

Development and Implementation of an Elementary Artificial Intelligence Education Program Based on Unplugged Activities and Physical Computing

Do-Yeon Han*, Pyung-Joo Kim*, Yeon-Woo Kim**, Eun-Hee Goo***

*Student, Dept. of Software and Computer Engineering, Ajou University, Suwon, Korea

**Student, Dept. of Biological Sciences and Dept. of Software and Computer Engineering, Ajou University, Suwon, Korea

***Associate Professor, Da-San University College, Ajou University, Suwon, Korea

[Abstract]

This study aims to develop and implement an artificial intelligence (AI) education program to cultivate fundamental competencies in software (SW) and AI among elementary school students, and to enhance their understanding and familiarity with AI. The program was designed to systematically cover the learning process from basic AI concepts to advanced applications, integrating unplugged activities and physical computing practices tailored to the students' level and interests. Through this approach, students effectively developed computational thinking skills, and the application of the program led to significant improvements in their understanding and familiarity with AI, as well as in their creative thinking and problem-solving abilities. Surveys of elementary school teachers also indicated that the program contributed to students' improved understanding of AI and was highly valued as an educational resource. This study highlights the necessity of creating an educational environment where students can engage with SW and AI from an early age and where teachers can provide structured and effective instruction.

▶ **Key words:** AI Education, Fundamental SW-AI Competencies, Computational Thinking, Unplugged Activities, Physical Computing Practices

[요 약]

본 연구는 초등학생의 소프트웨어(SW) 및 인공지능(AI) 기초 역량을 함양하고, AI에 대한 이해도와 친숙도를 높이기 위한 인공지능 교육 프로그램을 개발하고 실제 교육 현장에 적용하는 것을 목적으로 한다. 프로그램은 초등학생의 수준과 흥미를 고려하여 언플러그드 활동과 피지컬 컴퓨팅 실습을 통합하여, AI의 기초 개념부터 기술 활용의 심화 과정까지 체계적으로 학습할 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 학생들은 컴퓨팅 사고력을 효과적으로 기를 수 있었으며, 프로그램 적용 결과 학생들의 AI에 대한 이해도와 친숙도가 유의미하게 향상되었고, 창의적 사고와 문제 해결 능력 또한 증진되었다. 초등 교사를 대상으로 한 설문조사에서도 본 프로그램이 학생들의 AI 이해도 향상에 도움이 되었으며, 교육 자원으로서의 활용 가치가 높다는 평가를 받았다. 본 연구는 학생들이 어릴 때부터 SW·AI를 흥미롭게 학습할 수 있고, 교사들이 체계적으로 지도할 수 있는 교육 환경의 필요성을 시사한다.

▶ **주제어:** 인공지능 교육, SW·AI 기초 역량, 컴퓨팅 사고력, 언플러그드 활동, 피지컬 컴퓨팅 실습

• First Author: Do-Yeon Han, Corresponding Author: Eun-Hee Goo

*Do-Yeon Han (wsd9489@ajou.ac.kr), Dept. of Software and Computer Engineering, Ajou University

*Pyung-Joo Kim (pjookim@ajou.ac.kr), Dept. of Software and Computer Engineering, Ajou University

**Yeon-Woo Kim (ywoo429@ajou.ac.kr), Dept. of Biological Sciences and Dept. of Software and Computer Engineering, Ajou University

***Eun-Hee Goo (ehgoo@ajou.ac.kr), Da-San University College, Ajou University

• Received: 2025. 03. 12, Revised: 2025. 05. 05, Accepted: 2025. 05. 05.

I. Introduction

21세기 디지털 트랜스포메이션의 급속한 진전은 사회, 산업, 일상생활 전반에 걸쳐 혁신적인 변화를 촉진하고 있다. 특히 인공지능(AI) 기술은 이러한 변화의 중심에 위치하며, 데이터 기반 의사결정, 자동화, 창의적 문제 해결 등 다양한 영역에서 핵심적인 역할을 수행하고 있다. 이에 따라 국가 간 디지털 경쟁력 격차는 심화되고 있으며, AI 활용 역량은 국가 경쟁력을 좌우하는 주요 지표로 부상하고 있다.

과학기술정보통신부는 '인공지능 국가전략'을 수립하여 AI 인재 양성과 활용 역량 강화를 국가적 목표로 제시하였으며, 교육 분야에서는 초·중·고 학생의 컴퓨팅 사고력 및 SW·AI 역량 강화를 위한 커리큘럼 개편과 학습 기회 확대를 적극적으로 추진하고 있다[1]. 특히, 교육부의 2022 개정 교육과정은 초등 SW·AI 교육을 필수화하고, 기존 17시간에서 34시간 이상으로 시수를 확대하도록 하였다[2-3]. 이는 AI 활용 역량이 미래 사회의 핵심 역량임을 국가 차원에서 제도적으로 강조한 사례로, AI 선도국으로의 도약을 위한 교육 기반 마련의 일환이라 할 수 있다.

미국, 영국, 일본 등 주요국은 이미 K-12 단계에서 컴퓨터 과학 표준 마련, 필수 교과 편성, 체험 중심 AI 교육 등 다양한 정책을 통해 초등학생 수준부터 AI 인재 양성에 힘쓰고 있으며, 중국, 싱가포르, 인도 등도 초등 교육 단계에서 AI 교육을 적극적으로 도입·확대하고 있다[4-5].

우리나라도 2022 개정 교육과정을 통해 정보 교육 시수를 확대하고, AI 디지털 교과서(AIDT) 도입 등 다양한 정책적 노력을 전개하고 있다[2][6]. 그러나 이러한 제도적 접근에도 불구하고, 초등 교육 현장에서 SW·AI 교육이 보편적인 교육으로 정착되기까지는 여전히 많은 어려움이 존재한다.

현장 교사들은 디지털 기술의 필요성과 활용에 대한 수용적 태도를 보이며, 변화에 능동적으로 대응하고자 하는 의지를 가지고 있다. 그러나 교육 준비 환경의 미비와 자료 및 인프라의 부족은 여전히 주요한 제약 요인으로 작용하고 있다[7]. Kim(2024)은 초등교사들이 정보 교육 전반에서 높은 중요도를 인식하고 있으며, 특히 인공지능 영역에서 그 필요성을 강하게 느끼고 있다고 보고하였다. 하지만 연구에 따르면 인공지능 교육의 중요도 인식에 비해 교사의 교수 역량(보유도)은 낮게 나타났으며, 이는 단순히 개인적 역량 부족이 아니라 현행 교육 시스템 내에서 교사를 효과적으로 지원할 수 있는 체계적인 교육 프로그램의 부재를 의미한다[8].

최근(2021~2024년) 국내외에서는 초등학생 대상 인공지능 교육 프로그램의 개발 및 그 효과성을 검증하려는 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 예를 들어, Kim 등(2023)은 국제 바칼로레아 초등교육 프로그램(IB PYP)을 기반으로 한 인공지능 교육이 초등학생의 컴퓨팅 사고력과 창의적 문제 해결력 향상에 효과적임을 실증하였으며[9], Park(2024)은 인공지능 윤리교육을 통합한 프로그램이 초등학생의 AI 이해도 및 책임의식에 긍정적인 영향을 미쳤음을 보고하였다[10]. 또한 Baek과 Kim(2024)은 최근 국내에서 다양한 교과와 융합한 AI 교육 프로그램 개발이 증가하고 있음을 체계적 문헌고찰을 통해 제시하였으며, 국가 차원의 가이드라인 부족, 현장 중심 실천 연구의 한계, 교사의 준비성 문제 등은 여전히 미흡하다고 지적하였다[11-12].

이러한 기존 연구들은 초등 AI 교육의 필요성과 효과를 강조하지만, 본 연구는 언플러그드 활동과 피지컬 컴퓨팅을 통합한 프로그램을 중심으로 교사와 학생의 실질적인 변화와 현장 적용성을 다각도로 분석한다는 점에서 차별성을 지닌다.

따라서 본 연구의 목적은 초등학생의 눈높이에 맞춘 인공지능 교육 프로그램을 개발하고 이를 실제 교육 현장에 적용함으로써, 학생의 SW·AI 기초 역량과 인공지능에 대한 이해도 및 친숙도를 체계적으로 증진시키는 것이다. 아울러, 교사의 교육 준비성, 프로그램의 교과 연계성, 난이도, 현장 적용성 등을 함께 분석함으로써, 향후 초등 인공지능 교육의 실질적 확산과 질적 제고에 기여하고자 한다.

또한 본 교육 프로그램의 효과를 정량적·정성적으로 평가하여, 초등학생들이 어릴 때부터 인공지능의 원리를 이해하고 기술을 효과적으로 활용할 수 있는 기반을 마련하고자 한다. 이는 학생들의 SW·AI 기초 역량 함양을 통해 미래 사회에서 AI를 능동적으로 활용할 수 있는 인재로 성장할 수 있도록 돕는 한편, 장기적으로는 AI 선도 국가로의 도약에 기여하고자 하는 데 그 의의가 있다. 더불어 교원들에게도 실질적인 도움을 줄 수 있도록, SW·AI 교육을 위한 준비 환경 및 인프라 개선 방향도 함께 제시하고자 한다.

II. Preliminaries

1. The Necessity of Artificial Intelligence Education in Elementary Schools

인공지능 기술이 발전하며 일상생활 전반에서 활용 및

확산되어 사회 전반의 변혁을 주도하고 있다. 국가는 변화하는 사회에 전 국민이 유연하게 적응할 수 있도록 SW·AI 교육을 강화하고 있다. 교육부는 인공지능 교육을 ‘인공지능의 혜택을 누리기 위해 필요한 지식과 기능을 배우고 인공지능과 함께 살아가기 위해 필요한 가치와 삶의 방식을 배우는 교육’이라고 정의하며, 이러한 교육이 미래 사회에 필수적인 역량을 기르는 데 중요한 역할을 한다고 보고 있다[9]. 국가 경쟁력 제고 차원에서 디지털 신기술 분야 인재 양성을 위해 초·중등 교육부터 컴퓨팅 사고력 교육을 위한 준비의 필요성을 강조하고 있다. 그중 초등학교 인공지능 교육은 어렸을 때부터 자연스럽게 미래 기술에 관한 이해와 흥미를 배양할 수 있도록 하기 위해 필수적이다. Sohn(2020)은 현재의 학생들이 미래의 주역이며 이들에 대한 교육 결과가 미래의 형태를 만들어 가기 때문에 교육을 설계한다는 것은 미래를 설계한다는 말과 동일하다며 인공지능 교육의 중요성을 강조하였다[13]. 이러한 필요성에 따라 인공지능 교육이 학생들에게 미치는 영향을 검증한 연구도 활발히 진행되고 있다. Lee(2021)의 연구에서는 초등학생을 대상으로 진행한 인공지능 융합 교육 프로그램이 학생들의 인공지능 기술에 긍정적인 태도와 창의적 문제 해결력 신장에 효과가 있다고 검증하였다[14]. 또한, Ng et al.(2022)은 AI 리터러시가 21세기 필수 디지털 역량 중 하나로 자리 잡고 있으며, K-16 교육 과정에서 이를 적극적으로 도입해야 한다고 강조한다. 특히, 인공지능이 단순한 기술 교육을 넘어 윤리적·사회적 문제를 고려해야 하는 영역으로 확장됨에 따라, 학생들에게 인공지능의 기본 개념뿐만 아니라 인공지능의 활용과 한계를 이해시키는 것이 중요하다고 보았다[15]. Yoo et al.(2024)은 인공지능 교육이 초등학교 단계에서 빠르게 확산되고 있으며, 기술적 지식 전달뿐만 아니라 문화적·윤리적 요소를 포함하는 포괄적인 교육이 필요하다는 점을 강조한다. 특히, 인공지능 교육의 초기 도입이 디지털 격차 해소와 미래 사회 대비를 위한 필수 요소로 자리 잡고 있으며, 인공지능 기술을 단순히 배우는 것을 넘어 인공지능을 활용한 맞춤형 학습 및 창의적 문제 해결 능력을 기르는 것이 중요하다는 점에서 의미가 크다고 하였다[16].

국내외 인공지능 교육 프로그램 개발 연구 동향을 살펴보면, 국내에서는 초등학생을 대상으로 한 인공지능 교육 프로그램 개발이 활발히 이루어지고 있다. 국내 초등학교 대상 인공지능 교육 프로그램 개발 사례는 2021년을 기점으로 급증하고 있으며, 주로 고학년을 중심으로 진행되고 있지만, 저학년을 대상으로 한 프로그램도 꾸준히 개발되고 있는 것으로 나타났다. 또한 국어, 수학, 사회, 과학 교

과를 비롯하여 예체능 교과목에 이르기까지 다양한 교과목과 융합하여 인공지능 교육이 이루어지고 있으며, 주로 체험·실습, 프로젝트 기반 학습, 언플러그드·놀이 학습 등의 교수법이 활용되고 있다[17]. Jeong et al.(2023)은 인공지능 교육을 효과적으로 정착시키기 위해서는 단순한 기술 습득을 넘어 다양한 교과목과의 융합을 통해 학생들이 인공지능을 보다 실제적인 맥락에서 이해할 수 있도록 해야 한다고 하였다. 교과 융합 인공지능 교육은 학생들이 인공지능 기술을 실제 문제 해결 과정에서 활용할 수 있도록 유도함으로써 인공지능에 대한 실질적 이해를 돕고, 미래 사회에서의 적응력을 높일 수 있는 기회를 제공한다[18]. 이처럼 국내에서도 초등학교 인공지능 교육의 중요성이 강조되고 있으며, 다양한 방식으로 교육 프로그램이 개발되고 있다. 그러나 아직까지 국가 차원의 체계적인 가이드라인이 부족하며, 인공지능 교육이 교육 현장에서 안정적으로 자리잡을 수 있도록 하는 체계적인 교육 프로그램이 필요하다. 반면, 해외 주요국들은 보다 체계적인 국가 정책을 바탕으로 초등학교 단계에서부터 SW·AI 교육을 강화하고 있으며, 특히 인공지능 교육을 SW 교육의 연장선상에서 접근하는 사례가 많다. 미국은 AI4K12 Initiative를 통해 유치원부터 고등학교까지 인공지능 교육을 위한 국가 차원의 가이드라인을 제공하며, 인공지능 기초 개념과 머신러닝 등을 포함한 표준 교육과정을 개발하고 있다. 영국은 2014년부터 기존의 ICT 과목을 ‘컴퓨팅’으로 개편하여 프로그래밍 및 컴퓨터 과학 교육을 필수화하였으며, Machine Learning for Kids와 같은 온라인 플랫폼을 활용하여 인공지능 개념을 체험할 기회를 제공하고 있다. 중국은 차세대 AI 개발 계획(2017)을 통해 인공지능 교육의 필요성을 강조하며, 2018년 세계 최초로 유치원부터 직업 교육까지 포함하는 인공지능 교과서를 개발하고 인공지능 교육 시범학교를 운영하는 등 국가 차원의 적극적인 지원을 이어가고 있다. 일본 역시 2020년부터 초등학교 프로그래밍 교육을 의무화하고, ‘AI 전략 2019’를 통해 학생들이 데이터 분석과 문제 해결 역량을 키울 수 있도록 교육 개혁을 추진하고 있다[4].

2. Approaches to Cultivating Computational Thinking

컴퓨팅 사고력이란 일상에서 마주하는 복잡한 문제를 논리적이고 절차적으로 사고하여 해결하는 능력을 말한다. 컴퓨팅 사고력은 SW·AI의 기초 역량이자, 현시대와 미래 사회의 필수 역량이다. 컴퓨팅 사고력은 SW·AI 및 디지털 정보화 영역의 컴퓨팅 기본 개념과 원리를 학습하는 데에도 필수적이지만, 수학 및 과학 등 교과 학습에서의 논리

력과 절차적 문제해결력이 필요한 교과에서도 필수적이다. 또한, 교육 분야에 국한되지 않을 뿐만 아니라 일상생활에서도 복잡한 문제를 해결하고, 데이터 기반으로 의사결정을 내리며, 신기술과 기술 발전에 적응하는 데 필요한 역량이다. 국가가 양성하고자 하는 SW·AI 인재상 또한 컴퓨팅 사고력을 가진 창의·융합 인재이다.

Wing(2006)은 컴퓨팅 사고력을 21세기 사회 구성원 모두가 함양해야 할 핵심 역량으로 강조하며, 현대 사회의 복잡한 문제 해결에 필수적인 사고력이라고 소개하였다[19]. Lee와 Jang(2018)의 연구에 따르면, 미래 사회는 지식 중심의 인재가 아닌 역량 중심의 유연한 인재를 원하고 있다고 하였다[20]. 이러한 연구들이 시사하는 점은 다음과 같다. 컴퓨팅 사고력이 역량 중심의 인재가 되기 위한 필수적인 요소이며, 컴퓨터 과학의 한 영역에 국한되지 않고, 융합형 교육과 컴퓨팅 사고 과정을 통해 일상의 복잡한 문제를 해결하는 사고 역량이라는 것이다.

Bell et al.(2009)은 언플러그드란 컴퓨터를 사용하지 않고 학생들이 컴퓨터 과학의 핵심 개념을 효과적으로 학습할 수 있도록 하는 교육 방법이라고 설명하였다. 즉, 학생이 컴퓨터로 직접 코딩을 하는 것이 아닌, 컴퓨팅 사고력 관련 요소가 반영된 놀이 학습을 직접 체험함으로써, 친숙하고 흥미 있게 컴퓨팅 사고력을 학습할 수 있도록 하는 것이다. 학생이 문제에 접근하고 해결하는 과정에서 기기 자체에 주의를 빼앗기지 않도록 하고, 프로그래밍 언어 학습의 어려움 없이 컴퓨터 과학의 핵심 개념에 집중할 수 있도록 하여, SW·AI 학습의 진입 장벽을 낮추고 흥미를 유발하게 한다고 하였다. 또한, 언플러그드 활동을 통해 컴퓨팅 사고력을 증진시키는데 기여한다고 하였다[21-22]. 언플러그드 교육의 유형은 크게 이야기 기반(Story-Telling, ST), 신체 활동 기반(Physical Activity, PA), 도구 기반(Media&Tools, MT), 학습지 기반(Work Sheet, WS) 교육으로 나눌 수 있으며 각 유형에 따라 장점이 존재한다[23]. 주로 다양한 유형을 융합하는 놀이를 통해 컴퓨터 과학 및 인공지능의 원리를 이해하도록 하는 학습 활동이 초·중등 학생에게 많이 사용되며 소프트웨어에 대한 지식이 전혀 없는 비전공 학생에게도 매우 효과적이다. 언플러그드 활동 기반 인공지능 및 소프트웨어 교육을 실시한 결과, 초등학생들의 컴퓨팅 사고력 및 학습 흥미도 향상 효과를 입증한 연구도 다수 존재한다[24-27]. Sun et al.(2021)의 연구 결과, 언플러그드 활동은 학습자의 선행 경험 및 학습 배경에 관계없이 컴퓨팅 사고력 기술을 향상하는데 효과적인 방법이라 보고하였다[28]. Lee와 Joo(2022)의 연구 또한, 반드시 코딩 학습 경험이 있어

야 언플러그드 교육 프로그램을 이해하는 데 수월하다는 결론으로 귀결되는 것은 아니라는 점을 보여주었다[29]. 또한, 언플러그드 교육은 특정 프로그래밍 언어에 종속되지 않고 기기 없이 간단한 도구를 사용하기에, 학생, 학급, 학교 간 불평등 현상을 해결할 수 있는 장점이 존재한다[30].

O' Sullivan과 Igoe는 피지컬 컴퓨팅이란 물리적인 신호에 따라 컴퓨팅 시스템 내에서 출력하는 과정이라고 말한다[31]. 교육적 의미로써 피지컬 컴퓨팅은 다양한 기기를 통해 현실 세계의 데이터가 직접 입출력되는 과정을 확인할 수 있기 때문에 프로그래밍을 쉽게 학습할 수 있도록 하며, 추상적인 예제가 아닌 일상 속 문제해결에 현실적으로 접근할 수 있다는 장점이 있다[32]. Song과 Lee(2008)의 연구에 따르면, 교육용 로봇을 활용한 프로그래밍 교육이 초등학생들의 문제 해결력을 신장시키는 데 효과적임을 보여주었다[33]. Kim et al.(2016)의 연구에서는 초등학생을 대상으로 피지컬 컴퓨팅을 적용하였는데, 프로그래밍 교육만 적용했을 때와 비교하여 피지컬 컴퓨팅 실습을 함께 적용했을 때 학습 만족도와 컴퓨팅 사고력 증진에 효과가 있다고 주장하였다[34].

이러한 연구 결과들은 언플러그드 활동 및 피지컬 컴퓨팅 실습이 초등학교 인공지능 교육 프로그램을 설계하고 적용할 때 학생들의 눈높이에 맞춰 쉽고 재미있게 SW·AI 기초 역량을 함양시키는 데에 긍정적 효과가 있다는 점을 뒷받침한다. 따라서 본 연구는 선행 연구들이 주장하는 다양한 형태의 언플러그드 활동과 피지컬 컴퓨팅 실습의 긍정적 효과들을 종합적으로 활용하고자 한다.

3. Development Process of an AI Education Program

본 연구의 인공지능 교육 프로그램은 분석(Analysis), 설계(Design), 개발(Development), 실행(Implementation), 평가(Evaluation)의 단계를 포함한 ADDIE 모형에 기반하여 체계적으로 개발되었다.

먼저 분석 단계에서는 선행연구 고찰과 함께 초등학생 및 교사를 대상으로 한 요구조사를 실시하여 인공지능 교육의 필요성과 교육 현장의 요구를 파악하였다. 설계 단계에서는 교육 목표를 설정하고, 언플러그드 활동과 피지컬 컴퓨팅 실습을 중심으로 한 교육 내용을 구성하였으며, 각 차시별 성취기준을 도출하였다. 개발 단계에서는 활동지, 실습 자료, 교수-학습 지도안을 제작하였고, 정보교육 전문가 3인의 내용 타당도 검토를 통해 자료를 수정·보완하였다. 실행 단계에서는 경기도 소재 2개 초등학교에서 프

로그래밍을 시범 적용하여 실제 수업에 활용하였다. 마지막으로 평가 단계에서는 사전-사후 검사, 차시별 설문조사, 활동지 분석을 통해 교육 프로그램의 효과성과 개선점을 도출하였다.

이러한 개발 절차는 초등학생의 수준과 흥미, 교과 연계성, 그리고 현장 적용 가능성을 모두 고려하여 구성되었으며, 실천 중심의 접근을 통해 프로그램의 교육적 완성도를 높이고자 하였다.

III. Research Methodology

1. Research Participants and Procedures

본 연구는 단일집단 사전-사후 검사 설계(one-group pretest-posttest design)를 적용하였다. 연구 참여자는 경기도 소재 초등학교 5학년 학생 90명(1차 60명, 2차 30명)을 대상으로 진행되었다. 표본수는 G*Power 3.1 소프트웨어를 활용하여 중간 효과 크기(Cohen's $d=0.5$), 유의수준($\alpha=0.05$), 검정력($1-\beta=0.8$)을 기준으로 산출하였으며, 최소 표본수 34명을 초과하여 통계적 검증력을 확보하였으며, 동질성 확보를 위해 사전 검사 결과를 분석하였다 [35]. 또한 효과성 평가는 AI 이해도, 친숙도, 창의적 문제 해결력 등 3개 영역에서 이루어졌으며, 각 척도의 신뢰도는 Cronbach's $\alpha = 0.85$ 로 확인되었다. 이는 2022 개정 교육과정에서 SW·AI 교육이 5·6학년을 중심으로 운영되는 점을 반영한 것이며, 학생의 인지 발달 단계와 교육적 적합성을 고려한 결과이다[36-37].

연구 절차는 다음과 같이 구성하였다. 첫째, 교육 전 설문조사를 실시하여 학생들의 인공지능에 대한 사전 이해도와 흥미도를 조사하였다. 또한, 교사를 대상으로도 교육 전 설문을 진행하여 인공지능 교육에 대한 인식, 교육 환경 및 자원에 대한 평가를 수집하였다.

둘째, 제작한 교육 자료와 언플러그드 활동지를 기반으로 총 4차시의 교육 프로그램을 운영하였다. 각 차시는 1시간 30분 동안 진행되었으며, 전체 교육은 총 6시간에 걸쳐 이루어졌다. 교육 프로그램은 인공지능 기초 개념 이해(1차시), 기초 개념 적용(2차시), 심화 개념 이해(3차시), 심화 개념 적용(4차시)으로 구성하였으며, 이론 학습과 실습 활동을 병행하였다.

셋째, 매 차시 종료 후 설문조사를 실시하여 학생들의 인공지능 이해도 및 친숙도의 변화를 측정하고, 주요 활동에 대한 피드백을 수집하였다. 또한, 교사를 대상으로도 차시별 설문을 진행하여 교육 내용의 적절성, 교과 연계

성, 학습 효과, 수업 운영 방식에 대한 평가를 수집하였다. 교육 종료 후 학생과 교사를 대상으로 사후 설문조사를 실시하여 프로그램의 전반적인 효과를 분석하고 개선점을 도출하였다.

또한 1차 교육에서 도출된 개선점을 반영해 교육 자료와 활동 방식을 보완하였으며, 학생 피드백과 교사-튜터의 관찰 결과를 바탕으로 실습 난이도 조정, 활동 순서 재배치, 활동지 예시 추가 등 구체적 개선이 이루어졌다. 이러한 변화에 따라 2차 교육에서는 학생들이 직접 체험하고 상호작용할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 실습이 대폭 강화되었다. 개선된 내용은 2주 차와 4주 차에는 라즈베리파이 기반 AI 책상 조명 및 반려 강아지 로봇 키트 조립, 센서 데이터 수집과 분석, 음성인식 및 감정 분석 코딩 등 학생 주도형 실습이 확대되었다. 이 과정에서 학생들은 팀을 이루어 창의적으로 문제를 해결하고, 자신이 직접 조립한 작품을 코딩으로 제어하며 인공지능 기술의 원리를 실제로 체득할 수 있었다. 실습 중심의 피지컬 컴퓨팅 활동은 학생들의 학습 참여도와 만족도를 크게 높였으며, 설문 결과에서도 체험형 활동에 대한 선호가 높게 나타났다. 2차 교육은 단순한 지식 전달을 넘어 학생들이 능동적으로 실습에 참여하고, 상호작용을 통해 학습 동기와 흥미를 증진하는데 중점을 두었다

2. Development and Application of the AI Education Program

인공지능 교육 프로그램은 초등학생의 눈높이에 맞추어 인공지능 기초 개념 이해부터 심화 개념 적용까지 체계적으로 학습할 수 있도록 다음의 Table 1과 같이 개발하였다. 이 프로그램은 교육 자료와 언플러그드 활동지를 기반으로 하여 학생들이 놀이와 실습을 통해 인공지능 개념과 기술을 익힐 수 있도록 구성하였다. 1차시에는 언플러그드 활동과 음성인식 및 음성합성 실습을 통해 인공지능의 기초 개념을 이해하도록 하였으며, 3차시에는 데이터 분석 및 인공지능 학습법을 중심으로 교육을 구성하였다. 2차시와 4차시에는 라즈베리파이 활용 교구를 기반으로 한 피지컬 컴퓨팅 실습을 통해 학생들이 직접 인공지능 기술을 직접 응용하고, 창의적으로 문제를 해결할 수 있도록 하였다.

Table 1. Composition of the 4-Session AI Education Program

Session	Learning Objectives	Activity Details
1	Understanding Basic AI Concepts	<ul style="list-style-type: none"> - Learning AI concepts and real-world applications - Exploring variables, conditionals, and loops through the 'Number Baseball' unplugged activity - Understanding speech recognition and speech synthesis concepts - Hands-on practice with IoT kit for speech recognition and synthesis
2	Application of Basic AI Concepts	<ul style="list-style-type: none"> - Learning about key components of Raspberry Pi-based educational kits - Assembling an AI-powered desk lamp in pairs (2:1) - Practicing sensor data collection and analysis - Conducting block coding exercises using a light sensor
3	Understanding Advanced AI Concepts	<ul style="list-style-type: none"> - Word cloud unplugged activity - Understanding the concepts of supervised and unsupervised learning - 'Grouping Animals' activity (unsupervised learning) - Cat/dog image classification practice (supervised learning)
4	Application of Advanced AI Concepts	<ul style="list-style-type: none"> - Learning about IR (infrared) sensors and DC motors - Assembling an AI-powered robotic-dog in pairs (2:1) - Practicing voice recognition-based robot control - Conducting AI-based sentiment analysis coding practice

2.1. Session 1 - Understanding Basic AI Concepts

1차시는 인공지능의 기초 개념 이해를 중심으로 구성하였다. '사람처럼 생각하고 판단한다'는 인공지능의 핵심 개념을 시청각 자료를 통해 소개하였으며, 실생활에서 활용되는 인공지능 기술의 사례를 제시하여 개념적 이해를 촉진하였다. 특히, 수학 교과와 연계한 '숫자 야구' 언플러그드 활동을 통해 학생들의 컴퓨팅 사고력 함양을 도모하였다. 본 활동에서 학생들은 변수 개념을 활용하여 중복되지 않는 세 자리 숫자를 가정하고, 정답과 비교하여 스트라이크·볼·아웃을 판별하는 과정을 수행하였다. 이 과정에서 조건문을 적용한 논리적 판단을 경험하며, 정답을 도출하기까지 반복적인 시도를 통해 반복문의 개념을 직관적으로 이해할 수 있도록 하였다. 활동 종료 후에는 변수, 조

건문, 반복문과의 연관성을 분석하는 과정을 통해, 학생들이 놀이 기반 학습을 활용하여 프로그래밍의 기초 개념을 익힐 수 있도록 하였다.

나아가, 조건문과 반복문에 대한 개념적 이해를 보완하기 위한 언플러그드 활동지를 추가적으로 제공하였다. 해당 활동지는 조건에 따라 특정 동작이 실행되는 흐름과 반복적 구조를 시각적으로 표현할 수 있도록 구성하였으며, 학생들이 문제 해결 과정을 단계적으로 수행하며 프로그래밍의 기본 원리를 체득할 수 있도록 제작하였다.

또한, 음성인식 및 음성합성 기술을 학습하고 실습하는 활동을 포함하였다. 학생들은 두 기술의 개념적 차이점을 학습한 후, AI 블록코딩 플랫폼을 활용하여 실습을 수행하였다. 이를 통해 음성 데이터가 프로그램 결과로 반영되는 과정을 탐색할 수 있도록 구성하였으며, 인공지능 기술의 원리를 직관적으로 학습할 수 있는 경험을 제공하였다.

2.2. Session 2 - Applying Basic AI Concepts

2차시는 인공지능의 기초 개념 적용을 중심으로 구성하였으며, 라즈베리파이 메인보드, LED, 조도 센서를 활용한 '인공지능 책상 조명' 제작 실습을 포함하였다. 조도 센서가 주변 밝기를 감지하여 조명을 자동 제어하는 원리를 설명함으로써 해당 기술의 응용 가능성을 이해하도록 하였다. 이후, 학생들은 2인 1조로 팀을 이루어 라즈베리파이 활용 교구로 조명을 조립한 후, AI 블록코딩 플랫폼을 이용하여 음성인식 기술을 기반으로 조명을 제어하는 실습을 수행하였다. 이 과정에서 정형화된 조립도를 제공하는 대신, 학생들이 직접 구조를 구상하고 제작하는 방식의 실습을 통해 창의적 문제 해결 능력을 함양할 수 있도록 하였다.

본 실습은 스토리텔링 기법을 적용하여 단계적으로 구성하였으며, 이를 전개하기 위해 '드림이'라는 자체 제작 캐릭터를 도입하였다. 이를 통해 개념적 이해를 촉진하고 학습의 몰입도를 향상시키는 데 중점을 두었다. 특히, 학생들이 조립한 책상 조명을 음성인식 기술로 제어하는 과정을 통해 인공지능 기술의 원리를 직관적으로 학습할 수 있도록 제작하였다.

또한, 1차 교육 이후의 개선 사항으로 '센서 데이터 수집 및 분석 실습'을 추가하여 학생들이 센서를 통해 수집된 데이터를 화면에 출력하고 직접 확인할 수 있도록 하였다. 이를 통해 센서의 작동 원리를 보다 직관적으로 이해하고, 인공지능 기술의 실질적 활용 가능성을 탐색하는 기회를 제공하였다.

본 교육은 이론과 실습을 유기적으로 연계함으로써 인공지능 기초 개념의 실질적 적용의 기회를 제공하였으며, 협동적 프로젝트 기반 학습(Project-Based Learning, PBL)을 통해 창의적 문제 해결 능력을 개발할 수 있도록 구성하였다.

2.3. Session 3 - Understanding Advanced AI

Concepts

3차시는 인공지능의 심화 개념 이해를 중심으로 구성하였다. 본 차시는 데이터 분석 및 시각화와 인공지능 학습법을 다루며, 학생들이 데이터 활용과 인공지능의 학습 원리를 경험을 통해 이해할 수 있도록 제작하였다. 첫 번째 활동인 워드 클라우드 실습에서는 학생들이 제시된 주제를 기반으로 관련 단어를 수집하고 빈도를 분석하여 워드 클라우드를 구성하는 과정을 수행하였다. 국어 및 사회 교과와 연계하여, 학생들은 주어진 주제와 관련된 핵심 단어를 수집하고 이를 시각적으로 표현하는 방법을 학습하였다.

두 번째 활동에서는 지도학습과 비지도학습의 개념을 학습하고, 각 방법론을 적용하는 실습을 진행하였다. 비지도학습 실습에서는 학생들이 동물 이미지를 자신만의 기준으로 분류하는 활동을 수행하며, 패턴 인식과 그룹화 과정을 경험할 수 있도록 하였다. 본 활동은 과학 교과와 연계하여 동물 분류 개념을 활용하였으며, 이를 통해 데이터의 특성을 분석하는 경험을 제공하였다. 지도학습 실습에서는 강아지와 고양이 이미지를 학습 데이터로 활용하여 인공지능 모델을 학습시키고, 이후 학생들이 직접 그린 그림을 테스트 데이터로 입력하여 분류 결과를 확인하는 과정을 수행하였다. 해당 실습은 지도학습과 비지도학습의 차이점을 명확히 이해하도록 제작하였으며, 각 학습 단계를 체계적으로 경험할 수 있도록 언플러그드 활동지를 병행하여 활용하였다. 본 교육은 데이터 활용 능력을 함양하고, 인공지능의 학습 원리를 깊이 있게 이해할 수 있도록 제작하였다.

2.4 Session 4 - Applying Advanced AI Concepts

4차시는 인공지능의 심화 개념 적용을 중심으로 구성하였으며, 음성인식 기술과 인공지능 기반 감정 분석 기술을 활용한 '인공지능 강아지 로봇' 제작 및 제어 실습을 포함하였다. 학생들은 AI 블록코딩 플랫폼을 통해 음성 명령을 기반으로 로봇을 제어하는 코드를 작성하고, 이를 통해 음성인식 기술의 원리를 체득하였다.

이후, 인공지능 기반 감정 분석 실습을 진행하였으며, 학생들은 웹캠을 활용하여 자신의 표정을 입력하고, 감정

분석 결과에 따라 로봇의 동작이 달라지는 과정을 탐색하였다. 본 실습은 인공지능이 데이터를 처리하고 의사 결정을 수행하는 과정을 직관적으로 학습할 수 있도록 제작하였으며, 인공지능의 동작 원리에 대한 이해도를 심화하는데 중점을 두었다.

나아가, 4차시는 앞선 차시들에서 학습한 개념과 기술을 종합적으로 적용할 수 있도록 제작되었으며, 학생들이 이를 활용하여 창의적 문제 해결 과정을 경험하는 기회를 가졌다.

3. Assessment Tools

본 연구에서는 초등학생 대상 인공지능 교육 프로그램의 효과를 다각적으로 검증하기 위해 활동지 분석, 사전-사후 검사, 차시별 설문조사, 교사 대상 설문조사를 평가 도구로 활용하였다. 사전-사후 검사와 차시별 설문 문항은 Kim et al.(2023)의 AI 리터러시 측정 도구와 Goo(2024)의 컴퓨팅 사고력 진단 도구를 기반으로 개발되었으며, 정보교육 전문가 3인의 내용 타당도 검토를 거쳐 초등학생의 인지 수준에 맞게 수정하였다. 설문 도구의 신뢰도는 예비 조사를 통해 Cronbach's α 로 산출하였고, 모든 척도에서 0.8 이상으로 나타났다. AI 이해도, 친숙도, 창의적 문제해결력 등 총 15개 문항을 5점 Likert 척도로 구성하고 초등학생의 인지 수준에 맞게 용어를 단순화하였다[9][24]. 교사 설문지는 Yoo et al.(2024)의 AI 교육 준비성 평가 프레임워크를 참고하여 교육 내용 적절성, 교과 연계성, 환경 지원도 항목으로 설계하였다[16]. 설문 도구의 내용 타당도는 정보교육 전문가 2인과 현장 교사 2인의 2회 검토를 거쳐 확보하였으며, 1차 검토에서 문항 명확성과 목표 연계성을 평가받아 일부 문항을 수정하고, 2차 검토를 통해 최종적으로 내용타당도 지수(CVI) 평균 0.89(전문가 0.92, 교사 0.86)를 확보하였다. 예비조사 결과, 모든 영역에서 Cronbach's α 값이 0.83 이상으로 신뢰도가 높게 나타났다. 활동지 분석은 학생들이 수업 중 작성한 활동지를 기반으로 인공지능 개념 이해 수준과 실습 참여도를 평가하였고, 차시별 설문조사는 각 차시 종료 후 실시하여 학생들이 수업을 통해 인공지능 개념을 얼마나 효과적으로 학습하였는지, 학습 활동이 창의적 사고와 문제 해결 능력 향상에 기여했는지 평가하는 데 활용하였다. 교사 대상 설문조사는 교육 전·후 및 차시별로 진행하여 교육 내용의 적절성, 교과 연계성, 수업 운영 방식, 학습 효과성을 종합적으로 분석하였다. 사전-사후 검사 결과는 대응표본 t-검정을 통해 유의미한 차이를 검증하였으며, 모든 영역에서 유의수준($p < 0.001$)과 큰 효과크기(Cohen's $d > 0.8$)가

확인되었다. 또한, 각 평가 영역에서 효과크기(Cohen's d)를 분석한 결과 모두 0.8 이상의 큰 효과크기를 보여주어, 교육 프로그램이 학생들의 SW·AI 기초 역량과 인공지능 이해도 및 친숙도 향상에 실질적으로 기여했음을 통계적으로 입증하였다. 이러한 평가 도구 개발 및 검증 과정을 통해 본 연구는 인공지능 교육 프로그램의 효과성을 과학적으로 입증하고, 초등 AI 교육 평가 체계에 대한 방법론적 기여를 이루었다.

IV. Results Analysis

본 연구의 결과 분석은 사전-사후 설문 조사, 매 차시의 교육 만족도 조사, 교육 과정에서의 학생/교사의 반응 및 학생의 활동지를 종합하여 인공지능 교육 프로그램의 효과성을 평가하는 데 중점을 두었다.

1. Worksheets Analysis



Fig. 1. Worksheets Used in the AI Education Program: (Left) Conditional Statements and Loops Worksheet from Session 1, (Right) Supervised and Unsupervised Learning Worksheet from Session 3.

프로그래밍 기초 개념을 확립하기 위하여 Fig 1(Left)의 1번 문제는 플로우 차트를 활용하여 조건문과 반복문의 개념을 이해할 수 있도록 하였다. 플로우 차트를 처음 접하였다더라도 그 개념과 기호에 대해 간단히 설명하니 잘 이해하고 문제를 풀어나가는 모습을 관찰할 수 있었다. 이를 통해 학생들이 조건문과 반복문의 개념적 이해뿐만 아니라 플로우 차트의 흐름까지 자연스럽게 습득한 것을 확인할 수 있었다. 또한, Fig 1(Left)의 2번 문제의 경우 중첩 조건문이 사용된 응용 문제로, 블록 코딩에 익숙하지 않은 학생의 경우에는 두 번째 조건의 답을 채우는 것에 어려움을 느끼는 모습이었다. 이에 대해 1번 문제에서 활용한 플

로우 차트를 이용하여 해당 블록 코드를 변환하여 나타내도록 하였다. 학생들은 플로우 차트를 통해 블록 코드를 도식화하여 쉽게 이해할 수 있었고, 곧이어 각 칸을 알맞게 채워나갔다. 학생들이 문제를 통해 ‘조건문’과 ‘반복문’의 프로그래밍의 기초 개념과 흐름을 이해하고, 블록 코딩에서 활용할 수 있음을 검증하였다. 특히 캐릭터 ‘드림이’를 이용한 스토리텔링 기법이 문제의 접근성을 향상하여 흥미롭게 문제에 몰입하는 것에 효과적이라는 것 또한 관찰할 수 있었다.

활동지 Fig 1(Right)를 통해 3차시에 진행한 비지도 학습 활동에서 학생들은 자신만의 기준을 세워 제시된 동물을 분류하였다. ‘발이 4개인 동물과 그렇지 않은 동물’, ‘날 수 있는 동물과 날지 못하는 동물’, ‘물속에 사는 동물과 그렇지 않은 동물’ 등 학생마다 다양한 분류 기준이 나왔다. 학생들이 동물 이미지를 세밀하게 관찰하며 눈에 보이는 특징을 찾아서 분류할 뿐만 아니라, 학생 스스로 알고 있는 동물의 습성을 활용하여 분류 기준을 세우는 것을 관찰할 수 있었다. 두 번째로 지도 학습 활동을 통해 학생들은 테스트 데이터를 직접 그리고 테스트해 보며, 인공지능의 학습 과정과 결과를 직접 확인하였다. 학생들은 학습 데이터로 주어진 고양이와 강아지의 사진을 자세히 관찰하며 고유한 특징을 찾았고, 이를 그림에 나타내고자 노력하였다. 인공지능이 정확하게 구분할 수 있도록 뾰족한 귀와 둥근 귀, 날카로운 눈과 완만한 눈 등 고양이와 강아지의 특징을 잘 드러나게 그리고 수정하는 과정을 가졌으며, 이를 통해 학생들이 지도 학습의 개념을 이해하고 적용했다는 것을 알 수 있다.

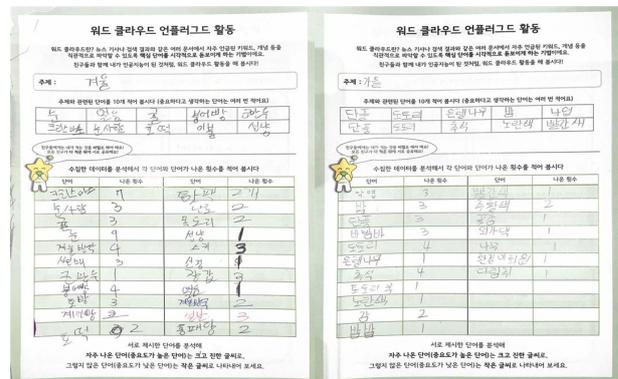


Fig. 2. Worksheet for Word Cloud Unplugged Activity

인공지능 학습 원리와 데이터 활용의 이해를 도울 수 있는 워드 클라우드 언플러그드 활동 또한 학생들이 흥미를 갖고 학습하는 데에 효과적이었다. Fig 2와 같이 학생들은 각자 주제와 관련된 단어를 10개씩 채운 뒤, 모둠 활동을

통해 단어가 언급된 빈도를 세어 기록하였다. Fig 3에서 볼 수 있듯이 학생들은 함께 단어 빈도수를 분석하고 중요도에 따라 도화지에 직접 워드 클라우드를 그려내었다. 학생들이 ‘단어의 빈도수, 즉 단어의 중요도에 따라 글자 크기가 달라진다’는 워드 클라우드의 개념을 확실히 이해하고 협동하여, 단어의 크기가 분명하게 드러나는 워드 클라우드를 제작해 나가는 모습을 확인할 수 있었다. 워드 클라우드의 개념을 학습하고 단어 수집 및 빈도 분석 과정을 단계적으로 이행하는 활동을 통해 인공지능 학습 원리와 데이터 활용을 효과적으로 이해하였음을 검증할 수 있다.



Fig. 3. Result of the Word Cloud Activity

2. Session-Based Evaluation Analysis

매 교육 이후, 교육에 대한 만족도와 인공지능에 관한 이해도 및 친숙도 변화를 알아보기 위해 차시별 설문 조사를 실시하였다. 설문 항목에는 ‘오늘 수업이 인공지능을 이해하는 데 도움이 되었다’, ‘오늘 수업을 듣고 인공지능과 많이 친해질 수 있었다’, ‘수업 난이도가 적당했다’, ‘수업 시간이 적당했다’가 포함되며, 모든 질문 항목은 ‘매우 아니다’(1점)에서 ‘매우 그렇다’(5점)으로 5점 Likert 척도를 활용하였다. 설문 결과를 통해 학생들이 인공지능 교육 프로그램에 대해 긍정적인 학습 경험을 가졌는지를 분석하였다.

Table 2의 결과를 살펴보면, 1차시에서부터 4차시까지의 평균 이해도는 4.7, 평균 친숙도는 4.6으로, 각 차시의 이해도와 친숙도가 모두 평균 4.5 이상의 높은 결과를 보였다. 또한, 차시를 거듭할수록 인공지능에 대한 이해도 및 친숙도가 점차 향상되는 것을 확인하였다. 평균 이해도의 경우, 1차시에는 4.7, 4차시에는 4.9로 증가하였고, 평균 친숙도의 경우 4.5에서 4.8로 증가되었다. 특히 3차시 이후부터 인공지능에 대한 이해도와 친숙도가 크게 증가하여 마지막 차시에 가장 높은 평가를 받았다. 이를 통해 학생이 교육 전반에 대해 만족하고 있으며, 해당 교육이 학생의 인공지능 역량 함양에 효과적이었음을 알 수 있다. 또한, 1차시에는 평균 이해도와 평균 친숙도 사이의 차이가 컸던 반면, 교육을 진행하며 이해도와 친숙도의 차이가

줄어드는 결과가 도출되었다. 이는 교육을 통한 인공지능 이해도 증가가 인공지능에 대한 친숙도를 함께 증가시키며, 친숙도의 증가는 곧 학습 동기로 이어져 전반적인 인공지능 학습에 긍정적 영향을 부여한다고 판단할 수 있다.

각 표준편차를 비교해 보았을 때, 2차시에 이해도와 친숙도의 표준편차가 증가하였다가 4차시에 표준편차가 가장 작은 모습을 보였다. 2차시에는 피지컬 컴퓨팅 교구를 활용한 조립 및 블록 코딩 활동을 진행하였기에 조립과 블록 코딩을 처음 접하는 학생의 경우, 이에 대한 이해도와 친숙도가 낮아 자연스럽게 학생별 편차가 크게 존재하였을 것이다. 따라서 표준편차가 크게 측정되었다고 판단할 수 있다. 3차시에 이어 마지막 차시에 표준편차가 각각 0.3, 0.4로 가장 작은 결과를 보였는데, 이는 학생별 편차가 크지 않고, 대부분의 학생이 인공지능에 대해 흥미를 느끼며 이해하고 있는 긍정적인 결과로 분석할 수 있다.

Table 2. Evaluation Results on AI Understanding and Familiarity by Session

Session	Comprehension (Mean, SD)	Familiarity (Mean, SD)
1	4.67, .46	4.51, .64
2	4.66, .56	4.55, .69
3	4.77, .52	4.71, .57
4	4.86, .34	4.81, .49

3. Pre- and Post-Evaluation Analysis

교육 전, 학생들의 인공지능 사용 경험, 학습 경험 및 기간, 인공지능에 관한 흥미도와 이해도를 알아보기 위하여 경기도 소재 초등학교의 5학년 학생 90명을 대상으로 사전 설문 조사를 진행하였다. 설문 항목은 Table 3와 같이 인공지능 사용 경험, 학습 경험, 학습 기간, 흥미도, 활용 사례가 포함되며, 모든 질문 항목은 ‘매우 아니다’(1점)에서 ‘매우 그렇다’(5점)으로 5점 Likert 척도를 활용하여 조사하였다.

인공지능 사용 경험에 관해 ‘매우 많다’ 또는 ‘많다’로 응답한 학생은 67.81%를 차지하였으며, 흥미도 역시 62.36%를 차지하여 절반 이상의 학생이 인공지능에 대한 사용 경험이 있으며 이에 대해 흥미를 갖고 있다는 것을 알 수 있다. 학습 경험이 있었던 학생들은 전체 학생 중 87.36%를 차지하였고, 그 중에서 학습 기간이 ‘1개월 미만’이라고 응답한 학생들은 56.58%를 차지하였다. 추가로, 인공지능 기본 지식수준 파악을 위한 활용 사례에 대한 항목에서는 ‘잘 모른다’ 혹은 잘못된 인공지능 개념을 작성한 사례가 72.22%를 차지하였다. 이를 통해 대부분의 초등학생이 주변에서 인공지능을 많이 접하고 있다고 느

끼나, 그것이 어떻게 활용되고 있는지 인지하는 수준이 낮다는 것을 알 수 있다. 또한, 인공지능 학습 경험은 많으나, 학습 기간이 짧은 것으로 보아 지속적이고 체계적인 인공지능 학습 기회가 마련되어야 할 것으로 파악된다.

인공지능 교육 프로그램 종료 후, 총 90명의 학생을 대상으로 사후 설문 조사를 진행하였다. 사후 설문 조사는 4차시의 교육을 통해 학생들이 어떻게 성장하였는지 알기 위함이며, 객관식 데이터와 선택형 데이터를 나누어 취합하였다.

객관식 질문은 5점 Likert 척도를 활용하여 진행하였으며, Table 3에서의 사후 설문 조사 결과를 살펴보면 ‘앞으로도 인공지능에 대해 더 알아보고 싶은가?’에 관해 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’로 응답한 학생은 93.18%를 차지하였다. ‘해당 프로그램이 인공지능을 이해하는 데에 많이 도움이 되었는가?’에 관한 항목에서는 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘그렇다’에 대한 응답이 97.73%를, ‘앞으로 생활 속에서 인공지능을 잘 활용할 수 있는가?’에서는 94.32%로, 모든 항목에서 93%가 넘는 학생이 긍정적인 평가를 하였다. 특히 사전 설문 조사에서는 인공지능에 대한 흥미도가 62.36%였던 반면, 사후 설문 조사 결과에서는 인공지능에 대해 흥미를 느꼈으며 이에 대해 더 알아보고 싶다는 의견이 93.18%로 크게 증가한 것을 알 수 있었다. 이를 통해 개발된 교육 프로그램이 인공지능에 관한 이해도 및 친숙도를 높이는 데에 큰 기여를 한 것으로 분석할 수 있다.

Table 3. Pre- and Post-Survey Results on AI Usage Experience, Interest, Learning, and Effectiveness (%)

Phase	Category	5	4	3	2	1
Pre	AI Usage Experience	34.48	33.33	22.99	9.20	0
	AI Interest	24.71	37.65	23.53	11.76	2.35
	AI Learning Experience	13.79	22.99	36.78	13.79	12.64
Post	Willingness to Learn AI	72.73	20.45	5.68	1.13	0
	Program Effectiveness	87.50	10.23	2.27	0	0
	AI Usability in Daily Life	77.27	17.05	5.68	0	0

사후 설문 조사에서는 학생들이 선호하는 활동을 파악하기 위하여 4차시의 교육 프로그램 활동 중 가장 기억에 남는 활동 한 가지를 선택하도록 하는 질문을 포함하였다. 설문 결과, 4차시에 진행한 ‘인공지능 강아지 로봇 실습’을 45.78%의 학생이 선택하였으며, 다음으로는 1차시 ‘숫자 야구 언플러그드 활동’을 22.89%가 선택하였고, 8.43%가

3차시 ‘워드 클라우드 언플러그드 활동’을, 7.23%의 학생이 2차시 ‘인공지능 책상 조명 실습’을 선택하였다. 이를 통해 대부분의 학생이 2차시와 4차시에 진행한 라즈베리 파이 기반 피지컬 컴퓨팅 교구를 직접 조립하고 코드를 작성하는 활동에 큰 흥미를 느끼고 있음을 알 수 있으며, 이는 피지컬 컴퓨팅을 활용한 교육 방법이 학생의 흥미를 이끄는 데에 효과적임을 의미한다. 또한, 2인 1조, 혹은 4명의 모둠을 구성하여 하는 언플러그드 활동을 선택한 것으로 보아 학생들이 혼자 하는 활동보다는 협동 활동에 더 재미를 느끼며, 학생이 주도적으로 이끌어 나가는 활동이 더욱 기억에 남았다는 것을 알 수 있다.

4. Teacher Evaluation Analysis

총 4차시의 인공지능 교육 프로그램을 진행하며 참관했던 경기도 소재 초등학교 5학년 담당 초등교사에게 설문 조사를 실시하였다. 설문 조사는 사전, 매 차시 교육 후 설문, 사후 설문 조사로 나뉘고, 모든 질문 항목은 ‘매우 아니다’(1점)에서 ‘매우 그렇다’(5점)으로 5점 Likert 척도를 활용하여 조사하였다.

교육 전, 초등교사가 바라보는 초등학생의 인공지능 이해도 및 관심도, 초등학교 인공지능 교육 현황에 대해 알아보기 위하여 사전 설문 조사를 진행하였다. 설문 항목은 학생들의 인공지능 이해 및 관심 정도와 교사가 느끼는 인공지능 교육의 필요성, 교육 시행에 대한 관심도, 자원 및 환경 구성 정도와 인공지능 교육 방향성에 대한 질문이 포함되어 있다. 설문 결과, 초등학생의 인공지능 이해도는 평균 2.8, 관심도는 3.4로, 학생들이 인공지능에 대해 갖는 관심도에 비해 이해도는 낮은 편이라 판단함을 알 수 있었다. 또한, 초등학교 인공지능 교육 현황에서 필요성은 4.2, 관심도는 4, 관련 자원 및 환경 조성 실태에서는 2.6, 방향성에 관한 고층에서는 3.6이라는 결과가 도출되었으며, 이를 통해 학생 대상 인공지능 교육의 필요성은 느끼고 있지만, 관련 자원 및 교육 환경에서의 조성이 잘 이루어지지 않아 고충을 겪고 있음을 알 수 있다.

매 차시 교육 후 설문 조사의 항목에는 ‘오늘 수업이 학생들의 인공지능에 관한 이해를 돕는 데 효과적이었는가’, ‘오늘 수업이 학생들의 창의력 사고와 문제 해결 능력을 향상시켰다고 생각하는가’, ‘교육에 활용된 자원(교육 자료 및 활동지)이 적절하고 유용하였는가’ 및 수업 시간 및 난이도에 대한 항목이 포함되며, 언플러그드 활동으로 이루어진 1차시와 3차시의 경우에는 ‘오늘 수업이 교과목과 얼마나 연계되었다고 생각하는지’에 대한 항목을 추가로 포함하여 구성하였다. Table 4의 결과와 같이 4차시 모두

교육 내용에 대한 항목에서 평균 4.6 이상으로 긍정적인 결과를 보였으며, 특히 ‘숫자 야구 게임’에서 수학 교과목을, ‘워드 클라우드’ 활동에서 국어 및 사회, ‘동물 분류하기’ 활동에서 과학 교과목과 연계하려고 하였던 것이 효과적으로 적용된 것으로 보인다. 교육 자원과 수업 시간 및 난이도에 대한 항목에서도 적당하다는 평가를 받아, 4차시의 인공지능 교육 프로그램이 학생들의 인공지능 이해도를 높이고 창의적 사고력과 문제 해결 능력을 강화하는 데 기여하였음을 보여준다.

Table 4. Evaluation of Effectiveness and Perceived Improvement by Session

Category	S1	S2	S3	S4
Effectiveness in Enhancing Student Comprehension	4.8	4.8	4.8	5
Perceived Improvement in Creative Thinking and Problem-Solving	4.6	4.8	4.8	4.6
Relevance to Curriculum	4.6	-	5	-
Adequacy of Educational Resources	4.6	4.8	4.6	4.6

교육 종료 후, 인공지능 교육 프로그램이 학생들에게 효과적이었는지를 분석하기 위해 사후 설문 조사를 진행하였다. 설문 항목에는 ‘교육 전과 비교하여 교육 후 학생들의 인공지능에 관한 이해도가 얼마나 높아졌는가’, ‘교육 전과 비교하여 학생들의 인공지능에 관한 관심도가 얼마나 높아졌는가’, ‘4차시의 인공지능 교육이 AI 융합형 인재 육성에 얼마나 도움이 되었는가’, ‘초등 인공지능 필수 교육 도입에 있어 해당 인공지능 교육 프로그램이 도움이 되었는가’, ‘이후에 기회가 있다면 이와 같은 교육에 또 참여할 의사가 있는가’가 있다. 설문 결과, 이해 향상도는 평균 4.6, 관심 향상도는 4.4, 인재 육성 도움 정도는 4.6, 필수 교육 도입에 도움 정도는 4.8, 교육 참여 의사는 4.8로, 5명의 초등교사 모두 긍정적인 평가를 남겨, 학습자의 인공지능 역량 함양 및 초등 인공지능 교육 환경 개선에 효과적임을 알 수 있다.

V. Conclusions

본 연구는 초등학생을 대상으로 인공지능 교육 프로그램을 개발·적용하고, 그 효과를 사전·사후 검사를 통해 통계적으로 분석하여 SW·AI 기초 역량 및 인공지능에 대한 이해도와 친숙도 증진에 기여한 바를 확인하였다. 프로그

램은 언플러그드 활동을 통해 학생들의 흥미를 유도하고, 프로그래밍 언어 학습에 대한 진입 장벽을 낮추는 동시에 컴퓨터 과학의 핵심 개념에 집중할 수 있도록 설계되었다. 또한, 피지컬 컴퓨팅 실습을 통해 문제 해결력과 컴퓨팅 사고력을 효과적으로 함양할 수 있는 경험 중심의 학습 환경을 제공하였다. 아울러 본 연구는 SW·AI 교육 준비 환경 및 인프라 개선 방향 제시에 의미를 두고자 하였다.

연구 결과, 인공지능 교육 프로그램은 초등학생의 SW·AI 기초 역량을 효과적으로 향상시키는 데 기여한 것으로 나타났다. 본 연구는 사전-사후 검사를 기반으로 프로그램의 효과성을 통계적으로 분석하였으며, 그 결과 모든 평가 영역에서 유의미한 차이($p < 0.001$)가 확인되었고, 효과크기(Cohen's d) 또한 0.8 이상으로 큰 수준을 보여주었다. 이는 개발된 교육 프로그램이 초등학생의 SW·AI 기초 역량 및 인공지능 이해도와 친숙도 증진에 실질적인 영향을 미쳤음을 시사한다. 특히 수업이 진행될수록 학생들의 인공지능에 대한 이해도와 친숙도가 점진적으로 높아지는 경향이 확인되었다. 더불어, 현직 초등교사를 대상으로 한 설문조사를 통해 해당 프로그램이 교과와의 연계성이 우수하며, 학생들의 인공지능 이해 증진과 창의적 사고 및 문제 해결 능력 향상에 효과적이었다는 점이 입증되었다.

이러한 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다. 첫째, 언플러그드 활동과 피지컬 컴퓨팅 실습을 중심으로 구성된 인공지능 교육 프로그램은 초등학생의 SW·AI 기초 역량 및 인공지능 이해도와 친숙도 함양에 긍정적인 영향을 미친다. 둘째, 학습 태도와 동기를 긍정적으로 유도할 수 있는 활동 중심의 프로그램은 초등학생의 학습 효과를 향상시키는 데 유의미하다. 셋째, 해당 교육 프로그램은 교사와 학생 모두에게 효과적인 교육 자원으로 작용하였으며, 이는 향후 SW·AI 교육을 위한 준비 환경 및 인프라 개선의 기반이 될 수 있다.

다만 본 연구는 교육 프로그램 적용 기간이 4주로 제한되어 있어 장기적인 학습 효과를 충분히 확인하기에는 한계가 존재한다. 또한, 연구가 특정 지역의 일부 학교를 대상으로 진행되었기 때문에 결과의 일반화에도 제약이 따른다. 이에 따라 후속 연구에서는 적용 차시와 기간을 확대하여 장기적인 효과를 분석하고, 다양한 지역의 학교를 대상으로 연구를 확장함으로써 프로그램의 효과성과 신뢰도를 더욱 높일 필요가 있다. 다양한 초등학생 집단을 대상으로 반복 검증을 수행함으로써 연구 결과의 보편성과 활용 가능성을 제고할 수 있을 것이다.

궁극적으로 본 연구에서 개발한 SW·AI 교육 자료는 교사들이 직면하고 있는 교육 준비 환경의 어려움을 해소하

는 데 실질적인 기여를 할 수 있으며, 학생들이 디지털 사회를 주도적으로 살아가기 위한 필수 역량을 함양하고, 융합형 인재로 성장하는 데 밑거름이 될 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] Government of the Republic of Korea, "National Strategy for Artificial Intelligence," Government of the Republic of Korea, pp. 28, 2019.
- [2] Ministry of Education, "The National Framework for the Elementary and Secondary Curriculum," Ministry of Education, 2022.
- [3] Ministry of Education, "The National Framework for the Elementary and Secondary Curriculum," Ministry of Education, 2015.
- [4] U. S. Song, and H. K. Rim, "The Necessity of an Elementary School Information Curriculum based on the Analysis of Overseas SW and AI Education," *Journal of the Korean Association of Information Education*, Vol. 25, No. 2, pp. 301-308, 2021. DOI: 10.14352/jkaie.2021.25.2.301
- [5] Y. S. Kim and Y. S. Kim, "The Effect of Physical Computing Programming Education Integrating Artificial Intelligence on Computational Thinking Ability of Elementary School Students," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 29, No. 3, pp. 227-235, 2024. DOI : 10.9708/jksci.2024.29.03.227
- [6] Ministry of Education, "AI Digital Textbook Promotion Plan," Ministry of Education, 2023.
- [7] H. J. Jeong, "Digital Transformation in Schools: Current Status and Outstanding Challenges," *Korean Educational Development Institute*, Vol. 1, 2023.
- [8] J. Y. Kim, "Analyzing Perceptions and Educational Needs of Elementary School Teachers on Informatics Education Contents," *Journal of the Korean Association of Information Education*, Vol. 28, No. 6, pp. 691-701, December 2024. DOI: 10.14352/jkaie.2024.28.6.691
- [9] B. S. Kim, E. J. Ko, W. J. Moon, and J. H. Kim, "The Effect of Artificial Intelligence Education Based on the International Baccalaureate Primary Years Programme on Computational Thinking," *Journal of the Korean Association of Information Education*, Vol. 27, No. 5, pp. 489-499, 2023. <http://dx.doi.org/10.14352/jkaie.2023.27.5.489>
- [10] H. J. Park, "Changes in Elementary Students' Perceptions of the Ethical Autonomy of Artificial Intelligence," *Korea Institute for Curriculum and Evaluation*, 2024. DOI : 10.32431/kace.2024.27.1.008
- [11] S. H. Baek and K. H. Yoo, "A Systematic Literature Review Analysis of the Development of Artificial Intelligence Education Programs for Elementary School Students in Korea," *Educational Science Research*, Vol. 55, No. 2, pp. 59-83, 2024. DOI : 10.15854/jes.2024.06.55.2.59
- [12] S. J. Kim, T. Im and J. Kim, "An Analysis of Research Trends in Artificial Intelligence Education in Korean Elementary and Secondary Schools: Focusing on a Comparison by School Level," *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol. 24, No. 20, pp. 549-574, 2024. DOI : 10.22251/jlcci.2024.24.20.549
- [13] W. S. Sohn, "Development of SW Education Class Plan Using Artificial Intelligence Education Platform: Focusing on Upper Grade of Elementary School," *Journal of The Korean Association of Information Education*, Vol. 24, No. 5, pp. 453-462, 2020. DOI: 10.14352/jkaie.2020.24.5.453
- [14] Y. H. Lee, "Development and effectiveness analysis of artificial intelligence STEAM education program," *Journal of The Korean Association of Information Education*, Vol. 25, No. 1, pp. 71-79, 2021. DOI: 10.14352/jkaie.2021.25.1.71
- [15] D. T. K. Ng, J. K. L. Leung, J. Su, I. H. Y. Yim, M. S. Qiao and S. K. W. Chu, "AI Literacy in K-16 Classrooms," Springer, 2022.
- [16] K. Yoo, and W. Suh, "A Systematic Literature Review of the Study on the Incorporation of K-12 Artificial Intelligence Education," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 27, No. 7, pp. 83, 2024. DOI: 10.32431/kace.2024.27.7.008.
- [17] H. M. Yang, and S. Y. Lee, "Developing and Implementing an AI Understanding-Based STEAM Program to Enhance AI Literacy," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 27, No. 4, pp. 277-297, 2024. DOI : 10.32431/kace.2024.27.4.021
- [18] S. Y. Jeong, and C. H. Lee, "Analysis of AI Education Status and Interests of Elementary School Teachers through Online Community Analysis," *Journal of the Korean Society of Home Economics Education*, Vol. 36, No. 1, pp. 1-21, 2023. DOI: 10.24062/kpae.2023.36.1.1
- [19] J. M. Wing, "Computational thinking". *Communications of the ACM*, Vol. 49, No. 3, pp. 33-35, 2006. DOI: 10.1145/1118178.1118215
- [20] J. H. Lee., and J. H. Jang., "Exploration for Developing Assessment Tools for Computational Thinking," *Journal of Creative Information and Culture*, Vol. 4, No. 3, pp. 273-283, 2018. DOI: 10.32823/jcic.4.3.201812.273
- [21] S. J. Matthews, "PDCunplugged: A Free Repository of Unplugged Parallel Distributed Computing Activities," 2020 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (IPDPSW), pp. 284-291, 2020. DOI: 10.1109/IPDPSW50202.2020.00060
- [22] T. C. Bell, J. Alexander, I. Freeman, and M. Grimley, "Computer science unplugged: school students doing real computing without

- computers," *New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology*, Vol. 13, No. 1, pp. 20-29, 2009.
- [23] J. H. Lee, J. H. Jang, and I. P. Jang, "Development of Fine Dust Robot Unplugged Education Program," *Journal of Creative Information Culture*, Vol. 5, No. 2, pp. 183-191, 2019. DOI: 10.32823/jcic.5.2.201908.183
- [24] E. H. Goo, "Development and Effectiveness Analysis of AI and Software Education Content for Elementary School Information Education," *Journal of the Korean Society of Computer and Information*, Vol. 29, No. 12, pp. 51-64, 2024. DOI: 10.9708/jksci.2024.29.12.051
- [25] I. J. Kim, S. Y. Park, and G. H. Kim, "A Research on the Design and Application of Unplugged Programs in Artificial Intelligence Education in Elementary School," *Proceedings of the 2022 Winter Academic Conference of the Korean Society of Computer Education*, Vol. 26, No. 1, pp. 197-200, 2022.
- [26] J. A. Kim, T. H. Kim, B. S. Kim, Y. M. Kim, and J. H. Kim, "The Effect of Education Data Visualization using Unplugged Program on the Computational Thinking of Third Grade Students," *Journal of The Korean Association of Information Education*, Vol. 23, No. 4, pp. 283-292, 2019. DOI: 10.14352/jkaie.2019.23.4.283
- [27] J. H. Lee, and S. H. Cho, "The Effects of Unplugged Flowchart Learning on Computational Thinking," *Journal of Creative Information and Culture*, Vol. 6, No. 2, pp. 65-75, 2020. DOI: 10.32823/jcic.6.2.202008.65
- [28] L. H. Sun, L. L. Hu, and D. H. Zhou, "Improving 7th-graders' computational thinking skills through unplugged programming activities: A study on the influence of multiple factors," *Thinking Skills and Creativity*, Vol. 42, No. 100926, 2021. DOI: 10.1016/j.tsc.2021.100926
- [29] J. H. Lee, and N. Y. Joo, "Development of an Unplugged Education Program for the Middle Grades of Elementary School - Focusing on Safety Education," *Journal of Creative and Information Culture*, Vol. 8, No. 2, pp. 65-77, 2022. DOI: 10.32823/jcic.8.2.202205.65
- [30] H. M. Hong, and S. Y. Jang, "Development of Instructional Model of Unplugged Activities for Improving SW Educational Competency of Pre-service Teachers," *Journal of Korean Association for Information Education*, Vol. 25, No. 4, pp. 641-651, 2021. DOI: 10.14352/jkaie.2021.25.4.641
- [31] D. O'Sullivan, and T. Igoe, "Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers," Thomson, 2004.
- [32] Korea Internet & Security Agency (KISA), "2021 KISA REPORT VOL.8," Korea Internet & Security Agency, 2021.
- [33] J. B. Song, and T. W. Lee, "The Effect of Programming Education Using Pico Cricket on Improving Problem Solving Ability," *Journal of the Korean Society of Educational Technology*, Vol. 14, No. 4, pp. 243-258, 2008. DOI: 10.17055/jpaer.2008.14.4.243
- [34] J. H. Kim, and D. H. Kim, "Development of Physical Computing Curriculum in Elementary Schools for Computational Thinking," *Journal of the Korean Association of Information Education*, Vol. 20, No. 1, pp. 69-82, 2016. DOI: 10.14352/jkaie.2016.20.1.69
- [35] F. Faul, E. Erdfelder, A. G. Lang, and A. Buchner, "G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences," *Behavior Research Methods*, Vol. 39, pp. 175-191, 2007.
- [36] S. Y. You, "AI Education Program Development Through Elementary School Integrated Subjects Curriculum," *The Journal of Curriculum and Evaluation*, Vol. 27, No. 2, pp. 1-24, 2024. DOI: <https://doi.org/10.29221/jce.2024.27.2.1>
- [37] Y. S. Byeon and J. S. Han, "A Study on the Development of Elementary School SW·AI Educational Contents Linked to the Curriculum (Camp Type)," *Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol. 8, No. 6, pp. 49-54, 2022. <https://doi.org/10.20465/KIOTS.2022.8.6.049>

Authors



Do-Yeon Han is currently pursuing the B.S. degree in the Department of Software and Computer Engineering at the College of Computing and Informatics, Ajou University, Suwon, Korea. She is expected to graduate in

2025. Do-Yeon Han is an undergraduate student in the Department of Software and Computer Engineering at Ajou University, Suwon, Korea. She is interested in software education and artificial intelligence education.



Pyung-Joo Kim is currently pursuing the B.S. degree in the Department of Software and Computer Engineering at the College of Computing and Informatics, Ajou University, Suwon, Korea. He is expected to graduate in

2026. Pyung-Joo Kim is an undergraduate student in the Department of Software and Computer Engineering at Ajou University, Suwon, Korea. He is interested in artificial intelligence, computer systems, and software education.



Yeon-Woo Kim is currently pursuing B.S. degrees with a double major in the Department of Biological Sciences and the Department of Software and Computer Engineering at Ajou University, Suwon,

Korea. She is expected to graduate in 2026. Yeon-Woo Kim is an undergraduate student pursuing B.S. degrees with a double major in the Department of Biological Sciences and the Department of Software and Computer Engineering at Ajou University, Suwon, Korea. Her research interests include microbiology and computer education.



Eun-Hee Goo received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Electronics and Computer Engineering from Dankook University, Korea, in 2002, 2004 and 2009, respectively. Dr. Goo joined the faculty of the Department of

Dasan University College at Ajou University, Kyunggi, Korea, in 2016. She is currently a Professor in the Department of Dasan University College, Ajou University. She is interested in information security, cryptology, SW education, and AI education.