

A Case Study on Gifted Elementary Students' Pair Programming Projects with Generative AI

Insun Yoo*, Eun-Hee Goo**

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

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

[Abstract]

While the importance of understanding and utilizing AI has been increasingly emphasized in gifted education, empirical research on the application of generative AI to pair programming remains limited. This study applied a generative AI-based pair programming project to elementary information gifted students and analyzed their learning patterns and attitudes. Based on the discovery design development model, the program included programming fundamentals, computational thinking, and C language practice. Qualitative analysis revealed that generative AI-assisted pair programming improved students' problem-solving skills, learning engagement, and critical thinking about AI hallucinations. The findings suggest that using generative AI as an educational partner can effectively enhance learning motivation and project performance in gifted education.

▶ **Key words:** Elementary Gifted Students, Information Gifted Students, Gifted Education, Generative AI, Pair Programming

[요 약]

최근 영재교육에서 인공지능 이해와 활용 능력의 중요성이 강조되고 있으나, 생성형 AI를 짝 프로그래밍에 적용한 실증 연구는 아직 부족한 실정이다. 본 연구는 초등 정보 영재를 대상으로 생성형 AI 기반 짝 프로그래밍 프로젝트 교육 프로그램을 적용하고 학습 양상과 태도를 분석하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 학습자의 프로그래밍 수준과 AI 경험을 사전에 진단한 뒤, 개발 중심 모형을 기반으로 프로그래밍 기초, 컴퓨팅 사고 기반 문제 해결, C언어 이해와 활용 단계를 포함한 교육 프로그램을 설계하고 운영하였다. 질적 분석 결과, 생성형 AI 기반 짝 프로그래밍은 학습자의 문제 해결 능력과 학습 몰입을 향상시키고, AI 환각 현상에 대한 비판적 사고를 촉진하는 데 기여함을 확인할 수 있었다. 본 사례 연구에서는 생성형 AI를 교육적 협력 파트너로 활용하는 수업이 초등 정보 영재의 학습 몰입도와 프로젝트 진행에 긍정적 영향을 미침을 확인했으며, 향후 생성형 AI를 활용한 영재 교육 프로그램 개발에도 기여할 수 있음을 기대한다.

▶ **주제어:** 초등 영재, 정보 영재, 영재 교육, 생성형 AI, 짝 프로그래밍

-
- First Author: Insun Yoo, Corresponding Author: Eun-Hee Goo
 - *Insun Yoo (dlsnfl18@ajou.ac.kr), Dept. of Software and Computer Engineering, Ajou University
 - **Eun-Hee Goo (ehgoo@ajou.ac.kr), Da-San University College, Ajou University
 - Received: 2025. 10. 02, Revised: 2025. 12. 25, Accepted: 2025. 12. 30.

I. Introduction

인공지능은 우리의 삶 전반에 깊이 영향을 미치고 있으며 그 영향력은 교육 현장에도 빠르게 확산되고 있다. 특히 생성형 AI(generative artificial intelligence)는 단순한 정보 제공 도구를 넘어 학습자 중심의 교육을 이끄는 매개체로 주목받고 있으며 텍스트 생성뿐 아니라 프로그래밍, 창작 활동, 문제 해결 등 다양한 교육 활동에 적용되는 등의 가능성과 한계가 동시에 검토되고 있다[1],[2].

이러한 흐름 속에서 최근 교육부가 발표한 "제5차 영재교육진흥종합계획"은 소프트웨어와 인공지능과 같은 첨단 기술에 대한 이해를 기반으로 미래 사회를 선도할 수 있는 인재 양성의 중요성을 강조하며 정보 분야의 교육에 새로운 방향성을 제시하고 있다[3]. 초등정보 영재는 정보통신 기술 활용 능력을 바탕으로 새로운 정보를 수집, 가공, 재창출하여 문제를 해결할 수 있는 아동으로, 국내외적으로 초등 정보 영재를 위한 다양한 AI 기반 교육 프로그램이 개발·적용되고 있지만 생성형 AI를 활용한 수업 사례는 아직 초기 단계에 머무르고 있다[4].

짝 프로그래밍(pair programming)은 협업과 상호작용을 기반으로 하는 소프트웨어 개발 방법의 하나로 교육적 접근 방식에서의 짝 프로그래밍은 학습자 간의 역할 분담과 상호 피드백으로 문제 해결 능력과 프로그래밍 역량을 함께 향상시킨다[5]. 생성형 AI를 짝 프로그래밍의 파트너로 활용하는 방식은 교육적 지원 도구로서의 AI에 대한 긍정적 인식을 형성하며 교육적 가능성이 크다는 점에서 주목받고 있다[6]. 그러나 생성형 AI 기반의 짝 프로그래밍 활동이 초등 정보 영재 교육에서 어떻게 수행되고 있으며 학습자에게 어떤 인지적, 정의적 변화를 이끄는지에 대한 실증적 연구는 거의 이루어지지 않았다.

이에 본 연구는 다음과 같이 두 가지 연구 목적을 설정한다. (1) 초등 정보 영재를 대상으로 생성형 AI를 활용한 짝 프로그래밍 프로젝트 교육 프로그램을 설계하고 적용하여 교육적 시사점을 도출한다. (2) 수업 과정에서 나타나는 학습자의 수행 양상, 생성형 AI와의 상호작용, 문제 해결 전략을 질적으로 분석하여 학습자의 인지적 변화 양상을 탐색한다. 연구를 통해 생성형 AI를 활용한 짝 프로그래밍 수업 사례를 초등 정보 영재 교육 맥락에서 제시함으로써, 정보 영재 교육과 생성형 AI 활용 교육 간의 연계 가능성을 탐색하고 향후 관련 교수 학습 설계 및 연구를 위한 기초적 논의를 제공하고자 한다.

II. Preliminaries

1. Gifted Elementary Information Education

영재는 타고난 잠재력을 계발하기 위해 특별한 교육이 요구되는 재능이 뛰어난 학습자를 의미하며 정보 영재는 창의성, 과제 집착력과 같은 비인지적 요소뿐만 아니라, 규칙화 및 추론화 능력 등과 같은 인지적 특성을 함께 지닌 학생을 말한다[7]-[9]. 교육부가 2023년에 발표한 "제5차 영재교육진흥종합계획"은 급변하는 사회와 과학기술의 발전에 대응하여 소프트웨어와 인공지능 등 첨단 기술에 대한 이해를 바탕으로 미래 사회의 변화를 주도할 수 있는 융합형 인재 양성을 강조하고 있다[3]. 이에 따라 정보 분야 영재교육에서는 다양한 교육 주제를 중심으로 창의적이고 융합적인 프로그램이 운영되고 있다. 예를 들어, 노벨 엔지니어링 기반의 인공지능 교육 프로그램은 초등 정보융합 영재 6학년 학생들을 대상으로 융합적 사고력과 태도를 향상하는 데 긍정적인 효과를 보였다[10]. 또한, 딥러닝 원리를 중심으로 구성된 인공지능 교육 프로그램으로 초등 정보 영재 5~6학년은 인공지능 리터러시가 향상했다[11]. 실생활 데이터를 활용한 AI 기반 과학 융합 교육 프로그램 역시 초등 AI 융합 영재의 과학 핵심 역량과 과학적 태도 증진에 효과적인 것으로 나타났다[12].

이처럼 다양한 인공지능 교육이 정보 영재 교육에 적극 활용되고 있으나 생성형 AI를 활용한 짝 프로그래밍 기반 프로젝트를 수업에 적용한 연구는 아직 드물다. 본 연구는 이러한 공백을 보완하고자, 초등 정보 영재를 대상으로 생성형 AI와 짝 프로그래밍을 접목한 교육 프로그램에서의 학습 양상과 태도를 분석하고자 한다.

2. Generative AI in Education

생성형 AI는 자연어 프롬프트를 기반으로 텍스트, 이미지, 음악 등 다양한 형태의 콘텐츠를 자동으로 생성하는 기술로 기존의 학습 데이터를 바탕으로 새로운 결과물을 생성해내는 능력을 지닌다[13]. 특히 2023년 ChatGPT의 출현은 생성형 AI의 대중화를 이끌었으며, 이후 교육, 연구, 예술, 비즈니스 등 다양한 분야에서의 활용이 급속히 확산되었다[14]. 이러한 생성형 AI의 상용화는 교육 도구의 활용 방식에 변화를 가져오고 있으며 국내에서도 이러한 흐름에 대응하여 다양한 정책과 실천 방안이 마련되고 있다. 서울특별시교육청은 "생성형 AI 교육자료: ChatGPT 사례 중심으로"를 통해 생성형 AI의 개념과 교육적 활용 사례, 윤리적 유의사항 등을 종합적으로 안내하고 있으며 한국교육학술정보원은 "생성형 AI를 활용한 교수 학습 운

영 가이드"를 발간하여 생성형 AI 활용 수업의 실제적인 적용 방안을 제시하고 있다[15],[16].

생성형 AI를 활용한 교수 학습 지원의 장점으로는 개인 맞춤형 피드백 제공, 적응형 학습 지원 등의 이점을 지니므로[17], 초등 교육 분야에서도 생성형 AI 활용이 활발해지고 있다. 초등학생을 대상으로 생성형 AI 기반 수업을 실시한 연구에서 초등학생들은 생성형 AI를 통해 정보를 탐색하는 질문을 가장 활발히 생성하였고 수업을 흥미롭고 효과적으로 인식하는 경향을 보였다[18],[19]. 또한 학생들은 토의 과정에서 생성형 AI의 한계와 부작용을 인식하고 이를 극복하기 위한 해결 방안을 스스로 제시하는 모습을 보였다. 이는 생성형 AI가 단순한 도구를 넘어 학습 과정에서 비판적 사고를 유도하는 역할을 수행할 수 있음을 보여준다.

이처럼 생성형 AI는 기술적 도입을 넘어 교수 학습 구조의 변화를 촉진하는 매개체로서의 가능성을 지니고 있다. 초등 교육에서도 이러한 흐름은 점차 가시화되고 있으며 본 연구는 특히 정보 영재를 대상으로 한 프로젝트 기반 활동에서 생성형 AI가 어떠한 역할을 수행하며 학생들의 반응을 실증적으로 탐색한다는 점에서 의의를 갖는다.

2. Pair Programming with Generative AI

짝 프로그래밍은 두 프로그래머가 하나의 컴퓨터로 협력하여 코드를 작성하는 애자일(agile) 소프트웨어 개발 방법 중 하나이다[20]. 이 방식은 한 명이 코드를 직접 작성하는 드라이버 역할을, 다른 한 명이 작성된 코드를 검토하고 방향을 제시하는 오퍼저 또는 내비게이터 역할을 맡는다. 두 사람은 작업 중 역할을 주기적으로 교대하며 프로그래밍을 공동으로 수행한다.

짝 프로그래밍은 코드 품질 향상, 팀 내 지식의 확산, 그리고 기술 이전에 기여한다고 알려져있다. 특히 경험 많은 개발자와 초보 개발자가 한 팀을 이루었을 때 학습 효과를 극대화할 수 있다는 점에서 교육적 가치 또한 높다. 이에 따라 서양의 여러 교육기관에서는 생성형 AI와의 짝 프로그래밍을 활용한 수업이 운영되고 있으며 그 효과에 대한 실증 연구도 지속적으로 이루어지고 있다[21],[22].

한편, OpenAI와 Microsoft가 공동 개발한 Copilot은 딥러닝 기반의 산업용 생성형 AI 프로그래밍 도구로 주목받고 있다. Copilot은 사용자 입력에 따라 코드의 자동 완성을 제안하거나 함수 전체를 생성하는 기능을 제공하며 프로그래밍 생산성 향상에 기여할 수 있는 잠재력을 지닌다. 그러나 초보 개발자의 경우 생성된 코드에 포함된 버그나 비효율적인 로직을 스스로 검토하고 수정하기 어려

워 오히려 인지적 부담이 증가할 수 있다는 지적도 제기되고 있다[23]. 이러한 점은 초보 사용자에게 생성형 AI 사용에 대한 사전 교육의 필요성을 시사한다.

이러한 맥락에서 생성형 AI 도구와 전통적인 짝 프로그래밍 방식을 결합하는 것은 교육적 시너지를 창출할 수 있는 새로운 가능성을 제시한다. 특히 초등 정보 영재와 같은 학습자를 대상으로 할 경우 생성형 AI를 가상의 파트너로 설정한 짝 프로그래밍 기반 학습 활동은 학습자의 인지적 참여와 기술적 이해를 동시에 촉진할 수 있다. 나아가 본 연구에서는 초보 개발자가 생성형 AI와 효과적으로 협업할 수 있도록 AI 사용의 기본 개념과 주의사항을 사전에 교육함으로써 학생들이 더 정확하게 의도한 결과를 도출할 수 있는 역량을 기를 수 있도록 하였다.

III. Research Methodology

1. Curriculum Design Model

본 연구는 교육 과정 설계를 위한 모형으로 분석, 설계, 개발, 실행, 그리고 평가(evaluation) 단계로 구성된 ADDIE(analysis, design, development, implementation, evaluation) 모형을[24] 적용하여 연구를 수행하였다. 또한 영재 학생들의 프로그래밍 수준과 탐구력을 고려하여 SW(software)교육 교수학습 진행 모델로 개발 중심(DDD: discovery design development) 모델을 채택하였다. DDD 모델은 탐구 학습법이라고도 불리며 학생 자신의 지식을 반영하여 탐구(discovery), 설계(design), 그리고 개발(development)로 구성되어 기능 이해 및 분석, 알고리즘 설계, 구현으로 이어지는 프로세스를 따르며 컴퓨팅 사고력 향상과 학습 동기 고취에 긍정적인 효과가 있다[25],[26].

본 연구의 학습자는 초등 정보 영재 학생으로 일반 초등 학생과 비교할 때 프로그래밍 지식 및 AI 경험 면에서 차이가 존재한다. 이에 따라 분석 단계에서는 학생들의 C언어 수준과 AI 사용 경험을 중심으로 학습자의 특성을 면밀히 파악하고 학습 환경에 대한 분석도 병행하였다. 설계 단계에서는 학생들이 자주 사용하는 생성형 AI와 학생들의 프로그래밍 수준을 반영하여 학습 목표를 구체화하였으며 익숙한 생성형 AI 플랫폼인 ChatGPT를 학습 도구로 선정하고자 하였지만, ChatGPT와 Copilot은 규정상 13세 미만의 미성년자는 사용할 수 없다. 따라서 연구를 진행하기 전 설문조사와 동시에 보호자의 동의를 받아 튜튼을 학습 도구로 주로 사용하였다.

개발 단계에서는 수업 일정과 학생들의 경험을 고려하여 학습 활동과 순서를 설계하였고 실행 단계에서는 수업 중 산출물 생성과 더불어 학생들의 질문을 수집하였으며 연구 참여자의 동의를 바탕으로 만족도에 대한 폐쇄형 설문과 수업 전반에 대한 개방형 설문을 실시하였다. 마지막으로 평가 단계에서는 학생들의 산출물과 설문 결과를 분석하여 교육 프로그램 수행 후 학습 양상 및 태도를 분석하였다.

2. Research Subjects

본 연구는 A대학교 부설 과학영재교육원 초등 정보 융합 심화 과정에 참여한 초등학교 6학년 학생 14명을 대상으로 실시되었다. 교육 프로그램의 수혜자 분석을 위해 본격적인 수업에 앞서 사전 경험 및 요구를 조사하였다.

Table 1. C language proficiency and AI experience of students (Lv.: Low, Medium, High / M: Month, Y: Year)

#	C Language		AI Experience		AI Study	
	Lv.	Period	O/X	Platform	O/X	Learning
s1	H	1 M	0	phone	0	coding
s2	M	1 Y	0	school	X	-
s3	L	3 M	0	ChatGPT	0	AI club
s4	H	3 Y	0	camp	X	-
s5	M	3 M	0	copilot	0	university
s6	M	1.5 Y	0	ChatGPT	0	-
s7	H	1.5 Y	0	ChatGPT	X	-
s8	M	0.5 Y	0	ChatGPT	0	academy
s9	M	-	0	coding	0	website
s10	M	1.5 M	0	camp	0	book
s11	L	3 M	0	ChatGPT	X	-
s12	M	2 M	0	website	X	-
s13	L	3 M	0	ChatGPT	0	camp
s14	M	1 Y	0	copilot	X	-

사전 조사 항목에는 학생들이 인지하는 자신의 C언어 수준, C언어 학습 기간, AI 기술 사용 경험(유무 및 활용매체), AI 관련 학습 경험(유무 및 장소) 등이 포함되었으며, 그 결과는 Table 1에 제시하였다.

조사 결과 모든 학생은 최소 한 달 이상의 C언어 프로그래밍 경험을 보유하고 있었으며, AI 기술 경험 면에서는 ChatGPT 활용이 42%로 가장 높게 나타났고, 이어 Copilot과 같은 프로그래밍 지원 도구 사용 경험이 21%를 차지하였다. 반면, 전체 학생의 42%는 AI 기술에 대한 체계적인 학습 경험이 없는 것으로 나타났다.

이러한 분석에 기반하여 본 교육 프로그램은 기초적인 C언어 문법을 이해하고 간단한 알고리즘 문제를 해결할 수 있는 수준의 초등학생을 대상으로 설계되어야 했다. 또한, 생성형 AI 도구를 활용한 프로젝트 기반 활동을 원활

히 수행하기 위해 AI 도구의 사용법뿐 아니라 그에 따른 윤리적 고려 사항, 특징 등에 대한 사전 교육이 필요했다.

3. Research Tools

본 연구에서는 생성형 AI를 활용한 짝 프로그래밍 교육 프로그램에 참여한 초등 정보 영재 학생들의 학습 양상과 태도를 분석하기 위해 활동지 분석, 설문조사, 인터뷰를 시행하였다. 앞서 언급한 바와 같이 연구 대상인 초등 정보 영재들은 일반 학생과는 다른 독특한 학습 양상과 심층적 사고 특성을 보인다. 이들은 정보 기술에 대한 높은 관심과 뛰어난 문제 해결 능력을 바탕으로 또래 집단에서는 드물게 나타나는 창의적이고 복합적인 사고 과정을 수행한다. 이러한 특수성으로 인해 수치화된 데이터만으로는 이들의 학습 특성을 온전히 파악하기 어려운 한계가 있다. 또한, 영재 학생들은 특수 선발 과정을 통해 참여하므로 표본의 수가 제한적이며 통계적 유의미성을 확보하기 어려운 소수 집단이라는 특징을 지닌다. 따라서 획일적인 양적 측정 방법만을 적용하면 개별 영재 학생들의 심층적 특성과 학습 과정을 충분히 반영하지 못할 위험이 있다.

따라서 본 연구는 이러한 초등 정보 영재의 특수성을 고려하여 특정 맥락 속에서 나타나는 학생들의 학습 양상과 태도를 면밀하게 분석하기 위해 사례 연구 중심의 질적 연구를 택하였다. 질적 연구는 소수 사례에 관한 집중적 탐구를 통해 현상에 대한 이해를 제공한다.

이에 본 연구에서는 생성형 AI를 활용한 짝 프로그래밍이라는 새로운 환경에서 초등 정보 영재들의 반응, 학습 방법, 그리고 태도 형성에 대한 분석을 활동지 분석, 설문조사, 그리고 인터뷰를 통해 다각도로 진행한다. 특히, 수업 진행 과정에서의 학습자 반응과 수업 종료 후 설문 결과를 프로젝트 전, 중, 후 단계별로 구분하여 자료에 반복적으로 나타나는 의미 단위를 중심으로 코딩화하여 주요 범주를 도출하였다.

IV. Curriculum Design and Application

1. Overview

본 교육 프로그램은 학생들의 집중도, C언어 지식 수준, 학습 목표 등을 종합적으로 고려하여 Table 2와 같이 교육 일정을 수립하였다. 각 세션(session)은 1.5시간의 수업으로 구성되며 단계별 학습 목표에 맞게 설계되었다.

Table 2. Education schedule (Ses: Session/ Dc: Discovery, Ds: Design, Dv: Development)

Day	Ses/DDD	Contents
1	1/ Dc	Future of AI and Healthcare
	2/ Dc	Basic of Program Problem Solving
	3/ Dc	Basic of Program Problem Solving
	4/ Dc,Ds	Basic of Program Problem Solving
2	5/ Dc,Ds	Computational Thinking
	6/ Dc,Ds	Process of Program Solving
	7/ Dc,Ds	Algorithm of Problem Solving
	8/ Dc,Ds	Programming with Algorithm
3	9/ Ds	C Language Introduction
	10/ Ds	C Language Understanding
	11/ Ds,Dv	C Language Application
	12/ Ds,Dv	C Language Application
4	13/ Dv	Problem Solving with C
	14/ Dv	Problem Solving with C
	15/ Dv	Problem Solving with C
	16/ Dv	Problem Solving with C

교육 일정은 네 단계로 구분되어 1일차에는 스스로 평가한 C언어 수준과 AI 경험을 바탕으로 실제 수준을 진단하고 4일차 프로젝트 과제의 난이도를 조정한다. 2일차에는 DDD 모델의 탐구 및 설계 단계와 관련된 학습으로 문제 해결에 필요한 개념적 이해와 분석 능력 향상을 도모한다. 3일차에는 프로젝트 개발을 위한 C언어 문법의 핵심 개념을 복습하고 짧은 기간 프로젝트를 수행하기 위한 생성형 AI 활용법과 짝 프로그래밍 기법을 학습한다. 4일차에는 교육 내용을 바탕으로 문제 분석, 알고리즘 설계, 프로그램 구현, 그리고 최종 프로젝트 발표를 수행한다.

2. Basic Program Problem Solving

교육 프로그램의 첫 번째 단계는 프로그래밍 문제 해결의 기초에 초점을 맞추어 1일차에 실행되었다. 이 단계에서는 학생들의 C언어에 대한 실제 수준을 파악하고 문제 해결을 위한 설계 능력을 확인하기 위해 C언어 기반의 문제 풀이 활동과 프로젝트 초안 작성을 요구하였다. 이는 학생들이 스스로 평가한 C언어 능력과 실제 능력 사이의 간극을 진단함과 동시에 짧은 시간 안에 수행해야 할 프로젝트에 대한 사전 적응력을 높이기 위함이다. 특히, 이후 진행될 학습 내용과 프로젝트 간의 연계성을 인식시키기 위한 목적도 포함되어 있다. 진단 문제는 "The C Programming Language"의 2-5 챕터 기반 10 문제로 구성된다[27]. 주요 주제는 자료형, 변수, 연산자, 입-출력, 조건문, 반복문, 함수, 배열, 문자열 등이며, C언어 문법에 대한 기본적인 이해와 활용 능력을 평가하는 데 중점을 두었다.

진단 평가 이후, 학생들의 프로젝트에 대한 전반적인 이해도 향상과 체계적인 설계 및 구현을 위한 사전 구조화를

유도하기 위해 프로젝트 설명 및 초안 작성 활동을 진행하였다. 초안 작성 활동은 학생들이 게임 제목을 선정하고, 필수 요소들을 목록화하며, 규칙을 자연어로 상세히 기술하는 과정으로 구성된다. 이 활동은 DDD 모델의 탐구 단계에 해당하며 개발할 게임의 핵심 요구사항을 정의하고, 초기 로직 설계를 자연스럽게 유도하는 효과를 가진다. 특히, 학생들은 규칙을 자연어로 서술하는 과정을 통해, 컴퓨터가 이해할 수 있는 논리적 구조로 사고를 전환하는 연습을 수행함으로써 알고리즘 설계 및 프로그래밍 구현 단계로의 연결을 가능하게 한다.

3. Computational Thinking-Based Problem Solving

교육 프로그램의 두 번째 단계는 컴퓨팅 사고 (computational thinking) 기반 문제 해결을 중심으로 구성되어 2일차에 진행되었다. 이는 DDD 교육 모형의 설계 단계에 해당하며 프로젝트 기반 학습에서 요구하는 문제 분석과 해결 전략 수립의 핵심 역할을 한다. 컴퓨팅 사고는 복잡한 문제를 정의하고 해결 방안을 체계적으로 기술하여 문제 해결력 향상을 위한 핵심 이론으로[28], 학생들은 컴퓨팅 사고 이론을 학습하고 프로젝트 설계를 위한 표현 도구로 플로우 차트(flow chart)를 활용하였다.

2.1 컴퓨팅 사고의 구분

* 본 과정에서 정의한 문제해결을 위한 컴퓨터 사고 단계
* 컴퓨터 사고 단계와 컴퓨터 사고 요소를 구분

컴퓨팅 사고 단계	컴퓨팅 사고 요소	정의
컴퓨팅 사고 단계 (문제해결의 과정상)	문제	문제를 이해하고, 문제의 핵심 기능을 정의하는 것이다
	계획	해결할 문제를 인식한 상태에서, 자원을 할당하고 문제를 해결할 방법을 결정한다
컴퓨팅 사고 단계	실행	문제를 해결하기 위해 계획을 순서대로 실행한다
	검증	문제를 해결하기 위해 계획을 순서대로 실행한다
컴퓨팅 사고 단계 (결과가 나타나는 단계)	결과	문제를 해결하기 위해 계획을 순서대로 실행한다

ANSI/ISO 형태	명칭	설명
→	흐름선	흐름선의 시작을 나타낸다.
○	종료점	흐름선의 종료를 나타낸다.
□	처리	처리가 이루어지는 단계로, 여기서 데이터를 처리한다.
◇	판단	판단하는 단계로, 여기서 데이터를 검사하여 다음 단계로 넘어갈지 여부를 결정한다.
연속점	흐름선의 시작을 나타낸다.	

Fig. 1. Computational thinking and algorithm expression

학생들은 Fig 1과 같이 컴퓨팅 사고의 핵심 요소를 프로젝트 설계에 적용하는 방법을 학습하였으며 이를 시각적으로 표현하기 위해 플로우 차트 도식화 기법을 지도하여 알고리즘적 사고의 흐름을 구체화할 수 있도록 했다. 실습으로는 1일차에 작성한 프로젝트 초안과 학교 가는 길 상황을 플로우 차트로 표현하는 실습을 진행하였다.

이 실습은 학생들이 자연어로 서술한 게임 규칙이나 일상 활동을 구조화된 논리로 재구성해 보는 경험을 제공함으로써 DDD 모델의 탐구에 기반한 설계 단계로 자연스럽게 연결되도록 하였다. 이를 통해 학생들은 추상적인 사고에서 구체적인 알고리즘 흐름을 시각적으로 설계하는 방법을 체득하게 되었으며 이후의 개발 단계에서 필요한 설계 기반을 형성할 수 있다.

4. Understanding and Application of the C Language

교육 프로그램의 세 번째 단계는 3일차와 4일차에 걸쳐 진행되었으며 C언어의 이해 및 활용으로 DDD 모델에서의 개발 단계에 해당한다. 본 단계는 프로젝트 수행에 필요한 프로그래밍 언어인 C언어에 대한 복습과 실습, 그리고 생성형 AI를 활용한 짝 프로그래밍에 대한 개념 이해 및 적용을 중심으로 구성된다. 학생들은 C언어 수업을 통해 문법 요소를 복습한 후 생성형 AI와의 짝 프로그래밍을 위한 준비 활동을 진행하였다.

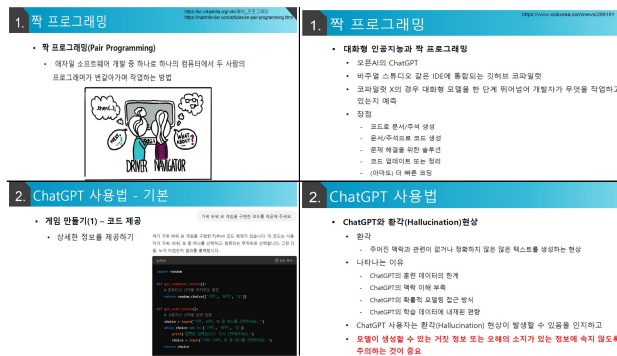


Fig. 2. Pair programming with generative AI

이 과정에서는 Fig 2와 같이 생성형 AI 기반 짝 프로그래밍의 개념, 사용 방법, 그리고 유의점에 대해 학습하였다. C언어 수업 이후 학생들의 생성형 AI와의 짝 프로그래밍을 위해 짝 프로그래밍의 개념과 효과를 소개한 후, 이를 생성형 AI와 결합한 형태로 어떻게 확장할 수 있는지 설명하였다. 특히, 대화형 AI와의 상호작용에서 중요한 질문 명확화(상세한 정보 제공, 질문 순서, 추가 정보 제공, 상황 설명 등), 모호한 응답(환각 현상)의 위험, 그리고 검증의 중요성에 대해서도 강조하였다. 연구에서는 ChatGPT를 사용하지 않았지만, 리튼에서 ChatGPT 모델을 제공하며, 학생들이 가장 많이 접해본 생성형 AI가 ChatGPT였기 때문에 이를 기반으로 내용을 진행하였다.

C언어 수업 중, 학생들은 다양한 질문을 제기했으며 이 질문들은 별도로 정리한 뒤, 생성형 AI의 활용 방법을 충분히 익힌 이후에 학생 스스로 본인이 선택한 생성형 AI를 통해 답을 탐색하도록 유도했다. 이러한 접근은 학생 중심의 문제 해결 학습 유도 및 AI 도구의 비판적 활용 능력 함양에 목적이 있다.

V. Result Analysis

1. Results of Basic Program Problem Solving

학생들은 프로젝트 기반 문제 해결을 위한 초기 단계에서 C언어 문제 풀이와 팀별 프로젝트 초안을 작성하였다. Table 3은 학생의 C언어 숙련도, 시험 결과, 그리고 제안한 프로젝트 내용을 고려한 5개 팀 구성 결과를 보여준다.

Table 3. Problem solving results and suggested project titles (Lv.: Low, Medium, High / M: Month, Y: Year)

Team	#	C language		# of solved problem	Game title
		Lv.	Period		
t1	s1	H	0.5 M	7	Mine Finding
	s2	M	1 Y	10/ c++	C Ping Pong
	s3	L	3 M	5	Snake
t2	s4	H	3 Y	10/ c++	Gambling
	s5	M	3 M	9	Indian Poker
	s6	M	1.5 Y	8	Poker
t3	s7	H	1.5 Y	7	Hangman
	s8	M	0.5 Y	8	Chopstick
t4	s9	M	-	10/ c++	Word Chain
	s10	M	1.5 M	3	Snake Game
	s11	L	3 M	9	Ping Pong/ Dino
t5	s12	M	2 M	3	Typing
	s13	L	3 M	6	Stock Game
	s14	M	1 Y	3	369 Game

1.1 Results of C Problem Solving

C언어 문제는 총 10문항으로 구성되었으며, 자료형, 배열 등 기본적인 프로그래밍 문법을 다루었다.

• 문제 풀이 사용 언어 변경 요청

문제 풀이 과정에서 일부 학생들은 C언어 외의 언어 (C++, Python 등) 사용을 요청하였다.

- [s1] "선생님, 꼭 C로 문제 풀어야 되나요?"
- [s9] "C++로는 풀 수 있겠는데 C++쓰면 안돼요?"
- [s11] "파이썬으로는 할 수 있는데 파이썬으로 해도 돼요?"

C++는 문법 유사성으로 인해 제한적으로 허용되었으나, 파이썬과 같이 문법 구조가 다른 언어는 협업의 어려움 때문에 허용되지 않았다. 결과적으로 S2, S4, S9 세 명의 학생만이 10문제 모두를 완수하였으며, 이들 모두 C++ 사용 경험이 있고, 알고리즘 문제 풀이를 경험한 학생이었다.

• 라이브러리 제공 함수의 사용 미흡

학생 대부분은 무작위 기능이 필요한 문제에서 stdlib.h 의 rand() 함수를 효과적으로 사용하지 못하였다. 예를 들어, 지리 찾기나 탁구 게임 등에서 무작위 요소는 중요한

기능임에도 불구하고, 전체 학생의 약 79%인 11명이 해당 기능을 사용하지 못하였다. 이는 생성형 AI를 도입한 이후, 관련 기능에 대한 지원을 제공하는 배경이 되었다.

1.2 Project Draft

학생들은 프로젝트 초안을 통해 게임 제목, 게임에 필요한 요소, 게임 규칙 설명, 그리고 게임 구현에 필요한 지식 네 가지 요소를 작성하였다. 프로젝트 초안은 DDD 모델에서 탐구 단계에 해당하며, 학생들의 문제 인식 및 초기 설계 과정을 반영한다. Fig 3은 학생들의 프로젝트 초안 중, 369게임과 주식 게임에 대한 프로젝트 초안을 나타낸다.

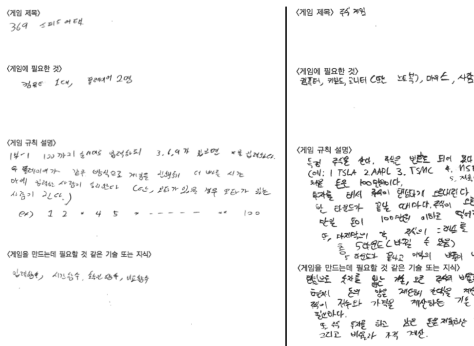


Fig. 3. Project draft – 369 game, stock game

• 프로그래밍을 고려한 프로젝트 초안

학생들은 공통으로 <게임에 필요한 것> 항목에 "컴퓨터"와 "사람"을 작성하였으며, 이는 학생들이 향후 수행할 게임 주제와 진행 상황에 필요한 기기인 컴퓨터를 통해 사람이 게임을 하는 상황을 전제로 프로젝트를 구상했음을 알 수 있다. 실제로 작성된 초안에서는 일상어 대신 "입출력", "배열" 등 프로그래밍을 위한 기술적 용어들이 직접적이지는 않지만, 간접적으로 다수 활용되고 있었다.

- [s13] "특정 주식을 산다. 주식은 번호로 되어있다."
- [s1] "가로 X, 세로 Y칸인 판에서 좌표 p, q를 공백 한 칸으로 입력한다."
- [s11] "공룡을 스페이스를 이용해 점프시켜 장애물을 피하는 게임."
- [s2] "플레이어는 경기장 안에 있는 공만 칠 수 있고, WASD 화살표로 움직일 수 있다."

학생들의 프로젝트 초안에는 자연어 기반의 설명 속에 프로그래밍 개념이 반영된 표현들이 나타났으며 학생들이 목표를 고려한 상태에서 문제 해결 방식을 반영하고 있음을 보여준다. s13은 현실 개념인 주식을 번호로 구조화하여 데이터화하고자 하는 의도를 보여주며, s1, s11, s2의 표현에서는 키보드 입력과 캐릭터 조작이라는 컴퓨터 게임의 행위에 대한 가정을 확인할 수 있었다. 이처럼 학생

들은 게임 아이디어를 설명하는 과정에서 자연스럽게 프로그래밍적 사고를 접목하여 이후 알고리즘 구현을 고려하고 있음을 드러내고 있었다. 또한 이러한 프로젝트 초안의 설명은 이후 단계에서 학생들이 작성한 플로우 차트에 도 반영되었다.

2. Results of Computational Thinking-Based Problem Solving

컴퓨팅 사고에 기반한 문제 해결 산출물로는 집에서 학교로 오는 길을 자연어로 작성하고 플로우 차트로 나타낸 결과와 프로젝트 초안을 플로우 차트로 나타낸 결과가 있다. Fig 4는 s3의 학교 가는 길 플로우 차트와 s13의 주식 게임에 대한 플로우 차트이다.

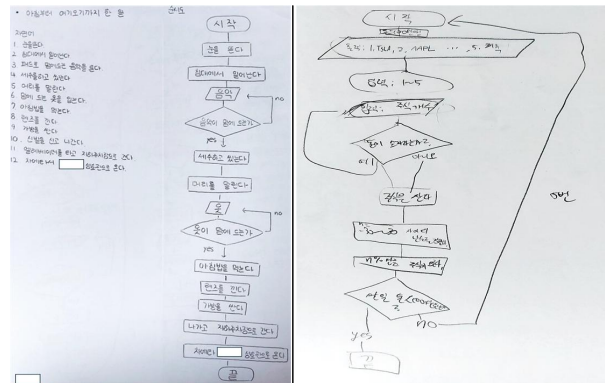


Fig. 4. Flow chart – way to school, project draft(stock game)

플로우 차트 실습 결과 학생들이 작성한 플로우 차트는 다음과 같은 공통적인 특징이 관찰되었다. 모든 플로우 차트에서 시작과 종료 지점을 명확히 구분하였으며 입력/출력, 조건, 처리 등의 요소들을 적절한 도형으로 구분하여 표현하였다. 이러한 결과는 학생들이 플로우 차트의 형식적 규칙을 숙지하고 이를 실습에 적용할 수 있었음을 의미한다.

그러나 플로우 차트의 세부 내용은 과제의 성격에 따라 차이를 보였다. 학교 가는 길을 표현한 플로우 차트는 일상적 행위의 순차적 절차를 중심으로 구성되었지만, 프로젝트 초안을 기반으로 한 플로우 차트에서는 프로그래밍 구조에 가까운 처리 방식을 반영했으며 조건, 처리의 내용에 C언어 코드 형태의 내용이 작성되었다. 이러한 차이는 학생들이 문제의 맥락과 목적에 따라 사고방식을 다르게 적용하고 있음을 시사하며 일상 언어를 논리 구조화된 흐름으로 전환하는 능력과 함께, 이후 프로그래밍 단계에 필요한 설계 기반을 마련하는 데 기여하였다고 볼 수 있다.

3. Results of Understanding and Application of the C Language

C언어 이해 및 활용 단계에서는 학생들이 C언어 기반 프로젝트 수행을 위한 문법 수업을 수강하고, 이후 생성형 AI를 활용한 짝 프로그래밍 실습으로 실제 프로그래밍 문제를 해결하는 경험을 하였다. 본 과정은 C언어에 대한 기초 이해를 바탕으로 생성형 AI를 활용하여 능동적인 문제 해결 능력을 기르기 위한 활동으로 구성되었다.

3.1 C Language-Related Inquiries

C언어 관련 질의로는 C언어에서의 "rand 함수에서 함수의 결과로 나오는 정수의 범위", "atoi, atof, 그리고 atol 함수의 뜻과 풀 네임", 그리고 "숫자 야구 프로그래밍"에 대한 질문이 있었다. 학생들의 질문과 답변에서 학생들은 수업에서 진행한 정보 제공하기와 질문하는 순서를 다음과 같이 반영하였다.

[s8] "C언어에 있는 rand함수의 범위는 왜 0~32767이야"

[s6] "숫자 야구게임을 C언어로 만들어줘." → "나는 반복문이란 조건문이란 rand 같은 기본적인거만 알아"

[s14] "You are a master C programmer. I want to ask you about some functions. Try your best to answer my question."

이와 같은 학생들의 질의는 수업에서 지도한 정보 제공하기 및 질문하는 순서 전략이 실제 상황에서 효과적으로 적용되었음을 보여준다. 특히, 자신이 알고 있는 개념을 먼저 공유하거나 질문 목적을 명확히 밝히는 방식은 생성형 AI와의 상호작용에서 더 정확한 응답을 끌어내는 데 중요한 요인으로 작용하였다. 이러한 결과는 단순히 프로그래밍 지식을 학습하는 것을 넘어, 학생들이 자기 주도적 문제 해결 전략을 학습하고, 기술적 문제를 명확히 정의하는 능력을 함께 향상했음을 시사한다.

3.2 Project Results

프로젝트 결과물은 초안 단계에서 구상한 게임의 제목 및 규칙, 플로우차트, 생성형 AI 사용 내용, 최종 C언어 코드, 그리고 이를 종합한 발표 자료로 구성되었다. 학생들은 프로젝트 수행 전반에 걸쳐 생성형 AI를 적극 활용하였으며, 정보 탐색, 코드 작성, 함수 이해, 도구 추천, 게임 규칙 구현 등 다양한 목적에 따라 질문을 구성하고 활용하였다.

• 프로젝트 구체화 및 기능 탐색

학생들은 게임 아이디어를 구체화하거나 기능을 설계하는 초기 단계에서 생성형 AI를 활용하여 개념을 확장하고 자신의 수준에 맞는 방향을 설정하였다.

[t1] "6학년인데, 스네이크 게임을 c언어로 만들어줘."

[t4] "C언어에서 어떻게 키보드를 아스키 코드로 입력받아" → "스페이스 같은 것을 어떻게 입력 받아" → "스페이스키만 입력받으려면?"

t1은 6학년이라는 본인의 나이와 수준을 드러내며 자신의 수준과 목표에 맞는 게임 구현을 직접적으로 의뢰하였고, t4는 입력 처리에 관한 질문을 연속적으로 던지며 점진적으로 개념을 탐색해 나갔다. 이러한 질문의 방식은 학습자가 단순히 결과를 요구하는 것이 아니라, 문제를 구조화하고 세분화하여 개념적 이해를 심화하고자 하는 태도를 반영한다.

• 문제 해결 및 도구 활용

생성형 AI는 프로젝트 구현 단계에서도 다양한 문제 해결 도구로 활용되었다.

[t3] "C언어에서 void함수에서 프로그램 어떻게 끝내?"

[t3] "너 손가락으로 하는 젓가락 알아?" → "A가 왼손으로 오른손을 치면 왼손에서 원하는 만큼 옮길 수 있어" → "그걸 C언어로 만들거고 w를 입력받으면 상대방의 왼손을 치고 e를 누르면 오른손을 치는 판정. 그리고" → "이걸 실행했을 때 화면을 보여줘"

[t5] "순서도를 그릴 수 있는 프로그램 추천해 줘."

[t5] "(타자 게임 및 주식게임 설명) 위 주문대로 C언어로 코드를 짜줘" → "이 주식은 -30%부터 30% 사이의 값으로 변해" → "아니 타자게임과 주식게임을 선택하는게 아니라 타자게임을 먼저..."

[t5] "(코드) 이 코드에서 사용한 함수를 정리해 줘."

학생들은 코드 작성 시 발생한 오류나 문법적 의문에 대해 질문하고, 구현 로직을 개선하거나 외부 도구를 추천받는 등 실질적 프로그래밍을 지원받았다. t3은 일상적인 규칙 설명을 바탕으로 코드 구현 요청을 구체화하고 실행 결과까지 요구하는 과정을 통해 프로그래밍적 사고와 자연어 설명의 통합적 활용을 보여주었다. 또한 t5는 순서도를 그릴 수 있는 프로그램 요청, 함수 정리 등의 요청을 통해 도구 탐색, 코드 분석, 다중 게임 로직 구현 등 다양한 기술적 요구를 복합적으로 표현하였다. 이러한 사례는 생성형 AI가 학생들의 실질적인 프로그래밍 실행 과정을 지원하는 도구를 넘어 조력자로 활용되었음을 보여준다.

4. Survey Results

본 연구에서는 수업 전반 및 생성형 AI 기반 수업에 대한 학생들의 인식과 반응을 파악하기 위해 폐쇄형 및 개방형 설문을 병행하여 실시하였다.

4.1 Quantitative Survey Results

폐쇄형 설문은 수업 전반의 난이도, 생성형 AI 활용 수업의 난이도 및 흥미도에 대한 항목으로 구성되었으며, 각

문항은 5점 리커트 척도(1점: 매우 그렇지 않다 ~ 5점: 매우 그렇다)를 기준으로 측정되었다. 표 4는 설문 결과의 통계치이다.

Table 4. Quantitative survey results

Group	Item	Max	Min	M	SD
Course	Difficulty	5	1	2.92	1.07
Gen AI	Difficulty	4	1	2.21	1.05
	Interest	5	4	4.57	0.51

표 4의 결과에 따르면, 전체 수업의 난이도 평균은 2.92점으로 "보통이다"에 가까웠으며, 생성형 AI 수업의 난이도는 평균 2.21점으로, 상대적으로 낮게 인식되었다. 이는 학생들이 생성형 AI 기반 수업을 기존의 프로그래밍 수업에 비해 덜 어렵게 느꼈음을 시사한다. 반면, 생성형 AI 수업에 대한 흥미는 평균 4.57점으로 매우 높은 수준으로 나타났으며 학생 대부분이 생성형 AI를 활용한 수업 방식에 대해 긍정적인 경험을 했음을 보여준다. 난이도는 낮지만, 흥미는 높았다는 점에서 생성형 AI를 활용한 수업이 학습 부담은 줄이면서도 몰입과 참여를 유도할 가능성을 시사한다.

4.2 Qualitative Survey Results

학생들의 개방형 설문으로는 수업 전반, 생성형 AI 수업 전반에서 가장 기억에 남는 것 두 가지로 구성되었다. 응답 내용을 바탕으로 프로젝트 경험, 생성형 AI를 활용한 짝 프로그래밍, 생성형 AI의 환각 인식으로 나누어 분석하였다. 이를 통해 학생들이 어떤 활동에서 몰입했는지, 그리고 생성형 AI 도구와의 상호작용이 어떤 인지적 영향을 미쳤는지 확인할 수 있었다.

• 친구들과 함께한 프로젝트 경험

학생 8명은 수업에서 가장 기억에 남는 활동으로 프로젝트 수행 경험을 언급하였다. 그 외에 3명은 C언어 문법, 2명은 생성형 AI, 1명은 무응답이었다. 프로젝트가 기억에 남는다고 응답한 학생들은 다음과 같이 답했다.

[s3] "게임 만들기, 가장 열심히 한 것이라서."

[s6] "프로젝트 만들기, C언어로 처음 모듈원과 프로젝트를 만들어서."

[s13] "최종 프로젝트, 친구들과 함께 큰 프로젝트를 해 본 경험이 새로웠기 때문이다."

이는 협업 기반 프로젝트 활동이 학습자에게 긍정적인 경험으로 각인되었음을 의미하며 실제로 학생들은 협업을 통해 자신의 학습 경험을 확장시키고 몰입하였다.

• 생성형 AI와의 짝 프로그래밍

13명의 학생은 생성형 AI와의 짝 프로그래밍 활동이 프로그래밍 학습에 도움이 되었다고 응답하였으며, 1명은 무응답이었다. 프로젝트 수행 과정에서 생성형 AI를 활용한 단계는 분석 단계 3명, 설계 단계 2명, 개발 단계 8명으로 나타났고, 구체적인 사용 맥락은 밝히지 않았으나 도움이 되었다고 답한 학생도 5명이 있었다.

이는 생성형 AI가 단순히 코드를 생성하는 도구를 넘어서 분석과 설계 단계에서는 문제 구조화 및 의사결정 도구, 개발 단계에서는 오류 수정 및 구현 보조 도구로 기능하였음을 보여준다. 특히, 구체적 사용처를 언급하지 않은 학생들 역시 일정한 인지적 도움을 받은 것으로 보이며 생성형 AI가 자기 주도적 문제 해결 학습을 지원하는 보조 수단으로 효과적으로 작용했음을 시사한다.

• 생성형 AI와 환각

학생들의 응답에서는 생성형 AI 수업 중 환각(hallucination) 현상에 대한 수업 내용이 기억에 남는다는 학생이 5명으로 가장 많았다. "생성형 AI를 쓰면서 환각이 발생할 수 있다는 점", "생성형 AI가 헛것을 말한다", "생성형 AI가 환각을 일으킬 수 있다는 것", "환각이 일어난 것"과 같은 응답에서 확인되듯, 학생들은 생성형 인공지능이 정확하지 않은 정보를 생성할 수 있다는 개념을 직접 체험을 통해 인식하게 되었다. 일부 학생은 생성형 AI의 출력을 단순히 수용하기보다 그 내용을 점검하거나 오류 가능성을 인지하는 태도를 보였다. 이러한 경험은 생성형 AI와의 상호작용이 단순한 정보 전달을 넘어 정보의 진위 여부를 판단하고 비판적으로 사고하려는 태도를 촉진했음을 시사한다. 이는 생성형 AI를 활용한 수업이 디지털 정보 리터러시 및 비판적 사고 능력 함양에 기여할 수 있음을 보여주는 사례라 할 수 있다.

VI. Conclusions

본 연구는 초등 정보 영재를 대상으로 생성형 인공지능을 활용한 짝 프로그래밍 기반 프로젝트 교육 프로그램을 설계·적용하고, 학습자의 수행 양상과 인지적 변화를 질적으로 분석하는 데 목적이 있다. 이를 위해 총 16차시로 구성된 프로그램을 개발하여 초등 정보 영재 14명에게 적용하고, 학습 산출물과 설문 결과를 분석하였다.

연구 결과, 학습자들은 생성형 AI와의 짝 프로그래밍을 통해 프로그래밍 개념을 심화하고, 프로젝트의 다양한 단

계에서 AI를 적극적으로 활용하며 자기주도적 학습 역량을 향상시켰다. 특히, 생성형 AI의 한계인 환각 현상을 직접 경험함으로써, 결과물을 무비판적으로 수용하지 않고 비판적으로 검토하는 태도를 기를 수 있었던 점은 의미 있는 시사점이다. 이는 AI 도구 활용 교육이 단순한 기술 습득을 넘어, 디지털 정보 리터러시와 문제 해결력 함양에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

하지만, 본 연구는 실험집단의 특수성으로 인해 일반화에 한계가 있다. 따라서 향후 초등 정보 영재 교육 현장에서 생성형 AI 도구를 효과적으로 통합하기 위한 교수설계 방안과 교사 연수 프로그램의 개발이 요구된다. 특히, AI와의 협업 경험을 토대로 학습자의 자기주도성, 비판적 사고력, 디지털 리터러시를 균형 있게 신장할 수 있도록 체계적이고 지속적인 교육적 접근이 필요하다. 또한 초등학교 수준에서 활용 가능한 생성형 AI 교육 프레임워크를 구축하고, 다양한 집단과 교육 환경에서의 반복적 실험을 통해 생성형 AI 기반 프로그래밍 교육의 효과를 정교하게 검증할 필요가 있다.

REFERENCES

- [1] R. Michel-Villarreal, E. Vilalta-Perdomo, D. E. Salinas-Navarro, R. Thierry-Aguilera, and F. S. Gerardou, "Challenges and opportunities of generative AI for higher education as explained by ChatGPT," *Education Sciences*, Vol. 13, No. 9, pp. 856, 2023. DOI: 10.3390/educsci13090856
- [2] E. A. Alasadi and C. R. Baiz, "Generative AI in education and research: Opportunities, concerns, and solutions," *Journal of Chemical Education*, Vol. 100, No. 8, pp. 2965-2971, 2023. DOI: 10.1021/acs.jchemed.3c00323
- [3] Ministry of Education, *The 5th Comprehensive Plan for the Promotion of Gifted Education*, Ministry of Education, 2023.
- [4] S. K. Johnsen, "A new era of gifted education," *Gifted Child Today*, Vol. 48, No. 2, pp. 85-85, 2025. DOI: 10.1177/10762175241309441
- [5] B. Hanks, S. Fitzgerald, R. McCauley, L. Murphy, and C. Zander, "Pair programming in education: A literature review," *Computer Science Education*, Vol. 21, No. 2, pp. 135-173, 2011. DOI: 10.1080/08993408.2011.579808
- [6] M. Simaremare, C. Pardede, I. Tampubolon, P. Manurung, and D. Simangunsong, "Pair programming in programming courses in the era of generative AI: Students' perspective," in *Proceedings of 2024 31st Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC)*, Chongqing, China, pp. 507-511, 2024. DOI: 10.1109/APSEC65559.2024.00069
- [7] Ministry of Education, Gifted Education Promotion Act [Internet]. Available: <https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=199748#0000>
- [8] K. S. Kim, "A study on cognitive characteristics of information gifted children," *Journal of The Korean Association of Information Education*, Vol. 17, No. 2, pp. 191-198, 2013.
- [9] Y. S. Choi, K. S. Kim, and S. Y. Lee, "Analysis of the non-intellectual characteristics of the gifted elementary school in computers," *Journal of The Korean Association of Information Education*, Vol. 9, No. 3, pp. 377-386, 2005.
- [10] J.-Y. Kim, "The effect of novel engineering-based artificial intelligence education program on convergence attitude of the gifted students in computing convergence," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol. 29, No. 9, pp. 307-316, 2024. DOI: 10.9708/jksci.2024.29.09.307
- [11] W. Moon, B. Kim, S. Ko, E. Ko, and J. Kim, "Development and application of artificial intelligence education programs centered on deep learning principles," *Journal of The Korean Association of Information Education*, Vol. 27, No. 3, pp. 225-234, 2023. DOI: 10.14352/jkaie.2023.27.3.225
- [12] S. H. Kim and D. H. Kim, "Development and application of AI elementary science convergence program based on real-life data," *Journal of Creative Information and Culture Studies*, Vol. 10, No. 2, pp. 115-127, 2024. DOI: 10.32823/jcic.10.2.202405.115
- [13] UNESCO, *Guidance for Generative AI in Education and Research*, UNESCO Publishing, 2023.
- [14] F. F.-H. Nah, R. Zheng, J. Cai, K. Siau, and L. Chen, "Generative AI and ChatGPT: Applications, challenges, and AI-human collaboration," *Journal of Information Technology Case and Application Research*, Vol. 25, No. 3, pp. 277-304, 2023. DOI: 10.1080/15228053.2023.2233814
- [15] Seoul Metropolitan Office of Education, *Generative AI Educational Materials: Focusing on ChatGPT Cases*, Seoul: SMOE Digital Innovation and Future Education Office, 2023.
- [16] Ministry of Education, *Teaching and Learning Guide Using Generative AI*, Ministry of Education, 2024.
- [17] D. Baidoo-Anu and L. O. Ansah, "Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning," *Journal of AI*, Vol. 7, No. 1, pp. 52-62, 2023. DOI: 10.61969/jai.1337500
- [18] J. W. Hyun and Y. J. Lee, "Research Trends on Education Using Generative Artificial Intelligence for Elementary," in *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, Jeju, pp. 461-465, 2024.
- [19] E. S. Cho and S. Y. Lee, "Study on the patterns and attitudes of elementary school students in utilizing generative artificial intelligence in classroom settings," *The Journal of Korean*

Association of Computer Education, Vol. 27, No. 4, pp. 21-39, 2024. DOI: 10.32431/kace.2024.27.4.003

- [20] Agile Alliance, Agile Glossary: Pair Programming [Internet]. Available: <https://www.agilealliance.org/glossary/pair-programming/>
- [21] B. Banić, M. Konecki, and M. Konecki, "Pair programming education aided by ChatGPT," in *Proceedings of 2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO)*, Opatija, Croatia, pp. 911-915, 2023. DOI: 10.23919/MIPRO57284.2023.10159727
- [22] A. Hawlitschek, S. Berndt, and S. Schulz, "Empirical research on pair programming in higher education: A literature review," *Computer Science Education*, Vol. 33, No. 3, pp. 400-428, 2023. DOI: 10.1080/08993408.2022.2039504
- [23] A. M. Dakhel, V. Majdinasab, A. Nikanjam, F. Khomh, M. C. Desmarais, and Z. M. J. Jiang, "GitHub Copilot AI pair programmer: Asset or liability?," *Journal of Systems and Software*, Vol. 203, 2023. DOI: 10.1016/j.jss.2023.111734
- [24] R. M. Branch and Ī. Varank, *Instructional Design: The ADDIE Approach*, Springer, 2009.
- [25] J. Kim, *2015 Education Policy Network Training On-site Support Research*, Commissioned Research CR 2015-35, 2016.
- [26] S. Jun, "Design and effect of development-oriented model for developing computing thinking in SW education," *Journal of The Korean Association of Information Education*, Vol. 21, No. 6, pp. 619-627, 2017. DOI : 10.14352/jkaie.2017.21.6.619
- [27] B. W. Kernighan and D. M. Ritchie, *The C Programming Language*, Prentice-Hall, 1988.
- [28] M. Guzdial, "Education paving the way for computational thinking," *Communications of the ACM*, Vol. 51, No. 8, pp. 25-27, 2008. DOI: 10.1145/1378704.1378713

Authors



Insun Yoo received his B.S. degree in Software and Computer Engineering in 2018 and his M.S. and Ph.D. degree in Computer Engineering in 2020 and 2025 from Ajou University. He is currently a lecturer in the

Department of Software and Computer Engineering. His areas of interest include embedded system, software development process, AI, and SW 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. Eun-Hee Goo joined the faculty of Dasan

University College at Ajou University, Gyeonggi, Korea, in 2016. She is currently a Professor in Dasan University College at Ajou University. Her research interests include information security, cryptology, software education, and artificial intelligence education.