

# 인공지능과 교육

## 정책입안자를 위한 지침





# 인공지능과 교육

## 정책입안자를 위한 지침

---

## 유네스코 교육 부문

교육은 인간의 권리이자, 평화와 지속가능한 발전의 근간이기에 유네스코의 최우선 과제이다. 유네스코는 유엔의 교육 전문기구로, 특히 유네스코의 교육 부문은 성평등과 아프리카에 중점을 둔 교육을 통해 범국가적 교육체계를 강화하여, 전 세계가 직면한 도전과제에 대응함으로써 세계 각 지역에서 지도력을 발휘하고 있다.

## 글로벌 교육 2030 의제

유엔의 교육 전문기구로서 유네스코는 2030년까지 17개 지속가능발전목표를 통해 빈곤을 해소하고자 하는 세계적 운동의 일환인 ‘교육 2030 의제’를 주도하고 조정하고 있다. 교육은 그 자체로 지속가능발전목표 달성의 필수 조건인 동시에, **“포용적이고 공평한 양질의 교육 보장과 모두를 위한 평생학습 기회 증진”**이라는 4번째 지속가능발전목표로 제시되고 있다. 교육 2030 프레임워크는 이러한 야심찬 목표와 책무를 실행에 옮기기 위한 지침을 제공한다.

---

© UNESCO 2021

ISBN 978-92-3-100447-6



본 발간물은 오픈 액세스 정책에 따라 다음의 프로그램으로 이용할 수 있습니다. ‘Attribution-ShareAlike 3.0 IGO’ (CC-BY-SA 3.0 IGO) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)

발간물의 본문을 활용할 시에는 유네스코 오픈 액세스 사이트(UNESCO Open Access Repository)의 이용약관(<https://en.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-en>)을 준수해야 합니다.

본문의 모든 명칭과 자료는 특정 국가나 영토, 도시나 지역의 법적 지위, 각 지역 당국의 법적 지위, 국경, 경계 구획에 관한 유네스코의 입장과 무관함을 밝힙니다.

본 발간물은 저자의 개인적 견해로 유네스코 공식 의견을 대변하지 않으며, 이에 대해 유네스코는 책임지지 않습니다.

저 자 : Fengchun Miao, Wayne Holmes, Ronghuai Huang, and Hui Zhang

표 지 : SChompoongam/Shutterstock.com, Lidiia/Shutterstock.com and illustrator096/Shutterstock.com

디자인 : Anna Mortreux

출 간 : 유네스코

## 인공지능 (AI)과 교육: 전망과 시사점

인공지능(AI)은 오늘날 교육이 당면한 문제를 해결하고, 교수·학습 관행에 혁신을 선도하여, 궁극적으로 SDG 4로의 발전을 가속화할 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 그러나 AI 기술의 발전에 따른 위험은 불가피하며, 이는 지금까지의 정책적 논의나 규제 프레임워크에서 다루는 범위를 능가하는 과제가 될 수도 있다.

본 간행물은 정책입안자들에게 교육 분야에 AI 기술 접목을 통한 이점을 극대화하고, 위험 요소를 완화하기 위한 지침을 제공하고 있다.

첫 번째 장에서는 AI의 개념, 즉 정의, 활용 기법, 기술 요소를 살펴본다. 이어지는 장에서는 AI의 새로운 동향과 교수·학습에 미치는 영향에 대한 분석을 살펴보고, AI의 윤리적, 포용적, 형평적인 교육적 활용을 어떻게 보장할 수 있는지, AI 시대를 위해 인간은 어떤 대비를 해야 하는지, AI를 활용하여 어떻게 교육 효과를 창출할 수 있을지 분석한다. 마지막으로 SDG 4 달성을 위한 AI 활용 방안을 소개하고, 정책입안자들이 현지 상황에 맞는 정책과 프로그램을 기획할 수 있도록 구체적이고 실효성 있는 방안을 권고하고자 한다.



● **전쟁은 인간의 마음 속에서 생기는 것이므로  
평화의 방벽을 세워야 할 곳도 인간의 마음 속이다.** ●

# 발간사

인공지능의 급속한 발전은 교육에도 중대한 영향을 미치고 있습니다. AI 기반 솔루션의 발전은 사회적 이익과 지속가능발전목표 달성을 위한 엄청난 잠재력을 지니고 있습니다. 이에 대응하여 체제 전반의 정책 조정과 윤리적 지침이 필요하며, 전 세계 실무진과 연구진들의 심층적인 참여가 필요한 시점입니다.



정책입안자와 교육자는 AI와 교육의 상호작용이 만들어낼 미래에 근본적인 의문을 불러일으키는 미지의 영역에 진입했습니다. 확실한 사실은 교육 분야에서 AI 도입과 활용은 포용성과 형평성의 원칙에 따라 이루어져야 한다는 것입니다. 따라서 우리는 AI에 대한 평등하고 포괄적인 접근성을 도모하고, AI를 공공재로 활용하는 정책을 추진함으로써 소녀와 여성, 사회경제적 약자 집단에 힘을 실어주는 데 중점을 두어야 할 것입니다. 아울러, AI를 통해 인간 중심적 교육학을 도모하고, 윤리적 규범과 기준을 존중할 때 비로소 교육과 AI 신기술의 결합은 인류 모두에게 이익이 될 것입니다.

AI는 모든 학생의 학습 향상과 교사 역량 강화, 학습 관리 시스템 강화를 위해 활용되어야 합니다. 더 나아가, 모든 학생과 시민들이 안전하고 효과적으로 AI와 공존할 수 있도록 대비시키는 것이 전 세계가 직면한 과제입니다. 미래의 교육, 훈련 시스템은 모든 사람들이 핵심 AI 역량을 갖추 수 있도록 지원해야 할 것입니다. 사람들은 AI가 어떻게 데이터를 수집하고 활용하는지를 인식하고, 그에 따라 개인정보를 안전하게 보호할 수 있어야 합니다. 마지막으로, AI는 모든 직종과 분야를 넘나들고 있기에, 효과적인 AI 교육 정책을 기획하기 위해서는 모든 분야를 아우르는 논의와 협업이 필요합니다.

유네스코는 각 분야의 공공 및 민간 주체들과의 대화를 이끌고 지식의 장을 여는 주도적인 역할을 해오고 있습니다. 유네스코에서 주최한 행사와 발간물들이 AI가 교육에 가지고 온 기회와 시사점에 대한 인식을 높였으며, 회원국들이 복합적으로 대응할 수 있도록 도움을 주었습니다. 특히 2019년에는 유엔의 교육 분야 ICT 기술 대표 행사인 ‘모바일 러닝 주간(Mobile Learning Week)’에서 AI와 지속가능한 발전의 관계를 탐구하기도 했습니다.

같은 해 유네스코는 중국 정부와 협력하여 베이징에서 ‘AI 시대의 교육 기획: 도약의 선도’라는 주제로 ‘인공지능과 교육에 관한 국제 컨퍼런스’를 개최하였습니다. 컨퍼런스에서는 AI가 교육에 미치는 시스템 전반의 영향력에 관해 논의했으며, SDG4-교육 2030을 위한 AI 기술 활용 방안에 대한 권고안을 제시하는 문서로서 베이징 합의가 채택 및 공개되었습니다. 본 베이징 합의는 특히나 유네스코가 교육 정책입안자의 역량강화와 AI 기술력을 ICT 역량 프레임워크에 통합할 수 있도록 가이드라인과 자원을 개발할 것을 권고하고 있습니다. 나아가 AI와 교육 분야에서 국제 협력을 강화하기 위해 유네스코에서 취해야 할 총체적인 접근법이 제시되었습니다.

‘인공지능과 교육: 정책입안자를 위한 지침’은 베이징 합의를 기반으로 교육 분야에서 AI를 지원하는 정책입안자 양성을 목표로 개발되었습니다. 이는 유네스코에서 수행하는 지적 작업의 일부이며, 정계 및 교육계의 다양한 실무진과 전문가들의 이목을 끌 것입니다. 본 간행물은 AI가 교육을 위해 제공하는 기회와 AI 시대가 요구하는 필수 역량에 대한 시사점을 공유하기 위해 발간되었습니다. 본문에서는 SDG 4 목표 달성의 과제를 해결하기 위해 AI를

어떻게 활용해야 하는지, 잠재적 위험을 어떻게 식별하고 완화해야 하는지 등 편익-위험 평가를 다루고 있습니다. 또한 교수-학습 지원을 위해 AI를 활용한 국가 정책 사례와 모범 사례를 소개합니다. 따라서, 본 간행물은 인문학적·전략적 목표 수립부터 핵심 정책 요소, 실행전략 수립에 이르기까지 AI와 교육 정책 개발을 위한 가이드북으로 활용할 수 있습니다.

본문에서 다루고 있는 주요 정책적 질문과 분석, 인본주의적 정책 접근법들이 회원국들을 포함한 여러 정부에서 AI의 활용이 사회적 공익과 포용적이고 지속가능한 미래를 위한 교육 체제 전환으로 이어지기를 바랍니다.



**스테파니아 지아니니**  
**(Stefania Giannini)**  
유네스코 교육 부국장

## 감사의 말

본 보고서는 인공지능과 교육계 전문가들의 협업과 노력 끝에 발간되었습니다.

전체적인 틀은 Fengchun Miao 유네스코 교육분야 기술·AI 팀장과 Wayne Holmes 전 영국 Nesta 교육연구원이 구상하였으며, 중국 베이징 사범대학의 Ronghuai Huang과 Hui Zhang이 함께 집필하였습니다.

본 보고서의 검수와 제작은 교육 분야 기술·AI 팀의 Huhua Fan, Samuel Grimonprez, Shutong Wang, Veronica Cucuiat, Glen Hertelendy 이 담당하였습니다.

본 보고서 집필에 관해 아낌없는 조언과 검토를 해주신 유네스코의 Borhene Chakroun(정책 및 평생 학습 시스템 담당 이사), Sobhi Tawil(미래 교육 혁신 팀장), Keith Holme (미래 교육 혁신 팀 프로그램 전문가), Julia Heiss (하라레 사무소 프로그램 전문가), Natalia Amelina (IITE 국가 교육 프로젝트 책임 수석), Valtencir M. Mendes (정책 및 평생학습부 수석 프로그램 책임자), Elspeth McOmish, (성평등부 프로그램 전문가)에게 감사의 말씀을 전합니다.

집필에 도움을 주신 외부 전문가 Ethel Agnes Pascua-Valenzuela (동남아시아 교육부 사무국장), Jianhua Zhao (중국 남방과학기술대학 교수), Shafika Isaacs (웨스턴 요하네스버그 대학 연구협회장), Werner Westermann(칠레 의회도서관의 시민 교육 프로그램 책임자), Mike Sharples(영국 오픈 유니버시티 교육 기술 명예 교수)에게도 감사를 표합니다.

교열과 교정을 맡아준 Jenny Webster, 레이아웃을 디자인해준 Anna Mortreux에게도 감사 인사를 전합니다.

유네스코는 본 보고서의 출판을 가능하도록 재정적 지원을 해준 중국의 웨이동 그룹에도 감사의 말씀을 드립니다. 웨이동은 회원국들이 기술 및 AI를 활용하여 SDG4를 달성할 수 있도록 지원하고 있습니다.

# 목 차

발간사	4
감사의 말	6
약어 목록	8
<b>1. 개요</b>	<b>9</b>
<b>2. 정책입안자를 위한 AI 소개</b>	<b>10</b>
2.1 AI의 학제간 특성	10
2.2 AI 기법의 간략한 소개	12
2.3 AI 기술의 간략한 소개	13
2.4 약(Weak) 인공지능과 강(Strong) 인공지능의 동향	14
2.5 AI의 능력과 한계에 관한 비판적 시각	15
2.6 인간-기계 간 협력 지능	15
2.7 4차 산업 혁명과 AI가 고용시장에 미치는 영향	16
<b>3. AI와 교육에 대한 이해: 새로운 활용과 혜택-위험성에 대한 평가</b>	<b>17</b>
3.1 교육의 질 제고를 위한 AI 활용	17
3.2 교육의 공익성 확보를 위한 AI 활용	22
3.3 교육 분야에서 AI의 윤리적인, 포용적인, 공정한 활용	23
3.4 AI 시대에 인간을 대비시킬 수 있는 교육	26
<b>4. SDG 4 달성을 위한 AI 활용 방안</b>	<b>28</b>
4.1 데이터 윤리와 알고리즘 편향성	28
4.2 성평등을 위한 AI	28
4.3 교육 분야 AI 활용 모니터링, 평가 및 연구	29
4.4 AI가 교사의 역할에 미칠 영향	29
4.5 AI가 학습자 주체성에 미칠 영향	30
<b>5. 정책적 대응 방안</b>	<b>31</b>
5.1 정책적 대응 방식	31
5.2 공통 관심 영역	33
5.3 자금 조달, 파트너십 및 국제 협력	33
<b>6. 정책 권고</b>	<b>34</b>
6.1 제도적 차원의 비전 및 전략적 우선순위 수립	34
6.2 AI 교육 정책 수립 시 최우선 원칙	34
6.3 다양한 분야 간 계획 수립 및 거버넌스 구축	35
6.4 AI의 공평하고 포용적이며 윤리적인 사용을 위한 정책과 규제 마련	36
6.5 교육관리, 교수·학습, 평가를 위한 AI 활용 기본계획 수립	37
6.6 시범 테스트, 모니터링 및 평가, 증거기반 구축	40
6.7 현지 상황에 적합한 AI 교육 혁신 기반 조성	41
<b>7. 참고문헌</b>	<b>42</b>
주석	48

# 약어 목록

<b>AI</b>	Artificial Intelligence	인공지능
<b>AI TA</b>	AI Teaching Assistant	AI 학습 조교
<b>ANN</b>	Artificial Neural Network	인공 신경망
<b>AR</b>	Augmented Reality	증강현실
<b>AWE</b>	Automated Writing Evaluation	자동 작문 평가
<b>CNN</b>	Convolutional Neural Network	합성곱 신경망
<b>DBTS</b>	Dialogue-Based Tutoring System	대화 기반 학습시스템
<b>DigComp</b>	European Digital Competence Framework	유럽시민디지털역량프레임워크
<b>DNN</b>	Deep Neural Networks	심층 신경망
<b>EEG</b>	Electroencephalography	뇌파 검사
<b>ELE</b>	Exploratory Learning Environment	탐구 학습 시스템
<b>EMIS</b>	Education Management Information System	교육행정정보시스템
<b>GAN</b>	Generative Adversarial Network	생성적 대립 신경망
<b>GDPR</b>	General Data Protection Regulation	개인정보보호 규정
<b>GOF AI</b>	Good-Old-Fashioned AI	전통적 AI
<b>ICT</b>	Information and Communication Technology	정보 통신 기술
<b>ILO</b>	International Labour Organization	국제 노동 기구
<b>ITS</b>	Intelligent Tutoring Systems	지능형학습시스템
<b>IoT</b>	Internet of Things	사물인터넷
<b>LMS</b>	Learning Management System	학습관리시스템
<b>LNO</b>	Learning Network Orchestrator	학습 네트워크 오케스트레이터
<b>LSTM</b>	Long Short-Term Memory	장단기 기억
<b>ML</b>	Machine Learning	머신러닝
<b>NLP</b>	Natural Language Processing	자연어 처리
<b>OER</b>	Open Educational Resources	공개교육자원
<b>RNN</b>	Recurrent Neural Network	순환 신경망
<b>SDG</b>	Sustainable Development Goal	지속가능발전목표
<b>STEM</b>	Science, Technology, Engineering, and Mathematics	과학, 기술, 공학, 수학 융합 교육
<b>TVET</b>	Technical and Vocational Education and Training	직업능력개발
<b>UNESCO</b>	United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization	유네스코
<b>VR</b>	Virtual Reality	가상현실

# 1. 개요

불과 5년 만에 AI는 눈부신 성공 사례와 파괴적인 혁신의 가능성을 인정받아 학문 연구의 뒷골목에서 국제연합(UN) 수준에서 다루어야 할 화두가 되었다. AI는 스마트폰 비서 기능, 고객 지원용 챗봇, 엔터테인먼트 추천, 범죄 예측, 안면 인식, 의료 진단에 이르기까지 전 세계적으로 일상생활 전반에 스며들었다.

유엔의 지속가능개발목표(SDG) 달성을 뒷받침할 만한 AI의 잠재력에도 불구하고, 급격한 AI 기술 발전은 다양한 정책적 논의와 규제 프레임워크를 넘어선 위험, 도전과제를 함께 촉발하고 있다. 이는 AI가 인간을 능가하는 문제와도 관련되어 있지만, 더 시급한 고려사항은 AI가 지닌 사회적, 윤리적인 영향력이다. AI가 개인 데이터의 오용이나 기존의 불평등을 심화시킬 수 있다는 우려는 이러한 영향을 보여주는 사례 중 하나이다.

그럼에도 불구하고 AI는 빠르게 발전하고 있으며, 전 세계 교육기관에서 ‘지능형’, ‘적응형’, ‘맞춤형’ 교육 시스템을 지원하는데 빠르게 접목되고 있다. 교육 분야에서 AI 시장은 2024년까지 60억 달러의 규모에 달할 것으로 추산된다(Bhutani, Wadhvani. 2018). 교육 분야에 AI가 접목되면서 교사들의 역할 변화, AI의 사회적, 윤리적 영향 등에 관해 심도 있는 논의가 진행되고 있다. 또한 교육의 형평성과 접근성 보장 등 수많은 도전 과제도 제기되고 있다. 한편, AI의 교육적 활용은 교수·학습 전반의 혁신을 불러일으킬 것이라는 공감대도 형성되고 있다.

무엇보다 COVID-19 확산에 따른 온라인 학습으로의 대전환으로 인해 교육과 AI는 더욱 복합적인 이슈가 되었다.

본 유네스코 지침서는 정책입안자들이 AI의 교수·학습 전망과 시사점을 더 잘 이해할 수 있도록 지원하고, 교육과 AI의 접목이 궁극적으로 SDG 4 (포용적이고 공평한 양질의 교육 보장, 모두를 위한 평생학습 기회 증진)를 잘 달성하도록 하는데 기여하고자 집필되었다. 하지만 국가나 사회경제적 상황에 따라 AI와 교육의 결합이 가져오는 양상은 달라질 수 있다.

AI에 관한 보편적인 우려는 다음과 같다.

” AI 기술 발전을 위해 맹목적으로 앞으로 나아가기만 한다면, 경제적 붕괴, 사회적 불안, 정치적 불안과 더불어 취약계층, 소외계층의 불평등이 심화될 수도 있음을 인지해야 한다 (Smith, Neupane. 2018, p. 12).

불평등 문제는 교육 분야에도 마찬가지로 적용된다. SDG4를 지원하기 위해서는 저비용 AI 기술 개발 모델을 제공하는 동시에, 주요 정책적 논의와 의사결정과정에서 중·저소득 국가의 이해관계를 충분히 반영하여 이들 국가와 AI 기술이 발전된 국가 간 가교를 형성할 수 있도록 해야 한다. 본 자료는 AI와 교육의 접목에 관한 심도 있는 논의를 위해 AI가 무엇이고 어떻게 작동하는지에 대한 간략한 소개로 시작한다. 이후 AI가 어떻게 포용성과 형평성, 교육의 질 제고, 교육 관리 등 교육적 맥락에 기여할 수 있는지에 대한 논의와 함께 AI가 교육에 활용되는 다양한 방법에 대해 소개한다.

이러한 논의는 AI 시대에 사람들에게 요구되는 능력을 개발하는데 교육이 어떻게 도움이 될 수 있는지도 담고 있다. 뒤이어 교육 분야에서 AI의 이점을 활용하고 위험을 완화하는 주요 전략적 목표를 상세하게 설명하고, 이러한 목표를 달성하기 위한 과제를 탐구한다. 마지막으로 AI 및 교육 정책에 대한 포괄적인 비전과 실행 계획을 알리기 위한 정책을 권고한다.

## 2. 정책입안자를 위한 AI 소개

### 2.1 AI의 학제간 특성

‘인공지능’이라는 용어는 미국 아이비리그 대학인 다트머스 대학에서 열린 1956년 워크숍에서 “지능적인 기계, 특히 지능적인 컴퓨터 프로그램을 만드는 과학 공학”이라는 뜻으로 처음 사용되었다 (McCarthy 외, 2006, p. 2).<sup>1</sup> 이후 수십 년 동안, AI는 산발적으로 발전했고, AI 겨울(침체기)과 맞물려 빠르게 발전했다.(Russell, Norvig, 2016)

AI에 대한 정의는 계속해서 증가하고 확장되어왔으며, ‘지능’이란 무엇인지, 과연 기계가 ‘지능’이 될 수 있는지에 대한 철학적 의문과 얽히게 되었다. 단적인 예로, Zhong은 AI를 다음과 같이 정의한다.

인공지능은 인간 지능의 비밀을 탐구하는 것과 인간의 지능을 기계에 최대한 이식하는 것을 목표로 하는 현대 과학기술의 한 분야이다. (Zhong, 2006, p. 90)

실질적으로 AI는 우리가 보통 인간만이 지녔다고 여기는 능력을 통해 세상과 상호작용하도록 설계된 컴퓨터 시스템으로 정의할 수 있다(Luckin 외, 2016). 유네스코 산하의 세계과학기술윤리위원회 (World Commission of Scientific Knowledge and Technology, COMEST)는 AI에 대해 다음과 같이 정의를 내린다.

AI는 지각, 학습, 추론, 문제해결, 언어 상호작용, 심지어 창의적 작품 제작과 같은 인간 지능의 특정 기능을 모방할 수 있는 기계이다. (COMEST, 2019)

우리는 이름하여 AI 르네상스 시대를 살아가고 있다. 머신러닝으로 알려진 AI 기술을 도입하는 분야는 점점 더 늘어나고 있다. AI 시스템은 엄청난 양의 데이터를 분석한다. 이는 데이터의 기하급수적인 증가(IBM은 인터넷 및 관련 기술로 인해 매일 2.5억 바이트<sup>2</sup> 이상의 데이터가 생성된다고 추산함)와 컴퓨터 처리 능력의 기하급수적인 증가(무어의 법칙 덕분에 오늘날의 휴대전화는 40년 전 슈퍼컴퓨터만큼의 기능을 갖게 됨)라는 두 가지 중요한 개발의 산물이다. 빅데이터와 강력한 컴퓨팅 기술은 머신러닝의 알고리즘이 수백만 개의 데이터 포인트를 처리하는 데 필수적인 요소이다.<sup>3</sup>

<표 1> 서비스형 AI (AI-AS-A-SERVICE) 플랫폼 예시

기업 명	AI-AS-A-SERVICE 플랫폼	주요 내용
Alibaba	Cloud	비즈니스, 웹 사이트 또는 애플리케이션의 요구를 지원하는 클라우드 기반 AI 도구: <a href="https://www.alibabacloud.com">https://www.alibabacloud.com</a>
Amazon	AWS	컴퓨터 비전, 언어, 권장 사항 및 예측을 위한 AI 서비스. 대규모 머신 러닝 모델을 신속하게 구축, 훈련하고 널리 사용되는 모든 오픈 소스 프레임워크를 지원하는 맞춤형 모델을 구축할 수 있음: <a href="https://aws.amazon.com/machine-learning">https://aws.amazon.com/machine-learning</a>
Baidu	EasyDL	고객이 코드를 작성하지 않고도 고품질의 맞춤형 AI 모델을 구축할 수 있음: <a href="https://ai.baidu.com/easydl">https://ai.baidu.com/easydl</a>
Google	TensorFlow	연구자가 기계 학습의 최첨단 기술을 공유하고 개발자가 기계 학습 기반 애플리케이션을 쉽게 구축하고 구현할 수 있도록 지원하는 툴, 라이브러리 및 커뮤니티 리소스 에코시스템을 포함한 엔드 투 엔드 오픈 소스 플랫폼: <a href="https://www.tensorflow.org">https://www.tensorflow.org</a>
IBM	Watson	호스트 플랫폼과 상관없이 사용자가 AI 도구와 앱을 데이터에 가져올 수 있음: <a href="https://www.ibm.com/watson">https://www.ibm.com/watson</a>
Microsoft	Azure	애플리케이션 구축, 배치 및 관리를 위한 100개 이상의 서비스 포함: <a href="https://azure.microsoft.com">https://azure.microsoft.com</a>
Tencent	WeStart	AI 기능, 전문 인재 및 업계 리소스를 매핑하여 신생 기업의 시작 또는 기술 강화를 지원. 업계 파트너를 연결하고, 다양한 산업 부문에 AI 기술을 보급 및 적용함: <a href="https://westart.tencent.com/ai">https://westart.tencent.com/ai</a>

전 세계 대부분의 기술 대기업과 그 밖의 많은 기업들이 이제 정교한 ‘서비스형 AI’ 플랫폼을 제공하고 있으며, 그 중 일부는 오픈 소스이다. 개발자가 처음부터 AI 알고리즘을 작성하지 않고도 구현할 수 있는 다양한 AI 구성 요소를 제공한다.

흥미롭게도, 가장 큰 화제가 되고 있는 머신러닝 알고리즘인 ‘딥러닝’과 ‘신경 네트워크’는 40년 이상 존재해 왔다. 따라서, 최근 AI의 극적인 성과와 파괴적인 잠재력은 새로운 패러다임이라기보다는 알고리즘의 정교한 개선과 ‘서비스로서의 이용’이 용이해짐에 따라 생겨났다. 다시 말해, 현재 우리는 ‘구현의 시대’에 살고 있는 것이다.

” 지금까지 무수한 어렵고 추상적인 AI 연구가 수행되어 왔다. 구현의 시대는 우리가 마침내 실세계에 AI의 적용을 목격하게 될 것을 의미한다 (Lee, 2018, p. 13).

여행자를 식별하고 범죄자를 추적하는 데 사용되는 언어 간 자동 번역과 자동 안면 인식, 스마트폰 및 기타 장치의 자율주행 차량 및 개인 비서에 이르기까지 AI는 점점 더 일상에 획기적으로 적용되고 있다. 특히 주목할 부분은 의료 분야이다. 최근의 혁신적인 사례로는 많은 종류의 항생제 내성 박테리아를 죽일 수 있는 새로운 약을 개발하기 위해 AI를 적용한 것이다 (Trafton, 2020). 또 태아 뇌 스캔을 통해 이상 징후를 조기 진단하고,<sup>4</sup> 망막 스캔을 통해 당뇨를 진단하고,<sup>5</sup> 종양 탐지를 개선하기 위한 X-ray를 포함한 의료 영상 분석<sup>6</sup>을 위해 AI를 적용한 사례도 있다. 이러한 사례들을 통해 AI와 인간은 공생관계에 있음을 알 수 있다.

” AI 기반 영상 기술을 통해 방사선 전문의를 지원했을 때, 우리가 알아낸 사실은 AI 기술과 방사선 전문의의 결합이 AI나 방사선 전문의 단독 판독보다 우월하다는 점이다. (Michael Brady 옥스포드 대학 종양학 교수. MIT Technology Review 및 GE Healthcare 인용)

다음의 논평은 AI 기술의 적용이 실제로 의료의 ‘재인간화’를 실현할 수 있음을 시사한다:

” AI와 자동화된 프로세스의 성장은 종종 의료 서비스 제공 과정에서 인력의 활용이 감소할 것이라는 우려를 낳는다. 그러나 업계에서는 그 반대의 경우가 점점 더 현실화되고 있다. AI는 의료 전문가의 과로를 줄이고 자원과 기능을 지원함으로써 프로세스를 크게 개선할 수 있다. (MIT Technology Review 및 GE Healthcare. 2019)

점점 더 보편화되고 있는 AI의 적용 분야는 다음과 같다:

■ **자동 저널리즘 (Auto-journalism)**

AI 기반의 글로벌 뉴스 모니터링 및 주요 정보 추출, 간단한 기사 자동 작성 등

■ **AI 법률 서비스 (AI legal services)**

판례 및 법규 자동 검색 및 조사 서비스, 법적 실사 수행 등

■ **AI 기상 예측 (AI weather forecasting)**

방대한 양의 과거 기상 데이터 마이닝을 통해 기상 예측 수행 등

■ **AI 범죄 행각 탐지 (AI fraud detection)**

신용카드 사용 현황을 자동으로 모니터링하여 패턴 및 이상 징후 파악 (잠재적 부정 거래 탐지) 등

■ **AI 기반 비즈니스 프로세스 (AI-driven business processes)**

제조 자동화, 시장 분석, 주식 거래, 포트폴리오 관리 등

■ **스마트시티 (Smart cities)**

AI와 사물인터넷(IoT)을 활용하여 도시환경에서 생활하고 일하는 사람들의 효율성과 지속가능성 향상

■ **AI 로봇 (AI robots)**

머신 비전, 강화학습 등 AI 기술을 활용해 세상과 소통하는 물리적 머신

위에 제시된 사례들은 AI는 사회에 긍정적으로 기여하는 점을 보여 주고 있지만, AI의 적용이 논란을 불러일으킨다는 사실 또한 간과해서는 안 된다. AI 악용 사례는 다음과 같다:

■ **자동화된 전투전 (Autonomous warfare)**

인간의 개입 없이 작동하는 무기, 드론 및 기타 군사 장비

■ **딥페이크 (Deep-fakes)**

가짜뉴스의 자동 생성, 동영상 속 얼굴 교체로 정치인과 연예인들이 하지도 않은 말을 하거나 하는 것처럼 보이게 하는 것

또한, 일부 AI 기업이나 언론의 극적인 주장을 접할 때도 신중해야 한다. 결론부터 말하자면, AI 기술이 텍스트 읽기, 이미지 식별과 같은 작업에서 인간보다 더 낫다는 언론 보도 헤드라인은 이러한 성공이 제한된 상황에서만 사실이라는 점을 주지할 필요가 있다. 예를 들어, 텍스트가 짧고 추론이 불필요할 만큼 필요한 충분한 정보를 포함하고 있을 때 말이다. 현재의 AI 기술은 매우 취약할 수 있다. 데이터가 미묘하게 변경된 경우, 예컨대 영상에 일부 무작위 노이즈가 겹치는 경우 AI의 기능은 현저히 떨어질 수 있다. (Marcus, Davis. 2019)<sup>7</sup>

## 2.2 AI 기법의 간략한 소개

각 분야에서 AI의 적용은 복잡한 기술의 범위에 따라 달라지는데, AI 엔지니어에게는 코딩뿐만 아니라 상위 수준의 수학, 통계 및 기타 데이터 사이언스 기법이 요구된다. 이 기법들을 너무 전문화되어 본 자료에서 자세히 살펴보기에는 무리가 있다.<sup>8</sup> 따라서 본 장에서는 핵심 AI 기법 몇 가지를 간략히 소개하고자 한다.

### 전통적 AI (Classical AI)

‘기호 AI’, ‘룰 기반 AI’, ‘전통적 AI(GOFAI, Good-Old-Fashioned AI) 등으로 알려진 훨씬 초기의 ‘전통적인 AI’는 IF-THEN 연산 규칙에 따라 컴퓨터가 작업을 완료하기 위해 실행해야 할 기타 조건부 논리 규칙과 단계를 수행한다. 수십 년 동안 룰 기반의 AI ‘전문가 시스템’은 의학 진단, 신용 등급, 제조 등 다양한 분야에의 적용을 위해 개발되어왔다. 이 전문가 시스템은 ‘지식 엔지니어링’이라고 알려진 접근방식에 기초한다. 지식 엔지니어링은 특정 영역의 전문가 지식을 도출하고 모델링하는 과정이 포함되며, 복잡하지 않은 자원 집약적 작업이 수반된다. 전문가 시스템에는 수백 개의 규칙이 적용되지만 그 논리를 따르는 것은 어렵지 않다. 그러나 규칙 간의 상호작용이 증가하고 복잡해진다면 전문가 시스템의 개선이나 강화는 어려워진다.

### 머신러닝 (Machine learning)

자연어 처리, 얼굴 인식, 자율주행차를 포함한 최근의 눈부신 AI 발전은 머신러닝 기반의 접근법으로 가능해진 것이다. 머신러닝(ML)은 규칙을 부여하는 대신 대량의 데이터를 분석하여 패턴을 식별하고 미래 가치를 예측하는 데 사용되는 모델을 구축한다. 이러한 의미에서 알고리즘을 사전 프로그래밍이 아니라 ‘학습(Learning)’으로 지칭한다.

머신러닝 접근 방식은 크게 지도 학습, 비지도 학습, 강화 학습 세 가지로 구분된다. 지도 학습에는 인간에 의해 라벨링된 수천 장의 사진 등 이미 라벨링된 데이터가 필요하다. 지도 학습은 데이터를 라벨링과 연관 지어 유사한 데이터에 적용할 수 있는 모델을 구축한다. 예를 들어 사람으로 라벨링된 사진 데이터를 활용하여 새로운

사진에서 사람을 자동으로 식별한다. 비지도 학습에서는 AI에 더 많은 양의 데이터가 제공되지만 데이터를 분류하거나 라벨링하여 제공하지 않는다. 비지도 학습은 새로운 데이터를 분류하는 데 사용할 수 있는 데이터, 즉 군집(Cluster)의 숨겨진 패턴을 찾아내는 것을 목표로 한다. 예를 들어, 수천 개의 데이터에서 패턴을 찾아 글씨체의 문자와 숫자를 자동으로 식별할 수 있다.

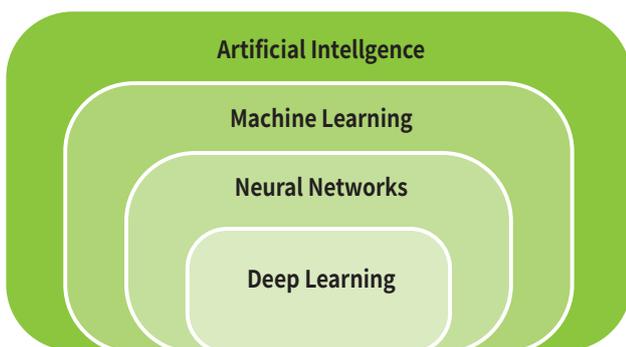
지도 학습과 비지도 학습 둘 다 데이터로부터 파생된 모델이므로 데이터가 변경되면 분석을 다시 수행해야 한다. 그러나 세 번째 머신러닝 접근 방식인 강화 학습은 피드백을 바탕으로 모델을 지속적으로 개선해야 한다. 이것은 학습이 계속해서 진행 중이라는 의미에서 머신러닝으로 불린다. 모델을 도출하기 위해 초기 데이터가 제공되는데, 이 데이터는 정확하거나 부정확한 것으로 평가되고 그에 따라 보상 또는 처벌된다. AI는 이 보상을 통해 모델을 지속적으로 개선한 뒤 반복적으로 발전(학습 및 진화)한다. 예를 들어, 자율주행 자동차가 충돌을 피할 경우, 이를 가능하게 한 모델은 보상(강화)을 받고 향후 충돌을 피할 수 있는 능력을 더욱 강화하게 된다.

오늘날 머신러닝은 매우 널리 알려진 개념으로 때로는 AI와 동의어로 여겨지지만 실제로는 AI의 하위 집합으로 분류된다. 여전히 머신러닝 알고리즘이 적용되지 않은 많은 AI 모델이 있고, 머신러닝이 적용되었다 하더라도 항상 룰 기반, 기호 AI인 전통적 AI(GOFAI)를 기반으로 한다. 예를 들어, 일반적인 챗봇은 예상 질문에 응답하는 방법에 대해 인간이 정의한 규칙을 사용하여 사전 프로그래밍된다. 이는 사실, 이전의 전문가 시스템과 마찬가지로이다.

오늘날 우리가 마주하는 거의 모든 AI 제품에는 인간이 직접 삽입한 콘텐츠가 필요하다. AI가 자연어 처리를 수행하는 경우 언어학자나 음성학자에게서 얻은 전문 지식 일 수 있으며, 의학 분야에 적용되는 경우 의사로부터, 자율 주행에 접목되는 경우에는 도로 교통과 운전 전문가의 견해가 사용되었을 것이다. 즉, 머신러닝은 전통적 AIGOFAI가 뒷받침되지 않고서는 완전한 AI를 구현할 수 없다. (Säuberlich, Nikolić. 2018)

아울러, 머신러닝은 인간의 학습 측면에서 보면 실제로 학습하지는 않는다. 독립적으로 학습하지도 않는다. 대신 머신러닝은 전적으로 인간에게 의존한다: 즉, 데이터를 선택, 정리 및 지정하고, AI 알고리즘을 설계 및 훈련하며, 출력값을 선별, 해석, 판단한다. 예를 들어, 획기적인 개체 인식 도구는 이미지 데이터베이스에서 고양이의

<그림 1> 인공지능, 머신러닝, 신경망, 딥러닝 관계도



사진을 식별할 수 있다고 하지만, 실제로 그 도구는 유사해 보이는 개체만 함께 묶기만 했을 뿐이고 그중 한 세트는 사람이 직접 식별해야 했다. 마찬가지로, 자율 주행 차량에 사용되는 머신러닝은 전적으로 사람에 의해 라벨링된 거리 장면의 수백만 개 이미지에 의존한다.

실리콘밸리에서도 Amazon Mechanical Turk와 같은 시스템을 사용하는 전 세계 사람들<sup>9</sup>과 인도, 케냐, 필리핀 및 우크라이나와 같은 국가의 회사<sup>10</sup>에게 라벨링 작업을 아웃소싱했다. 데이터 라벨링이라는 새로운 경제 구조의 노동자는 차량, 도로 표지판, 보행자 등 각 프레임의 각 물체(머신러닝 알고리즘이 분석하는 데이터)에 직접 라벨을 붙이는 작업을 수행한다.

### 인공신경망 (Artificial neural networks)

인공신경망(ANN, Artificial Neural Network)은 생물학적 신경망의 구조에서 영감을 받은 AI 접근법이다. 인공신경망은 입력층, 출력층, 입력층과 출력층 사이의 다수의 은닉층을 포함한 세 가지 유형의 인공 뉴런으로 구성된다. 머신러닝 프로세스를 수행하는 동안 뉴런 사이의 연결부에 부여된 가중치는 강화 학습 및 ‘역전파’ 과정에서 조정되며, 이를 통해 인공신경망은 새 데이터에 대한 출력을 계산할 수 있다. 이 인공지능을 사용하는 유명한 사례가 바로 2016년 구글의 알파고이다.

이 은닉층들은 인공신경망의 핵심인 동시에 치명적인 단점이 있다. 인공신경망이 어떻게 해결책에 도달했는지 알아보기 위해 심층 신경망을 조사하는 것은 대개 불가능하다는 사실이다. 다시 말해 의사결정 과정의 근거를 알 수 없다는 것이다. 많은 기업들은 주어진 알고리즘이 특정 결정에 도달한 이유를 이해하기 위해 의사결정 도출 과정에 관해 연구하고 있다.(Burt. 2019) 이러한 시도는 인공신

경망을 비롯한 기타 머신러닝 기술을 통해 인간에게 중대한 영향을 미치는 결정(감옥 수감 기간 등)을 내릴 때 활용하기 위함이다. 그러나, 언제나 그랬듯이 그리 간단한 문제는 아니다. “AI 의사결정에 대한 더 많은 정보를 생성하면 실질적인 이익이 창출될 수 있지만, 바꿔 말하면 새로운 위험도 창출될 수 있다.”(Burt. 2019)

### 딥러닝 (Deep learning)

딥러닝은 여러 개의 중간 계층으로 구성된 인공신경망을 의미한다. 딥러닝 접근법을 통해 AI 기술은 자연어 처리, 음성인식, 컴퓨터 비전, 이미지 생성, 신약 개발, 유전체학 등 다양한 분야에서 눈부신 발전을 이루었다. 딥러닝 모델에는 입력을 필요한 출력으로 전환하는 효과적인 수학적 연산인 이른바 ‘심층 신경망’(DNN, Deep Neural Networks)과 데이터가 어떤 방향으로든 흐를 수 있고, 입력 시퀀스를 처리할 수 있으며, 언어 모델링 분야에 사용되는 ‘순환 신경망’(RNN, Recurrent Neural Networks), 3개의 2차원 영상을 사용하여 3차원 컴퓨터 비전을 가능하게 하는 것과 같이 다중 배열의 형태로 제공되는 데이터를 처리하는 ‘합성곱 신경망’(CNN, Convolutional Neural Networks) 등이 있다.

마지막으로, 이미지나 영상 조작에 사용되는 ‘생성적 대립 신경망’(GAN, Generative Adversarial Networks) 기술에 주목할 필요가 있다. GAN에서는 두 개의 심층 신경망이 서로 경쟁한다. 즉, 한 신경망은 출력을 ‘생성’하고, 다른 신경망은 이러한 출력을 ‘식별’한다. GAN은 이렇듯 생성과 식별 두 가지 모델이 서로 경쟁하는 과정을 반복하며 데이터를 쌓는다. 예를 들어 DeepMind의 AlphaZero는 여러 보드 게임을 하고 이기는 방법을 배우기 위해 GAN 방식을 사용했다. 한편, 이미지 데이터를 학습한 GAN은 실제처럼 보이지만 존재하지 않는 사람들의 이미지를 만들어냈다.<sup>11</sup> GAN 분야는 지속적인 연구 분야이다.

## 2.3 AI 기술의 간략한 소개

위에서 언급한 모든 AI 기법을 통해 다양한 AI 기술 발전이 이루어졌고, 이러한 기술은 ‘서비스로서’ 제공되고 있으며(표 1 참조), 앞서 언급한 AI 접목 분야에서 활용되고 있다. <표 2>에 자세히 나와 있는 AI 기술은 다음과 같다.

#### 자연어 처리(NLP, Natural language processing)

AI 기반 자동 텍스트 해석(법률 서비스, 번역 등의 의미 분석), 자동 텍스트 생성(자동 저널리즘 등)

#### 음성인식 (Speech recognition)

스마트폰, AI 개인비서, 은행 서비스 분야의 대화봇 등 구어체에 자연어 처리 기술 적용 등

#### 이미지 식별(Image recognition and processing)

AI 기반 얼굴 인식(전자 여권), 손글씨 인식(우편물 분류), 이미지 조작(딥 페이크), 자율 주행 차량 등

#### 자율적 에이전트 (Autonomous agents)

AI 기반 컴퓨터 게임 아바타, 악성 소프트웨어 봇, 가상동료, 스마트 로봇, 전쟁 등

#### 감정 인식(Affect detection)

AI 기반 텍스트, 행동, 표정 분석을 통한 감정 탐지 등

#### 예측을 위한 데이터 마이닝 (Data mining for prediction)

AI 기반 의료진단, 일기예보, 비즈니스, 스마트시티, 재정 예측, 범죄 탐지 등

#### AI 창작 활동 (Artificial creativity)

AI 기반 창작 활동 (사진, 음악, 예술 작품, 소설 등)

<표 2> AI 기술

기술	세부 내용	주요 AI 기법	현황	서비스 예시
자연어 처리	자동텍스트 형성 (자동 저널리즘) 및 텍스트 해석 (법률서비스, 번역 등)	머신러닝(딥러닝), 회귀분석, K-means	자연어처리, 음성인식, 이미지 식별 작업은 90%의 정확도를 보인다. 그러나, 새로운 AI 패러다임이 개발되지 않는 한 더 이상의 진전은 없을 것이라는 의견도 있다.	Otter <sup>12</sup>
음성 인식	스마트폰, 개인비서, 은행 대화봇 등에 적용된 음성 자연어 처리 기술	머신러닝, 특히 RNN 기반의 딥러닝 (LSTM)		Alibaba Cloud <sup>13</sup>
이미지 식별	얼굴 인식 (전자 여권 등), 글씨체 인식 (우편 분류), 이미지 조작 (딥페이크), 자율 주행	머신러닝, 특히 CNN 기반의 딥러닝		Google Lens <sup>14</sup>
자율적 에이전트	컴퓨터 게임 아바타, 악성소프트웨어봇, 가상동반자, 스마트로봇, 전쟁 자동화 등	GOFAI, 머신러닝	단순한 형태의 생물에서 영감을 받은 지능, 활동, 위치, 물리적 구현에 초점을 맞추고 있다.	Woebot <sup>15</sup>
감정 인식	텍스트, 얼굴, 행동 탐지를 통한 감정 분석	베이지안 네트워크, 머신러닝, 딥러닝	전 세계적으로 다양한 상용화된 제품이 개발되었으나 논쟁의 여지가 있다.	Affectiva <sup>16</sup>
예측을 위한 데이터 마이닝	재정 예측, 범죄 탐지, 약물 진단, 날씨 예측, 비즈니스 프로세스, 스마트시티 등	머신러닝, 베이지안 네트워크, 서포트 벡터 머신	뇌파 신호 해석을 통한 구매 예측 등 데이터 마이닝 애플리케이션이 증가하고 있다.	Research project <sup>17</sup>
창작 활동	사진, 음악, 예술작품, 소설 창조 등	GAN, 딥러닝, 자기회귀언어 모형	AI의 최첨단에 있는 GAN은 미래의 응용 분야가 점점 더 분명해지고 있다. GPT-3로 알려진 자기회귀 언어 모델은 인간다운 텍스트를 생산할 수 있다. 그러나 출력하는 텍스트를 이해하지는 못한다. <sup>18</sup>	This Person Does Not Exist <sup>11</sup> GPT-3 (Brown 외. 2020)

## 2.4 약(Weak) 인공지능과 강(Strong) 인공지능의 동향

AI 전문가들은 강 인공지능, 즉 인간과 유사한 수준의 인공지능을 열망하지만 2.1 섹션에 기술된 AI 적용 분야는 사실 좁은 범위의 약 인공지능(Searle. 1980) 사례에 가깝다. 좁은 범위의 인공지능은 지극히 제한적이어서 다른 분야에 직접적으로 접목할 수 없다. 예를 들어, 날씨를 예측하는 데 사용되는 AI는 주식 시장의 움직임을 예측할 수 없고, 차를 운전하는 데 사용되는 AI는 종양을 진단할 수 없다. 약 인공지능은 인간만큼 '지능적'이진 않지만, 효율성과 내구성, 그리고 방대한 양의 데이터에서 중요한 패턴을 식별할 수 있는 능력을 갖추고 있다는 점에서 인간을 능가하기도 한다.

AI 기술이 성공을 거둔 사례들도 많지만 아직은 걸음마 단계에 있다는 점을 확실히 짚고 넘어가고자 한다. 실제로 스마트폰이나 인공

지능 기반의 디바이스의 비서와 실제로 대화를 하는 것은 불가능하다. AI는 특정 명령에만 반응하며 이조차 매번 정확하게 작동하지는 않는다. 즉, 어떤 기능(데이터에서 패턴 식별)은 인간을 능가할지라도, 심도 있는 대화와 같은 기능은 2세 미만<sup>19</sup>의 수준에 그친다. AI에 관한 과장된 예측과는 정반대로 AI 기술에 대한 열기가 식을 것이라는 징조가 보이기도 한다. AI 침체기가 도래한 것은 아니지만 잠재력은 손에 잡힐 듯 잡히지 않는다. (Lucas. 2018) AI의 진보는 더 이상 이루어지지 않을지도 모른다는 예측도 있다. (Marcus, Davis. 2019) 이탈리아의 팔레르모 지역이나 인도의 델리 거리를 안전하게 주행할 수 있는 자율 주행 차량은 수십 년째 제자리걸음이고 이미지 인식 앱도 여전히 부정확하다. (Mitchell. 2019)

## 2.5 AI의 능력과 한계에 관한 비판적 시각

AI의 기술의 실효성은 세 가지 관점으로 구분할 수 있다.

- 인식(의료 진단, 음성 텍스트 변환(STT), 딥페이크 등)을 중심으로 “실제로 빠르게 발전”한 AI 기술 (Narayanan, 2019)
- 판단자동화(스팸 및 혐오 발언 감지, 콘텐츠 추천 포함) 등 “완벽하지는 않지만 개선”되고 있는 AI 기술 (*ibid.*)
- 주로 사회적 성과(범죄 재발, 업무 성과 등)를 예측하는 데 중점을 둔 “효과가 미미한”되는 AI 기술 (*ibid.*)

핵심은 AI 기술이 심층 신경망 기법을 통해 괄목할만한 성과를 이루었지만, 여전히 성과를 거두지 못하고 있는 분야가 많으며, 순수하게 지능적인 어떤 일도 하고있지 못하다는 것이다.

” AI는 단지 통계를 통해 패턴을 도출할 뿐이다. 이렇게 도출된 패턴은 아무리 통찰력이 있고 자동화되어 있어 더 복잡한 통계 현상을 표현할 수 있고, 결과가 아무리 훌륭하더라도, 여전히 지능적인 실체가 아닌 수학적 산물일 뿐이다. (Leetaru. 2018)

또한, 수천 개의 데이터 변수나 기능을 지니고 있어 컴퓨팅에 많은 리소스와 에너지가 필요한 머신러닝 기법보다 훨씬 단순한 선형 회귀 분석이 낫다는 연구 결과도 있다. (Narayanan, 2019)

그럼에도 불구하고 오늘날의 AI가 이전의 기술혁명과 구별되는 것은 발전 속도가 매우 빨라 거의 매일 새로운 기술과 혁신적 접근법이 등장하고, 일상생활 전반에 영향을 미친다는 점이다. 단적인

예로, 최근 의료진을 능가하는 딥러닝 네트워크 기반의 유방암 예측 진단 시스템이 개발되었다. (McKinney et al., 2020)

어쨌거나 머신러닝의 성공에는 거품이 있고, 발전은 한계에 다다르고 있다. 예를 들어, 머신러닝이 사진 속의 개체를 식별하는 데 있어 인간만큼 정확하다는 주장은 두 가지 한계를 지닌다. (1) 어린이가 동일한 수준의 정확도에 도달하기 위해서는 몇 개의 이미지만 학습하면 되지만, 머신러닝 알고리즘은 수백만 개의 라벨링 이미지가 필요하고, (2) 정확도에 대한 평가 기준이 매우 느슨하다는 점이다. (가장 널리 알려진 머신 비전 테스트 중 하나는 AI가 도출한 결론 5가지 중 하나라도 정확하다면 성공한 것으로 간주한다)(Mitchell. 2019) 또한, 앞서 언급한 바와 같이, 현재 AI의 주요 발전을 가속화하고 있는 모든 기술은 수십 년 전에 개발되었다. 다시 말해, 기존 기술을 활용한 새로운 분야의 접목과 개선은 반복되고 있다. 이제 새로운 돌파구가 나타날 때이다.

일부 전문가들은 AI 기술의 혁신은 전통적 AI, 즉 GOFAI의 기호적 또는 룰 기반의 기술과 데이터 중심 기술이 결합될 때에만 일어날 것이라고 주장한다. 자율주행 차량에서는 이미 그 결합이 일어나고 있다.

” 현재 딥러닝이 그다지 능숙하지 않은 분야에서 지능형 에이전트가 해야 할 것들이 있다. 딥러닝은 추상적인 추론에 능숙하지 않다. 또한 이전에 보지 못한 상황과 상대적으로 불완전한 정보를 처리하지도 못한다. 따라서 다른 도구로 딥러닝을 보완해야 한다. 내 생각에, 전통적인 AI와 딥러닝은 결합되어야 한다. 너무 오랫동안 두 가지는 따로 취급되어 왔다. (Marcus interviewed by Ford. 2018, p. 318)

## 2.6 인간-기계 간의 협력 지능

AI는 인간의 사고 과정을 시뮬레이션하고 기계화하려는 시도로부터 시작되었다(Turing. 1950). 이후 AI는 인간들과 불편한 관계 속에서 존재해 왔다. AI의 눈부신 발전(경쟁에서 인간을 능가하는데 있어 인간보다 더 정확한 망막 스캔이 가능하기까지)에 우리가 익숙해져가는 동안, 흥미롭게도 현재의 AI 접근법은 점점 한계에 다다르고 있다. 사실, AI는 인간에게는 어려울 수 있는 과정(패턴 발견, 통계 추론 등)에는 능숙하지만, 인간에게는 상대적으로 쉬운 다른 과정(자기주도학습, 상식, 가치 판단 등)에는 약하다. 이 현상을 모라벡의 역설 (Moravec’s paradox)이라 일컫는다.

” 지능검사나 체커 게임에서 성인 수준의 성능을 발휘하게 하기는 비교적 쉬우나, 인식과 이동성의 측면에서 한 살 짜리 아기 수준의 기술을 습득시키는 것은 어렵거나 불가능하다. (Moravec. 1988, p. 15)

또한, 앞서 언급했듯 AI의 성공에 있어 인간의 작업이 필요하다는 사실은 종종 간과되고 있다. AI를 구현하는 대부분의 경우, 인간이 스스로 직접 문제를 프레임화하고, 질문을 만들고, 데이터를 선택, 정리 및 표시하고, 알고리즘을 설계하거나 선택하고, 조각들이 어떻게 조화를 이루는지 결정하고, 결론을 도출하고 가치에 따라 판단해야 한다. 그리고 그 외에도 훨씬 더 많은 작업을 인간이 직접 수행해야 한다. 따라서 AI를 통해 많은 작업을 자동화할 수 있지만, 인간이 수행해야 할 주요 역할은 여전히 존재하며 이에 대한 대책이 필요하다. (Holmes 외. 2019)

사실, 인간과 AI의 점점 더 복잡하고 미묘해지는 관계는 AI를 ‘증강 지능(augmented intelligence)’으로 재구성하고 이미지를 쇠신해야 한다는 요구로 이어졌다. (Zheng. 2017).

예를 들어, 컴퓨터가 체스에서 인간을 쉽게 이길 수 있는 반면, 컴퓨터와 인간이 함께 협력하면 각각 따로 작업한 성과보다 훨씬 더 강력하다. 대회에서는 AI를 활용한 아마추어 체스 선수들이 컴퓨터나 체스 챔피언 모두 이길 수 있었다(Brynjolfsson, McAfee. 2014). 이 접근법에서 AI는 인간의 능력을 찬탈하기보다는 향상시키고자

활용된다. 증강지능으로의 전환은 인간의 인식을 보완하고 확장하는 AI 기술 개발에 중점을 두고 인간과 AI가 보다 효과적으로 협력할 수 있는 방법을 제시하고, 인간과 기계가 어떻게 나누어야 하는지 고찰하며, 인공지능과 집단 지능을 적절히 조합하여 세계의 문제를 해결할 수 있는 실마리를 제공한다. (Mulgan. 2018).

## 2.7 4차 산업 혁명과 AI가 고용시장에 미치는 영향

AI는 4차 산업 혁명(Industry 4.0)의 핵심 요소 중 하나이다.

오늘날 우리가 직면하고 있는 중대한 과제는 인간 세계에 변혁을 불러일으키는 기술의 혁명을 어떻게 이해하고 구체화하느냐 하는 것이다. (Schwab. 2017, p. 1)

4차 산업 혁명 기반의 기술인 3D 프린팅, 자율 주행차, 생명공학, 나노기술, 양자컴퓨팅, 로봇공학, 사물인터넷 등 모두가 AI에 의해 뒷받침되고 있다. 실제로 AI는 제조업, 은행업, 건설업, 운송업, 이를 넘어선 다양한 산업 분야에서 일상화되었으며, 이러한 변화는 사회 전반의 대응이 필요하다는 것을 의미한다. 필연적으로 실업이 증가하는 동시에 새로운 직업이 늘어나게 될 것이다. 2030년까지 전 세계 작업 활동의 30%가 자동화될 것으로 예측되는데, 이는 최대 3억 7천 5백만 명의 근로자들에게 영향을 주는 수치이다. AI로 인한 자동화는 현장직, 사무직 모두에게 영향을 미칠 것이며, 현장직 업무에만 타격을 주는 것은 아니다.

AI가 쉽게 복제하고 대체할 수 있는 직업은 논리력, 대수학 등의 기술이 필요한 직업이다. 이러한 직업은 중산층의 산유물이다. 반대로 AI가 쉽게 복제할 수 없는 직업은 모빌리티, 인식 등 고도의 기술에 의존하는 직업으로 이러한 직업은 저소득층의 직업인 경향이 있다. 이에 따라 AI는 중산층의 일자리를 도려내고, 저소득층은 일자리는 유지되게 할 것이다. (Joshi, 2017 © Courtesy of Guardian News & Media Ltd)

한편으로 AI를 비롯한 첨단 기술은 독창적이고 분석적인 능력과 인간적 상호작용이 필요한 고난도 직업의 범위를 넓히고 있다. 한마디로, 많은 직업이 사라지겠지만 AI로 인해 생겨난 새로운 직업군에 필요한 역량의 개발(역량강화, 재교육 등)이 필요하다. 교육에 관련된 부처와 역량 강화와 관련된 기관들은 사회적 지속가능성을 보장하면서도, AI시대로의 이행을 원활하기 위해 오늘날 필요한 기술적, 사회적 직업 기술을 갖춘 인재를 양성시킬 준비가 되어있어야 한다.

사실, 전 세계의 많은 국가 기관들은 AI의 미래를 다루기 위한 전략적 계획을 개발하기 시작했다. 예를 들어, 미국에서는 국가 인공지능 연구개발 전략 계획(미국과학기술위원회, 2016)을 수립하여 AI 기반의 다양한 접근 방식에 대한 장기적인 투자와 연구를 이끌고 있다. 여기에는 데이터 분석, AI 인식, 이론적 한계, 인공지능, 확장형 AI, AI 기반 휴머노이드 로봇, 인간 인식 AI, 인간 증강 기술 등이 포함된다. 중국 정부는 2017년 차세대 인공지능(AI) 개발 계획(중국 정부, 2017)을 발표했다. 이는 빅데이터 기반 지능, 크로스 미디어 지능, 인간-머신 하이브리드 증강 지능, 집단 지능, 자율 지능, 고도화된 머신러닝, 두뇌 기반 지능, 양자 지능 등 이론적이고 실용적인 AI 접근 방식에 초점을 두고 있다. 가장 중요한 것은, 이 두 가지 계획 모두 인간과 AI 간의 원활한 상호작용을 강조하고, 부정적인 영향을 최소화하면서 AI의 잠재적인 사회적, 경제적 이점을 실현하도록 돕는 것을 목표로 한다는 것이다.

## 3. AI와 교육에 대한 이해: 새로운 활용과 혜택— 위험성에 대한 평가

교육 분야에 AI가 도입된 시기는 1970년대로 거슬러 올라가야 한다. 당시 연구원들은 컴퓨터로 일대일 개인 지도를 대체할 방법을 연구했다. 교사의 일대일 지도는 학습자에게 가장 효과적인 접근법이지만, 모든 교사와 학습자 간의 일대일 지도란 불가능한 일이기 때문이다. (Bloom, 1984). 따라서 이를 기반의 AI 기술을 활용하여 적응형 학습 및 개인화 학습을 자동으로 구현하고자 하는 노력이 이루어졌다. (Carbonell, 1970; Self, 1974) 이러한 시도로 부터 교육 분야에서 AI의 적용은 학생 대상 AI(학습 및 평가 지원 도구)와 시스템 대상 AI(교육 관리 지원)를 포함하여 여러 방향으로 발전해 왔다. (Baker 외, 2019). AI와 교육 간의 상호작용은 단순히 교실에서 AI를 학습에 활용하는 수준을 넘어 시민들이 AI 시대에 살 수 있도록 대비시키는 것을 의미한다. 또한 교육 분야에서 AI는 교육학 측면뿐 아니라 사회구조, 접근성, 윤리, 형평성, 지속가능성 등의 이슈에서도 빛을 발하고 있다. AI를 활용하여 무언가를 자동화하기 위해서는 먼저 철저한 이해가 선행되어야 하기 때문이다.

또한, AI와 교육의 접목을 통해 지속 가능한 발전을 실현하려면, AI의 모든 편익을 파악하여 활용하는 한편, 위험을 식별하고 완화해야 한다. 따라서 SDG 4라는 궁극적 목표를 향해 핵심적인 교육 기반을 근본적으로 재편하는 방법을 지속해서 검토할 필요가 있다. 또한 교육에 AI를 도입하면 어떤 성과를 거둘 수 있을지 의문을 제기할 필요가 있다. AI가 가져올 수 있는 진정한 이점은 무엇인가? AI가 단지 유행하는 에듀테크 트렌드가 아닌 실제로 교육적 수요를 충족시킬 수 있는지는 어떻게 확인할 수 있을까? AI는 어떻게 활용될 수 있는가?

### 3.1 교육의 질 제고를 위한 AI 활용

지난 10년 동안 학습을 지원하거나 강화하는 AI 도구의 사용은 기하급수적으로 증가했으며(Holmes 외, 2019), COVID-19에 따른 학교의 잠정적 휴교 이후 더욱 증가해왔다. 그러나 AI를 활용하여 얼마나 학습 성과를 개선할 수 있는지, 얼마나 효과적인 학습이 이루어지는지에 대한 정확한 척도는 없다. (Zawacki-Richter 외, 2019)

교육에서 AI의 혁신적인 잠재력에 대한 많은 주장들은 추측, 잠정적 결론, 낙관론에 바탕을 두고 있다. (Nemorin, 2021)

더욱이, 우리는 서로 다른 학습 환경에서의 학습 성과 추적과 역량

AI로 창출될 효과를 극대화하고, 잠재적 위험을 최소화하려면 다음과 같은 핵심 질문에 대한 사회 전반의 대응이 필요하다.

1. 어떻게 하면 AI를 활용하여 교육의 질을 제고할 수 있을까?
2. 교육 분야에서 AI의 윤리적인, 포용적인, 공정한 활용은 어떻게 보장할 수 있는가?
3. AI 시대에 교육은 어떻게 인간이 살아가고, 일할 수 있도록 준비시킬 수 있을까?

유네스코는 이러한 복합적인 문제에 대처하기 위해 중국 정부와 협력하여 ‘AI 시대의 교육 계획: 도약을 이끌다’라는 주제로 베이징 국제인공지능교육회의(2019)를 개최했다. 50명 이상의 정부 장관, 100개 이상의 회원국, 유엔 기관, 학술 기관, 시민 사회 및 민간 부문의 약 500명의 국제 대표들이 참여했다. 그들은 ‘SDG 4 – 2030년의 교육과 2030년 이후 교육의 미래’라는 맥락에서 AI의 사회 전반의 영향을 면밀히 검토했다. 그에 따라 도출된 결과물은 앞서 언급한 세 가지 질문과 관련된 핵심 이슈와 정책 권고안에 대한 ‘AI와 교육에 대한 베이징 합의(Beijing Consensus on AI and Education)’(UNESCO, 2019a)였다. 베이징 합의의 주요 권고사항은 본 자료 전반에 인용되고 있다.

다음으로는 교육 분야에서 AI에 영향을 미치는 주요 동향과 이슈, 그리고 혜택과 위험성의 이분법적 접근법, 정책적 대응을 다뤄보고자 한다.

평가, 특히 비공식 및 비공식적 맥락에서 습득한 역량 평가에서 아직 AI의 잠재력을 충분히 탐색하지 못했다.

교육 분야의 AI 활용은 크게 학교 행정 지원, 학생 지원, 교사 지원의 세 가지 범주로 구분된다. (Baker 외, 2019). 그러나 본 자료에서는 정책입안자를 위해, (1) 교육 관리 및 수행, (2) 학습 및 평가, (3) 교사 지원 및 교육 강화, (4) 평생학습으로 네 가지 수요 기반의 범주를 제안한다. 또한, 각 범주에 관한 몇 가지 사례도 언급할 예정이다. 아울러 각 범주는 별개가 아니라 본질적으로 상호 연관되어 있음을 인식하는 것이 중요하다. AI의 적용은 여러 수요를 한꺼번에 충족할 수 있기 때문이다. 예를 들어, AI 기반의 자습서 애플리케이션은

교사와 학생 모두를 지원할 목적으로 설계될 수 있다. 또한 교육적 맥락에서 AI 기술의 도입을 위한 전략과 정책은 산업 시장보다는 즉각적이고 장기적인 현지 상황에 맞게 조정되어야 하며, 도입에 따른 이익-위험 분석이 선행되어야 한다. 특히 AI의 교육적 활용을 환영하는 사람들은 AI가 COVID-19 휴교와 온라인 학습으로의 전환으로 야기된 문제에 대한 즉각적인 해결책을 제공한다고 제안했지만, 그에 관해 뒷받침할 수 있는 근거는 거의 없다.

### 교육 관리와 수행을 위한 AI 활용

AI 기술은 교육의 원활한 관리와 수행을 지원하기 위해 점점 더 많이 사용되고 있다. 이러한 행정 지원 기반 AI는 교수·학습을 직접적으로 지원하는 대신, 교육행정 정보시스템(EMIS)을 기반으로 입학, 시간표 작성, 출석 및 숙제 모니터링, 학교 전반에 점검 등 학교 관리의 측면을 자동화하도록 설계되었다.(Villanueva. 2003) 때로는 ‘학습 분석’(du Boulay 외. 2018)으로 알려진 데이터 마이닝 접근법을 사용하여 학습 관리 시스템에서 생성된 빅데이터를 분석하여 교사와 관리자에게 정보를 제공하고 때로는 학생을 위한 지침을 제공한다. 예를 들어, 학습 분석을 통해 어떤 학생이 낙제할 위험이 있는지 예측할 수 있다. 학습 분석의 결과물은 시각적 ‘대시보드’의 형태를 취하기도 하며(Verbert 외. 2013), 데이터 중심 의사결정을 알리는 데 사용된다(James 외. 2008; Marsh 외. 2006). 교육 시스템에서 추출한 빅데이터는 정책 결정에도 기여할 수 있다.

공교육 기관은 빅데이터를 활용하여 디지털 기반의 대화형 데이터 시각화를 통해 교육 행정 체계에 대한 최신 정보를 정책입안자에게 제공할 수 있다.  
(Giest, 2017, p. 377)

예를 들어, 난민 출신의 학생들을 위해 구축된 학습 관리 시스템의 데이터 산출물은 교육의 균등한 기회와 최적의 학습 지원 조건을 결정하는 데 도움이 될 수 있다. AI는 학습자의 개인별 요구와 학습 수준을 분석해 플랫폼 전반에서 학습 콘텐츠를 선별할 수 있는 잠재력도 입증했다. 모든 학습자의 접근성 보장을 위해 AI를 활용하여 수천 가지의 공개교육자원(OER)을 선별하고자 한 프로젝트가 시도된 사례가 있다. (Kreitmayer 외. 2018)

그러나 데이터 기반 분석이 신뢰성과 공정한 결론을 도출하고, 유용하게 활용되려면 원본 데이터나 그 표본이 정확하고 편견이나 잘못된 가정이 없어야 하며, 측정 방식이 적절하고 견고해야 한다. 그러나 실제 상황에서는 단순한 요구 사항도 엄격히 충족되지 않는 경우가 많다.(Holmes 외. 2019) 단지 ‘패턴 검색’을 위한 머신러닝 기술을 사용하기 위해 엄청난 양의 학생 상호작용 데이터를 수집하는 AI 회사들이 있다. 이러한 데이터들은 아이들이 혼동을 느끼거나 지루함을 느끼는 순간을 식별하기 위한 소프트웨어의 학습 데이터로 활용되어 학생들의 학습 능력을 향상시키고, 참여도를 높이고자 하는 데 목적이 있다. 그럼에도 불구하고, 이러한 종류의 데이터

수집은 “치료가 필요한 잠재적 환자로서의 어린이를 판단하는 경계선 정신 건강 평가”로 비유되며 논란이 되고 있다. (Herold, 2018)

어떤 맥락에서는, 이러한 AI 도구가 수업 중 학생들의 집중도를 모니터링하는 데 사용되기도 하고 (Connor. 2018), 출결사항을 점검하고(Harwell. 2019) 교사들의 성과를 예측하는 데 사용되어 우려를 낳고 있기도 하다. (O’Neil. 2017) 따라서 학교 행정 지원을 위한 AI의 활용은 AI와 교육에 대한 폭넓은 논의가 수반되어야 한다.

### 주요 동향

■ **교육용 챗봇**: 챗봇은 클라우드 기반 서비스와 AI 기술을 이용한 온라인 대화형 프로그램이다. 사용자가 질문을 입력하거나 말하면 챗봇이 응답하여 정보를 제공하거나 간단한 작업을 수행한다. 챗봇의 정교함은 크게 두 가지 수준으로 분류된다. 미리 프로그래밍된 스크립트로 작성된 응답에서 선택하기 위해 규칙과 키워드를 사용하는 챗봇이 있고, 자연스러운 언어 처리와 머신러닝을 사용하여 고유한 응답을 생성하는 가상 비서 챗봇(Siri<sup>20</sup>, Alexa<sup>21</sup>, DuerOS<sup>22</sup>, Xiaoyi<sup>23</sup> 등)이 있다. 교육적 맥락에서 챗봇의 활용은 점차 증가하고 있다. 예를 들어, 학생 입학 지원, 24시간 연중무휴 정보 제공, 학습 직접 지원 등의 기능을 수행한다. 교육용 챗봇에는 Ada<sup>24</sup>와 Deakin Genie<sup>25</sup>가 있다.

■ **OU Analyse<sup>26</sup>**: 영국의 Open University가 설계한 AI 애플리케이션으로, 대학의 교육 관리 정보 시스템(EMIS)에서 빅데이터를 분석하여 학생들의 성과를 예측하고 낙제할 위험에 있는 학생들을 식별하기 위해 설계되었다. 대시보드 기능을 활용하여 교수자나 지원팀에서 쉽게 접근할 수 있다. 궁극적인 목표는 과정을 완료에 어려움을 겪을 수 있는 학생들을 지원하는 것이다. (Herodotou 외. 2017)

■ **Swift<sup>27</sup>**: 인도의 Swift eLearning Services에서 개발한 방법론으로, 교육행정정보시스템(EMIS) 시스템에서 e-Learning 모듈에 생성된 데이터를 활용할 수 있도록 지원한다. 학습자 상호작용을 통해 수집된 데이터를 통해 학습자가 언제 어떤 이유로 어려움을 겪거나 또는 성취를 이루게 되는지에 대한 가치있

### AI와 교육에 대한 베이징 합의

10. 증거기반 정책 수립 프로세스로 전환하는데 있어 데이터 사용의 획기적인 발전을 인식한다. 데이터 수집 및 처리 능력을 강화하고 교육 관리의 공정성, 포용성, 개방성 및 개인화를 도모하기 위해 교육행정정보시스템(EMIS) 고도화와 관련된 AI 기술 및 도구의 통합과 개발을 고려한다.
11. 각기 다른 학습기관 및 환경에서 학생, 교직원, 학부모, 지역사회 등 다양한 이해관계자에게 교육 및 훈련 서비스를 제공하기 위해 AI 활용이 가능한 모델 도입을 고려해야 한다.

(UNESCO, 2019a, p. 5)

는 정보를 제공한다. 데이터 분석을 통해 학습자 선호에 따른 맞춤형 학습 경로를 제시할 수 있다.

- **ALP<sup>28</sup>**: 미국에서 개발되어, 표준교육기술을 지원하는 백엔드 AI 기능을 제공한다. ALP 시스템은 사용자 데이터를 분석하여 각 학생의 상호작용, 선호 및 성취도에 대한 프로필을 구축한다.
- **UniTime<sup>29</sup>**: 4개 대륙의 기관의 협력으로 개발된 종합적인 AI 기반 교육 스케줄링 시스템으로, 대학 강의 및 시험 시간표를 만들고, 강의 시간이나 강의실 변경 사항을 관리하며, 학생 개개인의 일정을 제공하는 역할을 한다.

## 학습과 평가를 위한 AI 활용

학생을 직접 지원하는 AI 기술은 연구자, 개발자, 교육자나 정책입안자들이 가장 관심을 두는 분야이다. ‘4차 교육 혁명’(Seldon, Abidoye, 2018)으로도 알려진 이 AI 기술은 전 세계 어디에서나 모든 학습자에게 양질의 개인화된 유비쿼터스 평생학습을 제공하는 것을 목표로 한다. 또한 AI는 적응적이고 지속적인 평가를 가능하게 함으로써 평가에 대한 새로운 접근 방식을 촉진할 수 있는 잠재력을 지니고 있다. (Luckin, 2017) 하지만 학습과 평가를 위한 AI 활용에는 여러 우려 사항도 있다. 교육학적 접근법에 대한 우려, 교사 역할에 대한 효과와 잠재적인 영향에 대한 확고한 근거 부족, 광범위한 윤리적인 논란 등이 있다. (Holmes 외, 2018b, 2019)

### 지능형 튜터링 시스템 (ITS, Intelligent tutoring systems)

‘지능형 튜터링 시스템’(ITS)으로 알려진 톨로 학습과 평가를 지원하기 위한 AI 활용에 대한 논의를 시작하고자 한다. 교육용 AI 애플리케이션 중 ITS는 40년 이상의 가장 오랜 기간 연구된 애플리케이션이다. ITS는 교육에서 가장 흔하게 활용되어왔고, 많은 학생들이 경험해 왔다. 세계 유수의 기술 회사들로부터 가장 높은 수준의 투자와 관심을 끌었고, 수백만 명의 학생들과 함께 사용할 수 있도록 전 세계 교육 시스템에 전반에 도입되었다.

일반적으로 ITS는 수학이나 물리와 같은 구조화된 과목을 각 학생에게 개별화된 단계별 튜토리얼로 제공한다. ITS는 인지과학 같은 과목에 대해 전문가 지식을 바탕으로 학습을 지원함으로써 최적의 학습 경로를 결정한다. ITS는 Moodle<sup>30</sup>, Open edX<sup>31</sup>와 같은 학습 관리 시스템과 Kahn Academy<sup>32</sup>와 같은 플랫폼에서도 구현된다.

학생이 학습 활동에 참여하는 동안 ITS 시스템은 지식 추적<sup>33</sup>과 머신러닝을 사용하여 난이도를 자동으로 조정하고 개별 학생의 오개념을 바로 잡아주고 학습 성취를 돕는다. 이를 통해 학생들은 효율적으로 주제를 학습할 수 있다. 일부 ITS는 또한 학생들의 시선 모니터링을 통해 주의 집중도를 유지하고, 학생의 정서적인 상태에 대한 데이터를 하고 포착하고 분석한다.

ITS에 구현된 전형적인 지식 전달 접근법이나 가정은 직관적인 호소력이 있기는 하지만 협력 학습, 안내적 발견 학습, 생산적 실패와 같은 접근법의 가능성을 배제할 수도 있다. (Dean Jr., Kuhn, 2007) 특히, ITS가 제공하는 ‘개인화된 학습’은 정해진 학습 콘텐츠로의 경로만을 개인화할 뿐, 학습 성과를 개인화하고 학생 개인의 야망을 성취할 수 있도록 지원하여 학습기관을 궁극적으로 지원하지는 않는다. 일부 연구에 따르면 잘 설계된 ITS (e.g. du Boulay, 2016)가 전 세계의 많은 교육 시스템에 의해 도입되었음에도, 그 효과를 입증할 수 있는 증거는 제한적이다. (Holmes 외, 2018a)

ITS의 광범위한 사용은 또한 다른 문제들을 초래한다. 예를 들어, 학생과 교사 간의 인간적인 접촉이 줄어든다. ITS가 도입된 교실에서 교사는 종종 학생들의 상호작용 대시보드를 모니터링하기 위해 교탁에서 많은 시간을 보낸다. 그러나, ITS가 도입되지 않은 교실처럼 교실 여기저기를 돌아다니면 오히려 학생들이 무엇을 하는지 파악하고 그에 맞는 지도를 하기가 더 어려워질 것이다. 이 난제를 해결하기 위해, ITS 확장판인 Lumilo는 증강현실 스마트 안경을 사용하여 각 학생의 학습과 행동에 대한 정보를 머리 위에 ‘떠다니게’ 함으로써, 교사가 행동할 수 있는 심층적이고 지속적인 정보를 제공하고자 한다. 지능형 AI 기술의 매력적인 사용이지만 인권, 특히 사생활에 대한 권리를 침해하는 접근법이 될 수도 있다.

현재 상용화된 ITS는 Alef<sup>34</sup>, ALEK<sup>35</sup>, Byjus<sup>36</sup>, Mathia<sup>37</sup>, Qubena<sup>38</sup>, Riid<sup>39</sup>, Squirrel AI<sup>40</sup> 등을 포함하여 60개 이상이다. 최고의 ITS와 최고의 교사들을 활용하는 것을 목표로 하는 Hi-Tech Hi-Touch 프로젝트<sup>41</sup>는 현재 베트남의 학교에서 교육위원회에 의해 테스트 되고 있다.

### 대화 기반 학습시스템 (DBTS, Dialogue-based tutoring systems)

대화 기반 튜터링 시스템(DBTS)은 자연어 처리 등 AI 기술을 사용하여 인간 교사와 학생 사이의 음성 튜토리얼 대화를 시뮬레이션한다. 주로 컴퓨터 공학을 주제로 단계별 온라인 작업을 수행하는데 활용되지만, 최근에는 덜 구조화된 과목에서도 활용되고 있다. DBTS는 소크라테스식 교수법을 채택하여, 학생 스스로 문제에 대한 적절한 해결책을 찾도록 유도하는 대화를 전개하고자 한다. 따라서 직접적인 지침을 바로 제공하기보다는 인공지능으로 만든 질문을 통해 학습시키고자 한다. DBTS는 학생들이 교수·학습 과정에 직접 참여하여 창작하는 과정을 장려함으로써 학습 주제를 심층적으로 이해할 수 있도록 지원하여 기존의 ITS를 보완할 수 있다.

현재 상용화된 DBTS는 상대적으로 적은 편이고, 대부분은 연구개발 프로젝트 단계에 있다. 가장 잘 알려진 사례로는 AutoTutor (Graesser 외, 2001), IBM과 Pearson Education이 개발한 상업 시스템인 Watson Tutor<sup>42</sup>가 있다.

## 탐구 학습 시스템 (ELE, Exploratory learning environments)

ITS 및 DB의 단계별 접근 방식에 대한 대안으로 탐구 학습 시스템 (ELE)이 꼽힌다. ELE은 구성주의적 철학을 채택한다. 즉, ITS가 선호하는 ‘지식 전달’ 모델처럼 정해진 단계별 순서를 따르기보다는 학습 환경의 요소를 탐구하고 기존 배경지식과의 연계를 통해 학습자 스스로 지식을 적극적으로 구성하도록 권장한다. ELE에서 AI의 역할은 지식 추적과 머신러닝을 기반으로 자동화된 지침과 피드백을 제공하여 탐구 학습에서 종종 발생할 수 있는 인지 과부하를 최소화하는 것이다. 피드백을 제공함으로써 학습에서 발생하는 오개념을 바로잡고, 대안적 접근 방식을 제안하기도 한다.

대체로, ELE는 아직 상용화된 사례는 없다. 대표적인 예로 ‘ECHOES’ (Bernardini 외. 2014), ‘Fractions Lab’ (Rummel 외. 2016), ‘Betty’s Brain’ (Leelawong, Biswas. 2008) 등이 있다.

## 자동 작문 평가 (AWE, Automated writing evaluation)

자동 작문 평가(AWE)는 컴퓨터로 작업하는 학생들을 즉각적으로 지원하며 참여시키는 대신 자연어 처리를 포함한 AI 기술을 활용하여 작문에 대한 자동 피드백을 제공한다. 일반적으로 두 가지 AWE 접근 방식이 있다. 학생들이 최종적으로 작문 과제를 제출하기 전에 과제를 점검할 수 있는 형성평가 형태의 AWE와 학생들의 작문을 자동으로 채점하는 총괄 평가 형태의 AWE가 있다.

실제로 대부분의 AWE는 피드백에 대한 점수를 매기는 데 초점을 맞추고 있다. AWE는 주로 평가 비용을 절감하도록 설계되었으므로 행정 지원을 위한 AI 구성 요소로 간주할 수 있다. 그러나, 이러한 AWE가 도입된 이후, 총괄 AWE는 논란이 되어 왔다. (Feathers. 2019) 예를 들어, 학생이 제출한 작문 과제에서 문맥적으로 맞지 않더라도 문장 길이와 같은 표면적인 특징으로 점수를 매긴다는 비판을 받아왔다. 즉, 황설수설한 글을 식별하지 못한다는 것이다. 또한 창의성을 평가할 수 없다는 점도 제기되었다. 가장 걱정스러운 것은, AWE를 뒷받침하는 알고리즘이 때때로 편향되어 있다는 점이며, 특히 소수민족 학생들에게 편향되어 있다는 점이다. 아마도 어휘와 문장 구조의 다른 사용 때문일 것이다. 형성 AWE 또한 작문의 ‘딤페이크’를 식별하는 데 익숙하지 않다. 즉 개별 학생의 작문 스타일을 모방하면서 전문 지식을 활용하여 AI 기술에 의해 작성된 에세이를 판별하는 것이 매우 어렵다.<sup>43</sup> 마지막으로, AI를 활용한 채점이 할당 표시를 하는 것은 채점이 지닌 가치를 과소평가하는 것일 수도 있다. 비록 채점이 시간 소모적이고 지루할 수 있지만, 교사들이 직접 채점함으로써 학생들의 능력을 이해할 수 있는 최고의 기회가 될 수 있기 때문이다.

그러나 AWE는 학생의 작문 능력을 향상시키고, 자율적 학습과 메타 인식과 같은 고차원적인 학습 프로세스를 촉진하기 위해 피드백을 제공하는 데 활용될 수 있다.

AWE는 총괄평가의 성격을 지닌 동시에 형성평가의 성격을 지녔다. 주요 사례로는 WriteToLearn<sup>44</sup>, e-Rater<sup>45</sup>, Turnitin<sup>46</sup>이 많은 교육적 맥락에서 사용되고 있다. 관련 접근법으로는 이전에 교사들이 평가한 학생 데이터를 바탕으로 새로운 학생들의 음악적 역량을 평가한 Smartmusic<sup>47</sup>이 있다.

## AI 기반 독해, 언어 학습 (AI-supported reading and language learning)

독해와 언어 학습 도구와 AI의 접목은 점차 증가하고 있다. AI 기반 음성인식과 함께 ITS 기반 학습 경로 개인화를 사용하는 사례도 있다. 음성 인식 기술은 일반적으로 학생들의 발음 향상 피드백을 제공하기 위해 학생들의 음성과 원어민의 샘플 녹음을 비교하는 데 사용된다. 자동 번역은 학생들이 다른 언어로 된 학습 자료를 읽을 수 있도록 돕고, 다른 문화권의 학생들이 서로 더 쉽게 상호작용할 수 있도록 지원한다. 한편, 학생들에게 개별적인 피드백을 제공하기 위해 독해 능력을 감지하고 자동으로 분석하는 시스템도 있다.

대표적인 상용화 애플리케이션으로는 AI Teacher<sup>48</sup>, Amazing English<sup>49</sup>, Babbel<sup>50</sup>, Duolingo<sup>51</sup> 등이 있다.

## 스마트 로봇(Smart robot)

학습 장애를 지니고 있거나 학습에 어려움을 겪고 있는 아이들을 위해 AI 기반의 로봇 혹은 ‘스마트’ 로봇의 교육 이용에 관한 연구도 이루어지고 있다. (Belpaeme. 2018) 일례로, 자폐증을 앓고 있는 학생들의 의사소통 역량과 사회성 신장을 위해 자칫 혼란을 주기 쉬운 인간과의 상호작용보다는 예측 가능한 기계적 상호작용을 제공하는 언어능력이 있는 휴머노이드 로봇을 만든 사례가 있다 (Dautenhahn 외. 2009). 또 다른 사례로는 질병이나 난민 위기 등 인도주의적 차원의 문제로 인해 학교에 출석할 수 없는 학생들을 위한 텔레프레젠스 로봇<sup>52</sup>이 있다. 한편 싱가포르의 유치원 수업에서도 어린아이들에게 컴퓨터 프로그래밍과 다른 STEM 과목을 소개하기 위해 Nao<sup>53</sup>나 Pepper<sup>54</sup> 등의 휴머노이드 로봇을 사용한 사례가 있다.(Graham. 2018)

## 티처블 에이전트 (Teachable agent)

학습 효과는 단순히 배우는 것에 그치지 않고, 그 주제를 다른 사람들에게 가르침으로써 더 깊이 있고 더 잘 보존할 수 있다고 알려져 있다. (Cohen 외. 1982) 이 효과는 다양한 AI 접근법과 결합되었다. 예를 들어, 앞서 언급한 ELE의 Betty’s Brain에서 학생들은 베티라고 불리는 가상의 동료 학생에게 강물 생태계에 대해 가르친다. 학생이 가상 에이전트에게 수학에 기반한 교육 게임의 규칙을 가르치는 스웨덴의 연구 프로젝트도 있다. (Pareto. 2009) 스위스의 연구 사례에서는 어린아이들이 휴머노이드 로봇<sup>55</sup>에게 필기를 가르침으로써 메타 인지, 공감, 자존감을 자극하는 것으로 나타났다. (Hood 외. 2015)

## 교육용 가상/증강현실 (Educational virtual and augmented reality)

교육 분야에서 가상현실(VR)과 증강현실(AR)은 사용자 경험을 향상시키기 위해 머신러닝 등 AI 기술과 자주 결합되는 혁신 기술이다. VR은 천문학, 생물학, 지질학을 포함한 K-12 이상의 여러 과목에서 접목되어왔다. VR 고글은 물리적인 세계를 차단하는 몰입감 있는 경험을 제공함으로써 마치 화성의 표면, 화산 내부, 태아가 발달하고 있는 인간의 자궁과 같은 실제 또는 가상의 환경들로 이동한 듯한 느낌을 준다. VR 기술에 AI를 접목하여 실제와 같은 가상 아바타를 제어하거나, 자연어 처리를 사용하여 음성 제어를 가능하게 하거나, 몇 개의 시작 이미지에서 전체 환경을 생성하는 것이 가능하다.

한편, AR은 컴퓨터로 만든 이미지를 사용자의 실제 환경에 중첩시킨다.(전투기 조종사의 비행 디스플레이를 상상하면 쉽다.) AR은 앞서 언급한 Lumilo가 학생의 ITS 성과에 대한 정보를 머리 위에 띄우기 위해 사용될 수 있다. 또, 스마트폰 카메라가 특정 QR코드를 가리키면 AR 3D 인간 심장이 드러나 자세히 탐색할 수 있다. AR은 AI 기반 영상 인식과 추적도 수반할 수 있다. 인스타그램이나 스냅챗에서 사람들의 이미지에 토끼 귀나 고양이 수염을 붙이는 필터 기능 또한 AR 기반 기술이다. VR과 AR이 교육에 활용되는 예로는 Blippar<sup>56</sup>, EonReality<sup>57</sup>, Google Education<sup>58</sup>, NeoBear<sup>59</sup>, VR Monkey<sup>60</sup> 등이 있다.

## 학습 네트워크 오케스트레이터 (Learning network orchestrators, LNOs)

학습 네트워크 오케스트레이터(LNO)는 학생과 교사 네트워크가 학습에 참여하고 학습 활동을 구성할 수 있도록 하는 도구이다. LNO는 일반적으로 가용성, 주제 영역 및 전문 지식을 기반으로 참가자를 매칭하고 협력과 협업을 촉진한다. LNO가 활용된 사례로 ‘Third Space Learning’은 수학 학습에 어려움을 겪는 영국 학생들을 다른 나라의 수학 교사와 연결해 준다.<sup>61</sup> ‘Smart Learning Partner’는 학생들이 데이트 앱처럼 휴대폰 앱을 통해 과외 선생님을 선택하고, 일대일 학습 지원을 받을 수 있는 AI 기반 플랫폼이다.<sup>62</sup>

## AI 기반 협력 학습 (AI-enabled collaborative learning)

학생들이 함께 문제를 해결하는 협업 학습은 학습 성과를 향상시키는 것으로 알려져 있지만 (Luckin 외. 2017), 효과적인 협업 달성은 어려울 수 있다. 따라서 AI를 활용하여 다양한 협업 학습을 지원할 수 있다. AI 기반 톨로 학습자를 원격으로 연결하거나, 특정 협업 작업에 가장 적합한 학생을 식별하고 그에 따른 그룹화 작업을 수행할 수 있다. 또는 가상 에이전트로서 그룹 토론에 적극적으로 기여할 수도 있다. 구체적인 상용화 사례는 없지만, 활발하게 연구되고 있는 분야이다.

(e.g. Cukurova 외. 2017)

### AI와 교육에 대한 베이징 합의

13. 교사 정책 면에서 AI가 활용되는 교육환경에 맞게 교사의 역할 및 필수 역량을 적극적으로 검토하고, 교원 양성기관을 강화하며, 적절한 역량 개발 프로그램을 갖춰야 한다.
14. 학습 및 학습 평가를 지원하기 위해 AI의 잠재력과 관련된 트렌드를 인식하여, AI의 심층 통합과 학습 방법론 전환을 촉진하기 위한 커리큘럼을 검토하고 조정한다. 리스크보다 AI의 이점이 크다면 AI 툴이나 AI 솔루션을 적용, 개발하는 것을 고려해야 한다. 다양한 과목의 학습이나 다학제간 기술과 역량을 위한 AI 툴 개발을 지원해야 한다.
16. 적응형 학습 프로세스를 지원하기 위해 AI 도구를 적용하거나 개발하여 데이터의 잠재력을 활용하여 학생들의 역량을 다차원적으로 평가하고 대규모 및 원격 평가를 지원한다.

(UNESCO. 2019a, pp. 5-6)

## 교사 역량 강화 및 교수법 향상을 위한 AI 활용

교사를 지원하기 위한 AI의 활용은 그 잠재력에도 불구하고, 교사 대신 AI와 학습을 하는 학생 지원을 위한 AI 활용보다는 관심이 적은 분야였다. 현재 연구자와 개발자는 예를 들어, 대쉬보드에 ITS의 학생 데이터를 보여주는 것과 같은 가장 마지막 단계에서만 교사를 위한 설계를 반영하였다. 그러나 점차 교사를 위한 AI의 설계도 관심의 대상이 되어가고 있다.

교사의 역량 강화를 위한 AI 기술은 기존에 교사들이 수행해온 평가, 표절 감지, 행정 업무, 피드백 등의 작업을 자동화함으로써 업무량을 줄이는 것을 목표로 한다. 몇몇은 교사의 업무 경감을 통해 확보된 시간은 학생들을 더 효과적으로 지원하는데 투자되어야 한다고 주장한다. 하지만, AI가 발전함에 따라, 교사의 업무 경감을 넘어서 교사의 역할이 무용지물이 될 가능성도 있다. 교사 인력이 매우 부족한 환경에서는 장점이 될 수도 있으나, 인간 교사의 존재 가치를 없애고자 하는 인식은 교사가 지닌 사회적 역할을 과소평가하는 것이다.

그럼에도 불구하고, AI 도구들이 교실에서 더 많이 사용 가능해짐에 따라, 교사들의 역할이 바뀔 것으로 의견이 모아지고 있다. 아직 확실하지 않은 한 가지 사실은 이러한 현상이 어떻게 일어날 것인가이다. 하지만 교사들이 AI와 효과적으로 일할 수 있도록 새로운 역량을 구축하고 인적, 사회적 역량을 키우기 위해 적절한 전문성 개발을 해야 한다는 것을 우리는 알고 있다.

## AI 기반 토론 포럼 모니터링 (AI-driven discussion forum monitoring)

AI 기술은 온라인 교육을 지원하는 데 사용되며, 특히 교사나 진행자가 비동기식 토론 포럼을 모니터링하는 데 도움을 준다. 이러한 포럼에서 학생들은 주어진 과제에 대한 응답을 제공하고, 강의 자료에 대해 강사에게 질문하고, 협업 학습 기회에 참여할 수 있다. 이 과정에서 수많은 게시물이 생성될 수 있으므로, 모든 게시물은

적절하게 다루어져야 한다. AI는 여러 가지 면에서 도움이 될 수 있다. AI 툴이 포럼 관련 게시물을 분류하여 자동으로 간단하게 응답할 수도 있고, 중복된 이슈를 제기하는 게시물은 통합할 수도 있고, 감정 분석을 사용하여 부정적인 또는 비생산적인 감정 상태를 드러내는 게시물을 식별할 수도 있다. 이러한 시도로, 교사들은 학생들의 의견과 집단적인 우려 사항에 대해 계속적으로 정보를 얻을 수 있을 것이다. 윤리적인 문제가 제기되었기는 하지만, 미국 조지아 공대에서 개발된 ‘Jill Watson’은 포럼 게시물을 분류하고 다른 복잡한 게시물들은 인간 조교들에게 언급하면서 가능한 경우 질문에 대답하기 위해 개발되었다. 이 AI 기반의 보조 도구는 IBM의 왓슨 플랫폼에 기반을 두고 있다. 일부 학생 질문에 자동으로 응답하고 학생들에게 과제 관련 이메일을 보냈다(Goel, Polepeddi. 2017). 이러한 시도는 처음에는 성공적으로 여겨졌지만, 대답을 미루거나 유머를 사용함으로써 학생들이 AI 보조 도구가 진짜 사람이라고 생각하게끔 속였기 때문에 윤리적인 비판을 받았다.

### AI-인간 ‘듀얼 교사’ 모델 (AI-human ‘dual teacher’ model)

예외도 있지만, AI는 교사들이 더 효과적으로 가르칠 수 있도록 돕기 보다는, 교사의 업무를 대체하기 위해 고안되었다. 중국의 외딴 시골 지역에 있는 일부 학교들은 이미 ‘듀얼 교사 모델’을 사용하고 있다. 이 접근법은 전문성이 있는 교사가 상대적으로 경험이 적은 교사에게 지도를 받는 지역의 학생들에게 동영상 링크를 통해 원격으로 강의를 한다 (iResearch Global. 2019). 미래에는 인공지능 조교가 이 역할 중 하나를 지원할 수 있을 것이다. AI는 전문 지식이나 전문 개발 자원을 제공하고, 특정 환경 내외에서 동료들과 협력하고, 학생들의 성과를 모니터링하고, 시간이 지남에 따라 진행 상황

을 추적하는 것을 포함하여, 인간 교사를 도울 수 있다. 학생들에게 무엇을 어떻게 가르칠지는 교사의 책임과 특권으로 남을 것이다. AI 도구의 역할은 단순히 교사의 일을 더 쉽고 더 학술적으로 만드는 것일 것이다. 예를 들어, ‘LeWaijiao AI classroom’<sup>63</sup>은 주요한 모든 과제는 인간 교사들이 수행할 수 있도록 지원하기 위해 개발되었다.

### AI 학습 조교 (AI-powered teaching assistants)

언급한 바와 같이, 많은 기술들은 교사들이 출석, 과제 채점, 같은 질문에 계속해서 답하는 것과 같은 시간 소모적인 활동들을 덜어주기 위해 고안되었다. 하지만, 그 과정에서 AI가 효과적으로 수업의 많은 부분을 ‘인수’하고, 교사와 학생 사이의 관계를 방해하며, 교사를 단지 기능적인 역할로 축소할 수 있다. 예를 들어, 자동 작문 평가의 한 가지 목적은 교사들이 채점 부담을 덜도록 하는 것이다. 하지만, 우리가 지적했듯이, 채점은 부담스러울 수 있지만, 교사가 학생들의 역량과 능력에 대해 배울 중요한 기회이다. AWE를 사용하면 그 기회를 놓치게 되는 것이다.

또한, AI 기반의 학습 조교는 학습자의 사회적 요구뿐만 아니라 교사들의 독특한 기술과 경험을 과소평가한다. 단순히 컴퓨터 기반 교육을 자동화하는 대신, AI는 기존의 교육학 등으로는 성취가 어려운 교수·학습의 가능성을 여는 데 도움을 줄 수 있다. 이는 AI 학습 조교(AI TA)를 통해 교사의 전문성을 강화하는 것을 목표로 할 것이다(Luckin, Holmes. 2017). 교사와 학교가 교육 혁신을 촉진할 수 있도록 지원하기 위해 설계된 몇 가지 AI 애플리케이션 사례가 있다. 이에 관한 연구가 일부 수행되었지만, 실제 환경에서 활용되기 위해서는 많은 기술적, 윤리적 문제를 극복해야 할 것이다.

## 3.2 교육의 공익성 확보를 위한 AI 활용

지금까지 살펴본 바와 같이, AI는 이미 교육 분야 전반에 도입되어 활용되고 있다. 그러나 AI 기반의 애플리케이션들은 최첨단 기술과 고유의 능력을 발휘하여 교수·학습 혁신을 선도하기보다는 실습의 자동화 그 이상을 수행하지는 못하고 있다. 다시 말해 지금까지 AI 연구진과 교육계 개발자들의 관심과 노력은 복잡한 지식 암기와 기억력이라는 상대적으로 쉬운 부분에 집중되어 왔다. 협업 학습, 새로운 평가 및 학습 참여 방법 등 더 복합적인 교육 문제를 다루기 위한 제품은 상용화되기는커녕 제대로 연구되지도 않았다. 이에 따라 AI가 교육의 공익성 강화를 위해 활용될 수 있는 혁신적 방안을 제시하고자 한다.

### AI 기반 평생학습 동반자 (AI-driven lifelong learning companions)

교육과 AI의 접목은 모든 학생들이 자신만의 선생님을 갖기를 바라는 욕구에서 시작되었다. 엄밀히 말하면, 스마트폰의 기능과 관련

기술을 활용하여 학습자 개개인에게 평생 함께할 수 있는 AI 기반 학습 동반자를 만드는 것이 극히 어려운 일은 아닐 것이다. 학습 동반자는 교육주의적 ITS 방식으로 학생들을 가르치기보다는, 학생들이 무엇을 어디서 어떻게 배울지 결정하는 데 도움을 주기 위해 개인의 흥미와 목표를 바탕으로 지속적인 지원을 제공할 것이다. 또한, 학생이 새로운 목표를 해결하고 학습 관심사와 성과를 연결하면서 장기적인 학습 목표를 성찰하고 수정할 수 있도록 돕기 위해 설계된 개별화된 학습 경로를 안내할 수 있다. 이러한 잠재력에도 불구하고 현재 상용화된 AI 기반 평생학습 제품은 없고 연구가 수행된 사례도 거의 없다.

### AI 기반의 지속적 평가 (AI-enabled continuous assessment)

고부담 시험 (high-stakes examination)의 타당성, 신뢰성, 정확성을 명확하게 입증할 수 있는 근거는 거의 없지만, 고부담 시험은

전 세계 교육 생태계의 핵심이다. 시험을 치르기 위해 교육기관은 깊이 있는 이해와 진실한 적용보다 일상적인 인지 능력과 지식 습득(AI에 의해 대체되는 지식의 종류)을 우선시한다.

실제로 AI는 이미 기존 평가에 두루 접목되고 있다. 예를 들어, AI 기반 얼굴 인식, 음성인식, 키보드 역학 및 텍스트 포렌식 기술이 원격 학습자를 위한 시험에서 지원자를 검증하는 데 점점 더 많이 사용되고 있다.<sup>64</sup> 그러나 AI 기반의 평가가 일부 학생들(대면 평가에 참여하기가 어려운 장애 학생들)에게 혜택을 줄 수 있지만, 이러한 도구들의 효과성은 확실하게 검증되지는 않았으며, 시험 기반 평가 관행의 문제를 개선하기보다는 고착화한다.

이 경우 학생들의 진도를 모니터링하고, 목표 피드백을 제공하고, 학생들의 숙달도를 지속해서 평가하기 위해 설계된 AI 도구가 대안이 될 수 있다. 모든 데이터는 학생들의 공교육 환경에서 계속해서 수집된다. 기존의 고부담 시험의 대안으로 AI 기반의 지속적인 평가를 활용하는 것은 매력적일 수 있지만, 극복해야 할 과제도 분명히 있다. 학생들이 학습하는 동안 역량을 입증할 수 있도록 하는 것은 어떤 면에서는 유리하지만, 지속적인 모니터링(감시) 없이도 역량을 평가할 수 있는 방법은 명확하지 않다. 아울러 모니터링은 많은 윤리적 문제를 수반한다.

### AI 기반 평생학습 성취도 기록 (AI-enabled record of lifelong learning achievements)

‘AI 기반 e-포트폴리오’는 학생의 비형식 학습(악기 연주 또는 기술 취득), 무형식 학습(언어 습득) 데이터와 함께 학생들이 정규(형식) 교육을 받는 동안 기록된 모든 평가 정보를 수집하기 위해 사용될 수 있다. 포트폴리오상의 기록은 블록체인 기술에 의해 작성되고 인증되어 지능형 동적 이력서가 될 것이다.<sup>65</sup> 학생들은 자신의 학습경험과 성취도에 대해 시험 인증서, 자격증의 모음보다 훨씬 더 구체적이고 신뢰도가 높은 기록을 갖게 될 것이다. e-포트폴리오는 향후 진학 및 취업 시 고등 교육기관이나 고용주와 함께 공유할 수 있을 것이다.

#### AI와 교육에 대한 베이징 합의

20. SDG4를 달성하기 위해 권장하는 원칙은 형식, 비형식, 무형식 학습을 포함한 평생학습임을 재확인한다. 시간과 장소를 불문하고 개별맞춤화된 학습시스템을 구축하기 위해 AI 플랫폼과 데이터에 기반한 분석을 수용해야 한다. 유연한 학습 경로 구축, 개별 학습 성과의 추적, 인식, 검증, 전송에 AI를 활용한다.
21. 노령층, 특히 여성 노령층을 위한 정책에 주의를 기울여야 하고, 이들이 디지털 라이프에 필요한 기술 개발에 참여하게 해야 한다. 노령층의 노동자들이 원하는 만큼 경제적으로 활동하도록 충분한 자금 지원을 받는 프로그램을 기획하고 실행해야 한다.

(UNESCO. 2019a, p. 7)

### 3.3 교육 분야에서 AI의 윤리적인, 포용적인, 공정한 활용

교육에 있어 AI의 윤리적, 포괄적, 공평한 사용은 각각의 지속 가능한 개발 목표에 영향을 미친다. 데이터와 알고리즘 문제, 교육학적 선택, 포용성, ‘정보격차’, 아동의 사생활, 자유 및 방해 없는 성장 보장, 성별, 장애, 사회적 경제적 지위, 인종 및 문화적 배경, 지리적 위치와 관계없는 평등 등 고려해야 할 요소들이 있다.

#### 교육 데이터 및 알고리즘과 관련된 새로운 윤리적 및 법적 문제

광범위한 AI 기술의 활용은 데이터 소유권, 동의, 프라이버시와 같은 여러 윤리적 문제와 위험 요소를 내포하고 있다. 또 다른 위험은 알고리즘 편견이 기본 인권을 훼손할 수 있다는 것이다. 소수의 기술 및 군사 강국이 AI 데이터와 전문성을 축적하고 있다는 우려도 나온다. 교육에서의 AI 기술의 범위는 지속적으로 성장하고 있지만,

” 전 세계적으로 이러한 문제를 다루기 위한 연구도 수행되지 않았고, 어떤 지침도 합의되지 않았으며, 어떤 정책도 개발되지 않았으며, 교육에 인공지능을 사용함으로써 제기된 특정 윤리적 문제를 해결하기 위한 규정도 제정되지 않았다. (Holmes 외. 2018b, p. 552)

교육 분야 AI의 적용을 위해 수집된 대량의 개인 데이터에 대한

우려-‘데이터 감시(dataveillance)’에 대한 문제가 제기되고 있다. (Lupton, Williamson. 2017) 누가 이 데이터를 소유하고 접근할 수 있으며, 개인 정보 보호 및 기밀성 우려 사항은 무엇인지, 데이터를 어떻게 분석하고 공유할 수 있는가? 특히 유럽을 제외한 전 세계 30% 미만의 국가가 포괄적인 정보 보호법을 시행하고 있다는 점을 고려할 때 모든 학습자의 개인 데이터가 잘못되거나 손상될 수도 있다.

또 다른 우려는 AI 알고리즘에 내포돼 있을지도 모르는 의식적 또는 무의식적 편견의 가능성이다.

알고리즘이 사회에 미치는 영향력은 더욱 커지고 있다. 채용 프로세스에서부터 법정 판결 등에 이르기까지 사회 전반에서 자동화 작업을 수행하고 있다. 그러나, 알고리즘은 다소 중립적이지 않으며, 예를 들어, 개인에 대한 부정적 결과의 정도에 따라 편향을 자동화할 수 있다는 인식이 증가하고 있다. (Hume. 2017)

편향된 분석은 (성별, 나이, 인종, 사회 경제적 지위, 소득 불평등 등의 측면에서) 학생들의 인권에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 그러나 데이터의 편향과 편견에 관한 윤리적 문제는 ‘알려진 미지’, 즉 위험 요소가 있다는 것은 알지만 예측할 수 없기에 많은 논의가 이루어

어지고 있다.<sup>66</sup> 하지만 국내외 규제를 피하기 위해 선도적인 기술 기업들의 ‘윤리 세탁’에 대한 관심이 커지고 있다는 의견도 있다. (Hao, 2019) 우리는 또한 AI와 교육의 상호작용으로 야기될 수 있는 밝혀지지 않은 윤리적 문제인 ‘알 수 없는 미지’를 고려해야 한다. 제기할 수 있는 윤리적 질문에는 다음이 있다.

- 학습자 데이터의 수집 및 사용에 대한 윤리적 범주를 정의하고 지속적으로 업데이트할 때 어떤 기준을 고려해야 하는가?
- 학교, 학생, 교사는 대규모 데이터셋에서 어떻게 대표성을 배제하거나 이의를 제기할 수 있는가?
- AI의 의사결정 과정을 추적하지 못할 경우 어떤 윤리적 영향이 있는가?
- 민간(제품개발자)와 공공(연구에 참여하는 학교 및 대학)의 윤리적 의무는 무엇인가?
- 학습자의 일시적인 관심과 감정, 학습 과정의 복잡성은 교육적 맥락에 적용된 AI의 데이터 해석과 윤리에 어떤 영향을 미치는가?
- 윤리적으로 어떤 교육학적 접근 방식이 보장되고 있는가?

**AI와 교육에 대한 베이징 합의**

교육 데이터 및 알고리즘의 윤리적이고 투명하며 추적 가능한 사용 보장:

- 28. AI 애플리케이션은 프로세스 및 알고리즘의 구성 및 사용 방법뿐만 아니라 데이터에 내재된 다양한 편견을 강요할 수 있음을 인식해야 한다. 개방형 데이터 접근과 데이터 개인 정보 보호 간의 딜레마를 인식해야 한다. 데이터 소유권, 개인 정보 보호 및 공공의 이익을 위한 데이터 가용성과 관련된 법적 문제와 윤리적 위험을 염두에 두어야 한다.
- 29. 교사와 학생의 개인정보 보호와 데이터 보안을 확보하기 위해 AI 기술과 도구를 테스트하고 도입해야 한다. AI의 윤리 문제에 대한 강력하고 장기적인 연구를 지원하여, AI가 좋은 방향으로 활용되도록 보장하고 유해한 적용을 방지한다. 종합적인 개인정보보호 법률과 규제 프레임워크를 개발하여 윤리적이고, 비차별적이며, 공정하고, 투명하고, 추적 가능한 사용 및 학습자 데이터의 재사용을 보장해야 한다.
- 30. 기존의 규제 프레임워크를 조정하거나 새로운 프레임워크를 채택하여 교육과 학습을 위한 AI 도구의 책임 있는 개발과 사용을 보장한다. AI 윤리, 개인정보 보호, 데이터 보안, 인권과 성 평등성에 미치는 AI의 부정적인 영향에 관한 연구를 수행해야 한다.

(UNESCO, 2019a, pp. 8-9)

교육 분야의 AI 도입은 지나치게 침해적이고, 비인간적이라는 비판이 일기도 한다. AI 기반 교육 애플리케이션은 학생들의 행동, 몸짓, 감정에 대한 지속적인 모니터링을 요구하기 때문에 침해적이라는 평이 있다. 한편 교사와 학생 간의 인간적 상호작용이 최소화된 교수·학습법에 적응시키고, 세분화된 학습 콘텐츠 경로를 구조화함으로써 교육기관의 역할을 감소시키기 때문에 비인간적이라는 평가를 받기도 한다. 교실 내 대화의 질이 학습에 어떻게 기여하는

지 분석하기 위해 수업을 녹음하고 AI를 활용함으로써 윤리적 논란을 불러일으킨 사례들(Kelly 외, 2018). 학습 패턴과 문제를 식별하기 위해 AI를 사용하는 것은 교실에 기기가 지나치게 침해적인 방식으로 도입되지만 않는다면 윤리적으로 덜 문제가 될 수 있다. 그러나 AI 기반 교실 카메라가 학생들의 행동을 감시하는 데 사용된 사례가 있다.(Loizos, 2017) 학생들이 세심하게 관찰하기 위해 안면 인식 기술이 설치되었기 때문에 윤리적 경계를 넘어서는 사례로 볼 수 있다. 학생들의 모든 움직임이 칠판 위에 위치한 여러 대의 카메라에 의해 감시되었고, 이 시스템은 학생들이 집중하고 있는지 모니터링하기 위해 얼굴 표정을 식별하고 그 정보를 컴퓨터에 입력했다. 학생의 감정을 중립, 행복, 슬픔, 실망, 분노, 두려움, 놀람의 7가지로 분석하였고, 만약 학생이 산만하다고 판단되면, 교사가 조치를 취할 수 있도록 알림을 보낼 것이다. 하지만 카메라는 학생들의 불안감을 증폭시켰고, 학생들은 교실에서 인위적으로 행동하게 되었다. 학생들은 눈 한 쌍이 그들을 계속 보고 있는 것처럼 느낀다고 설명했다.

또 다른 AI 기반 접근법은 머리띠에 있는 뇌전파(EEG)<sup>67</sup> 센서를 사용하여 학생들이 학습을 수행할 때의 뇌 활동을 감지한다. 개발자들은 이 기술이 학습을 향상시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다고 주장하지만, 신경과학자들은 그 효과에 대해 계속해서 의문을 제기해왔다. 이 기술은 부정확한 결과나 의도하지 않은 결과를 초래할 수 있다. 주목할 점은 2019년 10월, 중국 사이버공간관리국과 교육부가 학교 내 AI 카메라, 머리띠, 기타 기기 사용을 억제하는 규정을 도입했다는 점이다(Feng, 2019). 이 규정은 학생과 함께 AI 기술을 사용하기 전에 부모의 동의를 얻어야 하며, 모든 데이터를 암호화해야 한다는 내용을 담고 있다. 이것은 일시적으로나마 중국 학교에서의 얼굴 인식과 EEG 기술 사용을 중단하는 효과를 가져왔다.

베이징 합의서의 28~30항에 AI의 교육 윤리가 명시돼 있다. 또한 합의서에는 모든 정부가 교육과 학습을 위한 AI 도구의 책임 있는 개발과 사용을 보장하기 위해 규제 프레임워크를 개발하고 구현해야 한다고 권고한다. 이는 현재 개발 중인 유네스코의 ‘인공지능 윤리에 관한 권고’(2020년)에 근거해야 한다.

인터넷, AI 등 핵심 디지털 기술에 접근이 가능한 사람과 그렇지 않은 사람 사이의 차이는 SDG에 영향을 미치는 문제이다. 설상가상으로, 이러한 정보격차는 선진국 및 개발도상국 간, 국가 내 서로 다른 사회-경제 그룹 간, 기술의 소유자와 사용자 간, 그리고 AI에 의해 강화된 일자리와 대체되기 쉬운 일자리 간 등 여러 차원에 존재한다.

단적인 예로 통신 네트워크에 대한 접근성 격차는 개발도상국의 많은 사람들뿐만 아니라 선진국의 시골 환경에 있는 사람들에게도 영향을 미친다. 또한, 광대역통신망 가격이 최근 몇 년간 크게 하락했지만, 디지털 서비스와 장치는 여전히 많은 사람에게 감당할 수 없는 가격으로, AI 진입장벽을 굳건히 하고 있다. 광대역통신의 불안정은 악순환을 만들어낸다. 광대역통신이 없으면 디지털 기술에

**AI와 교육에 대한 베이징 합의**

- 22. 교육을 통해 포함과 형평성을 보장하고 모두에게 평생학습 기회를 제공하는 것이 SDG 4 - 교육 2030 달성의 초석임을 재확인한다. 교육에서 AI 분야의 기술적 혁신은 가장 취약한 집단의 교육에 대한 접근성을 향상시킬 수 있는 기회임을 재확인한다.
- 23. 성별, 장애, 사회적 또는 경제적 지위, 민족적 또는 문화적 배경, 지리적 위치와 관계없이 AI가 모든 사람에게 양질의 교육과 학습 기회를 제공하도록 보장해야 한다. 교육에서 AI의 개발과 사용은 정보격차를 심화시켜서는 안 되며 소수 집단이나 취약계층에 대한 편견을 보여서는 안 된다.
- 24. AI 도구를 사용하여 학습 장애 학생 및 모국어가 아닌 다른 언어로 학습하는 학생을 효과적으로 포용할 수 있는지 검토한다.
- 33. 국가가 자발적으로 제출한 자료를 토대로 국가 간 AI 격차 및 격차의 영향을 모니터링하고 평가하며, AI 격차에 따른 양극화 위험을 염두에 둔다. 아프리카, 최빈개발국(LDC), 군소 도서 개발국(SIDS), 분쟁과 재난의 영

향을 받는 국가들에 특별한 우선권을 주면서 이러한 우려에 대처하는 것이 중요하다는 점을 거듭 강조한다.

- 34. 인권 평등과 성평등을 고려하여 역량 강화를 위한 AI 기술, 프로그램 및 자원 공유를 포함한 글로벌 및 지역 교육 2030 아키텍처의 맥락에서 AI의 긍정적인 사용을 촉진하기 위해 공동으로 노력한다.
- 35. AI와 교육에 대한 공동된 견해를 가진 국제 공동체를 구축하기 위해 AI 개발의 영향과 관련된 미래지향적 검토를 지원하고, 교육 혁신을 위한 효과적인 AI 활용 전략과 실천 사례의 탐색을 촉진한다.
- 36. AI 전문가 사이에서 AI 기술 개발 소유권 강화를 위해 교육 분야별, 분야별 협력에 대한 국가적 요구에 맞게 국제 협력을 조율한다. 국가 간 조정 및 보완 조치뿐만 아니라 정보와 우수한 실천 사례들을 공유하고 협력해야 한다.

(UNESCO. 2019a, pp. 7&9)

대한 접근이 제한되고, 접근성이 떨어지는 기술은 머신러닝에 의존하는 데이터 셋에 나타나지 않는다. 정보격차로 인해 희망과 관심, 가치는 AI 시대에 배제되고, 새로운 AI가 의도치 않게 편향된 것이다.

불과 몇 개 국가에 걸쳐 소수의 기술 강국에서 전력과 수익성이 점점 더 집중되면서 정보격차는 더욱 악화되고 있다. 효과적인 정책 개입이 없다면 AI의 교육적 적용은 기존의 학습 불평등을 개선하는 것이 아니라 증가시키게 될 것이다.

**AI가 교육 참여와 형평성을 높일 수 있는 기회**

모두를 위한 AI 기술에 대한 공평한 접근에 초점을 맞추는 것 외에도, SDG 4 달성을 돕고 '포용적이고 공평한 교육을 보장하고 모두를 위한 평생학습 기회를 증진'할 수 있는 AI의 잠재력도 고려해야 한다. 2030년까지 보편적인 초중등 교육을 달성하려면 전 세계적으로 6,880만 명의 교사를 추가로 모집해야 한다(UNESCO. 2016). 이런 상황에서, 많은 AI 기술이 교육을 개선하기 위해 사용되거나 더욱 발전할 수 있다. 특히 노인, 난민, 소외된 지역사회, 특별한 교육적 수요<sup>68</sup>를 지닌 사람들에게 AI가 유용하게 활용될 수 있다. 그러나 교육에 대한 접근성의 증가는 주로 정치 및 사회적 문제를 수반한다는 점을 인식해야 한다. AI 기술이 도움이 될 수 있지만, 근본적인 해결책이 될 수는 없다. 교사 역량을 강화하는 기술 보다는 교사 기능을 대체하는 AI 기술에 초점을 맞추면 교사가 부족한 상황에 대한 단기적 해결책에 기여할 수 있지만 SDG 4 달성에 대한 장기적인 과제를 해결하기보다는 의도치 않게 악화될 수 있다.

따라서, AI의 교수·학습 혁신 가능성을 신중히 고려하는 것은 정책 입안자들의 의무이다. 우선, 교육에 대한 AI의 적용이 보다 광범위한 인권과 새롭게 부상하는 윤리적 문제를 총체적으로 다루기 위해

유네스코의 ROAM 프레임워크(권리, 개방성, 접근성, 다중 이해관계자 거버넌스)를 적용해야 한다(UNESCO. 2019b). 특히 교육 분야에서 AI는 기존의 불평등을 악화시키지 않으면서 모든 시민(성별, 장애, 사회적 또는 경제적 지위, 인종 또는 문화적 배경, 지리적 위치와 무관하게) 특히 취약계층(난민 또는 학습 장애 학생)의 접근성을 보장해야 한다.

교육 참여와 형평성을 증진시키기 위해 활용되는 AI의 사례는 다양하다.

- **글로벌 디지털 도서관<sup>69</sup>**: 구글 음성 비서를 이용하여 읽고 쓰는 데 어려움을 겪는 사람들이 음성 명령만으로 책을 검색할 수 있게 하고, 소리 내어 읽게 하여 지식 습득 지원한다.
- **Dyctective<sup>70</sup>**: 난독증 조기 발견을 위한 머신러닝을 활용한 AI 기반 스크리닝 도구. 스페인 기업인 Change Dyslexia가 개발한 이 틀은 24가지 주요 읽고 쓰는 기술을 연습할 수 있는 게임 기반 학습 환경을 제공한다.
- **AI 인공 음성<sup>71</sup>**: 말을 못 하거나 언어장애를 가진 사람을 위해 인공지능으로 만들어진 인공음성으로 원래 목소리와 일치하도록 구현되었다.
- **AI 기반 자동 음성 인식 및 기록<sup>72</sup>**: 구어체를 유창한 문어체로 변환하고 청각장애인 및 난청 학생들이 실시간 강의를 쉽게 들을 수 있도록 지원한다.
- **StorySign<sup>73</sup>**: 화웨이에서 개발한 AI 기반의 모바일 증강현실 앱으로, 청각장애 아동이 글을 수화로 번역해 읽을 수 있도록 돕는다.
- **스마트 로봇<sup>74</sup>**: 자폐증 학습자를 위한 AI 기반의 음성 지원 로봇

과 같이 학습자의 의사소통 및 사회성 개발을 돕는 예측 가능한 기계적 상호작용을 제공한다.

- 학교에 다니지 못하는 학생들을 위한 원격 프레젠테이션 로봇 (Heikkila, 2018)
- ITS: 교육에서 가장 흔히 사용되는 AI 도구인 AI 기반 지능형 튜터링 시스템(ITS)은 특정 학습 장애를 진단하고 학습 경로를 개인화하는 데 사용된다. (3.1 섹션 참조)

교육적 맥락에서 AI의 형평성과 포용성에 대한 복합적인 문제가 베이지안 합의서에 고스란히 반영되었으며, AI가 포용과 형평을 추구하도록 하는 안내 원칙과 전략을 권고하고 있다.

### 3.4 AI 시대에 인간을 대비시킬 수 있는 교육

앞서 언급했듯, 컴퓨터는 데이터, 패턴 식별, 통계적 추론을 요하는 업무에서는 인간을 능가하는 반면, 인간은 공감, 자기 방향, 상식, 가치 판단 등이 필요한 업무에서 더 나은 성과를 내고 있다. 따라서 AI 시대에 학생들이 살아가는 법을 배우기 위해서는 컴퓨터가 어떤 것을 잘하는지 집중하기보다는 인간만이 지닌 고유한 기술(예비판적 사고, 의사소통, 협업, 창의력)과 생활 전반에 스며든 AI 도구를 활용한 협업 능력을 함양할 수 있는 교육학이 필요하다.

4차 산업혁명은 현대 생활의 많은 측면, 특히 노동 시장에 영향을 미치고 있다. 이미 많은 나라에서 AI가 표준화되어 반복적인 작업에 대한 효율성을 혁신했지만 자연스럽게 많은 일자리가 사라지고 있다. 글로벌 컨설팅 기업들의 분석에 따르면, AI에 의해 대체되거나 새롭게 창출되는 일자리에 대해서는 구체적인 의견은 나뉘지만, 공통적으로 AI는 많은 새로운 일자리 기회를 창출하고 전반적으로 긍정적인 경제적 이익을 얻을 수 있을 것으로 예측한다.

장기적인 결과가 어떻든 간에, AI로 인해 고용의 본질은 바뀔 가능성이 크다(“직장 생활은 영구적이고 예측할 수 없다.”, Barrett, 2017). 수백만 명의 근로자가 치명적이고 부정적인 영향을 받을 수도 있다. 따라서 많은 사람들이 재교육을 받아야 할 것이다. 평생 다양한 직업을 가지는 것이 뉴노멀로 자리잡고 있다.76 동시에, 새로운 기술로 일할 수 있는 사람들과 그렇지 못한 사람들 사이의 기술 격차77는 계속해서 커질 것이다. 기술에서 소외된 노동자들

은 고용시장에서 제외될 것이고, 중산층에게는 ‘공백’이 생길 것이다.(Smith, Anderson, 2014). 이렇듯 기회와 위험의 조합은 AI 기술의 발전이 모든 사람에게 어떻게 도움이 될 수 있는지를 판단하기 위한 범세계적인 협업을 필요로 한다. 최근 ILO 보고서인 ‘더 나은 미래를 위한 일: 미래 직장에 관한 글로벌 위원회’(ILO, 2019)에서는 다음과 같이 밝히고 있다.

“노동 생활의 질을 높이고, 선택을 확장하고, 성차별을 해소할 수 있는 무수한 기회들이 앞에 놓여 있으며, 세계적 불평등이 초래한 피해를 역전시킬 수 있다. 하지만 이러한 결과는 결코 스스로 일어나지 않을 것이다. 우리는 현존하는 불평등과 불확실성을 확대시키는 세계로 얼떨결에 빨려 들어가지 않기 위해 결단을 내려야 할 때이다.

AI가 기존의 불평등을 악화시키지 않기 위해서 모든 시민들이 AI가 무엇인지, 어떻게 작동하는지, 그리고 AI가 삶에 어떤 영향을 미칠 수 있는지 고찰해야 한다. 이를 ‘AI 리터러시’라고 일컫는다. AI 리터러시 강화를 위해 교사들의 역할이 매우 중요해질 것이다. 교육은 사람들의 역량, 고용 능력, 사회에 기여할 수 있는 능력을 세울 수 있도록 평생학습을 지원하는 쪽으로 전환되어야 한다. 다시 말해, 전 세계의 교육과 훈련 접근법은 모든 시민들이 AI 시대에 조화롭게 살고 일할 수 있도록 사회적 차원의 대응을 해야 할 것이다.

#### AI와 교육에 대한 베이지안 합의

- 6. 우리는 또한 인간 지능의 고유함을 인정한다. 세계인권선언에 명시된 원칙을 상기하면서, 우리는 인권을 보호하고 생활, 학습 및 업무에서 효과적인 인간-기계 협력에 필요한 적절한 가치와 기술을 모든 사람들에게 준비시키기 위한 관점에서, 유네스코의 AI 사용에 대한 인도주의적 접근을 재확인한다.
- 17. AI 채택으로 인한 성 역할 변화를 포함한 노동 시장의 체계적이고 장기적인 변화를 염두에 두어야 한다. 변화하는 경제, 노동 시장 및 사회에 대한 커리큘럼의 관련성을 보장하기 위해 AI 개발과 관련하여 현재와 미래의 기술 요구를 식별하는 메커니즘과 도구를 업데이트하고 개발한다. 윤리적 측면과 상호 연관된 인문적 규율을 고려하여, 직업능력개발(TVET)과 고등 교육의

자격과 학교 커리큘럼에 AI 관련 기술을 통합한다.

- 18. 효과적인 인간-기계 협력을 위해 필요한 일련의 AI 리터러시 출현을 인지하고 있어야 하며, 읽고 쓰는 능력 및 숫자와 같은 기초 기술의 필요성을 간과해서는 안 된다. 사회 모든 계층에 걸쳐 AI 활용률을 높이기 위한 제도적 조치를 취한다.
- 19. 중장기 계획을 수립하고 지역 AI 인재 양성을 위한 과정과 연구 프로그램을 개발 및 강화하기 위해 고등교육 및 연구 기관을 지원하기 위한 긴급 조치를 취함으로써 AI 시스템을 설계, 프로그래밍 및 개발할 수 있는 전문 지식을 갖춘 지역 전문가 풀을 구축한다.

(UNESCO, 2019a, pp. 7&9)

AI 시대에 필요한 인간의 가치와 기술을 함양하기 위해서는 사회 체계 전반에 걸쳐 몇 가지 보완점을 포함한 프레임워크를 필요로 한다.

- 1) 모든 사람(특히 노년층)이 AI<sup>78</sup>(특히 AI 알고리즘에 의해 데이터가 선택, 조작 및 해석되고 이것이 개인과 사회에 미치는 영향)와 그 의미를 확실히 이해할 수 있도록 평생학습을 촉진한다.
- 2) 기초적인 AI 학습을 K-12 학교 커리큘럼<sup>79</sup>(컴퓨팅 사고, 데이터 및 알고리즘 리터러시, 코딩 및 통계 포함)에 통합하고, 이를 통해 젊은이들이 자신의 AI 도구를 생성할 수 있도록 한다.
- 3) 심화되는 기술 격차를 해결하고 전 세계적으로 창출되는 AI 일자리를 메우기 위한 차세대 AI 전문가 양성 교육이 필요하다.
- 4) 혁신적 공평한 AI 개발을 위한 고등교육 및 연구기관을 육성한다.
- 5) 증가하는 AI 인력의 다양성과 포용성을 보장한다.
- 6) 직원과 고용주의 새로운 요구 사항을 예측하고 기술 향상 또는 재교육의 기회를 제공한다.

AI 시대에 인간을 대비시키기 위한 교육 프로그램 사례는 다음과 같다. 한편, 이러한 기술을 지원하기 위한 다양한 AI 플랫폼과 도구들도 생산되고 있다.

- 중국에서 ‘알고리즘과 컴퓨터적 사고’는 교육부의 ‘고3 ICT 표준 교육과정’(중국 교육부, 2017)에 포함되었고, ‘고등교육기관 인공지능 혁신실행계획’(중국 교육부, 2018)은 중국 대학의 AI 역량 강화를 목표로 하고 있다. 또한 교육부는 교사의 AI 역량 강화를 목표로 하는 시범 프로그램인 ‘AI Boosts Teachers’ Team Development’을 발표했다.
- 미국<sup>80</sup> 펜실베이니아 주의 몽투르 학군은 아이들에게 AI 코딩을 가르쳐 공익을 위한 AI 설계 경험을 제공한다.
- 싱가포르의 유치원 수업에서 아이들에게 프로그래밍과 다른 STEM 과목을 소개하기 위해 휴머노이드 로봇(Nao, Pepper 등)이 사용되고 있다.
- 영국, 케냐의 Teens In AI 이니셔티브<sup>81</sup>는 차세대 AI 연구자,

기업가, 리더에게 영감을 주는 것을 목표로 한다. 해커톤, 액셀러레이터, 부트캠프, 멘토링 등을 통해 젊은이들에게 사회적 인식이 높은 AI 구축 기회 제공한다.

- 싱가포르의 SkillsFuture 이니셔티브<sup>82</sup>는 디지털 역량 강화 및 재교육에 초점을 맞추고 있다. 특히 AI 과학자와 엔지니어에게 기술 교육을 제공하고 AI 시대의 원활한 생활법 등 AI에 대한 기초적인 이해도 제고 교육을 제공한다.
- 핀란드 헬싱키 응용대학과 협업 개발된 AI 애플리케이션인 Headai<sup>83</sup>는 채용공고를 모니터링하고 대학 교육과정을 분석해 AI 기술의 수요와 공급을 비교하는 역량 지도를 만들어 시장의 요구를 신속하게 해결할 수 있도록 했다.
- USAI4K12 이니셔티브<sup>84</sup>: 인공지능 진보 협회와 컴퓨터 공학 교사 협회가 공동으로 후원하는 US AI4K12 이니셔티브로, 교사들이 학생들에게 AI를 교육하도록 돕기 위해 고안된 자원을 제공한다.
- 유네스코의 ‘Teaching AI for K12’ 포털<sup>85</sup>은 전 세계 모든 교사, 또는 홈스쿨링 학생들에게 AI 교육 자원을 제공한다.
- 무료 온라인 강좌는 시민들에게 AI의 작동 방식을 친숙하게 하기 위해 고안되었다. 주요 사례는 다음과 같다.
  - Elements of AI<sup>86</sup>: Reaktor와 헬싱키 대학에 의해 만들어진 일련의 무료 온라인 과정으로, 여러 언어로 개설되어 있으며, 사람들이 AI가 무엇인지, 무엇을 할 수 있는지 없는지, 그리고 AI 방법을 어떻게 만들기 시작하는지를 배우도록 장려하는 것을 목표로 한다.
  - OKAI<sup>87</sup>: 영어와 중국어로 제공되는 온라인 AI 교육과정으로, 이 프로젝트는 컴퓨터 공학에 대한 배경지식이 없거나 부족한 사람들에게 AI의 개념을 소개하는 것을 목적으로 한다. AI의 작동 원리를 설명하기 위해 웹 기반의 대화형 그래픽과 애니메이션을 활용한다.
  - AI-4-All<sup>88</sup>: AI 분야의 저명인사들에게 더 많은 접근성을 제공하기 위해 다양성을 높이고 AI 교육, 연구, 개발, 정책에 포함시키는 것을 목적으로 하는 미국 기반의 비영리 프로그램이다.

## 4. SDG 4 달성을 위한 AI 활용 방안

SDG4 달성을 위한 AI의 활용에도 많은 어려움이 있다. AI의 잠재력을 발휘하고 단점을 완화하고 미래형 교육 시스템을 구축하기 위해 우리 사회가 넘어야 할 장애물도 있다. 무엇보다도 학생, 교사, 사회에 미치는 AI의 영향력은 아직 입증되지 않았다. 그에 따라 교육적 맥락에서 AI 개입의 효과, AI 도구에 사용되는 교육학 접근법, 학생들의 프라이버시, 교사의 역할, 교육기관에서는 무엇을 가르쳐야 하는지에 대한 문제를 다뤄야 한다. 본 장에서는 SDG4 달성을 위한 AI 활용에 있어 몇 가지 핵심 이슈에 대해 간략히 살펴보고자 한다.

### 4.1 데이터 윤리와 알고리즘 편향성

논의된 바와 같이 데이터는 정보보호, 프라이버시, 데이터 소유권 및 데이터 분석이슈 등 수많은 AI 관련 문제의 중심에 있다. 이러한 윤리적 이슈는 많은 관심을 받았다. (Jobin 등 요약, 2019) 마찬가지로 교육 분야에서 데이터 윤리는 많은 연구 주제가 되고 있으며 (Ferguson 외, 2016), 정보에 근거한 동의, 데이터 관리, 데이터에 대한 관점 등 추가적인 문제를 야기하고 있다. 교육 분야에의 AI 도입은 교수·학습 접근법 선택과 같은 문제 외에도 이러한 많은 데이터 문제를 적절하게 해결해야 한다.

” AI는 설계상 초기 데이터의 숨겨진 특징을 증폭시키고, 근본적인 가정을 효과적으로 강화한다. 특히, 알고리즘

이 인간의 특정 편향이 포함된 데이터를 학습한다면, 알고리즘은 학습에서 더 나아가 그 편향을 증폭시킬 가능성이 있다. 사람들이 AI 알고리즘이 공정하게 설계되었다고 여긴다면 더 큰 문제가 될 것이다. (Douglas, 2017)

한마디로 AI 자체가 편중된 것은 아니다. 대신에 데이터가 편향되거나 부적절한 알고리즘으로 분석되는 경우, 편향성은 더 눈에 띄고 더 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 이러한 편향성을 인지하고 개선할 수 있어야 한다. 하지만 편향성을 용인하는 순간 해로운 결과를 초래할 수 있기 때문에 신중하게 완화되어야 한다.

### 4.2 성평등을 위한 AI

#### AI와 교육에 대한 베이징 합의

- 25. 디지털 기술의 성별 격차는 AI 전문가 중 여성 비율을 낮게 만들었으며 기존의 성별 격차를 악화했음을 강조해야 한다.
- 26. 교육 분야에서 AI 애플리케이션을 개발할 때 성별 편견을 없애고, AI 개발에 사용되는 데이터가 성별 영향을 인지하도록 해야 한다. AI 애플리케이션은 궁극적으로 성평등을 촉진해야 한다.
- 27. AI 도구 개발 시 성평등을 장려하고, 여성들이 AI 노동력과 고용주로서 성평등을 촉진하도록 힘을 실어주어야 한다.

(UNESCO, 2019a, p. 8)

AI가 사회에 진정으로 이익이 되려면 공정성과 성평등이 AI의 기본 원칙에 포함되도록 만전을 기해야 한다. 하지만 AI의 다양한 용도는 성차별적인 것으로 나타났다. 한 사례로, 2018년 기술 대기업인 아마존은 여성 후보자를 체계적으로 차별한다는 이유로 채용 과정에서 머신러닝을 포기했다. 채용 당시 기록을 토대로 한 원본 자료가

여성에 대한 편견에 치우쳐 있었다는 게 근본 원인이다. AI는 선택을 자동화하는 과정에서 불가피하게 이런 편견을 증폭시켰다. 일각에서는 아마존이 AI 채용을 포기할 게 아니라 이런 편견을 해소하기 위해 노력했어야 한다는 의견도 나왔다. 애플의 Siri, 아마존의 Alexa, 바이두의 DuerOS와 같은 AI 개인비서 개발에 문제를 제기한 사례도 있다. 많은 도구들이 여성 이름과 목소리를 지니고 있다는 사실은 사소해보이지만 심각한 의미를 지닌다.

” AI 개인비서는 여성 이름, 목소리를 지닌 채 경박스럽게 프로그래밍되었고, 성적 고정관념에 따라, 남자 상사의 단순한 비서 이상의 역할을 하는 여성 비서들에 대한 차별적인 고정관념을 고착한다. 또한 남성들에게 순종적이고 부차적인 여성의 역할을 강화한다. 이러한 AI 비서는 사용자의 명령에 따라 작동한다. 그들은 이 명령을 거부할 권리가 없다. 그들은 복종하도록 프로그래밍되어 있다. 의심할 여지 없이, 그들은 또한 실제 여성들이 어떻게 행동해야 하는지에 대한 기대를 높인다. (Adams, 2019)

교실에서 이러한 성별 고정관념에 치우친 기술을 사용할 경우 어떤 영향이 있을지는 미지수이다.

성평등에 대한 이슈를 다루는 것은 여성들이 AI 노동자로서 적절하게 대표될 때에만 실현될 수 있는 중요한 목표이며, 이는 그 자체로

많은 논쟁 거리가 되는 주제이다. 최근 LinkedIn 분석 결과 전 세계 AI 전문가 중 여성은 22%에 불과한 것으로 나타났다. (World Economic Forum, 2018) 여성의 AI 대표성 향상은 기본적인 인권 향상과 AI 주도의 편견 확산과 확대를 막는 데 필수적이다.

### 4.3 교육 분야 AI 활용 모니터링, 평가 및 연구

교육 분야의 AI 적용은 50년 이상 연구되어 왔지만, 학교나 대학에 AI의 실질적인 적용이 여전히 상대적으로 흔하지는 않다. 선진국에서도 활발히 적용되지는 않았다. 사실, 교육에 도입되는 기술이 실제로 교수·학습을 감당할 수 있는지조차 아직 확실하지 않다.

“증거 기반”으로 자리 잡은 것은 교육에서 AI의 필요성에 대해 끊임없이 고민하고, AI가 기술적 측면에서 교육에 기여할 수 있는 방법과 관련이 있다. (Nemorin, 2021)

교육 분야의 AI 적용에 대한 누적되거나 참조할만한 연구 수행 사례는 거의 없으며, 일부 ITS는 전통적인 강의실 교육과 비교했을 때 광범위하게 효과가 있는 것으로 나타났지만, 뒷받침할 강력한 증거는 없다. (du Boulay, 2016). 사실, 많은 AI 도구들이 효능으로 알려진 것은 그 본질보다는 새로움 때문일지도 모른다. 우리에게 충분한 증거가 없다. (Holmes 외, 2018a)

AI가 교육의 기회, 학습 내용 및 결과의 전달과 관리에 큰 영향을 미칠 것이라는 것에는 의심의 여지가 거의 없어 보이지만, 여전히 AI 솔루션이 그 결과를 어떻게 개선할 수 있는지, 그리고 AI 솔루션이 전문가들에게 학습이 일어나는 과정을 이해시킬 수 있을지에 대해서는 확신이 서지 않는다.

많은 사람들은 AI가 COVID-19 휴교로 인한 증가하는 불평등과 같은 교육적 문제를 해결하는 데 중요한 역할을 했다고 주장한다.

전염병 확산의 초기 몇 달 동안, 수많은 교육 기업의 상업적 AI 애플리케이션 사용자가 크게 증가했다. 그러나 이러한 애플리케이션이 가상 아이 돌보미 용도 이상으로 어떻게 활용되었는지, 학생들이 애플리케이션을 통해 무엇을 얻었는지는 알 수 없다. 따라서, 정책입안자들이 AI가 전염병으로 인한 교육 문제를 해결할 수 있다고 가정하기 전에, 과장된 효과를 식별하기 위해 면밀한 검토와 연구를 수행해야 한다. 요컨대, AI는 분명히 유용한 역할을 할 수 있겠지만, 얼마나, 어떻게 도움이 될지 알 수 있는 충분한 정보를 가지고 있지 않다.

#### AI와 교육에 대한 베이징 합의

- 15. 교수·학습 혁신을 촉진하고, 성공 사례로부터 교훈을 얻고, 증거 기반 관행을 확대하기 위해 AI 사용에 대한 학교 전체 수준에서 시범적 테스트를 지원한다.
- 31. 교육에서 AI 애플리케이션이 미치는 영향에 대한 체계적인 연구가 부족하다는 점을 인식해야 한다. AI가 학습 과정과 결과에 미치는 영향, 새로운 학습 형태의 출현과 검증에 대한 연구, 혁신 및 분석을 지원해야 한다. 교육에서 AI에 대한 연구를 위한 학문 간 접근 방식을 취하고, 국가 간 비교 연구 및 협업을 촉진해야 한다.
- 32. 증거에 기반한 정책 수립을 위해 AI가 교수·학습에 미치는 영향을 측정하고 평가하기 위한 메커니즘을 개발해야 한다.

(UNESCO, 2019a, pp. 6&9)

### 4.4 AI가 교사의 역할에 미치는 영향

#### AI와 교육에 대한 베이징 합의

- 12. AI가 교사의 교육 업무를 지원할 수는 있지만 교사와 학생간 인간적인 소통과 협동은 여전히 교육의 핵심요소가 되어야 한다. 교사는 기계에 의해 대체될 수 없으며, 교사의 권리와 근무 조건은 보호되어야 한다.
- 13. 교사 정책과 관련하여 교사의 역할과 역량을 적극적으로 검토 및 정의하고, 교원 양성 기관을 강화하고, 교사들이 AI가 풍부한 교육 환경에서 효과적으로 일할 수 있도록 적절한 역량 강화 프로그램을 갖추어야 한다.

(UNESCO, 2019a, pp. 5)

ITS로 교사 업무를 대체하고자 하는 상업적 목적에도 불구하고, 교사들이 빠른 시일 내에 기계로 대체될 가능성은 여전히 낮다. 많은 AI 개발자들의 야심찬 계획은 교사들이 교육의 인간적인 측면(사회 참여, 공감과 상호작용, 개인 지도 제공)에 집중할 수 있도록 다양한 부담(진행 상황 모니터링 및 채점 과제 등)을 덜어주는 것이다. AI 기능이 향상되면 교사들의 업무 부담도 경감될 수밖에 없다. 이에 따라 AI 도구가 지식전달자의 역할을 수행하여 학생들의 저차원적 사고를 지원하면서 교사의 역할이 축소될 것으로 전망된다. 이론적으로, AI 도구는 교사들이 보다 높은 수준의 사고, 창의성,

대인 관계 협력, 사회적 가치를 필요로 하는 학습 활동의 설계와 촉진에 더 집중할 수 있게 할 것이다. 하지만, AI 개발자들은 이미 이러한 역할 또한 자동화하기 위해 노력하고 있다. 이에 따라 정책입안자들은 교사들이 교육에서 중요한 역할을 지속할 수 있도록 하기 위

해, 어떻게 인공지능이 교사의 역할을 변화시킬 수 있는지, 그리고 교사들이 AI가 풍부한 교육 환경에서 일할 준비를 할 수 있는 방법을 전략적으로 검토해야 한다.

#### 4.5 AI가 학습자 주체성에 미치는 영향

교사가 AI로 대체되는 최악의 시나리오를 피하더라도, 적응형 AI가 교육에 더 많이 도입되면 학습자의 주체성이 위축될 수 있다. 학생들이 상호작용하는 시간은 줄어들고, 기계가 더 많은 결정을 내리고, 자동화하기 가장 쉬운 유형의 지식 함양에만 집중될 수 있다. 이러한 현상은 학생들이 한 인간으로서 성장하는데 핵심적인 지략, 자기효능감, 자기 규제, 메타 인지, 비판적 사고, 독립적인 사고, 기타 21세기에 필요한 기술을 배양할 기회를 박탈할 수 있다.(World Economic Forum, Boston Consulting Group. 2016) AI가 학생, 시민, 교육 계획에 어떤 장기적인 영향을 미칠지는 현재 알려져 있지 않다.

Facebook 엔지니어들에 의해 개발되어 약 400개의 학교에서 사용되고 있는 ITS인 Summit Learning은 학생들의 항의와 보이콧 대상이 되고 있다. 한 개 이상의 학교에서 학생들은 컴퓨터 앞에 앉아 수시간을 보내야 하는 Summit Learning 프로그램이 좋은

학습 경험을 주지 못하다고 항의하며 자리를 뒀다. 학생들은 특히 이 프로그램이 비판적 사고를 개발하는데 필요한 인간적 상호작용과 교사 지원을 상당 부분 사라지게 한다며 우려를 표했다. (Robinson, Hernandez. 2018) Summit Learning 프로젝트에 자금을 지원한 Chan Juckerberg Initiative는 이러한 주장에 이의를 제기한다.

또한, 이미 언급한 바와 같이, AI는 초기 데이터의 숨겨진 특징을 증폭시키고 기본적인 가정을 강화한다. 룰 기반 및 머신러닝 AI 기술도 마찬가지다. (Holmes 외. 2019) 설계, 문맥적 및 사회적 요소를 무시한 채 지식 전달과 내용 전달에 초점을 맞춘 대부분 교육주 의적 방법의 구현은 교수·학습 접근법에 대한 기존의 논쟁적인 가정을 증폭시킨다. 이것은 교육 분야에서 AI가 다뤄야 할 중요한 문제이다. 교육에서 모든 AI의 적용은 전적으로 인간적이 되어야 한다는 의미를 위협하기 보다는 강화해야 한다.

## 5. 정책적 대응 방안

OECD가 지적한 바와 같이,<sup>89</sup> 전 세계 60개국과 EU로부터 300개 이상의 AI 관련 정책 시행 계획이 존재한다. 대부분은 고등교육 분야이긴 하지만, 많은 정책 계획들이 AI 역량 강화('AI에 대한 학습')의 필요성을 언급하고 있다. 일부 계획은 AI가 근로자들에게 미치는 영향을 완화하기 위해 점점 더 필요해지고 있는 재교육에 대해서도 언급하고 있다.

그러나 SDG 4 목표 수립에도 불구하고, K-12 맥락에서 AI에 대해

배우는 것, 교육에서 AI가 어떻게 구현되고 있는지('AI를 이용한 학습') 또는 AI의 영향을 점점 더 많이 받는 세상('인간-AI 협업을 위한 학습')에 시민들이 살 수 있도록 준비하는 것에 중점을 둔 정책 계획은 거의 없다.

본 장에서는 특별히 AI와 교육을 다루는 국가 및 지역 정책을 몇 가지를 소개하며 기존 일반 AI 정책 시행계획을 기반으로 전략을 개발하고자 하는 의사결정자들에게 정보를 제공하고자 한다.

### 5.1 정책적 대응 방식

AI와 교육 개발을 다루는 국가 간 및 지역 간 정책은 다양하지만 크게 독립적, 통합적, 주제적 세 가지 접근법으로 분류할 수 있다. (표 3 참조)

#### ■ 독립 접근법

EU의 '인공지능이 교수·학습에 미치는 영향'(Tuomi, 2018)과 중국(2017)의 '차세대 인공지능 개발 계획(2017)' 등 AI 정책과 전략을 단독으로 수립하는 접근법

#### ■ 통합 접근법

아르헨티나의 'Aprender Conectados (아르헨티나 교육부, 2017)'와 같이 기존 교육 또는 ICT 정책 및 전략에 AI 요소를 통합하는 접근법

#### ■ 주제 접근법

EU의 개인정보 보호 규정(GDPR)과 같이 AI 및 교육과 관련된 한 가지 특정 주제에 초점을 맞춘 접근법

#### 독립 접근법

■ 2016년 미국은 '국가 인공지능 연구개발 전략계획'을 수립하였다. 교육 분야의 AI 활용과 관련하여, 이 계획은 교육의 기회와 삶의 질 향상을 강조한다. 좀 더 구체적으로는 (1) 인공지능 강화 학습 기술을 통해 적응형 자동 튜터링을 보편적으로 이용할 수 있게 될 수 있고, (2) 개인에게 적합한 고급 및 보충 학습을 제공하는 데 도움이 될 수 있으며, (3) AI 도구를 활용하여 모든 사회 구성원을 위한 평생학습과 기술 습득 교육을 진할 수 있다고 주장한다.

■ 2016년, 대한민국은 '지능정보사회 대응 중장기 종합대책'을 수립했다. 2020년부터 매년 5000명의 AI 분야 졸업생을 대상으로

2030년까지 5만 명의 AI 전문 인력을 충원하는 교육이 이 계획에 포함되어있다.

■ 중국은 2017년에 '차세대 인공지능 개발 계획'을 발표했다. 이른바 '지능형 교육'을 주장한다. 구체적으로, 이 계획에는 (1) 교육 관행의 혁신과 지능적이고 상호작용적인 학습을 제공하는 새로운 교육 시스템을 개발하기 위해 AI 활용, (2) 지능형 캠퍼스 건설과 교육, 관리, 자원 건설 분야에서 AI 촉진, (3) 교육 방법론과 빅 데이터를 기반으로 한 지능적인 온라인 학습 플랫폼의 종합적 개발 (4) 인공지능 조교 개발 및 종합적인 교육 분석 시스템 구축 (5) 학습자 중심의 교육 환경 구축을 통한 모든 학습자에 대한 개별 맞춤형 교육 구현에 관해 담겨 있다.

■ 2017년 아랍에미리트는 '인공지능을 위한 UAE 전략'을 수립했다. 9개 주요 전략 중 하나는 교육 분야에서의 AI 개발과 적용에 관한 것이다. AI를 통해 비용을 절감하고 학습을 향상시킬 수 있는 잠재력을 강조한다.

■ EU는 2018년 인공지능이 학습, 교육, 특히 아동과 성인의 인지 능력에 미치는 영향을 다룬 '인공지능이 교수학습에 미치는 영향'을 발표했다. AI가 기존의 인지 기술을 지원하고, 인지 발달 속도를 높이고, 새로운 역량을 창출할 수 있는 한편 어떤 역량의 중요성은 줄이거나 쓸모없게 만들 수 있다고 주장한다. 또한, AI에 관한 미래지향적 비전의 필요성과 AI가 학습의 미래에 미치는 영향, 특히 AI가 생성한 학생 모델과 새로운 교육학적 기회에 대한 영향을 다룬다. 더욱이 이 문서는 AI가 제도적 수준에 지대한 영향을 미칠 수 있음을 강조한다. 또한, AI는 4차 산업혁명 시대에 진행 중인 변화의 한 측면일 뿐이라는 것을 인정한다. 따라서 이러한 맥락에서 사회에서 교육의 역할, 어떻게 교육이 구성될 수 있는지, 그리고 교육이 다루어야 할 목적과 필요를 재고하는 것이 필수적이라고 주장한다.

<표 3> AI 기반 교육과 연관된 정책적 가이드라인 개요

접근법			
	독립적	통합	주제
아르헨티나		Aprender Conectados (2017)	
중국	차세대 인공지능 계획 (2017)		고등학교 표준 ICT 교육과정 (2017) 고등교육기관 인공지능 혁신 실천계획 (2018)
에스토니아			ProgeTiger (2017)
EU	인공지능이 교수·학습에 미치는 영향 (2018)		GDPR (2018) DigComp (2017)
말레이시아		#mydigitalmaker 운동 (2017)	
몰타	AI 전략 계획. 공공 컨설팅을 위한 고위 정책 문서 (2019)		
대한민국	지능정보사회 대응 중장기 종합대책 (2016)		
싱가포르			Code@SG Movement - Developing Computational Thinking as a National Capability (2017)
아랍에미리트	인공지능을 위한 UAE 전략 (2017)		
미국	국가 인공지능 연구개발 전략계획 (2016)		

■ 2019년 몰타는 ‘AI 전략 계획’을 수립했다. 이는 (1) 투자, 창업 및 혁신, (2) 공공 부문 도입, (3) 민간 부문 도입이라는 세 가지 전략적 요소를 기반으로 구축되며, 교육이 핵심 요소이다. AI 전략에서는 국가의 교육 체제가 나아가야 할 방향에 대해 다음과 같이 나타나 있다.

” 국가 교육 체제는 4차 산업혁명의 요구사항에 맞게 발전하고 적응해야 한다. 오늘날 수 많은 어린이들은 말을 배우기도 전에 전자 기기와 상호 작용하고 모바일 운영 체제를 탐색하는 법을 익힌다. 어린이들은 기술을 자신의 삶에 없어서는 안 될 존재로 생각하며 성장한다. 사실, 항상 연결된 모바일 장치에 개인화된 콘텐츠를 지속적으로 스트리밍하지 않고는 세상을 알 수 없었기 때문에 ‘단절(Disconnecting)’은 결코 환영받지 못한다. 이처럼 디지털 도구는 몰타 학교 대부분에서 흔히 볼 수 있으며, 교사들은 대화형 화이트보드와 태블릿으로 교육 환경을 강화한다. 그러나 몰타는 커리큘럼 자체를 확장하고, AI의 적용을 통해 의사결정이 지원되고 강화되는 미래 직장에 아이들을 더 잘 준비시킬 방법을 고려해야 한다. (몰타 정부, 2019)

**통합 접근법**

■ 2016년 말레이시아는 교육과정에 컴퓨팅 사고를 통합하는 #my digital maker 운동을 시작했다. 이 운동은 ‘교육부가 정한 목표에 부합하는 디지털 메이킹 교과과정의 개발과 진흥’을 돕기 위해 민간, 공공 부문, 학계 전반의 협력을 주장한다. (말레이시아 교육부&MDEC 합동) (Pedro 외, 2019).

■ 2017년 아르헨티나는 의무 교육과정 전반에 걸쳐 디지털 학습을 통합하려는 ‘Aprender Conectados’를 출범시켰다. 정부는 모든 학교가 2019년까지 프로그래밍과 로봇을 포함시켜야 한다고 제안한다. 문제를 해결하기 위해 컴퓨팅 방법과 기술 역량을 갖추도록 유치원부터 중등학교까지 각 수준에서 구체적이고 연령에 적합한 학습 역량을 규정하는 교육과정이 제시되었다.

**주제 접근법**

■ 2016년 EU 의회는 2018년부터 시행될 ‘GDPR(General Data Protection Regulation)’을 승인했다. 이 법안은 (1) 유럽 전역의 개인 정보 보호법을 종합하여, (2) 모든 EU 시민의 개인 정보 보호 및 (3) 유럽 전역의 기관이 개인 정보에 접근하는 방식을 재구축하기 위해 고안되었다.

■ 2017년 EU는 (1) 정보 및 데이터 리터러시, (2) 통신 및 협업, (3) 디지털 콘텐츠 작성, (4) 안전, (5) 문제 해결력 등의 디지털 역량을 다루는 ‘유럽 디지털 역량 프레임워크’(‘DigComp’)를 출범시켰다.

■ 2017년 중국은 ‘고등학교 표준 ICT 교육과정’을 새롭게 발족했다. 해당 교육과정을 통해 학생들의 (1) 정보의식, (2) 컴퓨팅 사고, (3) 디지털 학습과 혁신, 그리고 (4) 정보 사회에서의 책임을 고취하고자 한다.

‘고등학교 표준 ICT 교육과정’에 따르면, ICT 교육과정에는 ICT 필수과정, ICT 선택과정, ICT 선택과정II가 있다. ICT 필수 과정은 (1) 데이터 및 계산, (2) 정보 시스템 및 사회의 두 가지 모듈로 구성된다. ICT 선택 과정은 기본 모듈과 응용 프로그램으로 구성된다. 기본 모듈에는 (1) 데이터 및 데이터 구조, (2) 네트워크 기본, (3) 데이터 관리 및 분석이 포함된다. 애플리케이션 모듈에는 (1) APP 설계, (2) 3D 설계 및 창의성, (3) 개방형 하드웨어 프로젝트를 위한 설계가 포함된다. ICT 선택 과정 II에는 알고리즘 기본 사항 및 지능형 시스템 개론이 함께 담겨 있다.

- 2018년 중국은 대학 AI 개발을 추진하는 ‘고등교육기관 인공지능 혁신 실천계획’(중국 교육부, 2018)을 출범시켰다. (1) 대학 및 대학 AI 분야의 혁신 시스템 최적화, (2) AI 인재 양성 시스템

개선, (3) 대학 과학기술 성취의 AI 분야 적용 강화 등을 목표로 한다.

- 2017년 싱가포르의 ‘The Code@SG Movement - Developing as a National Capability’ (Infocomm Media Development Authority, 2017)를 출시하며, 코딩과 컴퓨터 사고방식이 삶과 직업에서 점점 더 필수적인 부분이 되고 있음을 강조한다.
- 2012년 에스토니아는 IT교육재단(HITSA)이 관리하고 교육부가 자금을 지원하는 ‘Proge Tiger’ 프로그램을 착수했다. 이는 프로그래밍과 로봇을 유치원, 초등학교 및 직업 교육을 위한 국가 교육과정에 도입할 것을 제안한다.

## 5.2 정책적 대응 방식

위에서 언급한 국가 및 지역 정책으로부터 4가지 주요 관심 영역을 도출 할 수 있다.

- 데이터와 프라이버시에 대한 거버넌스의 중요성: EU의 GDPR
- 정보 불평등 해소 및 투명성 증진, 동등한 보편적 접근과 기회 보장을 위해 개방성의 중요성(UNESCO, 2019b)
- 커리큘럼의 혁신: 몰타의 ‘AI 전략 계획, 공공 컨설팅을 위한

고위 정책 문서’ (몰타 정부, 2018)에서는 “4차 산업혁명시대의 요구 사항에 맞게 몰타의 교육 시스템도 진화해야 한다”고 주장한다.

- AI의 효과적인 구현을 위한 재정적 지원: 대한민국의 AI 학생들을 위한 4,500개의 국내 장학금을 창설하고 6개의 새로운 AI 대학원을 설립하기 위해 약 20억 달러와 400만 달러를 약속하는 등 AI의 효과적인 구현을 위한 재정적 지원 사례.

## 5.3 자금 조달, 파트너십 및 국제 협력

교육적 맥락에서 AI의 이점을 극대화하고 위험 요소를 완화하기 위해서는 제도 전반의 계획, 비판적 평가, 집단 차원의 행동, 지속적인 자금 지원, 표적 연구 및 국제 협력을 확보하는 것이 필수적이다. 이 모든 것이 완비된 국가나 이해당국은 거의 없다. 대규모 연구 수행을 통해 AI 기술의 접목을 보장하기 위해 기술에 관여하거나 자원을 동원한 사례는 드물다. AI가 근본적인 학습 혁신을 창출할 수 있다는 점을 연구하는 것은 고사하고 대부분이 아직 인정하지 않고 있다. 대신에, 그 논의는 다소 피상적으로 남아있다. 예를 들어, 많은 사람들은 학습의 ‘개인화’가 환영 받지만, 이것은 잘못 정의되었다고 주장한다. 개인화는 표준화된 내용을 배우기 위한 개인화된 학습 경로, 또는 개인화된 결과, 개인화된 교육 기관, 자아실현을 의미하는가? 다시 말해, AI가 교육적인 맥락에서 사용되어야 한다고 주장하는 것은 충분하지 않다. 이해관계자들은 어떤 AI 기술을 사용해야 하는지, 어떻게 사용해야 하는지, 그리고 그들이 진정으로 무엇을 달성할 수 있는지도 고려해야 한다.

### AI와 교육에 대한 베이징 합의

- 37. 기존의 UNESCO 모바일 학습 주간 및 유엔의 기관 외에도 교육 분야에서 AI에 대한 규제 구조와 방안, 방법을 국가 간에 공유할 수 있는 플랫폼을 구축해야 한다. 이를 통해 SDG4 달성을 위해 AI를 활용할 수 있도록 남-남 협력, 북-남-남 협력 체계를 구축하고 지원한다.
- 38. 교육 분야의 AI 도입에 대한 투자를 늘리고 AI 격차를 줄이기 위해 다양한 이해관계자 간의 파트너십을 구축하고 자원을 동원해야 한다.

(UNESCO, 2019a, p. 10)

## 6. 정책 권고

### 6.1 제도적 차원의 비전 및 전략적 우선순위 수립

#### AI 교육 정책에 대한 제도적 차원의 비전을 정의한다.

교육에 AI를 적용하는 주된 목적은 학습을 강화하고, 모든 학습자가 각자의 잠재력을 개발할 수 있도록 하는 것이어야 하며, 정책적 지원이 뒷받침되어야 한다. 그러나 SDG 4 달성의 과제를 해결하기 위해서는 교육적 맥락에서 AI의 적용을 넘어 AI와 교육 간의 모든 연결을 포함하는 정책이 필요하다. 이 정책에는 AI 구현과 작동 원리, AI가 지역사회와 세계 사회에 미치는 광범위한 영향에 대한 교육도 포함되어 있다.

현지 상황에 맞는 네 가지 전략적 목표가 충족되어야 한다 (저소득 및 중산층이 많은 국가의 경우 인프라 및 자금 조달과 같은 AI 준비 상태의 격차를 확인하고 해결하는 데 초점을 뒀다 할 수 있다.)

- 교육에 있어 AI의 포용적이고 공정한 사용 보장
- AI를 활용한 교수학습강화
- AI의 작동 방식과 인간성에 미치는 영향을 가르치는 등 AI 시대에 필요한 역량 개발 촉진
- 교육 데이터의 투명하고 추적 가능한 사용 보장

AI가 마법처럼 모든 문제를 해결할 수는 없다. 협상과 해결 과제가 산적해 있다. 다음은 베이징 국제 AI 및 교육회의(2019년 5월 16일~18일)에서 합의된 베이징 합의서(UNESCO, 2019a)의 원칙과 정책 권고 사항이다.

이에 따라 AI 교육 정책의 기본원칙을 수립한 후 다음과 같이 권고하고 있다.

- 학제 간 계획 및 부문 간 거버넌스
- AI의 공정하고 포괄적이며 윤리적인 사용을 위한 정책
- 교육관리, 교육, 학습, 평가를 위한 AI 활용 기본계획 수립
- 시범 테스트, 모니터링 및 평가, 증거기반 구축
- 교육을 위한 현지 AI 혁신 육성

#### 시스템 전반의 준비 상태를 평가하고 전략적 우선순위를 선택한다.

- 교육 정책 계획을 위한 전략적 우선순위(AI 적용과 기타 우선순위 간, 정책 영역 간)의 균형을 고려한다: 이 균형은 현지 상황에서 SDG 달성을 지원하기 위한 AI 기술의 가능성에 대한 신중한 검토에 기초해야 하며, 교육적 맥락에서 AI의 적용을 중심으로 정책과 프로그램을 구현하기 위한 투자 요건에 의해 조정되어야 한다. 이후 SDG4의 과제와 목표 달성을 위한 기존 및 새로운 AI 기술이 적합한 솔루션인지 분석함으로써 전략적 우선순위를 설정한다. 현지 상황의 AI 기술과 가치 개발의 시급성에 따라 다른 SDG를 고려해야 한다. AI 정책 및 프로그램 구현에 따른 교육적 편익 여부를 평가하기 위해 비용-가치 평가 모델을 활용하여 AI 정책 및 프로그램(효율성 증가, 접근성 확대 등)이 비용(인프라 재정비용, 교육, 통합 및 신뢰 및 자율성 감소, 낮은 품질 콘텐츠, 교육 데이터 오용 등) 대비 가치가 큰지 검토한다.

#### → 사례

##### 글로벌 AI 전략 계획

<https://www.holoniq.com/notes/the-global-ai-strategy-landscape/>;

##### Deciphering China's AI Dream

[https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering\\_Chinas\\_AI-Dream.pdf](https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI-Dream.pdf)

- 제도 전반의 준비 상태 및 비용 가치 평가를 기반으로 정책의 전략적 목표를 정의한다: 인프라, 인터넷 연결, 데이터 가용성, AI 도구, 현지 AI 역량, 주요 정책 시행자의 역량, 이해관계자의 인식 등 제도 전반의 AI 준비 상태를 평가하기 위한 도구를 적용하거나 개발해야 한다. 시간 제약 목표를 정의할 때, 인력 수준, 인프라 및 프로세스의 지역 제도적 결점의 맥락에서, AI 시스템이 제공할 수 있는 이점에 대한 현실적인 기대를 유지한다. AI 시스템의 기능에 영향을 미칠 가능성이 있는 교육적 패러다임의 한계점을 고려한다. 교육에서 AI의 영향에 대한 체계적인 연구를 수행한다.

#### → 사례

##### Global AI Readiness Index

<https://bit.ly/2UR2HXp>

## 6.2 AI 교육 정책 수립 시 최우선 원칙

### AI 교육 정책 수립 시 인본주의적 접근 방식을 최우선의 원칙으로 취한다.

- AI 교육 정책 개발 시 인권을 보호하고, 삶과 학습, 업무에서 지속 가능한 개발을 도모하며, 효과적인 인간-기계 협력을 위해 필요한 가치와 역량을 사람들에게 제공하는 방향으로 조정한다: AI가 인간의 통제하에 인간의 편의를 도모하는 데 초점이 맞춰져 있는지, 학생과 교사의 역량을 강화하기 위해 배치되었는지 확인한다. 윤리적, 비차별적, 공정성, 투명성 및 추적 가능한 방식으로 AI 애플리케이션을 설계하고, 가치 사슬 전반에 걸쳐 AI가 사람과 사회에 미치는 영향을 모니터링하고 평가한다.
- AI 개발 및 적용에 필요한 인적 가치를 육성한다: 생산성을 높이는 AI 기술 측면에서 시장 보상과 인간 가치, 기술, 사회 복지 간의 역학 관계를 분석한다. 효율성보다 사람과 환경을 우선시하고, 인간-기계 상호작용보다 인간 간의 상호작용을 우선시한다. AI

기술에 의해 제기된 중요한 사회적 이슈(공정성, 투명성, 책임감, 인권, 민주적 가치, 편견, 프라이버시 등)를 해결할 기업 및 시민 책임 의식을 조성한다. 기술 설계 시 교육의 중심에는 사람이 있어야 한다. 현재 교육 관행의 가치를 배제한 채로 작업을 자동화하지 않도록 규제한다.

#### → 사례

인본주의를 위한 AI

<https://www.aiforhumanity.fr/en/>

EU AI 윤리 가이드라인

<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>

OECD AI 원칙

<https://www.oecd.org/going-digital/ai/principles>

## 6.3 다양한 분야 간 계획 수립 및 거버넌스 구축

### 다양한 분야 간 및 이해관계자 간의 전문 지식을 활용하여 정책을 기획하고 정책입안자의 역량을 강화한다.

- 정책입안자와 교육 관리자의 지식과 자신감을 구축하여 점점 더 풍부한 AI 교육 생태계를 탐색하고 결정할 수 있도록 지원한다: 재정 계획자, 정책입안자, 정책 시행 관리자를 포함한 의사결정자들에게 지속적인 교육의 기회를 제공하고, 국가 간 이해관계자 간의 전문성과 모범 사례 공유를 촉진하며, AI 기술을 사용하여 해결되어야 할 교육 과제에 대한 이해당사자들의 이해를 조정한다.

#### → 사례

Elements of AI course

<https://www.elementsofai.com>

- 다양한 부문, 학문, 이해관계자들의 전문 지식을 활용하여 정책 계획의 주요 의사결정 정보를 제공한다: 신경과학, 인지과학, 사회심리학, 인문학과 같은 다양한 연구 분야의 교육자, 학습 과학자, AI 엔지니어를 포함한 전문 커뮤니티를 형성하여 교실에서의 진정한 수요를 충족하는 사용자 중심 및 결과 기반 AI 기술을 설계하고, 국제기구와 연계하여 정보를 공유한다. AI 정책 결정에 대한 조언과 더불어 의사결정의 효율성을 개선하기 위해 여러 데이터 소스를 결합하고 분석할 수 있는 AI의 잠재력을 고려한다.

#### → 사례

High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, European AI Alliance

<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-level-expert-group-artificial-intelligence>

### 부문 간 거버넌스를 구축하고 조정 기구를 설치한다.

- 교육에 AI를 적용하기 위한 정책 계획 및 거버넌스에 대해 정부 및 제도적 차원의 접근 방식을 채택한다: 일관된 제도적 전략과 증거기반 포괄적 접근법(참여 설계 및 공동 개발 프레임워크 등, Pober, Murphy, 2018)을 활용하여 AI와 교육이 기존 교육 정책을 포함하여 국가적 AI 전략과 연계되고 통합될 수 있도록 해야 한다. 교육 체제와 전체 부문 간 전략에 대한 AI 사용에 대한 합의가 이루어진다면, 시스템 전반의 전환을 위해 AI를 도입하는 방법을 고려한다.
- 정책 거버넌스 구축과 조정을 위한 기구를 설치하여 정책의 구현이 하향식 및 상향식 방법의 균형을 이루도록 한다: 주요 파트너와 이해관계자가 참여하여 부문 간 협업 및 정보 공유를 극대화한다. 가장 중요한 것은 정책 거버넌스에 관한 종합적인 원칙을 수립하고 지속적으로 적용하여 중앙위원회가 소유권과 책임을 맡을 수 있도록 해야 한다는 점이다.

→ 사례

호주

[https://education.nsw.gov.au/content/dam/main-education/teaching-and-learning/education-for-a-changing-world/media/documents/Future\\_Frontiers\\_discussion\\_paper.pdf](https://education.nsw.gov.au/content/dam/main-education/teaching-and-learning/education-for-a-changing-world/media/documents/Future_Frontiers_discussion_paper.pdf)

- 정책 계획, 구현, 모니터링 및 업데이트 단계로 구성된 개방형 반복 사이클을 구축한다: 이 단계는 지속적인 학습 프로세스를 만들어야 하며, 구체적인 결과와 기술, 지식 및 가치의 획득에 초점을 맞춘 기본계획에 맞춘 모니터링과 연구가 수행되어야 한다. 모니터링과 연구는 의사결정자에게 증거기반의 피드백을 전략적으로 제공해야 한다. 정책 구현 프로세스는 검토와 수정이 가능하도록 개방되어야 한다.

- 오픈소스 AI의 현지화와 재사용을 촉진한다: 많은 AI 기술이 독점적 지적재산이기 때문에 국가 및 문화적 맥락에 맞게 조정 가능한 오픈소스 AI 툴 및 플랫폼을 선별해야 한다. 데이터와 알고리즘을 공유하는 오픈 소스 전략을 채택하여 현지 상황의 혁신을 도모하고 국가 간 및 학습자 그룹 내 정보 격차를 완화한다.

→ 사례

Global South AI Directory, Knowledge 4 All Foundation  
<https://www.k4all.org/>

X5gon project  
<https://www.x5gon.org/>

Society 5.0 of Japan  
[https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html)

## 6.4 AI의 공평하고 포용적이며 윤리적인 사용을 위한 정책과 규제 마련

### 교육에서 AI를 공정하고 포괄적으로 사용할 수 있도록 공동 전략 목표를 설정하고, 규제 장치를 마련하고 프로그램을 기획한다.

- AI 서비스 교육 및 개발의 포용성, 다양성, 평등을 보장하기 위해 정량적인 목표를 설정하고 모니터링한다: 이를 통해 수혜자를 식별하고, 인터넷 접근성, 하드웨어 및 소프트웨어와 같은 적절한 인프라를 강화하여 교육적 AI 혜택이 균등하게 배분될 수 있도록 한다. 취약계층의 접근성을 제고하기 위한 조치를 시행하고, 서로 다른 문화적 배경과 역량을 가진 학생들을 모두 포용할 수 있는 교육적 AI를 검증한다.

을 촉진하도록 힘을 실어주어야 한다.

→ 사례

방글라데시

<https://a2i.gov.bd>

- AI가 편향성을 완화하거나 과장할 수 있는 가능성을 검토한다: 위험을 식별하여 완화하고, AI 도구를 테스트하고, 편향성을 검증하고(Pennington. 2018), 성별, 장애, 사회적 경제적 지위, 민족적, 문화적 배경, 지리적 위치 측면에서 다양성을 대표하는 데이터를 학습할 수 있도록 한다. 이를 통해 다양성을 존중하는 공정하고 공평한 AI를 중시하는 사고방식을 육성한다. AI 교육 연구개발 시 윤리, 프라이버시, 보안 등을 접목한 디자인 접근 방식을 활성화한다.
- 성별 편견이 없는 AI 애플리케이션을 만들고 개발에 사용된 데이터는 성 감수성에 민감해야 한다: AI 애플리케이션 개발 시 양성평등을 장려하고, 여성들이 AI 노동력과 고용주로서 양성평등

→ 사례

유네스코 ‘I’d blush if I could’  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367416>

- 교사, 학생 및 학부모가 교육 데이터 수집 및 분석을 가시적이고 추적 가능하며 감사할 수 있도록 하는 데이터 보호 법률을 제정한다: 공공재에 대한 데이터 소유권, 개인 정보 보호 및 가용성에 대한 명확한 정책을 수립한다. AI 데이터 문제에 대해 전문가 그룹이 만든 국제 지침을 따르고 국제적으로 공인된 윤리를 준수한다.

→ 사례

EU 개인정보보호규정 (GDPR)  
<https://gdpr-info.eu/>;

EU AI 윤리 가이드라인  
<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>

- 데이터 접근성 제고와 개인 정보 보호 사이의 균형을 맞추기 위한 방안을 검토한다: 교사와 학습자의 개인 정보 보호 및 보안을 보장하기 위해 새로운 AI 기술과 도구를 테스트하고 도입한다. 종합적인 규제 프레임워크를 개발하여 윤리적이고, 비차별적이며, 공정하고, 투명하고, 추적 가능한 학습 데이터의 사용과 재사용을 보장한다.

- AI 윤리, 개인 정보 보호, 정보보안, AI가 인권과 성평등에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 문제에 대해 지속적으로 논의한다: AI가 선한 용도로만 사용되도록 하고 유해한 오용을 방지해야 한다. 정보에 입각한 동의를 반복적으로 다뤄야 한다. 특히 많은 사용자(학습 장애가 있는 어린이와 학생)가 충분한 정보에 입각한 동의를 제공할 수 없는 교육환경을 고려해야 한다.

→ 사례

DataKind  
<https://www.datakind.org>

## 6.5 교육관리, 교수·학습, 평가를 위한 AI 활용 기본계획 수립

### AI를 활용하여 교육 관리 및 제공 환경을 개선한다.

- AI 기술을 통해 교육행정정보시스템(EMIS)을 개선할 방법을 모색한다: AI를 활용하여 EMIS를 보다 강력하고, 효율적이며, 기능적이며, 사용자 친화적이고, 효율적으로, 접근성 높게 만들 수 있다. 사회, 교육적 패러다임의 변화에 맞춰 유연한 의사결정이 가능하도록 적극적이고 민주화된 프로세스와 데이터 흐름으로 전환한다. AI 기능을 활용하여 기술과 수요에 대한 시스템 전반의 예측을 가능하게 하고, 정부가 교육 현장의 요구를 충족시킬 준비를 하고 이를 금융, 경제, 법률 및 의료 등 다양한 부문과 통합할 수 있도록 지원한다.

→ 사례

OU Analyse  
[: https://analyse.kmi.open.ac.uk](https://analyse.kmi.open.ac.uk)

- 교육행정정보시스템(EMIS)의 전체적인 전환과 학습 관리 시스템(LMS)과의 통합을 지원한다: AI 기반 교육으로 촉발된 변화에 따라 EMIS를 현행화하고, LMS를 EMIS와 통합하여 보다 종합적이고 풍부하며 균형 잡힌 평가를 지원할 수 있는 수단을 제공할 수 있다.

→ 사례

Zhixue (Intelligent Learning)  
[: https://www.zhixue.com/login.html](https://www.zhixue.com/login.html)

- 관리자, 교사, 학생들이 AI 기반의 EMIS 및 LMS의 도입을 촉진할 수 있는 역량을 강화한다: AI 기반 EMIS와 LMS를 학교에 도입하는 비용을 분석한다. 학교 관리자와 교사들의 행정 업무를 늘리기보다는 혜택을 볼 수 있도록 저비용의 진입을 보장한다. 교사 실습 및 학생 활동에 대한 데이터를 자동으로 수집하는 가시적이고 투명한 프로세스를 설정하고 모니터링한다. 개인화된 자원과 결과를 지원하기 위해 AI를 활용하도록 촉진하여 학습자가 자신의 데이터와 디지털 ID를 제어하면서 맥락 전반에서 개인의 통찰력을 얻고 기술과 지식을 활용할 수 있도록 한다.

→ 사례

LabXchange  
 : <https://www.multivu.com/players/English/8490258-amgen-foundation-harvard-labxchange>

### 학습자 중심의 AI 활용을 통해 학습 및 평가를 강화한다.

- 점점 더 많은 지식을 갖추고 있는 기계와 컴퓨터에 관해 인간의 학습에 대한 권위와 자율성에 중점을 둔다: 교사와 학생에게 AI 기술에 대한 의견을 상담하고, 피드백을 사용하여 AI가 학습 환경에 어떻게 활용되어야 하는지를 결정한다. 학습 데이터의 유형, 데이터의 사용 방법, 학습, 직업 및 사회 생활에 미칠 수 있는 영향을 학생들에게 고지한다. 교육기관이 감시를 목적으로 AI 기술을 사용하는 것을 막는 대신, 학생들 사이의 신뢰를 쌓고 진도를 높이기 위해 AI를 사용한다.

- AI 기반 도구를 통합하는 과정에서 학생들의 역량 강화와 사회적 복지를 중요시한다: 학생 개인으로서의 성장을 위한 동기를 부여하고, 놀이와 여가 시간, 사회적 상호 작용, 그리고 학교 방학을 보장한다. 숙제 부담을 전가하는 대신 AI 기반 도구를 사용하여 숙제와 시험의 부담을 최소화한다. 학생들이 학습에 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 새로운 AI 도구와 방법론에 적응할 수 있도록 지원하고, 교실에서 AI를 사용함으로써 야기된 과제에 대해 관찰하고 피드백을 제공할 수 있도록 한다.

→ 사례

AlphaEgg  
<https://ifworlddesignguide.com/entry/203859-alphaegg>;  
 The CoWriter:  
<https://www.epfl.ch/labs/chili/index-html/research/cowriter/>;  
[https://www.youtube.com/watch?v=E\\_iozVvys5g](https://www.youtube.com/watch?v=E_iozVvys5g)

- 교수·학습에 점점 더 폭넓게 AI가 도입됨에 따라 발생하는 변화에 대응할 수 있도록 교육과정을 검토하고 조정한다: AI 공급자와 교육자와 협력하여 교육과정과 평가 방법론의 변화에 대응하는 가장 적절한 방법을 식별하고 AI 탐색을 위한 정책 환경과 교

육과정을 제공한다. 새로운 역량을 촉진하기 위한 교육과정 개발에 있어 학생들의 참여를 도모한다.

→ 사례

디지털 교육

<https://www.argentina.gob.ar/educacion/aprender-conectados/nucleos-de-aprendizajes-prioritarios-nap>

- 다차원의 역량 검증 및 평가를 지원하는 AI 기술을 검증하고 구축한다: AI 기술을 심리 측정 평가에 활용하고, 상황 판단 테스트에서 챗봇을 활용하여 학생들과 대화할 수 있다. 그러나 AI를 학생들의 미래 교육과 직업 발전을 예측하는 유일한 수단으로 사용하는 것을 피해야 한다. ‘룰 기반’ 폐쇄적 질문에 대한 응답의 알고리즘 기반 자동 채점을 채택할 때는 각별히 주의를 기울여야 한다. 교사들은 AI 기반 LMS의 통합 기능을 통해 보다 정밀하고 효율적으로 학생들의 학습 데이터를 분석하고 형성적인 평가를 할 수 있어야 하며, 편향성은 최소화해야 한다. 교사, 학생, 학부모에게 정기적인 업데이트를 제공하는 AI 기반 점진적인 평가 방안을 모색할 수 있어야 한다. 원격 온라인 평가에서 사용자 인증 및 활성화를 위한 얼굴 인식 및 기타 AI 활용을 인도주의적인 관점에서 검증해야 한다.

→ 사례

AI 기반 평가 시스템

[https://www.researchgate.net/publication/314088884\\_Towards\\_artificial\\_intelligence-based\\_assessment\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/314088884_Towards_artificial_intelligence-based_assessment_systems)

AI가 교사의 역량 강화에 사용되도록 보장한다.

- 교사의 권리와 가치를 보호한다: AI 기술을 도입할 때 교사의 권리를 보호하고 의견을 반영할 수 있도록 충분한 논의를 거쳐야 한다. AI 기술 통합 시 교사의 일상 실무 파악에 중점을 둔 시범 연구와 현장 실험을 수행하고, 교사의 핵심적 역할을 대체하는 것이 아닌 교수 지원을 위한 AI 도구 개발을 도모한다. 교사들이 AI 기반 기술의 민간 부문 제품을 검토할 수 있는 가이드라인을 제공하고, 어떤 도구가 그들의 요구에 가장 적합한지에 대한 정보에 입각한 결정을 내리는 데 도움이 되는 기준과 등급을 개발한다.
- 지식 전달, 인간 상호작용, 교차원의 사고, 인간 가치를 촉진하고 형성하는 교사의 역할을 분석하고 검토한다: 기존의 교수학습 가치를 저해할 수 있는 위험은 최소화하고, 어떤 과업을 자동화했을 때 이점이 있을지 분석한다. 시간이 많이 들더라도 교사에게 유용한 업무는 자동화를 방지하고, 교사의 자율성과 동기 부여에 의존하는 구체적인 측면을 파악해야 한다. 교육에 AI를 도

입하는 과정에서 이러한 요소를 보존하고 강화하며, 교사의 권리와 역량에 대한 높은 신뢰를 유지할 수 있어야 한다.

- 교사들이 학습 활동의 설계 및 조직과 자신의 전문적 개발에서 AI 도구를 검색하고 적용하기 위해 필요한 기술 목록을 정의한다: 교육환경에서 인간-기계 협력이 필요한 역량을 분석한다. 교사의 전문성 개발, AI 기반 평가 관리, AI 강화 학습 활동 설계 및 구현에 필요한 패러다임 변화를 평가한다. 유네스코 ICT 교사 역량 프레임워크(UNESCO, 2018)를 참조하여 교사 프레임워크 및 연수 프로그램을 보완한다.
- 교사들이 AI를 효과적으로 사용할 수 있는 기술을 습득할 수 있도록 지속적인 지원과 교육을 제공한다: AI 플랫폼이나 툴을 구축하기 전에 필요한 기술에 대한 교육 프로그램을 개발하여 제공하고, 교사가 이용할 수 없거나 신뢰할 수 없는 AI 기능으로 인해 역할을 수행할 수 없게 되는 상황을 방지한다. 교사들이 현재 관행에 새로운 AI 기술을 적용하고 새로운 업무 방식으로 전환할 수 있도록 사전에 계획을 세우고, 경험과 일상적인 모범 사례를 공유하는 교육자 커뮤니티를 구성하고, AI 도구를 혁신적으로 사용할 수 있도록 장려받아야 한다. 교사들에게 교실 환경에 적용될 수 있는 최신 연구 결과를 업데이트하기 위한 새로운 기술 연구에 기반한 지침을 제공하고 교사들이 교실 안팎의 AI에 의해 야기된 변화에 대응할 수 있도록 평생 학습 기회를 제공해야 한다.

→ 사례

UNESCO 교사 ICT 역량 프레임워크

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265721>;

K-12 분야의 AI 교육 자원

<https://www.iste.org/learn/AI-in-education>

연령, 국가, 사회적 배경 전반을 포용할 수 있는 평생 학습 지원을 위한 AI 활용을 도모한다.

- 종합적인 교육의 접근과 평생 학습을 위한 다양한 경로를 지원하기 위해 AI의 사용을 적극적으로 모색하고 촉진한다: 더 많은 학습자에게 서비스를 제공하고, 형식, 비형식, 무형식 등 다양한 학습 환경에서 평생학습을 제공하기 위해 적극적으로 AI를 활용하여 교육기관의 역량을 강화한다. 대면 교육과 AI 기반 교육 과정을 결합하여 평생학습 기회를 극대화할 수 있도록 교육기관과 AI 서비스 제공자 간의 파트너십을 위한 인센티브를 제공하여 기존의 교육기관이 하이브리드 방식으로 전환할 수 있는 실행 가능한 메커니즘을 제안한다.
- 학습 성과와 자격 증명을 여러 연구에 걸쳐 추적할 수 있는 AI 도구 및 시스템을 구축한다: 학습 성과를 추적하고 기술 전문화를 용이하게 하기 위한 AI 플랫폼, 도구 및 시스템을 개발하고, 교육

자격 증명 및 자격 취득 경로의 가용성을 확장하기 위해 AI를 사용하는 방법을 탐색한다.

→ 사례

싱가포르 SkillsFuture 이니셔티브  
<https://www.skillsfuture.gov.sg>

- **연령대별 AI 접근 불균형을 해소한다:** 노인 등 취약계층의 진입 장벽 해소 캠페인을 펼치고 연령과 배경이 다른 학습자들의 AI에 대한 관심을 유발하는 프로젝트를 착수한다.

**AI 시대의 삶과 일에 대한 가치와 기술을 개발한다.**

- **고용 및 기술 동향을 파악하기 위한 예측 모델을 구축하고 시로 인해 대체될 위험이 있는 직종에 종사하는 사람들을 위한 재교육 프로그램을 개발한다:** 직무 자동화에 따른 사회적 비용을 파악하고, 그로 인한 국가적, 전 세계적 기술 수요 변화에 대한 대중의 인식을 제고한다. 모든 교육 수준에서 미래 수요 기반의 역량 강화에 중점을 둔다. 노동 시장의 체계적이고 장기적인 변화에 대처할 수 있도록 재학습 경로를 제공하여 노동 인력의 역량을 강화한다. 새로운 기술을 배우거나 새로운 환경에 적응하는 것이 어려울 수 있는 고령 근로자들을 위해 조치를 마련한다. AI가 향후 직업에 미칠 영향에 대한 교육 프로그램을 마련한다.

→ 사례

CEDEFOP Skills Forecast:  
<https://www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/data-visualisations/skills-forecas>

- **AI 관련 기술을 학교 커리큘럼과 직업능력개발(TVET) 과정에 통합한다:** 학생들이 변화하는 경제, 노동 시장 및 사회환경에 대응하여 미래에 대비할 수 있도록 모든 교과목에 걸쳐 교육과정의 변화를 법제화한다. AI 기술의 작동 방식, 그 윤리적 영향 및 설계 방법에 대한 인식과 전문 지식을 제공하기 위한 교육 과정 및 자격 과정을 개발한다. 건전한 교육학적 연구와 방법론을 뒷받침하는 AI 학습 도구 개발을 지원한다.

→ 사례

The Wekinator  
<http://www.wekinator.org/>  
 Teaching AI for K12  
<http://teachingaifork12.org>

- **사회 전 부문에 걸쳐 AI 리터러시를 강화하기 위한 제도적 조치를 취한다:** 모든 시민들에게 기본적인 AI 교육을 제공하고, AI 시대의 선택, 권리, 특권에 대해 고찰하고 AI가 일상생활에 미치는 영향에 대해 비판적이고 책임감 있게 생각하도록 교육한다. 개인정보를 보호하고 데이터와 결정을 제어하는 방법을 교육한다. AI와 인간지능의 차이뿐 아니라 AI의 한계점을 대중에게 알려 AI에 대한 통념과 과대선전을 해소한다. 정보의 과부하를 방지하기 위해 AI 리터러시 역량은 미디어 및 정보 리터러시와 같은 기존의 역량과 통합하는 방법을 검토한다.

→ 사례

1 Percent  
<https://www.politico.eu/article/finland-one-percent-ai-artificial-intelligence-courses-learning-training/>

- **고등교육 및 연구기관에서 지역 AI 인재를 육성할 수 있도록 지원한다:** 고등교육기관 및 연구기관이 지역 AI 인재를 육성하는 프로그램을 구축하거나 강화하고, 다양한 성별, 사회경제적 배경을 가진 전문가들로 구성된 전문가 풀을 구축한다. AI 엔지니어 재교육을 위한 교육 프로그램을 개발하고 엔지니어링 기업이 AI 재교육에 투자할 수 있도록 유도한다.
- **지역 AI 인재를 확보한다:** AI 기업들이 지역적 기반을 확고히 하도록 지원한다. 급여와 보상의 지역적 차이를 완화하고, 흥미로운 인센티브와 일과 삶의 균형을 제공함으로써 AI 전문가를 유치할 수 있도록 유도한다.

→ 사례

Next AI  
<https://www.nextcanada.com/next-ai/>  
 중국 정부 이니셔티브  
<https://www.ecns.cn/2018/04-07/298280.shtml>

## 6.6 시범 테스트, 모니터링 및 평가, 증거기반 구축

### 교육에서 AI의 사용을 뒷받침하는 신뢰할 수 있는 기반을 구축한다.

- 교육과 AI의 접목을 위한 증거기반 방법론을 검증하고 확장한다: 기술의 참신함이나 과장보다는 교육적 우선순위에 따라 AI 기반의 개별 학습 모델, 대화 기반 튜터링 시스템, 탐구 학습 시스템, 자동 작문 평가 시스템, 언어 학습 도구, AI 기반 아트워크 및 음악 생성기, 챗봇, LNO, 증강/가상현실 툴 등의 기술을 시범 테스트하고 증거 정보에 입각하도록 권장한다. 개방적이고, 탐구적이며 다양한 학습 환경을 장려하는 AI 도구 도입을 도모한다. 사회적, 메타 인식, 협업, 문제 해결 및 창의성 등 종합적이고 사회적으로 상속되는 능력을 촉진해야 한다. 교육에 AI의 적용이 단기 또는 임시방편이 아닌 전략적(즉, 장기적인 교육적 목적)인지 확인한다.

#### → 사례

ITalk2Learn

<https://www.italk2learn.com/>

FractionsLab

<http://fractionslab.lkl.ac.uk>

Squirrel AI Learning

<http://squirrelai.com/>;

<https://www.technologyreview.com/s/614057/china-squirrel-has-started-a-grand-experiment-in-ai-education-it-could-reshape-how-the/>

SmartMusic

<https://www.smartmusic.com/>

AIArtists.org

<https://aiartists.org/ai-generated-art-tools>

- 검증된 교육학적 연구 및 방법론에 기초하여 AI 서비스 공급업체가 주장하는 AI의 잠재력을 체계적이고 엄격하게 검증하기 위한 기준을 수립한다: AI 기반 교육의 3대 핵심 요소인 데이터, 알고리즘 분석, 교육적 관행과 관련된 인간, 사회, 윤리적 관심사에 맞는 기준을 개발한다.
- AI 시스템의 현지 테스트를 통해 관련성과 효과성을 검증한다: 외부 제공업체가 공급하는 AI 시스템에 대한 대규모 테스트를 수행하여 교육 관행, 목표, 다양성, 문화 및 인구 통계 측면에서의 효과성을 테스트한다. 현지 요구에 대응하여 AI 시스템의 데이터, 설계 및 통합을 사용자에게 맞게 정의한다. 이해관계 또는 파트너십의 충돌 및 데이터 보호 또는 소유와 관련된 불일치로부터 보호하기 위해 시스템의 응용 프로그램을 모니터링한다.

- AI 기술의 대규모 활용 시 비용을 계산하고 분석한다: 기후변화 및 자연환경 훼손을 방지하기 위해 AI 기업들이 충족해야 할 지속 가능한 목표치를 개발한다. 대규모 AI 구축에 필요한 에너지와 자원을 생산할 때 환경친화적 수단을 도모해야 한다.

### AI 교육 분야에 관한 연구를 촉진하고 평가를 강화한다.

- 교육적 연구와 혁신을 촉진하고 개선하기 위해 AI를 사용한다: AI 기반 데이터 수집을 통해 에듀테크 연구 개선 성공 사례를 구축하고 교훈을 얻을 수 있다.
- AI가 교육에 미치는 종합적인 영향을 검토한다: 연구 및 검토 프로세스를 활용하여 AI를 국가별 교육적 맥락에 통합함으로써 발생하는 사회적 윤리적 영향을 완전히 이해하고, 교사-학생 및 학생-학생 간 협업 양상의 변화와 사회적 변화에 따른 도전과제와 위험을 검증한다.
- 교육에서 AI를 위한 증거기반 생태계를 구축하기 위해 투자를 장려하고 자금을 지원한다: 민간과 학계에서 AI의 교육적 활용에 관한 연구개발을 촉진하고 지원하여 기득권의 영향력을 최소화하면서 전문성을 강화한다.
- 정부 및 기업 주도 개발 영역 밖의 AI 및 교육에 대한 연구에 자금을 지원하고 인센티브를 제공한다: 연구기관 및 대학 내에서 AI 교육 전문지식의 발전과 확장을 장려하고, AI의 개발과 평가 방식에 대한 기득권의 영향을 최소화한다.

#### → 사례

AI 국제 연구 센터 (IRCAI)

<https://ircai.org>

## 6.7 현지 상황에 적합한 AI 교육 혁신 기반 조성

### 현지에 맞는 교육 분야 AI 기술 개발을 촉진한다.

- 기업 투자를 유치하고 기반을 다지기 위한 자금을 지원한다: 불안정한 시장, 전 세계 교육환경의 복잡성, 이니셔티브 확장 시의 문제를 해결하기 위해 학습자, 자금 조달자, 상업 개발자, 교육자의 의견을 모아 인간 중심의 교육용 AI 도구의 개발을 촉진하고 지원한다.
- AI 기술과 도구의 혁신을 장려하고 현지에 맞는 개발 육성을 도모한다: 전문 지식, 자원, 가용성을 확장하여 기업 AI 설계 전반에 걸쳐 증거 중심 연구 방법론을 활용한다. AI에 대한 소비자의

평가를 독립적으로 생성하고 AI 개발 시 인간 중심의 미래로 나아갈 수 있도록 장려한다. 지역 AI 인재의 교육과 훈련에 투자하고, 시장으로의 접근성을 확보하여 지역 내 AI 창업 생태계가 형성될 수 있도록 한다. AI 기반 기술을 규모에 맞게 배포하기 위한 자원과 기반을 구축하여 현지에 맞는 AI 도구 및 전문성을 개발할 수 있도록 국제 협력에 참여해야 한다.

#### → 사례

IBM Research-Africa

<https://www.research.ibm.com/labs/africa>

## 참고문헌

- Adams, R. 2019. Artificial intelligence has a gender bias problem – just ask Siri. *The Conversation*. Available at: <https://theconversation.com/artificial-intelligence-has-a-gender-bias-problem-just-ask-siri-123937> (Accessed 28 March 2021).
- AIArtists.org. 2019. *AIArtists*. Available at: <https://aiartists.org/ai-generated-art-tools> (Accessed 28 March 2021).
- Baker, T., Smith, L. and Anissa, N. 2019. *Educ-AI-tion Rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges*. London, NESTA. Available at: <https://www.nesta.org.uk/report/education-rebooted> (Accessed 28 March 2021).
- Barrett, H. 2017. Plan for five careers in a lifetime. *Financial Times*. Available at: <https://www.ft.com/content/0151d2fe-868a-11e7-8bb1-5ba57d47eff7> (Accessed 29 December 2020).
- Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B. and Tanaka, F. 2018. Social robots for education: A review. *Science Robotics*, Vol. 3, No. 21, pp. 1–9.
- Bernardini, S., Porayska-Pomsta, K. and Smith, T. J. 2014. ECHOES: An intelligent serious game for fostering social communication in children with autism. *Information Sciences*, Vol. 264, pp. 41–60.
- Bhutani, A. and Wadhvani P. 2018. Artificial Intelligence (AI) in Education Market Size, By Model (Learner, Pedagogical, Domain), By Deployment (On-Premise, Cloud), By Technology (Machine Learning, Deep Learning, Natural Language Processing (NLP)), By Application (Learning Platform & Virtual Facilitators, Intelligent Tutoring System (ITS), Smart Content, Fraud & Risk Management), By End-Use (Higher Education, K-12 Education, Corporate Learning), Industry Analysis Report, Regional Outlook, Growth Potential Competitive Market Share & Forecast, 2018-2024. Available at: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-in-educationmarket> (Accessed 29 December 2020).
- Bloom, B. S. 1984. The 2 Sigma Problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*, Vol. 13, no. 6, pp. 4-16.
- Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., ... Amodei, D. 2020. Language Models are Few-Shot Learners. ArXiv: 2005.14165 [Cs]. Available at: <http://arxiv.org/abs/2005.14165> (Accessed 22 February 2021).
- Brynjolfsson, E. and McAfee, A., 2014. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. WW Norton & Company, New York, NY.
- Burt, A. 2019. *The AI Transparency Paradox*, Harvard Business Review [Online]. Available at: <https://hbr.org/2019/12/theai-transparency-paradox> (Accessed 28 December 2020).
- Carbonell, J. R. 1970. AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, Vol. 11, No. 4, pp. 190-202.
- Carretero, S., Vuorikari, R., and Punie, Y. 2017. *DigComp 2.1: The digital competence framework for citizens with eight proficiency levels and examples of use*, EUR 28558 EN. Available at: [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf\\_\(online\).pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_(online).pdf) (Accessed 22 February 2021).
- CEDEFOP, 2019. *Skills Forecast: EU tool for skills prediction and preparation*. Available at: <https://www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/data-visualisations/skills-forecast> (Accessed 29 December 2020).
- Cohen, P.A., Kulik, J.A. and Kulik, C.-L.C. 1982. Educational Outcomes of Tutoring: A Meta-Analysis of Findings. *American Educational Research Journal* 19, 237–248.
- COMEST (UNESCO World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology) 2019. Preliminary Study on the Ethics of Artificial Intelligence. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367823>. (Accessed 28 December 2020).
- Connor, N. 2018. Chinese school uses facial recognition to monitor student attention in class. *The Telegraph*. Available at: <https://www.telegraph.co.uk/news/2018/05/17/chinese-school-uses-facial-recognition-monitor-student-attention> (Accessed 28 December 2020).
- Cukurova, M., Luckin, R., Mavrikis, M. and Millán, E., 2017. Machine and human observable differences in groups' collaborative problem-solving behaviours, in: *European Conference on Technology Enhanced Learning*. Springer, pp. 17–29.
- DataKind, 2013. *DataKind*. Available at: <https://www.datakind.org> (Accessed 29 December 2020).
- Dautenhahn, K., Nehaniv, C. L., Walters, M. L., Robins, B., Kose-Bagci, H., Mirza, N. A. and Blow, M. 2009. KASPAR – a minimally expressive humanoid robot for human-robot interaction research. *Applied Bionics and Biomechanics*, Vol.6, No. 3-4, Special Issue on Humanoid Robots, pp. 369–397.
- Dean Jr., D. and Kuhn, D. 2007. Direct instruction vs. discovery: The long view. *Science Education*, Vol. 91, No. 3, pp. 384–397.
- Ding, J. 2018. *Deciphering China's AI Dream. The Context, Components, Capabilities, and Consequences of China's Strategy to Lead the World in AI*. Centre for the Governance of AI, Future of Humanity Institute, University of Oxford. Available at: [https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering\\_Chinas\\_AI-Dream.pdf](https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI-Dream.pdf) (Accessed 22 February 2021).

- 2021). [https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering\\_Chinas\\_AI-Dream.pdf](https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI-Dream.pdf)(Accessed 22 February 2021).
- Dong, X., Wu, J. and Zhou, L. 2017. Demystifying AlphaGo Zero as AlphaGo GAN. Available at: <http://arxiv.org/abs/1711.09091> (Accessed 15 February 2020).
- Douglas, L. 2017. AI is not just learning our biases; it is amplifying them. *Medium*. Available at: <https://medium.com/@laurahelendouglas/ai-is-not-just-learning-ourbiases-it-is-amplifying-them-4d0dee75931d> (Accessed 28 August 2018).
- du Boulay, B. 2016. Artificial intelligence as an effective classroom assistant. *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 31, No. 6, pp. 76–81.
- du Boulay, B., Poulouvasilis, A., Holmes, W. and Mavrikis, M. 2018. What does the research say about how artificial intelligence and big data can close the achievement gap? R. Luckin (ed.), *Enhancing Learning and Teaching with Technology*. London, Institute of Education Press, pp. 316–327.
- ECNS. 2018. *China to train 500 teachers in AI*. Available at: <http://www.ecns.cn/2018/04-07/298280.shtml> (Accessed 29 December 2020).
- EPFL Technical University, n.d.. *The CoWriter*. Available at: <https://www.epfl.ch/labs/chili/index-html/research/cowriter> (Accessed 29 December 2020).
- European Union. 2016. *General Data Protection Regulation*. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679> (Accessed 22 February 2021).
- European Union. 2018. *The General Data Protection Regulation*. Available at: <https://gdpr-info.eu> (Accessed 29 December 2020).
- European Union. 2019. *Ethics guidelines for trustworthy AI*. Available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai> (Accessed 29 December 2020).
- Feathers, T. 2019. Flawed Algorithms Are Grading Millions of Students' Essays. *Vice*. Available at: [https://www.vice.com/en\\_us/article/pa7dj9/flawed-algorithms-are-grading-millions-of-students-essays](https://www.vice.com/en_us/article/pa7dj9/flawed-algorithms-are-grading-millions-of-students-essays) (Accessed 13 January 2020).
- Feng, J. 2019. China to curb facial recognition technology in schools. *SupChina*. Available at: <https://supchina.com/2019/09/06/china-to-curb-facial-recognition-technology-in-schools> (Accessed 29 December 2020).
- Ferguson, R., Brasher, A., Clow, D., Cooper, A., Hillaire, G., Mittelmeier, J., Rienties, B., Ullmann, T. and Vuorikari, R. 2016. Research Evidence on the Use of Learning Analytics: Implications for Education Policy. Available at: <http://oro.open.ac.uk/48173/> (Accessed 22 February 2021).
- Fiebrink, R. 2018. *The Wekinator*. Available at: <http://www.wekinator.org> (Accessed 29 December 2020).
- Finnish Government. 2019. *1 Percent*. Available at: [www.politico.eu/article/finland-one-percent-ai-artificial-intelligence-courses-learning-training/](https://www.politico.eu/article/finland-one-percent-ai-artificial-intelligence-courses-learning-training/)(Accessed 29 December 2020).
- Ford, M. 2018. *Architects of Intelligence: The truth about AI from the people building it*. Birmingham, Packt Publishing.
- Frey, C.B. and Osborne, M. A. 2017. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change* 114: 254–280.
- Frontier Economics. 2018. *The Impact of Artificial Intelligence on Work. An evidence review prepared for the Royal Society and the British Academy*. Available at: <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/ai-and-work/frontier-review-the-impact-of-AI-on-work.pdf> (Accessed 3 February 2021).
- Giest, S. 2017. Big data for policymaking: Fad or fast-track? *Policy Sciences*, Vol. 50, No. 3, pp. 367–382.
- Goel, A.K. and Polepeddi, L. 2017. Jill Watson: A virtual teaching assistant for online education. Georgia Institute of Technology. Available at: <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/59104> (Accessed 22 February 2021).
- Goertzel, B. 2007. Human-level artificial general intelligence and the possibility of a technological singularity: A reaction to Ray Kurzweil's *The Singularity Is Near*, and McDermott's critique of Kurzweil. *Artificial Intelligence*, Vol. 171, No. 18, Special Review Issue, pp. 1161–1173.
- Government of Malta. 2019. *Towards an AI Strategy. High-level policy document for public consultation*. Available at: [https://malta.ai/wp-content/uploads/2019/04/Draft\\_Policy\\_document\\_-\\_online\\_version.pdf](https://malta.ai/wp-content/uploads/2019/04/Draft_Policy_document_-_online_version.pdf) (Accessed 2 January 2020).
- Government of the People's Republic of China. 2017. *Next Generation of Artificial Intelligence Plan*. Available at: <https://flia.org/wp-content/uploads/2017/07/A-New-Generation-of-Artificial-Intelligence-Development-Plan1.pdf> (Accessed 22 February 2021).
- Government of the Republic of Korea. 2016. *Mid- to Long-Term Master Plan in Preparation for the Intelligent Information Society: Managing the Fourth Industrial Revolution*. Available at: <http://www.msip.go.kr/dynamic/file/afieldfile/mse56/1352869/2017/07/20/Master%20Plan%20for%20the%20intelligent%20information%20society.pdf> (Accessed 15 March 2019).
- Graesser, A. C., VanLehn, K., Rosé, C. P., Jordan, P. W. and Harter, D. 2001. Intelligent tutoring systems with conversational dialogue. *AI Magazine*, Vol. 22, No. 4, p. 39.
- Graham, J. 2018. Meet the robots teaching Singapore's kids tech. Available at: [https://apolitical.co/solution\\_article/meet-the-robots-teaching-singapores-kids-tech/](https://apolitical.co/solution_article/meet-the-robots-teaching-singapores-kids-tech/)(Accessed 5 April 2019).
- Hao, K. 2019. In 2020, let's stop AI ethics-washing and actually do something - MIT Technology Review [WWW Document]. MIT Technology Review. Available at: <https://www.technologyreview.com/s/614992/ai-ethics-washing-time->

- to-act/ (Accessed 13 January 2020)
- Harvard University and Amgen Foundation. 2020. LabXchange. Available at: <https://www.multivu.com/players/English/8490258-amgen-foundation-harvard-labxchange> (Accessed 29 December 2020).
- Harwell, D. 2019. Colleges are turning students' phones into surveillance machines, tracking the locations of hundreds of thousands [WWW Document]. Washington Post. Available at: <https://www.washingtonpost.com/technology/2019/12/24/colleges-are-turning-students-phones-into-surveillance-machines-tracking-locations-hundreds-thousands> (Accessed 3 January 2020).
- Hawking, S., Russell, S., Tegmark, M. and Wilczek, F. 2014. Transcendence looks at the implications of artificial intelligence – but are we taking AI seriously enough? *The Independent*, May. Available at: <http://www.independent.co.uk/news/science/stephen-hawking-transcendence-looks-at-the-implications-of-artificial-intelligence--but-are-we-taking-ai-seriously-enough-9313474.html> (Accessed 13 September 2015).
- Heikkila, A. 2018. Telepresence In Education And The Future Of eLearning. eLearning Industry. Available at: <https://elearningindustry.com/telepresence-in-education-future-elearning> (Accessed 29 December 2020).
- Herodotou, C., Gilmour, A., Boroowa, A., Rienties, B., Zdrahal, Z. and Hlosta, M. 2017. Predictive modelling for addressing students' attrition in higher education: The case of OU Analyse. The Open University, Milton Keynes, United Kingdom. Available at: <http://oro.open.ac.uk/49470/> (Accessed 5 November 2018).
- Herold, B. 2018. How (and Why) Ed-Tech Companies Are Tracking Students' Feelings [WWW Document]. Education Week. Available at: <https://www.edweek.org/technology/how-and-why-ed-tech-companies-are-tracking-students-feelings/2018/06> (Accessed 28 December 2020).
- HITSA. 2017. *ProgeTiger Programme 2015-2017*. Available at: <https://www.hitsa.ee/it-education/educational-programmes/progetiger> (Accessed 1 November 2019)
- Holmes, W., Anastopoulou, S., Schaumburg, H. and Mavrikis, M. 2018a. *Technology-Enhanced Personalised Learning: Untangling the evidence*. Stuttgart, Robert Bosch Stiftung. Available at: [https://www.bosch-stiftung.de/sites/default/files/publications/pdf/2018-08/Study\\_Technology-enhanced%20Personalised%20Learning.pdf](https://www.bosch-stiftung.de/sites/default/files/publications/pdf/2018-08/Study_Technology-enhanced%20Personalised%20Learning.pdf) (Accessed 22 February 2021).
- Holmes, W., Bektik, D., Whitelock, D. and Woolf, B. P. 2018b. Ethics in AIED: Who cares? C. Penstein Rosé, R. Martínez-Maldonado, H. U. Hoppe, R. Luckin, M. Mavrikis, K. Porayska-Pomsta, B. McLaren, and B. du Boulay (eds.), *Lecture Notes in Computer Science*. London, Springer International Publishing, vol. 10948, pp. 551–553.
- Holmes, W., Bialik, M. and Fadel, C. 2019. *Artificial Intelligence in Education: Promises and implications for teaching and learning*. Boston, MA, Center for Curriculum Redesign.
- Holstein, K., McLaren, B. M. and Alevin, V. 2018. Student learning benefits of a mixed-reality teacher awareness tool in AI-enhanced classrooms. C. Penstein Rosé, R. Martínez-Maldonado, H. U. Hoppe, R. Luckin, R., M. Mavrikis, K. Porayska-Pomsta, B. McLaren, and B. du Boulay (eds.), *Proceedings of the 19th International Conference, AI in Education 2018 London, United Kingdom*, June 27–30, 2018. Cham, Springer International Publishing, vol. 10947, pp. 154–168.
- Hood, D., Lemaignan, S. and Dillenbourg, P. 2015. When Children Teach a Robot to Write: An Autonomous Teachable Humanoid Which Uses Simulated Handwriting. *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction 2015*, 83–90.
- Hopkins, P. and Maccabee, R. 2018. Chatbots and digital assistants: Getting started in FE and HE. Bristol, JISC.Hume, K.H., 2017. Artificial intelligence is the future—but it's not immune to human bias. Macleans. Available at: <https://www.macleans.ca/opinion/artificial-intelligence-is-the-future-but-its-not-immune-to-human-bias> (Accessed 28 March 2021).
- IBM, n.d.. *IBM Research–Africa*. Available at: <https://www.research.ibm.com/labs/africa> (Accessed 29 December 2020).
- Infocomm Media Development Authority. 2017. *CODE@SG Movement: Developing Computational Thinking as a National Capability*. Available at: <https://www.imda.gov.sg/for-community/digital-readiness/Computational-Thinking-and-Making> (Accessed 1 September 2019).
- iFLYTEK, n.d.. *AlphaEgg*. Available at: <https://ifworlddesignguide.com/entry/203859-alphaegg> (Accessed 29 December 2020).
- ILO (International Labour Organization). 2019. *Work for a Brighter Future: Global Commission on the Future of Work*. Available at: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/--dgreports/---cabinet/documents/publication/wcms\\_662410.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/--dgreports/---cabinet/documents/publication/wcms_662410.pdf) (Accessed 26 January 2021).
- IRCAI (International Research Centre on Artificial Intelligence under the auspices of UNESCO). 2020. Available at: <https://irc.ai.org/> (Accessed 29 December 2020).
- iResearch Global. 2019. *2018 China's K12 Dual-teacher Classes Report*. Available at: [http://www.iresearchchina.com/content/details8\\_51472.html](http://www.iresearchchina.com/content/details8_51472.html) (Accessed 5 April 2019).
- ISTE (International Society for Technology in Education). 2018. *Resources on AI in K-12 education*. Available at: <https://www.iste.org/learn/AI-in-education> (Accessed 29 December 2020).
- James, E. A., Milenkiewicz, M. T. and Bucknam, A. 2008. *Participatory Action Research for Educational Leadership: Using data-driven decision making to improve schools*. Sage.
- Jobin, A., Ienca, M., and Vayena, E. 2019. Artificial Intelligence: The global landscape of ethics guidelines. *Nature Machine*

- Intelligence, 1(9), 389–399.
- Joshi, D. 2017. Quoted in <https://www.theguardian.com/business/2017/aug/20/robots-are-not-destroying-jobs-but-they-are-hollow-out-the-middle-class> (Accessed 20 January 2021).
- Kelly, S., Olney, A.M., Donnelly, P., Nystrand, M. and D’Mello, S.K. 2018. Automatically measuring question authenticity in real-world classrooms. *Educational Researcher*, 47(7), pp. 451–464.
- Kreitmayer, S., Rogers, Y., Yilmaz, E. and Shawe-Taylor, J. 2018. Design in the Wild: *Interfacing the OER Learning Journey*. Presented at the Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference.
- Lee, K. F. 2018. *AI Superpowers: China, Silicon Valley and the New World Order*. Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company.
- Leelawong, K. and Biswas, G. 2008. Designing learning by teaching agents: The Betty’s Brain system. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 18, No. 3, pp. 181–208.
- Leetaru, K. 2018. Does AI truly learn, and why we need to stop overhyping deep learning. *Forbes*. Available at: <https://www.forbes.com/sites/kalevleetaru/2018/12/15/does-ai-truly-learn-and-why-we-need-to-stop-overhyping-deep-learning/> (Accessed 10 February 2020).
- Leopold, T. A., Ratcheva, V., and Zahidi S. 2018. The Future of Jobs Report 2018. World Economic Forum. Available at: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf) (Accessed 3 February 2021).
- Loizos, C. 2017. AltSchool wants to change how kids learn, but fears have surfaced that it’s failing students. TechCrunch. Available at: <https://social.techcrunch.com/2017/11/22/altschool-wants-to-change-how-kids-learn-but-fears-that-its-failing-students-are-surfacing> (Accessed 29 December 2020).
- Lucas, L. 2018. China’s artificial intelligence ambitions hit hurdles. *Financial Times*. Available at: <https://www.ft.com/content/8620933a-e0c5-11e8-a6e5-792428919cee> (Accessed 17 February 2019).
- Luckin, R. 2017. *Towards artificial intelligence-based assessment systems*. *Nat Hum Behav* 1, 0028.
- Luckin, R. and Holmes, W. 2017. *A.I. Is the New T.A. in the Classroom*. Available at: <https://howwegettonext.com/a-i-is-the-new-t-a-in-the-classroom-dedbe5b99e9e#---0-237.wcmt24rx7> (Accessed 4 January 2017).
- Luckin, R., Cukurova, M., Baines, E., Holmes, W. and Mann, M. 2017. *Solved! Making the case for collaborative problem-solving*, London, Nesta. Available at: <https://www.nesta.org.uk/report/solved-making-the-case-for-collaborative-problem-solving/> (Accessed 22 February 2021).
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M. and Forcier, L. B. 2016. *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. London, Pearson. Available at: <https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one-dot-com/global/Files/about-pearson/innovation/open-ideas/Intelligence-Unleashed-v15-Web.pdf> (Accessed 22 February 2021).
- Lupton, D. and Williamson, B. 2017. The datafied child: The dataveillance of children and implications for their rights’, *New Media & Society*, Vol. 19, No. 5, pp. 780–794.
- Madgavkar, A. et al. 2019. The Future of Women at Work: Transitions in the age of automation. McKinsey Global Institute. Available at: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/gender-equality/the-future-of-women-at-work-transitions-in-the-age-of-automation> (Accessed 3 February 2021).
- Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. and Sanghvi, S. 2017. Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation. McKinsey Global Institute. Available at: <https://www.mckinsey.com/~media/BAB489A30B724BECB5DEDC41E9BB9FAC.ashx> (Accessed 3 February 2021).
- Marcus, G. and Davis, E. 2019. *Rebooting AI: Building artificial intelligence we can trust*. New York, Ballantine Books Inc.
- Marsh, J.A., Pane, J.F. and Hamilton, L.S. 2006. Making sense of data-driven decision making in education: Evidence from recent RAND research. Available at: [https://www.rand.org/pubs/occasional\\_papers/OP170.html](https://www.rand.org/pubs/occasional_papers/OP170.html) (Accessed 22 February 2021).
- Mavrikis, M. 2015a. FractionsLab. Available at: <http://fractionslab.lkl.ac.uk/> (Accessed 29 December 2020).
- Mavrikis, M. 2015b. *ITalk2Learn*. Available at: <https://www.italk2learn.com> (Accessed 29 December 2020).
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N. and Shannon, C. E. 2006. A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI Magazine*, Vol. 27, No. 4, pp. 12–14.
- McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., Godwin, J., Antropova, N., Ashrafi, H., Back, T., Chesus, M., Corrado, G. C., Darzi, A., Etemadi, M., Garcia-Vicente, F., Gilbert, F. J., Halling-Brown, M., Hassabis, D., Jansen, S., Karthikesalingam, A., Kelly, C. J., King, D., Ledam, J. R., Melnick, D., Mostofi, H., Peng, L., Reich, J. J., Romera-Paredes, B., Sidebottom, R., Suleyman, M., Tse, D., Young, K. C., Fauw, J. D. and Shetty, S. 2020. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*, Vol. 577, No. 7788, pp. 89–94.
- Ministry of Education, Argentina. 2017. *Aprender Conectados*. Available at: <https://www.educ.ar/recursos/150823/presentacion-plan-aprender-conectados> (Accessed 29 December 2020).
- Ministry of Education, People’s Republic of China. 2017. *New ICT Curriculum Standards for Senior High School*. Available at: [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A26/s8001/201801/t20180115\\_324647.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A26/s8001/201801/t20180115_324647.html) (Accessed 29 December 2020).
- Ministry of Education, People’s Republic of China. 2018. *Innovative Action Plan for Artificial Intelligence in Higher Education*

- Institutions*. Available at: [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410\\_332722.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410_332722.html) (Accessed 29 December 2020).
- Ministry of Education & Malaysia Digital Economy Corporation. 2017. *Digital Maker Playbook*. Available at: <https://mdec.my/wp-content/uploads/DMH-Playbook-2021-25Jan2021.pdf> (Accessed 22 February 2021).
- MIT Technology Review and GE Healthcare. 2019. *How artificial intelligence is making health care more human*. Available at: <https://www.technologyreview.com/hub/ai-effect/> (Accessed 9 January 2020).
- Mitchell, M. 2019. *Artificial Intelligence: A guide for thinking humans*. London, Penguin.
- Moravec, H. 1988. *Mind Children: The future of robot and human intelligence*. Boston, MA, Harvard University Press.
- Mulgan, G. 2018. Artificial intelligence and collective intelligence: the emergence of a new field. *AI & Society*, 33, 631–632.
- Narayanan, A. 2019. How to Recognize AI Snake Oil. Available at: <https://www.cs.princeton.edu/~arvindn/talks/MIT-STS-AI-snakeoil.pdf> (Accessed 22 February 2021).
- National Science and Technology Council. 2016. The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan. Available at: [https://www.nitrd.gov/news/national\\_ai\\_rd\\_strategic\\_plan.aspx](https://www.nitrd.gov/news/national_ai_rd_strategic_plan.aspx) (Accessed 9 January 2020).
- Nemorin, S. 2021. Fair-AI. Project Update #6. Preliminary Findings. Available at: <https://www.fair-ai.com/project-update-6> (Accessed 4 February 2021).
- Next. 2000. *Next AI*. Available at: <https://www.nextcanada.com/next-ai> (Accessed 29 December 2020).
- O’Neil, C. 2017. *Weapons of Math Destruction: How big data increases inequality and threatens democracy*. London, Penguin.
- Pareto, L. 2009. Teachable Agents that Learn by Observing Game Playing Behavior, in: Craig, S.D., Dicheva, D. (Eds.), *Proceedings of AIED 2009*. Presented at the AIED 2009: 14th International Conference on Artificial Intelligence in Education, Brighton, pp. 31–40.
- Pedro, F., Miguel, S. Rivas, A., and Valverde, P. 2019. *Artificial Intelligence in Education: Challenges and opportunities for sustainable development*. Paris, UNESCO. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994> (Accessed 29 December 2020).
- Pennington, M., 2018. Five tools for detecting Algorithmic Bias in AI. *Technomancers - LegalTech Blog*. Available at: <https://www.technomancers.co.uk/2018/10/13/five-tools-for-detecting-algorithmic-bias-in-ai/> (Accessed 29 December 2020).
- Pobiner, S. and Murphy, T. 2018. Participatory design in the age of artificial intelligence. *Deloitte Insights*. Available at: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/cognitive-technologies/participatory-design-artificial-intelligence.html> (Accessed 29 December 2020).
- Robinson, A. and Hernandez, K. 2018. Quoted in <https://www.edsurge.com/news/2018-11-15-dear-mr-zuckerberg-students-take-summit-learning-protests-directly-to-facebook-chief> (Accessed 29 March 2021).
- Rummel, N., Mavrikis, M., Wiedmann, M., Loibl, K., Mazziotti, C., Holmes, W. and Hansen, A. 2016. Combining exploratory learning with structured practice to foster conceptual and procedural fractions knowledge. C. K. Looi, J. Polman, U. Cress, and P. Reimann (eds.), *Transforming Learning, Empowering Learners: The International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2016*. Singapore, International Society of the Learning Sciences, Vol. 1, pp. 58–65.
- Russell, S. and Norvig, P. 2016. *Artificial Intelligence: A modern approach*, 3rd edition. Boston, MA, Pearson.
- Säuberlich, F. and Nikolić, D. 2018. AI without machine learning. *Teradata Blog*. Available at: <https://www.teradata.com/Blogs/AI-without-machine-learning> (Accessed 22 December 2019).
- Schwab, K. 2017. *The Fourth Industrial Revolution*. New York, NY, Crown Publishing.
- Searle, J. R. 1980. Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 3, No. 3, pp. 417–424.
- Seldon, A. and Abidoye, O. 2018. *The Fourth Education Revolution: Will artificial intelligence liberate or infantilise humanity?* University of Buckingham Press.
- Self, J. A. 1974. Student models in computer-aided instruction. *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 6, No. 2, pp. 261–276.
- SmartMusic, n.d.. *SmartMusic*. Available at: <https://www.smartmusic.com> (Accessed 29 December 2020).
- Smith, A. and Anderson, J., 2014. AI, Robotics, and the Future of Jobs. *Pew Research Center*. Washington, DC. Available at: <https://www.pewresearch.org/internet/wp-content/uploads/sites/9/2014/08/Future-of-AI-Robotics-and-Jobs.pdf> (Accessed 1 February, 2021).
- Smith, M. L. and Neupane, S. 2018. *Artificial Intelligence and Human Development. Toward a Research Agenda*. Ottawa, International Development Research Centre. Available at: <https://www.idrc.ca/en/stories/artificial-intelligence-and-human-development> (Accessed 22 February 2021).
- Stone, P., Brooks, R., Brynjolfsson, E., Calo, R., Etzioni, O., Hager, G., Hirschberg, J., Kalyanakrishnan, S., Kamar, E., Kraus, S., Leyton-Brown, K., Parkes, D., Press, W., Saxenian, A., Shah, J., Tambe, M. and Teller, A. 2016. *Artificial Intelligence and Life in 2030, A 100 Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015 Study Panel*. Stanford, CA, Stanford University. Available at: <http://ai100.stanford.edu/2016-report> (Accessed 1 February 2019).
- Tencent Research Institute. 2017. *Global Artificial Intelligence Talent White Paper*. Available at: [https://www.tisi.org/Public/Uploads/file/20171201/20171201151555\\_24517.pdf](https://www.tisi.org/Public/Uploads/file/20171201/20171201151555_24517.pdf)

- (Accessed 22 February 2021).
- The Open University. 2018. *OU Analyse*. Available at: <https://analyse.kmi.open.ac.uk> (Accessed 29 December 2020).
- Trafton, A. 2020. Artificial intelligence yields new antibiotic. MIT News | Massachusetts Institute of Technology. Available at: <https://news.mit.edu/2020/artificial-intelligence-identifies-new-antibiotic-0220>(Accessed 28 December 2020).
- Tuomi, I. 2018. The impact of artificial intelligence on learning, teaching, and education. M. Cabrera, R. Vuorikari, and Y. Punie (eds.), *Policies for the future*. Luxembourg, Publications Office of the European Union, EUR 29442 EN. Available at: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/impact-artificial-intelligence-learning-teaching-and-education> (Accessed 22 February 2021).
- Turing, A. M. 1950. Computing machinery and intelligence. *Mind*, Vol. 59, No. 236, pp. 433–460.
- UNESCO. 2016. *The World Needs Almost 69 Million New Teachers to Reach the 2030 Education Goals*. UIS Fact Sheet, UNESCO Institute for Statistics. Available at: <http://uis.unesco.org/en/file/784/download?token=150HBrZo> (Accessed 22 February 2021).
- UNESCO. 2018. *ICT Competency Framework for Teachers*. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265721> (Accessed 29 December 2020).
- UNESCO. 2019a. Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303> (Accessed 29 December 2020).
- UNESCO. 2019b. Steering AI and Advanced ICTs for Knowledge Societies A Rights, Openness, Access, and Multi-stakeholder Perspective. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372132> (Accessed 29 December 2020).
- UNESCO. 2020. Outcome document: first draft of the Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373434> (Accessed 29 December 2020).
- UNESCO and EQUALS Skills Coalition. 2019. *I'd blush if I could: closing gender divides in digital skills through education*. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367416> (Accessed 29 December 2020).
- United Arab Emirates. 2017. *UAE Strategy for Artificial Intelligence*. Available at: <https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/federal-governments-strategies-and-plans/uae-strategy-for-artificial-intelligence> (Accessed 22 February 2021).
- United Nations. 2015. *The 2030 Agenda for Sustainable Development: Sustainable Development Goals*. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org> (Accessed 1 February 2019).
- Verbert, K., Duval, E., Klerkx, J., Govaerts, S. and Santos, J. L. 2013. Learning analytics dashboard applications. *American Behavioral Scientist*, Vol. 57, No. 10, pp. 1500-1509.
- Villanueva, C. C. 2003. Education Management Information System (EMIS) and the Formulation of Education for All (EFA) Plan of Action, 2002-2015. UNESCO Almaty Cluster Office and the Ministry of Education of Tajikistan. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000156818> (Accessed 22 February 2021).
- World Economic Forum. 2018. Insight Report. The Global Gender Gap Report. Available at: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GGGR\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GGGR_2018.pdf) (Accessed 21 July 2020).
- World Economic Forum and Boston Consulting Group. 2016. *New Vision for Education: Fostering social and emotional learning through technology*. Geneva, Switzerland. Available at: <https://www.weforum.org/reports/new-vision-for-education-fostering-social-and-emotional-learning-through-technology> (Accessed 22 February 2021).
- Yixue Group. n.d.. *Squirrel AI Learning*. Available at: <https://www.technologyreview.com/2019/08/02/131198/china-squirrel-has-started-a-grand-experiment-in-ai-education-it-could-reshape-how-the/> (Accessed 29 December 2020).
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M. and Gouverneur, F. 2019. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, Vol. 16, No. 1, pp. 1–27.
- Zheng, N., Liu, Z., Ren, P., Ma, Y., Chen, S., Yu, S., Xue, J., Chen, B., & Wang, F. 2017. Hybrid-augmented intelligence: Collaboration and cognition. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 18(2), 153–179.
- Zhixue. n.d.. *Intelligent Learning*. Available at: <https://www.zhixue.com/login.html> (Accessed 29 December 2020).
- Zhong, Y. X. 2006. A cognitive approach and AI research. *2006 5th IEEE International Conference on Cognitive Informatics*, Vol. 1, pp. 90-100.

## 주석

- 1 More detailed non-technical guidance for policy-makers has been produced by the 'AI for Peace' group: <https://www.aiforpeace.org/library>
- 2 A quintillion equals 1,000,000,000,000,000,000
- 3 The computing power requires large amounts of energy with significant implications for the world's climate.
- 4 <https://www.gehealthcare.com/article/artificial-intelligence-helps-doctors-with-critical-measurement-during-pregnancy>
- 5 <https://ai.googleblog.com/2018/12/improving-effectiveness-of-diabetic.html>
- 6 <https://www.nytimes.com/2019/05/20/health/cancer-artificial-intelligence-ct-scans.html>
- 7 For example, researchers overlaid an image of a panda, that the AI tool correctly recognized, with some random noise. The image was still easily recognizable to a human as a panda, but the AI tool identified it as showing a gibbon. Similarly, sticking some small pieces of paper randomly on a road sign, such as a stop sign, can lead autonomous vehicles to misidentify it.
- 8 A seminal book that introduces much of this complexity is Russell and Norvig (2016)
- 9 <https://www.mturk.com>
- 10 <https://www.ft.com/content/a4b6e13e-675e-11e5-97d0-1456a776a4f5>
- 11 <https://thispersondoesnotexist.com>
- 12 <https://otter.ai>
- 13 <https://www.alibabacloud.com/products/machine-translation>
- 14 <https://lens.google.com>
- 15 <https://woebothealth.com>
- 16 <https://www.affectiva.com>
- 17 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2019.00076/full>
- 18 <https://cs.nyu.edu/faculty/davise/papers/GPT3Complete-Tests.html>
- 19 The introduction of chatbots to answer customers' banking queries suggests that even here things are beginning to change (<https://www.scmp.com/business/companies/article/2128179/hsbcs-amy-and-other-soon-be-released-ai-chatbots-are-about-change>). However, Google's infamous Duplex technology now seems to be less intelligent than it first appeared.
- 20 <https://www.apple.com/uk/siri/>
- 21 <https://www.digitaltrends.com/home/what-is-amazon-alexa-and-what-can-it-do/>
- 22 <https://dueros.baidu.com/en/index.html>
- 23 <https://www.gearbest.com/blog/tech-news/huawei-releases-ai-smart-speaker-mini-with-xiaoyi-voice-assistant-in-china-6420>
- 24 <https://www.jisc.ac.uk/news/chatbot-talks-up-a-storm-for-bolton-college-26-mar-2019>
- 25 <http://genie.deakin.edu.au>
- 26 <https://analyse.kmi.open.ac.uk>
- 27 <https://www.swiftelearningservices.com/learning-analytics-big-data-in-elearning>
- 28 <http://kidaptive.com>
- 29 <https://www.unitime.org>
- 30 <https://moodle.org>
- 31 <https://open.edx.org>
- 32 <https://www.khanacademy.org>
- 33 For example, Bayesian Knowledge Tracing or Performance Factors Analysis
- 34 Alef: <https://alefeducation.com>
- 35 ALEKS: <https://www.aleks.com>
- 36 Byjus: <https://byjus.com> (NB Not available in Europe)
- 37 Mathia: <https://www.carnegielearning.com>
- 38 Qubena: <https://qubena.com>
- 39 Riiid: <https://riiidlabs.ai/>
- 40 Squirrel AI: <http://squirrelai.com>
- 41 <https://educationcommission.org>
- 42 Watson Tutor: <https://www.ibm.com/blogs/watson/2018/06/using-ai-to-close-learning-gap/>
- 43 See <https://theconversation.com/artificial-intelligence-can-now-emulate-human-behaviors-soon-it-will-be-dangerously-good-114136>. And, for an early example of AI that can 'write' a school assignment, see <https://openai.com/blog/better-language-models/#sample6>
- 44 WriteToLearn: <https://www.pearsonassessments.com/professional-assessments/products/programs/write-to-learn.html>
- 45 e-Rater: <https://www.ets.org/erater/about>
- 46 Turnitin: <https://www.turnitin.com>
- 47 Smartmusic: <https://www.smartmusic.com>
- 48 AI Teacher: <http://aiteacher.100tal.com>
- 49 'Amazing English' uses AI to help students practise their English aloud. It also provides real-time feedback and AI-driven assessments. See <https://www.prnewswire.com/news-releases/xueersi-online-school-releases-dual-teacher-product-offering-more-english-speaking-time-than-one->

- on-one-teaching-300626008.html
- 50 Babbel: <https://www.babbel.com>
- 51 Duolingo: <https://www.duolingo.com>
- 52 <https://elearningindustry.com/telepresence-in-education-future-elearning>
- 53 <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/nao>
- 54 <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/pepper>
- 55 [https://www.youtube.com/watch?v=E\\_iozVysl5g](https://www.youtube.com/watch?v=E_iozVysl5g)
- 56 <https://www.blippar.com>
- 57 <https://eonreality.com/eon-reality-education>
- 58 <https://edu.google.com/products/vr-ar>
- 59 <http://www.neobear.com>
- 60 <http://www.vrmonkey.com.br>
- 61 <https://thirdspacelearning.com>
- 62 <http://slp.bnu.edu.cn>
- 63 <https://www.mofaxiao.com/>
- 64 <https://tesla-project.eu>
- 65 Open, distributed ledgers, hosted simultaneously by millions of computers across the Internet and linked using cryptography, that can share data in a verifiable, incorruptible, and accessible way.
- 66 e.g. Ada Lovelace Institute (<https://www.adalovelaceinstitute.org>), AI Ethics Initiative (<https://aiethicsinitiative.org>), AI Ethics Lab (<http://www.aiethicslab.com>), AI Now (<https://ainowinstitute.org>), DeepMind Ethics and Society (<https://deepmind.com/applied/deepmind-ethics-society>), and the Oxford Internet Institute (<https://www.oii.ox.ac.uk/blog/can-we-teach-morality-to-machines-three-perspectives-on-ethics-for-artificial-intelligence>). Also see Winfield, Alan F. T., and Jirotko, M. 2018. Ethical governance is essential to building trust in robotics and artificial intelligence systems. *Phil. Trans. R. Soc. A.* 376. And see "Top 9 ethical issues in artificial intelligence." Available at: <https://www.weforum.org/agenda/2016/10/top-10-ethical-issues-in-artificial-intelligence>, "Establishing an AI code of ethics will be harder than people think." Available at: <https://www.technologyreview.com/s/612318/establishing-an-ai-code-of-ethics-will-be-harder-than-people-think>, and Willson, M. 2018. Raising the ideal child? Algorithms, quantification and prediction. *Media, Culture & Society*, 5.
- 67 <https://www.brainco.tech> and see <https://www.independent.co.uk/news/world/asia/china-schools-scan-brains-concentration-headbands-children-brainco-focus-a8728951.html>
- 68 For example, see the XPrize (<https://learning.xprize.org>).
- 69 <https://digitallibrary.io>
- 70 <https://www.changedyslexia.org>
- 71 e.g. <http://www.voiceitt.com>, <https://www.nuance.com>, <https://otter.ai> and <https://kidsense.ai>
- 72 <https://blogs.microsoft.com/ai/ai-powered-captioning/>
- 73 <https://consumer.huawei.com/uk/campaign/storysign/>
- 74 An example of a robot developed for children on the autism spectrum is Kaspar (Dautenhahn et al., 2009)
- 75 See, for example, Bughin et al., 2017; Frey and Osborne, 2017; Frontier Economics, 2018; Leopold et al., 2018; Madgavkar et al., 2019; and Manyika et al., 2017.
- 76 Manpower Group. 2016. Millennial Careers: 2020 Vision-Facts, figures and practical advice from workforce experts. Available at [https://www.manpowergroup.com/wps/wcm/connect/660ebf65-144c-489e-975c-9f838294c237/MillennialsPaper1\\_2020Vision\\_lo.pdf?MOD=AJPERES](https://www.manpowergroup.com/wps/wcm/connect/660ebf65-144c-489e-975c-9f838294c237/MillennialsPaper1_2020Vision_lo.pdf?MOD=AJPERES)
- 77 See, for example: (Tencent Research Institute, 2017) 全球人工智能人才白皮书
- 78 Courses designed to enable citizens to become familiar with how AI works can be found at <https://www.elementsofai.com>, <https://okai.brown.edu> and <http://ai-4-all.org>.
- 79 Resources designed to help teachers introduce their students to AI can be found at <http://teachingaifork12.org> and <https://github.com/touretzkyds/ai4k12/wiki>
- 80 <http://www.gettingsmart.com/2018/07/coming-this-fall-to-montour-school-district-americas-first-public-school-ai-program>
- 81 <https://www.teensinai.com>
- 82 <https://www.skillsfuture.gov.sg/>
- 83 <https://microcompetencies.com>
- 84 <https://github.com/touretzkyds/ai4k12/wiki>
- 85 <http://teachingaifork12.org>
- 86 <https://www.elementsofai.com>
- 87 <https://okai.brown.edu>
- 88 <http://ai-4-all.org>
- 89 <https://www.oecd.ai/dashboards>

## **인공지능과 교육: 정책입안자를 위한 지침**

발 간 일 | 2021년 11월 30일

펴 낸 곳 | 유네스코한국위원회, 한국교육학술정보원

펴 낸 이 | 한경구, 박혜자

주 소 | 서울시 중구 명동길(유네스코길) 26 / 대구광역시 동구 동내로 64

전자우편 | [ed.team@unesco.or.kr](mailto:ed.team@unesco.or.kr)

웹사이트 | [www.unesco.or.kr](http://www.unesco.or.kr) / [www.keris.or.kr](http://www.keris.or.kr)

ISBN: 979-11-90615-21-1

유네스코한국위원회 간행물등록번호: ED-2021-BK-2

한국교육학술정보원 간행물등록번호: IEI2021-3



본 국문번역본은 유네스코의 공식발간물이 아니며 그러한 것으로 간주될 수 없습니다.

본 발간물은 유네스코의 발간물 “AI and education: Guidance for policymakers”를 국문번역하고 ‘Attribution-ShareAlike 3.0 IGO’ (CC-BY-SA 3.0 IGO) 라이선스를 활용하여 발간하였습니다.

# 인공지능과 교육

## 정책입안자를 위한 지침

인공지능(AI)은 SDG4 달성을 위한 새로운 도구로 부상하고 있다. 이에 AI의 장점을 극대화하고 잠재적 위험을 완화하기 위한 정책과 전략 수립이 선행되어야 한다. AI 시대에 준비된 정책입안자를 육성하는 것이 정책 개발 과정의 출발점이다.

본 보고서는 AI를 이해하고 AI가 제시하는 교육의 과제와 기회에 대응하기 위한 정책 지침을 제공한다. AI의 개념, 기법, 기술, 능력, 한계 등을 소개한다. 또한 AI를 활용하여 교육과 학습을 강화하고, 포용성과 형평성을 보장하는 동시에 AI와 함께 공존하고 협력할 수 있도록 인간을 대비시키는 교육의 상호적 역할에 대해 새롭게 부상하는 활용과 편익-위험 평가를 다루고 있다.

기존 AI 관련 정책적 대응을 크게 독립적, 통합적, 주제적 접근법으로 구분하여 소개하고 있다. 아울러, 보고서 전반에 걸쳐 2019년 AI와 교육에 대한 베이징 합의문을 기반으로 AI 및 교육 정책 기획에 대한 보다 상세한 권고와 사례를 제시하고 있다.

ISBN: 979-11-90615-21-1