**디지털 전환 시대의 교육방향과 전략:**

**인공지능 기반 창의성 제고 방안**

**쩐투이쭉(동아대학교, 행정학과)**

**Ⅰ. 서론**

지난 수십 년 동안 다양한 방식으로 인공지능(AI)이 인간의 일상생활 곳곳에서 점차 보편화되고 있다. 자연어 처리에서 이미지 및 객체 인식, 추천 시스템, 자율 주행 차량, 의료 분야까지의 적용 가능성에서 모두 인공지능의 잠재력으로 세상을 놀라게 했다. 금융, 의료, 비즈니스 분야의 응용뿐 아니라 교육 분야에서도 AI가 중요한 역할을 하고 있다. 교육은 각 나라에서 항상 최우선 순위를 차지하고 있는 분야라고 할 수 있는데, 그렇다면 AI는 어떻게 활용될 수 있을까? 인공지능이 교육계를 완전히 혁명화시킬 것인가? 쉽게 답을 찾기 어려운 질문들이다.

최근 몇 년간 인공지능의 눈부신 발전은 교육에 대한 새로운 시각을 제공해 왔다. 전통적인 형태의 교육은 인간의 필요에 맞게 개선되고 대체되고 있다. AI는 채점, 학생들의 학습 지원, 심지어 학생 지도와 같은 작업까지 수행함으로써 교사의 역할을 점차 변화시키고 있다. AI 시스템은 전문적인 지식을 제공하고 학생들이 질문을 하며 정보를 찾는 곳으로 프로그래밍될 수 있다. 교사는 학생이 어려움을 겪고 있을 때 일대일 상호 작용을 제공하는 담당자 역할을 한다. 또한 AI는 데이터를 수집하고 스마트 거버넌스 시스템을 통해 데이터를 활용함으로써 학교가 학생들을 가르치고, 관리하고, 학생들과 상호 작용하는 방식을 변화시킨다. 한편, 교육에 인공지능을 적용하면 학생들이 배우는 곳, 가르치는 사람 및 배우는 방법이 바뀔 수 있다. 소프트웨어 및 지원 시스템을 통해 학생들은 언제 세계 어디에서나 공부할 수 있다.

교육 4.0은 잠재력과 동기부여를 통해 대중에게 지식을 전달하는 것에서 나아가 개인이 창조할 수 있도록 권한을 부여하는 교육 목표의 주요 변화로 표시된다. 디지털 전환 시대는 고용구조를 육체노동에서 창의적 사고를 요하는 산업으로 전환하는 추세를 보이고 있다. 창조적인 문화는 점점 가치가 높아지고 있으며 창조적인 노동자들은 점점 더 사회 노동력에서 지배적인 위치를 점하고 있다. 역사도 과학과 기술 또는 문화와 예술의 성공이 모두 창의성, 탐구 및 새롭고 다양한 것들의 발견에서 나온다는 것을 보여준다. 이상과 같이 학습자 개개인에게 창의 문화를 조성하여 미래 창의인재 양성의 기반을 마련하는 교육의 역할은 매우 중요하다. 학교의 교육목적은 시대의 발전추세에 부합해야 하며 과학지식과 표준교육방법, 다양한 조직형태를 갖추어야 한다. 학교의 고유한 역할은 학생들의 창의적 사고를 형성하고 개발하기 위한 훈련 프로그램을 설정하는 것이다. 그렇다면 인공지능이 학교, 교사, 학생 등 교육 분야의 기본 행위자 역할에 영향을 미치고 있는 상황에서 학생들의 창의성 증진을 위한 교육 방식은 어떻게 변화할 것인가? 디지털 전환 시대에 정부는 어떤 교육 정책을 세워야 할까? 이러한 상황인식을 바탕으로 인공지능을 기반으로 한 교육의 개선 방안을 모색하고 미래 교육분야가 창의성을 발휘할 수 있는 적절한 방향을 제시하고자 한다.

**Ⅱ. 인공지능을 활용한 교육과 창의성 증진**

교육의 디지털 전환은 교육의 질, 학습 효율성 및 교육 관리 개선을 위해 디지털 기술과 인터넷 정보 시스템을 교육 분야에 적용하는 것이다. 디지털 기술의 발전은 개별 프로젝트에서 전 세계의 사람과 사물을 연결하는 도구 및 프로그램의 상호 연결된 네트워크로 이동했다. 이러한 발전은 개인 및 글로벌 과제를 해결하는 데 중요한 역할을 한다. 교육의 디지털 혁신은 다양한 리소스, 도구 및 플랫폼에 대한 액세스를 제공함으로써 학생의 창의성을 크게 향상시킨다. 개인화된 학습 경험을 통해 학생들은 자신의 아이디어를 탐구하고 현대 디지털 미디어를 통해 자신을 표현할 수 있다. 게임화 및 가상 현실 학습과 같은 새롭고 독특한 교육 방법은 상상력을 자극하고 새로운 경험을 제공하며 학생들이 창의력을 발휘할 수 있도록 지원한다.

2023년 5월 세계 교육 포럼에서 유네스코[[1]](#footnote-1)와 글로벌 교육 연합은 디지털 혁신 협력을 위한 다음 단계에 대해 논의했다. 초점은 국가별 파트너십을 구축하고 교육 격차를 해소하며 장기적인 디지털 혁신을 추진하는 데 있다. 국가마다 디지털 변혁 여정의 서로 다른 단계에 있음을 인정하고 디지털 학습의 이점을 활용해야 함을 강조했다. 교육의 인공지능, 유연한 디지털 개방형 학교 구축, 교사의 디지털 역량 개발과 같은 핵심 영역에 초점을 맞춘 정책을 수립하는 것이 필요하다. 기술과 인공지능을 둘러싼 이론적 프레임워크와 실제 적용 상황을 포괄적으로 이해하는 것이 중요하다. 이 지식은 디지털과 인공지능이 끊임없이 진화하는 시대에 학생들의 창의적 잠재력을 활용하기 위한 적절한 교육 지침 및 정책 개발을 가능하게 할 것이다.

1. **창의성**

과학적 관점에서 창의성은 특정 분야 또는 주제와 관련된 새롭고 가치 있는 아이디어, 방법 또는 제품을 생성하는 능력으로 정의할 수 있다. 이 정의는 창의적 사고에서 독창성과 유용성이 중요하다는 사실, 창의성이 상황에 따라 달라진다는 사실을 강조한다. 다른 아이디어, 대안, 해결책을 만들어내는 활동은 대중에게 인정받아야 한다. 긴 시간에 걸쳐, 인류는 창의성이라는 개념에 대해 수없이 연구했으며 끊임없이 정의하고자 부단히 노력했다. 한세억(2022)에 따르면 창의성은 새롭고 유용한 제품을 만드는 인간의 다양한 속성의 능력이다. 창의적 문화 교육에 관한 국가 자문 위원회는 ‘우리의 모든 미래’ 보고서에서 창의성은 독특하고 가치 있는 결과를 만들어내는 상상의 활동이라고 서술한 바 있다(NACCCE, 1999). Heilman(2005)은 창의성과 관련된 뇌 메커니즘을 이해하기 위해 창의성과 뇌라는 책을 저술했으며, 창의성은 개인의 마음이나 두뇌에서 나오는 것이 아니라 공동체의 판단에 달려 있다고 주장했다. Gaut(2010)은 창조철학을 연구할 때 사람들은 종종 창의성을 전통적인 것과 반대되는 것으로 생각한다고 주장했지만, 일부 철학자들은 창의성에는 전통이 있어야 한다는 또 다른 견해를 가지고 있다. 만약 창의성이 전통을 필요로 하고 전통이 본질적으로 사회적이라면 창의성은 본질적으로 사회적이라는 것이다(Amabile & Pillemer, 2012). Betty Edwards(1997)은 창의적인 사람을 데이터 수집 과정과 그 데이터를 창의적으로 변환하는 과정 사이에서 새로운 방식으로 정보를 처리할 수 있는 사람으로 간주하며, 그것은 뇌의 두 반구가 어떻게 작동하는지에 기초하고 신경과학이 연구하는 이중 과정이라고 본다.

<그림 1> 창의성의 특성

A diagram of a company

Description automatically generated

*자료: 선행연구에 근거하여 저자 직접 작성*

가치 있는 창의적인 아이디어와 인정받는 혁신적인 제품이 나오기 위해서는 창의적인 프로세스가 필수적이다. 창의성을 발휘하는 과정은 새롭고 혁신적인 아이디어를 생성하기 위한 일반적인 프레임워크이다. 과정의 세부 사항은 사람마다 다를 수 있지만 많은 창작자들이 거치는 공통 단계가 있다. 지식창의적 문제해결 방법론(Zhu et al., 2011)의 작동 모델을 기반으로 <그림 2>와 같은 창작 과정을 제시한다.

<그림 2> 창의적인 아이디어 생성의 과정

A diagram of a diagram

Description automatically generated

*자료: Zhu et al.(2011)의 모형을 바탕으로 저자 직접 재구성*

창작 과정에서 이전 단계를 다시 검토하거나 접근 방식을 조정하며 아이디어를 다듬을 수 있다. 이 프로세스는 혁신적인 아이디어 또는 제품 생성이라는 궁극적인 목표를 달성하기 위해 동적으로 반복된다.

Li et al.(2015)는 기질적 창의성(trait creativity)은 창의성에 영향을 미치는 선천적 적성 또는 성격 특성을 기반으로 형성되는 반면, 창의적 인식(creative cognition)은 확산적 사고와 같은 창의성 생산에서 인지 과정 및 메타인지 전략(metacognitive strategies)을 다룬다고 주장했다. 창의적 잠재력에 영향을 미치는 성격 특성에는 새로운 경험에 대한 개방성, 사고의 유연성, 위험을 감수하려는 의지, 끈기가 포함될 수 있다(Li et al., 2015). 이전의 많은 연구에서는 경험에 대한 개방성이 안정적인 성격 요인이며 실제 세상의 창의성과 밀접한 관련이 있음을 보여주었다 (Roberts et al., 2022; Taki et al., 2012). 창의적 인식에는 발산적 사고, 연상적 사고, 유추 추론, 유연한 사고, 문제 해결 전략과 같은 아이디어를 생성할 때 사용되는 여러 가지 정신 활동이 포함될 수 있다. 기질적 창의성과 창의적 인식은 모두 개인의 전반적인 창의성에 기여한다. 교육의 맥락에서 학습자의 창의적 감각을 촉진하는 것은 매우 중요하다. AI를 통합한 교육적 접근 방식은 다양한 학습 경험을 제공하고 시야를 넓히며 창의적 사고를 자극하는 다양한 방법으로 창의성을 육성하고 강화하도록 설계될 수 있다.

1. **인공지능과 교육에서의 응용**

인공지능이라는 용어는 1956년 존 매카시(John McCarthy)가 이 주제에 대한 첫 번째 학술회의를 개최했을 때 처음 만들어졌다(Smith et al., 2006). John McCarthy(1956)는 인공지능학에 대해 지능적 기계를 만드는 과학과 기술이라고 정의했다. Minsky(1968)는 인간이 할 경우 지능을 요하는 일을 기계가 하게 하는 과학이라고 보였다. Gardner(1999)은 정보를 처리할 수 있는 생물학적 심리학적 잠재력이고 문제를 해결하거나 문화에서 가치 있는 제품이라고 주장했다. 한세억(2020)은 인공지능을 학습이나 문제 해결 능력과 같은 인간의 인지 기능을 수행하는 기계에 대한 연구로 정의했다. AI에 대한 가장 간단한 이해는 컴퓨터와 기계가 인간의 학습 및 의사 결정 프로세스와 유사한 작업을 수행하는 능력이다. 또한, 인공지능에 관해서는 연구 과정, 지능형 기계, 시스템 및 프로그램의 과학적 및 기술적 생성의 산물로 여겨진다. AI는 컴퓨터 프로그램이 작업을 수행하거나 인간 지능과 연관시키는 일종의 이성을 필요로 하는 문제를 해결할 수 있는 컴퓨팅, 시스템 및 기술의 모든 발전을 설명하는 포괄적인 용어가 되었다. 소프트웨어 저널리스트인 카야 이스마일(Kaya Ismail)이 쓴 것처럼, 알고리즘은 단순히 데이터를 처리하기 위한 공식인 "명령 세트"이다. AI는 이를 다른 수준으로 끌어올리며 입력된 데이터에 응답하여 자신을 변경하고 다시 쓸 수 있는 기능을 가진 일련의 알고리즘으로 구성되어 지능을 표시할 수 있다. 일반적으로 AI라는 용어는 학습 및 문제 해결과 같이 인간이 다른 인간의 마음과 연관시키는 기능을 기계가 시뮬레이션할 때 사용된다. 21세기에 AI는 공학, 과학, 교육, 의학, 비즈니스, 회계, 금융, 마케팅, 경제, 주식 시장, 법률 등 모든 분야에서 중요한 연구 영역이 되었다. 교육 분야의 AI는 2024년까지 60억 달러의 가치가 있을 것으로 예상된다(Miao et al., 2021). 머신 러닝 기능을 갖춘 기계의 지능이 정부 및 사회에 지대한 영향을 미치면서 AI의 범위는 엄청나게 커졌다. 또한 글로벌 지속 가능성의 더 큰 추세에도 영향을 미친다.

디지털 전환 시대의 교육은 AI의 출현과 데이터화에 대한 강조가 커지면서 상당한 변화를 겪었다. 교육의 다양한 측면을 정량화하는 과정인 데이터화는 현대 교육 시스템의 필수적인 부분이다. 그러나 현재 시대를 차별화하는 것은 그 어느 때보다 빠른 속도로 캡처, 처리 및 분석할 수 있는 디지털 데이터의 전례 없는 양과 다양성이다. 교육 분야의 AI는 이 방대한 양의 디지털 데이터를 활용하여 통찰력, 개인화 및 향상된 학습 경험을 제공한다. 정교한 알고리즘과 기계 학습 기술을 통해 AI 시스템은 교육 데이터를 분석하여 의사 결정 프로세스에 영향을 줄 수 있는 패턴, 추세 및 상관 관계를 식별할 수 있다.

<그림 3> 인공 지능, 기계 학습, 신경망 및 딥 러닝 간의 관계

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Artificial Intelligence (AL)** | | | | |  |
|  |  | **Machine Learning (ML)** | | |  |  |
|  |  | **Neural Networks (NN)** | | |  |  |
|  |  |  | **Deep Learning (DL)** |  |  |  |

*자료: 저자 직접 작성*

AI는 기계 학습, 신경망 및 딥 러닝을 포괄하는 광범위한 분야이다. ML을 사용하면 기계가 데이터에서 식별된 패턴을 기반으로 학습하고 예측할 수 있다. 신경망은 다양한 ML 작업에 사용되는 인간 두뇌에서 영감을 얻은 계산 모델이다. 딥 러닝은 복잡한 패턴을 학습하기 위해 여러 계층이 있는 심층 신경망을 교육하는 데 중점을 둔다. 이러한 기술은 함께 지능형 시스템을 강화하고 다양한 영역에서 AI의 발전을 주도한다.

AI, ML, 신경망 및 딥 러닝이 교육 분야에 점점 더 많이 적용되고 있고 교육 환경의 다양한 측면을 혁신할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 다음은 이러한 기술이 오늘날 교육에서 사용되는 몇 가지 방법이다.

<표 1> 교육에서의 AI 응용

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **AI 기술의 공통 용어** | **기능** | **교육에서의 응용** |
| **예측 분석** | 데이터 세트에서 확률 평가 | 학생 선발 |
| **딥 러닝**  **DL** | 물체, 설명 및 사람을 인식; 많은 중간 계층이 있는 인공 신경망을 활성화하고 효율적인 수학 연산으로 많은 배열의 데이터를 처리하여 입력을 필요한 출력으로 전환하고 해당 출력을 평가함 | 안면 인식 시스템의 학생 감시 |
| **신경망**  **NN** | 패턴 및 동작 식별, 강화 학습과 역전파를 통해 인공 뉴런 간의 연결을 조정하여 새로운 데이터에 대한 출력을 처리하고 계산함 | 학교 징계 및 학생 모니터링 |
| **기계 학습**  **ML** | 대규모 데이터 세트에서 패턴 인식을 수행하고, 강력한 지도, 비지도 및 증분 학습과 같은 방법을 사용하여, 명시적 프로그래밍 없이 예측 또는 결정을 내릴 수 있는 모델을 구축함 (자연어 처리 및 컴퓨터 비전 영역 포함) | 전교검사, 성적배정, 학생 성과 예측, 학습 분석, 교육 데이터 마이닝 |
| **인공 지능**  **AI** | 텍스트의 자동 해석 및 생성, 음성 인식, 이미지 인식 및 처리, 자율 에이전트, 감정 감지, 예측을 위한 데이터 마이닝 및 인공 창의성을 가능하게 함 | 맞춤형 학습, 적응형 평가, 지능형 튜터링 시스템, 가상 교실, 교육 분석, 자동 채점, 스마트 콘텐츠 추천, 표절 탐지, 학생 지원 및 참여, 교육용 챗봇 |
| **전문가 시스템** | 사람의 직접적인 입력을 기반으로 시스템 구축 | 일정 및 시간표 |

*자료: Gulson et al.(2022), Miao et al.(2021)의 연구에 근거하여 저자 직접 작성*

AI, ML, NN, DL은 실제 교육에 광범위하게 활용되며 많은 이점을 제공하고 있다. Cognii는 AI 기반 교육 기술의 선도적인 제공업체로서 고급 자연어 처리(Natural Language Processing - NLP) 기술을 활용하여 챗봇을 통해 학생들과 소통하는 가상 비서를 제공한다. 이러한 AI 기반 챗봇은 주제별 질문을 하고 학생 답변에 대한 피드백을 제공함으로써 표준 대화형 AI를 넘어선다. 교육용 Microsoft Teams는 데이터 분석을 활용하여 교육자에게 학생 참여, 학습 진행 및 웰빙에 대한 정보를 제공하는 Education Insights를 제공한다. 또한 Reading Progress를 포함한 다양한 디지털 앱을 제공하여 학생의 진행 상황을 추적하고 개선 영역을 식별한다. Carnegie Learning은 AI를 사용하는 지능형 플랫폼을 개발하여 pre-K부터 대학생까지 개인화된 학습 및 피드백을 제공한다. 그들의 스마트한 교수 설계는 지식 격차를 식별하고, 학생들을 새로운 주제로 안내하고, 개인의 필요에 맞는 맞춤형 학습 콘텐츠를 만들 수 있다. Thinkster Math는 인간의 상호 작용과 혁신적인 인공 지능을 결합하여 개인화된 학습 프로그램을 제공하는 교육 플랫폼이다. 최첨단 기술을 활용하여 Thinkster Math는 전통적인 방과 후 학습 센터에서 종종 간과하는 어린이의 문제 해결 과정을 추적한다. 또한, IDoceo Studios의 GradeScanner는 답안지 평가의 채점을 자동화하는 교사를 위한 혁신적인 앱이다. 이를 통해 교사는 질문당 하나 또는 여러 개의 정답으로 평가를 생성하고 2~5개의 선택 항목 중에서 선택할 수 있으며 효율적인 용지 사용을 위해 두 가지 시트 크기를 지원한다. GradeScanner를 사용하여 교사는 iPhone 또는 iPad를 사용하여 평가를 쉽게 스캔하고, 실시간 점수를 보고, 풍선 선택, 학급 평균 및 개별 학생 스파이더 차트를 포함한 포괄적인 통계에 액세스할 수 있다. 이러한 AI 애플리케이션은 교육의 다양한 측면을 변화시키는 데 중요한 역할을 했으며 효율성을 개선하고 교육의 질을 향상시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

싱가포르는 실제로 교육 분야에서 AI 애플리케이션을 광범위하게 사용하는 것으로 유명하다. 싱가포르의 교육 분야에서 AI 애플리케이션을 구현하는 것은 미래에 대비한 인력을 양성하고 기술적으로 진보된 사회를 개발하기 위한 싱가포르의 광범위한 노력의 일환이다. 싱가포르는 2022년 아시아 태평양 AI 준비도 지수에서 다른 10개 지역 경제를 제치고 1위를 차지하며 AI 준비의 리더로 부상했다. AI Singapore는 전통적인 방법이 식별하지 못하는 숨겨진 데이터 관계를 발견하는 그래프 기술을 활용하여 국가의 AI 및 기계 학습 기능을 향상시키는 것을 목표로 한다. 그래프 데이터베이스의 노드 및 에지 구조를 통해 연결을 생성하고 통과할 수 있으므로 테라바이트의 정보와 수백만 개의 연결을 포함하여 상호 연결된 데이터를 순식간에 빠르게 처리할 수 있다. 특히 안과 질환 진단 시간을 30분에서 8분 30초로 단축한 획기적인 AI 딥러닝 시스템이 싱가포르의 권위 있는 테크블레이저 어워드에서 가장 유망한 혁신 부문 금상을 수상했다. 이 행사는 놀라운 기술 발전을 인정한다. 또한 싱가포르국립대학교와 싱가포르 기술디자인대학교 팀의 공동 노력으로 AI 기반 디지털 소프트 스킬 포트폴리오로 금상을 수상했다. AI는 자연어 처리를 활용하여 업로드된 공동 교과 활동, 경쟁 참여 및 인턴십 경험을 기반으로 사용자의 기술을 평가하여 중학생부터 대학원생까지 다양한 개인을 수용한다.

게다가 가상 현실(VR)과 증강 현실(AR)은 싱가포르의 생물 의학 공학(BME) 교육을 포함한 교육 환경에서 점점 더 많이 활용되고 있다. Musib (2021)의 연구은 생물 의학 엔지니어와 의료 제공자에게 의사 소통 기술을 가르치는 데 VR을 사용하는 것을 조사했다. 그 결과 VR에 대한 압도적인 지지가 드러났다. 학생들은 VR이 더 몰입도가 높다고 생각하고 의사소통 기술을 가르치고 평가하는 데 선호하는 것으로 나타났다. 참가자들은 VR이 안전하고 학생들이 임상 세션을 더 잘 준비할 수 있는 능력을 언급하면서 다른 코스에도 VR을 추천했다. 또한 공학, 과학 및 의학 과목의 AVR 구현에 대한 이전 연구는 학습 결과에 대한 긍정적인 영향을 보여준다. VR을 통해 인체 해부학 및 생리학과 같은 복잡한 주제를 시각화함으로써 의대생 및 간호대학생의 이해도가 향상되고 평가 점수가 높아졌다. 또한 AVR은 특히 리소스가 제한적인 경우 임상 몰입 및 실습 교육 기회를 제공하여 제품 설계, 아이디어 구상 및 문제 해결 교육을 위한 실행 가능한 솔루션을 제공한다. 전반적으로 AVR은 몰입형, 표준화 및 리소스 효율적인 교육 방법을 제공함으로써 교육을 향상시킬 수 있는 유망한 잠재력을 보여준다.

1. **인공 지능과 창의성**

21세기에 창의성은 삶과 죽음을 가르는 중요하고 시급한 역량이 되었다(Collis, 2010; Kriekels, 2013). 교육에서 창의성은 교과과정의 필수적인 부분이 되었고 교육정책을 변화시키려는 운동을 구성하여 전 세계적으로 주목받고 있다 (Marrone et al., 2022; Patston et al. 2021). 그러나 창의성의 중요성을 개방적으로 인정하는 것에서부터 교실에서 창의성의 증진을 체계적이고 의도적으로 지원하는 것이 먼 길이다. 예술 관련 주제나 커리큘럼의 사치가 아니라 모든 과목에서 길러야 할 핵심 역량이기 때문이다 (Patston et al. 2021). 혁신적이고 창의적인 교사들이 주도하는 창의적인 교육 프로그램은 학생들의 창의력을 키우고 개발하는 데 중요한 역할을 한다. 이러한 프로그램은 기존의 교육 방법을 뛰어넘어 혁신적인 방법을 통합하고 기술과 지능적인 보조 도구를 사용하여 대화형 활동과 매력적인 경험을 구성한다. 스토리텔링, 역할극, 실습 활동, 멀티미디어 프레젠테이션, 공동 프로젝트와 같은 다양한 전달 방법을 사용하기도 한다. 이것은 학생들이 탐구하고, 실험하고, 위험을 감수하고, 모호함을 받아들이고, 독립적인 사고를 개발하도록 격려한다. 학생들이 자신의 아이디어와 관점을 표현할 수 있는 다양한 사고, 브레인스토밍 및 개방형 활동을 위한 기회를 제공한다. 창의적으로 가르치는 것과 학생의 창의성을 개발하기 위한 교육은 모두 중요하고 상호보완적이다.

직접 생성에는 작성자 제어 및 참여가 포함되는 반면 간접 생성은 도구의 지원에 의존한다. 이로 인해 인간과 컴퓨터 시간 사이에 차이가 생겨 컴퓨터가 훨씬 빠르게 작동하고 컴퓨터의 2GHz 칩은 초당 20억 회 작동할 수 있는 반면 인간의 생각은 일반적으로 외부 정보를 통합하는 데 약 0.5초가 걸린다. 더욱이 인간의 시간과 인터넷 시간의 차이는 온라인 이벤트의 속도를 더욱 가속화한다. 인터넷 1년은 산업계의 관점에서 볼 때 7년에 해당하는 경우가 많다 (Liggett et al., 2023). 결과의 직접 생성과 간접 생성 사이에는 뚜렷한 차이가 있음이 분명하다. 이러한 차이점은 창의성의 역동적인 특성과 창의적 프로세스에 대한 기술 발전의 영향을 강조한다. 또한인공 지능의 개발과 새로운 알고리즘으로 컴퓨터가 요구 사항에 적응하고 새로운 결과에 대한 가능성을 열어 성능과 효율성을 높일 수 있다. 이것은 인간의 창의성과 인공 지능과 같은 도구의 창의성이 창작 과정에서 얼마나 많은 부분을 차지하는지에 대한 질문을 제기한다.

Cropley et al. (2021)은 Rhodes의 컴퓨터 창의성 이론 4P에서 프로세스와 결과가 가장 중요한 두 가지 요소라고 주장한다. 이 이론은 AI 또는 컴퓨터와 인간의 창의성의 조합이 프로세스, 사람, 결과 및 신문(환경)의 네 가지 상호 작용 요소로 구성된다고 말했다 (Marrone et al., 2022). AI는 프로세스를 단축하고 원시 아이디어의 품질 향상, 새로운 아이디어 생성, 혁신적인 제품 생성과 같은 아웃풋(output)을 생성하도록 인간을 지원하는 데 중요한 역할을 할 수 있으며 인간의 창의성을 평가하는 것이다. 생성 AI (Generative Artificial Intelligence - GAI)라고 불리는 새로운 AI 물결은고급 시스템을 포함하고 이해를 발전시키기 위해 교육 중에 막대한 양의 데이터에 의존한다. MarketsandMarkets[[2]](#footnote-2)에 따르면 생성 AI 시장 규모는 연평균 35.6%의 성장률을 보이며 2028년까지 518억 달러로 증가할 것으로 예상된다. 생성 AI의 뛰어난 응용 분야는 다음과 같이 언급할 수 있다.

<표 2> 생성 AI의 응용

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **생성 AI** | **응용** | **기능** |
| 내용 창작 Content Generation | ChatGPT, Bard, GitHub Copilot, Claude | 다양한 목적의 고품질 콘텐츠를 제작 |
| 창작물 Creative Works | DALL-E, Midjourney, Gencraft, GanBreeder, OpenSea, Soundraw, Soundful | 이미지, 음악, 그림과 같은 예술 작품을 만들기 |
| 챗봇 및 가상 비서 Chatbots and Virtual Assistants | IBM Watson Assistant, Netomi, Microsoft Bot Framework, Kore AI | 사용자 쿼리를 이해하고 응답, 고객 지원, 일상적인 작업을 처리 |
| 언어 번역 Language Translation | Google Translate, DeepL, Yandex Translate, Copy.ai, Bing Microsoft Translator, Smartling, Amazon Translate | 텍스트, 웹 사이트, 문서 및 기타 콘텐츠를 여러 언어로 번역 |
| 자율주행차 Self-driving cars | GAIA-1, Waymo, DeepMind and Waymo, Zoox, Mobileye, Argo AI | 시뮬레이션 운전 데이터 생성, 자율주행차용 지도 생성, 현실적인 운전 시나리오 생성, 자율주행차 설계를 위한 새로운 아이디어 생성 |
| 군용 응용 Military Applications | BAE Systems, Lockheed Martin, Ghost Robotics Dog-Like Quadruped Robots, AI Pilot Hivemind | 물류, 정찰, 감시, 보안 및 전투를 위해 설계됨 |
| 약물 제조 및 질병 예측 Drug making and disease prediction | G2Retro, Cardio-AI, Abridge, AI Alzheimer's predictor | 약물 발견, 화학 합성 계획, 가상 스크리닝, 질병 진단 및 예측 |

*자료: 저자 직접 작성*

구체적으로 AI는 디자인, 작곡 또는 작문과 같은 창의적인 영역에서 선택할 수 있는 새로운 아이디어에 대한 일련의 제안을 생성한다. Civit et al.(2022)이 수행한 연구는 새로운 멜로디를 만드는 데 AI를 사용하는 효과를 입증했으며 AI를 음악 작곡을 돕는 도구로 인식했다. AI는 GAN(Generative Adversarial Networks) 또는 VAE(Variational AutoEncoder)와 같은 일반화된 모델을 사용하여 특정 입력 또는 요구 사항을 기반으로 혁신적인 솔루션을 자동으로 생성할 수 있다. 세계에서 가장 인기 있는 AI 예술 생성기 중 하나는 OpenAI의 DALL-E 2이다. 입력된 텍스트를 기반으로 사실적인 이미지, 고해상도의 디지털 아트웍, 인간의 상상을 초월하는 모든 모양과 색상의 애니메이션까지 만들 수 있다. 마찬가지로 DeepArt.io는 한 이미지의 스타일 기능을 사용하여 다른 이미지의 내용을 칠하고 놀라운 아트워크 출력을 생성하는 도구이다. 또한 AIVA는 다양한 분야의 감성적인 음악을 작곡할 수 있는 인공지능 버추얼 아티스트로 알려져 있다. AIVA에서 사용하는 주요 기술은 역사상 가장 유명한 작곡가가 작곡한 음악의 대규모 데이터베이스를 통해 딥 러닝을 하면서 음악의 스타일을 이해하기 위해 음악의 패턴과 규칙을 검색하는 것이다. AIVA가 시행착오를 통해 학습하는 과정을 기계 학습의 핵심 기술인 강화 학습이라고 한다. AI는 또한 기존 데이터베이스에 대해 신규성, 효율성 및 실행 가능성을 평가하여 인간의 창의성을 평가할 수 있다. 전 세계적으로 알려진 ChatGPT는 가장 중요한 기준에 따라 선별, 평가, 추가 또는 신속하게 등급을 매기고 정렬하는 작업을 훌륭하게 수행하고 있다.

AI는 긍정적인 목적과 부정적인 목적 모두에 사용될 수 있다. 한편으로 AI는 교육과 같은 긍정적인 목적을 위한 창의적인 프로세스를 지원하는 데 사용될 수 있는 반면에, 독을 만들거나 악성 코드를 작성하는 등 부정적인 목적으로도 사용될 수 있다. 창의성을 부정적인 방식으로 사용하면 예상치 못한 불리한 결과를 초래할 수 있다. 이 연구의 목적을 위해 교육 영역에서 매우 중요한 측면인 창의성을 강화하는 데 있어 AI의 역할을 탐구하는 데에만 집중할 것이다. AI가 교육에 미치는 영향과 창의성에 미치는 영향을 고려하여 세 가지 상호 연결된 요소를 포함하는 상관 관계 모델을 제안한다.

<그림 4> 교육, 창의성, 인공 지능 간의 관계

A diagram of a robot

Description automatically generated

*자료: 저자 직접 작성*

1. 교육은 창의성 개발에 중요한 역할을 할 수 있다. 교육은 문제 해결, 비판적 사고 및 협업과 같은 기술을 개발하는 데 도움이 될 수 있고 호기심, 발견 및 학제간 학습을 장려할 수 있다. 창의력을 발휘할 수 있는 기회를 제공함으로써 교육은 모든 사람의 창의력을 키우는 데 도움이 될 수 있다. 또한 교육은 협업과 피드백을 촉진하여 학생들이 아이디어를 교환하고 건설적인 입력을 받을 수 있는 환경을 조성한다. 공동 프로젝트 및 그룹 활동은 창의적인 사고를 촉진하고 학생들이 함께 협력하여 창의적인 솔루션을 찾아내도록 장려한다.
2. 창의성은 교육에 필수적이다. 창의성은 교육 개선과 혁신에 중요한 역할을 한다. 교수 및 학습 과정에 창의적인 요소를 통합함으로써 교육은 학생 참여 및 동기 부여를 강화하여 교육을 학생에게 보다 의미 있고 적절하게 만든다. 교육의 창의성은 또한 문제 해결 및 비판적 사고 기술 개발을 촉진한다.
3. 창의성은 AI 분야의 혁신을 주도한다. 혁신적인 통찰력은 AI 개발의 돌파구로 이어져 AI 시스템이 복잡한 문제를 해결하고 더 효율적으로 작업을 수행할 수 있도록 한다. 창의성을 AI에 통합함으로써 인간의 요구를 더 잘 이해하고 충족할 수 있는 인간 중심의 AI를 더 많이 만들 수 있다. 그러나 AI의 윤리적, 사회적 의미도 고려해야 하며 창의성은 AI 시스템이 인류에게 혜택을 주는 데 중점을 두고 책임감 있게 설계되도록 보장한다. 인간-AI 협업을 통해 창의적인 입력을 통합할 수 있으므로 창의적이고 윤리적인 AI 생성 콘텐츠가 생성된다.
4. AI는 영감을 제공하고 반복 작업을 자동화하여 창의성을 키우는 데 지대한 영향을 미친다. AI 알고리즘을 통해 아이디어를 생성하고 대안적 관점을 제공하여 창의적 사고의 지평을 넓힐 수 있다. AI는 크리에이티브 프로세스를 향상시켜 개인이 새로운 길을 탐색하고 크리에이티브 노력을 더 깊이 탐구하는 데 집중할 수 있는 시간을 확보한다. 또한 AI는 콘텐츠 제작을 지원하고 귀중한 통찰력과 권장 사항을 제공하는 데 중요한 역할을 한다. AI는 인간과 협력함으로써 창의성에 대한 학제간 접근 방식을 장려할 수도 있다. AI는 촉매제 역할을 하여 개인이 창의력을 발휘하고 새로운 가능성을 탐색하며 창의적 표현의 경계를 넓힐 수 있도록 한다.
5. 교육은 AI 발전에 중요한 역할을 한다. 교육은 AI에게 알고리즘을 훈련하고 정확도를 향상시키는 데 필요한 데이터를 제공한다. 교육은 윤리적 의미를 파악하고 책임 있는 AI 설계를 개발하는 데 도움이 되기 때문에 AI 연구 및 개발에도 필수적이다. 교육과 AI 연구 개발 간의 파트너십은 AI 기술의 혁신과 지속적인 개선으로 이어진다.
6. AI 기반 교육 기술은 학습을 개인화하고, 적응형 콘텐츠를 제공하고, 데이터를 분석하여 학생 참여를 개선하고, 각 학생의 요구 사항을 평가하고, 그에 따라 교육 자료를 맞춤화할 수 있다. 지능형 튜터링 및 자동 채점 시스템과 같은 교육 기술은 교육 과정을 간소화하고 학생들에게 시기적절하고 개인화된 피드백을 제공한다. 이러한 기술은 교육에 혁신을 일으켜 보다 접근하기 쉽고 효과적이고 효율적으로 만들 수 있는 잠재력을 가지고 있다. AI는 영감을 제공하고 반복적인 작업을 자동화함으로써 학생과 교육자가 창의적인 프로세스에 집중할 수 있는 시간을 확보한다. AI 알고리즘은 아이디어를 생성하고 대체 관점을 제공하여 발견을 장려하고 전반적인 창의적 경험을 향상시킬 수 있다.
7. **협업 인공 지능과 인간의 창의성**

기계 학습 알고리즘과 AI 시스템은 세상에 대한 이해, 편견, 훈련에 사용하는 데이터를 기반으로 사람이 설계하고 개발한다. AI 시스템의 맥락에서 "루프에 있는 인간(Human in the Loop)"이라는 문구를 고려할 때 일반적으로 프로세스 모니터링 및 제어와 관련된 인간 의사 결정권자를 의미한다. 이것은 종종 AI의 책임성, 투명성 및 윤리적 사용을 보장하는 방법으로 간주된다. 그러나 AI는 특별히 프로그래밍된 작업을 수행하는 데 국한되지 않고 설명되지 않은 결과를 창의적인 방식으로 생성하기도 한다. 특정 딥 러닝 알고리즘은 인간의 이해를 넘어서는 새로운 행동과 복잡성을 보여주었다(Gulson et al., 2022). 대화형 알고리즘 시스템이 확장됨에 따라 그들의 동작은 점점 더 예측할 수 없게 된다. 명시적인 인간 코딩 규칙을 사용하는 기존의 전문가 시스템과 달리 신경망과 같은 딥 러닝 알고리즘은 상호 연결된 노드를 통해 학습하고 결정을 내리므로 복잡하고 비선형적인 동작이 발생한다. 개별 구성 요소를 이해하더라도 복잡한 상호 작용으로 인해 전체 시스템을 이해하는 것은 어려운 일이다. 따라서 엄격한 테스트, 평가 및 지속적인 모니터링은 이러한 시스템의 신뢰성, 공정성 및 윤리적 사용을 보장하는 데 중요하다. 루프에 관련된 특정 사람들이 중요한 요소가 된다. 시스템 또는 동적 역량으로서의 기술인 것 같고, 교육의 맥락에서 변화하는 기계와 인간의 관계는 매우 복잡하고 기계를 하나의 구성 요소로 구별하기 어렵다. AI 시스템을 설계, 개발 및 유지 관리하는 사람들은 세상에 대한 이해에 따라 이러한 시스템을 형성할 것이지만, 기계 학습은 전문 지식을 모방할 수 있을 뿐만 아니라 패턴을 결합하고 생성할 수도 있다(Gulson et al., 2022). 따라서 인간 또는 합성 알고리즘이 내린 결정을 명확하게 식별하는 것은 여전히 ​​많은 미지의 문제이다.

가까운 장래에 기술의 초고속 업그레이드로 인해 사람들은 관점을 바꾸어 기술과 공생하는 방법을 빠르게 배울 수 있다. 2023년7월 15일 뉴욕 타임즈에 올린 ‘기계가 수확할 수 없음: AI에 대한 데이터 반란’라는 제목의 기사에서[[3]](#footnote-3), 소설 작가는 데이터 회사가 자신의 이야기를 복사하여 ChatGPT를 뒷받침하는 인공 지능 기술에 제공했다는 사실을 알게 된 후 자신의 작품 게시를 중단했다. 그녀는 곧 계정을 잠갔고, 현재 AI 시스템에 대한 봉기를 조직하고 있는 그룹에 합류하는 많은 사람들 중 한 명일 뿐이다. 기술의 출현과 성장은 많은 직업을 없애버렸고 동시에 많은 새로운 직업을 만들어냈다. 적응과 끊임없는 학습은 다방면에서 변화하는 시대에 필수적이다. AI 응용과 AI 발명품은 미래 혁신의 역할을 하고 글로벌 경쟁력을 높일 것이다. 인간은 인공지능을 탓하거나 현대 사회의 불가피한 변화를 외면할 수 없다. 가장 좋은 방법은 다음 세대에게 AI를 사용하는 방법, 원활하게 협업하는 방법, AI가 작동하는 방식을 이해하고 AI 폭탄이 자발적으로 폭발하지 않도록 제어하는 방법을 교육하는 것이다.

인간과 AI의 협력은 ChatGPT가 등장한 이후 연구자들 사이에서 뜨겁게 논의되었다. 혼합 시스템/하이브리드 시스템(Hybrid Systems)과 같이 많은 새로운 개념이 만들어졌다. 인간과 기계가 긴밀하게 협력하는 시스템을 의미한다. 하이브리드 시스템의 정의 기능은 AI와 인간의 의사 결정 사이의 경계이다. 예를 들어 자율주행차는 물체를 탐색하고 인식할 수 있지만 AI가 스스로 결정할 수 없는 많은 상황에서 제어권은 운전자에게 넘어간다. 이는 작업이 인간에서 AI로, AI에서 인간으로 동적으로 수행됨을 의미한다. Akata et al. (2020)은 하이브리드 지능이 인간 지능을 대체하는 것이 아니라 향상시키는 지능형 시스템의 새로운 연구 개발 분야라고 단언했다. Noy와 Zhang(2023)은 444명의 대졸 전문가와 무작위로 ChatGPT를 사용하는 절반을 대상으로 생성 AI인 ChatGPT의 생산성 성능을 테스트했다. 결과는 중간 수준의 전문 작문 작업이 ChatGPT를 사용하여 생산성을 크게 향상시킨다는 것을 보여준다. 또한 ChatGPT는 저숙련 근로자를 더 많이 선호하여 생산성 분배를 압축하므로 근로자 간의 불평등이 감소한다. 또한 대략적인 초안보다는 아이디어를 생성하고 편집하는 방향으로 작업을 재구성한다. 가수 Grimes[[4]](#footnote-4)는 창박 AI 개발에서 기회를 보았다. GrimesAI-1이라는 악기 보컬 변환 소프트웨어를 사용하여 그녀와 팀원들은 음악 스튜디오의 도움을 받아 공식 스트리밍 서비스에 배포할 300곡 이상의 완전한 노래를 제작했다. 생성 AI 시스템은 인간도 지식과 성장하는 경험을 구축하고 지속적으로 재구성하기 때문에 인간의 창의성과 마찬가지로 기존 이미지를 포함하는 데이터를 사용하여 새롭고 관련성 높은 콘텐츠를 생성한다 Vinchon et al. (2023).

Molenaar(2022)는 학습에 인간-인공지능 혼합 공유된 규정(Hybrid human-AI Shared Regulation in Learning - HASRL)이라는 개념을 제기하고 인간-인공지능 혼합 규정(Hybrid Human-AI Regulation - HHAIR) 시스템의 첫 번째 프로토타입을 예로 설명했다. HHAIR은 학습자의 자기 조절 학습 기술 개발을 목표로 적응형 학습 기술의 맥락에서 자기 조절 학습을 지원한다. 이 규정의 초점은 제어를 AI에서 다시 학습자에게 점진적으로 전환하기 위한 과도기적 적응을 지원하는 것이다. 학습자는 학습을 최적화하는 데 도움이 되도록 다양한 수준의 결합된 조정을 통해 점점 더 자신의 학습을 맞춤화할 것이다. 자기 조절 학습, 분석적 학습 및 인공 지능의 조합에는 컴퓨터 과학 및 학제 간 협업의 발전과 함께 교육 과학의 통찰력이 필요하다.

Järvelä et al. (2023)은 인간의 능력을 최대한 활용하는 데 있어 기술의 핵심 역할을 인정했고, 학습 규제를 개선하기 위해 인간과 AI가 어떻게 협력할 수 있는지를 보여주고 하이브리드 지능을 통해 인간과 AI의 힘을 통합하는 것이 학술 연구의 새로운 시대를 여는 데 중요하다고 주장했다. 인간과 AI의 힘을 결합함으로써 인간의 학습을 향상시키기 위해 더 잘 이해할 수 있는 고유한 가치를 창출할 것이다. 또한, 여러 분야의 합동 세력과 학습의 공유 규제에서 인간과 AI 간의 협력은 학습 및 교육에서 경험적 증거 및 설계 작업을 촉진할 것이다. AI는 많은 일상적인 프로세스를 지원할 수 있으므로 새로운 상황과 작업에 적응하는 인간의 능력을 향상시키는 것이 중요하다. 효율적이고 유능하게 협력해야 하고, 도전적인 문제를 다루는 사회-정서적 기술의 개발도 고려해야 한다. 또한 주도권을 잡고, 목표를 설정하고, 자신과 타인을 모니터링하는 능력이 필요하다. Järvelä et al. (2023)은 인공지능과 인간이 충분한 인간 통제를 유지하면서 결합하기 위해서는 인간과 AI 간의 공통 규제 시스템이 인간의 강점을 최적화하는 동시에 약점을 보완하도록 설계되어야 한다고 강조했다. 이 파트너십은 학습자에게 직접적인 지원을 제공할 뿐만 아니라 교육 활동에 교사를 참여시키고 권한을 부여한다. Järvelä et al. (2023)은 또한 AI가 개인 학습을 지원하여 개인에게 동기를 부여하고 그룹 수준에 영향을 미치는 지능형 튜터를 능가하여 학습자와 협력할 수 있다고 제안했다. 교육자와 학습자 모두 학습에 참여할 뿐만 아니라 모든 미래 예측이 부정확한 AI 세계에서 학습을 위한 공동 설계에도 참여한다 (Carvalho et al., 2022). 지식, 목표 및 조치를 찾기 위해 협력하면 미래의 AI 시나리오를 형성하고 높은 수준의 불확실성을 처리하는 방법을 배우는 데 도움이 될 수 있다. 교육적 맥락에서 사회적 공동 창조, AI와 소통하고 협력하는 능력을 지원하는 기술 개발, 토론에 학생과 교육자 모두의 적극적인 참여는 미래 교육 구축의 기초이다.

또한 인간과 AI 간의 협업이 증가함에 따라 정부는 새로운 법적 및 윤리적 프레임워크를 갖추어야 한다 (Tigre Moura, 2023). 기회와 복잡한 위험의 맥락에서 기술, 교육, 사회의 특성을 통합할 필요가 있다. 지적 재산권, 저작권, 책임자 및 수혜자 문제를 명확하게 기술하려면 혼합 시스템에 대한 더 많은 논의가 필요하다.

**Ⅲ. AI기반 교육: 사례분석**

1. **싱가포르**

혁신에 AI를 책임 있게 적용하는 스마트 국가가 되겠다는 비전을 가지고 싱가포르는 국가 인공 지능 전략을 수립했다. 2030년까지 싱가포르는AI 솔루션을 개발, 테스트, 구현 및 확장하는 글로벌 허브가 될 것으로 예정된다.

싱가포르 정부는 다양한 그룹을 위한 디지털 리터러시 및 평생 학습을 촉진하기 위한 다양한 이니셔티브를 제공하고 있다. SkillsFuture는 모든 시민이 다양한 학습 기회를 통해 잠재력을 개발할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. TechSkills Accelerator는 정보 통신 기술(ICT) 전문가의 재교육 및 기술 향상에 중점을 둔다. Tech Talent Assembly는 ICT 전문가를 위한 평생 학습 및 고용 가능성을 위한 플랫폼을 제공한다. 이것은 시민의 지식과 기술을 훈련하고, AI의 이점을 이해하도록 돕고, AI 경제에 참여하는 데 필요한 인력을 제공하는 것을 목표로 한다.

데이터는 매우 가치가 높으며 개방형 데이터에는 무한한 잠재력이 있다. 싱가포르 정부의 data.gov.sg는 데이터 시각화 및 내러티브와 함께 제공되는 70개 공공 기관의 공개적으로 사용 가능한 데이터 세트의 중앙 집중식 저장소이다. 그리고 API를 포함하여 데이터를 사용하는 애플리케이션 개발자를 지원하는 리소스를 제공하기도 한다. IRAS API Marketplace는 세금 관련 거래를 위한 API를 제공한다. Land Transport DataMall은 공공 사용을 위한 운송 관련 데이터 세트 및 API를 제공한다. 싱가포르 통화청의 MAS API를 통해 금융 기관은 고객에게 더 나은 서비스를 제공할 수 있다.

더 나은 미래를 만들기 위해 데이터를 사용한다는 목표로 싱가포르는 교육을 포함한 모든 부문에 서비스를 제공하는 데이터 인프라를 개선하기 위해 세계의 많은 주요 기술 파트너와 협력하고 있다. 싱가포르 스타트업인 Babbobox와 Wiz.AI는 Microsoft Cloud에서 새로운 AI 혁신을 구축하고 있다. Babbobox는 Videospace라는 생성 AI기반 비디오 검색 엔진을 개발했다. 단어, 사물, 텍스트, 얼굴, 감정 등 동영상의 다양한 데이터 요소를 검색하고 인덱싱하는 등 다양한 기능을 갖춘 이 애플리케이션은 학습자가 적절한 콘텐츠의 강의 동영상을 빠르게 검색하고 학습 속도를 높일 수 있도록 교육 현장에 적용될 것으로 기대된다. 한편 WIZ.AI는 고급 기계 학습 및 자연어 처리 기술을 활용하는 생성 AI기반 대화 에이전트인 Talkbot과 같은 대형 언어 모델을 소유하고 있다. Talkbot은 17개 이상의 언어로 현지인처럼 듣고, 이해하고, 말할 수 있다. 이것은 또한 교육 분야에서 많은 이점을 가져올 것으로 예상되는 응용 프로그램이 될 것이다.

창작 AI는 입력을 받은 다음 스스로 예측하고 콘텐츠를 만드는 데 중점을 둔다. 컴퓨터가 텍스트와 음성을 이해할 수 있도록 하는 자연어 처리는 딥 러닝을 통해 향상된다. 자연어 처리는 챗봇, 구글 번역, Siri 및 Alexa와 같은 도구 뒤에 있다. 싱가포르인들은 이미 2014년에 출시된 GovTech(싱가포르 정부 기술청)의 Ask Jamie와 같은 가상 비서에 익숙했다. GovTech는 일반적인 유형의 작업을 완료하기 위해 Microsoft Azure OpenAI 서비스를 사용하여 인공 지능의 힘을 활용하고 있다. 최근 VICA는 싱가포르 국세청의 "Ask IRAS" 챗봇, 정보 통신 미디어 개발청의 “Ask IMDA” 챗봇, 또는 싱가포르 이민국의 "Ask ICA"와 같이 많은 싱가포르 정부 웹사이트에서 챗봇을 지원하는 차세대 자연어 처리이다.

학생들이 인공 지능 도구를 오용하여 부정적인 교육 결과로 이어지고 장기적으로 학생들의 창의적 사고에 영향을 미칠 수 있다는 우려가 있다. 그러나 싱가포르의 공공부문과 민간부문 조직 모두 교육에서 AI의 잠재적인 역할을 확인했으며 AI를 교육을 위한 새로운 도구로 보고 있다. 싱가포르의 AI 교육 기술 센터(AI Centre for Educational Technologies - AICET)는 컴퓨터 비전(Computer Vision)이라는 AI 유형을 통해 작동하는 SoftMark 프로그램을 개발했다. SoftMark는 이미지에서 의미 있는 정보를 인식하고 추출하는 기능을 통해 테스트를 스캔하고 학생의 답변을 식별하며 교사의 채점을 지원할 수 있다. SoftMark 프로그램은 현재 일부 학교에서 시범 운영되고 있으며 새로운 기능을 추가할 예정이다. 또한 AICET는 학생들에게 코딩 과제에 대한 피드백을 제공하기 위해 Codaveri 프로그램도 개발했다. Codaveri는 실수를 감지하고, 주석을 달고, 조정하거나 프롬프트를 추가할 수 있다. Codaveri는 현재 컴퓨팅 과정을 제공하는 학교에서 테스트 중이다. SoftMark 및 Codaveri와 같은 프로그램은 교사를 작업으로 대체하여 교사의 시간을 절약하고 채점을 보다 효율적으로 만들 수 있다.

인공 지능은 또한 싱가포르 대학의 고등 교육 시스템에 더 많이 적용되고 있다. 정보학 및 정보 기술 대학(IIT)은 Google Dialogflow를 사용하여 인공 지능 챗봇을 개발하기 위해 응용 과학 대학(ASC)과 제휴했다. 온라인 학습 도우미 역할을 하며 단기 코스에서 ASC 학생들에게 Microsoft Excel을 가르쳤다. 챗봇은 튜토리얼을 설계하고 강의를 진행하며 난이도에 따라 학습 과제를 제안하는 것 외에도 학생들의 질문에 답하기도 한다.

민간부문에서 교육 회사인 Ednovation은 싱가포르 및 기타 아시아 국가에 있는 Ednovation의 유치원 시스템에서 어린이 친화적인 EdGPT 챗봇을 사용하고 있다. EdGPT는 파일럿 프로세스를 성공적으로 통과하여 어린이를 위한 세계 최초의 창작 AI가 되었다. EdGPT는 API(Application Programming Interface)를 통한 ChatGPT 지원 덕분에 텍스트와 음성 모두로 응답할 수 있다. EdGPT는 EdGPT.io 또는 ednovation.com 웹사이트에서 무료로 사용할 수 있으므로 모든 부모가 3~7세 자녀의 궁금한 질문에 답하는 데 사용할 수 있다. 챗봇과의 인터랙티브하고 생생한 음성 대화는 아이들이 다채로운 상상 속에서 자유롭게 창의적으로 생각할 수 있도록 새롭고 흥미로운 학습 공간을 만들 수 있다.

2020년 이후로 대학의 98%가 대부분의 수업을 온라인으로 옮겼고[[5]](#footnote-5) 교육자의 77%는 온라인 학습이 전통적인 학습만큼 좋다고 믿고 있으며 전체 학생의 거의 70%는 온라인 수업이 전통적인 교실 환경보다 좋거나 더 좋다고 말했다[[6]](#footnote-6). MindChamps 교육 회사는 싱가포르에 본사를 두고 있으며 싱가포르, 호주, 필리핀, 말레이시아, 인도네시아 및 곧 미국 전역에 지사를 두고 있다. MindChamps는 AI 서비스를 위한 클라우드 기반 하이퍼스케일 엔진인 Oracle과 온라인 학습 전용 학습 관리 시스템인 ChampsLMS를 소유하고 있다. 학생들은 유연한 시간, 장소 및 방법으로 교육 리소스에 액세스할 수 있다. AI와 데이터 분석의 도움으로 각 학생의 단장점에 맞게 커리큘럼이 조정된다. 안면인식 기능은 교사들이 학생들의 상호작용을 분석해 효과적인 교실 통제에 도움이 될 것으로 기대된다. 파워포인트, 실시간 과학 실험, 비디오와 같은 다양한 학습 미디어 간에 원활하게 전환할 수 있는 기능도 학생들이 수업에 참여하는 데 도움이 된다.

교육 분야의 기술 적용을 개발하기 위해 싱가포르 정부는 국가 AI 시스템 구축을 목표로 설정했다. Student Learning Space(SLS)는 교육부(Ministry of Education - MOE)가 학생의 학습 경험을 혁신하기 위한 주요 이니셔티브 중 하나로, 교육 및 학습 리소스와 기타 학술 자료를 포함하고 있다. 엄선된 온라인 도서관을 통해 SLS는 초등학교부터 대학 준비 단계까지 학생들이 자신의 속도, 필요 및 관심사에 따라 유연하게 공부할 수 있도록 지원한다. 자신의 과제를 주도할 수 있는 능력 덕분에, 또래들과의 긴밀한 협력과 함께 학생들은 학습에 있어서 창의성을 최적으로 발휘하고 자기주도적이고 책임감 있는 학습자가 될 수 있다. 또한 싱가포르 정부는 2028년까지 각 학생에게 개인 학습 장치를 장착할 계획이다. AI의 지원으로 SLS는 전국의 모든 공립학교 교사를 위한 지능형 교육 조교 역할을 할 것이다. 또한 교육에 AI를 적용하는 방향은 싱가포르 초등학생의 모국어 학습 향상과 같은 다른 교육 문제 해결에도 도움이 된다.

위의 분석을 통해 싱가포르 정부는 AI 연구, AI 기술, AI 혁신이라는 세 가지 키워드를 기반으로 산업 전반에 걸쳐 다양한 속도로 디지털 전환을 진행하고 있음을 알 수 있다. 부처 및 정부 기관의 포괄적인 협력, 공공 및 민간 부문 간의 협력, 싱가포르 국가와 세계 최대 기술 그룹 간의 협력을 포함하는 전략이다. 싱가포르의 계획과 전략은 정부의 강력한 의지와 포괄적이고 혁신적인 비전을 보여준다.

1. **미국**

2023년 7월, Biden 미국 대통령은 Amazon, Anthropic, Google, Inflection, Meta, Microsoft 및 OpenAI 등 미국의 7개 주요 AI 대기업을 만나 신흥 기술, 인공 지능의 잠재력, 위험 및 위협에 대해 논의했다[[7]](#footnote-7). 기업은 민주주의와 인간의 가치에 대한 위험을 관리하기 위한 자발적인 기준에 전념해 왔다. 문서, 사진, 음악, 동영상을 스스로 만들 수 있는 매우 정교한 AI 버전으로 기업들이 앞다퉈 뛰어들면서 엄숙한 발표가 나왔다. 2023년 5월에 발표된 AI 보고서에서 미국 교육부는 교수 및 학습을 개선하기 위해Educational Technology (Edtech)을 사용하여 전체 교육 시스템을 혁신하겠다고 다짐했다. 이 보고서는 Edtech 발전을 위한 인공 지능에 대한 지식 공유 및 정책 개발의 필요성을 강조한다. Edtech에는 교육 목적을 위해 특별히 설계된 기술과 일반 교육 환경에서 사용되는 기타 기술이 포함된다.

미국의 공립 및 사립 학교는 인공지능을 커리큘럼에 적용하기 위해 실험하고 계획하고 있다. Khanmigo는[[8]](#footnote-8) 뉴저지의 Newark Public Schools를 포함하여 인공 지능을 사용하는 학교를 위한 실험적인 챗봇 튜터이다. Khanmigo는 수천만 명의 학생들이 사용하는 교육 시스템인 Khan Academy에서 개발했다. 수백 개의 공립학교에서 이미 수학 및 기타 과목에 대해 Khan Academy의 온라인 수업을 사용하고 있다. 세계적 수준의 개인 튜터를 양성한다는 목표로 Khanmigo는 개인 튜터링에 대한 학생들의 접근을 민주화할 것으로 기대된다. 대규모 언어 모델의 일반적인 실수인 잘못된 정보에 응답하지 않기 위해 Khanmigo는 데이터를 검사하고 학생들의 답변을 비교하여 가장 최적의 대답을 도출하는 다단계 프로세스로 설계되었다. Carnegie Learning은 K-12 교육 기술, 커리큘럼 및 전문 학습 솔루션을 제공하는 선두 기업이다. Carnegie Learning은 현재 AI를 사용하여 유치원생부터 대학생까지 학습, 테스트 및 피드백을 제공하는 지능형 교육 및 디지털 플랫폼을 설계하고 있다. AI 기반 맞춤형 커리큘럼은 학생들에게 지식 격차를 식별하고 적절한 주제로 탐색할 수 있는 도전 과제를 제공한다. 또한 교육 시스템은 특허받은 음성 인식 기술을 사용하여 학생들의 말을 듣고 학생들에게 책을 읽어주는 ClearFluencyTM와 같은 많은 새로운 도구를 제공한다. 프로그램에 게임 기반 학습 기회를 추가하면 학생들이 적극적으로 배우고 풍부한 상상력을 발휘할 수 있다. 예를 들어, K-6 추가 프로그램인 카네기러닝의 MATHia Adventure 도구는 학생들이 실제 생활 상황을 이용한 게임으로 수학 문제를 풀 수 있도록 도와준다. 새로운 기술의 지원으로 학습은 흥미로워지고 학생들에게 매력적이 되며 전통적인 학습의 스트레스를 줄이고 학생들이 보다 활동적이고 상호 작용할 수 있는 조건을 만들고 창의성과 필요한 기술을 촉진한다. 앞으로 교육에 AI 활용이 더욱 확산될 것으로 보인다. 하버드대는[[9]](#footnote-9) 올 가을 학기부터 AI 챗봇을 접목해 입문 수준 코딩 강좌를 개설한다. AI 챗봇은 학생들이 코드를 작성하는 과정에서 실수를 발견하고, 질문에 답하고, 피드백을 주고, 코드 작성 과정에 대한 추가 지침을 제공한다.

AI에 대한 수업과 그것이 작동하는 방식은 젊은 세대가 기술을 사용할 때 올바른 결정을 내리도록 가르치기 위해 학교에도 적용된다. 브롱크스 청녀 리더십 학교의 컴퓨터 과학 교사는 학생들이 AI에 질문을 하고 답을 받은 뒤 의문을 제기하고 피드백을 평가하도록 격려했다. 이는 학생들의 비판적 사고를 촉진하고, 분석 능력을 훈련하며, 새로운 정보와 다차원적인 상호 작용을 생성하는 데 도움이 된다. 이것은 창의성에 영향을 미치는 중요한 과정이다. 또한 컴퓨터 알고리즘과 기술 작동 방식을 이해하는 것은 학생들이 사회 생활에 참여하고 미래를 탐색하는 데 필요하고 중요한 기술이기 때문이다. 뉴욕시 공립학교는 학생들이 AI 오탐지 및 잠재적 위험을 식별하도록 돕기 위해 컴퓨터 과학 교사 팀을 교육하고 있다. 수업에는 안면 인식 알고리즘, 챗봇의 과장된 반응, 잘못된 정보, AI의 가상 지식에 대한 토론이 포함된다. 뉴욕시 공립학교는 Microsoft와 협력하여 AI 기반 챗봇을 사용하여 학생, 가족 및 교직원을 돕는 데 걸리는 시간을 단축했다. 뉴욕시 공립학교는 또한 새로운 AI 시대에 진입할 준비가 된 학생들을 위해 인공 지능에 대한 이해를 높이는 데 주력하고 있다. 게다가 Microsoft는 PowerSchool에AI 기반 추가 체험을 제공하여, 개인화된 학습 클라우드 기능을 강화하고, AI를 활용해서 학생 개개인의 요구에 맞는 과정 평가를 제공하고 학생들의 진보를 추적한다.

혁신적인 AI 모델은 상당한 잠재적 이점이 있지만 신중한 설계 및 규제가 없으면 이러한 모델은 부정확하거나 심지어 유해한 콘텐츠를 생성하여 교육 품질에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있다. Edtech에 대한 지침을 개발하기 위해 미국 교육부는 교육 지도자, 연구원, 정책 입안자, 옹호자 및 기술 개발자 등과 같은 이해 관계자와 긴밀히 협력했다. 교육부는 차세대 AI 챗봇에 대해 학습하고 AI를 사용하여 논문 작성, 수업 계획 생성, 이미지 생성, 학생을 위한 개인화된 과제 생성 방법을 탐구했다(Cardona, 2023). 교육부는 또한 생성AI 기반 챗봇의 보안 위험, 데이터 프라이버시, 언론 교란 편견 전파 등도 파악했다. 교육부는 지금 당장 교육에서 AI 문제를 해결하고 AI 발전 속도를 따라잡기 위해 AI 거버넌스의 여정을 시작하기 위해 긴급한 결정을 내렸다.

Guenduez (2023)의 연구에서는 AI에서 정부의 네 가지 역할이 확인되었다. 첫째, 정부는 AI에 대한 윤리위원회 설치, 공정한 평가체계 확립, 사회적 가치로 AI의 호환성을 확보하기 위한 규제기관의 역할을 할 수 있다. 둘째, 정부는 AI의 사용과 확산을 용이하게 하는 주요 지원자의 역할이 될 수 있다. 셋째, 정부는 특정 분야에서 지도자의 역할을 하며 연구원, 실험실, 스타트업 그리고 심지어 대기업들과도 협력함으로써 외부 분야로 확장될 수 있다. 넷째, 정부는 내부 효율성을 높이고 건전한 의사결정을 내리기 위해 AI 기술 사용자 역할을 한다. Papyshev(2023)는 정부가 AI를 교육에 통합하는 데 중요한 역할을 한다고 주장했다. 정부는 촉진자, 후원자, 보증인, 집행자, 그리고 사회 변화의 창조자이다. 정부의 역할을 명확히 인식하는 것은 정부가 신속하게 행동하고 이해 관계자의 자원을 활용하여 합리적인 정책을 입안하는 데 도움이 될 것이다.

미국의 AI 정책은 연방, 주, 카운티 차원의 교육에 초점을 맞추고 있다. 교육부는 정책이 기계가 아닌 사람에 초점을 맞춰야 한다고 강조했다. 루프에는 사람이 참여해야 한다. AI가 제안한 패턴을 바탕으로 교사, 학습자, 기타 이들의 재량권을 유지할 필요가 있다. 공정한 교육을 추구해야 하며, 알고리즘 설계에서 편파성을 제거하고, 교육에서의 부당한 차별 행위를 해결하여 안전과 도덕 그리고 효율성을 보장해야 한다. 교사와 학생 모두에게 데이터 관리, 보안 및 프라이버시에 주의를 기울여야 한다. 위의 요구 사항을 기반으로 교육부는 ①학습 비전에 맞는 AI 모델 발굴, ②AI 모델들을 교육에 대한 일반 비전에 맞게 조정, ③현대 학습 원리를 이용한 설계, ④유권자들의 기술에 대한 신뢰 강화 우선 순위, ⑤교육자의 참여 유도 및 통지, ⑥상황화에 R&D를 집중하고 신뢰성과 안전성을 강화, ⑦ 교육 관련 원칙 및 법률 개발 등 7가지 권고안을 제시했다.

**Ⅳ. 인공지능 기반 창의성 제고 방안**

본 연구의 분석을 바탕으로 교육에서 인공 지능을 적용하여 정부의 세 가지 주요 과제인 거버넌스, 혁신 및 지원을 기반으로 창의성을 높이는 정책을 제안한다.

<표 3> 제고 방안

|  |  |
| --- | --- |
| **거버넌스** (정책 수립, 운영, 집행, 관리, 통제, 수정) | **1) 법률, 규정, 지침 및 표준을 제정함** |
| **2) AI 전문기관 설립, 연구센터 설치** |
| **3) 부처 간의 협력** |
| **4) 기술 인프라 개발** |
| **5) 교육 행정, 학교 경영에 AI 활용** |
| **지원**  (학습자 지원, 강사 교육, 전국민 정보 공유) | **6) 공평한 교육, 디지털 격차 축소, 빈부격차 축소** |
| **7) 기술 지식 공유, 다양한 연령의 시민 교육** |
| **8) 민간 부문 지원** |
| **혁신**  (새로운 교육 프로그램 구축, 국제 협력) | **9) 교육과정 내용 혁신, 학교 내 AI 교육 강화** |
| **10) 교사의 역할 전환** |
| **11) 세계 최고의 기술 기업과 정부간의 협력** |
| **12) 국가들과 기술 교류 및 협력** |

*자료: 저자 직접 작성*

거버넌스에서 정부의 중요한 역할과 주요 책임은 모든 활동을 효과적으로 모니터링하는 것이다. 여기에는 정부가 교육에 기술을 적용하는 규제와 정책을 수립하는 것뿐만 아니라 그것의 지속적인 실행을 지도하는 책임을 지는 다방면의 접근법이 포함된다. 또한 정부는 교육 시스템의 다양한 측면을 효과적으로 관리하고 감독하는 역할을 맡고 있다. 상황이 진화하고 새로운 문제가 발생함에 따라 정부는 예측할 수 없는 기술 환경에서 학생, 교육자 및 사회 전체의 끊임없이 변화하는 요구를 해결하기 위해 정책과 법률을 조정하고 수정할 수 있는 권한이 있다. 이러한 종합적인 조치를 통해 정부는 국가 미래 세대의 잠재력을 키우는 체계적이고 발전된 교육 시스템을 보장하기 위해 노력한다.

지원 역할에서 정부는 AI 기반 교육 리소스 및 도구에 대한 포괄적인 액세스를 촉진하여 배경에 관계없이 모든 학생이 AI 기반 학습의 이점을 누릴 수 있도록 하는 방법이 필요하다. 또한 정부는 교육자가 AI 기술을 교실에 효과적으로 통합하는 데 필요한 기술을 갖추도록 포괄적인 교사 교육 프로그램에 투자해야 한다. 또한 정부는 기술 정보 공유, 교육에서의 성공적이고 책임 있는 AI 통합을 위한 투명성과 이해를 촉진하여 궁극적으로 사회 전체에 이익이 되는 중요한 역할을 한다.

정부는 AI 교육 도입을 추진하는 혁신자의 역할을 맡아 다양한 방식으로 전환 이니셔티브를 주도하고 있다. AI 기술을 활용한 새로운 교육 프로그램을 구축해 체험과 학습 성과를 높인다. 교육을 위한 AI 활용의 진전과 지식을 공유하기 위해 국제 협력을 촉진한다. 정부는 진보를 위한 촉매제 역할을 하여 AI가 교육 발전과 미래에 대비한 학습자의 개발에 크게 기여하도록 한다.

**Ⅴ. 결어**

교육에서 인공 지능의 급속한 통합은 학교, 교사 및 학생의 역할에 상당한 영향을 미치고 있다. 이러한 발전 속에서 학생들의 창의성이 계속 번성하도록 하기 위해서는 정부가 적절한 정책과 규정을 수립하는 것이 중요하다. 본 연구는 창의성에 영향을 미치는 다양한 요인을 면밀히 살펴보고 창의성, 교육 및 인공 지능 간의 복잡한 관계를 탐구했고, 12가지 주요 구성 내용을 포함하는 포괄적인 정책 제안을 제공한다. 본 연구는 교육에서 인공 지능의 잠재력을 활용하여 학습 경험을 향상하고 학생의 창의성을 육성하는 동시에 창의적 사고를 우선시하고 육성하는 교육의 미래를 위한 길을 닦는 것을 목표로 한다.

**[참고문헌]**

한세억 (2022). 국민이 갈망하는 인공지능정부: 니체에게 띄우는 편지. 출판: 박영사

한세억(2020). 모든 사람을 위한 인공지능. 출판: 박영사

NACCCE (1999) All Our Futures: Creativity, Culture and Education, London: DfEE.

Heilman, K. M. (2005). Creativity and the Brain. Psychology press.

Gaut, B. (2010). The philosophy of creativity. Philosophy Compass, 5(12), 1034-1046.

Amabile, T. M., & Pillemer, J. (2012). Perspectives on the social psychology of creativity. The Journal of Creative Behavior, 46(1), 3-15.

Edwards, B. (1997). Drawing on the Right Side of the Brain. In CHI'97 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (pp. 188-189).

Zhu, Z., Nagalingam, S., & Hsu, H. Y. (2011). Toward a creative problem-solving methodology with knowledge provision. Applied Artificial Intelligence, 25(9), 836-881.

Li, W., Li, X., Huang, L., Kong, X., Yang, W., Wei, D., ... & Liu, J. (2015). Brain structure links trait creativity to openness to experience. Social cognitive and affective neuroscience, 10(2), 191-198.

Roberts, B. W., & Yoon, H. J. (2022). Personality psychology. Annual review of psychology, 73, 489-516.

Taki, Y., Thyreau, B., Kinomura, S., Sato, K., Goto, R., Wu, K., ... & Fukuda, H. (2013). A longitudinal study of the relationship between personality traits and the annual rate of volume changes in regional gray matter in healthy adults. Human brain mapping, 34(12), 3347-3353.

McCarthy, J. (2004). What is artificial intelligence? www-formal.

Minsky, M. L. (1968). Semantic information processing. Cambridge, MA: MIT Press, p. v

Gardner, H. (1999). Intelligence reframed: Multiple intelligences for the 21st century. New York, NY: Basic Books, pp. 33—34.

Smith, C., McGuire, B., Huang, T., & Yang, G. (2006). The History of Artificial Intelligence. University of Washington. Retrieved June, 8, 2017.

Gulson, K. N., Sellar, S., & Webb, P. T. (2022). Algorithms of Education: How datafication and artificial intelligence shape policy. U of Minnesota Press.

Miao, F., Holmes, W., Huang, R., & Zhang, H. (2021). AI and education: A guidance for policymakers. UNESCO Publishing.

Musib, M. K., & Christabelle, M. (2021). Using augmented reality (AR) and virtual reality (VR) to promote active and long-term engineering education.

Collis, C. (2010). Developing work-integrated learning curricula for the creative industries: Embedding stakeholder perspectives. Learning and Teaching in Higher Education, 2010(4–1), 3–19. http://eprints.glos.ac.uk/id/eprint/3879

Kriekels, J. (2013). Innovate or die. Lannoo Publishers.

Marrone, R., Taddeo, V., & Hill, G. (2022). Creativity and artificial intelligence—A student perspective. Journal of Intelligence, 10(3), 65.

Patston, Timothy J., James C. Kaufman, Arthur J. Cropley, and Rebecca Marrone. 2021. What is creativity in education? A qualitative study of international curricula. Journal of Advanced Academics 32: 207–30.

Liggett, S., Earnshaw, R., & Townsley, J. (2023). Creativity in Art, Design and Technology (p. 119). Springer Nature.

Cropley, D. H., Medeiros, K. E., & Damadzic, A. (2023). The intersection of human and artificial creativity. In Creative provocations: Speculations on the future of creativity, technology & learning (pp. 19-34). Cham: Springer International Publishing.

Civit, M., Civit-Masot, J., Cuadrado, F., & Escalona, M. J. (2022). A systematic review of artificial intelligence-based music generation: Scope, applications, and future trends. Expert Systems with Applications, 118190.

Gulson, K. N., Sellar, S., & Webb, P. T. (2022). Algorithms of Education: How datafication and artificial intelligence shape policy. U of Minnesota Press.

Noy, S., & Zhang, W. (2023). Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence. Available at SSRN 4375283.

Vinchon, F., Lubart, T., Bartolotta, S., Gironnay, V., Botella, M., Bourgeois-Bougrine, S., ... & Gaggioli, A. (2023). Artificial Intelligence & Creativity: A manifesto for collaboration. The Journal of Creative Behavior.

Akata, Z., Balliet, D., De Rijke, M., Dignum, F., Dignum, V., Eiben, G., ... & Welling, M. (2020). A research agenda for hybrid intelligence: augmenting human intellect with collaborative, adaptive, responsible, and explainable artificial intelligence. Computer, 53(8), 18-28.

Järvelä, S., Nguyen, A., & Hadwin, A. (2023). Human and artificial intelligence collaboration for socially shared regulation in learning. British Journal of Educational Technology.

Carvalho, L., Martinez-Maldonado, R., Tsai, Y. S., Markauskaite, L., & De Laat, M. (2022). How can we design for learning in an AI world?. Computers and Education: Artificial Intelligence, 3, 100053.

Tigre Moura, F. Artificial Intelligence, Creativity, and Intentionality: The Need for a Paradigm Shift. The Journal of Creative Behavior.

Cardona, M. A., Rodríguez, R. J., & Ishmael, K. (2023). Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations.

Nations, S. (2019). Singapore. National Artificial Intelligence Strategy.

Papyshev, G., & Yarime, M. (2023). The state’s role in governing artificial intelligence: development, control, and promotion through national strategies. Policy Design and Practice, 6(1), 79-102.

Guenduez, A. A., & Mettler, T. (2023). Strategically constructed narratives on artificial intelligence: What stories are told in governmental artificial intelligence policies?. Government Information Quarterly, 40(1), 101719.

1. <https://www.unesco.org/en/articles/unescos-digital-transformation-collaborative-prepares-support-first-countries> [↑](#footnote-ref-1)
2. <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/generative-ai.asp> [↑](#footnote-ref-2)
3. <https://www.nytimes.com/2023/07/15/technology/artificial-intelligence-models-chat-data.html> [↑](#footnote-ref-3)
4. <https://www.nytimes.com/2023/05/24/arts/music/grimes-ai-songs.html> [↑](#footnote-ref-4)
5. <https://higheredpartners.co.uk/why-online-learning-in-higher-education-is-here-to-stay-a-trends-assessment/> [↑](#footnote-ref-5)
6. <https://potomac.edu/learning/online-learning-vs-traditional-learning/> [↑](#footnote-ref-6)
7. <https://www.nytimes.com/2023/07/21/us/politics/ai-regulation-biden.html?smid=nytcore-ios-share&referringSource=articleShare> [↑](#footnote-ref-7)
8. <https://www.nytimes.com/2023/06/08/business/khan-ai-gpt-tutoring-bot.html?searchResultPosition=2> [↑](#footnote-ref-8)
9. <https://www.foxnews.com/media/ivy-league-university-teach-students-ai-chatbot-fall-evolution-tradition> [↑](#footnote-ref-9)