Journal of Engineering Education Research
Vol. 24, No. 5, pp. 46~52 September 2021

pISSN: 1738-6454 / eISSN: 2713-8283 / THESIS-21-042
https://doi.org/10.18108/jeer.2021.24.5.46

3D 프린팅을 이용한 소형 무인기 설계 · 제작 교육 프로그램을 위한 수업자료 개발과 적용

김시태*† · 김민성**·공동재**
*공군사관학교 기계공학과 부교수
**공군사관학교 항공우주공학과 강사

Development of Instructional Materials for Micro-UAV Design and Production Program using 3D Printers and Its Application

Kim, Sitae*† ·Kim, Minseong**·Kong, Dongjae**
*Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Republic of Korea Air Force Academy
**Instructor, Department of Aerospace Engineering, Republic of Korea Air Force Academy

ABSTRACT
This study introduces the development and application of instructional materials for a micro-UAV (unmanned aerial vehicle) design and manufacturing program in university education for freshman/sophomore students. The ADDIE methodology was applied to the development of educational materials, which consist of 15 lessons including the aircraft design theory, 3D CAD modeling, 3D printing production, and UAV flight control. The validity of the program was evaluated with 8 expert panels. A total of 82 participants from engineering and social science grouped the 16 teams for the creative UAV wing design and cooperative interactions. The results of overall program satisfaction survey was measured highly as the average 4.54 (out of 5), so that the students were content with the professional engineering knowledge, 3D digital tools, and the opportunity to design and manufacture airplanes on their own. In conclusion, it can be confirmed that the developed program is effective for UAV education for junior level college student.

Keywords: Micro-unmanned aerial vehicle, 3D modeling, 3D printing, ADDIE program, College education

I. 서 론

오늘날 4차 산업혁명 기술로 대표되는 인공지능, 사물인터넷, 3D 프린팅, 로봇 및 무인시스템 등은 다양한 영역에서 인류의 행동 양식에 커다란 변화를 야기하고 있다(Schwab, 2016). 이러한 시대의 변화는 기존 학문의 경계를 넘어 정보와 지식을 창의융합적으로 활용할 수 있는 새로운 인재상을 요구하고 있으며(성태제, 2017), 이에 교육분야 역시, 새롭게 결합되고 있는 산업 시스템에 적응하기 위하여, 다양한 학문 분야에 대한 이해를 넓히는 노력을 하고 있다(조헌국, 2017).

이 가운데 무인기/드론은 항공·전자·기계·컴퓨터 등 종합적인 공학기술을 바탕으로, 국방, 환경, 농업, 해양 등 융복합적인 분야에 활용되고 있다. 특히, 최근 발표된 세계경제포럼(WEF)의 4차 산업혁명 기술 거버넌스 리포트(Avary et al., 2020)에서도 무인기/드론의 사용은 코로나-19 상황으로 인한 비대면 원격요구를 충족시키기 위하여 더욱 증대될 것으로 예측되고 있다.

선행연구를 통하여 살펴본 무인기/드론과 관련된 교육현황은 다음과 같다. 먼저, 초·중·고교에서는 주로 드론의 기초적인 동작원리를 이해하는 기본 교구를 제공하고, 학생들이 드론 활용의 창의적 의견을 제시하거나(이성훈·이경택, 2019), 드론과 연관된 수학적 원리를 연계하여 사고를 확장시키는 교육을 실시하고 있었다(김형식 외, 2016). 박준서 외(2019)는 코딩 능력과 결합된 드론 활용 STEAM 교육 프로그램을 개발하여 총 6차시에 해당하는 학습안을 적용한 바 있다. 한편, 대학 전공과정에서의 무인기 설계 및 제작 교육은 공학관련 전공학과에서 종합 설계 교과로 졸업까지 다학기에 걸쳐 소형 드론의 자세제어, 센서연동 등의 과제를 수행하고 있었다(조영명 외, 2017; 강병주 외 2017). 또한 항공우주시스템공학회(2020)를 포함한 여러 학술단체에서는 전문화된 드론교육을 촉진하기 위한, 대학생 캡스톤 디자인 경진대회를 운영하고 있다.

Received August 23, 2021
Accepted September, 13, 2021
† Corresponding Author: sitaekim@outlook.com
©2021 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

이와 같이, 초·중·고교의 경우, 대부분 상용 모델 및 상용 코드를 활용하여, 기초적인 무인기 기술을 이해하는 교육이 이루어지고 있었으며, 대학의 경우, 공학계열 전공학과에서 캡스톤 디자인 등을 통한 연구 프로젝트로 전문적인 심화교육이 수행되고 있는 것으로 파악된다. 다만, 대학생을 대상으로 교양수준에서 4차 산업혁명 기술 저변을 이해하고, 공학적 문제해결 능력을 배양하기 위한 중급수준의 드론 교육을 수행한 경우는 다소 부족한 것으로 파악된다.

본 연구는 공학계열 뿐 아니라, 사회계열 전공을 포함한 대학교 저학년을 대상으로 기본적인 항공역학 이론을 학습하고, 3D 모델링 및 프린팅 기법을 활용하여, 드론을 설계·제작하고 비행 테스트하는 종합적인 교육프로그램을 소개하고자 한다. 프로그램은 한 학기 운영이 가능한 15차시로 구성하였으며, 실습장소는 교육목적에 따라 공학설계실, 팹랩(Fab Lab), 야외운동장 등 세 가지 서로 다른 환경에서 수행되었다. 특히, 3D 프린팅 및 제작실습은 팹랩에서 진행되었는데, 팹랩은 MIT 미디어랩에서 최초로 시작되어(Mikhak et al., 2002), 창의적 아이디어를 보다 손쉽게 구현할 수 있도록 3D 모델링 및 프린팅, 스토리 창작, 동영상 제작 등이 가능한 실습환경인 메이커스페이스(makerspace)를 의미한다(변문경·조문흠, 2016). 드론 모델은 회전익에 비하여 고고도, 장시간, 고속 비행에 적합한 고정익 무인기 형태를 선정하였고, 설계 실습은 에어포일(airfoil)을 기반한 주날개(main wing)에 집중하여, 실습 난이도를 조정하였다. 공학적 문제해결 능력과 아울러 팀원 간의 협업능력을 증진시키기 위하여, 5인 1팀 단위제로 구성하였으며, 팀원에게는 고유 역할을 분담하게 하였다.

이 연구가 기여하고자 하는 것은 다음과 같다. 첫째, 대학교육에서 소형 무인비행체를 설계·제작·비행하는 교육과정과 실습환경을 제안하기 위한 사례를 제시한다. 둘째, ADDIE 모델(Molenda, 2003)을 기반한 비행체 설계·제작을 위한 대학 공학교육 프로그램 개발 방법을 소개한다. 셋째, 80여 명의 참여학생들로부터 과정 만족도를 조사·분석하고, 교육 발전 방향을 모색한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 연구대상, 연구절차 및 내용, 검사 도구를 소개한다. III장에서는 차시별 수업자료, 교육프로그램 운영내용, 참여자 만족도 의견 분석 등을 설명한다. 끝으로 IV장에서 최종 분석 및 향후 발전방향을 제시한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2021학년도 봄학기 정규교과로 최초 개설된 '창의공학설계실습(mUA제작)' 과목을 수강한 대학교 2학년 학생 82명을 대상으로 하였다. 응답자 성별은 남자 85.4%(70명), 여자 14.6%(17명)이고, 공학 계열 36.6%(30명), 사회과학 계열 63.4%(52명)로 구성되었으며, 세부적인 구성표는 Table 1과 같다.

Table 1 Characteristics of respondents

구분		성별				전체	
		남자		여자			
		N	%	N	%	N	%
계열	공학	25	30.5	5	6.1	30	36.6
	사회과학	45	54.9	7	8.5	52	63.4
전공	전자통신공학	14	17.1	2	2.4	16	19.5
	기계공학	11	13.4	3	3.7	14	17.1
	국제관계학	45	54.9	7	8.5	52	63.4
전체		70	85.4	17	14.6	82	100.0

2. 연구 절차 및 내용

소형 비행체 설계·제작 교육프로그램의 강의자료 개발과 평가를 위하여, 본 연구에서는 ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) 모델(Molenda, 2003)을 도입하였다. ADDIE 모델은 STEAM 융합교육 프로그램 개발에 적합한 PDIE 모델(김진수, 2012; 심세용 2016)과 유사하나, 준비과정(P)이 좀 더 세분화된 구조로 과학·공학 교육자료 개발에도 적합한 것으로 인식된다(이영건 외, 2021).

연구개발 절차는 먼저 분석(A) 단계에서 공학계열(기계, 항공) 박사 및 석사 3인이 교수와 재학생을 대상으로 4차 산업기술 저변 이해와 특성화 교과로써의 무인기 제작교육의 필요성, 실습범위, 난이도 설정 등에 대한 의견을 수집한 후, 창의공학설계,

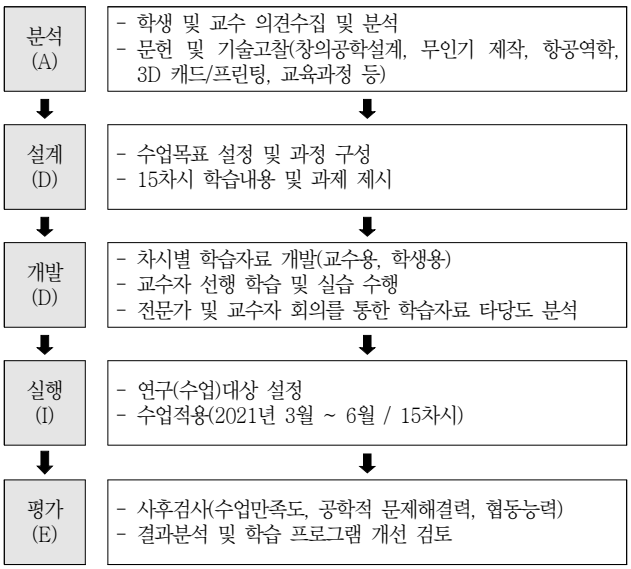


Fig. 1 Procedures for development of the Micro-UAV Design program based on ADDIE Method

무인기 제작, 항공역학, 3D 프린팅 등의 관한 문헌 및 기술자료를 분석하였다. 설계(D) 단계에서는 한 학기에 해당하는 15차시를 기초하여, 전공계열의 영향을 최소화하는 대학 저학년 대상의 교육목표 및 성취난이도를 설정하고 교육 과정을 구상하였다. 개발(D) 단계에서는 비행역학 이론교육, 설계 및 제작실습, 비행조종 실습 등으로 구성된 차시별 학습자료를 개발하고, 해당내용을 교수자가 선행실습하였으며, 전문가로 구성된 리뷰보드를 통한 타당도 피드백 과정을 가졌다. 실행(I) 단계에서는 충청북도 청주시 소재 A대학교 2학년 약 80여 명의 수강생을 대상으로 2개 강좌로 편성하여, 실습목적에 따라 설계실, 제작실 및 야외공간에서 한 학기간 해당 프로그램을 진행하였다. 평가(E) 단계에서는 교육과정 후, 온/오프라인 만족도 조사를 통하여 수강생 평가 의견을 수렴하고, 학습프로그램의 개선방향을 검토하였다. Fig. 1은 각 단계별 해당 연구절차를 나타낸다.

3. 검사 도구

가. 타당도 검사도구

교육 프로그램의 타당도를 평가하기 위한 전문가 패널은 교육경력 5년 이상의 이학, 공학, 사회과학계열 박사학위 소지 교수를 8인 선정하여 측정하였다. 검사지의 문항 구성은 임동욱(2012), 이영건 외(2021)가 개발한 타당도 검사지를 참고한 후, 본 교육과정에 적합하게 수정하였다. 문항의 구성은 프로그램의 합목적성(2문항), 교육구성의 적절성(5문항), 적용의 유용성(3문항)으로 이루어졌으며, 리커트(Likert) 5단계 척도에 의한 평가를 진행하였다. 평가결과는 문항별 평균과 Lawshe(1975)의 CVR(Content Validity Ratio) 충족 여부를 분석하였다.

나. 만족도 검사도구

교육 프로그램 종료 시점인 15주차에 수강생 82명을 대상으로 온·오프라인 만족도 조사를 실시하였다. 만족도 조사 도구는 유선아 외(2019), 이영건 외(2021)의 프로그램 평가 항목을 참조 및 수정하여 활용하였다. 만족도 조사 문항은 총 14개이며, 이중 리커트 5점 척도의 선택형 10문항과 프로그램 성과와 개선방향을 서술하는 개방형 4문항으로 구성하였다.

III. 연구결과

1. 수업자료 개발 결과

가. 차시별 주요 학습내용

ADDIE 모델을 통하여 개발한 차시별 교육 프로그램은 Table 2와 같이 제시되어 있다. 각 차시별 교육시간은 2시간이며 총 15차시로 구성된다. 1차시와 2차시에는 항공기(고정익) 설계이론 및 비행역학 기초이론을 소개하고, 향후 이루어질 실습의 팀 구성과 역할분담(팀장, 설계팀, 조종팀)을 하도록 하였다. 3차시에서 6차시까지는 설계팀과 조종팀을 각각 분리하여, 설계팀은 3D CAD(Computer Aided Design) 소프트웨어를 이용한 에어포일(airfoil) 및 주날개(main wing) 모델링 교육을 실시하고, 조종팀은 RC 비행조종법 이해 및 실습을 위하여 상용품을 이용한 야외 조종실습을 실시한다. 7차시와 8차시는 이론 및 실습내용을 토대로 전체 팀 토의 가진 후, 설계보고서를 작성하고 설계안을 확정하는 것으로 하였다. 그리고 설계 부품을 3D 프린팅하기 위한 G-code를 생성한다. 9차시부터 11차시까지는 전체 팀원이 3D 프린터로 출력된 주요 부품

Table 2 Detailed program contents

차시	세부 학습/실습 내용
1	- 교육프로그램 소개, 팀 구성(5인1팀) 및 역할분담 - 항공기 설계이론 및 비행역학 기초
2	- 항공기 주날개 설계 파라미터 이해 - 3D 모델링 소개(CATIA를 이용한 간단한 부품 설계)
3	- 에어포일 형상 2D 모델링(CATIA Sketch Tool) - 비행기 RC 조종법 이해
4	- 주날개 형상 3D 모델링(CATIA Part Design) - 비행기 RC 조종법 실습 1차(야외)
5	- 주날개 및 조종면 3D 모델링(CATIA Assembly Design) - 비행기 RC 조종법 실습 2차(야외)
6	- 주날개 3D 모델 상반각/윙렛/테이퍼 형상 적용 - 비행기 RC 조종법 실습 3차(야외)
7	- 팀 토의를 통한 항공기(주날개) 설계 확정 - 설계 보고서 작성
8	- 3D 프린팅 작업을 위한 G-code 생성 후 제출 - 설계 보고서 제출/평가
9	- 주날개, 조종면 등 주요 부품 3D 프린팅 출력 - 후처리를 통한 부품 결과물 획득
10	- 주날개 리딩엣지-리브-스파 결합 - 주날개 서보모터 하우징 장착
11	- 주날개 스킨 제작/마감 - 동체 결합 및 서보모터 배선 연결 및 시그널 체크
12	- 비행체 제작 지상 평가(설계구현 및 제작마감 등) - 비행체 성능 지상 평가(에일러론/러더/엘리베이터 등)
13	- 비행 전 최종 수리보완 (12주차 평가결과 피드백)
14	- 최종 비행 평가 (야외, 우천시 예비일 시행) - 이륙/상승/순항/선회/루프/하강/착륙 기동 평가
15	- 비행 결과분석 - 팀원 상호평가

들을 후처리 후 조립·제작한다. 구체적으로, 주날개 리딩엣지(leading edge)-리브(rib)-스파(spar) 부분을 통합하고, 날개 스킨을 생성한 후, 동체에 체결한다. 이후 서보모터 배선 및 조종신호 정상유무를 체크한다. 12차시는 비행체 제작 완성도 및 주요 기능 평가를 지상에서 실시하고, 13차시에는 이전 차시에서 지적된 보완·수정사항을 피드백하여 개선하도록 하였다. 14차시에는 최종적으로 완성된 비행체를 야외에서 비행시험 후 평가하며, 15차시에는 팀별 성과를 분석하고 팀원을 상호평가하는 것으로 구성하였다.

나. 교육·실습 과정안

소형 비행체 설계·제작교육 프로그램 운영을 위한 교육·실습 과정안의 예시는 Fig. 2에 나타나 있다. 과정안은 비행역학 및 설계이론, CAD 모델링 및 프린팅, 조종실습의 3개 영역으로 이루어져 있으며, 직관적인 이해가 용이하도록 개념도, 실사진, 상세그림 등을 다수 포함하도록 하였다. 특히, 3D CAD 모델링 수업내용은 소프트웨어를 처음 다루는 학생이 다수이기에, 강의시간 이후 자습이 편리하도록 각 단계를 세분화하여 쉽게 이해되도록 자세히 구성하였다. 모든 교안은 수업시간 이전에 과목게시판을 통하여 제공하여 사전학습이 가능하도록 하였다.

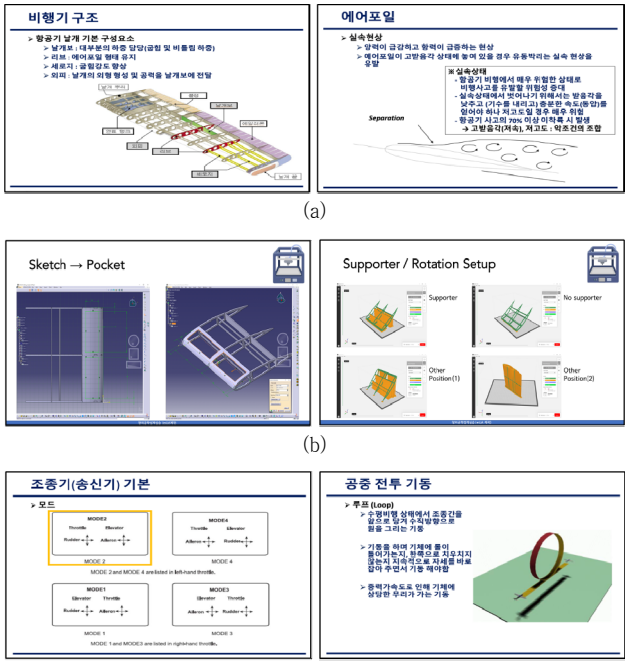


Fig. 2 Examples of lecture slides. (a) aircraft design part. (b) 3D CAD & printing process part, (c) UAV flight control part

다. 전문가 타당도 검사결과

앞서 선정한 8인의 전문가 패널을 통하여 타당도 검사를 실시하였으며, CVR 수치는 0.825로 나타났다. 이는 패널 8인 기준 최소값인 0.75 이상을 만족하는 수치이다(Lawshe, 1975). 문항의 구성별 평가 점수는 Table 3과 같으며, 평균은 4.33으로 비교적 양호하게 측정되었다. 검사지 개방형 문항에서 제기된 '공학적 배경지식이 부족하더라도, 교육 참여가 원활히 이루어지도록 수업자료 구성하면 좋겠다'는 의견을 검토하여, 이론·실습자료를 보다 단계적/세분화하여 이해도를 높일 수 있도록 수정 보완함으로써, 프로그램 완성도를 높였다.

Table 3 The results of validity review

영역	프로그램의 합목적성	내용 구성의 적절성	적용의 용이성	전체 평균
평균 (n=8)	4.81	4.18	4.00	4.33

2. 소형 비행체 설계·제작 교육 프로그램 운영

드론과 같은 소형 무인비행체의 이해와 운용은 A 대학교가 추구하는 항공우주특성화 교육 방향에 부합되기에, 본 프로그램의 개발과 적용은 학생들의 전공계열과 무관하게 모두에게 이루어져야 한다는 다양한 계층의 요구가 있었다. 따라서 이·공계열 뿐 아니라 인문사회계열에게도 모두 수강이 가능했으며, 그 결과 본 연구에서는 기계공학·전자통신공학 및 국제관계학과 전공학생 82명이 참여하였다. 2개 강좌로 진행되었으며, 각 강좌 내에서는 5인당 1개 팀이 기본단위로 구성되었다. 팀원은 다시 설계팀원, 조종팀원으로 역할분담을 하였으며, 제작은 전체팀원이 참여하였다. 지도교수는 3D 모델링 및 프린팅, 항공기 설계·제작이론의 이해와 경험이 필수적으로 요구되기 때문에, 기계공학, 항공우주공학 교수 3인이 교육을 담당하였다.

프로그램의 주요 활동 모습을 Fig. 3에 제시하였다. 3D 모델링 실습은 약 30여대의 고사양 워크스테이션을 구비한 공학해석실을 이용하였고, 모델링 소프트웨어는 Dassault systems社의 CATIA V5를 사용하였다. 이 소프트웨어는 항공기, 자동차 등 다양한 산업영역에서 설계, 해석, 제작공정에 사용되며, 특히 유선형 서피스 모델링에 특화되어 있다. 모델링 실습은 기본 에어포일 형상과 스파, 리브를 조합한 주날개 3D 형상을 단계적으로 구현하고 팀별 설계안에 따라 상반각(dihedral angle), 후퇴각(sweepback), 윙렛(winglet), 테이퍼 윙(tapered wing) 등을 적용하는 것으로 하였다.

Fig. 3 Activities during micro-UAV design and production program

항공기 제작 실습은 3D 프린터, 레이저커터 등 전문 생산장비와 다목적 제작 실습도구가 구비된 팹랩에서 진행되었다. A 대학교 팹랩은 2020년 구축되었으며, 융합세미나실, 다목적 제작실, 3D 가공실로 구성되어 다양한 창의 제작 목적을 충족해주는 디지털 제작도구와 협동작업이 가능한 공간이다(이영건 외, 2021). 주날개 제작에 필요한 에어포일, 스파, 리브 및 모터 체결부 등은 팹랩에 비치되어 있는 MakerBot社의 Replicator+ 10대와 Sketch 15대를 활용하여 생산하였다. 3D 프린팅 과정에서 발생하는 유해물질(박지훈 외, 2018; 김성호 외, 2020)로 인해 3D 프린터실은 환기장치가 구비된 분리된 공간으로 조성하였으며, 학생들이 원격으로 작업제어가 가능하도록 하였다.

비행체 조종실습은 150m×150m 규모로 조성된 야외 운동장에서 진행되었다. 이때 안전을 위하여 운동장에는 교육생 이외 사용을 통제하였다. RC(radio control) 기반 드론 조종은 Spektrum 6채널 조종기를 사용하였으며, E-flite社의 중급 상용모델(Apprentice mini)을 이용하여 기본적인 이륙·상승·기동·하강·착륙과정을 연습하였다. 이를 통해 프로그램 종반부에 팀별로 제작된 제작 비행체의 최종 비행에 대비하도록 하였다.

3. 소형 비행체 비행 테스트

완성된 최종 제작 비행체의 비행성능 평가는 프로그램 종반인 14차시에 실시하였다. 평가요소는 이륙전 동력 및 시그널 체크, 이륙, 상승, 순항, 순회기동, 루프기동, 하강, 착륙 순으로 이루어졌다. Fig. 4는 비행 테스트 활동모습을 보여준다.

Fig. 4 Flight test for manufactured micro-UAV

4. 학생 만족도 및 의견

학생 만족도 조사는 교육 프로그램 종반부인 14차시~15차시 기간에 온/오프라인을 통하여 실시하였으며, 수강생 82명의 응답 결과는 Table 4와 같다. 전체 프로그램에 대하여 전반적으로 높은 만족도(M=4.55)를 보였으며, 설계·제작·3D프린팅 실습실 환경(M=4.63) 및 교수지도(M=4.66)에 대하여 매우 높은 만족도를 확인하였다. 그리고 CAD 교육에 대한 만족도(M=4.62)와 본 프로그램의 항공특성화 목적에 부합도(M=4.55) 역시 높게 평가되었다. 특히, 프로그램을 통하여 협업의 중요성(M=4.66, SD=0.78)을 가장 높게 인식하게 되었음을 확인하였다. 또한 4차 산업 기술의 이해도(M=4.48) 증진에도 긍정적인 평가가 이루어졌다. 다만, 다음단계 프로그램에 대한 참여(M=4.34) 및 후배들에게 추천(M=4.43)에 대한 평가는 다른 항목에 비하여, 근소하지만, 상대적으로 낮은 평가를 받았다. 이는 프로그램의 실습 난이도가 교양교과 수준에 비하여 다소 높게 설정되어있음으로 분석되며, 향후 프로그램 운영 시, 세부 실습내용 구성 수정을 개선과제로 반영할 예정이다.

서술형 의견으로 교육프로그램 과정에서 느꼈던 만족 요인, 불만족 요인, 그리고 건의사항을 제시받았으며, 각 내용은 크게 4가지 카테고리로 분류하여 Table 5에 나타내었다. 서술형에서도, 선택형과 유사하게, 대체적으로 긍정적인 답변을 받았다. 특히 학생 스스로 비행체 모형을 설계, 제작하여 조종하는 과정이 드론의 비행원리를 체득하는 데 매우 효과적이었다는 점, CAD 소프트웨어 교육이 비교적 체계적으로 이루어져 이해에 도움이 되었다는 점, 직접 설계한 제품이 3D 프린팅되어 손쉽게 활용할 수 있다는 점 등이 높은 만족도를 나타내었다. 불

만족 요인으로는 설계·제작에 비하여 비행기 조종연습에는 시간이 부족했다는 점, 비행기 RC 제어를 위한 보다 전문적인 교육이 필요하다는 점이 확인되었다.

Table 4 Participants satisfaction survey results

5점 척도 문항	평균 (M)	표준편차 (SD)
1. 전체 수업과정은 전반적으로 만족스러웠다.	4.55	0.88
2. 실습실(설계·제작·3D프린팅) 시설환경은 만족스러웠다.	4.63	0.83
3. 교수의 지도는 만족스러웠다.	4.66	0.79
4. CAD 소프트웨어 교육내용이 도움이 되었다.	4.62	0.84
5. 항공특성화 목적에 부합된 프로그램이었다.	4.55	0.91
6. 프로그램 참여를 통해 공학적 능력이 향상되었다고 생각한다.	4.52	0.92
7. 협동하여 문제 해결하는 것의 중요성을 알게 해주었다.	4.66	0.78
8. 4차 산업 기술(드론, 3D 프린팅 등)의 이해를 높였다.	4.48	0.94
9. 기회가 있으면 이 프로그램 다음 단계 프로그램에 참여하고 싶다.	4.34	1.03
10. 프로그램을 후배들에게 적극적으로 추천하고 싶다.	4.43	1.03

Table 5 Participants' detailed opinions

구분	내용	비고
교육 과정	• 직접 비행체 모형을 설계, 제작하여 조종하는 과정이 인상적이었고, 이론과 시청각 자료만으로 학습하는 것보다 비행원리를 보다 잘 체득할 수 있었다.	만족
	• 학교특성에 걸맞는 교육 프로그램에 참여할 수 있어서 기뻤다.	만족
	• 설계 제작이 주날개 및 조종면 위주였는데, 동체를 포함한 더 많은 부품을 직접 제작해 보았으면 좋겠다	건의
	• 한 학기 프로그램으로 운영되기에는 시간이 부족해 보이며, 1년 과정으로 보다 전문적인 과정이 제공되었으면 좋겠다.	건의
설계	• 처음 배우는 CAD 소프트웨어를 단기간 학습하는 것에 어려움이 있었으나, 강의자료와 설명으로 비교적 쉽게 이해할 수 있었다.	만족
	• 3D 모델링 기법을 보다 전문적으로 학습할 수 있는 기회가 제공되면 좋겠다.	건의
제작	• 많은 학생이 동시에 실습하는 상황이지만, 그룹 단위로 진행상태를 점검하고 보충설명을 해주셔서 많은 도움이 되었다.	만족
	• 직접 설계한 제품이 3D 프린팅으로 생산되는 과정이 인상깊었다.	만족
조종	• 비행체 R/C 조종을 잘하기 위해서 보다 많은 조종 연습기회가 배정되었으면 좋겠다.	불만족
	• 민감하게 반응하는 비행체를 보다 잘 제어하지 못해서 아쉬웠다.	불만족

이에 대한 해결방안으로, 향후 교육 프로그램 운영 시, RC 비행 시뮬레이터를 교육에 도입하여 부족한 연습시간을 확보하고, 전문 조종자격증을 보유한 강사의 특강시간을 추가할 예정이다. 한편, 일부 학생들의 건의사항으로는 현재 프로그램을 2개 학기로 연계하여 동체를 포함한 모든 부품을 설계·제작하는 전문과정을 운영하자는 의견이 있었다.

Ⅳ. 결 론

이 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 소형 고정익 무인기/드론의 설계·제작·비행과정을 교육하기 위한 15차시 프로그램을 개발하고 대학교 2학년 공학 및 사회과학계열 학생 80여 명을 대상으로 운영하였다.

둘째, 항공역학의 이론적 이해, 3D 모델링 및 프린팅을 이용한 주날개 제작, RC 비행 조종실습 과정을 공학설계실, 팹랩, 야외운동장에서 5인 1팀 단위로 협업 수행하였다.

셋째, 학생 대상 만족도 조사를 실시하였고, CAD소프트웨어 교육, 교수와의 상호작용, 공학적 능력향상, 협업을 통한 문제해결, 드론 및 3D 프린팅 기술이해 등 대부분의 영역에서 높은 수준의 만족도(M=4.55)를 확인하였다.

결과적으로 본 연구를 통하여 개발된 무인기 설계·제작 교육 프로그램은 대학 교양수준에서 드론, 3D 프린팅 등 4차 산업혁명 기술 저변을 이해하고, 팀원간 협동적 상호작용과 공학적 문제해결 능력 배양하는 교육 목적을 매우 효과적으로 달성하였음을 확인하였다.

이는 메이커스 교육(makers education) 활동이 지원되는 인프라에서 강화된 실습교육(reinforcing hands-on experience)이 미래지향적인 공학교육을 이끌어낸다는 이상원(2019)의 연구의 좋은 사례가 될 수 있으며, 실습 과정에서 교수와 학생, 학생과 학생간의 상호작용적 학습 경험(interactive learning experience)이 교육 만족도와 학습성과에 영향을 준다는 전영미(2015)의 연구결과를 따르고 있다고 볼 수 있다.

다만, 이는 특정한 1개 대학에서 제한된 수의 2학년을 대상으로 개발 및 적용된 결과이므로, 일반화하기에는 다소 부족함이 있다. 따라서 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

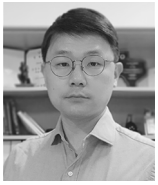
첫째, 단일집단 표본이 아닌, 지역 또는 대상을 확대하여 집단 간 비교연구를 수행하는 후속연구가 필요하다.

둘째, 개발된 교육 프로그램의 향상을 위하여, 데이터 기반의 교육질 관리 및 환류시스템을 개발하는 개선 연구 수행이 필요하다.

셋째, 본 연구는 사후 검사를 통하여 교육효과를 추정하였으나, 실험 효과를 보다 명확히 측정하기 위해서는 사전-사후 검사를 수행할 필요가 있다.

참고문헌

1. 강병주·이대희·장은영(2017). 재난 지역의 물체를 탐지하기 위한 소형 무인기 설계와 제작을 통한 공학 교육의 실천에 관한 연구. **실천공학교육논문지, 9**(1), 15-21.
2. 김성호 외(2020), 실제 3D 프린팅 작업장에서 발생하는 공기 중 유기화합물, 금속 및 입자특성 평가. **한국산업보건학회지, 30**(2), 153-162.
3. 김진수(2012). **STEAM 교육론**. 양서원.
4. 김형식 외(2016). 드론을 활용한 고등학교 수학 교수·학습 자료 개발. **한국수학교육학회 학술발표논문집, 2016**(3), 417-419.
5. 박준서 외(2019). 드론의 교육적 요소 탐색을 통한 STEAM 교육 프로그램 설계프로그램 개발. **한국교육공학회 학술대회발표집, 2019**(1), 55-63.
6. 박지훈 외(2018). 3D 프린팅 기술의 이해, 유해 인자 노출 평가와 제어. **한국산업보건학회지, 28**(3), 241-256.
7. 변문경·조문흠(2016). 무한상상실 이용자의 경험분석과 과학교육을 위한 제언. **한국과학교육학회지, 36**(2), 337-346.
8. 성태제(2017). 제4차 산업혁명시대의 인간상과 교육의 방향 및 제언. **교육학연구, 55**(2), 1-21.
9. 심세용(2016). **중학교 기술교육에서 문제해결능력 향상을 위한 아두이노 STEAM 프로그램 개발**. 석사학위논문. 한국교원대.
10. 유선아 외(2019). **융합인재교육(STEAM) 활성화를 위한 평가 방안 연구 결과보고서**. 서울 : 한국과학창의재단
11. 이영건 외(2021), 3D 프린팅 교육 프로그램을 위한 수업자료 개발과 적용. **공학교육연구, 24**(3), 42-49.
12. 이상원(2019), 4차 산업혁명 시대의 공학교육. **소음·진동. 29**(3), 31-33.
13. 이성훈·이경택(2019). 드론 동작 원리 이해를 위한 수업용 교구 및 교수 학습자료. **한국기술교육학회지, 19**(2), 96-117.
14. 임동욱(2012). **손에 잡히는 STEAM 교육 무엇이 아이들을 즐겁게 하는가**. 한국과학창의재단.
15. 전영미(2015). 공과대학생들의 학습 과정 분석에 기초한 학습 지원 방안 연구 : 수도권 S대 사례를 중심으로. **교육공학연구, 18**(1), 61-73.
16. 조영명·이상권·장은영(2017). 안전 주행형 무인기의 설계 및 제작을 토한 실천 공학 교육에 관한 연구. **실천공학교육논문지, 9**(1), 7-13.
17. 조헌국(2017). 4차 산업혁명에 따른 대학교육의 변화와 교양교육의 과제. **교양교육연구, 11**(2), 53-89.
18. 항공우주시스템공학회(2020). **제2회 전국 대학생 캡스톤 디자인 경진대회**. http://sase.or.kr/wp/2020b/organization.asp
19. Avary, M. et al.(2020). *Global Technology Governance Report 2021*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum.
20. Lawshe, C. H.(1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563-575.
21. Mikhak, B. et al.(2002). Fab Lab: an alternate model of ICT for develoment. *In 2nd international conference on open collaborative design for sustainable innovation.*
22. Molenda, M.(2003). In search of the elusive ADDIE model. *Performance improvement*, 42(5), 34-37.
23. Schwab, K.(2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum.



김시태 (Kim, Sitae)
2016년: Texas A&M University 기계공학 박사
2016년~현재: 공군사관학교 기계공학과 부교수
관심분야: 동역학, 진동, 공학설계
E-mail: sitaekim@outlook.com

김민성 (Kim, Minseong)
2020년: 충남대학교 항공우주공학 석사
2020년~현재: 공군사관학교 항공우주공학과 강사
관심분야: 비행제어 시뮬레이션, 기계학습
E-mail: minseong@cnu.ac.kr

공동재 (Kong, Dongjae)
2018년: 서울대학교 기계항공공학부 기계공학 석사
2018년~2021년: 공군사관학교 항공우주공학과 강사
2021년~현재: Stanford University 기계공학 박사과정
관심분야: 가스터빈, 열유체역학
E-mail: dongjkong@gmail.com