

산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼 개발 연구

김윤영[†]·김재희

인하대학교 공학교육혁신연구정보센터 연구교수

Development Study of Capstone Design Matching Platform based on Industry-Academic Cooperation

Kim, Younyoung[†]·Kim, Jaehee

Research professor, Research & Information Center for Innovative Engineering Education, Inha University

ABSTRACT

The purpose of universities is diversifying, such as education and research for the transfer of knowledge and technology, and training talented people with the competencies required in industrial sites. Therefore, universities are attempting various forms of industry-academic cooperation to maintain organic relations with companies and to conduct research activities, technology sharing, technology development, technology transfer, and human resources training. In particular, in the field of engineering education, various industry-academic cooperation programs such as field training, interns, and start-up support are actively developed and operated. Accordingly, the Engineering Education Innovation Research Information Center developed an online industry-academic cooperation capstone design matching platform for engineering education to enable collaboration between universities and companies nationwide. The industry-academic cooperation matching platform was developed under the theme of capstone design. Capstone design is a project-oriented and problem-based learning method that combines the knowledge and experiences acquired by the undergraduate department and designs and produces them. The subject of the Capstone design project was to solve corporate difficulties and allow companies and universities to collaborate. This study developed an online industry-academic cooperation capstone design matching platform according to analysis, design, development, evaluation, and execution procedures. This study is meaningful in that it has developed a channel through which students and companies, who are the subjects of industry-academic cooperation, can carry out projects and communicate organically through an online matching platform.

Keywords: Capstone design education, Industry-Academic cooperation capstone design, Industry-Academic cooperation platform

1. 서 론

4차 산업혁명에 따른 지적 지형의 변화로 그동안 교육과 취업의 중요한 연결고리 역할을 담당했던 대학은 그 존립근거와 추구해야할 방향에 대해 고민하게 되었다. 그리고 이러한 대학과 고등교육의 가치에 대한 고민은 팬데믹으로 인하여 더욱 가속화되었다. 이에 대학은 융합(convergence)과 혁신(innovation)을 선도(first mover)하는 변화의 중심에 서게 되었고, 기존의 형식에서 벗어나 새로운 형태의 대학들이 등장하게 되었다. 명문대학의 높은 학점을 받은 졸업생, 즉 학력(educational qualification)이 아닌 실질적으로 현장에서 일을 할 수 있는 능력에 대한 요구가 시작되었다(소경희, 2006; 오현석, 2007; 배상훈 외, 2017). 또한 교육프로그램 및 교육 자료의 공유로

부터 시작된 공유교육은 플랫폼 상에서 대학 교육환경의 공유, 교수와 학생 자원의 공유를 넘어 이들이 수업과 학습활동을 통해 생성해내는 다양한 데이터의 공유까지 그 범위와 깊이를 확장해나가고 있다(김윤영 외, 2022).

이러한 환경의 변화는 ‘무엇을 알고 있는 인재’가 아니라, ‘무엇을 할 수 있는 인재’를 더욱 필요로 하게 되었다. 따라서 기업은 채용 후 현업을 바로 수행할 수 있는 실무 역량을 갖춘 인재를 요구하고 있고 대학은 이러한 기업의 요구를 수용하기 위해 지식의 전수를 위한 이론 중심 교육과 연구에서 실무 및 도전 상황에 대처할 수 있고, 환경의 변화에 대응할 수 있는 역량을 갖춘 인재 양성을 위한 교육으로 그 방향을 전환하고 있다. 따라서 대학은 본연의 고등교육 기능을 유지하면서 기업과 연계한 교육 및 연구 활동, 기술공유·개발·이전활동 등, 인력 양성을 위해 다양한 형태의 협력을 시도하고 있다. 특히 공학 교육분야에서는 전공중심의 교과교육만으로 기업의 다양한 요구를 반영한 인재양성이 어렵다는 판단 하에 산업체 대상 교육

Received December 19, 2022; Revised February 27, 2023

Accepted March 8, 2023

[†] Corresponding Author: younyoung.kim@inha.ac.kr

©2023 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

수요조사를 정기적으로 실시하여 공학교육에 반영하고 있다. 이를 기반으로 산학연계 교육 프로그램 및 캡스톤디자인 프로젝트, 현장실습, 인턴, 취·창업지원 등 다양한 영역의 산학협력 프로그램을 적극 개발하여 운영하고 있다. 공학교육의 핵심이라 할 수 있는 종합설계(캡스톤디자인) 프로젝트를 산학연계형으로 진행하여, 교수와 산업체 담당자의 협업으로 학생들은 실제 현장에서 다루는 문제 상황을 그동안의 공학교육을 통해 함양한 다양한 역량으로 해결해나가는 경험을 하도록 하고 있다. 공학 교육에서 이러한 실제적 문제해결 경험은 산학협력을 통해 학생들에게 더욱 실제적이고 정교한 학습경험이 된다.

그러나 이러한 산학협력기반 교육은 개별 대학, 개별 교수의 역량에 따라 해당 대학 내부적으로 운영되고 있어 학교에 따라 산학협력 캡스톤디자인 교육의 기회 및 그 질의 차이가 크다. 개별 대학의 가족기업 연계활동의 정도와 개별 교수의 산업체 접의 역량 등에 따라 캡스톤디자인 프로젝트 주제, 난이도, 산업체의 참여수준 등이 결정되기 때문이다. 또한 대학 및 교수와 기업의 캡스톤디자인 프로젝트가 매칭 되었다고 하여도, 해당 프로젝트의 참여 학생 매칭 또한 쉽지 않다. 학생이 원하는 프로젝트 주제와 기업이 원하는 참여 학생이 다르기 때문이다. 이러한 미스매칭은 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트 수행과정 및 산출물의 질에 직접적 영향을 미칠 수 있다. 이에 본 연구의 목적은 전국 대학 및 기업의 협력이 가능한 공학설계(캡스톤디자인)교육을 위해 온라인 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼을 개발하여 공학교육현장에서 활용하도록 하는 것이다. 본 연구의 과제는 학생과 기업의 캡스톤디자인 프로젝트 매칭을 위한 온라인 플랫폼을 개발하는 것이다. 이를 위해 이론적 배경에서 캡스톤디자인 수업의 시작과 개념, 캡스톤디자인 학습환경과 산학협력 캡스톤디자인의 개념 및 운영 절차, 그리고 산학협력 웹 사이트 사례를 검토하였다. 이론적 배경을 기반으로 공학설계교육을 위한 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼 개발을 위해 설계원리 및 상세설계 지침을 정의하였고, 래피드 프로토타입 모형에 따라 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼을 개발하였다. 본 연구는 공학설계교육의 기업연계를 통해 실제 산업현장 밀착형 교육 경험의 제공, 그리고 더 나아가 산업현장에서 발생하는 다양한 공학적 문제의 정의와 해결의 장을 마련하는데 그 의미가 있다.

II. 이론적 배경

이론적 배경에서 공학설계교육의 중요성, 캡스톤디자인 수업의 시작 및 캡스톤디자인 수업의 개념에 대해서 살펴보았다. 다음으로 캡스톤디자인 학습환경과 산학협력 캡스톤디자인의 개념 및 운영 절차에 대해 살펴보았다. 마지막으로 산학협력

웹 사이트 사례를 검토하였다.

1. 공학설계교육의 핵심, 캡스톤디자인 수업

공학설계교육은 엔지니어에게 꼭 필요한 현장의 문제를 정의하고, 그 문제를 해결할 수 있는 역량을 체계적으로 길러줄 수 있는 교육방법이다. 미국공학교육인증원(Accreditation Board for Engineering and Technology; ABET)에서 정의한 공학설계는 요구(desired needs)를 만족시키기 위한 시스템(system, component or process)을 고안하는 과정(Process)이며, 기초 과학, 수학 및 공학지식을 이용하여 자원을 요구된 목표에 가장 적합하게 가공하는 의사결정 과정(decision-making process)이다(이건영 외, 2004; 이태식 외, 2009; 이영태, 2013). 이에 공학설계 교육과정에서는 학생 창의력 개발, 개방적 문제의식, 최신 설계 이론 및 방법론의 사용, 설계 문제 해법의 수치적 공식화, 문제 해결 대안 도출, 실행 가능성 고려, 생산 공정, 동시 공학적 설계, 구체적 시스템 모사 등이 포함되어야 한다(이태식 외, 2009). 또한 공학설계교육은 학생들이 주어진 문제나 도전과제의 본질을 파악하고 해결하는 능력을 갖추게 하기 위해 스스로 창의적 발상을 하여 설계하고 기획하는 등 문제를 직접 해결해 보는 경험을 갖도록 하는 것으로 실험이나 실습과는 구별된다(정동명, 2008).

공학설계교육의 최고 과정인 캡스톤디자인 수업에 대한 개념은 1960년대 미국의 하비 머드 대학교(Harvey Mudd College; HMC)에서 시작되었다. 당시 공학교육은 현실성이 떨어지는 내용으로 구성되어, 공학 현장의 개방형문제(open-ended problems)를 다루는 것에 미숙하였다. 또한 학생들은 공학수업을 통해 프로젝트 스킬을 발전시키기 어려웠고 매우 제한적인 프로젝트 기술을 배우고 있었다. 당시 공학교육은 수업을 통해 학생들을 공학 실무에 약간 노출시키는 정도의 수준이었다. 이러한 한계를 극복하기 위해 HMC는 하비 머드 공학 클리닉(Harvey Mudd Engineering Clinic)을 설계하여 공학교육에 적용하였다. 하비 머드 공학 클리닉은 공대 전공 교수를 대상으로 전문적이고 표준화된 교수 클리닉(teaching clinic)을 제 공하였다. 또한 참여 학생들은 교수의 지도하에 캡스톤디자인 프로젝트를 진행하였고, 세미나와 토론을 통해 캡스톤디자인 프로젝트의 원칙과 절차를 확인할 수 있었다. 프로젝트 수업을 통해 학생들의 공학수업에 주도적으로 참여하게 되었고 학습의 결과에 더 많은 책임을 지게 되었다(Bright & Phillips, 1999).

이후 미국의 공학교육에서는 캡스톤디자인 수업의 현황 파악과 관리를 위해 정기적인 설문 및 분석을 실시하였다. Todd 외 학자들이 1994년 캡스톤디자인 수업의 전반적인 진행과정, 주제, 평가 설계 및 도구, 수업 관리 등에 대한 질문을 중심으로

설문을 진행하였다(Todd et al., 1995). 2001년에는 McKenzie의 학자들에 의해 캡스톤디자인 수업의 형태에 따른 평가방법 및 전략에 대한 설문 및 분석이 진행되었다(McKenzie et al., 2004). 이후 2005년 Wilbarger와 Howe가 지난 10년간 캡스톤디자인 교육의 추세를 국가차원에서 평가하기 위한 설문조사를 실시하여 이를 분석하였고, 그 후속 연구를 2010년 Howe가, 2016년 Howe, Poulos 그리고 Rosenbauer가 수행하였다(Howe 2010; Howe et al. 2016; Howe & Goldberg, 2019). 이러한 미국 공학교육의 캡스톤디자인 수업에 대한 지속적인 연구노력은 ABET(the Accreditation Board for Engineering and Technology)이 캡스톤 요건을 제정하면서 촉발되었다. 이러한 공학교육과정에서 캡스톤디자인 과정의 제도화는 관련연구와 함께 이후 미래 공학교육의 초석을 마련하였다(National Academy of Engineering, U. S., 2004; Katehi, 2005).

캡스톤디자인 수업은 학문과 기술의 전수를 위한 전통적 교실수업과 함께 학습활동의 주제와 환경을 실무 현장으로 전환하여 선수학습을 통해 이미 가지고 있는 지식을 새로운 문제 상황에 적용하여 제품을 생산하거나 공정을 개선해볼 수 있는 매우 중요한 교수학습활동의 기회이다(Wagenaar, 1993; 박수홍 외, 2005; 이태식 외, 2009). 캡스톤디자인 수업은 학생들에게 사회에 긍정적인 기여를 할 수 있는 잠재력을 인식하게 하고, 공학 직업에 대한 흥분과 자부심을 불러일으킬 수 있다. 이에 캡스톤디자인 수업에 대한 정의는 아래 Table 1과 같이 여러 연구자들에 의해 정의되어왔다.

Table 1 Concept of capstone design class

연구자	캡스톤디자인 수업의 개념	핵심 용어
강환수 외 (2016)	컴퓨터 관련 캡스톤디자인 수업은 컴퓨터 실무와 관련이 깊은 프로젝트의 내용을 결정하여 시장 및 환경 이해, 시스템 분석, 설계, 개발, 테스트를 거쳐 시스템 구현을 수행하는 수업 프로그램 제작과정의 선정 단계부터 구현까지 모든 과정을 경험하는 프로젝트 수업	실무, 시장 및 환경 이해, 시스템분석, 설계, 개발, 테스트, 구현, 프로젝트 수업
박수홍 외 (2005)	현실적 맥락에 기초한 문제해결과정 활동을 통하여 학습과 학습한 결과가 조직의 성과로 연결될 수 있는 교육 방식 급변하는 외부 환경의 변화에 민감하게 대처하는 경쟁우위를 확보하고, 조직의 당면한 실제적 문제를 효과적, 효율적으로 해결하기 위한 교육 학습과 성과가 연동된 실천학습(learning by doing)	현실적 맥락, 문제해결과정, 실천학습
박수홍 외 (2008)	대학의 학부과정을 이수한 학생들이 전 공내용의 응용력, 새로운 문제의 적응력, 팀 구성원 간의 의사소통능력 등의 부족	응용력, 문제 적응력, 의사소통능력,

연구자	캡스톤디자인 수업의 개념	핵심 용어
	으로 현장 투입 시 활용도가 떨어지는 점을 해결하고자 산학연계형 교육과정의 하나로 디자인된 교육과정	산학연계형 교육과정
서연화·심현애 (2016)	학생들의 선수지식을 종합하여 현업을 체험하는 훈련과정 산업체가 요구하는 산업현장 적응역량을 갖춘 창의적 맞춤형 인재양성을 위한 교과목	선수지식 종합, 현업 체험, 창의적 맞춤형 인재양성
이석순 (2004)	공과대학 학생들의 문제해결능력의 향상, 팀을 이루어 진행하도록 함으로써 공동협력능력의 향상, 진행되는 과정에 대한 문서화와 발표를 통한 의사전달능력의 향상, 설계능력의 강화를 통한 실무능력을 향상시키는 것	문제해결능력, 공동협력능력, 의사전달능력, 설계능력, 실무능력
이재열 외 (2005)	대학 4년 동안 습득한 소양과 전공 지식을 비판적이고 종합적으로 활용하고 응용하여 학문연구나 직업 활동 등의 진로에 도움이 될 수 있도록 하는 교육 구체적으로 연구나 숙련 등에 적용할 수 있도록 디자인 된 과목	소양, 전공, 비판적·종합적 활용, 진로에 도움이 되도록 연구나 숙련에 적용
이희원 (2006)	산업체가 요구하는 산업현장 적응역량을 갖춘 창의적 맞춤형 인력양성 교육을 수행하기 위해 학생, 교수 및 현장경험이 풍부한 산업계 전문가와 함께 하나의 작품을 기획, 설계, 제작하는 전 과정 산업현장의 수요에 적합한 창의적 엔지니어를 양성하는 종합설계 교육 프로그램	산업현장 적응역량, 창의적 맞춤형 인력양성 교육, 기획, 설계, 제작, 창의적 엔지니어, 종합설계 교육
이태식 외 (2009)	학부과정에서 학습한 지식을 종합하여 현업의 문제를 체험하는 훈련과정 산업체가 요구하는 창의 맞춤형 인재양성을 위한 수업으로 문제해결역량, 의사결정역량, 의사소통역량 교육 공학적 지식을 기반으로 종합적 문제해결역량을 함양하여 산업체가 요구하는 실무역량 향상	지식의 종합, 현업의 문제 체험, 맞춤형 인재양성, 종합적 문제해결역량, 의사결정역량, 의사소통역량
허원희 (2020)	공학 계열 학생들이 실제 현장 또는 산업체에서 일어날 수 있는 문제들을 해결할 수 있도록 그 능력을 길러주기 위해 교과과정 동안 배운 이론을 기초하여 작품을 기획, 설계, 제작하는 전 과정을 경험하도록 훈련하는 것	문제해결력, 작품 기획, 설계, 제작의 전과정
Behdinan et al. (2014)	다학제적 공학 캡스톤디자인 수업은 졸업 학년을 대상으로 제공 전문가 환경에서 실제 공학 문제를 해결하는 것을 통합하는 고객 기반 설계-구축 과제 수행 학생 개인의 이론 지식과 팀 내 동료들의 다른 분야 지식을 융합하여 현장의 복잡한 문제를 해결하는 기회를 제공하기 위한 수업 다학제적 공학 캡스톤디자인 수업을 위해서 학생은 공학적 지식·설계·도구 활용 역량, 개인 및 팀 작업 역량, 의사소통 역량, 전문성, 평생학습역량 필요	다학제, 실제 공학 문제 해결, 고객 기반 설계-구축 과제, 현장의 복잡한 문제 해결, 공학적 지식·설계·도구 활용 역량, 개인 및 팀 작업 역량, 의사소통 역량, 전문성, 평생학습역량

연구자	캡스톤디자인 수업의 개념	핵심 용어
Marin et al. (1999)	공학 캡스톤디자인 수업은 공학 설계를 위한 최적의 경험을 실습을 통해 가능하게 하는 교육 캡스톤디자인 수업은 준비, 관리 및 수행, 평가의 과정으로 이루어지며 공학 전공 지식 및 기술뿐만 아니라 공학기초, 소프트 스킬이 필요 성공적인 캡스톤디자인 수업을 위해서 교수자는 학생들이 프로젝트에 주인의식을 갖도록 고무하고, 창조적 긴장감을 조성하며, 성공경험뿐만 아니라 실패경험의 기회를 줄 수 있어야 함	최적의 경험, 준비, 관리 및 수행, 평가, 전공 지식 및 기술, 공학기초, 소프트 스킬, 주인의식, 창조적 긴장감
McKenzie et al. (2004)	학생들에게 최종적인 숙련 경험 제공 캡스톤 경험은 이론적으로 교육과정 초기에 달성한 광범위한 역량 평가 제작 프로세스 및 완성 제품 평가를 통해 학생의 성취도 평가 및 목표역량 함양	최종, 숙련, 경험, 목표역량 함양
Moore et al. (2004)	전공에서 공부한 내용을 여타의 과목에서 공부한 내용들과 연계시키는 과목, 사회가 교육에 대해 가진 지대와 대학의 사명, 그리고 전공 교육프로그램의 사명을 연결시키고 통합하는 과목	과목 간 연계 교과목, 각계의 사명을 통합
Pembridge & Paretti (2019)	학교와 산업체 사이의 파트너십을 유지하기 위한, 그리고 학교교육과 실무현장 사이에서 학습의 전이가 일어나는 중요한 공동 교육의 장 공학교육 프로그램 평가의 필수 구성요소 학생의 사회·환경·경제적 제약 조건 하에 복잡한 문제를 해결하기 위해 평생학습, 공학적 판단, 분석적 의사결정 및 비판적 사고 적용	파트너십, 학습의 전이, 복잡한 문제해결, 평생학습, 공학적 판단, 분석적 의사결정, 비판적 사고
Wagenaar (1993)	학생들이 각각의 전공에서 얻은 지식을 확장하고 비판하며 응용하는 방식으로 구체적인 연구에 통합하는 경험을 통해 공학적 최고 절정감을 맛보도록 하는 교과목	비판, 응용, 경험, 공학적 최고 절정감

위의 Table 1에서 여러 연구자들의 정의에서 살펴볼 수 있는 것처럼 캡스톤디자인 수업은 공학 전공지식과 역량을 기초하여 산업체 및 실제 현장에서 일어날 법한 문제상황을 정의하고 해결하는 과정으로 제품을 기획, 설계, 제작하는 전 과정을 경험하도록 하는 교육과정으로 정의할 수 있다. 이를 통해서 학생들은 고등교육을 통해 습득한 전공 전문지식 및 소프트 스킬을 바탕으로 공학적으로 제작 가치가 있는 제품의 설계, 제작, 평가 과정을 체계적으로 경험하게 된다. 이처럼 캡스톤디자인 수업은 다학제적 융합을 통한 비판적 사고(critical thinking), 창의성(creativity), 의사소통(communication), 협업(collaboration), 인성(character), 시민역량(citizenship) 역량을 갖춘 21세기 미래사회에 필요한 인재 육성을 위한 공학 교육의 핵심 교육방법 중 하나이다. 캡스톤디자인 수업은 팀 프로젝트 활동을 통해 솔루션을 찾고 그 과정에서 문제를 해결

할 기술과 지식을 융합하게 된다. 특히 공학 캡스톤디자인 수업은 산업체의 애로기술 해결을 프로젝트의 목표로 하고, 다양한 전공의 팀원으로 구성된 프로젝트중심교육이다. 따라서 대학과 산업체의 협력뿐만 아니라 팀원간의 다학제적 협력이 이루어질 때 캡스톤디자인 프로젝트 최종 결과물의 질을 향상시키고, 유의미한 학습성과를 기대할 수 있다.

이와 같이 고등교육에서 시작된 캡스톤디자인 교수학습방법은 예체능교육, 영어교육, 사회과학교육 등 다양한 학문 영역과 유아, 초등, 중등 교육 등 다양한 수준의 학습자로 확대되고 있다.

2. 캡스톤디자인 학습환경

가. 캡스톤디자인 수업을 위한 구성주의 관점의 학습환경 설계

구성주의 인식론에 근거를 둔 교수학습모형과 학습이론은 학습이라는 현상에 대한 기술(descriptive)과 학습이 효과적으로 발생하여 잘 이루어지도록 처방(prescriptive)하는 데 관심을 가지고 있다. 특히 구성주의 학습이론은 맥락, 즉 실제 상황에서 학습의 중요성을 강조하고 있다. 따라서 학습자가 사례중심 학습과정에 스스로 참여하여 유의미한 학습활동을 주도적으로 경험하도록 도와주는 학습환경 설계에 많은 시사점을 주고 있다(조규락, 2003).

캡스톤디자인 수업을 위한 학습환경 설계에 대한 선행연구를 살펴보면, 구성주의 관점의 연구가 다수 보고되었다. Perkins (1991)은 학습자에게 필요한 구성주의 환경에 대한 연구에서 학습관련 자료, 실제적 학습과제, 교사의 역할을 구성주의 학습환경 설계를 위한 요소로 제안하였다. Honebein(1996)은 구성주의 학습환경 설계를 위한 7가지 목표를 논의하면서 학습과정, 다양한 관점, 학습의 실제적 맥락, 학습자의 역할, 사회적 상호작용, 학습관련 정보를 구성주의 학습 설계를 위한 구성요소로 제안하였고, Jonassen(1999)은 해결해야 할 문제(프로젝트), 문제해결과 관련된 사례, 해결책과 관련된 정보자료, 인지적 도구, 문제해결을 위해 교류할 수 있는 대화 및 협동체제, 사회적·맥락적 지원 체제를 제안하였다. 강인애(1998)의 구성주의에 기반을 둔 상방향성과 네트워크화를 실현하는 정보기술을 통한 교육에 대한 이론적 탐색연구를 살펴보면, 구성주의 학습 설계 요소로 체험학습, 자아 성장적 사고, 협동학습, 실제적 성격과 과제중심 학습, 교사의 역할을 제시하고 있다. 박인우(1996)의 연구를 살펴보면 학교교육에서 구성주의 교수원리의 구성요소로 학습과제, 학습과정 보조자료, 교사의 역할, 실제적 학습환경, 학습자간 상호작용 및 상호작용을 촉진할 수 있는 협동학습, 전문가와의 상호작용, 학습과정에 대

한 성찰 등을 제시하였다. 김정겸(2000)은 구성주의 교육을 위한 교수학습 설계방안 연구에서 학습과제, 교사의 역할, 맥락 및 상황적 지식 제공, 협동학습 환경을 강조하였다. 이러한 구성주의 학습환경 설계에 대한 논의는 실제 현장의 공학문제를 학습자 중심으로 해결하는 과정인 캡스톤디자인 수업의 학습환경 설계에도 적용될 수 있다.

나. 캡스톤디자인 수업을 위한 학습환경 설계의 구성요소 앞에서 살펴본 구성주의 관점의 학습환경 설계 연구의 공통적 특징을 정리하면 아래 Table 2의 구성주의 학습환경 설계의 특징(이영태, 2013)과 같고, 이를 공학 캡스톤디자인 수업에 적용하기위해 정리해보면 공학 캡스톤디자인 수업에의 적용 부분과 같이 정리할 수 있다.

Table 2 Application of constructivist learning environment design to engineering capstone design classes

구성주의 학습환경 설계의 특징	공학 캡스톤디자인 수업에의 적용
경험학습, 체험학습	공정설계, 제품생산 등 메이커 교육
자아성찰적 사고(Learning by reflection)	반성적 사고를 통한 학습
협력학습(Learning by collaboration)	팀기반의 협력학습(learn as a team, team teaches other teams)
실제적 과제중심 학습(Learning by authentic task)	산업체 및 실제 현장의 문제중심학습(PBL)
학습의 조력자(facilitator) 및 동료 학습자(co-learner)로서의 교수자의 역할	공학설계수업의 교수 및 산업체 전문가의 조력자(facilitator), 멘토(mentor)로서의 역할
지식구축도구의 제공	의사소통, 자료의 공유, 협력, 지식구축 도구의 제공

※ 출처: 위 Table 2는 이영태(2013)의 연구 p. 104의 ‘<표 IV-3> 학습환경 구축을 위한 일반적 설계원리’ 부분의 일부 내용을 보완한 후, 공학 캡스톤디자인 수업에 적용한 내용을 추가하여 재구성한 것임

캡스톤디자인 수업을 위한 학습환경 설계원리 및 그 상세설계지침에 대한 대표적인 연구로 이영태(2013)의 연구가 있다. 그 내용을 살펴보면, 학습환경 설계 구성요소로 학습지원, 인지사고과정 및 지원도구, 학습방법, 학습공간으로 분류하였고, 그 하위 설계원리 및 상세설계지침을 제시하였다. 학습지원을 위한 설계원리로 실제적이고 맥락중심의 비구조적 공학문제, 문제해결과 관련된 사례, 해결책과 관련된 정보자료, 문제해결과 관련된 도움을 받을 수 있는 채널을 제안하였다. 인지사고과정 및 지원도구의 하위 설계원리로 구성원간 상호작용을 촉진하고 지식, 경험, 정보를 공유하는 과정을 제시하였다. 그리고 학습방법으로는 문제를 해결하기위한 협동체제를, 학습공간으로는 사회적·맥락적 학습공간을 하위 설계원리로 제안하였다.

3. 산학협력 캡스톤디자인

가. 산학협력 캡스톤디자인 개념

현재 대학은 산업계의 급격한 변화와 요구를 반영한 교육 개편과 고용 친화적 운영이 시급한 시점이다. 산업계 또한 기술 주기의 단축과 기술개발 비용의 상승으로 인하여 고도의 지식을 보유한 대학과의 협력을 통한 혁신을 꾀하고 있다(김창호, 2017). 산학협력의 의의는 산, 학이 서로가 가진 자원 즉 연구 시설, 장비, 인사를 공유하고 활용하여 공동 연구를 통해 지식, 기술, 제품 등을 개발하는 것이다. 산학협력의 주체는 정부, 산업체, 대학 또는 2개 이상의 기관이 공동 주체가 되기도 하며 주체가 지향하는 목적도 다양하다. 정부는 산학협력을 통해 국가 경쟁력 강화를 목적으로 한다. 산업체는 기업 경쟁력 강화와 대학의 지식 활용 및 우수한 인적 자원을 확보하여 신기술이나 신제품 개발 비용을 절감하고자 한다. 대학은 연구기금 유치를 통한 대학 발전을 도모하고 교수의 연구개발 활동을 진작시키고 학생들에게는 장학금이나 인턴십 기회를 제공함으로써 산업발전 및 산업체의 수요에 맞는 실무능력을 갖춘 인재 양성에 목적을 둔다(김현주, 2017). 대학은 기업과의 유기적인 관계를 유지하면서 연구활동, 기술공유·개발, 이전 활동 등 인력양성을 위해 다양한 형태의 협력을 시도하고 있다. 정기적인 산업체 대상의 교육 수요를 실시, 교육개편에 반영하거나 현장 실습, 인턴, 창업지원, 캡스톤디자인 등을 활용한 다양한 산학협력 프로그램을 운영하고 있다.

이 중 캡스톤디자인은 대학에서의 전반적인 교육과정에서 배운 전문지식을 종합·활용하여 문제를 분석하고 해결책을 설계하는 교육이다. 특히 캡스톤디자인은 최신 산업동향을 반영한 산업현장의 문제를 분석, 해결함으로써 공과대학 뿐만 아니라 대학 교육 전반에서 개설·활용 된다. 캡스톤디자인 프로그램은 기업의 시장영역 확대, 대학교육의 혁신을 강조할 수 있는 수단으로 적극 활용할 수 있다(김현주, 2017). 또한 산업체의 애로기술 문제를 수행하는 프로젝트는 대학이 보유한 기술의 수준을 파악하고 수행하는 학생들의 교과과정에 대한 이해 정도를 파악할 수 있다(정용기·최은만, 2002). 산학협력 캡스톤디자인은 산업 현장의 문제를 프로젝트 주제로 선정, 수행함으로써 산업체는 대학, 학생(팀)과의 협업을 통해 현장의 애로기술을 해결하고 학생은 전공을 이수하며 축적하지만 전공의 지식을 활용할 기회이며, 대학에서는 산학협력 친화형 환경을 조성하는데 기여할 수 있다. 실제 산업현장에서 발생하는 문제를 해결함으로써 학생은 산업현장에 대한 이해도와 해결능력을 향상시킴으로써 현장 밀착형 공학교육을 실현할 수 있다(김미란 외, 2014; 허미선·이정민, 2021). 이러한 현장 밀착형 공학

교육을 위해 많은 대학들 특히, 공학교육 혁신의 일환으로 다양한 산학협력 관련 교과, 비교과 프로그램을 운영하고 있는 공학교육혁신센터에서는 산학협력 캡스톤디자인의 비중이 2017년에는 30.3%, 2020년에는 41.4%로 매년 증가하고 있다(정부관계부처합동, 2021).

나. 산학협력 캡스톤디자인 운영 절차

일반적으로 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트는 신청, 매칭, 선발, 운영의 절차를 따른다. 첫째, 신청 단계는 산업체 멘토, 지도교수, 학생(팀)이 캡스톤디자인 프로젝트를 기획하여 과제 제안서를 제출하고 신청하는 단계이다. 둘째, 매칭 단계는 지도교수가 주제 및 산업체의 요구사항, 멘토의 자문 범위 등을 고려한 프로젝트 주제와 학생(팀)을 매칭시키는 단계이다. 이때 산학협력 캡스톤디자인 주제, 수행기간, 수행계획, 기대성과 등 프로젝트 전반에 대해 수행 적합성에 대해서도 고려하여야 한다. 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트를 성공적으로 완수하기 위해서는 산업체와 학생(팀)의 매칭이 가장 중요하다고 하겠다. 다음, 선발 단계로 프로젝트 신청 학생(팀)의 성격, 수행기간, 추진계획, 성과목표 등을 고려하여 선발한다. 마지막, 운영 및 결과 보고 단계로 프로젝트를 수행하면서 진행상황에 대한 상시 혹은 중간보고를 진행하고, 최종 결과보고서 제출, 만족도 평가를 통해 프로그램 종료단계이다(허원희, 2020; 권순각 외, 2013).

다. 산학협력 웹 사이트 사례

ICT 기술의 발전으로 정부 기관과 대학에서는 단순 정보 제공 기능을 하던 기존 온라인 사이트를 시공간을 초월하여 다양한 산학협력 시도를 구현할 수 있는 수단으로 활용하고 있다. Table 3은 온라인 사이트 활용한 산학협력 사이트의 실제 사례이다. 누구나 회원 가입이 가능하거나, 회원 승인절차를 통해 접근이 가능한 사이트를 선정하여 분석하였다. 개별 대학, 혹은 정부재정지원사업에 기반을 두고 구축된 웹 사이트로서 이를 통해 기업 전문가 멘토 프로그램, 대학 가족회사 운영을 통한 현장실습, 창업지원 프로그램 등을 온라인을 통해 운영하고 있었다. 산학협력 캡스톤디자인을 기반으로 산업체 기술 자문 멘토링 프로그램, 기업의 애로 기술 문제 해결을 위한 경진대회나 설계제작비 지원 프로그램 등 다양한 운영 사례가 있었다.

인천대 아이디어 붐, 인하대 산학협력포털시스템 등 현재 운영되고 있는 온라인 산학협력 캡스톤디자인 웹 사이트는 대부분 지도교수 및 학생, 그리고 기업 합의 하에 캡스톤디자인 프로젝트 주제가 이미 매칭된 상태에서 웹 사이트에 세부 정보를 등록하고 있었다. 이를 바탕으로 각 대학별 기업, 교수, 학생의 정보를 저장·공개하고, 캡스톤디자인 관련한 정보나 대회를

Table 3 Industry-University Cooperation Website Example

사이트	주요 기능	특징
한이음	<ul style="list-style-type: none"> 대학생(멘토)-ICT기업 전문가(멘토)가 팀 구성, 프로젝트 수행 ICT 멘토링 제도 운영사업 : 한이음ICT멘토링(ICT 전문가-전공학생 멘토링), 프로보노 ICT멘토링(ICT 지식나눔 사회공헌 프로그램), 이브와 ICT 멘토링(ICT 여성 인재 육성 프로그램) 	<ul style="list-style-type: none"> 대학과 기업 멘토링 시스템 풍부한 전문 인력 풀 : 국내 ICT 기업에 소속된 전문가가 멘토로 참여, 지식나눔 참여로 실무형 인재양성 결과물 활용(취업연계, 특허출원, 상용화 등) 프로젝트 현황 관리 학생이 수시 등록, 학생 킷 톡 기능(전화, 문자, 쪽지 등), 온라인 상 학생이 멘티, 기업이 멘토 신청 가능 공모전 개최
알앤디잡 이공계인력 중계센터	<ul style="list-style-type: none"> 이공계 취업 지원 시스템 구인, 구직, 취업지원 서비스 제공, 정보(성과사례집, 우수 기업 소개, 연구원 교육정보 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 매주 우수 채용, 구직 정보 업로드 모바일 앱제공 대상(이공계) 및 카테고리를 세분화 하여 구인 정보 제공 맞춤형 우수 인재 추천 서비스(우수인력 스크린, 기업에 홍보, 매칭)
산학연Plus	<ul style="list-style-type: none"> 대학, 연구기관 소속의 전문가와의 기술 매칭 서비스 제공 시스템 교육, 기술전문가 검색 및 애로기술 매칭 서비스, 기술특허 검색 등 제공 교육 동영상 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 관련 뉴스 포럼, 기술정보, 우수사례 등 제공 기술전문가의 분야를 세분화하여 현황 제시, DB 풍부 산학연 기술 매칭 서비스 제공(애로기술 등록, 기술분석 및 정보검색, 전문가 검색, 애로기술협의)
경일대학교 산학협력 Kollabo	<ul style="list-style-type: none"> 현장실습, 캡스톤디자인, 창업지원, 취업 지원, 포트폴리오(학사시스템 연계, 개인경력관리, 활동이력 카드 확인 등) 관리 기능 기업 대상 가족회사(설문조사시스템 활용 기업수요조사 시행, 멘토링, 산학정보 시스템을 통한 정보서비스 제공, 학생인적자원 DB를 통한 채용지원 서비스, 맞춤형 교육지원, 기업지원이 가능한 체험 프로그램 운영), 기업전용시스템(인재풀 활용하기, 현장실습 참여, 가족회사 가입, 멘토링 신청, 각종 산학 과제 수행, 지원사업 참여, 특허공동출원, 재직자 교육 등), 산학정보시스템(교수기술력DB, 공용장비 DB, 학생인적자원 DB, 산학정보DB) 	<ul style="list-style-type: none"> 사용자, 목적별 구분에 대한 디자인 사업성과 공개 의견수렴 등 상시 설문 진행 온라인 상 멘토 지정, 상담 가능 등 교류 기능 모바일 앱지원 협력기업 통계(지역별 분포도, 업종별 분포도 등) 시각화 교수기술력DB, 공용장비DB, 학생인적자원DB
인천대학교 아이디어붐	<ul style="list-style-type: none"> 기업체 애로기술-학생 아이디어 매칭, 경진대회 개최 및 심사 기능 	<ul style="list-style-type: none"> 학생 스스로 작품 등록, 기관에서 등록한 경진대회에 출품 및 심사

2. 요구분석

요구분석의 기본적인 절차는 Fig. 3의 Seels와 Glasgow (1990)의 요구분석모형을 기본으로 적용하되 실제 현장에서 적용할 수 있도록 수정하여 활용하였다. Seels와 Glasgow의 요구분석모형 정보수집, 차이의 확인, 수행분석, 제한점과 가용자원의 확인, 학습자 특성 파악, 우선순위와 목적 수립, 그리고 문제 진술의 총 7단계로 구성되어 있으며, 각 단계는 중복적으로 수행된다.

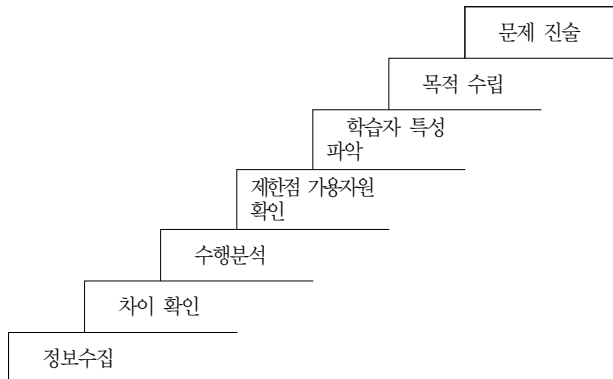


Fig. 3 The needs analysis model of Seels and Glasgow (1990)

위의 Fig. 3 Seels와 Glasgow의 요구분석 모형을 바탕으로 본 연구에서 실제 수행한 요구분석의 절차에 따른 내용 및 방법을 제시하면 다음 Fig. 4 와 같다.



Fig. 4 Requirements Analysis Procedure for Development of Capstone Design Matching System for Industry-University Cooperation

Fig. 4 에서 제시된 바와 같이, 먼저 의뢰인, 설계팀의 회의를 통해 프로젝트의 범위를 한정하고, 목표를 설정하였다. 그

리고 캡스톤디자인 수업 경험이 있는 공대 전공 교수, 산학협력중점교수, 공학교육혁신센터 연구원 및 학생과의 면담을 통해 요구조사를 실시하였다. 요구조사는 크게 캡스톤디자인 수업(지원)을 위해 학교, 공학교육혁신센터, 교수, 학생의 역할을 무엇인지, 캡스톤디자인 수업 준비, 진행, 평가 등 일련의 과정에서 겪는 각자의 어려움을 무엇인지를 중심으로 면담을 진행하였다. 요구조사 분석을 위해 설계팀 및 개발팀의 내부회의를 실시하였고, 이를 통해 수행차이와 환경차이를 확인하고 그 원인을 규명하였다. 마지막으로, 설계팀 및 개발팀 내부회의와 의뢰인과의 협의를 통해 수행차이의 원인에 근거하여 해결안을 도출하였다.

3. 프로토타입 설계 및 개발

온라인에서 캡스톤디자인 프로젝트를 수행하기 위한 플랫폼은 학생, 교수, 기업의 공동 참여를 위한 인터페이스 제공과 함께 커뮤니티 활동을 위한 의사소통 및 협력활동 도구를 지원해야 한다. 또한 프로젝트에 참여하는 다양한 전공, 다양한 산업 분야 프로젝트의 표준화 및 일관성을 유지하기 위해 프로젝트의 성격이나 유형을 제한하지는 않지만 프로젝트의 정보를 관리하기 위해서 프로젝트의 개설, 선발, 운영, 관리, 평가의 일련의 과정은 일정한 시스템화 되어야 한다(정용기·최은만, 2002). 요구분석 결과를 반영하여 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트의 개설, 참여 학생/참여 기업/해결해야 할 공학문제의 매칭, 프로젝트 운영, 관리, 평가가 가능하도록 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼을 설계하고 개발하였다. 이 연구의 산학협력 캡스톤디자인 프로토타입 설계 및 개발을 위한 설계원리 및 그 상세설계지침으로 이영태(2013)의 연구를 기반으로 하였다. 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼 설계를 위한 이론적 구성요소로 이영태(2013)가 제안한 학습지원, 인지도고과정 및 지원도구, 학습방법, 학습공간을 사용하였으며, 설계원리 및 상세설계지침을 공학교육혁신센터¹⁾에서 지원하는 공학 캡스톤디자인 수업에 적합하도록 수정 및 추가하여 재구성하였다. 또한 산학협력 매칭 사이트 사례분석결과도 함께 반영하여 구성하였다. 이를 본 연구에서 개발한 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼의 설계원리 및 상세설계지침으로 활용하였다.

1) 공학교육혁신센터란 공학교육 서비스의 강화 및 내실화, 공학교육에 대한 교수·학습체계 혁신을 위한 연구 및 사업수행과 한국공학 교육인증원(abeek)의 인증기준에 기반을 둔 공학교육서비스의 개발·운영 및 지원을 위하여 설립됨

Table 4 Learning Environment Design Principles and Detailed Design Guidelines for Capstone Design Classes

구성 요소	설계원리	상세설계지침
공학문제	<ul style="list-style-type: none"> 실제적·맥락중심 내용 및 과제선정 비구조적·개방형 공학문제 	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트 구성원의 합의된 공동의 실제적 공학문제 탐색 및 문제 정의★ 공학문제 및 과제 선정에 필요한 프로젝트 구성원의 요구분석 공학문제는 현실적 맥락을 반영하고, 인지적 도전이 되는 과업으로 선정하기 위해 현실적상황과 문제해결상황 비교 문제해결을 위한 가설의 설정
문제해결과 관련된 사례	<ul style="list-style-type: none"> 문제해결과 관련된 구성원 개인의 지식, 경험, 정보를 공유할 수 있는 공유된 정신모델 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 문제해결에 필요한 개인의 경험, 지식, 정보를 공동의 작업공간에 표현하여 공유☆ 구성원 공동의 공유된 목표 설정★ 학습과정에서 공동의 합의된 결과물 작성★
학습 지원	<ul style="list-style-type: none"> 해결책과 관련된 정보자료 개방적 학습환경 구축 독립적·개인적 학습환경 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 정보 수집(웹, 서적 등 다양한 채널의 윤리적 활용)☆ 문제해결이나 목적에 따라 자료 편집 및 재구성☆ 개인이 수집한 자료의 자유로운 공유☆ 개인의 학습과정 및 학습성공에 대한 성찰일지 작성★
문제해결과 관련된 도움	<ul style="list-style-type: none"> 받을 수 있는 채널 시스템적 채널 구축 인적자원을 통한 채널 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 공학중심설계, 문제중심학습, 프로젝트중심 학습의 절차 및 단계별 메뉴얼, 체크리스트, 평가 루브릭 등의 제공을 통한 시스템적 지원★ 공학교육혁신센터의 학사관리 지원(조교, 산학협력중점 교원) 및 캡스톤디자인 작품제작 재료비 지원★ 문제해결을 위한 내용적 조언을 지원할 전공교수 매칭 및 피드백★
인지적 사고과정	<ul style="list-style-type: none"> 구성원간의 상호작용을 촉진시킬 수 있는 인지 사고 과정 및 도구 활용 구성원 개인의 지식, 경험, 정보에 대한 의견을 교환하고 공유하는 과정 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 구성원 간 인지사고의 상호작용을 촉진시키는 온라인 지원도구 활용☆ 인지사고를 촉진할 수 있도록 학습과정의 결과물이나 자료를 시각화하여 활용☆ 이질적 특성을 반영한 팀 구성 및 상호작용☆ 문제해결을 위한 발산적·수렴적 사고와 상호작용을 촉진하기 위한 의견의 제시 및 조합☆ 인지적 사고과정에 대한 사회화·외부화·조합화·내면화 과정에 따라 다양한 학습활동 제시☆
학습 방법	<ul style="list-style-type: none"> 문제를 해결하기 위해 교류할 수 있는 협동체제 공동의 학습공간을 통한 집단적 협력활동기회 제공 구성원 간의 의견을 교환할 수 있는 대화 중심의 협력활동체제 	<ul style="list-style-type: none"> 문제해결에 필요한 자료를 공유·편집·개발 할 수 있는 공간 제공☆ 구성원간 의견공유 및 대화 가능한 시간 제공☆ 이질적 특성이 반영되어 구성된 팀 구성원간 문제해결을 위한 협력 유도★

구성 요소	설계원리	상세설계지침
학습 공간	<ul style="list-style-type: none"> 사회적·맥락적 학습공간 개인 및 집단의 의견을 교환할 수 있는 공동의 학습공간 제공 학습자가 자발적으로 참여와 기여할 수 있는 학습공간 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 대면 및 비대면 공동 학습시간 및 공간 제공☆ 온라인 기반의 협력학습 공간 제공☆ 구성원간 동료평가 및 셀프평가를 통해 학습 참여 정도와 기여도 평가(평가기준, 루브릭 제공)★

※ 출처: 위 Table 4는 이영태(2013)의 연구 p. 115-117의 <표 IV-4> 집단지성 기반 학습환경 설계모형의 이론적 구성요소, 학습환경 설계원리 및 상세설계지침을 수정 및 내용 추가하여 정리한 것임

상세설계지침의 ★표는 본 연구의 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼에서 시스템적으로 구현한 항목이고, ☆표는 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼 매뉴얼 및 안내를 통해 프로젝트 진행과정 및 산출물에 포함할 것을 안내한 항목이다. 예를 들어 학습지원 구성요소의 공학문제는 프로젝트 착수시 프로젝트 참여 기업 및 학생의 합의를 통해 공학문제가 정의되도록 하며, 이를 시스템적으로 입력하도록 하였다. 그리고 프로젝트의 문제 및 과제 선정을 위해 요구분석을 실시하고, 그 과정과 결과를 공유할 수 있는 작업 공간을 프로젝트 참여 기업 및 학생이 결정하도록 안내하였다. 선택한 작업 공간에서 프로젝트 진행과정에 수집한 자료를 자유롭게 공유하도록 안내하고, 개인 및 팀의 학습과정과 성과에 대한 성찰일지의 작성은 시스템적으로 입력하도록 하였다. 또한 평가루브릭을 시스템적으로 지원하고, 공학교육혁신센터에서 작품제작을 위한 재료비 지원하도록 하였으며, 문제해결을 위한 내용적 조언을 지원할 전공교수 매칭 및 피드백을 공학교육혁신센터에서 진행하도록 하였다.

앞의 Table 3에서 검토한 산학협력 웹 사이트를 중 이공계 취업 지원 시스템인 알앤디잡, 기업·교수·학생 정보 공유 중심의 경일대학교 산학협력 Kollabo, 현장실습지원 시스템인 한양대 에리카 현장실습지원시스템 사이트는 제외하고, 산학협력 캡스톤디자인을 지원하는 웹 사이트를 중심으로 Table 4 캡스톤디자인 수업의 학습환경 설계원리 및 상세설계지침 틀을 적용하여 Table 5와 같이 분석하였다.

Table 5 Analysis of learning environment design principles and detailed design guidelines for each Capstone Design website

(A : 한이음, B : 산학연 PLUS, C : 인천대 아이디어 뭉, D : 인하대 산학협력 포털)

구성 요소	설계 원리	상세설계지침	A	B	C	D
학습 지원	비구조적·개방형	프로젝트 구성원의 합의된 공동의 실제적 공학문제 탐색 및 문제 정의★	○	○	○	○

구성 요소	설계 원리	상세설계지침	A	B	C	D
공학문제		• 공학문제 및 과제 선정에 필요한 프로젝트 구성원의 요구분석				
		• 공학문제의 현실적상황과 문제해결상황 비교				
문제 해결을 위한 공유 정신모델 제공		• 문제해결을 위한 가설의 설정				
		• 문제해결에 필요한 개인의 경험, 지식, 정보를 공동의 작업공간에 공유★	○	○	○	
해결책과 관련된 개방적 학습환경 구축		• 구성원 공동의 공유된 목표 설정★		○	○	○
		• 학습과정에서 공동의 합의된 결과물 작성★	○	○	○	○
문제해결을 위한 채널		• 다양한 정보 수집(웹, 서적 등 다양한 채널의 윤리적 활용)☆		○		
		• 문제해결이나 목적에 따라 자료 편집 및 재구성☆		○		
인지 사고 과정 및 지원 도구	상호작용을 촉진시킬 수 있는 과정 및 도구 활용	• 개인이 수집한 자료의 자유로운 공유☆	○			
		• 개인의 학습과정 및 학습성과에 대한 성찰일지 작성★				
문제해결을 위한 채널		• 공학종합설계, 문제중심학습, 프로젝트중심 학습의 절차 및 단계별 매뉴얼, 체크리스트, 평가 루브릭 등의 제공을 통한 시스템적 지원★				
		• 프로젝트 관리 및 캡스톤디자인 작품 제작 재료비 지원★	○	○	○	
문제해결을 위한 채널		• 문제해결을 위한 내용적 조연을 지원할 전공교수 매칭 및 피드백★	○	○	○	○
		• 구성원 간 인지사고의 상호작용을 촉진시키는 온라인 지원도구 활용☆	○	○	○	
인지 사고 과정 및 지원 도구	상호작용을 촉진시킬 수 있는 과정 및 도구 활용	• 인지사고를 촉진할 수 있도록 학습과정의 결과물이나 자료를 시각화하여 활용☆	○	○	○	
		• 이질적 특성을 반영한 팀 구성 및 상호작용☆				
문제해결을 위한 채널		• 문제해결을 위한 발산적·수렴적 사고와 상호작용을 촉진하기 위한 의견의 제시 및 조합☆	○			
		• 인지적 사고과정에 대한 사회화·외부화·조합화·내면화 과정에 따라 다양한 학습활동 제시☆				
문제해결을 위한 채널		• 문제해결에 필요한 자료를 공유·편집·개발 할 수 있는 공간 제공☆				
		• 구성원간 의견공유 및 대화가 가능한 시간 제공☆	○	○	○	
문제해결을 위한 채널		• 이질적 특성이 반영되어 구성된 팀 구성원간 문제해결을 위한 협력 유도★			○	
		• 대면 및 비대면 공동 학습시간 및 공간 제공☆	○	○	○	○
문제해결을 위한 채널		• 온라인 기반의 협력학습 공간 제공☆	○	○	○	○
		• 구원원간 동료평가 및 셀프평가를 통해 학습 참여 정도와 기여도 평가(평가기준, 루브릭 제공)★				

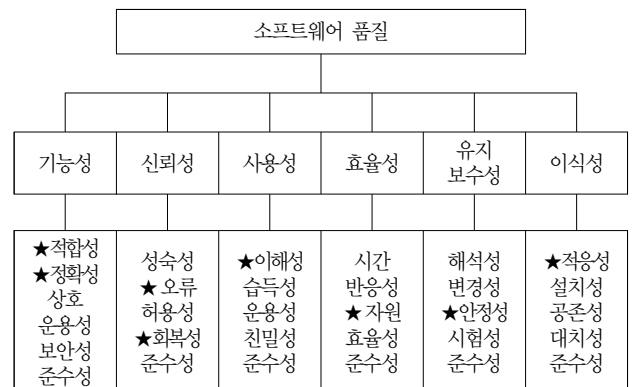
4. 실행 및 평가

선행연구와 벤치마킹을 통해 설계한 프로토타입에 대한 전문가 타당화를 위해 Table 6과 같이 전문가를 섭외하였다. 본 연구에서는 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼이라는 연구 특성을 고려하여 공학 분야 박사학위 소지자 6명으로 선정하였다. 이들은 모두 공학기초설계, 공학요소설계, 공학종합설계 수업을 진행하고 있는 공학교육 전문가이다.

Table 6 Profile of experts

구분	직위	경력(년)	최종 학력	전공분야	타당화 참여 여부	
					1차	2차
A	교수	21년	박사	토목공학	✓	✓
B	교수	15년	박사	건축공학	✓	✓
C	교수	7년	박사	컴퓨터공학	✓	✓
D	교수	5년	박사	산업공학	✓	✓
E	교수	19년	박사	산업공학	✓	✓
F	연구소장	18년	박사	컴퓨터공학	✓	✓

산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼을 설계하기 위해 두 차례의 심층 면담을 실시하여 개선 사항을 도출하였고, 이를 반영하여 수정 설계안과 최종 설계안을 도출하였다. 전문가 내용 타당화를 위해 이메일 및 전화로 본 연구에 대한 설명 및 전문가 검토 세부 내용을 요청하였다. 전문가 타당화를 통해 확인하고자 했던 내용은 인터페이스의 사용성을 어떤 측면에서 측정할 것인지 국제 표준에 의해 정의된 소프트웨어 품질 평가 지표인 ISO/IES 9126(소프트웨어 품질 특성 및 매트릭스)과 전문가들이 사용성 원칙을 적용하여 인터페이스에서 사용성의 문제점들을 찾아내기 위한 평가방법의 하나인 휴리스틱 평가 10대 원칙을 재구성하여 진행하였다. ISO/IES 9126 표준의



★ 표시된 소프트웨어 품질 특성은 본 연구의 전문가 평가 요소의 개념으로 사용함

Fig. 5 ISO/IEC 9128 Software Quality characteristics

소프트웨어 품질 특성 내용은 아래 Fig. 5와 같다. 이중 기능성, 신뢰성, 사용성, 효율성, 유지보수성 등을 전문가 평가 요소의 개념으로 본 연구에서 사용하였다.

이와 함께 전문가 평가 요소로 함께 사용한 닐슨의 휴리스틱 평가 10대 원칙(Nielsen, 1994a, 1994b)은 아래 Table 7과 같다.

Table 7 Nielsen's 10 Heuristic Principles

연번	휴리스틱 원칙	세부 내용
1	시스템 상태에 대한 가시성 (visibility of system status)	<ul style="list-style-type: none"> 합리적인 시간 내에 적절한 피드백을 통해 사용자에게 진행 상황에 대한 정보를 항상 제공할 것 사용자에게 시스템의 현재 상태를 시각화하여 보여줌★
2	실제 생활과 시스템과의 연계성 (match between system and the real world)	<ul style="list-style-type: none"> 내부의 전문용어가 아닌 사용자에게 친숙한 사용자 중심의 단어, 구문 및 개념을 사용하여 실제 규칙을 따르고 정보가 자연스럽게 논리적인 순서로 나타나도록 구성할 것★
3	사용자 통제 및 자율성 (user control and freedom)	<ul style="list-style-type: none"> 사용자는 종종 실수로 작업을 수행하므로 실수에 대한 연장된 절차를 거치지 않고, 원치 않는 조치를 취소할 수 있도록 명확하게 표시된 "비상 출구" 필요 이용자에게 적절한 통제권 부여★
4	일관성과 표준성 (consistency and standards)	<ul style="list-style-type: none"> 사용자가 서로 다른 단어, 상황, 행동 등이 같은 것을 의미하는지 궁금해 하지 않도록 플랫폼 및 업계 관습에 따라 설계할 것 일관성과 표준성을 높임★
5	실수 방지 (error prevention)	<ul style="list-style-type: none"> 좋은 오류 메시지도 중요하지만 최상의 디자인은 처음부터 문제가 발생하지 않도록 신중하게 설계하는 것임★. 오류가 발생하기 쉬운 조건을 제거하거나, 해당 조건을 확인하고 사용자가 작업을 수행하기 전에 확인 옵션을 제공하도록 설계할 것
6	직관성 (recognition rather than recall)	<ul style="list-style-type: none"> 사용자가 기억할 내용을 최소화하도록 작업 및 요소를 표시할 것. 사용자가 인터페이스의 한 부분에서 다른 부분으로 정보를 기억할 필요가 없도록 하고, 이용을 위한 정보는 필요할 때 표시되거나 쉽게 검색 가능하도록 설계할 것 사용자가 적은 인지적 노력으로 시스템을 사용할 수 있도록 설계 함★
7	융통성과 효율성 (flexibility and efficiency of use)	<ul style="list-style-type: none"> 초보 사용자와 전문 사용자 모두가 원활하게 이용 가능하도록 필요한 기능을 제공되되, 전문 사용자가 빈번한 작업을 조정할 수 있도록 바로가기 기능을 제공하여 상호 작용 속도를 높일 수 있도록 함 사용자가 시스템을 유연하게 사용할 수 있도록 함
8	심미성 (aesthetic and minimalist design)	<ul style="list-style-type: none"> 인터페이스의 모든 추가 정보 단위는 관련 정보 단위와 경쟁하여 상대적 가시성을 떨어뜨리기 때문에 인터페이스에는 관련이 없거나 거의 필요하지 않은 정보가 포함되어서는 안 됨
9	에러 대처	<ul style="list-style-type: none"> 오류 메시지는 일반 언어(오류 코드 없음)로

연번	휴리스틱 원칙	세부 내용
	(help users recognize, diagnose, and recover from errors)	표현되어야 하며 문제를 정확하게 표시하고 솔루션을 건설적으로 제안해야 함★
10	이해성 (help and documentation)	<ul style="list-style-type: none"> 시스템에 추가 설명이 필요하지 않은 경우가 가장 좋으나 사용자가 작업을 완료하는 방법을 이해하는 데 도움이 되는 문서를 제공해야 할 수도 있음 사용자에게 충분한 도움을 제공함★

★ 표시된 닐슨의 10대 휴리스틱 원칙의 세부 내용은 본 연구의 전문가 평가 요소의 세부 내용으로 사용함

앞에서 살펴본 ISO/IES 9126 표준의 사용성 하위 특성과 닐슨의 휴리스틱 10대 원칙을 기반으로 1, 2차 전문가 타당화 검토를 위한 검토 내용을 정리하였으며, 이는 아래 Table 8과 같다. 아래의 검토내용에 대한 전문가 의견을 수합하여 정리한 후 수정설계안을 도출하였다.

Table 8 1st and 2nd expert validation result

	검토 내용	산출물
시스템 절차의 이해성	<ul style="list-style-type: none"> 산학협력 캡스톤디자인 매칭 과정에 대한 설명을 제시하여 사용자가 작업을 완료하는 방법을 이해하는 데 도움이 되도록 설계 되었는가? 	
시스템 절차의 적절성	<ul style="list-style-type: none"> 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트의 절차에 맞게 시스템이 설계 되었는가? 산학협력 캡스톤디자인 매칭 절차에 맞게 시스템이 설계 되었는가? 	
시스템의 효율성	<ul style="list-style-type: none"> 사용자의 적은 인지적 자원 및 시간의 투입으로 시스템을 사용할 수 있도록 설계되었는가? 합리적인 시간 내에 적절한 피드백을 통해 사용자에게 진행 상황에 대한 정보를 제공하는가? 	
구성의 적절성	<ul style="list-style-type: none"> 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트 수행을 위한 캡스톤디자인 학습환경 설계원리 및 상세설계지침을 포함하여 시스템이 설계 되었는가? 산학협력 캡스톤디자인 매칭을 위한 구성요소를 포함하여 시스템이 설계 되었는가? 	수정 의견
구성의 일관성	<ul style="list-style-type: none"> 시스템의 구성은 일관적으로 설계되었는가? 	수정 설계안 도출
구성의 타당성	<ul style="list-style-type: none"> 시스템의 구성요소는 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트를 실제적으로 수행하는데 합당한가? 시스템의 구성요소는 산학협력 캡스톤디자인 매칭을 실제적으로 이루는데 합당한가? 	
실수 방지	<ul style="list-style-type: none"> 오류가 발생하기 쉬운 조건을 제거하거나, 해당 조건을 확인하고 사용자가 작업을 수행하기 전에 확인 옵션을 제공하도록 설계되었는가? 	
에러 대처	<ul style="list-style-type: none"> 오류 메시지는 일반 언어로 이해 가능하게 표현되며 문제를 정확하게 표시하고 솔루션을 제안하는가? 사용자에게 충분한 도움을 제공하는가? 	

IV. 연구결과

1. 요구분석 결과

이 연구에서 요구분석을 위해 캡스톤디자인 프로젝트 매칭 및 진행과정의 수행분석을 하였고, 이를 정리하였다. 수행차이의 내용을 구체적으로 살펴보면, 첫째, 산학협력 캡스톤 디자인 프로젝트의 학생, 기업, 공학문제 매칭 및 운영상의 어려움을 겪고 있었고, 둘째, 대학 및 교수 개인의 역량에 따라 캡스톤디자인 수업의 편차가 큰 것으로 나타났다. 요구분석 결과 그 대안을 제시하기 위해 수행차이의 원인을 분석하였고, 그 해결안을 교육과 교육외적인 차원에서 접근하여 정리하였다.

Table 9 Performance Analysis and Solution for Matching Process of Industry-University Cooperation Capstone Design Project

수행차이	원인	해결안
산학협력 캡스톤 디자인 프로젝트의 학생, 기업, 공학문제 매칭 및 운영상의 어려움	• 기업이 원하는 학생, 학생이 원하는 기업과 캡스톤 디자인 프로젝트 매칭이 어려움	• 학생관점: 실제 현장에서는 학생이 원하는 기업에서 학생이 원하는 공학적 문제해결만 할 수 없음을 알도록 자세하게 설명함. 캡스톤디자인 프로젝트수행을 통해 함양할 수 있는 공학도로서의 역량을 설명하고 실제 역량기반교육을 통해 그 성과를 측정하여 피드백함 • 기업관점 : 다양한 학생들의 아이디어와 노력을 통해 공학교육의 기회를 제공하고 미래 공학자양성에 기여하는 기업가치실현의 기회를 안내하고 학교에서 재료비, 자문비 등의 지원을 제공함
	• 기업 및 학생의 정보와 요구를 반영하여 캡스톤디자인 프로젝트를 매칭하는데 시간과 노력이 많이 필요함. 특히 학생이 많고, 캡스톤디자인 프로젝트 수가 많을 수록 더욱 어려움	교육 외
• 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트의 특성상 작품 설계 및 개발에 필요한 재료비 및 전문가 자문이 필요함	교육 외	• 교수대상 공학교육에서 캡스톤디자인 수업의 중요성에 대한 교육 및 컨퍼런스 제공을 통해 그 중요성을 인식하고 참여할 수 있는 기회를 제공함 • 대학본부, 공과대학, 공학교육혁신센터에서 합리적인 수

수행차이	원인	해결안
		준의 비용을 지원하도록 함 • 공대전공 교수 및 산학협력 중점교수의 자문을 받을 수 있는 기회를 제공함
• 캡스톤디자인 프로젝트 진행과정 및 결과물의 공개여부, 산출물에 대한 저작권 및 소유권에 대한 합의가 필요함	교육 외	• 학생 대상 캡스톤디자인 프로젝트 산출물에 대한 저작권 및 소유권 교육 • 프로젝트 기여도, 참여도, 결과물의 수준 등을 고려하여 프로젝트 진행상황 공개 여부, 저작권 및 소유권에 대한 의사결정이 필요함을 안내하고 결정함
• 산학협력 캡스톤디자인 수업에 적합한 학습 주제 선정에 어려움을 겪음	교육 외	• 교수 및 연구원 대상: 산학협력 캡스톤디자인에 대한 이해를 토대로 학습 주제를 선정하여 수업설계 및 평가 관련 교육 • 전국 공학교육혁신센터 소 통 채널을 통해 기업체 정보, 선행 캡스톤디자인 주제, 해결이 필요한 공학문제 등의 공유
대학 및 교수 개인의 역량에 따라 캡스톤디자인 수업의 편차가 큼	교육 외	• 기업별, 교수별 컨택 할 수 있는 기업의 차이로 인해 산학협력 캡스톤디자인 주제에 차이가 생김 • 기업의 공학문제 주제를 모 든 대학이 공유할 수 있는 오픈 플랫폼 제공 • 오픈 플랫폼을 통해 캡스톤 디자인 수업 우수 사례 및 캡스톤디자인 경진대회 우수 사례 공유
• 캡스톤디자인 수업 설계, 운영, 평가에서 교수자별 차이가 발생함	교육 외	• 캡스톤디자인 교수학습방법 워크숍 제공 • 전공별 캡스톤디자인 매뉴얼 및 교안 개발 및 제공 • 캡스톤디자인 수업 우수 사례 공유
• 다른 대학 및 교수의 캡스톤디자인 수업 관련 정보를 교류하고 협력할 수 있는 채널이 없음	교육 외	• 캡스톤디자인 수업 교육기회 협의체 및 정보공유 시스템 구축함

이 연구를 통해 개발하고자하는 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼의 목적은 전국대학 차원에서 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트 매칭 및 운영이다. 요구분석 결과, 교수 개인의 역량이 아닌 학생과 기업의 데이터 풀(data pool)을 기반으로 자유롭게 프로젝트를 선택할 수 있는 공유 플랫폼에 대한 요구를 확인하였다. 이를 통해 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트와 학생(팀) 매칭의 어려움을 극복하고자 하였다. 또한 캡스톤디자인 프로젝트에 대한 지도교수의 영역은 공학교육혁신센터의 인적, 물적 지원을 포함하도록 한다.

2. 프로토타입 설계 및 개발 결과

이 연구의 요구분석 결과 또한 프로젝트 단계별 산출물의 질 향상과 문제해결을 위해 교수자의 개입이 필요하다고 하였다. 학부생 대상의 캡스톤디자인이기 때문에 교수자의 지원이 필요하다는 것이다. 그리고 교수, 학생, 기업이 상호작용할 수 있는 채널이 시스템적으로 필요하다는 것이다. 이러한 교수자의 프로젝트 내용적 피드백뿐만 아니라, 프로젝트의 운영을 위한 행정적 지원을 위해 공학교육혁신센터의 행정적 검토, 산출물 모니터링 및 관리가 가능하도록 하는 기능이 필요하다는 요구가 있었다. 이를 기반으로 기업과 대학 및 학생 간의 캡스톤디자인 주제 및 성과물 매칭을 통해 기업과 대학의 산학협력 참여 촉진하고 산학협력으로 현장실무능력이 강한 인재를 양성하기 위한 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼을 개발하였다.

산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼은 첫째, 기업과 학생이 필요 정보를 입력하고, 둘째, 기업의 애로기술 프로젝트를 공고한다. 기업의 프로젝트와 학생의 매칭은 2가지 방법으로 운영된다. 먼저, 플랫폼에서 기업의 프로젝트 정보와 학생이 회원 가입 시 입력한 기본 사항을 매칭하여 가장 매칭율이 높은 학생 정보를 기업에 순위대로 제공한다. 기업은 매칭율이 높은 학생에게 이메일로 프로젝트 참여 제안을 보낼 수 있으며, 참여 제안을 받은 학생은 프로젝트에 참여 여부를 결정 후 프로젝트에 참여할 수 있다. 다음으로는 기업의 프로젝트 정보와 학생이 프로젝트에 참여 신청을 위해 입력한 정보를 매칭하여 가장 매칭율이 높은 학생 정보를 기업에 순위대로 제공한다. 기업은 매칭율이 높은 학생 중 선발한다. 프로젝트 공고 단계에서 교수의 역할은 캡스톤디자인 교과 또는 비교과의 지도교수로서 최종적으로 프로젝트를 검토하고 승인할 수 있다. 세 번째로 프로젝트 수행단계이다. 학생은 프로젝트를 수행하면서 플랫폼에 중간보고서 업로드, 멘토에 질의를 할 수 있으며 기업과 지도교수는 중간보고서 평가, 멘토 코멘트를 작성하여 피드백한다. 네 번째로 평가 단계이다. 학생은 플랫폼에 최종 결과물을 업로드하고 기업과 지도교수는 최종 결과물을 평가할 수 있다. 플랫폼에서 점수를 부여하거나 상격을 부여할 수 있다. 공학교육혁신센터의 경우기업과 학생 정보 관리, 지도교수와 멘토 섭외, 결과물 관리 등 프로젝트 수행 전반에 있어서 행정적인 업무 지원 역할을 수행한다.

3. 실행 및 평가 결과

가. 1차 전문가 의견 및 개선 사항

산학협력 매칭 플랫폼 개발을 위한 1차 전문가 의견은 다음의 Table 10과 같다. 첫째, 매칭율을 높이기 위한 매칭 항목을

검토하였다. 먼저 기업의 주소보다는 사업장 소재지를 지역 구분에서 선택할 수 있도록 하고 학생의 대학 소재지와 매칭할 수 있도록 했다. 프로젝트 분야는 한국산업기술평진원의 산업분류로 구분하였으나, 토목, 건설 등 일부 전공을 포함하고 있

Table 10 Primary expert validation results and improvements

전문가 의견	전문가 의견	개선 사항
매칭 항목 검토 (전문가 A)	<ul style="list-style-type: none"> 기업의 주소보다는 기업의 사업장 소재지를 지역 구분에서 선택할 수 있도록 하여 대학 소재지와 매칭 프로젝트 분야를 추가, 학생의 전공과 매칭될 수 있도록 수정 	<ul style="list-style-type: none"> 기업의 사업장과 학생의 대학 소재지와 매칭 프로젝트 분야의 기준이 산업분류로 일부 전공을 포함하지 않고 있음. 프로젝트 분야를 산업분류 외에 전공의 구분과 같은 '국가과학기술표준분류'를 추가함
기업의 입력 편의성 제고 (전문가 E, F)	<ul style="list-style-type: none"> 기업의 회원가입, 프로젝트 입력 시 입력할 정보의 양이 많음. 시스템에서 자동반영할 수 있는 항목에 대한 검토 필요 기업 업종 분류를 입력이 아닌 선택항목으로 설정, 명확한 분류 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 기업 정보 중 사업자등록번호를 통해 기업에 대한 일부 항목이 자동으로 입력되도록 기업 DB 사이트 연계하여 구현 기업, 프로젝트 정보 입력 시 필수 입력 항목 축소, 기술형 입력 항목 축소 업종의 경우 '한국표준산업분류포'에서 선택할 수 있도록 수정
기업 홍보 기능 강화 (전문가 A, F)	<ul style="list-style-type: none"> 중소 기업 등 기업의 홍보가 필요할 경우, 상세한 내용을 입력할 수 있도록 서비스 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 기업의 홍보 기능 추가(개요 및 비전, 기업 주요 관심분야 등)
심사 및 대화 기능 필요 (전문가 E)	<ul style="list-style-type: none"> 기업의 프로젝트 해결을 위해 다양한 팀이 참여하여 경쟁하는 방식도 필요함. 	<ul style="list-style-type: none"> 한 개의 프로젝트 또는 교과목에 여러 팀이 신청하여 참가할 수 있도록 개선 참여한 팀별로 기업체 담당자나 지도교수 등 다수가 평가 항목과 점수를 기입할 수 있도록 개선 평가 루브릭 양식 제공
기업의 협력 유형 다양화 (전문가 B, E)	<ul style="list-style-type: none"> 기업이 대학에 요구하는 협력의 선택 항목을 다양화하여 기업의 요구를 파악하는 것이 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 협력 형태 선택 항목 다양화 : 경연, 자문, 회의, 심사, 경진대회 지원/개최/예산지원/기기장비지원, 기타
주 사용자 중심의 각 단계별 역할 검토 필요 (전문가 C, D)	<ul style="list-style-type: none"> 각 단계별로 사용자들의 역할이 세분화되어 있어 실제 사용에 있어서 사용자들의 참여, 사용이 지조할 것으로 예상됨. 주 사용자에게 대한 검토와 각 단계별 사용자의 역할에 대한 검토가 필요함 	<ul style="list-style-type: none"> 주 사용자인 기업, 학생을 중심으로 각 단계별 필수 역할 및 제출 자료를 검토

지 않아 추가로 프로젝트 분야를 국가과학기술표준분류로 하여 학생의 전공과 매칭될 수 있도록 수정하였다. 둘째, 기업의 입력 편의성을 제고하였다. 기업은 회원가입 시 기업의 기본 정보에 대해 입력할 정보의 양이 많은 어려움이 있다. 이를 개선하고자 기업정보 DB를 제공하는 사이트를 연동하여 기업의 사업자등록번호 입력만으로 기업명, 기업규모 및 업종, 주요 제품 등에 대한 기업의 기본 정보를 입력할 수 있도록 하였다. 셋째, 기업 참여를 유도하기 위하여 기업의 홍보 기능을 강화하였다. 산학협력 매칭 사이트는 기업, 교수, 학생이 주 사용자로서 공과대학 교수, 공과대학생에게 기업을 홍보할 기회를 제공할 수 있다. 특히 중소기업 등 기업체의 홍보가 필요할 경우 상세한 내용을 입력할 수 있도록 기업의 개요 및 비전, 기업 주요 관심분야 항목을 추가하였다. 넷째, 심사 및 대회 개최 기능을 추가하였다. 기업 애로기술의 경우 주제 도출의 어려움과 주제가 세분화하여 해결하기 어렵다는 문제점이 있다. 이에 한 개의 프로젝트 또는 한 개의 교과목에서 다수의 팀이 신청, 참가한 후 최종 결과물을 다수의 산업체 담당자나 지도교수가 평가 항목을 기입, 심사하고 대회를 개최할 수 있는 항목을 추가하고 평가 루브리 양식을 추가하였다. 다섯째, 기업의 협력 유형 다양화하였다. 기업이 대학과 협력을 희망하는 항목은 기존에 자문, 회의, 심사, 캡스톤디자인 대회 지원 항목이었다. 이중 캡스톤디자인 대회 지원을 경진대회 지원, 개최, 예산지원, 기기장비 지원으로 세분화하고 기타 항목을 추가하여 서술하여 입력할 수 있도록 개선하였다. 여섯째, 주 사용자 중심의 단계별 역할 검토가 필요했다. 각 단계별로 지도교수나 멘토, 공학교육혁신센터 등 온라인상에서 승인, 자문 내용 입력 등이 세분화되어 있어 실제 참여와 시스템 사용에 있어서 어려움이 예상되었다. 이에 프로젝트의 개설, 신청, 매칭 후 진행과 결과 보고서의 주요 단계 외의 모니터링 역할을 삭제하여 주요 사용자인 기업체와 학생의 역할을 중점적으로 검토하였다.

나. 2차 전문가 의견 및 개선 사항

산학협력 매칭 플랫폼 개발을 위한 2차 전문가 의견은 다음의 Table 11과 같다.

첫째, 매칭율을 높이기 위해 서술형 항목을 삭제하였다. 기존에 프로젝트 수행을 위한 학생 요건을 우대 전공, 유사 프로젝트 경험 등을 서술형으로 입력할 수 있도록 한 항목과 매칭 항목 중 기타 항목을 서술형으로 입력할 수 있게 한 항목은 단어를 추출해서 매칭하고자 하였으나, 학생의 입력, 기업의 검토 단계를 최소화하고 매칭율을 높이기 위해 서술형 항목을 삭제하였다. 둘째, 매칭 항목별 가중치를 부여하였다. 기존에는 매칭 항목 5개를 같은 비율의 가중치를 부여하였다. 그러나 기업

Table 11 2nd expert validation results and improvements

전문가 의견	전문가 의견	개선 사항
매칭율을 높이기 위한 서술형 항목 삭제 (전문가 C, D)	• 매칭율을 높이기 위해 서술형 항목은 지양, 항목을 선택형으로 변경	<ul style="list-style-type: none"> • 프로젝트 수행을 위한 학생 요건은 서술형, 삭제함 • 입력과 검토를 최소화하고자 함
매칭 항목 가중치 개선 (전문가 A, B)	• 매칭 항목 중 가중치 부여 기능 필요	<ul style="list-style-type: none"> • 기존에는 '지역, 기간, 전공, 분야, 기타' 항목 • 기타 항목은 서술형으로 자유롭게 입력할 수 있도록 하여 단어를 추출하여 분석하려 했으나 매칭율을 높이기 위해 삭제 • 매칭 항목별 가중치를 부여함 • 1순위(30%), 2순위(25%), 3순위(20%), 4순위(15%), 5순위(10%)로 수정함
프로젝트 수행 지역 수정 (전문가 B)	• 프로젝트 수행 기간이 방학 또는 학생의 거주지와 인접한 곳일 수 있음. 프로젝트 수행 지역을 학생이 선택할 수 있도록 개선	• 프로젝트 수행 지역을 학생의 대학 소재지와 매칭 되도록 하였으나, 학생이 프로젝트 수행이 가능한 지역을 선택할 수 있도록 개선함
협력 대학 지정 기능 필요 (전문가 E)	• 기존에 협력 경험이 있는 대학이 있을 경우, 기업에서 협력대학을 지정할 수 있어야 함.	• 매칭 항목 중 협력대학을 추가함
프로젝트 비공개 기능 추가 (전문가 F)	• 프로젝트 공개 여부 설정 기능 추가	<ul style="list-style-type: none"> • 기업의 애로기술 공개 여부에 대한 부담과 기존 협력 또는 협력을 희망하는 대학과 별도로 대회 개최 또는 교과목에서 소속 강생만을 대상으로 운영할 경우, 참여 학생의 대학을 기준으로 한정
사이트 사용자를 유인할 정보 제공 (전문가 E, F)	• 사이트 사용자를 유인할 정보 제공	<ul style="list-style-type: none"> • 공학교육혁신연구정보센터의 포탈 사이트와 연결하여 공학, 공학교육과 관련한 이슈와 정책, 공학강좌, 통계 자료 등을 제공할 수 있도록 함

이 희망하는 매칭 항목이 집중적으로 1개 또는 그 이상일 수 있으므로 자율적으로 1개~5개 내로 선택하고 항목의 비율을 1순위 30%, 2순위 25% 등으로 차등할 수 있도록 개선하였다. 셋째, 프로젝트 수행지역을 학생이 선택할 수 있도록 개선하였다. 기존에는 기업의 사업장과 학생의 대학 소재지를 매칭하였다. 그러나 학생의 거주지와 대학의 소재지가 인접하지 않는 경우나, 프로젝트 수행기간이 방학 중이어서 학교에 출석하지 않아도 될 경우 등이 있다. 학생이 프로젝트 수행 가능 지역을 선택할 수 있게 개선함으로써 실제 프로젝트가 원활히 이뤄질 수 있을 것이다. 넷째, 기업이 프로젝트를 수행할 대학을 지정할 수 있도록 매칭 항목에 추가하였다. 기업과 대학은 기존에

협력한 경험이 있거나, 대학이 기업을 사전에 섭외하여 캡스톤 디자인 교과나 대회를 운영하는 사례가 있어 매칭 항목에 협력 대학을 추가하였다. 다섯째, 프로젝트 공개 범위를 지정할 수 있도록 하였다. 기업의 애로기술의 경우 기업의 기술력이나 추후에 추진할 사업에 대한 기업 정보가 있는 경우가 많아 기업이 공개적으로 애로기술을 공지하는데 부담을 느낀다. 이에 프로젝트 공고 시 전체 대학에 공지할 것인지, 협력대학을 지정하여 공지할 것인지를 선택할 수 있도록 개선하였다. 여섯째, 산학협력 캡스톤디자인 플랫폼의 사용자를 유인할 다양한 공학, 공학교육 정보 제공의 필요성이다. 산학협력 캡스톤디자인 플랫폼의 사용자는 산업흐름의 변화에 민감하고 대학과 협력하고자 하는 기업과 산업체 수요를 반영한 교육을 실현할 교수, 교육 대상자인 학생이다. 이 사용자들에게 기업 프로젝트 매칭의 기능뿐 아니라 공학과 관련한 산업 동향, 산업 정책, 최신 교육 트렌드를 반영한 교수법, 이슈 분석 보고서, 공학교육 빅데이터 분석 등을 제공하여 플랫폼의 사용율을 높일 수 있도록 공학교육혁신연구정보센터의 공학교육 DB 사이트와 연계하였다. 1차, 2차 전문가 자문을 통해 최종적으로 Fig. 6의 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼 최종 구성도를 도출되었다.

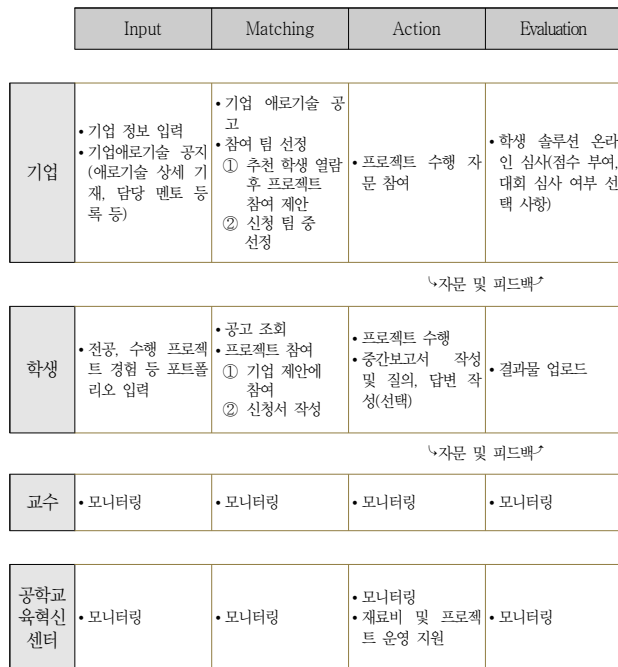


Fig. 6 Final configuration diagram of Capstone Design Matching Platform for Industry-University Cooperation

기업과 대학 및 학생 간의 캡스톤디자인 프로젝트 주제 및 성과물을 온라인으로 매칭하기 위한 절차는 Fig. 7과 같다.

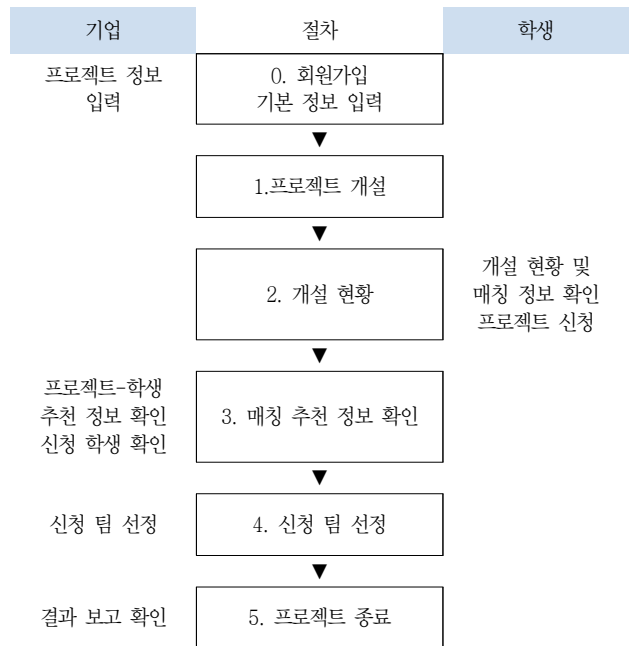


Fig. 7 Industry-University Cooperation Capstone Design Matching Procedure

첫째, 기업이 애로기술 프로젝트의 정보와 매칭 우선순위로 협력대학, 지역, 전공, 수행 기간, 분야 등을 지정 한 후 프로젝트를 공지, 개설한다. 둘째, 학생은 회원가입 시 입력한 학생 정보와 기업 정보, 애로기술 프로젝트 정보가 매칭된 자신의 정보를 확인하고, 추천받은 프로젝트를 열람하거나, 원하는 프로젝트에 신청할 수 있다. 셋째, 기업은 Fig. 7과 같이 지정한 우선순위에 부합하는 학생을 Fig. 8과 같이 확인하고 학생에게



Fig. 8 Screenshot of a Industry-Academia Cooperation Capstone Design Project and Student Matching System

프로젝트에 참여할 것을 이메일로 발송 및 제안할 수 있다. 이때 Table 7에서 닐슨의 10대 휴리스틱 원칙의 세부 내용 중, 본 플랫폼 개발에 적용할 내용을 검토·도출한 후, 이를 반영하여 플랫폼을 개발하였다. 예를 들어 기업과 학생이 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼에 정보를 입력하는 과정에서 사용자에게 전체 작업진행 과정 중 자신의 위치를 시각화하여 보여 주며, 작업이 모두 완료되지 않아도 저장 후 로그아웃이 가능하며, 이후 작업을 이어갈 수 있도록 하였다. 사용자가 플랫폼 사용시 조건에 맞지 않는 정보를 입력할 경우, 오류 및 안내 메시지를 제공하여 사용자에게 플랫폼 사용의 편의와 안정성을 제공하였다. 또한 산학협력 프로젝트 개설 및 매칭까지의 전체 절차에 따라 사용자 매뉴얼을 제공하여 사용자의 수준에 따라 활용할 수 있도록 하였다.

넷째, 기업에서 최종적으로 학생(팀)을 선택한다. 다섯째, 기업, 학생 팀 간 프로젝트를 수행한 후 결과보고서를 제출, 프로젝트를 종료한다. 아래 Fig. 9는 실제 프로젝트 개설 현황 화면이다.

Fig. 9 Screenshot of opening status of industry-academia cooperation capstone design project

또한 프로젝트 참여 현황을 통해 개설된 프로젝트에 참여 현황을 통해 Fig. 10과 같이 참여한 학생, 지도교수 자문내역, 기업담당자 자문내역, 프로젝트 완료보고 상태 및 세부 내용을 확인할 수 있다.

Fig. 10 Screenshot of capstone design project participation status and applicant information

위 Fig. 10의 학생 결과 보고서, 기업 담당자 자문내역, 지도교수 자문 내역 등은 프로젝트 개설시 공개/비공개를 설정할 수 있도록 하여 산학협력 캡스톤디자인 결과물의 저작권을 보호하였다. 또한 이러한 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트는 DB화를 통해 추적되고, 이를 아래 Fig. 11과 같이 주제, 참여 학생 전공, 산학협력 유형 등을 분석하여 제공하였다.

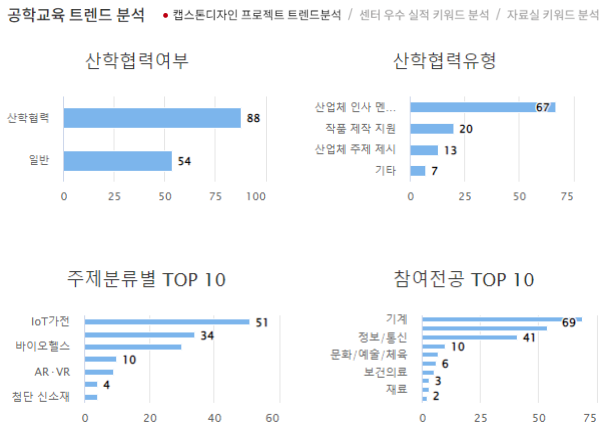


Fig. 11 Screenshot of capstone design project trend analysis

V. 결론 및 논의

이 연구의 가장 큰 의의는 기존 개별 대학의 가족기업 및 교수 개인의 역량에 기대어 수행되어온 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트를 학생과 기업 정보를 바탕으로 시스템적 매칭이 가능하도록 설계·개발했다는 것이다. 선행연구에서 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트를 위해 운영되고 있는 웹 사이트가 이미 산학협력 프로젝트 주제 및 기업 담당자, 참여 학생팀, 지도 교수 등의 매칭이 끝난 후 프로젝트의 절차 및 산출물 관리, 평가를 위해 정보를 누적하는 기능이 주였다면, 본 연구를 통해 개발된 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼은 오픈 플랫폼으로서 기업과 학생의 입력정보 데이터를 바탕으로 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트의 주제와 참여 학생 매칭이 시스템적으로 가능하도록 구현되었다는데 그 차이점이 있다. 따라서 다양한 지역, 다양한 학교의 학생들이 협력할 수 있고, 학생에게 프로젝트 주제를 선택할 수 있는 기회를 제공하였다. 기업 또한 필요로 하는 역량을 갖춘 학생을 선택하여 애로기술을 해결할 수 있다는데 의의가 있다. 또한 프로젝트 운영 전 과정을 공학교육혁신센터가 모니터링 하여 멘토 교수와 기업 담당자, 학생의 학습활동을 지원하도록 하였다. 학생들의 협력뿐만 아니라 캡스톤디자인 수업 자료를 공유하고 수업개선을 위한 교수자의 협력 채널을 확보했다는 데에도 의의가 있다. 또한 플랫폼에 누적된 산학협력 캡스톤디자인 주제 분석과 정보 공유를 통해 캡스톤디자인 주제와 방법을 다양화할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 누적된 산학협력 프로젝트 주제가 많아질수록 산업분야와 솔루션, 적용기술 등을 DB화하고 이를 분석하여 대학교육과정개발과 교육성과평가에 활용할 수 있을 것이다.

그러나 연구과정에서 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼의

1, 2차 전문가 검토를 진행하면서 그 내용이 캡스톤디자인 교수학습적 측면보다는 기업의 프로젝트 주제와 참여 학생을 매칭시키는 시스템적 측면에 집중되었다. 물론 교수 및 공학교육혁신센터의 모니터링을 통해 캡스톤디자인 프로젝트의 운영과 학습을 지원할 수 있는 채널을 확보하고 있으나 캡스톤디자인 학습지원 시스템으로서의 기능 또한 필요해 보인다. 또한 그동안 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트가 세팅되고 수행되면서 지속적으로 재기되었던 문제점이 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼을 활용하는 데에도 그대로 문제로 재기되었다. 기업의 경우 애로기술 해결을 위한 산학협력 프로젝트가 기업이 보유한 기술력이나 추후 진행할 사업의 기밀 정보가 있을 수 있어 프로젝트 주제 공개를 꺼리는 경우가 많다. 또한 기업이 해결하고자 하는 애로기술이 특정한 분야에 세분화된 경우, 교수의 지도에 한계가 있을 수 있으며 기업의 요구에 비해 학부생의 낮은 역량 수준으로 결과물의 수준이 문제될 수 있다. 또한 프로젝트를 통해 산학 모두 만족할 만한 결과를 얻었을 경우에도 지식재산권 소유권에 대한 문제가 대두될 수 있다. 이에 대한 교육적 대안으로 공학교육혁신센터 및 교수진에게 필요한 교육 및 안내 자료를 제공하고, 시스템적으로 산학협력 캡스톤디자인 프로젝트를 개설하는 관리자 권한에 프로젝트를 전국 대학, 모든 학생에게 공개할 것인지 특정 대학 및 학생에게 제한적으로 공개할 것인지 설정 가능하도록 하였다. 그리고 창의·융합형 공학인재 양성사업에 참여하고 있는 전국 66개 대학의 75개 공학교육혁신센터와 22개 협력대학의 인적, 물적 지원을 통해 해결하고자하는 공학문제에 대한 기술자문 및 제작지원이 가능하도록 하였다. 마지막으로 우수한 캡스톤디자인 작품은 창의융합설계경진대회에 출품하도록 하여 그 결과를 검증하고 성과를 공유하도록 하였다.

산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼 활용의 진입장벽을 낮추고 자유로운 활용을 유도하기 위해 기본적으로 창의·융합형 공학인재 양성사업에 참여하고 있는 전국 75개 공학교육혁신센터의 온·오프라인 네트워크를 활용하도록 하였고, 공학교육혁신연구정보센터를 통해 등록되어있는 500여개 기업정보도 공유하였다. 매칭 플랫폼의 기능을 최소화하고 사용자의 자율성을 보장하고자 하였지만, 플랫폼이 활성화되기 위해서는 기업, 지도교수, 산학협력중점교수, 학생의 섭외 및 모니터링을 위해 공학교육혁신센터 또는 행정부서의 예산, 행정 지원이 필요할 것으로 보인다. 또한 매칭 플랫폼의 자유로운 참여와 운영을 위해 플랫폼의 기능을 프로젝트의 특성에 따라 선택 가능하도록 하거나, 자동화 할 수 있도록 한다면 더 많은 매칭 플랫폼 이용자를 확보할 수 있을 것이다. 이와 함께 학생과 기업의 참여를 유도할 수 있는 플랫폼 사용 활성화 방안이 필요하다.

본 연구를 통해 개발된 산학협력 캡스톤디자인 매칭 플랫폼의 최종 사용자(end user)인 학생과 기업이 SNS, Youtube 등을 활용하여 사용자 스스로 참여를 독려하고 정보를 공유하여 활용하도록 하는 지속적인 활성화 전략이 필요하다.

참고문헌

- 강인애(1998). 정보화 교육을 위한 이론적 재검토. *교육공학연구*, 14(1), 23-38.
- 강인애(2003). *우리시대의 구성주의*. 서울: 문음사.
- 강인애·정준환·정득년(2007). PBL 수업을 위한 길라잡이 - PBL의 실천적 이해. 서울: 문음사.
- 강환수·조진형·김희천(2016). 컴퓨터공학 분야의 캡스톤디자인 모델 사례 연구. *디지털융복합연구*, 14(5), 57-66.
- 경일대학교 산학협력 Kollabo. Retrieved December 1, 2022. from <http://kollabo.kiu.ac.kr>
- 권순각·김성우·박유현(2013). 지속적인 기업체 연계 프로젝트 기반의 캡스톤 설계 운영시스템. *공학교육연구*, 16(3), 61-68.
- 김문화·권혁진(2009). 문제중심학습이 중상위권 학생의 학업 성취도 및 수학적 태도에 미치는 영향. *한국학교수학회논문집*, 12(2), 171-193.
- 김미란 외(2014). 산·학연계 강화를 위한 대학의 교육과정 개선방안 연구. *한국교육개발원 연구보고 RR2014-09*.
- 김윤영·윤지영(2021). 공학계열 학생 핵심역량 진단도구 개발 및 타당화 연구. *공학교육연구*, 24(4), 3-20.
- 김윤영 외(2022). *공유교육 : 소통·개발·상생의 교육*. 공학교육 혁신연구정보센터.
- 김정겸(2000). 구성주의적 교육을 위한 교수·학습 설계 방안. *교육연구*, 19, 195-210.
- 김창호(2017). 산학협력 성과의 영향요인에 관한 연구 : 산학협력 선도대학(LINC)육성사업의 추진 성과를 중심으로. 박사학위논문. 한남대학교.
- 김현주(2017). 대학 교과 과정에서의 산학협력 캡스톤 디자인 프로그램 사례 제안과 수업 평가 체계 디자인-디지털 날염을 활용한 가죽형 라이프스타일 패션제품 개발 사례를 중심으로. *기초조형학연구*, 18(2), 125-142.
- 박수홍·안영식·정주영(2005). 핵심역량강화를 위한 체계적 액션러닝 프로그램 개발-부산지역 관광컨벤션산업 중심으로. *교육정보미디어연구*, 11(4), 95-124.
- 박수홍·정주영·류영호(2008). 창의적 공학교육을 위한 캡스톤 디자인 (Capstone Design) 교수활동지원모형 개발. *수산해양 교육연구*, 20(2), 184-200.
- 박인우(1996). 학교교육에 있어서 구성주의 교수원리의 실현 매체로서 인터넷 고찰. *교육공학연구*, 12(2), 81-99.
- 배상태(2014). 과학기술정책 네트워크 분석 기반의 빅데이터 활용 방안 연구. *한국과학기술기획평가원 연구보고*, 2014-084.
- 배상훈 외(2017). 대학 교양기초교육 운영 모델 개발. *교양교육연구*, 11(1), 407-442.
- 산학연Plus. Retrieved November 29, 2022. from <https://plus.auri.go.kr>
- 서연화·심현애(2016). 시각디자인 전공 학생들을 위한 글로벌 캡스톤디자인 프로그램 개발 및 효과 분석. *기초조형학연구*, 17(2), 183-194.
- 소경희(2006). 학교지식의 변화요구에 따른 대안적 교육과정 설계방향 탐색. *교육과정연구*, 24(3), 39-59.
- 손미·하정문(2008). 문제중심학습(PBL)의 학습효과에 대한 메타분석. *교육정보미디어연구*, 14(3), 225-251.
- 알앤디잡(이공계인력중계센터). Retrieved November 30, 2022. from <https://www.rndjob.or.kr>
- 오현석(2007). 역량중심 인적자원개발의 비판과 쟁점 분석. *경영 교육연구*, 47(1), 191-213.
- 이건영 외(2004). 설계위주 실험교육에 의한 협동학습 능력 강화. *공학교육연구*, 7(4), 32-37.
- 이석순(2004). 경상대학교 Capstone Design 운영방법과 문제점. *공학교육학회지*, 305.
- 이영태(2013). 집단지성 기반의 학습환경 설계원리 및 모형개발. 박사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 이재열·이주영·김재필(2005). *서울대학교 시니어 캡스톤 프로그램 연구보고서*. 서울: 서울대학교 출판부.
- 이태식 외(2009). 공학대학 캡스톤 디자인 (창의적 공학 설계) 교육과정 운영실태 및 학습 만족도 조사. *공학교육연구*, 12(2), 36-50.
- 이희원(2006). Capstone Design 교육의 교육목표와 수행과정. *지역특화산업연계 Capstone Design 교육과정 개발 보고서*, 148-165.
- 인천대학교 아이디어붐. Retrieved November 29, 2022. from <http://www.ideaboom.net>
- 인하대학교 산학협력포털시스템. Retrieved November 1, 2022. from <http://rnd.inha.ac.kr/index.htm>
- 임철일·연은경(2006). 기업교육 프로그램 개발을 위한 사용자 중심의 래피드 프로토타입 방법론에 관한 연구. *기업교육과 인재연구*, 8(2), 27-50.
- 정동명(2008). *창의적 발상기법 기반의 창의공학설계*. 서울: 생능출판사.
- 정부 관계부처 합동(2021). 수요기반 기술인재 육성전략-기술 혁신 선도를 위한 산학협력 고도화. *사회관계장관회의*, 2021-17.
- 정용기·최은만(2002). 웹 기반 학습자 중심의 프로젝트 시스템의 설계 및 구현. *정보처리학회논문지*, 9(4), 621-630.
- 조규락(2003). 구성주의 기반의 학습이론 탐구. *교육공학연구*, 19(3), 3-40.
- 최철림·송영재(2011). ANP 를 이용한 소프트웨어 품질 평가

- 매트릭스 구성과 각 품질 속성의 상대적 중요도 결정. *한국정보기술학회논문지*, 9(11), 171-179.
39. 최정임(2007). 대학수업에서의 문제중심학습 적용 사례연구: 성찰일기를 통한 효과성 분석을 중심으로. *교육공학연구*, 23(2), 35-65.
40. 한양대학교 에리카 현장실습지원시스템. Retrieved December 1, 2022. from <https://e-wil.hanyang.ac.kr/index.do>
41. 한이음. Retrieved November 29, 2022. from www.hanium.or.kr
42. 허미선·이정민(2020). 국내 캡스톤 디자인 교육의 학습효과에 관한 메타분석. *한국콘텐츠학회*, 21(4), 331-346.
43. 허원희(2020). 기업연계형 캡스톤디자인 프로그램 사례연구. *한국융합학회논문지*, 11(6), 119-125.
44. Barrow, H. S., & Tamblyn, R.(1980). *Problem-based learning: An approach to medical education*. New York: Springer.
45. Barrows, H. S.(1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical education*, 20(6), 481-486.
46. Behdinan, K., Pop-Iliev, R., & Foster, J.(2014). WHAT CONSTITUTES A MULTIDISCIPLINARY CAPSTONE DESIGN COURSE? BEST PRACTICES, SUCCESSES AND CHALLENGES. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*.
47. Bright, A. & Phillips, J. R.(1999). The Harvey Mudd engineering clinic past, present, future. *Journal of Engineering Education*, 88(2), 189-194.
48. Honebein, P. C.(1996). Seven goals for the design of constructivist learning environments. *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*, 11-24.
49. Howe, S.(2010). Where Are We Now? Statistics on Capstone Courses Nationwide. *Advances in Engineering Education*, 2(1), n1.
50. Howe, S., Poulos, S. L., & Rosenbauer, L. M.(2016). *The 2015 capstone design survey: Observations from the front lines*.
51. Howe, S., & Goldberg, J.(2019). *Engineering capstone design education: Current practices, emerging trends, and successful strategies*. In Design education today (pp. 115-148). Springer, Cham.
52. IMSA(1996). IMSA's PBL Teaching and Learning Template.
53. Jonassen, D. H.(1999). Designing constructivist learning environment. In C. M. Reigeluth(Ed.). *Instructional design theories and models, Vol. II: A new paradigm of instructional theory*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
54. Jones, T. S., & Richey, R. C.(2000). Rapid prototyping methodology in action: A developmental study. *Educational Technology Research and Development*, 48(2), 63-80.
55. Katehi, L.(2005). The global engineer. *Educating the engineer of 2020: Adapting engineering education to the new century*, 151-155.
56. Katz, L. G., & Chard, S. D.(1992). *The Project Approach*. Retrieved November 1, 2022. from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED340518.pdf>
57. Marin, J. A., Armstrong Jr, J. E., & Kays, J. L.(1999). Elements of an optimal capstone design experience. *Journal of Engineering Education*, 88(1), 19-22.
58. McKenzie, L. J. et al.(2004). Capstone design courses and assessment: A national study. In *Proceedings of the 2004 American Society of Engineering Education Annual Conference & Exposition*. 1-14.
59. Moore, P. D., Cupp, S. M., & Fortenberry, N. L.(2004). Linking student learning outcomes to instructional practices-phase II. In *34th Annual Frontiers in Education, 2004. FIE 2004*. (pp. S1F-1). IEEE.
60. National Academy of Engineering, U. S.(2004). *The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century*. Washington, DC: National Academies Press.
61. Nielsen, J.(1994, April). Usability inspection methods. In *Conference companion on Human factors in computing systems* (pp. 413-414).
62. Nielsen, J.(1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
63. Pembroke, J. J., & Paretto, M. C.(2019). Characterizing capstone design teaching: A functional taxonomy. *Journal of Engineering Education*, 108(2), 197-219.
64. Perkins, D. N.(1991). What constructivism demands of the learner. *Educational technology*, 31(9), 19-21.
65. Reigeluth, C. M., & Carr-Chellman, A. A.(2009). *Situational Principles of Instruction*. In C. M. Reigeluth & A. A. Carr-Chellman(Eds.), *Instructional-Design Theories and Models: Building a Common Knowledge Base* (pp. 57-68). New York: Routledge
66. Savery, J. R.(2006). Overview of Problem-based Learning: Definition and Distinctions. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1(1), 9-20.
67. Seels, B., & Glasgow, Z.(1990). *Exercises in instructional design*. Columbus, OH: Merrill Publishing Company, 59.
68. Todd, R. H. et al.(1995). A survey of capstone engineering courses in North America. *Journal of Engineering Education*, 84(2), 165-174.
69. Tripp, S. D., & Bichelmeyer, B.(1990). Rapid prototyping:

An alternative instructional design strategy. *Educational Technology Research and Development*, 38(1), 31-44.

70. Wagenaar, T. C.(1993). The capstone course. *Teaching Sociology*, 21(3), 209-214.
71. Walker, A. E., & Leary, H.(2009). A problem based learning meta analysis: Differences across problem types, implementation types, disciplines, and assessment levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 3, 12-43.
72. Wilbarger, J., & Howe, S.(2006, October). Current practices in engineering capstone education: Further results from a 2005 nationwide survey. *In Proceedings. Frontiers in Education. 36th Annual Conference* (pp. 5-10). IEEE.



김윤영 (Kim, Younyoung)

2001년: 동국대학교 정보통신공학과 학사

2005년: The University of Texas at Austin M.A.

2019년: 서울대학교 교육학과 박사

2019년~현재: 인하대학교 공학교육혁신연구정보센터 연구교수

관심분야: 공학교육, 학습분석, 역량기반교육

E-mail: younyoung.kim@inha.ac.kr



김재희 (Kim, Jaehee)

2004년: 단국대학교 행정학과 학사

2007년: 단국대학교 행정학과 석사

2020년: 인하대학교 교육학과 박사

2021년~현재: 인하대학교 공학교육혁신연구정보센터 연구교수

관심분야: 공학교육, 창의설계, 교육행정

E-mail: kimj@inha.ac.kr