

초·중·고 교육분야의 인공지능(AI) 관련 해외 연구동향 분석*

Analysis of Overseas Research Trends Related to Artificial Intelligence (AI)
in Elementary, Middle and High School Education

정영주(Young-Joo Jung)**
김혜진(Hea-Jin Kim)***

〈 목 차 〉

- | | |
|------------|-------------|
| I. 서론 | IV. 분석 결과 |
| II. 이론적 배경 | V. 논의 및 시사점 |
| III. 연구 설계 | VI. 결론 |

요약: 본 연구는 초·중·고 교육분야 인공지능과 관련된 해외 연구동향을 분석하기 위해 SCOPUS 데이터베이스를 대상으로 관련 문헌을 수집하였다. 수집된 문헌의 발행 기간은 1974년부터 2021년 3월까지이며, 학술지 논문이 154건, 컨퍼런스 논문은 571건으로 나타났다. 이를 논문에 포함된 저자 키워드 및 인덱스 키워드 4,521개의 단어들의 동시출현(co-occurrences) 분석기법을 바탕으로 연구 동향을 분석하였다. 분석결과 machine learning을 주축으로 big data, data mining, data science, deep learning이 최신 연구 동향으로 나타났고, 초·중·고등교육 간에는 차이가 있는 것으로 나타났다. 초등은 로봇 관련 연구가 많이 있었으며, 중등은 게임과 데이터 관련 연구가 많이 있었고, 고등은 다양하고 심도 있는 연구가 이루어졌음을 알 수 있었다. 마지막으로 결과분석에서 우리나라 교육부에서 2020년 9월 발표된 '인공지능 기초' 교육과정과 미국 AK4K12의 '5 Big Ideas'와 초·중·고 공통 상위 50단어와 매핑하여 우리나라 초·중·고 인공지능 교육에 시사점을 제시하였다.

주제어: 연구 동향, 인공지능, 초등학교, 중학교, 고등학교, 텍스트마이닝

ABSTRACT : This study aimed to analyze AI research trends related to elementary, middle, and high school education. To this end, the related literature was collected from the SCOPUS database and the publication period of the collected literature was from 1974 to March 2021, with 154 journal papers and 571 conference papers. Research trends were analyzed based on the co-occurrences analysis technique of 4,521 words of author keyword and index keyword included in these papers. As a result of the analysis, big data, data mining, data science and deep learning were found as the latest research trends with machine learning and there was a difference between elementary, middle and high school education. It can be seen that elementary school had a lot of robot-related research, middle school had a lot of game and data-related research, and high school had various and in-depth research. In discussion, we mapped the top 50 words common to elementary, middle, and high schools with the 'Artificial Intelligence Basics' curriculum of Korean Government and '5 Big Ideas' of the United States Government so that AI research can be viewed at a glance.

KEYWORDS : Trend Analysis, Artificial Intelligence(AI), Primary School, Middle School, High School, Text Mining

* 이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 인문사회분야 신진연구자지원 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2019S1A5A8033713).

** 공주대학교 문현정보교육과 박사과정수료, 은가람중학교 사서교사
(yjjung2012@korea.kr / ISNI 0000 0004 8012 8011) (제1저자)

*** 공주대학교 문현정보교육과 조교수, 학교도서관연구소 소장
(erin.hj.kim@kongju.ac.kr / ISNI 0000 0004 6853 5079) (교신저자)

• 논문접수: 2021년 8월 26일 • 최초심사: 2021년 8월 27일 • 개재확정: 2021년 9월 14일

• 한국도서관·정보학회지, 52(3), 313-334, 2021. <http://dx.doi.org/10.16981/kliss.52.3.202109.313>

I. 서 론

세계는 지금 인공지능(artificial intelligence, AI)의 급속한 발전으로 인하여 산업과 사회, 삶의 모든 영역에 걸친 변화와 지능정보사회로의 확산이 촉발되고 있다. 인공지능과 데이터 과학의 발전은 이러한 변화를 더욱 가속 시킬 것이며, 지능정보사회의 확산은 우리 사회의 패러다임을 급격하게 변화시킬 것이다(김용민, 2019). 인공지능은 사회적 상호작용의 모든 측면을 변화시킬 수 있는 급성장하는 기술영역으로 지속 가능한 AI에 대한 공공정책 개발에 미국, 중국, 호주, 프랑스, 에스토니아, 싱가포르, 한국 등이 통합된 국가정책을 만들고 있다고 유네스코는 보고하였다(UNESCO, 2019).

교육은 미래를 위한 노력에 중요한 역할을 한다. AI는 교육내용, 교수법, 학생 평가, 교사와 교사 간의 의사소통 등 이미 교육과정의 많은 부분에 구현되어 있으며, AI의 개인화된 학습 환경은 교육과정의 질을 향상시킬 뿐만 아니라 난독증 또는 건강 문제 등의 어려움을 가진 학생들에게 학습의 기회를 제공하는 효과적인 방법이다(Chassignol et al., 2018). 모든 분야에서 AI의 편재성이 증가함에 따라 우리 정부도 'AI 국가전략'(2019.5), '정보교육 종합계획'(2020.5) 등 초·중등 AI 교육 강화 및 표준 교육과정 개발을 추진하였다(교육부, 2020). 교육부는 2020년 11월 20일 'AI 시대 교육 정책 방향과 핵심과제'를 논의하며 2025년부터 적용되는 초·중·고 새 교육과정에 '인공지능 교육'을 정식 도입한다고 발표했다. 유치원부터 초·중·고교 수업에 AI 교육을 확대 적용하고 유치원에서는 놀이를 통해, 초·중·고교는 '프로그래밍', 'AI 기초원리, AI 활용, AI 윤리' 등을 포함한 내용이 연계될 수 있도록 운영한다고 밝혔다(교육부, 2020).

그동안 국내 교육기관 및 교육 현장에서 AI의 적용에 관한 연구들이 있었다. 인공지능 교육프로그램 개발 연구(김갑수, 2019; 이영호, 2021), 국내 인공지능 연구 동향분석(심재권, 2021; 황서이, 김문기, 2019), 국외 인공지능 분석(김형욱, 문성윤, 2020), 교육과정 연구(김수환 외, 2020; 이은경, 2020; 한선관, 2020a) 등이 비교적 최근에 이루어진 연구이다. 하지만, 초·중·고 교육단계에 따라 AI 분야의 연구가 어떻게 진행되고 있는지 종합적으로 동향을 분석하여 제시한 연구는 드물다. 이에 본 연구는 SCOPUS 데이터베이스에서 문헌을 수집하여 초·중·고 교육단계별 인공지능 연구의 해외동향을 살펴보고, 우리나라 교육에 고려할 수 있는 시사점을 논의하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 교육과 인공지능 정책

'인공지능'이라는 용어는 1956년 존 매카시(John McCarthy)가 다트머스 대학(Dartmouth

초·중·고 교육분야의 인공지능(AI) 관련 해외 연구동향 분석

College)에서 최초로 열린 AI 컨퍼런스에서 처음 사용했다. 인공지능이란 의사소통, 추론, 학습 또는 문제 해결과 같은 다양한 인간의 인지 작업을 수행할 수 있는 능력을 지닌 컴퓨터를 의미한다(Nilsson, 1998). 그 후 매카시는 2004년 “AI는 지능형 기계, 특히 지능형 컴퓨터 프로그램을 만드는 과학이자 공학이며, AI는 컴퓨터를 사용하여 인간 지능을 이해하는 태스크와 유사하나 생물학적으로 관찰 가능한 방법으로 자신을 제한할 필요가 없다”고 하였다(McCarthy, 2004). Baker와 Smith(2019)은 AI가 다양한 기술 및 알고리즘으로 기계학습, 자연어 처리, 데이터 마이닝, 신경망의 광범위한 컬렉션을 설명하는 일반적인 용어를 나타낸다고 설명하였다.

주요 국가에서 제시하고 있는 교육 관련 인공지능 정책을 살펴보자면, 먼저 미국은 AI를 경제 성장과 국가 안보 강화를 위한 4차 산업혁명의 핵심기술로 설정하고 인재 양성을 위해 노력하고 있다. 그 일환으로 2019년 발간된 ‘국가 인공지능 연구개발 전략’을 보면 초·중·고 인공지능 교육의 중요성을 강조하고 ‘AI4K12 이니셔티브’ 협력체를 구성하여 운영하고 있다. 이 협력체에서는 (1) K-12를 위한 AI 교육에 대한 국가 지침, (2) AI 교육을 용이하게 하기 위해 선별된 온라인 리소스 디렉토리, (3) AI에 중점을 둔 실무자, 연구원, 리소스 및 도구 개발자 커뮤니티를 개발한다. 미국과학연구재단(NSF)은 국립인공지능센터를 설립하여 초·중·고 인공지능 교육을 지원한다. 초·중·고 학생들에게 인공지능을 가르치기 위해 설립된 AI4K12는 인공지능 교육 내용을 인식, 표현과 추론, 학습, 상호작용, 사회적 영향 등 5가지 영역(Big Ideas)으로 구분하고, 2021년 2월 워크숍을 열고 모든 주에서 K-12 학생에게 AI 교육을 시행하기 위한 준비를 하였으며 5 Big Ideas를 계속 업데이트 해 나가고 있다(AI4K12, 2021). <표 1>은 AI4K12 이니셔티브에서 제시한 5 Big Ideas 개념과 K-12 성취기준이다.

〈표 1〉 미국AI4K12의 5 Big Ideas 개념 및 성취기준*

5 Big Ideas 핵심개념	정의	AI4K12 K-12 성취기준		
		K3-5 (한국 초3-6)	K6-8 (한국 중1-3)	K9-12 (한국 고1-3)
인식 (Perception)	컴퓨터는 센서를 사용하여 세상을 인식	<ul style="list-style-type: none"> 센서 입력이 아날로그나 디지털 신호로 변환 컴퓨터 인식의 한계 컴퓨터 인식을 활용한 프로그램 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 센서의 한계가 컴퓨터 인식에 미치는 영향 다양한 알고리즘과 센서를 활용 다양한 센서, 인식방법 활용 프로그램 개발 (스크래치, 칼립소 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 형태의 컴퓨터 인식과 관련된 지식 음성인식의 어려움
표현과 추론 (Representation & Reasoning)	에이전트는 세상을 표현하고 구조화해 추론에 사용	<ul style="list-style-type: none"> 트리구조 사용하여 분류시스템 표현 생성 및 설계 AI 표현이 질문에 대한 추론을 지원하는 방법 이해 	<ul style="list-style-type: none"> 추론을 통해 지도에서 최단 경로 그래프 모델 설계 트리구조를 활용한 분류시스템 표현 생성 및 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 검색 트리 설계 검색 알고리즘 유형별 차이 설명
학습 (Learning)	컴퓨터는 데이터를 통해 학습	<ul style="list-style-type: none"> 기계학습 접근 방식 (지도, 비지도, 강화 학습) 비교 대화형 기계학습 모델 훈련을 통한 프로그램 수정 알고리즘과 기계학습 편향 설명 	<ul style="list-style-type: none"> 훈련 데이터 집합에서 편향 확인 및 편향 해결을 위한 훈련 데이터 집합 확장 인공신경망 훈련을 위한 조작 시뮬레이션 	<ul style="list-style-type: none"> 머신러닝 알고리즘 추적 및 실험 인공신경망 훈련 (1-3 레이어)

5 Big Ideas 핵심개념	정의	AI4K12 K-12 성취기준		
		K3-5 (한국 초3-6)	K6-8 (한국 중1-3)	K9-12 (한국 고1-3)
자연스러운 상호작용 (Natural Interaction)	지능형 에이전트와 인간의 상호작용에 많은 지식 필요	<ul style="list-style-type: none"> 인간이 의사소통을 위해 다양한 정보(어조, 표정, 자세)를 조합 확인 AI가 인간을 능가하는 작업과 그렇지 못한 작업 설명 	<ul style="list-style-type: none"> 간단한 챗봇 구성 언어 모호성을 예를 들어 설명 지능의 특성 설명과 에이전트가 지능적인지 판단하기 위한 접근법 	<ul style="list-style-type: none"> 문장 분석의 언어 모호성 처리 방법 구글 지식 그래프 탐색 AI와 의식에 대한 이슈 논쟁과 확인
사회적 영향 (Societal Impact)	AI는 사회에 긍정·부정적인 효과를 동시에 야기	<ul style="list-style-type: none"> AI 의사결정의 잠재적 편견 설명 AI 시스템 설계 절충 이해 AI 기술 활용의 장단점 논의 	<ul style="list-style-type: none"> AI 의사결정의 잠재적 편견 영향 설명 AI 시스템을 포괄적으로 설계하는 방법 설명 	<ul style="list-style-type: none"> AI 시스템의 긍정적·부정적 영향의 비판적 탐색 사회적 이슈 해결을 위한 AI 시스템 설계

* AAAI(전미인공지능학회), CSTA(컴퓨터교사협회) 공동 인공지능 K-12 지침, 이은경(2020), 한국교육개발원(2020) 참고하여 수정함.

중국 정부는 2014년부터 AI를 산업 고도화 수단으로 인식하고 정부 차원에서 R&D, 산업화, 인재 양성 정책을 종합적으로 추진하고 있다. 유치원부터 대학교육까지 인공지능을 확산시키기 위해 2017년 Zhilong X 인공지능 교육을 시행하여 인공지능 교과서 33종의 보급과 교육 실험, 온라인 플랫폼 개발(www.fun-ai.org.cn), 시범학교 등을 통해 다양한 사례를 개발하였다(배병환, 안인희, 2018). 중국은 2030년을 목표로 인공지능 강국이 되기 위한 'AI 굴기(崛起)'에 박차를 가하고 있다(전소희, 2021). 일본 니혼게이자이(닛케이)는 2021년 8월 8일 미국 스탠포드대학 보고서를 인용해 2020년 학술지에 게재된 AI 논문 인용 실적에서 중국이 미국을 처음으로 역전했다고 보도한 바 있다. 중국에서 발행된 AI 논문을 인용한 비중이 20.7%로 미국의 19.8%를 상회하는 것으로 나타났다(김보겸, 2021).

저출산, 고령화 등 사회문제를 겪고 있는 일본도 국가 AI 전략을 수립하여 범부처 차원에서 경제·사회의 혁신을 도모하고 있다. 2019년 일본 교육개혁 주요 시책(2019.3.29.)을 발표하여 인공지능, 수리, 데이터 과학 교육을 제공하고, 리터러시 교육, 응용기초교육, 인재 양성을 구체적으로 실시하는 AI 전략을 발표하였다. 일본의 AI 전략은 Society 5.0¹⁾의 실현으로 다양한 포용과 지속 가능한 사회를 목표로 하고 있다(소프트웨어정책연구소, 2019).

대한민국 정부 또한 경제·사회 전반의 혁신 프로젝트로 2019년 12월 인공지능 국가전략을 수립하여 구체화 계획을 발표하였다. 교육부는 2020년 발표한 '정보교육 종합계획'에서는 『지능정보社会의 소양을 갖추고 세계를 선도하는 인재 양성』이라는 비전 아래 국민 모두의 AI 역량을 기르는 정보교육을 목표로 '교육과정 체계화, 미래형 교육 인프라 구축, 국가 인재 양성' 등을 제시하였다(교육부, 2020.5). 또한, 2025년부터 적용될 2022년 개정 교육과정에서는 초·중·고에 '인공지능 교육'을 정식 도입하고 '프로그래밍', 'AI 기초원리, AI 활용, AI 윤리' 등이 포함된다. 초·중·고에 수업자료를 보급하고 고등학교 진로 선택과목에 '인공지능 기초'와 '인공지능 수학'

1) Society 5.0이란, 일본의 제5기 과학기술기본계획(2015.12)에서 소개된 개념으로 AI, IoT(Internet of Things), 로봇 등 첨단기술이 사회에 구현되는 일본이 나가야 할 미래사회를 지칭한다.

초·중·고 교육분야의 인공지능(AI) 관련 해외 연구동향 분석

과목을 도입할 예정이다. ‘인공지능 기초’는 기술 발전에 따른 사회 변화를 올바르게 인식하고 인공지능에 대한 이해를 토대로 문제를 해결할 수 있는 역량을 체험과 함께 구성하였고, ‘인공지능 수학’은 수학의 유용성을 인식하고 인공지능의 기반이 되는 수학을 쉽게 이해할 수 있도록 구성하였다(교육부, 2020.11). 교원의 역량 강화를 위해서는 교육대학원을 활용하여 2025년까지 약 5,000명의 현직 교원을 대상으로 ‘인공지능 융합 교육 역량 강화’를 위한 재교육을 시행할 계획이다. <표 2>는 교육부가 2020년 9월 발표한 ‘교육과정’에 포함된 인공지능 기초 과목의 내용 체계를 미국 AI4K12의 5 Big Ideas의 핵심 개념과 매핑하여 제시한 것이다.

<표 2> 교육부 『인공지능 기초』 과목 내용 체계와 미국 AI4K12의 5 Big Ideas 비교

교육부 인공지능 기초 과목 내용 체계			미국 AI4K12
영역	핵심개념	내용 요소	5 Big Ideas 핵심개념
인공지능 이해	인공지능과 사회 인공지능과 에이전트	AI 개념과 특성, 기술의 발전과 사회 변화 지능 에이전트의 개념과 역할	
인공지능의 원리와 활용	인식 탐색과 추론 학습	센서와 인식, 컴퓨터 비전, 음성인식과 언어 이해 문제 해결과 탐색, 표현과 추론 기계학습, 딥러닝의 개념과 활용	인식 표현과 추론 학습
데이터와 기계학습	데이터 기계학습 모델	데이터의 속성, 정형 데이터, 비정형 데이터 분류 모델, 기계학습 모델 구현	자연스런 상호작용
인공지능의 사회적 역할	인공지능 영향력 인공지능 윤리	사회적 문제 해결, 데이터 편향성 윤리적 딜레마, 사회적 책임과 공정성	사회적 영향

*출처: 교육부 ‘인공지능 기초’ 교육과정 일부 발췌(2020.9.)

2. 선행연구

인공지능에 관한 연구는 국내외 연구동향, 인공지능 교육과 관련된 교육프로그램 개발, 해외사례 등을 중심으로 연구가 진행되고 있다.

황서이와 김문기(2019)는 2018년까지 1,691편의 국내 논문을 대상으로 인공지능 관련 연구를 분석하였다. 인공지능 연구는 2016년부터 활발한 연구가 진행되었고 9개의 토rix으로 분류할 수 있었는데, 인공지능과 일반, 인문학, 딥러닝과 플랫폼, 자율주행, 교육, 인식, 윤리, 자연어 생성, 저작권 순으로 연구가 진행된 것으로 나타났다. 심재권(2021)은 2020년까지 출간된 국내 논문 1,149편의 초등학교의 정보교육을 분석하였는데, 컴퓨팅 사고력, 소프트웨어교육, 인공지능교육으로 교육 트렌드가 변화되고 있다고 하였다. 김형욱과 문성윤(2020)은 Web of Science에서 artificial intelligence 와 education을 조합하여 416편의 문헌을 수집하고, 인공지능이 교육적으로 활용되는 것을 국가, 연구주제, 키워드, 인용횟수에 대한 네트워크 분석을 진행하였다. 분석결과, 미국, 영국, 중국을 중심으로 관련 연구가 많이 수행되었고, 2016년 이후 연구의 급격한 증가를 보였으며, 상위 출현빈도

저자 키워드는 e-learning, machine learning, intelligence tutoring system, robotics 등, 연관 키워드는 system, design, model, knowledge, technology 등으로 나타났다.

인공지능 교육프로그램 개발에 관한 연구는 김갑수(2019)가 인공지능이 가져오는 변화의 적응을 위해 초등교사의 역량 강화와 초등학교부터 인공지능 교육을 적용할 것과, 교육프로그램의 단계 구성을 인공지능 개념이해, 인공지능 도구의 인지와 적용, 인공지능 프로그램 적용과 체험으로 구분하여 제시하였다. 이영호(2021)는 초등학교 현장의 인공지능 융합 교육프로그램을 적용한 사례를 분석하여 사회, 기술, 윤리의 15차시 프로그램을 운영하여 보고하였다. 인공지능 프로그램 운영 후, 학습자의 인공지능에 대한 긍정적 태도와 문제해결력이 향상하였고 흥미와 만족도가 증가하였고, 초등학교 전 학년의 체계적인 수업에 대한 논의가 필요함을 제언하였다. 김수환 외(2020)는 인공지능 교육대상을 인공지능 사용자, 활용자, 개발자 3단계로 구분하였고, 초·중등 교육에서 인공지능 리터러시, 컴퓨팅 사고력 및 코딩 역량을 갖추고 문제를 해결할 수 있도록 인공지능 사용자와 활용자로의 교육이 필요함을 언급하였다. 한선관(2020b)은 인공지능 교육 프레임워크에서 인공지능 교육영역을 인공지능 기반 교육, 인공지능 이해 교육, 인공지능 활용 교육, 인공지능 융합 교육 4개의 영역으로 나누고 무엇보다 원리나 개념의 이해가 선행되어야 함을 제언하였다.

Guan, Mou, Jiang(2020)은 지난 20년간의 인공지능 및 딥러닝 기술을 교수 및 학습에 적용한 연구 기사를 저명한 저널에서 425건을 검색하여 교육에서 AI 기술의 역할 변화에 따라 4단계의 주요 연구 패러다임 전환이 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 2000-2009년에는 원격 교육의 보급으로 학교에서 온라인 교육의 구현 및 설계에 관한 연구 결과가 증가했고, VR은 교실에 생생한 경험을 제공하는 기술로 연구의 하위 주제로 등장했다. 2010-2019년에는 빅 데이터가 등장하여 개인화된 학습 설계를 지원하는 학생 프로파일링 모델 및 학습 분석에서 지배적인 초점이 되었다. 또한, 지난 수십 년 동안 AI 기반 교육을 연구하는 데 학습 결과가 중요하다는 것을 발견했는데 2000-2009년에 발표된 연구는 전체 AI 교육 환경 개발에 더 중점을 두었고, 2010년에서 2019년 사이는 AI 교육의 학습 결과에 더 중점을 두었다고 발표하였다.

AI를 이용한 도서관 서비스에 관한 국내 연구로는 김지현(2020)이 북미대학도서관의 IT 전문가와 인터뷰를 통하여 인공지능이 대학도서관에 미치는 영향과 이슈, 시사점을 조사하여 사서의 역할 변화와 재교육의 필요성, 정보시스템의 구축을 제안한 것이 있다. 곽우정과 노영희(2021)는 현재 도서관에서 제공하고 있는 딥러닝, 참고정보서비스 등 AI 서비스를 조사하여 AI 도서 맞춤 추천, 프로그램 추천, 실시간 배송 서비스 등 AI를 활용한 다양한 서비스 개발을 제안하였다.

선행연구를 종합해 보면 인공지능이라는 용어가 1956년 미국에서 처음 등장하였고, 최근 10여 년 동안 큰 발전과 성과가 있었고, 이것은 기존과는 다른 생산성과 효율성으로 교육, 사회경제 시스템, 산업, 고용과 노동, 진로와 직업에 이르기까지 혁명적 변화를 예견하고 있다. 따라서 미래의 우리 학생들이 변화에 대응하기 위해 어떤 교육을 받아야 하는지 구체적인 논의가 필요한

초 · 중 · 고 교육분야의 인공지능(AI) 관련 해외 연구동향 분석

시점이다. 따라서 본 연구에서는 초 · 중 · 고 교육단계별 인공지능 연구에 대한 해외동향을 살펴 변화를 관찰하고 우리나라 교육에 필요한 구체적인 시사점을 논의하고자 한다.

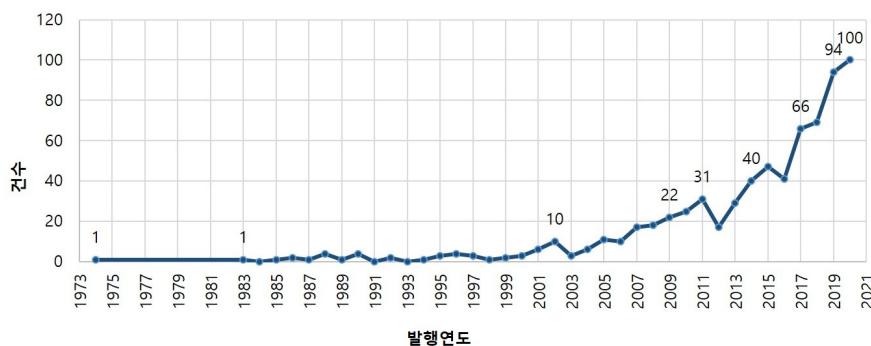
III. 연구 설계

1. 데이터 수집 및 전처리

본 연구는 SCOPUS 데이터베이스(www.scopus.com)를 대상으로 초 · 중 · 고와 관련된 AI 교육 해외동향을 파악하고자 초등학교, 중학교, 고등학교를 의미하는 elementary school, primary school, middle school, secondary school, high school과 artificial intelligence(인공지능)을 AND 식으로 조합하여 데이터를 수집하였다. 각 단계별 학교(school)를 지칭하는 단어에서 교육의 의미가 포함된 것으로 간주하고 education(교육)이라는 단어는 탐색어에서 제외하였다. 수집 결과 1974년부터 2021년 3월까지 발행된 논문 총 725건이 수집되었으며, 이중 학술지 논문은 154건, 컨퍼런스 논문은 571건이다. <표 3>과 <그림 1>은 본 연구에서 사용된 수집 문헌의 결과이다. 초 · 중 · 고 각각 수집된 문헌은 764건이나 중복 논문을 제외한 총 문헌 건수는 725건이며, 1974년 1건을 시작으로 2004년 10건, 2010년대 초반부터 가파른 증가세를 보이기 시작하며 2019년 94건, 2020년 100건의 발행 건수를 보이고 있다.

<표 3> 초 · 중 · 고 인공지능 관련 데이터 수집 결과

학교	발행 기간	건수
초등학교	1974~2021	191
중학교	1986~2021	211
고등학교	1983~2021	362
총계(중복제거)		725



<그림 1> 초 · 중 · 고 인공지능 관련 논문 발행 추이(SCOPUS 데이터베이스)

2. 분석방법

SCOPUS 데이터베이스에서 수집한 725건의 문헌을 대상으로 저자 키워드와 인덱스 키워드를 추출하고 단어 동시출현 네트워크를 구축하여 초·중·고 교육분야의 인공지능 연관어 분석을 수행하였다. 키워드를 추출할 때 저자 키워드와 시스템 키워드 두 가지를 모두 고려하였으므로, 저자 키워드와 시스템 키워드에 동시에 언급된 단어는 출현빈도가 2로 가중처리하였다. 문헌 수집 시 사용된 탐색어 artificial intelligence, artificial-intelligence, artificial intelligence(ai)는 불용어로 처리하였다. 추출된 고유키워드는 모두 4,521개이며, 초등학교와 인공지능이 1,582개 단어, 중학교와 인공지능이 1,578개 단어, 고등학교와 인공지능이 2,554개 단어를 포함하고 있는 것으로 나타났다.

IV. 분석 결과

1. 전체 데이터 결과

초·중·고 학급별 인공지능 관련 문헌에서 중복하여 수집된 논문을 제외한 총 725건의 문헌에서 추출된 고유키워드는 4,521개로 이 중 전체 문헌 데이터에 나타난 상위 50위 단어를 <표 4>에 정리하였다.

초·중·고 교육단계별 상위 출현단어를 비교해보면 일반적인 students, education, teaching 을 제외하고, 상위 10위에 있는 단어는 learning systems, education computing, computer aided instruction, computer science, curricula 순으로 나타났다. 상위 11~20위에 있는 단어는 computers, engineering education, e-learning, active learning, intelligent tutoring system(its), machine learning, problem solving, robotics가 있다.

<표 4> 인공지능 문서 빈도 상위 50위

순위	단어	빈도	순위	단어	빈도
1	students	308	26	human computer interaction (hci)	25
2	education	175	27	middle school	25
3	teaching	142	28	data mining	24
4	learning systems	112	29	educational robot	24
5	education computing	109	30	societies and institutions	23
6	computer aided instruction	91	31	virtual reality	23
7	high school student	80	32	junior high schools	22
8	high school	75	33	natural language processing	22
9	computer science	72	34	learning environments	21

초 · 중 · 고 교육분야의 인공지능(AI) 관련 해외 연구동향 분석

순위	단어	빈도	순위	단어	빈도
10	curricula	72	35	surveys	21
11	computers	63	36	robots	20
12	engineering education	62	37	knowledge based system	19
13	elementary schools	61	38	computational thinking	18
14	e-learning	57	39	primary and secondary school	18
15	active learning	48	40	computer programming	17
16	intelligent tutoring system (its)	45	41	semantics	17
17	machine learning	45	42	algorithms	15
18	problem solving	42	43	intelligent robots	15
19	middle school student	41	44	stem (science, technology, engineering and mathematics)	15
20	robotics	41	45	computer software	14
21	secondary school	36	46	game-based learning	14
22	decision support systems	35	47	knowledge representation	14
23	primary schools	35	48	collaborative learning	13
24	decision making	29	49	expert systems	13
25	natural language processing systems	28	50	forecasting	13

2. 초등학교와 인공지능

초등학교 분야의 인공지능 문헌(191편)에서는 students, elementary schools, education, teaching, primary schools 등 초등학교 교육 관련 일반적인 단어를 제외하면, learning systems, computer science, computers, education computing, computer aided instruction 순으로 출현 빈도가 높게 나타났다(〈표 8〉 참조). 〈표 5〉를 보면, computer science와 computer의 동시출현빈도가 25로 가장 높고, 상위 20위에서 learning systems와 관련된 students, elementary schools와 learning systems, education과 learning systems, e-learning과 learning systems 등 4개의 단어 쌍이 높은 동시출현빈도를 보인다.

〈표 5〉 초등학교 동시출현빈도 상위 20위 단어 쌍

순위	동시출현 단어 쌍	빈도	순위	동시출현 단어 쌍	빈도		
1	elementary schools	students	27	11	elementary schools	learning systems	11
2	computer science	computers	25	12	computer science	elementary schools	10
3	students	teaching	23	13	computers	elementary schools	10
4	education	students	22	14	education	learning systems	9
5	education	elementary schools	21	15	education	primary schools	9
6	education	teaching	20	16	primary schools	teaching	9
7	elementary schools	teaching	18	17	active learning	education	8
8	learning systems	students	17	18	e-learning	learning systems	8
9	e-learning	students	12	19	education	education computing	8
10	education computing	students	11	20	education	elementary schools	8

3. 중학교와 인공지능

중학교 분야의 인공지능 문헌(211편)에서는 students, middle schools, education, teaching, secondary school 등 중학교의 일반적인 단어를 제외하고 education computing, computer aided instruction, learning systems, curricula, e-learning 순으로 출현빈도가 높게 나타났으며(〈표 8〉 참조), 특이점은 데이터 관련 그리고 게임 관련 연구가 많이 이루어졌다는 점이다. Data mining, big data, game-based learning, game-based learning environments, computer games 등이 도출되었다. 〈표 6〉의 상위 20위 동시출현빈도에서는 education computing과 students가 동시출현빈도가 30으로 가장 높았으며, education과 education computing, computer aided instruction과 education computing, education computing과 middle school students 등 4개의 단어 쌍이 높은 동시출현빈도를 보인다.

〈표 6〉 중학교 동시출현빈도 상위 20위 단어 쌍

순위	동시출현 단어 쌍		빈도	순위	동시출현 단어 쌍		빈도
1	middle school student	students	33	11	secondary school	students	13
2	education	students	31	12	computer aided instruction	education	12
3	education computing	students	30	13	e-learning	students	12
4	computer aided instruction	students	23	14	education	secondary school	12
5	students	teaching	23	15	middle school	students	12
6	education	education computing	17	16	curricula	students	11
7	learning systems	students	17	17	engineering education	students	11
8	computer science	computers	14	18	computer aided instruction	intelligent tutoring system (its)	10
9	education	teaching	14	19	education	middle school student	10
10	computer aided instruction	education computing	13	20	education computing	middle school student	10

4. 고등학교와 인공지능

고등학교 분야의 인공지능 문헌(362편)의 논문에서는 students, high schools, education, teaching 등 고등학교의 일반적인 단어를 제외하고 education computing, learning systems, curricula, computer aided instruction, engineering education 순으로 나왔으며(〈표 8〉 참조),

초 · 중 · 고 교육분야의 인공지능(AI) 관련 해외 연구동향 분석

특이점은 초 · 중등과 달리 논문의 편수가 가장 많고 내용도 폭넓고 다양하게 연구가 이루어졌다 는 점이다. <표 7>의 동시출현빈도에서는 상위 20위에서 education computing과 students가 동시출현빈도 42로 가장 높았으며, computer aided instruction과 education computing, education 과 education computing, education computing과 high school students가 4개의 쌍으로 가장 많이 출현하였다. Intelligent tutoring system(its), curricula 등 초 · 중과 비교하였을 때 연구가 다양하게 이루어진 것을 확인할 수 있다.

〈표 7〉 고등학교 동시출현빈도 상위 20위 단어 쌍

순위	동시출현 단어 쌍		빈도	순위	동시출현 단어 쌍		빈도
1	education	students	55	11	high school	students	22
2	high school student	students	52	12	active learning	students	21
3	students	teaching	52	13	computer aided instruction	education computing	21
4	education computing	students	42	14	education	education computing	21
5	education	teaching	40	15	education computing	high school student	21
6	learning systems	students	39	16	curricula	teaching	20
7	curricula	students	38	17	active learning	education	19
8	engineering education	students	31	18	active learning	teaching	19
9	computer aided instruction	students	28	19	engineering education	teaching	19
10	computer aided instruction	intelligent tutoring system (its)	25	20	intelligent tutoring system (its)	students	19

5. 초 · 중 · 고 인공지능 교육 종합 비교

초 · 중 · 고를 비교하기 위해 상위 단어 30개를 <표 8>과 같이 정리하였다. 초 · 중 · 고의 연구는 차이가 있었다. <표 8>을 보면 초 · 중 · 고로 갈수록 높아지는 단어는 curricula, engineering education, intelligent tutoring system(its), natural language processing systems가 있었다. 초 · 중 · 고로 갈수록 낮아지는 단어는 computer science, human computer interaction(hci)이 있었다. 초등교육에서는 로봇을 활용한 교육(robotics, robots, intelligent robot, social robot 등)과 과학의 원리 등을 배울 수 있는 주제들(milling machine, wind power, water purification, water recycling 등)에서 인공지능 교육이 활용되고 있음을 발견할 수 있었다. 중학교에서는 수학 관련 교과목(geometry, algebra 등)과 컴퓨팅 사고(computational thinking), 게임기반 학습(game-based learning), 문제 해결(problem solving) 등에 인공지능 교육을 주로 접목하고 있음을 알 수 있었다. 고등학교에서는 고등교육 이상에서 적용하고 있는 STEM(science, technology,

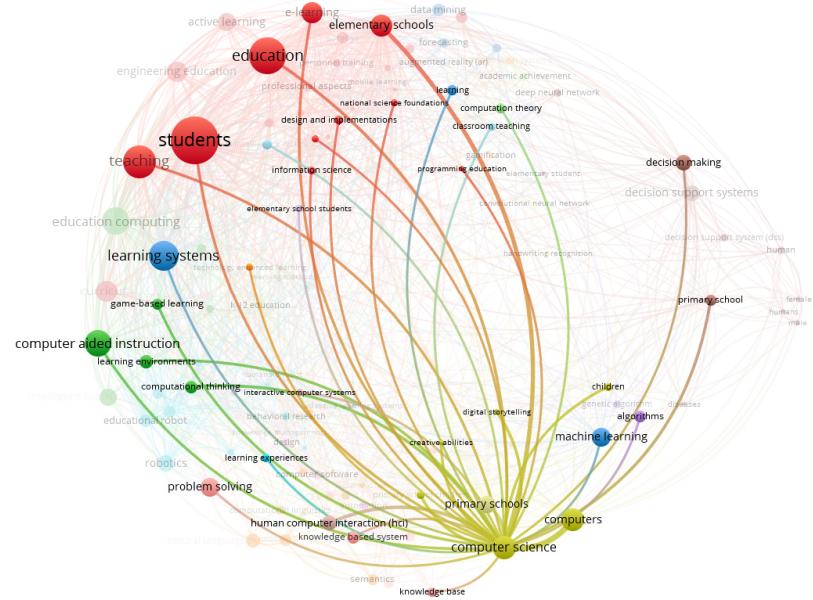
engineering and mathematics) (Kuenzi, 2008) 과 관련된 분야의 용어가 등장하는 것을 발견할 수 있다. 즉, computer programming, ubiquitous computing, virtual reality, machine learning 등 STEM 교육과 밀접한 단어들이 발견되었다.

〈표 8〉 초·중·고 별 인공지능 상위 30위

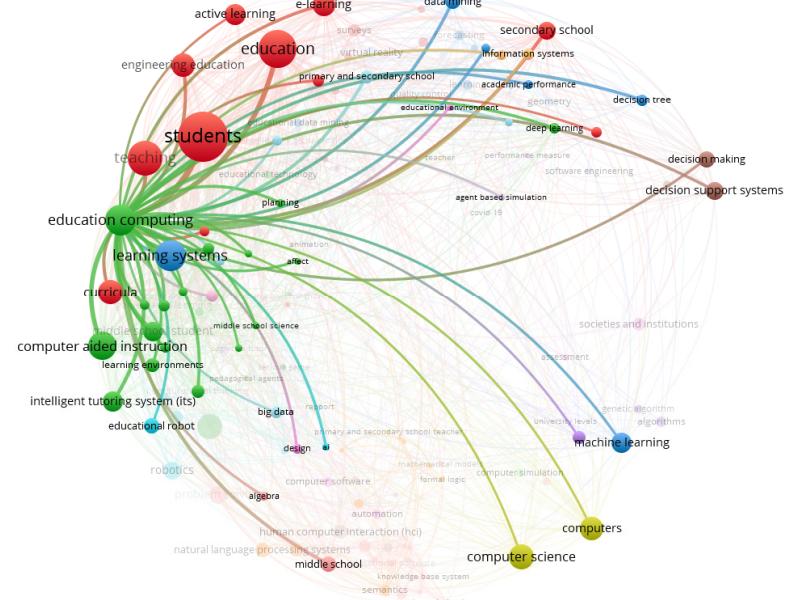
순위	초등학교	빈도	중학교	빈도	고등학교	빈도
1	students	62	students	96	students	170
2	elementary schools	61	education	51	education	86
3	education	49	middle school student	41	high school student	80
4	teaching	44	education computing	39	teaching	77
5	primary schools	35	secondary school	36	high school	75
6	learning systems	30	teaching	36	education computing	59
7	computer science	28	computer aided instruction	34	learning systems	59
8	computers	28	learning systems	30	curricula	46
9	education computing	19	middle school	25	computer aided instruction	41
10	computer aided instruction	17	curricula	21	engineering education	41
11	e-learning	17	e-learning	20	active learning	31
12	educational robot	14	computer science	18	intelligent tutoring system (its)	29
13	active learning	13	primary and secondary school	18	robotics	28
14	decision support systems	13	engineering education	17	computer science	27
15	primary school	13	computers	16	e-learning	26
16	machine learning	12	problem solving	13	machine learning	24
17	engineering education	11	intelligent tutoring system (its)	12	problem solving	23
18	robotics	11	machine learning	10	junior high schools	22
19	robots	11	computational thinking	9	computers	21
20	human computer interaction (hci)	10	data mining	9	decision support systems	21
21	decision making	9	game-based learning	9	societies and institutions	18
22	problem solving	9	robotics	9	natural language processing systems	17
23	curricula	8	big data	8	decision making	16
24	intelligent robots	8	game-based learning environments	8	virtual reality	15
25	natural language processing systems	7	human computer interaction (hci)	8	data mining	12
26	children	6	semantics	8	natural language processing	12
27	human	6	virtual reality	8	surveys	12
28	primary school children	6	decision making	7	computer programming	11
29	semantics	6	learning environments	7	educational robot	10
30	surveys	6	active learning	6	intelligent systems	10

초 · 중 · 고 교육분야의 인공지능(AI) 관련 해외 연구동향 분석

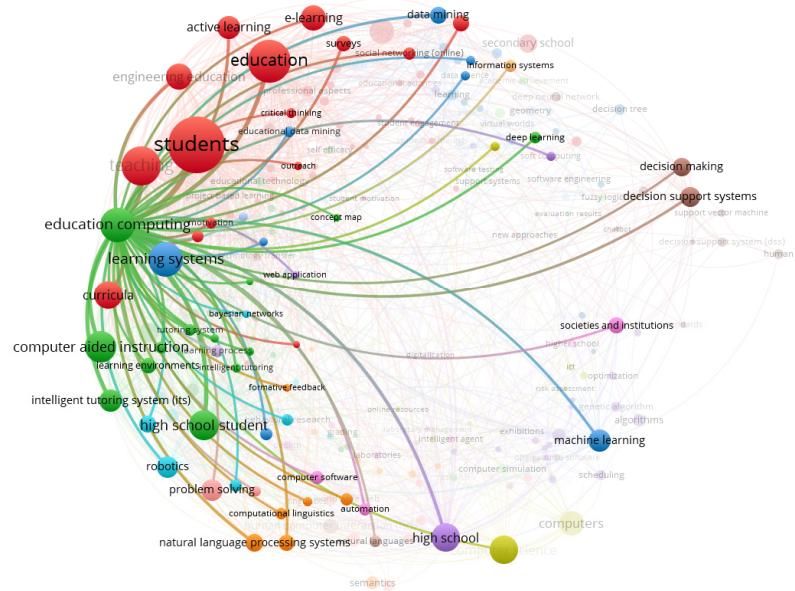
(a) 초등학교



(b) 중학교



(c) 고등학교



〈그림 2〉 초 · 중 · 고 인공지능 관련 문헌의 단어 동시출현 네트워크 비교

〈그림 2〉는 학교급별 출현빈도가 가장 높은 단어를 강조하여 시각화한 것이다. 초 · 중 · 고 교육단계에 따라 동시출현 단어의 위치를 같게 하여 변화를 살펴볼 수 있도록 한 면에 넣어 구성하였다. 초등은 computer science와 computer의 동시출현빈도가 가장 높았고, 중 · 고등은 education computing과 students가 가장 높게 나타났다. 같은 단어지만 중등보다 고등은 다양한 연구 키워드를 그림에서 확인할 수 있다.

V. 논의 및 시사점

미국 AI4K12에서 제시한 5 Big Ideas와 교육부의 ‘인공지능 기초’ 교육과정의 내용 체계에서 제시한 핵심개념과 본 연구에서 도출한 초 · 중 · 고 상위 50단어를 매핑하여 제시하면 〈표 9〉와 같다.

5 Big Ideas에서는 K-12를 K-2(유), K3-5(초), K6-8(중), K9-12(고) 단계별로 성취기준을 제시하고 있으나(〈표 1〉 참조), 2020년 9월 발표된 우리나라 교육과정에서는 고등학교에서만 진로 선택 과목으로 ‘인공지능 기초’와 ‘인공지능 수학’ 과목의 지침을 제공할 뿐이다. ‘인공지능 수학’은 수학기호, 확률, 함수 등 인공지능과 관련된 수학으로 이번 연구와 적용점이 없어 비교대상에서 제외하였다. 인공지능이 구현되는 ‘자연스러운 상호작용’ 개념이 우리나라 ‘인공지능 기초’ 교육과정에는 없었고

초 · 중 · 고 교육분야의 인공지능(AI) 관련 해외 연구동향 분석

반면 5 Big Ideas의 학습을 세 부분으로 나누어 우리나라 교육부의 데이터와 기계학습 부분과 매핑하였다.

5 Big Ideas의 성취기준의 측면에서 볼 때 K-12 단계에 인공신경망을 제외한 핵심 주제들이 포함되어 있었고, K-5 단계에서는 AI 관련 핵심 주제 이해를 위한 활동과 탐색 과정을 거치고 있었다. K6-8 단계에서는 추론에 의한 모델 설계 및 간단한 머신러닝과 인공신경망 훈련이 이루어진다. K9-12 단계에서는 머신러닝과 인공신경망 실습 등 복잡한 기술의 구현 및 설계가 이루어진다(이은경, 2020: 한국교육개발원, 2020: AI4K12, 2021).

본 연구의 결과와 교육 관련 연구 동향 선행연구들의 결과와 비교하여 추가적인 논의를 하고자 한다. 앞선 선행연구에서 심재권(2021)은 초등 정보교육 연구 트렌드가 컴퓨팅 사고력, 인공지능 교육으로 변화되고 있음을 보고하였는데 본 연구에도 동일한 결과가 도출되었다. 국외 문헌을 대상으로 한 김형욱과 문성윤(2020)의 연구에서 도출된 저자 키워드 e-learning, machine learning, intelligence tutoring system, robotics는 본 연구의 상위 단어에 모두 포함되어 나타났다. Guan, Mou, Jiang(2020)의 연구에서 AI 기술의 역할 변화에 따라 4가지 주요 연구 패러다임 전환을 확인하며 2010-2019년에 빅 데이터가 등장하여 개인화된 학습 설계를 지원하는 학생 프로파일링 모델 및 학습 분석에서 지배적인 초점이 되었다고 보고하였는데, 본 연구에서도 최근에 이루어진 연구로 machine learning을 주축으로 big data, data mining, data science, deep learning이 있음을 도출하였다.

인공지능의 교육이 초 · 중 · 고 에서 시의적절하게 이루어지기 위해서는 무엇보다 교육의 방향과 지침이 정확히 구현될 수 있도록 노력해야 할 것이다. 해외에서는 학교급별로 〈표 9〉와 같이 주요 연구 키워드가 다르게 이루어지고 있었다. 공교육의 시발점인 초 · 중 · 고에서 학교급별로 특색 있는 교육이 이루어질 필요가 있음을 연구 결과는 시사하고 있다.

**〈표 9〉 초 · 중 · 고 상위 50 단어를 바탕으로 한 5 Big Ideas(미국),
인공지능 기초 교육과정(교육부) 내용 체계 비교**

미국 AI4K12 5 Big Ideas 핵심개념	상위 50 단어 결과			대한민국 교육부	
	초등학교(K3-5)	중학교(K6-8)	고등학교(K9-12)	인공지능 기초 핵심개념	영역
computers, computing, computer science, engineering education, learning environments, education, learning systems					인공지능과 사회
learning experiences, semantics, teaching and learning	computer software, educational software, semantics	automation, computer software, learning algorithms, stem (science, technology, engineering and mathematics)			
educational robot, intelligent tutoring system (its), robotics					인공지능 이해
intelligent robots, robots, social robot,	artificial intelligence technologies, intelligent robots, robots	intelligent systems, robot programming			

미국 AI4K12	상위 50 단어 결과			대한민국 교육부	
5 Big Ideas 핵심개념	초등학교(K3-5)	중학교(K6-8)	고등학교(K9-12)	인공지능 기초 핵심개념	영역
인식	augmented reality(ar), computational thinking	virtual reality	virtual reality	인식	인공지능 원리와 활용
표현과 추론	algorithms, decision support systems, problem solving information systems			탐색과 추론	
	deep learning, computer programming, computational thinking	computer programming, forecasting			
학습	active learning, curricula, education, e-learning, teaching			학습	인공지능 원리와 활용
	algebra, computer games, game-based learning, game-based learning environments, geometry	application programs, computer science education, geometry, learning process, professional aspects			
학습: 데이터	natural language processing			데이터	데이터와 기계학습 모델
	natural language processing systems, knowledge representation	data mining, big data, educational data mining, knowledge representation	natural language processing systems, data mining, natural languages		
학습: 기계학습 모델	decision making, machine learning			기계학습 모델	데이터와 기계학습 모델
	classification(of information), deep neural network	classification (of information), decision tree	computational linguistics		
자연스러운 상호작용	computer aided instruction, knowledge based system				인공지능의 인공지능의 사회적 역할
	collaborative learning, human computer interaction(hci)	collaborative learning, human computer interaction(hci)	behavioral research		
사회적 영향		societies and institutions	societies and institutions	인공지능 영향력 인공지능 윤리	인공지능의 사회적 역할
기타	academic achievement, surveys	surveys	scheduling, surveys	기타	

VI. 결 론

AI 국가전략을 세우며 미국, 중국, 일본의 나라들은 인재 양성과 교육의 필요성을 가장 최우선에 두고 있다. 본 연구는 AI 교육을 직접적으로 시행하는 공교육의 출발점인 초·중·고를 대상으로 SCOPUS 데이터베이스 문헌을 수집하여 초·중·고 인공지능에 대한 해외동향을 살펴 변화를 관찰하고 분석하여 우리나라 교육에 필요한 것이 무엇인지 살펴보고자 하였다. 연구 결과를 정리하면 아래와 같다.

첫째, 상급 학교로 올라갈수록 연구가 폭넓게 전문적이며 다양한 것을 알 수 있었다. 중복 논문을 제외한 총 문헌 건수는 725건으로 추출된 키워드는 4,521개이며, 이중 초등학교와 인공지능이 191건의 논문에 1,582개 단어, 중학교와 인공지능이 211건의 논문에 1,578 단어, 고등학교와 인공

지능이 362건의 논문에 2,554개 단어를 포함하고 있었다.

둘째, 초·중·고 학급별 인공지능 관련 연구가 어떻게 진행되고 있는지 알아보기 위해 단어를 비교해보면 모두 상위에 있는 단어는 learning systems, education computing, computer aided instruction, computer science, machine learning이 있으며, 초·중·고로 갈수록 높아지는 단어는 curricula, engineering education, intelligent tutoring system(its), natural language processing systems가 있었다. 초·중·고로 갈수록 낮아지는 단어는 computer science, human computer interaction(hci)이 있음을 알 수 있었다.

셋째, 초·중·고의 연구는 차이가 있었다. 초등에서는 증강현실, 중·고등에서는 가상현실 연구가 더 많이 이루어졌다. 초등은 로봇 관련 연구가 많이 있었으며, 중등의 연구는 게임에서 computer games, game-based learning, game-based learning environments 초등, 고등과 확연히 차이가 있었으며, 데이터 관련에도 big data, data mining, educational data mining에서 차이가 있었다. 고등 연구에서는 application programs, computational linguistics, learning algorithms, professional aspects 등의 연구가 이루어져 초·중등보다 심도 있는 연구가 이루어짐을 알 수 있었다.

넷째, 최근에 이루어진 연구가 무엇인지 알 수 있었다. Machine learning을 주축으로 big data, data science, data mining, deep learning이 있고, computational thinking, stem(science, technology, engineering and mathematics) 등이 있었다. 인공지능 논문은 2019년 94건, 2020년 100건의 발행 건수를 보여 최근 연구가 주축을 이루고 있었다.

AI는 다양한 분야로 전개할 수 있으므로 초·중·고의 교육 과목과의 적용 등 연구들이 이루어질 필요가 있다. 연구 결과에서 살펴보았듯이 초·중·고간 인공지능에 대한 주요 연구 키워드가 다르게 나타나 인공지능 교육을 진행함에 학교급에 맞는 특색 있는 교육이 이루어질 필요가 있음을 연구 결과는 시사하고 있다.

본 연구는 미래의 우리 학생들은 변화에 대응하며 어떤 교육을 받아야 하는지 준비가 필요한 시점에 초·중·고를 함께 분석한 것이 앞선 연구들과 차별점이나 해외만을 한정하여 연구한 것이 연구의 한계로 제시될 수 있는바 향후 후속 연구로 KCI 등재된 초·중·고 교육분야 관련 국내논문과 동향을 비교하는 연구도 이루어질 필요가 있다.

참 고 문 헌

과학기술정보통신부 (2019). 인공지능(AI) 국가 전략 : IT 강국을 넘어 AI 강국으로. 출처:

<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156366736>

곽우정, 노영희 (2021). 도서관의 인공지능(AI) 서비스 현황 및 서비스 제공 방안에 관한 연구.

- 한국도서관·정보학회지, 52(1), 155-178.
- 교육부 (2015). 2015 개정 교육과정 원문 및 해설서. 고등학교(2020.9.) 실과(기술·가정)/정보과. 출처: <http://www.ncic.go.kr/mobile.dwn.ogf.inventoryList.do>
- 교육부 (2020. 11. 20.). 인공지능시대 교육정책 방향과 핵심과제. 정책브리핑. 출처: <https://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=39237>.
- 교육부 (2020. 5. 26.). 과학-수학-정보-융합 교육 종합계획. 교육부 보도자료. 출처: <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156392196>
- 교육부 (2020. 9. 11.). 초중등학교 교육과정 고시문(제2020-236호). 출처: <http://www.ncic.go.kr/mobile.dwn.ogf.inventoryList.do>
- 김갑수 (2019) 초등 교사들을 위한 인공지능 교육 프로그램 개발 및 적용. 정보교육학회논문지, 23(6), 629-637.
- 김보겸 (2021. 8. 8.). 중국, AI 연구서 미국 제쳤다. 이데일리. 출처: <https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01823686629145352&mediaCodeNo=257>
- 김수환, 김성훈, 김현철 (2019). 해외 인공지능 교육동향과 학습도구 분석. 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, 23(2), 25-28.
- 김수환, 김성훈, 이민정, 김현철 (2020). K-12 학생 및 교사를 위한 인공지능 교육에 대한 고찰. 컴퓨터교육학회 논문지, 23(4), 1-11.
- 김용민 (2019). 주요 국가별 인공지능(AI) 인력양성 정책 및 시사점. 한국보건산업진흥원.
- 김지현 (2020). 인공지능(AI)을 이용한 도서관서비스 연구 - 북미 대학도서관을 중심으로. 한국 도서관·정보학회지, 51(4), 231-247.
- 김형욱, 문성윤 (2020). R 매핑을 이용한 인공지능의 교육적 활용 탐색 - 국외문헌 분석을 중심 으로. 정보교육학회논문지, 24(4), 313-325.
- 배병환, 안인희 (2018). 중국 인공지능 정책 분석 및 시사점. 정보통신기획평가원. 출처: <https://www.itfind.or.kr/WZIN/jugidong/1836/file7037441854154225446-183602.pdf>
- 소프트웨어정책연구소 (2019). 일본의 인공지능 전략 동향: AI 전략 2019. 출처: https://spri.kr/posts/view/22689?code=industry_trend.
- 심재권 (2021). 토픽모델링을 활용한 국내 초등 정보교육 연구동향 분석. 정보교육학회논문지, 25(2), 347-354.
- 이영호 (2021). 인공지능 융합 교육 프로그램 개발 및 효과성 분석. 정보교육학회논문지, 25(1), 71-79.
- 이은경 (2020). 국내외 초중등학교 인공지능 교육과정 분석. 컴퓨터교육학회 논문지, 23(1), 37-44.
- 전보희 (2021). 중국의 인공지능 산업 동향 및 시사점. 국제무역통상연구원. 출처:

초·중·고 교육분야의 인공지능(AI) 관련 해외 연구동향 분석

- http://iit.kita.net/newtri2/report/iitreporter_view.jsp?sNo=2219&sClassification=5
- 전인성, 김수환, 송기상 (2021). 국내 인공지능 교육 정책 동향 및 기관별 운영 현황 분석. *한국 컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집*, 25(1(A)), 99-103.
- 한국교육학술정보원 (2020). KERIS와 시작하는 인공지능 교육. *한국교육학술정보원*.
- 한선관 (2020a). 인공지능과 교육, 무엇을 준비해야 하는가. *교육정책포럼*, 한국교육개발원.
- 한선관 (2020b). 인공지능과 교육프레임워크. *인공지능교육학회*.
- 황서이, 김문기 (2019). 국내 인공지능분야 연구동향 분석 - 토픽모델링과 의미연결망분석을 중심으로-. *한국디지털 콘텐츠학회 논문지*, 20(9), 1847-1855.
- Baker, T. & Smith, L. (2019). Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges. Retrieved from Nesta Foundation. Available: https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf.
- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial intelligence trends in education: a narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16-24.
- China FUN AI. (2021, August 5) Available: <http://www.fun-ai.org.cn/lms/index/>
- Guan, C., Mou, J., & Jiang, Z. (2020). Artificial intelligence innovation in education: a twenty-year data-driven historical analysis. *International Journal of Innovation Studies*, 4, 134-147.
- Kuenzi, Jeffrey J. (2008). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: background, federal policy, and legislative action. Congressional Research Service Reports, 35.
- McCarthy, J. (2004). What is Artificial Intelligence? Computer Science Department Stanford University. Available: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/>
- Nilsson, N. J. (1998). *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- Popenici, S., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12-22.
- Tuomi, I. (2018). *The Impact of Artificial Intelligence on Learning, Teaching, and Education*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- UNESCO (2019). *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*. UNESCO Working Papers on Education Policy, no. 7.
- USA AI4All Open Learning (2021, August 5). Available: <http://ai-4-all.org/open-learning>

USA AI4K12 (2021, August 5). Available: <https://ai4k12.org/>

USA ReadyAI Lab (2021, August 5). Available: <https://edu.readyai.org>

• 국한문 참고문헌의 영문 표기

(English translation / Romanization of references originally written in Korean)

- Bae, Byeong-Hwan & Ahn, In-Hye (2018). Analysis of China's Artificial Intelligence Policy and its Implications. Information and Communication Opportunity Assessment Service. Available:
<https://www.itfind.or.kr/WZIN/jugidong/1836/file7037441854154225446-183602.pdf>
- Han, Seon-Kwan (2020a). Artificial Intelligence and Education, What Should I Prepare? Education Policy Forum, Korea Educational Development Institute.
- Han, Seon-Kwan (2020b). Artificial Intelligence and Educational Frameworks. Artificial Intelligence Education Association.
- Hwang, SeoI & Kim, Mun-Ki (2019). An analysis of artificial intelligence (A.I.)_related studies' trends in Korea focused on topic modeling and semantic network analysis. Journal of Digital Contents Society, 20(9), 1847-1855.
- Jeon, Bo-hee (2021). China's Artificial Intelligence Industry Trends and Implications. International Trade Institute. Available:
http://iit.kita.net/newtri2/report/iitreporter_view.jsp?sNo=2219&sClassification=5
- Jeon, In-seong, Kim, Soo-hwan, & Song, Ki-sang (2021). Analysis of artificial intelligence education policy trends and educational institution's operation status in Korea. The Korean Association Of Computer Education, 25(1(A)), 99-103.
- Kim, Bo-Gyeom (2021, August 8). China overtakes the US in AI research. Edaily. Available:
<https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01823686629145352&mediaCodeNo=257>
- Kim, Hyung-Uk & Mun, Seong-Yun (2020). Exploring the educational use of artificial intelligence based on R mapping: focusing on foreign publication analysis results Journal of The Korean Association of Information Education, 24(4), 313-325.
- Kim, Ji-Hyun (2020). A study on library service using artificial intelligence: focused on North American University Libraries. Journal of Korean Library and Information Science Society, 51(4), 231-247.
- Kim, Kapsu (2019). An artificial intelligence education program development and application

초·중·고 교육분야의 인공지능(AI) 관련 해외 연구동향 분석

- for elementary teachers. Journal of The Korean Association of Information Education, 23(6), 629-637.
- Kim, Soohwan, Kim, Seonghun & Kim, Hyeoncheol (2019). Analysis of international educational trends and learning tools for artificial intelligence education. The Korean Association of Computer Education, 23(2), 25-28.
- Kim, Soohwan, Kim, Seonghun, Lee, Minjeong, & Kim, Hyeoncheol (2020). Review on artificial intelligence education for K-12 students and teachers. The Journal of Korean Association of Computer Education, 23(4), 1-11.
- Kim, Yongmin (2019). Artificial Intelligence (AI) Manpower Nurturing Policies and Implications by Major Countries. Korea Health Industry Promotion Agency.
- Korea Education and Research Information Service (2020). AI Education Starting with KERIS. Korea Education and Research Information Service.
- Kwak, Woojung & Noh, Younghie (2021). A study on the current state of the library's AI service and the service provision plan. Journal of Korean Library and Information Science Society, 52(1), 155-178.
- Lee, Eunkyoung (2020). A comparative analysis of contents related to artificial intelligence in national and international K-12 curriculum. The Journal of Korean Association of Computer Education, 23(1), 37-44.
- Lee, Youngho (2021). Development and effectiveness analysis of artificial intelligence STEAM education program. Journal of The Korean Association of Information Education, 25(1), 71-79.
- Ministry of Education (2015). 2015 Revised Curriculum Text and Commentary. High School (2020.9) Practical Course (Technology/Home)/Information Department. Available: <http://www.ncic.go.kr/mobile.dwn.ogf.inventoryList.do>
- Ministry of Education (2020, May 26). Science-Mathematics-Information-Convergence Education Comprehensive Plan. Available: <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156392196>
- Ministry of Education (2020, November 20). Education Policy Direction and Core Tasks in the Age of Artificial Intelligence. Available: <https://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=39237>.
- Ministry of Education (2020, September 11). Elementary and Secondary School Curriculum Notice (No. 2020-236). Available: <http://www.ncic.go.kr/mobile.dwn.ogf.inventoryList.do>

Ministry of Science and ICT (2019). Artificial Intelligence (AI) National Strategy : From an IT Powerhouse to an AI Powerhouse. Available:
<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156366736>

Shim, Jaekwoun (2021). Analysis of research trends in elementary information education in Korea using topic modeling. Journal of The Korean Association of Information Education, 25(2), 347-354.

Software Policy & Research Institute (2019). Artificial Intelligence Strategy Trend in Japan: AI Strategy. 2019. Available: https://spri.kr/posts/view/22689?code=industry_trend.