



Research Article

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

Son, Taekwon*

Teacher, Bongmyong Elementary School

*Corresponding Author: Taekwon Son (sontaekwon@naver.com)

ABSTRACT

This study systematically examined the influence of preservice teachers' self-efficacy and AI anxiety, on the intention to use AI programs 'knock-knock! mathematics expedition' in mathematics lessons based on a technology acceptance model. The research model was established with variables including self-efficacy, AI anxiety, perceived ease of use, perceived usefulness, and intention of use from 254 pre-service teachers. The structural relationships and direct and indirect effects between these variables were examined through structural equation modeling. The results indicated that self-efficacy significantly affected perceived ease of use, perceived usefulness, and intention to use. In contrast, AI anxiety did not significantly influence perceived ease of use and perceived usefulness. Perceived ease of use significantly affected perceived usefulness and intention to use and perceived usefulness significantly affected intention to use. The findings offer insights and strategies for encouraging the use of 'knock-knock! mathematics expedition' by preservice teachers in mathematics lessons.

Key words: preservice teacher, mathematics lessons, artificial intelligence, technology acceptance model, self-efficacy, artificial intelligence anxiety

수학 수업에서 예비교사의 인공지능 프로그램 '똑똑! 수학 탐험대' 사용 의도 이해: 자기효능감과 인공지능 불안, 기술수용모델을 중심으로

손태권*

봉명초등학교 교사

*교신저자: 손태권 (sontaekwon@naver.com)

초록

본 연구는 기술수용모델을 기반으로 예비교사의 자기효능감과 AI 불안이 수학 수업에서 '똑똑! 수학 탐험대'를 사용하려는 의도에 미치는 영향을 구조적으로 살펴보았다. 이를 위해 254명의 예비교사들의 자기효능감, AI 불안, 인지된 사용 용이성, 인지된 유용성, 사용 의도를 변인으로 연구모형을 설정하고 구조방정식으로 변인 간의 구조적 관계와 직·간접효과를 분석하였다. 분석 결과, 자기효능감은 인지된 사용 용이성, 인지된 유용성, 사용 의도에 유의미한 영향을 미쳤으며, AI 불안은 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성에 유의미한 영향을 미치지 않았다. 인지된 사용 용이성은 인지된 유용성과 사용 의도에 유의미한 영향을 미쳤으며, 인지된 유용성은 사용 의도에 유의미한 영향을 미쳤다. 이러한 결과를 통해 수학 수업에서 예비교사가 '똑똑! 수학 탐험대' 사용을 촉진하기 위한 시사점과 방안을 제안하였다.

주요어: 예비교사, 수학 수업, 인공지능, 기술수용모델, 자기효능감, 인공지능 불안

Received July 19, 2023

Revised August 01, 2023

Accepted August 13, 2023

2000 Mathematics Subject Classification : 97B50

Copyright © 2023 The Korean Society of Mathematical Education.

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.

서론

최근 인공지능(Artificial Intelligence; 이하 AI)이 급속도로 발전함에 따라 국가 차원에서 수학교육에 AI를 적용하기 위한 요구가 이어져 오고 있다(MOE, 2020a). 이에 따라 학교수학에서 AI를 효과적으로 활용할 수 있는 방안을 탐색하는 것이 교사, 교사교육자, 교육 정책입안자에게 중요한 과제로 남겨지게 되었다. AI의 교육적 활용 방안을 탐색하기 위한 요구가 증가하면서, 국내에서는 AI를 활용하여 효과적인 수학 교수·학습을 실현하기 위한 연구들이 꾸준히 이루어져 왔다(예: Park, 2020; Shin, 2020; Lim et al., 2021; Chang & Nam, 2021). 이러한 연구들은 수학교육에서 AI의 활용 가능성과 교수·학습 적용 방안을 포괄적으로 이해하는 안목을 제시하였다. 그러나 수학 수업에 AI를 적용하는데 핵심적인 역할을 수행하는 교사 변인에 대한 연구는 거의 수행되지 않았다(Langran et al., 2020; Seufert et al., 2021). 학생들은 교사가 제공하는 경험을 통해 수학을 학습하므로(NCTM, 2000), 수학을 배우고 가르치는 과정에서 교사의 역할을 매우 중요하다. 특히, 새로운 교수·학습 방법을 교육 환경에 적용하고 성공적으로 수학 교수를 구현하는 과정은 교사의 주관적인 견해에 의해 결정된다(Chapman 2002; Mueller et al., 2008; Lin & Van Brummelen, 2021). AI를 수학 수업의 도구로 수용하려는 교사의 의도는 AI에 대한 관심을 나타내는 지표로 활용될 수 있을 뿐만 아니라 교육 관행의 변화에도 영향을 미칠 수 있다(Ayanwale et al., 2022). 따라서 수학 수업에서 AI를 활용하려는 교사의 사용 의도를 살펴보는 과정은 학교수학에서 AI의 성공적인 활용을 위한 시사점을 제공할 수 있다(Langran et al., 2020; Seufert et al., 2021).

여러 학자들은 기술수용모델(Technology Acceptance Model; 이하 TAM)을 적용하여 교사의 테크놀로지 사용 의도를 개선하는 방법에 대해 논의해 왔다(Joo et al., 2018; Teo, 2009). TAM은 테크놀로지를 사용하려는 개인의 의도에 영향을 미치는 요인을 설명하는 이론으로서 사용자의 새로운 테크놀로지 채택과 사용을 예측하는 강력한 이론적 분석틀을 제공한다(Davis, 1989). TAM은 인지된 사용 용이성(Perceived Ease of Use)과 인지된 유용성(Perceived Usefulness)을 테크놀로지에 대한 태도에 영향을 미치는 두 가지 핵심 요인으로 간주한다(Venkatesh 2000). TAM은 시간이 지남에 따라 테크놀로지의 잠재적인 수용에 관한 인간 행동을 예측하기 위해 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성에 영향을 미치는 외부 요인을 강조해왔다(Venkatesh et al., 2012). 이로 인해 여러 연구자들은 디지털 활용 능력(Ibili et al., 2019), 테크놀로지 교수 내용 지식(Technological Pedagogical Content Knowledge; Joo et al., 2018; Teo et al., 2017)과 같이 교사의 여러 개인 요인으로 외부 요인을 설정하고 테크놀로지 수용에 미치는 영향을 논의해 왔다. 교사의 개인 요인 중 자기효능감과 불안은 교사의 행동을 결정하는 강력한 요인이다(Tschannen-Moran & Hoy, 2001). 자기효능감이 높은 교사는 개선된 교수·학습 방법을 사용할 가능성이 더 크며(Henson, 2001), 새로운 테크놀로지에 대한 불안이 높은 개인은 새로운 방법의 사용을 꺼릴 수 있다(Ibili et al., 2019). 이처럼 교사의 자기효능감과 불안은 테크놀로지 수용에 영향을 미치는 핵심 요인으로서 다양한 연구가 이루어져 왔으나, 최신 테크놀로지인 AI를 수학 수업에 적용하는데 교사의 자기효능감과 불안이 미치는 영향을 살펴본 실증적 연구는 거의 수행되지 않았다. 교육에서 AI의 통합에 대한 필요성이 지속적으로 요구되고 있지만, 교사가 AI를 수학 수업에 사용하려는 동기와 의도가 부족하면 사용하지 않은 테크놀로지는 무용지물이 될 수 밖에 없다. 따라서 AI 기반 프로그램을 수학 수업에 사용하려는 의도에 자기효능감과 불안이 미치는 영향을 밝히는 연구는 교사의 AI를 수학 교육에 통합하기 위한 유용한 참고자료로 활용될 수 있다.

이에 본 연구에서는 초등학교 예비교사의 자기효능감과 AI 불안이 수학 수업에서 AI 기반의 학습 플랫폼인 '똑똑! 수학 탐험대'를 사용하려는 의도에 어떠한 영향을 미치는지 확인하였다. 수학 수업 맥락의 TAM을 기반으로 하여 예비교사들의 자기효능감과 불안을 외부 요인으로 통합하고 요인들 사이의 구조적 관계를 살펴보았다. 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 초등학교 예비교사의 자기효능감, AI 불안, 인지된 사용 용이성, 인지된 유용성, 사용 의도 간에는 구조적 관계가 성립하는가?

둘째, 초등학교 예비교사의 자기효능감, AI 불안, 인지된 사용 용이성, 인지된 유용성, 사용 의도 간에는 직·간접 효과가 성립하며 그 효과는 어떠한가?

선행연구 분석 및 연구모형 설정

교사의 자기효능감

자기효능감은 특정 과제를 수행하기 위해 행동을 계획하고 이행하는 능력에 대한 개인의 믿음이다(Bandura, 1986). 교사의 자기효능감은 교육자로서의 역량에 대한 개인적인 믿음과 관련되며, 수업을 계획하고 수업 목표를 달성할 수 있는 능력과 학생 학습을 촉진하는 능력에 대한 믿음을 모두 포함한다(Gavora, 2010; Hoy, 2000). 자기효능감이 높은 교사는 효과적인 수업을 구현하기 위해 더 나은 교수-학습 방법을 채택하려는 의지가 크며(Tschannen-Moran & Hoy, 2001), 창의적이고 혁신적인 교수 방법을 기꺼이 시도한다(Gavora, 2010). 따라서 자기효능감은 교실에서 새로운 테크놀로지를 채택하려는 동기를 교사에게 부여할 수 있다(Joo et al., 2018).

여러 연구자들은 교사의 자기효능감이 테크놀로지 사용 의도에 미치는 영향을 탐구해왔다(예: Fearnley & Amora, 2020; Gurer, 2021; Joo et al., 2018). Fearnley와 Amora (2020)는 학습 관리 시스템을 수용하는 교사들의 사용 의도에 영향을 미치는 요인을 살펴본 바 있다. 그 결과, 자기효능감은 인지된 유용성과 인지된 사용 용이성에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. Gurer (2021)는 530 명의 예비 수학 교사의 테크놀로지 사용 의도를 조사하였으며, 자기효능감이 인지된 사용 용이성에 유의미한 영향을 미쳤다고 보고하였다. Joo 외 (2018)는 교사의 자기효능감이 거꾸로 학습(flipped learning)을 사용하려는 의도에 직접적으로 영향을 미친다고 보고하였다. 이처럼 자기효능감은 교사의 테크놀로지 수용에 영향을 미치는 중요한 요인으로 간주되며, 본 연구에서는 선행 연구를 바탕으로 다음과 같은 연구 가설을 설정하였다.

- H1. 자기효능감은 인지된 사용 용이성에 유의미한 정적인 영향을 미친다.
- H2. 자기효능감은 인지된 유용성에 유의미한 정적인 영향을 미친다.
- H3. 자기효능감은 사용 의도에 유의미한 정적인 영향을 미친다.

AI 불안

테크놀로지나 컴퓨터에 대한 불안은 개인이 첨단 테크놀로지의 영향에 대하여 느끼는 비합리적인 두려움을 의미한다(Ha et al., 2011). AI 불안은 개인이 제어할 수 없는 AI와 상호작용하는 것에 대한 두려움이나 동요와 같은 감정적 반응을 의미하며(Johnson & Verdicchio, 2017), 컴퓨터 불안과 유사하지만 통제할 수 없고 예측할 수 없는 위험을 초래할 수 있으며 차별과 편견이 담긴 의사결정을 내릴 수 있다는 점에서 차이가 있다(Li & Huang, 2020). AI 불안은 실제 AI를 사용할 때뿐만 아니라 머릿속으로 떠올리는 순간에도 발생할 수 있으며 학습에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Saadé & Kira, 2009). Chang 외 (2017)는 불안이 인지된 유용성에 직접적인 영향을 미친다는 것을 발견하였으며, Saadé와 Kira (2009)는 테크놀로지에 대한 불안이 인지된 사용 용이성에 직접적인 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 Chiu (2017)는 컴퓨터 사용에 대한 불안이 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성에 영향을 미친다고 보고하였다. 본 연구에서는 선행 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 가설을 설정하였다.

- H4: AI 불안은 인지된 유용성에 유의미한 부적인 영향을 미친다.
- H5: AI 불안은 인지된 사용 용이성에 유의미한 부적인 영향을 미친다.

TAM

그동안 많은 연구자들이 교사의 관점에서 교육에 테크놀로지를 통합하는데 영향을 미치는 요인들에 관심을 가져왔다(예: Bourgonjon et al., 2013; Chocarro et al., 2021; Gong et al., 2004; Ibili et al., 2019). 이로 인해 계획된 행동 이론(Theory of Planned Behavior), 합리적 행동 이론(Theory of Reasoned Action), 통합 기술 수용 및 사용 이론(Unified Theory of Acceptance and Use of Technology)과 같이 개인이 테크놀로지를 인식하고 통합하는 방법을 설명하는 다양한 이론들이 발전되어 왔다. 이 중 TAM은 Ajzen과 Fishbein (1980)의 합리적 행동 이론을 기반으로 발전되었으며, 개인의 행동은 주어진 행동을 수행하려는 의도에서 결정되고 이 행동은 행동에 대한 태도와 주관적 규범에서 비롯한다고 가정한다(Davis, 1986). Scherer 외 (2019)는 교사의 테크놀로지 수용에 대한 문헌 연구를 통

해 TAM이 “교사의 테크놀로지 사용에 관한 직·간접적인 영향을 예측하는 강력한 모델”이라고 언급하였다(p. 32). TAM은 Figure 1 과 같이 인지된 사용 용이성(테크놀로지를 사용하는 것이 얼마나 쉬운지)과 인지된 유용성(테크놀로지를 사용하는 것이 얼마나 유용한지)의 두 요인으로 개인의 테크놀로지 사용을 설명한다. 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성은 TAM의 핵심 구성 요소로서 종속 변수인 사용 의도에 대한 매개 변수로 작용한다(Rafique et al., 2023). 테크놀로지에 대한 개인의 인식은 외부 요인의 영향을 받고 테크놀로지에 대한 태도로 이어지며, 이는 다시 테크놀로지 사용 의도와 실제 사용에 영향을 미친다(Davis et al., 1989; Venkatesh & Davis, 1996).

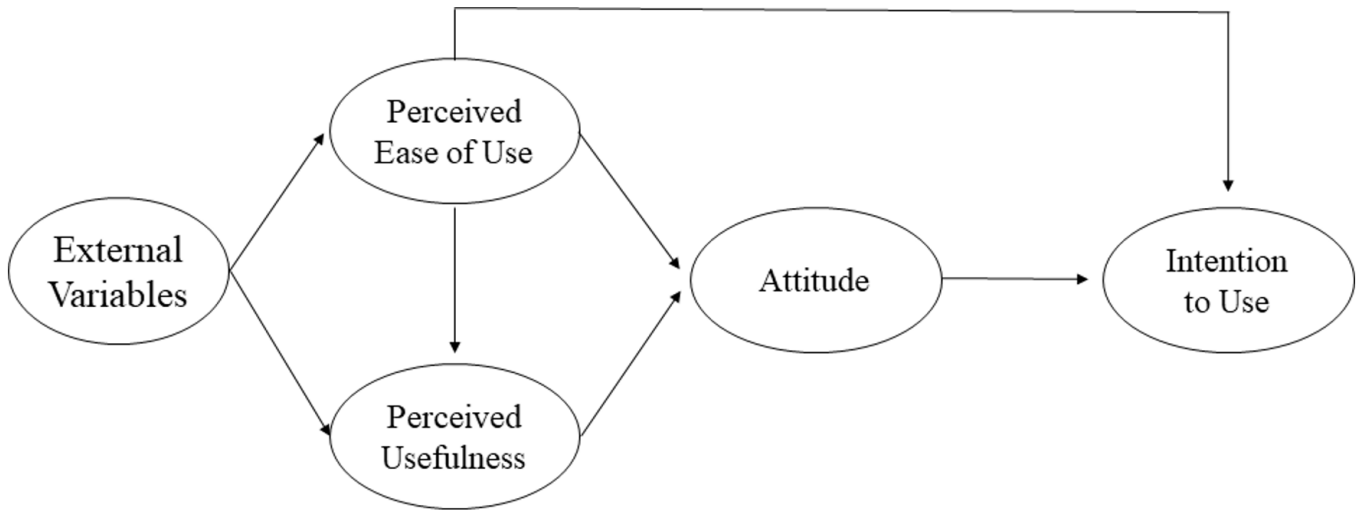


Figure 1. TAM (Davis et al., 1989)

여러 연구자들은 교사와 예비교사를 대상으로 TAM의 핵심 요소인 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성이 사용 의도에 미치는 영향을 살펴보았다. Ibili 외 (2019)는 중학생의 3D 기하학적 사고 능력을 향상시키기 위해 개발된 증강 현실 애플리케이션에 대한 수학 교사의 수용 의도를 살펴보았다. 그 결과, 인지된 사용 용이성은 인지된 유용성에 직접적인 영향을 미쳤으며, 태도는 증강 현실을 수학 수업에 사용하려는 의도에 크게 영향을 미쳤다. DeVita 외 (2012)는 인지된 유용성이 대화형 화이트보드를 사용하는 수학 교사의 사용 의도에 직접적인 영향을 미친다는 점을 발견하였다. Ayanwale 외 (2022)는 학교에서 인공지능 활용에 대한 초·중·고 교사의 사용 의도를 살펴보았으며, 인지된 유용성이 사용 의도에 직접적인 영향을 미친다고 보고하였다. Joo 외 (2018)는 거꾸로 학습에 대한 교사의 사용 의도를 살펴보았으며, 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성이 사용 의도에 매개 변수로서 작용할 뿐만 아니라 직접적인 영향을 미친다는 것을 발견하였다. 본 연구에서는 선행 연구의 결과를 기반으로 다음과 같은 연구 가설을 설정하였다.

- H6: 인지된 사용 용이성은 인지된 유용성에 유의미한 정적인 영향을 미친다.
- H7: 인지된 사용 용이성은 사용 의도에 유의미한 정적인 영향을 미친다.
- H8: 인지된 유용성은 사용 의도에 유의미한 정적인 영향을 미친다.

연구모형

본 연구는 선행연구를 토대로 수학 수업에서 초등학교 예비교사의 AI 사용 의도에 영향을 미치는 요인을 밝히기 위해 TAM을 기반으로 자기효능감과 AI 불안을 외부 요인으로 통합하고 구조적 관계를 살펴보았다. Figure 2는 선행 연구를 바탕으로 도출한 연구 가설을 설명하는 연구모형이다.

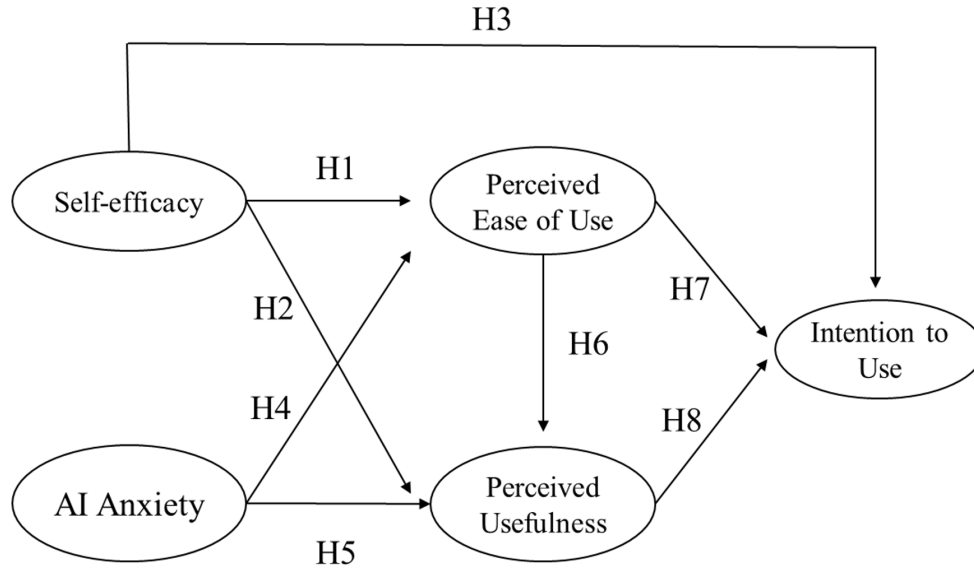


Figure 2. Research model

연구방법

교육용 AI 프로그램(‘똑똑! 수학탐험대’)

본 연구에서는 교육용 AI 프로그램에 대한 예비교사의 사용 의도에 영향을 미치는 요인들 간의 구조적 관계를 살펴보기 위해, AI 기반의 초등수학수업 지원 시스템인 ‘똑똑! 수학탐험대’(MOE, 2020b)를 사용하였다. ‘똑똑! 수학탐험대’는 공교육 최초의 AI 활용 수업지원시스템으로서 초등학교 저학년 학생들을 대상으로 2020년 9월부터 전국 단위로 시범 서비스를 시작하였다(MOE, 2020b). 탑재된 학습 콘텐츠는 초등학교 저학년 학생들의 흥미를 돋우기 위해 게임 형식으로 개발되었으며, 세계 여행을 하면서 수학탐험가와 함께 멸종동물을 구하는 스토리로 구성되어 있다(Chang & Nam, 2021). Yim 외 (2021)는 연구학교 5개교를 대상으로 ‘똑똑! 수학탐험대’의 인지적·정의적 영역의 개선 효과를 검증하였으며, 그 결과 학생들의 인지적 영역과 정의적 영역 개선에 긍정적인 영향을 미쳤고 특히 성취 수준에 낮은 학생들의 학습격차를 해소하는데 효과적이었다고 보고하였다. ‘똑똑! 수학탐험대’는 Figure 3과 같이 진단 평가를 통해 개별 학습 데이터를 수집한 후, AI 기반의 알고리즘으로 분석하여 학습 결손을 예측하고 맞춤형 학습 콘텐츠를 제공한다.

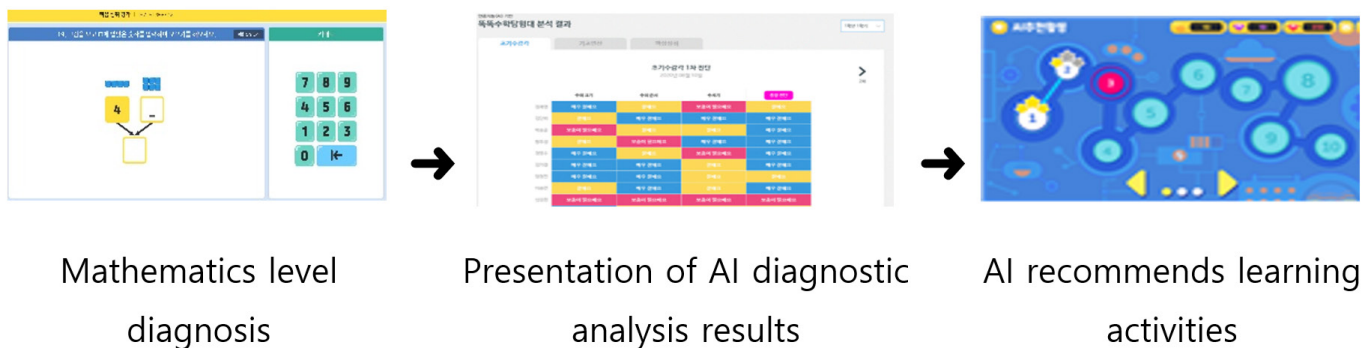


Figure 3. Diagnosis and feedback process of ‘knock-knock! mathematics expedition’ (MOE, 2020b)

연구 대상자 및 데이터 수집 방법

연구 대상자는 A교육대학교의 2학년 예비교사 262명이다. 현재 초등교육 현장에서 AI 프로그램 사용은 초기 단계이므로 예비교사들은 AI를 수학교육에 사용해본 경험이 거의 없었다. ‘똑똑! 수학탐험대’의 활용에 대한 안내는 수학 수업에서 AI 활용에 대한 강의 시간 내에 이루어졌다. 강사는 여러 AI 프로그램(Photo Math, 칸 아카데미, ChatGPT)이 수학 수업에 활용되는 사례를 안내하고 ‘똑똑! 수학 탐험대’에 관한 플랫폼 안내 영상과 함께 사용 방법을 소개하였다. 참여자들에게는 AI 기반의 맞춤형 학습 콘텐츠 추천 학습에 초점을 두어 수학 학습에 적용했을 때의 장·단점에 대해 고민해보도록 안내하였다. 예비교사들은 ‘똑똑! 수학 탐험대’를 사용할 수 있는 개별적인 아이디를 부여받고 2023년 5월 한달 동안 ‘똑똑! 수학 탐험대’를 활용한 후 설문에 응답하였다. ‘똑똑! 수학 탐험대’의 AI 추천 학습은 어느 정도 학습이 이루어진 후 활성화되므로 참여자들은 최소 30분 이상 플랫폼을 활용해보았다고 응답하였다. 설문은 2023년 6월에 실시하였으며, 예비교사들은 온라인 설문 도구(Google Form)를 통해 자발적으로 설문에 응답하였다. 최종적으로 259명의 예비교사들이 설문에 참여하였으며 그 중 불성실한 응답을 한 8명을 제외한 254명(남: 62명, 여: 192명)의 응답 결과를 분석하였다.

검사 도구

검사 도구는 관련된 문헌들에서 활용되었던 문항들을 추출하여 요인별로 재구성하였다. 기존 검사 문항들은 영어로 기술되어 있으므로 한국어로 번역 후 수학 수업의 맥락이 포함되도록 수정하였다. 예컨대, AI 불안 검사 문항에서 ‘나는 AI 기술을 도입하는 것에 대해 불안함을 느낀다’는 ‘나는 AI 기술을 수학 수업에 도입하는 것에 대해 불안함을 느낀다’로 수정하였다. 검사 문항들은 일관된 척도를 유지하기 위해 5점 리커트 척도(1점: 매우 그렇지 않다, 5점: 매우 그렇다)를 사용하여 측정하고 문항 내적 일치도(Cronbach’s α)를 통해 신뢰도를 검증하였다.

검사 도구는 최종적으로 Table 1과 같이 5개 요인과 19개 문항이 선정되었다. 교사의 자기효능감은 Hong 외 (2022)가 사용한 문항을 바탕으로 수정한 5개의 문항을 선정하였고 AI 불안은 Chai 외 (2020)의 문항을 수정하여 4개의 문항을 선정하였다. 인지된 사용 용이성과 인지된 용이성은 Ibili 외 (2019)가 사용한 문항을 수정하여 각각 3개의 문항을 선정하였다. 사용 의도는 Ayanwale 외 (2022)가 사용한 문항을 수정하여 4개의 문항으로 구성하였다. 수정된 검사 도구는 B교육대학교의 141명의 예비교사를 대상으로 사전 검사를 수행하여 문항 내적 일치도를 검증하고 여색한 문구를 수정하였다. 검사 도구의 요인과 출처, 문항 내용 예시, 선행 연구와 본 연구에서 사용한 요인들의 문항 내적 일치도 분석 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Research instruments

Variables	Source	Sample	Items	Reliability	
				Original study	Current study
Self-efficacy	Hong et al. (2022)	I have the confidence to find appropriate AI technology to develop each student's math learning ability in mathematics lessons	5	.910	.872
AI anxiety	Chai et al. (2020)	I have an uneasy, upset feeling about introducing AI technology into my mathematics lessons.	4	.940	.872
Perceived ease of use	Ibili et al. (2019)	It is easy for me to use AI technology in my mathematics lesson.	3	.857	.807
Perceived usefulness		I think AI technology is useful for mathematics lessons.	3	.842	.857
Intention to use	Ayanwale et al. (2022)	I will use AI technology in mathematics lessons	4	.929	.898

Cronbach’s α 는 .6 이상이면 신뢰성이 있다고 보아 전체 문항들을 하나의 척도로 종합하여 분석할 수 있다. 자기효능감, AI불안, 인지된 사용 용이성, 인지된 유용성, 사용 의도에 대한 신뢰도 분석 결과, Cronbach α 값 모두 .6 이상으로 나타났으므로, 문항 제거 없이 분석에 모두 이용하였다. 검사 도구의 구체적인 내용은 Appendix에 제시하였다.

분석 방법

분석 과정은 다음과 같다.

첫째, 기술통계 분석을 통해 다변량 정규성(Multivariate Normal Distribution)을 확인하고 Pearson 상관분석을 통해 측정변인들 간의 상호관련성을 분석하였다.

둘째, 관측변수들이 잠재 변수를 잘 설명하는지 확인하기 위해 최대 우도법(Maximum Likelihood, ML)을 사용하여 확인적 요인 분석(Confirmatory Factor Analysis)을 실시하고, 수렴 타당도(convergent validity)와 판별 타당도(discriminant validity)를 검증하였다.

셋째, 연구모형의 적합도를 판단하기 위해 절대 적합도 지수인 χ^2 , RMSEA(Root Mean Square Error of Approximation)와 상대 적합도 지수인 TLI(Tucker-Lewis Index), CFI(Comparative Fit Index)를 확인하였다. CFI와 TLI는 .9 이상이면 좋은 적합도라고 판단할 수 있으며(Hu & Bentler, 1999), .7 이상이면 기준을 충족한다고 판단한다(Bae, 2011). RMSEA는 .08 이하이면 적절한 적합도를 의미한다(Browne & Cudek, 1993).

넷째, 구조방정식 모형 분석을 실시하고 연구모형의 경로계수와 직접효과, 간접효과, 총효과를 살펴보았다. 간접효과와 총효과 유의성은 부트스트래핑(bootstrapping)을 활용하여 분석하였다.

수집한 설문 데이터는 신뢰수준 95% 수준에서 검증하였으며, SPSS 18.0과 AMOS 18.0 프로그램을 사용하여 분석하였다.

연구 결과

기술통계 및 상관관계 분석

구조방정식 모형 검증에 선행하여 기술통계 분석을 통해 다변량 정규분포성이 충족되는지를 확인하였다. 왜도(skewness)는 절대값 3, 첨도(kurtosis)는 절대값 10을 넘지 않는다면 정규 분포에 근사한다고 판단할 수 있다(Kline, 2016). 분석 결과, 모든 변인들은 왜도는 -0.643~0.449로 절대값 3보다 작았고, 첨도는 -0.751~0.436으로 절대값 10 미만의 값을 나타냈으므로 정규 분포를 만족한다고 판단하였다(Table 2).

Table 2. Results of descriptive statistics and correlation analysis (N=254)

	Mean	Standard deviations	Skewness	Kurtosis
Self-efficacy 1	3.26	0.940	-0.204	-0.546
Self-efficacy 2	3.23	0.963	-0.178	-0.299
Self-efficacy 3	3.39	0.971	-0.467	-0.238
Self-efficacy 4	3.35	0.981	-0.260	-0.413
Self-efficacy 5	3.72	0.859	-0.643	0.402
AI anxiety 1	2.81	1.035	0.386	-0.697
AI anxiety 2	2.64	0.991	0.449	-0.556
AI anxiety 3	2.70	1.069	0.347	-0.751
AI anxiety 4	2.60	1.094	0.384	-0.668
Perceived ease of use 1	3.15	0.919	0.107	-0.586
Perceived ease of use 2	3.30	0.917	-0.031	-0.446
Perceived ease of use 3	3.46	0.968	-0.259	-0.463
Perceived usefulness 1	3.79	0.782	-0.409	0.196
Perceived usefulness 2	3.80	0.801	-0.422	-0.128
Perceived usefulness 3	3.76	0.819	-0.582	0.436
Intention to use 1	3.57	0.830	-0.256	-0.266
Intention to use 2	3.38	0.920	-0.186	-0.287
Intention to use 3	3.52	0.879	-0.249	-0.014
Intention to use 4	3.38	0.897	-0.125	-0.124

Pearson 상관 분석을 통해 변인들 간의 상관 행렬을 나타낸 결과는 Table 3과 같다. 모든 변인들은 $p < 0.01$ 수준에 유의한 상관관계가 나타났다. 다만, 다른 변인들은 정적 상관을 보인 반면에 AI 불안은 나머지 변인들과 부적 상관을 나타냈다. 상관 계수(r)를 기준으로 판단할 때, 수학 수업에서 AI 프로그램의 사용 의도는 인지된 유용성($r=0.696$)과 가장 높은 상관성을 보였으며, 다음으로 인지된 사용 용이성($r=0.681$), 자기효능감($r=0.669$), AI불안($r=-0.229$) 순으로 높은 상관성이 나타났다. 또한 모든 상관 계수 값은 0.85 미만으로 나타났으므로 다중 공선성이 없다고 판단할 수 있다(Moon, 2009).

Table 3. Correlation matrix between variables

V ariables	Self-efficacy	AI anxiety	Perceived ease of use	Perceived usefulness	Intention to use
Self- efficacy	1.000				
AI anxiety	-0.308**	1.000			
P erceived ease of use	0.524**	-0.152*	1.000		
P erceived us efulness	0.578**	-0.236**	0.578**	1.000	
I ntention to use	0.669**	-0.229**	0.681**	0.696**	1.000

** $p < 0.01$

확인적 요인분석 및 타당도 검증 결과

확인적 요인분석 모형 적합도

구조모형 분석을 진행하기 전 확인적 요인분석을 실시하고 측정 모형의 적합도를 분석하였으며, 그 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Results of fitness examination of the measurement model

Criterion index	χ^2	df	χ^2/df	p	CFI	TLI	RMSEA
Measurement model	317.980	142	2.239	0.000	0.945	0.934	0.070
Fit criteria	-	-	≤ 3.0	$> .05$	≥ 0.9	≥ 0.9	≤ 0.8

측정 모형의 적합도 지수를 살펴보면, $\chi^2=317.980$ ($p < 0.001$)로 나타나 영가설을 기각하는 것으로 나타났다. 그러나 χ^2 의 영가설은 측정 모형과 데이터가 일치해야 할 정도로 엄격하므로 다른 적합도 지수를 함께 확인할 필요가 있다(Bollen & Long, 1993). χ^2/df 값이 3 이하이고 CFI와 TLI 값은 0.9 이상(Bentler, 1989), RMSEA 값은 0.8 이하(Browne & Cudeck, 1993)로서 적합하므로 측정 모형이 양호하다고 판단하였다.

확인적 요인분석 결과

확인적 요인 분석을 통해 수렴 타당도와 판별 타당도를 검증하였다.

먼저 수렴 타당도는 표준화된 요인 적재량(standardized factor loading), 평균분산추출값(Average Variance Extracted : AVE)와 개념 신뢰도(Construct Reliability : CR)를 확인하였다. 표준화된 요인 적재량은 0.4 이상이고 통계적으로 유의하면 수렴 타당도가 확보되었다고 판단할 수 있다(Barclay et al., 1995; Hair et al., 2010). 또한 평균분산추출값은 0.5 이상, 개념 신뢰도는 0.7 이상이면 수렴 타당도가 양호하다고 판단한다(Woo, 2012). 표준화된 요인 적재량은 0.524 ~ 0.884로 나타났으며, 각각의 요인 적재량이 모두 통계적으로 유의하였다. 또한 평균분산추출값은 0.619 ~ 0.766의 범위를 보였으며 개념 신뢰도는 0.830 ~ 0.920으로 나타났다. 이에 모든 항목이 기준치를 상회하므로 측정 모형이 수렴타당도가 양호한 것으로 판단하였다(Table 5).

Table 5. Result of confirmatory factor analysis

Variables	Items	Factor loading	S.E.	C.R.	p	AVE	CR
Self-efficacy	Self-efficacy 1	0.848				0.633	0.893
	Self-efficacy 2	0.884	0.060	17.675	***		
	Self-efficacy 3	0.780	0.065	14.622	***		
	Self-efficacy 4	0.775	0.066	14.470	***		
	Self-efficacy 5	0.524	0.065	8.679	***		
AI anxiety	AI anxiety 1	0.818				0.619	0.866
	AI anxiety 2	0.664	0.070	11.028	***		
	AI anxiety 3	0.826	0.072	14.464	***		
	AI anxiety 4	0.865	0.074	15.152	***		
Perceived ease of use	Perceived ease of use 1	0.681				0.621	0.830
	Perceived ease of use 2	0.800	0.107	11.013	***		
	Perceived ease of use 3	0.811	0.113	11.121	***		
Perceived usefulness	Perceived usefulness 1	0.876				0.766	0.907
	Perceived usefulness 2	0.847	0.058	17.157	***		
	Perceived usefulness 3	0.742	0.064	13.920	***		
Intention to use	Intention to use 1	0.829				0.741	0.920
	Intention to use 2	0.843	0.069	16.367	***		
	Intention to use 3	0.838	0.066	16.217	***		
	Intention to use 4	0.811	0.069	15.413	***		

판별타당도는 각 변인에 대한 평균분산추출값이 상관계수의 제곱값보다 크면 적절하다고 판단할 수 있다(Segars & Grover, 1998). 본 연구에서의 측정 모형에서 모든 변인의 상관계수의 제곱(R^2)이 평균분산추출값보다 크므로 판별타당도는 양호하다고 판단하였다(Table 6).

Table 6. Discriminant validity of all variables

Between variables	AVE	R	R^2
Self-efficacy ↔ AI anxiety	Self-efficacy = 0.633 AI Anxiety = 0.619	-0.326	0.106
Self-efficacy ↔ Perceived ease of use	Self-efficacy = 0.633 Perceived ease of use = 0.619	0.652	0.425
Self-efficacy ↔ Perceived usefulness	Self-efficacy = 0.633 Perceived usefulness = 0.766	0.670	0.449
Self-efficacy ↔ Intention to use	Self-efficacy = 0.633 Intention to use = 0.741	0.768	0.590
AI anxiety ↔ Perceived ease of use	AI anxiety = 0.619 Perceived ease of use = 0.619	-0.164	0.027
AI anxiety ↔ Perceived usefulness	AI anxiety = 0.619 Perceived usefulness = 0.766	-0.207	0.043
AI anxiety ↔ Intention to use	AI anxiety = 0.619 Intention to use = 0.741	-0.240	0.058
Perceived ease of use ↔ Perceived usefulness	Perceived ease of use = 0.619 Perceived usefulness = 0.766	0.660	0.436
Perceived ease of use ↔ Intention to use	Perceived ease of use = 0.619 Intention to use = 0.741	0.778	0.605
Perceived usefulness ↔ Intention to use	Perceived usefulness = 0.766 Intention to use = 0.741	0.795	0.632

구조 모형 검증

연구모형의 적합도

연구모형의 적합도 검증 결과는 Table 7과 같다. $\chi^2 = 340.889$ ($df = 144$, $p < .001$)로 나타났다. 그러나 χ^2 의 경우 표본크기에 민감하고 영가설이 엄격하기 때문에 다른 적합도 지수를 함께 고려해야 할 필요가 있다(Bollen & Long, 1993). $\chi^2/df=2.367$, CFI=0.939, TLI=0.927, RMSEA=0.074로 나타났으며, 모든 적합도 지수가 기준값을 충족하였다. 따라서 여러 적합도 지수를 함께 고려한 결과, 본 연구모형의 적합도는 만족할만한 수준이라고 판단하였다.

Table 7. Results of examination of fitness of the structural model

Criterion index	χ^2	df	χ^2/df	p	CFI	TLI	RMSEA
Research model	340.899	144	2.367	.000	.939	.927	.074
Fit criteria	-	-	≤ 3.0	> 0.05	≥ 0.9	≥ 0.9	≤ 0.8

연구모형의 경로 분석

구조모형에서 잠재 변인 간의 영향을 분석하기 위해 경로 분석을 실시하였으며, 그 결과는 Table 8과 같다. 자기효능감은 인지된 사용 용이성($\beta = 0.660$, $p < 0.001$), 인지된 유용성($\beta = 0.241$, $p < 0.01$), 사용 의도($\beta = 0.211$, $p < 0.001$)에 유의한 정적 영향을 미쳤다. AI불안은 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성에 유의한 영향을 미치지 않았다. 인지된 사용 용이성은 인지된 유용성($\beta = 0.641$, $p < 0.001$)과 사용 의도($\beta = 0.372$, $p < 0.001$)에 유의한 정적 영향을 미쳤다. 마지막으로 인지된 유용성은 사용 의도($\beta = 0.469$, $p < 0.001$)에 유의한 정적 영향을 미쳤다.

Table 8. Path coefficient estimates

Paths		Factor loading	S.E.	C.R.
Self-efficacy	→ Perceived ease of use	0.660***	0.062	8.421
	→ Perceived usefulness	0.241**	0.065	3.200
	→ Intention to use	0.211***	0.046	3.993
AI anxiety	→ Perceived ease of use	0.025	0.040	0.425
	→ Perceived usefulness	-0.033	0.037	-0.649
Perceived ease of use	→ Perceived usefulness	0.641***	0.099	7.033
	→ Intention to use	0.372***	0.091	4.480
Perceived usefulness	→ Intention to use	0.469***	0.080	5.907

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

연구모형의 직·간접 효과 분석

연구모형의 직·간접 효과를 분석한 결과는 Table 9와 같다. 효과 크기는 0.5 이상이면 효과 크기가 크고 0.1 ~ 0.3은 보통, 0.1 미만은 효과 크기가 작다고 판단한다(Cohen, 1988). 인지된 사용 용이성은 자기효능감($\beta = 0.660$, $p < 0.01$)에 직접적으로 큰 영향을 받았으며, AI불안($\beta = 0.025$, $p > 0.05$)에는 직접적인 영향을 받지 않았다. 인지된 유용성은 자기효능감($\beta = 0.664$, $p < 0.01$)에 가장 큰 영향을 받았고 인지된 사용 용이성($\beta = 0.641$, $p < 0.01$)의 직접적인 영향을 받았으며 AI불안은 직·간접적인 영향을 미치지 않았다. 자기효능감은 인지된 유용성에 직접효과($\beta = 0.241$, $p < 0.01$)보다 간접효과($\beta = 0.423$, $p < 0.01$)가 더 크게 나타났다. 사용 의도는 자기효능감($\beta = 0.768$, $p < 0.01$)에 가장 큰 영향을 받았고 인지된 사용 용이성($\beta = 0.673$, $p < 0.01$)과 인지된 유용성($\beta = 0.469$, $p < 0.01$)에도 영향을 받는 것으로 나타났다. 자기효능감($\beta = 0.221$, $p < 0.01$), 인지된 사용 용이성($\beta = 0.372$, $p < 0.01$), 인지된 유용성($\beta = 0.469$, $p < 0.01$)는 사용 의도에 직접적인 영향을 미쳤으며, 자기효능감의 경우 간접효과($\beta = 0.557$, $p < 0.01$)가 직접효과보다 더 크게 나타났다.

Table 9. Analysis result of direct and indirect effects of the research model

Dependent variable	Independent variable	Total effect	Direct effect	Indirect effect
Perceived ease of use	Self-efficacy	0.660**($p=0.004$)	0.660**($p=0.004$)	-
	AI anxiety	0.025($p=0.726$)	0.025($p=0.726$)	-
Perceived usefulness	Self-efficacy	0.664**($p=0.004$)	0.241**($p=0.007$)	0.423**($p=0.004$)
	AI anxiety	-0.016($p=0.856$)	-0.033($p=0.523$)	0.016($p=0.741$)
	Perceived ease of use	0.641**($p=0.005$)	0.641**($p=0.005$)	-
Intention to use	Self-efficacy	0.768**($p=0.003$)	0.211**($p=0.002$)	0.557**($p=0.005$)
	AI anxiety	0.002($p=0.913$)	-	0.002($p=0.913$)
	Perceived ease of use	0.673**($p=0.008$)	0.372**($p=0.007$)	0.301**($p=0.002$)
	Perceived usefulness	0.469**($p=0.005$)	0.469**($p=0.005$)	-

** $p<0.01$, * $p<0.05$

이상의 결과를 종합한 연구모형의 최종 경로에 대한 검증 결과는 Figure 4와 같다.

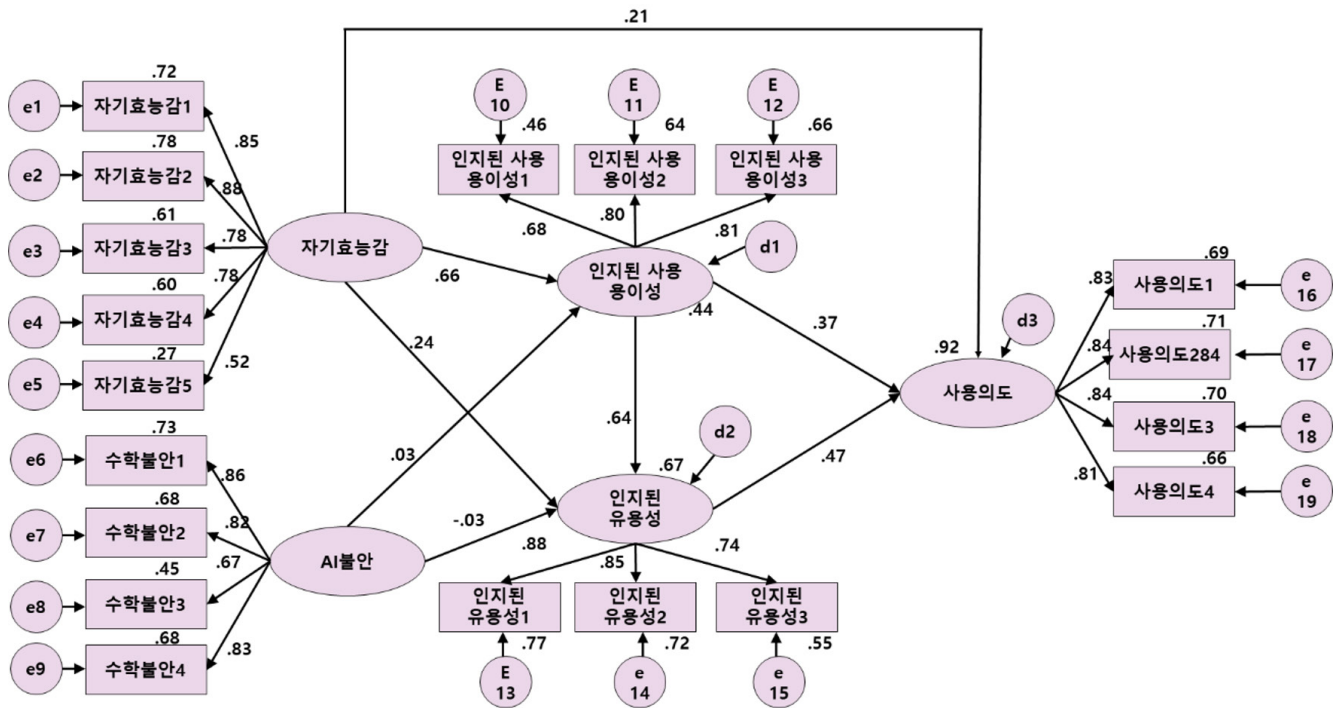


Figure 4. Path analysis result of research model

논의 및 결론

본 연구는 AI를 학교 현장에 적용하려는 시대적 흐름을 반영하여, AI 기반 플랫폼인 ‘똑똑! 수학탐험대’를 수학 수업에 사용하려는 예비교사들의 사용 의도에 영향을 미치는 요인을 검증하였다. 이를 위해 선행연구 고찰을 통해 예비교사의 자기효능감과 AI불안을 TAM의 외부 요인으로 통합하여 연구모형을 설정하였다. 설정한 연구모형은 구조방정식 모형을 적용하여 구조적 관계를 규명하고 직·간접 효과를 분석하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 도출한 논의와 결론은 다음과 같다.

첫째, 예비교사의 자기효능감은 인지된 사용 용이성, 인지된 용이성, 사용 의도에 직·간접적인 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 자기효능감이 높은 교사가 효과적인 수업을 구현하기 위해 혁신적인 교수·학습 방법을 채택하려는 의지가 크다는 선행 연구들(Gavora, 2010; Tschannen-Moran & Hoy, 2001)과도 일치하는 결과이다. 또한 교사의 자기효능감이 테크놀로지의 인지된 사용 용이성, 인지된 용이성, 사용의도에 직접적인 영향을 미쳤다고 보고한 선행 연구들(Fearnley & Amora, 2020; Gurer, 2021; Joo et al., 2018)과도 맥을 함께 한다. 즉, 예비교사들이 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’를 활용하여 수학 수업을 할 수 있는 능력이 있다고 믿으면 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’를 사용하기 쉽고 수학 수업에 유용하다고 느끼며, 실제 수업에서 활용하려는 의도를 가질 수 있다.

둘째, AI 불안은 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성에 유의미한 영향을 미치지 않았다. 이러한 결과는 불안이 인지된 유용성과 인지된 사용 용이성에 직접적인 부정 영향을 미친다고 보고한 현직교사와 예비교사에 관한 선행 연구들(Chiu, 2017; Saadé & Kira, 2009)과는 다른 결과이며, 동적 기하학 소프트웨어 대한 예비교사의 사용 의도를 조사한 Van Vaerenbergh 외 (2023)의 연구와 유사한 결과이다. 종종 나이가 많은 교사는 테크놀로지의 사용에 익숙하지 않을 수 있다(Sinclair & Aho, 2018). 이러한 이유로 Van Vaerenbergh 외 (2023)는 선행 연구들과 일치하지 않은 결과가 나타난 원인으로 예비교사의 어린 나이를 지목하였다. 그러나 Saadé 와 Kira (2009)의 연구에서는 예비교사들에게 불안이 미치는 효과가 유의하다고 나타났으므로 예비교사들 간의 연구에서 불안의 효과성에 대한 불일치를 이해하려면 추가적인 후속 연구가 수행될 필요가 있다.

셋째, 인지된 사용 용이성은 인지된 유용성에 유의한 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 기존 선행 연구(Ayanwale et al., 2022; Davis, 1986; Davis et al., 1989)와도 일치하는 결과이다. 즉, 예비교사들은 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’가 수학 수업에 사용하기 쉽다고 느끼면 수학 수업에 사용하기에 유용하다고 인식할 수 있다. 따라서 향후 수학 수업에 사용하려는 AI 프로그램을 개발할 때는 교사들이 이용하기 쉽도록 접속 환경과 인터페이스를 개선하는데 노력을 기울여야 할 것이다.

넷째, 인지된 사용 용이성, 인지된 유용성은 사용 의도에 유의한 영향을 미쳤다. 이는 선행연구들(Ayanwale et al., 2022; DeVita et al., 2012; Joo et al., 2018)과도 일치하는 결과이며, ‘뚝뚝! 수학 탐험대’가 수학 수업에서 사용하기 쉽고 유용하면 궁극적으로 수업에서 활용하려는 의도를 가진다는 점을 시사한다. 다만, 인지된 사용 용이성의 총효과는 인지된 유용성보다 크게 나타났지만, 직접 효과는 인지된 유용성이 더 크게 나타났고 인지된 사용 용이성은 인지된 유용성을 매개로 사용 의도에 영향을 미치고 있었다. 이러한 결과를 고려할 때, ‘뚝뚝! 수학 탐험대’의 손쉬운 사용도 중요하지만 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’가 수학 수업의 목표 달성과 학생의 수행을 개선하는데 유용하다는 인식을 가지는 것이 수학 수업에서의 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’ 활용을 높이는 방안임을 의미한다. 따라서 예비교사들이 수학 수업에서 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’를 적절하게 활용하려면 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’가 수학 수업에서 학생의 수행을 지원하고 개선하는데 유용한 도구라는 인식을 심어주고 이에 대한 교육 프로그램도 함께 제공되어야 할 것이다.

본 연구는 교사의 자기효능감과 AI 불안이 TAM과 어떠한 구조적 관계를 나타내는지 살펴보고 수학교육에서 ‘뚝뚝! 수학탐험대’의 활용에 대한 의의를 제시하였다. 본 연구에서 도출한 시사점은 다음과 같다.

본 연구의 결과는 예비교사의 자기효능감이 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’를 사용하려는 예비교사의 의도에 영향을 미치는 핵심 요인임을 보여준다. 예비교사들이 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’를 수학 수업에 성공적으로 활용할 수 있는 능력이 있다고 믿는다면 실제 교실에서 사용하려는 의도를 높일 수 있다. 그러나 연구 결과에서 자기효능감은 사용 의도에 직접적인 영향보다는 간접 효과가 더 크게 나타났으며, 이는 예비교사들이 수학 수업에서 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’를 사용할 수 있는 능력에 대한 믿음과 함께 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’가 수학 수업에서 사용하기 쉽고 교과 목표나 학생의 수행에 유용하다는 인식이 함께 뒷받침되어야 함을 시사한다. 또한 인지된 유용성은 사용 의도에 미치는 직접효과가 가장 크게 나타났으며, 이는 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’가 수학 수업에서의 유용성과 연결될 경우 사용 의도를 높아질 수 있음을 시사한다. 수학교육에서 교사의 주된 책무 중 하나는 학생에게 수학적으로 사고할 수 있는 기회를 제공하는 것이다(NCTM, 2000). 예비교사들에게는 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’가 수학 수업에 활용하기 쉽다는 점도 중요하게 작용하지만, 수학 수업에서 학생의 수학적 사고를 개발하는데 도움을 줄 수 있다고 인식하는 것이 더 가치 있다고 인식할 수 있다. 이상의 내용을 종합하면, 예비교사들이 수학 수업에서 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’를 사용하려는 의도를 높이려면 수학 수업에서 ‘뚝뚝! 수학 탐험대’를 적절하게 사용할 수 있는 능력을 길러줌과 동시에, 수학 수업에서 사용하기 쉽고 유용하다는 인식을 가지도록 지원할 필요가 있다

본 연구의 제한점을 기술하면 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 예비교사들의 자기효능감과 AI 불안만을 고려하였다. 연구 결과에서

드러난 바와 같이 예비교사의 자기효능감은 사용 의도를 예측하는데 결정적인 요인이지만 수학에 관한 지식, AI 프로그램에 대한 지식과 같은 인지적인 측면 또한 예비교사들의 테크놀로지 사용 의도에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 교사의 개인 변인이 테크놀로지 사용 의도에 미치는 영향을 이해하려면 더 많은 후속 연구가 이루어질 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서 AI 프로그램으로 사용한 ‘똑똑! 수학탐험대’는 AI 기반의 맞춤형 학습을 제공하는 플랫폼으로서 현재 초등학교 전반에 활용되고 있다. 그러나 ‘똑똑! 수학탐험대’가 AI 프로그램의 모든 특징을 반영했다고 보기는 어렵다. Johnson과 Verdicchio (2017)이 AI의 특징 중 하나를 인간이 제어할 수 없는 기능을 가지고 있다고 언급한 바와 같이, AI는 자연어 처리, 머신러닝, 딥러닝과 같이 다양한 형태와 기능을 가지고 있다. 따라서 후속 연구에서는 수학교육에서 활용할 수 있는 다양한 AI 프로그램을 활용하여 본 연구의 결과를 보완한 필요가 있다.

References

- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Prentice-Hal.
- Ayanwale, M. A., Sanusi, I. T., Adelana, O. P., Aruleba, K. D., & Oyelere, S. S. (2022). Teachers' readiness and intention to teach artificial intelligence in schools. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100099>
- Bae, B. (2011). *Amos 19 structural equation modeling principle and practice*. Cheongram
- Bandura, A. (1986). The explanatory and predictive scope of self-efficacy theory. *Journal of Social and Clinical Psychology*, 4(3), 359-373. <https://doi.org/10.1521/jscp.1986.4.3.359>
- Barclay, D., Higgins, C., & Thompson, R. (1995). The partial least squares (PLS) approach to casual modeling: Personal computer adoption and use as an illustration. *Technology Studies*, 2(2), 285-309.
- Bentler, P. M. (1989). *EQS structural equations program manual*. BMDP.
- Bollen, K. A., & Long, J. S. (1993). *Testing structural equation models*. Sage.
- Bourgonjon, J., De Grove, F., De Smet, C., Van Looy, J., Soetaert, R., & Valcke, M. (2013). Acceptance of game-based learning by secondary school teachers. *Computers & Education*, 67, 21-35. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.010>
- Browne, M. W., & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. In K. A. Bollen & J. S. Long (Eds.), *Testing structural equation models* (pp. 136-162). Sage.
- Chang, C. T., Hajiyev, J., & Su, C. R. (2017). Examining the students' behavioral intention to use e-learning in Azerbaijan? The general extended technology acceptance model for e-learning approach. *Computers & Education*, 111, 128-143. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.010>
- 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(Supplement), 105-123. <http://doi.org/10.20972/kjee.31..202101.105>
- Chai, C. S., Wang, X., & Xu, C. (2020). An extended theory of planned behavior for the modelling of Chinese secondary school students' intention to learn artificial intelligence. *Mathematics*, 8(11), 2089. <https://doi.org/10.3390/math8112089>
- Chapman, O. (2002). Belief structure and inservice high school mathematics teacher growth. In G. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner (Eds.), *Beliefs: A hidden variable in mathematics education?* (pp. 177-193). Kluwer.
- Chiu, T. K. (2017). Introducing electronic textbooks as daily - use technology in schools: A top - down adoption process. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 524-537. <https://doi.org/10.1111/bjet.12432>
- 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>
- 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. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>

- 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.
- DeVita, M., Verschaffel, L., & Elen, J. (2012). Acceptance of interactive whiteboards by Italian mathematics teachers. *Educational Research*, 3(7), 553–565.
- Fearnley, M. R., & Amora, J. T. (2020). Learning management system adoption in higher education using the extended technology acceptance model. *IAFOR Journal of Education*, 8(2), 89-106.
- Gavora, P. (2010). Slovak pre-service teacher self-efficacy: Theoretical and research considerations. *The New Educational Review*, 21(2), 17–30.
- Gong, M., Xu, Y., & Yu, Y. (2004). An enhanced technology acceptance model for web-based learning. *Journal of Information Systems Education*, 15(4), 365–374.
- Gurer, M. D. (2021). Examining technology acceptance of pre-service mathematics teachers in Turkey: A structural equation modeling approach. *Education and Information Technologies*, 26(4), 4709-4729. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10493-4>
- Ha, J. G., Page, T., & Thorsteinsson, G. (2011). A study on technophobia and mobile device design. *International Journal of Contents*, 7(2), 17–25.
- Hair, J. F., Black, W., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis: A global perspective*. Pearson.
- Henson, R. K. (2001). *Teacher self efficacy: Substantive implications and measurement dilemmas*. Presented at the Annual Meeting of the Educational, Texas A & M University.
- Hong, J. C., Hwang, M. Y., Tsai, C. M., Liu, M. C., & Lee, Y. F. (2022). Exploring teachers' attitudes toward implementing new ICT educational policies. *Interactive Learning Environments*, 30(10), 1823-1837. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1752740>
- Hoy, A. W. (2000). *Changes in teacher efficacy during the early years of teaching*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association Conference, New Orleans, LA.
- 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., & Billinghamurst, 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>
- Johnson, D. G., & Verdicchio, M. (2017). AI anxiety. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68(9), 2267–2270. <https://doi.org/10.1002/asi.23867>
- Joo, Y. J., Park, S., & Lim, E. (2018). Factors influencing preservice teachers' intention to use technology: TPACK, teacher self-efficacy, and technology acceptance model. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(3), 48-59.
- Kline, R. B. (2016). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford publications.
- Kramarski, B., & Michalsky, T. (2010). Preparing preservice teachers for self-regulated learning in the context of technological pedagogical content knowledge. *Learning and Instruction*, 20(5), 434-447. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.05.003>
- Langran, E., Searson, M., Knezek, G., & Christensen, R. (2020, April). AI in teacher education. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 751-756). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Lim, M., Kim, H. M., 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. <http://doi.org/10.29275/sm.2021.06.23.2.251>
- Li, J., & Huang, J. S. (2020). Dimensions of artificial intelligence anxiety based on the integrated fear acquisition theory. *Technology in Society*, 63, 101410. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101410>
- Lin, P., & Van Brummelen, J. (2021, May). Engaging teachers to co-design integrated AI curriculum for K-12 classrooms. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-12).
- Ministry of Education (2020a). *Comprehensive plan for science, mathematics, information, and STEAM education*. Ministry of Education
- Ministry of Education (2020b, September 14). Artificial intelligence, into school! Artificial intelligence (AI), introduced as an elementary math study helper, as an optional course in high school. News from the Ministry of Education. <https://www.moe.go.kr/boardCnts/view.do?boardID=294&board-Seq=81918&lev=0&searchType=null&statusYN=W&page=5&s=moe&m=020402&opType=N>
- Moon, S. (2009). *Basic concepts and application of structural equation modeling*. Hakjisa.
- 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>
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. NCTM.

- 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>
- Rafique, H., Ul Islam, Z., & Shamim, A. (2023). Acceptance of e-learning technology by government school teachers: Application of extended technology acceptance model. *Interactive Learning Environments*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2164783>
- Saadé, R. G., & Kira, D. (2009). Computer anxiety in e-learning: The effect of computer self-efficacy. *Journal of Information Technology Education: Research*, 8(1), 177-191. <https://doi.org/10.28945/166>
- Scherer, R., Siddiq, F., & Tondeur, J. (2019). The technology acceptance model (TAM): A meta-analytic structural equation modeling approach to explaining teachers' adoption of digital technology in education. *Computers & Education*, 128, 13-35. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.009>
- Segars, A. H., & Grover, V. (1998). Strategic information systems planning success: An investigation of the construct and its measurement. *MIS Quarterly*, 22(2), 139-163.
- 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). An analysis prospective mathematics teachers' perception on the use of artificial intelligence(AI) in mathematics education. *Communications of Mathematical Education*, 34(3), 215-234. <https://doi.org/10.7468/jksmee.2020.34.3.215>
- Sinclair, J., & Aho, A. (2018). Experts on super innovators: Understanding staff adoption of learning management systems. *Higher Education Research and Development*, 37(1), 158-172. <https://doi.org/10.1080/07294360.2017.1342609>
- 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., Milutinović, V., Zhou, M., & Banković, D. (2017). Traditional vs. innovative uses of computers among mathematics pre-service teachers in Serbia. *Interactive Learning Environments*, 25(7), 811-827. <https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1189943>
- Tschannen-Moran, M., & Hoy, A. W. (2001). Teacher efficacy: Capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education*, 17(7), 783-805. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(01\)00036-1](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(01)00036-1)
- Van Vaerenbergh, S., Pérez-Suay, A., & Diago, P. D. (2023). Acceptance and intentions of using dynamic geometry software by pre-service primary school teachers. *Education Sciences*, 13(7), 661. <https://doi.org/10.3390/educsci13070661>
- Venkatesh, V. (2000). Determinants of perceived ease of use: Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the technology acceptance model. *Information Systems Research*, 11(4), 342-365. <https://doi.org/10.1287/isre.11.4.342.11872>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (1996). A model of the antecedents of perceived ease of use: Development and test. *Decision Sciences*, 27(3), 451-481.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 157-178.
- Woo, J. (2012). *Structural equation model concept and understanding*. Hannarae.
- 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 toc-toc math expedition in Korea. *Korean Journal of Elementary Education*, 32(4), 61-73. <http://doi.org/10.20972/kjee.32.4.202112.61>

Authors' Information

Taekwon Son, Bongmyong Elementary School, Teacher, 1st Author.

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

Appendix: Survey items

Variables	No.	Items
Self-efficacy	1	I have the confidence to find appropriate AI technology to develop each student's math learning ability in mathematics lessons
	2	I have the confidence to find better AI techniques to apply to my mathematics class.
	3	In my mathematics lessons, I can use various AI technologies to motivate students to learn.
	4	I have the confidence to apply the new AI technology in my mathematics lessons, students can reach their learning goals.
	5	I can learn how to use new AI technologies for my mathematics lessons at any time.
AI anxiety	6	I have an uneasy, upset feeling about introducing AI technology into my mathematics lessons
	7	Since the development of AI technology, the method of teaching and learning mathematics has become more uncertain and ambiguous
	8	Applying AI technology to mathematics lessons feels like a big hurdle to me
	9	I feel anxious or afraid when I think AI technology has to be used in mathematics lessons
Perceived ease of use	10	It is easy for me to use AI technology in my mathematics lesson.
	11	Interacting with AI in mathematics lessons is clear and easy to understand for me
	12	I believe that using AI technology makes teaching mathematics easier.
Perceived usefulness	13	I think AI technology is useful for mathematics lessons.
	14	I think AI technology enhances the learning effect of mathematics lessons.
	15	I believe that AI technology can be used to teach mathematics more effectively
Intention to use	16	I will use AI technology in mathematics lessons
	17	I will often use AI technology in my mathematics lessons
	18	I think AI technology should be used in mathematics lessons
	19	I will encourage other teachers to use AI technology in their mathematics lessons