



A study on the factors of elementary school teachers' intentions to use AI math learning system: Focusing on the case of TocToc-Math

Kyeong-Hwa Lee¹, Sheunghyun Yeo^{2*}, Byungjoo Tak³, Jong Hyeon Choi⁴, Taekwon Son⁵, Jihyun Ock⁶

¹Professor, Seoul National University

²Professor, Daegu National University of Education

³Professor, Jeonju National University of Education

⁴Professor, Gyeongin National University of Education

⁵Teacher, Bongmyong Elementary School

⁶Research Fellow, Korea Education and Research Information Service

ABSTRACT

This study explored the factors that influence elementary school teachers' intention to use an artificial intelligence (AI) math learning system and analyzed the interactions and relationships among these factors. Based on the technology acceptance model, perceived usefulness for math learning, perceived ease of use of AI, and attitude toward using AI were analyzed as the main variables. Data collected from a survey of 215 elementary school teachers was used to analyze the relationships between the variables using structural equation modeling. The results of the study showed that perceived usefulness for math learning and perceived ease of use of AI significantly influenced teachers' positive attitudes toward AI math learning systems, and positive attitudes significantly influenced their intention to use AI. These results suggest that it is important to positively change teachers' perceptions of the effectiveness of using AI technology in mathematics instruction and their attitudes toward AI technology in order to effectively adopt and utilize AI-based mathematics education tools in the future.

Keywords AI math learning system, TocToc-Math, Technology acceptance model, Elementary math

서론

2022 개정 수학과 교육과정에서는 수학 교과 역량과 더불어 수리 소양, 디지털 소양, 언어 소양의 함양을 강조하였고, 이를 위해 초중고 수학의 세부 내용 중 적절한 부분을 가르치고 배울 때 공학 도구 활용이 어떻게 이루어질 수 있고 이루어져야 하는지를 명시하였다(Ministry of Education, 2022). 이와 같은 변화는 한편으로 1990년대부터 서서히 발전되고 누적되어 온 공학 도구 기반의 수학 교수·학습 연구를 배경으로 한다. 다른 한편으로는 코로나19로 앞당겨진 디지털 대전환 시대에 적합한 수학교육의 방법 전환에 폭넓은 공감대가 형성되어 이루어진 면이 있다(Lee et al., 2021). 그런데 2022 개정 수학과 교육과

Received March 11, 2024; Revised April 11, 2024; Accepted May 1, 2024

*Corresponding author Sheunghyun Yeo

E-mail shyeo@dnue.ac.kr

2000 Mathematics Subject Classification 97B50



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

정이 공표된 후 공개된 생성형 인공지능 시스템 ‘챗지피티(ChatGPT)’는 기존의 공학 도구 활용 관련 논의의 방향과 방법에 다시 한번 큰 변화를 일으키고 있다. 인공지능과 같은 첨단 기술의 통합을 유토피아로 표현하며 낙관하거나 디스토피아로 비유하여 비판하는 일이 다시 한번 펼쳐지고 있으며, 결국 윤리적이고 효과적으로 인공지능과 공생하는 관점과 방안을 모색하는 일이 중요해졌다(Kim, 2017). 그러므로 인공지능 활용이 교육에 가져올 가능성과 한계에 대해 정교하게 분석하고(Lo, 2023), 교육의 방향성을 재정립할 필요가 있다(Peters et al., 2023). 인공지능의 교육적 활용과 관련하여 수학과에서는 인공지능 기반 수학수업 지원시스템인 <똑똑! 수학탐험대>를 개발·보급하는 등 선도적인 역할을 해왔으나, 아직 도입 초기 단계로 다양한 수학 교육 참여 주체가 인공지능의 활용에 대해 어떤 책임과 역할을 나누어 맡아야 하는지에 대한 심층 분석이 필요한 상황이다. 특히, 수학교육의 최전선에서 변화하는 환경과 요구에 맞서 인공지능을 활용해야 하는 교사의 인식을 파악하여 효과적인 지원 방안을 모색해야 한다.

<똑똑! 수학탐험대>는 2020년에 착수하여 2023년까지 1-2학년용, 3-4학년용, 5-6학년용이 순차적으로 개발된 인공지능 활용 수학수업 지원시스템으로, 개발과 동시에 효과성 분석, 내용 및 기술 분석을 통한 고도화 작업이 이루어졌다(Jeong et al., 2022; Yim et al., 2021). 수학수업에 <똑똑! 수학탐험대>를 접목하면 다양한 수준과 성향의 학생에게 개별 맞춤형 수학 학습 기회를 제공할 수 있다는 점에서 긍정적이다(Jeong et al., 2022; Kim, 2023; Koh, 2023; Yim et al., 2021). Chang과 Nam (2021)은 <똑똑! 수학탐험대>가 고도화를 통해 개선해야 하는 면이 있지만 상당한 현장 적합성을 갖추고 있다고 판단하였다. Lim 외 (2021)와 Choi (2022)는 <똑똑! 수학탐험대>를 활용하여 수학수업을 설계하고 실행하는 효과적인 방안을 모색하여 제시하였다. 이와 같은 연구들을 바탕으로 할 때 <똑똑! 수학탐험대>를 활용하여 수학수업을 효과적으로 진행한다면, 개별 맞춤형 수학학습을 촉진하여 학습 격차를 완화하는 것도 기대할 수 있다. 그러나 실제로 초등교사가 이와 같은 <똑똑! 수학탐험대>의 특징과 유용성을 어떻게 인식하여 이를 자신의 수학수업에 통합하여 사용하고자 하는지는 연구된 바가 매우 부족하다. 이에 본 연구에서는 <똑똑! 수학탐험대> 사례를 중심으로 초등교사가 인공지능을 활용한 수학수업 지원시스템을 어떻게 이해하고 수용하는지를 세밀하게 파악하고자 한다.

‘기술 수용 모델(Technology Acceptance Model; TAM)’은 <똑똑! 수학탐험대>와 같은 새로운 기술이 도입될 때 교사 등 핵심 참여 주체가 기술을 이해하고 수용하는 양상을 세밀하게 파악하도록 하는 유용한 이론적 분석틀이다. Son (2023)은 TAM을 이용하여 예비교사의 <똑똑! 수학탐험대> 사용 의도를 연구하고, <똑똑! 수학탐험대> 사용 능력과 더불어 사용 용이성 및 유용성이 <똑똑! 수학탐험대> 사용 의도에 영향을 미친다는 점을 확인하였다. 예비교사에 비해 상대적으로 높은 전문성과 다양한 경험을 가진 현직교사는 <똑똑! 수학탐험대> 사용 의도에 대해 다른 양상을 보일 수 있다. 이에 본 연구는 TAM에 따라 초등교사의 <똑똑! 수학탐험대> 사용 의도를 파악하여 현장에서 효과적인 운영 방안을 탐색하고자 한다. 구체적인 연구문제는 다음과 같다. 첫째, 초등교사의 인공지능 활용 수학 지원시스템에 대한 사용 의도에 영향을 주는 요인은 무엇인가? 둘째, 초등교사의 인공지능 활용 수학 지원시스템에 대한 사용 의도에 영향을 주는 요인 간의 관계는 어떠한가?

이론적 배경

1. 수학교육에서 인공지능 활용

AlphaGO나 ChatGPT 등 인공지능이 활용된 각종 시스템들이 일상 속에 자연스럽게 녹아들면서 교육 영역, 특히 수학교육 영역에서도 인공지능을 활용하여 교수·학습을 지원하는 방안에 대한 논의가 활발하게 이루어지기 시작하였다. 과거에도 수학교육에서 공학 도구를 활용하는 방안에 대한 연구가 꾸준히 수행되어 왔으나, 대체로는 컴퓨터와 계산기 등 학습 도구의 관점에서 접근해왔다. 그러나 인공지능은 수학교육 영역에서 학습을 보조하는 도구로서 뿐만이 아니라 학습 환경과 학습 내용 측면까지 아우르는 변화를 초래할 것이라고 바라보고 있다(Kim et al., 2018).

기존의 공학 도구와 달리 인공지능은 빅데이터를 빠르게 처리할 수 있는 컴퓨터 메모리와 용량의 발전으로, 기계학습(machine learning) 또는 딥러닝(deep learning)을 이용하여 사람의 명시적인 프로그래밍이 없이도 컴퓨터가 알아서 데이터를 처리하고 분석하여 패턴을 찾아냄으로써 그에 따른 적절한 진단과 의사결정이 가능해졌다는 특징을 지니고 있다. 그렇기에 수학교육 영역에서 인공지능을 활용하는 방식은 여러 가지로 나뉘지만 그 중에서도 학습자에게 개별화된 맞춤형 학습 제공할 수 있다는 점이 주목을 많이 받고 있다(Holmes et al., 2019). 구조화된 지식 체계를 기준으로 진단 검사를 통해서 학습자의 현재 지식 상태에 대해서 확인하기 쉽다는 장점이 있다. 따라서, 학습자 개인의 학습 데이터를 인공지능으로 처리하고 분석하여 개별적으로 학습을 진단하고, 그 개별 학습자에게 개별 학습경로와 맞춤형 피드백을 제공할 수 있을 것이라는 기대를 지

니고 있다. 실제로 국내외에서 수학교육을 지원하기 위한 인공지능 지원시스템 대부분은 학습자의 개인별 맞춤형 학습을 지원하는 방향으로 개발되고 있다(Park, 2020).

이와 같은 방식으로 학습자의 수학 교수·학습을 지원하는 데 인공지능을 활용하는 방식은 대체로 지능형 튜터링 시스템(intelligent tutoring system, ITS)을 갖춘 인공지능 지원시스템을 구축하는 것이다. ITS란 지능정보기술을 이용하여 학습자에게 맞춤형 수업과 피드백을 제공하는 시스템을 뜻한다. ITS에는 학생 개인의 수준에 적합한 학습 내용과 학습 경로를 제공하며 학습 과정에서 힌트와 피드백을 제공하는 단계형 ITS와 자연어 처리 기술을 이용하여 대화 형식의 학습 환경을 제공하는 대화형 ITS로 구분하기도 한다(Shin, 2020). 특히, 수학은 타 교과에 비해 지식 체계가 잘 구조화되어 있기 때문에 단계형 ITS를 활용한 지원시스템으로 수학 수업 지원 체계를 구축하려는 시도가 자주 이루어져 왔다.

앞서 언급한 바와 같이, 수학교육 영역에서 인공지능은 학습 도구로서 활용되는 것뿐만 아니라 학습 환경을 조성하며 학습 내용에도 일부 영향을 미치기까지 한다. 단계형 ITS에 기반을 둔 지원시스템 형식의 수학 수업 지원 시스템은 그 중에서도 개인별 맞춤형 학습 환경을 구현하기 위한 것이다. 인공지능을 활용한 맞춤형 학습 환경 조성을 일컫는 개인 학습 환경(personal learning environment, PLE)의 맥락을 반영하여 Kim과 Cho (2022)는 본고에서 다루는 <똑똑! 수학탐험대>를 비롯한 다섯 개의 수학교육 지원시스템을 Figure 1의 틀로 분석한 바 있다. 인공지능 기반 개별화 맞춤형 학습의 요소로 개인 학습 환경(Personal Learning Environment, PLE), 개인 학습 네트워크(Personal Learning Network, PLN), 개인 학습 포트폴리오(Personal Learning Portfolio, PLP)로 구성된 삼각형 구조로 중심으로 분석하였다(Montebello, 2021). 분석 대상이었던 수학교육 지원시스템은 모두 학습자 프로파일링을 통해 학습자 개개인의 학습 과정과 결과를 보여주었고, 학생의 필요에 따라 필요한 학습 콘텐츠에 접근할 수 있으며, 개인화된 인터페이스의 구축과 적응적 교육과정을 지원하는 방식으로 수학 수업을 지원하고 있었다.

이처럼 수학교육에서 인공지능을 활용하는 다양한 방식이 논의되어 왔고, 그 중에서도 인공지능이 학습 데이터 처리와 분석을 바탕으로 빠른 진단과 피드백을 제공할 수 있을 것이라는 기대에 따라 ITS를 활용하여 개별화된 맞춤형 수학 수업을 지원하는 수학교육 지원시스템 역시 다수 개발되어 왔다. 다만, 이러한 지원시스템이 실제 교실의 수학 교수·학습에서 적극적으로 활용되기 위해서는 몇 가지 해결해야 할 과제가 존재하는데, 그중 하나는 ITS를 교실 수업에 통합하는 데 교사들이 겪는 다양한 어려움과 관련이 있다(Shin, 2022). 실제로 교사들은 ITS를 활용한 맞춤형 교실 수업을 구현하는 데 많은 어려움을 겪고 있으며, 학습 데이터를 수업 설계에 활용하는 빈도는 극히 적은 것으로 알려져 있다(Phillips et al., 2020). 따라서 수학교육에서 인공지능을 활용함으로써 당초에 기대하였던 개별화 맞춤형 수학 학습 지원을 구현하기 위해서는 교사 변인을 지속적으로 주목하고 연구할 필요가 있다.

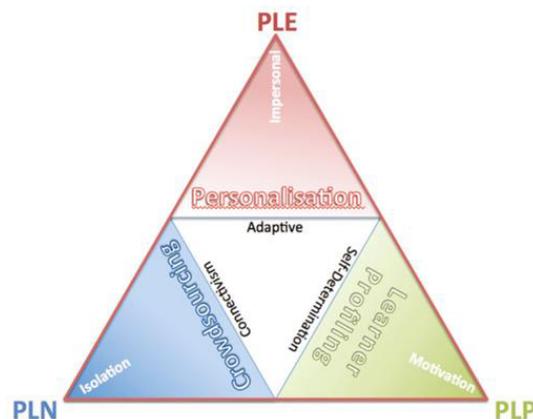


Figure 1. AI-based personal and adaptive learning model (Montebello, 2021, p. 59).

2. 수학교육에서 기술 수용 모델

인공지능을 포함한 다양한 정보통신 기술의 발전은 수학교육에서 교수·학습을 변화시킬 수 있는 새로운 기회를 제공하였다(Bray & Tangney, 2017; Zawacki-Richter et al., 2019). 시뮬레이션, 계산기, 애플리케이션과 같은 수학 소프트웨어와 기

술은 수학 개념의 다양한 표현을 가능하게 함으로써 수학적 개념을 이해하고 효과적으로 의사소통할 수 있는 교육 환경 구축을 지원할 수 있다(Ball et al., 2018; Higgins et al., 2019). 이처럼 기술은 수학교육을 변화시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있지만, 교실 현장에서 기술은 그 잠재력을 충분히 발휘하지 못하고 있다(Bray & Tangney, 2017). 이러한 원인 중 하나는 교실에서 기술 사용을 결정하는 권한이 전적으로 교사에게 부여되기 때문이다(Mueller et al., 2008). 교사는 수학 수업에서 기술 사용에 대한 중요한 이해 관계자이며(Seufert et al., 2021), 수학 교실에서 기술 구현의 성패를 결정하는 중요한 역할을 수행한다(Joubert et al., 2020). 이로 인해 교사가 기술을 수용하거나 거부하는 이유를 파악해야 할 필요성은 점점 커져왔다(Granić & Marangunić, 2019). 이에 따라 여러 연구자들은 수학교육에서 교사의 기술 활용에 대한 연구에 관심을 가지기 시작했으며, 최근에는 인공지능을 사용한 수학 수업에 대한 교사의 인식에 초점을 둔 연구가 수행되어 왔다. Kim 외 (2023)는 161명의 초등교사를 대상으로 인공지능 활용에 대한 인식을 조사하였다. 초등교사들은 수학 교수 및 학습 도구로서 인공지능을 활용하는 것에 대체적으로 동의하지만, 인공지능의 정의에 활용에 대한 인식은 낮은 것으로 나타났다. Lim 외 (2021)는 43명의 초등교사를 대상으로 인공지능을 수학 수업에 활용하기 위한 필요사항을 조사하였다. 초등교사들은 인프라 구축, 교수 및 학습 시나리오 개발, 교육과정 재구조화 방안의 모색이 필요하다고 응답하였다. Yoo와 Chung (2024)은 126명의 중등 수학교사를 대상으로 인공지능을 활용한 수학교육의 인식 수준을 조사하였다. 대부분의 수학교사들은 수학 수업을 위해 인공지능이 필요하다는데 동의하였지만, 교사의 전문성 부족, 시간적 부담을 인공지능 활용의 어려움으로 제시하였다. 이러한 연구들은 수학교육에서 인공지능을 활용하는 교사의 인식이 대체로 긍정적임을 보여주고 있으며, 인공지능을 수학 수업에서 활성화하기 위한 시사점을 제시하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 교사가 인공지능을 수용하려는 의도가 있는지 그러한 의도에 영향을 미치는 요인은 무엇인지에 대한 연구는 거의 수행되지 않았다.

교사의 기술 사용에 대한 결정을 예측할 수 있는 여러 모델 중 가장 널리 활용되는 모델은 기술 수용 모델(TAM)이다. TAM은 개인이 언제, 어떻게 새로운 기술을 채택하고 사용할지 예측할 수 있는 이론적 틀을 제공하며(Davis, 1986), 지각된 사용 용이성(perceived ease of use), 지각된 유용성(perceived usefulness), 사용에 대한 태도(attitude)라는 세 가지 요인으로 사용자의 기술 사용 의도(intention to use)를 설명한다(Figure 2).

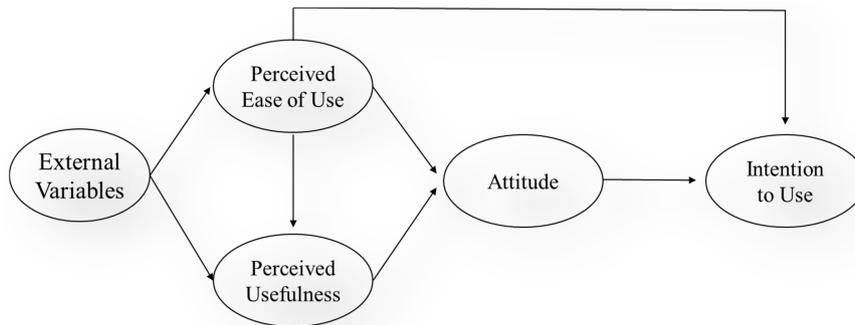


Figure 2. Technology acceptance model (Davis et al., 1989).

TAM은 컴퓨터 기술에 대한 사용자의 행동을 이론화하기 위해 개발되었지만(Davis, 1986), 시간이 지남에 따라 수학교육 분야에서 기술의 잠재적 수용과 거부에 대한 교사 행동을 예측하는 핵심 모델로 발전하였다(Granić & Marangunić, 2019). 예컨대, 화이트보드(Önal, 2017). 온라인강좌(Gurer & Akkaya, 2022), e-러닝(Mailizar et al., 2021), 정보통신기술(Perienen, 2020), 증강현실(Ibili et al., 2019)과 같은 연구들은 다양한 기술 사용에 대한 교사의 사용 의도에 미치는 요인을 밝히고 수학교사 교육을 위한 시사점을 제공하였다.

그러나 기존 연구들은 수학교육에 특화된 디지털 도구보다는 일반 교육공학 도구적 맥락에 초점을 두고 있으며(Chocarro et al., 2023; Choi et al., 2023), 인공지능을 사용하는 교사의 의도에 미치는 영향을 조사한 연구는 거의 수행되지 않았다. 수학 교과목의 특수성과 기술의 종류에 따라 기술 수용에 대한 교사의 인식이 달라질 수 있으므로 TAM이 적용되는 연구를 맥락화시킬 필요가 있다(Yeo et al., 2022). 이에 본 연구에서는 인공지능 활용 수학수업 지원시스템인 <똑똑! 수학탐험대>를 사용한 경험이 있는 초등학교 교사들의 사용 의도에 미치는 요인을 조사하기 위해 교과와 인공지능 맥락을 반영하여 교사의 인식을 탐색하였다.

3. 연구 모형 및 가설

본 연구에서 검증하기 위한 연구 모형은 Figure 3과 같다. 특히, 기존 TAM을 새로운 변인들과 연결하여 확장하는데 연구의 중점이 있기 보다는, 최소한의 변인을 탐구하는 가능한 간결한 모델(parsimonious model)을 검증하여 변인들 간의 잠재적인 연결에 대해 연구의 초점을 갖고자 한다. 제시된 연구 모형에서 지각된 사용 용이성은 지각된 유용성에 직접적인 영향을 미치고 지각된 사용 용이성과 지각된 유용성은 태도에 직접적인 영향을 미치며, 태도는 사용 의도에 직접적인 영향을 미친다. 보다 구체적으로 본 연구에서는 기존 TAM 모델에서 활용하는 요인들의 명칭을 인공지능 활용 수학수업 지원시스템을 활용한 교사들의 상황에 맥락화를 위해서 용어를 수정하여 사용하였다. 각 요인의 정의와 이러한 가설에 대한 이론적 근거는 하위 절에서 기술하였다.

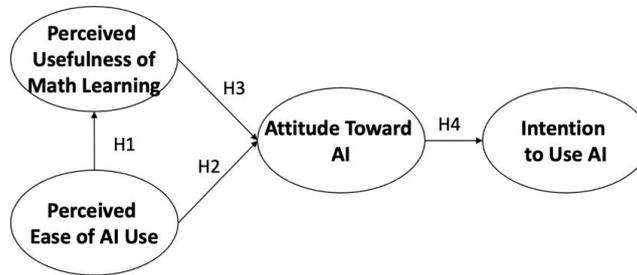


Figure 3. Research model.

4. 지각된 인공지능 사용 용이성

지각된 사용 용이성은 “개인이 기술을 사용하는데 노력이 필요 없을 것이라고 믿는 정도”라고 정의된다(Davis, 1989, p.320). 교사는 기술 사용이 유익하다고 인식하더라도 기술 사용이 어렵다고 생각하면 기술을 사용하지 않을 수 있다. 따라서 지각된 사용 용이성에 대한 긍정적인 인식은 특정 기술의 지속적인 사용에 대하여 호의적인 태도를 갖게 한다(Davis, 1989; Taylor & Todd, 1995). Teo 외 (2012)는 기술에 대한 지각된 사용 용이성이 기술에 대한 태도에 영향을 받는다고 보고하였다. 또한 Ibili 외 (2019)는 증강현실 사용에 대한 수학 교사의 인식을 조사하고 지각된 사용 용이성이 지각된 유용성에 직접적인 영향을 미쳤다고 보고하였다. Teo (2008)는 컴퓨터 사용에 대한 교사의 지각된 사용 용이성이 지각된 유용성에 직접적인 영향을 미친다고 하였다. 이러한 결과를 바탕으로 본 연구에서는 ‘지각된 인공지능 사용 용이성’을 교사가 교실에서 수업을 위해 인공지능을 사용하는데 노력이 필요 없을 것이라고 믿는 정도라고 정의하였다. 따라서 인공지능 활용 수학수업 지원시스템인 <똑똑! 수학탐험대>를 활용하는 맥락을 바탕으로 지각된 인공지능 사용 용이성에 대해 다음과 같은 가설(H1, H2)을 제안하였다.

H1: <똑똑! 수학탐험대>에 대한 지각된 인공지능 사용 용이성은 교사들의 지각된 유용성에 유의미한 영향을 미친다.

H2: <똑똑! 수학탐험대>에 대한 지각된 인공지능 사용 용이성은 교사들의 인공지능 활용에 대한 태도에 유의미한 영향을 미친다.

5. 수학 학습에 대한 지각된 유용성

지각된 유용성은 “개인이 특정 시스템을 사용하면 자신의 업무 성과가 향상될 것이라고 믿는 정도”를 의미한다(Davis, 1989, p.320). Davis (1989)는 지각된 유용성이 태도에 직접적인 영향을 미친다고 가정하였으며, 수학교육 맥락에서도 교사의 지각된 유용성이 기술에 대한 태도에 긍정적인 영향을 미치는 주요 요인 중 하나로 보고되고 있다. 예컨대, Gurer와 Akkaya (2022)는 기술 사용에 대한 수학교사들의 지각된 유용성이 기술에 대한 태도에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다. Teo (2008) 또한 지각된 유용성이 기술에 대한 교사의 태도에 직접적인 영향을 미친다고 보고하였다. Lim 외 (2021)는 초등교사들이 <똑똑! 수학탐험대>가 수학 수업에 유용하다고 인식했으며, 지속적으로 사용할 의지가 있다고 하였다. 본 연구에서 ‘수학 학습에 대한 지각된 유용성’은 교사가 수학을 가르치는 목적에서 학습에 효과적이라고 믿는 정도를 의미한다. 이러한 선행연구를 바탕으로 본 연구에서는 수학 학습에 대한 지각된 유용성에 대해서 다음과 같은 가설(H3)을 제안하였다.

H3: <똑똑! 수학탐험대>에 대한 수학 학습에 대한 지각된 유용성은 교사들의 인공지능에 대한 태도에 유의미한 영향을 미친다.

6. 인공지능 활용에 대한 태도와 인공지능 사용 의도

기술 사용에 대한 태도는 ‘기술 사용에 대한 개인의 긍정적이거나 부정적인 생각’을 의미한다(Venkatesh et al., 2003). 선행 연구들은 기술 사용에 대한 교사의 태도가 사용 의도에 직접적인 영향을 미친다고 보고하고 있다. 예컨대, Teo와 Milutinović (2015)는 기술에 대해 긍정적인 태도를 가진 교사가 기술을 사용할 의도가 더 높다는 것을 발견하였다. Ibili 외 (2019)는 수학교사의 증강현실 사용 의도를 조사하고 수학교사의 태도가 증강현실을 수학교실에 사용하려는 의도에 영향을 미쳤다고 보고하였다. 본 연구에서 ‘인공지능 활용에 대한 태도’는 수학수업에서 인공지능 사용에 대한 교사의 긍정적이거나 부정적인 생각을 의미한다. 또한 ‘인공지능 사용 의도’는 교사의 수학수업에서 인공지능 활용에 대한 의도로 정의하였다. 본 연구에서는 선행 연구를 바탕으로 인공지능 활용의 맥락에서 인공지능 활용에 대한 태도에 대해 다음과 같은 가설을 제안하였다.

H4: 교사들의 인공지능 활용에 대한 태도는 <똑똑! 수학탐험대>에 대한 사용 의도에 유의미한 영향을 미친다.

연구 방법

본 연구는 교사의 최신 기술을 활용한 수업 지원시스템의 활용 의도에 영향을 미치는 요인을 탐색하고, 수학 교육에서 최신 기술을 활용한 교수·학습의 효과와 교사의 사용 의도 구축의 의미와 방안을 탐색하는 데 목표를 두고 있다. 이를 위해 인공지능 활용 초등 수학수업 지원시스템인 <똑똑! 수학탐험대>의 사례를 중심으로 초등교사가 인공지능을 활용한 수학수업 지원시스템을 이해하고 수용하여 자신의 실천에 반영하는 기제를 탐색하고자 한다.

1. 똑똑! 수학탐험대

교육부와 한국교육학술정보원은 인공지능을 활용하여 수학 학습 성취 정도를 진단하고, 개별 맞춤형 학습을 제공하여 초등 학교 저학년부터 발생할 수 있는 학습 결손에 따른 학습 격차를 예방하고, 모든 학생의 수학적 역량을 키울 수 있도록 인공지능을 활용한 초등 수학수업 지원시스템 <똑똑! 수학탐험대> 서비스를 운영하고 있다(Figure 4). 2020년 9월부터 초등학교 1-2학년군을 대상으로 서비스를 시작했으며, 2022년 9월에는 초등학교 3-4학년, 2024년 2월부터는 초등학교 5-6학년 대상으로 확대해 운영하고 있다. 누적 가입자 약 20만명(23년 12월 기준)이 넘는 초등학생들이 <똑똑! 수학탐험대>를 활용하고 있다.



Figure 4. Key features in TocToc Math.

<똑똑! 수학탐험대>의 주요 기능으로는 교육과정 기반으로 전학년, 전단원, 전차시를 바탕으로 학습 콘텐츠를 제공하는 교과 활동이 있다. 각 활동별로 개념설명 영상을 활용할 수 있고, 배운 개념을 확인할 수 있는 함께 학습지를 이용할 수도 있다. 다양한 재화를 얻고 동물카드를 얻을 수 있는 게이미피케이션을 바탕으로 자기주도학습을 지원하는 탐험활동과 학습한 내용에 대해서 복습을 재미있는 미니 게임으로 확인할 수 있는 자유활동이 있다. 학생의 진단 결과와 탐험활동 이력을 바탕으로 인공지

능을 통한 최적의 학습 활동 콘텐츠를 추천해주는 인공지능 추천활동과 수학 개념적 이해를 돕고 탐구를 도와주는 디지털 도구 콘텐츠도 제공하고 있다. 평가는 학생들의 전체적인 수학에 대한 능력을 전반적으로 진단할 수 있는 진단평가, 각 차시 별로 문제를 제공하는 차시평가, 여러 차시에 걸쳐서 문제를 제공하는 수시평가, 해당 단원에 대한 평가문항을 제시하는 단원평가와 같이 체계적인 평가문항을 제공한다. 학습한 정도와 평가의 결과는 대시보드를 통해서 교사와 학생에게 제공하고 현재 자신의 학습 정도를 확인할 수 있고 부족한 학습 영역에 대해 구체적인 피드백을 얻을 수도 있다.

2. 연구 대상

본 연구를 위한 연구대상은 비확률 표집 방법 중에서 지원자 표집방법을 사용하였다. 최근 3년간 <똑똑! 수학탐험대> 서비스를 사용한 경험이 있는 교사를 대상으로 2024년 1월 11일(목)부터 1월 22일(월)까지 개별 이메일 발송을 통한 설문 참여 안내를 진행하였으며, 본 연구에 참여하겠다고 동의하고 <똑똑! 수학탐험대>를 최근 3년 이내에 활용한 경험이 있는 초등학교 215명을 분석의 대상으로 하였다. Table 1은 설문에 참여한 선생님들의 성별, 교육경력, 학급크기에 대한 배경 정보를 나타낸다. 설문에 참여한 교사들 중 여교사는 63.3%, 남교사는 36.7%로 나타났다. 또한, 교육경력에 대해서는 참여한 교사의 약 80%가 10년 이상의 경력을 가지고 있었고, 학급당 인원수는 20명 이상 30명 미만이 가장 많은 비율을 차지하였다(51.6%).

Table 1. Profiles of participants (N=215)

Professional experience and demographics	Number of respondents	Percentage of respondents
Gender		
Female	136	63.3
Male	79	36.7
Teaching experience (year)		
0-4	17	7.9
5-9	32	14.9
10-14	66	30.7
15-19	51	23.7
20 and more	49	22.8
Range of class size		
0-9	53	24.7
10-19	43	20.0
20-29	111	51.6
30 and more	8	3.7

3. 검사 도구

본 연구에서 검사도구는 수학수업에서 코스웨어를 활용하고 있는 교사와의 인터뷰 및 수업 관찰, 설문조사(Yeo et al., 2022)를 기반으로 개발되었다(Table 2). 한국의 수학 수업 상황과 <똑똑! 수학탐험대>의 인공지능 활용 수학수업 지원시스템의 맥락을 바탕으로 문항들은 수정보완하였고, 수학교육전문가 4명과 현장 교사 2명에게 타당도를 검토 받아 최종본을 완성하였다. 본 연구에서는 TAM을 중심으로 분석하기 위해서 16개의 문항을 중심으로 분석하였다. 16개의 문항 중 배경변인으로 성별, 교육경력, 학급크기, 공학 도구 활용 경험에 대한 4문항을 선정하였고, 해당 변인들은 연구 모형의 각 변인을 통제하는 통제변인으로 활용되었다. TAM 분석을 위해 수학 학습에 대한 지각된 유용성, 지각된 인공지능 사용 용이성, 인공지능 활용에 대한 태도, 인공지능 사용 의도의 개념에 대해 나머지 12문항을 활용하였다. 각 문항은 5점 리커트 척도(1점=매우 그렇지 않다, 5점=매우 그렇다)로 측정하였고, Cronbach alpha (0.60이상이 적절)로 문항의 내적 일치도를 확인하였다.

4. 분석 방법

수집된 자료는 R의 Lavaan 패키지(Rosseel, 2012)로 구조방정식 모형을 활용하여 분석하였다. 연구 모형에서 가설로 설정된 요인 간의 인과 관계를 확인하기 위해 구조방정식 모형은 관측 변수와 잠재 변수 간의 예측된 분산이 동시에 존재하는지 여부를 판단할 수 있다(Gefen et al., 2000). 이를 위해 먼저 자료의 기술통계 분석을 통해 정규성 검사를 수행하였다.

본 연구는 측정모형과 구조방정식 모형의 결과를 구분하여 다루는 2단계 접근법을 사용하였다(Schumacker & Lomax, 2004). 1단계에서는 관측 변수와 잠재 변수를 추정하여 요인 구조의 모형 적합도를 확인하는 동시에 구인 타당도(construct

Table 2. Survey items

Factors	Items
Perceived Usefulness of Math Learning (PUML) (Teo, 2008)	How does TocToc-MATH help mathematical teaching and learning? PUML1: TocToc-MATH helps teachers teach math efficiently PUML2: TocToc-MATH helps students learn math in a meaningful way PUML3: TocToc-MATH helps motivate students to learn math
Perceived Ease of AI Use (PEAIU) (Gurer & Akkaya, 2022)	How do you think about using TocToc-MATH in your math classroom? PEAIU1: I can skillfully use TocToc-MATH in my math class PEAIU2: I can use TocToc-MATH to meet the objectives of my math class PEAIU3: I think it is easy to learn how to use TocToc-MATH
Attitude Toward AI (ATAI) (Venkatesh et al., 2003)	How much are you satisfied with the content of TocToc-MATH? ATAI1: Curriculum activities ATAI1: Assessments ATAI1: Digital manipulatives
Intention to Use AI (IUIA) (Yeo et al., 2022)	When you use TocToc-MATH in your classroom, how would you use TocToc-MATH for mathematical lessons? IUIA1: I would use TocToc-MATH as an example to introduce new mathematical concepts and principles IUIA2: I would use TocToc-MATH to teach math content directly IUIA3: I would use TocToc-MATH to remind students of relevant math concepts

validity)와 개념 신뢰도(construct reliability)를 확인하여 측정 모형이 적합한지 판단하였다. 이를 위해 적합도 지수들이 만족하지 못할 때는 모형을 수정하여 적합도를 높였다. 또한, 잠재변수 간의 상관관계 분석을 통해 교사들의 <똑똑! 수학탐험대>의 사용 의도와 다른 잠재 변수들의 관계를 분석하였다. 2단계로 가설에 따라 요인을 구성하는 모형을 추정하는 것이다. 만약 1단계에서 모형의 적합도 검사를 만족한 경우, 가설적 구조방정식 모형의 적합도가 기준에 부합하는지 확인하여 최종 구조방정식 모형을 확정하였다.

연구 모형의 적합도를 판단하기 위해 권장되는 모형 적합도 지수인 χ^2 (Chi-Square Test of Model Fit: χ^2 /자유도, 3 미만), Root Mean Squared Error of Approximation (RMSEA, 0.08 미만), Standardized Root Mean Square Residual (SRMR, 0.08 미만), Tucker-Lewis Index (TLI, 0.9 이상) 및 Comparative Fit Index (CFI, 0.9 이상)를 적용하였다 (Gefen et al., 2011; Hu & Bentler, 1999). 또한, 표본 크기에 대해 구조방정식 모형이 정확하다는 가설을 수용하기 위해 Hoelter의 기각 N을 조사하였다. 본 연구 모형에 대한 기각 N은 119이므로, 현재 표본 크기(N=215)는 구조방정식 모형을 통해 분석하기에 적합한 것으로 간주되었다.

연구 결과

1. 기술통계

Table 3은 변인들의 평균, 표준편차, 왜도(Skewness), 첨도(Kurtosis)를 각각 나타낸다. 모든 변인들에서 리커트 척도의 중간점(3점) 이상으로 긍정적인 응답이 많았다. 표준편차는 0.62-0.99으로 낮은 수준의 편차를 보였고, 왜도(-1.21--0.35)와 첨도(-0.8-1.79)는 절대값 3보다 작아 정규 분포를 만족하여 수집된 자료를 이용하여 구조방정식 모형으로 분석을 수행하기에 적절하다고 판단하였다(Kline, 2015).

2. 측정 모형 평가

측정 모형을 평가하기 위해 최대우도추정(Maximum Likelihood Estimation, MLE) 접근법으로 확인적 요인 분석을 적용하였다(Little & Rubin, 1989). 최대우도추정 접근법에서 다변량 정규성을 만족하는지 확인하기 위해 Mardia의 다변량 첨도 계수를 조사하였다(Mardia, 1970). 모형에서 활용된 문항 수를 $m (=12)$ 으로 두고 $m (m+2)$ 공식을 통해 계산된 288보다

Table 3. Descriptive statistics and normality estimates (N=215)

Construct (range)	PUML (1-5)	PEAIU (1-5)	ATAI (1-5)	IUAI (1-5)
Mean	4.43	4.14	4.42	3.78
SD	0.65	0.69	0.62	0.99
Skewness	-1.21	-0.35	-1.08	-0.56
Kurtosis	1.79	-0.8	1.16	-0.38

PUML: perceived usefulness for mathematical learning, PEU: perceived ease of use, ATAI: attitude towards AI, IU: intention to use.

첨도 계수(29.12)가 낮으므로 본 연구에서 활용된 자료는 다변량 정규성을 만족한다고 볼 수 있다(Raykov & Marcoulides, 2008). Table 4는 요인 적재량, t값, R², 수렴 및 판별 타당도를 검사하기 위한 Average Variance Extracted (AVE)와 Construct Reliability (CR), Cronbach alpha를 중심으로 확인적 요인 분석의 결과를 나타낸다. 요인 적재량은 0.52-0.87로 나타났고, 모두 0.5보다 높아 유의성이 높게 나타났다. 또한, t값이 모두 1.96보다 높아, 모든 추정치는 통계적으로 유의미하였다. AVE는 0.66-0.84로 나타났고, 기준값인 0.5보다 높았다. 또한, CR 값도 0.87-0.94로 나타났으며, 기준값인 0.7보다 높았다. 이와 같이 기준보다 높은 AVE와 CR 수치는 구인의 수렴 타당도가 적절하다는 것을 나타낸다(Kline, 2015). 구인의 내적 일관성(Cronbach alpha)도 0.74-0.86로 문항이 묻고 있는 내용이 일관적인 것으로 나타났다.

판별 타당도는 한 요인이 실제로 다른 요인과 얼마나 다른가에 관한 것이다. 판별 타당도를 평가하기 위해 Table 5의 상관관계 행렬의 주 대각선을 따라 표시된 AVE의 제곱근과 상관관계 계수를 비교하였다. 측정 모형에서 AVE의 제곱근이 구인 간 상관 계수보다 크면 해당 모형은 판별 타당도 기준을 충족한다(Fornell & Larcker, 1981). 모든 AVE의 제곱근이 상관 계수보다 크고 상관계수가 0.85를 넘지 않으므로 판별 타당도를 만족하는 것으로 판단하였다.

또한, 본 연구의 측정 모형 적합도는 양호한 것으로 나타났다[$\chi^2=139.10$, $\chi^2/\text{자유도}=2.89$, RMSEA=0.074, SRMR=0.057, TLI=0.91, CFI=0.94] (Gefen et al., 2011). 요약하면, 본 연구의 측정 모형은 12개 항목이 4가지 요인을 측정하기에 타당하고 신뢰할 수 있다는 것을 적절한 지표로 보여주었다.

Table 4. Result of measurement model

Items	Factor loading	t value	R ²	AVE ^a	CR ^b	Cronbach alpha
PUML1	0.87	15.28**	0.75	0.67	0.94	0.86
PUML2	0.84	14.67**	0.71			
PUML3	0.74	12.23**	0.55			
PEAIU1	0.85	14.85**	0.72	0.66	0.94	0.74
PEAIU2	0.83	13.96**	0.68			
PEAIU3	0.76	12.37**	0.57			
ATAI1	0.77	12.22**	0.60	0.52	0.87	0.76
ATAI2	0.72	10.02**	0.50			
ATAI3	0.66	9.98**	0.43			
IUAI1	0.84	13.94**	0.70	0.63	0.93	0.82
IUAI2	0.85	14.37**	0.73			
IUAI3	0.68	10.58**	0.46			

PUML: perceived usefulness for math learning, PEAIU: perceived ease of AI use, ATAI: attitude towards AI, IUAI: intention to use AI.

**p<0.01.

^aAVE=($\sum \lambda^2$)/(($\sum \lambda^2$) + $\sum (1-\lambda^2)$).

^bCR=($\sum \lambda^2$)/(($\sum \lambda^2$) + $\sum (1-\lambda^2)$).

Table 5. Correlation matrix of TAM and antecedents

Construct	PULM	PEAIU	ATAI	IUAI
PULM	(0.82 ^a)			
PEAIU	0.71**	(0.81 ^a)		
ATAI	0.83**	0.69**	(0.72 ^a)	
IUAI	0.64**	0.54**	0.62**	(0.79 ^a)

PULM: perceived usefulness for math learning, PEAIU: perceived ease of AI use, ATAI: attitude towards AI, IUAI: intention to use AI.

**p<0.01.

^aThe diagonal figure is the square root of the AVE.

3. 구조 모형 평가

연구 모형에서 종속 변수가 있는 다양한 방정식을 검증하고 각 연구 가설에 대한 경로 계수와 통계적 유의성을 확인하기 위해 구조방정식 모형을 활용하였다. 측정 모형과 동일한 적합도 지수 기준을 적용한 결과, 본 연구에서 제시한 가설적 연구 모형은 수집된 자료를 분석하기에 적합한 것으로 나타났다[$\chi^2=164.59$, $\chi^2/\text{자유도}=2.35$, RMSEA=0.079, SRMR=0.058, TLI=0.92, CFI=0.93] (Gefen et al., 2011). 구조방정식 모형 분석 결과, 수학학습에 대한 지각된 유용성 (H1, $\beta=0.74$, $p<0.01$)과 지각된 인공지능 사용 용이성(H2, $\beta=0.18$, $p=0.048$)은 인공지능 기반 수학수업 지원시스템인 <똑똑! 수학탐험대> 활용에 대한 교사의 태도는 유의한 영향을 미쳤다. 또한, 지각된 인공지능 사용 용이성은 수학학습에 대한 지각된 유용성에 유의한 영향을 미쳤다(H3, $\beta=0.72$, $p<0.01$). 뿐만 아니라, 교사의 인공지능 활용에 대한 태도는 궁극적으로 교사의 인공지능 기반 수학수업 지원시스템에 대한 사용 의도에 영향을 미쳤다(H4, $\beta=0.67$, $p<0.01$). 연구 결과, 학생들의 수학적 사고를 개발하는 데 <똑똑! 수학탐험대>를 사용하는 것이 유용하다고 인식한 교사는 도구 사용에 대해 더 긍정적인 태도를 보였다. 이러한 긍정적인 태도는 수학수업에서 공학 도구를 사용하려는 의도와 관련이 있었다. Figure 5는 잠재 변수와 측정 변수 간의 관계를 구조적으로 보여준다.

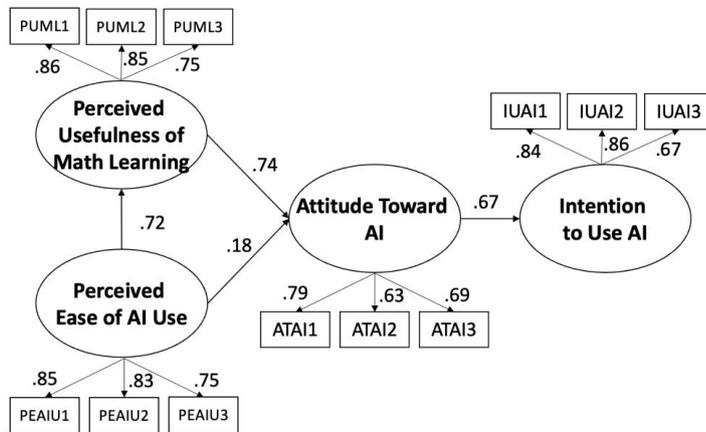


Figure 5. Path analysis result of research model.

PULM: perceived usefulness for math learning, PEAIU: perceived ease of AI use, ATAI: attitude towards AI, IUAI: intention to use AI.

All paths displayed statistically significant at $p<0.05$.

논의 및 시사점

교실에서 기술 사용을 결정하는 권한은 교사에게 부여된다. 따라서 <똑똑! 수학탐험대>와 같은 인공지능 활용 수학수업 지원 시스템이 수학수업에서 학생들에게 긍정적인 영향을 주기 위해서는 교사가 교실 수업에서 적절하게 활용할 수 있어야 한다는

것이 중요한 전제 조건이다. 그동안 학습 데이터를 분석하여 학생 개개인에게 맞춤형 피드백을 제공함으로써 학습자 중심의 수학수업을 구현하기 위하여 인공지능 기반 ITS를 갖춘 다양한 수학수업 지원시스템이 개발되어 왔고, 그 중에서도 <똑똑! 수학탐험대>는 국가 수준 교육과정의 순서와 흐름에 맞게 개별 맞춤형 학습 콘텐츠를 제공하여 공교육에서 활용할 수 있으며, 게이미피케이션의 원리를 기반으로 하여 그동안 우리나라 수학학습에서 문제가 되어왔던 정의적 측면과 학생들의 동기 부여까지 고려하였다는 점에서 활용도가 높을 것으로 기대되어 왔다. 본 연구는 <똑똑! 수학탐험대>에 대한 초등학교 교사의 사용 의도에 영향을 미치는 요인들 사이의 연관성을 밝혔다. 연구 결과, TAM을 기반으로 설정한 4개의 연구 가설은 모두 지지됨을 알 수 있었다. 각 가설에 따른 분석 결과와 그에 따른 논의는 다음과 같다.

첫째, 인공지능 활용에 대한 교사들의 태도는 <똑똑! 수학탐험대> 사용 의도에 유의미한 영향을 미쳤다. 이는 기술에 대한 태도가 사용 의도를 예측한 선행연구들(Ibili et al., 2019; Teo & Milutinović, 2015)과 일치하는 결과이다. 즉, <똑똑! 수학탐험대>에 대해 긍정적인 태도를 가진 교사가 수학을 가르치기 위해 <똑똑! 수학탐험대>를 사용할 가능성이 높음을 의미한다. 따라서 교사가 <똑똑! 수학탐험대>에 대한 사용 의도를 가지기 위해서는 인공지능 활용에 대한 긍정적인 태도를 우선적으로 가질 필요가 있다. 코로나19 이후에 이제는 뉴노멀로 자리잡힌 공학 도구의 활용을 넘어서서, 인공지능을 활용한 기술을 수학수업에서 적용하는 것에 대한 긍정적인 인식이 결국 새로운 형태의 도구활용에 영향을 줄 수 있다.

둘째, 지각된 인공지능 사용 용이성은 수학학습에 대한 지각된 유용성에 유의미한 영향을 미쳤다. 이러한 가설에 대한 검증은 지각된 사용 용이성이 지각된 유용성에 긍정적인 영향을 미친다고 보고한 선행 연구들(Ibili et al., 2019; Teo, 2009)과 일치하는 결과이다. 교사는 <똑똑! 수학탐험대>를 사용하기 쉽다고 인식할수록 수학을 가르치는데 유용하다고 인식할 가능성이 높다. 따라서 교사 교육자와 개발자는 <똑똑! 수학탐험대>에 대한 사용 의도를 높이기 위해서는 디자인과 접근성에 더 많은 관심을 기울여야 한다. <똑똑! 수학탐험대>는 교사가 사용하기 쉽도록 설계되어야 하며, 이는 교사가 수학지원시스템 서비스를 쉽게 이용하는데 도움을 주고 향후 수학교육의 성과를 높이는데 기여할 수 있다.

셋째, 지각된 인공지능 사용 용이성과 수학학습에 대한 지각된 유용성은 인공지능 활용에 대한 태도에 유의미한 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 지각된 사용 용이성과 지각된 유용성이 태도에 영향을 미친다고 보고한 선행 연구들(Gurer & Akkaya, 2022; Teo et al., 2012)과 맥을 함께 한다. 교사는 <똑똑! 수학탐험대>가 사용하기 쉽고 수학을 가르치는데 유용하다고 인식하면, <똑똑! 수학탐험대> 사용에 대하여 긍정적인 태도를 가질 가능성이 높다. 다만, 수학학습에 대한 지각된 유용성이 인공지능 활용에 대한 태도에 미치는 영향($\beta=0.72$)은 지각된 인공지능 사용 용이성이 태도에 미치는 영향($\beta=0.18$)보다 더 크게 나타났다. 이는 교사가 <똑똑! 수학탐험대>를 활용하는 것이 수학수업을 위해서 효과적이라 생각하는 지각된 유용성이 <똑똑! 수학탐험대>에 대한 교사의 긍정적인 태도를 형성하는 강력한 지표임을 의미한다. 따라서 교사는 <똑똑! 수학탐험대>의 사용이 용이하더라도 수학수업의 질을 향상시키는데 유용하지 않으면 <똑똑! 수학탐험대>를 사용하려는 교사의 태도나 행동을 변화시키지 못할 수 있다. 즉, 교사는 기술을 수업에 통합할 때 기술의 유용성을 직접적으로 고려하여 이를 계속 사용할지를 결정한다(Seufert et al., 2021). 따라서 교사의 <똑똑! 수학탐험대> 사용을 지속적으로 장려하기 위해서는 <똑똑! 수학탐험대>가 수학교수에 유용하다는 인식을 먼저 갖도록 지원할 필요가 있다. 예컨대, 교사 연수를 계획할 때, 수학의 교수·학습과 관련된 유용한 지원 활동을 강조하면 교사가 <똑똑! 수학탐험대>를 유용하게 인식하는데 도움을 줄 수 있다.

본 연구에서 <똑똑! 수학탐험대>가 교실 수업에서 활용되어 학생들의 수학학습 향상에 기여하기 위해서 다음과 같은 시사점이 있다. 먼저, 교사들이 <똑똑! 수학탐험대>를 사용하는 데 대한 부담이 적고 수학을 가르치는 데 유용하다고 인식함으로써 이를 활용하는 것에 대한 긍정적인 태도를 갖출 필요가 있다. 연구 결과에서 특히 주목해볼 만한 부분은 수학학습에 대한 지각된 유용성이다. 지각된 유용성은 지각된 인공지능 사용 용이성에 의해 영향을 받지만, 지각된 인공지능 사용 용이성보다 태도에 더욱 큰 영향을 주는 요인임이 확인되었다. 이는 교사들이 <똑똑! 수학탐험대>를 쉽게 활용할 수 있도록 문턱을 낮추는 것도 중요하지만, 그 외에도 <똑똑! 수학탐험대>가 학생들의 수학학습을 신장하는 데 얼마나 도움이 되는지를 인지하도록 하는 것이 <똑똑! 수학탐험대>에 대한 교사의 태도를 바꾸게 함으로써 이를 수업에 활용하려는 교사의 의지가 향상될 것임을 보여준다. 즉, 교사들이 <똑똑! 수학탐험대>의 활용을 유용하게 인식할 수 있도록, 수학수업에서 예상되는 어려움을 고려하고 이를 해결하는 방안을 모색할 필요가 있다. 특히, 기존 TAM의 핵심적인 변인들과 함께 수학교육의 맥락에서 추가로 고려되어야 할 변인들에 대해서 추가적으로 탐색할 필요가 있다. 예를 들어, 교사들의 수학교과에 대한 교수학적 지식, 인공지능에 대한 인식과 리터러시, 인공지능에 대한 연수와 같은 변인들은 지각된 유용성과 같은 TAM의 주요 변인에도 영향을 줄 수 있어 궁극적으로는 교사의 사용의도에 영향을 줄 수 있다. 따라서 추후 연구를 통해서 TAM의 기본 모형을 확장한 다양한 모형에 대해 연구가 필요하다.

둘째, 교사들이 <똑똑! 수학탐험대>와 같은 ITS를 활용하는 것이 수학수업을 제대로 지원하지 못한다고 인식하는 부분을 찾

이 이를 개선할 필요가 있다. 예컨대, Modén 외 (2021)은 ITS에서 제공하는 수학 내용과 과제를 교사가 예측할 수 없다는 점, ITS 활용에서 학생들이 어려움을 겪더라도 제공받은 콘텐츠가 달라 교사가 이를 모두 파악하여 적절히 해결해주기 어렵다는 점, 맞춤형 수업을 위해 설계된 ITS가 통합된 환경에서는 토론 학습과 협력 학습을 구현하기 어렵다는 점, ITS가 학생의 학습에 부정적인 영향을 주어도 그 책임은 교사에게 전가된다는 점 등의 문제가 있음을 지적한 바 있다. 그래서 수학 교사들의 ITS 활용은 학습 데이터의 적극적인 활용보다 교실 순회 등을 통한 간헐적인 학습 상황 파악에 그치는 경우가 많고, 탑재된 콘텐츠를 활용하여 학생들의 전시 학습 상태를 확인하거나 과제를 부여하는 정도의 기능만을 활용하는 경우 또한 보고되고 있다(Shin, 2021; Phillips et al., 2020). 이와 같은 제한적인 ITS 활용은 기존의 공학 도구와 차별화되지 않고 인공지능만의 고유한 특징을 수학교육에서 제대로 활용하지 못하는 것이다.

셋째, <똑똑! 수학탐험대>에 대한 체계적인 효과성 검증에 대한 후속 연구들이 필요하다. <똑똑! 수학탐험대>가 학생들의 수학학습에 미치는 긍정적인 영향은 일부 연구에서 보고되고 있으나(Ko & Han, 2023; Yim et al., 2021), 교사들이 <똑똑! 수학탐험대>를 활용해야겠다는 의지를 지닐 수 있도록 유용성을 체감하기 위해서는 <똑똑! 수학탐험대>가 실질적으로 도움이 되는 맞춤형 피드백을 제공할 수 있도록 학습 데이터를 다양하게 확보하고 이를 처리, 분석하는 방안을 꾸준히 연구할 필요가 있다. 데이터의 공공성을 지켜 나가야 하는 공교육의 입장에서 <똑똑! 수학탐험대>를 바라보면 민간에서 개발한 수학교육 지원시스템과 비교할 때 부족할 수 밖에 없다(Chang & Nam, 2021). 그렇다면 단순히 학생들이 학습한 데이터의 양도 중요하지만 어떤 학습 데이터를 수집할 것인지에 대한 연구가 필요하다. 기개발된 문항의 정답에 대한 채점결과 뿐만 아니라 문제를 해결하는 데 걸리는 시간, 문제 해결 과정에서 학생들이 보이는 행동 등이 모두 학습 데이터 분석에 필요한 변수가 될 수 있다. 따라서 이러한 학습과학 연구가 함께 이루어지고, 그에 대한 연구결과가 <똑똑! 수학탐험대>에 반영된다면 교사들이 학습 데이터에 기반을 둔 수학수업지원의 정교함을 통해 유용성을 인식하게 될 것으로 기대된다.

마지막으로, <똑똑! 수학탐험대>가 개발 목적에 맞게 초등학교 현장에서 많이 사용되게 하기 위해서는 교사들이 <똑똑! 수학탐험대>에 대한 이해를 바탕으로 교수·학습 상황에서 적절하게 사용할 수 있도록 해야 할 필요가 있다. 물론 Yim 외 (2021)에 의해 1-2학년 대상 수와 연산 수업에서 활용할 수 있는 교수·학습 모형과 시나리오가 개발된 바 있으나, 전 학년 전 영역에 걸쳐 보편적으로 적용될 수 있는 것들이 교사와 학생이 사용하기 편리하도록 후속 개발이 이루어져야 한다. 또한, <똑똑! 수학탐험대> 사용과 관련하여 교사 교육, 교수·학습 활용을 위한 매뉴얼 개발, 교원 양성기관에서 예비교사를 대상으로 한 교육이 함께 이루어져야 한다. 2022 개정 교육과정은 학령인구 감소 및 학습자 성향 변화에 따른 맞춤형 교육 기반의 필요성을 언급하며 디지털 친화적·도전적 특성을 갖는 학습자들을 위한 새로운 교육과 최적화된 맞춤형 교육으로의 변화 요구를 반영하여 AI·디지털 교육 환경에 맞는 교수·학습 및 평가체제 구축을 개정 중점으로 제시하고 있다. <똑똑! 수학탐험대>는 이러한 요구를 잘 반영한 인공지능 활용 수학수업 지원시스템이므로 학교 현장에서 적극적으로 활용될 필요가 있다. 이를 위해서는 <똑똑! 수학탐험대> 활용과 관련한 교사들의 유용성 및 사용 방법에 대한 이해가 선행되어야 한다. <똑똑! 수학탐험대>를 개발 및 보급하고 있는 한국교육학술정보원을 중심으로 <똑똑! 수학탐험대>가 가지고 있는 다양한 기능들과 이를 활용한 교수·학습 방법들에 대해 구체적으로 안내해주는 교사 연수와 자료 보급, 그리고 학생과 학부모를 위한 다양한 자료들이 필요하다. <똑똑! 수학탐험대> 개발에 참여한 교수와 현장교사를 중심으로 그 목적에 맞게 사용하는 방법들에 대한 교사 연수와 현장에서 <똑똑! 수학탐험대>를 열심히 사용하고 있는 초등학교사들의 실제 사용 사례들을 수집하여 학교 현장교사들에게 구체적으로 안내해 줌으로써 그 유용성을 교사들이 함께 느끼도록 할 필요가 있다.

결 론

본 연구는 인공지능 활용 수학수업 지원시스템인 <똑똑! 수학탐험대>를 중심으로 교사들이 이러한 기술을 어떻게 받아들이고, 사용 의도에 영향을 미치는 요인들이 무엇인지에 대해 조사하였다. 연구 결과, 수학 학습에 대한 지각된 유용성과 지각된 인공지능 사용 용이성이 교사의 인공지능 활용에 대한 태도와 <똑똑! 수학탐험대> 사용 의도에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 인공지능의 효과적인 수학교육 적용을 위해 교사들이 기술을 사용하기 쉽고, 학습에 유용하다고 느낄 수 있도록 지원하는 것이 중요함을 시사한다. 또한, 교사 교육 프로그램 개발, 교수-학습 자료의 제공, 사용자 친화적인 인터페이스 설계 등을 통해 교사들이 인공지능을 긍정적으로 받아들이고, 적극적으로 활용할 수 있는 환경을 조성하는 것이 필요함을 제안한다.

인공지능이 수학교육에서 긍정적인 변화를 가져올 수 있는 잠재력을 가지고 있지만, 이를 현실에서 실현하기 위해서는 교사

들의 기술 수용성을 높이고, 학습 환경을 적절하게 조성하는 등의 노력이 필요하다. 이러한 노력을 통해, 인공지능은 수학 교육의 질을 향상시키고, 학생들에게 보다 효과적이고 개인화된 학습 경험을 제공할 수 있을 것이다.

ORCID

Kyeong-Hwa Lee: <https://orcid.org/0000-0002-2784-3409>

Sheunghyun Yeo: <https://orcid.org/0000-0002-8877-1576>

Byungjoo Tak: <https://orcid.org/0000-0001-9736-8423>

Jong Hyeon Choi: <https://orcid.org/0009-0004-4492-3103>

Taekwon Son: <https://orcid.org/0000-0003-4497-9188>

Jihyun Ock: <https://orcid.org/0000-0002-4710-3141>

Conflict of Interest

The authors declare that they have no competing interests.

Acknowledgments

This work was supported by the Korea Education and Research Information Service.

References

- Ball, L., Drijvers, P., Ladel, S., Siller, H. S., Tabach, M., & Vale, C. (2018). *Uses of technology in primary and secondary mathematics education: Tools, topics and trends*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-76575-4>
- Bray, A., & Tangney, B. (2017). Technology usage in mathematics education research—A systematic review of recent trends. *Computers & Education, 114*, 255–273. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.004>
- Chang, H., & Nam, J. (2021). The Use of Artificial Intelligence in Elementary Mathematics Education: Focusing on the math class support system “Knock-knock! Math Expedition”. *The Journal of Korea Elementary Education, 31*, 105–123. <https://doi.org/10.20972/kjee.31..202101.105>
- Chocarro, R., Cortiñas, M., & Marcos-Matás, G. (2023). Teachers’ attitudes towards chatbots in education: a technology acceptance model approach considering the effect of social language, bot proactiveness, and users’ characteristics. *Educational Studies, 49*(2), 295–313. <https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1850426>
- Choi, S. Y. (2022). *Development of an instructional design model for elementary mathematics classes based on an artificial intelligence education system* [Master’s thesis, Seoul National University].
- Choi, S., Jang, Y., & Kim, H. (2023). Influence of pedagogical beliefs and perceived trust on teachers’ acceptance of educational artificial intelligence tools. *International Journal of Human Computer Interaction, 39*(4), 910–922. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2049145>
- Davis, F. D. (1986). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results* [Doctoral dissertation, MIT Sloan School of Management].
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science, 35*(8), 982–1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating Structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research, 18*(1), 39–50. <https://doi.org/10.2307/3151312>
- Gefen, D., Rigdon, E. E., & Straub, D. (2011). Editor’s comments: An update and extension to SEM guidelines for administrative and social science research. *MIS Quarterly, 35*(2), iii–xiv. <https://doi.org/10.2307/23044042>
- Gefen, D., Straub, D., & Boudreau, M. C. (2000). Structural equation modeling and regression: Guidelines for research practice. *Communications of the Association for Information Systems, 4*(7), 1–79. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.00407>
- Granić, A., & Marangunić, N. (2019). Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review.

- British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2572–2593. <https://doi.org/10.1111/bjet.12864>
- Gurer, M. D., & Akkaya, R. (2022). The influence of pedagogical beliefs on technology acceptance: a structural equation modeling study of pre-service mathematics teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 25(4), 479–495. <https://doi.org/10.1007/s10857-021-09504-5>
- Higgins, K., Huscroft-D'Angelo, J., & Crawford, L. (2019). Effects of technology in mathematics on achievement, motivation, and attitude: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 57(2), 283–319. <https://doi.org/10.1177/0735633117748416>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education*. Center for Curriculum Redesign. <https://doi.org/10.58863/20.500.12424/4276068>
- Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Ibili, E., Resnyansky, D., & Billingham, M. (2019). Applying the technology acceptance model to understand maths teachers' perceptions towards an augmented reality tutoring system. *Education and Information Technologies*, 24, 2653–2675. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09925-z>
- Jeong, Y., Tak, B., Lim, M., & Kim, K. (2022). *A study on advancement of elementary mathematics supporting system using artificial intelligence in teaching and learning*. Ministry of Education.
- Joubert, J., Callaghan, R., & Engelbrecht, J. (2020). Lesson study in a blended approach to support isolated teachers in teaching with technology. *ZDM Mathematics Education* 52, 907–925. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01161-x>
- Kim, H. (2017). Theoretical perspectives on the age of artificial intelligence. *Society and Theory*, 31, 41–62. <https://doi.org/10.17209/st.2017.11.31.41>
- Kim, H., Gye, B., Lee, J., Lim, W., & Choi, I. (2018). *Transforming mathematics education through information technology*. Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity.
- Kim, J. W., Kwon, M., & Pang, J. S. (2023). Elementary school teachers' perceptions of using artificial intelligence in mathematics education. *Education of Primary School Mathematics*, 26(4), 299–316. <https://doi.org/10.7468/JKS-MEC.2023.26.4.299>
- Kim, S., & Cho, M. (2022). AI-based educational platform analysis supporting personalized mathematics learning. *Communications of Mathematical Education*, 36(3), 417–438. <http://doi.org/10.7468/jksmee.2022.36.3.417>
- Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford publications.
- Ko, E., & Han, K. (2023). The effect of the elementary school 'Smart Mathematics Exploration Team' support system on mathematical academic achievement and mathematical attitude. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 27(3), 235–243. <http://dx.doi.org/10.14352/jkaie.2023.27.3.235>
- Lee, K., Kim, D., Kim, S., Kim, H., Kim, H., Park, J., Lee, H., Lee, H., Lim, H., Jang, J., Jung, J., Jo, S., Choi, I., & Song, C. (2021). *A study on how to organize future-oriented math curriculum in preparation for post-COVID-19*. Ministry of Education.
- Lim, M., Kim, H., Nam, J., & Hong, O. (2021). Exploring the application of elementary mathematics supporting system using artificial intelligence in teaching and learning. *School Mathematics*, 23(2), 251–270. <https://doi.org/10.29275/sm.2021.06.23.2.251>
- Mailizar, M., Burg, D., & Maulina, S. (2021). Examining university students' behavioural intention to use e-learning during the COVID-19 pandemic: An extended TAM model. *Education and Information Technologies*, 26(6), 7057–7077. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10557-5>
- Mardia, K. V. (1970). Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications. *Biometrika*, 57(3), 519–530.
- Ministry of Education (2022). *Mathematics Curriculum*. 2022–33(Book 8).
- Modén, M., Tallvid, M., Lundin, J., & Lindström, B. (2021). Intelligent tutoring system: Why teachers abandoned a technology aimed at automating teaching processes. In B. Tung (Ed.), *Proceedings of the 54th Hawaii international conference on system sciences* (pp. 1538–1547). HICSS Conference Office. <https://doi.org/10.24251/hicss.2021.186>
- Montebello, M. (2018). *AI injected e-learning: The future of online education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67928-0>
- Mueller, J., Wood, E., Willoughby, T., Ross, C., & Specht, J. (2008). Identifying discriminating variables between teachers who fully integrate computers and teachers with limited integration. *Computers & Education*, 51(4), 1523–1537. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.02.003>
- Önal, N. (2017). Use of interactive whiteboard in the mathematics classroom: Students' perceptions within the framework of the technology acceptance model. *International Journal of Instruction*, 10(4), 67–86. <https://doi.org/10.12973/iji.2017.1045a>
- Park, M. (2020). Applications and possibilities of artificial intelligence in mathematics education. *Communications of Mathematical Education*, 34(4), 545–561. <https://doi.org/10.7468/jksmee.2020.34.4.545>
- Perienen, A. (2020). Frameworks for ICT integration in mathematics education—A teacher's perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(6), em1845. <https://doi.org/10.29333/ejmste/7803>
- Peters, M. A., Jackson, L., Papastephanou, M., Jandrić, P., Lazaroiu, G., Evers, C. W., Cope, B., Kalantzis, M., Araya, D.,

- Tesar, M., Mika, C., Chen, L., Wang, C., Sturm, S., Rider, S., & Fuller, S. (2023). AI and the future of humanity: Chat-GPT-4, philosophy and education - Critical responses, *Educational Philosophy and Theory*, 1-35. <https://doi.org/10.1080/00131857.2023.2213437>
- Phillips, A., Pane, J. F., Reumann-Moore, R., & Shenbanjo, O. (2020). Implementing an adaptive intelligent tutoring system as an instructional supplement. *Educational Technology Research and Development*, 68(3), 1409-1437. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09745-w>
- Raykov, T., & Marcoulides, G. A. (2008). *An introduction to applied multivariate analysis*. Routledge.
- Rosseel, Y. (2012). Lavaan: An R package for structural equation. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1-36. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02>
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2004). *A beginner's guide to structural equation modeling* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9781410610904>
- Seufert, S., Guggemos, J., & Sailer, M. (2021). Technology-related knowledge, skills, and attitudes of pre- and in-service teachers: The current situation and emerging trends. *Computers in Human Behavior*, 115, 106552. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106552>
- Shin, D. (2020). Artificial intelligence in primary and secondary education: A systematic review. *Journal of Educational Research in Mathematics*, 30(3), 531-552. <https://doi.org/10.29275/jerm.2020.08.30.3.531>
- Shin, D. (2021). Teaching mathematics integrating intelligent tutoring system: Investigating prospective teachers' concerns and TPACK. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(8), 1659-1676. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10221-x>
- Shin, D. (2022). Mathematics teachers' professional development through artificial intelligence. *Journal for Philosophy of Mathematics Education*, 4(1), 33-50. <http://dx.doi.org/10.23027/JPME.2022.4.1.3>
- Son, T. (2023). Preservice teacher's understanding of the intention to use the artificial intelligence program 'Knock-Knock! Mathematics Expedition' in mathematics lesson: Focusing on self-efficacy, artificial intelligence anxiety, and technology acceptance model. *The Mathematical Education*, 62(3), 401-416. <https://doi.org/10.7468/mathedu.2023.62.3.401>
- Taylor, S., & Todd, P. (1995). Assessing IT usage: The role of prior experience. *MIS Quarterly*, 19(4), 561-570. <https://doi.org/10.2307/249633>
- Teo, T. (2009). Modelling technology acceptance in education: A study of pre-service teachers. *Computers & Education*, 52(2), 302-312. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.08.006>
- Teo, T., & Milutinovic, V. (2015). Modelling the intention to use technology for teaching mathematics among pre-service teachers in Serbia. *Australasian Journal of Educational Technology*, 31(4), 363-380. <https://doi.org/10.14742/ajet.1668>
- Teo, T., Ursavaş, Ö. F., & Bahçekapili, E. (2012). An assessment of pre-service teachers' technology acceptance in Turkey: A structural equation modeling approach. *Asia-Pacific Education Researcher*, 21(1), 191-202.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Yeo, S., Rutherford, T., & Campbell, T. (2022). Understanding elementary mathematics teachers' intention to use a digital game through the technology acceptance model. *Education and Information Technologies*, 27(8), 11515-11536. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11073-w>
- Yim, Y., Ahn, S., Kim, K. M., Kim, J. H., & Hong, O. (2021). The effects of an AI-based class support system on student learning: focusing on the case of toctoc math expedition in Korea. *The Journal of Korea Elementary Education*, 32(4), 61-73. <http://dx.doi.org/10.20972/kjee.32.4.202112.61>
- Yoo, Y. K., & Chung, J. Y. (2024). An analysis on secondary mathematics teachers' perceptions of ai-convergence education. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 24(2), 139-156. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2024.24.2.139>
- Young, J. R. (2016). Unpacking TPACK in mathematics education research: A systematic review of meta-analyses. *International Journal of Educational Methodology*, 2(1), 19-29. <https://doi.org/10.12973/ijem.2.1.19>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education-where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1-27. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

초등교사들의 인공지능 활용 수학수업 지원시스템 사용 의도에 영향을 미치는 요인 연구: <똑똑! 수학탐험대> 사례를 중심으로

이경화¹, 여승현^{2*}, 탁병주³, 최종현⁴, 손태권⁵, 옥지현⁶

¹교수, 서울대학교

²교수, 대구교육대학교

³교수, 전주교육대학교

⁴교수, 경인교육대학교

⁵교사, 봉명초등학교

⁶책임연구원, 한국교육학술정보원

*교신저자: 여승현(shyeo@dnue.ac.kr)

초 록

인공지능 활용 수학수업 지원시스템에 대한 교사의 사용 의도는, 인공지능을 활용하지 않은 전통적인 수학수업 환경에서 구현하기 어려웠던 다양한 수학학습 기회를 제공하는 데 핵심적인 역할을 한다. 본 연구는 초등교사의 인공지능 활용 수학수업 지원시스템 사용 의도에 영향을 미치는 요인을 탐색하고, 요인 간의 구조적 관계를 분석하는 데 목표를 두었다. 이를 위해 기술 수용 모델을 적용하여 인공지능 활용 수학수업 지원시스템의 하나인 <똑똑! 수학탐험대>에 대한 초등교사 215명의 태도와 사용 의도에 영향을 미치는 요인 간 관계를 분석하였다. 주요 변수는 수학 학습에 대한 지각된 유용성, 지각된 인공지능 사용 용이성, 그리고 인공지능 활용에 대한 태도였다. 연구 결과, 수학 학습에 대한 지각된 유용성과 지각된 인공지능 사용 용이성이 교사들의 <똑똑! 수학탐험대>에 대한 긍정적인 태도에 영향을 미치고, 긍정적인 태도가 <똑똑! 수학탐험대> 사용 의도에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 교사가 인공지능을 활용한 수학학습의 효과와 인공지능 사용 용이성에 대해 긍정적으로 인식하도록 돕는 것이 인공지능 활용 수학수업 지원시스템을 현장에 효과적으로 도입하여 수학 수업과 수학학습을 지원하는 데 핵심임을 시사한다.

주요어 인공지능 활용 수학 지원시스템, 똑똑수학탐험대, 기술 수용 모델, 초등수학

