



Research Article

Analysis of functions and applications of intelligent tutoring system for personalized adaptive learning in mathematics

Sung, Jihyun*

Teacher, Seoul National University Elementary School

*Corresponding Author: Jihyun Sung (jihyunjhjh@naver.com)

ABSTRACT

Mathematics is a discipline with a strong systemic structure, and learning deficits in previous stages have a great influence on the next stages of learning. Therefore, it is necessary to frequently check whether students have learned well and to provide immediate feedback, and for this purpose, intelligent tutoring system(ITS) can be used in math education. For this reason, it is necessary to reveal how the intelligent tutoring system is effective in personalized adaptive learning. The purpose of this study is to investigate the functions and applications of intelligent tutoring system for personalized adaptive learning in mathematics. To achieve this goal, literature reviews and surveys with students were applied to derive implications. Based on the literature reviews, the functions of intelligent tutoring system for personalized adaptive learning were derived. They can be broadly divided into diagnosis and evaluation, analysis and prediction, and feedback and content delivery. The learning and lesson plans were designed by them and it was applied to fifth graders in elementary school for about three months. As a result of this study, intelligent tutoring system was mostly supporting personalized adaptive learning in mathematics in several ways. Also, the researcher suggested that more sophisticated materials and technologies should be developed for effective personalized adaptive learning in mathematics by using intelligent tutoring system.

Key words: intelligent tutoring system(ITS), personalized adaptive learning, personalized learning, adaptive learning, artificial intelligence.

개인 맞춤형 수학 학습을 위한 인공지능 교육시스템의 기능과 적용 사례 분석

성지현*

서울대학교사범대학부설초등학교 교사

*교신저자: 성지현 (jihyunjhjh@naver.com)

초록

수학은 계통성이 강한 학문으로 이전 단계에서의 학습 결손이 다음 학습에 큰 영향을 주기 때문에 학생들의 학습이 잘 이루어졌는지 수시로 확인하고, 즉각적으로 피드백을 제공해 주는 것이 필요하며, 이를 위해 수학교육에서 인공지능 교육시스템(ITS)을 활용할 수 있다. 이에 본 연구에서는 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위해 적용될 수 있는 인공지능 교육시스템의 기능이 무엇인지 살펴보고, 이를 실제로 적용해 본 결과를 분석하여 인공지능 교육시스템을 활용한 개인 맞춤형 수학 학습의 효과성을 구체적으로 살펴보는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 개인 맞춤형 학습과 수학교육에서 인공지능이 활용된 선행연구 내용을 분석하여 개인 맞춤형 수학 학습을 위한 인공지능 교육시스템의 기능을 추출하고, 이것을 반영한 학습 및 수업을 설계하여 초등학교 5학년 학생들에게 약 3개월 간 적용해 본 결과를 분석하였다. 그 결과, 개인 맞춤형 수학 학습을

Received July 10, 2023

Revised July 29, 2023

Accepted August 17, 2023

2000 Mathematics Subject Classification : 97U50

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.

위해 활용될 수 있는 인공지능 교육시스템의 기능은 크게 진단 및 평가, 분석 및 예측, 피드백 및 콘텐츠 제공으로 나눌 수 있었다. 또한 이러한 기능을 반영한 학습 설계를 초등학생들에게 적용한 결과, 개인 맞춤형 수학 학습에 인공지능 교육시스템이 어떻게 효과적으로 활용될 수 있는지에 대한 시사점을 얻었다. 그리고 앞으로 인공지능 교육시스템을 활용한 개인 맞춤형 수학 학습이 더욱 효과적으로 이루어질 수 있기 위해 더 정교한 기술과 자료 개발이 필요하다는 점을 제언하였다.

주요어: 인공지능 교육시스템, 개인 맞춤형 학습, 개인화 학습, 맞춤형 학습(적응적 학습), 인공지능

서론

Ministry of Education (2022)의 2022 개정 교육과정 총론에서는 교육과정의 변화 배경 중 하나로 “학생 개개인의 특성에 맞는 학습을 지원해 주는 맞춤형 교육에 대한 요구 증가”(p.4)를 꼽고 있으며, 이를 위한 교육과정 구성의 중점으로 “학습자 맞춤형 교육과정 체제”(p.5)를 구축하는 것을 강조하고 있다. 또한 학교 교육과정 설계와 운영 시에 “정보통신기술 매체를 활용하여 교수-학습 방법을 다양화하고, 학생 맞춤형 학습을 위해 지능정보기술을 활용할 수 있다”(p.11)고 하였다. 그리고 “학교는 학생 개개인의 학습 상황을 확인하여 학습 결손 예방을 위해 노력해야 하며, 학습 결손이 발생한 경우, 보충 학습 기회를 제공해야 함”(p.11)을 언급하고 있다. 이러한 개정 교육과정의 방향으로 미루어볼 때, 학생의 수준에 맞는 개인 맞춤형 학습에 대한 필요성이 계속해서 부각되고 있고, 학습자 개인에게 발생할 수 있는 학습 결손 예방과 즉각적인 학습 결손에 대한 보충 역시 필요함을 알 수 있다. 이를 위한 대안 중 하나로 인공지능이 교육 현장에서 효과적으로 활용될 수 있음을 예상할 수 있다.

인공지능을 활용한 교육에 대한 연구는 교육 전반의 다양한 분야에서 지속적으로 이루어지고 있다(Ee & Huh, 2020; Kim et al., 2018; Kim et al., 2020; Lee, 2023). Kim 외 (2018)는 교육 분야에서 인공지능이 멘토링, 개별화 수업, 학습상황의 다양화 등을 위해 활용되고 있으며, 평가, 상담 등의 분야에서도 인공지능이 다양한 역할을 수행하고 있다고 하였다. 이들은 인공지능이 교육 분야에서 활용될 경우, 기존의 인간 교사와의 상호보완적인 관계에 대해 각각이 담당할 수 있는 과업을 구체적으로 설정하고자 함으로써 인공지능과 인간 교사가 공존하는 교육현장에서의 바람직한 모습을 논의하였다. 그중에서도 인공지능 교사가 할 수 있는 과업으로 “기계적 학습, 개별화 학습, 정형화된 논의, 학습의 다양화, 정형화된 평가”를 제시하였다(p.201). 또한 “인공지능 교사가 개별화된 학습과 다양한 학습상황을 제공해주는 역할을 수행한다”(p.202)고 하였다. 이러한 주장에서 살펴볼 수 있듯이, 인공지능 교사가 담당할 수 있는 개별화 학습 및 학습의 다양화 과업은 학생들의 수준에 맞는 개별 맞춤식 수업을 인공지능 교사가 효과적으로 수행할 수 있고, 이는 학교 현장에서 인간 교사와 상호보완적으로 수행할 수 있는 역할임을 시사한다.

한편, 계통성이 강한 학문인 수학은 한 단계에서의 학습 결손이 발생하면 이후의 학습에 큰 어려움을 겪는 특징을 갖는다. 따라서 수학 학습에 있어 학습 결손이 발생하지 않도록 주의하는 것은 매우 중요하며, 학습 결손이 발생했다고 해도 가능한 한 빠른 보충과 피드백으로 결손을 최소화해야 할 것이다. 학교에서 교사가 학생들을 세심하게 관찰하고 학습 결손이 파악되는 경우, 되도록 빠르게 보충하고 피드백을 해 주면 가장 좋겠지만, 다인수의 학생이 한 명의 교사와 함께 하는 교실에서 이렇게 빠른 파악과 보충, 피드백을 하는 것은 매우 어려운 일이다. 이러한 한계를 보완하기 위해 학교 현장에서 인공지능을 활용하는 것은 학생 개인의 수준을 정확하게 파악하고, 그에 맞는 보충과 피드백을 해 줄 수 있는 좋은 방안이 될 수 있다. Ee와 Huh (2020) 역시 수학교육 분야에서 인공지능이 개별화 교육과 맞춤형 교육에 효과적으로 활용될 수 있을 것이라 전망하였다.

이와 같이 수학교육 분야에서 인공지능이 개인 맞춤형 학습에 효과적으로 활용될 수 있으리라는 주장이 제기되어 왔지만, 구체적으로 어떻게 개인 맞춤형 수학 학습에 인공지능이 활용될 수 있을지, 특히 학교 현장에서 교사가 인공지능과 함께 개별 맞춤형 수학 교육을 어떻게 실행할 수 있을지에 대한 구체적인 방안 제시가 필요하다. Ee와 Huh (2020)는 2015 개정 수학과 교육과정에 기반하여 학생들이 스스로 효과적인 학습을 할 수 있도록 인공지능을 활용한 맞춤형 수학 학습 어플리케이션을 개발하는 과정과 그 결과에 대해 살펴보았고, 그 결과, 단원이나 문제 유형, 난이도에 따라 문제 데이터베이스를 확보하여 학습자에게 개별적인 정보를 제공하는 어플리케이션을 개발할 수 있었다. 그리고 제언에서는 수학교육에서 인공지능에 관한 연구가 도입 단계이며 아직까지 수학교육

에서 인공지능 활용과 관련된 연구가 극히 한정적으로 이루어지고 있다고 언급하여 수학교육 분야에서 인공지능을 활용하는 구체적인 연구가 지속적으로 이루어져야 함을 시사하였다. 또한 Park (2020b)은 인공지능을 활용한 수학교육의 효과적인 지원을 위하여 인간 교사가 했던 역할을 위한 인공지능 기술의 고도화와 이를 교수 활동 및 평가 활동 등에 어떻게 적용할지에 대한 연구가 필요하다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 개인 맞춤형 수학 학습을 어떻게 실행할 수 있을지에 대해 인공지능 교육시스템의 기능을 중심으로 탐색해 보고, 이러한 기능이 반영된 인공지능 교육시스템을 초등학생들에게 실제로 적용해 본 후, 학생들이 보이는 반응을 분석하여 인공지능 교육시스템을 활용한 개인 맞춤형 수학 학습의 효과성을 구체적으로 탐색해 보고자 하였다. 이를 위한 연구문제는 다음과 같다.

연구문제 1. 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위해 적용될 수 있는 인공지능 교육시스템의 기능은 무엇이며, 이를 적용한 학습 및 수업 설계는 어떻게 이루어질 수 있는가?

연구문제 2. 인공지능 교육시스템의 기능을 적용한 개인 맞춤형 수학 학습 후에 보이는 학생의 개인 맞춤형 학습에 대한 반응은 어떠한가?

이론적 배경

개인 맞춤형 학습

맞춤형 학습(adaptive learning)은 맞춤형 학습 또는 적응적 학습이라고도 불리며, Choi (2022)는 적응적 학습을 “개별 학습자의 지식, 기능, 태도에 대한 정보를 실시간으로 수집 및 분석하고, 이에 따라 학습의 목표, 내용, 방법, 피드백 및 전략을 조정하여 제시하는 교수 학습”이라고 정의하였다(p.12). 맞춤형 학습은 학생의 참여와 학습 수행을 촉진시키기 위해 역동적으로 적용되는 교수 내용, 개별 학습 과정이 모니터링 되는, 기술적으로 풍부한 학습 시나리오를 포함한다(Cevikbas & Kaiser, 2022).

개인화 학습(personalized learning)은 학습자의 성장에 목적을 두고, 개별 필요에 맞는 학생 중심적인 접근을 하는 것을 의미한다. 개인화 학습은 학생들이 자신의 학습을 스스로 통제할 수 있게 해 주고, 각 학생에 맞는 수업을 적용 및 다양화하며, 학습자의 메타 인지적 기술, 동기, 참여, 학습 수행을 향상시킬 수 있다(Cevikbas & Kaiser, 2022). Choi (2022)의 경우에는 Bray와 McClaskey (2014), Office of Educational Technology U.S. Department of Education (2010) 등의 연구를 종합하여 수준별 학습, 개별화 학습, 개인화 학습의 의미를 대조함으로써 개인화 학습의 의미를 보다 분명히 하였다. 수준별 학습(differentiated learning)은 “동일한 학습 목표가 제시된 상황에서 개별 학습자 또는 학습자 집단의 선호나 수준에 따라 지도 방법 및 교수 학습 접근을 달리하는 방식으로 이루어지는 학습”, 개별화 학습(individualized)은 “동일한 학습 목표가 제시된 상황에서 개별 학습자의 요구에 맞추어 주제를 건너뛰거나 반복하는 등 각기 다른 속도로 이루어지는 학습”을 의미하며, 개인화 학습(personalized learning)은 “개별 학습자의 요구 및 선호에 따라 학습 목표, 내용, 방법 및 속도를 달리하는 방식으로 이루어지는 학습”이라고 구분하였다(Choi, 2022, p.22). 즉, 개인화 학습은 기존의 수준별 학습이나 개별화 학습보다 더 적극적인 의미에서 학습자가 자신의 수준에 맞게 스스로의 학습을 설계하고 수행해 나갈 수 있는 방식이라고 볼 수 있다.

맞춤형 학습(adaptive learning)과 개인화 학습(personalized learning)은 무엇에 초점을 두느냐에 따라 의미가 조금씩 다르긴 하지만, 두 가지 모두 학습자의 요구와 결정을 존중한다는 점에서 동질적인 의미를 내포한다고 볼 수도 있다(Lee, 2023). 최근에는 다양한 기술의 발달로 개인화 학습과 맞춤형 학습의 경계가 모호해 지면서 개인 맞춤형 학습(personalized adaptive learning)이라는 용어로 함께 사용되고 있다(Cevikbas & Kaiser, 2022). Peng, Ma와 Spector (2019)는 개인 맞춤형 학습을 “개별 특성, 수행, 발전에 있어서 학습자 개인의 변화를 실시간으로 모니터링하고, 그에 맞추어 교수 전략을 조정하는 기술 기반의 교수 학습”이라고 정의하기도 하였다(Choi, 2022, p.12).

이에 본 연구에서는 학습자 개인의 인지, 정의적 측면의 수준을 실시간으로 확인하고, 확인한 내용을 분석하여 이를 바탕으로 학습자의 수준을 예측하고 피드백하는 기술을 기반으로 하여 학습자가 자신의 수준에 맞게 스스로 학습을 설계 및 수행해 나가도록 돕는 교수-학습을 개인 맞춤형 학습(personalized adaptive learning)이라고 본다. 그리고 선행연구 분석 결과를 바탕으로 개인 맞춤형 수학 학습의 실행을 위해 인공지능 교육시스템의 어떤 기능이 활용될 수 있고, 어떤 효과성이 있을 수 있는지 구체적으로 살펴보고자 하였다.

인공지능 활용 수학교육

수학교육에서 인공지능의 활용에 대한 연구들은 문헌 고찰을 통해 인공지능의 활용 가능성에 대해 탐색하거나 해외 사례를 살펴본 연구, 인공지능 기반 교육 콘텐츠나 플랫폼, 인공지능 교육시스템 등을 적용하기 위한 방안에 대해 모색한 연구 및 실제 적용한 사례를 분석한 연구 등이 있었다(Chang & Nam, 2021; Lee, 2023; Lim et al., 2021; Lim & Park, 2021; Park, 2020b).

Park (2020b)은 수학교육에서 인공지능 활용 가능성에 대해 탐색하면서, 수학교육 지원을 위한 국내외의 인공지능 활용 사례를 분석하고, 수학교육을 위한 인공지능 기능 활용의 특징으로 개인별 맞춤형 수학 학습 데이터 제공, 인간 교사의 수학 교수 활동 지원, 교육 및 학사 행정 자동화 및 지능화 기능 제공 등을 들었다. 그리고 수학교육을 지원하기 위한 인공지능 플랫폼 대부분은 학습자의 개인별 맞춤형 수학 학습을 지원한다는 것과 인공지능을 활용한 수학교육의 효과적인 지원을 위하여 인간 교사의 역할을 위한 인공지능 기술의 고도화와 이를 교수 활동 및 평가 활동 등에 어떻게 적용할지에 대한 연구가 필요하다는 등의 결과를 얻었다. 이와 같은 연구 결과로 볼 때, 인공지능을 활용한 수학교육은 개인 맞춤형 학습 데이터 제공 등을 통해 개인 맞춤형 수학 학습을 도울 수 있음을 짐작해 볼 수 있다.

Shin (2020)은 초·중등교육에서 인공지능 활용에 대해 진행된 국외 연구를 분석하였는데, 인공지능은 분수와 같은 수와 연산, 그리고 문자와 식 영역에 대한 학습을 위해 가장 많이 활용되었고, 인공지능을 활용한 수학교육은 주로 단계별 교수와 맞춤형 피드백을 제공하는 지능형 교수 시스템의 형태로 설계되었다고 한다. 지능형 교수 시스템(Intelligent Tutoring System, ITS)은 인공지능 교육 시스템, 지능형 튜터링 시스템, 지능형 교수 시스템, 인공지능 기반 교육시스템 등으로 번역되기도 한다. 이러한 인공지능 교육시스템은 지식이 일정한 구조를 갖추고 있는 영역에서 각 학생이 맞춤형 단계별 학습을 할 수 있도록 활용되고 있으며, 개별 학생의 오개념을 잡아주거나, 최적의 학습 경로를 제공해 주거나, 학습이 진행되는 동안 난이도 조절 또는 힌트를 주어 학생들이 학업 성취에 도달하도록 도와준다(Lee, 2023). 따라서 인공지능 교육시스템은 앞에서 언급한 개인 맞춤형 수학 학습을 실현하는데 있어 매우 적절한 도구로 활용될 수 있다.

초등학교 수학교육에서 인공지능의 활용에 대한 연구는 앞에서 언급한 인공지능 교육시스템을 적용해 본 결과를 중심으로 진행된 경우가 대부분이다(Chang & Nam, 2021; Choi, 2022; Lee, 2023; Lim et al., 2021). Chang과 Nam (2021)은 초등학교 저학년 학생들을 대상으로 한 인공지능 수학 학습 시스템인 ‘똑똑! 수학탐험대’를 탐색하여 어떤 활동과 요소를 중심으로 ‘똑똑! 수학탐험대’가 구성되었는지 파악하고, 이를 실제로 적용했을 때의 장단점을 분석하여 학교 현장에서 적용할 때의 제언을 제시하였다. Lim 외 (2021) 역시 ‘똑똑! 수학탐험대’를 초등학교 현장에 적용하여 학생들의 수학 학습을 지원하기 위한 구체적인 교수-학습 방안을 모색하였다. 이들은 인공지능 지원시스템 활용 교수-학습 모델을 기능 안내형, 수개념 이해형, 계산원리 탐구형, 개념원리 연습형으로 제시하고, 학교 현장에 적용할 수 있는 시나리오 개발 및 실제 적용 사례를 분석하여 시사점을 도출하였다.

Choi (2022)는 인공지능 교육시스템에 기반한 초등학교 수학 수업 설계모형을 개발하고 이를 활용한 결과를 분석하였는데, 이 연구에서 역시 인공지능 교육시스템으로 ‘똑똑! 수학탐험대’를 활용하였다. Choi (2022)는 측정 영역의 내용인 초등학교 2학년 2학기 ‘시각과 시간’ 단원 학습에 인공지능 교육시스템을 적용하여 학생 및 학습자의 반응, 인지적, 정의적 측면의 효과에 대해 분석하였다. 그 결과, 적응적 학습(adaptive learning)을 지원하는 인공지능 교육시스템이 인지적 측면인 수학 학업 성취도 증진에 유의미한 영향이 있었다는 결론을 얻었다. Lee (2023)는 교육현장에서 인공지능 교육시스템을 활용하고자 할 때, 데이터 기반 맞춤형 수업 설계를 실천할 수 있는 설계원리를 상세하게 개발하고 초등학교 고학년 학생들을 대상으로 적용하여 설계원리를 정교화하였다. 그리고 정의적 측면에서 학습 효과를 검증한 결과, 수학 흥미와 학습의지 요인이 유의하게 상승하였다.

이상에서 살펴보았듯이, Chang과 Nam (2021), Choi (2022), Lee (2023), Lim 외 (2021) 등이 수행한 연구의 공통점은 인공지능 교육 시스템을 초등수학교육에 활용하였다는 점, 그리고 학교 현장에 이를 실제로 적용하기 위한 시도를 하고, 보완해 나가면서 인공지능 교육시스템을 효과적으로 활용하기 위한 방안을 모색했다는 점이다. 이와 같이 초등학교에서 인공지능 교육시스템을 활용한 수학교육에 대한 시도가 지속되고 있고, 개인 맞춤형 수학 학습을 지원하기 위해 인공지능 교육시스템이 활용될 수 있다. 이러한 시도 가운데 학생들의 인지적 측면, 정의적 측면에서 인공지능 교육시스템이 긍정적 효과를 보임을 몇몇 연구에서 입증하였음을 살펴볼 수 있었다.

하지만, Chang과 Nam (2021), Choi (2022), Lim 외 (2021)의 연구에서 적용된 인공지능 교육시스템은 모두 초등학교 저학년 학생들을 대상으로 하는 ‘똑똑! 수학탐험대’ 프로그램이었고, 적용 대상이 초등학교 저학년 학생들이라는 점에서 좀 더 일반화된 연구 결과를 얻기 위해서는 초등학교 중·고학년 학생들로 연구 대상을 확대 적용하여 후속 연구를 진행할 필요가 있다. 또한 국내외에서 활용 중인 다른 인공지능 교육시스템을 적용하여 더욱 다양한 인공지능 교육시스템의 효과성을 파악할 필요가 있다. 또한 Shin (2020)은 국외의 문헌 고찰을 통해 인공지능이 분수 등과 같은 수와 연산, 문자와 식 영역에 대한 학습을 위해 가장 많이 활용된다고 하였다. Lee (2023)의 연구에서는 인공지능 교육시스템을 적용하면서 초등학교 고학년을 대상으로 연구를 진행하였으나, 수와 연산 영역에 대한 학습을 위해 인공지능 교육시스템을 적용한 결과를 분석하였고, 정의적 측면을 중심으로 분석하였다. 인공지능 교육시스템을 수학교육에 보다 적극적으로 활용하기 위해서는 도형이나 규칙과 대응, 자료와 가능성 등과 같은 영역에의 적용도 필요하고, 이들을 대상으로 한 인지적 측면과 정의적 측면에서의 폭넓은 적용 결과를 분석할 필요가 있다.

또한 앞서 언급한 연구들에서는 학교 수업에서 교사가 인공지능 교육시스템을 어떻게 효과적으로 활용할 수 있는지에 대해 초점을 두어 연구를 진행하였다. Lim 외 (2021)의 경우에는 AI 지원시스템을 활용하여 교수·학습을 할 수 있는 모델로 교사가 인공지능을 활용하여 수업을 설계할 때 활용할 수 있는 모델과 시나리오를 제시하였고, Choi (2022), Lee (2023) 등도 초등학교 수학 수업에서 인공지능 교육시스템을 활용할 경우에 적용될 수 있는 수업 모형이나 설계원리를 제시하였다는 점에서 교사가 학교 현장에서 어떻게 인공지능을 활용할지에 초점을 두어 연구를 진행하였다고 볼 수 있다. 인공지능 교육시스템의 보다 폭넓은 활용을 위해서는 학습자가 학교와 가정에서 인공지능 교사와 인간 교사의 상호보완적인 지도로 학습해 나가는 개인 맞춤형 수학 학습에 대한 연구도 함께 이루어지는 것이 필요하다.

이에 본 연구에서는 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위해 인공지능 교육시스템이 어떻게 효과적으로 활용될 수 있는지를 살펴보고자, 개인 맞춤형 수학 학습에 활용될 수 있는 인공지능 교육시스템의 기능에 대해 선행연구를 중심으로 탐색해 보고, 이를 적용한 학습 및 수업 계획을 설계하여 학생들에게 실제로 적용한 결과를 분석하였다. 특히 초등학교 고학년 학생들에게 수와 연산 영역과 다른 영역을 포함한 수학 내용에 대한 학습 상황에서 인공지능 교육시스템을 적용해 보고 학생들의 반응을 통해 효과성을 파악해 봄으로써 개인 맞춤형 수학 학습을 위해 인공지능 교육시스템이 어떻게 활용될 수 있는지를 구체적으로 살펴보고자 하였다.

연구 방법

본 연구에서는 개인 맞춤형 수학 학습을 위해 활용될 수 있는 인공지능 교육시스템의 기능에 대해 선행연구 중심으로 탐색해 보고, 이를 적용한 학습 계획 및 교수·학습 과정안을 설계하여 학생들에게 실제로 적용한 결과를 분석하고자 하였다. 따라서 연구문제 1의 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위해 적용될 수 있는 인공지능 교육시스템의 기능이 무엇이며, 이를 적용한 학습 및 수업 설계를 살펴보기 위해서는 문헌연구를 진행하였다. 이를 위해 본 연구의 주제와 관련된 중심단어를 찾고, 이에 의해 2차 자료 및 1차 자료를 검토하고 본 연구 주제와 직접적 관련이 있는 내용을 중심으로 선행연구 내용을 분석하였다. 분석된 내용을 바탕으로 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위해 적용될 수 있는 인공지능 교육시스템의 기능을 정리하고, 이러한 기능을 적용한 학습 및 수업을 설계하였다.

연구문제 2의 인공지능 교육시스템의 기능을 적용한 개인 맞춤형 수학 학습 후에 보이는 학생의 개인 맞춤형 학습에 대한 반응을 살펴보기 위해서는 실험연구를 수행하였다. 실험연구는 처치를 가하고, 그 처치의 효과를 밝히는 연구로서(Seong & Si, 2006), 본 연구에서의 처치는 인공지능 교육시스템 활용이라고 볼 수 있고, 인공지능 교육시스템 활용이 개인 맞춤형 수학 학습에 어떻게 효과적으로 작용하였는지를 학생들의 반응을 통해 살펴보고자 하였다. 학생들의 반응을 살펴보기 위해서 연구문제 1에서 도출된 인공지능 교육시스템의 기능을 반영하여 학교와 가정에서 학습할 수 있는 학습 계획 및 교수-학습 과정안을 개발하여 적용하였고, 적용 후에 학생들을 대상으로 설문조사를 실시하여 반응을 파악하였다. 본 연구에서는 설문조사를 통해 학생들의 심층적인 반응을 살펴보고자 하여 설문조사 문항을 리커트 척도와 개방형으로 작성하여 양적 분석과 질적 분석을 함께 진행하였다.

연구 대상

연구 대상은 서울시 소재 초등학교 5학년 한 학급의 학생 24명으로, 가정의 사회 경제적 지위는 대부분 중위 수준 이상이다. 학생들의 수학 학업 성취 수준은 학기 초에 실시하는 교육청 주관 진단평가에서 기초학력 미달 수준이 2명이었고, 그 외 22명은 모두 기초학력 도달 수준에 속하는 학생들이었다. 본 연구에서 진행한 AI 진단평가 결과, 수학 학업성취도 수준이 상 수준인 학생이 8명, 중 수준인 학생이 14명, 하 수준인 학생이 2명이었다. 연구 대상 학생들은 코로나-19 상황에서 학교 수업을 온라인으로 2년 이상 참여하였고, 실시간 온라인 수업 참여 및 온라인 매체를 활용하여 자신의 의견을 선택 또는 글로 나타내거나 정보를 검색하고 수집하는 활동에 있어 어려움 없이 참여할 수 있는 학생들이었다. 본 연구에서 활용하고자 한 인공지능 교육시스템의 경우에도 1시간 정도 활용 방법에 대해 따로 지도하였고, 이후에는 학생들이 특별한 어려움 없이 연구 도구를 활용할 수 있었다.

연구 도구

본 연구에서는 개인 맞춤형 수학 학습을 위해 인공지능 교육시스템을 활용하고자 하여, 이에 적합한 연구 도구로 I사의 인공지능 교육시스템을 선정하였다. 현재 활용되고 있는 인공지능 교육시스템은 여러 가지가 있지만, I사의 인공지능 교육시스템은 우리나라 학교 교육과정에 근거한 국어, 수학, 사회, 과학, 영어, 통합교과 등의 학습 콘텐츠와 평가 문항을 제공하며, 학습자에게 진단, 추천, 관리 등을 통해 즉각적이고 맞춤형된 교육을 제공한다.

I사의 인공지능 교육시스템은 심층지식추적(Deep Knowledge Tracing) 기술 기반의 ‘AI 스캐닝 수학 진단평가’를 제시하고 있는데, 심층지식추적 기술은 “시간이 지남에 따라 학생들의 지식 상태를 어렵히는 기술”을 의미하고, 지식추적(Knowledge Tracing)은 “학생들이 다음 문항을 맞힐 것이냐 아니냐를 짐작하여 지식 획득 과정을 이해하는 것”을 의미한다(Lee et al., 2022, p.2330). ‘AI 스캐닝 수학 진단평가’에서는 수학 교과의 내용 영역별로 문항을 제시하여 학생들의 학습 출발점을 진단하고 그 결과를 분석하여 제시한다. 이 외에도 I사의 인공지능 교육시스템에서는 ‘AI 튜터’, ‘AI 추천학습’, ‘AI 생활기록부’ 등의 인공지능 기술을 적용한 콘텐츠를 활용할 수 있는데, ‘AI 튜터’는 대화형 시스템으로 학습모드와 콘텐츠모드로 나눌 수 있다. 학습모드는 “음성대화를 통해 동기 부여, 학습 칭찬 및 격려와 같은 피드백을 제공”하고, 콘텐츠모드는 “백과사전, 검색, 친구와 같은 대화 기능을 제공”한다. ‘AI 추천학습’은 “학생 수준에 맞는 수학 학습을 추천해 주고, 개인별 학습 행동 패턴 분석을 통해 자신과 같은 패턴 그룹이 선호하는 서비스와 수행률 상위 10% 학생들이 많이 학습한 서비스를 추천”한다. ‘AI 생활기록부’는 “수집된 학습 데이터를 바탕으로 학습 리포트를 제공해주거나 문항별 영역별 강점과 약점을 분석해 주는 기능”이다(Lee, 2023, pp.27-28).

본 연구에서 연구 문제 1을 통해 도출된 개인 맞춤형 수학 학습을 위한 인공지능 교육시스템의 기능인 진단 및 평가, 분석 및 예측, 피드백 및 콘텐츠 제공의 기능을 I사의 인공지능 교육시스템이 잘 갖추고 있다고 판단하여 본 연구의 도구로 선정하였다. I사의 인공지능 교육시스템은 AI를 기반으로 한 진단평가와 형성평가, 총괄평가에 해당되는 부분을 모두 갖추고 있으므로 진단 및 평가 기능을 갖추고 있다고 판단하였고, 이러한 평가 결과 및 학생들의 학습 과정을 모두 분석하여 이를 학생에게 생활기록부로 제시해 주고, 교사에게도 대시보드 기능을 통해 제시하여 준다. 또한 학습 과정 및 결과를 분석하여 추천 학습을 화면에 제시해 주는데, 이는 분석 및 예측 기능이 적용된 부분이라고 볼 수 있다. 또한 학습자가 문제를 풀면 정답 여부가 나오고, 틀린 학생에게는 해설이나 강의를 제공해 주어 학습에 대한 피드백이 가능하고, 다양한 동영상이나 학습 콘텐츠를 제공하고 있어 피드백 및 콘텐츠 제공 기능도

갖추고 있다고 판단하였다. Chang과 Nam (2021)의 연구에서는 ‘똑똑! 수학탐험대’의 단점으로 해당 시스템이 추천하는 문제들이 단순반복형에 그치므로 이를 보완하기 위해 교사들이 추가적인 문제를 제시해야 한다고 보았는데, 본 연구에서 활용한 I사의 인공지능 교육시스템의 경우에는 보충학습을 위한 추가적인 문제를 많이 제시하고 있고, 성취도가 높은 학생들도 풀 수 있는 심화된 형태의 문항도 다수 제시하고 있어 학생들이 수업 시간이나 그 외의 시간에 자기 주도적으로 다양한 문제를 접하여 해결해 볼 수 있는 기회를 제공한다.

I사의 인공지능 교육시스템은 민간 기업에서 개발한 서비스라는 점에서 일부 제한점을 갖기도 하지만, Park (2020b)의 연구에서도 언급하였듯이 현재 국내외에서 수학교육을 위한 인공지능의 활용은 주로 민간 기업에서 자체적으로 개발하여 서비스를 제공하고 있는 경우가 대부분이고, 앞으로 학습자의 맞춤형 교육 등을 포함한 종합적인 수학교육의 지원을 위해서는 공교육에서도 이를 활용할 수 있는 종합플랫폼의 구축이 필요하며 기존의 민간 기업과의 상호 협업할 수 있는 접점을 잡아갈 필요가 있다고 하였다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 I사의 인공지능 교육시스템을 학생들이 학교 수업과 가정학습 상황에서 자유롭게 활용할 수 있는 기회를 제공함으로써 기존 민간 기업과의 협업점을 찾고 학습자의 맞춤형 교육을 위한 수학교육 지원의 바람직한 방향을 제시하고자 하였다.

본 연구에서는 I사의 인공지능 교육시스템이 적용된 학습 단말기를 학생 1인당 1개씩 배부하여 학교에서는 일주일에 1~2번 정도, 그 외에는 가정에서 자율적으로 활용하도록 하였다. 학교에서 활용 시에는 수학 수업 시간에 해당 인공지능 교육시스템을 활용한 수업을 진행하였고, 그 외의 쉬는 시간에는 학생들이 자율적으로 활용할 수 있게 하였다.

자료 수집 및 분석 방법

본 연구에서는 2022년 9월부터 약 3개월 동안 학교와 가정에서 개인 맞춤형 수학 학습을 위해 인공지능 교육시스템을 활용하였다. 이 기간 동안 연구자는 학생들에게 직접 인공지능 교육시스템을 활용한 수업을 진행하였고, 학생들이 가정에서도 인공지능 교육시스템을 활용할 수 있도록 안내, 확인, 피드백을 하는 역할을 수행하였다. 이 기간 동안 학생들이 학습한 내용은 ‘분수의 곱셈, 합동과 대칭, 소수의 곱셈’ 단원이 포함되어 수와 연산 외에 도형과 측정 영역의 내용도 인공지능 교육시스템을 활용하여 학습할 수 있었다. 본 인공지능 교육시스템의 경우에는 교사가 확인할 수 있는 대시보드에 학생들의 학습 데이터인 출석률, 학습시간, 정답률 등을 주별, 월별로 제시하여, 교사가 이를 확인하고 수업 및 학생 피드백에 반영할 수 있다. 따라서 연구자는 인공지능 교육시스템을 활용한 개인 맞춤형 수학 학습을 위해 학생들의 학습 데이터를 확인하고, 이를 수업에 적용하거나 가정에서 학생들이 효과적으로 활용할 수 있도록 피드백을 제공하였다.

이러한 과정 후에 학생들의 반응을 분석하기 위해 본 연구에서는 설문지를 작성하여 5학년 24명의 학생을 대상으로 10점 척도의 평정척도 설문과 개방형 설문을 실시하였다. 평정척도는 연구목적과 연구대상의 특성에 따라 다양한 형태로 변형될 수 있는데, 이는 측정하고자 하는 특성과 연구대상의 수준, 자료수집과 분석 방법에 따라 달라질 수 있다(Seong & Si, 2006). 본 연구에서는 문항별, 응답자별 측정결과를 이용하여 자세한 분석을 하고자 하여 설문에서 선택할 수 있는 범주의 수를 많이 구성하고자 하였고, 중립적인 태도를 나타내는 응답자가 많을 것으로 예상하여 긍정적 혹은 부정적 의견 중 하나를 선택하도록 하기 위하여 짝수 척도를 사용하였다. 따라서 Likert 척도를 변형하여 10점 척도로 적용하였다.

설문 문항은 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위한 인공지능 교육시스템의 기능을 반영하여 Table 1과 같이 설계하였다. 문헌연구를 통해 도출된 인공지능 교육시스템의 3가지 기능의 개인 맞춤형 수학 학습에 효과적이었는지를 묻는 문항과 인공지능 교육시스템의 전반적인 소감을 묻는 문항으로 구성하였다. 각 문항은 리커트 10점 척도 중 하나를 선택하여 응답하도록 하였고, 각 문항에 대한 개방형 설문 칸을 함께 제시하였는데, 개방형 설문은 해당 응답에 대한 이유나 구체적 사례에 대해 묻는 것이었다. 리커트 척도 설문 결과의 경우에는 양적으로 분석하고자 하여 평균을 산출하였고, 평균이 높을수록 해당 질문에 대해 긍정적으로 응답한 것으로 볼 수 있다. 개방형 설문의 결과는 해당 응답의 이유나 구체적 사례에 대해 상세하게 살펴보고자 하여 질적으로 분석하였다.

Table 1. The composition of the questionnaire

No.	Function of ITS	Question	No	Yes
1	Diagnosis and evaluation	Through the AI diagnostic assessment, I was able to know my mathematical ability in detail, which was helpful for my study. → Why did you think so? Write down why.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	
2		When studying with the intelligent tutoring system, it was helpful to study because I could immediately check whether my answer was right or wrong. → Why did you think so? Write down why.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	
3		When I studied with the intelligent tutoring system, it was helpful that I could study only the wrong questions separately. → Why did you think so? Write down why.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	
4		When I first turned on the tablet, I thought that while talking to the AI, it understood my feelings(emotions) well. → Write down specific experiences related to the above.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	
5	Analysis and prediction	I felt that the problem recommended when learning using the intelligent tutoring system was the most suitable problem for me than my friends. → Why did you think so? Write down why.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	
6		It was helpful to study because I could know my mathematical ability and learning habits in detail through the intelligent tutoring system. → Why did you think so? Write down why.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	
7	Feedback and content delivery	When studying with the intelligent tutoring system, it helped me when I learned or supplemented what I did not learn at school. → Why did you think so? Write down why.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	
8		When I studied at home with the intelligent tutoring system, I chose what to study on my own. → Write down specific experiences related to the above.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	
9	Overall impression	Learning using the intelligent tutoring system at school was helpful in studying math. → Why did you think so? Write down why.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	
10		Learning using the intelligent tutoring system at home helped me study math on my own. → Why did you think so? Write down why.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	
11		It is fun to learn using the intelligent tutoring system. → Why did you think so? Write down why.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩	

연구의 제한점

본 연구에서는 연구 도구로 적용하고자 하는 인공지능 교육시스템에 대한 이해와 교육과정, 학습 내용 및 학습자에 대한 이해를 연구자가 가장 잘하고 있다고 생각하여 연구자가 직접 학생들을 대상으로 수업을 진행하고 학습을 설계하여 적용하였다. 그리고 연구자가 학생 응답 결과를 취합하여 자료를 분석하였기 때문에 자료 수집 및 분석 과정에서 연구자의 주관 및 학생에 대한 영향력이 개입될 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 연구의 신뢰도를 높이기 위해 연구자의 주관 및 학생에 대한 영향력을 배제할 수 없다는 점을 명시하였고, 학생들이 인공지능 교육시스템을 활용하여 최대한 자유롭게 학습하고 자신의 의견을 이야기할 수 있는 분위기를 조성하고자 노력하였다.

결과 분석 및 논의

개인 맞춤형 수학 학습을 위한 인공지능의 기능과 학습 및 수업 설계

본 연구에서는 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위한 인공지능의 다양한 기능 중에서 어떤 것이 필요한지 구체화하고, 이러한 기능을 효과적으로 활용하기 위한 학습 및 수업을 설계하여 학생들에게 적용한 결과를 분석하고자 하였다. 이에 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위해 필요한 인공지능 교육시스템의 기능을 문헌연구를 바탕으로 Table 2와 같이 구분하였다.

Table 2. Studies related to the functions of an intelligent tutoring system for personalized adaptive learning in mathematics

Functions of an intelligent tutoring system for personalized adaptive learning in mathematics	Ee & Huh (2020)	Wang, et al. (2020)	Lee (2023)
Diagnosis and evaluation	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnostic analysis 	<ul style="list-style-type: none"> • Formative assessments to determine the student's ability level 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnostic assessment by AI • Data collection
Analysis and prediction	<ul style="list-style-type: none"> • Descriptive analysis • Predictive analysis 	<ul style="list-style-type: none"> • Supports differentiated by ability level • Problems targeted to the student's ability level • Instant, intelligent feedback including elaborated explanations 	<ul style="list-style-type: none"> • Data analysis/visualization • Clustering learners
Feedback and content delivery	<ul style="list-style-type: none"> • Prescriptive analysis 		<ul style="list-style-type: none"> • Providing materials to motivate • Study support tool • Providing contents for personalized adaptive learning • Learning management feedback • AI learning recommendation

Ee와 Huh (2020)는 인공지능을 활용한 맞춤형 수학 학습을 위해 어플리케이션을 개발하여 적용한 결과를 분석하였는데, 해당 어플리케이션의 학습 시스템은 AI 분석 방법 중 설명적 분석, 진단적 분석, 예측 분석, 처방적 분석을 사용하였다. 여기서는 이 네 가지를 AI 분석 방법이라고 하였는데, 이는 인공지능을 통해 분석할 수 있는 방법이 인공지능의 기능 중 일부이므로 본 연구에서 추출하고자 하는 개인 맞춤형 수학 학습을 위한 인공지능 교육시스템의 기능과 연결하여 설명하였다. 진단적 분석은 설명적 데이터를 세분화하고 필터링해서 학생의 학업 성취도에 대한 분석과 학습 항목 단위별 성취 수준 등을 세부적으로 파악하는 것 등이라고 하였는데, 학생의 학업성취도를 진단하거나 평가한다는 측면에서 진단 및 평가와 유사하다고 보았다. 설명적 분석은 가장 기본적인 분석 기능으로 학생들의 문제 풀이의 정답 및 오답 비율 분석, 학생의 학업 수준을 파악하고 문제의 난이도에 대한 적절성을 판단하는 것을 의미하여 학습자의 인지, 정의적 측면의 학습 과정을 분석하는 분석 및 예측과 유사하다고 보았다. 예측 분석은 축적된 데이터와 진단적 분석 자료를 바탕으로 신규 학습자 및 새로운 문제에 대한 레벨을 예측하고 Back-Propagation된 결과를 적용하는 것이라고 하였는데, 데이터를 기반으로 학습자의 수준을 분석하여 앞으로의 학습 방향을 예측한다는 측면에서 분석 및 예측과 유사하다고 보았다. 처방적 분석은 학생의 학습 패턴 등을 인지하고 패턴에 따라 예측된 문제를 제공하여 적합한 학습 방법을 제안하거나 변형된 유형 및 난이도의 문제를 반복 제공하여 실질적인 학습 향상에 도움을 주는 것이라고 하였는데, 학생에게 수준에 맞는 문제를 제공하거나 학습 방법을 제공한다는 측면에서 피드백 및 콘텐츠 제공과 유사하다고 보았다.

Wang 외 (2020)는 Squirrel AI 학습 시스템이 학습을 향상시키는데 대해 전문가 교사가 전체 집단을 가르칠 때와 소집단을 가르칠 때의 상황에 대해 각각 비교하여 어떤 효과가 있는지를 분석하였다. 여기서 Squirrel AI는 중국의 온라인 교육 플랫폼이면서 맞춤형 학습(적응적 학습)을 지원하는 시스템이라고 소개하고 있다. Squirrel AI 학습의 디자인이 Table 2에 제시된 네 가지 요소를 포함하는 우수한 교수·학습의 원리에 근거한다고 하였다. 여기서 우수하다는 것은 Squirrel AI 학습의 디자인이 기존의 교사 중심의 수업보다 학생들의 학습 경험을 풍부하게 해 주는 학생 중심의, 개인화된, 상호작용적이고 데이터 분석에 기반한 교수를 제공한다는 것을 의미한다. Squirrel AI 역시 IALS(Intelligent Adaptive Learning System)을 활용하는 수학교육 플랫폼이라는 점에서 인공지능을 활

용한 맞춤형 수학 학습을 구현하기 위한 플랫폼이라고 볼 수 있다. Wang 외 (2020)가 제시한 교수·학습의 원리는 인공지능을 활용한 맞춤형 수학 학습 설계 시에 적용할 수 있는 원리라는 측면에서 개인 맞춤형 수학 학습을 위한 인공지능 교육시스템의 기능과 연결될 수 있다. 즉, 학생 능력 수준 파악을 위한 형식적 평가는 학생의 선수학습 수준이나 현 수준을 파악하는 평가라는 측면에서 진단 및 평가와 유사하다고 보았고, 능력 수준에 따른 개별화된 지원이나 능력 수준에 맞는 문제 제공은 학생의 능력 수준을 파악한다는 의미에서 분석 및 예측과 유사하다고 보았다. 그리고 능력 수준에 따른 개별화된 지원이나 능력 수준에 맞는 문제 제공, 정교화된 설명을 포함하는 즉각적이고 지능적 피드백은 학생들에게 개인 맞춤형으로 피드백을 해 주거나 문제를 제공해 준다는 측면에서 피드백 및 콘텐츠 제공과도 유사한 측면이 있다.

Lee (2023)는 인공지능을 활용한 데이터 기반 맞춤형 수학 수업의 설계 원리를 제시하고, 이러한 교수설계원리를 적용하기 위한 수업활동 절차를 제시하였는데, 수업활동 절차 중에서 AI교육시스템이 적용될 수 있는 부분을 AI학습진단 결과도출, 동기유발 자료제공, 학습지원도구, 데이터 수집, 맞춤형 학습자료 제공, 데이터 분석/시각화, 학습관리 피드백, AI학습 추천, 학습자군집 분류로 제시하였다. Lee (2023)가 제시한 내용 역시 개인 맞춤형 수학 학습을 위해 활용될 수 있는 인공지능 교육시스템의 기능과 연결될 수 있다고 보고, 이를 진단 및 평가, 분석 및 예측, 피드백 및 콘텐츠 제공의 측면으로 나누어 본 결과는 다음과 같다. AI학습진단 결과도출은 학습자의 출발점을 진단하는 것이고, 데이터 수집은 진단 또는 다른 평가를 통해 데이터를 수집하는 과정으로도 볼 수 있으므로 진단 및 평가와 연결될 수 있다고 보았다. 데이터 분석/시각화는 인공지능을 활용해 수집된 데이터를 분석하는 것이고, 이를 바탕으로 학습자의 수준 등에 따라 군집을 분류하여 학습을 위한 예측이 가능하므로 이를 분석 및 예측과 연결시켰다. 동기유발 자료 제공, 학습지원도구, 맞춤형 학습자료 제공 모두 학습을 위한 콘텐츠 제공이라는 측면에서 피드백 및 콘텐츠 제공과 연결될 수 있고, 학습관리 피드백과 AI학습추천, 맞춤형 학습자료는 학습자의 데이터를 기반으로 설명식 피드백을 제공하거나 학습 콘텐츠를 제공하여 피드백을 해 주는 것이므로 피드백 및 콘텐츠 제공과 연결될 수 있다.

위와 같이 선행연구를 분석한 결과를 바탕으로 본 연구에서 구분한 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위한 인공지능 교육시스템의 기능은 진단 및 평가, 분석 및 예측, 피드백 및 콘텐츠 제공이다. 이에 대한 설명은 Table 3 과 같다.

Table 3. The functions of an intelligent tutoring system for personalized adaptive learning in mathematics

Function	Details
Diagnosis and evaluation	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnostic assessment • Formative assessment • Assessment of learners' academic achievement
Analysis and prediction	<ul style="list-style-type: none"> • Analyzing learners' cognitive aspects and predicting the direction of learning • Analyzing learners' affective aspects and predicting the direction of learning
Feedback and content delivery	<ul style="list-style-type: none"> • Providing feedback on the learners' cognitive response(Whether it is correct, explaining the solution, providing the problems that students got wrong or needed to be supplement) • Providing feedback on the learners' affective response • Providing a variety of learning lectures, contents, and problems that students can choose

진단 및 평가는 학습자의 선수학습 정도를 파악하는 진단평가 기능, 형성평가, 총괄평가 등을 통해 학습자의 학업성취도를 파악하는 기능을 포함한다. 분석 및 예측은 인지적 측면에서 학습자가 학습하는 과정, 문항에 대한 정답 여부, 선택한 콘텐츠, 학습 시간 등을 분석하여 학습의 방향을 예측하는 기능을 포함한다. 또한 정의적 측면에서 학생의 학습 태도나 집중 여부, 정서적 측면 등을 파악하기 위한 시선 추적, 학생의 정서, 감정과 관련된 응답 내용 분석과 이를 통한 학습의 방향을 예측하는 기능을 포함한다.

피드백 및 콘텐츠 제공은 학생의 학습 과정과 결과를 분석하여 피드백을 제공하거나 학습자가 자유롭게 선택할 수 있는 다양한 콘텐츠를 제공하는 기능을 포함하는데, 학습자가 문항에 대해 응답한 내용을 바탕으로 정답 여부를 알려주거나, 풀이를 설명해 주거나, 틀린 문제를 따로 모아서 풀어볼 수 있게 하는 기능, 보충 학습을 위한 강의나 문항을 제공하는 것을 포함한다. 정의적 측면에 있어서도 인공지능 캐릭터 등을 활용해 학생이 응답한 내용에 대해 피드백을 제공하는 기능도 포함한다. 학생이 집중을 못했을 때, 집중할 수 있도록 흥미로운 콘텐츠를 제공한다면, 잠시 쉬어갈 수 있도록 말을 걸어주는 등의 역할을 인공지능이 할 수도 있고, 문

제를 많이 틀린 학생에게 위로의 말을 건네는 등의 기능을 포함한다. 그리고 인공지능 교육시스템은 학습자들에게 교구나 강의, 학습 콘텐츠, 다양한 수준의 문항을 제공해 줄 수 있는데, 인공지능 교육시스템을 활용하면 학생들이 스스로 여러 콘텐츠를 선택하여 학습할 수 있다는 장점이 있다. 스스로 콘텐츠를 선택하여 학습하는 것 역시 개인 맞춤형 학습을 위해 중요한 기능 중의 하나라고 볼 수 있다.

본 연구에서는 개인 맞춤형 수학 학습을 위한 인공지능 교육시스템의 기능을 실제 학교 수업과 가정에서 적용해 보고, 그것을 바탕으로 개인 맞춤형 수학 학습에 인공지능 교육시스템이 어떤 효과성을 보일 수 있는지 구체적으로 분석해 보고자, 위의 인공지능 교육시스템의 기능을 적용한 개인 맞춤형 수학 학습 계획을 Figure 1과 같이 수립하였다. 그리고 이를 반영하여 수학 수업을 설계한 교수-학습 과정안의 예시는 Table 4와 같다.

인공지능 교육시스템을 시작함에 앞서 학생들의 수준을 진단할 필요가 있어 AI를 활용한 진단평가를 실시하였다. 지필로 하는 진단평가와의 차이점은 학생들이 자신들의 진단평가의 정답 여부를 바로 확인할 수 있고, 그 결과를 시각적으로 데이터화하여 빠르게 확인할 수 있다는 점이 있다. 예를 들어, 수학의 내용 영역별로 어떤 영역에 우수한 실력을 가지고 있는지, 어떤 단원의 문제를 상대적으로 잘 해결하였는지, 어떤 역량이 우수한지 등을 시각화하여 확인할 수 있다.

이후에는 학교 수업에서 인공지능 교육시스템을 활용하였는데, 기존에 인공지능 교육시스템을 활용하지 않은 수업 형태에 Figure 1의 기능을 포함시켜서 교수-학습 과정안을 설계하고 실행하였다. 설계된 교수-학습 과정안의 예시는 Table 4와 같다. Table 4의 □ 안에는 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위한 인공지능 교육시스템의 기능 중 해당 부분에 적용된 것을 ◎로 표시하였다.

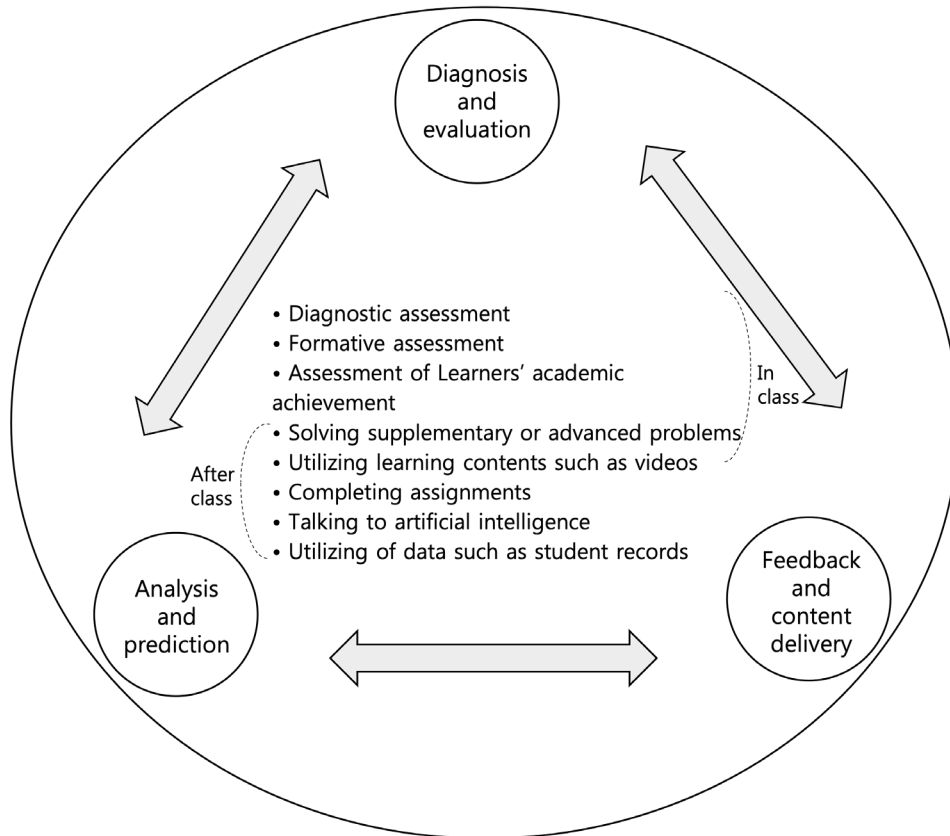
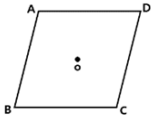
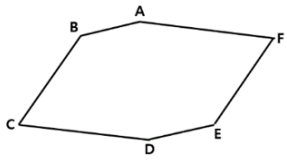


Figure 1. The overview of learning plan that applies the functions of intelligent tutoring system for personalized adaptive learning in mathematics

Table 4. The example of lesson plan that applies the functions of intelligent tutoring system for personalized adaptive learning in mathematics

Unit	3. Congruence and Symmetry					
Lesson	Let's find out the point symmetry and their properties					
Time	40 minutes	Students	24 fifth graders (12 boys, 12 girls)			
Learning objectives	Students can know and explain the properties of point symmetry figures. Students can know and explain the relationship between the line segment connecting the corresponding points in a point symmetry figure and the center of symmetry.					
Learning materials	Intelligent tutoring system(ITS), tablet PC, powerpoint presentation, ruler, protractor, textbook					
Assessment	Criteria			A	B	C
	Can a student know and explain the properties of point symmetry figures?					
	Can a student know and explain the relationship between the line segment connecting the corresponding points in a point symmetry figure and the center of symmetry?					
Stage	Detailed stage	Teaching and learning activities		Elapsed time(minute)	Materials(□)	
Introduction	Motivation	<input checked="" type="checkbox"/> Utilizing the results of diagnostic assessment and formative assessment Checking and supplementing prior learning based on the learning data of ITS-diagnostic assessment and formative assessment results- - As a result of checking the percentage of correct answers for the questions you solved last time, the percentage of correct answers for the following questions was low. - Can anyone tell me what was difficult about this problem? - Can anyone explain me how to solve this problem? If you get the question wrong, please go home and solve the wrong answer note of ITS again. - Can you explain what point symmetry is? Can you explain what the center of symmetry is?		5'	<input type="checkbox"/> Powerpoint presentation, ITS, tablet PC	
	Presenting learning objectives	Presenting learning objectives ♣ Students can know and explain the properties of point symmetry figures. ♣ Students can know and explain the relationship between the line segment connecting the corresponding points in a point symmetry figure and the center of symmetry.				
	Guiding learning activities	<input type="checkbox"/> Guiding learning activities - Activity 1: Exploring the properties of point symmetry figures - Activity 2: Investigating the relationship between the center of symmetry and the line segment connecting the corresponding points of a point symmetry figure				

Development	Activity 1	<p>Activity 1: Exploring the properties of point symmetry figures</p> <ul style="list-style-type: none"> - Let's explore the properties of point symmetry. - Is the given shape point symmetric? Why do you think so? - Let's find each corresponding point in the given shape.  <ul style="list-style-type: none"> - Find the corresponding sides of the sides AB and BC, respectively, and measure the length of the sides to compare the lengths of the corresponding sides. - Find the corresponding angles of the angles ABC and DAB, measure the size of the angles, and compare the sizes of the corresponding angles. - What are the properties of point symmetry? 	10'	□ Ruler, protractor, textbook
	Activity 2	<p>Activity 2: Investigating the relationship between the center of symmetry and the line segment connecting the corresponding points of a point symmetry figure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Let's connect each of the corresponding points of a point symmetry figure.  <ul style="list-style-type: none"> - Find the center of symmetry of a point symmetric figure and mark it with a point \circ. - Measure the lengths of line segment AO and line segment DO, the lengths of line segment BO and line segment EO, and the lengths of line segment CO and line segment FO and compare them, respectively. - What is the relationship between the line segment connecting the corresponding points of a point symmetry figure and the center of symmetry? 	10'	□ Ruler, protractor, textbook

Assessment and review	Formative assessment	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Formative assessment <input type="radio"/> Solving supplementary or advanced problems <input type="radio"/> Utilizing learning contents such as videos </div> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Formative assessment using ITS <ul style="list-style-type: none"> - The ITS has recommended a problem where you can apply what you learned today. Let's use the ITS to solve the problem related to the properties of point symmetry learned today. - If you have solved all of these questions, then you should check the wrong questions and solve them again. - If you have time to solve problems, then you should try solving advanced or supplementary problems or choose what you want to study more. 	10'	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Powerpoint presentation, ITS, Tablet PC
	Review	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Assessment of learners' academic achievement </div> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Review <ul style="list-style-type: none"> - What are the properties of a point symmetry? - What is the relationship between the line segments connected by the corresponding points of the point symmetry figure and the center of symmetry? 	5'	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Powerpoint presentation, ITS, Tablet PC
After class	Presenting assignments, supplementary or advanced learning	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Solving supplementary or advanced problems <input type="radio"/> Utilizing learning contents such as videos </div> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Supplementary or advanced learning by ITS <ul style="list-style-type: none"> - Please solve the wrong answer notes stored in the ITS again at home. - Students who had a little difficulty in learning today can use the ITS for supplementary learning, and students who want to study something a little more difficult than what they learned today can do advanced learning with the ITS. It will also be helpful if you solve the problems recommended to you by the AI system. <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Completing assignments </div> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Presenting tasks using ITS <ul style="list-style-type: none"> - Please solve the 8th problem of the ITS by tomorrow. 		

<p>After class</p>	<p>Identifying and analyzing data</p>	<p>◎ Utilizing of data such as student records</p> <p>▣ Checking data using ITS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Using the ITS to identify questions with a low percentage of correct answers by students in a class - Checking items with a low percentage of correct answers, identifying causes, and applying them in teaching and learning - Using the ITS to check the amount of learning and learning level of students in a class - Identifying individual learning levels and providing feedback to students who need supplementary or advanced learning 		<p>□ ITS</p>
--------------------	---------------------------------------	--	--	--------------

수업 설계를 살펴보면, 수업 시작 시에는 본시 수업 전에 인공지능 교육시스템을 이용해 실시하였던 진단평가 또는 형성평가 등의 결과를 교사가 확인하고 이를 바탕으로 학생들에게 피드백을 하거나 동기유발을 할 수 있다. 그리고 학습 목표 및 활동을 소개한 후, 점대칭도형의 성질, 대칭의 중심과 대응점을 이은 선분 사이의 관계를 교과서를 바탕으로 학습할 수 있다. 그리고 학생들이 학습 내용을 잘 이해하였는지 확인하는 형성평가를 인공지능 교육시스템을 이용하여 진행할 수 있다. 학생들마다 형성평가에 참여하는 시간이 다르므로 평가 결과로 점수가 낮게 나온 학생들 중에서 빨리 문제를 해결한 학생의 경우에는 인공지능 교육시스템에서 오답노트에 따로 모아진 틀린 문제 또는 보충 문제를 풀어볼 수 있게 하였다. 학업성취도가 우수한 학생들의 경우에는 학습활동을 다 하고 시간이 남았을 경우, 수업 내용과 관련된 심화 문제를 풀어볼 수 있게 하였다. 그리고 필요한 경우에는 동영상이나 게임 형식의 학습 콘텐츠를 활용하기도 하였다. 수업 마무리 단계에서는 학습 내용을 정리하며, 학업성취도 평가를 인공지능 교육시스템을 이용하여 진행할 수도 있다. 수업 후에는 교사가 학생들에게 인공지능 교육시스템으로 과제를 제시하여 가정에서 과제를 수행할 수 있게 할 수도 있고, 학생에 따라 보충 또는 심화 문제를 풀어보거나 자율적으로 동영상 등의 학습 콘텐츠를 활용하게 할 수 있다. 그리고 이러한 과정을 통해 학습자의 데이터는 계속해서 누적, 분석되었고, 수집된 데이터를 교사가 수업 후에 확인함으로써 이후 수업을 설계할 때 데이터를 반영할 수 있다.

수업 후의 쉬는 시간이나 가정에서 인공지능 교육시스템을 자율적으로 활용해 볼 수 있게 하였는데, 여기서 학생들이 활용할 수 있는 것은 본인의 실력에 따라 보충 또는 심화 문제를 풀어볼 수도 있었고, 교사가 제시한 과제를 수행할 수도 있었다. 교사가 제시한 과제의 경우에는 배운 내용에 대한 복습 문제를 풀어보는 것과 보충이 필요한 학생에게 보충 학습을 할 수 있도록 제시한 것이 있었다. 또한 학생들은 동영상 등의 학습 콘텐츠를 자율적으로 활용하여 학습할 수 있었고, 인공지능과의 대화 등을 통해 자신의 감정을 표현하고, 인공지능과 상호작용할 수 있었다. 그리고 이러한 과정에서 누적된 학습데이터는 분석, 시각화되어 학생들에게 자신의 실력을 확인할 수 있도록 제공되었다. 본 연구에서는 이러한 학습 계획을 학생들에게 적용해 본 후, 인공지능 교육시스템이 개인 맞춤형 수학 학습에 주는 영향에 대한 반응을 분석하였다.

인공지능 교육시스템의 기능을 적용한 개인 맞춤형 수학 학습에 대한 학생의 반응

인공지능 교육시스템을 학교와 가정에서 약 3개월 간 활용해 본 후, 24명의 학생들을 대상으로 설문조사를 실시한 결과는 Table 5~8과 같다. 점수는 10점 척도로 응답하게 하였고, ‘매우 그렇다’가 10점, ‘매우 그렇지 않다’가 1점이고, 각 항목에 대한 평균을 반올림하여 소수 첫째 자리까지 산출하였다. 평균은 5.5를 기준으로 하여 5.5 초과이면 긍정적인 응답이 많은 것이고, 5.5 미만이면 부정적인 응답이 많은 것으로 해석하였다.

Table 5. The results of survey No.1-4

Number	Question	mean
1	Through the AI diagnostic assessment, I was able to know my mathematical ability in detail, which was helpful for my study.	6.8
2	When studying with the intelligent tutoring system, it was helpful to study because I could immediately check whether my answer was right or wrong.	8.8
3	When I studied with the intelligent tutoring system, it was helpful that I could study only the wrong questions separately.	8.3
4	When I first turned on the tablet, I thought that while talking to the AI, it understood my feelings(emotions) well.	4.7

본 연구의 참여자들은 인공지능 교육시스템을 본격적으로 사용하기 전에 AI 진단평가를 실시하였는데, 1번 문항은 이러한 진단평가를 실시한 것이 수학 학습에 도움이 되었는지를 학생들에게 묻는 문항으로, 평균은 6.8점이 산출되었다. 진단평가는 학생들의 학습 준비도를 묻는 문항으로 구성되었고, 수학과 내용 영역을 모두 다루고 있었다. 그리고 학생들이 문제를 해결해 나감에 따라 정답 여부에 따라 학생들의 실력을 측정하여 내용 영역별로 시각화된 자료를 제공하였다. 1번 문항에 대한 긍정적인 응답의 이유로는 ‘내가 어느 부분에 약하고 좋은지 알 수 있어서 좋았다.’, ‘어떤 부분이 부족한지 잘 알아서 그 부분만 추가 공부했다.’, ‘AI 진단평가를 통해 내 수학 실력을 자세하게 알게 되어 부족하다는 점을 더 보충할 수 있어 공부에 도움이 되었다.’, ‘나도 나의 실력을 잘 알지 못했는데, 이번 기회에 나의 실력도 알고 거기에 대한 문제도 풀어서 굉장히 알찼다.’, ‘내가 잘하는 것과 못하는 것이 뚜렷하게 나타나서’ 등이 있었다. 이렇게 ‘자신의 실력이나 강점, 약점을 잘 알게 되었다’는 내용의 서술형 응답은 전체의 50%로 인공지능 교육시스템에서의 진단평가 실시를 통해 학생들은 자신이 어떤 부분을 잘하고 못하는지에 대해 스스로 깨달을 수 있었고, 부족한 부분을 보충할 수 있어서 좋았다는 응답을 하였다. 이는 인공지능 교육시스템에서의 진단평가가 학생들이 스스로 자신의 실력에 대해 깨닫게 해 주는 메타인지적 사고를 도울 뿐 아니라 부족한 부분에 대한 보충을 통해 개인 맞춤형 수학 학습을 구현할 수 있음을 보여주는 사례이다.

한편, ‘내가 더 해야 하는 것을 알게 되었지만, 잘해보지는 않았다.’, ‘수학 진단평가에서 나오지 않은 문제가 있었는데 그 부분이 부족하다고 나와서 이상하다고 생각이 들었다.’, ‘문장제 문제 등은 검사하지 못해 자세하게는 알 수 없을 것 같다.’라는 응답도 있었는데, 이는 인공지능을 기반으로 한 진단평가라고 하더라도 아직 시스템 상의 오류 등이 있을 수 있고, 서술형 평가 채점은 시간이 오래 걸리는 등의 단점이 있어서 이에 대한 보완이 필요함을 시사한다.

2번과 3번 문항의 경우에는 인공지능 교육시스템으로 학생들이 문항을 풀거나 평가를 실시할 경우, 즉각적으로 채점이 가능하기 때문에 문항의 정·오답 여부를 바로 확인할 수 있고, 틀린 문제의 경우, 오답노트 기능을 활용해 따로 다시 풀어볼 수 있게 제공해주므로 이러한 기능을 활용해 본 학생들의 반응을 물어보기 위한 것이었다. 이에 대해 학생들은 각각 평균 8.8, 8.3의 매우 긍정적인 반응을 보였다. 2번 문항의 긍정적 응답에 대한 구체적인 이유로는 ‘바로 채점이 되기 때문에 편리했다.’, ‘단원평가를 실제로 볼 때는 채점 시간이 오래 걸렸는데 채점이 빨라서 좋았다.’, ‘문제를 다 풀고 바로 답이 나와 시간이 절약되어 좋았다. 시간이 절약되어 공부할 수 있는 시간이 늘어나 좋았다.’, ‘바로 채점을 해 주고 해설도 나와 좋았다.’ 등이 있었다. 서술형 응답 중에 인공지능 교육시스템을 활용해 수학 학습을 할 때, 채점이 빨리 되고 시간이 절약되는 것에 대해 긍정적으로 응답한 학생이 전체의 약 66.7%였다. 이러한 학생들의 반응으로 미루어볼 때, 인공지능 교육시스템으로 수학 학습을 할 때 채점이 빠르고 틀린 이유에 대한 해설을 제공하는 기능에 대해 긍정적인 반응을 보였음을 알 수 있다.

또한 3번 문항의 긍정적 응답에 대한 구체적인 이유로는 ‘틀린 문제를 오답노트로 다시 공부하고나면 이해가 잘 되기 때문이다.’, ‘틀린 문제만 공부할 수 있어서 이해가 잘 되었다.’, ‘맞은 문제는 다시 풀지 않고 틀린 문제만 골라 푸는 것이 좋았다.’, ‘보충 문제와 오답 문제가 있어서 꼼꼼히 풀이해 단원평가를 다 맞았다.’, ‘내가 틀린 문제와 틀린 이유를 설명해 주어서 공부에 도움이 되었다.’ 등이 있었다. 오답노트 기능을 활용하였을 때, 틀린 문제만 따로 공부할 수 있어서 도움을 받았다거나 틀린 문제를 다시 풀어볼 수 있어서 좋았다고 한 학생들도 있고, 오답노트 기능에서 틀린 이유에 대한 설명이나 보충 문제 등을 제공해 주는 것이 학습에 많은 도움이 되었다는 응답을 한 학생들도 있었다. 이러한 반응으로 미루어 볼 때, 인공지능 교육시스템에서 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위해서는 이렇게 학습자별로 틀린 문제만 모아서 따로 풀어볼 수 있는 기능과 틀린 이유에 대한 설명, 학습자에게 적합한 보

충 문제를 제공하는 기능이 유용함을 알 수 있었다.

본 연구에서 활용한 인공지능 교육시스템의 경우에는 AI 튜터 기능이 있어서 단말기를 켜면 캐릭터가 학생들에게 ‘오늘 기분이 어때?’와 같은 질문을 하고, 이에 대한 답을 선택하면 그것에 대해 반응을 해 주는 식으로 인공지능과 간단한 대화가 가능하였다. AI가 내 마음(감정)을 잘 헤아려 준다고 생각했는지에 대해 묻는 4번 문항에 대해 평균 4.7점이 도출되었는데, 이는 5.5점보다 낮은 점수로, 학생들이 AI가 자신의 마음을 잘 공감해 준다고 느끼지 못한 학생들이 더 많았음을 알 수 있다.

4번 문항에 대한 긍정적인 응답 중에서는 인공지능 교육시스템이 수학 학습에 있어 학습자들의 메타정의 경험을 도울 수 있음을 보여주는 반응을 도출하였다. Kim (2019)에 의하면 메타정의는 “정의를 자각, 평가, 조절, 활용하는 것”이라고 보고, 메타정의 요소를 “정의의 자각, 평가, 조절, 활용”으로 구분하였다. 정의의 자각은 “학생이 수학 학습을 할 때, 자신이 어떤 감정을 가지고 있는지는 아는 것”을 의미하고, 정의의 평가는 “그 감정에 대해 평가하는 것”이며, 정의의 조절은 “자신의 감정을 원하는 대로 조절할 수 있는 것”을 의미한다. 정의의 활용은 “정의를 수학 학습에 도움이 될 수 있도록 활용하는 것”을 의미한다(Kim, 2021, p.596).

4번 문항에 긍정적인 응답을 한 학생의 경우에는 ‘문제를 몇 개 틀린 적이 있었는데, 그때 마음을 헤아려줬었다.’, ‘마음이 안 좋을 때 위로해 줬다.’, ‘단말기를 켜는 때 인공지능 캐릭터가 힘이 되는 말을 할 때 진짜 도움이 됐다.’와 같은 대답을 하였다. ‘문제를 몇 개 틀린 적이 있었는데, 그때 마음을 헤아려줬었다.’는 반응은 수학 공부를 하면서 학생이 자신의 감정을 자각하였고, 인공지능이 자신의 감정을 공감해 주었음을 의미한다. 이는 메타정의 요소 중 정의에 대한 자각에 해당된다고 볼 수 있다. ‘마음이 안 좋을 때 위로해 줬다.’는 반응은 학생이 수학 학습을 하면서 자신의 감정을 자각하였고, 그것을 인공지능이 공감하며 위로해 주었다고 느꼈으므로 자신의 감정을 다스릴 수 있게 인공지능이 도와주었다고 느꼈음을 알 수 있다. 인공지능 교육시스템을 활용하는 과정에서 메타정의 요소 중 정의에 대한 자각이 있었고, 인공지능의 위로를 통해 학생이 감정을 다스리는 정의의 조절도 가능할 수 있음을 엿볼 수 있었다. 또한 ‘단말기를 켜는 때 인공지능 캐릭터가 힘이 되는 말을 할 때 진짜 도움이 됐다.’는 반응은 수학 학습 시에 학생이 인공지능의 말을 통해 자신의 감정을 다스릴 수 있게 되었고, 그것이 자신의 학습에 도움이 되었음을 느낄 수 있었으므로 이는 메타정의 요소 중 정의의 조절과 정의의 활용에 해당된다고 볼 수 있다. 이러한 학생들의 반응으로 살펴볼 때, 인공지능 교육시스템을 활용한 개인 맞춤형 수학 학습 과정에서 학생과 인공지능이 상호작용하면서 학습자의 메타정의 경험에 긍정적 영향을 줄 수 있음을 살펴볼 수 있었다.

한편, ‘나의 마음을 잘 헤아려준다고 생각하지 않았다. 내가 하는 말에 제대로 답해주지 않을 때에도 있었기 때문이다.’, ‘안 해 봤다.’, ‘가끔씩은 그랬던 것 같지만 마음을 헤아려 주는 것은 아니라고 생각한다.’와 같은 부정적인 응답도 있었다. 이러한 학생들의 반응으로 보아, 인공지능 기반 기술이 아직까지는 인간의 마음과 감정을 공감해 주는 데에 있어서 한계가 있음을 느낄 수 있었다. Kim (2021)은 온라인 학습에서 개별 맞춤형 지도를 피할 수 있도록 메타정의 전략을 개발하는 것이 필요하다고 보았다. 그리고 Park (2020b)은 인공지능이 학습자의 수학학습을 효과적으로 지원하기 위하여 인지적 측면뿐만 아니라 정의적 측면의 기술을 고도화해야 하고, 이러한 인간의 정서나 감정과 관련된 부분을 고려하여 수학교육에서 활용하는 방안을 포함할 필요가 있다고 하였다. 이러한 의견으로 미루어볼 때, 인공지능 교육시스템이 진정한 개인 맞춤형 수학 학습을 구현하기 위해서는 인간의 마음과 감정을 공감해 주며 학생들의 메타정의 경험에 긍정적 영향을 줄 수 있는 시스템의 더욱 정교한 개발이 필요할 것이다.

Table 6. The results of survey No.5-6

Number	Question	mean
5	I felt that the problem recommended when learning using the intelligent tutoring system was the most suitable problem for me than my friends.	6.8
6	It was helpful to study because I could know my mathematical ability and learning habits in detail through the intelligent tutoring system.	5.3

5번 문항 ‘인공지능 교육시스템을 활용해서 학습할 때에 추천되는 문제는 친구들보다 나한테 제일 알맞은 문제라고 느껴졌다.’에 대해 학생들의 응답 평균은 6.8로 평균보다는 조금 높은 점수가 산출되었다. 이에 대한 학생들의 긍정적인 반응으로는 ‘친구들과 비교해 보진 않았지만 나에게 알맞은 문제였다.’, ‘내가 부족한 단원을 골라 문제를 추천했기 때문’, ‘내가 어려워하는 것 위주로 나와서 어려운 문제를 쉽게 풀 수 있었다.’, ‘내가 못하는 것만 골라서 문제를 내서’, ‘딱 나에게 맞는 문제를 내주어서 좋았다.’, ‘내가 실수를 많이 하는 유형만 알려주니 그렇게 느꼈다.’ 등이 있었다. 이러한 학생들의 반응으로 미루어 보아, 자신이 자주 틀리는 유형의 문제나 어려워하는 부분, 부족한 단원에 대한 문제를 인공지능 교육시스템에서 추천하고 있음을 학생들도 깨닫고 있음을 알 수 있었다.

한편, ‘문제가 쉬웠다가 어려워졌다 해서 계속 들락날락했기 때문이다.’, ‘문제가 너무 쉬웠다.’ 등의 반응을 보인 학생들도 있었다. 이러한 반응으로 볼 때, 인공지능 교육시스템이라고 하더라도 학습자 개인에 완벽하게 맞춤형으로 학습 콘텐츠를 제공하거나 문항을 제공하는 것이 아니고 오류가 있을 수 있음을 살펴볼 수 있었다. 인공지능 교육시스템을 활용하여 개인 맞춤형 수학 학습을 실현하기 위해서는 좀 더 정교하고 세밀한 인공지능 교육시스템 개발이 필요하다.

6번 문항의 경우에는 인공지능 교육시스템에서 학생들이 학습한 내용, 평가한 내용을 수집, 분석하여 어떤 부분이 부족하고 어떤 부분을 보충해야 하는지 제시하는 AI 생활기록부 기능이 학습에 도움이 되었는지를 묻는 문항이다. 이 문항의 경우에는 평균 5.3점이 산출되었는데, 긍정적인 응답의 이유로는 ‘내 수학 실력 및 학습 습관을 자세히 알 수 있다.’, ‘단점과 장점을 정확히 짚어준다.’, ‘무엇이 나에게 부족한지 알 수 있어 나에 대한 정보를 알 수 있게 되었고, 거기에 맞는 문제를 풀려고 노력하는 시간이 되었다.’, ‘나의 부족한 점을 알았다.’ 등이 있었다. 학생들이 스스로 자신에 대한 정보를 알 수 있고, 부족한 부분을 알고 노력할 수 있었다는 반응을 보인 것으로 보아, 인공지능 교육시스템이 학생의 학습 과정을 분석하고 예측함으로써 학생들에게 각 개인의 정보를 깨닫게 하며, 부족한 부분을 보충하도록 동기부여 할 수 있음을 알 수 있었다. Lee와 Lee (2009)는 “메타인지의 활용정도가 높은 집단이 그렇지 않은 집단보다 자기 주도적 학습 능력이 높은 것으로 나타났다”는 연구 결과를 얻었고(p.105), “적절한 교육 환경을 마련해 주어 메타인지와 자기결정적인 학습동기를 통해 자기 주도적 학습능력을 기를 수 있도록 도와주어야 할 것”이라고 주장하였다(p.107). 본 연구에서 활용한 인공지능 교육시스템이 학생들이 스스로 자신이 잘하는 부분과 부족한 부분을 깨닫게 했다는 점에서 메타인지를 할 수 있도록 도왔다고 볼 수 있고, 학생들이 깨달은 내용을 바탕으로 스스로 보충 학습할 수 있었다는 반응을 통해 자기 주도적으로 학습할 수 있는 동기를 부여함에 있어 인공지능 교육시스템이 효과적으로 활용될 수 있음을 알 수 있었다. 즉, 메타인지를 통해 자기 주도적으로 학습하도록 인공지능 교육시스템이 효과적으로 활용될 수 있다. 자기 주도적 학습은 스스로 자신의 요구에 맞게 선택하여 학습한다는 점에서 개인 맞춤형 학습을 실현할 수 있는 방법이 될 수 있다.

한편, ‘본 적이 없었다.’, ‘안 들어갔다.’, ‘잘 보지 않았고 어떤 내용인지 정확하게 이해할 수 없었다.’라는 반응도 있었는데, AI 생활기록부 제공 기능이 있는지 모르고 활용을 못했거나, 그것을 접했다고 해도 어떻게 주어진 데이터를 해석해야 하는지 몰라서 제대로 활용하지 못한 학생들도 있었다. 이러한 사례는 인공지능 교육시스템을 개인 맞춤형 수학 학습에 활용할 때에는 다양한 기능을 활용해 볼 수 있도록 학생들에게 적절히 안내하는 과정이 필요하고, 주어진 정보를 어떻게 해석해야 하는지에 대한 정보처리 역량을 길러줄 필요가 있음을 시사한다.

Table 7. The results of survey No.7-8

Number	Question	mean
7	When studying with the intelligent tutoring system, it helped me when I learned or supplemented what I did not learn at school.	7.3
8	When I studied at home with the intelligent tutoring system, I chose what to study on my own.	8.5

7, 8번 문항의 경우에는 인공지능 교육시스템이 강의, 평가 문항 등을 포함한 다양한 콘텐츠를 제공하고 있기 때문에 이를 학생들이 스스로 활용하거나 어떻게 활용했는지와 관련된 문항으로 7번은 평균 7.3점, 8번은 평균 8.5점이 산출되었다.

7번 문항에 대한 긍정적인 응답의 구체적 사례로는 ‘한 번 안 배운 내용을 예습해 보았는데 수업 배경지식을 만드는데 도움이 되었고, 복습을 했더니 재미있으면서 이해는 더 잘 되었다.’, ‘학교에서 배운 것이 이해가 안 될 때, 학교와 같이 공부시켜 준다.’, ‘나의

부족한 점을 보충할 수 있어 좋았다.’, ‘예습과 복습을 다양하게 할 수 있어서 좋았다.’, ‘학교에서 배운 내용을 복습해 보거나 배우지 않은 내용을 예습해 볼 수 있어서 좋았다.’, ‘내가 잘 못 들은 설명을 더 들을 수 있다.’, ‘추가 문제들을 풀어서 공부에 도움이 됐을 것 같다.’, ‘잘 모르는 부분을 이해하기 쉬웠다.’ 등이 있었다. 이는 다인수의 집단에서 한 명의 교사가 모든 학생의 부족한 부분을 다 채워주는 데 한계가 있으므로 인공지능 교육시스템 활용이 이를 보완해 줄 수 있음을 시사한다.

한편 7번 문항에 대한 부정적인 응답의 경우에는 ‘학교에서 배운 내용을 보충할 땐 좋았는데 집에서 내가 배우고 있는 어려운 문제는 별로 없었다.’, ‘푼 부분을 넘겨 뛰다가 설명을 못 들은 것도 있고, 여러 개인 것은 설명이 길었다.’와 같은 응답이 있었는데, 이러한 응답으로 살펴보면, 학습 콘텐츠를 좀 더 다양화할 필요가 있고, 학생들이 활용하는 데 있어 기술적인 부분에 있어 미숙함이 있을 때, 이로 인해 학습을 원활하게 하지 못하는 경우도 있을 수 있음을 살펴볼 수 있었다. 실수로 넘기거나 했을 때 되돌아가는 기능을 보완하면 이러한 부분에 있어 학습을 도울 수 있을 것이다.

8번 문항에 대한 긍정적인 응답으로는 ‘내가 혼자 수학을 선택해서 공부했다.’, ‘내가 하고 싶은 걸 찾아서 스스로 했다.’, ‘내가 못하는 것을 풀었다.’, ‘하고 싶은 것과 관심 있는 것을 했다.’, ‘내가 스스로 집에서 수학을 예·복습 해 보았다.’ 등이 있었다. 이러한 응답으로 미루어볼 때, 인공지능 교육시스템이 학생들에게 학습에 있어 선택권을 보장해 줄 수 있고, 이를 통해 자기 주도적 학습이 가능하게 할 수 있음을 엿볼 수 있었다. 인공지능 교육시스템에서 제공하는 다양한 동영상, 문항 등을 포함한 콘텐츠는 학생들에게 스스로 선택하여 학습할 수 있는 좋은 기회를 제공하고, 본인 스스로 선택할 수 있다는 점에서 학습자에게 개인 맞춤형 수학 학습을 가능하게 한다고 볼 수 있다. So (2007)는 “과제에 대한 선택권 제공이 학습자들의 내재동기를 높이는 데 있어 핵심 요소”라고 보았고(p.92), e-learning 환경에서 “선택을 기반으로 한 인터페이스 제공은 학습자에게 자율적인 웹 환경을 조성해 주며, 이는 학습자의 자기 조절 학습에도 효과적인 것”이라고 보았다(p.90). 인공지능 교육시스템에서 제공하는 다양한 콘텐츠는 학생들에게 선택권을 보장해 주고, 이는 학생들의 내재동기를 높이는데 기여할 수 있다. 연구 결과로 도출된 학생들의 반응에서 인공지능 교육시스템을 활용하여 본인이 하고 싶은 학습 콘텐츠를 선택하여 스스로 학습하였다는 반응은 온라인 환경에서 선택을 기반으로 한 인터페이스 제공이 학습자의 자기 조절 학습에 효과적인 것이라는 So (2007)의 의견을 지지한다.

8번 문항에 대한 부정적인 응답으로는 ‘적극적으로 사용해 보지 않았다’는 의견이 있었다. 하지만 평균이 높게 나온 만큼 부정적인 응답은 상대적으로 적은 편이었다.

Table 8. The results of survey No.9-11

Number	Question	mean
9	Learning using the intelligent tutoring system at school was helpful in studying math.	7.6
10	Learning using the intelligent tutoring system at home helped me study math on my own.	7.0
11	It is fun to learn using the intelligent tutoring system.	7.7

9, 10, 11번 문항은 인공지능 교육시스템을 활용한 전반적인 소감을 묻는 문항으로, 9번은 학교에서 활용할 때 도움이 되었는지, 10번은 집에서 공부할 때 도움이 되었는지, 그리고 11번은 인공지능 교육시스템을 활용해 학습할 때 재미있었는지 등을 묻는 문항이었다.

9번 문항에 대한 응답의 평균은 7.6점으로, 긍정적인 응답의 경우에는 ‘AI기기여서 재미있었다.’, ‘친구들과 함께 같이 문제를 풀 수 있어서 좋았다.’, ‘매일 종이로만 풀다가 태블릿을 이용하니 새로워서 좋았고, 틀린 것을 바로 알 수 있어서 좋았다.’, ‘열심히 공부를 하니 보람도 있고 단원평가에 대비가 될 수 있게 해주었다.’, ‘부족한 점을 더 보충할 수 있고, 시험을 보기 전 복습할 수 있는 문제를 잘 내어주어 수학 공부에 도움이 되었다.’, ‘틀린 문제가 왜 틀렸는지 정확히 알 수 있다.’, ‘게임처럼 해서 공부가 더 재밌어져서’, ‘시간이 오래 걸릴 때도 있었지만, 다양한 문제를 풀어볼 수 있어서 도움이 되었다.’, ‘내가 몰랐던 문제가 나와서 시험 준비할 때 도움이 되었다.’, ‘수학이 조금이나마 좋아졌다.’와 같은 응답이 있었다. 학교에서 인공지능 교육시스템을 활용해서 학습할 때, 학생들이 학습에 흥미를 느끼고, 수학이 좋아졌다는 응답이 있었으므로 이는 인공지능 교육시스템이 수학 학습에 있어 정의적 측면에도 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 보여준다. 또한 인지적 측면에 있어서도 틀린 문제가 왜 틀렸는지 알 수 있었고, 다양한 문제를 풀어

봄으로써 단원평가 등의 시험을 준비할 때 도움이 되었다는 응답이 있었다. 이는 인공지능 교육시스템이 수학 학습의 인지적 측면에도 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 시사한다.

한편, 부정적인 응답의 이유 중에는 ‘들고 오기 힘들고 문제가 너무 쉬웠다.’는 의견도 있었다. 이는 인공지능 교육시스템을 활용하기 위한 기기가 무거워서 들고 오기 힘들었다는 의견과 학생이 푸는 문제의 수준이 쉬웠다는 의견으로, 인공지능 교육시스템을 적극적으로 활용하기 위해서는 어디서든 활용할 수 있기 위한 기술적 문제가 해결되어야 하고, 다양한 수준의 문항과 콘텐츠 제공이 보완될 필요가 있다는 점을 시사한다.

10번 문항에 대한 응답의 평균은 7.0으로, 긍정적인 대답의 이유로 ‘집에서 스스로 학습해서 단원평가를 봤더니 단원평가를 연속으로 100점 맞았기 때문이다.’, ‘답도 바로 알 수 있고 다양한 문제를 풀 수 있어 도움이 되었다.’, ‘도움이 많이 되고 수학 문제를 더 잘 풀 수 있게 되었다.’, ‘공부를 조금 더 하는 느낌이다.’, ‘단말기는 채점이 바로 되고, 여러 유형의 문제를 모아놔서 실력을 키울 수 있어졌다.’, ‘내가 잘 하지 못했던 분수 계산하기 단원의 단원평가(점수)가 많이 올랐다.’, ‘집에서 풀던 문제집보다 더 재미있고 편해서’, ‘예습도 하고, 복습도 하면서 수학 실력을 알 수 있었다.’ 등의 응답이 있었다. 집에서 학습하는 경우에도 학생들이 여러 문제를 해결해 봄으로써 수학 학습에 도움을 받았고, 실제로 단원평가에서 좋은 점수를 받았다는 사례들을 살펴볼 수 있었다. 또한 인공지능 교육시스템으로 채점하면 집에서 문제집으로 푸는 것보다 채점이 빠르다는 장점을 서술형으로 언급한 학생들이 전체의 약 66.7% 정도였다. 빠른 채점과 피드백은 학생들이 다른 학습에 더 집중할 수 있도록 시간적 여유를 제공한다는 점에서 학생들이 인공지능 교육시스템을 긍정적으로 평가하였다.

한편, 10번에 대한 부정적인 응답으로는 ‘공부할 때 전체 지우기와 지우개가 헛갈렸고 쓰는 게 종이보다 더 익숙했다.’, ‘종이로 푸는 것이 더 편했다.’는 의견이 있었는데, 이러한 의견은 학생들이 인공지능 교육시스템을 활용하는 것을 집에서 문제집을 풀며 학습하는 상황과 비교하여 제시한 의견으로, 인공지능 교육시스템을 활용하기 위해서는 태블릿과 유사한 기기를 활용해야 하므로 종이에 글씨 쓰거나 문제 풀이를 하는 것보다 기기 활용이 더 불편하다고 느낀 학생들이 몇몇 있었음을 살펴보았다. 이러한 부분은 추후 기술적인 문제가 해결되고, 연습을 통해 기기가 익숙해지면 더 나아질 수 있는 부분이었다.

11번 문항에 대한 응답의 평균은 7.7로 높은 편이었는데, 학생들이 인공지능 교육시스템을 활용하여 학습했던 것에 전반적으로 만족했음을 알 수 있다. 긍정적인 응답의 이유로는 ‘편한 건 종이보다 더 편하지만 인공지능 시스템은 태블릿이라 더 재미있다.’, ‘인공지능 캐릭터와 중간 중간 얘기하는 것이 재미있었고, 교과서는 조용해서 지루한데, 인공지능 시스템은 문제를 풀 때 효과음도 재밌고 다 풀면 보상을 줘서 그것으로 자신의 캐릭터를 꾸밀 수 있어서 재미있었다.’, ‘중간 중간 제시되는 보상이나 캐릭터를 꾸밀 때가 재미있었고, 이를 위해 공부도 더 열심히 했다.’, ‘도형 문제에서 창의력 학습과 게임이 있기 때문’, ‘학교에서 문제집 푸는 것보다 게임처럼 해서 재밌어서’, ‘다양한 기능이 많아서 재미있었다.’, ‘여러 가지 재미있는 프로그램도 있고 추천 학습도 재미있었다.’라는 응답이 있었다. 인공지능 교육시스템에서 받는 보상과 캐릭터 꾸미기 같은 활동에서 흥미를 느끼거나 효과음이나 게임 같은 요소, 다양한 기능에 흥미를 느낀 학생들이 있었고, 인공지능 캐릭터와 학습 중간 중간에 대화하는 것이나 학습자 개인 맞춤형 추천 학습이 재미있었다는 학생들도 있었다. 이러한 의견으로 보아, 인공지능 교육시스템이 제공하는 다양한 요소가 학생들의 흥미를 유발할 수 있음을 살펴볼 수 있었다.

한편, ‘답의 띄어쓰기 또는 아래로 내려야 하는 문제들을 틀리는 경우가 있어 흥미가 떨어졌다.’는 의견도 있었는데, 이것은 컴퓨터를 활용한 학습이나 평가에서 답의 띄어쓰기를 잘 못해서 틀린 답으로 채점이 되거나 문제가 한 화면에 보이지 않아서 다른 문제를 모르고 넘어가서 틀리는 경우에 학생이 학습에 대한 흥미를 잃게 될 수도 있다는 점을 시사해 준다. 이는 컴퓨터를 활용한 학습이나 평가에서 기술적인 부분으로 인해 오히려 학습을 방해할 수 있는 가능성이 있음을 보여주고, 따라서 이러한 부분을 보완할 수 있도록 풀지 않은 문제에 대해 표시해주거나 띄어쓰기를 표시해 주는 기능을 추가할 필요가 있음을 알 수 있다.

결론 및 제언

본 연구에서는 개인 맞춤형 수학 학습에 활용될 수 있는 인공지능 교육시스템의 기능에 대해 선행연구를 중심으로 탐색해 보고, 그 결과를 바탕으로 인공지능 교육시스템을 초등학생들에게 적용해 본 결과를 분석하여 인공지능 교육시스템을 활용한 개인 맞춤형 수학 학습의 실현 가능성을 탐색해 보고자 하였다. 본 연구에서 얻은 결과를 토대로 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 개인 맞춤형 수학 학습을 위해 활용될 수 있는 인공지능 교육시스템의 기능은 크게 진단 및 평가, 분석 및 예측, 피드백 및 콘텐츠 제공으로 나눌 수 있다. 진단 및 평가는 학습자의 선수학습 정도와 학업성취도를 파악하는 진단평가, 형성평가, 총괄평가 등을 포함하는 기능을 의미한다. 분석 및 예측은 인지적 측면 및 정의적 측면에서 학습자의 학습 과정, 문항에 대한 응답, 선택한 콘텐츠 내용, 학습 시간 등을 분석하여 학습의 방향 등을 예측하는 기능을 의미한다. 피드백 및 콘텐츠 제공은 학생의 학습 과정과 결과를 분석하여 피드백을 제공하거나 학습자가 선택 가능한 다양한 콘텐츠를 제공하는 기능을 의미하는데, 학습자의 응답에 대한 정답 여부, 해설 등을 제공하거나 보충 학습 자료를 제공하는 것, 학습자가 선택할 수 있는 교구나 강의, 학습 콘텐츠, 문항을 제공하는 것을 포함한다. 이러한 기능을 실제로 학교 수업이나 가정 학습 시에 활용할 수 있도록 학습 계획을 설계하여 적용하면 개인 맞춤형 수학 학습을 위해 인공지능 교육시스템을 효과적으로 활용할 수 있을 것이다.

둘째, 학생들은 인공지능 교육시스템에서의 진단 및 평가 기능을 활용함으로써 메타인지 능력을 기르고, 메타정의 경험을 해 볼 수 있었으며, 이를 바탕으로 개인 맞춤형 학습이 가능했다. 학생들은 인공지능 교육시스템을 활용해서 인지적 측면에서 자신이 어떤 부분을 잘하는지, 못하는지에 대해 스스로 깨달을 수 있었고, 이를 통해 부족한 부분을 보충할 수 있었다고 했다. 즉, 인공지능 교육시스템이 학생 스스로 자신의 학습 과정에 대해 돌아보고, 학습을 조절한다는 측면에서 메타인지 능력을 기르는 데에 도움이 되었음을 알 수 있다. 정의적 측면에서는 문제를 틀렸을 때, 인공지능이 자신의 마음을 헤아려줬거나 마음을 위로해 주었고, 인공지능 캐릭터가 힘이 되는 말을 할 때 도움이 되었다는 반응이 일부 도출되었는데, 이는 메타정의의 요소인 정의에 대한 자각, 정의의 조절, 정의의 활용에 해당되는 반응으로, 인공지능 교육시스템이 학생과 상호작용하면서 메타정의 경험에 긍정적 영향을 줄 가능성이 있음을 엿볼 수 있었다. 앞서 정의한 바와 같이 개인의 인지, 정의적 측면의 수준을 실시간으로 확인하고, 확인한 내용을 분석하여 이를 바탕으로 학습자의 수준을 예측하고 피드백하는 기술을 기반으로 하여 학습자가 자신의 수준에 맞게 스스로 학습을 설계 및 수행해 나가도록 돕는 교수-학습을 개인 맞춤형 학습이라고 볼 때, 인공지능 교육시스템을 활용하여 학생이 메타인지 능력을 기르고 메타정의 경험을 하였다라는 결과는 인지적, 정의적 측면에서 학생이 스스로의 학습을 자신에 맞게 수행해 나갈 수 있도록 돕는다는 측면에서 개인 맞춤형 학습이 가능하게 할 수 있었다.

셋째, 인공지능 교육시스템에서의 분석 및 예측 기능은 학생의 학습 내용을 분석하고 예측함으로써 학생들에게 각 개인의 정보를 빠르게 전달해 주고, 스스로 부족한 부분을 깨닫고 보충하도록 동기부여 함으로써 자기 주도적 학습이 가능하게 하였고, 이는 개인 맞춤형 학습에 기여하였다. 인공지능 교육시스템에서는 학생들이 학습하는 내용이나 문항에 대한 반응 등을 분석하여 AI생활기록부로 제공해 주거나 추천 학습의 형태로 보충할 수 있는 콘텐츠를 제시해 주기도 한다. 이렇게 추천 받은 내용이 재미있었다는 학생도 있었고, 그것을 중심으로 학습하여 부족한 부분을 보충할 수 있었다는 긍정적인 반응을 보인 학생도 있었는데, 이러한 응답을 한 학생들이 전체의 약 70.8%를 차지하였다. 특히 지면으로 학습할 때보다 자신이 학습한 내용에 대한 결과를 즉각적으로 피드백 받을 수 있고, 보상 또한 제공되기도 하니 이러한 측면에서 흥미를 느끼면서 학습에 대한 동기부여를 받았다는 학생도 있었다. 또한 AI 생활기록부를 통해 학생들의 데이터를 분석하여 제시함으로써 학생들이 스스로 자신이 잘하는 부분과 부족한 부분을 깨닫게 해주었고, 깨달은 내용을 바탕으로 스스로 보충 학습을 했다는 학생들의 반응을 통해 인공지능 교육시스템이 메타인지를 가능하게 하였고, 메타인지를 통해 자기 주도적 학습을 위한 동기부여가 가능했음을 알 수 있었다. 자기 주도적 학습은 학생이 스스로 자신의 요구에 맞게 목표를 정하고 학습 내용을 선택하여 학습하게 한다는 점에서 개인 맞춤형 학습에 기여한다.

넷째, 인공지능 교육시스템에서 피드백 및 콘텐츠 제공 기능은 학생 스스로 자신의 요구에 맞게 선택하여 학습할 수 있게 함으로써 개인 맞춤형 수학 학습이 가능하게 하였다. 학습자들은 인공지능 교육시스템 활용 시에 스스로 학습하고 싶은 내용을 선택하여 학습했다고 응답했다. 인공지능 교육시스템에서 제공하는 다양한 콘텐츠는 학생들에게 선택권을 보장해 주고, 이는 학생들의 내재

동기를 높이는데 기여할 수 있으며, 학습자의 자기 조절 학습에도 효과적일 수 있다. 또한 학습을 스스로 설계하고 선택하여 실행하는 과정은 수준별 학습, 개별화 학습보다 더 학습자의 요구와 필요에 맞춘 학습을 실시한다는 점에서 개인화 학습에 가깝다고 볼 수 있다. 인공지능 교육시스템의 다양한 문항, 동영상, 교육 콘텐츠는 학생 스스로 자신의 요구에 맞게 선택하여 학습할 수 있는 선택권을 보장함으로써 학생 스스로 학습하도록 내재동기를 높이고 자기 조절 학습을 가능하게 하여 개인 맞춤형 학습에 기여할 수 있다.

한편, 학생들의 반응을 통해 인공지능 교육시스템을 활용한 개인 맞춤형 수학 학습이 가능하기 위해 앞으로 더욱 보완되어야 할 사항 또한 발견되었다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 다음을 제언한다.

인공지능을 기반으로 한 교육에 대한 연구가 많이 진행되어 왔고, 인공지능 교육시스템도 계속해서 개발 및 발전되어오고 있지만, 아직도 시스템 상의 오류 등이 있을 수 있고, 학생들이 학습하는 데 있어 불편한 점들이 발견되기도 하였다. 예를 들어, 학습자 개인에 완벽하게 맞춤식으로 학습 콘텐츠를 제공하거나 문항을 제공하는 것이 아니고 오류가 있는 경우도 있었고, 실수로 화면을 넘기거나 했을 때 되돌아가는 기능이 없어서 학생들이 학습하는 데 있어 불편했거나 좌절감을 느끼는 경우도 있었다. 또한 풀지 않은 문제에 대해 표시해주는 기능이 없어서 문제를 못 풀고 넘어가서 틀리게 된 경우, 피어쓰기를 표시해 주는 기능이 없어서 피어쓰기를 잘못하여 틀리는 경우도 있었다. 인공지능 교육시스템을 활용하여 개인 맞춤형 수학 학습을 성공적으로 실현하기 위해서는 이렇게 세부적으로 필요한 기능을 추가하거나 개선할 필요가 있다. 앞으로 좀 더 정교하고 세밀한 인공지능 교육시스템의 개발이 필요할 것이다.

또한 인공지능 교육시스템으로 제공된 문항의 수준에 대해 만족하지 못하는 학생들도 있었는데, 개인 맞춤형 수학 학습을 위해 인공지능 교육시스템이 효과적으로 활용되기 위해서는 제공되고 있는 학습 콘텐츠 측면에 있어서도 정확한 내용인지, 다양한 수준의 내용인지 등에 대해 좀 더 면밀히 검토하고, 다양한 콘텐츠를 계속해서 개발하여 추가하는 것이 필요하다. Kim과 Cho (2022)는 현재 AI 기반 플랫폼에서 제공하고 있는 맞춤형 학습에서 수학적 사고를 필요로 하는 다양한 수준의 문제 부족이 문제점으로 지적되고 있다(Chang & Nam, 2021; Lim et al., 2021; Park, 2020a)고 하면서 진정으로 수학적 탐구가 가능하게 하는 개인 맞춤형 학습 환경이 제공되는 방향으로 나아가야 함을 제언하였다. 이러한 선행연구 내용과 본 연구의 결과를 종합해 보면, 인공지능 교육시스템을 활용한 진정한 개인 맞춤형 학습을 실행하기 위해서는 다양한 유형과 수준의 문항이 보충되어 학생들의 선택권을 보장해 주는 것이 필요함을 알 수 있다.

인공지능 교육시스템이 학생과 상호작용하면서 메타정의 경험에 긍정적 영향을 줄 가능성이 있음을 엿볼 수 있었지만, 학생들의 설문 응답 중에 AI가 내 마음(감정)을 잘 헤아려 준다고 생각했는지에 대해 묻는 문항에 대해 평균이 다른 문항에 비해 상대적으로 낮은 점수로 도출되어 인공지능 기반 기술이 아직까지는 인간의 마음과 감정을 다루는 데 있어서 개선되어야 할 부분이 있음을 도출할 수 있었다. 온라인 학습 상에서 메타정의 경험을 위한 전략 개발의 필요성을 언급한 연구(Kim, 2021)와 인공지능이 수학 학습을 효과적으로 지원하기 위해 정의적 측면에 있어 기술을 고도화해야 한다는 입장(Park, 2020b; Son & Ko, 2021) 등을 고려한다면, 개인 맞춤형 수학 학습을 실행하기 위한 인공지능 교육시스템 구현을 위해 인간의 마음과 감정을 공감해 주며 학생들의 메타정의 경험에 긍정적 영향을 줄 수 있는 시스템의 더욱 정교한 개발이 필요할 것이다.

앞으로 더 세밀한 인공지능 교육시스템에 대한 개발과 다양한 콘텐츠의 추가로 인공지능 교육시스템이 계속해서 발전되고, 이러한 시스템의 적용에 대한 연구가 지속된다면 개인 맞춤형 수학 학습을 위해 인공지능 교육시스템이 더욱 적극적으로 활용될 수 있으리라 생각한다. 이는 학습자 개인의 수학 학습 수준을 확인하고, 학습 결손을 예방하거나 이를 보완함으로써 학습자 맞춤형 교육체계를 구축하는데 기여할 수 있을 것이다.

References

- Bray, B., & McClaskey, K. (2014). *Make learning personal: The what, who, wow, where, and why*. Corwin Press.
- Cevikbas, M., & Kaiser, G. (2022). Promoting personalized learning in flipped classrooms: Systematic review study. *MDPI*, *14*(18), 11393. <https://doi.org/10.3390/su141811393>
- Chang, H. W., & Nam, J. H. (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>
- Choi, S. Y. (2022). *Development of an instructional design model for elementary mathematics classes for elementary mathematics classes based on an artificial intelligence education system* [Master’s thesis, Seoul National University]. https://dcollection.snu.ac.kr/public_resource/pdf/000000169790_20230708201423.pdf
- Ee, J. H., & Huh, N. (2020). Developing adaptive math learning program using artificial intelligence. *East Asian Math.* *36*(2), 273-289. <http://dx.doi.org/10.7858/eamj.2020.018>
- Kim, H. K., Park, C. S., Jeong, S. H., & Ko, H. K. (2018). A view on complementary relation of human teacher and AI teacher in future education. *Journal of Education & Culture*, *24*(6), 189-207. <https://doi.org/10.24159/joec.2018.24.6.189>
- Kim, S. H. (2019). Delphi study on the concept and the teaching and learning methods of meta-affect in mathematics. *Journal of Educational Research in Mathematics*, *29*(2), 321-338. <https://doi.org/10.29275/jerm.2019.5.29.2.321>
- Kim, S. H. (2021). Development and application of meta-affect learning strategies in mathematics. *School Mathematics*, *23*(4), 593-615. <https://doi.org/10.29275/sm.2021.12.23.4.593>
- Kim, S. Y., & Cho, M. K. (2022). AI-based educational platform analysis supporting personalized mathematics learning. *Communications of Mathematical Education*, *36*(3), 417-438. <https://doi.org/10.7468/jksmee.2022.36.3.417>
- Kim, T. R., Ryu, M. Y., & Han, S. W. (2020). Framework research for AI education for elementary and middle school students. *Journal of The Korean Association of Artificial Intelligence Education*, *1*(1), 31-42.
- Lee, H. G. (2023). *Development of data-based personalized instruction design principals using artificial intelligence education system: Focusing on elementary school mathematics* [Master’s thesis, Seoul National University]. https://dcollection.snu.ac.kr/public_resource/pdf/000000176418_20230708201501.pdf
- Lee, J. H., & Lee, J. S. (2009). The relationship between metacognition and self-regulated learning abilities of gifted students: The mediating effect of self-determined motivation. *Secondary Education Institute*, *57*(1), 89-114.
- Lee, W. S., Chun, J. Y., Lee, Y. M., Park, K. S., & Parck, S. R. (2022). Contrastive learning for knowledge tracing. *WWW '22: Proceedings of the ACM Web Conference 2022*. 2330-2338. <https://doi.org/10.1145/3485447.3512105>
- Lim, M. I., Kim, H. M., Nam, J. H., & Hong, O. S. (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>
- Lim, W., & Park, M. M. (2021). AI-based mathematics education: A review of issues in international research. *Korean Association of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, *21*(14), 621-635. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2021.21.14.621>
- Ministry of Education (2022). *2022 Revised curriculum: General introduction*. Ministry of Education.
- Office of Educational Technology U.S. Department of Education (2010). *Transforming American education: Learning technology plan*. retrieved from <https://www.ed.gov/sites/default/files/netp2010.pdf>
- Park, M. G. (2020a). The trends of using artificial intelligence in mathematics education. *The Journal of Korea Elementary Education*, *31*(Supplement), 91-102. <https://doi.org/10.20972/kjee.31..202008.91>
- Park, M. G. (2020b). 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>
- Peng, H., Ma, S., & Spector, J. M. (2019). Personalized adaptive learning: an emerging pedagogical approach enabled by a smart learning environment. *Smart Learning Environments*, *6*(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40561-019-0089-y>
- Seong, T. J., & Si, K. J. (2006). *Research methodology*. Hakjisa.
- Shin, D. J. (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>

- So, Y. H. (2007). Does choice improve motivation to learn? -Current issues in research on the effects of choice and its implications- *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 19(1), 77-96.
- Son, B. E., & Ko, H. K. (2021). Exploring the conceptual elements and meaning of meta-affect in mathematics learning. *Communications of Mathematical Education*, 35(4), 359-376. <https://doi.org/10.7468/jksmee.2021.35.4.359>
- Wang, S., Christensen, C., Cui, W., Tong, R., Yarnall, L., Shear, L., & Feng, M. (2020). When adaptive learning is effective learning: comparison of an adaptive learning system to teacher-led instruction. *Interactive Learning Environments*, 31(2), 793-803. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1808794>

Authors' Information

Jihyun Sung, Seoul National University Elementary School, Teacher, 1st Author.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2764-0588>