

머신러닝 교육 플랫폼 활용 '분자 구조의 이해'를 위한 융합교육 프로그램 개발

이소율 · 이영준
한국교원대학교

요약

현재까지 진행된 다양한 인공지능 교육 관련 연구 성과에서는 인공지능의 원리와 개념 교육에 관한 내용이 중심이었다. 따라서 본 연구에서는 인공지능을 타 학문과 탈 학문적 융합교육을 할 수 있도록 교육 프로그램을 개발하였다. 중심 교육 내용으로는 고등학교 화학에서 다루고 있는 분자 구조의 이해를 도울 수 있도록 머신러닝을 활용하는 것으로 하였고, 총 8차시 분량으로 설계하였다. 본 연구에서 개발한 프로그램은 전문가 검토를 통해 I-CVI(Item Content Validity Index) 값을 산출하였고, 그 결과 모든 문항이 .80 이상으로 기각되는 항목이 없었으나, 추가 세부 의견을 반영하여 수정 및 완성하였다. 본 연구의 프로그램은 화학 교과와 정보(인공지능) 교과의 내용적 요소를 탈 학문적으로 융합하였기 때문에 학습자로 하여금 융합인재소양이 높아질 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 이 교육 프로그램을 위한 별도의 시수 확보가 요구되지 않아 교사에게는 수업 부담을 낮출 수 있을 것이다.

키워드 : 머신러닝 교육, 융합교육, 화학 교육, 정보 교육, 분자 구조의 이해, 고등학교 화학 융합 프로그램

Development of Convergence Education Program for 'Understanding of Molecular Structure' using Machine Learning Educational Platform

Soyul Yi · Youngjun Lee
Korea National University of Education

Abstract

In this study, an educational program was developed so that artificial intelligence could be used as a trans-disciplinary convergence education with other disciplines. The main educational content is designed for 8 hours using machine learning to help students understand the molecular structure dealt with in high school chemistry. The program developed in this study calculated the I-CVI (Item Content Validity Index) value through expert review, and as a result, none of the items were rejected with a score of .80 or higher. Because the program of this study combines the content elements of the chemistry subject and the information (artificial intelligence) subject academically, it is expected that the learner will be able to increase the convergence talent literacy. In addition, since it is not required to secure a additional number of hours for this educational program, the burden on teachers may be low.

Keywords : Machine Learning Education, Convergence Education, Chemistry, Informatics, Understand of Molecular Structure

본 논문은 2019년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2019R111A3A01060920).

교신저자 : 이영준(한국교원대학교 컴퓨터교육과)

논문투고 : 2021-10-25

논문심사 : 2021-11-08

심사완료 : 2021-11-09

1. 서론

제4차 산업혁명 시대의 도래로 첨단 기술이 비약적으로 발전하고 있다. 이러한 변화에는 정보통신기술을 중심으로 여러 영역이 융합되어 새롭게 발전해 나가는 형태를 보이고 있다[1]. 제4차 산업혁명의 다양한 기술 중 가장 핵심이 되는 기술은 인공지능(AI, Artificial Intelligence)이다. 최근에는 거의 모든 분야에 AI 기술이 접목되어 있는 실정이다[2].

해외 여러 나라에서는 AI 기술을 발전시키고, AI 인재를 육성하고자 여러 가지 전략을 내세우고 있다[3]. 중국의 경우 2018년 이후 AI 교육이 적극 추진되어 초등학교부터 AI를 학습할 수 있도록 교과서를 비롯하여 교육 콘텐츠 등의 개발이 활발히 이루어지고 있다[4]. 미국의 경우 ‘AI 이니셔티브’를 통해 AI 산업 및 교육을 촉진하고자 하는 전략을 발표하였으며, Computing Curricular 2020의 발표를 통해 AI 교육을 강조하며 AI 소양을 함양한 인재 양성을 구체적으로 실현하고 있다[5].

우리나라 역시 2019년 12월에 ‘AI 국가전략’을 발표하면서 AI에 대한 중요성을 강조하고 있으며, AI 인재를 양성하기 위하여 AI 교육 정책을 추진하고 있다[6, 7]. 교육부는 2021년 2학기부터 고등학교에서 ‘인공지능 기초’와 ‘인공지능 수학’ 과목을 선택할 수 있도록 교육과정 일부 개정안(과목 신설)을 확정 고시하였다[8]. 정부에서는 ‘전국민 AI·SW교육 확산 방안’에서 학교교육에서뿐만 아니라 지역사회, 직군별로 AI·SW 교육을 받을 수 있도록 제시하고 있다[9].

이와 같이 국내외에서는 국가경쟁력 확보를 위하여 AI·SW 교육을 통한 인재 양성을 강조하고 있다. 따라서 AI 교육을 위한 다양한 서적, 콘텐츠, 교육 프로그램, 교육자료, 플랫폼 등이 개발되어 있다[10].

AI 교육은 AI 그 자체의 원리와 개념, 알고리즘을 학습하는 것도 중요하다. 그러나 AI 자체에 대해 아는 것만큼 실생활 문제나 타학문과의 융합에 대한 시도 역시 중요하다. 실제 현실에서 활용되고 있는 AI 기술은 단독으로 활용되지 않기 때문이다. IoT(Internet of Things)와 같은 사물 인터넷에 AI가 융합된 형태는 이미 많은 사람들에게 익숙해져 있다. AI가 자동차에 결합된 형태인 자율주행차도 낯설지 않게 인식한다. AI는

미술이나 음악, 디자인과 같은 예술 분야뿐만 아니라 서비스, 마케팅, 의료, 지리, 역사, 항공 등에 다양한 학문 분야에 융합되어 있다[11].

현재까지 연구 혹은 개발된 AI 교육 관련물은 AI 원리 및 개념을 이해하기 위한 이론 중심이거나, AI 교육 플랫폼의 체험 및 경험을 위한 축소(혹은 정제)된 실생활 문제의 해결 중심으로 구성되어 있었다. 학습자의 AI 소양을 확대하기 위해서는 타 학문과의 탈학문적(Transdisciplinary) 융합교육이 필요하다[12]. 그래야 컴퓨팅 사고력에서 학습자가 컴퓨팅 과위를 활용하는 것과 같이 AI를 다양한 문제해결의 도구로 폭넓게 활용할 수 있게 하기 때문이다[13].

따라서 본 연구에서는 머신러닝 교육 플랫폼을 활용하여 화학 과목의 ‘분자의 구조’에 대한 이해를 높이고, AI 소양을 함양할 수 있는 융합교육 프로그램을 개발하고자 한다.

2. 관련 연구

2.1. 융합교육

일반적으로 두 가지 이상의 과목이나 주제, 교육 내용을 융합하여 교육하는 형태를 융합교육이라고 일컫는다. 융합교육의 효과성은 여러 연구에 걸쳐 증명되었다. 컴퓨팅 사고력 기반 융합인재교육프로그램의 효과성 연구에서는 과학선호도와 자기주도적 학습능력이 통제집단에 비해 실험집단이 통계적으로 유의하게 향상되었음을 입증하였다[14]. 총 8차시로 구성된 ‘머신러닝의 개념을 지도하기 위한 초등 과학 AI 융합교육 프로그램’에서는 사전-사후 대응표본 t-검정 및 피어슨 상관계수를 이용한 상관 분석 결과, ‘AI 기술에 대한 태도, 과학선호도, 융합인재소양’ 등 모든 요소에 깊은 상관관계가 있었으며, 대부분의 요소에서 기술적 평균이 향상되었다는 결과를 얻었다[15]. 또한, 75편의 융합인재교육(STEAM) 논문의 창의성과 문제해결력 효과에 관한 메타분석 결과, 창의성에 대한 전체 효과크기가 0.776로 나타났고, 문제해결력에 있어서는 0.584로 나타나 중간 정도의 효과크기로 나타났다고 한다[16]. 컴퓨팅이나 AI, SW 관련 융합교육뿐만 아니라 미디어아트, 자연재해, 영어교육 등의 주제로 융합교육을 실시한 결과에서

도 모두 교육 효과성에 대하여 입증하였다[17-19].

여러 연구 결과에서 살펴보았듯이 융합교육의 실행은 교육 효과성이 있다. 그러나 융합교육을 지칭하는 용어들이 일관되지 않고 다양한 것을 살펴볼 수 있다. STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) 교육, 융합인재교육, 창의·융합교육 등으로 연구자에 따라 다르게 정의되고 사용되고 있다. 우리나라에서는 과학기술에 대한 학생의 흥미와 이해를 높이고 과학기술 기반의 융합적 사고와 문제해결능력을 배양하는 교육으로 STEAM 교육을 정의하고 있다[20]. STEAM 교육의 바탕이 된 것은 미국의 STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics) 교육이다. STEM 교육은 문제해결을 위하여 과학·기술·공학·수학의 개념이나 원리를 활용하는 간학문적 통합을 의미한다[21]. STEM 교육의 개념에 Art로써 예술, 언어, 사회, 인문학 등에 관한 내용의 통합이 추가된 것이 현재의 STEAM 교육이다[22]. 융합인재교육은 우리나라에서 STEAM 교육을 이르는 또 다른 용어이다. 창의·융합교육이라는 용어의 경우 2015 개정 교육과정에서 추구하는 인간상인 ‘창의·융합인재’를 양성하기 위한 교육으로서 주로 사용되는 용어이며[23], 연구자에 따라 STEAM교육의 확장 개념으로 활용되기도 한다[24].

단순히 여러 과목이나 교육 내용을 열거하는 것은 융합교육이라고 볼 수 없다[25]. 상술한 다양한 용어들이 본질적으로 지향하는 것은 지식을 암기하는 것을 넘어선 상태를 의미한다. 즉, 문제를 해결하기 위하여 여러 지식을 잘 녹여 활용하는 것이 융합교육이라는 의미이다. 다양한 관점을 인식하고, 상황 맥락을 파악하며, 자신만의 고유한 사고방식을 발전시켜 문제를 해결할 수 있는 역량을 키울 수 있는 것이 진정한 융합교육이다[26]. 융합교육 외의 용어들은 다학문적(Multidisciplinary) 성격으로써 STEAM 관련 교과목에 국한되거나, 창의·인재양성 혹은 융합인재 양성이라는 목적성에만 제한되는 것처럼 이해될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 학습자의 창의적 문제해결력 함양을 위하여 두 가지 이상의 과목이나 주제, 교육 내용 등을 탈학문적(Transdisciplinary)으로 융합하여 교육하는 것을 융합교육이라 정의한다.

2.2. 머신러닝 교육 플랫폼

넓은 의미로 인공지능 즉, AI란 인간의 지능을 모방할 수 있는 시스템을 뜻하나, 최근에는 그보다는 좁은 의미로써 인간의 사고, 학습, 판단 등을 할 수 있는 시스템에 관한 정보기술의 한 분야를 뜻한다[27]. 협의의 AI는 주로 기계학습으로 불리는 머신러닝(Machine Learning)과 심층학습으로 불리는 딥러닝(Deep Learning)이 해당된다. 물론 과거의 규칙 기반 인공지능(Rule-based AI)도 광의의 AI에 해당될 수 있다. 그러나 규칙기반 인공지능은 프로그래머가 매우 정교하게 작성한 코드에 의한 프로그램 정도이기 때문에 최근 AI 패러다임에서는 논의에서 제외되고 있다.

규칙 기반 AI와는 달리 머신러닝이나 딥러닝은 인간의 학습과 비슷한 방식으로 컴퓨팅 시스템이 학습을 수행하고 결과를 도출한다[28]. 즉, 컴퓨팅 시스템에 훈련할 수 있는 데이터들을 제공하고, 그것을 통해 새로운 지식이나 결과를 도출할 수 있도록 하는 것이다. 머신러닝은 지도학습(Supervised Learning)과 같이 레이블(Label)에 따라 훈련 데이터를 입력하여 학습시키거나, 비지도학습(Unsupervised Learning)과 같이 레이블 없이 훈련 데이터를 입력하여 학습시키거나, 강화학습(Reinforcement Learning)과 같이 출력 결과에 따라 상(Reward) 또는 벌(Punishment)을 주는 방법들을 사용하여 학습시키는 방법을 통해 분류, 군집화, 예측 등을 수행할 수 있다. 머신러닝의 방법 중 하나로 인공지능망 기술을 활용하는 것을 딥러닝이라고 한다. 딥러닝은 여러 입력력 알고리즘 계층을 통해 데이터를 학습하여 이미지 분석, 언어 인식과 같은 고차원적이고 직관적인 분야에 적용되고 있다[29]. 각 기술의 관계를 집합론적으로 표현하자면 인공지능⊃머신러닝⊃딥러닝이다.

초·중·고등학교 현장에서 교육하고, 활용하는 것은 머신러닝이다. 딥러닝의 경우 인공지능망의 심층적인 사용으로 인하여 도출된 결과에 대한 해석이 없고, 학습 알고리즘의 단계 따른 세부적인 내용에 대하여 체계적으로 이해할 수 없다. 반면 머신러닝의 경우, 사용하는 알고리즘의 작동 원리나 세부 내용에 대하여 상세히 살펴볼 수 있다[27-29]. 이는 학습자들이 머신러닝을 학습하게 된다면, AI의 개념이나 원리에 대한 이해를 높일 수 있을 뿐만 아니라 목표로 하는 문제 해결에 대한 체

계적인 이해를 높일 수 있다는 의미이다.

이에 따라 현재 다양한 머신러닝 활용 교육 콘텐츠, 자료, 플랫폼 등이 연구 및 개발되어 있다. 오렌지 데이터 마이닝(Orange Data Mining)은 텍스트 기반 프로그래밍 없이 비주얼 기반의 모듈을 기반으로 데이터 입력을 통하여 머신러닝과 데이터 시각화를 위한 프로그램을 제공한다[30]. 티처블머신(Teachable Machine)이라는 플랫폼에서는 이미지, 오디오, 사람의 포즈에 대한 머신러닝 모델을 코딩 없이 생성할 수 있도록 지원해주고 있다[31]. 퀵드로우(Quick Draw)나 오토드로우(Auto Draw)는 사람들이 그린 많은 이미지 데이터를 통해 학습한 결과로, 현재 그리고 있는 이미지의 제목을 맞추거나 그림을 자동으로 완성해주는 기능을 통하여 머신러닝을 체험해 보고 개념을 이해할 수 있도록 돕는다[32, 33]. 우리나라에서 많이 활용되고 있는 엔트리(Entry)에서는 블록 기반 프로그래밍을 중심으로 데이터 분석과 머신러닝 모델 생성 및 관련 프로그래밍을 지원해줄 수 있는 기능을 제공하고 있다[34]. 머신러닝포키즈(MLAK, Machine Learning for Kids)는 IBM Watson Developer Cloud의 API(Application Programming Interface)를 사용하여 Dale Lane이 어린이부터 성인까지 모든 이들의 머신러닝 교육을 위하여 개발한 플랫폼이다. MLAK는 텍스트, 숫자, 이미지, 소리의 4가지 데이터 타입을 다룰 수 있게 해 주며, 프로그래밍 언어로는 스크래치2, 3와 파이썬 그리고 앱인벤터를 활용할 수 있게 지원해 준다[35]. 앱인벤터(App Inventor)에서도 인공지능 기능을 활용할 수 있도록 제공하고 있다[36]. 물론 주피터 노트북(Jupyter Notebook)이나 코랩(Colab)과 같은 플랫폼을 통해 파이썬과 같은 범용 텍스트 기반 프로그래밍 언어를 활용하여 머신러닝을 교육할 수도 있다[37, 38].

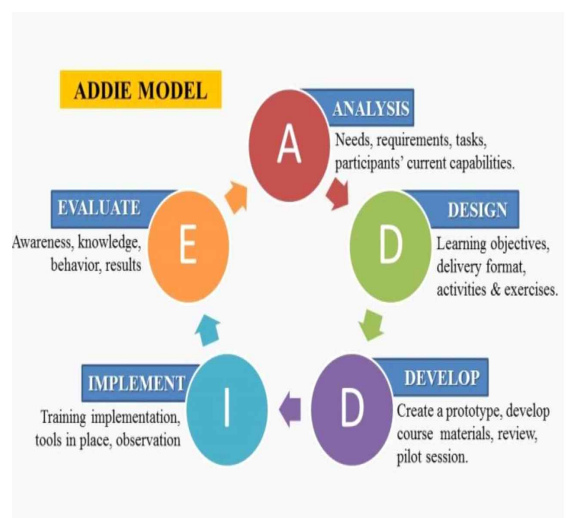
이처럼 다양한 머신러닝 교육 플랫폼이 존재하고 있다. 각각에 대한 장단점은 모두 존재하고 있다. 본 연구에서는 프로그래밍에 대한 인지적 부담을 낮추고, 머신러닝의 개념과 원리를 직관적이고 명시적으로 이해할 수 있으며, 프로그램 구현의 안정성을 고려하였다. 그 결과 머신러닝 교육 플랫폼으로 MLAK를 선정하였다. 그리고 프로그래밍 언어로는 스크래치3을 선정하였다. 프로그래밍 언어로 고등학교 수준에서 널리 교육에 활용되고 있는 텍스트 기반 프로그래밍 언어인 파이썬을 선정하는 것도 고려되었다. 다만, 고등학교에서 선택과

목으로 정보를 학습하지 않았을 경우 일반적으로 대다수의 학습자들은 중학교에서 블록 기반 프로그래밍 언어만 학습된 상태이다. 따라서 프로그래밍 언어를 따로 학습할 시간을 확보하지 않고, 학습자에게 융합교육의 내용 외에 추가적인 인지부하를 일으키지 않을 수 있도록 스크래치3가 선정된 것이다.

2.3. 교수설계 모형

Dick&Carey의 체제적 접근 모형이나 Boyle의 교육 프로그램 개발 모형 등 교수설계 모형은 다양하게 존재하고 있다[39, 40].

본 연구에서 선정한 교수설계 모형은 ADDIE 모형이다. ADDIE 모형은 분석(Analysis), 설계(Design), 개발(Development), 실행(Implementation), 평가(Evaluation)의 5개로 구성되어 있다. 이 5개의 단계는 선형적으로 진행되기도 하지만, 때로는 필요에 따라 환류되기도 한다. 이 모형은 오랜 시간에 걸쳐 많은 연구자들에 의해 완성된 것으로 교육설계를 위한 보편적인 모형으로 사용된다. ADDIE 모형의 일반적인 절차는 Fig. 1과 같다[41]. 본 연구에서는 개발 절차가 선형적이지 않고, 필요에 따라 환류될 수 있다는 장점이 있으며, 절차의 체계성을 갖추고 있다는 강점을 가지고 있는 ADDIE 모형을 기반으로 개발되었다.



(Fig. 1) General Process of ADDIE Model

3. 융합교육 프로그램 개발

3.1. 개발 의도

진정한 의미의 융합교육을 위해서는 융합하고자 하는 교과목이나 주제, 교육내용 등이 탈학문적으로 합해져야 한다[42]. 따라서 어느 한쪽의 내용에 치우치지 않고 두 가지 교육 내용이 서로 상호보완하며 동시에 학습할 수 있으며, 전이성이 높을 수 있는 것을 원칙으로 두었다. 또한, 우리나라 교육과정에 기초하여 개발함으로써 내용 타당도를 높이고, 추가적인 시수를 사용하지 않을 수 있도록 고려하였다.

3.2. 개발 절차

개발 절차는 <Table 1>에 제시한 것과 같이 교수체 제 설계 모형인 ADDIE를 기초로 하여 진행되었다.

<Table 1> Procedure of Development based on ADDIE model

Process	Content
Analysis	· Analysis of related researches and educational materials
	· Analysis of the achievement standards in the chemical curriculum
	· Comparing machine learning educational platforms
Design	· Selecting of appropriate achievement standards and machine learning educational platform
	· Establishing development principles
Development	· Development of educational content based on computational thinking processes
Implementation	· Conducting in-service teacher and expert reviews
Evaluation	· Conducting in-service teacher and expert reviews
	· Statistical analysis of content validity
	· Modified by reflecting expert review opinions and content validity

3.3. 개발 내용

본 연구에서는, 첫째, 머신러닝 교육 플랫폼의 활용을 통한 머신러닝의 개념과 원리의 이해라는 교육 내용과

둘째, 고등학교 화학 교과에서 다루고 있는 분자의 구조에 관한 교육 내용이 서로 상호보완하며 동시에 학습이 이루어질 수 있도록 개발을 진행하였다. <Table 2>는 고등학교 학생을 대상으로 8차시 분량으로 계획된 파일럿 개발 내용이다.

<Table 2> Pilot Version of Convergence Education Program

Step	Content	Hours
Introduce AI	· Experience AI using ML4K	2
Motivate Learning	· Understand of various molecular structure by explanation and images	1
Figure Out and Understand of the Problem	· Collect information to solve the problem to create machine learning model about distinguish molecule structure	
Design a Program using ML4K	· Analyze collected information	1
	· Extracting factors to solve a problem	
Develop a Program using ML4K	· Make a programming plan	2
	· Design the screen figuration and sprites	
Evaluate and Debug the Program	· Make a project and labels in ML4K	1
	· Input training data and create machine learning model	
Wrap up and Discuss	· Write codes to develop program using machine learning model	1
	· Check the operation of the completed program	
Wrap up and Discuss	· Enter test data into the program	1
	· Identify error and debug the program	
Wrap up and Discuss	· Complete development	1
	· Review and check the things learned during the problem solving process	
Wrap up and Discuss	· Discuss about convergence using machine learning	1
	· Discuss about convergence using machine learning	

4. 결과

4.1. 전문가 검토 결과

ML4K를 활용한 분자의 구조 이해 융합교육 프로그램의 내용 타당도를 확인하기 위하여 전문가 검토를 실시하였다. 전문가는 경력 10년 이상의 현직 과학 교사 2명, 과학교육 관련 박사학위 소지자 2명, 화학교육과 교수 1명, 정보교육 관련 전공의 박사과정 중인 현직 교사 2명, 정보교육 관련 박사학위 소지자 1명으로 총 8명으로 구성하였다.

내용 타당도 검토 문항은 선행연구[43]를 토대로 정보교육 및 과학교육 관련 석사학위 이상의 교사 3명과 박사학위 소지자 1명의 협의로 구성하였다. 문항의 상세 내용은 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Questionnaire of Content Validity Review

Area	Items
Applicability	1. This learning material was produced in accordance with the national curriculum.
	2. This learning material has been produced in accordance with the learning objectives.
	3. The teaching and learning method of this learning material is suitable for use in class.
	4. This learning material provides appropriate guidance on student-teacher behavior.
	5. The content presented in this learning material is systematic.
	6. This learning material is highly likely to be applied in the classroom.
	7. Utilizing these learning materials will help improve existing teaching and learning methods.
	8. This learning material was developed to facilitate evaluating after class application.
Usefulness	9. This learning material is appropriate to use an AI educational platform for this learning material.
	10. This learning material reflects the principles and concepts of AI well.
Competencies in Science and AI	11. This learning material will improve learners' scientific thinking and inquiry skills.
	12. This learning material will improve learners' computational thinking.
Appropriateness for Convergence Education	13. This learning material will improve learners' problem-solving skills.
	14. This learning material will enhance the creativity of learners.
Student Needs	15. This learning material is suitable for cultivating the principles and concepts of science and AI/SW.
	16. This learning material will be helpful in cultivating convergence talent.
Student Needs	17. This learning material allows you to generate ideas for the convergence of different disciplines or disciplines.
	18. Students will be satisfied with the lessons using this learning material.
Student Needs	19. The content level of this learning material is appropriate according to the target students.
	20. This learning material will arouse the interest of the students.

각 문항은 4점 리커트 척도로 매우 긍정을 4점으로

매우 부정을 1점으로 구성하였고, 각 문항에 대한 의견을 추가 서술할 수 있도록 제시하였다. 전문가들의 검토 결과를 수집하여 통계 분석한 방법은 I-CVI(Item Content Validity Index) 산출식을 활용하였다. I-CVI의 계산을 위하여 각 문항에 대하여 4, 3점으로 응답한 경우 1으로, 2, 1점으로 응답한 경우 0으로 치환하였다. CVI의 절단점은 .80으로 두었다[44]. 통계 결과는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Result of I-CVI Statics Analysis

Area	Item	Mean	SD	I-CVI
Applicability	1	3.63	0.48	1.00
	2	3.50	0.71	0.88
	3	3.75	0.43	1.00
	4	3.63	0.48	1.00
	5	3.50	0.50	1.00
	6	3.50	0.70	0.88
	7	3.50	0.70	0.88
	8	3.50	0.70	0.88
Usefulness	9	3.25	0.97	0.88
	10	3.38	0.70	0.88
	11	3.25	0.97	0.88
Competencies in Science and AI	12	3.63	0.48	1.00
	13	3.38	0.99	0.88
	14	3.25	0.97	0.88
Appropriateness for Convergence Education	15	3.75	0.43	1.00
	16	3.50	0.71	0.88
	17	3.50	0.71	0.88
	18	3.50	1.00	0.88
Student Needs	19	3.63	0.48	1.00
	20	3.38	0.99	0.88
Average I-CVI				0.92

모든 문항에 있어 I-CVI 값이 .80 이상으로 나타났기 때문에 기각되는 항목 없이, 본 연구에서 개발한 교육 프로그램은 모든 영역의 내용 타당도 및 전체 내용 타당도가 통계적으로 확보되었다고 해석할 수 있다.

검토에 참여한 전문가의 여러 의견 중 다음과 같은 긍정적인 의견을 수집할 수 있었다.

전문가 A : ... (전략) 다양한 분자구조를 머신러닝을 통해 학습하는 것은 학습 툴로서 매우 유용하리라 생각한다. 다양한 규칙성을 학습하도록 구성한 것이 매우 유용하다고 여겨진다. (후략) ...

전문가 B : ... (전략) 분자의 구조는 화학의 기본이면서도 중요한 내용이다. 중심 원자의 비공유 전자쌍 개수와 결합 원자 수로 분자의 구조가 결정이 된다는 내용이 잘 정리되어 있어 좋았다. 학생들이 프로그램을 구성해 보면서 분자의 구조가 어떻게 되는지 개념이 명확해질 것 같으며, 다중 if문을 통한 블록 구성도 제법 난이도가 있어서 프로그래밍 학습에도 좋은 주제라 생각한다. 주제와 구성이 고등학교 학생 수준에도 맞는 것 같다. 학습자의 흥미가 유발되면서 과학적 지식을 잘 전달할 수 있는 좋은 수업 방식이라 적용되어 널리 쓰였으면 하는 좋은 교육 콘텐츠다. (후략) ...

반면, 전문가 C는 수정 의견을 다음과 같이 제시하였다.

전문가 C: 과학 교과 내용과 정보 교과 내용이 적절하게 어우러진 융합 교육 프로그램으로 평가할 수 있다. 다만, 학습 동기 유발을 위하여 분자 구조를 제시할 때 사진 자료로만 제시하지 말고, 시뮬레이션 등을 통하여 실재감 있게 제시하도록 수정하는 것이 학습자들의 학습 흥미 유발에 효과적인 것이다. (후략) ...

이 밖에도 전문가 중 일부로부터 학습 단계의 세분화와 구체적인 사례 예시 등과 같은 개선 의견을 수렴할 수 있었다.

4.2. 개발 결과

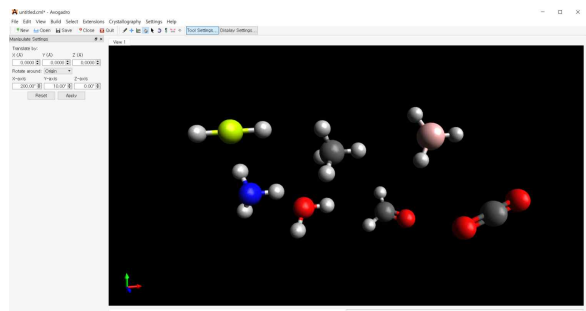
전문가 내용 타당도 검토 결과와 여러 의견을 종합한 결과 학습 동기 유발 자료의 변경과 학습 단계의 세분화를 반영하기로 결정되었다. 이에, <Table 5>와 같이 최종적으로 개발을 완료하였다.

첫째, AI 소개 단계에서는 우리 삶과 관련한 다양한 AI, ML의 사례를 소개한다. 그리고 ML4K의 간단한 프로젝트를 실습해 보면서 기능적 사용 방법을 익힌다.

둘째, 학습 동기 유발 단계에서는 Avogadro라는 분자 구조 편집기[45]를 활용하여 다양한 분자에 대한 구조를 확인하는 시뮬레이션 해보며 다섯 가지 구조로 분류해 본다. (Fig. 2)은 Avogadro를 활용하여 BeH2, BH3, CH4, NH3, H2O, CH2O, CO2 분자의 구조를 시뮬레이션 한 모습이다.

<Table 5> Complete Version of Convergence Education Program

Step	Content	Hours
Introduce AI	<ul style="list-style-type: none"> Understand of AI, ML and real life Experience AI using ML4K 	2
Motivate Learning	<ul style="list-style-type: none"> Understand of various molecular structure using Avogadro program 	
Figure Out and Understand of the Problem	<ul style="list-style-type: none"> Think of a way to know the molecule structure without memorizing it Collect information to solve the problem through creating machine learning model for distinguishing molecule structure 	1
Design a Program using ML4K	<ul style="list-style-type: none"> Structuring the problem to solve Analyze collected information Extracting core factors to solve a problem and make a overall plan Make a programming plan Design the screen figuration and sprites 	1
Develop a Program using ML4K	<ul style="list-style-type: none"> Make a project and labels in ML4K Input training data and create machine learning model Write codes to develop program using machine learning model 	2
Evaluate and Debug the Program	<ul style="list-style-type: none"> Check the operation of the completed program Enter test data into the program Identify error and debug the program Complete development 	1
Wrap up and Discuss	<ul style="list-style-type: none"> Review and check the things learned during the problem solving process Talk about how to improve the program which present the bond angle of a molecule Discuss about convergence using machine learning 	1



(Fig. 2) Molecule Structure of BeH2, BH3, CH4, NH3, H2O, CH2O, CO2 by Avogadro Program Simulation

셋째, 문제를 파악하고 해결을 위한 정보를 수집하는 단계에서는 학습자들에게 외우거나 계산하지 않고도 분자의 구조를 알 수 있는 방법에 대해 생각해보도록 한다. Avogadro와 같은 시뮬레이션 프로그램을 통해 이미지를 살펴볼 수 있지만, 임의의 분자의 최소의 정보로 어떤 구조를 가지고 있는지 직관적으로 알려줄 수 있는 프로그램이 필요하며 이것을 직접 구현할 수 있음을 안내한다.

넷째, ML4K를 활용한 프로그램 작성 계획을 세우는 단계에서는 학생들이 문제를 해결하기 위하여 다양한 정보를 수집하도록 한다. 수집된 여러 정보 중에서 핵심적인 요소를 추출하며, 이것을 프로그램으로 구현하기 위하여 구조화하는 단계를 거친다. 또한, 이 단계에서 화면 구성이나 스프라이트의 역할 등에 대한 계획도 진행하게 된다.

Q1. 주어진 표의 분자들의 루이스 전자점식을 그려보고 표의 빈칸을 채워보자.

분자식	중심원자의 족 번호	한 분자당 원자의 개수	중심원자의 공유전자쌍 개수	중심원자의 비공유 전자쌍 개수	분자의 구조
BeF ₂	2	3	2	0	직선형
BeCl ₂	2	3	2	0	직선형
CO ₂	14	3	4	0	직선형
HCN	14	3	4	0	직선형
H ₂ O	16	3	2	2	굽은형
OF ₂	16	3	2	2	굽은형
H ₂ S	16	3	2	2	굽은형
NOCl	15	3	3	1	굽은형
HCHO	14	4	4	0	평면 삼각형
OCCL ₂	14	4	4	0	평면 삼각형
BH ₃	13	4	3	0	평면 삼각형
BF ₃	13	4	3	0	평면 삼각형
NH ₃	15	4	3	1	삼각뿔형
NCl ₃	15	4	3	1	삼각뿔형
CH ₄	14	5	4	0	정사면체형
CCl ₄	14	5	4	0	정사면체형

Q2. 위 표를 보고 아래의 표에서 주어진 두 분자를 비교하고 같은 것에는 O, 다른 것에는 X를 적어보자.

비교할 분자	중심원자의 족 번호	한 분자당 원자의 개수	중심원자의 공유전자쌍 개수	중심원자의 비공유전자쌍 개수	분자의 구조
BeF ₂ vs CO ₂	X	O	X	O	O
BeCl ₂ vs H ₂ O	X	O	O	X	X
NOCl vs NCl ₃	O	X	O	O	X
BH ₃ vs NH ₃	X	O	O	X	X
HCN vs OCCL ₂	O	X	O	O	X
HCHO vs CH ₄	O	X	O	O	X
OF ₂ vs NOCl	X	O	X	X	O

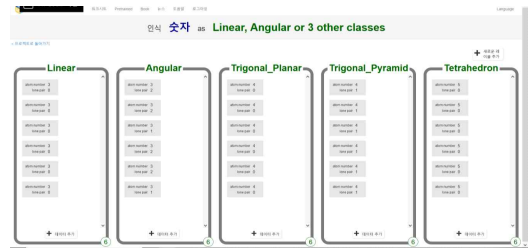
Q3. Q2의 표를 보고 분자의 구조는 어떤 요소와 관련이 있는지 적어보자.

분자의 구조는 한 분자당 원자의 개수, 중심원자의 비공유 전자쌍 개수와 관련이 있다.

(Fig. 3) Learning Activity Handout for Collecting Information and Extracting Core Factors

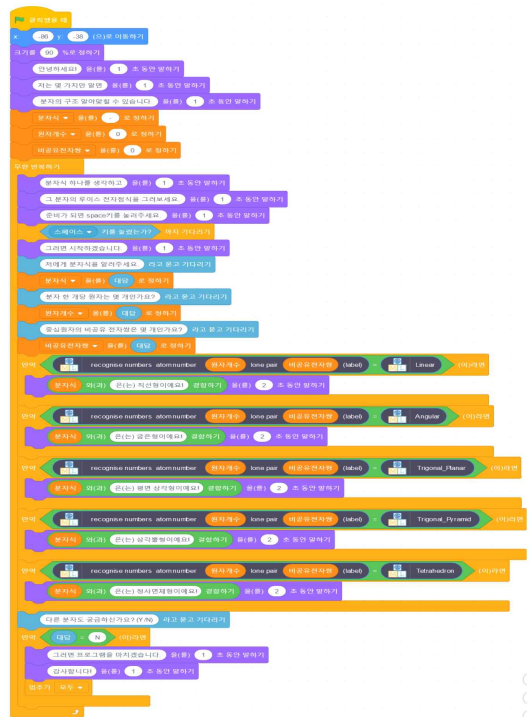
(Fig. 3)은 문제 해결을 위한 정보 수집과 핵심 요소 추출 단계의 학습활동지의 일부이다. 이탤릭체로 표기된 부분이 학습자들의 예상 답안이다.

다섯째, ML4K를 활용하여 프로그램을 개발하는 단계에서는 (Fig. 4)와 같이 준비한 훈련 데이터셋을 입력하고, 머신러닝 모델을 생성한다.



(Fig. 4) Inputting Training Data Set into ML4K

머신러닝 모델 생성이 완료되면 스크래치3를 연 후, 화면 구성 및 스프라이트의 배치를 한다. (Fig. 5)와 같이 코드 스크립트 작성을 통해 프로그램을 완성한다.



(Fig. 5) Full Code Scripts of a Program that tells the Molecule Structure

여섯째, 프로그램 평가 및 디버깅 단계에서는 (Fig. 6)의 테스트 데이터를 입력하여 프로그램의 작동을 확인한다.

■ 아래의 데이터를 입력해서 대입이 올바른지 확인해 보자.

분자식	입력 데이터		테스트 결과
	원자의 개수	중심원자의 비공유 전자쌍 개수	
OC ₂	3	2	
NCIF ₂	4	1	
CH ₂ Cl ₂	5	0	

(Fig. 6) Test Data for Checking Operation of Program

이 단계에서 에러가 발생하지 확인하고, 만일 제대로 작동하지 않는다면 문제를 파악하여 디버깅할 수 있도록 안내한다. 확인 및 수정 후, 프로그램 개발을 완료한다.

일곱째, 정리 및 논의 단계에서는 학습자들이 배운 내용을 되돌아보고, 이 활동을 통해 더 발전된 프로그램을 만들 수 있는 방안에 대해 논의하도록 한다. 그리고 머신러닝을 활용한 다양한 융합에 대해 자유롭게 토론할 수 있도록 하며 화학 이외의 과목에의 융합, 실생활 문제 해결을 위한 머신러닝 활용 등에 대해 생각해 볼 수 있도록 안내하며 추후 학습에 전이 될 수 있도록 한다.

4. 결론 및 제언

본 연구에서는 선행연구를 바탕으로 고등학생 대상의 8차시 분량으로 구성된 MLAK 활용 분자의 구조 이해 융합교육 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램의 전문가 검토 결과, I-CVI 값은 모두 .80 이상(.88 ~ 1.00)으로 절단점 이상을 보여 모든 항목에 대한 내용 타당도를 갖춘 것으로 확인되었다. 다만, 전문가들의 추가 의견으로 나타난 내용 중, 학습 동기 유발 자료의 제시와 학습 단계의 세분화에 대한 내용을 반영하기로 결정하였기 때문에 이에 대한 수정을 통해 프로그램을 최종 완성하였다.

완성된 융합교육 프로그램은 탈학문적으로 화학과 정보(인공지능)의 내용 요소를 융합하였다. 따라서 학습자들이 하여금 화학교과의 분자의 구조에 대한 이해를 높일 수 있을 뿐만 아니라 머신러닝의 개념과 원리를 이

해할 수 있는데 도움이 될 것으로 판단된다. 즉, 이 융합교육 프로그램은 자연스럽게 학습자의 융합인재소양을 높일 수 있을 것이다.

또한, 본 연구에서 개발한 프로그램은 머신러닝 활용 융합교육을 하기 위하여 별도의 추가 교육 활동이나 학습을 위한 인지 부하가 없다. 따라서 학습자들은 학습 흥미를 유지할 수 있을 것이며, 창의·융합적 사고를 촉진하는 데 기여할 수 있을 것이다. 그리고 학습자들이 이 융합교육 프로그램을 바탕으로 심화 활동으로 나아갈 수 있는 발판이 될 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구의 융합교육 프로그램은 교사에게는 머신러닝을 교육에 활용하기 위한 추가 시수를 최소로만 확보하여도 효과적인 융합교육을 할 수 있다는 강점이 있다. 머신러닝 부분의 내용이 부담이 없기 때문에 누구나 쉽게 융합교육을 시도할 수 있을 것이다. 또한, 본 프로그램의 내용을 토대로 발전시켜 다른 교육 활동에도 적용 가능할 것이다.

다만, 본 연구에서 개발한 프로그램은 전문가 검토를 통해 내용 타당도를 확보하였지만, 실제 효과성 여부에 대한 검증은 이루어지지 않았다. 추후 연구에서는 학습자를 대상으로 실험 설계를 하여 학습 흥미, 융합인재소양, AI 리터러시, 학습 이해 등에 대하여 사전-사후 검사를 통해 본 프로그램의 효과성을 통계적으로 검증해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Schwab, K.(2016). The fourth industrial revolution. *Geneva: World Economic Forum.*
- [2] Ministry of Education.(2020). *Education Policy Direction and Core Tasks in the Age of Artificial Intelligenc.* Retrieved from: <https://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=39237>
- [3] Jeon, H.B., Chung, H., Kang, B.O., & Lee, Y.K.(2021). Survey of Recent Research in Education based on Artificial Intelligence. *Electronics and Telecommunications Trends, 36*(1), 71-80.
- [4] Sohn, M.J., Kim, J.S., Jeon, S.G., Park, J.H., Kim, J.S., Heo, Y.J., & Kim, I.S.(2020). Trend Analysis of Artificial Intelligence Education in China.

- Economic, Humanities and Social Research Society Chinese Comprehensive Research Collaborative Research Series, 20-91-03.*
- [5] Kim, H.S., Seo, Y.H., Song, J.H., & Lee, J.Y.(2020). Direction of K-12 SW·AI Education through Computing Curricula 2020. *Software Policy & Research Institute Issue Report, IS-110.*
- [1] Ministry of Science, Technology Information and Communication.(2019). Announcement of AI National Strategy. Retrieved from: <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156366736>
- [6] Ministry of Education.(2020). 2020 Ministry of Education Business Report. Retrieved from: <https://www.moe.go.kr/boardCnts/view.do?boardID=346&lev=0&boardSeq=79918>
- [7] Ministry of Education.(2020). Partial revision of the elementary and secondary education curriculum and special school curriculum (draft). *Ministry of Education Notice No. 2020 - 294.*
- [8] Relevant Ministries Joint.(2020). A plan to spread AI · SW education to the whole people in Korea. Retrieved from: https://policy.nl.go.kr/search/searchDetail.do?rec_key=SH2_PL20200254423
- [9] Hwang, J.Y., Kim, S.W., & Lee, Y.J.(2021). The Analysis on Research Trends for Teaching and Learning Methods of Artificial Intelligence Education in Korea. *Proceedings of The Korea Association of Computer Education Conference, 25(2A)*, 31-33. .
- [10] Kim, H.W., Noh, K.R., Ahn, S.J., & Kwon, O.J.(2021). Technology Convergence Map Creation and Country Profile Analysis in the Field of Artificial Intelligence. *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences, 12(1)*, 139-146.
- [11] Yi, S.Y., Kim, S.W., & Lee, Y.J.(2021). Development of Teaching Efficacy Belief Instrument about Artificial Intelligence for Pre-service Teachers. *The Journal of The Korea Association of Computer Education, 24(1)*, 47-61.
- [12] Lee, E.K.(2020). A Comparative Analysis of Contents Related to Artificial Intelligence in National and International K-12 Curriculum. *The Journal of The Korea Association of Computer Education, 23(1)*, 37-44.
- [13] Kim, S.H., Ham, S.J., & Song, K.S.(2015). Analytic Study on the Effectiveness of Computational Thinking based STEAM Program. *The Journal of The Korea Association of Computer Education, 18(3)*, 105-144.
- [14] Lee, J.H., Lee, S.H., & Lee, D.H.(2021). An Analysis of Educational Effectiveness of Elementary Level AI Convergence Education Program. *JOURNAL OF The Korean Association of information Education, 25(3)*, 471-481.
- [15] Lee, S.J., Kim, N.S., Lee, Y.J., & Lee, S.J.(2017). A meta-analysis of the effect for Creativity, Creative Problem Solving Abilities in STEAM. *Journal of the Korean Association for Science Education, 37(1)*, 87-101.
- [1] Yoon, J.Y., Kim, Y.M., So, J.H., & Kim, Y.H.(2019). A Study on the Media Art STEAM Education Program Using Data Science and Artificial Intelligence. *The Korean Society of Science & Art, 37(5)*, 265-276.
- [2] Han, S., Kim, Y.K., & Kim, H.B.(2019). Development and Effect of Creative Convergence HTE-STEAM Program using Natural Disaster. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education, 12(3)*, 291-301.
- [3] Song, K.E.(2018). Use of a College Convergence Talent Education Project in English Classes: Effects on Creativity and Listening Comprehension. *Journal of Learner-centered Curriculum and Instruction, 18(11)*, 105-121.
- [4] Ministry of Education, Science and Technology.(2010). A future Korea opened with creative talent and advanced science and technology. *Policy Report.*

- [16] Sanders, M.(2009). STEM, STEM education, STEM mania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- [17] Yakman, G., & Kim, J.(2007). STE@M: Integration aspects of go into the core curriculum. American Go Association, Retrieved from: <http://www.us-go.org//teach/method.html>
- [18] Ministry of Education.(2015). 2015 Revised National Curriculum. *Ministry of Education Notice No. 2020 - 248*.
- [19] Kang, J.C.(2015). The Development of Instructional Design Principles for education for Creative Convergence. *Journal of The Korean Association for Educational Methodology Studies*, 27(3), 276-305. *Journal of Korea Association for learner-centered Curriculum and Instruction* 14(10), 375-402.
- [20] Noh, H.J., & Paik, S.H.(2014). STEAM experienced teachers' perception of STEAM in secondary education.
- [21] Lee, H.N., Jeong, K.S., & Paik, S.H.(2021). The Development of Instructional Model for Convergence Education based on Teachers' Practices. *Journal of Curriculum Integration*, 15(3), 49-72.
- [22] Russell, S., Norvig, P.(2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson, NJ.
- [23] Mitchell, R., Michalski, J., Carbonell, T.(2013). *An Artificial Intelligence Approach*. Springer, Berlin.
- [24] Mohri, M., Rostamizadeh, A., Talwalkar, A.(2018). *Foundations of Machine Learning*. MIT Press.
- [25] Orange Data Mining. (2021.10.04.). Retrieved from: <https://orangedatamining.com/>
- [26] Teachabel Machine. (2021.10.04.). Retrieved from: <https://teachablemachine.withgoogle.com/>
- [27] Quick, Draw. (2021.10.04.). Retrieved from: <https://quickdraw.withgoogle.com/>
- [28] AutoDraw. (2021.10.04.). Retrieved from: <https://quickdraw.withgoogle.com/>
- [29] Entry. (2021.10.04.). Retrieved from: <https://play-entry.org/>
- [30] Machine Learning for Kids. (2021.10.04.). Retrieved from: <https://machinelearningforkids.co.uk/>
- [31] MIT App Inventor. (2021.10.04.). Retrieved from: <https://appinventor.mit.edu/>
- [32] Project Jupyter. (2021.10.04.). Retrieved from: <https://jupyter.org/>
- [33] Colaboratory. (2021.10.04.). Retrieved from: <https://colab.research.google.com/>
- [34] Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O.(2005). The systematic design of instruction.
- [35] Lee, J.H.(2008). *Practical educational methods and educational technology for preservice teachers*. Seohyunsa, Seoul.
- [36] Lim, C.I.(2000). *Instructional design theory: Second Edition*. Kyoyookbook, Pajoo.
- [37] Paik, S.H.(2017). *Understand of STEAM education*. Emotionbooks, Seoul.
- [38] Shin, W.S.(2020). Exploring the Possibility of AI Convergence Science Education in Motion and Energy. *Journal of The Korea Society of Energy and Climate Change Education*, 10(1), 73-86.
- [39] Seong. T.J.(2019). *Understanding and Application of Modern Basic Statistics*. Hakjisa, Pajoo.
- [40] Avogadro. (2021.10.04.). Retrieved from: <http://avogadro.cc/>

저자소개



이 소 율

2007 춘천교육대학교 초등교육과
(학사)

2017 한국교원대학교 대학원 초등
컴퓨터교육전공(석사)

2020 한국교원대학교 대학원 초등
컴퓨터교육전공(박사)

2010~2020 강원도교육청 교사

2020~현재 한국교원대학교
Post-Doc.

관심분야: 융합교육, 교사교육, 정
보·SW·AI 교육

e-mail: soyulyi@knue.ac.kr



이 영 준

1988 고려대학교 전산학과
(이학사)

1994 미국 미네소타대학교 전산학
(Ph.D.)

2003~현재 한국교원대학교 컴퓨
터교육과 교수

관심분야: 정보통신교육, 지능형
시스템, 학습과학, 인공지능
교육, 융합교육

e-mail: yjlee@knue.ac.kr