

# 공학교육에서 창의성 향상을 위한 스마트 지원 시스템 적용과 효과에 관한 연구

임철일\*·김종원\*\*·홍미영\*·서승일\*·이찬미\*·유성근\*\*·김영수\*\*·박정애\*\*

\*서울대학교 교육학과

\*\*서울대학교 기계항공공학부

## A Study on the Application and Effects of Smart Support System for Creativity in Engineering Education

Lim, Cheolil\*·Kim, Jongwon\*\*·Hong, Miyoung\*·Seo, Seungil\*·Lee, Chanmi\*·Yoo, Sungkeun\*\*·Kim, Youngsoo\*\*

Bak, Jeongae\*\*

\*Department of Education, Seoul National University

\*\*Department of Mechanical Engineering, Seoul National University

### ABSTRACT

This study was conducted to explore the applicability and effects of Smart Support System for Creative Problem Solving(S3CPS) in engineering education. S3CPS is an online system developed to support learners' creative problem solving activities based on the CPS model proposed by Treffinger et al.(2000). In this study, it was applied in an engineering course in which students work in teams to design and produce creative robots with the purpose of verifying its effects on creative problem solving and team projects. To address the purpose, interviews and surveys were carried out to examine the effects of S3CPS. The qualitative data were analyzed through a generic coding process. Three ways to apply S3CPS in an engineering course based on team project were derived and effects of the system were also analyzed. It implies that specific design guidelines are required for the optimal use of the system for existing engineering courses.

**Keywords:** Engineering Education, Creativity, Creative Problem Solving, Smart Support System, Team Project

## 1. 서 론

공학교육에서 창의성 및 창의적 문제해결 능력의 중요성이 점점 강조되고 있다(임철일 외, 2012; Cropley & Cropley, 2000; Zhou, 2012). 산업체 전반에서 실용적이고 창의적인 공학 인재에 대한 요구가 증가하면서 공과대학에서 창의성 증진을 위한 다양한 시도가 이루어지고 있다(박일수, 2013; 장용철 외, 2013; Liebenberg & Mathews, 2012; Morin, Robert, & Gabora, 2014). 그러나 공학교육 맥락에서 창의성 교육에 대한 이론적 연구나 실천적 노력은 여전히 미흡한 편이다(Bradford et al., 2014).

최근 공과대학 맥락에서는 실제 문제의 창의적 해결을 최우선으로 고려하여 창의적 사고와 문제해결 능력 향상을 위한 탐

색적 시도가 이루어지고 있다. 공학교육에서의 창의성 교육은 기존 과목에 창의성 교육을 결합하는 형태로, 강좌를 설계개발하는 과정에서 특정한 기법이나 모형, 교수방법을 활용하고 있다(김은경, 2010; 임철일 외, 2011a; Khorbortly, & Budnik, 2014; Morin et al., 2014). 특히 임철일 외(2011a)는 대학의 공학교육 맥락에서 창의성 향상을 위한 총체적인 학습환경 요소와 이를 구현하기 위한 설계원리를 탐색적으로 밝힌 바 있다. 그 중 창의적 문제해결 활동을 지원하는 온라인 환경은 시공간의 제약 없이 창의적 아이디어를 생산, 공유하고, 정보나 자원들을 효율적으로 저장, 관리할 수 있으며, 협동적인 창의성이 촉진된다는 점에서 창의적 문제해결에 적합한 환경이다(Foster, 2008; Grabe & Grabe, 2000). 또한 실제적 과제를 해결하기 위한 팀프로젝트의 운영은 의사소통 기술과 팀워크 경험을 통해 산업체에서 요구하는 엔지니어 양성에 기여할 수 있다는 점에서 공학교육에서 필요한 방법이다(임효희 외,

Received October 21, 2015; Revised February 3, 2016

Accepted March 28, 2016

† Corresponding Author: annahong@snu.ac.kr

2009; Mills & Treagust, 2003). 하지만 이들이 밝힌 설계원리는 여전히 이론적 탐색에 그치고 있어 효과성을 확인하기 위해서는 다양한 실제 맥락에 적용하는 경험적 연구가 요구된다.

본 연구는 학생들의 창의적 문제해결력 증진을 위해 설계된 온라인 환경의 스마트 지원 시스템을 공과대학 강좌에 실제 적용하여 분석함으로써 활용 가능성과 효과를 밝히는데 목적을 두고 있다. 특히 실제 문제를 창의적으로 해결하기 위해 팀프로젝트로 진행되는 공과대학 강좌에서 온라인 환경의 스마트 지원 시스템을 어떻게 적용할 수 있는지를 확인하면서 그 효과를 검토하려고 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 공학교육에서의 창의적 문제해결

공과대학 학생에게 가장 기본적으로 요구되는 능력 중 하나는 창의적 문제해결능력이다. 한국 정부에서는 ‘창의성 기반 경제(Creativity-based economy)’에서 국가의 부가 가치 창출에 대한 창조적 과학기술인력의 역할을 누차 강조하고 있다(교육과학기술부, 2011; 미래창조과학부, 2015). 미국 공학기술인증원(ABET: Accreditation Board for Engineering and Technology)(2014)에서는 공과대학 졸업생들에게 기대되는 역량으로 ‘공학적 문제를 규명하고 공식화하고 해결할 수 있는 능력’을 명시하고 있다. 이와 유사하게 한국공학교육인증원(ABEEK: Accreditation Board for Engineering Education of Korea)(2015)에서도 공학교육 프로그램의 학습 성과로서 ‘공학 문제를 정의하고 공식화할 수 있는 능력’, ‘공학문제를 해결하기 위해 최신 정보, 연구 결과, 적절한 도구를 활용할 수 있는 능력’ 등을 요구하고 있다.

이처럼 공학교육에서 창의적 문제해결이 강조되는 것은 공학의 학문적 특성에 기인한다고 볼 수 있다. 배원병 외(2011)는 공학이란 ‘문제를 발견하고 이에 대한 기술적 해결책을 제시하는 학문’이라고 정의하였으며, 김유신, 이병기(1995)은 공학을 ‘효과적인 문제해결을 위해 독자적인 지식체계를 형성하는 종합적인 학문’으로 정의한 바 있다. 이처럼 공학 본연의 성격이 문제해결을 위해 기능하는 학문이므로, 공과대학 학생의 효과적이고 창의적인 문제해결능력을 배양하는 것은 공학교육의 가장 본질적인 임무 중 하나이다.

한편, 국내 대학에서도 공학교육의 창의성 증진을 위한 다수의 연구가 진행되어왔다. 임철일 외(2014a)의 조사결과에 따르면, 국내 공학교육 맥락의 창의성 관련 연구 중 수업모형이나 사고기법 적용과 같은 ‘교수전략 및 방법’과 창의성 관련 교과목 및 교육프로그램 개발 등의 ‘교육과정’과 관련된 주제의

빈도가 가장 높았으며, 각각 전체 연구결과의 1/3 이상을 차지하였다. 특히 교육과정에서는 창의성 관련 교과목을 개발하여 운영하고, 이 과정에서 창의성 관련 기법이나 도구, 모형 등을 활용한 사례의 효용성을 보고하는 연구가 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 예컨대, 백운수 외(2006)는 대학 신입생을 대상으로 공학설계교과목을 운영하여 창의성 교육의 성과를 분석하였으며, 김태운 외(2006)는 산업공학에서 창의설계 교과목을 재구성하고 실현하여 창의설계 교육의 모형과 가능성을 제시하는 연구를 수행하였다. 이 외에 창의적 사고를 지원하기 위한 컴퓨터 프로그램이나 온라인 시스템 등의 개발과 활용에 관한 연구도 실시된 바 있다.(최은희, 2013; 이종연 외, 2006).

### 2. 공학교육에서의 팀프로젝트

공학교육에서는 창의적 융합 인재 양성을 위해 팀프로젝트 학습을 활발히 사용하고 있다. 팀 단위로 프로젝트를 수행하게 되면 전문적인 지식 습득뿐만 아니라 현대 공학기술에서 중요한 팀워크 기술, 팀 구성원간의 의사소통 및 협력 기술 등을 함께 학습할 수 있기 때문이다(Mills & Treagust, 2003). 특히 산업체에서 엔지니어의 실무는 팀을 기반으로 이루어지는 경우가 대부분이므로 팀프로젝트의 경험은 공과대학 학생에게 필수적이다.

국내에서는 학부 과정 마무리시기에 그동안 배웠던 지식을 종합하여 산업 현장의 문제를 해결하여 결과물을 제시하는 캡스톤디자인이 팀프로젝트 형태로 서울산업대 등 다양한 대학의 교과과정에 반영되어 있다(이태식 외, 2009). 캡스톤디자인에서 학생들은 팀을 이루어 설계 및 발표 주제를 정한 후, 지도 교수의 지도를 받으며 관련 작품 제작을 수행한다(윤석범, 장은영, 2014). 또한 팀의 일원으로서 자료를 조사하고 아이디어를 도출하며, 의사소통을 통해 최적의 결정을 이끌어내고 할당된 업무를 수행하는 과정을 통해 팀워크 및 의사소통 기술을 함양하게 된다(김정엽, 김성동, 이희원, 2012).

일반적으로 프로젝트 학습은 학생들이 하나 이상의 과업을 수행하도록 할당하여 제품, 설계도, 모형, 컴퓨터 프로그램 등의 결과물을 만들어 내도록 한다(Prince & Felder, 2006). 이때 프로젝트를 완성하기 위해 집단을 구성하여 조원들이 각자의 역할을 수행하게 된다(Palmer & Hall, 2011). 여러 명의 학생이 팀프로젝트를 수행할 때 뛰어난 학생이 혼자서 하는 것보다는 복잡하고 도전적인 문제를 잘 해결할 수 있다(Fink, 2002).

팀프로젝트 학습의 여러 가지 장점은 선행연구에서 확인되었다. 팀프로젝트는 창의적 사고, 문제해결력, 흥미 등에 도움이 되는 것으로 보고되고 있다(정명화, 신경숙, 2004). 또한 팀워

크의 개발과 경험에도 도움이 되며 이 과정에서 실제 현장에서 사용되는 공학적 지식과 경험을 획득할 수 있다(김문수, 2015).

그러나 팀프로젝트는 여러 가지 변수로 인해 제대로 이루어지지 않을 수 있다. 이영미(2013)는 공과대 컴퓨터공학과 ‘종합설계’ 과목을 수강한 20명의 팀프로젝트 학습과정을 분석하였다. 그 결과 낮은 학습자와의 팀 구성, 비균등한 업무 분담과 비참여적인 팀 구성원, 프로젝트 학습 수행시간의 부족, 부정적인 감정 등이 팀프로젝트에 부정적인 영향을 미친다고 보고하였다.

### 3. CPS모형 및 스마트 지원 시스템

창의적 문제해결(Creative Problem Solving: CPS) 모형은 발산적 사고와 수렴적 사고를 반복적으로 사용하여 문제를 발견하고 그 문제를 해결하기 위한 다양한 자료를 탐색하고 구체적으로 문제를 기술하면서 다양한 아이디어의 생성과 합리적인 결정을 하는 사고과정을 안내하기 위하여 개발되었다(Treffinger et al., 2000). CPS 모형은 1953년 Osborn이 처음으로 제안한 후 지속적으로 이루어진 연구 결과에 따라 수정, 보완되어 왔다. 최근에 널리 사용되고 있는 CPS 모형은 Treffinger와 그의 동료들(2000)이 제안한 CPS 버전6.1TM로 관리요소인 ‘접근의 계획’과 과정 요소인 ‘도전의 이해’, ‘아이디어의 생성’, ‘행위를 위한 준비’로 구성되어 있다. 세 가지 과정 요소에는 ‘기획의 구성’, ‘자료의 탐색’, ‘문제의 골격구성’, ‘아이디어의 생성’, ‘해결책의 개발’, ‘수용태도의 구축’의 6가지 세부단계가 포함된다. CPS 버전6.1TM은 매 단계마다 발산적 사고와 수렴적 사고의 적절한 조화를 통하여 창의적인 문제 해결을 안내하는 역동적인 모형으로, 발산적 사고와 수렴적 사고를 도와주는 사고도구들을 포함한다.

한편 CPS 모형을 바탕으로 수업을 설계하고 운영하려는 시도가 계속되어 왔다(강이철, 신정규, 2003; Treffinger & Isaksen, 2005; Yasin & Yunus, 2014). 1990년 이후에는 정보통신기술의 발달과 함께 다양한 컴퓨터 지원(computer-supported) 창의성 기술들이 창의적 문제해결과정을 어떻게 도울 수 있을 지에 관한 연구가 진행되어 왔다(Foster & Brocco, 2008; Sheneiderman, 2002). 특히 온라인 환경은 충분한 성찰의 시간을 제공하고, 의사소통의 동시성과 평등성을 제공하며, 협력활동을 촉진시킴으로서 창의적 문제해결에 적합한 환경을 제공한다(이상수, 2008; 임철일 외, 2011a).

국내에서도 창의적 문제해결력을 증진시키기 위한 지원도구 및 시스템을 개발하는 것에 초점을 맞춘 연구가 일부 연구자에

의해 이루어져 왔다. 이들 연구에서는 창의적 문제해결력을 증진시키기 위한 학습환경으로 기존에 있는 웹을 활용하거나(구양미 외, 2006; 이종연 외, 2007), 창의적 문제해결을 위한 온라인 지원 시스템을 개발하였다(이유나, 이상수, 2008; 임철일 외, 2009; 임철일 외, 2011a). 웹을 사용한 경우는 기존의 LMS 게시판이나 카페 등을 활용해서 창의적 문제해결을 지원하며, 지원 시스템은 CPS 모형의 단계에 따른 활동 수행을 지원하기 위한 형태이다.

특히 임철일 외(2009)는 대학의 일반 강좌에 창의적 문제해결 모형을 통합하는 과정을 안내하는 대학수업 모형을 개발하기 위해서 창의성에 관한 이러닝 콘텐츠와 온라인 지원 시스템을 개발하였다. 이후 해당 연구에서 도출된 수업 모형을 바탕으로 후속 연구를 실시함으로써 CPS 지원 시스템을 활용한 수업 모형의 효과성을 검증하였다(임철일 외, 2011a). 또한 실제 문제의 창의적 개선을 최우선으로 하는 공과대학 맥락에서의 창의적 문제해결을 위한 정보통신기술 기반의 이러닝 요소를 포함하는 종합적인 학습환경 설계모형을 개발하였다(임철일 외, 2011b).

본 연구에서 사용한 스마트 지원 시스템은 임철일 외(2009)가 개발한 온라인 지원 시스템을 지속적인 연구(임철일 외, 2011a; Lim, Lim, & Hong, 2013)를 통해 수정, 보완한 것으로 CPS 단계의 유연한 사용이 가능하다. 이 시스템은 개인 혹은 팀으로 사용이 가능하며, CPS 각 단계마다 발산적 사고를 지원하는 사고도구(브레인스토밍)와 수렴적 사고를 지원하는 사고도구(HIT, PMI, 평가행렬표)를 제공한다. 또한 시스템 안에서 팀 구성이 가능하며, 팀 자료실, 공지사항, 토론방, 채팅 등의 기능을 제공함으로써 동시적 혹은 비동시적 의사소통을 촉진해 팀프로젝트 진행을 돕는다.

## III. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 서울에 위치한 S대학교 공과대학 기계항공공학부 3학년 전공교과 수업인 D교과목을 대상으로 2015년 1학기 동안 진행되었다. D교과목은 3학점이며 2시간의 강의와 2시간의 실습으로 이루어졌다. 이중 실습은 팀프로젝트의 일환으로 실습실에서 자율적으로 수행된다. 수업을 수강한 학생들은 총 112명이다.

Table 1. Research Participants

구분	남학생	여학생	3~4학년	5~6학년	한국인	외국인
명	106	6	69	43	107	5
(비율)	(94.6)	(5.4)	(61.6)	(38.4)	(95.5)	(4.5)

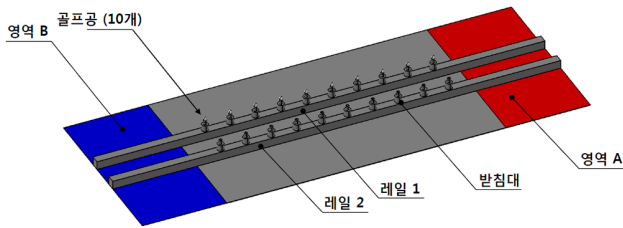


Fig. 1 Composition of robot contest assignment

D교과목의 수업목표는 고객이 요구하는 기능과 제한조건들을 충족하는 최적의 설계를 하여 그것을 판매할 수 있는 제품으로 개발하는 체계적 과정을 학습하는 것이다. 본 연구가 적용된 학기 수업의 프로젝트 주제는 Fig 1과 같이, 영역 A에서 영역 B로 이동하며 레일 1 받침대 위의 골프공을 레일 2 받침대 위로 이동시키고, 다시 영역 B에서 영역 A로 이동하며 레일 2 받침대 위의 골프공을 레일 1 받침대 위로 이동시키는 로봇을 6~8명이 한 팀이 되어 설계 및 제작하는 것이다. 학생들은 이 주제에 맞는 로봇을 직접 설계 및 제작함으로써, 실제로 공학 지식을 적용해 보는 기회를 가지며 이를 통해 체계적인 공학설계방법론을 배우게 된다.

## 2. 연구 절차

학기가 시작되기 전에 연구진들은 세 차례 모여 해당 강좌에 스마트 지원 시스템을 어떤 식으로 적용할 수 있을지를 논의하였다. 본 연구에서 사용된 스마트 지원 시스템은 S대학교에서 개발된 것으로 기존의 창의적 문제해결 온라인 지원 시스템을 수정, 보완한 것이다. 기존 수업의 창의적인 로봇 설계를 위해 진행된 팀프로젝트의 주요 절차를 분석하여, 본 연구진이 개발한 스마트 지원 시스템을 어느 단계에서 어떻게 사용할 수 있을지를 검토하였다.

학기 초에는 학생들에게 스마트 지원 시스템에 대한 오리엔테이션을 진행해 본 시스템의 목적과 주요 기능을 안내하였다. 이후 2주 차에는 팀이름 짓기를 통해 시스템을 연습할 수 있는 기회를 제공하였다. 또한 매뉴얼을 제공하여 학생들이 스마트 지원 시스템을 원활히 사용할 수 있도록 지원하였다.

학기 중에는 팀별로 다양한 설계대안을 도출하고 그 중 최적 설계대안을 선정하는 ‘개념설계’를 수업 외 시간에 자체적으로 3주 동안 진행했다. 이 과정에서 조별로 스마트 지원 시스템을 사용해 발산적 사고와 수렴적 사고를 거치며 최적의 설계대안을 도출하도록 지원하였다. 구체적인 시스템 사용법은 매뉴얼을 제공하여 안내하였다. 또한 각 조의 팀장들이 조원들을 이끌고 시스템을 잘 이용할 수 있도록 온, 오프라인으로 지원하였다.

시스템 적용 후에는 총 14개조 중 시스템 사용도와 ‘개념설

계’까지의 점수를 기준으로 상하집단을 나누어 4개 조의 팀장과 서기, 조원 등 총 16명을 각각 인터뷰하였다. 그리고 나머지 조를 대상으로는 팀장, 서기에게 개방형 설문을 실시하였다. 끝으로 학기말에는 전체 학생을 대상으로 개방형 설문을 실시하였다.

## 3. 분석 자료 및 분석 방법

본 연구는 창의성 향상을 위한 스마트 지원 시스템의 적용 방식과 효과를 살펴보기 위해 질적 연구방법을 적용하였다. 분석 자료는 시스템 사용 직후 실시한 4개 조의 인터뷰 내용과 한 번의 개방형 설문지를 활용하였다. 먼저 인터뷰 내용은 모두 녹음한 후 전사를 하였다. 이후 수집된 자료들의 분석을 실시하였다. 분석 과정은 다음과 같다. 먼저, 3명의 연구진이 전사된 내용을 여러 차례 반복적으로 읽으며 각자 자유롭게 코딩하였다. 이때 연구의 목적에 부합하는 의미 있는 진술이라 판단된 텍스트를 중심으로 자주 반복되는 내용이나 의미 등을 찾아 하위범주를 도출했다. 이렇게 도출된 하위범주를 3명의 연구진이 총 세 차례 토의를 통해 조정하고, 서로 의미 있는 관련 영역으로 상위 범주화를 실시하여 코딩 체계를 확정하였다. 이때 자료 분석의 타당성을 확보하기 위해 팀장과 서기를 대상으로 한 개방형 설문지 내용의 분석 결과를 서로 비교하여 범주를 수정, 보완하였다. 그리고 이렇게 만들어진 범주와 코딩 체계를 가지고 학기말에 모든 수강생을 대상으로 실시한 개방형 설문지의 분석을 시행하였다. 해당 코딩 체계에 속하지 않는 내용은 별도로 추가하였다.

## IV. 연구 결과

### 1. 스마트 지원 시스템의 적용

스마트 지원 시스템의 적용 과정을 통하여 확인된 주요 방식은 크게 다음과 같이 세 가지이다.

첫째, 강좌의 특성 및 상황에 맞는 교수설계를 통해 스마트 지원 시스템의 최적의 적용이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 스마트 지원 시스템 적용을 위해 기존 강좌의 교수설계를 면밀히 분석하여 스마트 지원 시스템의 어떤 단계를 적용할 수 있는지 확인하였고, 그 결과 시스템의 ‘아이디어의 생성’ 활동 단계를 집중적으로 사용하도록 하였다. 구체적으로 스마트 지원 시스템이 적용된 시기는 팀별로 개념설계를 진행하는 4~6주 동안이다. ‘개념설계’란 고객이 요구하는 기능과 제한조건들을 수렴한 고객 요구사항 목록을 충족할 수 있는 설계대안들을 창안하여 그 중 가장 적합한 최적 설계대안을 선정하는

단계를 의미한다(김종원, 2008). 이후 최적 설계대안을 구체화 시제품 레이아웃으로 작성하고 검증을 거치며, 제품제작 도면을 작성하고 시제품을 제작하게 된다. 이러한 일련의 공학 설계 과정 중에서 창의적이고 다양한 설계대안들을 도출하고 팀별 논의를 통해 최적의 설계대안을 선정하는 것은 주로 개념 설계 단계에서 집중적으로 이루어진다. 학생들은 기존에 존재하지 않았던 창의적 로봇을 제작하는 문제를 해결하기 위해 발산적 사고와 수렴적 사고를 사용하는 개념설계 단계에서 스마트 지원 시스템(임철일 외, 2014b)의 ‘아이디어의 생성’을 활용하였다. 연구진은 시스템이 담고 있는 CPS 모형 중 ‘기회의 구성’이나 ‘자료의 탐색’, ‘문제의 골격구성’ 등의 활동은 D과 과목의 팀프로젝트 수행 시 교수가 문제의 큰 틀과 제한조건을 사전에 제시하여 필요하지 않다고 판단하였다.

둘째, 다양한 발산 및 수렴 사고도구를 팀프로젝트의 과제와 절차에 알맞게 활용할 수 있었다. 본 연구에서 학생들은 발산 및 수렴 사고도구를 팀별로 자율적으로 활용하여 개념설계를 수행하였다. 개념설계는 설계문제의 추출, 기능구조도의 작성, 세부기능에 대한 동작원리 탐색, 동작원리의 조합을 이용한 다양한 설계대안 창안, 도출된 설계대안들의 비교분석, 최적 설계대안의 선정 등의 세부단계로 진행된다(김종원, 2008). 이 단계들 중 동작원리 탐색에서 스마트 지원 시스템

의 발산 도구를, 도출된 설계대안들의 비교분석을 통한 최적 설계대안의 선정에서 스마트 지원 시스템의 수렴 도구를 사용하도록 하였다.

먼저, 세부기능별 동작원리들을 가능한 한 빠짐없이 탐색하는 것은 개념설계 단계 중 가장 핵심적인 부분이다. 팀의 모든 학생들이 로봇의 각 동작원리에 대해 기존에 생각하지 못했던 아이디어를 적극적으로 제시하는 발산적이고 창의적인 사고가 요구되는 시기이다. 이 때 학생들은 팀별로 Fig. 2와 같이 스마트 지원 시스템의 발산 사고도구인 브레인스토밍을 사용하여 창의적으로 다양한 동작원리들을 자유롭게 생각해내었다. 이렇게 나온 동작원리들을 다양하게 조합하여 여러 개의 설계대안들이 도출되었다.

다음으로, 도출된 설계대안들을 비교 분석해서 최적 설계대안을 선정하는 데 스마트 지원 시스템의 여러 가지 수렴도구를 활용하였다. 각 팀은 도출된 여러 가지 설계 대안을 일련의 평가기준을 가지고 상(3점), 중(2점), 하(1점)로 평가하였다. 이 단계에서 스마트 지원 시스템의 수렴 사고도구인 평가행렬표를 활용하였다. 그 후, 고객 요구사항 목록을 충분히 충족하지 못하는 몇 가지 설계대안을 제외하고, 나머지 설계대안들에 대해서 구체적인 장점 및 단점에 대한 해결책 토의를 Fig. 3와 같이 스마트 지원 시스템의 PMI(Plus, Minus, I

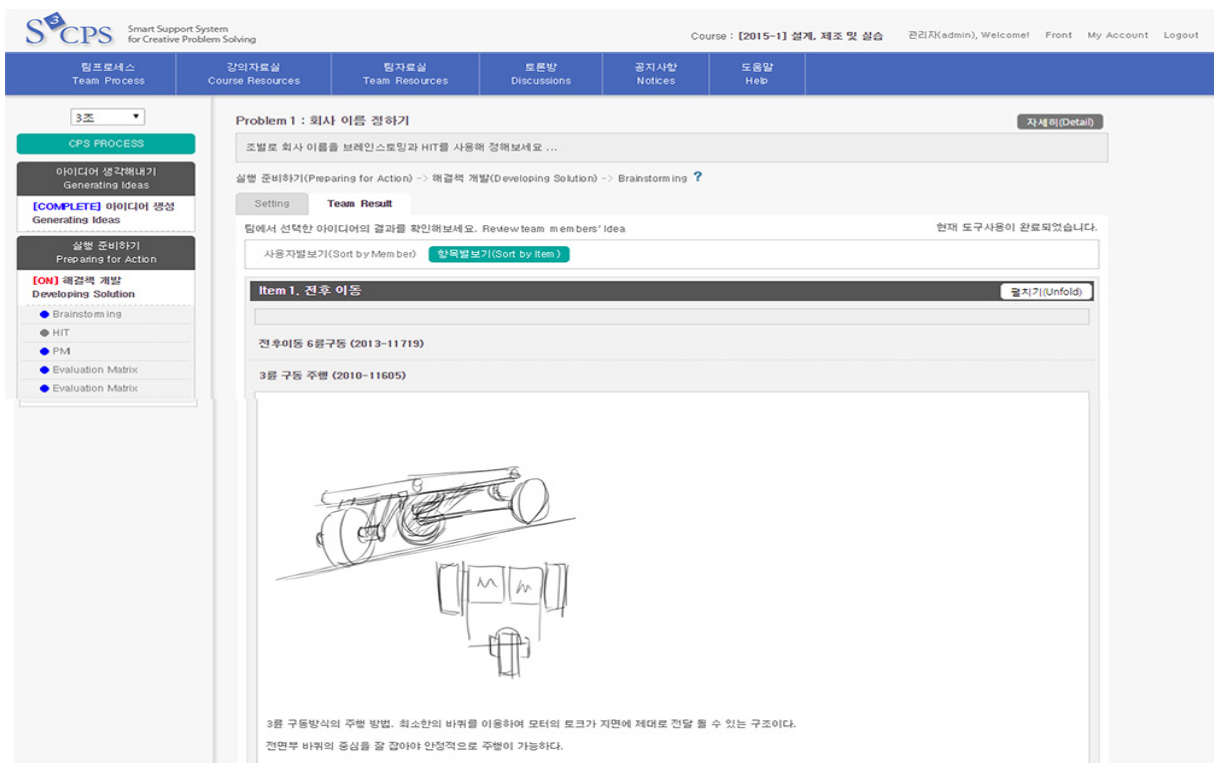


Fig. 2 Example of Brainstorming

**Problem 1 : 회사 이름 정하기** 자세히(Detail)

조별로 회사 이름을 브레인스토밍과 HIT을 사용해 정해보세요 ...

실행 준비하기(Preparing for Action) -> 해결책 개발(Developing Solution) -> PMI ?

Setting **Team Result**

팀에서 선택한 아이디어의 결과를 확인해보세요. Review team members' Idea 현재 도구사용이 완료되었습니다.

사용자별보기(Sort by Member) [합목별보기\(Sort by Item\)](#)

**Item 1. 설계대안 5** 펼치기(Unfold)

구분	내용
강점 (PLUS)	올리는 작업만 진행해 주면 나머지는 알아서 자동으로 실행한다. (2013-11719)
	무게가 가볍고 가격이 저렴하다 (2013-11719)
	병렬 배치를 통해 동시에 2개 이상 문장이 가능하다. (2013-11766)
	공을 잡고 놓는 시간이 짧다 (2013-11766)
	운반부에 큰 화적 토크가 필요하지 않다. (2011-11592)
단점 (MINUS)	로봇 구동부 회전으로 시간이 소모되고 안정성이 떨어진다 (2013-11719)
	공의 속도에 의한 이팔로 정확도가 떨어진다. (2013-11766)
	스텐드와 공의 높이 조절이 어렵다. (2013-11766)
흥미로운점 (Interesting)	공학적 설계로 회전에 필요한 모터를 찾는다. (2013-11719)
	레일과 칼대기 부분에 보조용 서포트를 부착한다. (2013-11766)
	시간 절약과 높이 조절에 필요한 레일을 공학적으로 설계한다. (2013-11766)

Fig. 3 Example of PMI

**Problem 1 : 회사 이름 정하기** 자세히(Detail)

조별로 회사 이름을 브레인스토밍과 HIT을 사용해 정해보세요 ...

실행 준비하기(Preparing for Action) -> 해결책 개발(Developing Solution) -> Evaluation Matrix ?

Setting **Team Result**

팀에서 선택한 아이디어의 결과를 확인해보세요. Review team members' Idea 현재 도구사용이 완료되었습니다.

가중치가 적용된 합계와 평균이 보여집니다. Result from weighted average and sum

사용자별보기(Sort by Member) [합목별보기\(Sort by Item\)](#) [평균보기\(Average\)](#) | [합계보기\(Sum\)](#)

**Item 1. 설계대안 정단점 분석표**

각 제한조건을 충족하는 정도에 따라 3(충족 정도가 높음) 2(충족 정도가 보통) 1(충족 정도가 낮음)으로 평가하십시오

Item/Criteria	0	0	0	0	0	0	0	0	0
설계대안 1	2.25	1.625	2.125	1.125	1.125	2.125	2.375	1	1
설계대안 2	2.125	1.625	1.5	1.75	1.5	1.875	1.375	1.75	1.5
설계대안 3	1.75	1.5	2.25	1.625	1.625	1.625	1.5	1.375	1.75
설계대안 4	1	1.375	1.75	2.375	2.25	1.125	1	1.25	1.25
설계대안 5	2	2.375	2	2.75	2.125	1.875	1.875	1.5	2
설계대안 6	2.5	2	2.75	2.25	2.625	2.625	2.5	2.5	2.25
설계대안 7	2.625	2.125	1.75	2.75	2.125	2.625	1.25	1.25	2
설계대안 8	2.5	1.75	2.75	2.625	2.875	2.75	2.25	2.25	2.375

Fig. 4 Example of Evaluation Matrix

interests)를 통해 실시하였다. 그리고 최종적으로 남은 설계대안에 대해 Fig. 4와 같이 스마트 지원 시스템의 평가행렬표를 사용하여, 가중치를 부여한 여러 항목에 따라 1~5점으로 구체적인 수치를 통해 평가를 하였다.

셋째, 본격적으로 시스템을 활용하기 전에 다양한 사고도구에 대해 충분히 안내하고 학생들이 연습하고 숙지할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 학생들이 시스템에 적응할 수 있도록 실제 연습 기회를 제공하였다. 학생들은 팀별로 개념설계를 실시하기 전인 2주차에 기존 수업에서 시행하던 팀 이름 짓기를 본 시스템을 통해 수행하였다. 학생들은 수업 외 시간에 먼저 각자 자신이 생각하는 팀 이름을 발산적 사고도구인 브레인스토밍을 통해 온라인상으로 제시하였다. 그 후 팀원들은 개별적으로 자신의 아이디어와 팀원들의 아이디어를 모두 고려하여 가장 마음에 드는 팀이름을 수렴적 사고도구인 HIT를 사용해 투표를 하였다. 여기서 가장 많은 표를 획득한 아이디어가 한 학기 동안 사용할 팀명으로 선정되었다. 이러한 연습 과정을 통하여 학생들은 시스템 활용에 어느 정도 익숙해진 상태로 문제해결 활동을 시작할 수 있었다.

## 2. 스마트 지원 시스템 적용 효과

공과대학 D교과목에 적용된 스마트 지원 시스템의 효과는 심층 인터뷰와 두 번의 개방형 설문을 분석하여 도출되었다. 학습자의 의견을 창의적 문제해결 스마트 지원 시스템 적용 후 창의적 문제해결 활동에 대한 반응과 팀프로젝트 수행에 대한 반응으로 나누어 정리하면 다음과 같다.

### 가. 창의적 문제해결 활동에 대한 효과

창의적 문제해결의 핵심요소는 발산적 사고와 수렴적 사고의 조화로운 사용이다. 본 연구에서 적용한 스마트 지원 시스템에는 1개의 발산 사고도구(브레인스토밍)와 3개의 수렴 사고도구(HIT, PMI, 평가행렬표)가 포함되어 있으며, 학습자들은 사고도구들을 사용해 다양한 아이디어를 생성하고 최적의 대안으로 수렴하는 활동을 반복함으로써 창의적 문제해결 과정을 경험하였다.

학기말에 시행된 개방형 설문조사에서 분석된 학습자 반응은 다음 Table 2와 같다. 학습자들은 시스템의 긍정적 효과로서 발산 사고도구의 다양한 아이디어 생성과 시간적 여유 제공, 수렴 사고도구의 신속한 의사결정과 객관적 평가, 평가 결과의 일목요연한 제시, 결과에 대한 신뢰성 제고 등을 언급했다. 반면, 부정적 효과로는 발산 사고도구

Table 2 Effects on creative problem solving activities

사고도구	효과	의견	응답자 수 (총 43명)
브레인스토밍	긍정	다양한 아이디어 생성	15
		시간적 여유	7
	부정	사고의 지연	8
		아이디어의 중복	2
HIT	긍정	신속한 의사결정	4
	부정	형식적인 의사결정	1
PMI	긍정	객관적 평가	4
	부정	사고의 지연	1
평가행렬표	긍정	평가결과를 한눈에 확인	5
		평가결과의 신뢰성	10
	부정	의사결정에 대한 논의 부족	1

사용 시 사고의 지연 및 아이디어 중복이 발생하는 점, 그리고 수렴 사고도구 사용 시 의사결정에 대한 논의 부족 등이 지적되었다.

심층 인터뷰와 팀장, 서기를 대상으로 시행된 개방형 설문 결과에서 나타난 발산 사고도구와 수렴 사고도구에 대한 학습자의 반응은 다음과 같다.

먼저 발산 사고도구인 브레인스토밍의 사용은 아이디어 생성의 시간적 여유를 주어 다양한 아이디어를 생성할 수 있다는 점에서 대부분의 학습자들이 긍정적인 의견을 제시했다.

몇몇 토론은 모여 봤자 시간만 흐르고 더 이상 추가적인 아이디어도 안 나오고 어느 순간 번득이는 아이디어가 필요한데, 모여서 있다고 되는 게 아닌 회의가 있을 수 있어요. 예를 들어서 팀이름 정하기는 모여서 있다고 해서 뭔가가 나오는 건 아니잖아요. 일상 생활에서 나올 수도 있는 거고, 그런 부분에 있어서는 온라인을 사용하는 게 편했던 거 같아요.(서기 1)

그러나 일부 학습자는 브레인스토밍 과정 중에 사고활동이 지연되어 오히려 창의적 사고에 방해가 된다고 언급하기도 했다.

시스템을 사용해서 브레인스토밍을 하게 되면 시간 팀이 생김이 없어요. 처음 아이디어고 그거에 대해서 아이디어를 덧붙인 거는 시간 팀이 있어버리면 약간 창의성에 있어서 단점이 될 수 있는 거 같아요.(서기 1)

한편 수렴 사고도구인 HIT는 신속한 의사결정에 도움이 되었다는 의견이 제시되었다.

자기주장이 강한 사람도 수렴할 수 있으니까요. 저도 다른 사람들이 선택하는 걸 보고 이걸로 하는 게 맞겠나.. 수렴한 적도 있고... 그런 건 좋았던 것 같아요.(조원 1)

각각의 의견에 대한 장점 및 단점, 흥미로운 점을 논의하는 수렴도구인 PMI의 경우는 객관적 평가에 도움이 되었다고 언급하였다.

거기에 대한 정리하는 입장도 있었고, 하다가 생각난 장점, 이것보다는 이게 낫다는 식의 추가적인 게 있으면 또 올리고, 그리고 또 해결책 같은 경우는 했을 때 바로바로 나오는 경우가 많다 보니까 회의 통해서는 바로 안 나오더라도 나중에 컴퓨터상에서 하다보면 괜찮다 싶으면 새로운 해결책도 올라와요.(팀장 1)

평가행렬표에 대해서는 많은 학습자들이 긍정적인 의견을 주었다. 학습자들은 평가행렬표의 사용으로 한 눈에 평가결과를 확인할 수 있고, 평가 결과의 신빙성이 확보된다는 점에서 수렴적 사고과정에 많은 도움이 되었다고 언급하였다.

오프라인에서 회의를 하면 사람의 성격에 따라서 의견이 좋아 보일 수도 있고, 안 그럴 수도 있고... 말빨에 따라서 설득력이 다른데, 이렇게 객관적으로 평가하고 투표하는 게 좋은 것 같아요.(조원 1)

반면 일부 학습자들은 주요한 의사결정은 오프라인에서 이루어져야 더 효과적이라는 의견을 주기도 하였는데, 이는 설계대안 선택 시 이와 관련된 논의가 부족한 온라인의사결정의 한계를 보여준다.

아이디어를 생각하는 것까지는 괜찮은데, 그거를 선정하고 이러는데 있어서는 직접 얘기를 해서 토론을 하는 게 나을 거 같아요.(조원 2)

나. 팀프로젝트 수행에 대한 효과

D교과목은 미래의 엔지니어에게 필요한 창의성과 협동력을 증진하기 위해 팀 단위로 창의적 설계 프로젝트를 수행하도록 하고 있다. 학기말 고사와 출석점수를 제외한 전체 학점의 80%는 팀프로젝트 수행을 통해 평가 받게 된다. 이는 해당 교과목은 물론 공학교육과 엔지니어링 산업계에서 팀프로젝트의 중요성을 반영한 것으로 볼 수 있다.

학기말 설문조사를 통해 확인한 팀프로젝트 수행에서 스마트 지원 시스템의 효과에 대한 학습자 의견은 다음 Table 3와 같다. 학습자들은 시스템의 긍정적 효과로 참여도와 팀 결속력 증가, 효율적이고 체계적인 프로젝트 운영, 기록의 구조화 및 용이성 등을, 부정적 효과로는 의사소통의 동기저하와 이중 작업 발생으로 인한 번거로움 등을 언급하였다.

심층 인터뷰와 팀장, 서기를 대상으로 시행된 개방형 설문 결과에서 나타난 팀프로젝트 수행에 대한 학습자의 반응을 긍정적인 효과와 부정적인 효과로 나누어 정리하면 다음과 같다.

Table 3 Effects on team project performance

효과	의견	응답자 수 (총 79명)
긍정	참여도/결속력 증진	14
	효율적, 체계적 프로젝트 운영 (시간단축, 복잡한 문제해결)	24
	기록의 구조화,	10
부정	의사소통의 동기저하 및 어려움	54
	이중 작업 발생	6

긍정적인 효과는 크게 세 가지로 볼 수 있다. 첫째, 팀원들의 참여도와 결속력을 증진할 수 있다. 오프라인 회의에서는 소극적이거나 불성실한 팀원도 온라인 시스템에서 의견의 입력을 의무화함으로써 보다 책임감 있고 적극적으로 참여하게 되는 것이다.

시스템에서 인원 별, 항목 별로 확인할 수 있잖아요... 인원 별로 해놓으면 팀원들이 했는지 안 했는지 쉽게 파악이 가능하니까... (팀장 2)

모든 조원들이 입력을 다 해야 결과를 볼 수 있으니까 책임감 부분에서 도움이 되는 것 같아요.(조원 3)

각 조원들이 조사한 내용, 자신의 생각 등을 직접 올려야 하므로 팀원들의 참여도가 증가하였다.(팀장 3)

둘째, 시스템의 적절한 활용이 효율적이고 체계적인 프로젝트 운영에 도움이 되었다. 기존 오프라인 회의의 경우, 다양한 아이디어를 수합하는 과정, 즉 브레인스토밍 단계에서 지나치게 많은 시간이 소요될 수 있는데 온라인 시스템을 통해 이러한 시간을 단축할 수 있다. 특히 본 과목에서와 같이 다양하고 창의적인 아이디어의 발산과 그에 대한 수렴적 사고가 요구되는 과제에서 시스템 사용이 도움이 되었다는 의견도 제시되었다.

아이디어 수합 부분에서 이게 없었으면 모여서 머리 맞대고 해야 하나... 필요할 때는 시스템을 사용하면 시간 단축이 잘되는 것 같아요.(팀장 2)

만나서 하는 거는 약간 비효율적이라는 생각이 가끔 들기도 해서... 여기서 한번 정리하고 하면 효율적으로 할 수 있지 않을까...(조원 4)

시험기간 등 조원들과 회의가 어려울 때 유용하게 사용했다.(팀장 3)

셋째, 기록과 구조화의 용이성이 가장 많이 언급되었다. 각 의견을 제시한 당사자가 직접 자신의 아이디어를 기록하



여 업로드함으로써 영역별 데이터 저장이 용이하고, 각 설계대안에 대한 평가점수 및 장단점을 즉시로 확인할 수 있다는 점에서 수강생들의 만족도가 높았다. 어떤 학습자는 해당 시스템이 '회의록'의 기능으로도 유용하다고 진술하기도 했다.

회의록으로서 파트 별로 데이터가 저장된다는 점이 좋았어요.  
(팀장 2)

팀원들의 활동이 고스란히 자료로 남을 수 있어서 기록들의 저장에 편리했다.(팀장 5)

반면 부정적인 측면도 언급되었는데, 의사소통의 동기 저하 및 어려움, 오프라인 회의와의 이중 작업 발생 등의 문제가 지적되었다. 우선, 온라인 시스템 사용 시 오프라인보다 의사소통에 대한 의욕이 떨어지고, 아이디어를 그림이나 수식 등으로 표현해야 하는 경우 이를 구현하는 데 불편함이 있다. 다시 말해, 오프라인에서 직접 그림을 그려가며 설명하는 것이 보다 효과적이는데, 온라인으로 의사소통할 경우 집중력이 저하되고 번거로움이 발생한다는 것이다.

설계대안이라는 것 자체가 기계로 그릴 수는 있지만, 손으로 그리는 게 훨씬 쉽거든요.(팀장 4)

직접 만나야 데드라인도 맞추고 의욕이 나는데 인터넷의 장점이자 단점이 안 만나는 거니까... 빠지기가 쉽겠죠. 안모이니까...  
(조원 5)

모여서 하는 것보다 집중력이 떨어지고 머리도 빨리 안 돌아가는 것도 있고..(조원 6)

둘째, 오프라인에서 이미 논의된 내용을 온라인상에 다시 등록하게 되기 때문에 이중 작업이 발생한다는 인식이 존재했다. 이 점은 대부분의 학습자에 의해 언급되었다.

모여서 하면 될 것을... 또 정리해야 하니까 추가적인 일이 발생한다는 생각이 들기도 하죠.(팀장 2)

분석 결과, 전반적으로 부정적 의견에 대한 응답자수가 많았던 것은 본 연구의 대상 과목의 경우, 아이디어 제시를 위해 도면이나 수식이 필수적인 점, 같은 건물 내에서 많은 시간을 보내는 동일 전공 학생 대상의 과목으로서 오프라인에서 자주, 그리고 쉽게 만날 수 있는 강좌 특성 상 온라인 시스템 활용이 상대적으로 번거롭고 부담이 되었던 것으로 해석된다. 이러한 맥락에서 보다 효과적이고 효율적인 시스템 사용을 위해 교수설계 방안의 지속적 개선이 요구되는 것으로 보인다.

## V. 요약 및 결론

본 연구에서는 창의적 문제해결능력 향상이 강조되는 공과대학 수업에 스마트 지원 시스템을 어떻게 적용할 수 있을지, 그리고 그 효과는 어떤지를 살펴보고자 하였다. 연구 결과, 팀프로젝트로 진행되는 공과대학 강좌에 스마트 지원 시스템을 적용할 때 고려해야하는 세 가지 수업적용 방식이 도출되었다. 또한 스마트 지원 시스템의 적용이 창의적 문제해결과 팀프로젝트 수행에 미치는 효과가 분석되었다. 두 차례의 개방형 설문과 일부 학습자들과의 심층 인터뷰 결과 많은 학습자들이 스마트 지원 시스템 활용에 대한 긍정적인 의견을 제시하였다. 특히 창의적 문제해결 과정에서 스마트 지원 시스템에 포함된 발산 사고도구인 브레인스토밍은 다양한 아이디어를 내는데, 수렴 사고도구는 객관적 평가에 도움이 되었다고 언급했다. 한편 팀프로젝트에서는 스마트 지원 시스템을 통해 팀원들의 참여도가 높아졌으며, 효율적인 팀프로젝트가 가능했다고 보고되었다. 그러나 즉각적인 피드백이 부족하여 발산적인 사고에 오히려 방해가 되었으며, 주요 의사결정시 충분한 토의를 할 수 없었다는 부정적인 의견도 있었다. 또한 면대면으로 만나지 않고 온라인으로만 팀프로젝트를 진행시 의사소통의 동기과 효율성이 떨어지는 것으로 나타났다.

이상의 연구결과는 공과대학의 기존 강좌에 창의적 문제해결 과정을 지원하는 시스템을 최적으로 적용하기 위해서는 많은 노력이 필요함을 시사한다. 특히 온라인 스마트 지원 시스템의 적용이 오프라인 활동과 중복되지 않고 최적의 상태로 긴밀하게 연결될 수 있는 상세한 지침과 안내가 설계 전략 측면에서 필요함을 알 수 있다. 향후 연구에서는 스마트 지원 시스템을 어떤 목적에서 어떻게 적용해야하는 지에 대한 체계적인 안내와 함께, 강좌의 특성에 맞는 시스템 적용 방법이 고려된 교수설계 방안이 모색되어야 한다. 이후 이러한 제한점을 보완하여 창의적 문제해결력 향상을 위한 다양한 공과대학 강좌에 스마트 지원 시스템을 적용하는 추가적인 연구를 통해 강좌의 특성에 맞는 최적화된 교수설계와 운영을 도모할 수 있을 것이다.

이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF -2013S1A3A2055007)

## 참고문헌

1. 강이철, 신정규(2003). 창의적 문제해결 모형을 적용한 고등학

- 교 기술과 교수학습 방안. *중등교육연구*, 51(2): 287-313.
2. 교육과학기술부(2011). *과학기술인재 육성·지원 기본계획('11~'15)*. <http://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=29385>
  3. 구양미 외(2006). 창의적 문제해결을 위한 웹기반 교수·학습 모형과 학습환경 설계. *교과교육연구*, 10(1): 209-234.
  4. 김문수(2015). 공학교육에서 문제 및 프로젝트기반학습의 비교 고찰과 적용방안. *공학교육연구*, 18(2): 65-76.
  5. 김유신, 이병기(1995). 공학이란 무엇인가. *공학기술*, 2(4): 8-31.
  6. 김은경(2010). 트리즈 기반의 창의적 문제해결 프로세스, *한국실천공학교육학회논문지*, 2(1): 28-34.
  7. 김정엽, 김성동, 이희원(2012). 캡스톤디자인을 활용한 학습성과 평가. *기계저널*, 52(9): 35-39.
  8. 김중원(2008). *공학설계 창의적 신제품 개발방법론*. 서울: 문운당.
  9. 김태운, 양성민, 김희복(2006). 산업공학에서의 창의설계 교육 사례연구. *공학교육연구*, 9(3): 49-61.
  10. 미래창조과학부(2015). *창조경제 소개*. <http://www.msip.go.kr/web/msipContents/contents.do?mId=ODA=>
  11. 배원병 외(2011). *PBL을 위한 공학윤리*. 서울: 북스힐.
  12. 백운수 외(2006). 대학 신입생 공학설계과목을 통한 창의성 교육의 성과. *공학교육연구*, 9(2): 5-20.
  13. 박일수(2013). 기초공학의 창의적인 실습 능력 향상을 위한 PBL 적용 사례 연구. *한국산학기술학회논문지*, 14(11): 5396-5402.
  14. 윤석범, 장은영(2014). 창의적 캡스톤 디자인 교육 방법 개발. *한국융합학회논문지*, 5(4): 15-20.
  15. 이영미 (2013). 공과대학 팀 기반 프로젝트 학습 관련 요인 탐색. *학습자중심교과교육연구*, 13(6): 351-375.
  16. 이유나, 이상수 (2008). 협동 창의적 문제해결을 위한 온라인 지원 시스템 개발. *한국컴퓨터교육학회 논문지*, 11(5), 19-32.
  17. 이종연 외(2007). 창의적 문제해결(Creative Problem Solving) 모형 기반 초등학교 사회과 수업의 효과성 분석. *교육공학연구*, 23(2): 105-133.
  18. 이종연 외(2006). *Creative Thinker 프로그램 효과성 분석 연구*. 한국교육학술정보원 연구보고 KR, 20.
  19. 이태식 외(2009). 공과대학 캡스톤 디자인(창의적 공학설계) 교육과정 운영실태 및 학습 만족도 조사. *공학교육연구*, 12(2): 36-50.
  20. 임철일 외(2014a). 국내 공학교육에서의 창의성 연구 동향과 발전 과제. *공학교육연구*, 17(5): 33-40.
  21. 임철일 외(2014b). 창의적 문제해결을 위한 스마트 지원 시스템의 수업 적용: 미술대학 수업 사례. *아시아교육연구*, 15(3): 171-201.
  22. 임철일, 김영전, 김동호 (2012). 공과대학 학생들의 창의성교육에 관한 인식. *공학교육연구*, 15(2): 30-37.
  23. 임철일, 홍미영, 박태정 (2011a). '창의적 문제해결(CPS)' 모형을 활용한 온라인 기반의 대학 수업 모형 개발 연구. *교육정보미디어연구*, 17(3): 399-422.
  24. 임철일, 홍미영, 이선희 (2011b). 공학교육에서의 창의성 증진을 위한 학습환경 설계모형. *공학교육연구*, 14(4): 3-10.
  25. 임철일 외(2009). 온라인 지원 시스템 기반의 '창의적 문제해결 모형'을 활용하는 통합형 대학 수업 모형의 개발. *교육공학연구*, 25(1): 171-203.
  26. 임효희 외(2009). 창의성 증진 교육방법의 개선방안. *한국공학교육학회*, 12(4): 135-141.
  27. 장용철, 김건국, 김민철(2013). 창의설계입문의 PBL 적용-충남대학교 환경공학분야 사례. *공학교육연구*, 16(2): 78-85.
  28. 정명화, 신경숙(2004). 프로젝트 수업이 대학생의 창의적 사고, 창의적 성향 및 문제해결 향상에 미치는 효과. *교육심리연구*, 18(3): 287-301.
  29. 최은희(2013). 실내디자인 학습자의 창의적 사고를 지원하는 웹 시스템 개발과 그 효용성 평가. *기초조형학연구*, 14(5): 639-648.
  30. 한국공학교육인증원(2014). *공학교육인증기준2015(KEC2015)*. [http://www.abeeek.or.kr/htmls\\_kr/contents.jsp?menu\\_l=2&menu\\_m=16](http://www.abeeek.or.kr/htmls_kr/contents.jsp?menu_l=2&menu_m=16)
  31. ABET(2014). *Criteria for Accrediting Engineering Programs: Effective for Reviews During the 2015-2016 Accreditation Cycle*. <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2015/05/E001-15-16- EAC-Criteria-03-10-15.pdf>
  32. Bradford, C. et al.(2014). A problem-solving approach to teaching creativity for engineering and other disciplines. *Systemics, Cybernetics and Informatics*, 12(4): 13-17.
  33. Cropley, D., & Cropley A.(2000). Fostering creativity in engineering undergraduates. *High Ability Studies*, 11(2): 206-219.
  34. Fink, L. D.(2004). *Beyond small group: harnessing the extraordinary power of learning teams*. In L. K. Michalesen, A. B, Knight and L. D. Fink (Eds.), *Team-Based Learning: A transformative use of small group* (pp. 3-26), Westport, CT: Praeger Publisher.
  35. Foster, F., & Brocco, M.(2008). Understanding creativity-technique based problem solving processes. *Lecture Notes in Computer Science*, 5178: 806-813.
  36. Foster, F.(2008). *Distributed creative problem solving over the web*. Proceedings of the third international conference on internet and web applications and services (pp.283-288). Athens.
  37. Grabe, M. & Grabe, C.(2000). *Integrating the internet for meaningful learning*. Boston: Houghton Mifflin Company.
  38. Khorbortly, S., & Budnik, M.(2014). Creative Engineering for 2020. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*. 12(1): 82-90.
  39. Liebenberf, L., & Mathews, E. H.(2012). Integrating

innovation skills in an introductory engineering design-build course. *Int J Technol Des Educ.* 22: 93-113.

40. Lim, C., Lim, W., & Hong, M. (2013). A Developmental Study for the Design of the Creative Problem Solving Support System. In R. Luckin, S. Puntambekar, P. Goodyear, B. L. Grabowski, J. Underwood, & N. Winters (Eds.), *Handbook of the Design in Educational Technology* (pp. 217-229). New York: Routledge.
41. Mills, J. E., & Treagust, D.F.(2003). Engineering education - Is problem-based and project-based learning the answer? *Australasian Journal of Engineering Education*, 7(1): 2-16.
42. Morin, S., Robert, J. M., & Gabora, L.(2014). *A new course on creativity in an engineering program: Foundations and issues*. Proceeding of the International Conference on Innovative Design and Manufacturing, Montreal, QU.
43. Palmer, S., & Hall, W.(2011). An evaluation of a project-based learning initiative in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 36(4): 357-365.
44. Prince, M. J., & Felder, R. M.(2006). Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2): 123-138.
45. Shneiderman, B.(2007). Creativity support tools: Accelerating discovery and innovation. *Communication of the ACM* 50(12): 20-32.
50. Treffinger, D. J., & Isaksen, S. G.(2005). Creative problem solving: the history, development, and implications for gifted education and talent development. *Gifted Child Quarterly*, 49(4): 342-353.
51. Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B.(2000). *Creative problem solving: an introduction* (3rd ed.). Waco, TX: Prufrock Press.
52. Yasin, R. & Yunus, N. S.(2014). A meta-analysis study on the effectiveness of creativity approaches in technology and engineering education. *Asian Social Science*, 10(3): 242-252.
53. Zhou, C.(2012). Fostering creative engineers: A key to face the complexity of engineering practice. *European Journal of Engineering Education*, 37(4): 343-353.



**임철일 (Lim, Cheolil)**  
1994년: Indiana University 교육공학 박사  
2004년~현재: 서울대학교 교육학과 교수  
관심분야: 창의성 교육, 교수설계, e-러닝  
E-mail: chlim@snu.ac.kr



**김종원 (Kim, Jongwon)**  
1987년: Univ. of Wisconsin, Madison 기계공학 박사  
1993년~현재: 서울대학교 기계항공공학부 교수  
관심분야: 병렬기구, 다구치방법론, 필드로봇  
E-mail: jongkim@snu.ac.kr



**홍미영 (Hong, Miyoung)**  
2012년: 서울대학교 교육학과 교육공학 박사  
2012년~현재: 서울대학교 교육연구소 객원연구원  
2013년~현재: 홍익대학교 교육학과 초빙교수  
관심분야: 창의성 교육, 교수설계, e-러닝  
E-mail: annahong@snu.ac.kr



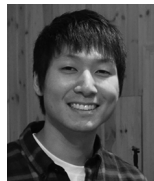
**서승일 (Seo, Seungil)**  
2016년: 서울대학교 교육학과 교육공학 석사  
2016년~현재: SK 하이닉스 기술역량센터 선임  
관심분야: 학습환경설계, MOOCs, e-러닝  
E-mail: luck8778@snu.ac.kr



**이찬미 (Lee, Chanmi)**  
2012년: 한동대학교 영어, 언론정보학과 졸업  
2015년~현재: 서울대학교 교육학과 석사과정  
관심분야: 창의성 교육, 공학교육, 학습환경 설계  
E-mail: joyfullee07@snu.ac.kr



**유성근 (Yoo, Sungkeun)**  
2014년: 서울대학교 디자인학부, 기계항공공학부 졸업  
2014년~현재: 서울대학교 기계항공공학부 석박통합과정  
관심분야: 설계, 로봇  
E-mail: skyoo@rodel.snu.ac.kr



**김영수 (Kim, Youngsoo)**  
2013년: 서울대학교 기계항공공학부 졸업  
2013년~현재: 서울대학교 기계항공공학부 석박통합과정  
관심분야: 협지주행로봇  
E-mail: yskim@rodel.snu.ac.kr



**박정애 (Bak, Jeongae)**  
2014년: 한양대학교 기계공학부 졸업  
2014년~현재: 서울대학교 기계항공공학부  
석박통합과정  
관심분야: 수중로봇  
E-mail: jabak@rodel.snu.ac.kr