# AI의 교육적 활용에 대한 개념 및 최근 연구 동향 고찰 (An Overview of the Concepts and Research Trends in Applications of Artificial Intelligence (AI) in Educational Contexts)

Kim, K., Haesol Bae

본 챕터는 인공지능 (Artificial Intelligence, AI)의 교육적 활용이 어떤 의미인지 개념적으로 이해하고 이와 관련된 최근 연구 동향을 고찰하는데 목적을 두고 있다. 이에 따라 본 챕터를 (1) 연구의 배경 및 필요성, (2) AI Education의 개념, 관련 연구 및 주요사례, (3) AIED의 개념, 관련 연구 및 주요사례, 그리고 (4) 결론 및 제언 네 부분으로 구성하였다. 먼저 연구의 배경 및 필요성에서는 AI의 교육적 활용이 왜 필요한지 살펴보고 이에 따른 두 가지 흐름인 AI에 대한 학습 (Learning about AI)과 AI와 함께하는 학습 (Learning with AI) 대해서 개괄적으로 살펴본다. 다음으로 AI Education의 개념, 관련 연구 및 주요사례에서는 AI에 대한 학습으로서 AI Education의 개념 및 필요성을 소개하고 관련된 이론적 프레임워크와 주요 연구사례를 살펴본다. AI in Education (AIED)의 개념 및 필요성, 관련 연구 및 주요사례에서는 마찬가지로 AI와 함께하는 학습으로서 AIED의 개념 및 필요성을 소개하고 관련된 이론적 프레임워크와 관련된 주요 연구 및 사례를 살펴본다. 마지막으로 결론 및 제언 부분에서는 앞서 조망한 내용을 정리하고 기존 연구의 한계점 및 향후 연구의 방향성을 제시한다. 본 챕터를 통해 독자들이 AI의 교육적 활용에 대한 개념을 이해하고 기존 연구의 한계점을 바탕으로 향후 필요한 분야에서 자신이 어떤 연구를 할 필요가 있는지 연구 쟁점 및 시사점을 발견하기를 기대한다.

## **1. 연구의 배경 및 필요성**

지난 10년 동안 인공지능 (Artificial Intelligence, AI)은 사회 각 분야에 다양화된 형태로 자리잡게 되었다. AI가 사람들의 삶 속에 일상화 된 형태로 자리잡게 되면서 일상 생활 속에서 AI를 이해하고 활용하는 것이 점차 강조되기 시작하였다. 이와 같은 흐름에 발맞추어 교육 분야에서도 AI를 적극적으로 도입하기 시작하였다. 특히, 일상 생활 속에서 AI 기반 테크놀로지를 인식하고 AI기반 도구를 활용하여 문제를 해결하거나 AI 기반 알고리즘을 바탕으로 AI 테크놀로지가 사회에 미치는 영향에 대해서 인식하는 것은 미래사회를 살아가게 될 학습자와 교수자 모두에게 꼭 필요한 핵심 역량으로 자리잡게 되었다. 이는 2022년 거대언어모델 (Large Language Model, LLM)을 활용하는 생성형 인공지능 (Generative AI) 도구인 ChatGPT가 게임 체인저로 등장한 이후 더욱 가속화되기 시작하였다. 이를 기반으로 텍스트 뿐만 아니라 이미지, 동영상, 심지어 음악 등 다양한 산출물을 자유자재로 생성 및 변형할 수 있는 다양한 Generative AI 도구들이 대거 등장하기 시작하면서 교육공학 (Educational Technology)과 학습과학 (Learning Science) 뿐만 아니라 컴퓨터 과학 (Computer Science), 언어교육 (Language Education) 등 다양한 분야에서 AI의 교육적 활용을 위한 여러가지 논의 및 연구들이 활발하게 수행되기 시작하였다.

위에서 언급한 AI의 교육적 활용은 AI 내용요소에 대한 교육을 시작해야 한다는 움직임 (AI education)과 AI 테크놀로지를 교육적으로 활용하여 교수자 및 학습자에게 효과적이면서 유의미한 정보와 피드백을 제공하자 (AI in Education, AIED)는 두 가지 방향으로 구체화되어 나타나기 시작하였다. 먼저 AI education은 AI에 대한 학습 (Learning about AI)으로 정의할 수 있다 (Holmes 외, 2019). AI education의 경우 그동안 컴퓨터과학 (Computer Science) 이나 수학 등 고등교육 맥락에서 한정되어 이루어지던 AI 개념 및 원리에 대한 이해와 활용에 대한 교육이 초, 중등교육 또는 K-12 교육 맥락에서도 이루어져야 한다는 점을 바탕으로 등장하면서 AI 교육에 대한 새로운 전환점을 맞이하게 되었다 (Chai 외, 2021; Touretzky 외, 2019). 이는 학습자들로 하여금 AI 개념 및 원리에 대한 이해를 통해 AI 기반 테크놀로지의 작동원리 (mechanism)를 지각하고 실생활에 활용하는 AI 문해력 (AI literacy) 등의 기본 소양을 길러줄 수 있다. 그 뿐만 아니라 학생들을 교육받은 시민으로 길러내고 향후 AI와 관련된 직업군에 종사할 수 있도록 하는 기본 토대를 제공한다는 점에서 의미가 있다고 할 수 있다 (CSforALL, 2021; Druga 외, 2019; Heintz, 2021). 이를 바탕으로 AI를 구성하는 하위요소인 컴퓨터 비전 (Computer vision, CV), 자연어 처리 (Natural Language Process, NLP), 머신러닝 (Machine Learning, ML), 그리고 AI의 윤리적 활용 (AI ethics) 등을 내용요소로 한 교육과정이 설계되고 실행되고 있다 (Lin 과 Van Brummelen, 2021; Van Brummelen 외, 2021). 특히, 이들 교육과정에서는 AI의 사회적 영향력과 윤리적 고려사항을 공통적으로 다루면서 AI를 만들거나 활용할 때 고려해야 할 윤리적, 사회적 측면을 중요하게 다루고 있다.

한편, AI in Education (AIED)은 AI와 함께하는 학습 (Learning with AI), 혹은 AI를 도구로 활용하는 학습으로 분류될 수 있다 (Holmes 외, 2019).  AIED는 AI기반 테크놀로지를 활용하여 교수자 및 학습자에게 유용한 정보를 제공해줄 수 있다. 학습자의 수업 참여도, 동료 학습자 및 교수자와의 상호작용, 과제 설계 및 난이도 등 교수자가 수업을 설계하거나 실행하는데 있어서 필요한 정보를 체계적으로 제공하고 이를 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 돕는 것이다. 이러한 정보를 바탕으로 교수자는 학습자 개개인의 발달 그리고 학습상황에 맞춘 개별화 학습이 가능할 수 있는 토대를 마련해줄 수 있다는 점에서 의미가 있다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 학습자는 자신의 학습 과정과 결과에 대한 맞춤형 피드백을 제공받음으로써 스스로 학습과정을 모니터링하는 메타인지 (metacognition)를 기를 수 있을 뿐만 아니라 학습에 대한 효율성을 제고할 수 있다 (Edwards 외, 2018; Holmes 외, 2019; Luckin 외, 2016; Santos, 2016).

종합하자면, AI의 교육적 활용은 AI Education과 AI in education 두 가지 방향으로 활발한 연구가 진행되고 있다. 이에 본 챕터에서는 AI의 교육적 활용의 개념 및 종류에는 어떤 것이 있는지, AI의 교육적 활용 관련된 연구동향과 주요사례는 무엇인지 살펴보고자 한다.

## **2. AI Education의 개념, 관련 연구 및 주요사례**

AI에 대한 학습 (Learning about AI)으로 정의할 수 있는 AI Education은 AI의 개념 및 원리에 대해서 교육하고 학습하는 것을 의미한다. AI 개념 및 원리 교육을 통해 미래 사회에 필요한 핵심 역량을 향상시켜주는 것을 주요 목표로 하고 있다 (Holmes 외, 2019). AI education의 연구 동향을 살펴보면 2021년 이전까지 초, 중등학교 맥락에서 AI 개념과 원리는 거의 소개되지않았다. AI 개념과 원리들은 주로 고등교육 맥락, 특히 컴퓨터 과학을 전공한 학부생들을 대상으로 주로 이루어졌다 (Ng 외, 2023). 이러한 교육은 주로 챗봇과 같은 지능형 에이전트 (Intelligent Agents) 활용 및 개발, Python, R과 같은 텍스트형 프로그래밍 도구를 활용한 소프트웨어 개발, 그리고 로봇과 시뮬레이터를 포괄하는 로보틱스 (Robotics) 활용을 통해 AI 기반 결과물을 만들어내고 그에 활용된 알고리즘, 기계학습, 인공신경망 (Artificial Neural Network, ANN), 딥러닝 (Deep Learning), 그리고 AI 모델과 원리에 대해서 학습하는 방향으로 진행되었다 (Imberman, 2004, Mota-Valtierra 외, 2019, Swoboda 외, 2011, Peña 외, 2005) (그림 1 참조). 대표적으로 Swoboda와 동료들 (2011)의 연구를 살펴보면, 이들은 컴퓨터 과학을 전공하고 있는 학부생들을 대상으로 휴리스틱 알고리즘, 인공신경망과 기계학습, 그리고 프로그래밍을 기반으로 한 로보틱스에 대한 교육이 이루어졌다. 이때 로봇과 로봇 시뮬레이터를 활용하여 프로젝트 기반 실생활 문제해결 학습과 협력학습이 이루어졌는데 결과적으로 수준 높은 결과물을 만들어내고 AI개념에 대한 이해와 동기 수준을 향상시켰다.

[그림 1] AI에 대한 학습 (AI Education)의 연구동향 변화

이와 더불어, 앞서 언급한 것처럼 일상 생활 속에서 AI 기반 테크놀로지를 인식하고 AI기반 도구를 활용하여 문제를 해결하거나 AI 기반 알고리즘을 바탕으로 AI 테크놀로지가 사회에 미치는 영향에 대해서 인식하는 것이 미래사회를 살아가게 될 학습자와 교수자 모두에게 꼭 필요한 핵심 역량으로 자리잡게 되면서 AI 개념과 원리에 대해서 어릴 때부터 교육해야한다는 필요성 및 중요성이 강조되기 시작하였다 (Eguchi 외, 2021). 이에 Touretzky와 동료들 (2019)은 “AI4K12”라는 단체를 조직하고 K-12교육 맥락의 AI Education에서 어떠한 요소를 가르쳐야 하는지 이론적으로 정립하기 위해 “Five Big Ideas in AI” 프레임워크를 제시하고 이와 관련된 프레임워크를 만들어냈다. 해당 프레임워크에는 (1) 인식 (Perception), (2) 표현과 추론 (Representation & Reasoning), (3) 학습 (Learning), (4) 사람과 AI의 상호작용 (Human-AI Interaction), (5) 사회적 영향 (Societal Impact)의 다섯 가지 하위 요소를 포함하고 있다 (그림 2 참조). Long과 Magerko (2020) 역시 AI 문해력 (AI literacy)을 정의하면서 AI란 무엇인가 (What is AI?), AI는 어떻게 작동하는가 (What can AI do? And How does AI work?), AI는 어떻게 활용되어야 하는가 (What should AI do?), 그리고 사람들이 AI를 어떻게 인식하는가 (How do people perceive AI?) 영역과 교수자, 학습자가 갖추어야 할 17가지 AI 역량, 그리고 교수설계원리 15가지를 제시하였다 (그림 3 참조). 앞서 언급한 연구들은  AI 내용요소를 체계적으로 가르치기 위한 교육과정을 설계하는데 필요한 이론적 배경을 제공하였다는 점에서 의미가 있다고 할 수 있다. 이러한 이론적 프레임워크를 바탕으로 다양한 경험적 연구들이 K-12맥락에서 수행되고 있다.

[그림 2] Big 5 idea in AI 프레임워크 (Touretzky et al., 2019)

[그림 3] AI Literacy 프레임워크 (Long & Magerko, 2020)

이와 더불어 Google Teachable Machine (https://teachablemachine.withgoogle.com/), Machine Learning for Kids (https://machinelearningforkids.co.uk/) 등과 같은 다양한 AI기반 교육용 도구들이 개발되면서 학생들의 연령과 특징에 따른 학습과제와 교육과정을 더욱 손쉽게 설계하고 실행할 수 있게 되었다. 이처럼 2021년을 기점으로 다양한 교육용  AI 도구 (Educational AI tool)들이 등장하고 AI 문해력 (AI literacy) 개념이 등장하면서 AI education 영역이 확장되었다 (Ng et al., 2023). 이에  AI Education은 2021년 이후 기존에 고등교육 맥락 중심으로 컴퓨터 과학 내용이 주가 되던 형태에서 초, 중등교육 맥락에서 다양한 학문들의 교육내용에 AI 기반 테크놀로지가 접목되는 다학문적 (multidisciplinary) 형태로 발전하기 시작하였다. 이를 기반으로 상당수의 연구에서 교육용 로보틱스, 피지컬 컴퓨팅 도구  (single board computer)와 센서 (sensor) 및 액추에이터 (actuator), 블록형 프로그래밍 도구를 활용한 게임 및 학습 결과물 개발, 그리고 챗봇 (chatbot)과 같은 대화형 AI나 지능형 에이전트를 활용하여 AI의 주요개념과 원리를 가르치거나 수학, 과학, 컴퓨터 과학 등 과목별 핵심개념을 AI기반 교육용 도구와 접목한 교육을 설계 및 실행하고 있다 (Carpio Cañada 외, 2015, Kandlhofer 외, 2019, Weintrop과 Wilensky, 2015, Kim 외, 2023). 대표적으로 Kandlhofer와 동료들 (2019)은 중학교 학생들을 대상으로 레고 로봇과 이미지나 소리 등을 감지하는 센서, 서보모터(servomotor)나 모터(motor)같은 액추에이터 등을 활용하여 프로젝트 기반 학습 (Project-Based Learning, PjBL)을 수행하였다. 결과적으로 학생들은 AI 원리에 대해서 효과적으로 학습하고 AI 문해력을 향상시킬 수 있었다. 또 다른 예시로는 Kim과 동료들 (2023)의 연구를 살펴볼 수 있다. 이들들은 중학교 학생들을 대상으로 AI 교육과정을 개발하고 학생들로 하여금 Machine Learning for kids와 Google Teachable Machine을 활용하여 머신러닝을 통해 AI 모델을 훈련시키고 프로그래밍을 활용하여 AI 기반 작품들을 만들어내도록 하였다. 이를 통해 학생들이 가지고 있는 AI에 대한 오개념을 확인하고 이를 변화시키는 연구를 수행하였다.

한편, 위와 같은 흐름과 더불어 AI Education에서는 포용적 접근 (inclusive approach)에 대한 고려가 이루어지는 연구 또한 활발하게 수행되고 있다. AI 개념과 원리를 교육하는데 있어서 학생들의 문화적 배경, 인종, 성별, 그리고 사회경제적 지위가 어떤 영향을 미치고 이에 따른 불균형을 최소화하기 위해서 어떤 교육적 처방을 내릴 수 있는지를 다루는 연구가 점차 증가하고 있다. 대표적으로 Druga와 동료들 (2019)의 연구를 살펴보면 미국, 독일, 덴마크 그리고 스웨덴에 있는 다양한 문화적 배경, 인종, 그리고 사회경제적지위 (socioeconomic status)를 가진 초등학교 학생들들을 대상으로 AI Education 관련된 워크샵을 수행하였다. 이후 자기보고식 설문조사를 통해 AI에 대한 인식과 이해도를 조사하고 통합교육에 기반한 AI교육과정을 설계하기 위해 필요한 설계지침과 원리를 제안하였다. Avellan과 동료들 (2020) 역시 포용적 접근에 기반한 AI를 설계하기 위한 원칙으로 모두를 대표할 수 있는 편향되지 않은 데이터, 다양성을 바탕으로 한 팀에서 개발한 알고리즘, 그리고 모두에게 접근성을 보장할 수 있는 사용성을 제시하였다. Xia, Chiu, Lee와 동료들 (2022)은 컴퓨터 과학이나 STEM 분야에서 지속적으로 강조되어 오던 남녀 성별 간 성취도 차이 (gender difference)에 초점을 맞추어 AI Education 영역에서 자기결정학습 (Self-determination theory)에 기반한 교수설계를 통해 인지 및 정의적 영역에서의 성별간 격차를 규명하고 이러한 격차를 좁히고자하였다.

## **3. AI in Education의 개념, 관련 연구 및 주요사례**

AI in Education (AIED)은 AI와 함께하는 학습 (Learning with AI)으로 정의내릴 수 있다. AI 기반 테크놀로지를 활용하여 교수자 및 학습자에게 유의미한 피드백을 제공하고 데이터 수집을 통해 증거 기반의 교육적 의사결정을 수행하는 것을 주요 목표로 하고 있다 (Holmes 외, 2019). AIED와 관련된 연구동향을 살펴보면 대부분 고등교육 맥락에서 학습자의 동기와 참여정도 (motivation and engagement), 21세기 미래 역량 (21st century skills), 그리고 학문적 수행정도 (academic performance)를 측정하고 예측하는 AI 알고리즘과 프로그램, AI기반 플랫폼을 개발하고 실행하는 연구가 많이 이루어지고 있다 (Xia, Chiu, Zhou 외, 2022). 선도적인 연구로 Luckin과 동료들 (2016)의 연구를 꼽아볼 수 있다. 이 연구는 AI의 개념과 AI in Education의 현황을 소개하고 현재 당면하고 있는 교육적 문제들에 대해서 AIED가 어떠한 답변을 제공할 수 있는지 제시하고 AI를 교육적으로 활용하는데 필요한 요소들에 대한 이론적 토대를 제공하였다는 점에서 유의미하다고 할 수 있다. 여기서 AIED의 이론적 프레임워크를 제시하였는데 크게 효과적 티칭을 위한 모델(pedagogical model), 학습 내용을 중심으로 한 주제 모델(domain model), 학습자에 대한 모델(learner model) 크게 세 가지로 나누어 볼 수 있다 (Luckin 외, 2016). 이들은 각각 교수법, 교수내용, 그리고 교수대상을 효과적으로 지원하기 위해 AI가 어떤 역할을 수행할 수 있는지에 초점을 두고 있다 (계보경 외, 2018).

학습자에 대한 모델(learner model) 측면을 살펴보면 이들은 학생들 개개인의 능력과 역량에 따라 과제를 제공하고 (Hirankerd와 Kittisunthonphisarn, 2020), 사용자와 AI 사이의 대화를 제공하는 것을 통해 상호작용을 촉진하고 (Chew 와 Chua, 2020), 학습자의 학습결과물에 대한 시의적절한 안내와 피드백을 제공하고 (Fu 외, 2020), 학생들의 학습 데이터 수집 및 분석을 통해 디지털 환경에서 적응성 (adaptability)과 상호작용성 (interactivity)을 증가시키는데 초점을 두는 연구가 수행되고 있다 (Kickmeier-Rust 와 Holzinger, 2019). 효과적 티칭을 위한 모델(pedagogical model), 학습 내용을 중심으로 한 주제 모델(domain model) 측면에서는 지능형 튜터링 시스템 (Intelligent tutoring system, ITS) 설계 및 개발을 통해 교수자에게 적응적 교수 전략을 제공하고 (Bae 외, 2020, Lampos 외, 2021), 컴퓨터 보조 학습 (computer-assisted instruction)과 AI 테크놀로지 접목을 통해 교수자의 교수 능력을 증진시키며 (Jaiswal와  Arun, 2021), AI 에이전트를 통한 실시간 데이터 분석을 통해 교수행동과 질문 기술을 향상시키는 교수자 역량개발 지원과 관련된 연구가 수행되고 있다 (Gunawan 외, 2021). 이와 더불어 학생들의 과제물을 AI를 통해 자동으로 평가하고 (Alghamdi 외, 2020) 학생들의 수행능력을 예측하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다 (Costa-Mendes 외, 2021). 이는 교육당국자들로 하여금 증거기반 교육적 의사결정 (evidence-based educational decision-making) 을 내리는데 도움을 줄 뿐만 아니라 플랫폼 상에서 개별화된 서비스 제공을 통해 학습자와 교수자의 수행 향상으로 연결될 수 있다. (Kadhim 과 Hassan, 2020, Tsai 외., 2020).

## **4. 결론 및 제언**

AI Education과 AIED는 비단 교육공학이나 학습과학 분야 뿐만 아니라 컴퓨터과학, STEM교육, 사회과학과 예술교육 등 다양한 분야에서 중요하게 다루어지고 있는 주제이다. 각각의 주제는 AI의 교육적 활용이라는 주제로 수렴될 수 있는데 AI를 교육적으로 활용하여 학습자의 학습 수행능력을 향상시키고 교수자의 교수활동을 효과적으로 지원하는데 공통점을 지니고 있다. 앞서 살펴본 것처럼 AI Education과 AIED를 주제로 하여 초, 중등 교육뿐만 아니라 고등교육 맥락에서 개별 사례 연구는 활발하게 이루어지고 있는 반면, 앞에서 살펴보았던 개념 및 흐름을  체계적으로 안내하여 교수자 및 학습자가 쉽게 이해할 수 있도록 도와줄 수 있는 연구는 드물게 이루어지고 있다.  따라서, 본 연구는 AI의 교육적 활용에 대한 개념과 흐름을 종합적으로 개괄하고 각 흐름에 따른 최신 연구동향 소개를 통해 추후에 이루어질 연구에 대한 이론적 시사점 뿐만 아니라 현재 교육 현장에서 AI를 교육적으로 활용하고 있는 교수자 및 학습자에게 실천적인 시사점을 제공했다다는 점에서 의미가 있다.

향후 이루어질 수 있는 연구 방향으로생성형 인공지능 (Generative AI)의 교육적 활용과 관련된 연구를 AI에 대한 학습 (Learning about AI) 또는 AI Education과 AI와 함께하는 학습 (Learning with AI) 또는 AI in Education (AIED) 관점에서 생각해볼 수 있다 (UNESCO, 2023). 먼저 AI Education의 관점에서 Generative AI와 관련된 관련된 지식이나 Generative AI 도구를 활용하는 기술을 어떻게 가르쳐야하는지 설계하고 어떠한 태도를 함양할 수 있는 지, 어떠한 윤리적, 정책적 요소를 고려할 수 있는지에 대한 연구를 설계하고 수행할 수 있다. AIED관점을 고려한다면 Generative AI 도구를 활용하여 학습자의 학습을 촉진하고 학습자의 어떠한 지식 및 역량함양에 실제적으로 도움을 줄 수 있는지 탐구하거나 관련된 Generative AI 도구를 직접 설계 및 프로그래밍하는 연구를 생각해볼 수 있을 것이다.

이와 더불어 또 한 가지 주요 연구 방향으로 Diversity, Equity, and Inclusion (DEI)에 초점을 두고 AI Education과 AIED가 어떻게 설계되고 수행되어야 하는지 제시할 수 있다. 여전히 학생들의 다양한 문화적 배경, 사회 경제적 지위, 인종, 그리고 성별에 따라 교육기회의 불평등 문제가 제기되고 있고, 이를 효과적으로 극복하기 위한 방안 중 하나로 AI가 주목받고 있다. 따라서 향후 연구에서는 Diversity, Equity, and Inclusion (DEI) 관점을 고려하여 여전히 산재해 있는 학습 격차 (learning gap)나 디지털격차 (digital divide)를 어떻게 해결할 수 있을 지에 관한 연구를 설계하고 수행할 수 있을 것이다.

## **참고문헌**

계보경, 임완철, 박연정, 손정은, 김정현, 박선규, 정태준 (2018). 지능형 학습 분석을 위한 데이터 수집‧분석 API 고도화 연구. 한국교육과정개발원

Alghamdi, A. A., Alanezi, M. A., & Khan, Z. F. (2020). Design and implementation of a computer aided intelligent examination system. International Journal of Emerging Technologoies in Learning, 15(1), 30–44.

Bae, H., Saleh, A., Feng, C., Glazewski, K., Hmelo-Silver, C. E., Chen, Y., Scribner, A., Brush, T., Lee, S. Y., Mott, B.W., & Lester, J. (2020). Designing Intelligent Cognitive Assistants with Teachers to Support Classroom Orchestration of Collaborative Inquiry. In Proceedings of 14th International Conference of the Learning Sciences (pp. 2101-2108).The International Society of Learning Science.

Carpio Cañada, J., Mateo Sanguino, T. J., Merelo Guervós, J. J., & Rivas Santos, V. M. (2015). Open classroom: Enhancing student achievement on artificial intelligence through an international online competition. Journal of Computer Assisted Learning, 31(1), 14–31.

Costa-Mendes, R., Oliveira, T., Castelli, M., & Cruz-Jesus, F. (2021). A machine learning approximation of the 2015 Portuguese high school student grades: A hybrid approach. Education and Information Technologies, 26(2), 1527–1547.

Chai, C. S., Lin, P. Y., Jong, M. S. Y., Dai, Y., Chiu, T. K., & Qin, J. (2021). Perceptions of and behavioral intentions towards learning artificial intelligence in primary school students. Educational Technology & Society, 24(3), 89-101.

Chew, E., & Chua, X. N. (2020). Robotic Chinese language tutor: Personalising progress assessment and feedback or taking over your job? On the Horizon, 28(3), 113–124. https://doi.org/10.1108/OTH-04-2020-0015

CSforALL (2021). The future of problem-solving with data and intelligence: Increasing artificial intelligence and data science education across the US. https://www.csforall.org/projects\_and\_programs/ai-and-data-science-education/AI and Data Science Ed/CSforAll\_AI\_DSE\_100821.pdf

Druga, S., Vu, S. T., Likhith, E., & Qiu, T. (2019). Inclusive AI literacy for kids around the world. In Proceedings of FabLearn, 2019 (pp.104–111). The Association for Computing Machinery.

Edwards, C., Edwards, A., Spence, P. R., & Lin, X. (2018). I, teacher: Using artificial intelligence (AI) and social robots in communication and instruction. Communication Education., 67(4), 473–480. https://doi.org/10.1080/03634523.2018.1502459

Eguchi, A., Okada, H., & Muto, Y. (2021). Contextualizing AI Education for K-12 Students to Enhance Their Learning of AI Literacy Through Culturally Responsive Approaches. KI-Künstliche Intelligenz, 35, 153-161.

Fu, S., Gu, H., & Yang, B. (2020). The affordances of AI-enabled automatic scoring applications on learners’ continuous learning intention: An empirical study in China. British Journal of Educational Technology, 51(5), 1674–1692. <https://doi.org/10.1111/bjet.12995>

Gunawan, K. D. H., Liliasari, L., Kaniawati, I., & Setiawan, W. (2021). Implementation of competency enhancement program for science teachers assisted by artificial intelligence in designing HOTS-based integrated science learning. Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA, 7(1), 55–65. <https://doi.org/10.30870/jppi.v7i1.8655>

Heintz, F. (2021). Three interviews about K-12 AI education in America, Europe, and Singapore. KI-Künstliche Intelligenz, 35(2), 233-237. <https://doi.org/10.1007/s13218-021-00730-w>

Hirankerd, K., & Kittisunthonphisarn, N. (2020). E-learning management system based on reality technology with AI. International Journal of Information and Education Technology, 10(4), 259–264. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2020.10.4.1373>

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2020). Artificial Intelligence in Education. Center for curriculum redesign.

Imberman, S. P. (2005). Three fun assignments for an artificial intelligence class. Journal of Computing Sciences in Colleges, 21(2), 113–118.

Jaiswal, A., & Arun, C. J. (2021). Potential of artificial intelligence for transformation of the education system in India. International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology, 17(1), 142–158. https://search.ebs cohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1285526&site=ehost-live&s cope=site.

Kadhim, M. K., & Hassan, A. K. (2020). Towards intelligent e-learning systems: A hybrid model for predicatingthe learning continuity in iraqi higher education. Webology, 17(2), 172–188. <https://doi.org/10.14704/WEB/V17I2/WEB17023>

Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Laßnig, J. P., Baumann, W., Plomer, S., Ballagi, A., & Alfoldi, I.  (2019). Enabling the creation of intelligent things: Bringing artificial intelligence and robotics to schools. In Proceedings of 2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028537>

Kickmeier-Rust, M. D., & Holzinger, A. (2019). Interactive ant colony optimization to support adaptation in serious games. International Journal of Serious Games, 6(3), 37–50. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v6i3.308>

Kim, K., Kwon, K., Ottenbreit-Leftwich, A., Bae, H., & Glazewski, K. (2023). Exploring middle school students’ common naive conceptions of Artificial Intelligence concepts, and the evolution of these ideas. Education and Information Technologies.

Lampos, V., Mintz, J., & Qu, X. (2021). An artificial intelligence approach for selecting effective teacher communication strategies in autism education. NPJ Science of Learning, 6(1).

Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems (pp. 1-16). The Association of Computing Machinery.

Lin, P., & Van Brummelen, J. (2021). Engaging Teachers to Co-Design Integrated AI Curriculum for K-12 Classrooms. In Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp.1-12). The Association for Computing Machinery.

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence Unleashed: An argument for AI in education. Pearson Education.

Mota-Valtierra, G., Rodríguez-Reséndiz, J., & Herrera-Ruiz, G. (2019). Constructivism-based methodology for teaching artificial intelligence topics focused on sustainable development. Sustainability, 11(17), 4642.

Ng, D. T. K., Lee, M., Tan, R. J. Y., Hu, X., Downie, J. S., & Chu, S. K. W. (2022). A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020. Education and Information Technologies, 1-57.

Peña, C. I., Marzo, J. L. & De la Rosa, J. L. (2005). Intelligent agents to improve adaptivity in a Web- based learning environment. In Knowledge-based virtual education (pp. 141–170). Springer.

Santos, O. C. (2016). Training the body: The potential of AIED to support personalized motor skills learning. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(2), 730-755.

Swoboda, N., Bekios-Calfa, J., Baumela, L. & de Lope, J. (2011). An introduction to AI course with guide robot programming assignments. In Proceedings of the 42nd ACM technical symposium on computer science education (pp. 231–236). The Association of Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1953163.1953231>

Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI? Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 33, 9795–9799. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019795>

Tsai, S. C., Chen, C. H., Shiao, Y. T., Ciou, J. S., & Wu, T. N. (2020). Precision education with statistical learning and deep learning: A case study in Taiwan. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 17(1).

UNESCO. (2023). Guidance for Generative AI in Education (ISBN 978-92-3-100612-8)

Weintrop, D. & Wilensky, U. (2015). To block or not to block, that is the question: Students’ perceptions of blocks-based programming. In Proceedings of the 14th international conference on interaction design and children (pp. 199–208). The Association of Computing Machinery.

Xia, Q., Chiu, T. K., Lee, M., Sanusi, I. T., Dai, Y., & Chai, C. S. (2022). A self-determination theory (SDT) design approach for inclusive and diverse artificial intelligence (AI) education. Computers & Education, 189, 104582.

Xia, Q., Chiu, T. K., Zhou, X., Chai, C. S., & Cheng, M. (2022). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. Computers and Education: Artificial Intelligence, 100118.

Van Brummelen, J., Heng, T., & Tabunshchyk, V. (2021). Teaching Tech to Talk: K-12 Conversational Artificial Intelligence Literacy Curriculum and Development Tools. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 35(17), 15655-15663.

Read this online at <https://edtechbooks.org/edutechlearningscienceskorean/ai_________>