컴퓨터교육학회논문지 2020년 제 23 권 제 4 호
https://doi.org/10.32431/kace.2020.23.4.001

K-12 학생 및 교사를 위한 인공지능 교육에 대한 고찰

Review on Artificial Intelligence Education for K-12 Students and Teachers

김수환† · 김성훈†† · 이민정††† · 김현철††††
Soohwan Kim† · Seonghun Kim†† · Minjeong Lee††† · Hyeoncheol Kim††††

요 약

본 연구의 목적은 최근 초중등 교육에 도입되고 있는 인공지능 교육의 목적, 내용, 방법 등을 교육과정의 측면과 교사교육에 필요한 요인 측면을 조사하고 분석하여 우리나라 초중등 인공지능 교육의 방향을 제안하는 것이다. 1차 문헌으로는 국내외 논문 9편, 2차 문헌으로는 11편의 국내외 정책 보고서를 수집하고 분석하였다. 수집된 문헌을 서술적 고찰방법을 적용하여 분석하였으며, 문헌의 다각도 분석을 위해 교육과정 구성요소 측면과 TPACK 요소 측면에서 분석하여 시사점을 도출하였다. 본 연구의 결과로 인공지능 교육 대상을 인공지능 사용자, 활용자, 개발자의 3단계로 구분하였다. 초중등 인공지능 교육에서는 사용자와 활용자 단계가 적합하고, 사용자 교육을 위해 인공지능 리터러시를 포함해야 한다. 활용자 교육을 위해 현재의 컴퓨팅 사고력 및 코딩 역량을 기반으로 하여 인공지능의 기능을 적용하여 창의적인 산출물을 만들어 낼 수 있는 역량을 목표로 삼는 것이 필요하다는 시사점을 도출하였다. 또한, 교사는 교수 지식 및 플랫폼 사용 능력 외에도 문제해결, 추론, 학습, 인식 영역 및 일부 응용수학, 인지/심리학/윤리에 대한 내용 지식이 필요하므로 이에 대한 연수가 필요하다.

주제어: 인공지능 교육, 인공지능 교육과정, TPACK, 정보 교육

ABSTRACT

The purpose of this study is to propose the direction of AI education in K-12 education through investigating and analyzing aspects of the purpose, content, and methods of AI education as the curriculum and teacher training factors. We collected and analyzed 9 papers as the primary literature and 11 domestic and foreign policy reports as the secondary literature. The collected literatures were analyzed by applying a descriptive reviews, and the implications were derived by analyzing the curriculum components and TPACK elements for multi-dimensional analysis. As a result of this study, AI education targets were divided into three steps: AI users, utilizer, and developers. In K-12 education, the user and utilizer stages are appropriate, and artificial intelligence literacy must be included for user education. Based on the current computing thinking ability and coding ability for utilizer education, the implication was derived that it is necessary to target the ability to create creative output by applying the functions of artificial intelligence. In addition to the pedagogical knowledge and the ability to use the platform, The teacher training is necessary because teachers need content knowledge such as problem-solving, reasoning, learning, perception, and some applied mathematics, cognitive / psychological / ethical of AI.

Keywords: AI Education, AI Curriculum, TPACK, Informatics Education

1. 서론

인공지능의 발전은 사회 전반에 영향을 주고 있고 교육에도 영향을 미치고 있다. 인공지능은 컴퓨터과학의 한 분야로 알파고를 비롯한 인간의 복잡한 문제를 해결할 수 있게 되면서 그 영향력을 넓히고 있다[1].

인공지능을 이해하고 활용하기 위해서는 근간이 되는 컴퓨터 과학의 원리를 이해해야 하며, 우리나라에서는 2018년부터 초중등 교육에서 SW교육을 통해 컴퓨터 과학의 원리를 가르치고 있다[2]. 초중등 컴퓨터 과학 교육

†종신회원: 총신대학교 조교수
††정 회 원: 고려대학교 대학원 박사수료
†††정 회 원: 중앙대학교 조교수
††††종신회원: 고려대학교 교수(교신저자)

논문접수: 2020년 04월 03일, 심사완료: 2020년 05월 17일, 게재확정: 2020년 05월 20일

의 목표는 컴퓨팅 사고력을 길러주는 것으로 컴퓨팅 사고력은 4차 산업혁명시대에 중요한 역량으로 대두되고 있다. 2010년에 접어들면서 세계 주요 국가들은 이러한 새로운 역량을 위한 초중고(K-12) 교육과정에 대한 논의를 시작하게 되었다. 영국은 국가교육과정 개편을 통하여 2014년 9월부터 컴퓨팅 과목을 필수화하였다. 미국도 컴퓨터 과학을 위한 표준모델을 만들고 모든 학교에서 가르치도록 노력하고 있다[3].

컴퓨터 과학을 초중등 학생들에게 가르치는 현상은 미국, 영국, 핀란드, 프랑스 등을 중심으로 중국과 일본 등 전세계로 확산되고 있는 추세이다. 특히 중국에서는 2019년부터 '인공지능' 교육도 도입하고 있어서 그 추세가 더욱 심화, 확산될 전망이다. 2019년 글로벌 소프트웨어교육 컨퍼런스에서 발표된 사례를 살펴보면 중국, 미국에서는 이미 초중등 학생들을 위한 인공지능 교육 콘텐츠가 개발되었고, 인도, 이스라엘, 일본이 개발을 준비하고 있다. 우리나라에서도 차세대 소프트웨어교육 표준모델을 개발하고 '인공지능 및 융합' 영역을 신설하여 초중등 학생들에게 인공지능 교육을 가르칠 수 있는 기회를 마련하고 있다.

인공지능은 디지털 트랜스포메이션 과정을 가속화하고 있는데, 이전까지의 컴퓨팅을 통한 문제해결과는 다른 양상을 보여준다[4]. 기존의 소프트웨어(SW)는 인터넷 인프라와 맞물려서, 단순하고 반복적인 인간의 인지적인 작업을 자동화시켜 생산성과 효율성을 향상하는 것이었다면, 인공지능은 인간의 지능적인 그리고 창조적인 인지 작업 (예를 들면 얼굴인식, 언어번역, 주식 예측, 음악 작곡)까지도 자동화시켜낼 가능성을 보여주고 있으며 이것은 기존의 소프트웨어와 비교하여 다른 차원의 생산성과 효율성 향상을 가져올 것으로 전망된다[4].

초중등 교육의 목표는 학생들의 내적 성장과 자신의 진로를 탐색하고 진로에 필요한 역량을 강화하는 기회를 제공하는 것이다[5]. 미래에는 사회 환경과 진로, 직업 환경이 인공지능을 중심으로 재편될 것이므로 컴퓨팅 사고력을 기반으로 한 문제해결력이 필요하고 인공지능의 원리를 이해하고 이를 문제해결에 적용할 수 있는 역량도 필요하다[6].

따라서 본 연구에서는 국내외 초중등 인공지능 교육의 동향과 논의를 살펴보고, 이를 토대로 우리나라 초중등 학생과 교사를 위한 인공지능 교육의 방향을 제안하고자 한다.

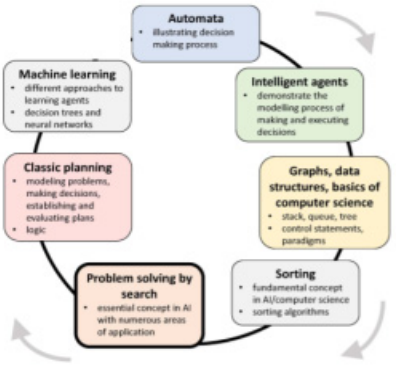
2. 선행연구 분석 및 연구방법

2.1 선행연구 분석

인공지능 교육은 산업현장이나 고등교육에서 주로 이루어지던 교육으로 초중등에 도입된 것은 1~2년 정도 되었다.

먼저 산업계나 고등교육의 사례를 살펴보면Michael 등[7]은 산업 실무자와 교육자를 대상으로 인공지능 교육에 대한 설문을 실시한 결과, 두 집단 모두 검색, 지식표현, 추론, 기계학습을 공통적으로 학습해야 할 주제로 선정하였으나, 학습 목표에 있어서는 차이가 나타났다. 실무자 그룹은 전문가적 관점에서 시스템 엔지니어링과 인공지능 도구를 다룰 수 있는 역량을 배양하기를 원하였고, 교육자는 보편적 관점에서 인공지능 개념을 이해할 수 있는 퍼즐과 게임과 같은 장난감 문제(toy problem)을 다루고 역사적, 윤리적, 철학적 주제를 강조하여 두 그룹 간에 서로 다른 관점이 있음을 밝혔다.

Martin 등[8]은 인공지능 리터러시의 개념을 단순히 인공지능 기술이나 소프트웨어를 사용하는 것이 아니라 인공지능의 제품 및 서비스의 기술과 개념을 이해하고 활용하는 능력이라 정의하고 구체적인 내용을 [그림1]과 같이 인공지능과 컴퓨터 과학의 주요 주제 7개를 포함하도록 제시하였다. 이와 같은 인공지능 리터러시의 증진을 목표로 유치원에서 대학에 이르기까지 4단계의 교육수준에 따라 연령대 별로 기본 인공지능과 컴퓨터 과학의 주제를 다루는 모듈로 구성한 인공지능 교육 개념의 파일럿 모델을 개발하였다



[그림 1] Martin의 인공지능 리터러시의 주제[8]

한편, 중국의 인공지능 교육에 대한 정책적인 지원에 따라 Xiao 등[9]은 초중등 학생을 위한 인공지능 교육과

정을 제안하고 적용하였다. 특히 초중등 인공지능 교육의 성취 요소를 '혁신적인 디자인사고와 컴퓨팅 사고력', '기술적 이해와 엔지니어링 사고', '사회적 책임'이라 정하고 학생들로 하여금 인공지능 제품을 활용할 뿐만 아니라 인공지능의 기술과 응용 분야를 연구하고 개발 과정을 이해함으로써 지능시대의 사고방식을 형성하고 행동 인식을 통한 기계가 보고, 듣고 말하고 생각하고 학습하는 방법을 배울 수 있게 한다. Yangfang 등[10]은 컴퓨팅 사고력 기반으로 고등학생을 위한 인공지능 교과서의 설계와 개발 과정을 발표하였는데, 인공지능 교육이 교과서와 같은 교육자료에만 의존할 수 없으며 인공지능 교육자 양성, 교육과정 내 컴퓨팅 사고력 교육과의 연계, 빠르게 변화하는 관련 지식의 지속적인 업데이트와 연구 및 지원 시설이 갖추어져야 함을 주장하였다.

미국은 2016년 12월 백악관 보고서 '인공지능, 자동화, 그리고 경제'[11]에서 인공지능은 힘들고 오랜 노동 작업을 자동화 해주어 개인과 경제 그리고 사회에 새로운 기회를 만들어 낼 수 있는 반면에 실업자 불평등을 유발할 수 있다고 예상한다.

또한, 2019년 6월에 발간된 보고서 '국가 인공지능 연구개발 전략: 2019'에서는 9가지 국가 전략을 발표하였는데, 그중 '국가 인공지능 연구개발 인력의 이해'전략에서는 K-12(초중고) 급에서의 컴퓨터과학 과목에 대한 지속적인 교수학습 자료와 교사역량 개발을 언급하면서 국가의 인공지능 연구자 양성에 있어서 K-12 교육의 역할을 강조하고 있다. 그리고 트럼프 대통령이 최근 서명한 '2019 미국의 인공지능 경쟁력 유지에 대한 행정명령(2019 Executive Order on Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence)'[12]에서는 초중고에서 컴퓨터과학과 인공지능이 강조된 STEM 교육을 통하여 미국의 미래 인력이 인공지능의 기회를 완전히 활용할 수 있도록 하는 것을 행정명령의 목적에서 언급하고 있으며, 정규 혹은 비정규 교육에서 인공지능 기술을 타 과목에 융합하는 교수학습 자료와 교육과정의 개발 지원을 포함하고 있다.

이러한 과학기술위원회 자문과 행정명령에 따라, 국가과학재단(National Science Foundation, NSF)에서는 '인공지능 국가 연구소 설립', '국가 인공지능 인프라 구축', '인공지능 교육과정 개발(Develop AI curriculum)'과 '인공지능 융합교육(Interdisciplinary AI Education)'을 포함하고 있다. 이를 위하여 NSF에서는 2019년부터 AI4K12 Initiative(초중고를 위한 인공지능 이니셔티브)를 발족시켜 초중고에서의 인공지능 교육을 위한 다음의 활동 지원을 포함하고 있다.

AI4K12[13]는 NSF(국가과학재단), AAAI(미국인공지능협회), CSTA(컴퓨터과학 교사협회)가 함께 참여하는 형태로 되어 있으며, AAAI에서는 지난 몇 년간 컴퓨팅/코딩 교육 연구를 담당했던 CMU(카네기멜론 대학교)와 MIT Media Lab을 주축으로 많은 연구자의 참여를 유도하고 있다. 또한, 최근 그 규모가 점점 커지고 있는 CSTA가 적극적으로 참여하고 있다. 인공지능 교육과정 가이드라인은 2020년 봄에 발표될 것으로 계획되어 있다.

한국에서는 2019년 12월 17일 제53회 국무회의를 통해 인공지능 국가전략을 발표하였다[14]. 전 생애 모든 직군에 걸쳐 AI 교육 실시 및 세계 최고의 AI 인재양성을 목표로 한다. 이 중 초중고관련 아젠다는 <표 1>과 같다.

표 1. 전국민 AI 교육을 위한 국가전략[14]

아젠다	과제명	소관부처/관계부처
[2-1]세계 최고의 AI 인재양성 및 전 국민 AI 교육	SW • AI 기초교육 강화	과기정통부
	전 장병 AI 교육	국방부 / 과기정통부
	공무원 AI 교육 전면 실시	인사처 / 과기정통부
	중기 재직자 및 소상공인 AI 교육 제공	중기부
	생활 SOC 활용 일반 국민 AI 교육 (박물관 • 도서관 • 과학관, 노인 복지시설 등)	문체부 • 과기정통부 • 지자체

이와 같은 정책 외에도, 이은경[15]은 국내외 초중등 단계 인공지능 교육과정을 AI4K12에서 제시한 AI 빅아이디어[13]를 중심으로 내용요소를 선정하고, 한국의 차세대 소프트웨어(SW)교육 표준모델[16]을 분석연구를 하였다. 또한, 초중등 대상 실질적인 교육 프로그램을 개발하고 지원하는 연구도 활발하게 이뤄지고 있다. 류미영 등[17]은 CT 역량 함양을 위한 초등학생 대상 딥러닝 교수학습 모델을 제안하였고, 이영호[18]는 블록형 프로그래밍 언어 기반 인공지능 교육 프로그램을 초등학생들에게 적용하였다.

이상에서 살펴본 연구들은 초중등 단계에 인공지능 교육의 적용 가능성을 탐색하고 개념 정의를 비롯하여 교육내용의 제안 등 광범위한 형태를 제시하고 있다. 이를 교육현장에 실질적으로 적용하기 위해서는 초중등 교육과정의 인공지능 교육 정책, 목표, 내용, 방법, 평가 등에 이르는 교육과정의 틀에 맞추어 살펴보고 국내 현황에 맞는 인공지능 교육의 방향을 설정할 필요가 있다.

2.2 연구방법

본 연구에서는 초중등 교육현장에 인공지능이 도입될 때 나타나는 문제점을 해결하는데 필요한 기초자료를 제공하기 위해 일반적인 교육과정 구성에 필요한 정책, 목표, 성격(개념 포함), 내용, 방법, 평가를 분석 요소로 설정하고 관련 문헌을 서술적 고찰(narrative reviews)법을 적용하여 분석하였다. 서술적 고찰 방법은 특정 주제에 대해 비판적으로 고찰하고 분석하여 이론적인 논의와 시사점을 도출하는 방법이므로 본 연구에서는 여러 문헌을 고찰하고 분석하는 방법론으로 적용하였다.

또한 문헌 분석의 타당도를 확보하고 교사를 위한 교육 시사점을 도출하기 위해 삼각검증법(Triangulation)[19]을 적용하여 교육과정의 구성요소와 TPACK(테크놀로지 교수내용지식, Technological Pedagogical Content Knowledge) 모형의 2가지 측면에서 분석하였다. 삼각측정법은 타당도와 신뢰도를 높이기 위한 방법으로 본 연구에서는 조사자의 관점을 교육내용, 방법, 도구로 나누어 분석한 후, 교차검증을 실시하였고, 자료분석의 프레임을 교육과정 요소와 TPACK 모형을 적용하여 다각도의 분석을 시도하였다.

TPACK 모형은 Mishra & Koehler[20]에 의해 제안된 것으로 미래 사회를 이끌어갈 학생들을 교육하기 위해 필요한 교사의 전문 지식을 제시하는 틀로 사용되고 있다. 여기서 TPACK이란 내용 지식(CK), 교수 지식(PK), 테크놀로지 지식(TK) 간의 상호관계를 이해하고, 이를 교수-학습에 적용할 수 있는 교사 지식을 의미한다[21].

표 2. TPACK 요소와 분석 내용

TPACK 요소	분석내용
테크놀로지 지식(TK)	교수-학습에 활용할 수 있는 지식
내용 지식 (CK)	교육내용에 대한 지식
교수 지식 (PK)	교수법에 대한 지식
테크놀로지 내용 지식(TCK)	교수 내용을 전달하기 위해 다양한 테크놀로지를 활용할 수 있는 지식
테크놀로지 교수 지식(TPK)	교수-학습 과정이나 설계 평가 시에 다양한 테크놀로지를 활용할 수 있는 지식
교수 내용 지식(PCK)	교수 내용을 적절하게 가르치기 위해 교수법을 계획하고 실행하는 지식
테크놀로지 교수 내용 지식(TPACK)	TK, CK, PK의 상호작용으로 나타난 지식

문헌 조사 및 분석은 본 연구에 참여한 3명이 조사하고 교차 분석하였으며, 마지막 단계에서 다른 연구원 1명이 최종 검토, 분석하였다.

문헌의 수집은 1차 문헌으로 IEEE 웹사이트, ACM 저널 사이트, Computer&Education 저널 사이트, 한국정보교육학회 논문 사이트, 한국컴퓨터교육학회 논문 사이트에서 9편을 조사하였고, 이중 연관성이 높은 4개를 분석하였다. 2차 문헌으로는 정책 및 개념을 분석하기 위해 미국, 영국, 일본의 보고서 11편을 선별하여 분석하였다.

3. 국내외 인공지능 교육의 현황

국내외 인공지능 교육현황을 분석하기 위해 본 연구에

표 3. 인공지능 k-12 교육의 국내외 현황 분석

국가	분류	주최	주요 내용
미국	정부	1.미국 국가과학기술원 (NSTC)	[1-a] 2019 미국의 인공지능 경쟁력 유지에 대한 행정명령(Executive Order on Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence) [12] [1-b] 초중고에서 미래인력이 인공지능의 기회를 완전히 활용할 수 있도록 하는 것을 목적으로 언급함. - 정규 혹은 비정규 교육에서 인공지능 기술을 타 과목에 융합하는 교수학습 자료와 교육과정 개발 지원 포함 - 이러한 NSTC의 명령에 따라, 국가과학재단(NSF)는 '인공지능 국가 연구소 설립', '국가 인공지능 인프라 구축', '인재양성' 부분에 연구개발 예산 계획을 발표함.
	학계	2.AI4K12	[2-a] NSF(국가과학재단), AAAI(미국인공지능협회),CSTA(전미컴퓨터교사협회)가 함께 참여하여 인공지능을 초중고에 도입하는 배경으로 AI 소양(AI-literate)을 갖춘 인력의 필요성에 따라 인공지능 교육과정 개발 중이며, 초중고 학생들이 알아야 하는 인공지능 가이드라인(K-12 Guidelines for Artificial Intelligence: What Students Should Know) 가이드라인을 발표함[13] [2-b] 초중고에서 지도되어야 할 인공지능 주요 5가지 개념(Big Ideas in AI)과 단계별 성취목표를 제시함. [2-c] 주요 5가지 개념은 다음과 같다. 인식(perception), 표현 및 추론(Representation & Reasoning), 학습(Learning), 자연스런 상호작용(Natural Interaction), 사회적 영향력(Social Impact) [2-d] 교수학습 가이드라인에서 도구사용과 활동 선정시 고려사항 등을 제시함.[15]
		3.AI4ALL	[3-a] 2015년부터 스탠퍼드대학 인공지능 연구자들을 중심으로 시작되었으며, 현재 카네기멜론 대학을 비롯해 16개 대학이 참여 중임. 다양한 배경, 관점을 가진 사람들이 인공지능 학습을 통해 전인류에게 도움을 줄 수 있어야 함을 교육목표로 제시함[22] [3-b] 오프라인 3주간 방학 캠프와 온라인 교육 플랫폼(AI4ALL Online Learning)을 제공함. [3-c] 온라인 교육에서는 인공지능에 대한 기초 이해와 기계학습 알고리즘의 원리와 실습을 제공함. [3-d] AI4ALL Online Learning의 5가지 교육 영역(인공지능이란- 데이터는 무엇인가- 인공지능과 진로 직업- 사회적 영향 및 활동- 인공지능 프로젝트)을 제시함.

표 3. 인공지능 k-12 교육의 국내외 현황 분석(계속)

국가	분류	주최	주요 내용
	기타	4.NSF & UCLA & LA 지역교육청	[4-a] ECS(Exploring Computer Science) 고등학생을 위한 컴퓨터과학 교육과정으로 인공지능 과목을 포함함[23]. [4-b] 인공지능 과목 영역(인공지능의 배경- 일상에서의 인공지능 시스템- 인공지능 시스템 만들고 적용하기- 컴퓨팅의 사회적 영향)을 제시하고, 영역별 평가 루브릭 제공함. • 인공지능 리터러시 증진을 위해 유치원에서 대학교까지 4단계 교육수준에 따른 인공지능 교육 모델 제안[8].
중국	정부	5.국무원	[5-a] 중국 국무원(中國 國務院)은 ”차세대 인공지능 발전계획(新一代人工智能发展规划, Development plan for AI)“ 발표(2017)[24] [5-b] ‘초·중·고교에 AI 확산 방안(표준 AI 교과과정 개발, SW 및 게임 등 개발 교육 강화, AI 대회 지원 및 관련 교육 보조금 지원)’ 등의 전략을 제시함[9].
		6.과학원	[6-a] 중국과학원 자동화연구소는 총 3년의 편집기간을 거쳐 유치원부터 대학교까지 사용할 수 있는 교재(인공지능실험교재)를 발간(‘18.7)[25] [6-b] 유치원부터 전문교육까지 총 33개 교재로 구성되어 있으며, 텐센트 등 AI 전문가가 참여하여 강의가 이루어질 수 있도록 개발함[10]. [6-c] 학교급별 내용 구성은 초등 : 인공지능 체험 및 기초 프로그래밍 교육, 중등 : 인공지능 기술 이해와 적용, 고등 : 인공지능 알고리즘 및 응용프로그램 구현으로 이루어짐[26] [6-d] 교수자와 학습자간 상호작용을 할 수 있는 학습 웹사이트(Fun AI) 제공함[27]
일본	정부	7.통합혁신전략추진회	[7-a] 미래투자전략 2018(未来投資戦略 2018)의 AI 인력양성 방안에 따라 초등학교부터의 통계, 정보교육 강화를 제시함[28] [7-b] 통합혁신전략추진회의를 2018.06~12.까지 3회 개최하고, 회의 결과를 바탕으로 AI전략 2019(AI戦略 2019)를 발표함[29] [7-c] 이 전략에서 제시된 목표 중 초중등 교육 관련된 것은 리터러시 교육이며, 리터러시 교육의 목표는 디지털 사회의 기초소양인 ‘수리, 데이터 사이언스, AI’ 관련 지식, 기능과 같은 능력을 모든 국민(초중고에서 일반인)에게 갖게 하는 것임.
한국	정부	8.범부처	[8-a] 정부는 12월 17일(화) 문재인 대통령 주재로 열린 제 53회 국무회의에서, 과학기술정보통신부를 비롯한 전 부처가 참여하여 마련한「인공지능(AI) 국가전략」을 발표함[14] [8-b] 인공지능을 가장 잘 활용하는 나라를 만들기 위한 목표를 달성하기 위한 추진전략으로 세계최고의 AI 인재양성 및 전국민 AI 교육을 제시함[14] 초중등 인공지능 교육과 관련된 추진전략은 다음과 같음. - SW·AI 기초교육 강화(Teach the Teachers 등) - 초등 저학년 놀이·체험 중심의 SW·AI 커리큘럼 편성, 초등 고학년에서 중학년은 SW·AI 필수교육 확대 - SW·AI 교육과정 중점 고교 지속 확충(AI융합교육 중점고, SW교과중점학교, AI고교, 국립공고 3곳) - SW·AI 교원 교육과정에 SW·AI 과목 이수 지원 - SW·AI 진로체험 강화(진로체험버스)
	학계	9.한국정보과학교육연합회	[9-a] 차세대 정보과 교육과정 표준 모델 제안하였으며, 이중 <인공지능과 융합>영역을 신설함[16] [9-b] 인공지능과 융합 영역의 대수준-중수준의 세부내용은 다음과 같음. - 인공지능과 융합 : 데이터과학, 인공지능, 로보틱스

서는 나라별 정부기관의 주요 정책과 학계와 관련 단체 등에서 제시하는 가이드, 교육 콘텐츠를 분석대상으로 정하고, K-12 관련 내용을 <표 3>와 같이 정리하였다.

이상의 주요 내용을 다음과 같이 분석하였다. 교육과정 구성에 필요한 교육과정 관련 정책, 교육과정의 목표 또는 성격과 내용, 방법, 평가를 포함한다면 분류번호를 기입하였다. 1-a부터 9-b까지 총 23개의 번호로 구분되며, 1~9번까지는 교육과정 추진 주최를 의미하고, 분석 요소에 해당되는 것은 알파벳 소문자 순으로 구분하였다. 이때, 분석 요소에 해당하지 않는 경우 (-)로 나누어 <표 4>와 같이 분석하였다.

세부 내용을 보면 4개국 모두 K-12 단계에서의 인공지능 교육의 필요성을 강조하고 있다. 그러나 미국의 경우 지침을 제공하고 실질적인 내용과 방법, 평가에 대해서는 학계와 대학과 지역 커뮤니티가 연계되어 제시하고 있으며, 학습 주제에 해당하는 내용을 5가지 개념(Big Ideas)로 나누고 학년 단계별로 성취기준을 제시하고 있다. 일부 내용에서 도구사용과 활동 선정 시 고려사항 등

표 4. 교육과정 요소별 분석

국가	분류	주최	정책	교육과정			
				목표 및 성격	내용	방법	평가
미국	정부	1.미국 국가과학기술원 (NSTC)	1-a	1-b	-	-	-
	학계	2.AI4K12	1-a	2-a	2-c	2-d	-
		3.AI4ALL	-	3-a	3-d	-	-
	기타	4.NSF & UCLA & LA 지역교육청	-	4-a	4-b	4-c	4-d
중국	정부	5.국무원	5-a	5-b	-	-	-
		6.과학원	6-a	6-b	6-c	-	-
일본	국가	7.통합혁신전략 추진회	7-a	7-b	-	-	-
한국	정부	8.범부처	8-a	8-b	-	-	-
	학계	9.한국정보과학교육연합회	-	9-a	9-b	-	-

을 제시하고는 있으나, 상세하지 못하다. 중국의 경우 유치원부터 고등학교까지의 교과서를 개발하였는데, 수업을 수행할 교사들을 위한 교수학습 방법과 평가에 대해

표 5. TPACK 요소별 분석

국가	분류	주최	TPACK						
			TK	PK	CK	TCK	TPK	PCK	TPACK
미국	정부	1.미국 국가과학기술원(NSTC)	-	-	-	-	-	-	-
	학계	2.AI4K12	-	2-d	2-c	2-d	-	-	-
		3.AI4ALL	3-b	-	3-c	-	-	-	-
	기타	4.NSF & UCLA & LA 지역교육청	4-b	4-c 4-d	4-b	-	-	-	-
중국	정부	5.국무원	-	-	-	-	-	-	-
		6.과학원	6-d	-	6-c	-	-	-	-
일본	국가	7.통합혁신전략 추진회	-	-	-	-	-	-	-
한국	정부	8.범부처	-	-	-	-	-	-	-
	학계	9.한국정보과학교육연합회	-	-	9-b	-	-	-	-

서는 제시하지 못하였다. 한국의 경우 차세대 소프트웨어(SW)교육 표준모델 연구를 통해 인공지능관련 학습 내용과 단계별 수행기대를 제시하였다.

다음으로 프로그래밍이 수반되는 교육에서는 다양한 ICT 도구가 수반되며, 교사들에게는 기존의 교수내용지식(PCK)외에도 테크놀로지와 관련된 지식이 필요하므로 [30] TPACK 요소에 따른 국가별 인공지능 교육과정 현황을 <표 5>와 같이 분석하였다.

먼저, 테크놀로지 지식 관점에서 보면 AI4ALL은 파이선 프로그래밍언어 기반의 IDE도구와 필요 라이브러리 사용법 등을 관련 온라인 학습 콘텐츠와 실습을 제공하고 UCLA 등에서 제공하는 ECS에서는 딥러닝 콘텐츠를 학습하기 위한 NVIDIA 플랫폼의 사용법을 교수자와 학습자 모두 사전에 익힐 수 있도록 안내한다. 중국 국무원은 교과서에서 학습 웹사이트(Fun-AI)를 활용한 실습 방법을 소개하고 있다. 다음으로 교수지식 측면에서 살펴보면, AI4K12는 가이드 문서[13]에서 활동 안내 방안을 소개하며, ECS[23]에서는 차시별 과정 안에서 PBL기반의 과정 구성을 안내하고 있다. 내용지식에 관해서는 일본을 제외하고 모든 분석대상들이 내용 지식을 제시하고 있으며, 그 수준과 범위는 차이가 있다[15]. 마지막으로 AI4K12의 가이드문서에서 학습자가 인공지능을 블랙박스라고 생각지 않도록 명시적으로 동작과정을 제시해 줄 수 있어야 한다 등의 활동 선정 시의 고려 사항은 교수학습 과정이나 설계 평가 시에 다양한 테크놀로지를 활용 할 수 있는 가를 묻는 테크놀로지 교수지식(TPK)측면으로 분류하였다.

4. 초중등 학생과 교사를 위한 인공지능 교육의 방향

4.1 인공지능 교육과정 구성의 관점

문헌 분석 결과를 토대로 교육과정 구성의 관점에서 인공지능 교육을 위해 고려할 점을 다음과 같이 도출하였다.

4.1.1 정책

<표 1>에 의하면 대부분의 나라에서 국가 정책으로 인공지능 인재양성에 주력하고 있다. 미국(1-a, 2-a)의 경우 초중고에서 인공지능의 기회를 활용할 수 있는 역량과 사회적, 도덕적, 윤리적 측면에서의 인공지능 소양을 강조하는 반면[12][13], 중국(5-a, 6-a)에서는 인공지능 전문 인재와 융합 인재를 양성하는 전략을 내세우고 있다[24][25]. 우리나라(8-a)는 사회적 문제해결 관점에서 컴퓨팅을 기반으로 한 인공지능 활용역량을 제시하고 있다[30]. 이처럼 학습자가 습득해야 할 지식의 내용과 인공지능 기술에 대한 접근 관점을 어떻게 결정하는가에 따라 인공지능 교육과정이 달라질 수 있다. 인공지능 정책의 지향점을 명확히 하기 위해 아래의 질문을 통해 내용 영역과 접근 관점을 고려할 수 있다.

- 내용 영역: 인공지능의 문제해결, 추론, 학습, 인식의 분야를 모두 다룰 것인가? 혹은 일부만 다룰 것인가? 내용 영역 간 비중을 어떻게 정할 것인가?
- 접근 관점: 알고리즘의 이해와 개선과 같은 학문적 관점인가? 인공지능 기술의 '활용과 응용'의 관점인가?

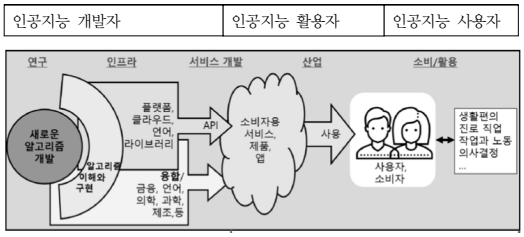
4.1.2 목표 및 성격

초중등에서 인공지능 교육을 통해 얻게 되는 역량을 어떻게 정의할 것인지에 따라 교육과정이 달라질 수 있다. 미국(1-b)은 K-12학생이 미래 사회의 공동체 구성원으로서 인공지능 활용 능력과 소양을 목표로 삼았고[12] 일본(7-a, 7-c)은 데이터 과학과 AI의 연관성을 보고 모든 국민이 수리적 역량을 향상하는 것을 목표로 두고 있으며[28][29], 중국(6-b, 6-c)은 인공지능 전문가로서의 기술

역량을 목표로 삼고 있다[26]. 본 연구에서는 인공지능 교육을 통해 성취하고자 하는 역량을 아래와 같이 구분하였다.

- 인공지능 사용자(AI Consumers) : 일상생활에서 인공지능 서비스와 제품을 사용하여 자신의 문제를 해결할 수 있는 기본 소양
- 인공지능 활용자(Workforce that uses AI) : 자신의 직업과 진로 분야에서 인공지능을 활용 및 응용할 수 있는 역량
- 인공지능 개발자(Workforce in AI) : 인공지능 분야에서 일할 수 있는 역량

[그림 2]는 인공지능의 활용 분야와 대상에 따른 인공지능의 목표 역량을 나타낸 것이다.



[그림 2] 인공지능 교육의 목표 역량

[그림 2]의 왼쪽부터 인공지능 기술이 연구, 사업, 소비 등 다양한 분야에 사용되는 접근 관점의 5단계로 정리할 수 있다.

① 인공지능 핵심 기술과 알고리즘 개발
② 인공지능 알고리즘을 이해하고 응용하여 자신의 분야, 예를 들면, 금융, 의학, 과학, 마케팅 등에 융합 적용하거나 분야별 알고리즘 개발
③ 인공지능 알고리즘을 활용할 수 있도록 플랫폼과 클라우드 서비스를 제공
④ 알고리즘과 플랫폼을 활용하여 사용자용 제품, 서비스, 앱, 추천시스템 등을 개발
⑤ 인공지능 서비스와 제품을 사용하는 사용자, 그 사용자는 인공지능을 활용하여 자신의 업무, 직업, 생활에 효율성 향상

이 중 ①②③단계는 연구·개발 분야, ④단계는 산업·활용 분야, ⑤단계는 사용자 분야라고 볼 수 있다.

이 틀에서 어느 단계를 목표 역량으로 하느냐에 따라 다음의 교육과정을 생각해 볼 수 있다. 가령, ④⑤ 항목은 기본적인 '인공지능 리터러시(소양) 교육'에 해당한다. 통상적으로 우리 주변과 산업에서는 인공지능 서비스와 제품을 이해하고 건강하게 사용하여 해당 분야의 작업 효율성을 높일 수 있는 역량을 목표로 한다. 인공지능 사용자 수준에 필요한 역량이다. 인공지능 리터러시에서 조금 더 나아간 인공지능 교육은 ③단계까지 포함하는데 컴퓨팅 사고력(Computational Thinking) 교육에서의 코딩 언어나 개발도구로 제공되는 인공지능 기능을 활용하여 문제를 해결하거나 개선할 수 있는 간단한 프로그램 혹은 앱을 설계 및 구현할 수 있는 역량까지를 포함한다. 이것은 기존의 컴퓨팅 사고력 교육(혹은 컴퓨팅, 정보, 컴퓨터과학 교육, SW교육)의 연장선상에 있다. 따라서 초중등에 적용될 수 있다.

②단계까지의 역량은 구체적인 알고리즘에 대한 이해까지 포함하게 되는데 이것은 일반적으로 대학의 교육과정에 적용될 수 있다. 일부 과학·영재 고등학교의 전문교과 교육과정에 적용될 수 있다. 마지막으로 ①단계는 대학원의 전공자 AI 교육에 해당한다.

이상의 분류로 보았을 때, 초중등(K-12) 교육에서는 인공지능 사용자로서 인공지능 리터러시(④⑤)를 포함하고, 인공지능 활용자로서 현재의 컴퓨팅 사고력 및 코딩 교육 역량을 기반으로 하여 인공지능의 기능을 적용하여 창의적인 산출물을 만들어 낼 수 있는 역량(③)이 목표로 되어야 할 것이다. 단순한 활용자가 아닌 컴퓨팅 사고력을 기반으로 문제를 해결하고 자신의 산출물을 만들 수 있는 역량을 길러주어야 하며, 이는 SW교육의 목표와도 연계된다. 즉, 초중등 인공지능 교육은 SW교육의 연장선에서 이루어져야 하며, 나아가 다른 분야와의 융합을 경험하도록 설정할 수 있다.

4.1.3 내용

인공지능의 내용은 전통적으로 <표 6>과 같이 크게 4가지 접근방법으로 구분될 수 있다.

최근에는 데이터에 기반한 '기계학습' 분야가 큰 발전을 이루었고, 그 알고리즘 중 하나인 '신경망(neural network)'은 '인식(perception)' 분야에 적용되어 그동안 정체되어 있던 이미지 인식, 표정 인식, 음성 인식과 같은 자연어 처리 등의 분야에서 큰 성과를 내고 있다. 따라서 최근의 '인공지능'에 대한 관심은 대부분 '기계학습' 그중에서도 '딥러닝'을 사용한 '이미지 및 언어 인식' 때문이라고 할 수 있다.

미국(3-d, 4-b)과 유럽에서 공개되고 있는 초중등(K-12) 교육과정은 대부분 알고리즘의 이해보다는 '활용

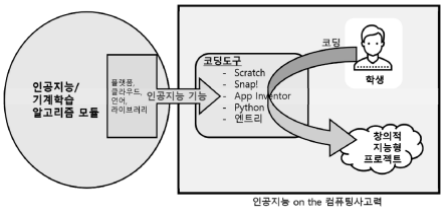
표 6. 인공지능의 4가지 영역[4]

영역	내용	예시
문제 해결	초기상태에서 목표상태까지 가는 가장 효율적인 경로 찾는 것	체스, 바둑, 스도쿠 등 로봇팔 작업 완성, 항공기/자동차 네비게이션
추론	인간의 논리적 추론 과정을 컴퓨팅 모델로 시뮬레이션 하는 것	기호적 인공지능 전문가 시스템, 챗봇 등
학습	데이터에서 일정한 패턴 및 모델을 찾아내어 사용하게 하는 분야	기계학습(딥러닝) 예측시스템, 데이터 마이닝 등
인식	사물을 분별하고 판단하는 것	컴퓨터 비전, 음성 인식 등 (딥러닝 적용)

과 응용'을 다루고 있으며, 기계학습을 이용한 '이미지, 음성, 텍스트 인식'을 주로 생활 속 사례와 연계하여 다루고 있다[22][23]. 미국 AI4K12 Initiative에서 공개한 5 big ideas(2-c)는 다섯 가지 영역과 각 영역에 대하여 초중등 급별 성취역량 기준을 제시하고 있는데 인공지능 윤리부터 기초 알고리즘, 활용까지 폭넓게 포함하고 있다[13].

4.1.4 방법

기존의 블록코딩 도구에서 음성, 텍스트, 이미지 인식과 같은 인공지능 모듈을 블랙박스 형태로 제공하고 [그림 3]과 같이 API를 통해 불러들여서 사용할 수 있도록 하고 있다.



[그림 3] API 이용 도구 사례

대표적인 사례로 IBM의 왓슨 개발자 클라우드(IBM Watson Developer Cloud)의 API를 이용하는 Machine Learning for Kids[31]가 있다. 학습자는 인식 API를 연결하여 스크래치, 앱인벤터, 파이선과 같은 코딩 언어로 다양한 작품을 창작할 수 있는데, 그 작동 과정은 [그림 4]와 같다.

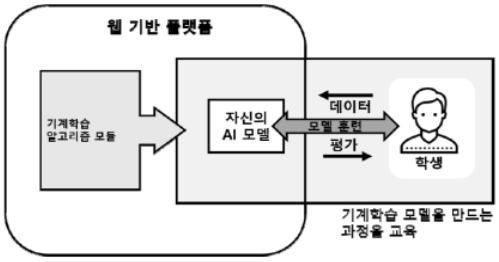
[그림 4] Machine Learning for Kids의 학습구조[31]

이 과정에서 자신의 데이터를 사용하여 지도학습 모델을 훈련시키는 과정과 그렇게 만들어진 모델을 개인 프로젝트(소프트웨어, 앱 등)에 연결할 수 있다. 또한 [그림 5]와 같이 웹 기반의 교육 플랫폼을 제공하여 학습자가 자신의 데이터를 사용하여 의도하는 인공지능 모델을 스스로 만들어 볼 수 있다.

웹에서 직접 기계학습 모델을 훈련시켜, 그 훈련된 모델을 자바스크립트, 파이선 기반의 텐서플로우(tensorflow) 코드로 추출할 수 있다.

지금까지 살펴본 도구들은 클라우드의 서버를 이용하는 것으로 인공지능 모델을 활용한 문제해결 프로젝트를 수행하는 학습환경을 제공할 경우 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

첫째, 인공지능 기술을 비교적 쉽게 사용할 수 있게 되면서 작품의 구현 범위를 확대할 수 있다.



[그림 5] 웹 기반 플랫폼 사례

둘째, 다른 사람이 학습시킨 모델을 이용하여 자신의 학습 데이터에 알맞도록 재학습 시키는 전이학습(Transfer Learning)의 개념과 역할, 효과에 대해 알 수 있다. 마지막으로 인공지능 기능이 포함된 작품을 구현하여 사용해 보면서, 장단점 및 가능한 부작용과 해결방안, 그리고 사회적 영향력과 같은 인공지능 윤리에 대해 생각해 볼 수 있다.

4.1.5 평가

미국의 NSF(4-d)에서는 LA 지역의 고등학생을 대상으로 ECS(Exploring Computer Science)라는 컴퓨터과학 교육과정에 인공지능 과목을 포함하고 있는데 인공지능 차시 별로 교수전략을 제시하고 평가 루브릭도 함께 제공하고 있다[23].

4.2 TPACK 프레임워크의 적용

교육과정의 구성요소 관점에서 검토한 인공지능 교육

표 7. 인공지능 교육과 TPACK 프레임워크 기반 고려 요소

TPACK 요소	고려 요소 및 역량	TPACK 요소	고려 요소 및 역량
테크놀로지 지식 (TK)	ICT 및 SW 활용. 웹기반 플랫폼의 활용. 프로그래밍 환경 구축	테크놀로지 교수 지식 (TPK)	개방형 플랫폼에서의 인공지능 프로젝트 결과물 공유와 상호평가(피드백) 시스템
교수법 (PK)	PBL 학습의 퍼실리테이팅. 협업 위한 프로젝트 관리.	교수 내용 지식 (PCK)	교육의 내용 범위와 접근 관점을 고려한 정책 결정. 인공지능 교육의 목표 역량 설정, 사회 문제 인식과 인공지능 기술을 활용한 문제해결 기반 교육과정 설계와 운영
내용 지식 (CK)	인공지능의 영역 (문제해결,추론,학습,인식) 컴퓨터 과학 (프로그래밍, 알고리즘, DB) 응용수학 (확률,통계,미적분) 인지/심리학/윤리		
테크놀로지 내용 지식 (TCK)	인공지능 프로젝트 교육에 웹 기반/API 교육 플랫폼 활용	테크놀로지 교수 내용 지식 (TPACK)	인공지능 프로젝트 구현을 위해 웹 플랫폼과 Open API를 제공하는 학습 환경, 인공지능 프로젝트의 구현과 사회 영향력 분석

에 필요한 고려 요소를 TPACK 프레임워크를 기준으로 <표 7>에 정리하였다.

5. 결론 및 제언

초중등에서의 인공지능 교육에 대한 배경, 선도국가들의 움직임, 그리고 교육과정 및 학습 자료 및 도구에 대한 조사를 바탕으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

본 연구에서는 인공지능 교육 대상을 인공지능 사용자-활용자-개발자 3단계로 구분하였으며, 사용되는 기술 분야를 연구-인프라-서비스개발-산업-소비와 활용의 5단계로 구분하였다.

이상의 기준에 의해 학습 대상과 기술 분야에 따른 인공지능 교육 목표 역량을 정의하였다.

초중등 인공지능 교육은 컴퓨팅 사고력 혹은 소프트웨어 교육, 정보 교육의 연장선에서 이루어지고 있다. 따라서, 초중등 교육에서는 인공지능 사용자로서 인공지능 리터러시를 포함하고, 인공지능 활용자로서 현재의 컴퓨팅 사고력과 코딩 교육 역량을 기반으로 인공지능 기술을 적용한 문제해결력과 창의적인 산출물을 만들어 낼 수 있는 역량을 목표로 삼아야 한다.

교사를 위한 내용지식으로는 컴퓨터과학을 기반으로 한 문제해결, 추론, 학습, 인식의 영역과 일부 응용수학, 인지/심리학/윤리 같은 내용이 필요함을 알 수 있다. 또한, 인공지능을 가르치기 위한 교수내용 및 새로운 테크놀로지 교수내용 지식도 필요함을 알 수 있다. 이는 인공지능을 가르칠 교사연수 과정과 교·사대 교육과정을 설계할 때 고려할 사항이 될 수 있다.

또한, 국내외 인공지능 교육 현황에 대한 분석을 바탕으로 K-12를 위한 인공지능 교육을 효과적으로 진행하기 위한 방향을 다음과 같이 제시한다.

첫째, 초중등 학교 급별로 인공지능 교육을 통하여 얻고자 하는 성취역량을 분명하게 정의하여야 한다. 그리고 그것에 따라 교육과정의 내용 요소와 난이도, 교수학습 방법, 교사역량 강화 전략을 만들 수 있다. 즉, 성취역량의 수준이 인공지능 소양인지, 인공지능 활용인지, 혹은 인공지능 이론인지에 따라 달라진다. 특히, 우리나라는 국민공통교육과정이 있으므로, 이에 따라 필수교육과 심화교육에 대한 구분이 필요하므로 사용자, 활용자, 개발자 단계의 적용 범위를 정해야 한다.

둘째, 이상의 성취역량 수준이 정의되는 것에 따라 정규 그리고 비정규 교육과정을 개발하여 시범 연구를 시작해야 한다. 현재의 '정보' 과목을 인공지능 영역으로 확장 혹은 별도의 과목을 만들 수 있다. 융합에 관하여서는 과학·수학·사회와 같은 과목에서 인공지능 내용 요소가 융합될 수 있도록 하여야 하며 혹은 별도의 융합과목을 만들 수 있다.

셋째, 인공지능 교육은 책으로 읽으며 일방적인 강의로 진행할 수 있는 분야가 아니다. 스스로 프로젝트를 구현해 볼 수 있는 실습환경과 도구가 필요하고 공유와 협업 문화가 중요하다. 다양한 온라인 도구와 환경을 활용할 수 있도록 지원해야 한다.

마지막으로, 훌륭한 교사와 프로젝트 멘토가 필요하다. 그러한 준비가 되어있는지를 냉정하게 판단하고 준비를 서두를 필요가 있다. 이를 위하여서는 대학 연구실, 교사 연구회, AI 기업, 교육 재단, 정부 기관이 연계된 교육 생태계가 만들어져야 한다.

참고문헌

[1] 이정원·문형돈 (2018). 국내 인공지능 인식 현황 연구. **한국통신학회 학술대회논문집,** 1396-1397.

[2] 교육부 (2015). **소프트웨어 운영 지침**.

[3] 성정숙·김현철 (2015). 국외 컴퓨터 교육과정의 변화 분석. **컴퓨터교육학회 논문지, 18**(1), 45-54.

[4] 김현철 (2019). **정보적 사고에서 인공지능까지**. 서울: 한빛아카데미.

[5] 교육부 (2015). **초중등 교육과정 총론.**

[6] 한국과학창의재단 (2019). **2019 AI 융합교육정책자료집**. 서울: 한국과학창의재단.

[7] Wollowski, M., Selkowitz, R., Brown, L. E., Goel, A., Luger, G., Marshall, J., & Norvig, P. (2016, March). A survey of current practice and teaching of AI. *In Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence.*

[8] Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Hirschmugl-Gaisch, S., & Huber, P. (2016, October). Artificial intelligence and computer science in education: From kindergarten to university. *In 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 1-9)*. IEEE.

[9] Han, X., Hu, F., Xiong, G., Liu, X., Gong, X., Niu, X., & Wang, X. (2018). Design of AI+ Curriculum for Primary and Secondary Schools in Qingdao. *In 2018 Chinese Automation Congress (CAC) (pp. 4135-4140).* IEEE.

[10] Yu, Y., & Chen, Y. (2018). Design and development of high school artificial intelligence textbook based on computational thinking. *Open Access Library Journal, 5*(9), 1-15.

[11] 미국 Executive Office of the President (2016). Artificial Intelligence, Automation and the Economy. 2020.03.10. 검색. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF

[12] 미국 NSTC (2019). 2019 Executive Order on Maintaining American Leadership in Artificial Intellignece. 2020.02.20. 검색 https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/executive-order-maintaining-american-leadership-artificial-intelligence/

[13] 미국 AI4K12 사이트. 2020.02.20. 검색. https://github.com/touretzkyds/ai4k12/wiki

[14] 관계부처합동 (2019). **인공지능 국가전략**. 2020.03.10. 검색. http://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156366736

[15] 이은경 (2020). 국내외 초중등학교 인공지능 교육과정 분석. **컴퓨터교육학회 논문지**, **23**(1), 37-44.

[16] 한국과학창의재단 (2019). **차세대 소프트웨어 (SW)교육 표준모델 개발.** 서울: 한국과학창의재단.

[17] 류미영·한선관 (2019). 딥러닝 개념을 위한 인공지능 교육 프로그램. **정보교육학회논문지. 23**(6), 583-590.

[18] 이영호 (2019). 블록형 프로그래밍 언어 기반 인공지능 교육이 학습자의 인공지능 기술 태도에 미치는 영향 분석. **정보교육학회논문지. 23**(2), 189-196.

[19] 김영천 (역) (2016). **질적연구방법론1**. Denzin, N, K의 The research act: A theoretical instruction to sociological methods. 3rd ed. 파주: 아카데미프레스

[20] Mishra P., Koehler M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Integrating Technology in Teacher Knowledge. *Teachers College Record. 108*(6), 1017-1054.

[21] 최현종·이태욱 (2015). TPACK 모형에 기반한 예비 교사의 테크놀로지 지식 교육 프로그램 적용과 분석. **한국컴퓨터정보학회논문지, 20**(2), 231-239.

[22] 미국 AI4All Open Learning. 2020.02.20. 검색. http://ai-4-all.org/open-learning

[23] 미국 ECS 사이트. 2020.02.20. 검색. http://www.exploringcs.org/

[24] 현성은 (2017). 중국의 인공지능(AI) 전략 :'차세대 인공지능 발전계획'을 중심으로. **NIA Special Report 2017-10**, 한국정보화진흥원.

[25] 백병화·안인희 (2018). **중국 인공지능 정책 분석 및 시사점**. 정보통신기획평가원.

[26] 중국 인공지능 실험교재 목차. 2020.02.20. 검색. https://m.blog.naver.com/entrylabs/221602290971

[27] 중국, 인공지능 교과서. 2020.02.20. 검색. https://item.jd.com/12461281.html

[28] **일본 종합과학기술·혁신회의(CSTI) 이슈별 논의**. KISTEP(2018.12.)

[29] 김용성 (2019). **인공지능(AI) 시대의 주요국의 인재양성 정책동향**. 소프트웨어 정책 연구소.

[30] 이소율 (2017). **TPACK 기반 교육용 프로그래밍 언어 교육이 초등 교사의 정보 교수효능감에 미치는 영향.** 석사학위 논문. 한국교원대학교.

[31] 미국 Machine Learning for Kids – IBM.org. 2020.02.20. 검색. https://www.ibm.org/activities/machine-learning-for-kids

[32] 미국 Teachable Machine. 2020.02.20. 검색. https://teachablemachine.withgoogle.com

김 수 환

1999년 경인교육대학교(교육학 학사)
2006년 경인교육대학교 컴퓨터교육과(교육학석사)
2011년 고려대학교 컴퓨터교육과(이학 박사)
2014년~현재 총신대학교 조교수

관심분야: 컴퓨터교육, AI교육, 컴퓨팅사고력, CT평가
E-Mail: skim@csu.ac.kr

김 성 훈

2011년 청주교육대학교(교육학 학사)
2020년 고려대학교 대학원
컴퓨터학과(박사 수료)
2020년~고려대학교 대학원 연구원
관심분야: SW/AI교육, 기계학습 알고리즘
E-Mail: ryankim0409@korea.ac.kr

이 민 정

1994년 중앙대학교 컴퓨터공학과(공학사)
1996년 KAIST 전산학과(공학석사)
2018년~ 고려대학교
컴퓨터학과(박사학위과정)
2016년~현재 중앙대학교
다빈치교양대학 조교수
2011년~2015년 ㈜ 삼성전자
소프트웨어센터
2000년~2010년 ㈜ 아이에이
1996년~2000년 ㈜ LG전자 LG종합기술원
관심분야 : SW/AI교육, 기계학습, ITS, 에듀테크
E-Mail: minjeonglee@cau.ac.kr

김 현 철

1988년 고려대학교 전산과학과(학사)
1990년 Univ of Missouri-Rolla 전산학
석사
1998년 Univ of Florida 전산정보학 박사
1999년~현재 고려대학교 컴퓨터학과 및
컴퓨터교육과 교수
2014년~2018년 한국컴퓨터교육학회
회장
관심분야 : SW/AI교육, 기계학습 알고리즘
E-Mail: harrykim@korea.ac.kr