

2025 Vol.04

차세대리포트

교실에서 시작되는 미래 인재



펴낸곳

한국과학기술한림원
031)726-7900

펴낸이

정 진 호

발행연월

2025년 12월

홈페이지

www.kast.or.kr

기획·편집

한국과학기술한림원 정책연구팀

컨텐츠

김 준 래 과학기술분야 전문 작가

디자인·인쇄

경성문화사
02)786-2999

이 보고서는 복권기금 및 과학기술진흥기금의 지원을 통해 제작되었으며,
모든 저작권은 한국과학기술한림원에 있습니다.

차세대리포트

발 간 사

오늘의 우리는 인공지능^{AI} 비서가 전해주는 날씨와 주요 뉴스, 개인의 일정을 확인하며 하루를 시작하고, 맞춤형 추천 알고리즘이 선별한 음악과 콘텐츠 속에서 일상을 보낸다. 스마트 기기는 건강 데이터를 분석해 생활 습관을 관리하고, 온라인 협업 도구를 통해 전 세계 연구자들과 실시간으로 지식과 아이디어를 나누는 시대에 살고 있다. 과학기술은 이제 일상의 일부가 되었고, 우리의 삶을 더 편리하게 할 뿐 아니라 사회 전체를 새롭게 변화시키는 힘이 되고 있다. 그리고 이 변화의 중심에는 새로운 지식과 기술을 탐구하며 미래를 만들어가는 과학기술인들이 있다.

‘한국차세대과학기술한림원(Young Korean Academy of Science and Technology, **YKAST**)’의 젊은 과학기술인들과 연구 현장 최일선에서 활약하는 다양한 분야의 젊은 연구자들은 차세대리포트를 통해 과학기술의 최신 흐름과 중요한 이슈를 쉽고 명확하게 전해왔다. 이를 통해 과학기술이 사회 문제를 해결하고, 모두의 삶을 풍요롭게 만드는 길을 함께 모색해 왔다.

차세대리포트는 기술과 연구 성과를 소개하는 데 그치지 않고, 과학기술을 통해 우리 사회가 직면한 과제를 어떻게 해결할 수 있을지에 대한 고민과 함께, 연구자들이 창의성을 바탕으로 연구에 마음껏 도전하고 몰입할 수 있는 환경을 만들기 위한 제안을 담아왔다. 이러한 노력이 모여 대한민국이 지속 가능한 과학기술 강국으로 성장하는 데 중요한 밑거름이 되고 있다.

한국과학기술한림원은 차세대리포트를 통해 매년 새로운 시각과 신선한 아이디어를 제시하고자 주제 선정부터 발간에 이르기까지 많은 고민을 거듭해 왔다. 특히 과학기술 혁신의 흐름을 조망함과 동시에, 사회적 현안과의 접점을 함께 다루며 과학기술이 사람과 사회를 향해 나아가는 방향을 제시하고자 노력하고 있다.

이러한 고민의 결과, 2025년 차세대리포트의 주제로 “AI 시대의 중등 STEM 교육 방향과 전략”을 선정하였다. 인공지능이 빠르게 확산되는 오늘날, 우리 미래 경쟁력의 핵심은 과학^{Science}, 기술^{Technology}, 공학^{Engineering}, 수학^{Mathematics}에 기반을 둔 융합적 사고력과 창의적 문제 해결력을 가진 인재를 길러내는 데 달려 있다. AI를 단순한 학습 대상이나 도구로 인식하는 데서 나아가, 새로운 지식과 가치를 창출하는 동반자로 활용할 수 있도록 돕는 교육의 전환이 요구되고 있다.

이를 위해서는 기술을 배우는 것을 넘어, 학생들의 창의적 사고와 비판적 사고를 동시에 길러주는 교육 방식의 변화가 필수적이다. 또한 학교 교육 현장뿐만 아니라 정책과 산업계가 유기적으로 협력하여 AI 기술과 교육이 함께 발전할 수 있는 생태계를 만드는 것도 중요하다.

이번 차세대리포트는 국내외의 다양한 AI 기반 중등 STEM 교육 사례를 비교·분석하고, AI 시대에 필요한 핵심 역량을 효과적으로 길러내기 위한 교육 모델과 정책 방향을 제시하는 데 초점을 두었다. 이를 통해 학생들이 AI를 창의적 도구로 활용하여 스스로 탐구하고 문제를 해결할 수 있는 환경을 만드는 데 도움이 되기를 바란다.

나아가 본 리포트가 다양성과 혁신이 공존하는 미래형 STEM 교육의 방향을 제시하는 하나의 이정표가 되어, 대한민국의 젊은 인재들이 세계 무대에서 역량을 펼칠 수 있는 든든한 디딤돌이 되기를 기대한다.

2025년 12월

한국과학기술한림원장

정 진 호

참여자 소개



이학연 | 서울과학기술대학교 산업공학과 교수

AI 기술과 비즈니스의 접점을 개척하는 융합 연구자로, 현재 BK21 4단계 데이터사이언스와 비즈니스 포텐셜 교육연구단 단장을 맡고 있다. AI를 활용하여 유망 기술 및 비즈니스 기회를 발굴하고, 새로운 혁신 기회의 유망성을 평가하는 데 주력하고 있다.



유연주 | 서울대학교 수학교육과 교수

유전통계학, 데이터과학, 수학교육평가 등을 연구하고 있으며, AI융합교육 대학원에서 교사 재교육과 맞춤형 수학교육 구현을 위해 AI 기반 알고리즘 개발 및 학습 데이터 분석을 중점적으로 진행하고 있다.



차대길 | 한국과학창의재단 과학기술문화본부장

한국과학창의재단에서 STEM·AI 교육, 과학문화 확산, 디지털 교육혁신 등을 이끌며 과학기술 인재 양성 분야의 전문가로 활동하고 있다. 최근에는 AI 기술이 교육 패러다임에 가져올 변화에 주목하며, 정책 기획과 국제 교육협력(APEC-UNESCO 등) 프로그램을 총괄하고 있다.



권가진 | 서울대학교 융합과학기술대학원 교수

서울대학교에서 인간-AI 상호작용과 학습과학을 연구하며 인지컴퓨팅 연구실을 이끌고 있다. AI 기반 기술을 통해 학습, 협업, 그리고 인간 역량을 확장하는 연구를 선도하고 있다.



박현우 | 서울대학교 데이터사이언스대학원 교수

비즈니스 데이터 분석과 시각화, AI의 사회적 영향 및 제품 서비스 혁신, 기업 네트워크와 데이터 기반 운영관리와 혁신경영을 연구하고 있다. 한국과학기술한림원 정책학부 차세대회원이다.



이승원 | 성균관대학교 의과대학 교수

의료 인공지능 및 글로벌 헬스데이터를 주로 연구하고 있다. 특히 AI를 이용한 국민 건강 증진을 목표로 디지털 헬스 융합 연구를 선도하고 있다.



신유정 | 전북대학교 과학학과 교수

전북대학교에서 「빅데이터와 거버넌스」, 「빅데이터 윤리」 등을 가르치며, AI와 같은 디지털 기술이 과학 연구와 사회 전반의 지식 생산·활용 방식에 미치는 영향을 연구하고 있다. 한국과학기술한림원 정책학부 차세대회원이다.

발간사	02
참여자 소개	03
들어가기	06
AI 시대의 STEM 교육	
I. AI 시대 중등 STEM 교육의 방향과 전략	08
가. AI 시대 STEM 교육 혁신의 필요성	08
나. 생성형 AI 시대 STEM 교육의 변화 방향	09
II. AI 시대 STEM 교육 방법의 혁신	15
가. AI 기술이 이끄는 STEM 교육의 개요 및 수업 혁신 사례	15
나. AI 기반 교육정책과 쟁점	16
다. AI가 STEM 교육에 기여한 세 가지 변화	17
라. AI 융합형 교육과정과 학습 방식의 전환	18
마. AI 활용 수업 도구와 실제 적용 사례	19
바. 교사 중심의 지속 가능한 AI 기반 STEM 교육	19
III. AI 시대의 STEM 개인화 학습	21
가. AI 기반 개인화 학습의 의미와 발전	21
나. AI 기반 개인화 학습 서비스 사례	22
다. 효과적인 개인화 학습을 위한 AI 튜터 설계의 네 가지 상호작용 단계	23
라. AI 기반 개인화 학습의 한계와 과제	24
마. 결론	25

IV. AI 네이티브 세대를 위한 AI 리터러시 교육	27
가. 서론	27
나. AI 리터러시의 정의 - 코딩을 넘어선 통합적 역량	28
다. AI 네이티브 세대를 위한 교육 전략	29
라. 결론	30
V. AI 시대 정보 교육 격차의 현황과 표준화의 필요성	31
가. AI 리터러시 교육의 중요성	31
나. AI 리터러시의 기반으로서 컴퓨팅 사고력	32
다. 학교 유형에 따른 정보 교육 격차 심화	32
라. 교육 격차 해소를 위한 제언	33
마. 교육 격차 해소를 위한 로드맵 제언	33
VI. AI 시대 윤리 교육, 장식을 넘어 실천으로	35
가. 기술만 가르치면 안 되는 AI 교육	36
나. 윤리 교육의 세 가지 층위	37
다. AI 연구와 가치판단	38
라. 윤리적으로 정렬된 디자인	38
마. 윤리는 AI 교육의 필수 동반자	39
정책제언	40

AI는 교육의 근간을 흔드는 '전염병'과 같은 취급을 받았다.

지난 2024년 5월, OpenAI의 GPT-4o 출시 발표회에서 한 장면이 많은 이들에게 깊은 인상을 남겼다. 칸 아카데미^{Khan Academy}의 창립자 살만 칸이 자신의 아들과 함께 AI 튜터의 도움으로 수학 문제를 풀어가는 모습을 시연한 것이다.

아버지인 살만 칸이 AI 튜터에게 답을 직접 알려주지 말고, 아들 스스로 문제를 해결하도록 도와달라고 요청하자, AI 튜터는 온화한 음성으로 질문을 던지기 시작했다. 아들은 삼각형의 빗변을 찾아보라는 AI의 요청에 아이패드 화면 위를 스타일러스 펜으로 선을 그으며 답했고, AI는 적절한 힌트와 격려를 통해 학습자 스스로 해답에 도달하도록 차분히 안내했다.

이 사례는 단순히 텍스트를 넘어 음성과 이미지를 자유자재로 다루는 멀티모달 AI의 놀라운 성능을 보여주는 것 이상의 의미를 담고 있다. 바로 우리가 오랫동안 상상해왔던 '개인화 교육'이 마침내 현실로 다가왔음을 보여주는 상징적인 순간이었던 것이다.

AI 튜터는 학습자의 수준을 정확히 진단하고, 이해도를 실시간으로 파악하며 완벽한 맞춤형 학습 경험을 제공했다. 마치 고대 그리스의 철학자 소크라테스가 제자와 나누던 대화법처럼, AI는 끊임없는 질문을 통해 학생의 사고를 자극하고 깨달음을 이끌어 낸 것이다.

지난 2022년 말에 챗GPT가 처음 등장했을 때만 해도 상황은 전혀 달랐다. 교육계의 반응은 기대보다 우려가 앞섰다. AI를 활용한 부정행위, 학습 동기 저하, 비판적 사고 능력 약화 등을 이유로 미국을 비롯한 전 세계 수많은 학교가 AI 사용을 금지하는 극약 처방을 내렸다. AI는 교육의 근간을 흔드는 '파괴자' 혹은 당시 유행하던 코로나처럼 피해야 할 '전염병'과 같은 취급을 받았다.

하지만 살만 칸이 아들과 함께 보여준 시연은 AI가 단순히 정답을 알려주는 '만능 답안지'가 아니라, 학습자의 사고 과정을 돕고 잠재력을 이끌어 내는 훌륭한 '학습 동반자'가 될 수 있음을 명확히 보여주었다. 학생이 어떤 질문을 던져도 결코 나무라지 않고, 밤낮없이 언제나 나의 학습 속도에 맞춰주는 무한한 인내심을 가진 개인 교사가 생긴 것이다.

이런 장점 덕분에 살만 칸이 설립한 비영리 교육 단체에서 개발한 AI 교육 플랫폼 ‘칸미고(Khanmigo)’는 이미 전 세계 수많은 학생들에게 지역 및 소득 수준과 관계없이 최고의 맞춤형 교육 기회를 제공하겠다는 비전을 현실로 만들어가고 있다.

그렇다면 AI가 강력한 교육 도구로 부상한 시대에, 우리의 교육은 어떻게 변화해야 할까? 특히 미래 사회의 핵심 역량이 될 ‘과학, 기술, 공학, 수학^{STEM}’ 분야의 교육은 어떤 방향으로 나아가야 하는가?

문제는 지금도 AI 기술이 빠르게 진화하고 있는데, 이와는 대조적으로 우리의 교육 현장은 여전히 과거의 산업화 시대 모델에 머물러 있다는 점이다. 우리 일상에는 이미 AI가 깊숙이 스며들어 있지만, 유독 교실의 문턱은 높기만 한 상황이다.

대부분의 학생들은 정해진 교육 과정에 따라 동일한 내용을 같은 속도로 배워야 하며, 개인의 흥미와 역량, 잠재력은 충분히 고려되지 못하고 있다. 특히 복잡한 개념과 원리의 이해를 위해 깊이 있는 탐구와 개별적 접근이 필수적인 STEM 교육의 현실은 더욱 안타깝다.

교육이 국가의 미래를 결정짓는다는 명제는 예나 지금이나 변함없는 진리다. 그중에서도 과학·기술·공학·수학을 아우르는 STEM 교육은 국가 발전의 근간이었으며, 본격적인 AI 시대에 들어선 현재의 STEM 역량은 국가 경쟁력을 좌우하는 핵심 동력이 되고 있다.

이같은 상황에서 과연 AI 시대의 중고교 STEM 교육은 ‘무엇을’, ‘어떻게’ 가르쳐야 하며, 학생들에게 ‘어떤 역량’을 길러주어야 할까? 이 질문은 비단 교육 현장의 교사들만의 고민이 아니다. 배우의 주체인 학생, 자녀의 미래를 설계하는 학부모, 그리고 국가 교육의 방향을 설정하는 정책 입안자 모두가 함께 풀어야 할 시급한 과제이다.

이에 본 리포트에서는 AI 시대, 중고교 STEM 교육이 나아가야 할 새로운 방향을 모색하고자 한다. 먼저 AI 시대 STEM 교육에서는 무엇을 가르치고 어떤 역량을 길러야 하는지를 제시한 후, 어떻게 가르쳐야 하는지를 알려주는 교수법과 어떻게 스스로 배울 수 있는지를 파악하는 학습법을 차례로 다루고 있다. 마지막으로 학생들에게 요구되는 AI 역량을 리터러시와 윤리 관점까지 살펴보고 있다.

살만 칸과 그의 아들이 AI 튜터와 함께 수학 문제를 풀던 모습에서 우리가 목격한 것은 단순한 기술의 진보가 아니라, 교육의 본질적 패러다임의 전환이다. 지금 주어진 과제는 이러한 변화의 씨앗을 교육 현장 전반으로 확산시켜, 모든 학생이 AI의 혜택 속에서 자신의 잠재력을 마음껏 펼칠 수 있도록 돕는 것이다. 본 보고서가 그 새로운 여정의 작은 나침반이 되기를 바란다.



AI 시대 중등 STEM 교육의 방향과 전략



가 AI 시대 STEM 교육 혁신의 필요성

AI의 급속한 발전은 교육의 여러 측면에서 근본적인 변화를 요구하고 있다. 특히 STEM 분야는 AI의 도입으로 가장 직접적이면서도 커다란 영향을 받고 있다. 이미 AI는 설계, 실험, 데이터 분석, 추론, 문제 해결 등 STEM의 핵심 과정에 깊이 관여하고 있으며, 앞으로 인간의 직무 수행과 학문적 탐구의 거의 모든 순간을 보조하거나 대체할 것으로 전망되고 있다.

이러한 흐름 속에서 여전히 단순 계산이나 반복 훈련, 또는 암기에 의존하는 문제 풀이가 중등 STEM 교육의 중심을 차지한다면, 학생들은 미래 사회에서 요구되는 역량을 충분히 갖추지 못할 뿐만 아니라, 과학기술의 혁신을 선도할 인재로 성장하기도 어려울 것이다.

AI 시대에는 AI와 함께 문제를 정의하고 창의적으로 해결하는 능력, 비판적 사고, 협력적 소통, 윤리적 성찰 등의 역량을 길러야 한다. 이러한 역량 중심 교육은 프로젝트 기반

학습(Project-Based Learning), 문제 중심 학습(Problem-Based Learning), 학문 간 융합을 통한 실제 문제 해결 등 학생이 스스로 탐구하고 협력하는 경험을 중심으로 이루어져야 한다.

또한, 자기 주도적 학습과 문제 해결을 위해 AI를 단순한 도구가 아닌 협력적 학습 동반자로 활용할 수 있게 되었다. 따라서 AI가 삶 전반에 영향을 미치는 시대 변화에 대응하기 위해 중·고등학교 STEM 교육에서 어떤 방향과 전략을 택해야 할지를 구체적으로 살펴보고자 한다.

나 생성형 AI 시대 STEM 교육의 변화 방향

(1) 융합적 접근과 문제해결 중심 STEM 교육

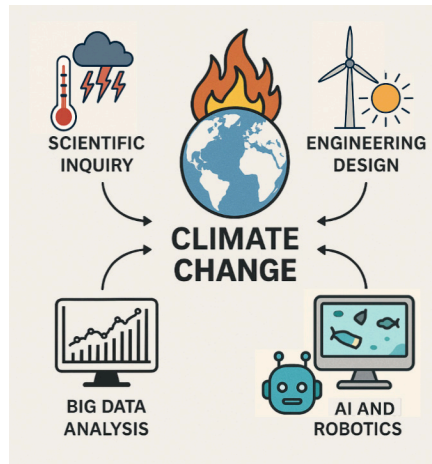
AI 시대 STEM 교육은 개별 교과 구분에 갇혀있기보다 융합적 접근을 통해 일상 생활의 문제를 다루면서 이를 해결하는 과정을 통해 STEM의 지식을 이해하고 활용하는 방법을 배우는 것이 더욱 필요하다. 일상생활에서 만나게 되는 복잡한 문제들이 단일 교과 지식 내에서 다루어지기보다 점점 더 과학과 수학의 여러 영역, 그리고 기술 및 공학이 통합적으로 활용되면서 효과적인 해결이 시도되는 경우가 늘어나고 있기 때문이다.

예를 들어, 기후 변화나 에너지 위기와 같은 문제를 해결하기 위해 △과학적 탐구 △공학적 설계 △빅데이터 분석 △AI와 로봇 기술 등이 함께 활용되고 있다. 이를 반영한 융합형 STEM 교육에서는 기후변화 주제를 다루며 기후와 기상의 과학 원리를 배우게 되고, 실제 데이터를 분석해서 문제의 원인을 파악하며, 이를 해결하기 위한 공학적 아이디어를 탐색한다. 또한, 이러한 과정에서 어떤 AI 기술이 활용될 수 있는지 예측하고, 이를 바탕으로 새로운 해결 방안을 제안해 볼 수 있다.

국내에서는 지난 2021년부터 전국 40여 개 대학에서 AI 융합교육 대학원을 통해 교사들을 대상으로 재교육을 실시하고 있다. AI 융합 교육을 구현하기 위한 융합 수업은 단순히 AI 기술을 교육에 활용하는 것을 넘어서, 융합적 STEM 교육의 틀 안에서 이루어지고 있다.

그림 1

기후 변화 문제 해결을 위한 융합적 접근



출처: AI 생성 이미지

해외의 여러 혁신학교들이 운영 중인 ‘융합형 프로젝트 수업’은 학생들이 복잡한 주제에 몰입하며 다양한 시각에서 접근할 수 있도록 한다. 그래서 미래 사회가 요구하는 △문제 정의 역량 △창의적 문제 해결 역량 △종합적 사고 능력 △협업 역량을 동시에 길러내는 역할을 수행한다.

(2) AI의 지식과 방법론을 반영한 STEM 교육

STEM 교육과정의 경우도 AI의 핵심 개념과 방법이 실제 수업 내용에 반영되는 변화가 일어나고 있다. 머신러닝과 신경망, 그리고 최적화와 같은 새로운 AI 지식은 이제 정보 교과에만 국한되지 않고, STEM 전반에서 기본적으로 익혀야 할 핵심 방법론이 되고 있다.

예를 들어, 공학 설계에서 AI 기반의 최적화 기법을 활용하거나, 생물학 연구에서 딥러닝으로 이미지를 분석하는 일은 이미 일반적인 방식이 되었다. 단백질 구조를 예측한 알파폴드^{AlphaFold} 사례는 AI가 과학의 난제를 해결하며 새로운 연구의 길을 열 수 있음을 잘 보여준다.

우리나라 고등학교에서도 2021년부터 정보 교과에 ‘인공지능 기초’, 수학 교과에 ‘인공지능 수학’이 진로 선택 과목으로 추가되었고, 2022 개정 교육과정에서는 정보 교과에 ‘데이터 과학’이 새로 포함되었다. 정보와 수학에서 AI의 기본 원리를 배우게 되면서, STEM 교육에서도 AI 방법론을 활용한 융합적 문제 해결 수업이 가능해졌다.

AI 시대에는 데이터 리터러시와 AI 리터러시가 필수 소양으로 자리 잡으며, 이를 교육과정에 통합하려는 움직임이 활발해지고 있다. 특히 데이터 리터러시는 AI와 각 교과를 연결하는 공통 언어로, 가설을 세우고 데이터를 통해 검증하는 능력, 통계적으로 패턴을 찾는 능력, 그리고 공학적 설계를 데이터로 최적화하는 능력을 함께 길러준다.

또한 데이터 윤리, AI 활용의 윤리, 개인정보 보호, 알고리즘 편향 등과 같은 주제를 함께 다루으로써 학생들이 단순히 데이터를 다루는 것을 넘어 사회적 책임과 윤리적 사고를 함께 기를 수 있도록 해야 한다.

(3) 개별 학습을 위한 AI의 활용

AI 기반 에듀테크는 학습자의 데이터를 분석해 맞춤형 피드백을 제공하고, 지능형 튜터링 시스템을 통해 개인별 학습 경로를 설계할 수 있는 가능성을 가지고 있다. 이는 교사를 대체하기보다, 교사의 역할을 확장해 학급 내 다양한 학습자에게 개별화된 지원을 제공하도록 돕는다.

예를 들어, 학생의 학습 기록을 바탕으로 이해 수준을 파악하고, 개인 맞춤형 학습 콘텐츠를 제안하는 시스템은 STEM 수업의 한계를 보완할 수 있다. 또한 AI는 학습자의 수준 선호나 학습 속도를 정밀하게 분석해서 최적화된 학습 경로를 제시할 수 있다.

이 외에도 최근 주목받는 대화형 AI 도구는 개별 학습과 자기 주도 학습을 촉진하는 중요한 수단으로 부상하고 있다. 학생들은 챗GPT와 같은 대화형 AI를 활용하여 개념 설명을 반복적으로 요청하거나, 문제 해결 과정을 단계별로 탐색하며, 과제 수행 중 즉각적인 피드백을 받아 학습을 심화할 수 있다.

이러한 도구는 단순한 학습 보조를 넘어, 학생이 학습 과정을 스스로 설계하고 주도할 수 있는 환경을 제공한다. 특히 학습자가 자신의 부족한 부분을 인식하고 AI와의 대화를 통해 능동적으로 학습을 확장하는 과정은 메타인지적 성찰 능력을 키우며, 장기적으로 자기 주도적 학습 역량을 높이는 데 도움이 된다.

한편 개인화된 맞춤형 학습은 학습 격차를 줄이는 데에도 기여할 수 있다. 다양한 배경의 학생들이 자신의 역량과 속도에 맞춰 학습할 수 있는 환경을 제공한다면, 교육

기회가 확대될 것이다. 실제 연구에서도 적응형 학습 플랫폼을 활용한 수업을 통해 성취도가 낮았던 학생들이 점차 학습 속도를 따라잡는 결과가 보고되고 있다. 따라서 개인화 학습의 공교육 도입은 AI 시대 STEM 교육 혁신의 핵심 전략이 되어야 한다.

(4) AI를 활용한 협력적 소통 중심 학습 지원

챗GPT와 같은 생성형 AI는 학생들의 협력적 학습과 의사소통 방식을 한층 확장시키고 있다. 학생들은 AI를 활용해 아이디어를 구체화하고 다양한 관점을 탐색하며, 팀 프로젝트 과정에서 AI를 보조 도구로 사용해 의사소통의 효율을 높일 수 있다. 이러한 경험은 단순히 결과물을 만드는 것을 넘어, 학생들이 상호작용 속에서 사고를 넓히고 공동의 지식을 만들어가는 능력을 기르는 데 도움을 준다.

실제 수업 현장에서는 AI를 활용한 협력 프로젝트 학습이 활발히 이루어지고 있다. 예를 들어, 국내에서 진행된 연구 중에 중등 STEM 수업에서 소규모 팀이 환경 문제를 주제로 프로젝트를 수행할 때 챗GPT를 활용해서 △아이디어 브레인스토밍 △실험 설계 제안 △자료 정리 △발표 자료 제작 등을 지원한 사례가 있다. 지원 결과 학생들은 AI의 제안을 그대로 받아들이기보다 비판적으로 검토하고 수정하는 과정을 거치며 토론의 깊이와 상호 피드백의 질이 향상되었다고 보고된 바 있다.

또 다른 사례로, 대학의 공학 디자인 수업에서는 생성형 AI를 팀 보고서 작성과 프로그램 오류를 수정하는 ‘코드디버깅^{code debugging}’ 과정에 활용했는데, 학생들은 반복적인 문서 작성이나 단순 오류 수정에 드는 시간을 줄이고, 협력 토론과 창의적 설계에 더 많은 시간을 집중할 수 있었다는 긍정적 효과가 나타났다.

한편, AI 기반의 맞춤형 학습이 확대되면서 학생들이 디지털 환경에 과도하게 노출되거나 사회적 상호작용 기회가 줄어드는 것에 대한 우려도 있다. 그러나 협력적 문제 해결, 토론, 그리고 교사와 학생 간의 실시간 의사소통은 학습 동기와 맥락을 제공하고 지식과 역량을 함께 발전시키는 효과적인 방법이다. 따라서 AI 기술은 이러한 상호작용을 보완하고, 실시간 참여와 문제 해결을 촉진하는 방향으로 적극적으로 수업에 활용되어야 한다.

(5) AI를 활용한 가상현실 등 체험용 교육 도구의 개발과 활용

증강현실^{AR}과 가상현실^{VR}, 그리고 3D 시뮬레이션 기술은 학생들이 STEM 개념을 몰입적으로 경험하도록 돕고, 개념 이해와 응용 능력을 크게 높여준다. 예를 들어, 화학 반응의 분자 구조를 AR 환경에서 직접 조작하거나, 가상 실험실에서 공학적 시뮬레이션을 수행하거나, 바다 오염의 현실을 체험하도록 할 수도 있다. 연구 결과에 따르면 이러한 몰입형 학습 환경은 학생들의 집중력과 학습 동기를 높이는 데 있어 효과적인 것으로 나타났다.

그림 2

Stanford 대학에서 개발한 바다 오염 체험 VR



출처: Stanford Human Interaction Lab

특히 AI와 결합된 AR과 VR 기술은 학생의 행동 데이터를 분석해 학습 난이도를 조절하거나, 실험 과정에서 생길 수 있는 오류나 탐구 단계를 실시간으로 피드백할 수 있다. 가상현실을 활용한 STEM 교육은 실제와 유사한 체험을 제공하여 STEM 학습에서 중요한 실험과 탐구의 경험을 보완해 준다. 따라서 이러한 체험형 교육 도구의 개발과 활용은 앞으로 STEM 교육 혁신을 이끌 핵심 요소가 될 것이다.

(6) STEM 메이커 교육에 생성형 AI 도구 활용

메이커 교육은 학생들이 스스로 아이디어를 구상하고 설계하며 만들어보는 과정을 통해 창의력과 문제 해결 능력을 기르는 학습 방식이다. 여기에 AI 도구가 결합되면 이러한 학습이 한층 강화된다.

예를 들어, AI 기반 CAD^{Computer-Aided Design} 툴과 3D 프린팅 기술을 활용하면 학생들은 자신의 설계를 빠르게 시각화하고 수정하며, 반복적인 개선 과정을 경험할 수 있다. 또한 로봇틱스 교육에 AI를 접목하면 단순한 로봇 조립을 넘어서, 학생이 직접 알고리즘을 설계하고 성능을 최적화하면서 자율 설계 역량을 발전시킬 수 있다.

로봇틱스 분야의 대표적인 사례로는 독일의 ‘Open Roberta Lab(lab.open-roberta.org)’ 플랫폼이 있다. 이 플랫폼은 블록 코딩으로 로봇을 제어하면서 ‘인공신경망^{neural networks}’을 시각적으로 이해하도록 설계되어 있다. 학생들은 로봇이 장애물을 피하도록 신경망을 학습시키는 과정을 통해 AI의 원리를 체험하고, 이를 실제 로봇 설계에 적용할 수 있다.

그림 3

Open Roberta Lab 프로젝트의 로봇 만들기 도구



출처: Open Roberta Lab

또한 노코드(no-code)와 블록 코딩 기반의 제작 도구들은 학생들이 복잡한 코딩 지식 없이도 웹이나 앱을 만들 수 있게 한다. 예를 들어, Thunkable 같은 플랫폼에서는 사용자가 앱을 개발할 때 생성형 AI가 UI 디자인과 기능 제안은 물론, 코드 생성까지 도와주어 문제 해결력과 디지털 문해력을 높여준다. 이런 도구들은 학생들이 아이디어를 빠르게 프로토타입으로 구체화하도록 도와 창의적 메이킹 경험을 넓히고, AI를 활용한 제작 활동을 통해 미래 직업 세계를 미리 체험할 수 있게 한다.



AI 시대 STEM 교육 방법의 혁신



가 AI 기술이 이끄는 STEM 교육의 개요 및 수업 혁신 사례

AI 기술의 발전은 STEM 교육의 혁신을 이끄는 핵심 동력으로 주목받고 있다. 인터넷과 스마트 기기의 확산과 함께 AI의 도입은 교실 수업의 방식을 근본적으로 바꾸고 있다. 미국 K-12 교사를 대상으로 한 조사에 따르면, 95%가 에듀테크가 학습 활동을 개선할 수 있다고 응답했고, 80%는 학생들의 수업 몰입도가 높아졌다고 답했다. 이는 AI 기술이 적용된 에듀테크가 수업의 질을 높이고 교육 패러다임의 변화를 촉진하는 중요한 요인임을 보여준다.

전 세계적으로도 AI를 STEM 교육에 적용하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다. 미국의 칸아카데미는 AI 튜터 'Khanmigo'를 통해 학생의 수준과 학습 패턴을 실시간 분석하고, 잘못된 개념을 진단해서 맞춤형 학습 경로까지 제시한다. 이를 통해 교사는 학습 이해도를 정밀하게 파악하고, 학생은 자기주도적 STEM 학습 역량을 강화한다.

또한 중국의 ‘Yuanfudao’와 ‘Zuoyebang’은 수억 건의 학습 데이터를 기반으로 AI가 학습자의 오답 유형, 시간 사용, 학습 이력 등을 분석해 개인별 STEM 학습 코스를 제안한다.

이러한 빅데이터 기반 AI 학습 시스템은 대규모 학급에서도 개별화 교육을 실현하며 학습 효율과 성취도를 높이고 있는 중이다. 일본 문부과학성은 ‘AI 튜터 프로젝트’를 중심으로 AI를 교사의 수업 설계, 평가, 피드백을 지원하는 도구로 활용하고 있다. 일부 고등학교에서는 AI가 과학 실험 보고서를 자동 분석해 피드백을 제공하고, 교사는 그 결과를 토대로 개별 지도를 강화하고 있다.

우리나라에서도 AI를 수업 현장에 도입하는 STEM 교사들이 늘어나고 있다. 실험 설계, 데이터 분석, 과학 글쓰기 등 다양한 분야에서 AI가 활용되며, 교사와 학생 모두 새로운 학습 경험을 하고 있다. 정부 또한 이러한 움직임이 학교 현장 전반으로 확산될 수 있도록 정책적·제도적 지원을 확대하고 있다.

나 AI 기반 교육정책과 쟁점

AI 기반의 혁신적 수업이 확대될수록 이를 긍정적으로만 보지 않는 시선도 늘어나고 있는 것도 사실이다. 특히 이전 정부가 추진했던 ‘AI 디지털 교과서^{AIDT}’ 정책은 많은 논란을 불러왔다. 학부모들은 학생들의 디지털 기기 의존을 우려했고, 전문가들은 막대한 예산 대비 학습 효과가 불확실하다고 지적했다. 또한 충분한 검증 없이 정책이 확대되면 학생들의 학습 환경과 인지·정서 발달에 부정적 영향을 줄 수 있다는 비판도 있었다.

이러한 논의 끝에 AIDT의 법적 지위가 ‘교과서’에서 ‘교육자료’로 변경되는 「초·중등교육법 일부개정법률안」이 지난 8월 국회를 통과했다. 이로 인해 일각에서는 국내 AI 활용 교육의 추진 동력이 약화될 수 있다는 우려가 제기되고 있다.

다 AI가 STEM 교육에 기여한 세 가지 변화

여러 가지 우려에도 불구하고 STEM 교육에서의 AI의 활용은 피할 수 없는 흐름이 되고 있다. AI 기술의 빠른 발전으로 수업 전반에 AI 적용 가능성이 빠르게 확산되고 있기 때문이다. AI가 STEM 교육에 가져올 변화는 크게 세 가지 측면으로 정리할 수 있다.

첫째, 학습 효율성의 향상이다. AI는 학생의 학습 데이터를 분석해 개인별 맞춤형 피드백을 제공함으로써 학습의 질을 높인다. 특히 ‘적응형 학습^{Adaptive Learning}’은 학습자의 수준과 속도에 따라 학습 내용을 자동으로 조정해 STEM 학습 격차를 줄이는 핵심 수단으로 주목받고 있다. 이러한 AI 기반 학습 시스템은 온라인 학습과 교실 수업을 자연스럽게 연계함으로써, 학습의 효율성과 효과를 동시에 극대화할 수 있을 것으로 기대를 모으고 있다.

둘째, 학생 주도형 프로젝트 수업의 활성화이다. AI의 지원을 통해 학생들은 실생활 문제를 보다 명확하게 정의할 수 있으며, 문제 해결을 위한 데이터 수집 과정도 체계적으로 설계할 수 있다. 수집한 데이터를 AI를 활용해 손쉽게 분석하거나 시각화함으로써 탐구의 깊이를 높일 수 있고, 필요한 논문이나 자료를 빠르고 효율적으로 찾을 수도 있다. 이를 통해 학생들은 논리적이고 구조적인 보고서를 작성하며, 구체적인 문제 해결에 한 걸음 더 다가갈 수 있다. 또한 온라인 커뮤니티와 전문가 네트워크를 통한 협업을 통해 창의적 문제 해결력과 협업 역량을 함께 강화할 수 있을 것으로 예측되고 있다.

셋째, 교실과 학교 문화의 개선이다. AI 기반 학생 반응 시스템과 참여도 분석 도구는 교사의 수업 중 상호작용을 강화해 수업 몰입도를 높인다. 학부모와 학생, 그리고 교사 간의 소통과 협력도 더욱 활발해지고, 학습 전 과정에 대한 실시간 피드백과 개인 맞춤 지원이 가능해진다. 이러한 AI 도구의 활용은 학생의 학습 태도와 행동 변화를 긍정적으로 유도해서, 교실 문화를 개방적이면서도 참여도가 높은 학습 공동체로 발전시키는 데 있어 크게 기여할 것으로 보인다.

이러한 변화는 AI가 STEM 교육을 더욱 개별화되고, 협력적이며, 탐구 중심으로 발전시키는 핵심 동력임을 보여주는 증거다. 그리고 그런 변화는 ‘혼합형 수업^{Blended}

Learning'의 확산으로 구체화되고 있다. 혼합형 수업은 온라인 학습, 대면 수업, 프로젝트 활동을 결합하여 교실을 단순한 지식 전달의 공간에서 토론과 협력, 그리고 프로젝트 중심 학습이 이루어지는 장으로 바꾸고 있으며, 이는 STEM 교육 혁신을 이끄는 중요한 흐름으로 평가되고 있다.

라 AI 융합형 교육과정과 학습 방식의 전환

AI가 STEM 교육에 기여한 변화는 교육과정에도 다양하게 반영되고 있다. 2022 개정 교육과정은 탐구 기반 학습을 핵심으로 제시하며, 학생들이 실제 문제 상황 속에서 융합적으로 사고하고 창의적으로 문제를 해결하는 역량을 기를 수 있도록 설계되었다. 이는 STEM 교육에서 AI를 단순한 보조 도구로 사용하는 수준을 넘어, 학생들의 문제 해결 전 과정에 적극적으로 통합·활용하도록 하는 방향으로 나아가고 있음을 의미한다.

하지만 학교 현장의 수업은 아직 교과 중심의 틀을 완전히 벗어나지 못하고 있는 것이 현실이다. AI 기술을 적극적으로 도입하려는 교사들의 노력이 이어지고 있지만, 학생들이 실제로 수업 변화를 체감하기는 여전히 쉽지 않은 상황이다. 그럼에도 불구하고 AI 기술이 더욱 발전할수록 지식과 개념 중심의 학습은 온라인으로 확대되고, 교실에서는 프로젝트 기반 학습(Project-Based Learning) 중심으로 바뀌는 흐름이 강화될 것으로 보인다.

평가 방식도 변하고 있다. 기존의 지식 및 개념 중심의 평가에서 벗어나, 탐구 과정과 문제 해결 과정을 중시하는 평가로의 전환이 가속화되고 있다. 현재 많은 교사들은 이러한 변화에 대응하기 위해 과정 중심 평가 방법을 설계하고 적용하는 연구를 진행하고 있으며, 동시에 AI를 평가 과정에 활용하는 방안도 모색하고 있다. 앞으로는 AI가 학습자의 학습 데이터를 분석하고 개별 맞춤형 피드백을 제공함으로써, 과정 중심 평가에서도 중요한 역할을 할 것으로 전망되고 있다.

마 AI 활용 수업 도구와 실제 적용 사례

현장 교사들은 새롭게 등장하는 AI 기술을 수업에 즉각적으로 적용하기 위해 끊임없이 노력하고 있으며, 특히 ‘프로젝트 기반 학습^{PBL}’에 이를 적극 활용하고 있다. 생성형 AI인 챗GPT는 과학 글쓰기와 실험 설계에서 아이디어 구상과 논리 전개를 지원하는 데 활용되고 있으며, Orange3는 데이터 분석과 시각화를 위한 실습형 교육 도구로 사용되고 있다. 또한 구글의 Teachable Machine도 이미지와 음성 분류 학습에 활용되어, 학생들이 머신러닝의 기본 개념을 직접 체험하며 이해할 수 있도록 돕고 있다.

이뿐만이 아니다. AlphaFold 같은 첨단 AI 기술은 단백질 구조를 실시간으로 분석하고 예측할 수 있게 하여, 생명과학과 AI를 함께 배우는 융합 학습을 가능하게 한다. 이러한 AI 도구가 널리 퍼지면서 학생들이 직접 암 진단 AI 모델을 만들거나 실험 데이터를 바탕으로 탐구하는 수업도 현실이 되고 있다.

이처럼 AI 기반 STEM 교육은 최신 과학기술과 직접 연결된 실제적이고 생생한 학습 경험으로 확장되고 있으며, 학생들의 탐구 능력, 창의적 문제 해결력, 데이터 활용 능력을 동시에 키울 수 있다.

바 교사 중심의 지속 가능한 AI 기반 STEM 교육

AI 기반 STEM 교육에 장밋빛 미래만이 있는 것은 아니다. 교사와 학교가 기술을 받아들이고 활용하는 능력을 강화하는 것은 여전히 풀어야 할 과제이다. STEM 교육은 탐구와 문제 해결 중심으로 이루어지므로, 교사가 통합적인 관점에서 AI를 효과적으로 수업에 적용할 수 있는 역량을 갖추는 것이 필수적이다. 그러나 현재 교사의 역량은 이러한 요구를 충분히 따라가지 못하고 있다.

또한 현재 교실에서 쓰는 AI 기술은 대부분 교육용으로 특별히 만들어진 것이 아니기 때문에, 수업에 활용하는 데 여러 제약이 있다. 이러한 한계를 해결하려면 STEM 교육에 최적화된 전용 AI 플랫폼을 만들어야 한다. 과학 실험 도구, 데이터 분석 도구, AI 기반 학습 도구 등이 한곳에서 통합 제공되어야 교사와 학생이 쉽게 AI 기술을 활용할 수

있다. 이러한 플랫폼이 만들어진다면, 탐구 활동부터 온라인 학습, 과정 중심 평가까지 전 과정에서 AI 기술이 자연스럽게 활용될 수 있으며, 이는 STEM 교육의 혁신적 전환을 앞당기는 핵심 기반이 될 것이다.

이러한 플랫폼은 교사들이 직접 기획과 개발 과정에 참여하여, 현장 경험을 바탕으로 설계하고 운영하는 방식으로 만들어져야 하는데, 현재 교사 중심으로 개발되어 운영되고 있는 한국과학창의재단의 ‘지능형 과학실 ON’이 이러한 모델의 대표적 사례다. ‘지능형 과학실 ON’ 플랫폼은 디지털 기반의 STEM 교육 환경을 일차적으로 완성했으며, 현재는 AI 기술을 단계적으로 도입하는 중이다.

‘지능형 과학실 ON’은 단순히 외부 개발자가 만들어 제공하는 시스템이 아니라, 현장 교사들이 STEM 수업에 필요한 기능을 직접 제안하고, 이를 수업에 적용하며 개선해 나가는 참여형 플랫폼이다. 또한 교사들이 스스로 도입 가능한 AI 기술을 찾아보고 실험함으로써, 현장 중심의 혁신을 이끌고 있다. 이처럼 STEM 교사 커뮤니티가 주도적으로 개발에 참여하는 과정 자체가 곧 교사 역량을 키우는 프로그램으로 작동하고 있으며, 이는 AI 기반 STEM 교육의 지속 가능한 발전 모델로 주목받고 있다.

결론적으로, AI 기반 STEM 교육 방법의 혁신은 지금도 진행 중이다. 새로운 AI 기술이 나올 때마다 STEM 교육은 계속해서 변화와 도전을 맞이하게 될 것이다. 미래 과학기술인재를 키우기 위한 이상적인 STEM 교육의 실현은 AI 기술을 수업에 적극적으로 도입하고 실험하려는 교사들의 주도적 노력을 통해 이루어질 것이다. 그런 점에서 AI 기술에 대해 개방적이고 협력적인 교사 문화를 만드는 것이 무엇보다 중요하다.





AI 시대의 STEM 개인화 학습



가 AI 기반 개인화 학습의 의미와 발전

AI의 발전으로 교육 분야에서 개인 맞춤형 학습이 한층 더 확대되었다. 특히 STEM 교육에서 AI를 활용하면 학생마다 다른 실력과 관심사에 맞춰 문제를 자동으로 골라주고 제공할 수 있다는 점에서 큰 의미가 있다. 특히 학생들의 수준 차이가 크게 나타나는 STEM 과목에서 이러한 맞춤형 접근은 더욱 효과적일 것으로 기대를 모으고 있다.

최근 주목받는 대형언어모델^{LLM} 같은 생성형 AI는 학생과 대화하고, 학습 자료를 만들고, 문제를 풀고, 데이터를 분석하는 등 여러 영역에서 뛰어난 능력을 보이며 교육 현장에 새로운 변화를 가져오고 있다. 이번 장에서는 AI 기술을 실제 교육에 적용한 주요 서비스 사례들을 살펴보고, 개인 맞춤형 학습을 돕는 AI 튜터를 만들 때 고려해야 할 핵심 요소들을 소개해 본다.

나 AI 기반 개인화 학습 서비스 사례

칸아카데미^{Khan Academy}가 개발한 칸미고^{Khanmigo}는 생성형 AI를 교육 현장에 적용한 대표적 사례로 주목받고 있다. 오픈AI의 GPT 언어모델을 기반으로 설계된 이 AI 튜터는 학습자의 질문에 대화형으로 응답하고, 실시간으로 사고 과정을 점검하거나 학습 방향을 제시하는 기능을 제공한다.

특히 STEM 분야에서 칸미고는 개념 이해를 돕는 설명, 단계별 문제 풀이 조언, 힌트 제공 등을 통해 학생의 사고 흐름에 맞춘 피드백을 지원하며, 정답 제시보다 사고 유도를 중시에 둔 설계가 특징이다. 교사에게는 학습 진행 상황을 요약해 주고, 수준별 그룹 구성을 제안하거나 학생의 학습 데이터를 활용해 수업 설계를 돕는 기능이 제공된다. 이처럼 칸미고는 교사와 AI가 함께 학습 경험을 만들어가는 협력형 모델로, 개인화 학습의 실현 가능성을 구체적으로 보여주고 있다.

칸미고 외에도 다양한 AI 기반 개인화 학습 서비스가 교육 현장에서 활용되고 있다. 대표적 모델인 수학 학습 플랫폼 ‘드림박스^{DreamBox}’는 학습자의 반응과 정답 여부, 그리고 문제 풀이 시간 등 40가지 이상의 데이터를 분석하여 학습자의 수준과 패턴을 파악하고, 이에 맞는 다음 학습 과정을 자동으로 제안하도록 설계되어 있다. DreamBox는 단순한 문제 출제를 넘어 학습자의 수학적 사고 과정을 분석하여 학생이 어떤 부분을 잘 이해했고, 어떤 부분에서 어려움을 겪는지를 알려주는 피드백을 제공한다는 점에서 교육적 가치가 높다.

또한 Carnegie Learning과 Squirrel AI, 그리고 Century Tech 같은 플랫폼도 AI 기술을 활용해서 개별 학습 데이터를 기반으로 맞춤형 콘텐츠를 제공하며, 점차 더 많은 교육기관이 이를 수업에 도입하고 있다. 이들 서비스는 각기 다른 방식으로 학습자 중심 교육을 실현하며, AI가 정답을 주는 도구가 아니라 사고를 유도하고 확장하는 파트너가 될 수 있음을 보여주고 있다.

다 효과적인 개인화 학습을 위한 AI 튜터 설계의 네 가지 상호작용 단계

AI 기반 개인화 학습의 효과는 기술의 정교함만으로 결정되지 않는다. 더 중요한 것은 학습자와 AI 튜터 간의 상호작용이 어떻게 교육적으로 설계되느냐에 달려 있다고 볼 수 있다. 따라서 이번 장에서는 AI 튜터가 학생과 상호작용하는 네 가지 핵심 단계인 △질문 제시 △문제 풀이 지원 △평가 △피드백을 중심으로 효과적인 개인화 학습을 위한 고려 사항을 살펴보고자 한다.

첫 번째 단계는 AI 튜터가 학생에게 문제를 제시하는 것이다. 효과적인 질문은 정답만 묻는 것이 아니라, 학습자의 기존 지식과 연결해 사고를 자극해야 한다. 구성주의 학습 이론에 따르면, 학습자는 자신의 경험과 배경지식을 바탕으로 새로운 개념을 구성한다. 그러므로 AI는 학습자의 수준과 맥락을 고려해 개인화된 문제를 제시함으로써 학습 효율을 높일 수 있다. 최근 연구에서도 동일한 개념을 가르칠 때 학생 특성에 맞게 질문 방식을 변경하면 학습 효과에 차이가 발생한다고 보고되어 있다. 이는 AI 튜터가 학습자 맞춤형 질문을 생성하고 제공할 능력을 갖춰야 함을 의미한다.

또한 두 번째 단계는 학생이 문제를 푸는 과정에서 AI가 개입하는 방식이다. 여기서 중요한 것은 정답을 바로 알려주는 것이 아니라, 학습자의 사고를 이끄는 소크라틱^{Socratic} 질문 방식을 활용하는 것이다. AI는 적절한 시기에 질문이나 힌트를 제공해서 학생 스스로 문제 해결 전략을 세울 수 있도록 도와야 한다. 특히 일대일 상황뿐 아니라 여러 학생과 동시 상호작용할 때도 AI가 각자의 사고 흐름을 파악하고 맞춤 반응을 보내는 설계가 필요하다. 최근에는 어떤 유형의 질문이 특정한 인지 상태에서도 효과적인지 자동으로 판단하는 연구도 활발히 진행되고 있다. 이는 AI가 단순한 지식 전달의 도구를 넘어 학습자의 사고 흐름을 이해하고 조율하는 교육 파트너로 발전할 수 있음을 보여준다.

이어서 세 번째 단계는 학습자의 이해도를 평가하는 과정이다. 기존 시험 중심 평가는 학생이 긴장하거나 위축될 수 있고, 실제 이해도와 다른 결과가 나올 수 있다. 반면 AI 기반 학습에서는 학생의 학습 행동 데이터를 기반으로 한 자연스러운 평가가 가능하다. 예를 들어, 터치스크린에서 수학 문제를 풀 때 손가락 움직임을 분석해 집중도나 이해도를 판단하거나, AI 튜터와의 대화를 분석해 개념 습득 여부를 추론하는 연구가 그

가능성을 보여준다. 이런 평가 방식은 학습 흐름을 방해하지 않으면서도 정확한 진단 정보를 제공하여 개인화 학습을 진행하는 데 있어서 매우 적합하다.

마지막으로 네 번째 단계는 피드백을 제공하는 방식이다. 단순히 정답과 오답을 알려주는 것을 넘어, 학생이 어떤 과정으로 답을 도출했는지, 어떤 오개념이 있었는지 설명하는 피드백이 필요하다. 이를 위해 최근에는 AI가 문제 풀이 과정을 스스로 밝히는 ‘설명 가능한 AI 기술^{XAI}’이 도입되고 있으며, ‘왜 맞는지’ 또는 ‘왜 틀렸는지’를 체계적으로 설명하는 기능도 발전하고 있다. 이러한 정교한 피드백은 학습자의 자기 이해를 높이고, 향후 학습 전략 개선으로도 이어질 수 있다.

결론적으로 볼 때, AI 튜터는 단순한 콘텐츠 제공기가 아니라 질문을 던지고 유도하며, 관찰하고 해석하고, 피드백을 설계하는 학습 파트너로 성장할 수 있다. 따라서 이 네 가지 상호작용 단계가 잘 설계되고 통합될 때, AI 기반 개인화 학습은 진정한 ‘맞춤형 배움’을 실현할 수 있을 것이다.

라 AI 기반 개인화 학습의 한계와 과제

AI 기반의 개인화 학습은 STEM 교육의 가능성을 넓혀주는 강력한 도구이지만, 그 활용에는 신중한 접근이 필요하다. 기술을 교육에 도입할 때는 학습자의 성장에 미칠 영향과 함께 발생할 수 있는 새로운 위험 요소를 반드시 고려해야 한다. 이번 장에서는 그런 점을 고려하는 특히 주목해야 할 세 가지 핵심 과제를 다루고자 한다.

첫째, 기술 의존과 사고력 저하 문제다. AI 학습 시스템이 제공하는 빠르고 정교한 피드백은 분명한 장점이지만, 동시에 학습자가 스스로 생각하고 탐구하는 기회를 제한할 수 있다는 점은 단점이 될 수 있다. AI가 지나치게 빠른 정답 제시나 과도한 힌트 제공에 치우칠 경우, 학생들은 문제 해결을 위한 사고 과정과 전략 수립의 기회를 잃기 쉬운 것이다. 이러한 상황이 지속되면 문제 해결 능력, 창의적 사고, 자기 주도 학습 역량이 점차 약화될 수 있다. 학습은 단순한 정보 전달이 아닌 문제를 재구성하고 탐색하며 실패를 통해 성장하는 복잡한 인지 과정이다. 따라서 AI는 해답을 알려주는 도구가 아니라 사고를 촉진하는 매개체로 설계되어야만 한다.

둘째는 데이터 편향과 형평성 문제를 들 수 있다. AI 시스템은 기존에 수집된 대규모 학습 데이터에 의존하는데, 이 데이터가 특정 지역, 언어, 문화, 사회경제적 배경에 편중되어 있다면 AI의 콘텐츠와 피드백도 같은 편향을 보일 수 있다. 예를 들어 특정 배경의 학습자에게 적합하지 않은 예시나 문제가 반복 추천된다면, 오히려 개인화 학습이 학습자의 다양성을 무시하는 기계적 접근이 될 수 있다. 따라서 공정한 교육을 구현하려면 데이터 수집과 알고리즘 설계 단계부터 지속적인 검증과 투명성이 보장되어야 한다.

셋째는 교사 역할의 약화와 교육 책임의 모호함이다. AI가 진단, 피드백, 콘텐츠 제공을 담당하더라도 교사는 교육 과정의 중심에 위치해야 한다. 교육은 단순한 지식 전달이 아니라 학습자의 정서, 상황, 관계를 이해하고 조율하는 포괄적인 과정이기 때문이다. 이런 시각에서 볼 때 AI는 학습 상태를 데이터로 분석할 수 있지만, 학생이 경험하는 좌절, 흥미, 불안 같은 정서적 요소를 섬세하게 읽고 대처하기에는 한계가 있다. 또한 학습 성과에 대한 책임 소재가 교사와 AI 시스템 사이에서 모호해질 수 있다. 그런 이유로 AI 기반 학습 환경에서도 교사는 학습자의 사고를 확장하고 교육 방향을 설정하는 주체로 남아야 하며, AI는 이를 보조하는 도구로 기능해야 한다.

앞에서 제시한 AI의 한계는 AI 기술 자체의 문제라기보다 그 설계와 활용 방식에 따라 달라지는 문제라고 할 수 있다. 기술 중심의 접근은 교육의 본질을 훼손할 수 있기 때문에, 진정한 학습의 혁신은 △인간 중심의 설계 △공정한 데이터 환경 △교사와 학생, 그리고 AI 간의 균형 잡힌 협력 관계 위에서 가능하다는 것이 대다수 전문가들의 의견이다. AI가 교육을 변화시키도록 내버려두는 것이 아니라, 우리가 추구하는 교육의 방향에 따라 AI를 설계해야 하는 이유가 여기에 있다.

마 결론

AI 기반의 개인화 학습이 STEM 교육의 핵심 도구로 자리 잡을 것이라는 전망이 지배적이다. 칸미고 같은 AI 튜터의 경우 교사와 학생 모두에게 실질적인 지원을 제공하며, 학습자 수준에 맞춘 피드백을 통해 교육 격차를 해소하는 데 기여할 수 있기 때문이다. 하지만 아무리 교육과 관련된 첨단 기술 도입된다고 하더라도 교육의

모든 문제를 해결해 주지는 않는다. 기술 발전만으로는 교육의 근본적인 과제가 사라지지 않으므로, 우리는 어떤 교육을 추구할 것인지에 대한 본질적 질문을 다음과 같이 계속 던져야만 한다.

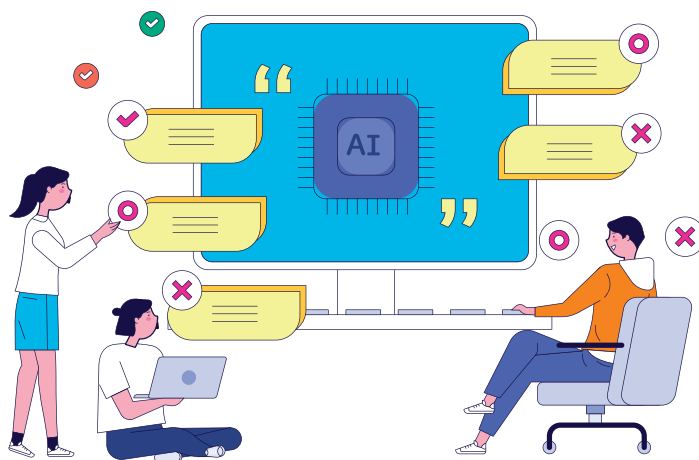
첫째, 교육은 시험 대비를 넘어 역량 중심 체제로 전환되어야 한다. 기존 교육은 정답을 빠르게 찾는 능력에 집중하는 경향이 있었다. 반면 AI 기반 학습은 문제 해결 과정, 사고 흐름, 힌트 활용 방식 등 다양한 학습 데이터를 실시간으로 수집하고 분석할 수 있다. 이를 통해 결과 중심 평가의 한계를 넘어 과정 중심 피드백과 개인별 성장을 추적하는 것이 가능해졌다. 이제 정답 개수보다 어떻게 사고했는지, 왜 그런 접근을 선택했는지가 더 중요한 학습 지표가 되어야 하는 것이다.

둘째, AI는 창의성과 비판적 사고를 확장하는 도구로 작용해야 한다. AI가 반복 학습이나 정보 정리, 또는 기초 개념 설명 등을 담당하면, 교사는 학생과 함께 탐구하고 토론하며 문제를 재구성하는 활동에 더 집중할 수 있다. 과학 시간에는 실험 설계에 대한 심층 논의가 가능해지고, 사회 시간에는 정보의 비판적 해석과 논리적 주장 구성에 더 많은 시간을 투자할 수 있는 것이다. 다시 말해 AI는 도구에 머물러야 하며, 교사는 학생의 사고를 이끄는 주체적 안내자로서 중심 역할을 유지해야만 한다.

AI는 교육을 대체하는 존재가 아니라 심화 학습을 가능하게 하는 촉진제다. 기술 자체보다 중요한 것은 그 기술이 어떻게 활용되며, 누구에게 어떤 기회를 제공하고, 학습 문화의 방향을 설정하는 것이다. 미래 교육은 기술 주도 변화가 아닌 인간 중심 변화를 지향해야만 한다. 결국 AI 기반 개인화 학습의 성패는 기술적 가능성을 넘어 교육 철학에 대한 성찰과 실천적 설계에 달려 있다고 할 수 있다.

IV

AI 네이티브 세대를 위한 AI 리터러시 교육



가 서론

오늘날의 학생들은 태어날 때부터 AI와 함께 자라는 ‘AI 네이티브 세대’이다. 인터넷 세대에게 인터넷이 특별한 기술이 아닌 일상의 도구인 것처럼, 이들에게 AI는 앞으로 자연스러운 일상의 도구가 될 것이다. 하지만 AI에 익숙하다고 해서 AI를 제대로 이해하고 활용한다는 뜻은 아니다. 오히려 새로운 문제가 생길 수 있다. AI라고 하면 무비판적으로 받아들이거나 지나치게 의존하는 것이 그 사례이다.

이번 장에서는 AI 네이티브 세대에게 꼭 필요한 AI 리터러시, 즉 문해력의 개념을 살펴보고자 한다. AI 리터러시란 AI를 이해하고 활용하는 능력을 말하는데, 단순한 기술 습득을 넘어서는 AI 리터러시 교육 방안이 필요하다. 비판적 사고는 물론, 윤리적 성찰과 창의적 협업 능력까지 아우르는 포괄적 역량으로서의 AI 리터러시 교육 방안이다.

나 AI 리터러시의 정의 - 코딩을 넘어선 통합적 역량

(1) AI 리터러시의 다층적 구조

전통적 문해력이 읽기와 쓰기를 넘어 비판적 사고와 창의적 표현을 포함하듯, AI 리터러시도 단순 기술 활용을 넘어 복합적 역량으로 정의된다. AI 리터러시 교육의 표준을 정립하는 데 있어 선도적인 역할을 하고 있는 CCR^{Center for Curriculum Redesign}은 AI 시대 교육이 지식과 기능, 그리고 인성 및 메타학습을 통합해야 한다고 주장하는 대표적 연구기관이다. CCR의 주장을 바탕으로 AI 리터러시 교육이 길러야 할 능력을 세 개의 층위로 나누어 살펴보았다. ‘층위’란 어떤 현상이나 구조가 여러 단계나 수준으로 이루어져 있을 때, 그 각각의 단계나 수준을 의미한다.

첫째는 기술적 이해의 층위이다. AI의 기반인 컴퓨팅 사고는 코딩 이상으로 문제를 구조화하고 패턴을 인식하며 추상화하는 사고방식이다. 사람들이 AI를 인간처럼 대하는 경향이 늘면서, 청소년이 AI에 지나치게 의존하거나 정서적 유대를 형성하는 사례도 나타난다. 따라서 학생이 AI를 마법이 아닌 데이터 학습과 패턴 기반 예측의 원리로 이해해야 한다. 이를 통해 AI의 가능성과 한계를 분명히 인식할 수 있다.

둘째는 비판적 활용의 층위이다. 로봇 외골격이 인간의 신체적 한계를 넘어서게 하듯, AI는 ‘정신의 외골격’에 비유된다. AI도 도구로서 장단점이 있으니 이를 정확히 이해하는 것이 중요하다. 특히 AI의 환각 현상과 편향 문제를 인지해야 한다. 환각은 거짓 내용을 그럴듯하게 생성하는 것이고, 편향은 데이터 내 편향을 무비판적으로 재생산하는 것이다. AI 결과를 정답이 아닌 검토 대상으로 받아들이는 비판적 태도가 필수적이다.

셋째는 윤리적 성찰의 층위이다. AI 윤리는 철학적 논의도 필요하지만, 실용적 관점에서 개인의 판단과 행동, 책임에 대한 교육이 더 중요하다. 학생이 AI 사용 중 마주할 윤리적 문제를 인지하고 책임 있는 선택을 할 수 있어야 한다. 가짜뉴스나 딥페이크 등 AI 오용 사례를 이해하고, 기술을 책임지게 사용하는 시민 의식을 기르려면 구체적 사례 중심의 윤리 교육이 필요하다.

(2) 프롬프트 엔지니어링 - 새로운 의사소통 역량

검색의 시대에서 AI 시대로 넘어오면서 이전 시대와는 다른 질문하는 능력이 필요해지고 있다. 과거에는 검색어를 어떻게 조합하고 질의를 작성하느냐가 원하는 검색 결과를 찾는 데 핵심이었다면, AI 시대에는 더 구체적이고 맥락을 적절히 담은 질문을 대화 형태로 설계하고 표현하는 능력이 중요해지고 있다.

AI에 입력하는 이러한 질문을 프롬프트(prompt)라고 부른다. 효과적인 프롬프트를 작성하기 위해 일반적으로 필요한 원칙은 다음과 같다. 첫째, 목적을 명확히 제시한다. 둘째, 맥락 정보를 자세히 제공한다. 셋째, 제약 조건을 구체적으로 명시한다. 넷째, 원하는 출력 형식을 분명하게 지정한다. 이러한 원칙을 배우고 이해하는 과정을 프롬프트 엔지니어링이라고 한다.

결국 효과적인 프롬프트를 만들어 내기 위해서는 논리적 사고력, 언어 표현력, 맥락 이해력 등 다양한 능력이 종합적으로 요구된다. 따라서 학생들이 이러한 역량을 체계적으로 기를 수 있도록 별도의 교육 과정이 마련되어야 한다.

다 AI 네이티브 세대를 위한 교육 전략

(1) 사람 중심 원칙(Human-in-the-Loop)의 내재화

AI 교육의 핵심은 인간이 항상 의사결정 과정의 중심에 있어야 한다는 ‘Human-in-the-Loop’ 원칙이다. AI에게 반복적이고 정형화된 작업을 맡기되, 최종 판단과 맥락 이해, 윤리적 감독은 인간의 고유한 영역임을 분명히 가르쳐야 한다.

이를 위해 학생들이 AI와의 협업 모델을 직접 체험해 보는 것이 중요하다. 예를 들어, 과학 탐구 프로젝트에서 AI를 활용해 데이터를 분석하되, 가설을 세우고 결과를 해석하며 윤리적 문제를 검토하는 작업은 학생이 주도하도록 설계할 수 있다. 이러한 경험을 통해 학생들은 AI를 인간을 대체하는 존재가 아닌, 인간의 능력을 보완하는 도구로 인식하게 될 것이다.

(2) 교과 통합적 접근

AI 리터러시는 별도의 과목이 아니라 모든 교과에 통합되어야 하는 핵심 역량이다. AI 활용의 일반적 내용을 다루는 별도 과목을 만들 수도 있지만, AI 리터러시 교육은 모든 교과 속에서 함께 이루어지는 것이 중요하다. 국어 시간에는 AI를 활용해 글을 쓰고, 수학 시간에는 AI로 수학적 모델을 세워볼 수 있으며, 사회 시간에는 AI가 사회에 미치는 영향을 비판적으로 분석하고 토론할 수 있다. 이러한 통합적 접근은 AI를 특별한 기술이 아닌 일상적 도구로 인식하게 하며, 각 교과의 본질적 가치와 AI의 역할을 균형 있게 이해하도록 도울 수 있다.

(3) 교육 과정 표준화를 통한 교육 격차 해소

교육 격차 문제는 AI 리터러시 교육에 있어서도 해결이 시급한 과제 중 하나다. 학교 유형과 지역에 따른 교육 기회의 불균형은 사회에서 새로운 AI 격차로 이어질 수 있기 때문이다. 이를 해결하려면 ‘AI 리터러시 교육 핵심 표준안’을 마련해 모든 학생이 기본적인 AI 리터러시를 익힐 수 있도록 보장해야 한다. 온라인 플랫폼을 통해 우수한 교육 콘텐츠를 발굴하고 공유하며, 교사 연수를 통해 교사의 AI 리터러시 교육 역량을 높이는 노력이 절대적으로 필요하다.

라 결론

AI 네이티브 세대를 위한 AI 리터러시 교육은 단순한 기술 교육을 넘어 종합적 역량을 판단하는 교육이 되어야 한다. 컴퓨팅 사고력을 바탕으로 한 기술적 이해, 비판적 사고를 통한 현명한 활용, 그리고 윤리적 성찰을 통한 책임 있는 실천이 조화를 이루어야 한다.

무엇보다 중요한 것은 AI를 만능 해결사나 위협적 경쟁자가 아닌, 인간의 창의성과 판단력을 확장하는 도구로 인식하고 활용하는 균형 잡힌 시각을 기르는 것이다. 이를 통해 학생들이 AI와 협력하면서도 인간의 가치를 강화하는 건강한 AI 네이티브 세대로 성장하도록 교육해야 한다.

AI 리터러시 교육의 궁극적 목표는 AI를 개발하는 소수 전문가를 기르는 것이 아니다. AI와 함께 살아가며 더 나은 세상을 만들어갈 시민을 키우는 데 있다. 이를 위해 교육 현장의 모든 구성원이 AI 리터러시의 중요성을 인식하고, 체계적이고 통합적인 교육을 실천해 나가야 한다.



AI 시대 정보 교육 격차의 현황과 표준화의 필요성



가 AI 리터러시 교육의 중요성

AI 시대의 교육은 단순한 기술 사용법을 익히는 데 그치지 않고, AI의 작동 원리와 한계를 이해하며, 결과를 비판적으로 해석하고 창의적으로 활용하는 AI 리터러시를 기르는 것을 목표로 한다. 이는 현대 사회의 시민이 반드시 갖추어야 할 핵심 역량으로 여겨진다.

2022 개정 교육과정에서는 초·중학교의 정보 교육 시수를 늘리고, 고등학교에 관련 선택 과목을 신설해 AI 교육의 양적 기반을 마련했다. 그러나 실제 학교 현장에서는 교육의 질적 격차가 발생하는 문제가 제기되고 있다.

나 AI 리터러시의 기반으로서 컴퓨팅 사고력

AI 리터러시는 기술적, 윤리적, 응용적 측면을 아우르는 다차원적 역량이다. 그중에서도 기술적 기반이 되는 것은 ‘컴퓨팅 사고력^{computational thinking}’이다. 컴퓨팅 사고력은 단순한 프로그래밍 기술이 아니라, 복잡한 문제를 컴퓨터가 처리할 수 있는 형태로 구조화하는 논리적 문제 해결 과정이다. 주요 구성 요소는 다음과 같다.

구성요소	설명
분해 (Decomposition)	큰 문제를 관리 가능한 작은 단위로 나누는 과정
패턴 인식 (Pattern Recognition)	문제들 사이의 유사성이나 규칙성을 찾는 과정
추상화 (Abstraction)	불필요한 세부 사항을 제거하고 핵심 원리에 집중하는 과정
알고리즘 (Algorithms)	문제 해결을 위한 명확한 절차와 규칙을 설계하는 과정

따라서 효과적인 AI 교육은 컴퓨팅 사고력 함양 → 프로그래밍 및 자료구조·알고리즘 원리 이해 → 다차원적 AI 리터러시 내재화라는 단계적 접근이 요구된다. 이는 단편적인 코딩 기술이나 도구 활용 교육과는 구별된다.

다 학교 유형에 따른 정보 교육 격차 심화

2022 개정 교육과정의 도입에도 불구하고, 고등학교 현장에서는 학교 유형에 따라 정보 교육의 기회와 질적 수준에서 차이가 발생하고 있다.

학교 유형	정보교육 현황 및 특징
과학고·영재학교	교육과정 편성의 자율성을 바탕으로 ‘자료구조’, ‘알고리즘’, ‘고급 프로그래밍’ 등 대학 수준의 체계적인 컴퓨터과학(CS) 교육을 운영한다.
일반고	대부분 선택과목인 ‘정보’에 의존하며, 신설된 ‘AI 기초’ 과목은 교원 및 기자재 부족으로 개설하지 못하는 경우가 많아 실질적인 교육 내용에 차이가 크다.

고등학교 단계에서의 교육 격차는 대학 진학 이후의 학업 성취도 및 장기적인 진로 설정에도 지속적인 영향을 미칠 수 있다. 체계적인 기초 교육을 받은 학생은 대학의 관련 전공 학습에 쉽게 적응하는 반면, 그렇지 않은 학생은 학업에 어려움을 겪을 가능성이 있기 때문이다. 따라서 이러한 격차는 장기적으로 심화될 수 있는 구조를 가지게 된다.

라 교육 격차 해소를 위한 제언

이러한 교육 격차를 완화하기 위한 방안으로는 ‘교육 과정의 표준화’를 고려할 수 있다. 모든 학생이 소속 학교나 지역과 관계없이 양질의 기초 컴퓨터과학 교육을 받을 기회를 보장하는 것이 목표다.

(1) ‘기초 컴퓨터과학 핵심 표준’ 마련과 수능 선택과목 편입 검토

교육 과정 표준화 방안으로는 수학이나 과학처럼 ‘기초 컴퓨터과학 핵심 표준’을 만들고 나서 점차 수능 선택과목으로 포함하는 방안을 검토할 수 있다. 명확한 목표가 정해지면 학교 현장에서 프로그래밍 원리나 자료구조, 그리고 알고리즘 기초 같은 표준화된 내용 등을 가르쳐 전반적인 교육의 질을 향상시킨다.

(2) 온라인 공동 교육과정으로 학습 기회 확대

단기적으로 교육 인프라가 부족한 학교를 위해 심화 과목을 온라인 공동 과정으로 열고, 모든 학생이 소속 학교와 관계없이 들을 수 있도록 학습 기회를 보장해야 한다. 모든 학생에게 균등한 정보 교육을 제공하려면 무엇보다 교육 과정의 체계적인 표준화가 중요하다는 뜻이다.

마 교육 격차 해소를 위한 로드맵 제언

교육 격차를 줄이려면 단기적 접근과 장기적 접근이 모두 필요하다. 단기적으로는 기회 불균형을 해소하기 위해 온라인 공동 교육 과정을 통해 접근성을 높이고, 표준화된 보조 교재와 교사 연수 프로그램을 보급하는 것이 우선이다.

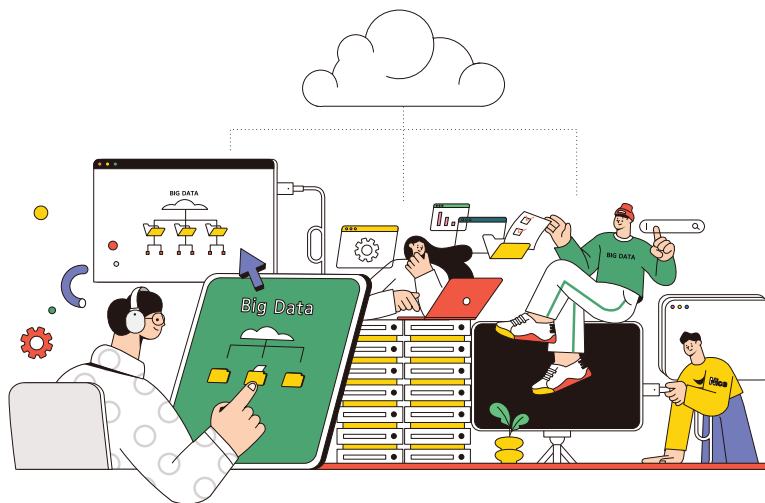
또한 장기적으로는 교육 기반을 튼튼히 다져야 한다. 앞에서 언급했던 ‘기초 컴퓨터과학 교육 핵심 표준안’의 경우, 컴퓨팅 사고력의 핵심 개념은 물론 프로그래밍 원리와 자료구조, 그리고 알고리즘 기초 등 AI 리터러시의 뿌리가 되는 내용을 담을 수 있다.

이 외에도 교원 역량을 키우고 인프라를 확충해서 모든 학교에 교육 기반이 퍼지게 해야 한다. 마지막으로 각 분야 전문가 의견을 모아 대학수학능력시험 선택 과목으로 편입하는 방안도 고려할 수 있다.

그림 4 교육 격차 해소를 위한 로드맵



출처: 성균관대학교 이승원(2025).



AI 시대 윤리 교육, 장식을 넘어 실천으로



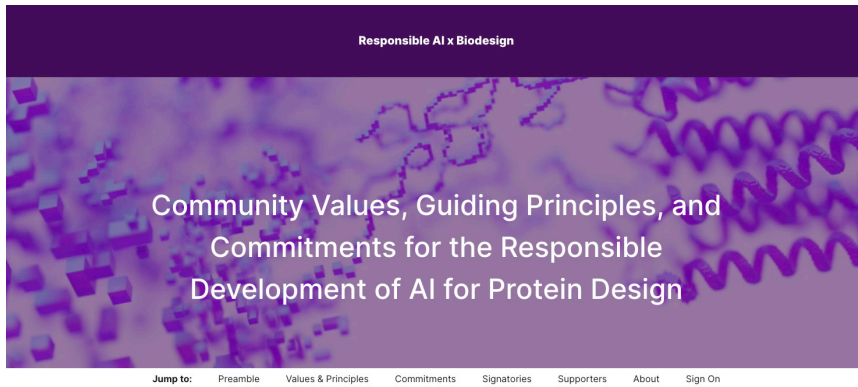
지난 2024년 노벨 화학 수상자인 ‘데이비드 베이커David Baker’ 박사는 현재의 AI 기술이 다양하고 새로운 단백질 구조를 규명하는 단계까지 발전했지만, 동시에 AI 기술은 수많은 독성 물질의 발견 또는 합성으로 이어질 수 있음을 경고한 바 있다.

실제로 미국의 제약·바이오 업체인 컬레보레이션^{Collaboration Pharmaceuticals}은 희귀질환 치료제 후보 물질을 찾던 중, 단 6시간 만에 약 4만여 개의 잠재적 고독성 화합물 구조를 생성해 냈다. 당시 이 사실이 ‘네이처머신인텔리전스^{Nature Machine Intelligence}’ 저널에 발표되면서 전 세계 과학계에 큰 충격과 논란을 일으켰다.

이에 베이커 박사를 포함한 약 90명의 저명한 과학자들은 AI가 생화학 연구에서 비윤리적으로 사용되지 않도록 막기 위해 ‘책임감 있는 AI × 바이오디자인^{Responsible AI × Bidesign}’이라는 공동 성명서를 발표하고 서명했다. 이들은 기술의 이중성을 명확히 인식하며, AI가 인류 복지 대신 파괴 도구로 변질되지 않도록 경계해야 한다고 촉구했다.

그림 5

“책임감 있는 AI × 바이오디자인” 성명서 공식 웹사이트



출처: <https://responsiblebiodesign.ai>

이런 심각한 현실을 마주하게 되는 상황에서 AI가 정말로 인류 사회에 긍정적이고 바람직한 방향으로 발전하려면 어떤 교육이 필요할지 깊이 고민하게 된다. 단순히 기술만 가르치는 교육으로는 부족해지는 것이다.

가 기술만 가르치면 안 되는 AI 교육

코딩 실력을 아무리 뛰어나게 가르쳐도, 그 기술을 무기 개발이나 타인에게 직·간접적 피해를 주는 목적으로 사용하는 인재를 양성하려는 게 아니라면, 코딩 교육과 함께 훨씬 더 포괄적이고 본질적인 리터러시 교육을 반드시 병행해야 한다.

이에 유네스코는 지난 2021년 193개 회원국이 만장일치로 채택한 ‘AI 윤리 권고’를 발표했다. 권고문은 “인공지능 기술이 인류에게 큰 도움이 되기도 하지만, 이로 인해 발생하고 악화될 수 있는 편향이 불평등, 배제, 문화·사회적 다양성 및 성평등에 대한 위협을 초래할 잠재적 가능성”이 있음을 강조하며, 교육 분야에서는 모든 국가가 초·중·고등학교 교육과정에 AI 윤리 과목을 포함하도록 강력히 권고하고 있다.

국내에서도 이러한 국제 흐름에 발맞춰 대학뿐 아니라 중·고등학교 교육과정에 AI 윤리 교육을 단계적으로 도입하려는 정책적·교육적 시도가 활발히 진행되고 있다. 하지만 국내

AI 윤리 교육은 여전히 △코딩 △알고리즘 △데이터 분석 같은 기술 중심 교육에 밀려 수업 시간에 잠깐 쉬어가는 시간처럼 다뤄지거나, 교육과정 구성상 구색 맞추기용 장식처럼 포함되는 경우가 많은 것이 사실이다. 내용 면에서도 △투명성 △책임성 △공정성 △형평성 같은 추상적이고 보편적인 윤리 원칙을 소개하고 설명하는 수준에 머물고 있다.

물론 이런 대원칙을 배우고 그 의미를 토론하는 것 자체는 매우 중요하고 의미 있는 출발점이다. 하지만 그것만으로는 부족하다. 학생들이 실제 상황에서 스스로 윤리적 판단을 내리고, 그 판단에 따라 책임감 있게 행동하도록 만들기 위해서는 다른 차원의 윤리 교육이 병행되어야 한다.

나 윤리 교육의 세 가지 층위

기술 철학자인 목광수는 AI 윤리 교육이 크게 △제도적 층위 △이론적 층위 △개인적 층위 등 세 가지 차원에서 이루어져야 함을 강조했다. 유네스코와 같이 제도적인 차원에서 이루어지는 다소 추상적이지만 범용적인 논의를 ‘제도적 층위,’ 관련 학계에서 이론적 기반 위에 전개되는 논의를 ‘이론적 층위,’ 그리고 구체적 사례 위에서 개별 구성원들의 행동 및 판단에 연관되는 논의를 ‘개인적 층위’의 윤리라고 한다.

그림 6

시 윤리의 세 가지 층위

개인 윤리 총위 (1인칭 관점 중심)	이론 윤리 총위 (1,2,3인칭 관점 통합)	제도 윤리 총위 (3인칭 관점 중심)
개인의 인생관과 가치관 등의 개인 실천의 토대, 개인 중심 이론 등	의무론, 공리주의, 덕윤리 등의 통합성을 갖춘 학문적 윤리 이론 등	사회 문제 해결을 위한 윤리 현장/지침, 다양한 윤리 위원회, 제도 중심 이론 등

출처: "과학기술 시대의 윤리 층위 구분과 층위들 사이의 관계 규명:
인공지능 윤리를 중심으로"(목광수, 2020)

이러한 다층적 관점에서의 윤리 교육이 실현될 때 비로소 진정한 AI 윤리 교육이라 할 수 있다.

다 AI 연구와 가치판단

특히 개인적 층위의 윤리 교육은 실제로 훗날 STEM 분야에서 일하게 될 학생들을 기른다는 관점에서 볼 때 더욱 중요하다. AI 연구 과정은 촘촘한 가치 판단이 개입되는 과정으로, AI와 관련하여 어떤 주제를 선택할지, 어떤 실험 도구를 쓸지, 데이터를 어떻게 해석하고 처리할지 등 여러 단계에서 각각의 판단이 필요하기 때문이다.

과학기술학자인 ‘케빈 엘리엇’^{Kevin Elliott} 교수는 전통적으로 과학은 ‘가치 중립적’이라는 믿음이 있었지만, 실제로는 연구 주제 선정부터 시작하여 설계와 실행, 그리고 평가 및 공개에 이르기까지 개인적·사회적 가치가 깊이 관여한다고 실증 연구를 통해 밝혔다.

예를 들어, AI 기반 단백질 설계 소프트웨어를 사용해 희귀질환 치료제를 개발할지, 아니면 고독성 물질을 합성할지는 순전히 기술 문제가 아니라 가치 판단의 영역이다. 마찬가지로 생성형 AI를 활용해 실험 사진을 ‘조금 더 선명하게’ 편집할지, 아예 조작할지 말지는 연구 윤리의 핵심 문제다.

최근 국제 학술지에서는 AI로 생성한 가짜 현미경 이미지나 조작된 측정 데이터가 논문에 실려 게재된 뒤 뒤늦게 철회되는 사건이 빈번히 발생하며 과학계 전체에 큰 혼란과 신뢰 위기를 초래하고 있다.

라 윤리적으로 정렬된 디자인

이렇게 생각보다도 더 깊은 수준에서 - 단순히 개발된 기술을 적절히 활용하는 단계뿐만 아니라 - 다양한 연구 과정에서 적절한 가치 판단을 내리는 것이 중요한 요소로 떠오르게 되면서, 미국전기전자학회^{IEEE}는 AI 기술을 개발하고 활용하는 전 과정에서 ‘윤리적으로 정렬된 디자인’^{Ethically Aligned Design}을 추구해야 한다고 강조하고 있다. ‘윤리적으로 정렬된 디자인’이란 단순히 과학기술적 효율성 또는 작동 가능성뿐만 아니라 인간의 존엄성이나 사회적 공정성 등 공동체가 지향하는 가치가 과학기술과 ‘정렬’될 수 있게 개발 또는 활용하는 것을 일컫는다.

이를 위해 연구와 기술 개발의 ‘전 생애 주기^{lifecycle}’를 이해하고, 각 단계에서 어떤 가치가 어떻게 고려될 수 있는지, 또 어떤 새로운 가치를 창출할 수 있는지 끊임없이 성찰해야 한다. 이런 성찰이 뒷받침되면, 생화학 무기 설계를 막는 AI 알고리즘이나, 조작된 연구 이미지를 식별하는 자동으로 탐지하는 AI 알고리즘 등의 개발 및 활용으로 이어질 수 있다.

마 윤리는 AI 교육의 필수 동반자

결국 AI의 윤리 교육은 리터러시 교육의 부수적인 장식이 아니라, 기술 교육과 처음부터 끝까지 함께 가야 하는 필수적인 동반자라고 할 수 있다. 더 나아가 윤리는 기술 개발과 활용을 억제하거나 제한하는 규제 도구가 아니라, 오히려 새로운 기술적 가능성을 열어주고 안전한 혁신을 이끄는 동력이 될 수 있다. 따라서 중요한 것은 추상적인 원칙 몇 가지를 소개하고 외우게 하는 데 그치지 않는 것이다.

학생들이 구체적이고 생생한 사례를 통해 AI의 개발 및 활용 단계에서 이루어지는 가치 판단이 개인, 사회, 나아가 인류 전체에 어떤 직·간접적 영향을 미칠 수 있는지 다층적으로 이해하고 성찰할 수 있어야 한다.

이런 심도 있는 성찰적 윤리 교육을 통해 학생들은 AI를 유용한 도구로 활용은 하되, 그것에 의존하거나 휘둘리지 않는 독립적인 판단 주체로 성장할 수 있다. 기술은 인간을 위해 존재해야 하며, 그 방향을 결정하는 것은 결국 교육받은 인간의 몫이다. 따라서 AI 시대의 윤리 교육은 장식을 넘어 실천으로, 선언을 넘어 행동으로 나아가야 한다.

지금까지 AI 시대를 대비한 중·고등학교 STEM 교육의 방향을 살펴보고, 구체적인 교수 학습 방법 및 AI 활용 능력, 그리고 윤리 교육의 필요성을 논의했다. 이를 바탕으로 STEM 교육의 실질적 발전을 위해 다음과 같은 정책 방향을 제안한다.

첫째, 학생의 사고력과 성장을 중심에 둔 교육으로 바뀌어야 한다.

AI 기술을 교육에 쓰는 이유는 단순히 일을 자동화하려는 것이 아니라, 학생 개개인에 맞는 맞춤형 학습을 실현하기 위해서다. 따라서 단순히 정답을 맞히는 능력보다는 문제를 이해하고 해결해 나가는 과정을 중요하게 평가하고 도와주는 방향으로 교육이 바뀌어야 한다. AI는 이런 역량 중심 학습을 가능하게 하는 도구이므로, 교사는 이를 활용해 더 깊이 있는 피드백을 주고 탐구 중심 수업을 만들 수 있어야 한다. 이를 위해 AI가 모으는 학습 데이터를 단순한 숫자가 아닌, 교육적 의미를 담은 정보로 이해하는 관점이 필요하다.

둘째, 중·고등학교 STEM 교육에 특화된 AI 플랫폼을 만들어야 한다.

현재 교실에서 쓰는 AI 기술은 대부분 교육용으로 특별히 만들어진 것이 아니라서, 수업의 도구로 활용하기에는 어려운 점이 많다. 과학 실험 도구와 데이터 분석 도구, 그리고 AI 학습 도구 등이 한곳에서 모두 제공되어야 교사와 학생이 쉽게 AI 기술을 사용할 수 있다. 교사들이 직접 기획과 개발 과정에 참여해서, 현장 경험을 바탕으로 설계하고 운영하는 AI 플랫폼 개발이 시급하다.

셋째, AI를 융합한 STEM 영재 교육 과정을 만들고 장기적으로 지원해야 한다.

수학과 과학의 기초 실력을 바탕으로 △AI △기계학습 △데이터 과학 △로봇공학 △시뮬레이션 같은 최신 기술을 함께 배우는 융합형 교육 과정을 개발해야 한다. 영재 교육원이나 교내외 동아리, 또는 경진대회 등을 활용해서 복합적인 문제를 AI로 해결하는 능력을 기를 수 있도록 다양한 프로그램을 만들어 운영해야 한다. 그리고 조기에 발굴된 인재들에게는 지속적인 진로 지도와 연구 참여 기회, 해외 교류 프로그램 등을 제공하여 장기적으로 STEM 분야 리더로 성장할 수 있도록 지원하는 전략이 필요하다.

넷째, AI 리터러시를 STEM 교과에 통합하고 사람 중심의 원칙을 명확하게 반영해야 한다.

AI 리터러시는 △기술적 이해 △비판적 활용 △윤리적 성찰을 모두 포함하는 종합적 역량이다.

그러므로 STEM 교육 과정은 AI를 활용하면서도 해당 과목의 본질적 가치와 인간 고유의 사고 과정을 강화하는 방향으로 새롭게 설계되어야 한다. 특히 의사결정의 중심에는 항상 사람이 있어야 한다는 ‘사람 중심 원칙’을 교육 과정 전반에 명확하게 반영해야 한다. AI에 반복적인 일을 맡기되, 최종 판단과 상황의 이해, 그리고 윤리적 성찰은 사람의 영역임을 STEM 교육 과정에서 일관되게 가르쳐야 한다.

다섯째, 정보 교육 과정을 체계적으로 표준화하여 AI 교육 격차를 해소해야 한다.

학교 종류와 지역에 따른 AI 교육 격차를 없애기 위해 컴퓨팅 사고력의 핵심 원리부터 프로그래밍, 그리고 자료구조와 알고리즘 기초 등을 포함하는 ‘기초 컴퓨터과학 교육 핵심 표준안’을 만들어 보급하고, 장기적으로는 수능 선택과목으로 포함하는 것을 검토해야 한다. 또한 단기적으로는 인프라가 부족한 학교 학생들을 위해 온라인 공동 교육 과정을 적극 확대하고, 농어촌 및 교육 소외 지역 학생들을 위한 STEM 캠프, 온라인 멘토링, 장학 제도를 체계적으로 운영할 필요가 있다.

여섯째, AI 기술과 윤리를 통합한 교육 체계로 개선하고 실천 중심으로 가르쳐야 한다.

현재 AI 윤리는 도덕이나 윤리 과목의 일부 단원으로만 다뤄지고, 실제 AI 코딩과 개발 수업은 따로 운영되는 경우가 많아 기술과 윤리가 분리되어 이해되는 한계가 있다. 기술과 윤리를 함께 논의하고 생각할 수 있도록 통합적인 교육 체계 개선이 시급하다. 해외 사례를 단순히 가져오기보다 국내와 아시아 지역의 실제 사례를 적극적으로 찾아 활용함으로써 학생들이 AI 윤리를 자신의 일상과 밀접하게 연결해 이해할 수 있도록 해야 한다.

AI 시대의 STEM 교육은 단순히 새로운 기술을 학교에 들여오는 것을 넘어, 교육의 본질적인 방식을 바꾸는 과제다. 모든 학생이 자신의 수준과 속도에 맞춰 배우고, 끊임없는 질문을 통해 스스로 생각하는 법을 배우는 교육, AI는 바로 이런 교육을 가능하게 하는 강력한 도구다. 하지만 이 모든 변화의 중심에는 ‘사람’이 있어야 하며, 기술은 언제나 수단이 되어야 한다. AI와 협력하되 의존하지 않고, AI를 활용하되 비판적으로 생각하며, AI 시대를 살아가되 인간 고유의 창의성과 윤리적 판단력을 잃지 않는 인재를 길러내는 것, 이것이 AI 시대 STEM 교육이 지향해야 할 변하지 않는 목표가 되어야 한다. 이 리포트에서 제시한 정책 방향들이 모든 학생이 AI의 혜택 속에서 자신의 잠재력을 마음껏 펼칠 수 있는 교육 환경을 만드는 데 있어 도움이 되기를 기대해 본다.

참고문헌

목광수(2020). "과학기술 시대의 윤리 층위 구분과 층위들 사이의 관계 규명: 인공지능 윤리를 중심으로", 법한철학회, 98(3), 184.

원호섭(2024). "이게 뭐야?"... 논문에 들어간 AI이미지에 과학계 '깜놀', 미라클아이, <https://www.mk.co.kr/news/it/10944384>

이상욱(2021). "유네스코 인공지능(AI) 윤리 권고 해설서", 유네스코한국위원회.

케빈 엘리엇 저, 김희봉 역(2022). "과학에서 가치란 무엇인가", 김영사.

Darling-Hammond, L. (2025). "Educating In The AI Era: The Urgent Need To Redesign Schools", Forbes, Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/lindadarlinghammond/2025/05/30/educating-in-the-ai-era-the-urgent-need-to-redesign-schools/>

Fadel, C., Black, D. A., Taylor, R., Slesinski, J., & Dunn, K. (2024). Education for the Age of AI. Center for Curriculum Redesign, Retrieved from <https://curriculumredesign.org/our-work/education-for-the-age-of-ai/>

Song, Y., Yan, S. & Ranjith, P. G. (2025). Redefining STEM Education in the AI Era—Empowering Students to Collaborate with AI, Not Compete (April 01, 2025). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4733685> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4733685>

The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems. (2017, December 12). Ethically aligned design: A vision for prioritizing human well-being with autonomous and intelligent systems - Version II (Version 2). IEEE. https://standards.ieee.org/wp-content/uploads/import/documents/other/ead_v2.pdf

Yang, Y., Sun, W., Sun, D. & Salas-Pilco, S. Z.(2025). "Navigating the AI-Enhanced STEM Education Landscape: A Decade of Insights, Trends, and Opportunities", Research in Science & Technological Education, Vol.43 No.3, pp. 693-717.

차세대리포트(최근 3개년)

2022 우주 개척, 어떻게 해야 할까?

유전체 교정 작물, 식량안보의 대안이 될 수 있을까?

코로나19 엔데믹 전환과 롱코비드 문제 어떻게 대응할 것인가?

책임성 있는 AI를 위한 조건은?

2023 한계 돌파형 차세대 탠덤 태양전지 기술: K-Solar

새로운 의료서비스 혁명: 디지털 치료제

이론 연구와 실험 연구의 양극화 진정한 협력을 이루려면?

인공지능 언어모델의 기술 변천사와 미래 가능성

2024 국가 과학기술로 바라보는 RE100의 전략적 접근

뇌와 세상의 소통

진료지원인력과 미래 간호인력 활용 방안

한국과학기술한림원은,

대한민국 과학기술분야를 대표하는 석학단체로서 1994년 설립되었습니다. 1,000여 명의 과학기술분야 석학들이 한국과학기술한림원의 회원이며, 각 회원의 지식과 역량을 결집하여 과학기술 발전에 기여하고자 노력해오고 있습니다. 그 일환으로 기초과학연구의 진흥기반 조성, 우수한 과학기술인의 발굴 및 활용 그리고 정책자문 관련 사업과 활동을 펼쳐오고 있습니다.

한림석학정책연구는,

우리나라의 중장기적 과학기술정책 및 과학기술분야 주요 현안에 대한 정책자문 사업으로 한국과학기술한림원 회원들이 직접 참여함으로써 과학기술분야 및 관련분야 전문가들의 식견을 담고 있습니다. 한림연구보고서, 차세대리포트 등 다양한 형태로 이루어지고 있으며 국회, 정부 등 정책 수요자와 국민들에게 필요한 정보와 지식을 전달하기 위하여 꾸준히 노력하고 있습니다.

한국과학기술한림원 더 알아보기

 홈페이지 www.kast.or.kr

 블로그 kast.tistory.com

 포스트 post.naver.com/kast1994

 페이스북 www.facebook.com/kastnews





KAST 한국과학기술원
The Korean Academy of Science and Technology

(13630) 경기도 성남시 분당구 돌마로 42

Tel 031-726-7900 **Fax** 031-726-7909 **E-mail** kast@kast.or.kr

