Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

과학중점학교 학생의 블록코딩 플랫폼 KNIME을 활용한 과학-AI 융합 수업 경험 분석

홍의정[1], 신은혜[2], 장진섭[1], 채승철[1*]
[1]서울대학교, [2]부천공업고등학교

An Analysis of Students' Experiences Using the Block Coding Platform KNIME in a Science-AI Convergence Class at a Science Core High School

Uijeong Hong[1], Eunhye Shin[2], Jinseop Jang[1], Seungchul Chae[1*]
[1]Seoul National University, [2]Bucheon Technical High School

ARTICLE INFO

Article history:
Received 23 January 2024
Received in revised form
14 February 2024
Accepted 16 April 2024

Keywords:
science, artificial intelligence, convergence education, science-AI convergence education

ABSTRACT

The 2022 revised science curriculum aims to develop the ability to solve scientific problems arising in daily life and society based on convergent thinking stimulated through participation in research activities using artificial intelligence (AI). Therefore, we developed a science-AI convergence education program that combines the science curriculum with artificial intelligence and employed it in convergence classes for high school students. The aim of the science-AI convergence class was for students to qualitatively understand the movement of a damped pendulum and build an AI model to predict the position of the pendulum using the block coding platform KNIME. Individual in-depth interviews were conducted to understand and interpret the learners' experiences. Based on Giorgi's phenomenological research methodology, we described the learners' learning processes and changes, challenges and limitations of the class. The students collected data and built the AI model. They expected to be able to predict the surrounding phenomena based on their experimental results and perceived the convergence class positively. On the other hand, they still perceived an with the unfamiliarity of platform, difficulty in understanding the principle of AI, and limitations of the teaching method that they had to follow, as well as limitations of the course content. Based on this, we discussed the strengths and limitations of the science-AI convergence class and made suggestions for science-AI convergence education. This study is expected to provide implications for developing science-AI convergence curricula and implementing them in the field.

Ⅰ. 서론

전 세계적인 AI 교육 강화의 흐름과 함께 AI가 교육과 학습에 미치는 영향에 대한 관심이 높아졌으며(Liang, *et al.*, 2021; Chassignol, *et al.*, 2018), 이에 따라 우리나라도 교육에 AI를 도입하는 정책을 활발하게 추진하고 있다. AI 기술이 일상의 핵심 기능으로 자리 잡으면서 교실에서도 더욱 보편화되고 있어(Ogegbo & Ramnarain, 2021), 교육계에서도 AI 기술 발전에 따른 디지털 전환의 시대에 적극적으로 대응하고 있다. 교육부(2020)는 '과학-수학-정보-융합 교육 종합계획'에서 초-중등학교의 소프트웨어 및 AI 교육 시수를 확대하고, 대학원에 AI 융합교육 전공을 신설하여 교사와 학생의 AI 역량을 강화하고자 하였다. 2022 개정 교육과정에서는 학생의 융복합적 문제해결력과 디지털 소양을 기르기 위해 교과교육과 AI를 융합하는 교수학습 방법을 강조하였다(MOE, 2022a). AI 융합교육은 각 교과 또는 영역에서 문제해결이나 효율성 추구의 목적으로 AI를 활용하거나 AI를 중심으로 다양한 교과 또는 영역을 융합하는 것으로 정의된다(Lee & Kwon, 2022). AI 융합교육을 강조하는 흐름에 따라 다양한 교과에서 AI 지식과 교과 지식을 연계하여 가르치거나, AI를 교과의 문제해결을 위해 도구로서 활용하는 교육 프로그램이 연구되고 있다.

과학 교과와 AI의 융합에 대한 기대와 요구가 높아지고 있다. 과학은 과학적 탐구를 통해 얻은 데이터를 근거로 학습하기에 AI 융합교육에 가장 적합한 교과로 평가된다(Shin, 2020). 과학 교과와 AI의 통합은 과학 교육과정에 현대 과학적 실천을 반영할 수 있다는 점에서 의의가 있다(Lee & Perret, 2022). 2022 개정 과학과 교육과정에서는 교과와 AI와의 융합 관련 연구와 교수 프로그램 개발 및 보급의 필요성을 제기하는 현장 요구에 따라(Hong & Kim, 2020; Sohn, 2020) 융합과학 탐구 과목을 도입하였다. 융합과학 탐구에서는 빅데이터와 AI를 활용한 모델링과 예측, 데이터 시뮬레이션 및 해석 등의 탐구활동을 통해 융합적 사고를 바탕으로 일상생활과 사회 속 과학 문제를 해결할 수있는 능력을 기르는 것을 목표로 한다(MOE, 2022b). 이러한 개정 교육과정의 취지를 교육 현장에서 실현하기 위해서는 학교 현장 교사들이 다양한 융합 교과목을 개발하고 교육할

* 교신저자 : 채승철 (scchae@snu.ac.kr)
본 논문은 홍의정의 2024년 석사 학위논문에서 발췌 정리하였음
이 논문은 4단계 두뇌한국 BK21 '인포스피어 과학교육연구단'의 지원을 받아 수행된 연구입니다.
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2024.44.2.141

수 있는 역량을 함양하는 것이 중요하다(Ha & Jho, 2022).

고등학교 과학 교육에서 AI와의 융합에 대한 요구가 제기됨에 따라 고등학생의 과학-AI 융합 수업 경험에 대한 질적 연구가 필요하다. 2022 개정 과학과 교육과정의 고등학교 융합과학 탐구 과목에서는 AI를 활용하여 미세먼지 농도 예측하기 등의 구체적인 탐구 활동을 제시하였다. 또한, 융합과학 탐구를 근거로 수학・과학・정보 융합교육 프로그램을 개발한 연구(Jang, Hong & Chae, 2023)에서는 고등학생을 대상으로 한 현장 적용 연구의 필요성을 제시하였다. 그러나 과학-AI 융합교육 프로그램을 학교 현장에 적용한 연구(Lee & Han, 2020; Lee, Lee & Lee, 2021)는 주로 초등학생, 중학생만을 대상으로 이루어졌다. 고등학생을 대상으로 한 연구(Moon, Lee & Heo, 2022)의 경우에도 설문조사를 통한 양적통계에 그치고 있어 학습자의 경험을 면밀히 들여다보기에는 한계가 있다. 따라서 교육 프로그램에 학습자의 요구를 반영하기 위해 고등학생의 과학-AI 융합 수업 경험을 심층적으로 이해하기 위한 질적 연구가 필요하다. 학습자의 경험을 면밀히 들여다보는 과정은 교육 프로그램의 효과적인 개발 및 성과에 기여할 수 있다(Hong *et al.*, 2013). 질적 연구는 주어진 현상, 연구 대상 사이의 상호작용을 통하여 있는 그대로를 탐구하는 것으로 연구하는 현상・대상에 영향을 주는 변인을 발견하는 데 유용하다(Na, 2006). 따라서 질적 연구를 통해 과학-AI 융합 수업에 참여한 고등학생의 경험을 면밀히 분석할 필요가 있다.

교사가 과학-AI 융합교육을 학교 현장에서 성공적으로 실천하기 위해서는 적절한 교육적 목표를 수립하고, 이를 달성할 수 있는 교수학습 전략을 세워야 한다. 현재까지 다수의 과학-AI 융합교육 프로그램이 개발되어 있으나, 이를 실제 수업에 적용하였을 때 나타나는 현상을 분석한 연구는 부족하다. 따라서 학생의 실제 과학-AI 융합 수업에 대한 경험에 대한 분석을 통해 과학-AI 융합교육의 목표와 교수학습 전략에 대한 논의가 이루어져야 한다. 본 연구에서는 기존에 개발된 과학-AI 융합교육 프로그램(Hong, Jang & Chae, 2023)을 활용하여 과학-AI 융합 수업에 참여한 고등학생의 경험을 현상학적 연구 방법으로 분석하였다. 수업 상황에서 이루어진 학습자와의 상호작용과 심층 면담에서 기술된 내용을 통해 과학-AI 융합 수업에 참여한 고등학생의 경험을 이해하고 해석하고자 하였다. 이를 통해 교사가 학교 현장에 맞는 과학-AI 융합 수업 프로그램을 개발하거나 실행할 때 고려해야 할 사안에 대한 시사점을 제공할 수 있을 것으로 기대한다. 이러한 연구의 필요성에 따른 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

1. 과학-AI 융합 수업은 학생의 학습과 인식에 어떤 영향을 미치는가?
2. 과학-AI 융합 수업에 참여한 학생이 겪은 어려움은 무엇인가?
3. 학생의 경험을 통해 드러난 과학-AI 융합 수업의 한계는 무엇인가?

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

본 연구는 고등학생의 과학-AI 융합 수업 경험을 분석하는 것이므로 고등학생을 연구 참여자로 선정하였다. 선정된 학교는 경상북도 지역에 소재한 K 고등학교로 과학중점학교이다. K 고등학교의 재학생 대부분은 이공계열 진학을 희망한다. 우리는 K 고등학교 전교생을 대상으로 연구 참여자 모집 문건을 배포하였다. 모집 문건에는 과학-AI 융합 수업 설문조사와 심층 면담 참여가 가능한 학생을 모집함을 안내하였다. 뿐만 아니라 설문조사와 면담에 참여하지 않아도 수강할 수 있고, 어떠한 불이익도 따르지 않음을 안내하였다. K 고등학교는 기말고사 이후부터 약 일주일 동안 학교에서 다양한 교과와 주제를 중심으로 수업을 운영하는 교육과정 자율 주간을 운영한다. 이때 학생들은 원하는 수업을 선택하여 수강할 수 있다. 30명의 학생이 교육과정 자율 주간에 개설되는 여러 수업 중에서 본 연구의 과학-AI 융합 수업을 선택하고 서울 소재의 대학교를 방문하였다. 우리는 수업 참여 학생 중 심층 면담 참여 의사를 자발적으로 밝힌 8명의 학생을 연구 참여자로 선정하였다.

연구 참여자의 전반적인 학습 배경을 알기 위하여 사전 설문조사를 실시하였다. 총 30명의 연구 참여자 중 개별 면담에 동의한 8명의 학생에 대해 반구조화된 면담을 진행하였다. Table 1은 심층 면담에 참여한 연구 참여자의 정보와 학습 배경을 요약한 것이다. 심층 면담에 참여한 학생들은 모두 물리학 Ⅰ과 Ⅱ를 수강하였으며, AI 관련 교과의 수강 여부는 차이가 있었다. 참여자 C를 제외하고는 모두 텍스트 기반의 언어인 Python과 C언어를 사용해 본 경험이 있었다. 또한, 8명의 학생 모두 데이터 분석 플랫폼 사용 경험이 있었다. 주로 사용해본 플랫폼은 교육용 코딩 프로그램인 엔트리(Entry)와 스크래치(Scratch)다. 두 플랫폼은 블록코딩 형태로 구성되어 프로그래밍을 처음 접하는 학생들이 쉽게 접근할 수 있다(Lee & Chun, 2017). 두 플랫폼과 유사한 블록코딩 플랫폼인 Orange 3을 경험한 학생들도 있었다.

모든 학생은 주도적으로 수업에 참여하기로 결정하고, 편도 3시간

Table 1. Background of the participants

식별 코드	수강 과목			희망 진로	프로그래밍 언어 사용 경험	사용해본 데이터 분석 플랫폼
	물리학 Ⅰ,Ⅱ	인공지능 기초	수리와 인공지능			
A	○	○	○	물리교육	Python, C언어	엔트리, 스크래치, Orange 3
B	○	X	○	컴퓨터 공학	Python, C언어	엔트리, 스크래치, Orange 3
C	○	X	X	생명공학	-	스크래치
D	○	○	○	반도체	Python, C언어	엔트리, 스크래치
E	○	○	X	전자공학	Python, C언어	엔트리, 스크래치
F	○	○	○	컴퓨터공학	Python, C언어	엔트리, 스크래치, Orange 3
G	○	○	○	IT	Python, C언어	엔트리, 스크래치, Orange 3
H	○	X	○	전자공학	Python, C언어	엔트리

거리를 이동하여 수업에 참석하였다. 이는 이들이 높은 학습 동기를 가지고 있음을 보여주며, 반구조화된 면담 과정에서도 과학-AI 융합 수업에 대한 강한 학습 동기가 드러났다. 학습 동기는 AI와 학문(공학, 물리학)에 대한 관심과 AI의 사회적 영향력 인식에 기인하였다. AI 기술에 있어서는 모든 학생이 AI를 배워야 한다고 응답하였으며, 이 기술을 배워두면 실용적이고 도움이 될 것으로 생각하거나 생각보다 어렵지 않고 접근하기 쉽다고 하였다. 특히 학생 B는 AI 기술을 모르면 뒤처질 것, 미래에는 기본적이고 필수적인 능력이 될 것이라고 응답하였다. B는 AI와 관련한 진로를 희망하고 있어 다른 학생들보다 더 강하게 필요성을 인식하고 있는 것으로 보였다. 학생들은 AI 기술이 사회 각 분야에 적용되고 있고, 점점 영향력이 커지고 있음을 인식하고 있었다. 일부 학생들은 AI 기술의 적용이 확대됨에 따라, 이를 배우는 것이 자신의 진로 선택이나 취업에 도움이 될 것으로 생각해서 융합 수업에 참여하게 된 것으로 나타났다. 이러한 직업 세계의 변천과 사회적 환경은 학생들의 진로 선택에 영향을 주는 요인이 된다(Lee & Nam, 1999).

2. 연구 절차

가. 과학-AI 융합 수업

본 연구를 위해 K 고등학교 학생을 대상으로 일일 3차시에 걸쳐 융합 수업을 진행하였다. 과학-AI 융합 수업에서는 플랫폼 KNIME과 트래커(Tracker)를 활용하였다. KNIME은 Konstanz 대학에서 개발한 오픈소스 플랫폼으로, 코드를 입력하지 않아도 데이터 처리 및 분석이 가능하다(Hemlata & Gulia P, 2019). KNIME은 그래픽 사용자 인터페이스(graphical user interface)를 기반으로 하여 스크립팅(Scripting) 없이도 플랫폼에서 제공하는 다양한 노드를 연결하여 데이터 분석 및 AI 모델을 구축할 수 있다. 학습자가 프로그래밍 언어를 통해 기계학습 모델을 구현하기는 어려울 수 있으므로(MOE, 2022a) KNIME과 같은 블록코딩 플랫폼을 활용하면 프로그래밍 언어로 인한 어려움을 해소하여 기계학습에 쉽게 접근할 수 있다.

Table 2는 3차시로 구성된 과학-AI 융합교육의 교수·학습 과정을 나타낸 것이다. 모둠은 선수 이수 과목이 비슷한 4~5명의 학생들로 구성하였다. 1차시는 AI와 기계학습의 개념과 실생활에 활용하고 있는 AI 모델을 학습하였다. 특히, AI 모델이 물체의 운동을 예측할 수 있는 사례를 강조하였다. 이어서 감쇠 진자 운동 개념을 소개하고 학생들이 감쇠 진자 운동을 AI 모델로 예측할 수 있음을 발견하게 하였다. 이후 진자 실험을 수행하여 감쇠 진자 운동을 관찰하고 이를 영상으로 촬영하도록 하였다. 2차시는 트래커를 활용하여 감쇠 진자의 위치와 속도 데이터를 수집하였다. 트래커는 물체의 운동을 분석할 수 있는 프로그램으로 Figure 1 (a)와 같이 영상으로부터 물체의 위치, 속도, 가속도 등을 정량화 할 수 있다. 트래커를 다루는 데 익숙하지 않은 학생들을 위해 트래커 사용 방법을 먼저 학습하였다. 대부분의 학생들이 트래커 사용경험이 있어 촬영한 영상으로부터 위치, 속도 데이터를 수집하는 것을 스스로 발견할 수 있는 시간을 제공하였다. 이후 교사가 트래커를 활용하여 데이터를 수집하는 방법을 화면에 단계별로 제시하여 안내하였다. 이후 트래커로 수집한 데이터를 Excel파일로 변환하였다.

3차시는 AI 모델을 생성하고 문제 상황을 해결하는 과정이다. 교사는 플랫폼 KNIME을 소개하고 활용하는 방법을 안내하였다. 트래커 사용때와는 달리 학생들은 KNIME을 사용해 본 경험이 없어 Figure 1 (b)와 같이 단계별 활동을 화면에 띄워 AI 모델을 구성할 수 있게 하였다. KNIME에서 AI 모델을 구축하는 자세한 과정은 다음과 같다.

(1) Excel 파일을 'Excel Reader' 노드에서 불러온다.

(2) 'Normalizer' 노드에서 위치와 속도의 단위를 같게 하는 데이터 전처리(Data preprocessing)를 한다.

(3) 'Partitioning' 노드에서 AI 모델을 학습할 데이터와 예측에 사용할 데이터를 70:30 비율로 나눈다.

(4) 'RProp MLP Learner' 노드는 다양한 변수를 조절할 수 있다(Figure 2). 변수로는 학습 횟수(Iterations), 은닉층(Hidden layers)의 수, 은닉층 당 뉴런(Hidden neurons per layer) 등이 있다. 이 변수들은 모델의 예측력에 영향을 미치므로 모델이 위치를 잘 예측할 수 있도록 각 변수들의 수를 조절해야 한다.

(5) 'MultiLayerPerceptrons Predictor' 노드에서 AI 모델이 예측을 수행한다. 'Partitioning' 노드로부터 입력 데이터를 받고, 'RProp MLP Learner' 노드에서 설정한 변수들을 고려하여 예측을 실행한다. 이 노드들을 'MultiLayerPerceptrons Predictor' 노드에 연결시켜주어야 실행이 가능하다.

(6) 'Line Plot' 노드는 입력한 데이터를 그래프로 시각화한다.

Table 2. Teaching and Learning process of science-ai convergence education

차시	단계	교수-학습 활동	도구	활동 유형
1	새로운 문제 상황 발견	• AI 모델로 물체의 운동을 예측할 수 있음을 알기 • 단진자와 감쇠 진자 운동 개념 학습하기 • AI 모델로 진자 운동을 예측할 수 있음을 발견하기	-	개별 학습
	데이터 수집	• 진자 운동 실험으로부터 감쇠 진자 운동 관찰하기 • 진자 운동 촬영하기	진자 운동 실험 도구 카메라, 노트북	모둠 학습
2	데이터 처리	• Tracker 사용 방법 학습하기 • 진자의 위치, 속도 데이터 수집하기 • 데이터 전처리 후 데이터 구성하기	Tracker	모둠 학습
3	AI 모델 생성	• KNIME 사용 방법 학습하기 • Multi Layer Perceptrons(MLP) 모델 생성하기	KNIME	모둠 학습
	문제해결	• 진자의 위치 예측하기		
	모델의 평가	• 모델의 예측력, 오차 확인하기 • 모델의 성능 평가하기		

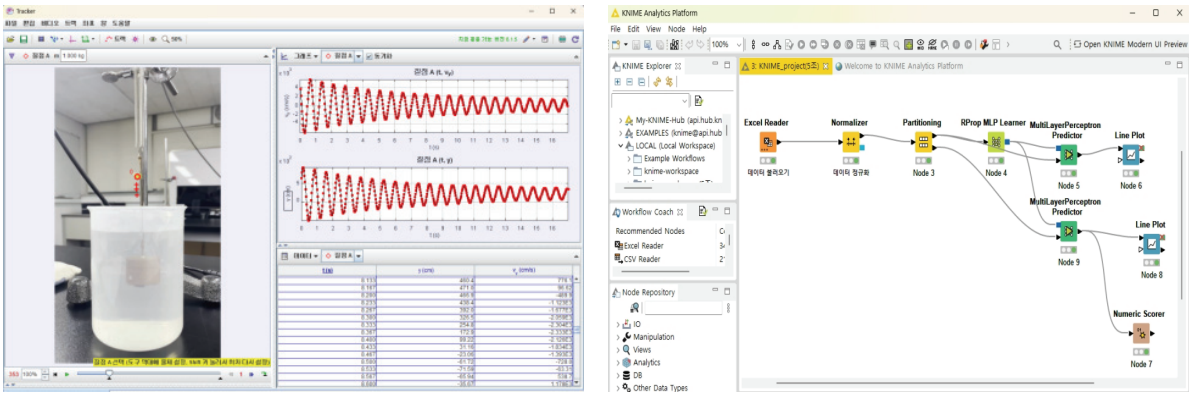

Figure 1. (a) Data collection using Tracker (b) AI model built using KNIME

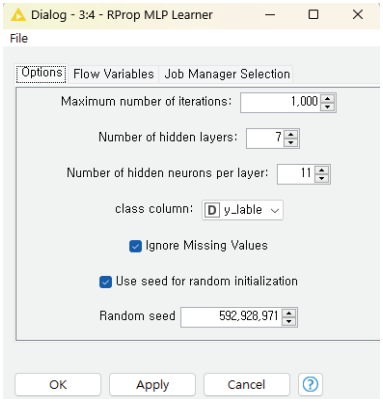

Figure 2. 'RProp MLP Learner' Node

'MultiLayerPerceptrons Predictor' 노드와 연결하면 모델이 진자의 위치를 얼마나 정확하게 예측하였는지를 그래프로 확인할 수 있다.

이러한 과정을 따라 감쇠 진자의 운동을 예측할 수 있는 AI 모델을 구축하고 모둠별로 자신의 AI 모델을 평가(Evaluate)하고 발표하여 서로의 모델을 비교하였다. Figure 1, 2는 연구 참여자가 구성한 산출물이다. Figure 1 (a)는 트래커를 사용하여 진자 운동에서 진자의 위치와 속도 데이터를 수집하는 과정을 보여준다. 트래커의 질점 자동 찾기를 통해 약 20초 동안 촬영된 영상으로부터 600개 이상의 데이터를 수집할 수 있다. Figure 1 (b)는 드래그 앤 드롭(Drag-and-drop)방식으로 노드를 연결하여 AI 모델을 구축한 모습이다. Figure 2는 학생 C, D가 속한 모둠이 'RProp MLP Learner' 노드에서 설정한 변수들의 값을 나타낸다.

나. 자료 수집

과학-AI 융합 수업은 일일 3차시에 걸쳐 이루어졌다. 교육이 이루어지는 중에는 개방적 관찰(open observation)의 방법을 사용하여 연구 참여자의 학습 과정을 전체적으로 관찰하고 관찰 노트를 작성하였다. 과학-AI 융합 수업이 이루어진 후에는 학생을 개별적으로 직접 대면하여 심층 면담을 실시하였다. 심층 면담은 과학-AI 융합 수업을 수강하는 학생들의 경험을 면밀히 분석하기 위해 실시되었다. 심층 면담의 질문지는 수업의 특정 활동에서 나타나는 학생의 경험을 분석한 선행연구(Jung, Lee & Oh, 2011)를 참고하여 과학-AI 융합 수업 맥락에 맞게 변형하여 구성하였다. 과학-AI 융합 수업에 참여한 학생들이 수업 참여 경험을 어떻게 인식하는지를 알아보기 위해 이에 수업의 본질적 구성요소를 고찰하고 미리 질문을 구성하였다. Oh(2022)에 따르면 미리 문항을 만드는 것이 판단중지나 선입견 배제와 같은 현상학의 근본원칙에 위배되는 것으로 해석될 수 있으나 사실적 현상학적 심리학적 환원을 수행한 상태에서 문항이 만든다면 그 문항은 사실적 현상학적 심리학적 체험을 조망하기 위한 다양한 관점 가운데 하나를 제공해 주는 것이기 때문에 현상학적이라 할 수 있다. 이러한 주장에 입각하여 우리는 과학-AI 융합 수업에 참여한 학생들의 수업 참여 경험을 분석하기 위해 '수업의 맥락', '참여 동기', 'AI 도구 활용 경험', '학생의 인식 변화'를 본질적 구성요소로 도출하고 이에 초점을 둔 질문지를 구성하였다. 심층 면담 질문지는 과학교육을 전공하는 3명의 석사 과정생과 3명의 박사과정생, 그리고 과학교육 전문가 1명과의 협의를 통해 타당도를 확보한 후 사용하였다. Table 3은 심층 면담 질문 내용이다. 심층 면담은 반구조화된 형태로 진행되었으며, 수업 후 학생들이 구성한 산출물을 바탕으로 면담 질문지를 추가 수정하였다. 면담 질문지를 사전에 제공하여 연구 참여자가 대답을 준비할 수 있게 하였다. 면담은 연구 참여자가 익숙한 환경에서 진행하기 위해 수업이 진행된 교실에서 이루어졌다. 개별 심층 면담은 1인당 약 20분 동안 실시하였고 녹음하여 전사하였다.

다. 자료 분석

본 연구는 현상학적 연구(phenomenonlogical research)를 통해 고

Table 3. Interview questionnaire

문항	질문 내용
1	수업에 대해 전체적으로 어떤 생각이 들었나요?
2	수업에서 가장 흥미로웠던 부분은 어떤 점이 있나요?
3	수업에서 어렵게 느껴졌던 부분이 있나요?
4	어려움을 어떻게 해결하였나요? 해결하지 못했다면 그 이유는 무엇인가요?
5	문제를 해결하기 위해 어떤 도움이 필요했나요?
6	AI 융합교육을 배워야 할까요?
7	평소에 물리학과 AI에 흥미가 있었나요?
8	물리학에 흥미가 있는 친구에게 이 수업을 추천해주고 싶나요?
9	이런 수업을 또 한다면 어떤 점을 개선하면 좋을까요?
10	감쇠 진자 운동은 무엇인가요?

등학생의 과학-AI 융합 수업 경험을 탐구하고자 하였다. 현상학적 연구는 연구자의 선입견이나 기존 경험에서 벗어나 특정 현상에 대한 개인의 주관적인 경험을 탐구하는 질적 연구 방법 중 하나이다. 객관적인 사실이나 측정보다는 현상의 본질을 밝히는 것을 목적으로 한다(Lee & Oh, 2016).

연구의 주된 분석자료는 심층 면담을 녹화한 전사본이다. 심층 면담 자료는 Giorgi(1970)의 현상학적 연구 방법에 따라 분석하였다. Giorgi(2004)의 현상학적 연구 방법은 개인이 경험한 경험의 기술에서 출발하여 개인이 가진 독특성을 일반적인 구조적 진술로 통합할 수 있는 특성이 있다. Giorgi의 4단계 자료 분석 과정은 1) 전체를 인식하기, 2) 의미 단위(meaning units) 구별하기, 3) 학문적 용어로 표현하기, 4) 일반적인 진술로 통합하기이다. 이 과정에 따라 첫째, 참여자의 경험이 가지는 총체적인 의미를 파악하기 위해 심층 면담 전사본의 전체 내용을 여러 번 반복하여 읽었다. 이때 연구 참여자의 비언어적인 표현(추임새, 정적, 웃음 등)도 해석에 고려하였다. 의미를 파악하기 어려운 부분은 연구자의 선입견을 최대한 배제하기 위해 판단을 유보하고 참여자의 확인 과정을 거쳤다. 둘째, 전사본을 Excel 파일에 옮겨 3명의 연구자가 동일한 의미를 나타내는 문장이나 문단을 하나의 셀(cell)에 넣어 의미 단위를 구별하였다. 연구자 간 합의를 통해 중복되는 의미 단위는 하나의 의미 단위로 통합하고 연구 참여자의 맥락이 잘 드러나는 의미만을 추출하였다. 그리고 의미 단위를 비교하여 유사한 내용끼리 분류하였다. 예를 들어, '이해하면서 하기보다는 따라 하기만 했다'와 '(진행이 빨라서) 중간에 한 번 놓치니까 따라가기 힘들었다'는 교수자의 수업 방식에 의해 발생된 어려움으로 해석하고, 유사한 내용으로 분류하였다. 셋째, 의미 단위를 최대한 연구 참여자의 실제 경험이 드러날 수 있는 학문적 용어를 사용하여 수정하였다. 참여자의 구술은 각자의 언어로 수업 참여 경험을 표현하고 있어 상호맥락적인 의미를 고려하여 학문적 용어로 변형시킬 필요가 있다(Kang, 2021). 이에 각 연구자가 기술한 학문적 표현이 일치하는 것만을 모아 의미 단위들이 가진 본질적인 요소로부터 중심이 되는 의미를 찾아 소주제(Theme)로 규명하였다. 예를 들어, '영어로 된 용어'와 '생소한 단어'는 문맥상 용어의 생소함을 일컫는 것으로 '생소한 용어'를 소주제로 하여 구조적으로 통합하였다. 충분한 논의 이후에도 연구자의 해석에 대한 합의가 이루어지지 않는 것은 의미 단위에서 제외하였다. 넷째, 도출된 소주제들을 전체 참여자의 관점에서 일반적 구조적 기술(general structural description)로 통합하였고 이를 대주제(Category)로 규명하였다. 소주제를 대주제로 통합하는 과정에서도 전사본의 전체적인 문맥을 반복적으로 살펴보며 연구자의 해석에 의한 편향이 발생되지 않도록 노력하였다. 과학교육 전문가 1명, 석사과정 재학생 2명, 박사과정 재학생 4명과의 협의를 통해 왜곡된 해석 또는 지나치게 일반화된 주제들은 수정하여 구체화하였다.

본 연구는 Lincoln & Guba(1985)의 질적 연구 기준에 따라 연구 결과의 신빙성과 타당성을 확보하기 위해 노력하였다. 먼저 참여자의 과학-AI 융합 수업 참여 경험을 최대한 사실적으로 기술하고자 하였다. 연구 참여자의 면담 결과의 해석 과정에서 학생의 경험을 왜곡하거나 과대 해석하지는 않았는지에 대해 지속적으로 성찰하고, 연구자들 간 협의 과정을 거쳤다. 그리고 분석 결과를 참여자들에게 보여주고 확인하는 과정을 거침으로써 연구 결과의 신빙성을 높이고자 하였다. 공동 연구자 3인이 각자 개방형 코딩을 실시하고 의미 단위를 추출한 후, 비교 검토 과정을 통해 일치하는 내용만을 의미 단위로 기술하였다. 선택된 의미 단위가 나타내는 공통된 주제를 선정하고, 각 주제를 범주화하여 정교화하는 과정에서 연구자 간의 지속적인 비교와 토론을 통해 일관성과 타당성을 확보하고자 노력하였다. 분석된 결과의 타당성을 높이기 위해 여러 번의 협의를 거쳐 동일한 의미를 지닌 의미 단위들은 하나의 소주제를 통합하고, 소주제의 명칭을 적절한 학문적 용어로 변경하였다. 또한 면담 결과 분석 시 관찰 자료(수업 녹화본 및 관찰 노트)와 연구 참여자의 산출물(Figure 2)을 지속해서 비교 분석하는 삼각검증(triangulation)의 과정을 거쳐 연구 참여자의 경험을 총체적으로 이해하고자 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 과학-AI 융합 수업에서 일어난 배움과 인식의 변화

학생들은 과학-AI 융합 수업에서 자신의 배움을 주도하는 경험을 하고, 이를 통해 AI와 융합 수업에 대한 인식의 변화를 겪은 것으로 나타났다. 학생들은 직접 데이터를 수집하고 처리하면서 물체의 운동을 쉽게 예측할 수 있음과 예측하는 방법을 알게 되었다. 이러한 배움을 통해 학생들은 물리학과 AI 기술에 대한 진입 장벽이 낮아짐을 느꼈고, 학문의 융합에 대해 긍정적인 인식을 가지게 된 것으로 나타났다. 수업 참여를 통해 학생들이 배운 것과 그로 인한 인식 변화를 범주화하여 Table 4에 제시하였다.

Table 4. Learning and Changes

Category	Theme	Meaning units
전 과정에 직접 참여	데이터를 직접 수집해봄	• 데이터를 제공해 주는 것보다 직접 하는 게 나아 • 직접 데이터 수집을 하면 오차가 많을 수 있고 데이터 양이 적음
	데이터를 직접 처리해봄	• 진자 운동을 직접 분석해보니 흥미
	AI 모델을 직접 구축해봄	• 인공신경망을 구축할 수 있는 좋은 기회 • 이론보다 직접 하는 것이 훨씬 나아
주변 현상을 쉽게 예측	물체의 운동을 쉽게 예측할 수 있음	• 텍스트 코딩보다 훨씬 더 쉽게 느껴져 • 예측된 결과를 바로 받아볼 수 있음 • 손으로 계산하지 않아도 예측을 바로 해주니까 신기 • 진자 운동 실험 데이터를 학습시키고 예측한 것이 흥미
	실생활에 적용할 수 있음	• 실생활과 접목해보고자 함 • 여러 분야에 적용 가능 • 관심 분야에 적용 가능

Category	Theme	Meaning units
진입 장벽이 낮아짐	물리학에 대한 흥미를 높임	• 물리학이 어렵다는 인식을 완화 • 실험하는 과정이 재미있어 흥미 • 그래프를 구성하는 데이터 구성요소를 알 수 있음 • 진폭이 감소하는 정도를 그래프로 확인하여 유익함 • 감쇠 진자 운동을 이해하는 데 도움이 됨 • 교과 내용에서 배운 진자운동과 비슷해서 흥미 • AI와 물리학을 실험적으로 접목할 수 있는 것이 신기
	AI에 대한 거리감이 좁혀짐	• 학습 횟수가 마냥 늘어나는 게 좋은 것이 아님을 알게 되어 흥미 • 모델의 성능이 은닉층의 수와 은닉 뉴런의 수와 비례하는 것이 아님을 알게 됨 • AI 모델은 구축, 사용하기 어렵다고 생각했는데 쉽고 흥미로움 • 모델의 정확도를 올리는 과정이 흥미 • 막연했던 AI에 대한 거리감이 좁혀짐 • AI를 물리학과 접목하니 오히려 흥미
	더 융합되면 좋을 것	• 각 교과와 더 융합되면 좋을 것 • 물리학 교과 내용에 AI 관련 내용이 추가되면 좋을 것

가. 전 과정에 직접 참여

본 수업은 Table 2의 과정을 따라 이루어졌다. 학생들은 수업에 참여하면서 모둠에서 직접 수집한 데이터를 사용하였고 AI 모델을 직접 구축하였다. 면담에서 학생들은 자신이 '직접' 하였음을 강조하며 수업 경험을 이야기하였다. 학생들은 컴퓨터를 직접 다루고 데이터를 직접 수집하기 위해 실험을 한 점과 AI 모델을 직접 구축할 수 있었던 점을 긍정적으로 인식하였다. 학생 D, E, F는 코로나 19 또는 학교 상황으로 인해 실험을 많이 해볼 수 없었던 것을 얘기하며 실험을 해보고 싶었던 마음을 해소할 수 있었다고 하였다. 특히 기존에 데이터 분석 플랫폼으로 AI 모델을 구성해 본 학생들도 자체적으로 데이터를 수집하고 처리하는 경험에 대한 흥미를 느꼈다.

> B: 실제 데이터를 직접 수집해 보고 그걸로 AI 모델을 만들어 볼 수 있으니까 좀 더 확실하게 이해할 수 있을 것 같아요.

> D: 이 프로그램에서 직접 인공지능 신경망을 구축해 봄으로써 매우 흥미로웠어요. 학교에서 환경적으로 실습이 잘 이루어지지 않아서 갈망이 있었는데 해소하게 되어 매우 의미 있는 활동이었어요.

한편, 학생 F는 직접 데이터를 구성하는 것에 있어 흥미롭다고 얘기하면서도 일부 부정적인 시각을 가지고 있었다. 이 학생은 데이터 분석 대회를 개최하는 웹사이트인 캐글(Kaggle)에서 제공하는 데이터를 사용해본 경험을 언급하며, 실험을 통해 직접 데이터를 수집하는 경우에는 오차가 많을 수 있고 데이터의 양도 적을 것으로 생각하였다. 그러면서도 수업의 주제가 물리학과 연계되어 있어 학생들이 직접 실험 하는 것이 더 와닿을 것이라고 하였다. 학생 F가 구축한 AI 모델의 예측력인 R^2이 93.1 %였으나 여전히 데이터에 대한 신뢰성에 대한 의문을 표현하였다. 학생 F는 직접 데이터를 생성하는 것이 오차를 더 크게 할 것이라고 생각하였지만, 실제로 학생의 생각과 달리 데이터를 제공하는 포털이 신뢰도 있는 데이터를 제공해 주지 않을 수 있다. AI 기술에서 데이터의 질이 좋지 않으면 데이터 분석의 신뢰성이 떨어지기 때문에(Alamäki *et al.*, 2019) 수집하기 전 데이터의 질을 확인하고 사용하는 것이 중요하다.

> F: 직접 (수집)하는 건 약간 좀 더 오차가 많을 수도 있고 데이터의 양도 확실히 적을 것 같고... (중략) 그래도 이건 물리학이랑 연계가 되는 거니까 직접 학생들이 눈으로 보고 실험을 하는게 훨씬 더 잘 와닿을 것 같아요.

나. 주변 현상을 쉽게 예측

학생들은 실험 결과를 바탕으로 AI 모델을 통해 현상을 쉽게 예측할 수 있다는 것에 신기해하였다. 이들은 물리학 수업에서 배운 뉴턴의 운동 법칙을 사용하여 물체의 운동을 예측하는 것이 가능하다는 것을 알고 있었다. 그러나 융합 수업에서는 실험에서 수집한 데이터를 사용하여 수식 없이도 물체의 운동을 예측할 수 있다는 것을 경험하였고, 이는 학생들에게 무척 흥미롭게 다가왔다. AI에 대한 사전 지식이 있고 모델을 사용해 본 경험은 있으나, 물체의 운동을 다루어 본 것은 처음이었다. 학생 B는 실제 물체의 운동을 분석하기 위해 기존에 손으로 계산해야 했던 과정과 비교하면서, 물체의 운동을 예측하는 과정이 어렵지 않고 예측 결과를 바로 받아볼 수 있다는 점에 흥미를 느꼈다.

> B: 물리학에서는 계산을 직접 해야되는데 여기서는 예측을 바로바로 해주니까 거기서 약간 흥미를 느낄 수 있어요. 복잡하게 안 해도 예측된 결과를 바로 받아볼 수 있어서 흥미를 느낄 수 있을 것 같다고 생각해요.

뿐만 아니라 KNIME을 활용해보면서 텍스트 코딩을 해본 경험을 떠올렸다. KNIME을 활용하면 훨씬 쉽게 현상에 대한 예측 결과를 얻어낼 수 있어 AI를 접하기에 적합하다고 얘기하였다. 텍스트 코딩의 어려움으로 제기되는 영어 문법 사용(Ku, 2023), 온라인 학습의 어려움인 중도 포기(Jho, 2020)와 비교하면서 KNIME의 인터페이스를 사용하는 것이 간단하였음을 얘기하였다. 학생 G는 AI와 관련한 용어를 잘 몰라도 KNIME에서는 숫자를 입력할 수 있는 부분이 나오고 선을 연결하는 것이 간단하여 쉽게 느꼈다.

> G: 텍스트 코딩처럼 다 하나하나 해야 되는 거면 많이 어려웠을 텐데 이거는 노드 개념 알면 연결하는 게 어려운 게 아니고.. 텍스트 코딩은 영어 쫙 놓여져 있고 그래서 정보 수업할 때 관심 없으면 되게 지루해하고 그랬단 말이에요. 근데 이거는 그런 용어 같은 거를 몰라도 눈으로 그냥 숫자 나오고 선 연결도 간단하게 돼 있고 이러니까

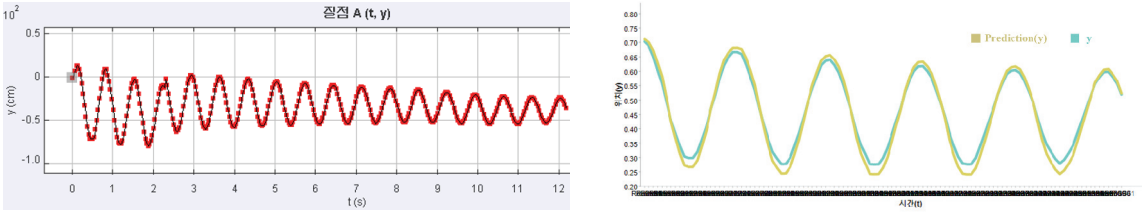

Figure 3. Graphs shown by (a) Tracker (b) KNIME

(중략) 텍스트 코딩보다는 훨씬 더 쉽게 느껴지지 않을까.

학생들은 이 수업을 통해 얻게 된 이해와 흥미를 바탕으로 자신이 관심 있는 분야나 실생활의 문제를 AI 모델을 활용하여 예측하거나 해결해 보고자 하였다. 물리 외에 적용할 수 있는 주제로 기후, 사회, 경제, 의학 문제 등 다양한 분야를 떠올렸다. 특히, 생명공학과 관련한 진로를 희망하는 학생 C는 최근에 관심이 있는 말라리아 질병의 예방을 융합 주제로 떠올렸다.

C: 최근에 관심이 있는 거랑 좀 연관시켜서 생각을 해봤단 말이에요. 최근에 그 말라리아 질병 예방 이쪽에 좀 관심이 많은데 유전자 조작 기술 말라리아를 예방한다는 그거를 읽었단 말이에요. 그래서 유전자 조작 기술의 발달과 말라리아 예방 정도의 관계 이런 것도 해볼 수 있지 않을까 생각도 해봤었어요.

다. 진입장벽이 낮아짐

학생들은 과학-AI 융합 수업이 기존의 물리학 수업에 비해 물리학에 대한 흥미를 높인다고 인식하였다. 특히, 데이터를 수집하고 시각화하는 과정을 통해 감쇠 진자의 운동 그래프를 더 잘 이해하게 되어 유익하고 흥미로웠다고 언급하였다. 본 수업에서 학생들은 트래커로 데이터를 수집하는 과정과 KNIME에서 AI 모델이 진자의 위치를 얼마나 잘 예측하는 지를 확인하는 과정에서 진자의 운동 그래프를 확인할 수 있다. Figure 3의 그래프 x축은 시간을, y축은 진자의 위치를 나타낸다. Figure 3 (b)는 KNIME의 AI 모델이 예측한 값(노란색 실선)과 실제 진자의 위치(파란색 실선)을 시각화한 것이다. 학생들은 두 플랫폼에서 보여주는 그래프를 통해 진자의 진폭이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 학생들은 물리학 교과서에 제시된 그래프를 확인하기만 했던 경험과 달리 본 수업에서는 스스로 그래프의 축을 설정하고 그래프를 정교화하였다. 이러한 과정에 대해 학생 G는 그래프에 대한 이해뿐만 아니라 흥미도 높아졌다고 하였다. 학생 C는 데이터를 수집하고 그래프를 구성하는 데이터를 확인하는 과정을 통해 감쇠 운동을 한눈에 파악하는 데에 도움이 되었으며, 'Line Plot' 노드에서 AI 모델이 진자의 진폭이 감소하는 정도를 얼마나 잘 예측하였는지를 확인할 수 있어서 유익하다고 느꼈다.

G: 책에서는 그래프 같은 것도 별로 잘 안 와닿아서 재미도 없고 좀 지루했었는데 오늘 저희가 해보고 또 그래프도 데이터 값 해서 해봤잖아요. 그래서 확실히 흥미가 더 생긴 것 같아요. 그래프 딱 사진만 보면 X, Y값도 뭔지 잘 헷갈릴 때도 있는데 저희가 하나하나 설정을 해보다 보니까 그래프 분석에 대해서 이해하는 게 더 쉬워서 재밌었던 것 같아요. X, Y축이 뭔지 저희가 정확하게 알고 있고 또 봄으로써 변화하는 게 어떤 건지 예측이 되잖아요.

C: 그 운동을 토대로 (KNIME)프로그램도 돌려보고 했는데 운동의 점점 감소하는 정도, 이런 것도 그래프로 확인할 수 있고 그래서 더 유익했다라고 얘기할 것 같아요.

학생들은 본 융합 수업이 막연하게 느껴졌던 AI를 이해하는 데 도움이 된다고 인식하는 것으로 나타났다. 특히 학생들은 MLP 모델의 특성을 언급하면서 자신이 이해한 것을 설명하였다. 은닉층을 이해하는 데 어려움을 느낀 학생들도 있었지만, 학생 E, H는 MLP 모델을 구성하는 은닉층에 대해 이해한 것과 이를 구축하는 것에 대한 흥미로움을 언급하였다. 학생들은 모델이 과적합(overfitting)이나 과소적합(underfitting) 되지 않기 위해서 적절한 학습 횟수와 은닉층의 수, 은닉층 당 뉴런의 수를 찾아야 하는 것을(Karsoliya, 2012) AI 모델을 구축하는 과정을 통해 알게 되었다. 또한, 학습 횟수가 늘어날수록 모델의 학습 시간이 증가한다는 것을 경험한 학생은 학습 횟수를 마냥 늘리는 것이 좋은 것이 아님을 언급하였다.

E: 성능을 테스트할 때 학습 횟수랑 인공지능의 학습 횟수랑 그리고 신경 은닉 뉴런이랑 은닉층 이렇게 조절하면서 성능을 파악해 나갔잖아요. 그 부분이 조금 흥미로웠어요. (중략) 일단 그 학습 횟수가 그냥 마냥 늘어나는 게 좋은 게 아니라는 걸 알게 되었고

학생들은 융합 수업을 긍정적으로 평가하였다. 학생들은 대체로 물리학과 AI가 어렵다는 인식을 가지고 있었지만 본 과학-AI 융합 수업을 수강한 이후에는 AI와 물리학이 어렵다는 인식이 완화되었다고 응답하였다. 일부 학생들은 학교에서 경험하지 못한 실험을 하고 물리학과 AI를 융합한 수업이 새롭게 느껴져 흥미로워 하였다. 특히, 학생 C는 물리학에 큰 관심이 없었지만, 융합 수업의 형태가 본 수업을 선택하는 동기가 되었다고 하였다. 교과와 AI의 융합이 가능하다는 것에 흥미를 느끼고 더 많은 교과가 융합되거나 물리학 교과에 AI 내용이 추가되기를 바라는 학생도 있었다.

C: 완전 물리학이었으면 조금 고민을 했을 것 같아요. 원래 물리학 이러면 운동 이런 것만 생각했었는데 접목해서 수업을 해보니까 엄청 어렵다 이런 느낌은 아니었고 오히려 흥미롭다라는 생각이 더 셌어요.

2. 학생이 겪은 어려움

학생들은 과학-AI 융합 수업에서 낯선 플랫폼과 모호한 머신러닝의 원리로 인해 어려움을 겪었다. 면담 결과 분석을 통해 도출된 과학

Table 5. Difficulties

Category	Theme	Meaning units
낯선 플랫폼	생소한 용어	• 영어로 된 용어 • 퍼셉트론, 은닉층 • 생소한 단어로 인해 찾아가는 과정이 오래 걸림
	프로그래밍의 어려움	• 단순히 yes or no가 아님 • 프로그래밍 프로세스가 어려움 • KNIME이 복잡하고 뭔가 많음 • 선을 어디다 연결해야 하는지 모르겠음
머신러닝을 이해하기 어려움	배경지식이 필요함	• 물리학, AI에 대한 기초 교육 필요 • 알고리즘에 대한 기본지식이 필요 • 컴퓨터, AI 관심 없었으면 재미없음 • 키워드를 미리 알고 오면 이해가 잘될 것 • 배경지식이 아예 없는 친구는 못 따라갈 것
	머신러닝이 추상적으로 이해됨	• 은닉층 이해가 어려움 • 노드의 역할에 대한 이해가 부족 • 기계학습이 추상적으로 이해됨 • AI 모델이 어떻게 예측했는지 모름 • 인간이 만든 건데 이해하기 어려움 • 개념 설명이 더 필요함 • 어렵고 머리 아픈 일

-AI 융합 수업에서 학생들이 느낀 어려움을 범주화하여 Table 5에 기술하였다.

가. 낯선 플랫폼

학생들은 이미 트래커를 다루어 보았으나 KNIME은 이번 수업을 통해 처음 접해 AI 모델을 구축하는 과정에서 여러 가지 어려움을 겪었다. KNIME은 코드를 입력하는 대신 노드를 연결하여 AI 모델을 구축하기 때문에 코딩 용어와 수학적 원리를 학습해야 하는 어려움과 코딩 학습에 대한 부담감이 줄어 학생이 AI를 배우기 위해 활용할 도구로 적절할 것으로 기대되었다(Hong, Jang, & Chae, 2023). 그러나 한국어 버전이 출시 되지 않아 영어로 된 사용자 인터페이스를 사용해야 했고 이는 활동 전반에서 다소 불편함을 야기했다. 그뿐만 아니라 블록 형태의 노드들을 드래그로 연결하는 과정은 간단해 보이지만, 'MultiLayer Perceptron Predictor' 노드는 특정한 두 개의 노드와 연결이 되지 않으면 실행되지 않기 때문에 여러 개의 노드 중에서 특정한 노드를 선택해야 하는 것을 어려워하였다. 학생들은 트래커를 사용할 때는 모둠 내에서 해결을 하기도 하였지만 KNIME을 사용할 때는 교사에게 많은 질문을 하였다. 학생들은 처음 접한 KNIME 다루는 데에 익숙해지기 위해서는 충분한 시간과 반복 훈련이 필요하다고 느꼈다. 또한 KNIME의 은닉층 노드('RProp MLP Learner')에서 반복 횟수, 뉴런 수 등을 직접 입력해야 하는데 학생 A는 특히 이러한 변수 조작에 어려움을 느꼈다.

> A: 변수라고 하면 되게 한 두 가지가 아니라 되게 많은 케이스를 다 따지고 그렇게 해야 되니까 아무래도 조금 시간적으로도 힘들고 이걸 다 여러 가지 상황을 다 생각해야 경우의 수를 생각해야 되고 한다는 게 조금 힘들지 않을까..

나. 머신러닝을 이해하기 어려움

학생들은 AI 모델의 작동 원리를 완전히 이해하는 것을 어려워하였다. 학생 C를 제외한 나머지는 AI 관련 과목을 이수하면서 기본적인 원리와 개념을 익혔음에도 불구하고 본 수업에서는 처음 접하는 개념이 있었다. 학생 A, D, F는 특히 은닉층을 이해하는 것에 대한 어려움을 토로하였다. 이는 은닉층을 가장 흥미롭다고 꼽았던 학생 E, H와 대조된다. 학생 A는 구체적으로 은닉층 개념에 대해 더 자세히 설명했으면 좋았을 것이라는 바람을 언급하기도 하였다. 또한 대부분의 학생은 이 수업을 따라가기 위해서는 AI 또는 머신러닝 관련 용어와 알고리즘에 관한 배경지식이 필요하다고 인식하였다. 학생 E는 KNIME을 사용하면 쉽게 예측 결과를 얻을 수 있었음에도, 프로그래밍 언어로 전체적인 알고리즘을 설명하는 선행 과정이 필요하다고 하였다. 이러한 요구는 학습자의 학습 수준에 따라 추가적인 학습 자료를 제공하는 것을 고려할 필요가 있음을 시사한다.

> E: 알고리즘에 대한 기본적인 지식이 있는 학생들이라면 설명을 들어도 뭔가 어려움이 없었을 것 같은데 처음 보는 학생들이었다면 충격이 와서 수업에 좀 집중을 못 했을 것 같아요. 알고리즘의 문장 하나하나에 대한 설명이 있었다면 전체적인 과정에 대한 이해가 좀 높아졌지 않을까.. 노드에 대한 좀 이해도도 높아질 것 같아서

3. 과학-AI 융합 수업의 한계

학생들은 과학-AI 융합 수업으로 인해 물리학에 대한 흥미는 보다 높아졌으나 물리학에 대한 깊은 이해를 하는 데는 큰 도움을 받지 못했다. 또한, 교사의 설명을 따라가는 수업 방식으로 운영된 융합 수업에서 경험한 한계를 범주화하여 Table 6에 기술하였다.

가. 물리 이해에 한계가 있는 수업

대부분의 학생들은 물리학에 대해 높은 관심이 있어 일부 학생은 융합 수업에서 물리의 비중이 기대에 비해 작은 것에 아쉬움을 느꼈다. 이 수업의 설계 의도는 감쇠 진동을 정성적으로 이해하고 AI가 감쇠 진자 운동을 예측할 수 있음을 알게 하는 것이므로 감쇠 진자

운동을 나타내는 수식이나 계산 과정은 학습하지 않았다. 학생 H는 융합 수업에서 물리 이론에 대한 학습을 할 수 있을 것으로 기대하였지만 실제로 이론적으로 알려주는 것이 없어 AI에 비해 물리의 비중이 작아서 물리학과 연관이 적다고 느꼈고, 학생 B, D, F는 물리학에는 도움이 되지 않는다고 느꼈다. 특히 학생 B는 기존 물리 수업에서는 운동을 계산해서 예측하지만, AI를 활용하면 예측 결과만 알 수 있기 때문에 물리를 더 잘 아는 데는 융합 수업이 도움되지 않는다고 답하였다.

B: 어떻게 예측을 했는지도 모르니까. 그냥 결과만 알 수 있으니까 많이 그렇게 도움이 안 될 것 같다고 생각했어요.

H: 물리학 실험을 할 때 그 이론적으로 뭔가를 알려주는 게 없어서 그래서 뭔가 그냥 약간 예측하기 위해서 그냥 실험을 해서...물리학에는 크게 상관이 없었을 것 같아요.

학생 E는 본 수업에서 다루어진 감쇠 진동이라는 주제가 일상적인 상황에서 관측할 수 있는 현상이라는 것을 수업의 한계로 언급하였다. 수업에서 경험한 것이 감쇠 진동에 대한 이해를 더 심화시키거나 확장하는데 기여하지는 않았기 때문이다. 물리학에 대한 관심 수준이 높은 일부 학생들은 물리를 더 잘 알기 위해 AI를 융합하는 것을 선호하는 경향이 있었다. 학생 A는 교과서에 나오는 주제를 다루거나 이미 알고 있는 내용을 심화시키거나 확장할 수 있는 주제 또는 물리학 교육과정에 포함되어 있으면서도 최근 이슈와 관련된 주제를 다루어 보고 싶은 바람을 이야기하였다. 학생 G는 자연 현상에 관련된 고정관념을 깰 수 있는 주제를 AI와 융합하여 배우고 싶음을 밝혔다.

E: 저희가 지금 운동 감쇠 진자 운동 어쨌든 그거를 해서 한 거잖아요. 근데 그거는 일상적인 상황에서도 저희가 관측할 수 있는 그런 현상이기 때문에 이 수업에서는 물리학에 대한 깊은 이해를 요구하지 않는 것 같다고 느꼈어요.

나. 따라가야 하는 수업 방식

학생들은 AI 모델을 구축할 때 교사의 설명을 듣고 똑같이 따라해야 하는 식으로 수업이 진행된 것에 대해 부정적인 인식을 드러냈다. 이러한 수업 방식에 대해 학생 D는 '이해하기보다는 그냥 따라가서 하는'으로, 학생 F는 '계속 따라 하기만 했다'고 표현하였다. 과정에 대한 완전한 이해 없이 수동적으로 따라야 했기에 몇몇 학생은 중간에 설명을 놓치자 뒤이어지는 과정을 따라가지 못해 과제를 완수하기까지 어려움이 있었다. 학생 G는 교사가 모든 과정을 설명하고 학생들이 그대로 따라 하는 방식 대신 학생들이 충분히 생각할 시간을 주거나, 스스로 모델을 만드는 시간을 주는 방식이 더 나을 것이라고 생각하였다. 어려운 개념에 대해서는 더 여유를 가지고 천천히 설명할 것을 요구하는 학생도 있었다.

G: 그거는(KNIME은) 선 연결하는 것도 어디랑 어디가 되는지 그냥 눈으로 계속 막 따라가고 이런다고 정신이 더 없었던 것 같아요. 저희가 찾아가면서 한번 저희끼리 구축해보는 것도 습득하기 좋을 것 같아요.

본 수업에서 교사는 컴퓨터의 개수를 고려하여 4명의 학생이 한 모둠을 이루어 협력할 수 있게 하였다. 모둠을 구성할 때는 선수 이수 과목이 비슷한 학생들로 모둠을 구성하였다. 수업을 모둠 협력 체제로 운영한 것에 대해 학생들의 의견은 긍정과 부정으로 나뉘었다. 일부 모둠에서는 구성원 각각의 AI에 대한 이해도가 달라 더 잘 아는 학생이 활동을 주도하였고, 나머지 학생들은 상대적으로 소외되는 현상이 나타났다. 활동에서 소외된 학생들은 자연스럽게 '딴짓'을 하게 되었다. 선수 이수 과목이 비슷하더라도 AI에 대한 실제 이해도는 달랐으며, 학생 A는 프로그래밍 경험이 있다고 사전 설문조사에서 응답하였지만 면담에서는 코딩을 아예 못한다고 하는 소극적인 태도를 보였다. 과제를 공동 작업할 때 학생의 기여도가 다르거나, 어떤 기여도 하지 않는 무임승차 학생이 있을 경우 학생들의 협업에 부정적인 영향을 미친다. 또한 모둠 내에서 역량이 낮다고 여겨지는 학생은 협력 활동에 소극적으로 임하게 된다(Le, Janssen & Wubbles,

Table 6. Limitations

Category	Theme	Meaning units
물리 이해에 한계가 있는 수업	물리에 도움이 되지 않음	• 물리학 비중이 작음 • 물리학 실험보다 모델 구축이 더 재밌고 비중이 크게 느껴짐 • 물리학에 도움이 없었던 것 같음 • 물리학에 깊은 이해를 요구하지 않음 • 학교에서 배우는 물리학에는 AI가 없음 • 애초에 물리학에 관심이 없었더라면 이걸 통해 좋아하게 되지 않을 것
	다른 주제로 해보고 싶음	• 고정관념을 깨는 주제 • 교과서를 기반으로 최근의 이슈를 다루면 좋을 것 • 알고 있는 것을 심화 확장하는 주제
따라가야하는 수업 방식	이해보다 따라 하기만	• 이해보다 따라 하기만 함 • 따라가는 형식이 되었음 • 놓치니까 따라가기 힘듦 • 중간에 안돼서 놓쳤는데 그 뒤로 못했음
	잘하는 친구가 주도함	• 잘하는 친구가 주도함 • 프로그램을 사용하는 사람이 한정적 • 팀원의 수준이 맞아야 함 • 직접 컴퓨터를 만지면 더 집중되므로 노트북이 많아야 할 것

2018). 학생 E는 이에 대해 모둠 구성 시 배경지식과 관심의 수준이 비슷한 학생들끼리 묶는 것이 낫다는 의견을 밝혔다. 학생 B는 컴퓨터를 직접 다루는 학생이 더 잘 집중할 수 있으므로 기기 부족으로 인해 활동에서 소외되는 학생이 발생하지 않도록 환경 개선이 필요함을 언급하였다. 모둠 협력 활동에 대한 긍정적인 의견으로는 친구와 소통하면서 활동을 할 수 있고, 모르면 물어볼 수 있어서 도움이 된다는 의견이 있었다.

> A: 저는 코딩 이런 걸 아예 못해서 이걸 많이 해왔던 친구가 주도적으로 했는데, 그러면 아는 친구가 계속 그걸 하다 보니까 저는 AI 부분에 대한 개념을 얻는 데 좀 많이 힘들고. 계속 잘하던 친구가 잘하는 걸 하니까 그거에 관심 없는 애들은 계속 이제 자기가 잘하는 분야만 하게 되니까.

Ⅳ. 논의

과학에서 데이터와 그래프를 다루는 것은 중요하지만(McKenzie & Padilla, 1986) 중・고등학교 학생들은 그래프를 작성하고 해석하는 데 어려움을 느끼고 있다고 보고되고 있다(Kim & Kim, 2002). 본 연구의 학생들은 트래커를 활용하여 데이터를 수집하는 과정에서 물체의 운동을 나타내는 그래프를 학습할 수 있었다. 트래커에서 동영상을 재생하면 실시간으로 위치, 속도 데이터가 수집되어 자신이 수집한 데이터가 그래프로 시각화 되는 과정을 관찰하면서 학생들은 그래프를 잘 이해하게 되었다고 하였다. KNIME에서 데이터를 시각화하는 과정을 통해서는 감쇠 진자 운동을 이해하는 데 도움이 되었다고 하였다. 또한 학생들은 AI 모델을 구축하는 것보다 데이터를 직접 수집하는 과정을 경험하고 자신이 수집한 데이터를 활용할 수 있다는 것에 많은 흥미를 느꼈다. 이러한 과정은 코로나 19로 인해 실험을 많이 해보지 못한 학생들에게는 실험에 대한 갈증 해소의 기회가 되었다. 한편 직접 수행한 실험을 통해 수집한 데이터는 부정확할 것이라는 우려도 있었다. 본 수업에서는 실험이 잘 이루어지지 않아도 AI 모델이 예측하는 데는 큰 영향이 없지만 그래프를 통해 감쇠 진자 운동을 학습하기 어렵다. 부정확한 데이터를 사용할 경우 이론과 실험 사이의 불일치 상황에서 잘못된 개념을 학습할 수 있다(Song & Choi, 2018). 교사는 데이터를 수집하는 실험을 지도할 때 오차를 줄여 질이 좋은 데이터를 사용하는 것이 중요함을 안내할 필요가 있다. 따라서 과학-AI 융합 수업 설계 시, 데이터를 수집하고 입력하는 과정을 학생들이 직접 할 수 있게 하는 전략을 고려할 수 있다.

실생활과 밀접한 문제 상황을 AI를 활용하여 해결하는 학습 과정은 학생들의 융합 교과에 대한 배움과 주변 현상을 예측하고 싶은 학습에 대한 흥미와 학습 동기를 높였다. 이는 다른 교과와의 융합에도 긍정적인 기대감을 갖게 하였다. 각 교과에서 실생활과 밀접한 문제 상황을 제시하고, 학생이 데이터 과학을 사용하여 스스로 문제를 해결하도록 한다면 학습이 효과적으로 일어날 수 있다(Srikant & Aggarwal, 2017). 또한 실생활과 연계한 문제를 배운 지식으로 해결하는 과정에서 지식의 유용성을 깨달을 수 있을 것이다(Kim & Jhun, 2017). 학생들의 개인적인 흥미와 가치관은 진로 선택을 하는 요인으로 작용하므로(Lee & Nam, 1999) AI를 배우면 미래에 유용하게 쓸 수 있을 것이라고 인식하는 학생들과 융합 수업을 통해 AI를 통해 자신의 진로와 관련된 문제를 해결할 수 있다고 인식하는 학생들의 진로 선택에도 도움이 될 수 있다. 따라서 융합교육이 단순히 일회성 교육에서 그치지 않도록 하기 위해선 학생들의 실생활과 연계된 수업을 구성할 필요가 있다.

본 연구에서 일부 학생들은 과학-AI 융합 수업이 물리학에 대한 흥미를 높이지만, 물리학을 더 잘 이해하는 데에는 도움이 되지 않는다고 인식하였다. 본 연구의 융합 수업은 교과 시간이 아닌 교육과정 자율 주간에 이루어져 감쇠 진자 운동을 정성적으로 이해하는 것에 목표를 두었다. 일부 학생들은 기존에 알고 있던 감쇠 진자 운동에서 이론적으로나 수식적으로 더 학습할 수 없었다는 이유로 물리를 더 잘 이해하는 데 도움이 되지 않는다고 느꼈다. 따라서 단순히 학습자의 교과에 대한 흥미를 추구하는 데에서 그치기 보다는 과학교육 본연의 목표에 기반하여 각 융합 수업의 수업 목표를 달성할 수 있도록 노력하여야 한다. 과학교육과 AI의 유기적인 융합을 위해서는 과학 교과의 특성과 AI 학습 사이의 공통 학습 요소들에 대해 면밀히 파악하고(Lee, Kim & Kang, 2022), 시너지가 날 수 있는 적절한 주제와 활동을 선정하는 것이 중요하다. 과학과 교육과정은 여러 역량과 더불어 과학적 탐구 능력을 기르는 데 초점을 두므로(MOE, 2022b), 과학-AI 융합 수업은 자연 현상에서 도출된 데이터를 기반으로 탐구하는 것을 목표로하는 수업을 구성할 수 있다. 또는 구조화된 문제에 대한 정량적인 해답을 구하는 문제해결형 활동보다는 비구조화된 문제를 해결하도록 하거나, 다양한 해석과 접근을 허용하는 문제의 도입을 고려할 수 있다(Ha & Jho, 2022).

AI 모델을 만드는 과정에서 일부 학생들이 속한 모둠에서는 구성원의 AI에 대한 배경지식과 프로그래밍 역량 차이, 그리고 기기 부족으로 인해 어려움을 겪었다. 모둠당 한 개의 기기가 보급되었기 때문에 소위 '잘하는 학생'이 활동을 주도하고 그렇지 않은 학생은 소외되는 현상이 발생하였다. 교사의 설명을 수동적으로 따라가다가 놓치면 그 뒤로 막히는 경우도 있었다. 학생들은 다뤄보지 않은 플랫폼 KNIME에 익숙해지는 과정에 어려움을 겪어 AI 모델을 만들기 위해서는 충분한 시간과 반복 훈련이 필요하다고 느꼈다. 이처럼 과학-AI 융합 수업에서는 학생이 새로운 도구를 다루는 방법을 배우는 데에 상당한 시간과 에너지를 소모하게 경향이 있어(Shin, 2022) 자칫 융합 기술에 대한 교육에 치중한 나머지 융합되기 전의 원래의 교과 교육에 대한 내용을 다루는 것에 소홀해질 수 있다(Ha & Jho, 2022). 즉, 융합 수업은 학생에게 새로운 도구와 AI를 배우는 경험을 제공하나, 동시에 도구와 AI를 익히는 데 치중하느라 수업의 목적이 전도될 위험이 있다. 따라서 과학-AI 융합 수업의 설계 시 학생의 인지 수준에 적합한 도구를 선정하고, 해당 도구에 익숙해지기 위해 훈련하는 시간을 고려해야한다. 또한, 모둠 내에서 역량 차이로 인한 소외를 방지하기 위한 학습 전략을 고려하여야 한다.

대부분의 학생은 과학-AI 융합 수업 참여 전에 '인공지능 기초', '수리와 인공지능' 과목을 수강하였지만, 각자의 AI에 대한 이해 수준이나 학습 속도에는 차이가 있었다. 이해 수준이 높은 학생들은 AI 모델을 구체적으로 공부하고자 하는 요구와 함께 새로운 문제로 확장하고자 했고, AI 모델의 구조, 학습 횟수와 성능과의 관계에 흥미를 느꼈다. 이는 KNIME에서 AI 모델을 시각적으로 보고, 간편하게 변수를 조절할 수 있는 환경을 제공받은 효과로 보인다. 반면, 일부 학생들은 은닉층을 이해하는 데 어려움을 겪었다. 자신이 상상한 은닉층과

KNIME의 은닉층 간에 괴리감을 느낀 것으로 보였다. 수업에서 여러 개의 퍼셉트론으로 은닉층을 표현하는 것과 달리, KNIME은 하나의 노드로 은닉층을 시각화였다. 이처럼 블록코딩에서 머신러닝의 원리가 추상적으로 표현될 경우 학습자들은 이를 명확하게 이해하지 못한다(Mariescu-Istodor & Jormanainen, 2019). 이러한 모호함을 해결하지 못한 학생들은 개념을 조금 더 자세하고 천천히 설명하길 원하거나 AI 모델의 원리나 알고리즘을 추가적으로 학습하고자 하였다. 따라서 교사는 학생들의 다양한 학습 수준에 대응하기 위해 과학-AI 융합 수업 실천 시 추가학습 자료, 개별적인 피드백 등 개별화된 교수학습 전략을 고려해야 한다. 추가적인 설명이 필요한 학생들은 학습자료를 활용하여 개념을 이해할 수 있고, 이해 수준이 높은 학생들은 추가 학습자료를 통해 부족한 개념을 보완하고 자신만의 모델을 스스로 학습할 기회를 얻게 된다. 이는 학습자 참여 기회를 증진하고 학습 과정에 대한 선택의 기회를 제공하는 학습자 맞춤형 교수·학습(MOE, 2022b)과 맥락을 같이 한다.

V. 결론 및 제언

2022 개정 교육과정에서 융합교육을 강조함에 따라 융합 수업을 개발하고 지도하기 위해서는 교육 대상에 대한 이해가 필요하다. 따라서, 본 연구는 고등학생을 대상으로 과학-AI 융합 수업을 실시하고 수업 과정에서 나타나는 학생의 경험을 분석하였다. 물리학과 AI가 융합된 새로운 수업 방식이 학생의 두 학문에 대한 인식에 긍정적인 영향을 미치고 수업에서 다루지 않은 새로운 주제에 이를 적용해보고자 하는 동기를 불러 일으키는 현상이 나타남을 확인하였다. 반면, 학생들은 처음 접하는 KNIME의 활용과 머신러닝 원리의 이해에 어려움을 겪었다. 정규 교육과정에서 다루지 않는 AI에 대한 이해 수준은 학생 마다 달랐고, 이것은 소집단 활동에 어려움으로 작용하기도 하였다. 또한 물리학의 비중이 낮고, 일부 과정에서 수동적으로 참여하게 되는 진행 방식은 과학-AI 융합 수업의 근본적인 한계로 해석되었다. 이를 통해 과학-AI 융합 수업이 학생의 데이터 처리 활동을 촉진하고 융합된 두 학문에 대한 인식에 긍정적인 영향을 미칠 가능성이 있으나, 학생이 일반 수업에서와는 다른 어려움을 겪을 수 있으며 물리 교육적 측면에서 기대효과가 제한됨을 알 수 있었다. 연구 결과와 논의를 바탕으로 교사가 과학-AI 융합 수업을 구성할 때 고려할 수 있는 제언은 다음과 같다.

첫째, 실험을 통해 데이터를 수집하고 이를 AI 모델로 분석하는 과정을 학생 스스로 수행하도록 하는 것을 고려할 필요가 있다. 본 연구에서 학생들은 데이터를 수집하고 처리하는 과정을 통해 실험에 대한 갈증을 해소하였고 그래프에 대한 이해를 높였다. 과학-AI 융합 수업에서 강조되는 그래프 구성 요소의 이해와 데이터 간의 관계 분석은 주요한 과학 탐구 기능이다. 따라서 과학-AI 융합교육은 학생의 고차원적 과학 탐구 역량을 향상시키는 데에 도움이 될 수 있다. 다만, 교사는 학생이 데이터 수집 과정에서 오차를 줄여 질이 좋은 데이터를 분석하는 것이 중요함을 안내할 필요가 있다.

둘째, 실생활의 문제를 해결하는 과정을 통해 과학적 탐구 역량을 기를 수 있는 수업의 설계를 고려할 수 있다. 학생들은 실험을 통해 데이터를 수집하고 AI를 활용하여 자신의 관심사, 진로, 실생활과 연관된 문제를 해결하고자 하였다. 따라서 본 연구의 학습 과정을 바탕으로 과학적 문제해결을 위해 실험 등의 방법으로 데이터를 수집하는 과학적 탐구 역량(Song *et al.*, 2019)을 기를 수 있는 학습목표를 가진 수업을 구성할 수 있다. 이러한 학습 목표는 다양한 과학 탐구 방법을 수행하는 데 한계가 있는 전통적 실험실 기반 과학 탐구(Lederman *et al.*, 2014)의 대안으로써 실험실 기반 및 데이터 기반의 탐구를 가능하게 한다. 반면, 감쇠 진자 운동을 정성적으로 이해하는 본 융합 수업의 학습 목표와 달리 물리를 이론적으로 학습하고자 하는 학생들의 요구가 나타남에 따라 수업의 목적에 맞게 교과의 비중과 학습 목표를 설정하고 학생들에게 이를 명확히 안내할 필요가 있다.

셋째, 교사는 학생의 AI에 대한 이해 수준과 학습 속도의 차이를 고려하여 모둠을 구성하고 추가 학습자료 및 개별적인 피드백을 통해 개인별 맞춤형 학습이 이루어지도록 해야 한다. 학습자의 수준이 고려되지 않은 모둠에서는 잘하는 학생이 주도적으로 하여 일부 학생이 소외될 수 있다. 융합 수업에서는 배경지식이 부족하여 이해하기 어려워하는 학생 또는 이해 수준이 높아 심화된 내용을 추가로 학습하길 원하는 학생을 개별적으로 고려할 필요가 있다. 학생의 학습 속도와 이해 수준에 따라 개별적인 피드백을 제공하여 개인의 역량을 최대한 기를 수 있는 개인별 맞춤형 학습이 이루어지도록 해야한다. 따라서 학생의 이해 수준과 학습 속도를 고려한 모둠을 구성하고 학습자의 수업 참여 기회를 증진하여 학습 과정을 선택할 수 있는 맞춤형 학습이 이루어질 수 있도록 추가 학습자료를 구성할 필요가 있다.

본 연구는 심층 면담을 통해 학생들의 경험을 분석하고 경험을 통해 드러난 과학-AI 융합 수업의 특징을 살펴봄으로써 과학-AI 융합 수업의 실제를 알아보았다. 심층 면담을 통해 학생들은 긍정과 부정의 의견을 동시에 표현하거나 자신의 경험을 구체적으로 드러내었기에 설문조사로는 파악할 수 없는 학생들의 개인적인 경험의 의미를 분석할 수 있었다. 본 연구는 교사가 교과와 AI를 융합한 수업을 구성하는 데 도움을 줄 수 있는 점에서 의의가 있다. 그러나 본 연구는 일일 3차시에 걸친 수업만을 실시하였다는 점에서 한계가 있다. 따라서 더 많은 차시의 수업을 실시한 후 연구를 수행한다면 보다 다양한 현상과 경험의 의미를 얻을 수 있을 것이다. 또한, 본 연구의 연구 참여자는 대체로 과학과 AI에 관심이 있으므로 과학 또는 AI에 관심이 없는 학생들의 경험을 이해하기에는 한계가 있다. 따라서 추후 과학과 AI에 대한 흥미 또는 이해 수준이 낮은 학생들을 대상으로 한 연구를 통해서도 시사점을 얻을 수 있을 것이다. 본 연구의 논의 및 결론을 통해 학습자를 고려한 다양한 교과와의 융합교육 수업이 활발히 개발되기를 기대한다.

국문요약

2022 개정 과학과 교육과정은 AI를 활용한 탐구 활동을 경험함으로써 융합적 사고를 바탕으로 일상생활과 사회 속 과학 문제를 해결할 수 있는 능력을 기르는 것을 목표로 한다. 이에 과학 교과와 AI를 융합한 과학-AI 융합교육 프로그램을 개발하고 이를 활용하여 고등학생을 대상으로 융합 수업을 진행하였다. 과학-AI 융합 수업은 감쇠 진자의 운동을 정성적으로 이해하고 블록코딩 플랫폼 KNIME을 사용하여 진자의 위치를 예측할 수 있는 AI 모델을 구축하는 것을 목표로 한다. 개별 심층 면담을 통해 학습자의 경험을 이해하고 해석하고

자 하였다. Giorgi의 현상학적 연구 방법론을 바탕으로 학습자의 참여 동기, 배움과 변화, 어려움과 수업의 한계를 기술하였다. 학생들은 AI에 대한 관심과 사회적 트렌드에 대한 인식을 바탕으로 수업에 참여하고자 하는 동기를 가지고 있었다. 학생들은 직접 데이터를 수집하고 AI 모델을 구축하는 것을 배웠다. 실험 결과를 바탕으로 주변 현상을 예측할 수 있을 것으로 기대하였으며 융합 수업을 긍정적으로 인식하였다. 한편, 여전히 익숙하지 않은 플랫폼, AI 원리 이해를 어려움으로 인식하였고 따라해야만 하는 수업 방식의 한계와 수업 내용상의 한계를 인식하였다. 융합 수업의 경험은 실생활의 문제를 AI를 통해 해결하고자 하는 학습 동기로 나타났으며, 학생들이 느낀 어려움과 한계는 더 심화되고 확장된 주제를 학습하고 싶은 동기로 이어졌다. 이를 바탕으로 과학-AI 융합 수업을 위한 논의 및 제언을 도출하였다. 본 연구는 과학-AI 융합 수업을 개발하고 이를 현장에 적용할 때 시사점을 제공할 것으로 기대된다.

주제어 : 과학, 인공지능, 융합교육, 과학-AI 융합교육

References

Alamäki, A., Mäki, M., & Ratnayake, R. M. (2019). Privacy concern, data quality and trustworthiness of AI-analytics. Proceedings of Fake Intelligence Online Summit 2019.

Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial Intelligence trends in education: a narrative overview. Procedia Computer Science, 136, 16-24.

Giorgi, A. (1970). Psychology as a Human Science, New York : Harper & Row.

Giorgi, A. (2004). Qualitive research methodology : advanced workshop on the descriptive phenomenological method", qualitative research methodology, Korea Center for Qualitative Methodology.

Ha, S., & Jho, H. (2022). Physics Education in the Era of the Fourth Industrial Revolution through the Concepts of Hyper-Convergence, Hyper-Connection, and Super-Intelligence. NPSM 2022;72:319-328.

Hemlata, P. G., & Gulia, P. (2019). Experimental Evaluation of Open Source Data Mining Tools: R, Rapid Miner and KNIME. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering 9(1)

Hong, H., Hyun, S., Jung, S., & Jung, C. (2013). A Case Study on the Development and Application of Learning Strategies for Adaptation to College Life of International Students Education Program. Korean Journal of General Education, 7(6), 561-587.

Hong, J., & Kim, Y. (2020). Development of AI Data Science Education Program to Foster Data Literacy of Elementary School Students.. Journal of The Korean Association of Information Education, 24(6), 633-641.

Hong, U., Jang, J., & Chae, S. (2023). Development of No-Code AI Convergence Education Teaching Material Using Graphical Workflow: KNIME-a Data Analysis Platform. School Science Journal, 17(1), 34-47.

Jang, J., Hong, U., & Chae. S. (2023). Development of Mathematics, Science, and Information Convergence Educational Materials Based on Coding of Artificial Neural Network. School Science Journal, 17(2), 174-191.

Jho, H. (2020). Discussion for how to Apply Artificial Intelligence to Physics Education. NPSM 2020;70:974-984.

Jung, W., Lee, J., & Oh. S. (2011). Investigation on the Difficulties During Middle School Students` Finding Inquiry Topics on Open-Inquiry Activities. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 31(8), 1199-1213.

Kang, J. (2021). A Phenomenological Study on the Science Anxiety Experience of Science-Gifted Middle School Students. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 41(4), 283-295.

Karsoliya, S. (2012). Approximating number of hidden layer neurons in multiple hidden layer BPNN architecture. International Journal of Engineering Trends and Technology, 3(6), 714-717.

Kim, E., & Jhun, Y. (2017). Effects of STEAM Program on Students` Scientific Literacy which emphasizes Observation in Real World Phenomena. Korean Journal of Elementary Education, 28(3), 17-34. Journal of Korean Academy of Nursing, 29(6), 1208-1220.

Kim, T., & Kim, B. (2002). Reserch Article : The Comparison of Graphing Abilities of pupils in grades 7 to 12 based on TOGS(The Test of Graphing in Science). Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 22(4), 768-778.

Ku, J. (2023). Analysis of Educational Needs by College Majors for Liberal Arts SW Coding Classes－Based on Coding Projects Applying PBL－. General Education and Citizen, 7(0), 113-138. 10.47142/GEC.7.5

Le, H., Janssen, J., & Wubbels, T. (2018). Collaborative learning practices: teacher and student perceived obstacles to effective student collaboration. Cambridge Journal of Education, 48(1), 103-122.

Lee, H., & Nam, H. (1999). An Analysis of Factors of High School Student's Career Choices. The Korean Journal of Career Counseling, 4(1), 53-82.

Lee, I., & Perret, B. (2022). Preparing High School Teachers to Integrate AI Methods into STEM Classrooms. In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence (Vol. 36, No. 11, pp. 12783-12791).

Lee, J., & Kwon, G. (2022). Exploring the Effectiveness of CT and AI Capabilities Through the Development and Application of Elementary AI Convergence Education Programs. Journal of Creative Information Culture (JCIC), 8(4), 301-310.

Lee, J., & Oh, I. (2016). Phenomenological Study on a School Counselor's Professional Development Experience. Korean Journal of Counseling, 17(4), 351-372.

Lee, J., Kim, K., & Kang, S. (2022). Content System and Teaching/Learning Case Study for Systematic Convergence of Artificial Intelligence and Science Subjects. Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction Vol. 22, No. 13, 2022, pp. 623-640.

Lee, J., Lee, S., & Lee, D. (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.

Lee, M., & Chun, S. (2017). A Study on Improving Logical Thinking Ability of Elementary School Students with Entry and Scratch. Korean Journal of Elementary Education, 28(1), 173-185.

Lee, S., & Han, J. (2020). Analysis of Relationships among SW Interests, AI Interests, Level of Programming Skills, AI Self-Efficacy, and Persistence of AI Learning. The Journal of Korean Association of Computer Education, 23(6), 51-58.

Liang J. C., Hwang G. J., Chen M. A. Darmawansah, D. (2021). Roles and research foci of artificial intelligence in language education: an integrated bibliographic analysis and systematic review approach, Interactive Learning Environments, 1-27.

Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). Naturalistic inquiry. Newbury Park, CA: Sage.

Mariescu-Istodor, R., & Jormanainen, I. (2019). Machine learning for high school students. In Proceedings of the 19th Koli calling international conference on computing education research (pp. 1-9).

McKenzie, D. L., & Padilla, M. J. (1986). The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS). Journal of Research in Science Teaching, 23(7), 571-579.

Ministry of Education (2020, May 26). 3rd Comprehensive plan for convergence education of mathematics, science, and information ('20-'24) announcement. Republic of Korea.

Ministry of Education (2022a). 2022 revised curriculum general main point. Republic of Korea.

Ministry of Education (2022b). 2022 revised science curriculum. Ministry of Education 2022-33 [issue 9]. Republic of Korea.

Moon, S., Lee, W., & Heo, H. (2022). An Analysis of High School Students' Perception and Satisfaction with Chemical Class Converging Artificial Intelligence. The Korean Association of Computer Education Academic Presentation Conference Papers, 26(1), 113-116.

Na, J. (2006). A comparative analysis of validity issues in qualitative research. Journal of Education Evaluation, 19(1), 265-283.

Ogegbo, A. A., & Ramnarain, U. (2022). A systematic review of computational thinking in science classrooms. Studies in Science Education, 58(2), 203-230.

Oh, S. (2022). A Phenomenological Study on the High School Credit System Regarding Social Studies Related Elective Classes. The Journal of Yeolin Education, 30(3), 163-192. http://dx.doi.org/10.18230/tjye.2022.30.3.163

Shin, E. (2022). Science Teachers'Motivation and Perception of Science・AI Convergence Education. School Science Journal, 16(3), 398-412.

Shin, W. (2020). Exploring the Possibility of AI Convergence Science Education in Motion and Energy. The Korea Society of Energy and Climate Change Education, 10(1), 73-86.

Shin, W., & Shin, D. (2020). A Study on the Application of Artificial Intelligence in Elementary Science Education. Elementary Science Education, 39(1), 117-132.

Sohn, W. (2020). Development of SW education class plan using artificial intelligence education platform : focusing on upper grade of elementary

school. Journal of The Korean Associationof Information Education, 24(5), 453-462.
Song, J. & Choi W. (2018). Analysis of Characteristics of Middle School Science Gifted Students Facing Discrepant Experimental Cases. Journal of Science Education for the Gifted,, 10(2), 63-74.
Song, J., Kang, S., Kwak, Y., Kim, D., Kim, S., Na, J., Do, J., Min, B., Park, S., Bae, S., Son, Y., Son, J., Oh, P., Lee, J., Lee, H., Ihm, H., Jeong, D., Jung, J., Kim, J., & Joung, Y. (2019). Contents and Features of 'Korean Science Education Standards (KSES)' for the Next Generation. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 39(3), 465-478.
Srikant, S., & Aggarwal, V. (2017). Introducing data science to school kids. In Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE technical symposium on computer science education (pp. 561-566).
Tedre, M., Toivonen, T., Kahila, J., Vartiainen, H., Valtonen, T., Jormanainen, I., & Pears, A. (2021). Teaching machine learning in K−12 classroom: Pedagogical and technological trajectories for artificial intelligence education. IEEE Access, 9, 110558-110572.

저자정보

채승철(서울대학교 물리교육과)
홍의정(서울대학교 과학교육과)
신은혜(부천공업고등학교)
장진섭(서울대학교 과학교육과)