



AI 활용 역량 강화 교육 프로그램이 중등 과학 예비교사들의 AI 이해, AI 효능감 및 AI 활용에 대한 인식 개선에 미친 효과 분석

윤지현¹, 허소림², 강성주^{3*}
¹단국대학교, ²치악고등학교, ³한국교육원대학교

Analysis of the Effect of the AI Utilization Competency Enhancement Education Program on AI Understanding, AI Efficacy, and AI Utilization Perception Improvement among Pre-service Secondary Science Teachers

Jihyun Yoon¹, So-Rim Her², Seong-Joo Kang^{3*}

¹Dankook University, ²Chiak High School, ³Korea National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 January 2023

Received in revised form

27 February 2023

Accepted 3 March 2023

Keywords:

AI competence, AI understanding, AI efficacy, perception of AI utilization, secondary science pre-service teachers

ABSTRACT

In this study, in order to strengthen the AI utilization competency of pre-service secondary science teachers, a project activity in which pre-service teachers directly create an 'AI-based molecular structure customized learning support tool' by using Google's teachable machine was developed and applied. To this end, the program developed for 26 third-grade pre-service teachers enrolled in the Department of Chemistry Education at H University in Chungcheongbuk-do was applied for 14 sessions during extracurricular activities. Then, the perceptions of 'understanding how AI works', 'efficacy of using AI in science classes', and 'plans to utilize AI in science classes' were investigated. As a result of the study, it was found that the program developed in this study was effective in helping pre-service teachers understand the operating principle of AI technology for machine learning at a basic level and learning how to use it. In addition, the program developed in this study was found to be effective in increasing the efficacy of pre-service teachers for the use of AI in science classes. And it was also found that pre-service teachers recognized the aspect of using AI technology as a new teaching · learning strategy and tool that can help students understand science concepts. Accordingly, it was found that the program developed in this study had a positive impact on pre-service teachers' AI utilization competency reinforcement and perception improvement at the basic level. Implications of this were discussed.

1. 서론

최근 인공지능(Artificial Intelligence, 이하 AI)을 중심으로 한 과학 기술의 발전이 사회 전반의 혁신적 변화를 야기할 것으로 예상함에 따라(Ministry of Science and ICT, 2019), 우리나라는 AI 기술의 다양한 활용 능력을 미래 인재들이 반드시 갖추어야 할 역량으로 간주하고, AI 교육에 대한 공교육 확대를 위해 국가적 차원의 노력들을 적극 추진 중에 있다(Korea Institute for Curriculum and Evaluation, 2020; Ministry of Education, 2021a). 그리고 이와 같은 맥락에서 초·중등 학생들의 AI 교육을 위한 현장교사들의 역량 확보 또한 시급히 해결 되어야 할 과제 중 하나로 고려되어 관련 정책들이 시행 중에 있다(van Driel *et al.*, 2001). 즉, 현재 40여개의 교육대학원에서 현장교사들을 대상으로 한 AI 관련 재교육이 이루어지고 있고, 교육 현장에서 AI 관련 교사 연수도 이루어지고 있다(Jun, 2021; Yoon *et al.*, 2022). 그런데 이와 같은 고민과 노력은 예비교사교육 과정에서부터 체계적으로 이루어질 필요가 있다(Cho, 2004; Hur, 2007). 예비교사교육 과정에서 경험한 교육의 질과 내용은 현장에서의 역량 제고를 위한 기

본적인 바탕을 제공하기 때문이다(Cho, 2004).

예비교사를 대상으로 한 AI 관련 역량 확보 노력은 해당 대학의 여건 등에 따라 교양 강좌나 각 양성기관 등에서 자체적으로 편성한 교육과정을 바탕으로 시작되고 있다. 즉, 주요 대학의 교양 교육과정에서는 모든 대학생을 대상으로 한 기초 소양 교육을 목적으로 AI 관련 강좌를 편성·운영하고 있는데(Jun, Jeon, & Jeong, 2021; Kim & Jun, 2020; Kim & Park, 2021) 그 강좌를 예비교사들이 이수한 경우를 들 수 있다. 일부 교육대학이나 사범대학 등에서는 기존에 운영해 오던 정보통신기술(ICT) 역량 강화 교육의 연장선으로서, 기존 강좌의 교과 내용에 AI 영역을 일부 포함하여 재구성된 교육과정을 예비교사들에게 제공하고 있는 것으로도 나타났다(Lee, 2022; Lee & Kim, 2020). 그런데 이와 같은 운영 내용은 예비교사들이 한 개인으로서 AI 중심 시대를 살아가는 데 요구되는 기초적인 소양을 기를 수는 있겠지만, 앞으로의 교육 현장에서 실질적으로 요구되는 AI 활용에 대한 구체적인 실천 역량의 확보는 담보할 수 없다. 실제로, 대학 교양교육의 대상자는 다양한 전공 분야의 학생들로 구성되어 있기 때문에, 교양교육에서의 AI 교육은 AI 자체에 대한 학생들의 학습

* 교신저자 : 강성주 (sjkang@knue.ac.kr)

이 논문은 허소림의 석사학위논문 데이터 활용하여 재구성하였음.

이 논문은 2021년 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2020S1A5A2A0104652813).
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.2.99>

동기를 유도하거나 AI 기술에 대한 인식을 강화시키는 데 그 초점을 두고 있다(Jun, 2021; Jun, Jeon, & Jeong, 2021; Kim & Jun, 2020; Kim & Park, 2021). AI 기술은 해당 기술을 적용하고자 하는 분야의 목적과 특성 등을 고려하여 도입되어야 하기 때문에(Korea Institute for Curriculum and Evaluation, 2020), 결국은 AI 기술을 도입 및 활용하고자 하는 분야에서의 자발적인 참여와 주도성을 전제로 한 노력이 요구된다. 따라서 초·중등 교육 현장에서 요구되는 예비교사들의 AI 역량 강화 노력은 교육대학이나 사범대학 등이 주도적으로 이끌고 나갈 필요가 있다.

이에 Ministry of Education(2021b)은 교육대학이나 사범대학 등을 중심으로 예비교사들의 AI 역량 강화 기반을 조성·확대하기 위한 지원 사업 및 관련 정책을 본격적으로 펼쳐나갈 것을 예고하였다. 그리고 이와 같은 노력의 일환으로서, 예비교사 양성 AI 교육과정 모형(모델) 등의 개발·적용을 위한 재정 지원 6개 대학을 선정하기도 하였다. 따라서 정부의 이와 같은 지원은 예비교사 대상의 AI 역량 강화 교육 자체에 대한 사람들의 관심을 확보하면서, 교육대학·사범대학 본연의 역할 회복이라는 측면에서 의의가 있으며, 동시에 본격적으로 시작되는 예비교사 대상 AI 교육에 대한 기본적인 방향성이나 목표 등에 대한 쟁점을 제시하기도 하였다. 즉, 예비교사를 대상으로 한 AI 교육과정 모델 등이 타당하게 마련되기 위해서는 예비교사들이 갖추어야 하는 AI 역량은 무엇이며, 이에 따른 구체적인 교육 목표는 무엇이 되어야 하는가에 대한 논의 및 검토 등을 중심으로 실천적이면서 수준별 접근에 기반한 다양한 연구가 이루어질 필요가 있다.

따라서 우선적으로는 예비교사들의 AI 역량 강화의 방향을 개념화할 필요가 있으며, 이는 수업 상황에서의 AI 활용에 그 초점을 둘 필요가 있다. 즉, 교사의 주요 활동은 수업이며, 이에 수업 내용에 대한 학생들의 심층적 이해나 다양한 핵심역량 개발 등의 측면에서 AI 활용에 대한 교사들의 전문성 확보가 요구되고 있기 때문이다(Yoon et al., 2022). 이와 같은 측면은 교육부의 AI 관련 정책 방향과도 일치하는데, 교육부는 ‘2022 개정 교육과정’ 개정의 주요 내용 중 하나로서 교과 수업 내용과 AI 간의 연계·통합·융합을 제시하였다(Ministry of Education, 2022). 이는 교실 환경 개선이나 교수학습 서비스와 같은 측면에서의 AI 활용을 넘어(Korea Institute for Curriculum and Evaluation, 2020), 교과 내용의 개념이나 활동 등을 좀 더 정교화된 방식으로 이해시키는 데 목적을 둔 도구로서의 AI 활용을 의미한다고 볼 수 있다(Yoon et al., 2022). 따라서 예비교사들의 AI 활용 역량 강화 교육은 각 전공 영역의 특성에 기반한 수업 상황에 AI 기술을 적절히 도입하고 활용할 수 있는 측면에서 관련 전략이나 프로그램 등이 마련될 필요가 있다. 그리고 이와 같은 방향성에서 다음과 같은 목표를 우선적으로 고려해 볼 필요가 있다. 예비교사들의 AI 활용 역량 개발에 관한 모델이나 관련 지침 등이 없는 현 시점에서의 구체적인 목표 설정은 전략이나 프로그램 개발 과정에서의 타당성 및 효용성 등을 확보할 수 있기 때문이다.

이에 첫째, 기초적인 수준에서 기 개발된 AI 교육 도구나 플랫폼을 자신의 수업 내용과 관련지어 직접 다룰 수 있는 예비교사들의 역량 확보를 우선적으로 고려해 볼 필요가 있다. 이는 ‘티처블머신’(Teachable Machine)이나 ‘머신러닝 포 키즈’(Machine Learning for Kids) 등과 같이 기 개발된 AI의 다양한 기능이나 프로그램을 교과 내용과 접목하여 활용할 수 있는 역량 개발을 의미한다. 학교급

에 상관없이 현장교사들이 갖추어야 할 AI 기초 역량 중 하나로서 기 개발된 AI 도구의 활용 역량이 언급되었기 때문이다(Yoon et al., 2022). 따라서 예비교사를 대상으로 한 AI 역량 강화 교육도 AI 교육 플랫폼이나 웹 기반의 도구 등을 교과 수업 내용과 연계하여 활용할 수 있는 역량 개발 측면에서부터 시작해 볼 필요가 있다. 그리고 이 과정에서 예비교사들은 자신들이 다룰 AI 플랫폼이나 도구의 작동 원리도 함께 이해할 필요가 있다(Yoon et al., 2022). 학교 현장에서 교사들은 교육부나 관련 기관 등으로부터 제공된 각종 AI 프로그램을 수업에 그대로 사용해도 되겠지만, 학생들에게 좀 더 의미 있는 활동을 제공해 주기 위해서는 교사 자신이 해당 내용을 학생들의 수준이나 특성, 교사의 수업 의도 등에 맞게 그 내용을 변경·보완하는 재구성 과정이 요구되기 때문이다. 따라서 AI를 활용한 수업이 단순 일회성 활동이 아닌 학생들에게 특화된 프로그램으로서의 체험과 지속적인 교수학습 활동이 가능하기 위해서는 교사들이 AI를 적용한 교육 내용을 자신들의 수업 상황에 맞게 재구성할 수 있는 실천적 역량을 갖출 필요가 있고, 이를 위해서는 AI가 어떤 원리와 방법 등에 입각하여 작동되는가에 대한 기초적인 이해를 갖출 필요가 있다.

둘째, 수업에서 AI 활용에 대한 예비교사들의 효능감을 확보할 필요가 있다. 개인 및 조직에 새로운 정보과학기술의 도입은 직·간접적으로 부정적인 심리나 행동 등을 유발하는 것으로 보고되고 있다(Weil & Rosen, 1990). 실제로, 최근 교육 현장에서는 소프트웨어(SW) 교육 의무화에 따른 교사들의 SW 활용 역량 강화에 이어 AI 활용 역량 강화 관련 정책 등이 연속적으로 제안됨에 따라, AI 자체에 대한 거부감과 같은 부정적 감정에 대한 측면들이 보고되고 있다(Park, 2021). 최근 우리 사회가 코로나19(COVID-19)를 겪은 이후로 AI 등과 같은 과학기술을 활용하고자 하는 학교 현장의 긍정적 인식도 보고되고는 있지만, 과학기술의 학교교육 도입 과정에서 그 성공을 좌우하는 주요 요인 중 하나가 교사의 신념이나 동기 등과 같은 내적 요인이라는 점(Ertmer, 1999; Kim et al., 2020) 등을 고려해 볼 때, 예비교사교육 과정에서부터 AI에 대한 긍정적 인식을 확보해 나갈 필요가 있을 것으로 생각된다. 따라서 AI 역량 강화 프로그램이나 전략 등을 처음으로 경험시키는 과정에서 예비교사들의 AI 활용에 대한 효능감 확보는 중요한 측면으로 고려될 필요가 있겠다.

마지막으로, 학교교육 현장에서 AI 기술 활용 방안 자체에 대한 예비교사들의 인식 개선을 고려해 볼 필요가 있다. 왜냐하면, 현장교사들은 교육 현장에서의 AI 도입을 교수학습 환경 개선이나 행정 영역 업무 경감, 단순 데이터 분석이나 통계 분석 등과 같은 수업 보조 등의 측면에서 AI 활용을 주로 인식하고 있는 것으로 나타났다(Kim et al., 2020). AI를 활용한 맞춤형 교육과정 운영이나 진로상담 운영 방안 등에 대한 인식도 있었지만(Kim et al., 2020), 상대적으로 교과 내용 자체와 AI 간의 연계·통합·융합 방안 등에 대한 인식은 낮거나 미비한 것으로 보고되고 있다. 따라서 예비교사들도 현장교사들과 유사한 관점에서 AI 활용 방안을 인식할 가능성이 있으며, 이에 교육 현장에서 AI 기술 활용 자체에 대한 폭 넓은 시각과 인식 등을 갖출 수 있는 기회를 제공해 줄 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 기 개발된 AI 교육 도구를 활용하여 중등 과학 예비교사들을 대상으로 한 AI 활용 역량 강화 프로그램을 개발하였다. 그런 다음, 예비교사들의 AI 이해, AI 효능감 및 AI 활용에 대한 인식 내용 측면에서 개발된 프로그램의 효과를 살펴봤다.

II. 연구 방법 및 절차

중등 과학 예비교사의 AI 활용 역량 강화를 위한 프로그램의 개발 및 효과 검증을 위한 본 연구의 전체적인 연구 절차는 ‘프로그램의 개발 방향 설정’, ‘프로그램 개발’, ‘프로그램 적용’의 세 단계로 이루어졌다(Table 1). 이에 대한 구체적인 내용은 다음과 같다.

Table 1. Overall research procedure of this study

절차	내용
프로그램의 개발 방향 설정	- 중등 과학 예비교사의 AI 활용 역량 강화를 위한 프로그램의 개발 방향 설정
프로그램 개발	- 과학 교과 내용 및 AI 기술 영역 선정 - 중등 과학 예비교사들이 해결해야 할 문제 상황 설정 및 AI 하드웨어·소프트웨어 선정 - 프로그램의 세부 활동 내용 개발 및 전문가 검토
프로그램 적용	- 연구 대상 선정 - 프로그램의 적용 방법 계획 수립 및 전문가 검토 - 검사 도구 및 분석 방법 선정

1. 중등 과학 예비교사의 AI 활용 역량 강화를 위한 프로그램의 개발 방향 설정

우선적으로, 이 연구에서는 중등 과학 예비교사의 AI 활용 역량 강화를 위한 프로그램의 개발 방향을 설정하였다. AI 기술은 여러 분야에 적용될 수 있는 범용적 특징을 지니고 있기 때문에(Korea Foundation for the Advancement Science & Creativity, 2020; Lee, Jo, & Chae, 2021), AI 기술의 활용을 목적으로 한 교육 프로그램의 개발은 AI 기술을 도입하는 분야의 특징이나 목적성, 사용자의 특수성 등이 고려될 필요가 있다(Yoon et al., 2022). 따라서 이 연구에서는 중등 과학 예비교사라는 특수성과 함께 중·고등학교 교수학습 상황에서 AI 기술의 활용이라는 목적성을 바탕으로, 예비교사들의 AI 활용 역량 강화를 위한 프로그램의 개발 방향을 설정하였다.

이에 첫째, 예비교사를 대상으로 한 AI 활용 역량 강화 프로그램은 ‘교육 내용’ 측면에서의 특수성·목적성이 고려될 필요가 있다(Yoon et al., 2022). 즉, 예비교사들은 그 무엇보다도 교수학습 과정 중에 AI를 활용할 수 있는 실천적 역량을 확보할 필요가 있는데, 최근 ‘교과 수업 내용과 AI 간의 연계·통합·융합’이란 교육부의 발표 방향에 따라, 교과 내용의 깊이 있는 학습 측면에서 예비교사 자신들이 가르쳐야 할 교과 내용과 AI 기술을 서로 접목하여 수업을 설계하고 이를 직접 가르칠 수 있는 실천 역량을 기르는 데 그 교육 내용의 방향이 설정될 필요가 있다(Ministry of Education, 2021a). 따라서 본 연구에서 중등 과학 예비교사를 대상으로 한 AI 활용 역량 강화 프로그램의 교육 내용은 과학 교과 내용과 AI를 서로 연계·통합·융합할 수 있는 역량 강화 측면에서 개발하였다.

둘째, 예비교사를 대상으로 한 AI 활용 역량 강화 프로그램은 ‘교육 내용 수준’ 측면에서의 특수성·목적성이 고려될 필요가 있다(Yoon et al., 2022). 이는 AI 활용 교육에 대한 수준 또는 난이도에 관한 것으로서, 예비교사를 대상으로 한 AI 역량 강화 교육 수준에 대해서는 전문가들 간에 서로 다른 의견이 있는 것으로 나타났다(Yoon et al., 2022). 그러나 교육 내용 수준 측면과 관련하여 전문가들

이 공통적으로 제시한 의견이 있었는데, 수업 중 초·중등 교과 내용과 연계·통합·융합되어야 할 AI 기술의 영역과 수준은 결국 초·중등 학생들의 AI 기술 수준이어야 한다는 것이다(Lee, 2022; Yoon et al., 2022). 따라서 예비교사들은 적어도 초·중등 학생들이 갖추어야 할 AI 기술 수준 범위 내에서 교과 내용을 연계·통합·융합할 수 있는 AI 활용 역량을 갖출 필요가 있다고 할 수 있다. 이는 전문가 수준에서 요구되는 소프트웨어의 사용 방법이나 프로그래밍 언어의 학습 등을 가능한 최소화할 필요가 있다는 Ministry of Education(2021a)의 맥락과도 어느 정도 유사하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서 중등 과학 예비교사를 대상으로 한 AI 활용 역량 강화 프로그램에 도입할 AI 기술의 영역 및 수준은 중등학생들을 대상으로 한 AI 교육과정에 대한 검토를 통해 결정하였다.

마지막으로, 예비교사들을 대상으로 한 AI 활용 역량 강화 프로그램은 ‘적용 전략’ 측면에서의 특수성·목적성이 고려될 필요가 있다. AI 활용 역량은 단순히 온라인 콘텐츠나 교수자의 설명, 프로그램의 내용만으로는 습득하기 어려운 부분이 있기 때문이다(Yoon et al., 2022). 따라서 예비교사의 AI 활용 역량 강화를 촉진할 수 있는 전략의 마련에도 중점을 둘 필요가 있는데, AI 기술을 구체적인 산출물 제작 과정 등에 직접 적용 및 활용해 보는 과정에서 겪게 되는 다양한 실패 또는 시행착오에 대한 경험이 기술적 측면에서의 AI 역량 강화를 도모하는 데 도움을 줄 수 있는 것으로 보고되고 있다(Yoon, Kwon, & Kang, 2019). 따라서 중등 과학 예비교사를 대상으로 한 AI 활용 역량 강화 프로그램은 주어진 특정 문제를 해결하는 과정에서 다양한 시행착오를 경험해 볼 수 있는 전략을 사용하여 관련 활동을 개발하였다.

2. 중등 과학 예비교사의 AI 활용 역량 강화를 위한 프로그램 개발

가. 과학 교과 내용 및 AI 기술 영역 선정

예비교사의 AI 활용 역량 강화 프로그램의 개발 방향 분석 결과에 근거하여, 본 연구에서는 프로그램의 주제 및 AI 기술 영역을 선정하기 위하여 과학 교과서와 AI 관련 교육과정을 검토하였다. 즉, 본 연구에서는 2015 개정 과학과 중학교 1~3학년군 및 고등학교 화학 I, II 교과서와 초·중등 인공지능 내용 기준(안)(Ministry of Education, 2020)을 동시에 검토하면서, 예비교사의 AI 활용 역량 강화 프로그램 개발에 도입할 교과 내용과 이에 따른 AI 기술 영역을 검토 및 선정하였다.

이를 위하여, 선행 연구 결과를 바탕으로 중등 과학 교과서의 특징을 검토하였는데, 그 결과 과학 교과서에는 학습자의 과학 개념 이해를 돕고 학습 동기 등을 유발하기 위해 다양한 시각 자료(Inscription) 또는 표상(Representation)이 광범위하게 활용되고 있는 것으로 나타났다(Noh, Yoon, & Han, 2009). 특히 중학교 교과서의 화학 관련 단위이나 고등학교 화학 교과서에는 원자 및 분자 개념을 다루는 단원이 많기 때문에, 미시적 수준의 입자 개념을 나타낸 시각 자료(또는 표상)가 다각적으로 활용되고 있는 것으로 나타났다(Noh, Yoon, & Han, 2009). 즉, 화학 영역에서는 물질의 입자성이라는 기본적인 필수적인 개념의 이해를 향상시키기 위해, 학습자에게 익숙한 일상생활의 거시적 현상을 나타낸 시각 자료와 새롭고 익숙하지 않은 미시

적 수준의 입자 개념을 나타낸 시각 자료가 함께 활용되고 있다(Noh, Yoon, & Han, 2009).

그리고 이와 같은 원자 및 분자 개념의 시각 자료(또는 표상)를 AI 기술과 연계·통합·융합할 수 있는 방안 측면에서 AI 관련 교육 과정을 통해 AI 기술 영역을 검토하였다. 그 결과, AI의 이미지 인식 기술에 대한 교육부의 초·중등 인공지능 내용 기준(안)에 따르면, 초등학교 1~4학년에서는 ‘컴퓨터와 사람의 인식’을, 초등학교 5~6학년에서는 ‘컴퓨터의 인식 방법’을, 중학교에서는 ‘사물 인식’을 다루는 것으로 제시되어 있었다. 그리고 2015 개정 교육과정 ‘인공지능 기초’ 과목의 내용 요소와 성취 기준에 따르면(Ministry of Education, 2015) 고등학교 기초 과목에서 ‘컴퓨터 비전’과 관련된 영역을 다루고 있는 것으로 나타났다. 즉, ‘이미지 인식’과 관련된 AI 기술 영역은 초등학교부터 고등학교 때 까지 반복적으로 학습하게 되는 AI 기술 영역인 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 ‘원자 및 분자의 표상’을 인식할 수 있는 ‘이미지 인식’을 AI 기술 영역으로 선정하였다.

그런 다음, ‘원자 및 분자의 표상’이 포함된 과학 교과 단원들을 검토하였는데, 이 과정에서 과학 개념을 알고리즘으로 사용할 수 있는 단원을 선정하고자 하였다. 알고리즘이란, 주어진 문제를 논리적으로 해결하기 위해 고안된 방법이나 절차들의 집합으로서, 이는 프로그래밍 또는 코딩을 통해 구현될 수 있다(Kim, 2016). 한편, 예비교사들에게 있어서 간단한 프로그래밍 또는 코딩 역량은 AI 활용 과정에서 필수적으로 요구되는 역량 중 하나이며(Yoon et al., 2022), 과학 교과 내용은 명제적 지식과 절차적 지식이 교과 특성 상 대부분을 차지하고 있기 때문에 과학 교과의 내용 지식은 충분히 알고리즘으로 구현 가능하다. 즉, 과학 개념이나 실험 원리를 활용한 논리적이고 순차적인 ‘개념 설계’가 가능하며(Yeo, Yoon, & Kang, 2021), 결국 이는 문제해결과정에서의 스토리 구성, 즉 알고리즘이 가능하다는 것을 의미한다(Yeo, Yoon, & Kang, 2021; Yoon et al., 2021).

따라서 이 연구에서는 원자 및 분자를 이미지로 인식하면서, 관련 과학 개념을 알고리즘으로 구현해 낼 수 있는 단원의 내용을 선정하고자 하였다. 즉, 과학 개념을 이해하는 과정에 순서(또는 절차)가 있는 주제를 선정하고자 했고, 그 결과 이 연구에서는 화학 I 교과에 제시된 원자가껍질 전자쌍 반발 이론(Valence Shell Electron Pair Repulsion Theory: VSEPR theory)을 통해 분자의 구조를 예측하고, 이를 직접 구조로 나타내는 단원의 내용을 선정하였다. 해당 단원의 내용은 분자의 구조 이미지를 표상하고 있으며, 분자의 구조를 예측하는 과정에서 전자-전자 반발의 원리에 따른 일련의 규칙과 순서를 포함하고 있기 때문이다.

나. 문제 상황 설정 및 AI 하드웨어·소프트웨어 선정

이 연구에서는 예비교사의 AI 활용 역량 강화 프로그램의 개발 방향 분석 결과에 근거하여, 프로젝트에 기반한 문제해결활동을 본 프로그램의 적용 전략으로 선정하였다. AI 활용 역량 강화를 위해선 AI 기술을 직접 사용해 보는 과정에서 겪을 수 있는 다양한 시행착오의 경험이 요구되는데, 프로젝트 기반 문제해결활동은 이와 같은 상황과 맥락을 예비교사들에게 제공해 줄 수 있기 때문이다. 따라서 프로젝트 활동 주제를 선정하였는데, 이 연구에서는 예비교사들로 하여금 ‘원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR)’ 원리에 대한 맞춤형 피드백을 고등학교 학생들에게 제공해 줄 수 있는 ‘AI 기반 분자구조 맞춤

형 학습 지원 도구’를 개발하도록 하였다.

고등학생들은 원자가껍질 전자쌍 반발 이론과 관련하여 다양한 오개념을 가지고 있으며(Noh et al., 2001), 오개념에 대한 교사의 즉각적이고 올바른 지도는 학생들의 과학 개념 형성에 핵심적 역할을 한다(Cho & Kim, 2011; Kim, 2018). 그리고 최근 2022 개정 교육과정에서는 개별화된 학습 경험을 통한 학생 맞춤형 교육을 강조하고 있으며, 이를 위한 추진 전략으로서 AI 등의 활용을 강조하고 있다(Ministry of Education, 2022). 따라서 본 연구에서는 AI에 기반한 개별 맞춤형 학습 지원 도구를 예비교사들이 직접 생성해 보는 프로젝트 활동을 통해 과학 교과 내용과 AI를 서로 연계·통합·융합할 수 있는 AI 활용에 대한 실천 역량을 길러 볼 수 있도록 하였다. 이에 다음의 Figure 1과 같이 고등학생들이 만든 분자구조 모형 이미지에 대해 피드백을 출력하여 학생별로 맞춤형 학습을 제공하는 AI 기반 분자구조 학습 도구를 예비교사들에게 제작하도록 하였다. 예를 들어, AI 기반 학습 도구는 ‘메테인의 분자구조 모형을 만들어주세요’라는 AI의 질문에 대해 고등학생이 스타이로폼과 이쑤시개로 메테인의 분자구조 모형을 만들고, 이를 웹캠에 비추어 이미지를 입력하면, AI가 학생이 만든 분자구조 모형 이미지를 받아들인 후 이에 적절한 피드백을 출력하는 과정으로 작동된다.

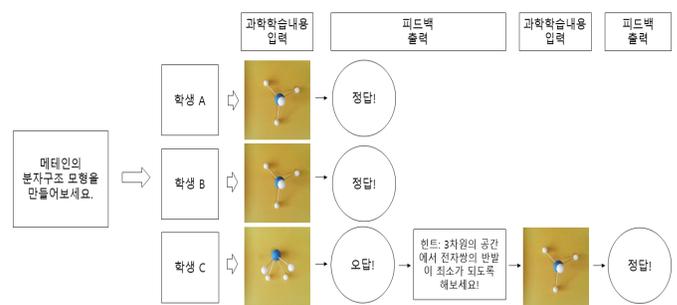


Figure 1. An example of the operation process of AI-based molecular structure customized learning support tool

그리고 이와 같은 AI 기반 맞춤형 학습 지원 도구를 생성하기 위해서는 분자 구조에 대한 이미지 인식 모델을 생성해야 한다. 이에 AI에 기반한 이미지 인식 모델 생성이 가능한 소프트웨어를 탐색하였고, 그 결과 본 연구에서는 티처블 머신(Teachable Machine)을 선정하였다. 티처블 머신은 구글에서 제공하는 머신러닝 학습 도구로서, 초보자도 머신러닝 모델을 쉽고 빠르게 생성할 수 있도록 제작된 웹 기반 도구이다. 티처블 머신에서는 데이터 수집(Add a Class), 훈련(Training), 테스트(Preview)의 3단계로 AI 모델 생성 과정이 구분되어 있으며, 에포크(Epoch), 배치사이즈(Batch Size), 학습률(Learning Rate) 등 머신러닝에 영향을 미치는 요인을 직접 수정할 수 있다(Lee & Lee, 2020). 따라서 AI 활용 측면에서 초보자인 예비교사들은 티처블 머신을 통해 머신러닝의 작동 단계를 이해하면서, 동시에 자신들이 원하는 AI 모델을 쉽고 빠르게 만들어 볼 수 있다는 장점이 있어 본 도구를 선정하였다.

한편, 생성된 AI 모델을 기반으로 맞춤형 학습 지원 도구를 제작하기 위해서는 프로그래밍이 요구된다. 그런데 티처블 머신 자체 내에서는 프로그래밍이 불가능하므로 생성된 AI 모델을 작동시키기 위해서는 다른 소프트웨어를 활용하여 코딩을 해야 한다. 이에 본 연구에서는 국내에서 개발된 카미블록(KamiBlock)을 선정하였는데, 이는

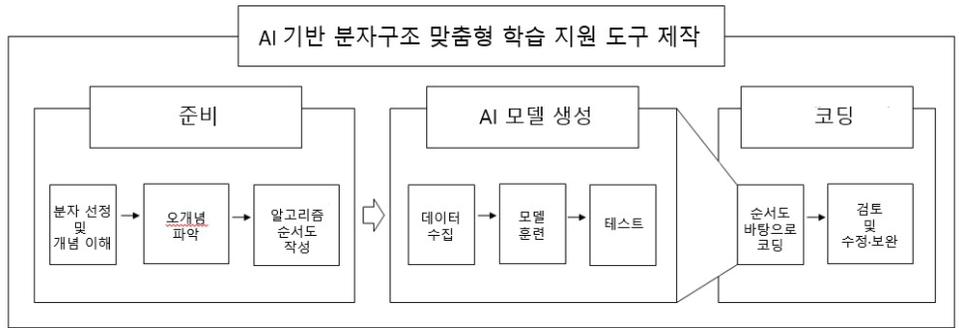


Figure 2. Stages of pre-service teacher activities for the creation of AI-based molecular structure customized learning support tool

스크래치3.0을 기반으로 한 블록 프로그래밍 언어로서, 티처블 머신과 연계된다. 기초적 수준에서의 프로그래밍 능력이 예비교사들에게 요구된다는 선행 연구 결과를 살펴볼 때(OECD, 2019; Yoon *et al.*, 2021), 본 활동 또한 예비교사들의 AI 활용 역량 강화 측면에서 의미가 있다고 볼 수 있다.

다. 프로그램의 세부 활동 내용 개발

‘AI 기반 분자구조 맞춤형 학습 지원 도구’의 생성을 위한 예비교사들의 활동 단계를 ‘준비’, ‘AI 모델 생성’, ‘코딩’의 세 단계로 구성하였다(Figure 2).

첫 번째로, 준비 단계는 AI 모델을 생성할 분자를 선택한 후, 이에 따른 맞춤형 학습 지원 도구를 제작하기 위한 알고리즘을 구성하는 단계이다(Table 2). 즉, 예비교사들이 ‘BCl₃, NH₃, H₂O, BeCl₂, CH₄’ 등과 같은 분자들 중 하나를 선택한 후, 그 분자 구조에 대한 과학적 개념을 ‘원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR)’ 원리에 기반하여 이해하도록 하였다. 그런 다음, 예비교사 자신들이 선택한 분자의 구조에 대해 고등학생들이 가지고 있을만한 오개념과 그 오개념이 발생한

원인 등을 다양한 자료를 검색하여 찾도록 하였다. 그리고 분자 구조를 이해시키기 위한 개별 맞춤형 학습 지원 도구의 알고리즘에 대한 논의를 한 후, 이를 순서도로 작성하도록 하였다.

두 번째로, ‘AI 모델 생성’ 단계는 티처블 머신에서 이미지 분류 모델을 생성하는 활동 단계로서(Table 3), ‘데이터 수집’, ‘모델 훈련’, ‘테스트’의 세부 단계로 구성하였다. 데이터 수집 단계에서는 예비교사들이 스타이로폼과 이쑤시개를 사용하여 다양한 분자 구조의 모형을 만들도록 하였다. 모델 훈련 단계에서는 티처블 머신을 통해 스타이로폼과 이쑤시개로 만든 분자 구조를 이미지로 인식시키면서, 모델을 학습시키는 활동 내용으로 구성하였다. 그런 다음, 테스트 단계에서는 머신러닝 학습이 잘 이루어졌는지를 확인한 후, 학습이 잘 되지 않았다면 데이터 수집 단계로 돌아가 모델을 수정함으로써, 원하는 수준의 성능을 내는 모델이 생성될 때까지 재학습을 반복하는 과정을 거치도록 하였다.

마지막으로, 코딩 단계는 AI 기반 분자구조 맞춤형 학습 지원 도구의 작동 알고리즘을 코드로 나타내는 단계이다(Table 4). 따라서 ‘준비’ 단계에서 작성한 순서도를 바탕으로 카미블록 프로그램을 통해 직접 코딩을 하는 활동으로 본 활동을 구성하였다. 그런 다음, 계획된

Table 2. Activities in the ‘preparation’ stage for the creation of AI-based molecular structure customized learning support tool

활동 단계	세부 활동 단계	활동 내용
준비	분자 선정 및 과학 개념 이해	(1) 예비교사들은 모두 별로 ‘BCl ₃ , NH ₃ , H ₂ O, BeCl ₂ , CH ₄ ’ 와 같은 분자 중 하나를 선택한다. (2) 원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR) 원리에 기반하여 선택한 분자 구조의 특징에 대해 이해한다.
	오개념 파악	(1) 선택한 분자 구조에 대해 고등학생들이 가지고 있는 오개념을 다양한 자료를 활용하여 파악한다. (2) 오개념이 발생하게 된 원인에 대해서 모두별로 토의하고 정리한다.
	알고리즘 순서도 작성	(1) 어떠한 절차와 방법으로 AI 기반 분자구조 맞춤형 학습 지원 도구를 생성할지에 관해 토의한다. (2) 토의한 내용을 바탕으로 순서도를 그린다.

Table 3. Activities in the ‘create an AI model’ stage for the creation of AI-based molecular structure customized learning support tool

활동 단계	세부 활동 단계	활동 내용
AI 모델 생성	데이터 수집	(1) 스타이로폼과 이쑤시개를 사용하여 분자구조 모형을 만든다. - 과학적 개념에 입각한 분자구조 모형을 만든다. - 분자구조에 대해 발생할 수 있는 오개념을 바탕으로, 오개념이 포함된 다양한 분자구조 모형을 만든다.
	모델 훈련	(1) 분자구조 모형의 이미지 데이터를 티처블 머신에 입력한다. (2) AI를 훈련시킨다.
	테스트	(1) 프리뷰어를 통해 머신러닝 학습이 잘 이루어졌는지를 확인한다. (2) 만약, 학습이 잘 되지 않았다면 ‘데이터 수집’ 단계로 돌아가서 모델을 수정한다. (3) 원하는 수준의 성능을 내는 모델이 생성될 때까지 재학습을 반복하는 과정을 거친다.

Table 4. Activities in the ‘coding’ stage for the creation of AI-based molecular structure customized learning support tool

활동 단계	세부 활동 단계	활동 내용
코딩	순서도를 바탕으로 코딩	(1) 카미블록 AI 프로그램을 다운받아 설치한다. (2) 티처블머신(이미지) 버튼을 눌러 해당 기능을 확장한다. (3) 알고리즘 순서도를 바탕으로 블록들을 조합하여 분자구조 학습도구를 만든다
	검토 및 수정·보완	(1) 프로그램의 작동 여부를 검토한 후, 수정·보완한다.

순서도대로 프로그램이 작동되는지를 여러 차례 검토 및 수정·보완할 수 있도록 하였다.

이와 같은 단계로 개발된 프로그램은 과학 교육 전문가 3인, 컴퓨터 교육 전문가 2인으로 구성된 여러 차례의 세미나를 통해 타당도를 검토 및 수정·보완하였다.

3. 중등 과학 예비교사의 AI 활용 역량 강화를 위한 프로그램의 적용

가. 연구 대상 및 적용 절차

충청북도 소재 H 대학교 화학교육과에 재학 중인 3학년 예비교사 26명(남: 13명, 여: 13명)을 대상으로 개발된 프로그램을 실험 관련 교과에서 적용하였다. 이 연구에 참여한 예비교사들은 AI 활용 역량을 강화하기 위한 강좌를 이수하거나 관련 프로그램 등에 참여한 경험이 없는 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서 개발한 프로그램의 적용은 ‘오리엔테이션’, ‘시범 활동 및 연습’, ‘프로젝트 활동’의 세 단계로 이루어졌다.

우선적으로, 오리엔테이션 단계에서는 예비교사들을 대상으로 AI에 대한 기초 교육을 2차시 동안 실시하였다. 즉, AI에 대한 정의와 함께 본 프로젝트 활동에 적용된 이미지 인식, 머신러닝 등을 중심으로 AI 기술 영역에 대한 내용을 예비교사들에게 설명하였다. 시범 활동 및 연습 단계에서는 연구자가 티처블 머신과 카미블록 사용법에 대해 설명한 후, 예비교사들이 해당 소프트웨어의 사용 방법을 직접 익히는 과정을 4차시 동안 거쳤다. 즉, 이 단계에서는 예비교사들이 기본적인 코딩 방법을 연습할 수 있도록 하였는데, 본 프로젝트 활동에 사용되는 예시 블록을 시범적으로 제공해 준 후, 이를 예비교사들이 직접 재구성하고 발전시킬 수 있도록 하였다. 마지막으로, 프로젝트 활동 단계에서는 본 연구에서 개발한 프로그램의 절차에 따라 예비교사들이 자신들만의 AI 기반 분자구조 맞춤형 학습 지원 도구의 생성 활동을 8차시 동안 수행하였다.

이와 같은 프로그램의 적용 전·후에 예비교사들은 ‘AI의 작동 원리에 대한 이해’, ‘과학 수업에서 AI 활용에 대한 효능감’에 대한 검사를 동일한 검사 도구로 받았다. 또한 모든 프로그램을 마친 후, 예비교사들은 ‘AI의 작동 원리에 대한 이해’, ‘과학 수업에서 AI 활용에 대한 효능감’, ‘과학 수업에서 AI 활용 방안’ 측면에서 반구조화된 사후 면담에 참여하였다. 한편, 본 연구를 진행한 연구자와 연구 대상자는 서로 위계 관계의 입장에 놓여있지 않았기 때문에, 연구 대상자의 심리적 반응성이 연구 결과에 영향을 미치는 ‘연구자에 의한 효과’ 등은 본 연구에서 최소화할 수 있었다.

나. 검사 및 사후 면담

‘AI의 작동 원리에 대한 이해’ 검사를 위하여, 이 연구에서는 Long & Magerko(2020)의 문항을 사용하였다. 이 검사 도구는 AI 역량에 대한 관점을 자신의 분야에서 AI를 효과적·비판적으로 도입 및 사용할 수 있는 리터러시로 보고, ‘AI는 무엇인가?’, ‘AI는 어떻게 작동하는가?’, ‘AI가 할 수 있는 일은 무엇인가?’, ‘AI는 어떻게 활용되어야 하는가?’, ‘사람들은 AI를 어떻게 인식하는가?’와 같은 5가지 영역을 5단계 리커트 척도로 묻는 질문들로 구성되어 있다. 따라서 이 연구에서는 ‘AI는 어떻게 작동하는가’에 대한 영역의 문항 중 본 연구와 관련되어 있는 머신러닝에 대한 이해를 물어보는 5개 문항을 발췌·수정하여 사용하였다. 컴퓨터 교육 전문가 2인으로부터 번역의 적절성과 내용의 적합성을 점검 받았다. 그리고 수집된 자료의 분석을 위하여 Window용 SPSS 25.0을 사용하여 사전-사후 검사 점수에 대한 대응표본 t-검정을 실시하였다. 이에 대한 결과로서, 예비교사들의 인식에 대한 평균(M)과 표준편차(SD)를 함께 제시하였고, 검사 도구의 신뢰도는 사전-사후 각각 0.804, 0.808로 나타났다.

‘과학 수업에서 AI 활용에 대한 효능감’ 검사는 Lee(2020)의 AI 효능감 검사 도구를 수정·번안하여 사용하였다. AI 효능감 검사 도구는 교육 분야에서 AI를 적용하는 것에 대한 자기 주도성 및 자신감을 묻는 4문항으로 구성되어 있다. 따라서 본 연구 상황에 맞춰 과학 수업 상황에서 AI 활용에 대한 효능감을 물을 수 있도록 문항을 수정·번안하였는데, 예를 들어 ‘나는 AI를 활용해서 간단한 문제를 해결할 자신이 있다.’와 같은 문항은 ‘나는 AI를 활용해서 간단한 과학 수업을 구성할 자신이 있다.’로 수정하였다. 이 후, 컴퓨터 교육 전문가 2인으로부터 번역의 적절성과 내용의 적합성을 점검 받았다. 수집된 자료의 분석을 위하여 Window용 SPSS 25.0을 사용하여 사전-사후 검사 점수에 대한 대응표본 t-검정을 실시하였다. 이에 대한 결과로서, 예비교사들의 응답 평균(M)과 표준편차(SD)를 함께 제시하였고, 검사도구의 신뢰도는 사전-사후 각각 0.930, 0.928로 나타났다.

마지막으로, ‘과학 수업에서 AI 활용 방안’에 대한 예비교사들의 인식은 반구조화된 사후 면담을 통해 이루어졌다. 사후 면담은 본 활동이 모두 끝난 후, 사후면담에 참여하기를 원하는 18명의 예비교사들을 총 5팀으로 나누어 한 팀당 예비교사 3~4명과 연구자 2명이 약 1시간 동안 관련 면담을 진행하는 방식으로 이루어졌다. 사후 면담은 과학 수업에서 AI의 활용 방안에 대한 예비교사들의 인식을 살펴 보기 위해 측면에서 이루어졌고, 예비교사들의 동의하에 면담의 모든 내용을 녹음하였다. 이 후, 예비교사들의 사후 면담 내용 분석을 위해 모두 전사하였고, 이와 같이 전사된 내용에서 추출한 중심 문장과 이에 따른 주제어 및 시사점 등의 측면에서 두 명의 연구자가 분석자간 일치도를 구하는 과정을 반복적으로 수행하였다. 이 과정을 분석자간 일치도가 90% 이상에 도달할 때 까지 실시하였다. 그런 다음,

대부분의 예비교사들이 공통으로 언급한 대표적인 응답 내용을 기술 함으로써, 예비교사들의 전체적인 응답 경향 및 특징 등을 파악할 수 있도록 하였다.

또한 이 연구에서는 ‘AI의 작동 원리에 대한 이해’와 ‘과학 수업에서 AI 활용에 대한 효능감’ 측면에서도 반구조화된 사후 면담을 실시 함으로써, 양적 연구 결과에 따른 결과 해석의 타당성을 추가적으로 확보하고자 하였다. 이를 위한 사후 면담 진행과 분석 등은 ‘과학 수업에서 AI 활용 방안’에 대한 인식을 살펴보기 위한 과정에서 이루어진 사후 면담과 동일한 절차 및 방법으로 진행하였다.

III. 연구 결과

1. AI의 작동 원리에 대한 이해

예비교사들이 인식하는 ‘AI의 작동 원리 이해’에 대한 사전-사후 대응표본 t-검정 결과는 Table 5와 같다.

분석 결과, 사전-사후 검사 점수의 전체 평균이 각각 3.25(0.69), 4.01(0.63)로 나타났고, 통계적으로 .001 수준에서 유의미한 차이가 있었다($t=6.969, p=.000$). 따라서 본 연구에서 개발한 프로그램이 AI의 작동 원리를 기초적 수준에서 예비교사들을 이해시키는 데 효과가 있었음을 알 수 있었다.

세부적으로 검사 영역 별 분석 결과를 살펴보면, ‘머신러닝의 단계 별 모델 생성 과정 이해’ 영역에서 사전-사후 검사 점수의 평균이 각각 1.77(0.95), 3.69(0.83)로 나타났고, 그 값은 통계적으로 .001 수준에서 유의미한 차이가 있었다($t=8.189, p=.000$). 따라서 예비교사들은 이미지 인식 모델을 생성해 봄으로써 머신러닝 모델의 단계 별 학습 과정과 그 기초적 원리를 이해했을 뿐만 아니라, 그 사용법을 익힐 수 있었음을 알 수 있었다. 실제로, 예비교사 3A, 6B는 자신들이 직접 머신러닝을 학습시켜 보는 과정을 통해 AI의 작동 원리를 이해할 수 있었음을 언급하였고, 특히 예비교사 6B는 머신러닝 훈련 시 데이터 부족으로 인해 겪었던 시행착오의 경험을 설명하면서, 데이터를 중심으로 한 머신러닝 학습 모델의 생성 원리를 깨달았음을 설명하였다(예 1).

(예 1)

(예비교사 3A) 전에는 AI를 다뤄본 적이 없어서 추상적으로 느껴졌는데, 실제로 저희가 학습도 시켜보고 적용도 해보면서 AI가 뭔지, 어떻게 작동하는지 알 수 있었습니다.

(예비교사 6B) 머신러닝 제가 직접 학습시켜 보면서, AI의 작동 방식을 확인할 수 있었어요. 직접 머신러닝을 해 보았을 때 데이터가 부족하면 애(AI)가 인식을 잘 못했잖아요. 그런 것처럼, 직접 작동을 해 보면서 애(AI)가 일단 동작을 하려면 기본 베이스로 데이터가 깔려있어야 하고, 좋은 모델을 만들려면 많은 데이터가 필요하다는 그런 것들을 깨달았던 것 같아요.

따라서 본 연구에서 개발한 실행 중심의 프로그램이 머신러닝을 중심으로 한 AI 도구의 작동 원리 이해 및 활용 역량 강화 측면에서 예비교사들에게 도움이 되었음을 알 수 있었다.

또한 ‘AI에서 인간의 역할 이해’ 영역에서는 사전-사후 검사 점수의 평균이 각각 3.81(1.06), 4.12(0.65)로 나타났고, 그 값은 .05 수준에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($t=2.132, p=.043$). 즉, 예비교사들은 데이터 처리와 관련된 활동을 통해 머신러닝의 학습 과정에 인간의 개입이 일정 부분 필요함을 인식했던 것으로 나타났다. 이와 관련하여 예비교사 6B는 머신러닝의 학습을 위해 다양한 데이터의 준비가 필요했음을 언급하면서, AI 시스템에서 인간의 역할의 중요성에 대해 인식하였음을 설명하였다. 예비교사 4B 또한 학습시켜야 할 데이터의 수나 질을 조절해준다면, 모델을 훈련시키는 과정에서 주변 환경의 정돈 등과 같은 인간의 개입이 일정 부분 필요함을 알 수 있었음을 언급하였다(예 2).

(예 2)

(예비교사 6B) 인간이 모든 경우의 수를 입력을 시켜야 AI가 학습을 하잖아요. 그래서 그 학습된 게 부족하면 결국 그게 오류로 나타나는 거게 한계 같아요. 인간이 역할을 하지 않으면, 결국 그 인공지능도 제대로 많은 역할을 할 수 없는 것 같아요.

(예비교사 4B) 머신러닝 학습에서는 사람이 각각의 분자 모형을 다양한 각도에 따라 준비해야 하고, 학습시킬 때 사람 손이나 이런 방해물들을 없애야 되고, 이런 것을 통해서 결국에는 AI이지만 인간의 간섭이 필요하다는 것을 느꼈어요.

Table 5. Results of the pre-post t-test for the domain of ‘Understanding how does AI works’

(N=26)

영역(점수)	평균(표준편차)		t	p
	사전	사후		
머신러닝의 단계 별 모델 생성 과정 이해 (5)	1.77 (0.95)	3.69 (0.83)	8.189	.000***
AI에서 인간의 역할 이해 (5)	3.81 (1.06)	4.12 (0.65)	2.132	.043*
AI 작동 원리 이해				
데이터 활용 역량 (5)	2.88 (1.14)	3.65 (1.02)	3.953	.001**
데이터 리터러시				
AI는 데이터를 통해 학습 (5)	4.15 (0.46)	4.38 (0.64)	1.806	.083
AI가 데이터를 학습하는 방법 이해 (5)	3.62 (1.06)	4.19 (0.75)	3.112	.005**
전체	3.25 (0.69)	4.01 (0.63)	6.969	.000***

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

일반적으로, 머신러닝과 같은 AI 시스템은 완전히 자동화 되어 누군가의 의사결정을 필요로 하지 않는 것으로 인식하는 경우가 있는 것으로 보고되고 있다(Long & Magerko, 2020). 따라서 AI 기술을 활용하는 과정에서 AI는 본질적으로 그 시스템을 구축하는 개발자와 프로그래머, 그리고 이를 이용하는 개인 등에 의해 훈련되고 안내된다는 측면을 이해할 필요가 있는 있는데, 예비교사들은 분자모형을 학습 데이터로 사용하는 과정에서 이에 대한 관점을 인식한 것으로 볼 수 있다.

그리고 데이터 리터러시 영역과 관련된 세 개 문항의 사후 점수 평균(데이터 활용 역량: 3.65, AI는 데이터를 통해 학습: 4.38, AI가 데이터를 학습하는 방법 이해: 4.19)은 사전 점수의 평균(데이터 활용 역량: 2.88, AI는 데이터를 통해 학습: 4.15, AI가 데이터를 학습하는 방법 이해: 3.62)보다 모두 높았다. 그리고 ‘AI는 데이터를 통해 학습’ 영역을 제외하고, 모두 .01 수준에서 통계적으로도 유의미한 차이가 있었다. 따라서 예비교사들은 머신러닝 기반의 AI 학습 모델을 직접 생성해 보는 과정에서 데이터 자체의 중요성을 이해했던 것으로 나타났다는데, 특히 정확도 높은 AI 학습 모델을 만들기 위해 요구되는 조건 중 하나인 ‘데이터의 양’에 대한 중요성을 인식했음을 알 수 있었다. 즉, 예비교사들은 자신들이 직접 AI 모델을 생성해 보는 과정에서 겪은 여러 차례의 시행착오를 통해 AI가 대량의 데이터를 통해 학습한다는 사실을 명확하게 알게 된 것으로 나타났다. 이와 관련하여 예비교사 6C는 AI의 이미지 인식률이 낮아 데이터를 추가했던 경험을 언급하면서, ‘사물 분류’, ‘패턴 발견’, ‘결과 예측’ 기능의 정확성을 높이는데 있어서의 기본은 많은 양의 데이터임을 알게 되었음을 언급하였다. 예비교사 9A는 자신의 AI 모델 생성 활동 과정에서 데이터의 양을 늘린 후 컴퓨터의 이미지 인식률이 개선되었던 경험을 언급하기도 하였다(예 3).

(예 3)
 (예비교사 6C) 데이터가 부족하면 AI가 인식을 잘 못해서 여러 번 이 과정(데이터를 추가하는)을 반복했잖아요. 분류하고 예측하는 동작을 하는 기본 원리가 데이터가 기본으로 깔려 있어야 한다는 그 점을 깨달았던 것 같아요.
 (예비교사 9A) 처음에 뭐 한 15개 이렇게 데이터를 넣어놨을 때는 다른 걸(정답이 아닌 class)로 인식을 엄청 많이 하더라고요. 그래서 데이터를 엄청 늘려봤어요. 한 백 개 넘게 늘려봤는데, 백 퍼센트까지는 아니어도 그래도 인식률이 많이 개선되더라고요.

또한 예비교사들은 ‘데이터의 양’ 뿐만 아니라 ‘데이터의 질’도 AI의 성능에 중요한 영향을 미친다는 것을 알게 된 것으로 나타났다. 즉, 예비교사들은 데이터 수집 단계에서 스티로폼과 이쑤시개를 이용하여 AI 학습 모델 생성에 필요한 분자구조 모형을 직접 만들었고, 이후 티처블 머신의 웹캠을 통해 자신들이 만든 분자구조 모형을 직접 촬영하여 이미지 데이터를 업로드하는 일련의 과정들을 경험하였다. 그리고 이 과정에서 예비교사들은 질 좋은 데이터를 만들기 위해 다양한 측면들을 고민했던 것으로 나타났는데, 예를 들어 예비교사 4B는 ‘다양한 각도에서 분자구조 모형을 촬영한 많은 양의 데이터’, 예비교사 6C는 ‘주변 배경 등과 같은 방해 요인이 제거된 데이터’, 예비교사 3A는 ‘분자구조 별로 구분이 명확하게 되는 데이터’ 등의 측면을 고민했던 것으로 나타났다(예 4).

(예 4)
 (예비교사 4B) (인간이) 각각의 분자 모형을 다양한 각도에 따라 촬영해서 (인간이) 다양한 데이터를 인간이 수집해야 되는구나를 느꼈어요.
 (예비교사 6C) (이미지 데이터를 만들 때) 모든 각도에서 분자 구조를 찍고, 주변 배경이 동일하면서, 손이나 이런 주변 방해물들을 없애야 했어요.
 (예비교사 3A) 이미지 인식 시킬 때, 분자구조 마다 그 구조가 명확하게 잘 구분이 되는 데이터를 만드는 것이 중요해서, 이 부분을 많이 고민했어요.

따라서 이와 같이 예비교사들이 데이터를 직접 다루어 본 경험이 AI의 능률과 데이터의 ‘양’ 및 ‘질’ 간의 상관관계 등을 인식하도록 하는 데 긍정적인 영향을 미쳤음을 알 수 있었다.

2. 과학 수업에서 AI 활용에 대한 효능감

예비교사들이 인식하는 ‘과학 수업에서 AI 활용에 대한 효능감’에 대한 사전-사후 대응표본 t-검정 결과는 Table 6과 같다.

분석 결과, 사전-사후 검사 점수의 전체 평균이 각각 2.63(0.81), 3.65(0.71)로 나타났고, 통계적으로 .001 수준에서 유의미한 차이가 있었다($t=6.879, p=.000$). 따라서 본 연구에서 개발한 프로그램이 과학 수업에서 AI 활용에 대한 예비교사들의 효능감을 높이는 데 효과가 있었음을 알 수 있었다.

세부적으로 검사 영역 별 분석 결과를 살펴보면, ‘AI를 과학 수업

Table 6. Results of the pre-post t-test for the domain of ‘Efficacy of using AI in science class’ (N=26)

영역(점수)	평균(표준편차)		t	p
	사전	사후		
AI를 과학 수업에 활용하는 방법 및 원리에 대한 이해 (5)	2.50 (1.03)	3.77 (0.71)	6.730	.000***
과학 수업에서 AI의 역할에 대한 이해 (5)	2.85 (1.12)	3.73 (0.83)	4.542	.000***
AI를 적용할 수 있는 과학 수업 주제 선정에 대한 자신감 (5)	2.73 (1.00)	3.73 (0.92)	4.372	.000***
AI를 활용한 과학 수업 설계에 대한 자신감 (5)	2.42 (1.14)	3.38 (0.98)	3.656	.001***
전체	2.63 (0.81)	3.65 (0.71)	6.879	.000***

*** $p<.001$

에 활용하는 방법 및 원리에 대한 이해'(사전: 2.50, 사후: 3.77), '과학 수업에서 AI의 역할에 대한 이해'(사전: 2.85, 사후: 3.73), 'AI를 적용할 수 있는 과학 수업 주제 선정에 대한 자신감'(사전: 2.73, 사후: 3.73), 'AI를 활용한 과학 수업 설계에 대한 자신감'(사전: 2.42, 사후: 3.38)을 묻는 질문에 대하여 사후 검사 점수가 사전 검사 점수의 평균보다 모두 높았고, 통계적으로도 .001 수준에서 모두 유의미한 차이가 있었다. 따라서 검사 영역 별 사전 점수에 비해 사후 점수가 모두 증가하였고, 이에 과학 수업에서 AI 활용에 대한 예비교사들의 효능감이 상승하였음을 알 수 있었다. 그러나 전반적으로 검사 문항들의 사후 평균 점수가 5점 만점에 3점대의 점수를 나타냈기 때문에, 예비교사들의 AI 활용에 대한 효능감은 보통 수준임을 알 수 있었다.

이와 같은 결과는 AI와 과학 수업 내용을 서로 접목해 본 경험이 예비교사들에게는 처음이었기 때문인 것으로 볼 수 있다. 즉, 예비교사들은 본 활동을 통해 AI를 활용한 과학 개념 수업이 가능하다는 것을 알게 되었지만, 아직은 과학 수업에서 AI 활용에 대한 자신감은 크지 않음을 나타냈다. 이와 관련하여, 예비교사 6C는 본 활동을 통해 과학 수업에서 AI의 활용 방안을 배울 수 있었지만, 여전히 이와 같은 수업에 대한 자신감은 비교적 낮은 편임을 언급하였다. 예비교사 6A 또한 본 활동을 통해 처음으로 AI를 활용한 과학 수업의 가능성을 탐색하고 그 방법론을 이해할 수는 있었지만, AI를 활용한 과학 수업 설계에 대한 부분은 좀 더 배워 나아가야 할 부분임을 설명하였다(예 5).

(예 5)

(예비교사 6C) AI가 어떻게 교육을 대체할지에 대해 좀 막연한 생각을 가지고 있었는데, 이번 프로젝트를 통해 AI가 수업에서 이런 방식으로도 활용될 수 있다는 것을 배우고 많은 것을 느낄 수 있었습니다. 그런데 아직은 별로 AI 수업에 대해서는 자신감은 크게 없는 것 같아요.
(예비교사 6A) 어떤 식으로 AI를 수업에 접목시켜야 하는지를 저희가 지금까지 한 번도 생각을 해본 적이 없었는데, 직접 해보는 과정에서 이런 식으로 해야겠구나를 더 생각해 보는 시간이었어요. 나중에 교육에 어떻게 학생들이 알고 있는 지식은 (AI와) 접목시켜서 어떻게 교육할 수 있구나를 알 수 있게 된 것 같은데, 수업을 구성하고 계획하려면 좀 더 배우고 해야 할 것 같아요.

AI 활용에 대한 효능감은 학교 현장에서 AI 활용 교육에 대한 저항감을 낮추는 데 유의미한 상관성이 있으므로(Park, 2021), 과학 수업에서 AI 활용에 대한 예비교사들의 효능감을 지금보다 높은 수준에서 확보하는 것이 중요할 것으로 생각된다. 본 연구에서 개발한 프로그램의 내용과 적용 전략은 예비교사들의 효능감을 처음보다 증가시키는 데 영향을 미치긴 하였지만, 과학교육 현장에서 AI 활용에 대한 긍정적 인식과 효과성 등을 확보하기에는 미흡한 수준이라고 할 수 있다. 따라서 예비교사들의 AI 활용 교육에 대한 관심도를 제고하면서 AI 효능감을 좀 더 높여줄 수 있는 방안 마련이 요구된다 하겠다.

3. 과학 수업에서 AI 활용 방안

과학 수업에서 AI 기술의 활용 및 도입 방안에 대해 대부분의 예비교사들이 공통적으로 응답한 인식을 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 예비교사들은 AI를 학생들의 과학 개념 이해를 도울 수 있는 개별 맞춤형 학습 도구로서 그 활용 방안을 인식한 것으로 나타났다.

즉, 대부분의 예비교사들은 자신들이 제작한 AI 기반 학습 도구가 분자 구조에 대한 학생들의 오개념 수정을 돕고, 이를 통해 원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR)이라는 과학 개념에 대한 학생들의 이해를 증진시키는 데 도움이 될 수 있을 것임을 나타냈다.

예를 들어, 예비교사 6B는 자신들이 제작한 AI 학습 도구가 학생 개개인에게 즉각적인 맞춤형 피드백을 제공해 줌으로써, 학생 자신들의 오개념 수정에 도움이 될 수 있을 것임을 언급하였다. 예비교사 7C는 AI 학습 도구를 통해 학생들이 학습 단계 별로 자신들의 개념 이해 정도를 확인할 수 있어 과학 개념 이해에 도움을 받을 수 있을 것임을 언급하였고, 예비교사 2C는 학생과 AI 학습 도구가 서로 상호작용하는 과정을 통해 학생 스스로 사고할 수 있는 기회를 가지게 됨에 따라 과학 개념 이해에 도움이 될 수 있을 것임을 설명하였다(예 6).

(예 6)

(예비교사 6B) 우리가 만든 AI 분자구조 학습도구를 활용하여 선생님의 피드백을 기다릴 필요 없이 개개인에 맞추어 즉각적인 피드백이 가능할 것 같아요. 그에 따라, (학생들이 자신의) 오개념 수정에 도움이 될 것이라고 생각해요.

(예비교사 7C) 과학 개념 이해를 좀 더 수월하게 할 수 있을 것이라고 생각합니다. 학생 스스로 단계별로 내가 얼마나 알고 있는지 확인할 수 있고, 전에 이해되지 않았던 부분도 프로그래밍 되어있는 대로 복습을 하면서 기존에 하던 교과서를 읽으면서 하는 복습보다 훨씬 효율적인 것이라 생각합니다.

(예비교사 2C) 개념 이해에 도움이 될 것이라고 생각해요. 학습도구와 학생이 서로 상호작용하면서 사고할 수 있는 기회를 가질 수 있게 되어 과학 개념 이해에 도움을 받을 수 있을 것이라고 생각했어요.

둘째, 예비교사들은 AI를 새로운 교수학습을 실천하기 위한 전략으로서 그 활용 방안을 인식한 것으로 나타났다. 즉, 예비교사들은 자신들이 직접 경험했던 AI 기반 분자구조 맞춤형 학습 지원 도구 개발 활동을 수업 시간에 학생들에게 '적용 활동' 또는 '문제해결 활동'으로 제공해 주는 방향을 설명하였는데, 이들은 AI를 활용하여 분자구조를 판별할 수 있는 학습 도구를 만들기 위해서는 분자의 구조를 결정짓는 절차와 그 안의 과학 개념을 정확하게 이해해야 하기 때문에, 학생들은 해당 활동을 통해 과학 개념에 대한 이해를 모색할 수 있을 것임을 나타냈다.

예를 들어, 예비교사 4A는 학생들이 AI 기반 분자구조 맞춤형 학습 지원 도구의 알고리즘을 구성하는 단계에서 원자가 껍질 전자쌍 반발 원리를 체계적으로 정리할 수 있을 것임을 설명하였다. 예비교사 8A는 학생들이 직접 AI 기반의 학습 도구를 만드는 과정 자체가 공부될 수 있을 것임을 언급하면서, 다양한 형태의 분자 구조를 이미지 인식시키는 단계에서 관련 개념에 대한 자문자답의 과정이 이루어져 궁극적으로 과학 개념 이해에 도움이 될 수 있을 것임을 설명하였다(예 7).

(예 7)

(예비교사 4A) 이걸(알고리즘 순서도) 구성을 하려면 분자구조 전체에 대한 개념을 쪼개서 단계 별로 생각해야 하잖아요. 분자구조 학습 도구를 구성한다는 것 자체가, 모형 하나만 알아서 그려질 수 없잖아요? 전체적인 개념의 틀을 잡고 직선형과 굽은형의 차이를 생각하는데 도움이 되지 않을까요? 그래서 이걸 하다보면, 분자구조에 대한 개념이 머릿

속에서 체계적으로 정리가 될 수 있을 것 같고, 이런 것을 문제해결활동으로 새롭게 수업에서 시도해 볼 수 있을 것 같아요.
(예비교사 8A) 자문자답의 기회가 될 수 있을 것 같아요. 맨 처음에 내가 분자구조를 만들기 위해 처음으로 해야 하는 건 뭐지? 이거 아닐까? 등록시켜보고 (반복) 내가 여기까지 만들었는데 어떤 구조가 맞는 거지? 이런 부분에서 틀린 애들은 이렇게 피드백을 주어야 하지 않을까? 하면서 자문자답해 볼 수 있을 것 같아요. 수업 단계에서 적용 활동으로 시키면, 학생들이 만드는 과정에서 공부될 것 같아요.

마지막으로, 예비교사들은 AI를 원격 수업을 보조할 수 있는 교육적 도구로서 그 활용 방안을 인식한 것으로 나타났다. 즉, 예비교사들은 AI 기반 분자구조 맞춤형 학습 지원 도구가 원격 수업 상황에서 효율적으로 사용될 수 있을 것임을 설명하였다. 예를 들어, 예비교사 8A는 원격 수업 상황에서 AI가 선생님의 역할을 보조해 줄 수 있을 것임을 언급하였다. 예비교사 8B는 코로나19와 같은 감염병 위기 상황에서 AI의 다각적인 활용 방안 모색을 통해 수업에 대한 학생들의 만족도와 효과성을 확보해 나갈 수 있을 것임을 설명하였다(예 8).

(예 8)
(예비교사 8A) 아무래도 원격으로 수업을 하면은 학생들과 개별 피드백이 좀 어려울 수 있는데, 이런 AI 분자구조 학습 도구를 함께 사용하면, 학생들과의 소통이 훨씬 더 효율적이고, 만족도도 높아져서 원격수업 효과를 높일 수 있을 것 같아요. 선생님 역할을 기계가 보조해줄 수 있을 것 같아요.
(예비교사 8B) 코로나19와 같은 상황에서 기계는 이제 제약이 없으니까 어디에서나 학생들이 학습할 수 있는 도구로 만들어서 활용 가능할 것 같아요. 원격수업에서 이런 AI를 여러 가지 측면으로 잘 활용하면 수업이 효과적이지 않을까요?

AI의 활용 방안에 대한 예비교사들의 인식을 교과 수업 내용과 연계하여 수업의 효과성을 높일 수 있는 관점에서 모색할 필요가 있다. 그런데 본 연구에서 예비교사들은 과학 수업 상황에서 교사의 역할을 보조할 수 있는 새로운 교육 도구이자 과학 개념을 가르치기 위한 새로운 인지적·탐구적 수업 전략으로서 AI 기술의 활용 방안을 인식한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 예비교사들이 직접 AI 기반의 분자구조 맞춤형 학습 지원 도구를 제작해 보는 활동에 기인한 것으로 해석해 볼 수 있다. 따라서 예비교사들의 AI 활용에 대한 인식 개선과 그 인식에 바탕을 둔 AI 기술의 의미 있는 활용 가능성을 높이기 위해서는 과학 교과 내용과 AI 기술의 융합 방안에 대한 다양한 사례 연구가 요구됨을 알 수 있었다.

IV. 결론 및 제언

4차 산업혁명과 맞물린 포스트코로나 시대의 대응을 위해 미래교육으로의 전환을 위한 다각적인 노력이 여러 측면에서 이루어지고 있는데, 그 중 수업에서 AI 활용의 필요성이 요구됨에 따라 AI 역량을 갖춘 예비교사의 역량 확보가 강조되고 있다. 최근 확정·발표된 2022 개정 교육과정의 중점 방향 중 하나로 제시된 ‘디지털·AI 교육 환경에 맞는 교수학습 및 평가 체계 구축 마련’의 측면만을 살펴보다라도 AI를 활용하여 학생을 지도할 수 있는 역량은 교사 전문성의 새로운 핵심 영역이라고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 중등 과학

예비교사들의 AI 활용 역량 강화를 위하여, 기 개발된 구글의 티처블 머신을 활용하여 과학 개념에 대한 맞춤형 피드백을 고등학교 학생들에게 제공해 줄 수 있는 ‘AI 기반 분자구조 맞춤형 학습 지원 도구’를 예비교사들이 직접 생성해 보는 프로젝트 활동을 개발 및 적용하였다. 프로그램의 효과를 살펴보기 위하여 프로젝트 활동 적용 전·후, ‘AI의 작동 원리 이해’, ‘과학 수업에서 AI 활용에 대한 효능감’ 측면에서 인식 검사를 실시하였고, ‘과학 수업에서 AI 활용 방안’에 대한 인식을 중심으로 사후 면담도 진행하였다.

분석 결과, 본 연구에서 개발한 프로그램은 예비교사들에게 머신러닝을 중심으로 한 AI 기술의 작동 원리를 기초적 수준에서 이해시키고, 그 사용법을 익히는 데 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 본 연구에서 개발한 프로그램은 과학 수업에서 AI 활용에 대한 예비교사들의 효능감을 높이는 데에도 효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 예비교사들은 학생들의 과학 개념 이해를 도울 수 있는 새로운 교수 학습 전략이자 도구로서 AI 기술의 활용 방안 측면을 인식한 것으로 나타났다. 즉, 예비교사들은 교육 환경 개선이나 학생들의 흥미 등을 위해 일회성으로 수업에 도입하는 도구로서의 AI 활용을 넘어 교과 내용과 AI 간의 연계·통합·융합이라는 새로운 전략으로서의 방안을 인식했던 것으로 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서 개발한 프로그램은 기초적 수준에서 예비교사들의 AI 활용 역량 강화 및 인식 개선 등에 긍정적 영향을 미쳤음을 알 수 있었다.

이와 같은 이유는 예비교사들이 과학 교과 내용과 AI 기술을 연계·융합하기 위한 교수학습 도구를 직접 생성해 보는 과정에서 관련 역량을 획득할 수 있었던 것으로 볼 수 있다. 즉, 예비교사들은 웹기반 머신러닝 도구인 티처블머신의 알고리즘을 사용하여 고등학교 학생들의 분자구조 생성 활동에 피드백을 제공해 줄 수 있는 AI 기반 분류 모델을 직접 훈련 시켰는데, 이 활동에 대한 경험 자체가 예비교사들에게 도움이 되었던 것으로 나타났다. 따라서 예비교사들의 AI 관련 역량 확보는 교과 내용과 AI가 연계·통합·융합된 다양한 사례들을 프로젝트 형식으로 직접 다루어보고 실행해 보면서, AI의 기본 작동 원리와 함께 AI로 할 수 있는 일들, 그리고 AI를 작동시키기 위해 필요한 재료와 방법, 절차 등을 숙지시켜 나가는 것이 효과적인 방법이 될 것으로 생각된다.

그러나 예비교사들이 머신러닝과 같은 AI 기술의 작동 원리나 사용법 등을 이해했다고 인식한 수준에 비해 과학 수업에서 AI 기술의 활용에 대한 효능감 관련 인식 수준은 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 교수 효능감은 개인의 교수 행위에 영향을 미치므로(Alderman, 2008), 과학 수업에서 AI 활용에 대한 효능감이 높은 예비교사는 앞으로도 AI를 자신의 교과 내용과 연계·통합·융합하여 좀 더 효과적이고 심층적인 교육을 제공하고자 하는 의지와 동기로 이어질 수 있다. 따라서 예비교사들의 AI 활용 역량 확보 과정에서 AI 기술 자체 등을 훈련하는 것뿐만 아니라, 예비교사들의 AI 활용 효능감을 증진시킬 수 있는 방법을 다양한 연구 등을 통해 모색하는 것도 중요한 것으로 생각된다.

한편, 이 연구는 일부의 예비교사들만을 대상으로 하였기 때문에, 연구 결과의 해석에 제한점이 있다. 또한 본 연구에서 개발된 프로젝트 활동의 효과를 심층적으로 밝히는 데에도 한계가 있다. 따라서 추후 다양한 예비교사들을 대상으로, 이들의 활동을 관찰하거나 의사소통 과정을 분석하는 등의 정성적 연구를 통해 본 연구에서 개발한

프로그램의 구체적인 효과 및 원인 등을 밝혀낼 필요가 있다.

국문요약

이 연구에서는 중등 과학 예비교사들의 AI 활용 역량 강화를 위하여, 구글의 티처블머신을 활용하여 예비교사들이 ‘AI 기반 분자구조 맞춤형 학습 지원 도구’를 직접 생생해 보는 프로젝트 활동을 개발 및 적용하였다. 이를 위하여, 충청북도 소재 H 대학교 화학교육과에 재학 중인 3학년 예비교사 26명을 대상으로 비교과 활동 시간에 개발된 프로그램을 14차시 동안 적용하였고, ‘AI의 작동 원리 이해’, ‘과학 수업에서 AI 활용에 대한 효능감’, ‘과학 수업에서 AI 활용 방안’에 대한 인식을 살펴보았다. 연구 결과, 본 연구에서 개발한 프로그램은 예비교사들에게 머신러닝에 대한 AI 기술의 작동 원리를 기초적 수준에서 이해시키고, 그 사용법을 익히는 데 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 본 연구에서 개발한 프로그램은 과학 수업에서 AI 활용에 대한 예비교사들의 효능감을 높이는 데에도 효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 예비교사들은 학생들의 과학 개념 이해를 도울 수 있는 새로운 교수학습 전략이자 도구로서 AI 기술의 활용 방안 측면을 인식한 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서 개발한 프로그램은 기초적 수준에서 예비교사들의 AI 활용 역량 강화 및 인식 개선 등에 긍정적 영향을 미쳤음을 알 수 있었다. 이에 대한 시사점에 대해 논의하였다.

주제어 : AI 역량, AI 이해, AI 효능감, AI 활용에 대한 인식, 중등 과학 예비교사

References

Alderman, M. (2008). *Motivation for achievement: Possibilities for teaching and learning*. New York: Lawrence Erlbaum.

Cho, H. J., & Kim, Y. O. (2011). Early childhood teachers' perception of children's misconception encountered during science activities. *The Journal of Korea Open Association for Early Childhood Education*, 16(6), 1-23.

Cho, K. W. (2004). A critical examination of secondary teacher education for secondary school teachers. *Journal of Educational Studies*, 35(1), 1-19.

Cho, S. H. (2004). School experience of student teachers in the secondary schools for four weeks. *The Journal of Educational Administration*, 22(1), 201-224.

Ertmer, P. A. (1999). Addressing first- and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. *Educational Technology Research and Development*, 47, 47-61.

Hur, C. S. (2007). Practicum as a place for reconstructing pedagogical knowledge: Experiences of five student teachers. *The Journal of Curriculum Studies*, 25(1), 95-127.

Jun, S. J. (2021). Development of artificial intelligence education program based on experiential learning for liberal art education. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 24(2), 63-73.

Jun, S. J., Jeon, Y. J., & Jeong, I. K. (2021). Design of liberal arts subjects for artificial intelligence education for pre-teachers in elementary and secondary schools. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 25(5), 859-869.

Kim, D. R. (2018). Knowledge about science misconceptions and views on correctional strategies of elementary pre-service and in-service teachers. *Journal of Fisheries and Marine Science Education*, 30(2), 395-408.

Kim, H. J., Park, J. H., Hong, S. J., Park, Y. J., Choi, J. Y., Kim, Y. R., Lee, H. S., & Lee, I. S. (2020). A study on how to support the operation of national-level curriculum in preparation for the AI era. Ministry of Education (Publication registration number 11-1342000-000585-01).

Kim, H. S., & Jun, S. J. (2020). Artificial intelligence curriculum design

for liberal arts education. *Korean Association of Artificial Intelligence Education Transaction*, 1(1), 93-100.

Kim, J. Y. (2016). *Hello data science*. Seoul: Hanbit Media.

Kim, S. A., & Park, J. Y. (2021). Artificial intelligence education status and implications at liberal arts education of universities. *Korean Association of Artificial Intelligence Education Transaction*, 2(2), 31-38.

Korea Foundation for the Advancement Science & Creativity (2020). *Elementary and secondary artificial intelligence education content system exploratory research issue report*. Seoul: Korea Foundation for the Advancement Science & Creativity.

Korea Institute for Curriculum and Evaluation (2020). *The concept and use of artificial intelligence (AI) in school education*. Position Paper, 12(3), 2-21. (Research material ORM 2020-21-3).

Lee, H. J., & Kim, Y. S. (2020). Development of physical computing convergence artificial intelligence(AI) education materials for elementary school using artificial intelligence education platform. *The Korean Association of Computer Education's Academic Conference Papers*, 24(2), 167-170.

Lee, J. H., Jo, J., & Chae, S. C. (2021). Development of data-driven teaching material for AI convergence education: Focused on damped oscillation. *School Science Journal*, 15(2), 121-136.

Lee, J. H., & Lee, S. H. (2020). A study on experts' perception survey on elementary AI education platform. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 24(5), 483-494.

Lee, J. Y. (2022). *Research on the development of teaching and learning model for science and artificial intelligence convergence education - Focused on modeling learning*. Korea National University of Education, Master's Thesis.

Lee, S. H. (2020). Analyzing the effects of artificial intelligence (AI) education program based on design thinking process. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 23(4), 49-59.

Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-16.

Ministry of Education (2015). *Science and curriculum summary*. Ministry of Education Notification No. 2015-74 [Annex 9].

Ministry of Education (2020). *Elementary and secondary artificial intelligence education content standards (draft)*.

Ministry of Education (2021a). *2022 revised curriculum general summary key points (Draft)*.

Ministry of Education (2021b). *Announcement of the results of the 2021 elementary and secondary teacher training college artificial intelligence (AI) education reinforcement support project selection results*.

Ministry of Education (2022). *2022 revised curriculum*.

Ministry of Science and ICT (2019). *Artificial intelligence (AI) national strategy*.

Noh, T. H., Seo, I. H., Cha, J. H., Kim, C. M., & Kang, S. J. (2001). The relationships among high school students' conceptual understanding of molecular structure and cognitive variables. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 21(3), 497-505.

Noh, T. H., Yoon, M. S., & Han, J. Y. (2009). Students' comprehension and interpretation process of inscriptions representing the concept of atom and molecule. *Journal of the Korean Chemical Society*, 53(3), 355-367.

OECD (2019). *OECD Principles on AI*. <https://www.oecd.org/going-digital/ai/principles>.

Park, S. J. (2021). AI education perception of pre-service teachers according to AI learning experience, interest in AI education, and major. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 25(1), 103-111.

van Driel, J. H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137-158.

Weil, M. M., Rosen, L. D., & Wugalter, S. E. (1990). The etiology of computer phobia. *Computers in Human Behavior*, 6(4), 361-379.

Yeo, H. W., Yoon, J. H., & Kang, S. J. (2021). Exploratory study on maker education activity based on scientific concept: For university students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 41(5), 359-370.

Yoon, J., Kim, M. H., Kang, S. J., & Choe, H. J. (2022). An exploratory study on AI education contents and methods for elementary and secondary school teachers with non-computer major. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 25(4), 1-18.

Yoon, J., Kim, Y. S., Hwang, Y. S., & Kang, S. J. (2021). Developing a maker education-based experiment design program and exploring its effectiveness for cultivating the experiment design competency of pre-secondary science teachers. *The Journal of Learner-Centered*

Curriculum and Instruction, 21(2), 1385-1416.
Yoon, J., Kwon, J. H., & Kang, S. J. (2019). Verification of effectiveness of design thinking-based maker education program for middle school students. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(10), 561-584.

저자정보

강성주(한국교원대학교 교수)
윤지현(단국대학교 교수)
허소림(치악고등학교 교사)