

수학교육에서 인공지능 활용 가능성

박 만 구 (서울교육대학교, 교수)

이 연구의 목적은 국내외 인공지능을 활용한 수학교육 서비스의 주요 기능과 인공지능의 활용 가능성을 알아보는 것이다. 이 연구를 위해 최근 5년 이내에 발행한 자료를 중심으로 출판물 및 인터넷에서 “인공지능”, “人工知能”, “Artificial Intelligence” “AI”, “수학교육”의 키워드를 독립적으로 또는 조합하여 검색하면서 관련 논문 및 보고서 그리고 인터넷 자료 등을 수집하여 분석하였다. 연구 결과, 수학교육을 위한 인공지능 서비스는 대부분 학습자의 개인별 수학 맞춤형 학습을 지원하고, 인간 수학 교사를 지원하기 위한 보조적인 역할로 규정하며, 인지적인 측면뿐만 아니라 정의적인 측면의 기술을 고도화하고 있었다. 제언으로, 정교한 수학 계통체계의 구축을 위한 연구, 인공지능 기술을 발굴하여 수학교육에 활용하는 방안, 인공지능 활용을 위한 양질의 수학 콘텐츠를 개발, 수학교육을 위한 클라우드 기반의 종합 시스템 구축과 운영이 필요함을 주장하였다.

I. 서론

인공지능을 기반으로 한 자율주행 등 이전에 상상으로만 생각할 수 있었던 많은 일들이 현재 현실에서 이루어져 가고 있다. 현재 자율주행 차가 복잡한 도로에서도 인간이 하는 것 이상으로 안전하게 무인 운전을 하는 단계로 진입하고 있고, 인터넷 물류 최대 회사인 아마존 등은 빅데이터를 기반으로 고객의 취향이나 요구 등을 분석하여 선제적으로 상품을 추천하는 등 모든 산업 분야에서 인공지능을 기반으로 한 자동화와 고도화가 이루어지고 있다. 인공지능의 활용은 산업에서의 이러한 변화뿐만 아니라 의료, 제약, 광고, 재무관리, 홈오토메이션 등 거의 분야의 생태계를 변화시키고 있다(Business Insider, 2019; European Parliament, 2020; Kiger, 2019; OECD, 2019a) 당연히 교육 분야에서도 이전의 인간 교사들만이 할 수 있었던 시험 문제 출제나 채점 등을 인공지능을 활용하여 교육에 활용하는 시도들이 일어나고 있다(Lee, 2020).

인공지능(人工知能, Artificial Intelligence[AI])에 대하여 유럽의 의회의 보고서는 “자신의 환경을 분석하고 어느 정도 자율성을 가지고 구체적인 목표를 달성하기 위해 조치를 취함으로써 지능적인 행동을 보이는 시스템”(p.1)이라고 정의하고 있다. 쉽게 말하여 인간의 지능과 유사한 기능을 하는 알고리즘을 기반으로 하는 자율적 작동 시스템이라고 할 수 있다. Kurzweil(2005)은 인공지능의 기술이 급속도로 발전하여 2045년에는 모든 인류의 지성을 합친 것보다 더 뛰어난 초인공지능이 출현하는 기술적 특이점(technological singularity)이 온다고 주장하였다. 더욱이 COVID-19와 같은 호흡기 전염병으로 인하여 인간의 삶의 활동은 위축이 되고 언컨택트가 새로운 일상이 되어 가고 있다.

앞으로의 사회는 모든 분야에서 인공지능의 영향을 받게 될 것이다. 교육이라고 하여 예외일 수는 없다(조성현, 2020). 교육도 온라인을 통한 언택트 교육이 일상화되고 있어 인공지능의 기능은 더욱 빠른 속도로 고도화

* 접수일(2020년 12월 4일), 심사(수정)일(2020년 12월 16일), 게재확정일자(2020년 12월 22일)

* ZDM분류 : U10, D70

* MSC2000분류 : 97U70, 97D40

* 주제어 : 수학교육, 인공지능, 활용

1) 이 연구는 2020년도 서울교육대학교 교내 연구비에 의하여 연구되었음.

해 갈 것이다. 이런 흐름에 발맞추어 교육부(2020)에서 발표한 제3차 수학교육발전방안에서도 AI를 활용하여 전반적인 학습시스템을 바꾸고 각 학생들에게 맞춤형 학습을 지원할 계획을 가지고 있다. 따라서 앞으로 인공지능의 활용이 증가하면서 전통적인 수학 교수·학습 방법에 영향을 주게 될 것이다.

우리나라의 초등학교나 중학교 학생 모두 The Trends in International Mathematics and Science Study(TIMSS)나 Programme for International Student Assessment[PISA]와 같은 국제연구에서 수학성취도는 매우 높은 반면, 수학에 대한 태도는 일관되게 매우 부정적으로 나타난다(Organization for Economic Cooperation and Development[OECD], 2019b; TIMSS and PIRLS International Study Center, 2016). 이 부정적인 태도는 여러 요인이 있겠지만, 수학 학습의 과정에서 학생들이 자기의 수준보다 수학의 수준이 더 높아서 더 이상 수학 공부하는 것을 포기하게 하는 요인이 있을 수 있다. 앞으로의 수학교육은 인공지능을 활용하여 학생의 수학 수준을 자동으로 진단하고, 학습자의 수학 수준과 취향을 고려하여 개인별 맞춤형 학습이 가능하도록 할 것이다. 인공지능의 기술은 학생들로 하여금 자료의 접근이나 시공간을 초월하여 학습이 가능하도록 할 것이다.

이 연구에서는 인공지능을 활용한 수학교육이 전통적인 수학교육에서 겪는 어려움을 극복하는데 도움이 될 수 있다고 보고(Chassignol, Khoroshavin, Klimova, & Bilyatdinova, 2018), 수학교육을 위한 국내외의 대표적인 인공지능의 활용 사례를 살펴보았다. 그리고 수학교육에서 인공지능 활용 가능성에 대한 제안을 하였다.

II. 이론적 배경: 수학교육에서 인공지능의 활용 연구

인공지능 기술의 발달과 함께 인공지능이 교육에 기여할 수 있는 일들이 많아졌다. 수학교육에서는 주로 단일의 Geogebra, Geometer's Sketchpad, Algeomath 등을 활용한 소프트웨어나 일부 공학도구를 활용에 관심이 있었으나, 최근에 들어서는 국내외에서도 인공지능과 관련된 연구들이 나오기 시작하고 있다(Boxima et al., 2020; Goksel & Bozkurt, 2019; Voskoglou & Salem, 2020; 김홍겸, 박창수, 정시훈, 고희경, 2018; 박만구 외, 2020; 신동조, 2020a, 2020b; 이지혜, 허난, 2018).

해외의 연구로, Goksel과 Bozkurt(2019)는 인공지능은 우리 삶의 일상의 일부가 되어 교육을 비롯한 우리 삶의 모든 측면에 영향을 주고 있다고 주장하였다. 그들은 아직은 인공지능이 걸음마 단계이지만 시간이 지날수록 AI가 어떻게 진화하는지 미개척 잠재력을 탐색하였다. 이들은 자연어 처리, 머신러닝, 딥러닝 등 다양한 맥락에서 AI에 대한 현재의 통찰력과 향후 관점을 논의하였다. 이를 위해 교육적 관점에서 소셜네트워크 분석(SNA)을 AI 연구의 핵심 개념을 해석하는 가이드로 활용하였다. 이들은 적응 학습, 개인화 및 학습 스타일, 전문가 시스템 및 지능형 튜터 시스템, 교육 과정의 미래 구성 요소 등에 대한 AI의 광범위한 주제를 논의하였다.

Voskoglou와 Salem(2020)은 첨단 사물인터넷의 발달로 특징지어질 새로운 산업혁명의 시대, 사이버 현실 시스템에서 인공지능을 활용한 수학 교수·학습에 기여할 수 있는 역할에 대한 연구를 하였다. 그들은 인공지능에 의해 영향을 받을 수 있는 전통적인 학습 이론과 수학을 지도하는 방법에 대한 간단한 검토를 시작으로 컴퓨터 활용과 수학 교육에 인공지능(AI)의 활용에 대한 논의를 하였다. 이들은 인공지능이 수학교실의 교수·학습의 모습을 극적으로 바꿀 것으로 전망하였다. 그리고 인공지능은 향후 e-러닝의 지속적인 성장을 지원하는 학습 및 튜터링 시스템으로서의 역할을 하면서 온라인 교육 및 교사 교육 과정을 더욱 효율화할 것으로 예측하였다. 이런 역할은 비단 수학교육뿐만 아니라 모든 교육에 적용될 것으로 전망하였다.

Boxima et al.(2020)은 대학 수준의 수학 교수·학습의 예를 들어 설명하였다. 그들은 인공지능은 사람들이 의사소통하는 방식을 급격히 변화시킬 것이고, 데이터의 처리로부터 많은 정보가 재조직될 것이고 수학교육에도 영향을 주게 될 것이라고 주장하였다. 그리고 코로나 바이러스와 같은 팬데믹 상황은 교사들이 여전히 면대면 교수·학습을 상정하지만, 비면대면에서의 인공지능의 역할에 대하여 통찰을 제고한다고 주장하였다.

국내의 연구를 보면, 이지혜, 허난(2018)은 기계학습과 딥러닝을 활용한 학습으로 수학교육에서 인공지능의 활용에 대한 연구를 하였다. 이들은 수학교육의 변화가 인공지능과 어떠한 연관성이 있는지를 살펴보았다. 이들은 인공지능을 활용한 개별화교육과 맞춤형교육이 수학 교육에 기여하게 될 것으로 전망하였다. 그리고 인공지능 기술을 활용한 교육적 의의나 효과에 대한 연구가 선제적으로 필요하고, 인공지능 기술을 활용한 프로그램을 수학 교수·학습의 어느 단계에서 어떤 방식으로 활용할 것인가 하는 등의 문제도 고려할 필요가 있다고 주장하였다. 이들은 2020년에 인공지능을 활용한 맞춤형 수학 프로그램 개발 연구를 진행하였다. 이들은 스마트 기기에서 인공지능을 활용한 맞춤형 수학 학습 프로그램 개발을 위하여 중학교 1학년 ‘문자와 식’ 단원에 대하여 학습자가 스스로 학습을 주도적으로 학습해 가도록 하기 위하여 학습자가 자신의 성취 수준을 확인할 수 있도록 하는 어플리케이션을 개발하는 과정과 절차를 소개하고 개발 어플리케이션의 구성과 특징을 소개하였다. 이들은 간단한 인공지능을 활용한 적용의 예를 보여 주었다는 점에서 의미가 있다.

김홍겸, 박창수, 정시훈, 고희경(2018)은 미래교육에서 인간 교사와 인공지능 교사의 관계에 대하여 연구를 하였다. 인공지능 기술은 딥러닝을 바탕으로 이미 우리 삶의 많은 부분에 활용이 되고 있는데, 교육이 그 한 분야라고 주장하였다. 이들은 여러 가지 선행연구들을 바탕으로 지금까지 규정되었던 교사의 역할과 인공지능으로 대체가능한 역할에 대하여 논의하였다. 인간 교사는 수업, 지식의 생산, 평가, 상담의 영역에서 역할을 수행하고, 인공지능은 멘토링과 개별화 수업, 학습 상황의 다양화, 평가 및 상담에서도 역할을 하고 있다고 보았다. 그러나 이들은 전통적인 교사의 역할과 인공지능 교사의 역할을 상호보완적인 관계로 규정하는 것이 미래 사회에 더 의미가 있다고 주장하였다. 이들은 미래 사회에 있을 변화에 대비하기 위하여 인간 교사와 인공지능 교사의 역할을 재 정의할 필요가 있다고 주장하였다. 앞으로 인공지능 기술의 고도화에 따라서 인간 교사의 역할에 대하여 더 정교화하고 적절하게 역할을 정의할 필요가 있다.

신동조(2020a)는 문헌고찰 방법을 통해 2015년부터 2020년까지 초·중등 교과교육에서 인공지능을 활용에 대한 51편의 국외 연구를 분석하였다. 연구 결과 인공지능은 분수와 일차방정식 학습을 위해 수학 교과에서 가장 많이 활용하였고, 인공지능을 활용한 수학교육은 맞춤형 피드백을 제공하는 지능형 교수 시스템의 형태로 설계하였으며 인간 교사는 주로 수학 교수·학습에서 보조적인 역할을 수행하는 것으로 나타났다. 다른 연구에서 신동조(2020b)는 또한 예비수학교사가 인식하는 미래 수학교육에서 AI의 필요성과 AI 활용에 대한 인식을 분석하였는데, AI는 개별화 학습을 가능하게 한다고 보았으나 학생들의 주체적 사고 능력을 저해할 수 있다고 보았다. 평가에서는 서술형 또는 논술형 평가와 과정 중심 평가에서 한계가 있다고 보았다. 예비교사들은 인간 교사의 역할로 수업, 감정적 상호작용, 비정형화된 평가, 상담이었고, AI의 역할은 개별화 학습, 기계적 학습, 정형화된 평가와 행정 업무로 나타났다고 밝혔다. 박만구(2020)는 수학교육에서 인공지능을 활용 선도 국가들의 수학교육에서 인공지능 활용 사례와 국내에서 인공지능의 적용의 구체적인 사례를 살펴보았다. 그리고 인공지능의 활용은 궁극적으로 학습자의 자발적인 수학 학습을 돕도록 활용할 필요가 있으며, 인간 교사의 수학 교수 활동을 지원하기 위한 보조적인 역할을 할 필요가 있음을 주장하였다.

이상에서 살펴 본 것과 같이 수학교육에서 인공지능의 활용은 이제 본격화하는 단계에 있으므로 수학교육에서 이의 활용 가능성 및 향후 발전 방향을 알아보는 것은 의미 있는 일이다. 이 연구에서는 수학교육을 위한 국내외 인공지능의 활용 사례를 살펴보고, 수학교육에서 인공지능의 활용 가능성과 시사점을 알아보았다.

III. 연구 방법

이 연구는 수학교육을 위한 인공지능의 활용 사례 및 가능성을 알아보는 것으로, 활용 사례를 살펴보기 위하여 출판 문서와 인터넷상에서 검색하여 확보할 수 있는 자료를 찾아서 분석하였다. 이 연구를 위해 인터넷

Google 검색에서 최근 5년 이내에 발행한 인공지능 출판물 및 인터넷에서 “인공지능”, “人工知能”, “Artificial Intelligence” “AI”, “수학교육”의 키워드를 독립적으로 또는 조합하여 검색하면서 관련 학술지 및 보고서 그리고 자료 등을 수집하여 간략히 분석하였다.

검색한 자료 중 수학교육에서 논문이나 기사에서 자주 언급되고 인공지능의 기능을 상대적으로 자세하게 살펴볼 수 있는 인공지능 플랫폼 서비스를 선정하였다. 최종 선정된 내용은 국외 3종, 국내 4종으로 다음 <표 III-1>과 같다.

<표 III-1> 수학교육을 위한 분석 대상 인공지능 플랫폼

플랫폼	외국 플랫폼			국내 플랫폼			
	Khan Academy	Squirrel AI	MATHia	웅진생크빅 AI	Dr. Math	Mata MATH	Botami

이 플랫폼은 외국 플랫폼의 경우, 인터넷 공개 자료 및 논문을 참고하였고, 국내 플랫폼의 경우 이런 자료 이외에 각 기업의 인공지능 담당자들로 인공지능 서비스를 설명한 자료를 받아서 분석하였다.

IV. 수학교육에서 인공지능 활용 사례

수학교육에서 인공지능의 활용 사례를 국외 3개 사례 국내 4개 사례를 간단히 살펴보고, 그 특징을 비교하면 다음과 같다.

1. 수학교육 지원을 위한 국외 및 국내의 인공지능 활용 사례

가. Khan Academy

Khan Academy는 비교적 잘 알려진 프로그램으로 Salman Khan이 야후라는 서비스를 이용하여 사촌을 수학 지도를 하면서 2008년에 시작한 것이다. 이 프로그램은 아이들이 수학을 배우는 것을 어떻게 도와줄 수 있을지 고민한 Khan 개인의 경험으로부터 출발하여 유튜브에 게시하면서 2014년에 정규 Khan Lab School을 캘리포니아에서 시작하였다. 그러나 초창기에 비체계적인 플랫폼의 운영이나 일방적인 동영상 강의 방식에 대하여 비판을 받기도 하였다. 그런데 점차 Khan Academy는 학습자의 수준에 따라서 학기나 영역별로 그리고 개인별로 자신의 학습 경로를 스스로 구성하여 학습할 수 있도록 한다(Khan Academy, 2020).

이 플랫폼은 기본적으로 문제풀이 위주의 2~10분 이내의 유튜브 영상으로 구성되어 있고, 연습문제에서는 보통 30문항으로 구성된 수학문제를 풀고 정답 및 풀이 과정을 확인할 수 있고, 문제에 따라서 계산기를 사용할 수 있도록 하고 있다. 이 플랫폼은 개별 학습 경로 기능을 제공하고 있으나, 각 나라의 교육과정에 따라서 적절하게 학습할 수 있도록 하는 부분도 고려할 필요가 있다. 이 프로그램의 또 다른 기능으로 학습자 사이에 질문을 할 수 있는 게시판 기능을 활용하여 서로서로 학습을 할 수 있도록 한다. 그러나 학습자의 자기주도적 학습을 위하여 문제의 힌트나 계산기의 사용 등은 자율적으로 선택하여 사용하도록 하고 있다.

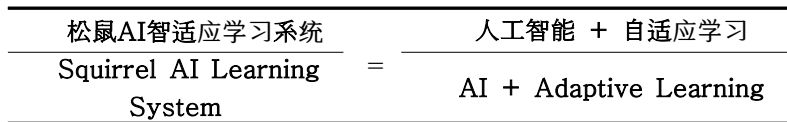
이 플랫폼에서 인공지능의 기능들을 반영하여 플랫폼의 기능을 고도화해 가고 있다. 제기한 학습자들의 질문과 서로 간의 응답한 내용을 분석하여, 각 학습자에게 가장 유용할 것으로 보이는 질문을 질문 게시판의 맨 위로 올려서 각 학습자가 자신이 원하는 답변을 쉽게 볼 수 있도록 하고 있다. 그리고 이 플랫폼을 이용하여 수학 개념을 설명하고 연습 문제를 제공하며 맞춤형 피드백을 제공하는 챗봇인 MathBot을 사용(Cai, Grossman, Lin, Sheng, Wei, Williams, & Goel, 2020)하여 개인별 수학 학습을 하도록 한다. 이 프로그램을 이용하는 학습자의

정보를 이용하여 학습자가 좌절하거나 혼란스러워 하거나 지루하게 만족스러워하는 것을 분석하여 감정적인 요인을 반영하는 방안에 대한 연구(Leony, Merino, Ruiperez-Valiente, 2014)도 진행되고 있다. 이 플랫폼의 강점은 각 학습자의 수학 진도 및 성취도 취약점 등을 분석하여 인간 교사와 학습자에게 향후 학습을 위한 효과적인 정보를 제공해 준다는 것이다. 앞으로도 인간 교사와 효과적으로 협업할 수 있는 방안을 지속적으로 연구할 필요가 있다. 이 플랫폼은 전통적인 수학 수업의 원형에서 시작하여 지속적으로 인공지능 기술을 접목하면서 보다 효율적인 학습을 할 수 있도록 한다는 점에서 의미가 있다.

나. Squirrel AI

Squirrel AI는 2014년 중국의 栗浩洋(Derek Haoyang Li)을 중심으로 초등학교에서 고등학교 학생들에게 저렴한 비용으로 고품질의 방과 후 수학 학습 맞춤형 튜터링 서비스를 제공하고 있다. 2020년까지 추가적으로 2000개의 학습센터를 설립할 예정이다(Squirrel AI Learning, 2020). 이 플랫폼은 지역 및 경제적 차이에 따른 교육 격차를 해소하기 위한 것이다. 이 플랫폼의 궁극적인 목적은 초등학교에서 고등학교까지의 학생들에게 인공지능의 기능을 활용하여 저렴한 비용으로 수학학습을 위한 고품질의 맞춤형 개별화 교육을 통하여 지역적 경제적 격차를 해소하는 것이다.

이 플랫폼은 인간이 하는 개인 튜터를 모방하고 인공지능의 기술을 활용하여 개인화된 학습 경로를 제공하고 학습자들에게 불필요한 시간의 낭비를 최소화하도록 하여 학습의 효율을 향상시킨다. 이 플랫폼은 인공지능에 기반을 둔 맞춤형 학습(adaptive learning system)으로 개별화된 교육 방법을 통해 학생에게 개인별로 더 잘 맞는 학습 방법을 제공하는 것이 가장 큰 특징이다.

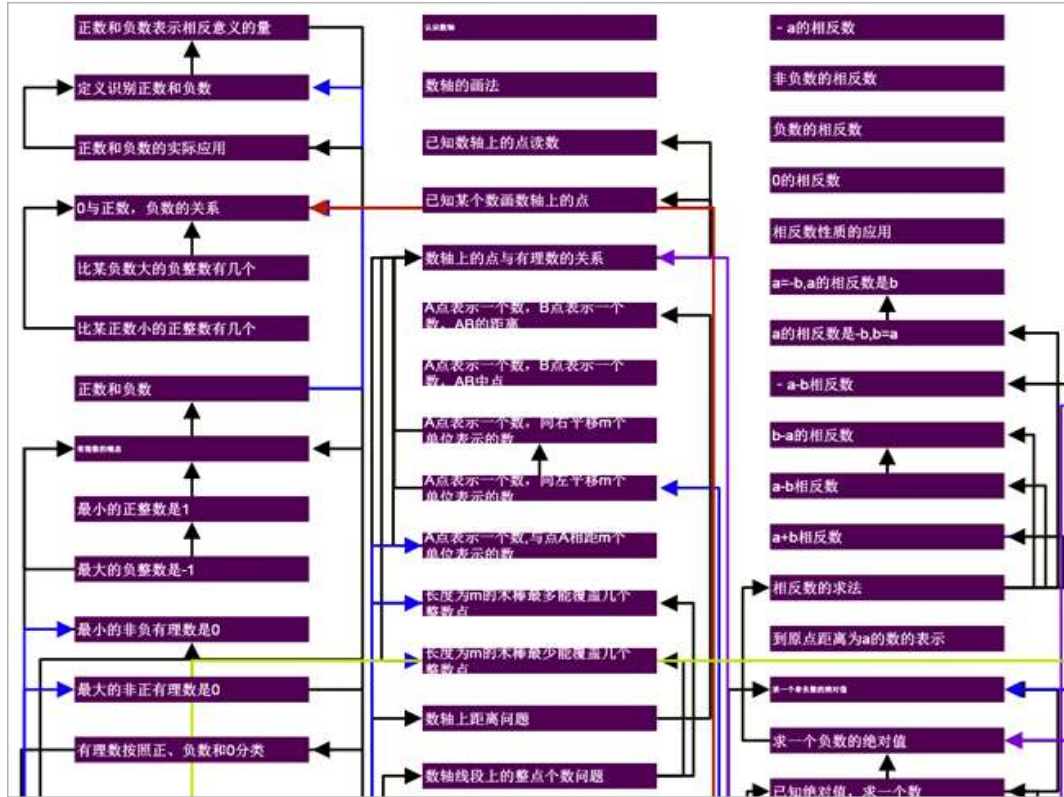


[그림 IV-1] Squirrel AI 플랫폼

이 플랫폼에서는 학생들의 수학 학습 지원이 기본이지만 학생들의 시험, 채점 그리고 교사들을 위한 교사 교육과 훈련 프로그램도 지원한다. IALS(Intelligent Adaptive Learning System)은 약 20여 분간의 수학 문제를 해결하도록 하여 학습자의 다차원적인 요소를 정확히 진단할 수 있다고 주장한다(Squirrel AI Learning, 2020).

이 플랫폼에서는 알고리즘 매개변수를 고려하여 사용자의 행동을 자동적으로 결정한다. 처음 시작점은 전문가의 경험에 따라 문항의 난이도를 설정한 후, 학습자가 해결할 수 있는 것에서부터 시작하여 학습자들이 학습을 하면서 머신러닝 알고리즘에 의해 계산되어 자동으로 추천을 하게 된다. 학습의 과정에서 학습자가 잘못 답변을 하면 자동으로 힌트나 설명을 제공하게 된다. 학습자들의 학습 성취 수준, 학습 경로, 오류 분석, 그래프 등 시각화 자료, 향후 학습 예측 및 제안 등을 제공한다. 그리고 정의적인 측면의 요소인 대화나 얼굴 표정 인식 기술을 활용하여 학습자의 심리 상태를 파악하여 종합적으로 학습에 적용하게 된다.

이 플랫폼의 특징은 수학 지식을 나노 크기의 지식 요소로 분해하여 수학 학습의 경로를 제공한다는 것이다. 예를 들어, 중학교 수학은 500여 개의 지식 구성요소를 3만개의 세분화된 지식 구성 요소로 분해하고 각 구성 요소는 텍스트, 슬라이드, 애니메이션, 동영상 비디오 등의 수학 학습 콘텐츠를 연계하여 인공지능을 활용할 수 있도록 한다. [그림 IV-2]는 유리수의 지식 포인트를 세분화한 예이다(崔蕙, 機麗, 2020).



[그림 IV-2] 유리수 지식 계통도의 예(崔蕙 & 機麗, 2020, p.85)

이 위계도를 기반으로 학습자들이 수학 학습을 하는 동안 자동화된 시스템에 의하여 각 학생들의 수학적 수준에 맞게 실시간으로 맞춤형 지원을 제공하게 된다. 그리고 각 학습자의 학습데이터나 유사 학습자들의 학습 빅데이터를 활용하여 가장 적절한 경로를 새롭게 설정해가면서 개인별로 적절한 콘텐츠를 제공하게 된다.

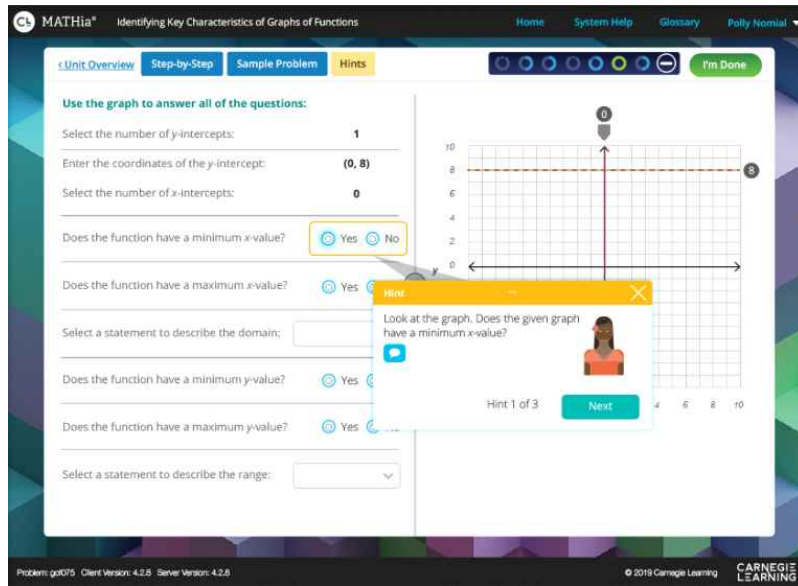
다. MATHia

MATHia는 미국의 Carnegie Learning이 제공하는 ‘AI 교사’로 학생이 자신의 미흡한 부분을 중점적으로 이해할 수 있도록 학생 개인별로 학습 이해도 파악, 학습 진도 및 오류 분석, 맞춤형 수학 교육 코스를 제공한다. 이 플랫폼의 개발자들은 지능적인 수학 소프트웨어인 MATHia를 고도화하기 위한 노력을 지속적으로 하고 있는데, 각 학습자에게 성공적인 수학 경험을 할 수 있도록 돕기 위하여 각 학습자의 위치 및 진도를 분석하여 실시간 피드백과 평가를 제공하고 있다(Carnegie Learning, 2020).

MATHia는 모든 학생들에게 그들만의 수학 코치 또는 튜터를 제공한다. MATHia는 정교한 AI 기술을 사용하여 매우 세부적으로 각 학습자의 수준에 적절하게 대응함으로써 학습 내용을 개인화하고 학생들에게 맞춤형으로 적시적 맞춤형의 피드백과 상황에 맞는 힌트를 제공한다.

MATHia는 주로 중·고등학교 학생들의 수학 학습을 돕기 위한 목적의 수학 솔루션이다. 학생이 미흡한 부분을 중점적으로 이해할 수 있도록 학습자 개인에게 맞춤형으로 지도한다. 이 플랫폼은 MATHia에 의해 학생의

학습 진도나 이해도 분석 결과를 학습자 자신의 자학자습에 참고하도록 리포트를 제공할 뿐만 아니라 학교 수학 교사들이 수학 수업을 하는데 활용하도록 정보를 제공한다. 학습자의 학습 방법이나 습관, 그리고 취향에 맞춰 학습을 하도록 하고 있다. 이 프로그램은 인간 교사가 각 학생에 맞춰 개별적으로 지도하듯이 수학 학습을 지원하기 때문에, 지역적으로 떨어져 있거나 교사의 도움을 즉각적으로 받기 어려운 지역에서도 인간 교사에게 지도를 받는 것과 같은 효과를 볼 수 있도록 하였다(Carnegie Learning, 2020).

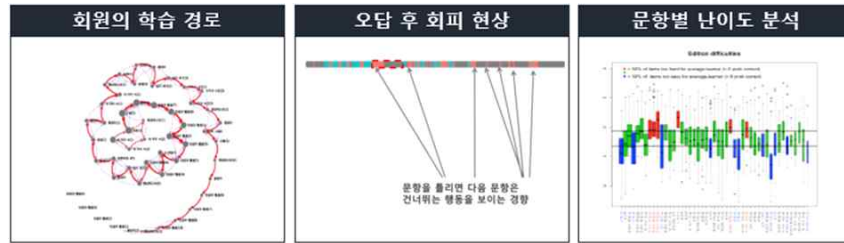


[그림 IV-3] MATHia의 힌트를 제공하는 예(Carnegie Learning, 2020, p.2)

라. 웅진씽크빅 AI

웅진씽크빅 AI는 2016년부터는 수학 온라인 서비스에 AI 기술을 접목하여 체계적인 학습이 가능하도록 서비스를 제공하고 있다. 웅진씽크빅 AI는 완전학습을 위하여 모든 오프라인에서 활용한 학습지를 온라인이 활용이 가능하도록 콘텐츠를 보완해 가고 있다. 이 플랫폼은 하루에 1억 건 이상의 학생들의 오류나 정답률 등의 학습 빅데이터를 분석하여 맞춤형 수학콘텐츠를 제공하고 있다(웅진씽크빅 AI, 2020a).

이 플랫폼은 개인별 오답에 대한 AI 분석으로 각 개인별 수학에서 취약 개념을 집중 관리하고 각 학생들의 학습에 대한 전반적인 정보를 학부모에게 리포트를 제공하고 있다. 웅진씽크빅 AI는 지도 교사에게 학습자의 문제 찍기 행동, 틀린 문제 재시도 안함, 문제 건너뛰기 행동, 틀린 후 건너뛰기, 힌트 보지 않음, 해설 콘텐츠 보지 않음 등 6가지 고쳐야 할 습관에 대한 정보와 체감난이도, 적정풀이 시간, 정오답 예측에 대한 각 학습자의 정보를 제공하고, 학습자에게 실시간으로 습관을 교정하도록 한다. 이 플랫폼에서는 문항반응 이론, 회피이론, 컴퓨터 적응 검사, 몰입이론, 빅데이터 학습 분석 이론 등 다양한 학습 이론을 적용하여 각 학습자의 상태를 진단하고 예측하고 있다.



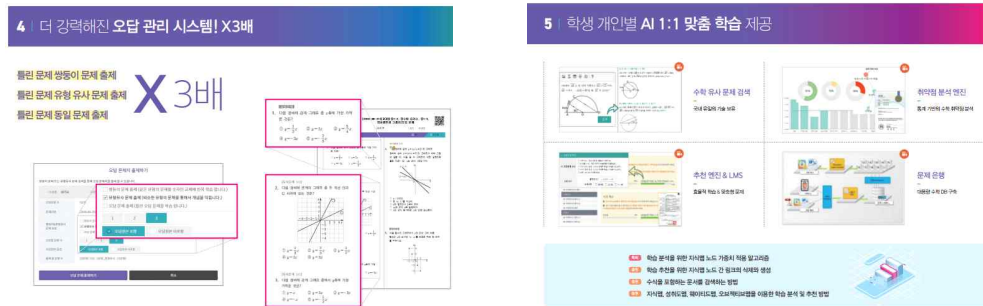
[그림 IV-4] 웅진씽크빅 AI 학습 행동 패턴 분석의 예(웅진씽크빅 AI, 2020b, p.14)

이 플랫폼의 특징은 학습자들의 빅데이터와 기계학습 분석 방법을 활용하여 교육에서 최상의 결과를 얻기 위해서 문항반응이론에 더하여 학습 심리적인 측면도 고려한다는 것이다. 이 플랫폼은 이를 기반으로 실시간 학습 수준의 예측을 통해 필요한 수학 문제만 제공하는 수준별 맞춤형 커리큘럼을 제공하고 있다는 특징이 있다.

마. Dr. MATH

천재교육은 기존의 온라인 사이트인 T-셀과와 각종 교재 개발 경험을 통해 미래지향적인 온라인 ‘Dr. MATH’ 사이트를 운영해 오고 있다. 특히, 많은 수의 교재와 기존의 온라인 자료를 통합하여 하나의 플랫폼으로 통합하면서 수학을 위한 사이트로 발전하고 있다. Dr. MATH는 학습자의 취약점 분석과 추천 시스템을 통해서 수준별 맞춤형 수학 문제를 제공하는 수학 솔루션이다(Dr. Math, 2020).

Dr. MATH는 수학 유사문제 검색이나 효율적인 맞춤형 문제 추천과 같은 AI 기능을 활용한 오답 관리 기능의 확대 및 이를 통한 학생 개인별 AI 1:1 맞춤 학습을 제공한다. 특히, 이 플랫폼은 페이지별, 문항별 유사문제 출제, 정/오답 정보 반영, AI를 활용한 취약점 분석, 자동 오답노트 생성, 자동 분석 자료 제공 등을 할 수 있다.

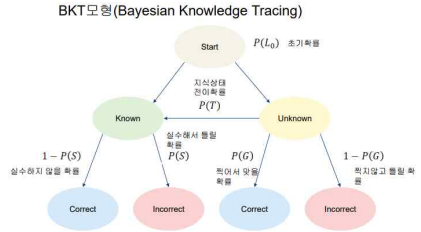


[그림 IV-5] Dr. MATH의 오답 관리 및 개인별 맞춤형 시스템(Haebub Edu, 2020, pp.6-7)

Dr. MATH는 AI를 활용하기 위한 문항반응 이론이나 베이시안 지식 추적 이론 등을 접목하여 시스템의 기능을 고도화해 가고 있다. 특히, 이 플랫폼은 최근에는 적용하는 심층지식추적(Deep Knowledge Tracing)은 인공 신경망 모델 중 순환신경망(RNN; Recurrent Neural Network)을 기반으로 학습자의 지식 상태를 분석/추정, 예측하는 보다 진보한 모델을 사용하고 있다는 특징이 있다.



문항 반응 이론 IRT (Item Response Theory)
 문항 반응 이론은 등시에 시뮬레이션 불가능하며 고차원 특성을 이용하여 등시에 특성(인자 능력, 지식, 태도 등)을 평가할 수 있는 특성을 지니고 있다.

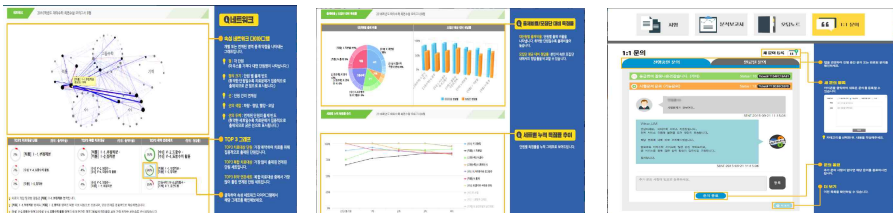


[그림 IV-6] Dr. MATH의 문항반응이론 및 BKT 모형(Haebub Edu, 2020, p.3, p.18)

이 플랫폼의 특징은 현재 운영하고 있는 ‘T-셀프’ 사이트를 통해 축적된 방대한 수학 콘텐츠를 활용하면서 인공지능의 기능을 지속적으로 고도화해 가고 있다. Dr. MATH는 교사가 원하는 기준에 따라 학생의 수학 수준을 진단하여 짧은 시간에 학생의 수준을 파악할 수 있도록 한다. 그리고 학습자별 과거, 현재, 미래의 취약개념별/영역별 보충학습 경로 분석과 학습 코칭 가이드를 제공하고 있다.

바. MataMATH

MataMATH(마타수학)는 2003년 국내 수학 콘텐츠 업체로서 고등학교 학습자에게 수학 문제를 제공하고 이를 해결해 가는 정보를 활용하여 맞춤형 수학문제를 제공하고 있다. 학습자의 학습 정보를 기반으로 문제를 생성하여 생성된 문제를 해결하도록 하고 정답과 풀이의 제공뿐만 아니라 각 학습자들의 취약점을 분석하여 맞춤형으로 수학 문제를 제공한다. 이 플랫폼은 학습자의 지식 상태 분석 모델과 문제 적합성 검증 모델링을 활용하여 학습자들로 하여금 자신의 학습 수준에 따라서 수학 문제를 해결하고 해결한 결과를 분석하여 학습자에게 맞춤형 문항을 제시한다. 그리고 학습자들의 문제해결 정보를 분석하여 분석한 자료를 표나 그래프 등을 사용하여 시각화하여 제공하고 있다.



[그림 IV-7] 다양한 분석 보고서의 예(MataMATH, 2020)

이 플랫폼에서는 학습자에게 제시되는 시험지는 기본적으로 조건에 따라서 자동 생성 기능을 적용하고 있으며, 교사가 임의로 생성하여 학습자에게 자신들이 제작한 문항을 제시할 수도 있다. 또한, 학습자들이 제출한 시험지는 컴퓨터가 자동 채점하게 되며, 평가 결과를 기반으로 학습자나 지도 교사에게 피드백을 제공하고 있다.

이 플랫폼은 학습자들로 하여금 필요한 문제만 풀도록 하기 위하여 진단검사를 통하여 학습자의 수학 수준을 진단한다. 그리고 교사들을 위한 자료를 별도로 제공하는데, 교사용 화면에는 학습자들의 학습 진도율, 성취 수준, 교사가 출제한 문항, 학부모들에게 발송할 안내지 등을 일목요연하게 볼 수 있도록 하고 있다.

바. Botami

Botami는 챗봇을 활용한 자연어 및 문자 인식 빅데이터 및 AI 기술을 활용한 학생의 개별 맞춤형 교육을 가능하게 하는 수학 튜터 플랫폼이다. 학습자들의 학습데이터와 마인드맵을 기반으로 자기주도 학습이 가능하도록 맞춤형 보완학습 콘텐츠를 제공한다.

Botami의 인공지능 기술은 텍스트 및 이미지, 손글씨의 인식 기능, 수학 문장제를 수식으로 변환해 주는 기능, 텍스트와 이미지를 통합한 검색 기능 등이 있다. 특히, 말뭉치 기반의 자연어 처리를 기반으로 하는 복잡한 수학 문장제를 인공지능의 기능을 활용하여 문장과 수식을 분리하여 해석할 수 있도록 최적화되어 있다(World Vertex, 2020a)는 특징이 있다. Botami는 빅데이터를 기반으로 학습자의 손글씨를 포함하며 학생들의 반응을 자동으로 파악하여 학습자에게 자동적으로 시각화하여 정보를 제공하고 각 개인의 학습 데이터를 기반으로 한 개별 학생의 맞춤형 수학 학습 지원을 한다. 그리고 각 학습자의 학습 이력을 기반으로 과정중심 평가로 개별 학생에 대한 적절한 피드백과 교사 및 학부모를 위한 리포트를 작성한다. 초등학교 저학년에서는 주로 사칙연산 위주의 문제풀이 형식을 제공하고 효율적인 시각화 자료를 활용하여 학습자들에게 다양한 수학 기능 및 개념을 이해할 수 있도록 돕고 있다.



[그림 IV-8] Botami의 문자인식 기능 예(World Vertex, 2020b, p.5)

2. 인공지능을 활용한 수학교육 플랫폼의 특징 및 활용 가능성

위에서 살펴 본 인공지능을 활용한 수학교육 플랫폼의 특징 및 주요 기능 그리고 활용 가능성을 살펴보면 다음과 같다.

<표 IV-1> 인공지능을 활용한 수학교육 플랫폼의 특징 비교

플랫폼	수학교육을 위한 기능의 특징
Khan Academy	<ul style="list-style-type: none"> • 학년 구분이 없고 PBL(Problem Based Learning) 방식 중심의 동영상 강의 방식으로 운영함. • 수학 문제를 푸는 동안 자신의 선택에 따라서 적절한 힌트나 계산기를 사용하도록 함. • 인공지능을 활용해서 학습자간의 질문과 답변을 하도록 하면서 각 학습자가 질문한 내용을 가장 위에 배치하도록 하여 학습자간의 상호작용을 기반으로 자기주도적 학습 및 문제해결 경험 제공함. • 탐구적 과정을 반복하여 완전 학습에 이르는 커리큘럼을 설계하여 제공하며 진단평가, 형성 및 과정 평가, 종괄 평가 제공함. • 아이패드나 각종 스마트폰 등 디지털 기기를 통해 진행되는 학습 기록이 데이터로 축적되고, AI 맞춤형 학습의 재료로 활용되도록 함. • 각 학습자의 학습 데이터를 자동으로 분석하여 적절한 후속 학습을 위한 효과적인 정보 제공함.

<p>Squirrel AI</p>	<ul style="list-style-type: none"> • IALS(Intelligent Adaptive Learning System)을 활용하여 약 20여 분간의 수학 문제를 통하여 학습자의 다차원적인 요소를 정확히 진단함. • 알고리즘 매개변수를 고려하여 사용자의 행동을 자동적으로 결정함. • 학습자의 학습데이터나 유사 학습자들의 학습 빅데이터를 활용하여 가장 적절한 경로를 새롭게 설정해가면서 개인별로 적절한 콘텐츠를 제공함. • 학습자들의 학습 성취 수준, 학습 경로, 오류 분석, 그래프 등 시각화 자료, 향후 학습 예측 및 제안 등을 제공함. • 정의적인 측면의 요소인 대화나 얼굴 표정 인식 기술을 활용하여 학습자의 심리 상태를 파악하여 종합적으로 학습에 적용함.
<p>MATHia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 학생 개인별로 학습 이해도 파악, 학습 진도 및 오류 분석, 맞춤형 수학교육 코스 제공 • 학습자의 학습 방법, 학습 유형, 취향, 습관에 맞추어 학습을 완료하도록 동기부여 • 학습자의 학습데이터를 분석하여 교사에게 학습계획서, 교수법 가이드라인, 교사 연수 등 지원 • 각 학습자의 위치 및 진도를 분석하여 개별적으로 학습이 가능한 진단 및 학습 콘텐츠 실시간 피드백과 평가를 제공 • 학습자의 학습 결과에 대한 종합 성취 리포트, 교사들을 위한 리포트 등 제공 • 학생들의 학습 현황, 학생들의 집중도, 주어진 수학 학습 활동의 완료 예정 등에 대한 정보를 교사들에게 즉각적으로 제공
<p>웅진씽크빅 AI</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 문항 난이도, 평균 오답률 분석, 체감 난이도, 예측 정답률 등 분석 • 적정 풀이 시간, 학습 습관 등 분석 및 학습자의 학습 코스 설계 • 학습자 맞춤형 문항의 난이도에 따라 AI 교사의 실시간 지도 및 맞춤형 피드백 제공 • 학습 습관 정보 제공과 예측 점수 분석 정보 제공으로 필요한 문제만 제공하는 수준별 맞춤형 커리큘럼을 제공
<p>Dr. Math</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수학 유사문제 검색이나 효율적인 맞춤형 문제 추천 • 개인의 학습 성취도 및 진도에 따라 문제 난이도 조절 및 학습 콘텐츠 • 수학 문항 자동 배분을 통한 학습 과정 관리로 진도를 따라가지 못해 포기하는 학생 방지 • 학습자 개인별 취약점 분석 및 수준별 최적화된 학습 솔루션 제공 • 오답 관리 기능의 확대, 학생 개인별 AI 1:1 맞춤 학습 제공으로 자기주도 학습 습관 형성 지원 • 학습자별 과거, 현재, 미래의 취약개념/영역별 보충학습 경로 분석과 학습 코칭 가이드 제공
<p>MataMATH</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 고등학교 학습자들을 위한 맞춤형 수학학습 제공 • 학습자의 학습 정보를 기반으로 문제를 생성하여 생성된 문제를 해결하도록 하고 정답과 풀이의 제공 • 학생 지식 상태 분석 모델과 문제 적합성 검증 모델링을 활용한 맞춤형 문항 제공 • 학습자들의 풀이를 컴퓨터가 자동 채점하게 되며, 평가 결과를 기반으로 학습자나 지도 교사에게 피드백 제공 • 학습자들의 문제해결 정보를 분석하여 학습자 학습 진도율, 성취 수준 분석 보고를 그래프 등의 시각화 자료로 제공
<p>Botami</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 수학문제 문제풀이를 기반으로 한 튜터링 서비스와 피드백 제공 • 학습 분석을 통한 개별 학생의 맞춤형 보완 학습 및 단계별 풀이를 통한 반복학습 지원 • 수식을 입력하지 않고, 카메라로 찍은 이미지를 수식 전문 이미지 문자(OCR: Optical Character Recognition) 인식을 함. 텍스트 및 이미지, 손글씨의 인식 기능, 수학 문장체를 수식으로 변환해 주는 기능, 텍스트와 이미지를 통합한 검색 기능 등을 제공 • 챗봇 서비스를 통한 자연어 분류 및 응답 최적화 API(Application Programming Interface) 응용 프로그램 프로그래밍 인터페이스를 기반으로 한 1:1 맞춤형 콘텐츠 제공 • 학생별 데이터 분석을 통해 취약점 진단, 맞춤형 커리큘럼, 보완 학습 콘텐츠, 학습 통계자료 제공 • 각 학습자의 학습 이력을 기반으로 과정중심 평가로 개별 학습자에 대한 적절한 피드백과 교사 및 학부모를 위한 시각화 리포트 제공

이상에서 살펴본 수학교육을 위한 인공지능의 기능 활용의 주요한 특징을 보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 개인별 맞춤형 수학 학습 데이터 제공: AI 기반의 지능형 튜터링 시스템을 통해 시공간의 제약 없이 신속하게 또는 실시간으로 학습자의 학습 활동 및 결과를 분석하여 최적화된 개인별 학습을 지원한다. 다시 말하면, 학습자의 학습 수준, 취향, 학습유형 등 학습 이력을 고려하여 맞춤형 추천과 인공지능 튜터를 제공한다. 여기에 인지적인 요인 분석뿐만 아니라 안면 인식 기술 등을 활용하여 학습 시간, 몰입도, 안구의 움직임, 감정 상태 등

을 측정하여 최적화 환경을 제공하고 있다. 또한, 손글씨 및 이미지 인식 기능으로 자동 검색 및 문항 추천을 하고 있다. 대규모 학습자들에게 서비스를 제공하는 기업의 플랫폼은 머신 러닝의 기술을 활용한 자동 채점 및 철삭, 학습자의 학습 과정 데이터를 기반으로 학습자 모델링을 통한 학습자 성적 예측 및 맞춤형 콘텐츠 추천, 맞춤형 스케줄 생성 등의 기능들이 있다. 현재 수학교육을 위한 인공지능 플랫폼의 특징은 대부분 학생을 위한 개인별 맞춤형 수학 학습에 초점을 맞추고 있다. 그리고 이런 맞춤형 학습을 지원하기 위한 기능들을 고도화해 가고 있다.

학생의 수학 학습 지원을 효과적으로 지원하기 위한 인공지능의 활용 가능성 및 발전 방향은 인지적 측면에서 개별 학생의 수학 수준을 정확하고 간단히 진단하고 이에 대한 좀 더 정확한 맞춤형 학습을 제공할 필요가 있다. 학습자에게 단순히 지속적으로 수학 콘텐츠를 제공하는 것으로는 충분하지 않다. 학생들의 심리적 요인 등을 종합적으로 분석하여 자발적인 학습 동기 유발을 하는 것이 중요하다. 현재의 인지적 기능에 집중하고 있는 수학교육에서 인공지능의 활용은 학습자의 정의적 측면뿐만 아니라 심리적인 측면 및 교육 공학적인 측면을 종합적으로 고려할 필요가 있다.

- 인간 교사의 수학 교수 활동 지원: 각 개인별 학습자의 성취 수준이나 향후 최적의 수학 학습 추천, 반 학생들의 전체적인 오류 유형 및 취약점 분석 자료 제공, 학생들에게 적절한 난도를 갖는 수준별 콘텐츠 제공, 교수 설계를 위한 추천 콘텐츠 및 활동 자료 제공, 맞춤형 시험지 제공, 자동 채점 및 과정 중심 평가, 입시 자료 등을 위한 서술형 기술 자료 제공, 학부모 리포트 기능 등 인간 교사들이 학교에서 교수활동을 하는데 보조적인 역할로서의 인공지능의 기능들이 있다.

현재 인공지능의 활용은 기본적으로 학습자가 독립적으로 수학을 학습하는 것을 상정하고 있다. 이런 추세라면 인간 수학교사의 역할이 모호해 질 수 있다. 인공지능의 기술은 당분간은 적어도 인간 교사가 교실에서 제공하는 공감하고 격려하는 ‘인간적인 상호작용’과 학생들 간의 상호작용을 통한 협업 기능 등을 할 수 있도록 고도화해 갈 필요가 있다. 이는 우리나라 학생들의 수학에 대한 태도가 부정적인 사실을 고려하면 이런 측면에 대한 기술의 고도화를 꾀할 필요가 있다.

- 교육 및 학사 행정 자동화 및 지능화 기능 제공: 현재의 대부분의 수학교육을 위한 인공지능의 활용은 학습자의 수학학습을 돕기 위한 기능에 초점이 있지만, 교육 및 학사 행정 전반에 이 기술을 적용하기도 한다. 서술형 평가를 포함한 자동 채점 및 학습자의 이력을 활용하여 종합적인 성적을 산출하고, 학습자들에게 최적화된 학습을 위한 좌석 배치 등 학습 환경을 혁신해 가는데 도움을 준다. 그리고 학습자의 학습 과정을 자동으로 분석하여 그 동안 인간 교사가 담당했던 학생의 인지적 특성 및 정의적 특성에 대한 서술을 대신한다. 일부 플랫폼에서는 지역적인 한계를 극복하고 학습자-멘토-관리자를 온라인으로 연결하여 적절한 학습을 돕기 위한 시스템을 제공한다.

앞으로 당연히 인공지능종합시스템 안에 학생의 학습 지원뿐만 아니라 교사의 교사 지원, 학부모를 위한 자녀의 학습 정보 제공, 그리고 교육행정에서 인공지능을 활용하여 보다 효율적인 관리하도록 하는데 활용할 필요가 있다. 궁극적으로는 인공지능은 학생들의 빅데이터를 활용한 다양한 자료의 활용을 기반으로 하기 때문에 모든 기능을 종합적으로 서비스를 해 가도록 시스템을 구축할 필요가 있다. 미래 인공지능시스템의 구축은 학생, 교사, 학부모, 그리고 행정가들에게 맞춤형 정보를 제공할 필요가 있다. 이 종합 시스템의 구축 및 운영의 효율성 면에서도 이점이 있는 것으로 이 시스템 안에 어떤 메뉴와 인터페이스는 어떻게 구성할 것인가 등 세밀한 부분도 고려할 필요가 있다.

현재 국내외에서 수학교육을 위한 인공지능의 활용은 주로 사기업에서 자체적으로 개발하여 서비스를 제공하고 있는 경우가 대부분이다. 앞으로 학습 방법의 유연화, 학습자의 맞춤형 교육, 교사의 교수 지원, 학부모를 위한 유용한 정보 제공 및 자녀 지원을 포함한 종합적인 수학교육의 지원을 위해서는 공교육에서도 이를 활용할 수 있는 종합플랫폼의 구축이 필요하고, 기존의 사기업과의 상호 협업할 수 있는 접점을 잡아갈 필요가 있다.

V. 결론 및 제언

우리나라의 학생들은 TIMSS나 PISA와 같은 국제수학과학성취도연구에서 수학성취도는 최상위권을 유지하고 있는 반면에 수학에 대한 태도는 일관되게 최하위임을 보여 주고 있다(OECD, 2019b; TIMSS and PIRLS International Study Center, 2016). 이런 문제의 부분적인 해결 방법의 한 가지로 개인별 맞춤형 학습이 대안이 될 수 있다(이상구, 2020). 그런데 현재와 같이 한 반에 20명 이상이 수학을 배우는 우리나라의 교실 상황에서 개인별 맞춤형 수업은 거의 불가능하다. 그리고 코로나 바이러스와 같은 감염병 등으로 온라인 학습을 해야 하는 상황에서 전통적인 수학 수업을 기반으로 하는 원격학습은 교수·학습의 질을 저하시킬 수 있다. 본 연구에서는 이를 위해 수학교육에서 인공지능을 활용하는 것을 하나의 대안으로 보았다. 이 연구에서는 수학교육에서 인공지능을 활용한 서비스를 제공하고 있는 국내의 인공지능을 활용한 수학교육 사례와 수학교육에서 인공지능의 기술을 활용한 구현 가능성을 알아보는 것이다.

본 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 국내의 수학교육을 지원하기 위한 인공지능 플랫폼은 대부분 학습자의 개인별 수학 맞춤형 학습을 지원한다. 이는 학습자 지식 상태 이론, 망각 지수 이론, 성취 미달 예측 가능 모델 이론 등을 활용하여 학습자의 수학 성취 수준 및 취약점을 파악하고, 각 학습자에게 적절한 학습 콘텐츠 및 경로를 추천하고 있다.

둘째, 수학교육 지원을 위한 플랫폼의 경우, 인간 수학 교사를 지원하기 위한 보조적인 역할을 하는 경우가 대부분이다. 현재 수학교육에서 인공지능의 활용은 각 개별 학습자의 독자적인 학습을 위한 시스템의 운영이 대부분이다. 앞으로 인공지능 플랫폼은 학교에서 수학을 지도하는 교사들의 개별적인 요구에 적합한 보다 효율적인 정보의 제공이 필요하다. 이를 위하여 당분간은 종이책 교과서와 연동하는 방안에서부터 시작하여 장차 디지털 교과서나 AR이나 VR 기능을 포함한 가상 교구 등과 연동하여 보다 역동적인 수학 교수·학습이 이루어지도록 할 필요가 있다.

셋째, 학습자의 수학학습을 효과적으로 지원하기 위하여 인지적인 측면뿐만 아니라 정의적인 측면의 기술을 고도화해 가고 있다. 현재의 수학교육을 위한 인공지능 시스템은 주로 인지적인 측면의 기능들이 강조되어 운영이 되고 있다. 그런데 이와 함께 인간의 정서나 감정과 관련된 부분을 고려하여 이를 수학교육에서 활용하는 방안을 포함할 필요가 있다. 더 나아가 미래 사회에서 인공지능 기술이 고도화될수록 인간 교유의 속성인 감성이나 공감 능력 등이 더욱 중요시될 것이다. 그리고 주어진 문제를 학생들이 서로 활발한 논의를 하면서 협력적으로 문제를 해결하는 능력이 필요하다. 이런 능력은 대부분 오프라인의 환경인 교실에서 가능했다. 인공지능의 시스템 안에 이와 유사한 일들도 가능하도록 하는 연구가 필요하다.

마지막으로, 인공지능을 활용한 수학교육의 효과적인 지원을 위하여 인간 교사가 했던 역할을 위한 인공지능 기술의 고도화와 이를 교수 활동 및 평가 활동 등에 어떻게 적용할지에 대한 연구가 필요하다. 인간 교사만이 해 왔던 것들을 이제는 인공지능을 활용하여 대체해 가고 있다. 인간 수학교사가 학생들을 격려하고 칭찬하며, 학생들이 서로 도와가면서 수학문제를 해결하도록 하는 것 등을 인공지능 플랫폼 안에서도 학생들이 자연스럽게 느낄 수 있도록 하는 인공지능 기술 및 기능들을 지속적으로 고도화해 갈 필요가 있다.

본 연구 결과를 토대로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 정교한 수학 계통체계의 구축을 위한 연구가 필요하다. 수학 맞춤형 학습 지원을 위한 인공지능의 활용을 위해서는 각 학습자를 위한 정교한 맞춤형 경로가 중요하다. 지금까지 이와 관련한 유사 연구들(김화경 외, 2013; 박윤범 외, 2014)이 있지만, 맞춤형 수학학습을 효과적으로 지원하기 위해서는 중국의 Squirrel AI와 같이 모든 수학 문항을 연결시킬 수 있는 상세한 계통 연구가 필요하다.

둘째, 인공지능 기술을 발굴하고 적절하게 수학교육 지원에 활용할 필요가 있다. 예를 들면, 자연어 처리 기

능(챗봇), 안면 인식 기술, 손글씨 인식 기능, 서술형 채점 기능, 시선 추적이나 감정을 탐지하여 집중도나 마음 상태를 분석하는 기능, 실시간 채팅 응답 기능, 가상현실(VR)과 증강현실(AR) 등의 기술을 포함하여 인공지능 기술을 접목하여 빅데이터를 수집하고 분석하기 위한 다양한 자료 소스를 위한 기능들을 최대한 고도화할 필요가 있다. 즉, 수학교육을 위한 인공지능의 효과적인 활용을 위해서는 학습자의 인지적인 측면뿐만 아니라 정의적인 측면을 고려하여 이를 종합하여 분석할 필요가 있다.

셋째, 인공지능 활용을 위한 높은 수준의 수학 콘텐츠 개발이 필요하다. 결국, 인공지능을 활용한 수학교육의 성패는 수학 콘텐츠의 질에 달려 있다고 할 수 있다. 이를 위하여 현재까지 개발되어 있는 질 높은 수학 콘텐츠를 활용할 수 있는 방안과 인공지능 활용에 적합한 양질의 수학 콘텐츠 개발이 필요하다. 이를 위하여 표준화된 콘텐츠 분류 체계와 여러 시스템에서도 공유가 가능한 범용 콘텐츠 유형의 정비 등에 대한 연구가 필요하다.

마지막으로, 수학교육을 위한 클라우드 기반의 종합 시스템 구축과 운영이 필요하다. 지금까지는 주로 학습자의 수학 학습을 돕기 위한 인공지능 활용이 대부분이다. 그런데 앞으로 학생뿐만 아니라 교사의 교수 활동 그리고 학부모의 자녀 교육을 위한 안내 및 효과적인 지원을 위하여 인공지능의 활용 방안에 대한 연구가 필요하다. 그리고 교육 행정적인 측면에서 자료의 축적 및 공유의 자동화도 필요하다. 특히, 요즘과 같은 원격교육이 필수적인 상황에서 원격교육이나 블렌디드 학습을 지원할 수 있는 방안을 고려한 시스템 개발이 필요하다. 인공지능 기술이 고도화된다고 하여 자동적으로 질 높은 활용이 이루어 질 수 있는 것은 아니다. 따라서 이를 위해서는 수학교육자나 교사뿐만 아니라 인공지능 전문가, 교육공학자, 그리고 심리학자 등 협업을 통하여 최적의 시스템을 구축하고 운영할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 교육부 (2020). 제3차 수학교육 종합계획(2020-2024). 교육부 과학·수학·정보·융합 교육 종합계획.
- Ministry of Education (2020). *Third comprehensive plan for mathematics education(2020-2024)*. The comprehensive plan for science, math, information and convergence education of the Ministry of Education.
- 김홍겸 · 박창수 · 정시훈 · 고호경(2018). 미래교육에서의 인간 교사와 인공지능 교사의 상호보완적 관계에 대한 소고. 교육문화연구, **24(6)**, 189-207.
- Kim, H. K., Park, C. S., Jeong, S. H., & Ko, H. K. (2018). A view on complementary relation of human teacher and AI teacher in future education. *Journal of Education & Culture*, **24(6)**, 189-207.
- 김화경 외 (2013). 자기주도 수학 학습 지원 체제 구축 연구. 한국과학창의재단 연구보고서.
- Kim, Y. K. et al. (2013) *A study on the establishment of self-directed mathematics learning support system*. A report of KOFAC.
- 박만구 (2020). 수학교육에서 인공지능 활용 동향. 한국초등교육, **31**, 91-102.
- Park, M. (2020). The trends of using artificial intelligence in mathematics education. *The Journal of Korea Elementary Education*, **31**, 91-102.
- 박만구 외 (2020). 수학학습 지원을 위한 인공지능 종합시스템 연구. 중간보고서. 한국과학창의재단.
- Park, M. et al. (2020). A study on the system building for supporting learning mathematics. A interim report of KOFAC.
- 박운범 외 (2014). 우리나라 수학과 교육과정 내용 계통 연구. 한국과학창의재단 연구보고서.
- Park, Y. B. et al. (2014) *A study of the hierarchical structure of the content in school mathematics curriculum*. A report of KOFAC.
- 신동조 (2020a). 초·중등교육에서 인공지능: 체계적 문헌고찰. 수학교육학연구, **30(3)**, 531-552.

- Shin, D. J. (2020a). Artificial intelligence in primary and secondary education: A systematic review. *Journal of Educational Research in Mathematics*, **30(3)**, 531-552.
- 신동조 (2020b). 수학교육에서 인공지능(AI) 활용에 관한 예비수학교사의 인식 분석. *수학교육 논문집*, **34(3)**, 215-234.
- Shin, D. J. (2020b). An analysis prospective mathematics teachers' perception on the use of artificial intelligence(AI) in mathematics education. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*, **34(3)**, 215-234.
- 웅진씽크빅 AI (2020a). *웅진씽크빅 AI*. Available from http://m.wjthinkbig.com/brand/brand_AI.do
- Woongjin Thinkbig AI (2020b). *A report of Woongjin Thinkbig AI*. Available from http://m.wjthinkbig.com/brand/brand_AI.do
- 웅진씽크빅 AI (2020b). *웅진씽크빅 AI 소개 내부 자료*. 웅진씽크빅 AI.
- Woongjin Thinkbig AI (2020b). *A report of Woongjin Thinkbig AI*. Woongjin Thinkbig AI.
- 이상구 (2020). *인공지능을 위한 기초수학*. Available from <http://matrix.skku.ac.kr/math4ai/>
- Lee, S. G. (2020). *Basic mathematics for artificial intelligence*. Available from <http://matrix.skku.ac.kr/math4ai/>
- 이지혜, 허난 (2018). 수학교육의 변화와 인공지능과의 연관성 탐색. *수학교육논문집*, **32(1)**, 23-36.
- Ee, J. H., & Huh, N. (2018). A study on the relationship between artificial intelligence and change in mathematics education. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*, **32(1)**, 23-36.
- 조성현 (2020). *인공지능과 언택트 시대, 국내 주요산업의 클라우드 도입 현황 및 전망*. 정보통신산업진흥원 이슈 리포트 2020-01.
- Cho, S. H. (2020). *Artificial intelligence ad uncontact era, cloud adoption and prospects of major Korean industries*. NIPA Issue Report 2020-01.
- 崔萸, 機麗 (2020). *松鼠 AI 智適應學習系統*. DOI:10.19609/j.cnki.cn10-1324/tp.2019.04.014
- Boxima et al. (2020) The state-of-the-art of mathematics teaching at the Dutch universities. *NAW*, **4**, 224-229.
- Business Insider (2019). *How AI is changing everything*. Available from <https://www.businessinsider.com/how-ai-is-changing-everything-2019-7>
- Cai, W., Grossman, J., Lin, Z., Sheng, H., Wei, J. T., Williams, J. J., & Goel, S. (2020). *Bandit algorithms to personalize educational chatbots*. Available from <https://5harad.com/papers/mathbot.pdf>
- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science*, **136**, 16-24.
- Carnegie Learning (2020). *MATHia*. Available from <https://www.carnegielearning.com/products/software-platform/mathia-learning-software/>
- Dr. Math (2020). *Homepage of Dr. Math*. Available from <https://www.drmath.co.kr/>
- European Parliament (2020). *Artificial intelligence: How does it work, why does it matter, and what can we do about it?* A report of STUDY: Panel for the Future of Science and Technology of European Parliament.
- Goksel, N., & Bozkurt, A. (2019). Artificial intelligence in education: Current insights and future perspectives. In S. Sisman-Ugur, & G. Kurubacak (Eds.), *Handbook of research on learning in the age of transhumanism* (pp. 224-236). Hershey, PA: IGI Global.
- Haebub Edu (2020). *AI MATH specialist*. A report of the Haebub Edu.
- Khan Academy (2020). *Khan Academy*. Available from <https://www.khanacademy.org/>

- Kiger, P. J. (2019). *How artificial intelligence is totally changing everything*. Available from <https://science.howstuffworks.com/artificial-intelligence.htm>
- Kurzweil, R. (2005). *The singularity is near: When humans transcend biology*. New York, Penguin Group.
- Lee, S. G. (2020). *Basic mathematics for artificial intelligence*. Available from <http://matrix.skku.ac.kr/math4ai/>
- Leony, D., Merino, P. J. M., Ruiperez-Valiente, J. A. (2014). *Rule-based detection of emotions in the Khan Academy platform*. International Workshop on Massive Open Online Courses at Antigua, Guatemala.
- MartaMATH (2020). *MartaMATH: Solve problems that are necessary*. Available from <https://www.matamath.net/jsp/main.jsp>
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2019a). *Artificial intelligence in society*. A report of OECD.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2019b). *PISA 2018: Insights and Interpretations*. OECD Publishing. Available from <https://www.oecd.org/pisa/PISA%202018%20Insights%20and%20Interpretations%20FINAL%20PDF.pdf>
- Squirrel AI Learning (2020). *Ist AI-powered adaptive education provider in China*. Available from <http://squirrelai.com/>
- TIMSS and PIRLS International Study Center. (2016). TIMSS 2015 international results in mathematics. Available from <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/wp-content/uploads/filebase/full%20pdfs/T15-International-Results-in-Mathematics.pdf>
- Voskoglou, M. G., & Salem, A. B. M. (2020). Benefits and limitations of the artificial with respect to the traditional learning of mathematics. *Mathematics*, **8**, 1-15.
- World Vertex (2020a). *Botami Math*. Available from <http://botami.io/>
- World Vertex (2020b). *Introduction to Botami Math*. A report of the World Vertex.

Applications and Possibilities of Artificial Intelligence in Mathematics Education

Park, Mangoo

Seoul National University of Education

E-mail : mpark29@snu.ac.kr

The purpose of this study is to investigate the applications and possibilities of major programs that provide services using artificial intelligence in mathematics education. For this study, related papers, reports, and materials were collected and analyzed, focusing on materials mostly published within the last five years. The researcher searched the keywords of "artificial intelligence", "artificial intelligence", "AI" and "mathematics education" independently or in combination. As a result of the study, artificial intelligence for mathematics education was mostly supporting learners' personalized mathematics learning, defining it as an auxiliary role to support human mathematics teachers, and upgrading the technology of not only cognitive aspects but also affective aspects. As suggestions, the researcher argued that followings are necessary: Research for the establishment of an elaborate artificial intelligence mathematical system, discovery of artificial intelligence technology for appropriate use to support mathematics education, development of high quality of mathematics contents for artificial intelligence, and the establishment and operation of a cloud-based comprehensive system for mathematics education. The researcher proposed that continuous research to effectively help students study mathematics using artificial intelligence including students' emotional or empathetic abilities, and collaborative learning, which is only possible in offline environments. Also, the researcher suggested that more sophisticated materials should be developed for designing mathematics teaching and learning by using artificial intelligence.

* ZDM Classification : U10, D70

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97U70, 97D40

* Key Words : mathematics education, artificial intelligence, applications

* This work was supported by the 2020 Research Fund of Seoul National University of Education.