JKSCI

한국컴퓨터정보학회논문지
Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 30 No. 9, pp. 213-224, September 2025
https://doi.org/10.9708/jksci.2025.30.09.213

The Effects of Design Thinking-Based Artificial Intelligence Education Using Generative AI on Middle School Students' Computational Thinking

Suhun Lim*, Seung-Ju Hong*, Seong-Won Kim**, Youngjun Lee***

*Doctoral Student, Dept. of Computer Education, Korea National University of Education, Cheongju, Korea
**Assistant Professor, Dept. of Computer Education, Busan National University of Education, Busan, Korea
***Professor, Dept. of Computer Education, Korea National University of Education, Cheongju, Korea

[Abstract]

This study examines the effect of Generative AI(GAI) on middle school students' Computational Thinking(CT) by addressing constraints in the empathize stage of Design Thinking(DT)-based education. In an 8-session program with 117 students, an experimental group used GAI to create and interview virtual personas, while a control group performed role-playing with peers. Only the GAI group demonstrated statistically significant gains across total CT scores and all sub-factors. These findings indicate that GAI serves as an effective learning scaffold, helping students overcome practical and psychological barriers to achieve a deeper exploration of user needs. This research holds significance for its experimental validation of GAI as a tool to overcome the limitations of conventional DT education.

▸ **Key words**: AI Education, Computational Thinking, Design Thinking, Empathy, Generative AI

[요 약]

본 연구는 디자인 씽킹(DT) 기반 AI 교육의 공감 단계에서 현장의 제약을 생성형 AI(GAI)로 극복하고, 컴퓨팅 사고력(CT)에 미치는 영향을 규명했다. 이를 위해 중학생 117명에게 8차시 교육을 적용하였으며, 공감 단계에서 실험집단은 GAI로 가상 페르소나 제작 및 실시간 인터뷰를, 통제집단은 동료 학생 간 역할극을 수행했다. 연구 결과, GAI를 활용한 실험집단만이 CT 총점 및 모든 하위 요인에서 통계적으로 유의한 향상을 보였다. 이는 GAI가 공감 단계의 시공간, 심리적 제약을 넘어 사용자를 깊이 탐색하도록 돕는 정교한 학습 비계로 기능함을 시사한다. 본 연구는 GAI로 기존 DT 교육의 한계를 극복하는 방안을 실험적으로 검증했다는 점에서 의의를 가진다.

▸ **주제어**: 인공지능 교육, 컴퓨팅 사고력, 디자인 씽킹, 공감, 생성형 인공지능

• First Author: Suhun Lim, Corresponding Author: Youngjun Lee
*Suhun Lim (suhun51@naver.com), Dept. of Computer Education, Korea National University of Education
*Seung-Ju Hong (hongsj2248@gmail.com), Dept. of Computer Education, Korea National University of Education
**Seong-Won Kim (swkim@bnue.ac.k), Dept. of Computer Education, Busan National University of Education
***Youngjun Lee (yjlee@knue.ac.kr), Dept. of Computer Education, Korea National University of Education
• Received: 2025. 08. 04, Revised: 2025. 08. 12, Accepted: 2025. 08. 28.
• This paper is an extended version of the paper("A Study on the Development of a Design Thinking-Centered Educational Program Using Generative AI to Enhance Computational Thinking for Middle School Students") presented at 2025 the 72st Summer Conference of the Korea Society of Computer and Information (KSCI)

Copyright © 2025 The Korea Society of Computer and Information
http://www.ksci.re.kr pISSN:1598-849X | eISSN:2383-9945
www.kci.go.kr

I. Introduction

인공지능(Artificial Intelligence, AI)의 급속한 발전과 생성형 AI(Generative AI, GAI)의 확산은 사회 전반에 걸쳐 디지털 혁신을 가속화하고 있다. 이에 따라 AI의 원리를 심층적으로 이해하고, 이를 창의적으로 활용하는 것이 미래 사회의 필수 핵심 역량으로 강조되고 있다[1][2]. 이러한 흐름을 반영하여, 2022 개정 교육과정에서 초등학교는 실과 교과에서 AI의 기초 개념과 활용 사례를 경험하게 하고, 중학교는 정보 교과에서 AI의 원리, 문제 해결 및 윤리 등을 체계적으로 학습하도록 하고 있다[3]. 따라서 중학교는 초등학교에서 배운 AI 기초 개념을 바탕으로 AI 원리를 깊이 이해하고 문제 해결에 적용하는 본격적인 AI 교육의 단계로 볼 수 있다.

AI 교육의 목표는 AI의 원리 이해를 바탕으로 복잡한 문제를 창의적으로 해결하는 것에 있으며, 그 핵심은 컴퓨팅 사고력(Computational Thinking, CT)이다[4][5]. CT는 문제 분해, 패턴 인식, 추상화, 알고리즘 설계 등을 통해 문제를 해결하는 고차원적 사고력이다[6]. AI 교육에서 문제를 정의하고 해결하는 과정은 CT의 핵심 요소와 긴밀히 연결된다. 따라서 AI 교육은 학습자가 실제 문제 해결을 통해 CT를 함양하는 것을 목표로 삼아야 하며, 이를 위한 효과적인 교수·학습 전략 연구가 필수적이다[7].

CT는 실제 문제 해결 경험을 통해 효과적으로 함양되며[6], 특히 문제의 본질과 맥락을 정확히 이해하는 과정이 중요하다[8]. 이러한 문제 이해 과정에서 사용자의 필요에 깊이 공감하는 것은 문제의 핵심 요소를 정확히 식별하고 우선순위를 설정하는 데 도움을 주며, 이는 CT의 주요 구성요소인 문제 분해와 추상화 역량 향상에 결정적인 역할을 한다[9][10].

AI 교육에서 공감 기반 문제 이해와 CT 신장을 위한 효과적인 교육 전략으로 디자인 씽킹(Design Thinking, DT)이 주목받고 있다. DT는 사용자에 대한 깊은 공감을 통해 잠재된 필요를 발견하고 문제의 본질을 파악하는 인간 중심의 문제 해결 방법론으로, 특히 공감(Empathize) 단계는 전체 프로세스의 성패를 가르는 핵심적인 출발점으로 간주된다[11][12].

DT의 이러한 공감 중심 접근법은 중학교 학생들에게 중요하다. 공감 능력이 발달 과정에 있는 중학생은 문제의 근본 원인을 깊이 탐색하기보다 눈에 보이는 표면적 현상에만 머무는 경향이 있다[13]. 이는 문제의 핵심을 정확히 정의하는 데 어려움으로 작용하며, 결국 실효성 없는 해결책으로 이어질 수 있다. DT의 공감 단계는 사용자에 대한 공감을 통해 문제의 핵심 원리를 분해하고 추상화하는 과정으로, CT 함양을 위한 핵심적인 기반이 된다[9][12].

이러한 배경에서, 최근 AI 교육 분야에서 CT 함양을 목적으로 DT를 접목하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이재호와 이승훈(2021)은 초등학생을 대상으로, 김성원 외(2023)는 중학생을 대상으로 DT 기반 AI 교육이 CT 향상에 유의한 효과가 있음을 실증했다[14][15].

그러나 DT 기반 교육의 긍정적 효과에도 불구하고, 핵심 출발점인 공감 단계는 중학교 교육 현장에서 시간 및 자원의 부족, 학생의 경험 미숙 등과 같은 현실적 제약에 부딪히고 있다. 이로 인해 학습자가 사용자의 문제를 피상적으로 이해하는 데 그쳐, DT 기반 교육 본연의 효과를 저해하는 한계가 지적된다[16][17]. 결국 이러한 제약은 학습자가 사용자의 문제 상황을 피상적으로 이해하는 데 그치게 만들어 공감 단계의 질적 저하를 유발한다. 이는 후속 단계인 문제 정의(Define)의 정확성을 떨어뜨려, 결과적으로 전체 프로젝트의 성패와 최종적인 학습 효과를 저해하는 핵심 원인이 될 수 있다.

이에 본 연구는 중학생 DT 기반 AI 교육의 공감 단계에서 발생하는 현실적 어려움을 극복할 대안으로, GAI의 교육적 활용 가능성에 주목한다. GAI는 가상의 사용자 페르소나와 실시간으로 상호작용하는 환경을 제공함으로써, 중학생이 실제 사용자를 대면하는 부담 없이도 안전하고 반복적으로 공감적 탐색을 경험하도록 지원할 수 있다. 실제로 동적 페르소나와의 상호작용이 공감 능력 향상에 더 효과적이라는 연구와, GAI를 활용한 역할극이 사용자 요구를 탐색하는 것을 돕는다는 연구는 이러한 GAI의 교육적 잠재력을 뒷받침한다[18][19]. 이는 GAI를 활용한 상호작용이 학습자가 사용자의 필요와 문제 상황을 심층적으로 공감하여 문제의 본질과 맥락을 정확히 파악하도록 돕는다는 점을 시사한다.

따라서 본 연구는 GAI를 활용하여 공감 단계를 강화한 DT 기반 AI 교육이 중학생의 CT에 미치는 영향을 실증적으로 밝히는 데 목적을 둔다. 선행 연구들이 DT 기반 AI 교육의 전반적인 효과를 실증했지만, DT의 핵심인 공감 단계에서 발생하는 현실적인 제약과 어려움을 해결하기 위한 구체적인 방안 제시는 부족했다. 본 연구는 이러한 선행 연구의 성과를 바탕으로, 교육 현장의 제약을 고려하여 GAI를 공감 단계에 통합·적용하고 그 효과를 실험적으로 검증했다는 점에서 학문적 차별성을 지닌다. 본 연구는 GAI를 활용한 구체적인 교육 모델의 효과를 검증함으로써, 향후 AI 교육 현장에 적용 가능한 하나의 실질적인 교수·학습 전략과 그 가능성을 제시하고자 한다.

II. Theoretical Background

1. Computational Thinking

CT는 Wing(2006)에 의해 처음 체계화된 개념으로, '문제를 정의하고 그 해법을 인간이나 기계와 같은 컴퓨터가 효과적으로 수행할 수 있는 형태로 표현하는 사고 과정'으로 정의하였다[6][20]. 또한, CT는 일상생활의 문제를 해결하는 데 적용할 수 있는 보편적인 능력으로 그 중요성이 강조되고 있다[6][20].

Cansu(2019)의 연구에 따르면, CT은 여러 핵심 요소로 구성되며, 그 요소는 Table 1과 같다[21].

Table 1. Components of Computational Thinking[21]

Component	Definition
Problem Decomposition	The process of breaking down a large, complex problem into smaller, more manageable sub-problems
Abstraction	The process of focusing on essential features while ignoring irrelevant details or complexities to simplify a problem
Algorithmic Thinking	The process of developing a step-by-step, ordered set of instructions or rules to solve a problem and its sub-problems
Automation	The implementation of an algorithm to have a computer or other technological tools efficiently execute repetitive tasks
Generalization	The process of adapting a solution for a specific problem to be applicable to a broader class of similar problems, often involving different variables or contexts

문제 분해는 거대하고 복잡한 문제를 작고 관리 가능한 부분으로 나누는 것이며, 추상화는 문제 해결에 불필요한 세부 사항을 제거하고 핵심 원리만 남기는 과정이다. 예를 들면, 지하철 노선도를 실제 지리적 거리나 위치를 생략하고 역과 연결 정보만 남겨 목적을 명확히 하는 것이다.

알고리즘적 사고는 문제를 해결하기 위해 어떤 순서로, 어떤 일을 해야 하는지 구체적인 절차를 논리적으로 생각하는 과정이며, 자동화와 일반화는 만들어진 해결책을 다른 유사한 문제에도 효율적으로 적용하는 것을 의미한다.

진정한 CT 교육은 학습자가 문제의 본질을 파악하고, 해결 전략을 설계하며, 이를 논리적으로 표현하는 고차원적 사고 능력을 기르는 데 목적이 있다. Lodi와 Martini(2021)는 CT 교육에서 Wing의 인지적 접근법과 Papert의 구성주의적 접근법을 통합할 필요성을 강조한다[22]. 이들은 CT의 효과적인 학습을 위해서는 단순히 분해, 패턴 인식, 추상화, 알고리즘 설계와 같은 개념적 요소를 설명하는 것을 넘어서, 학습자가 이러한 개념을 활용하여 자신에게 의미 있는 산출물을 직접 구성하는 경험이 필수적임을 주장하였다[22].

2. AI Education and Computational Thinking

AI 교육은 단순한 기술 활용법 습득을 넘어 복잡한 현실 문제를 창의적으로 해결하는 역량 함양을 목표로 하며[3], 이러한 문제 해결의 근간을 이루는 것이 CT이다.

AI 교육 맥락에서 문제 해결 과정은 CT의 핵심 요소를 포함한다. 즉, 학습자가 문제를 분해하고, 데이터의 패턴을 인식하며, 추상화를 통해 알고리즘을 설계하는 일련의 활동은 CT의 실천과 같다[6].

이에 따라, 국내외 여러 학자들은 CT를 AI 교육의 핵심 원리로 채택할 것을 주장한다. Gadanidis(2017)는 CT 기반의 AI 교육이 고차원적 사고를 촉진한다고 강조했으며[23], 신승기(2019)는 교육과정 설계의 중심으로 CT를 제시했다[4]. 더 나아가 최현종(2021)은 CT를 '인공지능 사고력'의 필수 전제 조건으로 규정하였다[5].

또한, 유수진 외(2022)는 AI 기반 문제 해결 학습이 학생들의 AI 역량과 CT를 모두 향상시키며, 두 역량 간에 뚜렷한 정적 상관관계가 있음을 보여주었다[24]. 나아가 AI 교육과 CT를 통합하려는 움직임은 국제적으로도 확산되고 있다. 그 대표적인 예로, 중국은 고등학교 AI 교과서의 핵심 개발 원리로 CT를 채택하였다[25].

따라서 문제 해결 중심의 AI 교육은 CT 함양을 핵심 목표로 설정해야 하며, CT는 AI 시대를 살아갈 학습자가 갖추어야 할 가장 중요한 역량 중 하나라고 할 수 있다.

3. Empathy and Computational Thinking

공감은 타인의 생각과 감정을 이해하는 인지적 능력인 동시에, 그들의 고통에 민감성과 배려로 반응하는 정서적 능력으로 정의된다[26]. 이는 단순히 상대를 동정하는 것을 넘어 그들의 상황과 맥락에 깊이 몰입하여 잠재된 필요와 동기를 파악함으로써 문제의 본질에 대한 깊은 이해에 도달하는 체계적인 과정을 의미한다[27]. 이러한 공감의 특성은 문제 분해와 추상화, 알고리즘 설계 과정에서 사용자의 실제 필요를 정확히 파악하게 함으로써 문제의 본질을 더욱 정확하게 인식하도록 하는 역할을 한다.

선행 연구들은 공감의 역할을 구체적으로 보여준다. Sohr 외(2023)의 연구에서, 학습자들은 '추위에 약한 아기'라는 특정 대상에 공감하며 문제를 단순 물품 분배가 아닌 '취약 계층 우선 보호'라는 본질적 과제로 재정의했다[9]. 이렇게 문제의 핵심이 명확해지자, '취약 계층 식

www.kci.go.kr

별', '필수 물품 정의', '우선순위 분배' 등 해결해야 할 하위 문제들이 더욱 명료하게 도출(문제 분해) 되었고, 불필요한 절차를 생략하고 핵심에 집중(추상화) 할 수 있었다. 또한, Sanz 외(2023)는 개발자가 사용자의 잠재적 불편함에 공감할 때, 기술적 효율성을 넘어 더 포용적인 알고리즘을 설계할 수 있음을 확인하였다[10].

이처럼, 공감은 문제의 본질을 파악하는 초기 단계에서 복잡한 요구사항을 작은 단위로 나누는 문제 분해를 촉진한다. 공감적 이해를 통해 학습자는 문제를 구체적인 하위 문제로 세분화하여 구조를 명확히 파악할 수 있으며, 이는 추상화와 알고리즘 설계의 기반이 된다. 따라서 중학생의 CT 함양을 위해 공감이 강조되어야 한다.

4. Design Thinking and Computational Thinking

Kelly와 Gero(2021)는 DT와 CT를 분리된 개념이 아니라, 문제 해결 과정에서 상호보완적인 관계로 설명한다[11]. DT는 사용자에 대한 공감을 통해 '무엇'이 진짜 문제인지를 정의하는 발산적 사고에 해당하며, CT는 정의된 문제에 대해 '어떻게' 효율적인 해결책을 만들지 구체화하는 수렴적 사고에 해당한다.

효과적인 문제 해결은 이처럼 발산과 수렴을 유연하게 오가는 과정에서 이루어진다. 구체적으로 DT의 공감과 문제 정의 단계는 사용자의 복잡한 경험을 분석하며 자연스럽게 CT의 문제 분해와 추상화를 이끌어낸다[9]. 이후 아이디어 도출과 프로토타입 단계는 구체적인 해결책을 설계하며 알고리즘적 사고를 촉진한다[12].

또한, Türkmen과 Öz(2023)는 예비 과학 교사들을 대상으로 DT와 CT 간에 유의미한 긍정적 상관관계가 있음을 실증적으로 보여주며[28], 이는 DT와 CT가 상호보완적임을 뒷받침한다.

결론적으로, DT의 인간 중심적 문제 정의 과정은 CT의 논리적·알고리즘적 사고 과정과 결합될 때 강력한 시너지를 창출한다. 따라서 DT 기반의 접근은 학습자가 CT를 단순한 기술이 아닌, 실제 문제를 해결하는 유의미한 역량으로 발전시키는 데 필수적인 교육 전략이다.

5. Design Thinking in AI Education and Limitations

AI 교육에서 CT을 함양하기 위한 효과적인 교수·학습 전략으로 DT가 주목받고 있다. DT는 사용자에 대한 깊은 공감을 바탕으로 잠재된 요구를 발견하고 창의적인 해결책을 도출하는 인간 중심의 문제 해결 방법론이다[12]. Stanford d.school이 제시하는 공감(Empathize), 정의(Define), 아이디어 도출(Ideate), 프로토타입(Prototype), 테스트(Test)의 5단계 프로세스는 학습자가 실제 문제를 창의적으로 해결하는 체계적인 틀을 제공하며, 각 단계는 순차적이기보다 반복적이고 순환적인 특징을 갖는다[29].

최근 AI 교육 분야에서도 DT의 교육적 가치를 확인하는 연구들이 활발히 이루어지고 있다. 이재호와 이승훈(2021)은 초등학생들이 '학교 급식 잔반 문제'라는 실생활 문제를 DT 프로세스를 따라 해결하는 AI 교육 프로그램을 적용했다. 이 과정에서 학생들은 '공감적 문제 발견' 단계에서 동료를 인터뷰하며 문제의 본질에 접근했고, AI 모델 학습을 통해 프로토타입을 구현했다. 그 결과, CT의 모든 하위 요소에서 유의한 향상을 확인했다[14].

또한, 김성원 외(2023)는 중학생을 대상으로 AI의 문제 해결 과정을 DT의 각 단계에 명시적으로 통합한 교육 프로그램을 설계했다. 이 연구는 DT 기반의 문제 해결 중심 교육이 전통적인 강의식 AI 교육보다 CT 총점 및 모든 하위 요소에서 통계적으로 더 유의한 효과가 있음을 확인했다[15]. 이처럼 선행 연구들은 DT가 학습자의 주도적 참여와 실제적인 문제 해결 경험을 촉진하여, CT 함양에 매우 효과적인 교수·학습 전략임을 공통적으로 시사한다.

그러나 이러한 긍정적 효과에도 불구하고, DT 프로세스의 출발점이자 가장 핵심적인 공감 단계를 중학교 교육 현장에서 충실히 이행하는 데에는 몇 가지 명백한 한계가 존재한다. 첫째, 현실적인 자원의 제약이 있다. 실제 사용자를 대상으로 한 관찰이나 인터뷰는 많은 시간과 비용이 소요되어 한정된 수업 시간 내에 깊이 있게 실행하기 어렵다[16][30]. 둘째, 학생의 경험 및 역량 부족이 문제 된다. 박지유와 이은정(2020)은 학생들이 인터뷰 대상자와 느끼는 심리적 부담감이나 질문 설계의 미숙함으로 인해 표면적인 데이터만을 수집하는 데 그치는 한계가 있음을 지적하였다[17]. 셋째, 중학생의 발달 단계적 특성을 들 수 있다. 타인의 관점을 깊이 이해하는 공감 능력이 아직 충분히 발달하지 않은 중학생들은 문제의 본질보다 겉으로 드러난 현상에만 집중하는 경향이 있다[17]. 이러한 현실적, 심리적, 그리고 발달적 한계가 복합적으로 작용하여 공감 단계가 피상적인 수준에 머무를 경우, 문제의 본질을 정확히 파악하지 못하게 된다. 이는 이후 모든 문제 해결 과정의 질을 저하시키며, CT 함양이라는 교육 목표 달성을 저해하게 된다. 따라서 이러한 한계를 극복하고 공감 활동을 효과적으로 지원할 수 있는 전략이 필요하다.

6. Generative AI and Empathize

DT의 핵심인 공감 단계는 사용자에 대한 깊은 이해를 목표로 한다. 이를 위해 디자인 및 교육 현장에서는 목표

www.kci.go.kr

사용자의 특성, 동기, 고충 등을 구체화한 가상의 인물인 페르소나를 설정하여 사용자의 입장에 몰입하는 활동을 활용한다[31]. 그러나 이러한 페르소나를 신뢰성 있게 구축하기 위한 실제 사용자 섭외 및 인터뷰 과정은 시공간적, 자원적 제약이라는 현실적 한계에 직면한다. 이러한 맥락에서, GAI가 공감 단계의 한계를 극복할 혁신적 대안으로 주목받고 있다. GAI는 대규모 데이터 학습을 통해 사용자와의 상호작용 및 복합적 과제 수행이 가능한 기술로서, 교육 환경의 제약을 해결할 잠재력을 지닌다[32].

Bonnardel과 Pichot(2020)는 정적인 페르소나 프로필을 단순히 읽는 것보다 실시간으로 반응하는 동적 페르소나와 직접 소통하는 것이 사용자에 대한 공감과 팀 협업의 질을 유의하게 향상시킨다는 점을 입증했다[18]. 이는 사용자 경험의 질, 즉 능동적 상호작용이 공감 능력의 수준을 좌우하는 핵심 변수임을 시사한다.

Liang(2024)은 바로 이 원리를 DT 교육 맥락에 직접 적용하여 GAI의 잠재력을 탐색했다. 그는 GAI를 활용한 역할극이, 실제 사용자 섭외가 어려운 교육 환경의 한계를 극복하고 DT의 공감 단계를 심화시켜 창의적 문제 해결의 기반을 다지는 효과적인 교육 전략임을 질적으로 확인했다[19]. 즉, GAI와의 능동적 상호작용의 교육적 가치를 확인한 것이다.

종합하면, GAI는 시공간의 제약을 넘어 풍부한 학습 기회를 제공할 뿐만 아니라, 학생들이 실패에 대한 심리적 부담 없이 반복적으로 탐색하고 훈련할 수 있는 환경을 조성한다. 나아가 GAI와의 상호작용 과정은 다양한 관점을 제시하여, 문제의 본질에 더 깊이 접근할 수 있게 한다.

즉, GAI를 활용하여 페르소나를 제작하고 가상 인터뷰 활동을 통한 공감 활동은 문제의 본질을 명확히 파악하게 함으로써, CT의 핵심인 문제 분해와 추상화 능력을 효과적으로 향상시키는 방법이 될 수 있다. 따라서 이는 DT 기반 AI 교육이 지향하는 CT 역량 함양을 위한 핵심적인 교수·학습 전략이라 할 수 있다.

III. Methods

1. Research Participants

본 연구는 G 광역시 S 중학교 2학년 6개 반, 총 117명을 대상으로 하였으며, 연구 대상의 구성은 Table 2와 같다. 연구 대상 학생들은 2015 개정 교육과정에 따라 학습하고 있어, 정규 교육과정을 통한 체계적인 AI 교육 경험은 없었다. 다만 실과 및 정보 교과를 통해 소프트웨어(SW) 및 코딩 교육에 노출된 경험이 있어, 디지털 기기 활용과 블록 코딩(엔트리) 환경에는 익숙한 상태였다. 이를 통해 기본적인 알고리즘 설계 역량을 갖추고 있었다.

학생들의 AI 관련 사전 경험은 '퀵드로우'와 같은 일회성 체험 활동 수준에 머물러 있어, AI의 원리나 데이터 기반 문제 해결에 대한 깊이 있는 이해는 부족하였다.

학습이 진행된 교실은 안정적인 무선 인터넷 환경, 노트북이 조성되어 있어 GAI의 활용에 적합하였으며, 모둠별 테이블 배치가 이루어져 학습자 간 상호작용과 협동학습에 용이한 환경이었다.

Table 2. Composition of Research Participants

Group	Male	Female	Total
Experimental Group(Exp.)	30	27	57
Control Group(Con.)	31	29	60
Total	61	56	117

2. Research Design

본 연구는 GAI를 활용한 DT 기반 AI 교육이 중학생의 CT에 미치는 효과를 검증하기 위해, 사전-사후 통제집단 설계(Pretest-Posttest Control Group Design)를 적용하였으며, 구체적인 연구 설계는 Table 3과 같다.

실험집단은 DT의 공감 단계에서 GAI를 활용하였고, 통제집단은 GAI를 활용하지 않는 DT 기반 AI 교육 프로그램을 진행하였다. 두 집단 모두 동일한 주제와 목표로 총 8차시의 수업에 참여하였으며, 프로그램 처치 전과 후에 각각 사전 및 사후 검사로 CT 검사를 실시하였다.

Table 3. Research Design

Exp.	O_1	X_1	O_3
Con.	O_2	X_2	O_4

O_1, O_2 : Pre-test for Computational Thinking
X_1 : GAI-enhanced DT-based AI education program
X_2 : DT-based AI education program
O_3, O_4 : Post-test for Computational Thinking

3. Research Instruments

본 연구에서는 중학생의 CT를 측정하기 위해, Tsai 외(2021)가 개발하고 홍승주(2022)가 한국 중학생 대상으로 타당화한 'Computational Thinking Scale(CTS)'를 사용하였다[33][34]. 이 척도는 추상화, 분해, 알고리즘적 사고, 평가, 일반화의 5개 하위 요인으로 구성된다.

홍승주(2022)는 도구의 구성 타당성을 확보하기 위해, 원척도를 번안하여 1369명의 한국 중학생에게 적용하고 탐색적 요인 분석을 실시하였으며, 이 과정에서 요인적 재

www.kci.go.kr

량이 낮은 1개 문항을 제거하여, 최종적으로 총 18개 문항을 확정하였다[34].

최종 확정된 도구의 전체 신뢰도는 .97이며, 하위 요인별 세부 구성은 Table 4와 같다.

Table 4. Reliability of the CTS

Factor	*N*	Cronbach's α	Total
Abstraction	3	.86	.97
Decomposition	3	.85	
Algorithmic thinking	4	.88	
Evaluation	4	.90	
Generalization	4	.86	

4. Program Design

본 연구의 교육 프로그램은 중학생의 CT 함양을 목표로 체계적인 교수설계 모형인 ADDIE 모형을 기반으로 개발하였다. 분석 단계에서는 2022 개정 교육과정의 중학교 정보과 AI 단원 내용 체계와 성취기준을 분석하여 교육 목표와 학습 내용의 적절성을 검토하였으며, 설계 단계를 통해 DT 5단계 프로세스를 프로그램의 기본 골격으로 설정하고, CT의 핵심 요소가 각 학습 활동에 자연스럽게 통합되도록 내용을 구조화하였다. 프로그램은 '건설 현장 감리사가 겪는 문제를 AI 기술로 해결'하는 것을 주제로 설정하여, 학습자들이 구체적이고 실제적인 맥락에서 문제에 몰입하도록 유도하였다. 개발 단계에서는 2차시씩 블록 타임으로 총 8차시 분량의 교수·학습 자료를 제작하였다. 교육 프로그램의 전체적인 구성은 Table 5와 같다.

Table 5. Composition of the Educational Program

Session	Contents		DT Stage (CT Elements)
1-2	· Learning AI concepts, principles, and its social & ethical implications		Theory Learning
3-4	Exp.	Con.	Empathize (Problem Decomposition, Abstraction)
	· In-depth interview with a virtual persona generated and embodied by GAI	· Peer role-play interview based on a student-created persona	
5-6	· '5 Whys' activity for root cause analysis · Core problem definition · Brainstorming for diverse ideas · Idea evaluation and selection using a matrix		Define & Ideate (Abstraction, Algorithmic Thinking)
7-8	· AI image classification model development · User testing and feedback-based improvement		Prototype & Test (Evaluation, Generalization)

4.1 DT Stage: Theory Learning

이 단계는 본격적인 프로젝트 수행에 필요한 기초 지식과 소양 형성을 목표로 한다. 학생들은 AI의 기본 개념과 작동 원리, 데이터의 중요성을 학습하고, 이를 바탕으로 AI 기술이 사회에 미치는 영향과 윤리적 쟁점까지 탐구한다. 이를 통해 학생들은 AI를 기술적 관점뿐만 아니라 사회·윤리적 맥락까지 통합하여 문제를 바라보는 관점을 갖추게 된다.

4.2 DT Stage: Empathize

본 연구의 핵심적인 실험 처치가 이루어지는 이 단계는, 사용자가 겪는 복잡하고 비구조적인 문제 상황에 깊이 공감하여 해결해야 할 핵심 문제를 이해하는 것을 목표로 한다. 두 집단 모두 페르소나를 구체적으로 설정하고, 심층 인터뷰를 통한 페르소나와 상호작용을 통해 심층적인 정보를 수집하고, 수집된 정보를 바탕으로 사용자의 잠재적 필요와 고충을 발견하는 공통적인 활동 흐름을 따른다.

이러한 공감 활동은 CT의 핵심 요소를 촉진하는 인지적 훈련 과정이다. 먼저, 학생들은 '감리사가 겪는 어려움'이라는 비구조적인 문제를 이해하기 위해 심층 인터뷰를 통해 '안전 점검의 어려움', '시공 검수의 과다', '작업자와의 소통 문제' 등 구체적이고 관리 가능한 하위 문제들로 나누어 탐색하게 된다. 이는 복잡한 문제를 작은 단위로 분해하는 문제 분해와 직접적으로 연결된다.

나아가, 학생들은 감리사의 복잡한 문제 맥락과 풍부한 서사 속에서 정보들을 종합하여 문제의 발생 패턴과 근본 원인을 탐색하고, 핵심적인 고충을 추출하는 고차원적 인지 과정을 경험한다. 이는 불필요한 세부 정보를 걸러내고 문제의 본질에 집중하는 추상화 역량의 함양을 촉진한다.

구체적으로, 실험집단은 교사의 체계적인 사전 안내 및 조력을 바탕으로 GAI를 활용하여, 페르소나를 생성하고 이를 기반으로 심층 인터뷰를 진행하는 순차적인 공감 활동을 수행한다. 본격적인 활동에 앞서 학생들은 GAI 프롬프트 설계법과 심층 답변을 유도하는 개방형 질문법 등을 안내받으며, 활동 중 교사는 직접적으로 개입하기보다 조력자로서 학생들이 탐구를 심화하도록 돕는다. 학생들은 GAI를 페르소나 설계를 위한 '협업 파트너'로 활용하여 현실감 있는 가상 감리사를 생성한다. '페르소나의 구성 요소'를 질문하여 설계 요소를 파악한 후, 이를 적용하여 "20년 경력 감리사의 프로필 초안을 만들어줘"와 같이 가상의 페르소나를 생성하도록 요청한다. 학생들은 생성된 초안을 GAI와의 상호작용을 통해 구체적으로 발전시킨다. 예를 들어 "성격을 더 까다롭게 바꿔줘."와 같이 페르소나

www.kci.go.kr

의 성격을 구체화하거나, "가장 화가 났던 사건 하나를 이야기처럼 자세히 말해줘."와 같은 프롬프트를 활용하여 최종 페르소나 프로필을 완성한다.

페르소나 생성이 완료된 후, 학생들은 심층 인터뷰의 질을 높이기 위해 GAI를 활용하여 질문지를 체계적으로 개발한다. 먼저, "심층 인터뷰에서 사용자의 숨겨진 니즈를 발견하기 위해 어떤 종류의 질문을 해야 효과적인가요?"와 같이 질문하여 '개방형 질문', '과거 경험 탐색' 등 효과적인 질문 설계를 탐색한다. 이를 바탕으로 GAI로부터 관련 질문을 제안받은 후, 학생들은 이를 비판적으로 검토하고 자신들의 경험과 관점을 더해 수정·보완하는 주도적인 과정을 거쳐 최종 질문지를 구성한다.

이후, 학생들은 "지금부터 너는 우리가 함께 만든 [페르소나 이름] 감리사야. 내가 하는 모든 질문에 그 사람의 경험과 성격에 완전히 몰입해서 대답해 줘."와 GAI에게 같이 명확한 역할을 부여하여 인터뷰 환경을 설정한다. 이러한 역할 설정 아래, 학생들은 자신들이 최종 완성한 심층 질문들을 활용하여 상호작용을 시작한다. 이 역동적인 문답 과정 속에서 학생들은 정적인 시나리오에서는 얻을 수 없는 감정적 반응이나 예상치 못한 답변을 실시간으로 얻으며, 마치 실제 인물과 대화하듯 공감 활동을 하게 된다.

반면, 통제집단은 공감 단계에서 동료 학생 간의 인터뷰 역할극을 수행한다. 이 과정에서 학생들은 먼저 교사가 제공한 자료와 자신의 경험에 기반해 페르소나를 설정하고, 심층 인터뷰 질문을 구성한다. 이후 역할을 나누어 동료 인터뷰 역할극을 수행한다.

4.3 DT Stage: Define & Ideate

이 단계에서는 공감 단계에서 얻은 통찰을 기반으로 핵심 문제를 정의함으로써, 이후 아이디어를 발산하고 구체화하는 과정의 명확한 방향성을 설정한다. 먼저, 학생들은 '5 Whys'을 통해 현상의 근본 원인을 파악하고 해결 가능한 핵심 문제를 도출한다. 이는 문제의 표면적 특징을 제거하고 핵심 원리만 남기는 추상화를 심화하는 과정이다. 이어서 브레인스토밍으로 발산된 아이디어들은 먼저 평가 매트릭스를 통해 실현 가능성을 검증한다. 이후 최종 선정된 아이디어는 '어떻게 구체적으로 만들 것인가'라는 질문을 통해 구체화되며, 이처럼 추상적인 아이디어를 구체적인 실행 절차로 변환하는 과정은 학생들의 알고리즘적 사고를 촉진한다.

4.4 DT Stage: Prototype & Test

이 단계에서 학생들은 '문제 정의' 및 '아이디어 도출' 단계에서 선정한 구체적인 아이디어를 실제 작동하는 모델로 구현하고, 테스트를 통해 그 효과를 검증하며 반복적으로 개선한다. 학생들은 자신들이 앞서 정의한 핵심 문제를 해결하기 위해 엔트리(Entry)의 AI 이미지 분류 모델을 활용하여 직접 프로토타입을 개발한다. 예를 들어, '감리사가 눈으로 직접 확인하는 과정에서의 피로와 실수'를 문제로 정의한 팀은 'AI 기반 자동 안전모 감지 시스템', 'AI 기반 콘크리트 균열 자동 탐지 시스템' 등을 제작한다.

이후 학생들은 개발한 프로토타입을 팀별 발표와 동료 피드백을 통해 검증하고 개선하는 활동을 수행한다. 이를 통해 자신들이 만든 해결책의 실효성을 분석한다. 학생들은 단순히 프로그램의 작동 여부를 넘어, '우리가 정의한 사용자의 문제를 이 프로토타입이 정말 효과적으로 해결하는가?'라는 명확한 기준을 가지고 성능을 분석하며, 이를 통해 자신들이 해결하고자 했던 문제의 기준에 비추어 개선점을 도출하며 정교한 평가 능력을 기른다.

또한, 팀별 발표와 동료 피드백을 통해 개선 방안을 논의하는 과정은 자연스럽게 일반화를 촉진한다. 학생들은 '안전모 감지 모델의 원리가, 안전조끼 미착용이나 안전규정 위반 문제도 해결할 수 있지 않을까?' 또는 '균열 탐지 모델을 응용하면, 다른 종류의 시공 결함 문제도 찾아낼 수 있지 않을까?'와 같이 생각의 폭을 넓힌다.

5. Analysis

본 연구는 GAI를 활용한 DT 기반 AI 교육 프로그램이 중학생의 CT에 미치는 효과를 검증하기 위해 SPSS 통계 프로그램을 사용하여 다음과 같이 분석하였다. 첫째, 프로그램 적용 전 집단의 사전 동질성을 검증하기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다. 둘째, 프로그램 적용에 따른 각 집단 내의 사전-사후 변화를 확인하기 위해 대응 표본 t-검정을 실시하였다. 셋째, 두 집단 간 사전 점수 차이를 통제하고 프로그램의 순수한 효과를 정밀하게 비교 분석하기 위해 사전검사 점수를 공변인으로 통제한 공분산분석(Analysis of Covariance, ANCOVA)을 실시하였다.

IV. Results

1. Pre-test Homogeneity Analysis

두 집단 간 사전 검사의 동질성을 확인하기 위해 독립표본 t-검정을 실시한 결과는 Table 6과 같다.

분석 결과, 먼저 CT 총점에서 통제집단(M= 3.42, SD= .72)이 실험집단(M= 3.15, SD= .66)보다 유의하게 높은 것으로 나타났다(t= -2.10, p= .04). 또한, 하위 요인 중

www.kci.go.kr

분해(t= -2.45, p= .02)와 일반화(t= -2.95, p< .01)에서도 두 집단 간 유의한 차이가 확인되었다. 이처럼 집단 간에 사전 이질성이 존재할 경우 프로그램의 순수한 효과를 분석하는 데 잠재적인 왜곡이 발생할 수 있으므로, 초기 불균형을 통계적으로 통제하고 교육의 효과를 정밀하게 검증하기 위해 사전 CT 전체 점수를 공변량으로 설정한 ANCOVA을 실시하였다.

Table 6. Homogeneity of pre-test by independent t-test

Factor	Group	M	SD	t	p
Total	Exp.	3.15	.66	-2.10	.04*
	Con.	3.42	.72		
Abstraction	Exp.	3.31	.81	-.88	.38
	Con.	3.44	.77		
Decomposition	Exp.	2.85	.66	-2.45	.02*
	Con.	3.22	.96		
Algorithmic thinking	Exp.	3.17	.73	-.92	.36
	Con.	3.30	.88		
Evaluation	Exp.	3.33	.76	-1.82	.07
	Con.	3.60	.85		
Generalization	Exp.	3.11	.80	-2.95	.00**
	Con.	3.53	.77		

*p< .05, **p< .01

2. Analysis of Within-Group Effects

프로그램 적용 전과 후, 각 집단 내에서 발생한 CT 변화를 파악하기 위해 대응 표본 t-검정을 실시하였다.

2.1 Changes in the Experimental Group

GAI를 활용한 DT 기반 AI 교육에 참여한 실험집단의 사전-사후 변화를 분석한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7. Paired t test for the Exp.

Factor	Test	M	SD	t	p
Total	Pre	3.15	.66	-4.02	.00***
	Post	3.59	.80		
Abstraction	Pre	3.31	.81	-2.34	.02*
	Post	3.61	.88		
Decomposition	Pre	2.85	.66	-4.94	.00***
	Post	3.49	.88		
Algorithmic thinking	Pre	3.17	.73	-3.51	.00**
	Post	3.58	.90		
Evaluation	Pre	3.33	.76	-3.12	.00**
	Post	3.72	.86		
Generalization	Pre	3.11	.80	-3.56	.00**
	Post	3.56	.84		

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

분석 결과, GAI를 활용한 DT 기반 AI 교육에 참여한 실험집단의 CT 총점은 사전 검사(M= 3.15, SD= .66)보다 사후 검사(M= 3.59, SD= .80)에서 향상되었으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 하위 요인별로 살펴보면, 추상화(t= -2.34, p< .05), 분해(t= -4.94, p< .001), 알고리즘적 사고(t= -3.51, p< .01), 평가(t= -3.12, p< .01), 일반화(t= -3.56, p< .01) 모든 영역에서 유의한 향상을 보였다. 특히 분해 능력에서 가장 큰 향상을 나타냈으며, 이는 GAI와의 상호작용을 통한 공감 활동이 복잡한 문제를 작은 단위로 나누어 분석하는 능력을 효과적으로 신장시켰음을 시사한다.

2.2 Changes in the Control Group

일반적인 DT 기반 AI 교육에 참여한 통제집단의 사전-사후 변화를 분석한 결과는 Table 8과 같다.

분석 결과, 통제집단의 CT 총점은 사전 검사(M= 3.42, SD= .72)에서 사후 검사(M= 3.46, SD= .75)로 변화하였으나, 이는 통계적으로 유의한 차이가 아니었다(t= -.45, p= .66). 마찬가지로, 5개의 모든 하위 요인에서도 유의미한 사전-사후 점수 변화는 나타나지 않았다. 이는 통제집단이 페르소나를 제작하고 학생들 간의 역할극을 하는 공감 활동이 기존 경험과 선입견을 넘어서는 깊이 있는 공감을 형성하는 데 한계가 있었음을 보여준다.

Table 8. Paired t test for the Con.

Factor	Test	M	SD	t	p
Total	Pre	3.42	.72	-.45	.66
	Post	3.46	.75		
Abstraction	Pre	3.44	.77	-.87	.39
	Post	3.53	.78		
Decomposition	Pre	3.22	.96	-1.04	.30
	Post	3.34	.92		
Algorithmic thinking	Pre	3.30	.88	-.47	.64
	Post	3.35	.82		
Evaluation	Pre	3.60	.85	-.50	.62
	Post	3.66	.86		
Generalization	Pre	3.53	.77	1.04	.30
	Post	3.41	.86		

3. Analysis of Between-Group Effects

사전 점수를 통제한 후 두 집단 간 사후 CT 점수의 차이를 검증하기 위해 ANCOVA를 실시하였다. 분석의 기본 가정인 등분산성은 Levene 검증 결과 충족되었으며(F= 2.80, p= .10), 결과는 Table 9와 같다.

분석 결과, 사전 점수의 영향을 통제한 후에도 실험집단과 통제집단의 사후 CT는 통계적으로 유의한 차이가 존재했다(F(1, 114)= 4.26, p= .04). 이는 사전검사 점수를 통제했을 때 GAI 활용 프로그램의 효과가 더욱 뚜렷하게 드러남을 의미한다. 이러한 결과는 GAI를 활용하여 공감 단계를 강화한 DT 기반 AI 교육이 일반적인 DT 기반 AI 교육보다 중학생의 CT 향상에 더 효과적임을 시사한다.

www.kci.go.kr

Table 9. ANCOVA on Post-test Scores of CT

Group	*N*	*M*	*SD*	*Adj. Mean*	*F*	*p*
Exp.	57	3.59	.80	3.66	4.26	.04*
Con.	60	3.46	.75	3.39		

*p< .05

V. Conclusions

본 연구는 AI 교육의 핵심 역량인 CT 함양을 위해 DT를 도입하는 과정에서 발생하는 현실적 문제를 해결하고자, DT의 공감 단계에 GAI를 활용하는 교육 프로그램을 설계하고 그 효과를 실증적으로 검증하였다. 이를 위해 8차시의 DT 기반 AI 교육 프로그램을 진행하고 CT 변화를 비교 분석했다. 공감 단계에서 실험집단은 GAI를 활용해 가상 페르소나를 생성한 뒤, 그 페르소나의 역할을 수행하는 GAI와 직접 심층 인터뷰를, 통제집단은 학생들이 직접 페르소나를 구성하고 동료 학생 간 역할극을 수행했다.

연구 결과, 첫째, GAI를 활용하여 공감 단계를 강화한 DT 기반 AI 교육은 중학생의 CT 향상에 매우 효과적이었다. 실험집단의 CT는 통계적으로 유의하게 향상되었으며, 특히 하위 요인 분해가 가장 큰 폭으로 향상 되었다. 이는 GAI 활용을 통해 학생들이 감리사가 겪는 복합적인 문제 상황을 구체적인 하위 문제로 나누어 분석하는 경험을 할 수 있었고, 이같은 공감 경험이 문제의 체계적 분해 능력을 직접적으로 촉진했음을 시사한다.

둘째, 일반적인 DT 기반 AI 교육은 CT 향상에 한계를 보였다. 통제집단은 CT는 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았으며, GAI와 같은 정교한 비계의 지원 없이는 중학생들이 문제의 본질에 깊이 접근하는 데 어려움이 있음이 확인하였다. 이는 공감 활동이 여러 제약으로 인해 피상적인 수준에 머물렀기 때문으로 분석된다. 페르소나 제작은 설계자의 주관적 경험에 의존하므로 비전문가가 만들기 어렵다[35]. 통제집단은 생소한 감리사에 대한 전문 지식 부족으로 신뢰도 높은 페르소나를 구성하는 데 한계를 보였다. 이는 결국 문제의 본질을 파고드는 심층 질문을 설계하지 못하는 학생들의 미숙함과 맞물려[30], 피상적인 수준의 역할극 인터뷰에 그치게 되는 결과로 이어졌다. 결국 DT의 기반이 되는 공감 단계의 피상적 수행은 CT의 핵심 요소인 문제 분해와 추상화 능력을 효과적으로 촉진하지 못했고, 이는 최종적으로 CT의 변화를 이끌어내지 못하였음을 시사한다.

셋째, 본 연구는 GAI가 DT 기반 AI 교육의 공감 단계에서 효과적인 학습 비계로 기능할 수 있는 구체적인 가능성을 실험적으로 입증했다는 점에서 중요한 의의를 가진다. GAI는 실제 사용자를 대면하는 부담 없이 안전하게 상호작용 할 수 있는 환경을 제공하고, 실시간으로 반응하는 페르소나와의 대화를 통해, 마치 실제 감리사와 소통하는 듯한 환경을 구현하며, 이러한 경험을 통해 CT의 핵심 요소인 분해가 직접적으로 촉진하는 핵심적인 비계 역할을 성공적으로 수행했다.

본 연구의 학술적 의의와는 별도로, 다음과 같은 제한점이 존재한다.

첫째, 연구 설계와 과제 설정에서 비롯된 내재적 한계이다. 본 연구는 준실험설계로 진행되어, 비록 공분산분석으로 초기 차이를 보정했으나 집단 간 사전 경험의 잠재적 영향을 완전히 통제하기는 어렵다. 특히, 본 연구는 통제집단에게 GAI와 같은 정교한 지원 도구 없이 감리사라는 생소한 직업 페르소나를 탐색하도록 요구하였다. 이는 중학생들에게 인지적으로 매우 도전적인 과제였을 수 있다.

즉, 두 집단 간 효과의 차이는 GAI 자체의 우수성뿐만 아니라, 정교한 비계가 부재했던 통제집단의 과제 수행 난이도에서 비롯되었을 가능성을 시사한다. 따라서 본 연구 결과는 GAI의 절대적 효과라기보다, DT 공감 활동에서 발생하는 현실적 어려움을 효과적으로 보완하는 도구로서의 가능성을 보여주는 것으로 해석하는 것이 타당하다.

둘째, 연구 결과의 일반화 가능성에 대한 한계이다. 본 연구의 대상이 특정 지역의 중학생들로 한정되었으며, 8차시라는 단기적인 교육 처치의 효과를 측정하였기에 연구 결과를 다른 학습자 집단으로 일반화하거나 학습된 역량의 장기적 지속성을 단정하기는 어렵다.

셋째, 활용된 기술 도구의 특수성에 따른 한계이다. 본 연구는 특정 상용 GAI 모델의 성능에 기반하였으므로, 그 결과가 다른 특성을 가진 GAI 모델 환경에서도 동일하게 재현될 것이라고 단정하기 어렵다.

마지막으로, 본 연구는 양적 분석을 통해 효과성을 검증하는 데 초점을 맞추었기에, 학습자의 사고 과정 변화나 GAI와의 상호작용과 같은 질적 측면을 심층적으로 탐색하지 못했다는 한계를 갖는다.

따라서 본 연구의 한계점을 보완하고 논의를 확장하기 위해 다음과 같이 후속 연구를 제언한다.

첫째, 연구의 일반화 가능성을 확보하기 위해 연구 설계의 주요 변인을 다각화하는 후속 연구가 필요하다. 구체적으로, 연구 도구의 측면에서 다른 특성을 지닌 다양한 GAI 모델들을 동일한 교육 환경에 적용하고 그 효과를 비교 분석해야 한다. 또한, 연구 대상의 측면에서 다양한 학습자

www.kci.go.kr

집단과 문제 상황으로 연구를 확대하여 본 모델의 적용 가능성을 폭넓게 검증할 필요가 있다.

둘째, 연구의 깊이와 신뢰성을 더하기 위해 연구 설계를 정교화해야 한다. 단기 효과를 넘어 교육의 지속성을 확인하기 위한 장기적인 종단 연구가 요구되며, 양적 데이터의 한계를 보완하기 위해 학습자 인터뷰, GAI 대화 로그 분석 등 질적 연구 방법을 병행하여 GAI가 학습자의 사고 과정에 미치는 영향을 심층적으로 분석해야 한다.

셋째, GAI의 교육적 활용 범위를 확장하는 탐색적 연구가 필요하다. 본 연구는 공감 단계에 집중하였으나, 향후에는 DT의 전 과정 및 다양한 교과와의 융합으로 GAI의 교육적 활용 모델을 개발하고 그 효과를 검증하는 연구로 나아가야 한다.

넷째, 본 연구의 일반화 가능성을 높이고 성공적인 현장 안착을 돕기 위한 실천적 연구가 병행되어야 한다. 이를 위해, 교사의 GAI 활용 역량과 교수 설계 전문성을 신장시키는 구체적인 교사 연수 프로그램을 개발하고 그 효과를 검증하는 연구가 필요하다. 또한, 학생들이 GAI를 비판적으로 활용하도록, AI 윤리 교육을 포함한 학습자용 가이드라인 및 교육 자료 개발이 요구된다.

결론적으로, 본 연구는 여러 한계점에도 불구하고, DT 기반 AI 교육의 현실적 어려움을 GAI라는 정교한 학습 비계로 보완함으로써 학습자 중심의 문제 해결 교육을 구현하는 하나의 구체적인 교수·학습 모델과 그 가능성을 제시했다. 이러한 연구 결과가 향후 교육 환경에서 GAI를 활용하는 연구와 실천의 유용한 기초 자료 및 참고 사례가 되기를 기대한다.

REFERENCES

[1] D. Touretzky, C. Gardner-McCune, and D. Seehorn, "Machine learning and the five big ideas in AI," International Journal of Artificial Intelligence in Education, Vol. 33, No. 2, pp. 233-266, 2023. DOI: 10.1007/s40593-022-00314-1

[2] Ministry of Education, "*2022 Revised Curriculum Overview,*" Ministry of Education, Sejong city, 2021.

[3] Ministry of Education, "*Practical(Technology/Home Economics)/ Information Department Curriculum,*" Ministry of Education, 2022.

[4] S. Shin, "Designing the instructional framework and cognitive learning environment for artificial intelligence education through computational thinking," Journal of The Korean Association of Information Education, Vol. 23, No. 6, pp. 639-653, 2019. DOI: 10.14352/jkaie.2019.23.6.639

[5] H. J. Choe, "Study of AI thinking education based on computational thinking," The Journal of Korean Association of Computer Education, Vol. 24, No. 3, pp. 57-65, 2021. DOI: 10.32431/kace.2021.24.3.006

[6] J. M. Wing, "Computational thinking," Communications of the ACM, Vol. 49, No. 3, pp. 33-35, 2006. DOI: 10.1145/1118178.1118215

[7] M. S. Hong and J. W. Cho, "Development of Design Principles and Conceptual Models of Artificial Intelligence Education Based on Experiential Learning for Cultivating Computational Thinking," The Journal of Korean Association of Computer Education, Vol. 25, No. 3, pp. 61-77, 2022. DOI: 10.32431/kace.2022.25.3.006

[8] S. Maharani, M. N. Kholid, L. N. Pradana, and T. Nusantara, "Problem solving in the context of computational thinking," Infinity Journal, Vol. 8, No. 2, pp. 109-116, 2019. DOI: 10.22460/infinity.v8i2.p109-116

[9] E. R. Sohr, A. Gupta, A. Elby, and J. Radoff, "How a child entangles empathy and computational thinking in reasoning about fairness," Early Childhood Research Quarterly, Vol. 65, pp. 92-101, 2023. DOI: 10.1016/j.ecresq.2023.05.010

[10] C. Sanz, T. Coma-Roselló, A. Aguelo, P. Álvarez, and S. Baldassarri, "Model and methodology for developing empathy: an experience in computer science engineering," IEEE Transactions on Education, Vol. 66, No. 3, pp. 287-298, 2023. DOI: 10.1109/TE.2022.3231559

[11] N. Kelly and J. S. Gero, "Design thinking and computational thinking: A dual process model for addressing design problems," Design Science, Vol. 7, e8, 2021. DOI: 10.1017/dsj.2021.7

[12] C. Y. Chang, Z. Du, H. C. Kuo, and C. C. Chang, "Investigating the impact of design thinking-based STEAM PBL on students' creativity and computational thinking," IEEE Transactions on Education, Vol. 66, No. 6, pp. 673-681, 2023. DOI: 10.1109/TE.2023.3297221

[13] J. Van der Graaff, S. Branje, M. De Wied, S. Hawk, P. Van Lier, and W. Meeus, "Perspective taking and empathic concern in adolescence: gender differences in developmental changes," Developmental psychology, Vol. 50, No. 3, pp. 881, 2014. DOI: 10.1037/a0034325

[14] J. H. Lee and S. H. Lee, "Development of Design thinking-based AI education program," Journal of The Korean Association of Information Education, Vol. 25, No. 5, pp. 723-731, 2021. DOI: 10.14352/jkaie.2021.25.5.723

[15] S. W. Kim, H. N. Go, S. J. Hong, and Y. J. Lee, "An Approach to the Utilization of Design Thinking in Artificial Intelligence Education," International Journal on Advanced Science, Engineering & Information Technology, Vol. 13, No. 6, 2023. DOI: 10.18517/ijaseit.v13i6.19042

[16] Y. K. Kwon and S. T. Lim, "A study on combined education for design thinking: focusing on Stanford D. school curriculum," Journal of Communication Design, Vol. 60, No. 60, pp. 8-18,

www.kci.go.kr

2017.

[17] J. Y. Park and E. J. Lee, "Education Plan of Design Thinking Process - Focusing on the empathy stage -," Journal Korea Society of Visual Design Forum, Vol. 67, No. 0, pp. 139-148, 2020. DOI: 10.21326/ksdt.2020.25.2.013

[18] N. Bonnardel and N. Pichot, "Enhancing collaborative creativity with virtual dynamic personas," Applied ergonomics, Vol. 82, 102949, 2020. DOI: 10.1016/j.apergo.2019.102949

[19] H. Y. Liang, "Applying a Generative Artificial Intelligence-based Roleplaying Learning Model to Support Design Thinking Practices," Journal of Education Research, No. 365, pp. 127-147, 2024. DOI: 10.53106/168063602024090365008

[20] J. M. Wing, "Computational thinking's influence on research and education for all," Italian Journal of Educational Technology, Vol. 25, No. 2, pp. 7-14, 2017. DOI: 10.17471/2499-4324/922

[21] F. K. Cansu and S. K. Cansu, "An overview of computational thinking," International Journal of Computer Science Education in Schools, Vol. 3, No. 1, pp. 17-30, 2019. DOI: 10.21585/ijcses.v3i1.53

[22] M. Lodi and S. Martini, "Computational thinking, between Papert and Wing," Science & education, Vol. 30, No. 4, pp. 883-908, 2021. DOI: 10.1007/s11191-021-00202-5

[23] G. Gadanidis, "Artificial intelligence, computational thinking, and mathematics education," International Journal of Information and Learning Technology, Vol. 34, No. 2, pp. 133-139, 2017. DOI: 10.1108/IJILT-09-2016-0048

[24] S. J. Yoo, J. S. Baek, and Y. J. Jang, "Analysis of the relationship between AI competency and Computational Thinking of AI liberal arts class students," The Journal of Korean association of computer education, Vol. 25, No. 5, pp. 15-26, 2022. DOI: 10.32431/kace.2022.25.5.002

[25] Y. Yu and H. Zhejiang Radio, "Design and development of high school artificial intelligence textbook based on computational thinking," Open Access Library Journal, Vol. 5, No. 09, pp. 1, 2018. DOI: 10.4236/oalib.1104898

[26] C. D. Batson, "These Things Called Empathy: Eight Related but Distinct Phenomena," in J. Decety and W. Ickes (eds), The Social Neuroscience of Empathy," MIT Press, Cambridge, MA, 2009. DOI: 10.7551/mitpress/9780262012973.003.0002

[27] M. Kouprie and F. S. Visser, "A framework for empathy in design: stepping into and out of the user's life," Journal of Engineering Design, Vol. 20, No. 5, pp. 437-448, 2009. DOI: 10.1080/09544820902875033

[28] H. Türkmen and Ş. Öz, "Investigation of the Relationship Between Computational Thinking and Design Thinking Skills of Science Teacher Candidates," IJORER: International Journal of Recent Educational Research, vol. 4, no. 5, pp. 570–584, 2023. DOI: 10.46245/ijorer.v4i5.375.

[29] S. Doorley, S. Holcomb, P. Klebahn, K. Segovia, and J. Utley, "*Design thinking bootleg,*" Hasso Plattner Institute of Design at Stanford, Stanford University, 2018.

[30] J. J. Koo, "The effect of user centered research in design thinking on empathy-focus on observation, interview, and experience," SDC, Vol. 16, pp. 139-152, 2017.

[31] H. K. Kim, "Design and Proposal of Beauty Experience Design Using Persona Concept of Design Thinking," A Journal of Brand Design Association of Korea, vol. 23, no. 2, pp. 309-318, 2025. DOI: 10.18852/bdak.2025.23.2.309

[32] 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

[33] M. J. Tsai, J. C. Liang, and C. Y. Hsu, "The computational thinking scale for computer literacy education," Journal of Educational Computing Research, Vol. 59, No. 4, pp. 579-602, 2021. DOI: 10.1177/0735633120972356

[34] S. J. Hong, "*The effects of design thinking based artificial intelligence education programs on middle school students' computational thinking and creative problem solving ability,*" Korea National University of Education, Master's thesis, 2022.

[35] S. Y. Lee and D. H. Park, "UX Methodology Study by Data Analysis Focusing on deriving persona through customer segment classification," Journal of Intelligence and Information Systems, Vol. 27, No. 1, pp. 151-176, 2021. DOI: 10.13088/jiis.2021.27.1.151

www.kci.go.kr

Authors

Suhun Lim received the B.S. degree in Computer Education from Korea National University of Education, Korea in 2013. He received the M.S. degree in Informatics-Gifted Education from Korea National University of Education, Korea in 2025. He is currently a Ph.D. student in Computer Education from Korea National University of Education. His research interests include SW education, AI education, physical computing education, convergence education.

Seung-Ju Hong received the B.S. degree in Computer Education from Korea National University of Education, Korea in 2012. He received the M.S. degree in Informatics-Gifted Education from Korea National University of Education, Korea in 2022. He is currently a Ph.D. student in Computer Education from Korea National University of Education. His research interests include SW education, AI education, convergence education.

Seong-Won Kim received the Ph.D. degree in Computer Education from Korea National University of Education in 2020. He is currently an Assistant Professor in the Department of Computer Education at Busan National University of Education. His research interests include AI education, convergence education, the integration of AI with TPACK, and the digital divide.

Youngjun Lee received the B.S. degree in Computer Science from Korea University, Korea, in 1988. He received the Ph.D. degree in Computer Science from the University of Minnesota, Minneapolis, in 1994. He is currently a Professor in the Department of Computer Education, Korea National University of Education. His research interests include intelligent system, learning science, informatics education, technology & engineering education and AI.

www.kci.go.kr