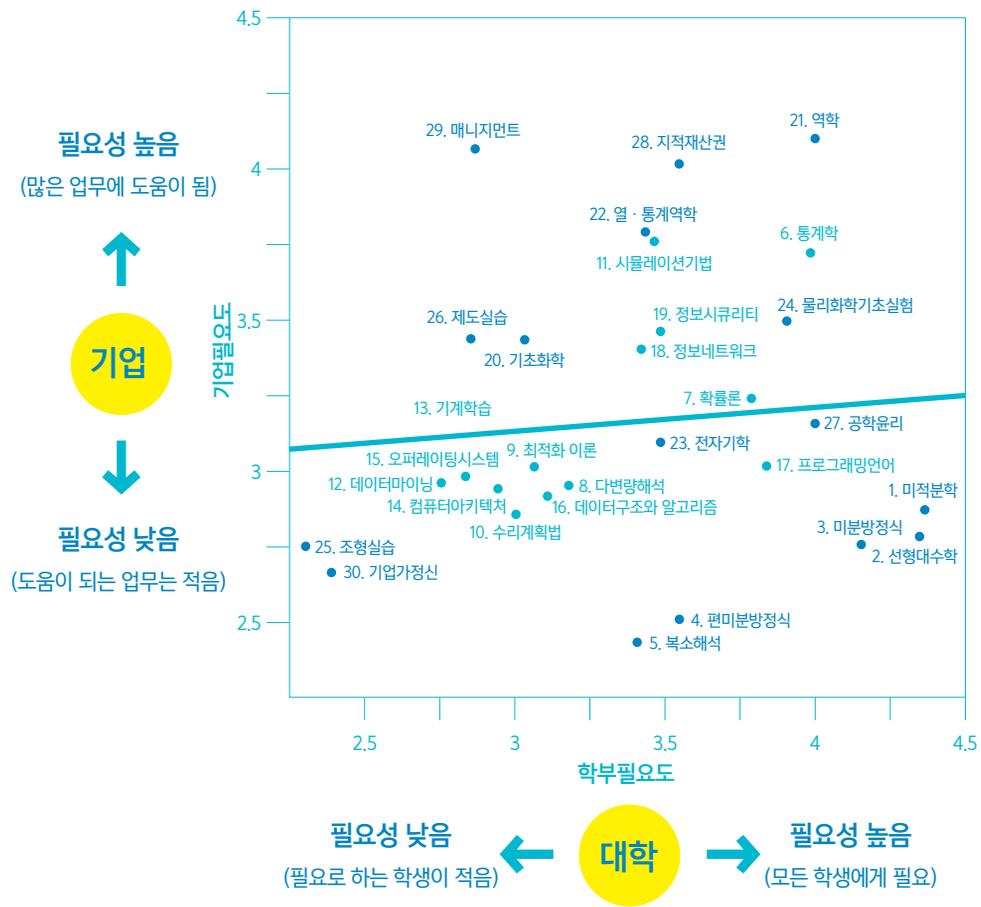
- Principles of CPS
- Network-embedded systems programming
- Signals and Systems
- Control of Dynamic Systems
- Model-Based Systems Engineering

Examples of CPS-related electives in current ME curricula:

- Modeling and Control of Motion Control
- Microprocessor Control of Manufacturing Systems
- Robotics
- Bio-Inspired Design
- Design Across Disciplines
- Biomedical Instrumentation
- Mechatronics
- Sensor Networks

출처: A 21st Century Cyber-Physical System Education, National Academies of Press, 2016, 46~47쪽

4차 산업혁명 시대의 급변하는 상황에서 미국과 일본은 거시적 관점에서 Top-down 방식으로 공학교육의 개선을 위해 노력하는 데 비해 우리나라는 개별 대학 차원에서 교육혁신의 방향을 고민하고 그 아이디어를 재정지원 사업을 통해 Bottom-up 방식으로 추진하고 있다. 사회와 산업구조의 패러다임이 전환되는 시점에 공학교육의 개혁을 각 대학에만 맡겨둘 것이 아니라 보다 범국가적인 차원의 대응이 필요하다(김재효·이재응, 2018).



<그림 13> 전공기초 교과목의 대학-기업 중요도(수리, 데이터과학, 학부공통기초과목 중심)

출처: 2016년 문부과학성 '이공계 프로페셔널 교육추진 위탁사업: 공학 분야에서의 이공계 인재 육성의 이상모델에 관한 조사 연구', 김재효·이재응, 『기계저널』, 2018, 41쪽에서 재인용

03

연구 결과

이번 연구는 4차 산업혁명 시대를 맞이해 기계공학의 변화와 일의 세계를 전망하고 요구되는 핵심역량을 선정해 이에 적합한 교육과정 개발과 교육방법을 제안하는 데 목적이 있다. 이를 위해 기계공학 전문가 집단을 대상으로 3차에 걸친 델파이 조사 결과 미래 변화에 대한 전망 14항목, 미래 기계 분야의 직업 전망 7항목, 필요한 역량에 대한 전망 12항목, 미래 교육과정에 대한 전망 13항목, 교육방법에 대한 전망 8항목 등 총 54개의 항목을 선정하였다. 이는 참여한 전문가 집단 20명에 대해 CVR(Content Validity Ratio: 내용타당도 비율) 값 0.42를 기준으로 채택하였다.

[제1절]

가까운 미래 기계공학 분야에서 예상되는 변화

[제2절]

가까운 미래 기계공학 분야의 직업 전망

[제3절]

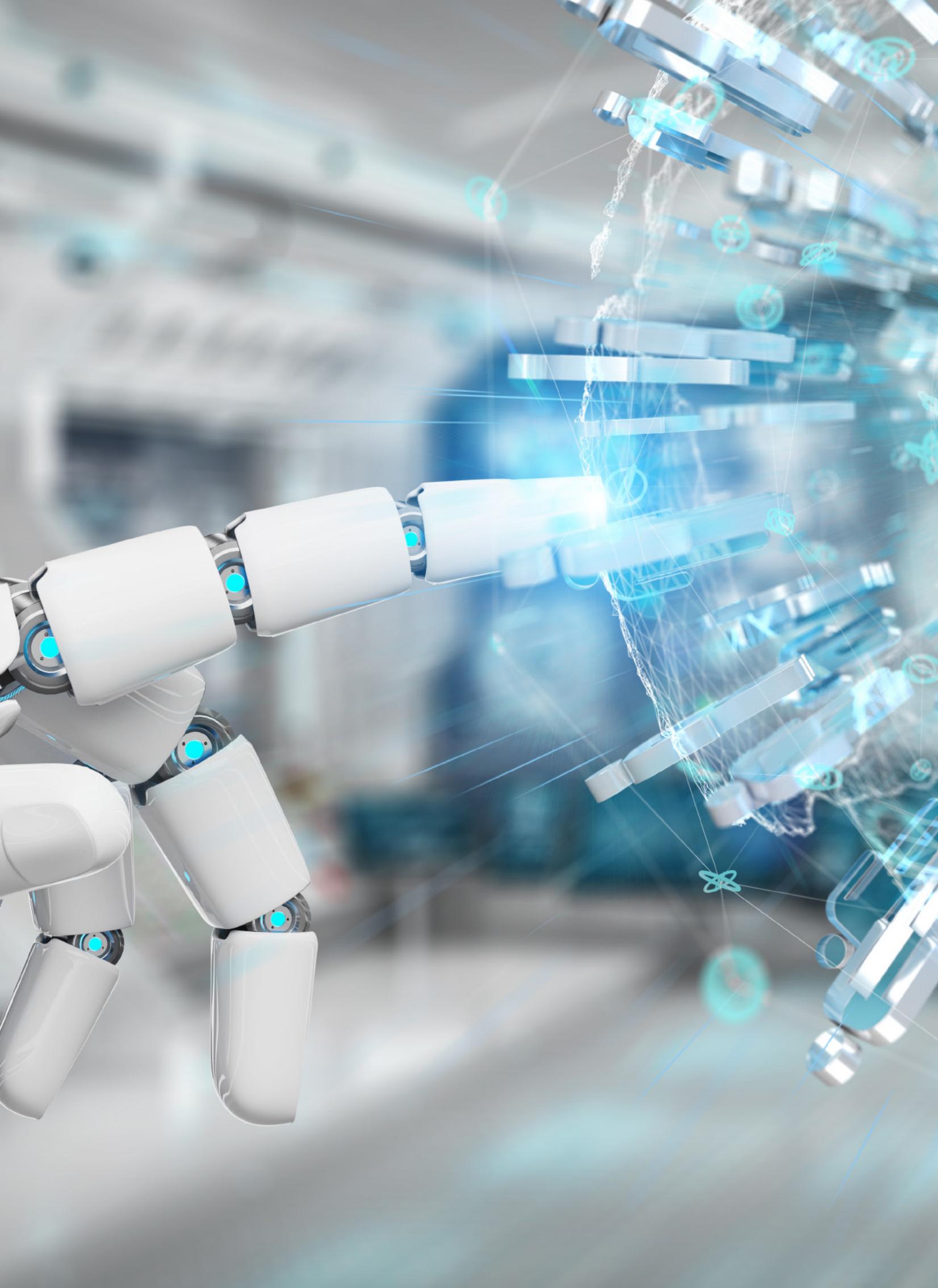
가까운 미래 기계공학 분야에서 필요한 직업 역량

[제4절]

가까운 미래 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정

[제5절]

가까운 미래 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육방법



[제1절] 가까운 미래 기계공학 분야에서 예상되는 변화

가까운 미래에 기계공학 분야에서 예상되는 변화로는 14개 항목이 채택되었다. <표 6>에서 볼 수 있는 것과 같이 ‘기계장치에 계측 센서(온도, 압력, 유량, 진동, 성분 등)를 부착해 상황 인지의 기능화’(4.9/5점 만점)가 가장 높았고, 다음으로 ‘기계공학에서 컴퓨터 응용 분야 발달’(4.6/5점 만점), ‘고객 요구와 기계장치 상태에 따른 운전의 유연화(flexibility)와 최적화(optimization) 능력’(4.4/5점 만점)이 가능성 높은 항목으로 선정되었다. 더불어 ‘기계학습(Machine Learning)의 활용 증대’(4.3/5점 만점), ‘인공지능을 탑재한 로봇의 수요 증대 및 본격적인 활용’(4.3/5점 만점), ‘System Engineering의 중요성 증대’(4.3/5점 만점), ‘필요한 시간에 전기를 생산하고 전기를 모아둘 battery 기술 발전’(4.3/5점 만점) 등이 같은 순위로 나타났다. 이와 더불어 ‘물리현상에 기반하는 기계공학의 근본은 변하지 않는다’는 의견도 채택되었다(4.3/5점 만점).

<표 6> 가까운 미래(5~10년 내) 기계공학 분야에서 예상되는 변화

항목	3차 델파이 분석 결과				
	순위	평균	표준편차	CVR	
1	기계학습의 활용 증대	4	4.3	0.61	0.86
2	Multi-physics 해석 증대	12	3.9	0.73	0.43
3	정교하고 정확한 대규모 시뮬레이션 활용	14	3.8	0.58	0.43
4	Statistics-based Analysis and Control 증대	9	4.1	0.77	0.57
5	기계공학에서 컴퓨터 응용 분야 발달	2	4.6	0.51	1.00
6	산업경영, 문학, 예술 등 비공학적인 분야와 접목 증대	16	3.6	0.74	0.29
7	전공보다 Domain Expert 및 Domain Knowledge가 점점 더 중요해짐	8	3.1	0.83	-0.29
8	인공지능을 탑재한 로봇의 수요 증대 및 본격적인 활용	4	4.3	0.83	0.86
9	기계장치에 계측 센서(온도, 압력, 유량, 진동, 성분 등)를 부착해 상황 인지 기능화	1	4.9	0.28	0.86
10	고객 요구와 기계장치 상태에 따른 운전의 유연화와 최적화	3	4.4	0.51	0.86
11	플랜트 전체 공정의 자동화(autonomous)	14	3.8	0.60	0.29

12	소량 주문생산 방식이 더 많은 부가가치를 창조할 것으로 예상되어 생산 기술보다 디자인 기술이 더 중요해짐	16	3.6	0.65	0.29
13	복합적인 기능을 갖는 complex system 설계로 기존 제품의 성능 확장, 수명 연장, 유지 보수, 산업 성능 확장	10	4.0	0.41	0.71
14	System Engineering의 중요성 증대	4	4.3	0.47	1.00
15	복잡한 기계부품들이 점차 전기적인 요소들과 결합해 전통적인 기계요소 관련 분야의 학문적인 위상 변화	10	4.0	0.39	0.86
16	기계공학, 전기전자공학, 컴퓨터공학 등과 같은 기존의 전공 구분은 의미가 없으며 다양한 분야와 융합 확대	16	3.6	0.76	0.14
17	다양한 에너지원을 개발하고 효율적 에너지 생산 분야가 점점 더 성장 발전	12	3.9	0.62	0.57
18	필요한 시간에 전기를 생산하고, 그 전기를 모아둘 battery 기술 발전	4	4.3	0.61	0.86
19	고속/대용량, 고효율, 저비용, 친환경 물류시스템 수요 증대	16	3.6	0.74	0.29
20	나노/바이오 분야 확대	17	3.4	0.63	-0.14
21	물리현상에 기반하는 기계공학의 근본은 변하지 않음	4	4.3	0.73	0.71

전문가 그룹에서는 기계공학의 미래 변화에 대한 예측으로 다음과 같은 의견을 제시하였다.

“Physical domain의 analog 물리량과 Cyber domain의 digital data의 상호 연결, 융합이 가속화할 것으로 생각합니다. 한 예로서, 제조현장에서는 제조공정과 ICT의 융합이 한층 강화될 것이고, 융합을 구성하는 모든 물리량과 관련된 신호, 정보의 전환, 전송 과정, 이들 신호에 기반을 둔 distributed, intelligent 제어에서 기계공학자가 관여할 수 있을 것으로 기대합니다. 특히 analog 물리량을 digitize하는 과정에서 필요한 센서 신호 취득 및 전환, 분석 작업이 기계공학에서 중요한 기술적 이슈로 대두되고 있습니다.”

“데이터 저장 또는 처리 능력이 해마다 증가되는 비율에 비해 배터리의 에너지 저장 밀도 또는 충전 속도는 그만큼 빠르게 늘지 않는 것에서 알 수 있는 것처럼, 신호 분야와 에너지 분야는 변화 속도에 차이가 있습니다. 신호 분야의 빠른 변화 속도는 4차 산업혁명을 견인하지만, 에너지 분야의 느린 변화 속도는 기계공학 분야가 발을 맞추어야 할 속도입니다.”

“공장에 설치된 기계장치와 공정 프로세스는 제어기술을 이용해 부분적으로 자동화해 운전하고 있으나, 4차 산업혁명 시대에는 플랜트 전체 공정을 완전자동화(autonomous)하고, 제품에 대한 고객 요구와 기계장치 상태에 따라 운전을 유연화(flexibility)하고 최적화(optimization)합니다.”

“에너지 플랜트, 수송기계, 항공, 군수산업 등 product life가 긴 중·장대형 산업 분야의 비중이 한국보다 큰(한국은 product life가 짧은 ICT 분야의 비중이 큰 것으로 짐작됨) 오스트레일리아의 경우 엔지니어가 수행하는 업무의 70%는 새로운 제품 개발과 관련된 것이 아니고, 기존 제품의 확장, 수명 연장, 유지보수와 관련된 maintenance engineering입니다. Maintenance engineering이라고 해도, 주체는 설계 능력을 갖춘 엔지니어가 될 수 밖에 없습니다. 기계공학에서 그동안 다루었던 전통적인 산업에 ICT가 접목되면 기능이 보다 밀접하게 상호 연결되고, 보다 복합적인 기능을 갖는 complex system을 설계해야 할 것으로 예상합니다.”

“사회와 산업이 복잡해짐에 따라 기계공학에 요구되는 공학적 해결 방안에 비공학 분야의 지식이 필요할 것으로 생각됩니다.”

“The fundamental knowledge of mechanical engineering, especially dealing with problems with moving things, is always very important. Mechanical engineers definitely should keep abreast of the times with the newly developing fields, such as nano/micro, biomedical technologies, AI methods including machine learning, IoT, big data science. They should keep their mind open and always try to think how they can adopt the new technologies into their designs, problem solving, and or inventing new products”.

[제2절] 가까운 미래 기계공학 분야의 직업 전망

가까운 미래에 기계공학 분야에서 예상되는 직업 전망으로는 7개 항목이 채택되었다(〈표 7〉 참조). 첫째 ‘기계공학을 기반으로 다른 첨단 분야에 대한 이해를 가진 인력 수요가 증가할 것이다’(4.6/5점 만점)가 가장 높았고, ‘기계공학 내에서 새로운 분야가 점점 더 확대될 것이다’(4.4/5점 만점), ‘기계 분야의 항공우주산업, 드론, 로봇, 플랜트 등이 지속적으로 발전할 것이다’(4.3/5점 만점), ‘전통적인 기계 분야에 머물러 있다면 위기일 수 있다’(4.2/5점 만점)는 우려도 있었으나 ‘기계공학 분야의 직업 전망은 긍정적이다’(4.1/5점 만점)라는 의견도 공존하였다. 앞으로 ‘기계공학 엔지니어는 복잡한 시스템을 다루는 매니저로서 역할을 하게 될 것이다’(4.0/5점 만점)와 같이 기계공학 엔지니어의 역할이 변화할 것을 예측할 수 있다.

〈표 7〉 가까운 미래(5~10년 내) 기계공학 분야의 직업 전망

항목	3차 델파이 분석 결과				
	순위	평균	표준편차	CVR	
1	기계공학 분야의 직업 전망은 긍정적이다.	5	4.1	0.36	1.00
2	기계공학 내에서 새로운 분야가 점점 더 확대될 것이다.	2	4.4	0.63	0.86
3	기계공학 엔지니어에 대한 수요는 점점 더 많아질 것이다.	8	3.6	0.65	0.00
4	기계공학을 기반으로 다른 첨단 분야에 대한 이해를 가진 인력 수요가 증가할 것이다.	1	4.6	0.50	1.00
5	기계공학 엔지니어는 복잡한 시스템을 다루는 매니저로서 역할을 하게 될 것이다.	6	4.0	0.68	0.57
6	글로벌 시장의 수요가 증가할 것이다.	7	3.7	0.47	0.43
7	글로벌 시장에서 인력을 효율적으로 관리하는 일을 하게 될 것이다.	12	3.1	0.47	-0.71
8	스마트 팩토리는 미래 기계공학자가 주도할 분야이다.	8	3.6	0.65	0.29
9	기계 분야의 항공우주산업, 드론, 로봇, 플랜트 등이 지속적으로 발전할 것이다.	3	4.3	1.07	0.86
10	기계공학 엔지니어의 컨설팅, 설비관리, 금융 보험 서비스 분야의 수요가 있을 것이다.	11	3.3	0.47	-0.43
11	기존 제품의 성능 확장, 수명 연장 등에 대한 수요가 많아질 것이다.	10	3.4	0.63	-0.14
12	전통적인 기계 분야에 머물러 있다면 위기일 수 있다.	4	4.2	0.43	1.00
13	IT나 바이오에 비해 기계공학 분야의 임금은 상대적으로 높지 않을 것이다.	13	2.8	0.89	-0.86

기계공학의 미래 직업 전망에 대해 전문가 그룹은 다음과 같은 의견을 제시하였다.

“Analog 물리량을 디지털화하고, 요소를 연결하고, intelligent, autonomous operation이 가능하도록 하는 일련의 과정에서 볼 때 전기에 해당하는 analog 물리량을 digitize 하는 과정에서 필요한 센서 신호 취득 및 전환 과정에서 기계공학자가 할 일이 많이 발생할 것으로 짐작됩니다. 여기에 제어, autonomous decision making 구축에까지 관여할 수 있어야 부가가치가 올라갈 것으로 판단합니다.”

“Engineering Analysis Software가 많이 발전되고 기능이 향상됨에 따라 세계 어디서나 analysis 하는 것은 점점 쉬워집니다. 앞으로 상대적으로 인건비가 싼 지역에서 analysis가 가능한 전문 회사들이 많이 생길 것으로 예상됩니다. 앞으로는 세계적으로 가능한 인력을 효율적으로 관리할 엔지니어가 필요합니다. 문제를 전반적으로 이해하면서 어떠한 analysis를 해야 하는지 아는 엔지니어가 필요합니다.”

“제품 개발의 많은 영역이 가상 환경에서 이루어지므로 실물 평가의 비중이 줄어들고, 시험-평가 엔지니어의 역할이 가상 개발로 옮겨가고 있습니다. 실물 평가의 경우에도 자동화 툴의 활용이 늘고, 평가를 위한 로직 개발 등이 활발히 이루어지고 있습니다. 제품 설계자도 엔지니어링 환경 변화의 영향을 많이 받고 있습니다. 전통적인 캐드 작업과 해석 작업도 상당 부분 자동화 소프트웨어의 도움을 받을 수 있습니다.”

“전통적 기계공학 분야의 인력 수요가 일정 수준을 유지하고 있는 반면, 기계공학을 기반으로 첨단설계, 운영혁신, 디지털화, 알고리즘, 인공지능 등의 기술개발이 활발하게 진행되고 있어 탄탄한 인력 수요가 발생합니다. 다만 이 분야의 참여를 위해서는 디지털 분야에 대한 지식/경험을 필요로 합니다.”

“I think the most wanted engineers will those who possess very strong background yet keen to learn new things and adopt them in their work. Just knowing a lot of new terminologies or knowledge is not sufficient. Possessing strong fundamental engineering skills, curious mind, and patience is the key to be a good engineer”.

[제3절] 가까운 미래 기계공학 분야에서 필요한 직업 역량

가까운 미래에 기계공학 분야에서 예상되는 직업 역량으로는 12개 항목이 채택되었으며 <표 8>과 같다. 첫째 ‘협업 능력’(4.8/5 점 만점)이 가장 높았고, ‘복잡한 문제해결 능력’(4.7/5점 만점), ‘새로운 문제도출 능력’(4.6/5점 만점), ‘Self-learning 능력’(4.6/5점 만점), ‘창의력’(4.5/5점 만점), ‘다양한 분야에 대한 융합적 사고능력’(4.5/5점 만점), ‘커뮤니케이션 스킬(문서 작성 및 발표 등)’(4.5/5점 만점)이 필요한 역량으로 선정되었다. ‘system 이해 능력’(4.1/5점 만점), ‘Cyber-physics system에 대한 능력’(4.1/5점 만점), ‘빅데이터 이해 및 활용 능력’(3.9/5점 만점)도 필요한 역량으로 채택되었다.

<표 8> 가까운 미래 기계공학 분야에서 필요한 직업 역량

항목	3차 델파이 분석 결과			
	순위	평균	표준편차	CVR
1 새로운 문제도출 능력	4	4.6	0.63	0.86
2 복잡한 문제해결 능력	2	4.7	0.47	1.00
3 다양한 분야에 대한 융합적 사고능력	5	4.5	0.52	1.00
4 Self-learning 능력	3	4.6	0.63	0.86
5 창의력	5	4.5	0.65	0.86
6 협업 능력	1	4.8	0.43	1.00
7 커뮤니케이션 스킬(문서 작성 및 발표 등)	5	4.5	0.52	1.00
8 System 이해 능력	8	4.1	0.36	1.00
9 시뮬레이션 활용 능력	13	3.6	0.50	0.29
10 소프트웨어 알고리즘에 대한 이해 능력	13	3.6	0.94	0.29
11 빅데이터 이해 및 활용 능력	10	3.9	0.66	0.43
12 Cyber-physics system에 대한 능력	8	4.1	0.36	1.00
13 에너지 모니터링에 대한 지식	17	3.0	0.39	-0.86
14 새로운 소재와 재료의 응용 능력	11	3.8	0.43	0.57
15 경제성 평가에 대한 이해력	12	3.7	0.47	0.43
16 다른 문화에 대한 이해력	13	3.6	0.65	0.29
17 외국어 능력	13	3.6	0.50	0.29

기계공학의 미래 변화에 따른 직업 역량에 대해 전문가 그룹에서는 다음과 같은 의견을 제시하였다.

“세부 분야 중 어느 분야가 널리 사용될지 혹은 한 개인이 어느 분야의 직업을 가지게 될지 예측하는 것은 사실상 불가능하므로 과학적·기술적 사고력, 다분야 협업을 위한 협력적 업무추진 능력, 문서 작성 및 프레젠테이션을 통한 소통 능력 등 기본적 역량을 키우는 것이 필요합니다.”

“센서의 연결성이 강화되고, 연결된 센서에 의해 생성된 데이터가 digitize 됨에 따라 기계공학자가 해결해야 할 문제의 복잡성(complexity)이 증대됩니다. 여러 요인이 연결되고 상호 작용하며, 각 요인의 특성을 명확하게 정의하기 어려운 complex problem을 해결하려면, 공학지식 응용 능력 이외에도 불확실한 상황에서 다양한 관점을 가진 이해당사자와 협력해 대응책을 모색할 수 있는 soft skills 능력을 갖추는 것 또한 중요할 것으로 전망합니다.”

“제품 개발의 많은 영역이 가상 환경에서 이루어지므로 가상 환경 툴에 대해 익숙해질 필요가 있고, 또한 가상 환경과 실물 환경 간 연결 고리를 이해할 필요가 있습니다. 실물 환경에서 신호의 획득과 이를 가상 환경에 연결하는 것, 가상 환경의 결과로 실물 환경을 제어하는 것, 가상 환경과 실물 환경의 차이를 이해하는 것 등과 관련해 많은 전문 지식을 학습할 필요가 있습니다.”

“기계산업 분야에는 Digitalization, Simulation, 3D, AR, VR 등의 기술이 도입되고 전통적 제조방식을 뛰어넘는 적층제조 기술이 실용화됨에 따라, 기업은 기술경쟁력 확보를 위해 이들 최신기술을 도입 또는 선도할 수 있는 기계공학 엔지니어의 역량이 필요합니다.”

“There is a sense that engineers of the future will also need to be sociologists as well as technology experts. As AI increasingly assumes the technical roles of engineering, it will force engineers to focus on their core purpose, that is, to make professional judgements that are both technically sound and socially responsible. Creativity in engineering design would remain an essential feature of the engineer's role”.

[제4절] 가까운 미래 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정

가까운 미래에 기계공학 분야에서 예상되는 직업 역량을 갖추기 위해 필요한 교육과정은 <표 9>와 같다. 첫째 ‘4대 역학(고체/동/유체/열역학)’(4.6/5점 만점)이 가장 높았고, ‘기초과학(물리·화학·생물 등)’(4.3/5점 만점), ‘프로그래밍/코딩 교육’(/5점 만점)과 ‘다양한 학문 간 융복합 교육’(4.2/5점 만점)이 같은 순위를 나타냈다. ‘데이터 처리 기술 교육(예: 빅데이터 활용 교육)’(4.1/5점 만점), ‘Cyber-Physical System 교육’(4.0/5점 만점), ‘공학윤리’(4.0/5점 만점)도 필요한 교육과정으로 인식되었다. 나노, 바이오, 경제경영, 표준화 교육 등은 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정으로 선정되지 못하였다.

<표 9> 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정

항목		3차 델파이 분석 결과			
		순위	평균	표준편차	CVR
1	수학(미적분)	8	3.9	0.86	0.43
2	기초과학(물리·화학·생물 등)	2	4.3	0.61	0.86
3	4대 역학(고체/동/유체/열역학)	1	4.6	0.50	1.00
4	데이터 처리 기술 교육(예: 빅데이터 활용 교육)	5	4.1	0.53	0.86
5	인공지능	8	3.9	0.62	0.57
6	기계학습	8	3.9	0.53	0.57
7	프로그래밍/코딩 교육	3	4.2	0.80	0.86
8	수치해석 tool 활용 교육	12	3.7	0.47	0.43
9	Cyber-Physical System 교육	6	4.0	0.78	0.43
10	VR(Virtual Reality) 관련 교육	17	3.0	0.55	-0.71
11	시스템 엔지니어링 교육	11	3.8	0.58	0.43
12	기전 설비 교육	20	2.6	0.50	-1.00
13	나노 관련 교육	17	3.0	0.55	-0.71
14	바이오 관련 교육	14	3.3	0.61	-0.29
15	의료 분야(고령자 장애인 건강 및 삶의 질)	14	3.3	0.73	-0.43

16	다양한 학문 간 융복합 교육	3	4.2	0.43	1.00
17	경제 및 경영학	14	3.3	0.47	-0.43
18	커뮤니케이션 교육	12	3.7	0.73	0.43
19	표준화 교육	19	2.7	0.47	-1.00
20	공학윤리	6	4.0	0.68	0.57

기계공학의 미래 변화에 따른 교육과정에 대해 전문가 그룹에서는 다음과 같은 의견을 제시하였다.

“인공지능(AI)과 기계학습(machine learning)은 이공계 모든 학생들에게 필요한 기초 소양으로 기계공학에서도 이에 관련된 교육과정의 도입이 필요합니다.”

“인공지능에 대한 포괄적인 교육을 받기보다는 산업현장에서 널리 활용되고 있는 특정 인공지능 기법(현재는 machine learning 내 deep learning)을 사용하는 데 필요한 기초교육 정도가 필요합니다.”

“전통적인 기계공학 전공 수업을 보다 축약해 교육할 필요가 있다고 생각되며 여기서 벌 수 있는 역량을 타 분야와 협업할 수 있는 다학제적 교육에 투입해야 합니다.”

“세분화되고 특화된(예를 들어 3D printing, Drone, robotics, bio-mechanic, battery, solar cell, sensor 등등) 분야를 직접 연구하며, 다른 학생들과 같이 만들어 보고 각자가 앞으로 나갈 방법과 미래에 필요한 제품 등을 발표할 수 있는 수업이 필요합니다.”

“거시적인 시각에서 공학기술 제품의 개발부터 유지보수, 경제성까지 살펴볼 수 있는 경험을 학과에서 1개 과목을 개설해 제공하는 것이 바람직합니다. Engineering system analysis, Global (Sustainable) Engineering, Entrepreneurship and Management 중에서 선택하면 될 것입니다.”

“일반적인 공학 부분을 전반적으로 이해할 필요가 있지만, 고학년이 되었을 때 자기 전문 분야(더 세분화된)를 특화할 필요성을 느낍니다. 현 시대에 적합한 세분화된 분야를 찾고 실질적으로 그 분야의 회사와 직접 일할 수 있는 기회를 마련하는 것이 바람직합니다. 예를 들어 3D printing, Drone, robotics, bio-mechanic, battery, solar cell, sensor 등.”

“산업계 기계설비는 단순 하드웨어에 머물지 않고 생애주기(개발, 설계, 제작, 제어, 운전, 분석, 정비) 전체를 포괄하는 디지털 기반 지능화를 추구하고 있어, 기계공학 엔지니어는 이들 업무를 기획/관리하기 위한 지식과 경험을 필요로 하기 때문에 기본적 지식을 교육과정에 포함해야 합니다.”

“실제 공학문제를 가지고 project를 수행하기는 현실적으로 어려우나 가능한 한 유사한 simulated case를 대상으로, 다양한 설계 요건에 대해 system 관점에서 이런 요건을 만족하는 과정을 제공하는 과목이 바람직합니다.”

[제5절] 가까운 미래 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육방법

가까운 미래 기계공학 분야의 직업 역량을 갖추기 위한 교육방법으로 8개 항목이 채택되었으며 <표 10>과 같다. 첫째 ‘프로젝트 기반의 설계 교육’(4.7/5점 만점)이 가장 높았고 ‘Hands on 교육(프로토타입 제작 등)’(4.5/5점 만점), ‘문제기반학습(Problem Based Learning)’(4.3/5점 만점)과 ‘팀 기반의 협동학습’(4.3/5점 만점), ‘실험 중심의 교육’(4.1/5점 만점), ‘소프트웨어 프로그램 활용 교육’(4.1/5점 만점), ‘토론식 수업’(4.0/5점 만점), ‘현장실습’(3.8/5점 만점) 등이 선정되었다. 그러나 ‘Flipped Learning’, ‘VR(Virtual Reality) 활용 교육’, ‘AR(augmented reality: 증강현실) 활용 교육’, ‘CAD를 활용한 수업’ 등은 CVR 값이 낮아 선정되지 못하였다.

<표 10> 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육방법

항목		3차 델파이 분석 결과			
		순위	평균	표준편차	CVR
1	프로젝트 기반의 설계 교육	1	4.7	0.47	1.00
2	팀 기반의 협동학습	3	4.3	0.61	0.86
3	이론 중심의 강의식 수업	9	3.6	0.76	0.14
4	실험 중심의 교육	5	4.1	0.66	0.71
5	문제기반학습	3	4.3	0.61	0.86
6	Flipped Learning	11	3.5	0.94	0.00
7	토론식 수업	7	4.0	0.78	0.43
8	Hands on 교육(프로토타입 제작 등)	2	4.5	0.52	1.00
9	문제해결 과정의 모사(mimic)	9	3.6	0.65	0.00
10	소프트웨어 프로그램 활용 교육	5	4.1	0.73	0.57
11	VR 활용 교육	13	2.6	0.65	-1.00
12	AR 활용 교육	13	2.6	0.63	-1.00
13	CAD를 활용한 수업	12	3.4	0.50	-0.29
14	현장실습	8	3.8	0.58	0.43

기계공학의 미래 변화의 교육방법에 대해 전문가 그룹에서는 다음과 같은 의견을 제시하였다.

“한 제품의 아이디어에서 시장성 조사, 설계, 도면, 공정, 마케팅까지 전 과정을 계획해 보면서 처음부터 마지막까지 과정에 대해 이해하는 교육방법을 선택과정으로 개설했으면 합니다.”

“당연히 강의 비중을 줄이고 오감을 다양하게 활용해 지식과 skills를 동시에 습득할 수 있도록 하는 *practice by doing* 교육방법이 바람직하겠으나 교수 대 학생 비율, 시설과 공간, 재료 등 제반 비용이 상승하는 것이 문제점입니다. *Math-based simulation, virtual(augmented) reality, 저렴한 kit* 등을 유기적으로 사용해 효과를 극대화하는 방안과 절차를 고안하는 것이 바람직합니다.”

“학생들이 스스로 문제를 발견하고 해결할 수 있는 기회를 주는 *self-learning*이 중요합니다.”

“*Considering the cost of hardware, combined virtual or software solutions should be explored. Trial-and-error approach to resolve in-field problems is not only costly and time-consuming, but also mostly leads to only temporary or just barely acceptable solutions. Engineering students need to learn a lot more software, especially engineering analysis software. No only they should learn how to correctly use the software, but also how to interpret and utilize the results in their design and manufacturing tasks*”.

04

결론 및 제언



4차 산업혁명 시대를 맞아 전 세계가 급격한 사회적 변화를 겪고 있는 상황에서 교육이 사회적 변화에 대응하는 역량을 키워주지 못하면 개인과 사회는 실업과 소득격차, 스트레스와 사회적 불안 등을 겪을 가능성이 높다. 이와 같은 상황에서 선진국들은 앞다투어 4차 산업혁명 시대에 필요한 인재를 키우기 위한 정책적 방안들을 모색하고 있다. 이번 연구에서는 기계공학 전문가 집단을 대상으로 3차에 걸쳐 4차 산업혁명 시대의 기계공학 분야에서 예상되는 변화와 직업 전망, 필요한 역량과 이를 교육하기 위한 교육과정과 교육방법을 알아보았다.

가까운 미래(5~10년 내)에 기계공학 분야는 기계장치에 계속 센서를 통한 상황 인지, 컴퓨터 응용 분야 발달, 고객의 요구와 기계장치 상태에 따른 운전의 유연화와 최적화, 인공지능을 탑재한 로봇의 수요 증대 및 본격적인 활용, 기계학습의 활용 증대, System Engineering의 중요성 증대, 전기를 충전할 배터리 기술 발전 등이 예상되었다.

이와 같은 상황에서 기계공학의 직업 전망은 긍정적이나 그대로 머물러 있으면 위기일 수도 있어서 이에 대한 적극적 대응이 필요하다. 기계공학 내에서 새로운 분야가 점점 더 확대될 것이므로 기계공학을 기반으로 다른 첨단 분야에 대한 이해를 가진 인력 수요가 증가할 것이다. 항공우주산업, 드론, 로봇, 플랜트, 관련 산업 등이 지속적으로 발전할 것이며 글로벌 시장의 수요가 점점 더 증가할 것이므로 이에 대한 역량을 키우기 위한 교육적 노력이 필요하다.

이와 같은 상황에서 기계공학 분야에서 필요한 직업 역량은

협업 능력, 복잡한 문제해결 능력, 자기 주도적 학습 능력, 새로운 문제도출 능력, 창의력, 커뮤니케이션 스킬, 다양한 분야에 대한 융합적 사고능력, 시스템 이해 능력, Cyber-Physical System에 대한 능력, 새로운 소재와 재료의 응용 능력, 경제성 평가에 대한 이해력 등이 필요한 것으로 나타났다.

위와 같은 미래 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정으로는 4대 역학(고체/동/유체/열역학), 기초과학, 프로그래밍 코딩 교육, 다양한 학문 간 융복합 교육, 데이터 처리 기술, Cyber-Physical System 교육, 공학윤리, 수학(미적분), 인공지능, 기계학습, 시스템 엔지니어링 교육, 수치해석 툴 활용 교육, 커뮤니케이션 교육 등이 필요한 것으로 나타났다.

미래 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육방법으로는 프로젝트 기반의 교육, hands on 교육(프로토타입 제작 등), 문제기반학습, 팀 기반의 협동학습, 실험 중심의 교육, 소프트웨어 프로그램 활용 교육, 토론식 수업, 현장실습 교육, 문제해결 과정의 모사 등의 수업 방법이 바람직한 것으로 선정되었다.

이번 델파이 연구에서 전문가 패널 몇몇은 Virtual Reality 관련 교육이나 나노 관련 교육, 바이오 관련 교육, 의료 분야(고령자, 장애인, 건강 및 삶의 질)에 관한 교육의 필요성을 제시하였으나 다른 참여 패널들은 학부에서 4년 동안 수강할 수 있는 과목이 제한될 수밖에 없으므로 기초에 충실하기 위해 동의하지 않는다는 추가 의견을 제기하기도

하였다. 그러나 앞으로 4차 산업혁명 시대를 맞아 학생들이 선택과목으로 수강할 수 있는 기회를 열어주는 것도 필요할 것으로 보인다. 교육방법에서도 Virtual Reality 활용 교육이나 Augmented Reality 활용 교육과 같은 최신 기자재를 활용하는 교육방법이 채택되지 못하였는데 우리나라 실험실이나 낙후된 교육환경을 생각할 때 실현 가능성이 낮다고 판단하였기 때문으로 보인다.

학생과 교수, 학생과 학생 간 상호작용을 돕는 테크놀로지를 활용한 수업이 효과적일 것이라는 것은 의문의 여지가 없다. 시각적·언어적 표현, 테크놀로지를 활용한 지식의 인출과 연습 등이 풍부하게 혼용된 교육 방식은 기존의 교실 수업이나 단순한 온라인 강좌보다 학습을 촉진할 가능성이 훨씬 높다(Felder & Brent, 2016, 132쪽). 앞으로 더 많은 전문가와 기계 관련 학과의 교수, 현장 관계자들의 의견을 수렴해 좀 더 완성된 4차 산업혁명 시대에 적합한 교육과정과 교육방법에 대한 프레임워크를 구축하는 것이 필요하다.

선진국들은 4차 산업혁명 시대에 필요한 역량을 갖춘 인재 양성을 위해 다양한 방식의 공학교육 개혁 방안들을 모색하고 있다. 독일은 인더스트리 4.0을 성공적으로 수행하기 위해 기업과 대학 교육과정의 격차를 해소하고, 기업의 요구를 대학 교육에 적극 수용하고자 대학 내에 기업, 대학, 공공 연구소가 참여하는 클러스터를 구축하였다. 미국과 일본의 경우 거시적 관점에서 Top-down 방식으로 공학교육의 개선을 위해 교육기관을 적극 지원하고 있다. 4차 산업혁명을 가능하게 하는 핵심기술은 우리나라 미래의

고용과 산업에 결정적 영향을 미칠 수 있다.

이와 같은 융합 기반의 창의적 문제해결 능력을 갖춘 인재를 양성하기 위해서는 새로운 교육과정과 수업 방법이 실행되어야 하지만 현재와 같은 학과 운영 및 전공편성 방식으로는 쉽지 않다. 또한 새로운 툴 활용 교육이나 데이터 처리 기술, 코딩 기술, 사이버물리 시스템을 배울 수 있는 전산장비가 갖추어진 실습 환경을 구축할 필요가 있지만 현실적으로 대학 재정이 열악한 상황에서 실행 가능성이 높지 않다.

4차 산업혁명에 대한 대응 수준을 높이는 것은 우리나라 미래 국가 경쟁력을 높이기 위해 중요하므로 인공지능이나 사이버물리 시스템과 같은 핵심역량을 가진 글로벌 엔지니어를 양성할 수 있는 제도적 방안 모색과 재정지원이 시급하다. 또한 기업과 교육기관 간 유기적 협력을 통해 다양한 방식의 스마트 러닝을 위한 기회를 확대해야 한다. 4차 산업혁명 시대의 큰 변동에 대해 바람직한 방향으로 대처하기 위한 교육적 대응과 투자가 중요하다.

이번 연구는 기계공학 분야의 전문가들을 대상으로 미래의 기계분야에 대한 전망과 필요한 인재의 역량, 교육과정과 교육방법을 탐색하였다. 이 연구를 기초로 4차 산업혁명에 따른 기계 분야 교육 개혁을 위한 실행 방안을 모색하는 데 다양한 규모의 대학의 입장과 산업체 및 연구소의 의견을 더 많이 수렴한다면 우리나라 기계공학 분야의 교육 발전에 기여할 수 있을 것이다.

INDEX

표차례

- 〈표 1〉 차시별 델파이 조사 내용 및 일정 10p
- 〈표 2〉 전문가 패널 구성 11p
- 〈표 3〉 델파이 질문 주제 12p
- 〈표 4〉 미국 대학에서의 CPS 관련 교과목 운영 사례 27p
- 〈표 5〉 CPS를 강조하는 기계공학 학부 교육과정 모델 29p
- 〈표 6〉 가까운 미래(5~10년 내) 기계공학 분야에서 예상되는 변화 34p
- 〈표 7〉 가까운 미래(5~10년 내) 기계공학 분야의 직업 전망 37p
- 〈표 8〉 가까운 미래 기계공학 분야에서 필요한 직업 역량 39p
- 〈표 9〉 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육과정 41p
- 〈표 10〉 기계공학 분야의 직업적 역량을 갖추기 위한 교육방법 44p

그림차례

- 〈그림 1〉 산업혁명의 시대별 특징 16p
- 〈그림 2〉 4차 산업혁명 시대의 핵심기술 17p
- 〈그림 3〉 미래 공학교육의 인재상 17p
- 〈그림 4〉 21세기 교육 프레임워크 19p
- 〈그림 5〉 공학교육에 대한 만족도 20p
- 〈그림 6〉 공학교육에서 가장 혁신이 필요한 분야 21p
- 〈그림 7〉 대학 공학교육 중 개선되어야 하는 부분 21p

- 〈그림 8〉 산업체가 인식하는 효과적인 교육 프로그램 22p
- 〈그림 9〉 미국 기계공학 교육과정 및 준비도의 강점에 대한 평가 23p
- 〈그림 10〉 미국 기계공학 교육과정 및 준비도의 약점에 대한 평가 24p
- 〈그림 11〉 기계공학 졸업생의 소통 능력에 대한 인식차 25p
- 〈그림 12〉 기계공학 졸업생의 문제해결 능력에 대한 인식차 25p
- 〈그림 13〉 전공기초 교과목의 대학-기업 중요도 31p

참고문헌

1. 강소연·김태연·이정우, 「근미래 친환경 건축분야 엔지니어에게 필요한 역량에 관한 델파이 연구」, 『공학교육연구』 21(3), 2018, 56~65.
2. 김경훈 외, 『제4차 산업혁명시대 대한민국 미래교육보고서』, 한국교육학술정보원·국제미래학회, 광문각, 2017, 19~24.
3. 김재호·이재응, 「테마기획: 4차 산업혁명 시대의 기계공학 교육」, 『기계저널』 58(5), 대한기계학회, 2018, 35~43.
4. 백성기 외, 『제4차 산업혁명 대비 대학의 혁신방안』, 교육부, 2016.
5. 오현석·유상욱, 「미래 인재의 조건」, 『교육의 미래를 디자인하다』, 김동일 편, 학지사, 2015.
6. 이용훈 외, 「4차 산업혁명을 위한 공학교육: 기계학습 및 사이버물리시스템 교육 방안」, 「2017 인재양성위원회 보고서」, 한국공학한림원, 2018.
7. 이재용 외, 『차세대 공학교육 혁신방안 연구』, 차세대공학교육위원회, 한국공학한림원, 2015.
8. 이재용 외, 「융합교육에서 찾는 공학교육의 미래」, 『2017 인재양성위원회 보고서』, 한국공학한림원, 2018.
9. 이재종, 「신산업 창출과 기계공학의 역할」, 『기계저널』 58(5), 대한기계학회, 2018, 7.
10. 「대한민국, 세계 첫 '5G 시대 개막'...스마트폰 나오는 내년 봄 활성화할 듯」, 『전자신문』, 2018. 11. 28.
<<http://www.etnews.com/20181129000275>>
11. 「모든 학문은 AI로 통하라, MIT의 교육혁명」, 『조선일보』, 2019. 1. 1. <http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2019/01/01/2019010100203.html?utm_source=naver&utm_medium=original&utm_campaign=news>
12. 한국교육심리학회, 『교육심리학 용어사전』, 학지사, 2000.
13. “2028 Vision for Mechanical Engineering,” A report of the Global Summit on Future of Mechanical Engineering, ASME, 2008.

14. Danielson, S., Kirkpatrick A. & Ervin. E., ASME Vision 2030: Helping to Inform Mechanical Engineering Education, 41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 2011.
15. Fadel C., Bialik M. & Trilling, B., Four Dimensional Education: The Competencies Learners need to Succeed, Center for Curriculum Redesign, 2015(이미소 역, 『4차원 교육 4차원 미래역량』, 새로운봄, 2016).
16. Felder M. & Brent R., Teaching and Learning STEM: A Practical Guide, John Wiley & Sons, Inc., 2018(오명숙 외 역, 『STEM을 가르치고 배우기: 실용적 가이드』, 시그마프레스, 2018).
17. Klaus, S., “The 4th industrial revolution: what it means, how to respond,” WEF, 2016.
18. Klaus, S., “Shaping the 4th Industrial Revolution,” WEF, 2018.
19. Lawshe, C. H., “A Quantitative Approach to Content Validity,” Personnel Psychology 28(4), 1975, 563~575.
20. A 21st Century Cyber-Physical System Education, Committee on 21st Century Cyber-Physical System Education Computer Science and Telecommunications Board Division on Engineering and Physical Sciences, Washington, DC: National Academies Press, 2016.

한국공학한림원 소개

한국공학한림원은 산업기술혁신촉진법에 의해 설립된 특별법인으로서
공학 및 기술발전에 현저한 공적을 세운 공학기술인을 우대하고,
공학기술과 관련된 학술연구와 지원사업을 행함으로써
국가의 창조적인 공학기술 개발과 지속적인 발전에 기여하고자 설립되었습니다.

본 보고서는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 「창의·융합형
공학인재양성지원사업」을 수행하고 있는 「공학교육혁신연구정보센터」
사업에 「한국공학한림원」이 참여하여 수행한 결과물입니다.

발행일 2019년 1월 31일
발행인 권오경
발행처 한국공학한림원
주소 서울특별시 강남구 테헤란로 305 한국기술센터 15층
전화 02.6009.4000~4009
팩스 02.6009.4010
이메일 naek@naek.or.kr
홈페이지 <http://www.naek.or.kr>
Facebook www.facebook.com/naek1995
디자인 오엘

ISBN 979-11-955376-3-1

이 도서의 국립중앙도서관 출판예정도서목록(CIP)은 서지정보유통지
원시스템 홈페이지(<http://seoji.nl.go.kr>)와 국가자료공동목록시스템
(<http://www.nl.go.kr/kolisnet>)에서 이용하실 수 있습니다.(CIP제어
번호: CIP2019002891)



www.naek.or.kr

t 02-6009-4000~9 e naek@naek.or.kr

f www.facebook.com/naek1995

* 이 책은 비매품이며 전자책 버전은 한국공학한림원 홈페이지 자료실(공학교육혁신 메뉴)에서 다운로드할 수 있습니다.