

TPACK과 기술수용모델을 활용한 초등교사의 수학 수업에서 인공지능 사용 의도 이해

손태권(봉명초등학교, 교사) · 구중서(대구동덕초등학교, 교사) · 안도연(천안청당초등학교, 교사)[†]

본 연구는 AI를 수학 수업에 사용하려는 초등학교 교사의 의도에 미치는 요인들에 대해 살펴보고 수학 수업에서 AI가 효과적으로 사용되기 위해 선행되어야 할 요인을 제시하고자 하였다. 이를 위해 기술수용모델(Technology Acceptance Model)을 사용하여 초등학교 교사의 TPACK과 TAM 사이의 구조적 관계를 조사하였다. 그 결과, 초등학교 교사들의 TPACK은 인지된 사용 용이성과 유용성에 유의미한 영향을 미쳤다. 또한 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성은 수학 수업에서 AI 활용에 대한 태도에 유의미한 영향을 미쳤다. 인지된 사용 용이성, 인지된 유용성, 태도는 수학 수업에서의 AI 사용 의도에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 초등학교 교사들이 수학 수업에서 AI에 대한 TPACK 역량이 높다고 인식할수록 수학 수업에서 AI를 사용하기가 더 쉽고 AI가 학생의 수학 학습 향상에 도움이 되는 유용한 도구로 인식할 수 있음을 의미한다. 또한 수학 수업에서 AI가 쉽게 사용할 수 있고 유용하다고 인식할수록 AI 사용 의도가 높아질 수 있다. 따라서 초등학교 교사들이 수학 수업에서 AI의 활용하려면 TPACK에 관한 지식 교육이 선행되어야 하며, 수학 수업에서 AI 사용의 이점과 편리성에 대한 인식 개선이 함께 이루어져야 한다.

I. 서론

4차 산업혁명 시대가 도래함에 따라 인공지능(Artificial Intelligent; 이하 AI) 기술은 급격하게 발전하였으며 우리의 삶에 깊은 영향을 미치고 있다(Wang et al., 2019). AI의 발전은 교육 분야에서도 큰 영향을 미치고 있으며 교수·학습 방법을 근본적으로 변화시키는 잠재력을 가지고 있다(Mavrikis & Holmes, 2019).

수학 교과의 경우, AI는 학습자의 인지적, 정서적 요구를 파악하고 이를 통해 개별화된 학습 경험을 제공함으로써 학생 중심의 수학교육을 실현하게 한다(김세영, 조미경, 2022; Hwang et al., 2020; Luan et al., 2020).

이처럼 AI는 수학 교수·학습 방법을 개선하는 유용한 도구로서 활용될 수 있으나 새로운 테크놀로지를 교육 환경에 수용하고 성공적으로 수학 교수를 구현할 수 있는가에 대한 여부는 전적으로 교사에게 달려있다(고호경 외 2021; Mueller et al., 2008). 교사는 AI를 통한 수학 수업에서 중요한 이해 관계자이며(Seufert et al., 2020), 교실에서 테크놀로지의 수용을 결정하는데 중요한 역할을 한다(Holden & Rada, 2011; Scherer et al., 2019). 그러나 AI를 효과적인 수학 수업을 위한 도구로서 사용하는 것에 대한 교사의 인식은 간과되어 왔으며, 이와 관련된 연구는 거의 수행되지 않았다(Langran et al., 2020; Seufert et al., 2020). 따라서 수학 수업에서 AI를 사용하려는 교사의 사용 의도가 지식이나 태도와 같은 교사 특성과 어떻게 연관되는지 살펴볼 필요가 있다(Yeo et al., 2022).

교사의 테크놀로지 수용과 사용 의도를 예측하는 여러 이론 중 기술수용모델(Technology Acceptance Model; 이하 TAM)은 테크놀로지를 사용하려는 의도에 영향을 미치는 요인을 설명하기 위한 이론이다(Davis et al., 1989). 그동안 TAM은 새로운 테크놀로지를 교사들이 어떻게 받아들이는지에 대한 실증적인 증거들을 제시해왔다. 예컨대, 웹 기반 학습(Gong et al., 2004), 비디오 게임(Bourgonjon et al., 2013), 증강 현실(Ibili et al., 2019), 교육용 챗봇(Chocarro et al., 2023)과 같은 연구들은 새로운 테크놀로지를 받아들이는 교사의 사용 의도를 예측하고 설명했으며, 새로운 테크놀로지를 학교 현장에 적용하는데 있어 중요한 시사점을 교육 관계자들에게 제공했다. 그러나 대부분의 연구들은 교육 측면에서 활용되는 테크놀로지 요인(예:

* 접수일(2023년 6월 20일), 심사(수정)일(2023년 7월 8일), 게재확정일(2023년 7월 17일)

* MSC2000분류 : 97U70

* 주제어 : 수학 교사, TPACK, 기술수용모델, 인공지능

† 교신저자 : ahndy91@gmail.com

수학 수업에서 인공지능의 유용성)보다는 테크놀로지 자체에 대한 교사의 인식(예: 인공지능의 유용성)에 초점을 맞추고 있다. 새로운 테크놀로지의 도입 목표는 학문 분야에 따라 상이하므로 TAM을 수학교육을 포함한 다양한 교과 교육의 맥락으로 확장할 필요가 있다(Pittalis, 2020).

한편, Legris 외(2003)은 TAM에 관한 비판적 검토를 통해 TAM이 개인차의 영향을 고려하지 못한다는 한계를 지적한 바 있다. 이로 인해 여러 연구자들은 TAM에서 새로운 테크놀로지를 받아들이는데 영향을 미치는 외부 요인을 강조한다(예: Alshurafat et al., 2021; Venkatesh et al., 2012). 이 중 Mishra과 Koehler(2006)이 제안한 TPACK(Technology Pedagogy and Content Knowledge)은 교수학적 지식(Pedagogical Knowledge; PK), 내용 지식(Content Knowledge; CK), 테크놀로지 지식(Technological Knowledge; TK)의 교집합이며 교육에서 테크놀로지 사용에 대한 요구가 증대됨에 따라 교사가 갖추어야 할 전문 지식으로 강조되고 있다. 교사의 TPACK은 새로운 테크놀로지를 성공적으로 교육에 통합하는데 기여할 뿐만 아니라(Joo et al., 2018), 학생들의 성취에도 영향을 미친다(Hattie, 2008). 또한 TPACK은 테크놀로지를 사용에 관한 교사의 판단에 영향을 미치므로(Scherer et al., 2019), TPACK과 TAM의 관계를 살펴보는 과정은 수학 수업에서 교사의 인지적 특성이 AI 사용 의도에 미치는 영향을 포괄적으로 이해할 수 있는 유용한 렌즈를 제공한다(Kim & Kwon, 2023). 그러나 TPACK과 TAM의 관계에 초점을 맞춘 경험적 연구는 여전히 부족한 실정이며(Alsofyani et al., 2012; Hsu, 2016), 수학 수업에서 AI 수용에 대한 TPACK과 TAM의 관계를 살펴본 연구는 거의 수행되지 않았다.

이에 본 연구에서는 수학 수업에서 AI를 사용하려는 초등학교 교사들의 의도에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 TPACK과 TAM의 구조적 관계를 확인하였다. 이를 위해 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

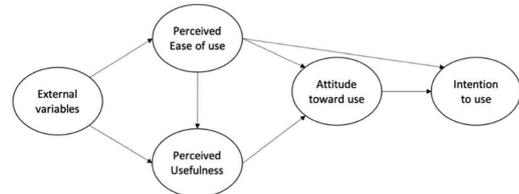
첫째, 초등학교 교사의 TPACK, 인지된 용이성, 인지된 유용성, 태도, 사용 의도 간에는 구조적 관계가 성립하는가?

둘째, 초등학교 교사의 TPACK, 인지된 용이성, 인지된 유용성, 사용 의도 간에는 직·간접 효과가 성립하며 그 효과는 어떠한가?

II. 선행연구 분석 및 연구 모형 설정

1. TAM

교육 분야에서 새로운 테크놀로지의 등장은 현재의 안주와 새로운 도전 사이의 긴장을 불러일으켜 왔다. 새로운 테크놀로지를 수용하고 수업에 적용하는 과정은 복잡한 교육적 변화이며(Bishop & Spector, 2014), 이를 정확하게 측정하려면 학교 현장에서 테크놀로지를 사용하려는 교사의 의도를 살펴보아야 한다(Scherer & Tondeur, 2019). 그동안 교사의 테크놀로지 수용에 영향을 미치는 요인과 이면의 메커니즘을 설명하기 위해 다양한 모델들이 제안되어 왔다(신원석, 고유정, 2020). 이 중 Davis 외(1989)가 제안한 TAM은 합리적 행동 이론(Theory of Reasoned Action; Fishbein & Ajzen, 1975)을 토대로 개발된 모델이다. TAM은 일반화 가능성이 높고 다양한 상황에 쉽게 전이하여 적용할 수 있으며 사용자의 테크놀로지 수용을 설명하기 위해 가장 널리 활용되어 왔다(Liu et al., 2009; Venkatesh, 2000). TAM은 [그림 1]과 같이 새로운 테크놀로지에 대한 인지된 유용성(Perceived Usefulness)과 인지된 사용 용이성(Perceived Ease of Use)의 영향을 받는 사용에 대한 태도(Attitude toward Use)의 결과로 사용자의 사용 의도(Intention to Use)를 설명한다.



[그림 1] TAM(Davis et al., 1989)

TAM은 교육 분야에서 교사의 테크놀로지 수용에 대한 예측 모델로 사용되어 왔으며, 교사가 새로운 테크놀로지의 수용하는데 영향을 미치는 교사 개인 변인들을 외부 요인으로 통합하여 연구가 이루어져 왔다. 예를 들어, TPACK과 테크놀로지 태도(신원석, 고유정, 2020), 자기 효능감(Joo et al., 2018; Teo, 2009),

교육학적 신념(Gurer & Akkaya, 2022)과 같은 연구들은 교사의 개인 변인들이 테크놀로지 수용에 미치는 영향에 대한 시사점을 제공하였다. AI의 경우, 교사의 연령과 디지털 기술이 교육용 챗봇 수용에 미치는 영향(Chocarro et al., 2023), 교사의 신념과 인지된 신뢰가 교육용 인공지능 도구 수용에 미치는 영향(Choi et al., 2023)과 같은 연구가 이루어져 왔다. 그러나 지금까지 수행되어 온 연구들은 특정 교과 맥락보다는 일반 교육학적 맥락에서 TAM의 구성요소를 정의하고 사용하였다(Yeo et al., 2022). 예를 들어, Teo 외(2016)는 ‘컴퓨터를 사용하는 것은 생산성을 증진시킨다’와 같이 일반 교육의 측면에서 인지된 유용성 문항을 개발하여 사용하였다. 그러나 교사들은 교과의 특수성에 따라 TAM의 요인들을 다른 방식으로 인식할 수 있다. 예컨대 수학 교육의 경우, 교사들은 테크놀로지가 학생들의 수학적 사고를 이해하고 교육 목표 달성에 효과적이지를 바탕으로 테크놀로지의 유용성을 판단할 수 있다(Yeo et al., 2022). 이러한 이유로, 여러 연구자들은 증강현실(Ibili et al., 2019), 디지털 게임(Yeo et al., 2022), 기하 프로그램(Pittalis, 2020),과 같이 다양한 테크놀로지의 수용 의도를 파악하기 위해 TAM을 수학교육 맥락으로 확장하고 문항들에 수학교육 맥락을 추가하였다. 이에 본 연구에서는 일반 교육의 측면에서 정의된 TAM 문항에 수학 수업의 맥락을 추가하였다. 예를 들어, 인지된 사용 용이성에 관한 문항 중 ‘나는 AI 기술을 사용하는 것이 쉽다고 생각한다’와 같은 문항은 수학 수업의 맥락을 추가하여 ‘나는 수학 수업에 AI 기술을 사용하는 것이 쉽다고 생각한다’로 수정하였다.

1) 인지된 사용 용이성

인지된 사용 용이성을 “개인이 특정 시스템을 사용하는데 노력이 들지 않을 것이라 믿는 정도”이다(Davis, 1989, p. 320). TAM은 잠재적 사용자가 시스템이나 기술이 유익하다고 믿을지라도 동시에 그것을 사용하기 어렵다고 생각할 수 있으므로 인지된 사용 용이성이 인지된 유용성에 영향을 미친다고 본다(Davis et al., 1989). 또한 인지된 사용 용이성은 테크놀로지 사용 태도와 사용 의도에 긍정적인 영향을 미친다고 가정한다. 예컨대, Buabeng-Andoh(2018)는 모바일 학습의 사용 의도를 파악하기 위해 TAM을 적용

하여 사용자의 모바일 학습 사용 의도에 영향을 미치는 요인들을 살펴보았다. 그 결과, 인지된 사용 용이성은 사용자의 인지된 유용성과 테크놀로지에 대한 사용 태도에 유의한 영향을 미쳤다. 또한 Prieto 외(2017)는 모바일 기기를 사용한 수업에서 교사의 인지된 사용 용이성이 사용 의도에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다.

2) 인지된 유용성

인지된 유용성은 “개인이 테크놀로지를 사용하는 것이 직무 성과 향상에 도움이 된다고 믿는 정도”이다(Davis, 1989, p. 320). 교사는 학습 효과를 향상시킬 것으로 믿는 테크놀로지를 사용하며, 반대로 학습 효과를 저하시킬 것으로 믿는 기술은 사용하지 않을 수 있다(Ibili & Billinghamurst, 2019). Huang(2016)과 Teo(2009)는 인지된 유용성이 교사의 테크놀로지 사용에 대한 태도와 유의한 상관관계가 있다고 보고하였다. 또한 Islam(2011)은 교사들이 e-learning 시스템을 사용할 때, 인지된 용이성이 시스템 사용 의도에 직접적인 영향을 미친다는 것을 발견하였다. Ayanwale 외(2022)는 수업에서 AI 기술을 사용할 때 인지된 유용성이 교사들의 AI 기술 사용 의도에 유의한 영향을 미친다고 보고하였다.

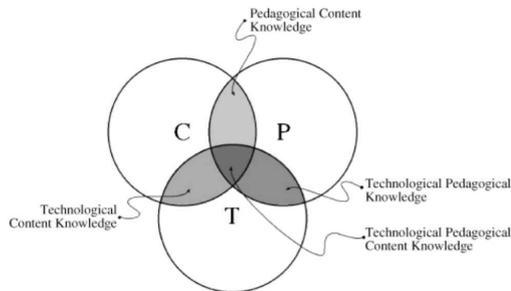
3) 태도

태도는 “목표 행동을 수행하는 것에 대한 개인의 긍정적 또는 부정적 감정”이다(Davis et al., 1989, p. 984). TAM은 개인의 테크놀로지 사용에 대한 긍정적이거나 부정적인 태도가 사용 의도에 영향을 미친다고 가정하며(Davis, 1989), 후속 연구들은 이러한 가정을 뒷받침 하고 있다(Ayanwale. et al., 2022; Buabeng-Andoh, 2018; Teo & Zhou, 2014). 테크놀로지 수용에 관해 연구한 Buabeng-Andoh(2018)는 학생들의 태도가 테크놀로지 사용 의도에 영향을 미친다고 보고하였으며, Ayanwale 외(2022)는 AI 기술에 대한 교사의 태도가 테크놀로지를 활용하려는 사용 의도에 직접적으로 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 Teo와 Zhou(2014)는 예비교사들의 태도가 테크놀로지 사용 의도에 가장 직접적인 영향을 미치는 변수라고 보고하였다.

2. TPACK

Mishra과 Koehler(2006)에 의해 개념화된 TPACK은 Shulman(1986)이 제안한 PCK(Pedagogical Content Knowledge)에 TK를 추가한 이론적 분석틀이다. TPACK은 [그림 2]와 같이 교사를 위한 세 가지 주요 지식 범주(PK, CK, TK)를 기반으로 테크놀로지 사용과 지식의 상호작용을 강조한다(Schmidt et al., 2009). 따라서 TPACK은 PK, CK, TK의 세 가지 지식을 포함하여 세 가지 지식의 교집합들인 PCK, 기술 내용 지식(TCK), 기술 교육 지식(TPK) 및 기술 교육 내용 지식(TPCK)의 4개 지식을 합쳐서 총 7개의 지식 영역으로 구성된다(Mishra & Koehler, 2006).

TPACK은 수업에서 새로운 테크놀로지의 통합 가능성에 영향을 미치는 교사의 인지적 요인이며, TPACK 역량이 높다고 인식할수록 테크놀로지의 교사와 예비교사의 테크놀로지 수용을 효과적으로 예측한다는 것을 보여주었다(예: Habibi et al., 2020; Joo et al., 2018; Yang et al., 2019)



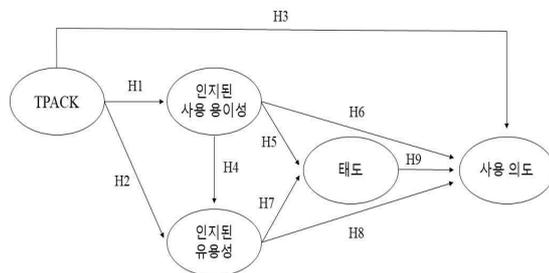
[그림 2] TPACK(Mishra & Koehler, 2006)

TPACK과 TAM의 관계에 관한 선행 연구들에 따르면, TPACK은 교사의 인지된 사용 용이성, 인지된 유용성, 사용 의도와 긍정적인 관련이 있다(Alsofyani et al., 2012; Horzum & Gungoren, 2012; Liu, 2011; Maeng et al., 2013). TPACK은 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성에 대해 유의하고 긍정적인 영향을 미친다(Alsofyani et al., 2012; Horzum & Gungoren, 2012; Maeng et al., 2013). Horzum과 Gungoren(2012)은 테크놀로지 중심의 학습 환경에서 TPACK을 배운 예비교사들이 인식된 사용 용이성과 유용성을 더 크게 인

식하는 경향이 있음을 발견하였다. 또한 Alsofyani 외(2012)와 Liu(2011)는 TPACK이 교사와 예비 교사의 테크놀로지 사용 의도에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다. Maeng 외(2013)는 TPACK 역량이 높은 예비 교사들은 적절한 방식으로 테크놀로지를 선택하며 테크놀로지 사용 의도가 높게 나타났다고 보고하였다.

3. 가설 및 연구 모형 설정

본 연구는 선행 연구를 토대로 수학 수업에서 초등 학교 교사의 AI 사용 의도에 영향을 미치는 TPACK, 인지된 사용 용이성, 인지된 유용성, 태도 간의 구조적 관계를 살펴보았다. [그림 3]은 선행 연구를 바탕으로 도출한 연구 가설을 설명하는 연구 모형이다.



[그림 3] 설정된 연구 모형

- H1. TPACK은 인지된 사용 용이성에 유의미한 영향을 미친다.
- H2. TPACK은 인지된 유용성에 유의미한 영향을 미친다.
- H3. TPACK은 사용 의도에 유의미한 영향을 미친다.
- H4. 인지된 사용 용이성은 인지된 유용성에 유의미한 영향을 미친다.
- H5. 인지된 사용 용이성은 태도에 유의미한 영향을 미친다.
- H6. 인지된 사용 용이성은 사용 의도에 유의미한 영향을 미친다.
- H7. 인지된 유용성은 태도에 유의미한 영향을 미친다.
- H8. 인지된 유용성은 사용 의도에 유의미한 영향을 미친다.
- H9. 태도는 사용 의도에 유의미한 영향을 미친다.

III. 연구방법

1. 연구 대상자 및 표집 방법

연구 대상자는 현직 초등학교 교사들이다. 연구를 위해 온라인 설문 도구(Google Form)를 이용하였으며 현직 교사들의 자발적인 참여를 통해 2023년 3월동안 설문을 실시하였다. 설문 참여를 독려하기 위해 온라인 교사 커뮤니티에 설문 내용을 게시하였으며 설문에 참여한 교사들에게는 소정의 사례를 제공하였다. 최종적으로 286명의 초등학교 교사들이 설문 참여하였으며 그 중 불성실한 응답을 한 8명을 제외한 278명의 응답 결과를 분석하였다. 분석에 활용한 278명의 연구 대상자의 배경을 분석한 결과는 [표 1]과 같다.

[표 1] 연구 참여자의 배경 요인

| 구분 | | 빈도(%) | 계(%) |
|-------|-----------|-----------|------------|
| 성별 | 남성 | 71(25.5) | 278(100.0) |
| | 여성 | 207(74.5) | |
| 교직 경력 | 5년 미만 | 31(11.2) | 278(100.0) |
| | 5년 ~ 10년 | 106(38.1) | |
| | 10년 ~ 20년 | 90(32.4) | |
| | 20년 이상 | 51(18.3) | |
| 학력 | 박사 | 2(0.7) | 278(100.0) |
| | 석사 | 90(32.4) | |
| | 학사 | 186(66.9) | |

2. 검사 도구

변수들 간의 구조적 관계를 조사하기 위해 기존 검사 도구를 바탕으로 수정된 검사 도구를 개발하여 사용하였다. 검사 도구는 일관된 척도를 유지하기 위해

5점 리커트 척도(1점: 매우 그렇지 않다, 5점: 매우 그렇다)를 사용하였으며, 검사 도구의 신뢰도를 살펴보기 위해 문항 내적 일치도(Cronbach's α)를 살펴보았다. 검사 도구는 배경 설문 문항을 제외한 18개의 문항으로 구성되었으며 TPACK 5문항, 인지된 사용 용이성 3문항, 인지된 유용성 3문항, 태도 3문항, 사용 의도 4문항이다(부록 1).

TPACK을 측정하기 위해 Joo 외(2018)가 사용한 5문항을 선정하였다. 인지된 사용 용이성과 인지된 용이성은 Ibili 외(2019)의 문항을 바탕으로 재구성하였으며, 수학 수업에서 AI의 사용 용이성과 유용성을 측정하기 위해 각각 3개의 문항으로 구성하였다. 태도는 Ayanwale 외(2022)가 사용한 설문 문항을 재구성하였으며, 수학 수업에 AI를 사용하는 것에 대한 교사의 긍정적 또는 부정적인 감정을 측정하는 3개의 문항으로 구성하였다. 사용 의도는 Ayanwale 외(2022)의 설문 문항을 재구성하였으며, 수학 수업에서 AI를 사용하려는 교사의 사용 의도를 측정하는 4개 문항으로 구성하였다. 모든 문항은 수학 수업의 맥락이 포함되도록 내용을 수정하였으며(예: 수업 → 수학 수업), 테크놀로지에 관한 내용은 AI로 바꾸어 재구성하였다. 검사 도구의 구성과 문항 내용, 선행 연구와 본 연구에서 사용한 검사 도구의 문항 내적 일치도 분석 결과는 [표 2]와 같다.

Cronbach's α 는 .6 이상이면 신뢰성이 있다고 보아 전체 문항들을 하나의 척도로 종합하여 분석할 수 있다(송지준, 2019). 신뢰도 분석 결과, Cronbach's α 값 모두 .6 이상으로 나타났으므로, 문항 제거 없이 분석에 모두 이용하였다.

[표 2] 검사 도구

| 변수 | 출처 | 문항 예시 | 문항 수 | 신뢰도 | |
|------------|------------------------|--|------|-------|------|
| | | | | 선행 연구 | 본 연구 |
| TPACK | Joo et al. (2018) | 나는 수학적 지식, AI기술, 교수법을 적절하게 통합하여 수학 수업을 할 수 있다. | 5 | .900 | .904 |
| 인지된 사용 용이성 | Ibili et al. (2019) | 나는 수학 수업에 AI기술을 사용하는 것이 쉽다고 생각한다. | 3 | .857 | .875 |
| | | 나는 AI 기술이 수학 수업에 유용하다고 생각한다. | 3 | .842 | .882 |
| 태도 | Ayanwale et al. (2022) | 나는 AI 기술 수학 수업에 적용하는 것을 좋아한다. | 3 | .890 | .860 |
| | | 나는 수학교육에서 AI기술을 사용할 계획이다. | 4 | .929 | .914 |

2. 분석 방법

본 연구에서는 변인 간 관계를 파악하는 방법으로 기술통계 분석을 위해 SPSS 18.0을 사용하였으며, 구조방정식모델의 측정모형과 구조모형 검증을 위해 AMOS 18.0 프로그램을 사용하였다. 변수 특성 및 관련성을 파악하기 위해 기술통계 분석 및 데이터 정규성을 확인하고 Cronbach's α 를 통해 측정도구의 신뢰도를 검증하였으며, Pearson 상관분석을 통해 측정변인들 간의 상호관련성을 분석하였다. 구성된 모형의 타당성을 살펴보기 위해, 최대 우도법(Maximum Likelihood)에 기초한 확인적 요인분석을 실시하였다. 확인적 요인분석을 실시하고 수렴 타당도(convergent validity)와 판별 타당도(discriminant validity)를 검증하였다. 연구모형의 적합도 판단을 위해 구조방정식 모델 적합도 평가지수인 절대적합지수인 χ^2 통계량, GFI(Goodness of Fit index), RMSEA(Root Mean Square Error Approximation)와 충분적합지수인 TLI(Tucker-Lewis Index), CFI(comparative Fit Index)를 활용하여 분석하였다. CFI, TLI, GFI는 일반적으로 .9 이상이면 좋은 적합도 수준(Browne & Cudeck, 1992)으로 간주한다. RMSEA는 .05 이하이면

매우 좋으며, .08 이하면 양호하다고 판단한다(우종필, 2013). 연구모형의 가설을 검증하기 위해 변인들 간의 경로계수와 직접효과, 간접효과, 총효과를 분석하였으며, 부트스트래핑(bootstrapping)을 활용하여 간접효과와 총효과의 유의성을 검증하였다.

IV. 연구 결과

1. 정규성 검증

본 연구의 구조방정식 연구모형을 검증하기 위해 다변량 정규분포성이 충족되는지를 확인하였으며, 그 결과는 [표 3]과 같다. 변인들의 정규성을 검증하기 위해 왜도와 첨도를 확인하였다. 왜도의 절대값 3, 첨도의 절대값 7을 넘지 않는다면 정규성에서 큰 문제가 없다고 본다(Kline, 2011). 본 연구에서의 모든 변인들의 왜도는 -.585 ~ .190로 절대값 3보다 작았고, 첨도는 .841 ~ .113으로 절대값 7보다 작아 정규성에 문제가 없는 것으로 확인되었다.

TPACK, 인지된 사용 용이성, 인지된 유용성, 태도, 사용 의도 간 상관분석 결과는 [표 4]와 같다. 상관계수의 범위가 .2~.4면 상관이 낮고, .4~.6이면 상관이

[표 3] 다변량 정규성 검증 결과(N=278)

| | 평균 | 표준편차 | 왜도 | 첨도 |
|-----------|------|-------|-------|-------|
| TPACK1 | 3.13 | .941 | .157 | -.707 |
| TPACK2 | 3.31 | .937 | -.221 | -.621 |
| TPACK3 | 3.23 | .927 | .040 | -.700 |
| TPACK4 | 2.92 | 1.102 | .190 | -.841 |
| TPACK5 | 3.22 | .986 | -.057 | -.815 |
| 인지된사용용이성1 | 3.32 | 1.011 | .056 | -.816 |
| 인지된사용용이성2 | 3.44 | 1.010 | -.023 | -.762 |
| 인지된사용용이성3 | 3.57 | 1.016 | -.291 | -.620 |
| 인지된유용성1 | 3.87 | .814 | -.447 | .026 |
| 인지된유용성2 | 3.90 | .835 | -.445 | -.306 |
| 인지된유용성3 | 3.86 | .872 | -.585 | .113 |
| 태도1 | 3.63 | .975 | -.511 | .013 |
| 태도2 | 3.37 | 1.049 | -.230 | -.553 |
| 태도3 | 3.74 | .982 | -.415 | -.516 |
| 사용의도1 | 3.64 | .866 | -.216 | -.425 |
| 사용의도2 | 3.48 | .986 | -.167 | -.564 |
| 사용의도3 | 3.63 | .925 | -.236 | -.280 |
| 사용의도4 | 3.48 | .953 | -.102 | -.392 |

있고, .6~.8이면 상관이 높고, .8~1.0이면 상관이 매우 높다고 본다(성태제, 2018). 변수 간의 상관행렬 분석 결과, TPACK은 인지된 사용 용이성($r=.560$), 인지된 유용성($r=.560$), 태도($r=.487$), 사용 의도($r=.569$)와 정적인 상관이 있는 관계가 있는 것으로 분석되었다. 인지된 사용 용이성은 인지된 유용성($r=.668$), 태도($r=.634$), 사용 의도($r=.687$)와 높은 수준은 정적인 상관 관계가 있는 것으로 분석되었다. 인지된 유용성은 태도($r=.656$), 사용 의도($r=.691$)와 높은 수준은 정적인 상관 관계가 있는 것으로 분석되었다. 마지막으로 태도는 사용 의도($r=.716$)와 높은 수준의 정적인 상관 관계가 있는 것으로 나타났다.

[표 4] 변수 간의 상관행렬(N=278)

| | TPACK | 인지된 사용 용이성 | 인지된 유용성 | 태도 | 사용 의도 |
|------------|--------|------------|---------|--------|-------|
| TPACK | 1 | | | | |
| 인지된 사용 용이성 | .560** | 1 | | | |
| 인지된 유용성 | .560** | .668** | 1 | | |
| 태도 | .487** | .634** | .656** | 1 | |
| 사용 의도 | .569** | .687** | .691** | .716** | 1 |

** $p < .01$

[표 5] 요인분석 및 타당도 검증 결과

| 변인 | 문항 | 비표준화 계수 | 표준화 계수 | S.E. | C.R. | P | AVE | CR | |
|------------|--------------|-------------|--------|------|--------|------|-------|-------|------|
| TPACK | TPACK1 | 1.000 | .724 | | | | .769 | .910 | |
| | TPACK2 | 1.155 | .841 | .085 | 13.659 | .000 | | | |
| | TPACK3 | 1.155 | .850 | .084 | 13.809 | .000 | | | |
| | TPACK4 | 1.276 | .789 | .100 | 12.812 | .000 | | | |
| | TPACK5 | 1.233 | .853 | .089 | 13.855 | .000 | | | |
| 인지된 사용 용이성 | 인지된 사용 용이성 1 | 1.000 | .792 | | | .000 | .811 | 0.945 | |
| | 인지된 사용 용이성 2 | 1.097 | .869 | .067 | 16.268 | .000 | | | |
| | 인지된 사용 용이성 3 | 1.077 | .848 | .068 | 15.762 | .000 | | | |
| 인지된 유용성 | 인지된 유용성1 | 1.000 | .878 | | | .000 | .783 | .915 | |
| | 인지된 유용성2 | 1.012 | .865 | .052 | 19.303 | .000 | | | |
| | 인지된 유용성3 | .979 | .801 | .058 | 16.852 | .000 | | | |
| 태도 | 태도1 | 1.000 | .798 | | | .000 | .734 | .861 | |
| | 태도2 | 1.119 | .830 | .072 | 15.624 | .000 | | | |
| | 태도3 | 1.052 | .834 | .067 | 15.717 | .000 | | | |
| 사용 의도 | 사용 의도1 | 1.000 | .849 | | | .000 | .756 | .925 | |
| | 사용 의도2 | 1.155 | .861 | .062 | 18.694 | .000 | | | |
| | 사용 의도3 | 1.099 | .873 | .057 | 19.176 | .000 | | | |
| | 사용 의도4 | 1.078 | .832 | .061 | 17.594 | .000 | | | |
| χ^2 | DF | χ^2/DF | p | GFI | CFI | TLI | RMSEA | | |
| | Mean | | | | | | LO90 | HI90 | |
| 337.973 | 125 | 2.704 | .000 | .878 | .950 | .938 | .078 | .068 | .089 |

2. 요인분석 및 타당도 검증

본 연구에서의 잠재변인들이 제대로 측정되었는지에 대한 타당성을 판단하고자 요인분석을 실시하였으며 그 결과는 [표 5]와 같이 모든 경로가 유의미한 것으로 나타났다. 다음으로 변인의 유의성 여부를 판단하기 위해 평균분산추출지수(Average Variance Extracted; AVE)와 개념신뢰도(Construct Reliability; CR)를 확인하였다. AVE값과 개념신뢰도는 TPACK이 .769와 .910, 인지된 사용 용이성은 .811, .873, 인지된 유용성은 .783, .915, 태도는 .734, .861, 사용 의도는 .756, .925로 나타났다. 평균분산추출지수는 .5 이상, 개념신뢰도는 .7이상일 때 신뢰도가 있는 것으로 판단할 수 있다. 본 연구에서의 전체 변수의 AVE값은 모두 .5이상으로 나타났으며, 개념신뢰도는 모두 .7이상으로 나타나 타당도를 가지는 것으로 분석되었다.

전체 변수의 판별타당성을 분석한 결과는 [표 6]과 같다. 전체 변수의 판별타당성을 확인한 결과 TPACK과 인지된 사용 용이성, TPACK과 인지된 유용성,

TPACK과 태도, TPACK과 사용 의도, 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성, 인지된 사용 용이성과 태도, 인지된 사용 용이성과 사용 의도, 인지된 유용성과 태도, 인지된 유용성과 사용 의도, 태도와 사용 의도 모두 r^2 값보다 AVE의 절대값이 크므로 판별타당성을 가지는 것으로 나타났다.

3. 연구모형의 구조적 관계 분석

본 연구에서 설정한 연구모형의 적합도를 평가한 결과는 [표 7]과 같다. 적합도 검증 결과 $\chi^2=343.247(df=126, p<.001)$ 로 나타나 영가설이 기각되었다. 그러나 χ^2 의 경우 표본크기에 민감하므로 다른 적합도 지수를 함께 고려해야 할 필요가 있다. χ^2 을 자유도로 나눈 Normed χ^2 의 값은 5 이하이면 바람직하며, 3 이하인 경우는 전반적인 적합도가 양호하다(Kline, 2005). 본 연구에서는 χ^2/df 값이 2.724로 나타나 적합도가 양호한 것으로 볼 수 있다.

CFI, TLI, GFI는 일반적으로 .9 이상이면 좋은 적합

[표 6] 전체 변수의 판별타당성

| 구분 | AVE | r | r ² | 판별타당성 여부 |
|----------------------|-------------------------------|------|----------------|----------|
| TPACK ↔ 인지된 사용 용이성 | TP=.769, 인지된 사용 용이성=.811 | .665 | .442 | ○ |
| TPACK ↔ 인지된 유용성 | TP=.769, 인지된 유용성=.783 | .655 | .429 | ○ |
| TPACK ↔ 태도 | TP=.769, 태도=.734 | .576 | .332 | ○ |
| TPACK ↔ 사용 의도 | TP=.769, 사용 의도=.756 | .655 | .429 | ○ |
| 인지된 사용 용이성 ↔ 인지된 유용성 | 인지된 사용 용이성=.811, 인지된 유용성=.783 | .821 | .674 | ○ |
| 인지된 사용 용이성 ↔ 태도 | 인지된 사용 용이성=.811, 태도=.734 | .742 | .551 | ○ |
| 인지된 사용 용이성 ↔ 사용 의도 | 인지된 사용 용이성=.811, 사용 의도=.756 | .804 | .646 | ○ |
| 인지된 유용성 ↔ 태도 | 인지된 유용성=.783, 태도=.734 | .767 | .588 | ○ |
| 인지된 유용성 ↔ 사용 의도 | 인지된 유용성=.783, 사용 의도=.756 | .808 | .653 | ○ |
| 태도 ↔ 사용 의도 | 태도=.734, 사용 의도=.756 | .837 | .701 | ○ |

[표 7] 연구모형의 적합도 검증 결과

| χ^2 | DF | GFI | TLI | CFI | RMSEA |
|----------|-----|------|------|------|-------|
| 343.247 | 126 | .875 | .938 | .949 | .079 |

도 수준(Browne & Cudeck, 1992)로 간주한다. 본 연구에서는 GFI는 .9이하로 나타났으나, GFI가 표본특성에 기인한 비일관성으로 인하여 영향을 받을 수 있기 때문에 표본특성으로부터 자유로운 CFI를 권고하고 있는 점을 감안한다면 본 연구의 CFI 지표값이 .950로서 모델 적합도는 수용 가능한 수준으로 평가할 수 있다. 또한 TLI는 .9 이상으로 우수한 수준으로 나타났다. RMSEA지수는 .079로서 양호한 수준으로 나타났다. 여러 적합도 지수를 함께 고려해 본 결과, 설정한 연구 모형은 양호한 적합도를 보여주었으므로 연구 모형의 적합도는 만족할 만한 수준임을 알 수 있다.

본 연구에서 설정한 연구모형의 적합성이 검증되었기에 가설을 검증하였다. 가설 검증 결과는 [표 8]과 같으며 설정한 9개의 경로 중 8개의 경로가 유의한 것으로 확인되었다. 첫째, TPACK은 인지된 사용 용이성($\beta = .653, p < .001$), 인지된 유용성($\beta = .188, p < .01$)에 유의한 정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 사용 의도($\beta = .042, p > .05$)에 미치는 영향은 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 둘째, 인지된 사용 용이성은 인지된 유용성($\beta = .698, p < .001$), 태도($\beta = .495, p < .001$), 사용 의도($\beta = .278, p < .01$)에 유의한 정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 셋째, 인지된 유용성은 태도($\beta = .478, p < .001$)와 사용 의도($\beta = .221, p < .01$)에 유의한 정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 마지막으로 태도는 사용 의도($\beta = .477, p < .001$)에 유의한 정적인 영향을 미치는 것을 나타냈다.

5. 연구모형의 직·간접 영향 분석

연구모형의 직·간접 영향을 분석한 결과는 [표 9]와 같다. TPACK이 인지된 사용 용이성에 미치는 직접효과는 .653($p < .01$), 인지된 유용성에 미치는 직접효과는 .188($p < .05$)로 정적(+) 영향을 준 것으로 분석되었으며, 통계적으로 유의하였다. 하지만 TPACK이 사용 의도에 미치는 직접효과는 .042($p > .05$)로 통계적으로 유의하지 않았다. 인지된 사용 용이성이 인지된 유용성에 미치는 직접효과는 .698($p < .01$), 태도에 미치는 직접효과는 .495($p < .01$), 사용 의도에 미치는 직접효과는 .278($p < .05$)로 모두 정적(+) 영향을 주는 것으로 분석되었다. 인지된 유용성이 태도에 미치는 직접효과는 .478($p < .01$), 사용 의도에 미치는 직접효과는 .221($p < .01$)로 정적(+) 영향을 주었다. 태도가 사용 의도에 미치는 직접효과는 .477($p < .05$)로 정적(+) 영향을 주는 것으로 분석되었으며 통계적으로 유의하였다.

간접효과의 유의성 검증을 위해 Bootstrapping 검증을 실시하였으며, Two-Tailed Significance(BC)를 활용하여 간접효과의 유의성을 확인하였다. 분석 결과 TPACK이 인지된 유용성에 미치는 간접효과는 .456($p < .01$), 태도에 미치는 간접효과는 .456($p < .01$)로 나타나 부분매개효과를 가지는 것으로 분석되었다. TPACK이 사용 의도에 미치는 간접효과는 .624($p < .01$)로 나타났으며, 직접효과가 유의미하지 않으므로 완전 매개효과를 가지는 것으로 분석되었다. 인지된 사용 용이성이 태도에 미치는 간접효과는 .334($p < .01$), 사용

[표 8] 잠재변수 간의 구조 분석 결과

| 구조경로 | | 비표준화 계수 | 표준화 계수(β) | SE | C.R. |
|------------|--------------|---------|-------------------|------|-------|
| TPACK | → 인지된 사용 용이성 | .766*** | .653 | .084 | 9.110 |
| | → 인지된 유용성 | .197** | .188 | .068 | 2.908 |
| | → 사용 의도 | .045 | .042 | .045 | .991 |
| 인지된 사용 용이성 | → 인지된 유용성 | .624*** | .698 | .066 | 9.423 |
| | → 태도 | .478*** | .495 | .085 | 5.644 |
| | → 사용 의도 | .255** | .278 | .087 | 2.919 |
| 인지된 유용성 | → 태도 | .517*** | .478 | .093 | 5.572 |
| | → 사용 의도 | .227** | .221 | .093 | 2.440 |
| 태도 | → 사용 의도 | .453*** | .477 | .124 | 3.665 |

*** $p < .001$, ** $p < .01$

[표 9] 연구모형의 직·간접효과 분석

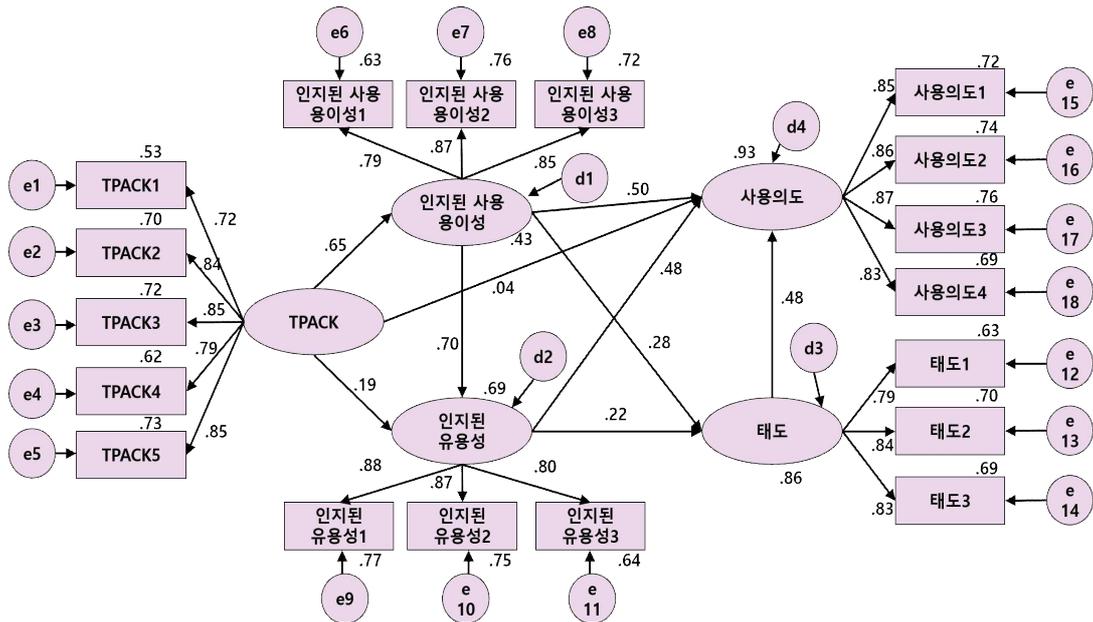
| 구조경로 | 총효과 | 직접효과 | 간접효과 | |
|------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| TPACK | → 인지된 사용 용이성 | .653**(p=.003) | .653**(p=.003) | - |
| | → 인지된 유용성 | .643**(p=.003) | .188*(p=.010) | .456**(p=.002) |
| | → 태도 | .631**(p=.003) | - | .631**(p=.003) |
| | → 사용 의도 | .666**(p=.002) | .042(p=.340) | .624**(p=.003) |
| 인지된 사용 용이성 | → 인지된 유용성 | .698**(p=.002) | .698**(p=.002) | - |
| | → 태도 | .829**(p=.008) | .495**(p=.005) | .334**(p=.002) |
| | → 사용 의도 | .828**(p=.004) | .278*(p=.025) | .550**(p=.005) |
| 인지된 유용성 | → 태도 | .478**(p=.004) | .478**(p=.004) | - |
| | → 사용 의도 | .449**(p=.002) | .221**(p=.040) | .228**(p=.004) |
| 태도 | → 사용 의도 | .477*(p=.010) | .477*(p=.010) | - |

** p<.01, * p<.05

의도에 미치는 간접효과는 .550(p<.01)으로 나타나 부분매개효과를 가지는 것으로 분석되었다. 인지된 유용성이 사용 의도에 미치는 간접효과는 .228(p<.01)로 나타나 부분매개효과를 가지는 것으로 분석되었으며, 제

시된 간접효과 모두 통계적으로 유의하였다.

이상의 결과를 종합한 연구모형의 최종경로 검증결과는 [그림 4]와 같으며, 연구가설의 검증결과는 [표 10]과 같다.



[그림 4] 연구모형의 최종 검증 결과

[표 10] 연구 가설 검증 결과

| 연구가설 | 결과 |
|--------------------------|----|
| H1. TPACK → 인지된 사용 용이성 | 채택 |
| H2. TPACK → 인지된 유용성 | 채택 |
| H3. TPACK → 사용 의도 | 기각 |
| H4. 인지된 사용 용이성 → 인지된 유용성 | 채택 |
| H5. 인지된 사용 용이성 → 태도 | 채택 |
| H6. 인지된 사용 용이성 → 사용 의도 | 채택 |
| H7. 인지된 유용성 → 태도 | 채택 |
| H8. 인지된 유용성 → 사용 의도 | 채택 |
| H9. 태도 → 사용 의도 | 채택 |

V. 논의 및 결론

본 연구는 테크놀로지 수용 모델인 TAM를 통해 초등학교 교사의 TPACK, 인지된 사용 용이성, 인지된 용이성, 태도, 사용 의도 간의 구조적 관계를 살펴보았다. 이를 위해 수학 수업과 AI에 대한 맥락 요소를 TPACK과 TAM의 변인들에 추가하여 재구성하였다. 또한 선행 연구를 바탕으로 연구 모형을 설정하고 구조방정식을 통해 구조적 관계의 성립 여부와 직·간접 효과를 분석하였다. 본 연구의 결과를 통해 도출한 논의와 결론은 다음과 같다.

첫째, 수학 수업에서 AI 사용에 대한 초등학교 교사들이 인식하는 TPACK 역량은 인지된 사용 용이성과 유용성에 유의미한 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 테크놀로지에 대한 교사들이 인식하는 TPACK이 인지된 사용 용이성과 인지된 용이성에 긍정적인 영향을 미친다는 보고한 선행 연구들(Alsofyani et al., 2012; Joo et al., 2018; Horzum & Gungoren, 2012)과도 맥을 함께 한다. 즉, 초등학교 교사들은 수학 수업에서 AI에 대한 TPACK 역량이 높다고 인식할수록 수학 수업에서 AI를 사용하기가 더 쉽고 AI가 학생의 수학 학습 향상에 도움이 되는 유용한 도구로 인식할 수 있다. 이처럼 AI 기술은 교사가 수학 수업에 활용하기에 충

분한 지식을 가지고 있다고 인식할 때 효과적으로 활용될 수 있다(Cavalcanti et al., 2021). 교사가 AI 기반 도구의 유용성을 더 많이 인식할수록 이러한 도구를 더 많이 사용하여 학습자 동기 부여와 참여를 촉진할 수 있으며(Wang et al., 2021) 수학 수업과 AI에 대한 TPACK이 풍부하다고 인식하는 교사는 교육 목적에 적합한 AI 기반 도구를 더 잘 선택할 수 있다(Edwards et al., 2018). TPACK은 모든 테크놀로지의 성공적인 교육 통합을 위해 매우 중요하다(Mishra & Koehler, 2006). 따라서 초등학교 교사들이 수학 수업에 AI를 적절하게 활용하려면 AI가 수학 수업에 활용하기에 쉽고 유용하다는 사실을 인식할 수 있도록 워크숍이나 연수를 통하여 충분한 지식 교육이 선행될 필요가 있다.

둘째, 인지된 사용 용이성은 인지된 유용성에 유의미한 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 선행 연구들(Davis, 1989; Joo et al., 2018)과도 일치하며, 초등학교 교사들은 AI를 수학 수업에 사용하기가 쉽다고 인식할 때 수학 수업에서 AI의 유용성을 인식할 수 있음을 의미한다. 따라서 초등학교 교사들이 AI가 수학 수업에 유용하다고 인식하려면 AI를 수학 수업에 사용할 수 있는 충분한 연습 기회와 시간을 제공하고, 이를 통해 수학 수업에서 AI 사용의 용이성에 대한 인식을 먼저 개선할 필요가 있다.

셋째, 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성은 수학 수업에서 AI 활용에 대한 초등학교 교사들의 태도에 유의미한 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 테크놀로지에 대한 인지된 사용 용이성과 인지된 유용성이 태도에 긍정적인 영향을 미친다고 보고한 Buabeng-Andoh(2018)와 Teo(2009)의 연구와 맥을 함께 한다. 즉, 초등학교 교사들은 수학 수업에서 AI를 활용하는 것이 쉽고 유용하다고 인식할수록 AI를 활용한 수학 수업에 대해 긍정적으로 인식할 수 있다. 따라서 초등학교 교사들이 수학 수업에서 AI의 사용에 대해 긍정적으로 인식하려면 수학 수업에서 AI 사용에 대한 이점과 편리성에 대한 인식 개선이 먼저 이루어져야 할 것이다.

넷째, 인지된 사용 용이성, 인지된 유용성, 태도는 수학 수업에서의 AI 사용 의도에 유의미한 영향을 미쳤다. 특히, 태도($\beta = .477$)는 인지된 사용 용이성($\beta = .278$)과 인지된 유용성($\beta = .221$)에 비해 사용 의도에 미치는 영향이 크게 나타났다. 이러한 결과는 태도가

테크놀로지 사용 의도의 가장 강력한 예측 변수라고 보고한 여러 선행 연구들(Buabeng-Andoh, 2018; Teo & Zhou, 2014)과 맥을 함께 한다. 다만, TPACK은 사용 의도에 유의미한 간접효과가 있지만 직접효과는 유의미하게 나타나지 않았다. 이러한 결과는 TPACK이 사용 의도에 유의미한 직접효과가 있다고 보고한 선행 연구들(Alsofyani et al., 2012; Liu, 2011; Maeng et al., 2013)과는 다른 결과이며, 직접효과가 유의미하지 않고 간접효과가 유의미하게 나타났다고 보고한 Joo et al. (2018)의 연구 결과와 유사하다. 교사들은 새로운 테크놀로지를 수업에 바로 적용하기보다는 교수·학습에 대한 이점을 고려하여 비판적으로 수용한다(Joo et al., 2014). 따라서 초등학교 교사들은 우수한 TPACK 역량을 지니고 있다고 인식하더라도 수학 수업에서 AI를 즉각적으로 사용하기 보다는 AI가 수학 수업에 유용한지 그리고 사용하기에 편리한지를 고려한 다음 수학 수업에 사용하려고 시도할 수 있다. 결국, AI는 단순히 흥미를 가지고 사용하는데 그치는 게 아니라 생산을 위한 인지적 도구로 활용되어야 하며 (Jonassen, 1995), 수학 학습을 촉진하기 위한 효과적이고 편리한 도구로서 강조될 필요가 있다.

본 연구는 AI를 수학 수업에 사용하려는 초등학교 교사의 의도에 미치는 요인들에 대해 살펴보았으며, 수학 수업에서 AI가 제공할 수 있는 기회를 충분히 활용하려면 AI가 제공하는 교육적 기여의 이해가 선행되어야 할 의의를 제시하였다(Xu, 2020). 본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 초등학교 교사들을 대상으로 수학 교과에서 AI 활용에 대한 인식을 조사하였다. AI를 직접적으로 가르치는 중등 교사의 경우, 본 연구의 결과와는 상이한 결과가 도출될 수 있으므로 본 연구의 결과를 성급하게 일반화하여 해석하려는 시도는 유의할 필요가 있다. 둘째, 본 연구는 교사의 개인적 변인들 중 인지적인 측면인 TPACK을 TAM의 외부 변인으로 활용하였다. 교사의 사용 의도에 영향을 미칠 수 있는 변인은 인지적인 측면뿐만 아니라 정서적인 측면이나 환경적인 측면도 존재하므로 향후 연구에서는 여러 측면을 함께 고려한 연구를 통해 본 연구의 결과를 보완할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 고호경, 허난, 노지화(2021). RPP (Role-Play Presentation)를 통한 교사의 AI 교사와의 지각된 상호작용성 분석. 수학교육, 60(3), 321-340.
- 김세영, 조미경(2022). 개별화 맞춤형 수학 학습을 지원하는 AI 기반 플랫폼 분석. 수학교육 논문집, 36(3), 417-438.
- 송지준(2019). 논문통계의 이해와 적용: SPSS와 AMOS를 활용. 21세기사
- 신원석, 고유정(2020). 교사들의 테크놀로지 활용 연구: TAM 모형을 중심으로. 한국교육학연구 (구 안암교육학연구), 26(2), 125-146.
- 우종필(2013). 우종필교수의 구조방정식모델 개념과 이해. 한나래출판사.
- Al Darayseh, A. (2023). Acceptance of artificial intelligence in teaching science: Science teachers' perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100132.
- Alshurafat, H., Al Shbail, M. O., Masadeh, W. M., Dahmash, F. & Al-Msiedeen, J. M. (2021). Factors affecting online accounting education during the COVID-19 pandemic: An integrated perspective of social capital theory, the theory of reasoned action and the technology acceptance model. *Education and Information Technologies*, 28(6), 6995-7013.
- Alsofyani, M. M., Aris, B. B., Eynon, R. & Majid, N. A. (2012). A preliminary evaluation of short blended online training workshop for TPACK development using technology acceptance model. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 11(3), 20-32.
- Ajzen, I. & Fishbein, M. (1975). A Bayesian analysis of attribution processes. *Psychological Bulletin*, 82(2), 261.
- 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, 100099.
- Bishop, M. J. & Spector, J. (2014). Technology integration. In Spector, J., Merrill, M., Elen, J., Bishop, M. (eds), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 817-818). Springer.
- 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.
- Browne, M. W. & Cudeck, R. (1992). Alternative ways of assessing model fit. *Sociological Methods & Research*, 21(2), 230-258.
- Buabeng-Andoh, C. (2018). Predicting students' intention to adopt mobile learning: A combination of theory of reasoned action and technology acceptance model. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 11(2), 178-191.
- Cavalcanti, A. P., Barbosa, A., Carvalho, R., Freitas, F., Tsai, Y. S., Gašević, D. & Mello, R. F. (2021). Automatic feedback in online learning environments: A systematic literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100027.
- Celik, I. (2023). Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. *Computers in Human Behavior*, 138, 107468.
- 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), 1-19.
- 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.
- Davis, F. D. (1989). Technology acceptance model: TAM. *AI-Suqri, MN, AI-Aufi, AS: Information Seeking Behavior and Technology Adoption*, 205-219.
- 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.
- Edwards, C., Edwards, A., Spence, P. R. & Lin, X. (2018). I, teacher: using artificial intelligence (AI) and social robots in communication and instruction. *Communication Education*, 67(4), 473-480.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*, reading. Addison-Wesley.
- 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. & 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.
- Habibi, A., Yusop, F. D., & Razak, R. A. (2020). The role of TPACK in affecting pre-service language teachers' ICT integration during teaching practices: Indonesian context. *Education and Information Technologies*, 25(4), 1929-1949.
- Holden, H. & Rada, R. (2011). Understanding the influence of perceived usability and technology self-efficacy on teachers' technology acceptance. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(4), 343-367.
- Horzum, M. B. & Gungoren, O. C. (2012). A model for beliefs, tool acceptance levels and web pedagogical content knowledge of science and technology preservice teachers towards web based instruction. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 13(3), 50-69.

- Huang, Y. M. (2016). The factors that predispose students to continuously use cloud services: Social and technological perspectives. *Computers & Education, 97*, 86-96.
- Hsu, P. S. (2016). Examining current beliefs, practices and barriers about technology integration: A case study. *TechTrends, 60*, 30-40.
- Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W. & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 1*, 100001.
- 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.
- Islam, A. N. (2011). Understanding the continued usage intention of educators toward an e-learning system. *International Journal of E-Adoption (IJEAE), 3*(2), 54-69.
- Jonassen, D. H. (1995). Supporting communities of learners with technology: A vision for integrating technology with learning in schools. *Educational Technology, 35*(4), 60-63.
- Joo, B. K., Yang, B. & McLean, G. N. (2014). Employee creativity: The effects of perceived learning culture, leader-member exchange quality, job autonomy, and proactivity. *Human Resource Development International, 17*(3), 297-317.
- 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.
- Kim, K. & Kwon, K. (2023). Exploring the AI competencies of elementary school teachers in South Korea. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 4*, 100137.
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling (2nd ed.)*. The Guilford Press.
- Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling(3rd ed.)*. Guilford Press.
- Langran, E., Searson, M., Knezek, G. & Christensen, R. (2020, April). AI in teacher education, In D. Schmidt-Crawford (Ed.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 751-756). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Legris, P., Ingham, J., & Collette, P. (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information & Management, 40*(3), 191-204.
- Liu, S. H. (2011, June). Modeling pre-service teachers' knowledge of, attitudes toward, and intentions for technology integration. In *EdMedia+ Innovate Learning* (pp. 3350-3355). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Liu, S. H., Liao, H. L. & Pratt, J. A. (2009). Impact of media richness and flow on e-learning technology acceptance. *Computers & Education, 52*(3), 599-607.
- Luan, H., Geczy, P., Lai, H., Gobert, J., Yang, S. J., Ogata, H., ... & Tsai, C. C. (2020). Challenges and future directions of big data and artificial intelligence in education. *Frontiers in Psychology, 11*, 580820.
- Maeng, J. L., Mulvey, B. K., Smetana, L. K. & Bell, R. L. (2013). Preservice teachers' TPACK: Using technology to support inquiry instruction. *Journal of Science Education and Technology, 22*, 838-857.
- Mailizar, M., Hidayat, M., & Al-Manthari, A. (2021). Examining the impact of mathematics teachers' TPACK on their acceptance of online professional development. *Journal of Digital*

- Learning in Teacher Education*, 37(3), 196-212.
- Mavrikis, M. & Holmes, W. (2019). Intelligent learning environments: Design, usage and analytics for future schools. In Yu, S., Niemi, H., Mason, J. (eds), *Shaping future schools with digital technology: An international handbook* (pp. 57-73). Springer.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017 - 1054.
- 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.
- Pittalis, M. (2020). Extending the technology acceptance model to evaluate teachers' intention to use dynamic geometry software in geometry teaching. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(9), 1385 - 1404.
- Prieto, J. C. S., Migueláñez, S. O. & García-Peñalvo, F. J. (2017). Utilizarán los futuros docentes las tecnologías móviles? Validación de una propuesta de modelo TAM extendido. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 52, Artículo 5.
- 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.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J. & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The Development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123 - 149.
- Seufert, S., Guggemos, J. & Tarantini, E. (2020). Online professional learning communities for developing teachers' digital competences. *Technology Supported Innovations in School Education*, 159-173.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Teo, T. (2009). Modelling technology acceptance in education: A study of pre-service teachers. *Computers & Education*, 52(2), 302-312.
- Teo, T. & Zhou, M. (2014). Explaining the intention to use technology among university students: A structural equation modeling approach. *Journal of Computing in Higher Education*, 26(2), 124-142.
- Teo, T., Zhou, M. & Noyes, J. (2016). Teachers and technology: Development of an extended theory of planned behavior. *Educational Technology Research and Development*, 64, 1033-1052.
- 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.
- 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*, 36, 157-178.
- Wang, X. W., Cao, Y. M. & Park, C. (2019). The relationships among community experience, community commitment, brand attitude, and purchase intention in social media. *International Journal of Information Management*, 49, 475-488.
- Wang, Y., Liu, C. & Tu, Y. F. (2021). Factors affecting the adoption of AI-based applications in higher education. *Educational Technology & Society*, 24(3), 116-129.
- Xu, L. (2020, December). The Dilemma and

- countermeasures of AI in educational application. In *Proceedings of the 2020 4th international conference on computer science and artificial intelligence* (pp. 289-294). Computer Science and Artificial Intelligence (CSAI).
- Yang, J., Wang, Q., Wang, J., Huang, M., & Ma, Y. (2021). A study of K-12 teachers' TPACK on the technology acceptance of E-schoolbag. *Interactive Learning Environments, 29*(7), 1062-1075.
- 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.

Understanding Elementary School Teachers' Intention to Use Artificial Intelligence in Mathematics Lesson Using TPACK and Technology Acceptance Model

Son, Taekwon

Bongmyeong Elementary School
E-mail : sontaekwon7@gmail.com

Goo, Jongseo

Dongduk Elementary School
E-mail : kjsmanjae@gmail.com

Ahn, Doyeon[†]

Cheonancheongdang Elementary School
E-mail : ahndy91@gmail.com

This study aimed to investigate the factors influencing the intentions of elementary school teachers to use artificial intelligence (AI) in mathematics lessons and to identify the essential prerequisites for the effective implementation of AI in mathematics education. To achieve this purpose, we examined the structural relationship between elementary school teachers' TPACK(Technological Pedagogical Content Knowledge) and the TAM(Technology Acceptance Model) using structural equation model.

The findings of the study indicated that elementary school teachers' TPACK regarding the use of AI in mathematics instruction had a direct and significant impact on their perceived ease of use and perceived usefulness of AI. In other words, when teachers possessed a higher level of TPACK competency in utilizing AI in mathematics classes, they found it easier to incorporate AI technology and recognized it as a valuable tool to enhance students' mathematics learning experience. In addition, perceived ease of use and perceived usefulness directly influenced the attitudes of elementary school teachers towards the integration of AI in mathematics education. When teachers perceived AI as easy to use in their mathematics lessons, they were more likely to recognize its usefulness and develop a positive attitude towards its application in the classroom. Perceived ease of use, perceived usefulness, and attitude towards AI integration in mathematics classes had a direct impact on the intentions of elementary school teachers to use AI in their mathematics instruction. As teachers perceived AI as easy to use, valuable, and developed a positive attitude towards its incorporation, their intention to utilize AI in mathematics education increased.

In conclusion, this study shed light on the factors influencing elementary school teachers' intentions to use AI in mathematics classes. It revealed that teachers' TPACK plays a crucial role in facilitating the integration of AI in mathematics education. Additionally, the study emphasized the significance of enhancing teachers' awareness of the advantages and convenience of using AI in mathematics instruction to foster positive attitudes and intentions towards its implementation. By understanding these factors, educational stakeholders can develop strategies to effectively promote the utilization of AI in mathematics education, ultimately enhancing students' learning outcomes.

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97U70

* Key Words : Mathematics Teacher, TPACK, TAM, AI

† Corresponding Author

<부록 1> 설문 문항

| 변인 | No. | 문항 | |
|------------|-----|--|--|
| 인적 사항 | 1 | 성별 | 1) 남성 2) 여성 |
| | 2 | 교직 경력 | 1) 5년 미만 2) 5년 이상~10년 미만 3) 10년 이상~20년 미만 4) 20년 이상 |
| | 3 | 최종 학력 | 1) 학사 2) 석사 3) 박사 |
| TPACK | 4 | 나는 수학적 지식, AI 기술, 교수법을 적절하게 통합하여 수학 수업을 할 수 있다. | |
| | 5 | 나는 수학 교육에서 교수 내용, 교수법, 학생 학습을 향상시키는 AI 기술을 선택할 수 있다. | |
| | 6 | 나는 그동안 내가 배운 교육과정을 기반으로 교수 내용, AI 기술 및 교수 방법을 통합한 전략을 사용할 수 있다. | |
| | 7 | 나는 학교에서 교수 내용, AI 기술, 및 교수법을 통합하여 수업하고자하는 동료교사에게 조언과 도움을 줄 수 있다. | |
| 인지된 사용 용이성 | 8 | 나는 수학 수업에 효과적인 AI 기술을 선택할 수 있다. | |
| | 9 | 나는 수학 수업에 AI 기술을 사용하는 것이 쉽다고 생각한다. | |
| | 10 | 나는 수학 수업에서 AI와 상호작용하는 것이 명확하고 이해하기 쉽다고 생각한다. | |
| 인지된 유용성 | 11 | 나는 AI 기술을 사용하면 수학 수업이 더 쉬워진다고 생각한다. | |
| | 12 | 나는 AI 기술이 수학 수업에 유용하다고 생각한다. | |
| | 13 | 나는 AI 기술이 수학 수업의 학습 효과를 높여준다고 생각한다. | |
| 태도 | 14 | 나는 AI 기술을 사용하여 더 효율적으로 수학을 가르칠 수 있다고 생각한다. | |
| | 15 | 나는 AI 기술을 수학 수업에 적용하도록 장려하는 것이 바람직하다고 생각한다. | |
| | 16 | 나는 AI 기술을 수학 수업에 적용하는 것을 좋아한다. | |
| 행동의도 | 17 | 나는 AI 기술을 수학 수업에 적용하는 것을 긍정적으로 생각한다. | |
| | 18 | 나는 수학 수업에 AI 기술을 사용할 계획이다. | |
| | 19 | 나는 수학 수업에 AI 기술을 자주 사용할 것이다. | |
| | 20 | 나는 AI 기술을 수학 수업에서 사용해야 한다고 생각한다. | |
| | 21 | 나는 다른 교사들에게 수학 수업에서 AI 기술을 사용하도록 권할 것이다. | |