



# 중학교 수학 기반 AI융합교육 프로그램의 개발과 적용\*

## Development and Application of AI Convergence Education Program Focus on Mathematics in Middle School

김진희<sup>†</sup> · 김동심<sup>††</sup>

Jinhee Kim<sup>†</sup> · Dongsim Kim<sup>††</sup>

### 요약

본 연구는 AI융합교육을 중학교 수학에서 생태환경교육을 주제로 적용하여, 개발하고, 그 효과를 검증하여 미래 교육 기반 확대와 지속 가능한 발전 교육 초석 마련을 목표로 한다. 이에 ADDIE 모델을 기반으로 한 래피드 프로토타입 설계를 적용하여, 수학교과 기반의 AI 융합교육 프로그램 8차시를 개발하였다. 경기도 A중학교 학생 98명을 대상으로 적용했으며, 프로그램 효과분석을 위해 사전-사후 검사를 시행하였다. 첫째, 양적인 변화를 측정하기 위해 수학 정의적 영역, 컴퓨팅 사고력, 환경 태도, AI 역량 및 관심에 대해 확인하였다. 그 결과, 수학의 자신감을 제외한 모든 성과에서 긍정적 효과를 확인하였다. 둘째, 질적인 변화를 확인하기 위해 워드클라우드와 토픽모델링을 실시하였다. 워드클라우드를 확인한 결과, 인공지능, 수학, 환경, 프로젝트, 활동 등의 키워드는 프로그램이 환경을 소재로 한 수학 교과에서의 AI융합교육임을 반영하며, 학생들이 프로그램 내용을 잘 이해했음을 보여준다. 토픽모델링을 통해 발견한 3가지 토픽의 주제들은 학생들이 본 교육에 대해 가치 있고, 흥미롭고, 유용하게 인식하고 있음을 확인할 수 있었다. 이상 결과를 통해 수학 교과에서의 AI융합교육의 확산을 위한 교수 학습 방법의 변화, 수학교육 가치 및 일상 활용도 적용, 포괄적 AI 역량 및 관심 측정 도구 개발 등이 필요하다는 시사점을 제시하였다.

주제어 AI융합교육, 수학, AI 역량, 수학 흥미, 환경 인식

### ABSTRACT

This study aims to develop and verify the effectiveness of AI convergence education on the topic of ecological and environmental education in middle school mathematics, in order to expand the future educational base and lay the foundation for sustainable development education. Therefore, a rapid prototyping design based on the ADDIE model was used to develop the eighth round of AI convergence education programme based on mathematics. It was applied to 98 students at A Middle School in Gyeonggi-do. To analyse the effectiveness of the programme, pre- and post-tests were conducted. First, to measure the quantitative changes, we checked the affective characteristics of mathematics, computational thinking, attitude towards the environment, AI competence, and interest in AI. The results showed positive effects on all outcomes except confidence in mathematics. Secondly, we conducted word cloud and topic modelling to identify qualitative changes. According to the word cloud, keywords such as AI, mathematics, environment, project, and activity reflect that the programme is an AI convergence education in mathematics based on the environment, which shows that students understood the programme content well. The themes of the three topics found through topic modelling confirm that students perceived the programme as valuable, interesting and useful. The above results suggest that changes in teaching and learning methods, application of mathematics education values and daily use, and development of comprehensive AI competence and interest measurement tools are needed to disseminate AI convergence education in mathematics.

**Keywords** AI convergence education, mathematics, AI competence, mathematics interest, attitude toward the environment

†정회원 교사, 한신대학교 교육대학원 AI융합교육 전공 석사 졸업  
 ††정회원 한신대학교 교육대학원 부교수(교신저자)  
 논문투고 2024년 06월 11일  
 심사완료 2024년 07월 30일  
 게재확정 2024년 07월 31일  
 발행일자 2024년 08월 30일

\* 이 논문은 제1저자 김진희의 석사학위논문 일부 수정·보완하였음.

## 1. 서론

AI를 비롯한 과학기술의 빠른 발전은 사회 전반의 변화를 몰고 오고 있으며, 특히 교육 분야에서는 COVID-19와 함께 2020년대 변화의 한 축을 이루고 있다. COVID-19에 의해 교육 분야의 기술 적용의 발판이 마련되었으며, AI 기술의 확장에 따른 미래 교육으로 논의하던 개별화, 맞춤형 학습이 실현되고 있다. 이러한 교육환경의 변화와 함께 실질적 교육 방법의 변화로 등장한 것이 AI융합교육이다.

AI융합교육은 “AI에 대한 교육”과 “AI를 활용한 (교과)교육이 통합된 교육”으로, 즉, AI가 교육의 내용이자 방법으로, 교과교육과의 연계를 통해 이루어지고 있음을 강조하고 있다[1, 2]. 특히 2020년부터 교육대학원의 AI 융합 전공 개설을 통한 교사 재교육이 시작되면서 교육 현장 AI융합교육의 실천이 확산되고 있다. 초기 AI융합교육에 관한 연구들은 AI 교육의 개념과 활용을 중심으로 한 교육으로[3], ‘AI에 대한 교육’에 대해 초점이 맞추어져 있다. 이 외에도 일부 국어, 사회, 수학, 과학 등의 교과를 기반으로 여러 과목, 주제 등이 융합된 실증적 연구들이 이제 나타나고 있는 실정이다[4-8].

특히 수학 교과는 인공지능의 원리와 개념 이해를 비롯하여, 인공지능의 능동적 사고와 알고리즘을 이해할 수 있는 역량을 갖추도록 한다[9]. 특히 2022 개정 교육과정에서 ‘인공지능 수학’ 교과목의 개설은 수학 교과에서의 인공지능의 중요성을 보여준다. 즉, 인공지능과 관련된 수학교육에 대한 필요성이 강화되고 있으나, 아직 AI융합교육이 모든 교과에서 보편적으로 적용되어 운영되고 있지 않은 것처럼, 수학 교과에서도 다양하게 적용되고 있지 않다. AI가 일반적으로 여러 학문이나 기술, 서비스 등과 융합하여 활용되는 만큼 AI 교육도 AI를 이해하거나 활용하여 다양한 문제를 창의적으로 해결하고 적용할 수 있도록 AI융합교육이 실시되어야 한다[17].

이러한 교육의 변화는 교사로부터 가능하다. 보수적인 교육 환경과 교사 문화 속에서 테크놀로지 도입과 같은 새롭게 변화된 교육 방법이 적용되기 위해서는 실증적 교육효과 검증 등을 통해서 학생들의 긍정적인 변화를 확인하였을 때, 가능하다[10-12]. 따라서 AI융합교육의 확산을 위해서는 더욱 다양한 교육 적용의 사례들이 발굴되어야 한다.

수학에서 AI융합교육의 적용은 에듀테크(edu tech) 관련 도구들을 수업 시간에 활용한 교사 인식이나[12], 학생의 변화[8]를 확인하고 있다. 예를 들어 지능형 튜터링 시스템(Intelligent tutoring system, ITS)의 활용에 관한 구체적 사례를 분석하고 있다[8]. 실제 교과 간의 융합보다는 AI 기술 활용과 관련된 사례들이다. 그러나 AI를 활용하여 교과 간의 통합된 교육이 제공되기 위해서는 이제는 교과 간의 융합이 필요하다.

융합 교육은 창의성과 인성을 갖춘 미래 인재 육성을 위하여 융합 인재교육(Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics, STEAM)이 2011년에 추진되면서, 관련 교과들을 중심으로 추진되었다[13]. STEAM은 학생들의 교육 흥미를 유발하기 위해 주제 중심 또는 활동 중심 교육 방식을 활용하여 현실 세계 문제해결을 위한 탐구 중심 프

로그래밍의 다양한 융합 교육의 실증적 사례들을 개발하였다[13, 14]. 그러나 수학 교과는 이론을 중심으로 하여, 실생활 문제를 다루는 활동과 직접 체험하는 교육이 부족하여 융합 교육이 활발하게 이루어지지 못하였다[15].

또한 소수의 수학 교과 기반 융합 교육도 영재 학생을 대상으로 한 논문이 많았으며, 수학교육은 주로 초등학생을 대상으로 한 연구가 대부분이다[15, 16]. 특히, 기존 연구들이 정규 교과 시간 외에 창의적 체험 활동 시간이나 교사가 교육과정의 차이를 재구성하여 수업을 진행하는 경우가 대부분인 것을 고려할 때[15], 지필평가에 따른 진도에 대한 부담 등이 그 원인이라 볼 수 있다.

그러나 AI융합교육은 수학 교과에서 지식적 측면을 강조할 수 있을 뿐만 아니라, 실생활 문제해결을 위한 주제 탐구가 용이해지면서 수학 교과를 통한 다양한 교과목 간의 융합 교육이 가능해졌다. 따라서 본 연구에서는 ‘기후 위기’라는 주제로 수학 교과에서의 AI융합교육을 적용해 보고자 한다. 이를 통해 중학교 학습자들의 수학 정의적 특성과 함께 컴퓨터 사고력, 환경에 대한 태도가 구체적으로 어떻게 변화하는지, 또한 새로운 수업방식에 대한 인식이 어떠한지 확인하고자 한다.

이러한 실증 연구를 통해 AI융합교육이 교과 간의 통합을 통해 학습의 효과를 어떻게 극대화할 수 있는지 구체적으로 살펴볼 수 있을 것이다. 또한, 이 연구는 교사들에게 AI융합 교육이 미래 교육에서 어떠한 역할을 할 수 있는지에 대한 인식을 전환하는 계기를 제공하며, 더 많은 교사가 이러한 교육 방식을 활용할 수 있도록 시사점을 제시할 수 있을 것이다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 수학 교과에서의 AI융합교육

코로나19 팬데믹과 AI 기술 발전은 교육 현장에 혁신을 가져왔다. 교육부는 에듀테크 진흥 방안을 통해 학생 맞춤형 교육과 디지털-AI 기반 교육 환경 구축을 추진하고 있다[43]. 2022년 개정 교육과정은 디지털 기본 능력 강화를 강조하며 AI 교육의 중요성을 더욱 부각한다[25].

AI 융합 교육은 “AI에 대한 교육”과 “AI를 활용한 (교과)교육”이 통합된 교육이다[1]. 미래 사회에서 AI는 중요한 역할을 차지할 것이며, 학생들은 AI에 대한 기본 지식, 역량, 적응 능력을 갖추고 다양한 문제를 창의적으로 해결하고 적용할 수 있는 능력을 키워야 한다[44].

그러나 학교 교육에서 AI 교육은 정보 교과 시간 부족으로 어려움을 겪고 있다[1]. 따라서 일반 교과에서도 AI 교육을 해야 하며, 이는 다양한 교과 수업에서 AI 활용 수업 적용에 주안점을 둔 우리나라 교육과정의 방향과 일치한다.

수학은 AI의 기초가 되는 학문으로, AI의 원리와 알고리즘을 이해, 설계, 분석, 평가하는 데 중요한 역할을 한다. 또한 수학은 AI의 적용 대상이 되는 학문으로, AI를 활용하여 수학의 다양한 주제와 문제를 탐구하고 해결할 수 있

다[17]. 수학과 AI의 융합은 수학의 본질과 가치를 재조명하고, 수학의 학습과 가르침을 혁신하고, 수학의 활용과 확산을 촉진하는 데 기여한다.

1996년부터 2020년까지 수학 교과에서의 AI융합교육 관련 논문 43개를 분석한 결과, 수학 교과에서의 AI 기술의 사용이 학생들의 학습성과와 고차원적 사고를 촉진하고, 학습자들에게 개별적 피드백을 제공하는 데 도움을 주고 있음을 확인하였다[23]. 이 논문에서 살펴본 연구들은 주로 지능형 튜터링 시스템(Intelligent Tutoring System, ITS)을 다루고 있다는 제한점이 있다. 이와 함께 수학 교과에서 융합 교육에 대한 접근이 시기상조라고 주장하는 의견도 있었다[18].

그러나 최근에는 초중등학교 수학 교과목 및 AI 기반 학습에 필요한 수학의 특성을 탐색하며 수학교육의 변화를 적극적으로 요구하는 의견이 제시되고 있다[8, 17, 19]. 이러한 배경에서, 최근에는 수학을 융합 교육을 위한 대표 과목으로 다루고자 하는 노력이 증가하고 있으며, 관련 연구들도 다음과 같이 진행되고 있다.

먼저, 수학 교과에서 AI와 관련된 교육이 어떻게 이루어질 수 있는지 살펴보는 연구들이 진행되고 있다. 구체적으로 수학 교과에서 AI의 기계학습을 다룰 수 있는 수학 내용을 제안하거나[8, 19], 수학교육에서 계산 및 AI 튜터링에 적용하기 위한 AI 도구를 분석[20], Chat GPT를 사용한 수학교육의 통합[21] 등을 논의하였다. 이러한 연구는 수학교육에서 인공지능을 활용한 학습과 인공지능에 대한 학습이 가능하다는 것을 확인시켜준다[22].

또한 교사 재교육 과정의 교육대학원에서의 AI 융합 전공이 개설된 이후, 수학 교과를 기반으로 한 AI융합교육에 관한 실증적 연구들이 확인되고 있다. 고등학생을 대상으로 3차시의 수업을 통해 인공지능 이해, 프롬프트 엔지니어링 실습, Chat GPT를 활용한 챗봇 개발을 진행하였다[24]. 그 결과, 인공지능 리터러시와 수학적 문제해결력이 유의하게 상승하였다. 또한 수학에서 직선의 방정식을 기반으로 인공지능의 내용을 융합하여 7차시의 수업을 특성화 고등학교 학생에게 제시한 결과, AI 가치, AI 효능감, 수학 가치에 대한 인식이 긍정적으로 변화하였다[9]. 이와 같이 수학에서의 AI융합교육에 관한 실증적 연구는 AI의 개념과 수학의 개념을 융합하여 제시하고 있다. 따라서 본 연구는 이와 함께 보다 다양한 교과의 융합적 접근을 통해 현실의 문제를 해결할 기회를 제시하고자 한다.

### 2.2 수학 교과에서의 환경 교육

2022년 개정 교육과정은 디지털화가 진행되는 사회의 변화, 전염병의 확산, 기후 변화와 같은 다양한 위기 상황에 대처하고 이를 극복할 수 있는 능력을 학생들에게 길러주기 위한 교육 체제의 변화를 목표로 하였다[25]. 이에 모든 교과에서 지속 가능한 발전을 위한 과제에 대응하는 능력과 공동체적 가치를 심어주기 위한 생태 전환교육의 적

용을 권장하고, 학생들이 자기 삶과 연결된 심도 있는 학습을 할 수 있는 교과 교육과정의 개발 방향을 제시하고 있다. 또한, 비판적 사고를 촉진하고 탐구 기반의 교수 학습 방법과 평가 방식을 개선하는 것을 강조하고 있다.

그러나 수학 교과에서는 그간 다른 교과와의 융합 수업 사례는 많으나, 환경 교과와의 융합 수업 모형 사례는 드물다. 수학 교과와 환경 교육의 융합은 주로 내용 통합형으로 이루어지며, 이는 대체로 환경 관련 소재를 수학 문제에 삽입하는 형태로 나타난다[26]. 특히 환경 실천과 참여를 주제로 한 깊이 있는 융합 교육은 드물어, 학생들의 융합적 사고력 발달을 위한 교수 학습 방법의 개선이 필요하다고 지적한다. 더 나아가 비판적 수학교육(critical mathematics education) 차원에서 기후 변화와 같은 주제를 연구하기 위한 수학의 사용뿐만 아니라 기후 변화를 주도하는 사회에서의 수학의 역할도 제시할 수 있다고 강조한다[27, 28]. 수학은 기후 변화, 종 손실, 만연한 오염, 생태계 파괴 같은 포스트 노멀 상황(post-normal situations)을 이해하고, 설명하고, 상황이 어떻게 진행될지 예측하고, 이에 대해 의사소통하는 데 필수적인 요소로 적극적으로 수학교육의 변화가 이루어져야 할 것이다[28].

## 3. 연구 방법

### 3.1 연구 설계

본 연구는 중학생을 대상으로 수학 교과 기반의 AI 융합 교육 프로그램을 개발하여 학생들의 수학 교과에 대한 정의적 영역과 환경에 대한 태도, AI 역량과 관심, 컴퓨팅 사고력을 향상시키는데 목적이 있다. 이를 위해 체제적 교수설계모형 중 대표적인 ADDIE 모형을 기반으로 한 래피드 프로토타입(Rapid Prototyping to Instructional Systems Design, RPISD) 기반 교수설계모형을 적용하였다[29, 30](참고 Figure 1).

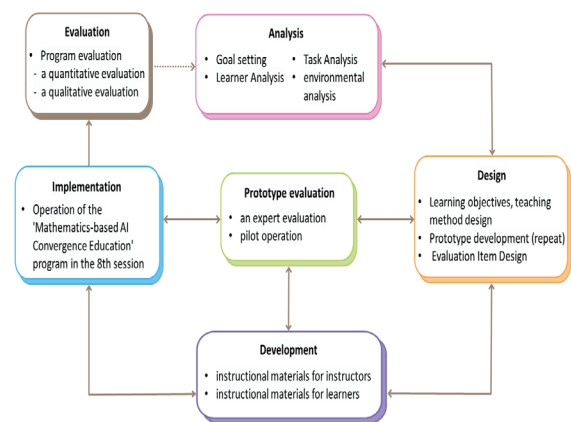








Figure 1. Program Development Process

분석은 학습자분석, 환경분석 등을 시행하였으며, 특히 학습자들에게 AI 활용을 위해 스크래치, 엔트리, 오픈지 3.0 세 가지 플랫폼을 후보로 선정하고, 친숙성, 난이도, 과제 적합성, 비용, 접근성을 기준으로 비교 분석하였다(<Table 1> 참조). 설계는 교육목표, 학습자들의 활동, 평가계획 등을 다루었다. 프로그램의 주요 과제인 산점도 그래프 그리기, 인공지능 예측 모델 만들기, 탄소중립 실천 방법, 인공지능 프로그램 개발 등의 활동을 설계하였다. 이는 수학, 정보, 환경, 도덕 교과의 성취기준[31] 및 평가 요소를 반영하여 설정하였다.

Table 1. Analysis of educational programming platform for AI prediction model

Kind	Scratch 	Entry 	Orange 3.0 
familiarity	 Middle	 High	 Low
Difficulty	High	Middle	Low
Task suitability	Insufficient	Adequate	Adequate
Cost	Free	Free	Free
Accessibility	Web-based	Web-based	Download

개발 과정에서 실제 교육자료를 만들었으며, 예비 실험인 프로토타입 평가를 7월에 실시한 결과, 학생들의 디지털 리터러시 수준이 학습자분석 결과보다 낮아 실습에 예상보다 많은 시간이 소요됨을 확인하였다. 예비 실험 결과와 전문가 검토 내용을 반영하여 PBL 교수 학습 자료를 보완하고 모듈별 탄소중립 실천을 돕는 인공지능 프로그래밍 개발에서 알고리즘 개발로 수정하였다. 또한, 실습 시간과 PBL 활동 차시를 늘려 프로그램의 차시를 6차시에서 8차시로 확대하고, 프로그래밍 플랫폼을 엔트리에서 오픈지 3.0으로 변경하였다. 이를 통해 학습자 맞춤형의 효율적이고 효과적인 8차시 프로그램을 최종적으로 확정하였다(<Table 2> 참조).

차시별 구체적 내용과 실험 과정에서 학생들의 경험은 다음과 같다.

1차시에서는 지구 환경 변화를 상관관계 그래프를 통해 분석하는 활동을 진행하였다. 학생들은 기후 위기의 원인 물질과 도시 평균 기온의 관계를 산점도 그래프와 상관관계 분석을 통해 살펴보았다.

2차시에서는 AI 예측 모델을 활용하여 기후 변화의 미래 전망을 살펴보고, 환경 위기 상황을 인식하는 활동을 진행하였다. 학생들은 AI 모델로 미래 도시의 평균 기온을 예측하고, 이를 통해 지구 온난화의 심각성을 직접 경험하며 환경 보호에 대한 책임감을 느꼈다.

3차시에서는 기후 변화의 영향과 피해, 갈등을 탐색하고, 우리의 탄소발자국을 계산하며 지속 가능한 사회를 위한 책임감을 함양하는 활동을 진행하였다. 학생들은 미래

도시의 침수 위험, 인권 침해 등 기후 변화의 심각성을 직접 체험하고, 탄소발자국 계산을 통해 일상생활에서의 환경 보호 실천에 대한 의식을 가질 수 있도록 하였다.

4차시에서는 인공지능의 개념과 특성을 이해하고, 교육용 AI 플랫폼을 활용하여 직접 AI 시스템을 구성하는 실습 활동을 진행하였다.

5~8차시는 문제 기반 학습(Problem Based Learning, PBL)방식으로 진행되었으며, 학생들은 화성시 대표적인 AI 기업 HW의 개발자가 되어 탄소중립 실천을 돕는 AI 프로그램을 협력 개발하고 발표하였다. 구체적으로 5차시에서는 PBL 수업을 소개하고, 모듈 명 정하기, 캠페인 이름, 설계안, 강점, 예산 계획 수립 등의 활동을 진행하였다. 특히, 탄소중립 실천을 돕는 AI 프로그램 개발이지만 수학 교과 기반의 융합 프로젝트라는 본래의 목적을 유지하기 위해 현실적인 예산 계획을 세우도록 하였다. 학생들은 실제 행정 시스템을 참고하여 예산을 세우고, 다음 수업까지 개별활동을 진행하였다.

6차시에서 학생들은 ‘지속 가능한 미래를 위한 HW 기업의 탄소중립 AI 프로그램 개발 1차 제안서’를 작성하였다(참고 Figure 2). 1차 제안서에는 프로그램의 특별함, AI 요소, 계산식, 예산 1억 사용 계획 등이 포함되었다. 특히, 보상안 계산식을 작성하고 지난 시간에 실습한 AI 기능을 적용하여 수학의 실생활 활용과 AI 요소의 적용 경험을 제공하였다. 또한, 모듈별 발표를 통해 한계점을 파악하고 보완점을 마련하도록 하였다.

7차시에서는 학생들이 제안하는 탄소중립 AI 프로그램의 알고리즘 순서도와 발표회용 포스터를 작성하였다(참고 Figure 3). 알고리즘 순서도 작성은 과거 정보 시간에 학습했던 내용을 활용하여 진행되었으며, 관련 학습 영상과 퀴즈를 통해 학생들은 내용을 상기하고 실습하였다. 또한, 중학교 3년간 학습한 역량을 발휘하여 ‘탄소중립 AI 프로그램 개발’이라는 목표를 달성하도록 독려하였다.

Table 2. Designing AI convergence education based on mathematics

Lesson	Teaching and Learning Method	Content
1-2	AI.SW	Create a scatter plot and analyze the correlation between greenhouse gas emissions and average temperature based on actual statistical data. Develop an artificial intelligence model to predict future average temperatures in South Korea.
3	Computer Utilization	Explore the impact of environmental changes and climate crises on human rights when global temperatures rise. Calculate our team members' carbon footprints. Investigate and present carbon-neutral practices for each team.
4	AI.SW	Understand the principles of artificial intelligence (using Teachable Machine)

Lesson	Teaching and Learning Method	Content
5	PBL	Introduce PBL, define problems, and establish team plans. Engage in individual learning.
6-7		Complete the first draft of the group's program development plan. Share ideas within the group. Develop an artificial intelligence algorithm to promote carbon neutrality for each team.
8		Present and evaluate the projects.

(색상을 보는 힘을 길러주는 가치있는 수학 - 융합교육 프로그램 6차시)

지속 가능한 미래를 위한 HW기업의 탄소 중립 AI 프로그램 개발 1차 제안서

3학년 \_\_\_\_\_ 반  
모듬명 : C.N.C (카본 뉴트리얼 컴퓨팅)  
모듬원 : 김민준, 김민서, 김민우, 김민하, 김민지

발제인 제목	MUMS (more use more save.)
우리 모듬이 제안하는 탄소 중립 AI 프로그램 소개	예 : 이더지 인식으로 불필요하게 사용자를 감지한 가구에 조명을 켜줄때는 프로그램, 대량 쓰레기 투기를 누락 직감하여 가장 적게 배출한 가구에게 세금 할인을 제공하는 프로그램 등) 각각별 소비재의 에너지를 절약하여 소비재의 재활용도 전바를 줄여주는 프로그램
우리 모듬이 제안하는 탄소 중립 AI 프로그램이 갖는 특별함	(이더지 프로그램의 차별화하는 점) MUMS 시스템, 인공지능, 가상현실, 증강현실, 사물인터넷 등이 있다. 기존 시스템이나 자료를 너무 많아 "AI" 프로그램이 이 시스템을 최상의 해결책으로 채택될 수 있다.
탄소 중립 AI 프로그램에 사용된 AI 요소	(이더지 인식, 음성 인식 및 출력, 자세 인식, 얼굴 감지, 장애물 감지, 자연어 처리, 수학 문제 해결, 예측, 추천 등) 사용자 인터페이스 (GUI)의 인체 공학 디자인을 사용하여 효율성 - 데이터에서 수렴
탄소 중립 AI 프로그램에 입력할 계산식	(탄소배출량 계산) 예 : (전력소모량) × (이더지포인트) = (스마트가계) × 0.000 등 (동일한 전력 소모량에 대한 사용량) = (회전율) %
예산 1억 사용안 계산식	(회전율) × (회전율) = (회전율) × (회전율) 예 : 2회 = 500명 × 100000 = 1억 회전율 × 1만 (회전) × 10000원 = 1억
예상되는 한계점과 보완할 방법은?	동작이 느리거나 정확도가 떨어질 수 있다. 보완할 방법은... 예상치 못함 ~

Figure 2. Learners' activity sheet about lesson 6

8차시에서는 탄소중립 AI 프로그램 발표회와 우수 프로그램 선정 및 시상, 그리고 자기·동료 평가가 진행되었다. 발표를 통해 지속 가능한 미래를 위한 기후 위기 대응 방향, 문제해결의 적합성, 피드백 및 보상 방법의 정확성, 계산식의 정확성 등을 평가하였다. 마지막으로 학생들은 자기·동료 평가를 통해 협업 능력을 평가하고 성찰하는 시간을 가졌다.

Figure 3. Learners' activity sheet about lesson 7

### 3.2 연구 대상

본 연구는 수업 적용 단원이 중학교 3학년 V. 통계 대단원에서 2. 상관관계 중단원인 만큼 이 내용을 학습한 중학교 3학년을 대상으로 하였다. 화성시에 있는 A 중학교 5개 학급의 중학교 3학년을 연구 대상으로 선정하였다. A 중학교는 정보 교사의 부족으로 중학교 3년간 필수 이수 시간인 34시간만 이수하였으며, 학생 대부분이 프로그래밍 실습 경험이 부족한 상황이다. 또한, AI 교육이 교과나 창의적 체험활동, 자유학년제 프로그램에서 운영되지 않아 대부분 학생이 AI 관련 지식이 부족하다.

2학기 말 진행한 8차시의 중학교 수학 교과 기반의 AI 융합교육 프로그램은 5개 학급에서 진행되었다. 교육에 모두 참여한 대상자 중 사전, 사후 설문조사에 참여한 98명의 학생을 연구 대상으로 선정하였다. 이들은 남학생 56명 57.1%, 여학생 42명 42.9%로 구성되어 있다.

### 3.3 분석 도구

본 연구는 수학 교과에서의 AI 융합 교육의 효과를 살펴보고자 학생들의 사전-사후 검사를 하였다. 사전, 사후 검사를 통해 교육의 효과를 확인하기 위해 수학 교과에 대한 정의적 특성, 컴퓨팅 사고력, 환경에 대한 태도, AI에 대한 역량과 관심을 측정하였다. 사후 검사는 사전검사 문항에 참여 소감을 적는 문항을 추가하였다.

먼저, 수학 교과에 대한 정의적 영역 검사 도구는 2021년 국가수준 학업성취도 평가 수학과 정의적 영역 설문 문항에서 수학에 대한 자신감, 가치, 흥미 영역의 14문항을 발췌하여 사용하였다[32]. 수학에 대한 정의적 영역 검사 도구의 신뢰도 Cronbach's  $\alpha$ 는 0.954이며, 자신감, 가치, 흥미 영역별 측정 도구의 신뢰도는 각각 .963, .908, .962이다.

컴퓨팅 사고력은 컴퓨팅 사고력 측정 도구(Computational Thinking Scales, CTS)를 사용하였다[33]. 이 컴퓨팅 사고력 도구는 창의성(Creativity) 8문항, 알고리즘적 사고(Algorithmic thinking) 6문항, 협력(Collaboration) 4문항, 비판적 사고(Critical thinking) 5문항, 문제해결력(Problem solving) 6문항의 5가지 영역으로 구분되며, 원 도구에서는 총 29문항이다. 전문가와 검토하여 번역 과정에서 의미가 중복되어 해석되는 문항과 중학교 수준에서 이해하기 어려운 수준의 문항은 삭제하여, 총 21개 문항의 컴퓨팅 사고력 도구를 사용하였다. 개발한 컴퓨팅 사고력 측정 도구는 원도구 신뢰도 Cronbach's  $\alpha$ 는 .82며, 하위영역별로는 창의성 .84, 알고리즘적 사고 .87, 협력 .87, 비판적 사고력 .78, 문제해결력 .73이다. 본 도구의 신뢰도는 .946이다. 영역별 도구의 신뢰도 Cronbach's  $\alpha$ 는 .873, .863, .891, .838, .863이다.

환경에 대한 태도 측정 문항은 Manoli 외[34]와 김종민 [35]의 도구를 우리나라의 특성과 중학생 수준에 맞게 수정하여 총 8개 문항으로 개발하였다. 8개 문항의 환경에 대한 태도 측정 도구의 신뢰도 Cronbach's  $\alpha$ 는 .878이다.

AI융합교육 프로그램의 지속 의향 도구는 Taylor와 Todd의 지속 의향[36]을 AI 융합 교육맥락으로 수정하여

3개 문항을 사용하였다. AI융합교육 프로그램의 지속 의향 측정 도구의 신뢰도 Cronbach's  $\alpha$ 는 0.909이다.

마지막으로 대상자의 AI에 대한 역량과 관심 수준 검사 도구는 각 1문항으로 5단계 리커트(Likert) 척도 문항으로 질문하였다.

### 3.4 분석 방법

중학교 수학 교과 기반의 AI융합교육 프로그램의 인식과 효과성을 확인하고자 사전-사후 검사를 시행하고, 정량적 자료 분석과 정성적 자료 분석을 수행하였다. 정량적 자료 분석은 우선 평균과 표준편차를 산출하여 연구 변인의 수준을 파악하고, SPSS를 이용하여 독립표본 t검정(Independent sample t-test)을 실시하였다. 유의수준은 .05수준으로 통계적 유의성 여부를 판단하였다.

정성적 자료 분석은 사후 검사에 작성한 학생들의 프로그램 참여 소감문을 R과 R Studio를 사용하여 워드 클라우드(word cloud)와 토픽 모델링(Topic Modeling) 기법을 적용한 텍스트 마이닝(text mining) 기법으로 분석하였다. 본 연구에서는 자연어 처리를 위해 학습자들의 소감문을 한글 텍스트 마이닝과 자연어 처리를 위해 사용되는 NLP4kcc와 KoNLP의 두 가지 패키지를 활용해 토큰화(tokenization) 작업을 거쳐 형태소를 추출하였다. 특히, 텍스트 데이터를 효과적으로 처리하기 위해 AI를 인공지능으로 변환하여 분석하였다. TF, TF-IDF와 LDA 기반 토픽 모델링 분석을 위해, DTM의 전처리를 마친 후, tm 패키지를 이용하여 TF와 TF-IDF 값을 산출하고 주요 주제어를 분석하였다. 이어서 topicmodels 패키지를 사용하여 LDA 기반 토픽모델링을 진행하였으며, 분석 결과는 R 프로그램의 gplot2 패키지를 통해 시각적으로 표현하였다.

## 4. 연구 결과

### 4.1 수업의 효과 : 정량적 분석을 중심으로

수학 교과 기반의 AI 융합 수업의 효과를 확인하기 위해 수학의 정의적 특성과 환경에 대한 태도, 컴퓨팅 사고력, AI 역량과 관심에 대한 사전-사후 점수를 비교하였다. 그 결과는 다음 <Table 3>과 같다.

첫째, 수학에 대한 정의적 특성 영역에서 자신감에 대한 사전-사후 점수는 사후 점수가 사전보다 높았으나, 그 차이가 유의하지 않았다( $p > .05$ ). 가치와 흥미에 대한 사전-사후 점수는 사후 점수가 사전보다 높고 그 차이가 유의한 것으로 나타나( $p < .05$ ), 수학 교과 기반의 AI 융합 수업이 수학적 가치와 흥미에 대한 긍정적인 효과를 가지는 것을 확인하였다.

둘째, 컴퓨팅 사고의 다섯 가지 요소인 창의성, 알고리즘적 사고, 협력, 비판적 사고력, 문제해결에 대한 사전-사후 점수 분석 결과, 사후 점수가 사전 점수보다 높고, 그 차이가 유의한 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 이는 수학 교과 기반의 AI 융합 수업이 컴퓨팅 사고력의 창의성, 알고리즘적

사고, 협력, 비판적 사고, 문제해결에 긍정적인 효과를 미쳤음을 보여준다.

셋째, 환경에 대한 태도 영역의 사전-사후 점수는 사후 점수가 사전 점수보다 높고 그 차이가 유의한 것으로 나타나( $p < .05$ ), 수학 교과 기반의 AI 융합 수업이 환경에 대한 태도 변화를 가져옴을 확인하였다.

넷째, 대상자의 AI 역량과 AI 관심에 대한 사전-사후 점수 분석 결과, 사후 점수가 사전 점수보다 높고 그 차이가 유의한 것으로 나타나( $p < .05$ ), 수학 교과 기반의 AI 융합 수업이 대상자의 AI 역량과 AI 관심에 대한 효과를 낳는 것을 확인하였다.

Table 3. Effects of AI convergence education based on mathematics

Category		M	SD	t	
Affective characteristics of mathematics	Confidence	pre	2.67	1.12	1.93
		post	2.90	1.23	
	Value	pre	3.17	1.07	5.94*
		post	3.52	.98	
	Interest	pre	2.55	1.21	4.15*
		post	2.91	1.29	
Computing thinking skills	Creativity	pre	3.14	.94	8.61*
		post	3.51	.86	
	Algorithmic thinking	pre	2.72	.93	11.34*
		post	3.18	.99	
	Collaboration	pre	3.19	1.07	7.36*
		post	3.58	.91	
	Critical thinking	pre	2.84	1.01	7.09*
		post	3.21	.94	
	Problem-solving	pre	2.90	.98	6.40*
		post	3.25	.99	
Attitude toward the environment	pre	3.70	.83	9.62*	
	post	3.70	.67		
AI competence	pre	4.03	1.09	13.06*	
	post	2.65	.96		
Interest in AI	pre	3.18	1.18	21.55*	
	post	2.57	1.09		

\* $p < .05$

### 4.2 수업의 효과 : 정성적 분석을 중심으로

수학 교과 기반 AI융합교육에 대한 학습자들의 정성적 인식을 분석하기 위해, 교육이 최종적으로 종료된 이후의 소감을 분석하였다. 소감문의 출현 빈도가 높은 키워드를 워드 클라우드 기법으로 텍스트마이닝 한 결과는 [Figure 4]와 같다.



Figure 4. Word cloud: Experiences of participating in the AI Convergence Education based on mathematics

98개의 소감문에 대한 워드 클라우드 분석 결과, 인공지능, 재미, 수학, 환경, 프로젝트, 시간, 흥미, 신기, 활동, 유익 등의 주요어(key word)들이 자주 언급되었다. 인공지능, 수학, 환경, 프로젝트, 활동 등의 키워드는 프로그램이 환경을 소재로 한 수학 교과에서의 AI융합교육임을 반영하며, 학생들이 프로그램 내용을 잘 이해했음을 보여준다. 흥미, 신기, 유익, 시간 등의 키워드는 학생들이 본 프로그램 참여 경험에 대해 긍정적이었음을 해석할 수 있다.

또한 이를 구체적으로 확인하기 위해, LDA기반 토픽 모델링을 실시하였다. 최적 토픽 수를 산출하기 위하여 Griffiths2004, CaoJuan2009, Arun2010, Deveaud2014의 4개 모형 적합도 지수를 계산한 결과, 최적의 토픽 수 k가 5임을 확인하였으나, 토픽의 내용 중 중복된 내용이 많아, 전문가 협의를 통해 k=3으로 최종 선정하였다. 최적 토픽 수 k=3을 기준으로 LDA 기반 토픽 모델링을 수행한 결과는 [Figure 5-7]과 같다.

먼저, 토픽 1은 ‘신기’, ‘프로젝트’, ‘탄소’, ‘예측’, ‘사용’, ‘친구’, ‘오렌지’, ‘수학’ 등이 주제로 포함되어 있다 ([Figure 5] 참조).

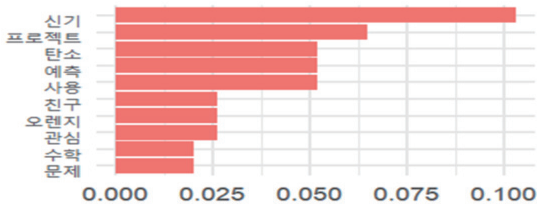


Figure 5. LDA analysis results about topic 1

실제 학생들이 작성한 내용을 살펴보면, “직접 통계 자료를 분석해보고 예측했던 것이 재미있었고 신기했다. 새로운 경험이었고 실생활에 생각보다 수학이 많이 쓰인다는 것을 알게 되었다.”, “오렌지3을 사용해 프로젝트가 진행되어 그냥 일반적인 수업을 하는 것보다 큰 흥미와 새로운 것을 많이 배울 수 있었다. 탄소중립 인공지능 프로그램 개발 제안서를 구성하면서 탄소중립에 관심을 갖고 우리가 실천할 수 있는 것을 고민해볼 수 있었던 시간이었던 것 같다.”, “신기한 기능들도 많이 체험해보고 친구들과 같이 의견 나누며 탄

소중립에 대한 프로젝트를 해봐서 좋았다.”, “수학은 사칙연산 빼고 실생활에 도움이 되지 않아 유용하다는 생각을 못하고 살았는데 이번 프로젝트를 통해 통계를 실생활에서 유용하게 수학적으로 쓴다는 사실을 알게 되었다.” 등이 토픽 1에 해당하는 소감문들이었다. 이에 토픽명을 ‘수학과 실생활 연계 프로젝트의 신선함’으로 명명하였다.

토픽2는 ‘인공지능’, ‘프로그램’, ‘좋았’, ‘재미’, ‘중립’, ‘흥미’, ‘일상’, ‘우리’, ‘심각’, ‘다양’ 등이 주제로 포함되어 있다([Figure 6] 참조).

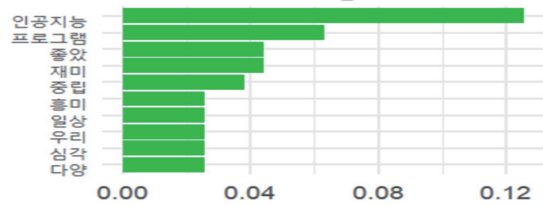


Figure 6. LDA analysis results about topic 2

“인공지능으로 여러 가지 활동을 할 수 있다는 사실에 매우 놀랐고 생각보다 재미있는 활동들이 아주 다양하고 흥미를 느낄 수 있는 요소들이 많아서 좋고 좋은 경험이었다.”, “일상생활과 인공지능에 수학이 참 깊게 스며있다는 것을 알았다. 이번 시간을 통해 인공지능뿐 아니라 인공지능을 이용한 활동으로 기후 위기의 심각성에 대해서도 잘 배웠고 흥미를 갖게 되었다.”, “우리가 직접 프로그램을 짜보며 탄소중립에 관해 같이 상의하고 피드백하는 시간이 있어서 내가 뭘 해야 할지 지구를 지키는 방법에 대해 많이 생각해보는 시간이어서 좋았던 것 같다.” 등이 토픽2에 해당하는 소감문들이었다. 이에 토픽명을 ‘흥미로운 인공지능 환경 프로젝트’로 명명하였다.

토픽3은 ‘수학’, ‘인공지능’, ‘환경’, ‘좋았’, ‘실생활’, ‘모델’, ‘유용’ 등이 주제로 포함되어 있다([Figure 7] 참고).

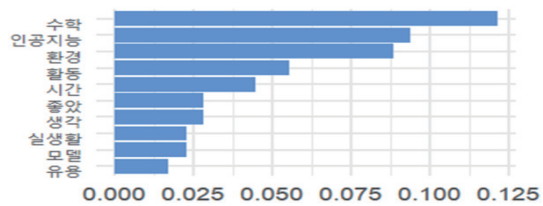


Figure 7. LDA analysis results about topic 3

“수학과 환경의 연관성을 알고 수학의 유용성을 잘 알고 이해할 수 있었던 시간이었다고 생각합니다.”, “수학은 사칙연산 빼고 실생활에 도움이 되지 않아 유용하다는 생각을 못하고 살았는데 이번 프로젝트를 통해 통계를 실생활에서 유용하게 수학적으로 쓴다는 사실을 알게 되었다.”, “직접 인공지능을 이용하여 온도 예측 모델을 생성해보며 인공지능 기술에 대해 조금 더 알게 되었고 직접 프로젝트를 계획하는 활동을 하며 재미를 느낄 수 있었다.” 등이 토픽3에 해당하는 소감문이었다. 이상을 통해 학생들

은 PBL 교수-학습 방법을 적용한 수학 교과와 AI융합교육 프로그램을 통해 수학의 유용성과 흥미를 느끼고, AI에 관한 관심, 환경에 대한 태도(관심), 협업에 대한 긍정적 태도 등을 확인할 수 있었다. 이에 토끼명을 '수학의 유용성과 AI에 관한 관심 증가'로 명명하였다.

## 5. 결론 및 제언

### 5.1 결론

본 연구는 수학 교과와 일상적 활용과 AI에 대한 이해를 바탕으로 문제를 해결해나가는 과정을 통해 학생들의 수학 교과에 대한 가치와 흥미를 향상시키고, 미래 핵심 역량인 AI에 대한 역량과 문제해결 능력, 창의적 사고, 협력적 소통 및 공동체 역량을 함양하는 방안으로 AI융합교육을 중학교 수학에 적용하여 개발하고, 경기도 A 중학교의 학생 98명을 대상으로 그 효과를 분석하였다. 연구의 결과를 바탕으로 한 결론은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 교수 체제설계 모형 중 대표적인 ADDIE 모형을 적용하여, 학생들이 실제적인 문제에 대해 상호 협력하며 문제해결 방안을 모색하고, 비판적이고 창의적인 사고를 함양할 수 있는 문제 기반 학습(PBL) 교수-학습 방법을 활용한 8차시의 수학 교과 기반 AI융합교육 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 수학 교과에 대한 학생들의 정의적 특성, AI에 대한 역량과 관심, 컴퓨팅 사고력, 환경에 대한 태도, 그리고 AI융합교육 프로그램에 대한 인식변화를 고려하여 개발되었으며, 이에 대한 효과성을 분석하였다. 특히, '지구 온난화, 기후 위기'라는 현실과 밀접한 주제를 중심으로 설계된 이 프로그램은 지속 가능한 발전과 공동체적 가치를 강조하는 2022 개정 교육과정의 방향성에 부합한다. 이러한 접근은 학생들이 현실 세계의 복잡한 문제들을 해결하는 데 필요한 융합적 사고와 협업 능력을 개발하는 데 중점을 두었다. 이상의 교육의 긍정적 결과를 확인하여, 앞으로 수학 교과에서는 일상적 주제를 바탕으로 다양한 교과 간의 융합을 적용하는 것이 필요함을 확인할 수 있었다[37].

둘째, AI융합교육 프로그램 개발에 있어서 Rapid Prototyping 과정을 통하여 실제 대상자인 중학생들의 AI 활용 수준을 사전에 평가하였다. 그 결과, 중학생들의 초기 디지털 리터러시 수준이 예상보다 낮음을 확인하고, 이에 따라 수학 교과 기반의 AI융합교육 프로그램의 차시를 6차시에서 8차시로 확장하였다. 또한, AI 교육용 프로그래밍 플랫폼으로 학생들에게 더 친숙하고 직관적인 드래그 앤드 드롭 방식의 오픈지 3.0으로 전환함으로써, 학생들이 AI 개념을 더욱 쉽게 이해 및 활용하고, 수학 문제에 적용할 수 있도록 하였다. 이러한 조정은 수학 교과 기반의 AI융합교육 프로그램이 학생들에게 더욱 효과적으로 다가갈 수 있도록 하며, 궁극적으로 학생들이 AI를 활용하여 복잡한 문제를 해결하는 데 필요한 융합적 사고와 협업 능력을

개발하는 데 기여하였다. 본 연구에서는 특히 AI와 관련된 학생들의 역량 수준은 조사된 바가 없으므로 학생들 능력을 고려하여서 교육 프로그램 개발하는 과정에서 시범 적용의 역할이 중요하였다. 앞으로 학생들의 AI 융합을 객관적으로 측정할 수 있는 도구와 함께 새로운 교육 적용을 위해 학습자분석의 중요성을 강조할 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구에서 개발한 AI융합교육 프로그램이 학생들의 수학 교과에 대한 흥미와 가치 인식을 유의미하게 향상시킨다는 것을 확인하였다. 이는 AI와 수학의 연관성을 보여주고 PBL 교수 학습 방법을 적용함으로써, 학생들이 수학을 단순한 계산의 연속이 아닌 실생활 문제해결의 도구로 인식하도록 유도한 결과로 해석된다. 이러한 접근은 학교 수학의 가치 인식 증진에 기여할 뿐만 아니라, AI와 수학의 융합이 단순한 기술 통합을 넘어 교육의 질적 변화를 끌어낼 수 있는 잠재력을 지니고 있음을 재확인하였다. 그러나 수학 교과에 대한 자신감의 변화는 통계적으로 유의하지 않았다. 본 프로그램에서는 학생들이 자신의 수학적 역량을 활용할 다양한 기회를 제공하였으나, 높은 수준의 수학 문제해결 경험의 부족과 단기간의 교육 기간으로 인해 전반적인 학생들의 수학적 자신감 향상에 한계가 있었던 것으로 해석된다[38]. 또한 자신감과 밀접한 자기효능감은 학습을 통해 얻은 높은 성취를 기반으로 형성되고, 단기간에 형성되지 않는다[39]. 수학 자신감과 성취감 간의 긴밀한 관계를 고려해보면[45], 반복적인 경험과 성공을 통해 점차 형성되기 때문에 학습자가 향후 지속적으로 수업과 연계된 성공적 성취를 가질 기회를 제공할 수 있도록 프로그램을 보완해야 할 것이다.

넷째, AI융합교육 프로그램이 학생들의 창의성, 알고리즘적 사고, 협력 등 컴퓨팅 사고력의 다양한 영역에서 성장을 촉진한다는 것을 보여주었다. 이는 선행연구 결과와 일치하며[40, 41], 교육 현장에서 AI의 원리와 기술을 통합하는 것이 학생들의 창의성과 문제해결 능력 향상에 중요한 역할을 한다는 것을 시사한다. 이러한 융합적 접근은 학생들이 미래 사회의 복잡한 도전에 대응할 수 있는 융합적 사고와 협업 능력을 갖추는 데 중요한 기여할 것으로 기대된다. 이와 같은 교육에서의 융합적 접근을 위해서는 AI융합교육과 같은 교수 학습의 방법 변화가 필요하다. 앞으로 미래 교육에서의 주된 화두 중 하나는 교수 학습 방법이다[42]. 따라서 본 연구에서 적용한 교과 기반의 AI융합교육과 같은 실증적 사례들이 많이 개발될 수 있는 환경이 마련되어야 할 것이다.

다섯째, AI융합교육 프로그램이 학생들의 환경 문제에 대한 인식과 참여 태도를 변화하는 데 기여한다는 것을 확인하였다. 특히, '탄소중립 실천을 돕는 AI 프로그램 협력 개발'을 주제로 한 PBL 교수 학습 활동을 통해 학생들이 환경 문제에 대해 깊이 이해하고 적극적인 참여 태도를 형성하는 데 기여하였다. 이러한 교육적 접근은 학생들이 지속 가능한 발전을 위한 실천적 지식을 구축하고, AI융합교육을 통해 더 넓은 세계관을 형성하며, AI 기술을 활용하여 다양한 문제상황에 대한 해결책을 모색하는 데 필요한



기술적, 사회적 역량을 개발하는 데 기여한다[34, 35]. 또한, 이 연구는 선행연구에서 논의된 수학 교과와 환경 주제의 결합 필요성에 대한 제한적인 실증적 사례를 확장하는 중요한 단계를 마련하였다. 특히, 선행연구 분석[26-29]에서는 이러한 융합의 필요성이 강조되었지만, 구체적인 적용 사례가 부족한 상황이었다. 본 연구에서 제시된 결과는 교과와 환경 문제 해결에 있어서 학생들의 교육적 경험을 어떻게 풍부하게 할 수 있는지를 보여주고 있다.

마지막으로, AI융합교육 프로그램이 학생들의 AI 역량과 관심을 향상시켰다. 이는 AI융합교육을 통해 학생들이 AI 기술의 개념, 원리, 활용 방법 등을 직접 경험하고 이해함으로써 AI에 대한 역량을 키우고, AI 기술의 잠재력과 다양한 활용 분야에 관한 관심을 높일 수 있었기 때문이다. 워드 클라우드 분석 결과에서도 ‘인공지능’, ‘재미’, ‘프로젝트’, ‘흥미’, ‘신기’, ‘유익’ 등의 키워드가 높은 빈도로 나타났다. 토픽 모델링 분석에서도 ‘AI 기술에 대한 이해 증진’, ‘AI 활용에 대한 흥미 증진’에 대한 학생들의 긍정적인 경험을 확인할 수 있었다. 이러한 AI와 관련된 학습자들의 긍정적 경험은 학생들이 미래 사회에서 필수적인 기술적 문제해결 능력을 개발하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것이다. AI의 원리를 이해하고, 다양한 문제상황에 적용하는 실습으로 학생들은 복잡한 문제를 해결하는 경험은 학습자에게 관련 분야에 대한 지속적 관심을 가지게 하는 계기로 작용할 수 있을 것이다.

본 연구는 중학교 수학 교육과정을 미래 교육의 방향에 맞추어 생태환경교육과 인공지능 활용 교육이라는 두 중요한 요소를 통합하여 수학 교과 기반의 AI 융합 프로그램을 개발하고 그 효과를 검증함으로써 미래 교육의 기반을 확대하고 지속 가능한 발전 교육의 초석을 마련하였다는 데 의의가 있다. 특히 수학 교과에서의 융합 교육이 제한적으로 접근되었다는 한계를 벗어나 다양한 교과와의 융합의 가능성을 확인하였다. 이러한 연구는 중학교 수학교육의 전통적인 틀을 넘어서, 혁신적인 학습경험을 제공하고, 학생들의 미래 사회 적응력을 강화하는 데 기여하였다는 점에서 교육 분야에 중요한 시사점을 제공한다.

## 5.2 후속 연구를 위한 제언

이상 본 연구의 제한점을 바탕으로 한 후속 연구를 위한 제언은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 실시된 AI융합교육 프로그램 개발은 학생들의 AI 활용 수준을 사전에 평가하는 Rapid Prototyping 과정을 통해, 개별 학생의 특성을 고려한 맞춤형 수업 설계의 중요성을 강조하였다. 이러한 접근은 교육 프로그램이 학습자의 참여를 극대화하고 AI융합교육의 효과를 높이는 데 중요한 역할을 할 수 있음을 시사한다. 따라서, AI융합교육을 학교 현장에서 적용하기 위해서는 반드시 사전에 학생들의 다양한 배경과 능력을 반영하여 교육 프로그램을 개발하는 설계 노력이 필요함을 확인할 수 있었다.

둘째, 본 연구는 경기도 지역의 A 중학교의 3학년 2학기

학기 말 프로그램으로 총 8차시에 진행되었으며, 프로그램의 효과를 분석한 결과 긍정적인 변화를 확인할 수 있었다. 그러나 통제집단이 포함되지 않아 이 결과를 일반화하는데 한계가 있다. 따라서 후속 연구에서는 다양한 학교와 반복적인 적용을 통해 데이터를 수집하여 분석함을 통해 프로그램의 효과를 검증하는 것이 필요하다. 또한, 본 교육 프로그램이 더 많은 학교 현장에서 사용되어 프로그램의 효과를 일반화할 수 있도록 기회가 마련되어야 할 것이다.

셋째, 본 연구에서 사용한 컴퓨팅 사고력 측정 도구는 문제를 공식화하고 그 해결책을 효과적으로 수행할 수 있는 형태로 표현하는 사고 과정을 측정하는 도구이다[33]. 따라서 향후 연구에서는 학생들의 컴퓨팅 사고를 통한 실제 능력을 측정하는 도구를 추가로 사용하여 보다 종합적인 분석을 수행할 필요가 있다.

넷째, 본 연구에서는 수학 교과 기반의 AI융합교육이 수학 교과에 대한 정의적 영역과 컴퓨팅 사고력, 환경에 대한 태도, AI 역량과 관심, 그리고 수학 교과 기반의 AI융합교육에 대한 인식에 대한 긍정적 결과를 확인하였다. 우리나라의 교육과정은 AI를 포함한 다양한 기술을 교과 수업에 적극적으로 통합하는 방향으로 나아가고 있다. 특히, 수학 교과에서 AI의 활용은 학생들의 문제해결 능력, 창의성, 그리고 협업 능력을 향상하는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 따라서, 후속 연구에서는 수학 교과에서 AI를 활용한 다양한 일상의 주제들로 교육 프로그램을 개발하여, 수학 교과의 가치와 일상적 활용도를 높이는 방안이 모색되어야 할 것이다. 이는 궁극적으로 학생들의 수학에 대한 긍정적인 태도 형성과 학업성취도 향상에 기여할 수 있을 것이다.

다섯째, 현대 사회에서 AI 역량은 학생들에게 필수적인 기술로 자리 잡고 있으며, 이에 관한 관심도 점차 증가하는 추세이다. 그러나 AI 역량과 관심을 정확히 측정할 수 있는 검증된 도구가 아직 개발되지 않아, 연구와 교육 분야에서 중요한 과제로 남아 있다. 본 연구는 AI 역량과 관심에 대한 태도 변화를 단일 문항을 통해 평가했다는 데 그 한계가 있다. 따라서, AI 역량과 관심을 측정하기 위한 포괄적이고 신뢰할 수 있는 도구를 개발하고 그 효과를 탐색할 수 있는 후속 연구가 수행되어야 한다. AI 역량과 관심을 정확히 측정할 수 있는 검증된 도구 개발은 AI 교육 프로그램의 효과를 더욱 정확하게 측정하고, 학생들의 AI에 대한 태도 변화를 심층적으로 이해할 수 있을 것이다. 또한, 이러한 도구는 교육자들이 학생들의 AI 역량을 강화하고, 관심을 유도하는 데 필요한 맞춤형 교육 전략을 수립하는 데 도움이 될 것이다.

## 참고문헌

- [1] Heo, H. & Kang, S. (2023). Teacher competencies for designing artificial intelligence-integrated education. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 26(2), 89-100. <https://doi.org/10.32431/kace.2023.26.2.008>
- [2] Kim, D., So, H., & Lim, J. (2023). Development the measurement instrument of AI convergence education competency for pre-service teachers. *Journal of Educational Studies*, 54(3), 139-168. <https://doi.org/10.15854/jes.2023.09.54.3.139>
- [3] Baek, S. & You, J. (2024). Development of AI convergence education program for elementary school students and analysis of learning effectiveness. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 27(2), 75-87. <https://doi.org/10.32431/KACE.2024.27.2.007>
- [4] Jeong, Y. & Ma, D. (2023). Development of education program using AI chatbot in elementary social studies classes. *Journal of the Korean Association of information Education*, 27(6), 646-654.
- [5] Song, J. & Park, J. (2024). Case Study on AI-Digital Convergence Korean Language Education to Promote Creativity. *Hanminjok Emunhak*, 103, 147-172. <https://doi.org/10.31821/HEM.103.5>
- [6] Cho, Y., Chen, Y., & Kim, U. (2021). Development of elementary AI-Science convergence education program using an AI classification model. *Brain, Digital, & Learning*, 11(2), 227-243. <https://doi.org/10.31216/BDL.20210015>
- [8] Jeong, S. & Park, M. (2023). Development of an artificial intelligence mathematics convergence education program tailored to elementary mathematics curriculum. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 27(1), 87-108. <https://doi.org/10.54340/kseme.2023.27.1.5>
- [9] Park, J. & Kim, S. (2022). The development and effect analysis of customized artificial intelligence and mathematics convergence program for vocational high schools. *The Journal of Korean association of computer education*, 25(3), 39-47. <https://doi.org/10.32431/kace.2022.25.3.004>
- [10] Gopinath, S. (2014). Metacognitive awareness in teaching and teaching competency: A survey on student teachers at secondary level. *IOSR Journal of Research & Method in Education*, 4(4), 33-35.
- [11] Ko, Y. & Jung, Y. (2023). Online instruction experience and technology-integrated teaching and learning: A narrative inquiry. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 35(3), 457-483.
- [12] Kim, C. (2024). An analysis of elementary school teachers' stages of concern and levels of use about artificial intelligence supported elementary mathematics teaching system. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 25(1), 695-705. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2024.25.1.695>
- [13] Jung, O. & Lee, D. (2015). Proposal of a convergent educational model of the inquiry-based environmental education and STEAM education. *Korean Journal of Environmental Education*, 28(1), 24-42. <https://doi.org/10.17965/KJEE.2015.28.1.24>
- [14] Lee, S. (2017). Effects of Eco-STEAM program on elementary school students' environmental literacy and STEAM attitude. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 10(1), 62-75. <https://doi.org/10.15523/JKSESE.2017.10.1.62>
- [15] Seo, D. (2014). STEAM on the viewpoint of didactics of mathematics. *The journal of educational research in mathematics*, 24(3), 429-442. <http://uci.or.kr/G704-000842.2014.24.3.010>
- [16] Lee, H. (2015). *On the development of mathematics centered convergence education program* [Master's thesis]. Gyeongin National University of Education.
- [17] Park, S. & Hong, H. (2022). A Study on the Improvement of School Mathematics Curriculum for SW AI Education, *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 25(2), 59-77. <https://doi.org/10.32431/kace.2022.25.2.006>
- [18] Seo, D. (2014). STEAM on the viewpoint of didactics of mathematics. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 24(3), 429-442. <http://uci.or.kr/G704-000842.2014.24.3.010>
- [19] Koh, H. (2020). A study on development of school mathematics contents for artificial intelligence (AI) capability. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 23(2), 223-237. <https://doi.org/10.30807/ksms.2020.23.2.003>
- [20] Van-Vaerenbergh, S. & Pérez-Suay, A. (2021). *A classification of artificial intelligence systems for mathematics education*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-86909-0>
- [21] Wardat, Y., Tashtoush, M. A., AlAli, R., & Jarrah, A. M. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7), em2286. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13272>
- [22] Park, W., & Kwon, H. (2024). Implementing artificial intelligence education for middle school technology education in Republic of Korea. *International Journal of Technology and Design Education*, 34(1), 109-135. <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09812-2>
- [23] Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics*, 9(6), 584. <https://doi.org/10.3390/math9060584>
- [24] Go, B., Lim, Cl, & Shim, B. (2024). Development of a math-AI convergence instructional model using a generative AI chatbot. *Journal of Educational Technology*, 40(1), 1-40. <http://dx.doi.org/10.17232/KSET.40.1.1>
- [25] Ministry of Education (2021). *Outline of 2022 revised curriculum*.
- [26] Heo, R. (2023). *Analysis of the current status of environmental convergence education in the 2015*

- revised curriculum at middle school mathematics one textbook [Master's thesis]. Gyeongin National University of Education.
- [27] Barwell, R., & Hauge, K. H. (2021). A critical mathematics education for climate change: A post-normal approach. In *Applying critical mathematics education* (pp. 166-184). Brill. [http://dx.doi.org/10.1163/9789004465800\\_008](http://dx.doi.org/10.1163/9789004465800_008)
- [28] Barwell, R. (2018). Some thoughts on a mathematics education for environmental sustainability. In: Ernest, P. (eds) *The Philosophy of Mathematics Education Today*. ICME-13 Monographs. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77760-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77760-3_9)
- [29] Lim, C., & Yeon, E. (2006). Study on the User-Centered Rapid Prototyping Methodology for the Development of Corporate Education Programs. *Corporate Education Research* 8(2), 27-50.
- [30] Lim, E., Hong S., Park S., & Lim C. (2023). A Study on the Improvement of the Rapid Prototyping (RPISD) Model for the Development of Educational Programs. *Educational Technology Research* 39(3), 749-785. <https://doi.org/10.17232/KSET.39.3.749>
- [31] Ministry of Education. (2022). 2022 Secondary school curriculum overview (No. 2022-33).
- [32] Korea Institute for Curriculum and Evaluation (2022). *Exploring the current situation of secondary school students' mathematics education due to COVID-19 and ways to improve it: Focusing on the results of the national assessment of educational achievement* (RRE 2022-9).
- [33] Korkmaz, Ö., Çakir, R., & Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558-569. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005>
- [34] Manoli, C. C., Johnson, B., & Dunlap, R. E. (2007). Assessing children's environmental worldviews: Modifying and validating the New Ecological Paradigm Scale for use with children. *The Journal of Environmental Education*, 38(4), 3-13. <https://doi.org/10.3200/JOEE.38.4.3-13>
- [35] Kim, J. (2023). *Effects of ecological environment artificial intelligence convergence education on elementary school students' environmental literacy and artificial intelligence attitudes* [Master's thesis]. Gwangju National University of Education.
- [36] Taylor, S., & Todd, P. A. (1995). Understanding information technology usage: A test of competing models. *Information Systems Research*, 6(2), 144-176. <https://doi.org/10.1287/isre.6.2.144>
- [37] Lee, H. (2023). A model for constructing learner data in AI-based mathematical digital textbooks for individual customized learning. *Education of Primary School Mathematics*, 26(4), 333 - 348. <https://doi.org/10.7468/jksmec.2023.26.4.333>
- [38] Park, J, Kim, Y., & Choi, S. (2014). A Study about Confidence with Mathematics. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 24(2), 145-164. <http://uci.or.kr/G704-000842.2014.24.2.003>
- [39] Bandura, Albert. (1977). Self-Efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review* 84(2), 191-215. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191>
- [40] Seok, N. (2023). *A meta-analysis of the cognitive effects of AI integration education in primary and secondary schools* [Master's thesis]. Ewha Womans University Graduate School of Education.
- [41] Park, J. (2023). *The effects of a novel engineering-based AI education program on elementary students' computational thinking and learning engagement* [Master's thesis]. Chung-Ang University Graduate School of Education. <https://doi.org/10.23169/cau.000000238788.11052.0000477>
- [42] Ng, D. T. K., Lee, M., Tan, R. J. Y., Hu, X., Downie, J. S., & Chu, S. K. W. (2023). A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020. *Education and Information Technologies*, 28(7), 8445-8501. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11491-w>
- [43] Ministry of Education, (2023). EdTech Promotion Plan. Notice (No. 2023-21).
- [44] Choi, S. (2023) A Study on the Understanding and Challenges of AI Convergence Education, *Journal of Industrial Convergence*, 21(1), 147-157. <https://doi.org/10.22678/JIC.2023.21.1.147>
- [45] Ganley, C. M., & Lubienski, S. T. (2016). Mathematics confidence, interest, and performance: Examining gender patterns and reciprocal relations. *Learning and Individual Differences*, 47, 182-193. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.01.002>



김진희

- 2008년 한국외국어대학교 수학교육, 가정교육 전공 (학사)
- 2009년 ~ 현재 중등학교(화성반월중학교) 교사
- 2024년 한신대학교 교육대학원 시용합교육전공 (석사)

✚ 관심분야 : 수학교육, 시용합교육, 영재교육, 과정 중심평가

✉ goodtie1130@naver.com



김동심

- 2006년 이화여자대학교 사회생활학과 (학사)
- 2014년 이화여자대학교 교육공학 (석사)
- 2017년 이화여자대학교 교육공학과 (박사)
- 2018년 ~ 현재 한신대학교 교육대학원 부교수

✚ 관심분야 : 에듀테크, 온라인교육, HCI, 교육자원 및 성과관리

✉ southpaw61@hs.ac.kr

부록

〈표 1〉 AI 예측 모델 생성용 교육용 프로그래밍 플랫폼 분석

종류	스크래치	엔트리	오렌지3.0
진속성	중	상	하
난이도	상	중	하
과제 적합성	보통	적합	적합
비용	무료	무료	무료
접근성	웹 기반	웹 기반 (AI블록 나이제한 로그인 필요)	다운로드 필요

〈표 2〉 프로그램 차시별 개요

Lesson	Teaching and Learning Method	Content
1-2	AI.SW	· 실제 통계 자료 바탕으로 온실가스 배출량과 평균 온도 간의 산점도 그래프 그리고 상관관계 분석하기 · 미래 우리나라 평균 온도 인공지능 예측 모델 만들기
3	컴퓨터 활용 학습	· 지구 온도가 상승할 때의 환경 변화, 기후 위기가 인권에 미치는 영향 탐색 · 우리 모둠원들의 탄소발자국 계산하기 · 모듈별 탄소중립 실천 방법 탐색 및 발표
4	AI.SW	· 인공지능 원리 이해(티처블머신 활용)
5	PBL	· PBL 수업 소개, 문제 정의하기, 팀 계획 수립 · 개별학습
6-7		· 모듈별 1차 프로그램 개발 계획서 완성하기 · 아이디어 공유하기 · 모듈별 탄소중립 실천 돕는 인공지능 프로그램 알고리즘 개발
8		· 발표 및 평가

〈표 3〉 수학교과 기반의 AI융합교육 적용 효과

항목		평균	표준편차	t	
수학의 정의적 특성	자신감	사전	2.67	1.12	1.93
		사후	2.90	1.23	
	가치	사전	3.17	1.07	5.94*
		사후	3.52	.98	
	흥미	사전	2.55	1.21	4.15*
		사후	2.91	1.29	
컴퓨팅 사고력	창의성	사전	3.14	.94	8.61*
		사후	3.51	.86	
	알고리즘적 사고	사전	2.72	.93	11.34*
		사후	3.18	.99	
	협력	사전	3.19	1.07	7.36*
		사후	3.58	.91	
	비판적 사고	사전	2.84	1.01	7.09*
		사후	3.21	.94	
	문제 해결	사전	2.90	.98	6.40*
		사후	3.25	.99	
	환경에 대한 태도	사전	3.70	.83	9.62*
		사후	4.03	.67	
AI 역량	사전	2.65	1.09	13.06*	
	사후	3.18	.96		
AI 관심	사전	2.57	1.18	21.55*	
	사후	3.33	1.09		

\*p < .05

[그림 1] 교육 프로그램 개발 과정

