

Human-Centered AI Elements in Secondary AI System Design Education: A Scoping Review

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

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

**Teacher, Jeonnam-Gwangju Special Metropolitan Office of Education AI Education Institute, Jeonnam-Gwangju, 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 analyzed HCAI elements in Korean secondary AI system design-based education and proposed educational design directions. A scoping review and document-based content analysis were conducted on 45 articles published in KCI-listed/candidate journals from 2021 to April 2026. Findings showed that programs were STEM-oriented and project-, inquiry/practice-, or problem-solving-based, while HCAI elements were concentrated in the properties dimension, especially performance and result verifiability. The limited presence of user- and context-based problem framing, fairness and inclusion, and safety, privacy, and harm prevention suggests the need to connect user problems, human activity support, value and risk judgment, and explanation, modification, and re-verification of AI outcomes.

▶ **Key words:** HCAI, AI system design education, Secondary AI education, Scoping review

[요 약]

본 연구는 인간중심 AI(HCAI) 관점에서 국내 중등 AI 시스템 설계 기반 교육에 반영된 HCAI 요소를 분석하고 향후 교육 설계 방향을 제안하는 데 목적이 있다. 이를 위해 2021년부터 2026년 4월까지 KCI 등재지 및 등재후보지에 게재된 학술지 논문 45편을 대상으로 주제범위 문헌고찰과 문헌 기반 내용분석을 수행하였다. 분석 결과, 분석 대상 교육은 주로 STEM 교과와 프로젝트·탐구·문제 해결 수업을 중심으로 구성되었으며, HCAI 요소는 성능·결과 검증가능성 등 속성 차원에 나타났다. 반면 사용자·맥락 기반 문제 설정, 공정성·포용성, 안전·프라이버시·위해 예방은 제한적으로 확인되었다. 이에 본 연구는 중등 AI 시스템 설계 기반 교육에서 사용자 문제, 인간 활동 지원, 가치·위험 판단, AI 결과의 설명·수정·재검증을 함께 다루는 설계가 필요함을 제안한다.

▶ **주제어:** 인간중심 AI, AI 시스템 설계 기반 교육, 중등 AI 교육, 주제범위 문헌고찰

• 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), Jeonnam-Gwangju Special Metropolitan Office of Education AI Education Institute

***Seong-Won Kim (swkim@bnue.ac.kr), 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: 2026. 06. 25, Revised: 2026. 07. 16, Accepted: 2026. 07. 20.

I. Introduction

인공지능(Artificial Intelligence, AI)이 사회 전반에 확산되면서 학교 현장에서도 AI 교육이 핵심 과제로 대두되고 있다[1-2]. 최근 AI 리터러시 및 AI 교육 논의는 기술적 이해와 활용뿐 아니라 윤리적·사회적 영향, 비판적 판단, 인간과 AI의 상호작용을 포함하는 방향으로 확장되고 있다[3-4]. 이에 따라 학교 교육에서는 학생이 AI를 비판적으로 평가하고, 인간과 AI의 상호작용을 이해하며, 다양한 맥락에서 책임 있게 활용하도록 지원해야 한다[3-5].

이러한 논의는 국제적 AI 교육 프레임워크에서도 확인된다. AI4K12의 'Five Big Ideas in AI'는 K-12 AI 교육에서 AI의 기본 개념과 작동 원리뿐 아니라 사회적 영향을 함께 이해하는 것을 강조한다[6]. 또한 UNESCO의 'AI Competency Framework for Students'는 학생이 AI를 책임 있게 이해·활용하고 윤리적 관점에서 AI 시스템을 비판적으로 다룰 수 있는 역량을 강조한다[7]. 이는 AI 교육이 개념 이해와 도구 사용, 문제 해결, 윤리적 책임, 시스템 설계, 결과 해석과 평가를 포괄하는 통합적 접근으로 확장되고 있음을 시사한다.

국내 교육과정도 이러한 교육 방향과 부합한다. 2022 개정 중등 정보과 교육과정은 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도 차원의 연계를 강조하며, 인공지능 영역의 내용 체계와 성취기준에서 데이터와 기계학습의 활용, 실생활 문제 및 사회 문제 해결, 데이터 편향성 인식과 인간·AI 관계를 아우르는 윤리적 쟁점을 명시하고 있다[8-9]. 이에 따라 중등 정보과 기반 AI 교육에서는 기술적 원리, 데이터 활용, 모델 구성, 결과 해석, 가치 판단이 실생활 문제를 탐색하고 해결안을 설계하는 일련의 학습 활동 안에서 유기적으로 연계될 필요가 있다.

이와 같은 통합적 접근은 학생이 데이터와 AI 모델을 활용하여 AI 시스템을 설계·구현하는 실천적 학습 경험으로 구체화될 수 있다. AI 시스템 설계 기반 교육은 실제적 문제를 바탕으로 데이터를 수집하고 모델을 구축·적용한 뒤, 그 결과를 분석하고 개선하는 활동을 포함한다[7][10-11]. 이러한 설계 기반 교육이 의미 있는 학습 경험으로 이어지기 위해서는 산출물을 제작하는 기능적 과정뿐만 아니라 실제 문제 상황에 기반한 결과 해석과 윤리적 가치 판단이 하나의 맥락 안에서 통합되어야 한다.

이처럼 통합적 교육을 위한 관점으로 인간중심 AI(Human-Centered AI, HCAI)에 주목할 수 있다. HCAI는 AI의 기술적 성능과 자동화를 인간의 필요, 가치, 판단, 책임 및 통제 가능성과 조화시키려는 설계·활용 접

근이다[12-13]. 이를 중등 AI 시스템 설계 기반 교육에 반영하면 학생은 데이터와 모델을 활용한 산출물 구현뿐 아니라 해결 대상과 사용 맥락, AI 적용의 필요성과 한계, 데이터와 모델의 가치·윤리적 영향까지 종합적으로 검토하게 된다[7][11]. 나아가 AI 결과의 이해가능성·설명가능성, 시스템의 통제가능성·수정가능성, 성능·결과 검증가능성을 종합적으로 판단함으로써 AI 시스템의 기술적 측면과 인간 중심적 가치를 함께 고려할 수 있다[12-13]. 이러한 점에서 HCAI는 2022 개정 교육과정[8-9]이 추구하는 깊이 있는 학습 및 지식·기능·가치 연계 방향에 부합한다.

국내에서도 교육 프로그램 개발 및 적용, 윤리 교육, 평가 도구, 교육과정 분석 등 다양한 주제로 AI 교육 관련 연구가 축적되어 왔다[14-17]. 그러나 이러한 연구 축적에도 불구하고, 기존의 중등 AI 시스템 설계 기반 교육을 HCAI 관점에서 종합적으로 분석한 연구는 부족한 실정이다. 특히 사용자 맥락, 인간 활동 지원, 가치·윤리 판단, 결과 설명·수정·검증 가능성 등의 요소가 학습활동, 평가 및 산출물에 어떻게 반영되어 있는지를 다룬 연구가 요구된다. 따라서 기존 프로그램에서 HCAI의 목적·가치·속성에 해당하는 요소가 학습활동, 평가 및 산출물에서 어떻게 발현되는지를 종합적으로 분석할 필요가 있다.

이에 본 연구는 문헌에 보고된 국내 중등 AI 시스템 설계 기반 교육을 대상으로 개별 문헌을 분석 단위로 설정하고, 각 문헌에 제시된 학습활동, 평가 및 산출물에서 확인되는 HCAI 요소의 분포와 양상을 분석하고자 한다. 이를 위해 HCAI의 목적, 가치, 속성을 분석 준거로 조작화하고, 선정 문헌의 범위와 특성을 파악하는 주제범위 문헌고찰(Scoping Review)을 수행한다[18]. 이를 통해 중등 AI 시스템 설계 기반 교육의 인간중심적 설계 방향에 대한 실천적 시사점을 도출하고자 한다.

본 연구의 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 국내 중등 AI 시스템 설계 기반 교육의 일반적 특성은 어떠한가?

둘째, 국내 중등 AI 시스템 설계 기반 교육의 학습활동, 평가 및 산출물에는 HCAI 요소가 어떻게 반영되었는가?

II. Theoretical Background

1. AI System Design Education

AI 시스템 설계 기반 교육은 학습자가 실제적 문제 맥락에서 데이터 수집, 모델 구성, AI 시스템 구현 및 결과 평가·수정에 이르는 과정을 주도하도록 하는 구성주의적

접근이다[10-11][19]. 이러한 경험이 유의미한 학습으로 이어지려면 기술적 원리에 대한 이해와 데이터 품질, 편향성, 개인정보 보호 등 시스템의 신뢰성에 영향을 미치는 요소가 함께 고려되어야 한다[7][11]. 즉, AI 시스템 설계 기반 교육에서는 AI 개념 이해, 데이터 처리, 기술 구현, 결과 개선에 이르는 일련의 활동을 하나의 문제 해결 과정으로 통합하여 다룰 필요가 있다[10-11].

이에 본 연구에서는 AI 시스템 설계 기반 교육을 학생이 실제적 문제 맥락에서 데이터를 수집·활용하고 AI 모델이나 시스템을 구성·적용하며, 그 결과를 설명·수정·재검증하는 과정에 설계 주체로 참여하도록 구성된 교육적 접근으로 정의한다. 여기서 설계는 문제 설정부터 결과 해석과 재검증까지 아우르는 총체적 활동을 의미하며, 프로그래밍이나 기술 구현은 이 설계 과정의 일부로 포함된다.

2. Human-Centered AI

HCAI는 AI의 기술적 성능과 자동화 수준을 인간의 필요, 가치, 판단, 책임 및 통제 가능성과 조화시키는 설계·활용 접근이다[12-13]. 이 접근은 AI를 특정 목적과 사용 맥락 속에서 인간과 상호작용하고 개인과 사회에 영향을 미치는 시스템으로 본다[12]. 따라서 AI 시스템은 인간 중심으로 설계되어야 하며, 인간이 결과를 해석하고 필요할 때 시스템에 개입·통제할 수 있는 권한과 장치가 보장되어야 한다[20-21].

AI 교육에서 HCAI가 중요한 이유는 학생이 AI 시스템을 구현하는 과정에서 기술적 작동 원리뿐 아니라 인간·사회적 영향, 판단과 책임의 문제를 함께 고려하도록 하기 때문이다[7][12]. 특히 AI 시스템 설계 기반 교육에서는 데이터와 모델을 활용한 산출물 구현뿐 아니라 AI가 어떤 문제와 맥락에서 작동하며, 그 결과가 사용자와 사회에 어떤 영향을 미치는지를 검토하는 학습 경험이 요구된다[7][11]. 이러한 측면에서 HCAI는 학교 AI 교육에서 기술적 구현, 가치 판단, 결과 검토와 개선을 연결하는 관점을 제공한다. 다만 HCAI는 주로 AI 시스템의 설계와 운영 맥락에서 논의되어 왔으므로, 중등 AI 교육 프로그램 분석에 적용하기 위해서는 학생의 학습활동, 평가 및 산출물에서 확인 가능한 분석 준거로 재해석할 필요가 있다.

3. HCAI Framework for AI System Design

AI 시스템 설계 기반 교육의 학습활동은 문제 정의에서 출발하여 데이터와 모델 활용, AI 모델 또는 시스템 구성, 결과 설명·수정·검증으로 이어지는 과정으로 구성된다[10-11]. AI 리터러시와 AI 윤리 논의는 이러한 교육에서

학생이 갖추어야 할 AI 이해·활용 역량과 윤리적 판단 기준을 설명하는 이론적 기반을 제공한다[3-5][22]. 이러한 논의를 AI 시스템 설계 활동으로 확장하면, 학생이 설계한 AI 시스템이 다루는 문제와 사용자 맥락, 반영된 윤리적·사회적 가치, 결과에 대한 이해·통제·검증 가능성이 함께 고려되어야 한다[6-7][22]. HCAI는 AI 시스템을 목적, 가치, 속성의 구조 속에서 파악하는 틀을 제공하므로[12], 중등 AI 시스템 설계 기반 교육에 나타난 인간중심 설계 요소를 분석하는 이론적 준거가 된다.

본 연구는 Schmagier 등이 제시한 HCAI의 목적, 가치, 속성 구조를 중등 AI 시스템 설계 기반 교육에서 관찰 가능한 분석 요소로 조작화하였다[12]. 이때 HCAI의 상위 차원은 유지하되, 각 차원이 학습활동, 평가 및 산출물에서 어떤 행동, 판단, 산출물 특성으로 나타나는지를 기준으로 하위 요소를 도출하였다.

구체적으로 목적 차원은 HCAI의 인간 활동 보완·증강 관점을 바탕으로, 사용자와 사용 맥락을 구체화하고 AI가 인간의 판단과 수행을 지원하는 기획 활동으로 재해석하여 사용자·맥락 기반 문제 설정과 인간 능력 증강 지향으로 도출하였다[12]. 가치 차원은 HCAI의 윤리적 가치, 보호 가치, 사회적 가치에 관한 논의를 K-12 AI 교육에서 강조되는 사회적 영향, 편향, 차별, 개인정보 보호, 안전, 책임 있는 AI 설계·활용과 연결하여 공정성·포용성, 안전·프라이버시·위해 예방, 인간·사회적 복지 및 공공선으로 구체화하였다[6-7][12][22]. 속성 차원은 HCAI의 인간 감독, 이해가능성, 시스템 무결성 논의를 학생 수준에서 수행 가능한 결과 설명, 수정·조정, 성능과 기능 점검 활동으로 해석하여 이해가능성·설명가능성, 통제가능성·수정가능성, 성능·결과 검증가능성을 세부 요소로 설정하였다[10-13].

종합하면, 본 연구의 HCAI 분석틀은 중등 AI 시스템 설계 기반 교육에서 기술 구현, 사용자와 사용 맥락, 윤리적·사회적 가치, 결과 이해와 개선 가능성을 함께 검토하기 위한 준거이다. 도출된 8개 HCAI 하위 요소는 최종 분석 대상 문헌의 학습활동, 평가 및 산출물에 반영된 인간중심 AI 설계 요소의 분석 기준으로 활용하였다.

III. Methods

1. Research Design

본 연구는 문헌에 보고된 국내 중등 AI 시스템 설계 기반 교육의 특성과 HCAI 요소 반영 양상을 분석하기 위해 주제범위 문헌고찰[18][23]과 내용분석[24]을 병행하였다.

문헌 검색·선별은 Peters 등의 지침[18]과 PRISMA-ScR 기준[23]에 따라 수행하였고, 최종 선정 문헌의 학습활동, 평가 및 산출물은 HCAI 분석틀에 따라 코딩·해석하였다. 연구는 연구문제 설정, 문헌 검색·선별, 자료 추출, 코드북 개발, 코딩 및 분석의 순으로 진행하였다. 세부 내용은 Table 1과 같다.

Table 1. Research Procedure

Stage	Procedure
1	Set research questions and analytical scope
2	Define eligibility criteria and search strategy
3	Search literature and remove duplicates
4	Screen titles, abstracts, and full texts
5	Extract study characteristics and HCAI evidence
6	Develop codebook, code, and analyze data

2. Inclusion and Exclusion Criteria

본 연구는 국내 중등 AI 시스템 설계 기반 교육 사례를 보고한 문헌 중, 데이터 활용 및 AI 모델·시스템 구성·적용 활동이 포함되며 HCAI 코딩에 필요한 학습활동·평가·산출물 정보가 충분한 문헌을 분석 대상으로 선정하였다. 포함 및 제외 기준은 Table 2와 같다.

Table 2. Inclusion and Exclusion Criteria

Category	Criteria
Inclusion	· Korean secondary AI system design-based education · Student construction or application of AI models/systems · Use of data in AI model/system design · Sufficient activities, assessment, or products for HCAI coding
Exclusion	· Concept introduction, career guidance, tool demonstration, or simple practice only · Digital/data activities without AI model/system design · Insufficient information for HCAI coding · Non-secondary or inseparable mixed-level samples

3. Literature Search and Selection Process

문헌 검색은 학술연구정보서비스(RISS)와 한국학술지인용색인(KCI)을 통해 수행하였다. 최종 검색일은 2026년 4월 30일이었으며, 검색 필드는 제목, 초록, 주제어를 중심으로 설정하였다. 검색식은 (“인공지능” OR “AI” OR “기계학습” OR “머신러닝”) AND (“중등” OR “중학교” OR “고등학교” OR “중학생” OR “고등학생”) AND (“교육” OR “수업” OR “프로그램” OR “융합교육”)으로 구성하였다. 초기 검색된 문헌은 692편이었으며, 이 중 2021년 이

전 문헌 86편과 제목, 저자, 발행연도, 학술지명을 기준으로 확인한 중복 문헌 52편을 제거하였다. 이후 554편을 대상으로 제목·초록 기반 1차 스크리닝을 실시하여 연구주제와 무관한 문헌 459편을 제외하였으며, 원문 확보가 불가능한 3편을 뺀 92편을 원문 검토 대상으로 선정하였다. 원문 기반 적격성 평가에서는 중등 교육을 대상으로 하지 않은 문헌 34편, 학습활동·평가·산출물 정보가 불충분한 문헌 2편, KCI 등재지 및 등재후보지에 게재되지 않은 문헌 11편을 제외하였다. 최종적으로 2021년부터 2026년 4월 30일까지 KCI 등재지 및 등재후보지에 게재된 국내 중등 AI 시스템 설계 기반 교육 관련 학술지 논문 45편을 분석 대상으로 확정하였다. 문헌 선정 흐름도는 PRISMA-ScR의 보고 흐름을 참고하여 구성하였으며[23], 전체 문헌 선정 과정은 Fig. 1에 제시하였다.

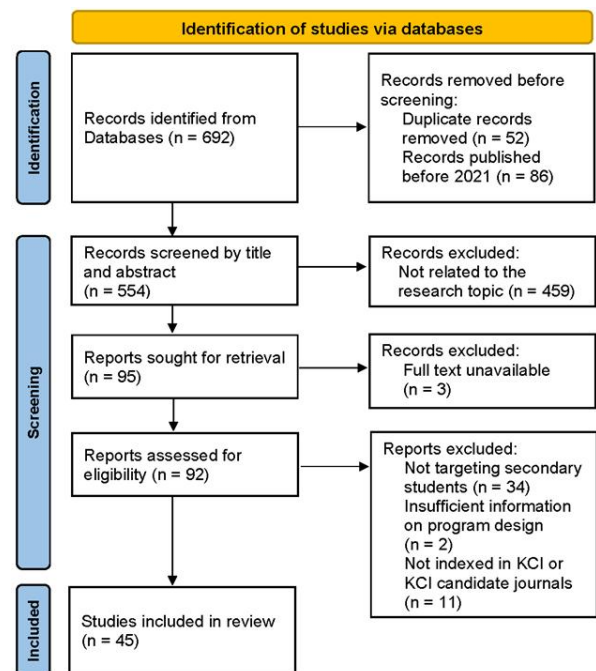


Fig. 1. Study Selection Flow Diagram

4. Data Extraction, HCAI Coding, and Analysis

자료 추출은 Peters 등의 지침[18]과 AI 교육 관련 선행 문헌고찰 연구의 분류 기준[25]을 참고하여 수행하였다. 추출 항목은 서지 정보, 교육 맥락, 프로그램 설계, 연구 설계, HCAI 코딩 근거로 설정하였으며, 세부 내용은 Table 3과 같다.

Table 3. Data Extraction Categories and Items

Category	Item
Bibliographic data	Author(s), year
Educational context	School level, subject
Program design	Objectives, teaching method, design model, AI model/tool, implementation
Research design	Research type and method
HCAI evidence	Learning activities, assessment, and products

HCAI 분석틀은 앞서 논의한 교육적 재구성에 근거하여 Schmagar 등의 목적·가치·속성 구조[12]를 문헌에 보고된 국내 중등 AI 시스템 설계 기반 교육 분석에 맞게 조작화하여 구성하였다. 분석틀은 목적, 가치, 속성의 세 차원과 8개 하위 요소로 구성하였다(Table 4). 세부적인 코딩 기준은 부록 A에 제시하였다.

Table 4. HCAI Analytical Framework

Dimension	Sub-elements
Purpose	User- and context-based problem framing / Human capability augmentation
Values	Fairness and inclusion / Safety, privacy, and harm prevention / Human and social well-being and the common good
Properties	Understandability and explainability / Controllability and modifiability / Verifiability of performance and results

HCAI 코딩은 개별 문헌을 분석 단위로 하여 내용분석 절차에 따라 수행하였다[24]. 하위 요소의 판정은 각 문헌에 제시된 학생의 학습활동, 평가 및 산출물에서 확인되는 설계 증거를 기준으로 하였다. 설계 증거가 명시된 경우에는 1, 확인되지 않은 경우에는 0으로 이분형 코딩하였으며, 한 문헌에서 둘 이상의 요소가 나타날 때는 중복 코딩을 허용하였다. 교육목표, 연구자의 효과성 분석 결과, 단순한 AI 도구 사용, 일반적인 결과 발표, 만족도 조사, 사전·사후 효과성 검증, 검사도구 신뢰도 분석은 HCAI 코딩 근거에서 제외하였다.

코딩 신뢰도를 확보하기 위해 두 명의 코더가 먼저 10편의 문헌을 대상으로 예비 코딩을 실시하였다. 이후 불일치 사례를 검토하면서 코드북의 포함 기준과 배제 기준을 정교화하였다. 예비 코딩에서는 연구 주제나 교육목표만으로 HCAI 요소를 판정할 수 있는지, 단순한 AI 도구 사용을 인간 능력 증강으로 볼 수 있는지, 일반적인 결과 확인을 이해가능성·설명가능성, 통제가능성·수정가능성, 성능·결과 검증가능성의 근거로 볼 수 있는지가 주요 쟁점으로 확인되었다. 또한, 윤리 관련 활동이 공정성, 안전성, 공공

선 중 어느 하위 요소에 해당하는지도 함께 논의하였다.

협의 결과, 단순한 AI 도구 사용은 제외하되 AI 시스템이 인간의 판단이나 수행을 보완하도록 설계된 활동은 인간 능력 증강 지향으로 코딩하였다. 윤리 관련 활동은 편향과 차별 가능성을 다룬 경우 공정성·포용성, 개인정보 보호와 위해 가능성을 다룬 경우 안전·프라이버시·위해 예방, 사회적 가치와 공익적 기여를 다룬 경우 인간·사회적 복지 및 공공선으로 분류하였다. 속성 차원에서는 결과 해석과 작동 원리 설명은 이해가능성·설명가능성, 결과나 오류에 따른 데이터·모델·시스템 수정은 통제가능성·수정가능성, 정확도·오류·기능 점검은 성능·결과 검증가능성으로 구분하였다.

확정된 코드북을 바탕으로 두 코더는 나머지 35편의 문헌을 독립적으로 코딩하였다. 분석 결과 코더 간 단순 일치도는 91.79%, Cohen's Kappa 계수는 .815로 나타나 높은 수준의 신뢰도를 확보하였다. 코딩이 일치하지 않거나 판단이 모호한 사례는 코드북 기준과 문헌에 제시된 증거를 바탕으로 논의한 뒤 최종 합의하였다.

분석은 문헌의 일반적 특성과 HCAI 관점에서 확인된 설계 양상으로 나누어 수행하였다. 일반적 특성은 빈도와 분포를 중심으로 정리하였고, HCAI 관점의 설계 양상은 차원 및 하위 요소별 코딩 빈도와 대표 근거 사례를 중심으로 분석하였다.

IV. Results

1. Study Characteristics

1.1 Distribution by School Level and Year

전체 분석 문헌 45편 중 중·고등학교 통합 대상 연구 2편을 중학교와 고등학교 각각에 산정하여 학교급별 최종 분석 단위는 총 47건으로 도출되었다. 중학교 대상 연구는 26건, 고등학교 대상 연구는 21건이었다(Table 5). 학교급 간 큰 차이는 없었으나 중학교 대상 연구가 다소 많았다. 연도별로는 2024년이 16건으로 가장 많았고 2025년 13건, 2023년 9건 순이었다. 2022년부터 2024년까지 문헌 수가 증가하였으며 2025년에는 다소 감소하였다. 단 2026년(3건)은 4월 30일까지 확인된 게재 문헌만 포함하였으므로 잠정적 수치로 해석해야 한다.

Table 5. Distribution by School Level and Year

School level	'21	'22	'23	'24	'25	'26	Total
Middle school	2	0	4	9	9	2	26
High school	2	2	5	7	4	1	21
Total	4	2	9	16	13	3	47

1.2 Research Methods

연구방법 유형은 전체 분석 문헌 45편을 기준으로 분류하였다. 분석 결과 혼합 연구가 19편으로 가장 많았고 양적 연구가 17편으로 뒤를 이었다. 개발·설계 연구는 6편, 질적 연구는 3편으로 상대적으로 적게 나타났다(Table 6). 이러한 결과는 분석 대상 연구들이 주로 프로그램 적용 후 교육적 효과를 양적으로 검증하거나, 양적·질적 자료를 병행 분석하는 방식으로 수행되었음을 보여준다. 반면 질적 연구는 3편에 불과하여 학생의 설계 과정이나 사용자 이해, AI 적용 판단, 결과 해석 및 수정 과정을 질적 연구 중심으로 심층 분석한 문헌은 제한적이었다.

Table 6. Distribution of Research Methods

Research method	N
Mixed-methods research	19
Quantitative research	17
Development/design research	6
Qualitative research	3
Total	45

2. Program Design Features

교육 프로그램의 일반적 설계 특성은 교육목표, 적용 교과, 교수법, AI 시스템 구현 도구를 중심으로 분석하였다. 각 범주는 한 문헌에서 여러 항목이 동시에 나타날 수 있으므로 중복 코딩을 허용하여 집계하였다.

2.1 Educational Objectives

교육목표는 각 문헌에서 제시한 목표 및 기대 성과를 기준으로 중복 코딩하였다. 분석 결과, 교육목표는 교과 학습 성과, AI 리터러시 및 역량, 창의적 문제 해결 및 협력 역량, 정의적 학습 성과, 컴퓨팅 사고 및 디지털 역량, 데이터 리터러시 및 데이터 분석 역량, 사회·윤리적 가치 및 시민성 지향 등으로 다양하게 나타났다(Table 7).

가장 많이 제시된 교육목표는 교과 학습 성과로 16건이었으며, AI 리터러시 및 역량 15건, 창의적 문제 해결 및 협력 역량 13건이 뒤를 이었다. 그 외 정의적 학습 성과는 10건, 컴퓨팅 사고 및 디지털 역량은 8건, 데이터 리터러시 및 데이터 분석 역량은 5건으로 나타났다. 반면 사회·

윤리적 가치 및 시민성 지향은 4건으로 가장 적었다.

이러한 결과는 분석 대상 교육의 교육목표가 주로 교과 학습 성취, AI 이해와 역량 함양, 창의적 문제 해결 및 협력 역량에 집중되어 있음을 보여준다. 컴퓨팅 사고나 데이터 리터러시와 같은 설계 기초 역량도 다루어졌으며, 지속가능성, 생태적 감수성, AI 가치와 같은 사회·윤리적 측면 및 시민성 관련 목표는 상대적으로 제한적으로 제시되었다.

Table 7. Distribution of Educational Objectives

Category	Representative expressions	N
Subject learning outcomes	Subject learning, academic achievement, subject competency, learning effects	16
AI literacy and competency	AI literacy, AI competency, AI understanding, AI awareness	15
Creative problem-solving and collaborative competency	Creative problem-solving, problem solving, creative thinking, collaboration, convergent thinking	13
Affective learning outcomes	Self-efficacy, interest, attitude, satisfaction	10
Computational thinking and digital competency	Computational thinking, digital literacy, information-processing competency	8
Data literacy and data analytic competency	Data literacy, data analysis competency, data analysis attitude	5
Socio-ethical values and citizenship orientation	Sustainability, ecological sensitivity, environmental attitude, AI values	4
Total		71

2.2 Subject Areas

적용 교과 영역은 정보·AI 영역 18건, 기술·공학 영역 15건, 과학 영역 12건, 수학 영역 9건, 기타 교과 영역 9건 순으로 나타났다(Table 8). 이러한 결과는 분석 대상 교육이 주로 STEM 관련 영역에 집중되어 있으며, 인문·사회·예술 및 생활 교과 영역에서는 상대적으로 제한적으로 적용되었음을 시사한다.

Table 8. Distribution of Subject Areas

Subject area	Included subjects	N
Informatics/AI	Informatics, SW, AI convergence	18
Technology/engineering	Technology, power facilities, electronic circuits	15
Science	Science, chemistry	12
Mathematics	Mathematics, AI mathematics	9
Others	Social studies, Korean language, ethics, music, library studies, home economics	9
Total		63

2.3 Instructional Approaches

교수법은 각 문헌에 명시된 수업 접근을 기준으로 중복 코딩을 허용하여 분류하였다. 프로젝트 기반 학습(17건)으로 가장 많았으며 탐구·실습 기반 학습(16건), 문제 중심·문제 해결 기반 학습(10건), 디자인씽킹·디자인 기반 학습(5건) 순으로 나타났다. 기타 교수전략 및 특정 모형(강의법, 플립러닝, 협력학습, ASKMB 등)은 7건이었다(Table 9). 이는 AI 시스템 설계 기반 교육에서 프로젝트, 탐구·실습, 문제 중심이 주를 이루고 있음을 시사한다.

Table 9. Distribution of Instructional Approaches

Instructional approach	N
Project-based learning	17
Inquiry/practice-based learning	16
Problem-based/problem-solving learning	10
Design thinking/design-based learning	5
Other instructional strategies/specific models	7
Total	55

2.4 AI Implementation Tools

AI 시스템 구현 도구는 관련 선행연구의 분류 기준을 참고하여 본 연구에 맞게 재구성하였으며[25], 중복 코딩을 허용하였다. Orange3, KNIME, Brightics Education 등은 주로 데이터 전처리, 분석, 결과 시각화에 활용된 경우 데이터 과학 도구로 분류하였다.

분석 결과, 도구 유형은 노코드 AI 모델링 도구가 19건으로 가장 많았으며, 블록 기반 AI/코딩 도구 17건, 피지컬 컴퓨팅 도구 14건, 데이터 과학 도구 12건, 텍스트 기반 코딩 도구 6건 순으로 나타났다(Table 10). Teachable Machine과 같은 노코드 AI 모델링 도구와 Entry, Scratch 등 블록 기반 AI/코딩 도구가 자주 활용되었다.

복수 도구 사용은 AI 모델링, 프로그래밍, 데이터 분석, 피지컬 컴퓨팅 등 서로 다른 기능을 지닌 도구가 차이나 활동 단계에 따라 분담되거나 연계되는 방식으로 나타났다. 예컨대 Teachable Machine으로 AI 모델을 생성한 뒤 Visual Studio Code에서 이를 구현한 사례가 있었으며[26], LEGO SPIKE Prime를 활용한 피지컬 컴퓨팅 활동에서는 블록 또는 텍스트 코딩이 결합되었다[27]. 또한 Orange3를 활용한 데이터 분석 활동과 Teachable Machine 기반 모델링 활동이 함께 포함된 사례도 확인되었다[28]. 종합하면, 복수 도구 사용은 하나의 산출물 제작 과정에 여러 도구가 직접 결합된 경우와, 학습 단계별 목적에 따라 도구가 분담·연계된 경우를 모두 포함하였다. 즉, AI 개념 이해, 모델링 실습, 데이터 분석, 프로그래밍, 프로젝트 구현 등 활동 단계에 따라 도구의 기능이 구분되

어 활용되는 양상이 확인되었다.

Table 10. Distribution of AI Tool Types

Tool category	N
No-code AI modeling tools	19
Block-based AI/coding tools	17
Physical computing tools	14
Data science tools	12
Text-based coding tools	6
Total	68

3. HCAI in AI System Design Education

본 연구는 인간중심 설계 요소의 반영 양상을 HCAI의 목적, 가치, 속성 차원과 8개 하위 요소를 기준으로 분석하였다. 하위 요소별 중복 코딩 결과와 차원별 코딩 비율은 Table 11에 제시하였다. 차원별 코딩 비율은 각 차원의 총 빈도를 가능한 최대 코딩 수로 나누어 산출하였다.

분석 결과, 차원 수준에서는 속성 차원이 54.1%로 가장 높았고 목적 차원 23.3%, 가치 차원 20.0% 순으로 나타났다. 하위 요소 수준에서는 성능·결과 검증가능성이 37건으로 가장 높았으며, 통제가능성·수정가능성 20건, 인간·사회적 복지 및 공공선 17건, 이해가능성·설명가능성 16건이 비교적 높은 빈도를 보였다. 공정성·포용성은 3건으로 가장 낮게 나타났다.

이러한 결과는 분석 대상 문헌에 보고된 교육에서 AI 시스템 설계 활동이 데이터 입력, 모델 학습, 예측값 산출, 성능 확인 등 구현·검증 활동을 중심으로 조직되어 있음을 보여준다. 앞선 분석에서 교육 목표가 교과 학습 성과, AI 리터러시 및 역량, 창의적 문제 해결 및 협력 역량에 집중되고, 구현 도구 역시 노코드 AI 모델링 도구와 블록 기반 AI/코딩 도구 중심으로 활용된 점을 고려하면, 이러한 분포는 수업 설계가 AI 모델 구현과 성능 확인에 상대적으로 초점을 두고 있음을 시사한다. 반면 사용자와 사용 맥락 탐색, 이해관계자 분석, 가치·위험 판단은 별도의 학습활동이나 평가 기준으로 구체화된 경우에 주로 확인되었다. 이는 목적과 가치 차원의 HCAI 요소가 상대적으로 제한적으로 명시화되어 있음을 보여준다.

Table 11. Distribution of HCAI Elements Based on Multiple Coding (N = 45)

Dimension	HCAI element	<i>N</i>	Total/ Max (%)
Purpose	User- and context-based problem framing	11	21/90 (23.3)
	Human capability augmentation	10	
Values	Fairness and inclusion	3	27/135 (20.0)
	Safety, privacy, and harm prevention	7	
	Human and social well-being and the common good	17	
Properties	Understandability and explainability	16	73/135 (54.1)
	Controllability and modifiability	20	
	Verifiability of performance and results	37	
Total/Max (%): Dimension total divided by maximum possible codes; Max = 45 × number of sub-elements in each dimension.			

3.1 Purpose

목적 차원에서는 사용자·맥락 기반 문제 설정이 11건, 인간 능력 증강 지향이 10건으로 확인되었다.

사용자·맥락 기반 문제 설정은 AI 시스템 설계에서 도구 활용이나 모델 구현에 앞서 특정 사용자의 요구와 실제 맥락의 문제를 분석하는 과정을 의미한다. 임수훈 등의 연구에서는 ‘건설 현장 감리사가 겪는 문제를 AI 기술로 해결’하는 주제 아래 학생들이 감리사 페르소나를 생성하고 심층 인터뷰를 수행하였다[29]. 학생들은 감리사의 안전 점검, 시공 검수, 작업자와의 소통 문제를 탐색한 뒤 자동 안전모 감지 시스템이나 콘크리트 균열 자동 탐지 시스템과 같은 프로토타입을 개발하였다. 이는 학생들이 감리사의 업무 맥락에서 드러난 안전 점검, 시공 검수, 작업자와의 소통 문제를 바탕으로 AI 프로토타입의 기능을 설계한 사례로 볼 수 있다. 정유진과 이경원의 연구는 소비생활 속 인공지능 기술 탐색, 소비자 정보의 원천 구분 모델 학습, 예산 관리 모델 개발, 챗봇 기반 소비자 문제 해결 방안 탐색을 통해 AI 기반 문제 해결을 소비자의 정보 판단과 합리적 소비라는 생활 맥락 안에서 다루었다[30]. 이 사례는 소비자의 정보 탐색, 판단, 의사결정 문제를 기반으로 AI 시스템을 설계한 사례로 볼 수 있다.

인간 능력 증강 지향은 AI 기능이 학생 또는 사용자의 수행, 판단, 문제 해결 또는 상호작용을 보조·확장하도록 배치된 사례에서 확인되었다. 윤경훈 등의 특성화고등학교 전자회로 교과 프로그램은 Teachable Machine, Visual Studio Code, Netlify를 연계하여 전자회로 제작을 지원

하는 AI 기반 도구를 개발하도록 구성되었다[26]. 학생들은 사물·음성 인식 기능을 활용하여 전자회로 제작에 필요한 부품과 제작 단계를 확인하고, 제작 과정을 구성·수정한 뒤 결과물을 공유하였다. 이러한 활동은 AI 인식 기능을 통해 학생의 부품 확인, 제작 절차 이해, 결과 점검을 지원함으로써 전자회로 제작 수행을 보완·확장한 사례로 볼 수 있다. 이은지와 송기상의 연구는 감정 데이터 분석, 감정 분류 AI 모델 학습, 소셜 로봇 제작을 연계한 프로그램으로 구성되었다[31]. 학생들은 감정 텍스트와 감정 이미지 데이터를 활용하여 사용자의 감정을 인식하고, 감정에 적절한 언어적·신체적 반응을 생성하는 AI 소셜 로봇을 구현하였다. 이러한 활동은 AI 모델이 사용자의 감정 상태를 인식하고 이에 적절한 반응을 생성하도록 설계되었다는 점에서, 사용자의 감정 이해와 상호작용을 지원하는 사례로 볼 수 있다.

종합하면, 목적 차원의 사례들은 AI 시스템 설계가 특정 사용자와 사용 맥락을 바탕으로 문제를 설정하고, 인간의 수행이나 상호작용을 지원하는 방향으로 구성될 수 있음을 보여준다. 다만 이러한 접근은 일부 사례에서만 확인되어, 사용자 문제와 인간 활동 지원을 명시적으로 다루는 설계는 제한적으로 나타났다.

3.2 Values

가치 차원에서는 인간·사회적 복지 및 공공선이 17건으로 가장 많았으며, 안전·프라이버시·위해 예방은 7건, 공정성·포용성은 3건으로 나타났다.

인간·사회적 복지 및 공공선은 환경, 지속가능성, 공동체 문제, 사회적 기여와 관련된 주제에서 비교적 자주 확인되었다. 이경희의 연구에서는 중학교 SW영재 학생들이 실생활의 ESG 관련 문제를 선정하고 문제를 분석·재정의한 뒤 해결 방안을 설계하고 AI 머신러닝 플랫폼으로 구현하였다[34]. 이 활동에서 학생들은 환경, 사회, 거버넌스와 관련된 문제를 AI 기반 해결안으로 전환하는 과정을 수행하였다. 이 과정은 사회 문제의 탐색이 문제 재정의와 AI 기반 해결안 구현으로 이어졌다는 점에서 인간·사회적 복지 및 공공선의 특성을 보여준다.

안전·프라이버시·위해 예방은 오작동, 오남용, 범죄 피해와 같은 위험 가능성을 인식하고 이를 예방하는 활동에서 확인되었다. 장미 등의 STEAM 프로그램에서는 중학생이 보이스피싱 피해 가능성을 이해하고, Teachable Machine의 음성인식 기능을 활용하여 외부인의 목소리를 구별한 뒤 성공률을 분석하였다[33]. 이후 보이스피싱 예방 방안과 실제 예방 사례를 논의하는 활동이 이어졌다.

이러한 활동은 AI 모델의 기능 구현을 범죄 피해 상황의 탐지와 예방 목적에 연결한 설계 활동으로 볼 수 있다.

공정성·포용성은 데이터 분포 비교, 편향 가능성 평가, 분류 기준의 타당성 점검, 접근성 검토, 특정 사용자 집단에 대한 영향 검토가 학습활동, 평가 및 산출물에서 확인된 경우를 중심으로 나타났다. 박한나와 박찬정의 연구에서는 고등학생이 벤포드 법칙을 활용하여 자연 발생적 데이터의 분포 특성을 분석하고, 편향 가능성을 평가하는 활동을 수행하였다[32]. 이는 데이터 분포와 편향 가능성이 AI 시스템의 성능과 판단에 영향을 미치는 조건임을 검토하고, 데이터 구성과 평가 기준을 점검하는 설계 판단으로 이어졌다는 점에서 공정성·포용성과 연결된다. 따라서 공정성·포용성의 낮은 빈도는 편향과 대표성 검토가 학생의 설계 절차나 평가 기준으로 구체화된 사례가 제한적이었음을 보여준다.

종합하면, 가치 차원은 ESG 기반 문제 해결, 범죄 위해 예방, 데이터 편향성 평가처럼 AI 시스템 설계 활동이 사회적 가치와 위험 판단으로 확장되는 형태로 나타났다. 다만 인간·사회적 복지 및 공공선은 사회 문제 중심의 수업에서 상대적으로 자주 확인된 반면, 공정성·포용성과 안전·프라이버시·위해 예방은 구체적인 설계 절차나 평가 기준으로 명시화된 경우가 제한적이었다.

3.3 Properties

속성 차원에서는 성능·결과 검증가능성이 37건으로 가장 높은 빈도를 보였으며, 통제가능성·수정가능성은 20건, 이해가능성·설명가능성은 16건으로 나타났다.

성능·결과 검증가능성은 AI 모델이나 프로토타입의 정확도, 예측 결과, 오류, 기능 작동 여부를 검증하는 활동으로 나타났다. 박지영과 이경택의 인공지능 학습과정 시각화 중심 교육프로그램은 Orange3를 활용하여 데이터 수집과 분석, 알고리즘 선택, 모델 학습, 모델 평가, 예측값 생성 과정을 시각적으로 탐색하도록 구성되었다[37]. 학생들은 데이터가 모델에 적용되고, 모델 성능이 평가되며, 새로운 데이터에 대한 예측값이 산출되는 과정을 단계적으로 살펴 보았다. 이는 모델 평가 결과와 예측값을 바탕으로 AI 모델의 성능과 예측 결과를 검증한 사례로 볼 수 있다.

통제가능성·수정가능성은 AI 시스템의 실행 결과나 오류를 바탕으로 시스템의 작동 방식, 입력 조건, 코드, 기능, 활용 방안을 수정·조정하도록 구성된 활동에서 나타났다. 오한길 등의 중학교 기술교과 로봇 주제 중심 인공지능 융합교육 프로그램은 로봇 동작 제어 실험, 오류 원인 분석, 인공지능 로봇 미션 수행, 로봇 주행 실험, 수행 결

과 분석을 포함하였다[36]. 이 프로그램에서 학생 활동은 센서 기반 경로 구현, 미션 동작 설계, 로봇 주행 실험, 수행 결과 분석으로 이어졌다. 이는 로봇의 실행 결과를 바탕으로 동작 방식과 미션 수행 과정을 수정·조정하도록 한 사례로 볼 수 있다.

이해가능성·설명가능성은 학생이 AI 모델의 결과가 산출된 근거를 해석하고, 그 의미를 학습 맥락의 개념이나 판단 과정과 연결하도록 구성된 활동에서 나타났다. 최종근의 설명 가능한 인공지능을 활용한 과학 탐구 활동은 학생이 초미세먼지 농도 예측을 위한 머신러닝 모델을 구현한 뒤, 예측 결과에 영향을 미친 변수를 해석하도록 구성되었다[35]. Orange의 Feature Importance 위젯과 Explain Model 위젯은 대기오염 변수가 모델 예측에 미치는 영향을 살펴보는 도구로 제시되었다. 이러한 활동은 예측값 확인에 머무르지 않고, 예측 결과의 영향 요인을 해석하여 초미세먼지 농도와 대기오염물질 간의 관계 탐구로 확장되었다는 점에서 이해가능성·설명가능성을 보여준다.

종합하면, 속성 차원은 학생이 AI 시스템의 성능과 작동 여부를 검증하고, 필요할 때 시스템을 조정하며, 결과의 근거와 의미를 해석하는 활동을 중심으로 나타났다. 특히 성능·결과 검증가능성의 높은 빈도는 모델 평가, 정확도 확인, 예측값 산출과 같은 성능 점검 활동이 비교적 널리 반영되어 있음을 보여준다. 그러나 이러한 점검 활동이 결과의 의미 해석, 오류 원인 분석, 수정·개선 판단으로 이어지는 반복적 설계 구조는 제한적으로 확인되었다.

V. Conclusions

본 연구는 보고된 국내 중등 AI 시스템 설계 기반 교육 논문 45편을 분석 단위로 설정하고, 각 문헌의 학습활동, 평가 및 산출물에서 확인되는 설계 증거를 기준으로 HCAI 요소의 반영 양상을 분석하였다. 분석 결과, 분석 대상 교육은 STEM 관련 교과와 프로젝트·탐구·문제 해결 중심 수업을 기반으로 구성되는 경향을 보였으며, AI 모델 구현, 도구 활용, 산출물 제작, 모델 평가와 같이 HCAI의 속성 차원에 해당하는 활동이 비교적 활발하게 확인되었다.

특히 성능·결과 검증가능성은 가장 높은 빈도로 나타났으며, 모델 정확도, 예측 결과, 기능 작동 여부를 점검하는 활동이 다수의 문헌에서 확인되었다. 반면 사용자·맥락 기반 문제 설정, 인간 수행 지원, 공정성·포용성, 안전·프라이버시·위해 예방 등 목적 및 가치 차원의 요소는 제한적으로 확인되었다. 이는 분석 대상 문헌에서 AI 도구 활용,

모델 구현, 성능 확인은 수업 절차와 산출물로 비교적 명확히 드러난 반면, 사용자 탐색과 가치 판단은 별도의 설계 활동이나 평가 기준으로 명시된 경우가 상대적으로 적었음을 보여준다. 또한 결과 해석, 오류 원인 분석, 수정·개선, 재검증 활동이 개별적으로 나타난 사례는 있었으나, 사용자 문제 설정, 가치·윤리 판단, 결과 설명과 수정·재검증이 하나의 설계 과정 안에서 명시적으로 연결된 사례는 제한적으로 보고되었다.

이상의 분석을 종합하면, 중등 AI 시스템 설계 기반 교육은 AI 모델 구현과 성능 확인을 기반으로 사용자 문제, 인간 활동 지원, 가치·위험 판단, 결과 설명·수정·재검증을 함께 다루는 방향으로 보완·정교화될 필요가 있다. 이에 본 연구는 HCAI 관점에서 중등 AI 시스템 설계 기반 교육을 위한 세 가지 설계 원리를 제안한다.

첫째, 사용자 맥락과 인간 능력 증강을 고려한 문제 상황 설정이 요구된다. 목적 차원의 사례는 특정 사용자나 직무 맥락을 반영하여 AI 시스템의 목적을 설정하는 방식으로 나타났다. 이는 AI 시스템의 목적 설정이 실제 사용자와 인간 수행 맥락을 반영하여 이루어질 수 있음을 보여준다. 따라서 HCAI 관점의 AI 시스템 설계 기반 교육에서는 학생이 해당 AI 시스템이 누구의 문제를 다루며 어떤 인간 활동을 지원하고 확장하는지 파악하도록 문제 상황을 구성해야 한다. 이때 문제 상황은 사용자, 이해관계자, 사용 맥락, 인간 수행 지원의 방향을 중심으로 구성할 수 있다. 현장 적용에서는 사용자 카드, 이해관계자 지도, 문제 상황 템플릿을 제공하여 학생이 “누구의 문제인가”, “어떤 사용 맥락에서 작동하는가”, “AI 시스템은 인간의 어떤 판단·수행·의사결정·상호작용을 지원하는가”를 점검하도록 지원할 수 있다. 이러한 문제 상황 설정은 학생이 AI 시스템의 목적을 사용자와 인간 활동의 맥락에서 검토하도록 한다는 점에서, 인간의 필요와 통제 가능성을 중시하는 HCAI의 관점[12-13][21]과 부합한다.

둘째, 가치·윤리 판단을 AI 시스템 설계 과정에 내재화하는 방향이 요구된다. 가치 차원에서는 데이터 편향성 평가, 위해 예방, 사회적 가치와 관련된 활동이 일부 확인되었으나, 공정성·포용성과 안전·프라이버시·위해 예방은 상대적으로 제한적으로 나타났다. 따라서 수업에서는 가치·윤리 판단을 구체적 점검 활동으로 구성하여, 학생이 사용자 문제 상황과 연결된 데이터 대표성, 오분류의 영향, 개인정보 침해 가능성, 위해 가능성, 공공적 영향을 검토하도록 할 필요가 있다. 이는 AI 시스템의 신뢰성과 책임성이 데이터 품질 및 편향성과 관련된다는 논의[11], 윤리적 쟁점 판단을 강조한 2022 개정 교육과정의 방향[9], 데이

터 편향과 사회적 영향을 핵심 요소로 다루는 K-12 AI 윤리교육 및 책임 있는 AI 리터러시 논의[15][22]와 연결된다. 현장 적용에서는 데이터 수집 직후 데이터 대표성 점검표를 활용하고, 모델 평가 이후 오분류 영향 질문지를 적용하며, 산출물 발표 전 개인정보·위해 가능성 체크리스트를 활용할 수 있다. 이러한 방식은 가치·윤리 판단을 AI 시스템 설계의 필수 검토 절차로 통합하는 데 기여할 수 있다.

셋째, 결과 이해·설명, 통제·수정, 재검증이 연결된 순환적 설계 경험을 수업과 평가에 포함해야 한다. 속성 차원은 세 차원 중 가장 높은 비율로 나타났으며, 특히 모델 평가, 정확도 확인, 예측값 생성, 프로토타입 작동 점검과 같은 성능·결과 검증가능성 중심 활동이 두드러졌다. 그러나 결과의 의미를 해석하고 오류 원인을 분석하며 데이터·모델·코드 또는 기능을 수정한 뒤 다시 검증하는 순환적 설계 구조는 제한적으로 확인되었다. 따라서 학생이 AI 결과를 확인한 뒤 결과의 근거를 설명하고, 오류 원인을 분석하며, 수정 이후의 변화를 다시 검증하도록 수업을 구성할 필요가 있다. 이러한 접근은 AI 결과의 이해 가능성, 인간의 개입 및 수정 가능성을 강조하는 HCAI의 관점[12-13][20]과 데이터, 모델, 결과 해석, 평가와 개선을 통합적으로 다루는 K-12 AI 학습 설계 연구[10-11]와 연결된다. 이를 위해 교수자는 수업에 활용할 AI 도구가 결과 해석, 오류 분석, 수정, 재검증을 어느 수준까지 지원하는지 사전에 검토하고, 예측 결과 확인, 오류 원인 기록, 수정 전략 선택, 재검증 결과 비교를 포함하는 설계 로그를 제공할 수 있다. 평가 기준 역시 모델 정확도나 산출물 완성도 외에 AI 결과에 대한 설명력, 오류 원인 분석, 수정 과정의 타당성, 개선 전후의 변화 비교를 포함하도록 구체화할 필요가 있다.

본 연구는 분석 대상을 KCI 등재지 및 등재후보지에 게재된 국내 중등 AI 시스템 설계 기반 교육 관련 학술지 논문으로 한정하였다. 이에 따라 학위논문, 연구보고서, 해외 사례, 실제 현장 수업 자료 등을 포괄하지 못한 한계가 있다. 또한 본 연구는 문헌에 명시된 학습활동, 평가 및 산출물 수준의 증거를 기준으로 분석하였으므로, 실제 수업 과정에서 나타나는 학생의 상호작용, 교사의 피드백, 설계 판단의 변화 과정과 교육 효과를 직접 확인하는 데는 제한이 있다. 아울러 분석 과정에서 코드북을 개발하고 코딩 간 신뢰도를 확보하였으나, HCAI 하위 요소의 판정은 문헌에 제시된 활동 내용, 평가 자료, 산출물 설명의 구체성에 따라 해석적 판단을 포함할 수 있다. 따라서 후속 연구에서는 다양한 학교급과 교과 사례에 적용하여 HCAI 요소

의 판정 기준 및 교육적 해석을 정교화할 필요가 있다. 아울러 수업 관찰, 학생 산출물 분석, 설계 로그 분석, 면담 등을 병행하여 실제 교육 현장에서 HCAI 요소가 어떻게 반영되고 경험되는지 심층적으로 탐색해야 한다.

이러한 한계에도 불구하고 본 연구는 HCAI의 목적, 가치, 속성 구조를 중등 AI 시스템 설계 기반 교육의 학습활동, 평가 및 산출물 수준에서 분석 가능한 준거로 조작화하여 적용하고, 국내 중등 AI 시스템 설계 기반 교육에 나타난 HCAI 요소의 반영 양상을 체계적으로 분석하였다는 점에서 의의를 지닌다. 또한 사용자 문제, 인간 활동 지원, 가치·위험 판단, 결과 설명·수정·재검증을 함께 고려하는 교육 설계 방향을 제시함으로써, 향후 중등 AI 시스템 설계 기반 교육의 정교화에 기여할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Educational Research Program(ERP) of Korea National University of Education.

REFERENCES

- [1] G. Biagini, "Towards an AI-literate future: A systematic literature review exploring education, ethics, and applications," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 35, pp. 2616-2666, 2025. DOI: 10.1007/s40593-025-00466-w
- [2] F. Martin, M. Zhuang, and D. Schaefer, "Systematic review of research on artificial intelligence in K-12 education (2017-2022)," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Vol. 6, Article 100195, 2024. DOI: 10.1016/j.caeai.2023.100195
- [3] L. Casal-Otero, A. Catala, C. Fernández-Morante, M. Taboada, B. Cebreiro, and S. Barro, "AI literacy in K-12: A systematic literature review," *International Journal of STEM Education*, Vol. 10, Article 29, 2023. DOI: 10.1186/s40594-023-00418-7
- [4] I. H. Y. Yim, "A critical review of teaching and learning artificial intelligence (AI) literacy: Developing an intelligence-based AI literacy framework for primary school education," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Vol. 7, Article 100319, 2024. DOI: 10.1016/j.caeai.2024.100319
- [5] D. Long, and B. Magerko, "What is AI literacy? Competencies and design considerations," *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1-16, April 2020. DOI: 10.1145/3313831.3376727
- [6] 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
- [7] F. Miao, K. Shiohira, and N. Lao, "AI competency framework for students," UNESCO, 2024. DOI: 10.54675/JKJB9835
- [8] Ministry of Education, "The national curriculum for elementary and secondary schools," Ministry of Education Notification No. 2022-33, Supplement 1, 2022.
- [9] Ministry of Education, "Practical arts (technology/home economics) /informatics curriculum," Ministry of Education Notification No. 2022-33, Supplement 10, 2022.
- [10] L. Li, F. Yu, and E. Zhang, "A systematic review of learning task design for K-12 AI education: Trends, challenges, and opportunities," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Vol. 6, Article 100217, 2024. DOI: 10.1016/j.caeai.2024.100217
- [11] V. Olari, and R. Romeike, "Data-related concepts for artificial intelligence education in K-12," *Computers and Education Open*, Vol. 7, Article 100196, 2024. DOI: 10.1016/j.caeo.2024.100196
- [12] S. Schmäger, I. O. Pappas, and P. Vassilakopoulou, "Understanding human-centred AI: A review of its defining elements and a research agenda," *Behaviour & Information Technology*, Vol. 44, No. 15, pp. 3771-3810, 2025. DOI: 10.1080/0144929X.2024.2448719
- [13] B. Shneiderman, "Human-centered artificial intelligence: Reliable, safe & trustworthy," *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 36, No. 6, pp. 495-504, 2020. DOI: 10.1080/10447318.2020.1741118
- [14] J. Han, and S. Y. Huh, "Domestic research trend of AI education program: A scoping review," *Journal of The Korean Association of Information Education*, Vol. 25, No. 6, pp. 879-890, 2021. DOI: 10.14352/jkaie.2021.25.6.879
- [15] Y. Jang, S. Choi, H. Cho, and H. Kim, "Development and application of modular artificial intelligence ethics education program for elementary and middle school students," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 25, No. 5, pp. 1-14, 2022. DOI: 10.32431/kace.2022.25.5.001
- [16] Y. Moon, T.-H. Min, and H.-J. Maeng, "Development of AI literacy measurement instruments by school level based on the 2022 revised curriculum," *Journal of Research in Curriculum Instruction*, Vol. 30, No. 1, pp. 45-64, 2026. DOI: 10.24231/rici.2026.30.1.45
- [17] Y. S. Cho, and K. Cho, "Analysis of achievement standards in the 2022 revised AI education curriculum using text mining," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 28, No. 1, pp. 51-59, 2025. DOI: 10.32431/kace.2025.28.1.005
- [18] M. D. J. Peters, C. Marnie, A. C. Tricco, D. Pollock, Z. Munn, L. Alexander, P. McInerney, C. M. Godfrey, and H. Khalil, "Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews," *JBIC Evidence Synthesis*, Vol. 18, No. 10, pp.

- 2119-2126, 2020. DOI: 10.11124/JBIES-20-00167
- [19] Z. Lin, Y. Dai, and O. L. Ng, "Constructionism in K-12 AI literacy education: A systematic review of pedagogical designs, student outcomes, and learning mechanisms," *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 63, No. 7-8, pp. 1748-1781, 2025. DOI: 10.1177/07356331251360442
- [20] M. O. Riedl, "Human-centered artificial intelligence and machine learning," *Human Behavior and Emerging Technologies*, Vol. 1, No. 1, pp. 33-36, 2019. DOI: 10.1002/hbe2.117
- [21] O. O. Garibay et al., "Six human-centered artificial intelligence grand challenges," *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 39, No. 3, pp. 391-437, 2023. DOI: 10.1080/10447318.2022.2153320
- [22] M. Ma, D. T. K. Ng, Z. Liu, and G. K. W. Wong, "Fostering responsible AI literacy: A systematic review of K-12 AI ethics education," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Vol. 8, Article 100422, 2025. DOI: 10.1016/j.caeai.2025.100422
- [23] A. C. Tricco et al., "PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation," *Annals of Internal Medicine*, Vol. 169, No. 7, pp. 467-473, 2018. DOI: 10.7326/M18-0850
- [24] K. Krippendorff, *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*, SAGE, 4th ed., 2018.
- [25] S.-J. Hong, S. Lim, Y. Lee, and S.-W. Kim, "Exploring AI convergence education research in South Korea," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, Vol. 16, No. 2, pp. 569-579, 2026. DOI: 10.18517/ijaseit.16.2.14245
- [26] K.-H. Yoon, B.-H. Kim, and J.-S. Kim, "Development and application of artificial intelligence-based educational programs of electronic circuit subjects at specialized high school," *Teacher Education Research*, Vol. 61, No. 4, pp. 387-402, 2022. DOI: 10.15812/ter.61.4.202212.387
- [27] S. Choi, "Development of a project-based AI robotics education program to foster middle school students' AI literacy and creative problem-solving skills," *Journal of Korean Association for Educational Information and Media*, Vol. 32, No. 1, pp. 443-468, 2026. DOI: 10.15833/KAFEIAM.32.1.443
- [28] J. Kim, and D. Kim, "Development and application of AI convergence education program focus on mathematics in middle school," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 27, No. 5, pp. 35-46, 2024. DOI: 10.32431/kace.2024.27.5.004
- [29] S. Lim, S. Hong, S. Kim, and Y. Lee, "The effects of design thinking-based artificial intelligence education using generative AI on middle school students' computational thinking," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol. 30, No. 9, pp. 213-224, 2025. DOI: 10.9708/jksoci.2025.30.09.213
- [30] Y. J. Jung, and K. W. Lee, "Development of a home economics education program for the consumer life area to enhance artificial intelligence literacy in middle school students," *Human Ecology Research*, Vol. 62, No. 3, pp. 517-530, 2024. DOI: 10.6115/her.2024.036
- [31] E. Lee, and K. Song, "Development of an AI social robot maker education program based on social-emotional learning (SEL) utilizing affective computing," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 28, No. 5, pp. 33-44, 2025. DOI: 10.32431/kace.2025.28.5.004
- [32] H. Park, and C. J. Park, "Development of a data bias education program including Benford's Law to enhance high school students' data literacy," *Intelligent Information Convergence and Future Education*, Vol. 4, No. 21, pp. 1-10, 2025. DOI: 10.59482/iicfe.2025.4.21.01
- [33] M. Jang, S.-B. Park, D.-O. Hwang, and K.-M. Seo, "STEAM program development for voice phishing prevention using Google Teachable Machine," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 24, No. 6, pp. 107-117, 2021. DOI: 10.32431/kace.2021.24.6.009
- [34] K. Lee, "Design and application of artificial intelligence ESG convergence project-based for middle school SW gifted students," *Intelligent Information Convergence and Future Education*, Vol. 2, No. 4, pp. 29-35, 2023. DOI: 10.59482/iicfe.2023.2.4.04
- [35] J. K. Choi, "Proposing the application of AI in science education: Focusing on scientific inquiry activities," *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, Vol. 18, No. 1, pp. 1-17, 2025. DOI: 10.15523/JKSESE.2025.18.1.1
- [36] H. Oh, H. Chong, D. Lee, H. Hoe, and K. Kim, "Development of a robotics-themed artificial intelligence convergence education program in middle school technology education," *The Korean Journal of Technology Education*, Vol. 25, No. 3, pp. 99-128, 2025. DOI: 10.34138/KJTE.2025.25.3.99
- [37] J.-Y. Park, and K. T. Lee, "Development of an AI education program centered on AI learning process visualization for middle school technology education," *The Korean Journal of Technology Education*, Vol. 24, No. 1, pp. 109-130, 2024. DOI: 10.34138/KJTE.2024.24.1.109

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 the Department of Computer Education at Korea National University of Education. His research interests include software education, AI education, and 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 Ph.D. degree in Computer Education from Korea National University of

Education, Korea, in 2025. He is currently a teacher at the Jeonnam-Gwangju Special Metropolitan Office of Education AI Education Institute, Korea. His research interests include Design Thinking, AI education, and 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 at Korea National University of Education. His research interests include intelligent system, learning science, informatics education, technology & engineering education and AI.

부록 A. HCAI 코딩 기준

차원	하위 요소	1 코딩 기준	0 코딩 기준	대표 활동 예시
목적	사용자·맥락 기반 문제 설정	해결 대상 사용자, 이해관계자, 실제 사용 맥락이 학습활동·평가·산출물에서 구체적으로 제시되고, 이것이 문제 정의나 해결안 설계에 반영된 경우	생활 문제나 사회 문제가 제시되었더라도 누구를 위한 문제인지, 어떤 사용 맥락에서 해결되는지, 사용자 요구가 설계 판단에 어떻게 반영되는지가 드러나지 않는 경우	사용자 인터뷰, 페르소나 작성, 사용 맥락 시나리오 작성, 사용자 문제 진술문 작성, 특정 사용자 요구를 반영한 AI 시스템 설계
	인간 능력 증강 지향	AI 시스템이 특정 인간 주체의 이해, 판단, 수행, 문제 해결, 상호작용을 지원·보조·확장하도록 설계된 활동이 학습활동·평가·산출물에서 확인되는 경우	AI 모델 학습·체험·제작·예측 활동만 제시되고, AI가 누구의 어떤 인간 활동을 보완하는지가 구체적으로 드러나지 않는 경우	학습자, 사용자, 작업자, 소비자, 교사, 시민 등의 판단·수행·문제 해결·상호작용을 지원하는 AI 도구·로봇·챗봇·분류 시스템 설계
가치	공정성·포용성	데이터 편향, 대표성, 차별, 특정 집단에 대한 불이익, 사용자 다양성, 접근성, 배제 가능성 등을 학생이 직접 검토하거나 해결안 설계에 반영한 경우	AI 윤리나 공정성을 일반적으로 소개하였더라도 편향·차별·대표성·배제·다양성·접근성과 관련된 쟁점을 학생이 직접 검토하거나 산출물 설계에 반영하지 않은 경우	데이터셋의 집단 대표성 점검, 오분류가 특정 사용자 집단에 미치는 영향 분석, 접근성 개선 방안 설계, 배제 가능성 점검
	안전·프라이버시·위해 예방	개인정보 보호, 보안, 데이터 활용 책임, 오작동·오남용으로 인한 위험과 피해 예방 방안을 학생이 직접 검토하거나, 위험 예방이 문제 해결 목표 또는 산출물 기능으로 구체화된 경우	안전·프라이버시 관련 주제가 제시되었더라도 개인정보 보호, 보안, 오작동·오남용, 피해 예방 방안을 학생이 직접 검토하거나 산출물 설계에 반영하지 않은 경우	개인정보 수집·활용 기준 점검, 데이터 비식별화, 오작동 위험 분석, AI 오남용 가능성 점검, 범죄·사고 피해 예방 기능 설계
	인간·사회적 복지 및 공공성	개인과 공동체의 삶, 사회 문제 해결, 지속가능성, 공공 가치와의 관련성을 학습활동·평가·산출물에서 구체적으로 다룬 경우	기술의 편의성, 기능 구현, 개별 학습 효과만 다루고 사회 문제 해결이나 공동체·공공 가치와의 관련성이 구체적으로 드러나지 않는 경우	환경, 안전, 복지, 지역사회 문제, 공동체 이익, 공익적 가치와 연결된 AI 시스템 설계 및 사회적 영향 성찰
속성	이해가능성·설명가능성	문제 해결 과정에서 학생 또는 관련 인간 주체가 AI 결과나 작동 방식의 이유, 영향 요인, 판단 근거, 한계 등을 직접 해석하거나 설명하도록 구성된 경우	AI 모델이나 도구를 사용·제작하거나 AI 개념·원리를 일반적으로 학습하였더라도, 특정 문제 해결 과정에서 AI 결과가 왜 도출되었는지 또는 어떤 요인이 영향을 미쳤는지를 설명하는 활동이 없는 경우	예측 결과의 영향 요인 해석, 오분류 원인 설명, 모델 판단 근거 분석, 모델 한계 설명, XAI 도구를 활용한 결과 해석
	통제가능성·수정가능성	학생 또는 관련 인간 주체가 AI 결과를 확인한 뒤 데이터, 입력값, 설정값, 코드, 모델, 출력 방식, 시스템 기능을 목적에 맞게 조정·수정·재학습하도록 구성된 경우	산출된 결과를 단순 수용하거나 일반적인 피드백·보완 의견만 제시되고, 결과를 바탕으로 무엇을 어떻게 조정·수정했는지가 구체적으로 드러나지 않는 경우	데이터 추가·정제, 학습 조건 조정, 코드 수정, 모델 재학습, 출력 방식 변경, 기능 재설계, 개선 전후 비교
	성능·결과 검증가능성	학생 또는 관련 인간 주체가 AI 모델·시스템·프로토타입의 정확도, 오류, 예측 결과, 작동 여부, 기능 적합성을 학습활동·평가·산출물에서 직접 테스트하고 점검하도록 구성된 경우	프로그램 효과 검증, 사전·사후 검사, 만족도 조사, 검사도구 신뢰도, 일반적 발표 평가, 자기평가, 동료평가만 제시된 경우. 다만 평가 내용에 모델 정확도, 오분류, 예측 결과, 기능 작동 여부에 대한 구체적 점검이 포함된 경우에는 1로 판정한다.	모델 정확도 확인, 오분류 사례 점검, 예측 결과 비교, 프로토타입 작동 테스트, 기능 적합성 검토, 테스트 결과 기록