

개별화 맞춤형 수학 학습을 지원하는 AI 기반 플랫폼 분석

김 세 영 (서강대학교, 연구교수)
조 미 경 (이화여자대학교, 강사)[†]

본 연구의 목적은 개별화 맞춤형 수학 학습을 지원하는 AI 기반 플랫폼 활용 시 고려해야 할 교수·학습에 관한 시사점을 제안하는 것이다. 이를 위해 국내·외 공교육에서 활용되고 있는 플랫폼 5개(똑똑!수학탐험대, 노리AI스쿨수학, 칸 아카데미, MATHia, CENTURY)를 분석대상으로 선정하여, AI 기반 수학교육 플랫폼이 개별화 맞춤형 학습을 지원하기 위한 세 가지 요소(PLP, PLN, PLE)를 어떻게 반영하고 있는지를 분석하였다. 그 결과, 각 플랫폼에서 구현하고 있는 PLP, PLN, PLE의 특징은 다양했지만, PLP와 PLN을 바탕으로 학습자가 자율적으로 학습에 대한 의사결정을 내릴 수 있는 PLE를 형성할 수 있도록 설계된 것으로 분석되었다. 본 연구의 의의는 AI 기반 수학교육 플랫폼을 활용하는 개별화 맞춤형 수학 학습에 대한 이해도와 실천 가능성을 높였다는 데에서 찾을 수 있다.

I. 서론

교육부가 2020년에 발표한 AI 교육 방향과 정책을 보면, 교육에서 AI를 활용하여 교수자 또는 학교 중심으로 이루어졌던 전통적인 학교 교육의 모습으로부터 학습자의 요구와 특성에 맞춘 교육 내용이나 방법이 결정될 수 있는 학습자 중심 교육 모습으로 변화하기를 기대하고 있다(관계부처 합동, 2020). 학습자 중심 교육의 실천은 개별화 학습(personalized learning)에 대한 논의와 함께 구체화할 수 있다(Watson & Watson, 2017). 개별화 학습이란 학습 속도와 교수 방식이 각 학습자의 요구에 최적화된 교수·학습으로, 학습자의 요구에 따라 학습 목표, 교수 접근, 교수 내용 및 순서 등이 다양화될 뿐만 아니라 학습자의 흥미를 바탕으로 또는 학습자 주도적으로 마련된 학습활동은 학습자에게 의미 있게 관련된다(U. S. Department of Education, 2017). 개별화 학습은 적응적 학습, 맞춤형 학습, 개인화 교수 등과 혼용되어 사용되기도 하지만, 이들은 학습자 중심의 학습 환경, 학습자의 특성과 요구를 반영한 교수·학습 경험, 학습 목표의 달성 지향을 공통적 속성을 지니고 있으며 가장 포괄적 범주로 개별화 학습이라 표현할 수 있다(임규연 외, 2021). 개별화 학습에서 학습자는 학습 목표를 달성하기 위해 자기주도적으로 학습을 구성해 나가므로 교실 내에서 모든 학생에게 동일한 학습과제, 동일한 교수·학습 방법, 동일한 속도로 가르쳤던 획일적인 집단중심의 전통적 학교 교육의 비효율성에 대한 해결책이 될 수 있어(박성익, 2008) 학습자 중심 교육 실천에서 빠트릴 수 없는 관점이다.

최근에는 테크놀로지의 발달이 학습자의 요구와 관심에 따른 맞춤형 교육을 가능케 하는 개별화 교육을 가속화시키고 있다. 또한, 테크놀로지의 활용은 전통적 학습 환경에서 실현하기 어려웠던 추가적 지원을 가능케 함으로써 효과적 학습이 이루어질 수 있음이 계속적으로 보고되고 있다. 수학 교과는 계열성이라는 특징을 기반으로 AI를 활용함으로써 단계적으로 이루어지는 교수·학습을 가장 활발하게 연구하고 있다(Holmes et al., 2020). AI를 기반으로 하는 수학 교수·학습에서는 학습자의 학습과 관련한 정보를 실시간으로 수집하고 분석하여 적합한

* 접수일(2022년 8월 25일), 심사(수정)일(2022년 9월 22일), 게재확정일(2022년 9월 26일)

* MSC2000분류 : 97U70, 97D40

* 주제어 : 개별화 수학 학습, AI 기반 수학교육, AI 기반 플랫폼, 인공지능 활용 교육

† 교신저자 : cmk0530@daum.net

학습경로를 자동으로 추천하거나 피드백을 제공할 수 있게 되면서 개별화 학습의 실현 가능성을 높이고 있다(박만구, 2020b; 박혜연 외, 2022; 신동조, 2020a; 임미인 외, 2021).

수학교육에서 개별화 수업을 위해 주로 적용되고 있는 AI 기술은 지능형 교수 시스템(Intelligent Tutoring System: ITS)이다. ITS는 학생에게는 각자의 수준에 맞는 학습자원을 제공하고, 교수자에게는 학생의 학습과정과 결과에 대한 정보를 제공하는 것에 초점을 둔다(임미인 외, 2021). 수학 교수·학습에서 주로 활용되는 단계형 ITS의 기본적 알고리즘은 학습자의 문제해결 성취결과에 따라 맞춤형 문제와 피드백을 지속하여 제공함으로써 만족할 만한 수준의 학습이 이루어지도록 돕는다(신동조, 2020a). 이는 학습자가 ITS를 기반으로 설계된 플랫폼을 이용하여 학습하는 과정에서 그 플랫폼을 사용하면서 남긴 기록을 데이터로 수집하고 그것에 기반한 의사결정이 이루어지는 것으로 어떤 데이터를 기반으로 개별 학습자에게 적응화 하는지를 중점적으로 고려한 관점(Vandewaetere & Clarebout, 2014)이다. 그러나 이러한 방식만이 AI 기반 교육의 전부는 아닐 것이다. 현재까지 우리나라에서 진행되어온 AI를 기반으로 하는 수학교육은 대부분 ITS의 기본적 알고리즘을 기반으로 한 방식을 중점적으로 다뤘은 경향이 있다(박만구, 2020b; 박혜연 외, 2022; 손태권, 2022; 이지혜, 허난, 2020; 임미인 외, 2021; 장혜원, 남지현, 2021). 이에 대해 임규연 외(2021)도 개별화 학습에 관한 국내연구들은 학습 과정에서 수집되는 데이터를 실시간으로 분석하여 학습을 적응적으로 지원하는 방식이 개별화 학습의 전부인 것으로 인식되는 상황을 지적하며, 테크놀로지를 기반으로 하는 개별화 학습의 설계에서 어떤 데이터를 활용하여 무엇에 대하여 언제, 누가 학습의 과정을 통제할 것인가를 통합적으로 고려하는 관점(Vandewaetere & Clarebout, 2014)이 필요함을 제안하였다.

한편, Montebello(2021)는 AI 기반 교육이 사용자의 상호작용을 강조하는 웹 2.0의 기술과 소셜 네트워크를 기반으로 지식을 공유하게 되면서, 교수자 중심이 아닌 학습자 중심의 관점에서 AI 기반 교육용 플랫폼을 활용할 수 있는 모델을 제안하였다. 그에 따르면, 기존의 온라인 학습 환경에서 시스템이 표준화된 교육과정을 학습자에게 일방적으로 제공하여 학습자가 느꼈던 고립감을 느끼지 않도록 학습자원을 중심으로 한 네트워크가 필요하고, 학습 과정 전반에 걸쳐 가능한 높은 수준의 동기가 유지될 수 있도록 학습자에 관한 데이터를 바탕으로 학습 경험이 구성되어야 하며, 이러한 특징들을 바탕으로 학습자에게 개별화 및 맞춤형 학습 환경이 제공되어야 할 필요가 있다.

최근 수학교육 분야에서 AI 기반 수학교육용 플랫폼에 적용된 기술, 교육적인 특징과 교수·학습 지원 도구로서의 활용 가능성을 탐색하는 연구들이 지속되고 있다(박만구, 2020b; 박만구 외, 2020; 박혜연 외, 2022; 장혜원, 남지현, 2021; 한상지 외, 2022). 이들은 공교육과 사교육에서 활용되고 있는 국내·외 AI 기반 수학교육용 플랫폼의 주요 기능을 분석하여 교수가 활용할 수 있는 방안을 제안하였으므로 AI를 활용한 개별화 맞춤형 수업의 실천적 시사점을 제공하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 개별화 맞춤형 학습 중 학습 성취결과를 토대로 맞춤형 문제풀이의 기회가 제공되는 일부분만을 이해했을 뿐, 이를 구성하는 구체적 요소에 대한 이해의 틀을 제공하는 데까지는 이르지 못하였다는 한계가 있다. 또한, Montebello(2021)가 제안한 관점에서 보면, 학습성취결과에 따라 맞춤형 문제와 피드백을 제공하는 방식의 AI 기반 수학 교수·학습은 개별화 맞춤형 수학 수업에 필요한 요소를 제대로 고려하지 못하였을 가능성을 시사한다. 이에 본 연구에서는 Montebello(2021)가 제안한 개별화 맞춤형 학습의 세 가지 요소를 바탕으로 AI 기반 수학교육용 플랫폼의 특징을 분석하고, 이를 통해 개별화 맞춤형 수학 학습을 지원하기 위해 AI 기반 플랫폼을 활용할 때 고려해야 할 교수·학습에 관한 시사점을 도출하고자 한다.

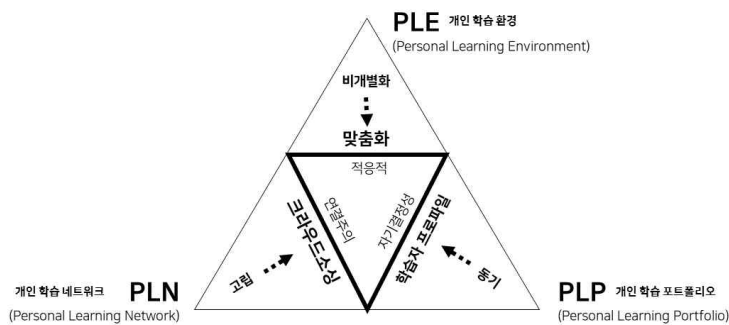
II. 연구의 배경

1. 이론적 배경

학습자 개인의 요구와 수준을 고려한 학습은 교육계의 오랜 관심 주제였다. 학습자의 지식 숙달을 강조한 Skinner(1968)의 프로그래밍 교수(programmed instruction) 모델, 개별화된 학습의 효과성을 강조했던 Bloom(1984)의 연구는 오늘날 개별화 된 맞춤형 교육의 초석이다(Root & Rehgedt, 2021). 특히, 웹 2.0, AI 기술과 같은 테크놀로지의 발전은 맞춤형 학습에 대한 관심과 실천을 가속화시켰고, 이는 개별화된 학습 경험의 지원을 일컫는 ‘개인 학습 환경(Personal Learning Environment, PLE)’의 개념으로 이해할 수 있다.

PLE는 맞춤형 학습 환경을 구현하기 위해 AI 기술을 사용하는 것으로 정의되며(Miller & Goldstein, 1977), 학습자 개인이 중심이 되어 인터페이스 내에서 맞춤형된 교육을 경험하는 디지털 학습 환경을 의미한다. 더 나아가, 클라우드소싱과 소셜 네트워크의 등장으로 인해 PLE가 학습자들이 서로 관계를 맺으며 지식을 공유·구축하는 사회적 네트워킹 도구와 경험을 포함하게 되었고, 이에 따라 PLE는 개인적이면서도 공동체로서의 정체성을 지니게 되었다(Dabbagh & Castaneda, 2020).

이와 같은 PLE의 맥락을 반영하여 Montebello(2021)는 AI 기반의 개별화 맞춤형 학습 모델을 PLE, 개인 학습 네트워크(Personal Learning Network, PLN), 개인 학습 포트폴리오(Personal Learning Portfolio, PLP)의 요소로 구성된 삼각형 구조로 [그림 II-1]과 같이 제안하였다. 그는 온라인 교육에서 오랫동안 문제점으로 지적되었던 학습자의 동기 문제, 고립감, 비개별화 등의 이슈를 AI를 통해 해결할 수 있을 것이라는 기대를 바탕으로, 학습자 프로파일, 클라우드소싱, 맞춤형 기술이 통합되어 구현되는 AI 기반 학습자 개별화 맞춤형 학습 요소를 제안하였다.



[그림 II-1] AI 기반 개별화 맞춤형 학습의 요소 (Montebello, 2021, p.109)

[그림 II-1]에서 제시하고 있는 AI 기반 개별화 맞춤형 학습 요소를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

가. PLP

PLP는 학습자의 관심사, 경험과 성취도 등이 디지털로 구현된 학습자 프로파일로, 학습자의 관심사와 학습 경험에 관한 정보가 지속적으로 포착되어 구현되는 역동적인 포트폴리오이다(Montebello, 2021). 학습자에 관한 인지적, 정의적 정보는 학습자와 ITS와의 상호작용을 통해 끊임없이 수집되어 PLP에 반영된다(신동조, 2020a).

이러한 개인 학습자의 PLP를 활용해 교수자는 학습자의 학습 선호도 분석, 학습 콘텐츠 선택, 학습자 관심사와 관련된 예시 제공, 학습자에게 적합한 평가 방법 선택 등 맞춤형된 교수전략을 수립할 수 있다(Montebello, 2021).

이처럼 PLP에는 학습자 개인의 관심사와 선호도, 강점과 약점, 학습에서의 어려움 등이 반영되고, 학습자 프로파일링 과정을 통해 지속적으로 업데이트되는 PLP는 학습자가 자신의 학습 과정을 통제할 수 있는 자율성을 경험하고 학습동기를 가질 수 있도록 지원한다. 이는 인간이 자신의 행동을 스스로 선택함으로써 만족감을 느끼고 내재적 동기가 생긴다고 보는 자기결정성(self-determination) 이론으로부터 접근할 수 있다(Montebello, 2021). 그동안 이러닝에서는 온라인 학습 환경에서 학습자가 스스로 학습 동기를 유지하는 어려움을 겪거나 중도탈락을 하는 등의 문제점이 지적되어 왔는데(배영주, 2010; 허가을, 이동성, 2021), Montebello(2021)는 AI 기반의 학습자 프로파일링을 통해 학습자의 자기결정성을 높이는 것이 이같은 학습 동기 문제를 해결할 수 있을 것이라 하였다.

PLP의 대표적인 사례로 학습자 대시보드(dashboard)를 꼽을 수 있다. 대시보드란 학습분석학(learning analytics)을 기반으로 학습자에게 학습 과정과 성과를 시각적으로 보여주는 맞춤형된 정보로 정의된다(임규연 외, 2020). 학습자는 대시보드에서 제공되는 학습활동의 빈도, 진도, 접속 시간 등에 대한 정보를 통해 자신의 PLP를 확인하고, 교수자의 피드백이나 다른 학습자와의 학습 현황 비교 정보 등을 보며 학습 과정을 객관적으로 성찰하는 기회를 가진다(임규연 외, 2017). Kashive 외(2021)는 성인 학습자를 대상으로 한 연구에서 학습자들이 PLP에 대해 긍정적으로 인식할수록 인지된 학습성과 역시 긍정적이었음을 보고하며, PLP가 학습자의 자기주도학습과 학습효과를 촉진하는 실질적인 도구가 될 수 있음을 강조하였다. 이는 학습자 프로파일에 따라 빠르게 반응하는 맞춤형 학습 경험 및 학습자의 성찰을 지원하는 PLP가 학습자의 학습 동기를 높일 뿐만 아니라 학습성과에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 또한, Christopoulos 외(2020)는 초등학교 3학년 수학 수업에서 대시보드를 통해 얻은 문제해결의 수행에 관한 정보(문제해결에 걸린 시간, 점수, 정답을 맞힌 수 등)를 이용하여 학습에 제대로 참여하지 못하거나 추가적 도움이 필요한 학습자를 선별해 내어 도울 수 있었고, Edson과 Phillips(2021)는 대시보드를 활용하여 7학년 학생들의 수학적 사고에 관한 정보를 실시간으로 수집하여 즉각적 피드백을 제공할 수 있음을 보여주었다. 따라서 PLP는 학습자에게는 학습 동기를 높이고 성찰을 촉진하는 도구로, 교수자에게는 개별화 맞춤형 수업을 위한 의사결정을 지원하는 도구로 활용될 수 있음을 알 수 있다.

PLP에 관한 논의를 종합해보면, PLP는 실시간으로 수집되어 누적되는 학습 데이터를 기반으로 학습자의 모든 학습 과정을 명확하게 보여주고 학습자의 잠재력과 역량 수준을 최적의 방식으로 표현할 수 있어야 한다. 더 나아가, 학습자는 PLP를 기반으로 실제 자신의 학습 경험에 대해 성찰할 수 있어야 할 것이다.

나. PLN

맞춤형 학습을 위해서는 개인화된 학습 공간뿐만 아니라 지식 공유와 협력적 지식 창출을 위해 개인과 개인을 연결하는 수단인 PLN이 제공되어야 한다(Harding & Engelbrecht, 2015). PLN은 학습자가 동료 학습자들과 정보와 아이디어를 공유, 기여, 생성할 수 있는 네트워크를 의미하는데, 전문적인 정보와 자원의 연결 과정이 곧 학습이라고 보는 연결주의(connectivism) 이론으로 설명할 수 있다. 크라우드소싱, 소셜 네트워크와 같은 웹 2.0 테크놀로지는 학습자가 자신만의 PLN을 형성하여 집단 지식 생성에 참여할 수 있도록 지원하였고(Dabbagh & Castaneda, 2020), PLN을 바탕으로 학습 참여가 더욱 쉬워지면서 학습 동기가 증진되고 학습이 촉진되었다(Montebello, 2021).

학습자는 PLN에서 웹 자원, 크라우드소싱된 지식 등 학습자원에 자유롭게 접근하여 정보를 수집하고 자신만의 성찰을 담은 지식을 생성할 수 있어야 하며, 자신이 수집하고 습득한 지식과 정보를 토론, 동료 피드백, 공동 작업 등을 통해 다른 학습자들과 공유할 수 있어야 한다(Dabbagh & Castaneda, 2020). PLN에서 학습자는 자신

만의 가상의 정체성을 만들고, 소셜 네트워크를 통해 자원에 접근하여 자신의 관심사에 대한 정보를 습득하며, 더 나아가 다른 사람들에게 유용하거나 흥미로운 정보를 발견할 때 이를 공유, 추천, 제안하는 등 지식과 정보 생성에 기여한다(Arsarkij & Laohajaratsang, 2021). Ivanova(2009)도 학습 네트워크를 형성할 때 학습자들이 지속적으로 지식, 통찰력, 경험에 기여하도록 자극하는 것이 중요하다고 하였다. 따라서 개별화 맞춤형 수업에서는 PLN을 통해 학습자가 네트워크로 연결된 다른 학습자들과 지식을 공유하고 지식 구축을 위한 협력에 기여할 수 있도록 하는 것이 중요함을 알 수 있다.

AI 기술은 PLN 구축을 정교화함으로써 학습자들이 자신의 역량을 공유하는 프로세스를 촉진하였다. Darvishi 외(2022)는 학습과제에 대해 동료 학습자 간 신뢰성 있는 피드백을 제공할 수 있는 AI 기반 동료평가 시스템을 제안함으로써 PLN이 실제 수업 현장에서 어떻게 구현, 적용될 수 있는지에 대한 경험적 통찰을 제시하기도 하였다. 즉, PLN에서의 경험을 통해 학습자는 고립되지 않고 학습 네트워크의 일부로서 활동할 수 있으며 긍정적 교육 생태계를 경험하며 공동체 의식을 느끼게 된다(Montebello, 2021). 따라서 이러한 문제점으로 지적했던 고립감의 문제(김희영, 정우영, 2021; 정용균, 김중렬, 2018)는 PLN을 활용함으로써 해결할 수 있을 것이라 기대할 수 있다.

다. PLE

마지막 구성요소인 PLE는 전체 학습 경험을 개별화하는 맞춤형 학습 환경으로 PLN과 PLP를 통합한다. PLE는 자기조절 기반의 디지털 학습 공간으로, 사용자 인터페이스를 '개인(나)'에 맞춤화하고 웹 공간에서의 사회적 참여를 통한 '우리'를 강조한다(Dabbagh & Castaneda, 2020). PLE는 각 학습자의 구체적이고 고유한 요구사항을 고려하여 교수학습 내용을 적응적으로 학습자에게 제공하는 적응적 학습(adaptive learning) 이론에 기반하며, 개별화된 지능형 인터페이스 내에서 학습자가 실시간으로 맞춤화된 교육을 경험함으로써 확실히 전달되는 비개별화의 문제를 해결할 수 있다.

학습자가 선호하고 편안하게 학습할 수 있도록 심미적, 콘텐츠적, 기능적으로 개인화된 인터페이스를 구성하는 것이나 PLN과 PLP의 데이터를 증거로 활용하여 교육과정을 실시간으로 생성·제공하는 것 등이 PLE에 해당된다(Montebello, 2021). 개별화 맞춤형 학습이 이루어지기 위해서 학습자는 자신의 개인적인 선호에 따라 PLE를 통제하고 조절(Sahin & Uluyol, 2016)할 수 있어야 한다. 이러한 자기통제가 반영된 대표적 측면이 바로 개인화된 인터페이스의 구성이다. 또한, PLE가 지향하는 맞춤형 학습의 핵심은 바로 적응적 교육과정의 생성이다. 적응적 교육과정을 기반으로 한 PLE는 학습자에게 실시간으로 맞춤화된 학습 목표와 교육 경로를 전략적으로 안내해야 한다(Dabbagh & Castaneda, 2020).

Shin(2021)은 수학예비교사가 설계한 수업안에서 ITS(Intelligent Tutoring System)를 활용하여 PLE를 구현하는 방법을 분석하였다. 예를 들어, 학습 과정 데이터를 활용하여 학생들이 가장 많이 어려워한 부분을 파악하여 맞춤형 수업을 진행하거나 협력활동 촉진을 위해 학습 데이터에 기반해 그룹 구성원들을 매칭하는 등 보다 적극적으로 ITS를 활용해 맞춤형 수업을 구현하는 유형이 나타났다. 이들은 AI 기반 플랫폼에서 수집한 학습 데이터의 특성에 맞추어 맞춤형 수업을 설계한 것으로, PLP를 활용해 PLE를 구현한 것으로 볼 수 있다. 또한, 신동조(2020b)는 예비수학교사가 선다형 및 단답형 문항처럼 정형화된 문항의 채점에서 AI를 활용함으로써 학습 분석에 기초한 개별화 학습의 가능성과 서술형에 기반을 둔 과정중심평가에서 학생의 다양하고 독창적인 답안은 교사가 직접 평가함으로써 학습 상황에 대한 이해가 동시에 필요함을 인식하고 있는 것으로 나타났다. 이는 AI 기반 플랫폼에서 제공해주는 학습 데이터의 특성과 교수자의 평가 결과를 통합함으로써 수학학습의 권한을 시스템에게만 부여하는 것이 아니라 교수자가 함께 조절할 수 있도록 도와 학습자 맞춤형 학습의 실현을 도와줄 수 있다고 인식하는 것으로 볼 수 있다. 앞서 제시한 연구들은 적응적 맞춤형 교육과정을 제공함으로써 PLE를 형성하도록 지원할 수 있음을 보여주었고, 이는 과거 온라인 기반 학습에서 교육 내용과 교육 방법의 비개별화로 인해 발생했

던 학습자들의 불만족 문제(주영주 외, 2007)를 해결할 수 있을 것이다.

지금까지 살펴본 바와 같이, Montebello(2021)의 모델은 PLE, PLN, PLP를 기저 학습이론 및 AI 기술과 함께 제시해줌으로써 맞춤형 학습경험의 제공을 위해 어떠한 요소를 고려해야 하는지에 대한 이론적 프레임워크를 제시하였다는 점에서 의의가 있다. 따라서 이 모델을 AI 기반 교육을 위한 교수설계의 프레임워크로 활용한다면, 현재 AI 기반 교육 플랫폼들이 학습이론에 대한 깊이 있는 이해를 반영하지 못하고 있다는 지적(최숙영, 2021)에 대한 대안이 될 수 있을 것이다. 특히, 기존의 수학교육에서의 AI 활용이 학생 개인별 수준 진단에 따른 학습 처방이 주요 초점이었던 것으로부터 개인적이면서도 공동체적 특성을 모두 반영한 PLE의 관점으로 AI 기반 개발화 맞춤형 수학 학습에 대한 시각을 확장해 준다는 점에서 의미가 있다고 하겠다. 본 연구에서는 Montebello(2021)의 모델을 기반으로 AI 기반 수학교육용 플랫폼들이 개발화 맞춤형 학습을 촉진하는 요소를 어떻게 반영하고 있는지 체계적으로 분석함으로써 학교 현장에서 개발화 맞춤형 수학 수업을 실행할 때 고려할 측면에 관한 아이디어를 도출하고자 한다.

2. 연구방법 및 절차

본 연구는 국내·외에서 활발하게 활용되고 있는 AI 기반 수학교육용 플랫폼들이 개발화 맞춤형 학습을 위한 요소들을 반영하고 있는지 분석하였다. 이를 위해 <표 II-1>과 같이 Montebello(2021)가 제안한 AI 기반 개발화 맞춤형 학습 요소 PLP, PLN, PLE를 분석기준으로 선정하여, 각 플랫폼이 <표 II-1>의 개발화 맞춤형 학습을 위한 세부 기준들을 포함하고 있는지를 분석하였다.

<표 II-1> 분석기준

요소	기준	내용	적용 예시
PLP	P1	학습자가 경험한 모든 학습 과정과 성과를 명확하게 보여주는가?	학습활동 완료 현황, 학습시간, 퀴즈/시험 점수, 포스팅/댓글 수, 출결사항 등
	P2	학습자의 학습 과정과 성과에 대해 성찰할 수 있도록 지원하는가?	동기부여를 위한 배지 기능, 학습 현황에 대한 학습자 간 비교, 인지적·정서적 피드백 등
PLN	N1	학습자원에 자유롭게 접근할 수 있고 지식을 생성할 수 있는가?	다양한 방식으로 학습자료의 제공
	N2	동료 학습자들과 아이디어나 정보를 공유, 기여, 생성할 수 있는가?	토론, 동료 피드백, 협력과제 등
PLE	E1	학습자 개인의 선호에 따라 학습에 참여할 수 있도록 개인화된 인터페이스를 구성할 수 있는가?	아바타 설정, 메뉴 설정, 콘텐츠 제시방식 설정 등
	E2	PLN과 PLP의 데이터를 바탕으로 적응적으로 교육과정을 생성하여 맞춤형 콘텐츠를 제공하는가?	학습결과에 따른 시스템의 학습경로 추천, 교수자의 콘텐츠 추천 등

또한, 분석대상은 국내·외 공교육에서 활용되고 있는 플랫폼 5개(똑똑!수학탐험대, 노리AI스쿨수학, 칸 아카데미, MATHia, CENTURY)를 선정하였다. 똑똑!수학탐험대는 국내 공교육을 위한 최초의 초등수학교육 플랫폼이고(임영빈 외, 2021; 장혜원, 남지현, 2021), 노리AI스쿨수학은 미국 공교육에서 먼저 각광 받은 후(부산광역시교육청, 2019) 한국 공교육에서 활용되는 버전을 출시한 플랫폼이다. 칸 아카데미는 20개국 이상의 언어를 제공하고 있어 국내 공교육을 포함해 전세계적으로 활발하게 사용되고 있다(조현국, 2021). MATHia는 미국 공교육에서 활발하게 활용되고 있고 2019년 미국 EduTech Awards에서 '최고의 인공지능 솔루션'으로 선정된 바 있으며(이재경, 권선아, 2021), CENTURY는 영국 공교육에서 사용되고 있는 대표적인 플랫폼으로 알려져 있다(The Telegraph, 2020.3.5).

선정한 플랫폼들은 플랫폼의 접근성에 따라 두 가지 방식으로 분석하였다. 첫째, 똑똑!수학탐험대, 노리AI스쿨수학과 칸 아카데미는 교사 및 학생 아이디로 연구자가 직접 로그인하여 플랫폼의 각 기능을 직접 탐색하여 분석하였다. 둘째, 국외 플랫폼 중 유료 버전으로 직접 로그인하기 어려운 MATHia와 CENTURY는 해당 플랫폼의 사용자 매뉴얼(동영상, pdf 자료), 관련 연구, 기사 등을 참고하여 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

본 연구는 개별화 맞춤형 수학 학습을 지원하기 위해 AI 기반 플랫폼을 활용할 때 고려해야 할 교수·학습에 관한 시사점을 도출하기 위하여 Montebello(2021)의 개별화 맞춤형 학습 모델의 세 가지 요소(PLP, PLN, PLE)의 측면에서 AI 기반 플랫폼의 특징을 분석하였다.

1. 똑똑! 수학탐험대

똑똑! 수학탐험대(이하 수학탐험대)는 즐거운 수학 공부 경험을 제공하고자 게이미피케이션(gamification)의 원리를 기반으로 구성된 콘텐츠와 교육과정 순서에 따라 문제를 풀이한 학습 데이터의 결과에 따라 맞춤형으로 개별화 학습을 돕는 콘텐츠로 구성되어 있다. 이 콘텐츠 중 게이미피케이션의 원리를 기반으로 구성된 콘텐츠(인공지능 추천활동, 탐험활동, 자유활동)는 학생이 주도적으로 활용하는 콘텐츠로 수업 중 학습활동을 모두 마친 후의 자유시간이나 가정에서 자율적으로 활용(장혜원, 남지현, 2021)할 수 있는데, 학년에 상관없이 참여할 수 있는 탐험활동은 지도위에 제시된 전체 과제를 순서에 따라 완료하면 멸종 위기 동물을 구할 수 있도록 상황을 설정하여 학습자의 흥미를 유발하였다. 또한, 학습 데이터 분석에 기초하여 제공되는 맞춤형 콘텐츠(교과활동, 교구, 평가)는 교사가 주도적으로 수업 중에 지시 또는 안내하여 학생들이 사용할 수 있다(장혜원, 남지현, 2021).

수학탐험대에서 찾아볼 수 있는 PLP의 측면은 실시간으로 문제해결의 성취결과에 대한 정보를 즉각적으로 제공할 뿐만 아니라 학습자 대시보드를 통해 단원별 성취도, 학습일자별 및 학습활동별 학습시간 등 학습완료 현황에 관한 정보를 시각화하여 제공한다는 점이다(P1). 또한, '교과활동', '인공지능 추천활동', '탐험활동'에서 보상으로 금화와 보석을 모을 수 있고, '탐험활동'에서 나라별로 제시된 과제를 모두 해결하면 캐릭터 카드와 같은 멸종위기 동물의 카드를 얻을 수 있다. 활동을 많이 할수록 보상은 더 받을 수 있고 보상으로 수집한 금화와 보석을 이용하여 동물카드의 동물을 성장 또는 진화시킬 수 있는데, 이처럼 보상을 활용하는 것은 학습자의 학습동기를 높이는 데 도움이 될 것이다(P2). 대시보드를 통해 [그림 III-1]처럼 학생이 활동을 통해 수집한 재화 보상의 목적과 사용한 재화의 목록을 종합적으로 보여주는 것은 학생 스스로 본인의 상태를 확인 및 점검하게 함으로써 자신의 행동을 조절하고 결정하도록 도울 것이다.

2. 노리AI스쿨수학

노리AI스쿨수학은 우리나라의 공교육 활용 버전에서는 문제풀이의 방식으로 콘텐츠를 제공한다. 각 레슨은 기본문제와 과제문제로 구성되어 있다. 기본문제는 해당 소단원에서 학습해야 할 기본 개념 문제를 학습자의 난이도별로 상, 중, 하로 다르게 제공되고, 과제문제는 기본문제에서 틀린 문제의 쌍둥이 문제를 다시 풀어 복습의 기회를 제공하고 문제의 중요도와 학생의 문제풀이 패턴에 따라 학습자별 맞춤형 문항들을 추가로 제공한다. 이렇게 플랫폼에서 제공하는 문제의 해결 과정과 성취결과를 실시간으로 보여주는 학습자 대시보드에서는 각 레슨에서 제공하는 총 문제 수에서 정답을 맞힌 문항 수, 모든 문제를 해결하는 데 걸린 시간, 문제를 한 번에 맞혔는지 아닌지 등에 대한 정보와 문제별 내용과 정오답에 대한 성취결과를 보여준다(P1). 또한, [그림 III-3]처럼 일주일 동안의 학습정보를 토대로 리그레벨을 부여하고, 꺾은선 그래프를 이용하여 참여날짜에 따라 학습성과의 변화를 시각적으로 보여준다. 또한, 학급성과 점수를 이용하여 학급 내 리그점수의 위치도 보여줌으로써 학급 내 다른 학습자의 학습 현황과 자신의 학습 현황을 비교할 수 있는 정보를 제공하여 학습 과정을 객관적으로 성찰하도록 돕는다(P2). 그러나 어떤 학습자에게는 자신의 목표 달성 여부만이 중요하고 다른 학습자와의 상대적 비교에 관한 정보를 궁금해하지 않기도 한다. 따라서 PLP가 학습자의 성찰을 촉진하기 위해서는 개별 학습자가 자신의 학습과 관련하여 개개인이 의미있다고 판단하는 정보들을 선택할 수 있도록 통제권을 주는 것이 중요함을 고려해야 한다(임규연 외, 2018).



[그림 III-3] 노리AI스쿨수학의 학습자 대시보드 사례 (P2)

노리AI스쿨수학은 PLN의 측면 중 동료 학습자들과 네트워크를 형성하여 지식을 공유, 생성할 수 있도록 지원하는 요소(N2)는 찾아보기 어려웠지만, 개인적 차원과 관련하여 학습자원에 자유롭게 접근할 수 있게 한 부분(N1)이 특징적이다. 노리AI스쿨수학은 스텝 문제를 활용하고 있는데, 개별 학습자에 따라 그 문제를 해결하는 데 필요할 수 있는 또는 도움을 제공해야 할 부분을 찾기 위해 하위 개념 문제로 세분화하여 제공하고 연습하게 하는 것을 특징으로 한다. 그러나 플랫폼에서 학생에게 문제를 제공한 후 실시간 채점 결과 및 모범답안만을 제공하는 것에 그치지 않는다. [그림 III-4]에서처럼 주어진 문제를 해결할 때 왼쪽 아래의 단계별 힌트를 받을 수 있고, 또는 문제를 해결하였으나 오답인 경우에는 자동으로 단계별 문제 풀기가 제공되어 step-by-step으로 문제를 해결하도록 돕는다. 즉, 오답에 대해 모범적인 풀이 답안을 일방적으로 제공하는 것에 그치는 것이 아니라 해당 문제를 해결하는 데 알아야 하는 하위 개념 단위로 문제를 세분화하여 제공하면서, 세분화 한 문제들의 해결 성취결과를 이용하여 오개념을 가진 부분을 확인하고 이를 수정 보완해 나갈 수 있도록 구성되어 있다.



[그림 III-4] 노리시스쿨수학의 단계별 힌트 제공 사례 (N1)

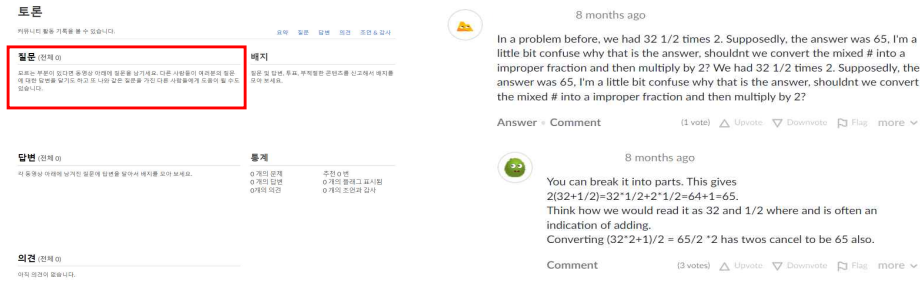
이를 통해 파악한 학습 과정과 성취결과에 대한 정보를 바탕으로 후속적으로 이루어지는 학습에 맞춤형으로 문제가 제공되도록 설계되어 있다(E2). 각 레슨은 기본문제과 과제문제로 구성되었는데, 각 레슨의 기본문제의 성취도 결과에 따라 과제문제에서 쌍둥이 문제의 개수를 다르게 제공하거나 각 학습자의 문제 해결 패턴에 따른 맞춤형 문제를 제공함으로써 맞춤형 콘텐츠를 제공한다. 이외에도 각 학년 학기의 커리큘럼을 시작하기 전에 이전 학기의 커리큘럼에 대한 이해도를 평가하고 그 결과에 따라 이후 학습할 콘텐츠의 난이도가 결정되는 진단평가를 포함하고도 있다(E2).

3. 칸 아카데미 (Khan Academy)

칸 아카데미는 전세계적으로 활발하게 사용되고 있는 플랫폼으로 문제풀이 중심의 동영상상을 제공하고, 학습자가 개별적으로 연습할 수 있는 문항을 제공한다. 이외의 개별화 맞춤형 학습요소를 본 연구의 분석기준에 따라 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 칸 아카데미는 학습자 프로필 페이지의 다양한 탭을 통해 총 학습시간, 진도, 레벨, 점수, 출석 등의 정보를 시각화하여 학습자의 학습 과정과 결과를 보여준다(P1). 학습자가 문제를 풀어보는 등 학습활동을 완료하면 획득한 에너지 포인트를 시각적으로 보여주고, 학습자는 학업성취도, 참여도, 교육과정 수료 등에 따라 다양한 종류의 배지를 획득함으로써 학습 동기를 높일 수 있도록 지원한다(P2).

문제를 풀면서 추가적인 학습이 필요하다고 느끼는 경우 언제든지 학습 동영상을 시청하거나 힌트에 접근할 수 있다(N1). 칸 아카데미에는 Knowledge map을 통해 학습자가 학습내용들 간의 연계를 한 눈에 볼 수 있도록 시각화하여 제공하고 있다. 이를 통해 학습자는 자신이 학습한 내용이 전체 커리큘럼에서 어디에 해당되는지 어떤 개념들과 연계되는지 확인할 수 있으며, 어려움을 느끼는 부분에 대해서는 관련 개념 학습자원에 접근해 자유롭게 학습할 수 있다(N1). 특히, 칸 아카데미는 학습자 간 상호작용을 통한 지식 공유 및 생성, 기여를 할 수 있는 학습 경험을 지원하고 있다. 학습자는 자신이 모르는 부분에 대해 플랫폼에 질문을 올릴 수 있으며, 다른 학습자가 이 질문에 대한 답을 제시할 수 있다(N2, [그림 III-5] 참조). 또한, 이와 같은 지식 공유 활동 경험은 PLP에 반영되어 학습자는 내가 올린 질문, 내가 답변한 기록, 지식 공유 활동의 기록 및 이를 통해 얻은 배지 등을 확인하고 학습 네트워크로서의 활동 경험을 모니터링할 수 있도록 학습자 대시보드를 통해 데이터를 보여준다. 더 나아가, 체계한 학습자의 질문과 응답 내용을 분석하여 개별 학습자들에게 가장 유용할 것으로 예측되는 질문을 질문 게시판 맨 위로 올려서 학습자별로 원하는 답변을 더욱 쉽게 발견할 수 있도록 돕고 있다(박만구, 2020b).

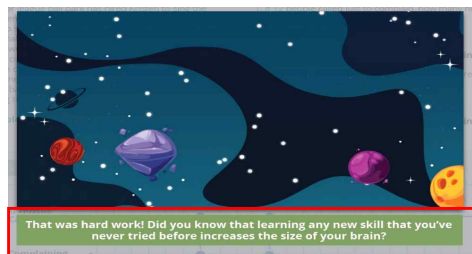


[그림 III-5] 칸 아카데미의 학습자 대시보드 중 토론 데이터 제공(좌) 및 Questions 메뉴 사례(우) (N2)

칸 아카데미에서는 보상체제를 활용해 개인화된 인터페이스를 구성할 수 있도록 독려한다는 특징이 있다. 최초에는 기본적인 아바타만 설정할 수 있지만, 수학 스킬을 마스터하거나 특정 학습을 완료했을 때 획득하는 포인트를 활용해 자신의 아바타를 업그레이드 할 수 있다(E1). 또한, 자신이 획득한 배지들을 쇼케이스에 원하는대로 진열할 수 있는 기능도 제공한다(E1). 또한, 칸 아카데미는 적응적 교육과정을 제공하고 학습자가 자율적으로 학습을 통제할 수 있도록 설계된 것을 확인하였다. 시스템이 학습자의 현재 이해 수준을 파악하기 위해 학습 진단을 실시하고, 그에 따라 맞춤형으로 연습문제를 제시함으로써 학습자의 완전학습을 도울 뿐만 아니라(E2), 학기, 영역, 개인의 선호도 등에 따라서 자신의 학습경로를 스스로 구성하여 학습할 수 있다(E2).

4. MATHia

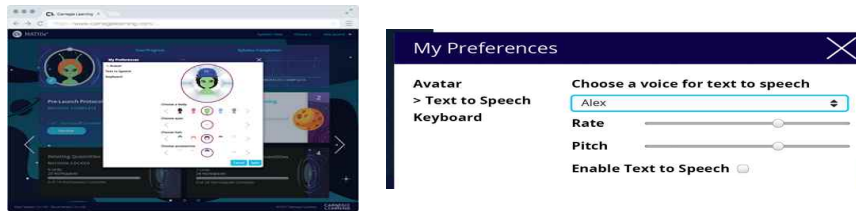
미국 카네기멜론 대학교 카네기러닝 팀에서 개발한 MATHia는 학습자 개인별 1:1 코칭을 통한 학습을 목적으로 개발된 플랫폼이다. MATHia의 개별화 맞춤형 학습 요소를 분석해보면 다음과 같다. 먼저, MATHia는 학습자의 학습 경험을 지속적으로 포착하여 명확하게 보여주고 학습자가 이를 성찰할 수 있도록 지원하는 PLP의 요소를 갖추고 있었으며, 교수자는 개별 학습자의 PLP를 활용하여 개별화 맞춤형 교수전략을 수립할 수 있었다. 학습자는 학습 과정 현황(Progress Meter)을 보여주는 대시보드를 통해 자신의 학습 과정과 습득 역량을 확인할 수 있게 구성되어 있고(P1), 플랫폼의 AI 튜터가 캐릭터의 모습으로 나타나 학습자의 학습 과정에서 도움이 필요한 경우 인지적 피드백을 제공하기도 하였다(P2). 특히, MATHia에서는 [그림 III-6]과 같이 학습 과정 중 학습자가 노력하고 도전하는 학습 행동에 관련하여 성장 마인드셋(growth mindset)을 촉진하는 정서적 피드백을 애니메이션 형태로 제공하는 것이 다른 플랫폼들과는 다른 차별점이었다(P2).



[그림 III-6] MATHia의 성장마인드셋을 촉진하는 정서적 피드백 제공 사례 (P2)

또한, 학습자가 학습자원에 언제든지 접근하여 자신만의 지식을 생성하도록 독려하는 PLN의 측면을 확인할 수 있다. 학습자들이 문제를 푸는 과정에서 해당 문제와 유사한 문제들(sample problem)에 언제든지 접근할 수 있으며, 추가적인 학습정보가 필요한 경우 ‘힌트’를 클릭하면 해당 문제와 관련된 학습자원(on-demand hints)에 접근할 수 있다(N1). 그러나, 동료 학습자들과 네트워크를 형성하여 지식 공유, 생성 등에 기여할 수 있는 요소(N2)는 확인할 수 없었다.

마지막으로, MATHia는 PLE의 두 가지 요소가 충실하게 반영된 것으로 나타났다. [그림 III-7]에서 볼 수 있듯이 학습자가 자신의 아바타를 스스로 설정하거나(E1), 콘텐츠를 설명하는 교수자 음성의 높낮이, 속도 등을 개인 선호에 따라 조절할 수 있다(E1). 이외에 적응적 교육과정을 제공함으로써 개별화된 학습 경험을 지원하는 특징도 찾아볼 수 있다. 예를 들어, 학습자 개개인의 학습 이해도, 학습자가 문제풀이 과정에서 실수하는 부분, 진도 등을 분석하여 적응형 수학 교육과정을 제공하고, 학습자의 문제 이해 방법에 따라 학생에게 제공하는 힌트를 바꿔 제공하기도 한다(E2).



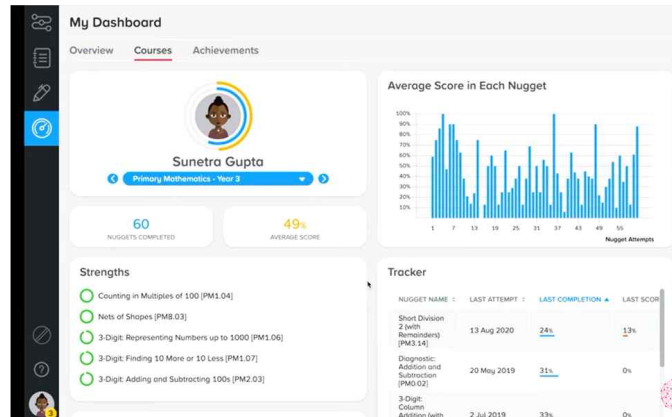
[그림 III-7] MATHia의 학습자 아바타 설정 화면(좌) 및 학습자 선호에 따른 콘텐츠 제공 방식 선택 화면(우) 사례 (E1)

5. CENTURY

초·중등 대상 수학교육용 플랫폼 CENTURY는 수학뿐만 아니라 영어 및 과학 교육과정도 제공하고 있는 영국의 대표적인 AI 기반 교육용 플랫폼으로, 학습자 진단을 바탕으로 추천된 교육과정에 따라 너겟(nuggets)이라고 불리는 마이크로러닝 콘텐츠를 학습하도록 지원한다.

먼저, PLP의 측면을 분석한 결과, 학습자의 학습 과정과 성과를 시각적으로 보여주고 인지적·정서적으로 학습 성찰을 촉진할 수 있도록 설계되었다. CENTURY의 학습자 대시보드에서는 학습 일자, 학습시간, 문제 응답률, 정답률 등을 시각적으로 보여주고 있다(P1)([그림 III-8] 참고). 또한, 학습자가 자신의 학습에 대해 성찰할 수 있도록 교수자의 피드백이 음성, 영상, 텍스트 등의 다양한 형태로 제공된다(P2). 특히, CENTURY에서 특징적인 점은 학습자가 자신의 PLP에 현재의 감정 상태를 이모티콘으로 표현할 수 있고, 더 나아가 각 너겟을 학습하면서 표시한 만족도, 감정 상태 등을 표현할 수 있게 하여 학습자가 자신의 정서적 학습 태도를 성찰할 수 있도록 지원하고 있다는 것이다(P2).

CENTURY에서 PLN을 분석한 결과 학습자들이 다양한 학습자원으로 구성된 너겟에 언제든지 접근하여 스스로 학습할 수 있도록 설계되었으나(N1), 동료 학습자들과 네트워크를 형성하여 지식을 공유, 생성할 수 있도록 지원하는 요소(N2)는 찾아보기 어려웠다.



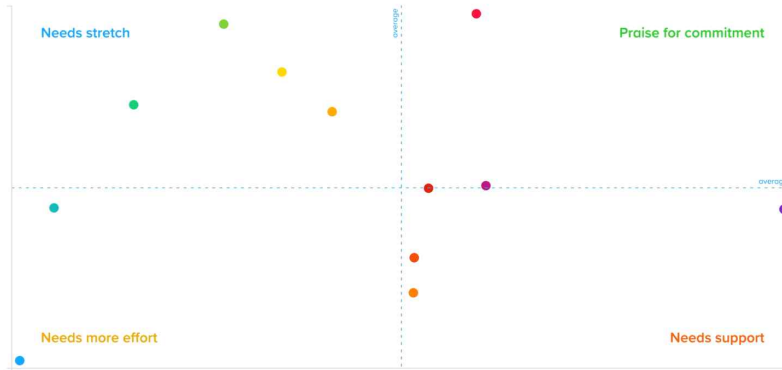
[그림 III-8] CENTURY의 학습자 대시보드 사례 (P1)

한편, CENTURY는 아바타 설정 등 기본적인 인터페이스 설계의 학습자 개인이 맞춤형으로 설정할 수 있고 (E1), 추천 학습경로(recommended path)를 제공하는 적응적 교육과정을 갖추고 있었다(E2). 즉, 학습자 진단을 기반으로 맞춤형 학습경로가 추천되며, 학습자는 이에 따라 학습한 후 학습 이해도를 확인하는 문제를 풀 수 있다(E2). 특히, [그림 III-9]에서 볼 수 있듯이 다른 플랫폼과 달리 CENTURY는 교수자가 학습자의 학습 현황을 분석하며 학습이 필요하다고 판단되는 너겟을 해당 학습자의 학습경로에 추가해줄 수 있는 특징을 지니고 있다. 즉, 교수자는 대시보드에서 제공하는 정보를 바탕으로 개별 학습자나 학급별 학습 과정 및 결과를 분석하여 교수전략을 수립하여 학습자의 개별화 맞춤형 수업을 도울 수 있다.



[그림 III-9] CENTURY의 추천 학습경로(좌) 및 교수자가 추가한 학습경로에서 교사 아이콘(우) 사례 (E2)

한편, CENTURY는 학습자의 PLE를 바탕으로 개별화 맞춤형 수업을 지원하기 위해 공부 시간(study time)을 X축, 성취도(average score)를 Y축으로 하는 사사분면에 학생들의 위치를 시각적으로 보여줌으로써 교육적 처치(intervention)가 필요한 학생들을 교사가 빠르게 파악할 수 있도록 지원하는 것이 특징적이었다([그림 III-10] 참조). 이처럼 교수자 대시보드를 통해 학습자 개인별 정보뿐만 아니라 모든 학습자에 대한 총체적 정보를 제공해 줌으로써 개별화 맞춤형 수학 학습의 설계를 시스템에게만 맡기는 것이 아니라 교수자가 함께 조절할 수 있도록 돕고 학습자에게 더욱 맞춤화된 PLE를 형성하도록 도울 수 있을 것이다.



[그림 III-10] CENTURY의 교수자 대시보드 중 처치(intervention) 메뉴 사례

<표 III-1>은 개별화 맞춤형 학습의 요소에 따라 앞서 분석한 내용을 요약하였고, 그 결과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, PLP의 측면에서 볼 때, 각 플랫폼은 학습자 대시보드를 활용하여 학습자 자신의 학습경험에 대한 정보를 시각적으로 명확하게 보여주고 있고, 학습 동기를 부여하기 위한 보상체제의 활용이나 학습 과정과 성취결과에 대한 인지적·정서적 피드백의 제공, 또는 다른 학습자들과의 학습 현황 비교 등에 관련한 정보를 제공함으로써 학습자가 스스로 자신의 학습 과정과 성취를 모니터링하고 성찰할 수 있는 다양한 촉진 요소를 갖추고 있는 것으로 분석되었다.

둘째, 모든 플랫폼은 학습자가 스스로 학습자원에 자유롭게 접근하여 자신만의 지식을 생성할 수 있도록 지원하고 있다. 그러나 PLN이 궁극적으로 지향해야 하는 동료 학습자들과의 네트워크 형성을 통한 지식의 공유, 기여, 생성 요소를 갖춘 플랫폼은 칸 아카데미를 제외하고는 찾아보기 힘들었다. 앞서 분석한 바처럼 칸 아카데미는 동료들과 질문과 답변을 자유롭게 나눌 수 있고 나의 질문에 가장 유용한 답변이 우선적으로 확인되도록 지원하고 있다. 그뿐만 아니라, 학습자의 지식 기여 활동에 대해 긍정적 보상을 제공함으로써 학습자가 학습 네트워크의 일원으로 지식 구축에 적극적으로 기여할 수 있는 동기를 제공해주고 있다. 이처럼 칸 아카데미에서 학습자가 사회적 존재감을 형성하며 다른 학습자들과 수학적 이해와 관련하여 상호작용하는 기회가 주어지도록 PLN을 반영하여 설계한 것은 앞으로 AI 기반 수학교육용 플랫폼을 활용하는 수학 교수·학습에서 주목해 볼 만한 요소이다. 이는 2015 개정 교육과정에서 강조하는 수학적 아이디어를 다양하게 표현하고 공유하는 학습경험을 통한 수학적 의사소통 역량의 함양을 위해 AI 기술을 활용할 수 있을지에 대한 구체적 사례가 될 수 있을 것이다.

셋째, 각 플랫폼은 PLP와 PLN을 바탕으로 학습자가 자신만의 PLE를 구성할 수 있도록 지원하고 있다. 각 플랫폼은 학습자가 학습 데이터를 기반으로 자신에게 추천되는 콘텐츠를 학습하는 도중에 자신이 원하는 콘텐츠에 자유롭게 접근하여 학습할 수 있게 구성되어 있다. 현재까지 수학 교수·학습에서 주로 개별 학습자의 성취결과에 따라 맞춤형 문제와 피드백을 제공하는 방식을 중심으로 AI 기술을 적용하였던 방식에서 벗어나, 학습자가 필요한 콘텐츠에 접근할 수 있는 요소를 바탕으로 자신의 교육과정 구성에 주체적으로 참여하는 요소를 포함하고 있다는 점은 AI를 기반으로 하는 플랫폼의 발전이라 볼 수 있다.

<표 III-1> 각 플랫폼의 특징 비교

요소	기준	똑똑!수학탐험대	노리AI스쿨수학	칸 아카데미	MATHia	CENTURY
PLP	P1	·단원별 성취도 ·일자별 학습시간 ·활동별 학습시간	·정답 수, 문제 해결 소요 시간 등 ·정오답에 대한 성취 결과	·학습시간 ·진도 ·점수 ·출석	·학습 과정 현황 ·역량 성취	·학습시간 ·문제 응답률 ·문제 정답률
	P2	·학습 활동 참여와 성취에 따른 보상	·학급 내 자신의 위치	·학습 활동 참여와 성취에 따른 보상	·AI튜터의 인지적 피드백 ·정서적 피드백	·교수자 피드백 ·학습 활동과 콘텐츠에 대한 만족도, 감정 상태를 표현
PLN	N1	·개념학습을 위한 학습자료 접근	·학습자료 접근 ·힌트 접근	·학습자료 접근 ·힌트 접근	·유사 문제 접근 ·힌트 접근	·학습자료 접근
	N2	-	-	·질문 올리기 ·동료 학습자 질문에 답변하기	-	-
PLE	E1	-	-	·포인트 획득에 따른 아바타 설정 ·배지 전시 쇼케이스	·아바타 설정 ·교수자 나레이션 높낮이, 속도 등 조절	·아바타 설정
	E2	·진단평가 결과에 따른 맞춤형 콘텐츠 제공	·오답에 대한 하위 개념 단위로 문제를 세분화하여 맞춤형으로 제공 ·진단평가 결과에 따른 맞춤형 콘텐츠 제공	·학습진단에 따른 맞춤형 문제 제공 ·학기, 영역, 선호도에 따른 자신만의 학습경로 설정	·학습 과정과 성취결과에 따른 맞춤형 콘텐츠 제공	·추천 학습경로 제공 ·교수자의 판단에 따라 학습 콘텐츠를 학습경로에 추가 가능

IV. 결론 및 제언

본 연구에서 AI 기반 수학교육용 플랫폼을 분석한 결과, 각 플랫폼은 PLP와 PLN을 바탕으로 학습자가 자율적으로 학습에 대한 의사결정을 내릴 수 있는 PLE를 형성할 수 있도록 설계된 것으로 분석되었다. 각 플랫폼에서 분석할 수 있었던 PLP, PLN, PLE의 특징들을 바탕으로 개별화 맞춤형 수학 학습을 지원하는 AI 기반 수학교육용 플랫폼 활용 교수·학습과 관련하여 다음과 같은 시사점을 도출하였다.

첫째, 본 연구에서 분석한 플랫폼에서 PLP의 특징을 분석한 결과, 공통적으로 학습자 프로파일링을 통해 학습자 개인의 학습 과정과 결과를 보여주고 있었으나(P1) 이에 대해 학습자가 성찰할 수 있도록 지원하는 요소(P2)는 플랫폼마다 차이가 있었다. 똑똑!수학탐험대와 칸 아카데미는 학습 활동에 대한 보상체제가 정교하게 설계된 것이 특징이라면, MATHia는 학습자의 성장 마인드셋을 촉진하는 정서적 피드백을 제공하고 CENTURY는 학습자가 자신의 학습 활동과 콘텐츠에 대한 만족도와 감정 상태를 표현할 수 있도록 지원하고 있었다. 이와 같은 P2 요소의 다양성은 강화를 통한 지식의 숙달, 외재적 동기의 강조라는 행동주의 관점을 공유하면서도 학습자 중심의 자율성에 초점을 맞춘 상대주의 패러다임(입규연 외, 2021)이 반영된 것이라 해석할 수 있다. 특히, 학습자가 자신의 학습 정서를 자유롭게 표현하거나 학습 성장에 대해 긍정적으로 인식하고, 유능감을 충족시킬 수 있도록 지원하는 요소들은 학습자의 자기결정성을 높이고 온라인 학습 환경에서 내재적 동기를 높일 수 있다(방

미향, 2018; 유지원 외, 2013). 따라서 교수자가 다양한 P2 요소들을 이해하고 AI 기반 수학교육용 플랫폼을 활용한다면, 학습자의 성찰을 촉진하고 자기조절학습을 도울 수 있을 것이다.

둘째, 본 연구에서 분석한 AI 기반 수학교육용 플랫폼은 국내·외 공교육에서 활용되고 있는 것들임에도 불구하고, 칸 아카데미를 제외한 다른 네 개의 플랫폼에서는 지식 공유와 협력적 지식 구축을 지원하는 요소(N2)를 확인하기 어려웠다. PLN은 개별화된 학습 환경에서 개별적으로 학습자원에 접근함으로써 지식을 생성하는 것(N1)에서부터 출발하여, 궁극적으로는 동일 관심사를 지닌 학습 커뮤니티 내에서 구성원들과 지식을 공유 및 생성하는 것(N2)을 기대한다. AI 기반의 개별화 맞춤형 학습을 지원하기 위해서는 학습자에게 개별화된 학습경험 뿐만 아니라 공동체로서의 정체성(Dabbagh & Castaneda, 2020)을 부여하고 학습 커뮤니티 형성을 촉진할 필요가 있다. 또한, AI 기반 수학교육용 플랫폼에서 형성된 학습 커뮤니티에서의 지식 공유는 2015 개정 교육과정에서 제시한 수학적 의사소통 역량을 활성화할 수 있을 것이다. AI 기반 플랫폼을 활용한 수학 교수·학습에 관한 기존 연구들(박혜연 외, 2021; 신동조, 2020a; 임웅, 박미미, 2021)이 상호작용을 기반으로 한 콘텐츠의 후속적 개발을 제안한 바도 있다. 따라서 향후 AI를 기반으로 하는 개별화 맞춤형 수학 수업 설계에서는 협력적 의사소통을 통한 지식의 구축 과정을 효과적으로 지원할 수 있도록 PLN의 요소를 고려해야 할 것이다.

셋째, 각 플랫폼의 PLE 요소들을 살펴본 결과에서 개인화된 인터페이스의 구축(E1)과 적응적 교육과정(E2)을 지원하고 있었다. 먼저, E1 요소와 관련하여 칸 아카데미와 MATHia 등이 아바타 설정 기능을 제공하고 있다. 이처럼 학습자가 아바타를 설정할 수 있도록 한 것은 가상 학습 환경에서 아바타는 학습자의 몰입과 상호작용에 영향을 미치는 중요한 요인으로 알려져 있기에 주목할 만하다. 학습자는 가상 환경에서 자신을 나타내는 아바타의 외형이나 제스처를 자유롭게 변경함으로써 정체성을 드러낼 수 있고, 해당 환경에서 학습자에게 주어지는 역할에 더욱 몰입(Dalgarno & Lee, 2010)하게 한다. 또한, E2의 경우, CENTURY는 학습 데이터를 기반으로 시스템에서 추천한 교육과정에 교수자가 모니터링을 통해 학습자에게 필요하다고 판단되는 교육과정을 추가하여 맞춤형 학습을 도울 수 있도록 설계된 요소를 찾아볼 수 있었다. 이는 시스템이 제공하는 적응적 교육과정과 데이터를 기반으로 한 교사의 의사결정을 결합하여 적응적 교육과정을 생성한 후, 그 가운데에 학습자가 선택할 수 있도록 하였다. 즉, 테크놀로지를 기반으로 하는 개별화 학습에서 적응적 교육과정 생성의 권한을 시스템의 추천과 학습자의 자율적 선택이 혼합된 방식(Vandewaetere & Clarebout, 2014)을 적용한 것이다. 이는 임규연 외(2021)가 그동안 우리나라에서 진행되어 온 테크놀로지 기반 개별화 학습 연구들에서 주로 시스템이 학습에 대한 통제권을 갖고 있어 학습자 중심의 교수·학습을 실현하지 못하고 있음을 지적한 상황에 비추어 볼 때, 학습자 스스로 자율성과 주체성을 갖고 학습에 대한 의사결정을 내릴 수 있는 PLE를 형성하는 발전된 모습을 찾아볼 수 있다. CENTURY가 보여준 바처럼 시스템, 교수자 및 학습자들이 학습경험의 설계를 공유하는 방식은 개별화된 맞춤형 학습경험 설계에 대한 균형적인 시각을 제안해주었다고 하겠다.

앞서 논의한 사항을 바탕으로 개별화 맞춤형 수학 학습을 지원하는 AI 기반 수학교육용 플랫폼 활용 교수·학습에 관한 논의를 종합해보면, 각 측면에서 분석된 AI 기반 플랫폼의 특징은 독립적으로 분리하여 이해하기보다는 상호 간에 연계되는 관계를 이해할 필요가 있다(Montebello, 2021). 총체적 관점에서 PLP, PLN, PLE 간의 상호연계성에 대한 이해를 기반으로 AI 기반 수학교육용 플랫폼을 활용한 수학 교수·학습은 궁극적으로 진정한 의미의 학습자 주도적인 개별화 맞춤형 수학 학습을 실현할 수 있게 하는 원동력이 될 것이다. 본 연구는 Montebello(2021)의 AI 기반 개별화 맞춤형 학습에 대한 프레임워크를 기반으로 이를 지원하는 AI 기반 수학교육용 플랫폼에 대한 이해를 구체화했다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 보다 발전적으로 테크놀로지 기반 개별화 맞춤형 수학 학습이 이루어지기를 기대하며 다음과 같이 후속 연구를 제안한다.

먼저, AI 기반 테크놀로지를 교수·학습의 도구로 도입할 때 교사의 역할에 대한 이해를 도와야 할 것이다. AI 기반 교육에서 가장 많은 논쟁을 불러일으키는 것 중의 하나가 교사의 역할이다. 본 연구의 결과에서도 AI 기반 교육에서 학습자의 데이터에 기반한 적응형 교육과정을 제공하는 것은 시스템에게만 학습에 대한 통제권을 부

여하는 것이 아니라 시스템에서 제공하는 데이터를 이해하여 교사가 추가적 의사결정을 내리거나 학습자가 선택할 수 있는 자율성을 갖게 하는 방향으로 PLE의 형성 구조가 확장되면서 더욱 학습자 중심의 개별화 학습이 이루어지게 됨을 알 수 있었다. 이것이 그동안 AI 기반 활용에 관한 연구에서 AI 기술이 교사의 역할을 완전히 대체할 수 없다(Holmes et al., 2020)고 한 바에 대한 구체적인 설명으로 이해할 수 있다. 개별화 맞춤형 수학 수업을 위한 발전된 PLE를 형성할 수 있도록 교사가 주도적으로 할 수 있는 부분에 대한 구체적 논의가 이루어지기를 기대한다. 뿐만 아니라, PLE의 형성 구조가 확장됨에 따라 학습자가 주도적 자율성을 갖고 자신의 교육과정을 선택하여 학습할 수 있도록 학습자가 각 플랫폼에서 구현하고 있는 PLP, PLN, PLE의 요소를 이해하고 자신의 학습을 위해 활용할 수 있도록 돕는 연구가 필요하다.

또한, AI 기반 개별화 맞춤형 학습에서 학습 동기를 높이거나 유지할 수 있도록 개별화된 적응형 교육과정을 지원하는 PLE에서 어떤 학습경험을 제공할 것인지에 대한 구체적 고민이 필요하다. 현재 수학교육 분야의 AI 기반 플랫폼에서 제공하고 있는 맞춤형 학습경험은 질차에 따른 단순반복형의 문제풀이에 그치거나 수학적 사고를 필요로 하는 다양한 수준의 문제가 부족함이 문제로 지적되고 있다(박만구, 2020a; 임미인 외, 2021; 장혜원, 남지현, 2021). Walkington과 Bernacki(2019)에서 학습자가 일상생활에서 깊게 관심 가진 영역의 소재를 기반으로 ITS를 활용한 개별화 학습의 가능성을 보여준 바처럼, AI 기반 수학교육용 플랫폼에서 제공하는 적응형 교육과정은 성취수준에의 도달을 돕기 위한 드릴연습에서 더 나아가 수학적 탐구를 가능케 하는 PLE로의 발전이 이루어져야 할 것이다(임웅, 박미미, 2021).

마지막으로 AI 기반 플랫폼을 활용한 개별 학습자의 데이터를 종합적으로 활용하여 기초학력이나 학업성취도 등 학습자의 학습 수준을 객관적으로 파악하는 데 활용함으로써 지역내 또는 국가내에서 학습자를 위한 지원책이나 정책 마련의 근거로 활용하는 연구가 필요하다. 본 연구의 결과에서 제시하지는 않았지만 CENTURY는 리더쉽 대시보드를 별도로 제공하여 학교 단위의 거시적 관점에서 학습자의 PLP가 공유될 수 있도록 하였다. 또한, 최근 서울시교육청이 아랍에미리트의 AI 기반 학습 플랫폼 기업인 Alef education과 업무협약을 체결(서울시교육청, 2022.03.30.)하여 공교육에서 데이터 기반 학습자 맞춤형 학습을 지원하고자 한다. 이러한 전략들은 개별 학습자의 PLP를 이해하고, 이를 모아 데이터 기반 의사결정을 내리는 데 도움이 되도록 함으로써 AI를 기반으로 하는 수학 교수·학습을 거시적으로 운영할 수 있는 가능성이 있음을 시사한다.

참 고 문 헌

- 관계부처 합동 (2020). 인공지능시대 교육정책방향과 핵심과제. Retrieved from <https://www.moe.go.kr/boardCnts/viewRenew.do?boardID=294&lev=0&statusYN=W&s=moe&m=020402&opType=N&boardSeq=82674>
- Joint Ministries (2020). *Education Policy Direction and Core Tasks in the Age of Artificial Intelligence*. Retrieved from <https://www.moe.go.kr/boardCnts/viewRenew.do?boardID=294&lev=0&statusYN=W&s=moe&m=020402&opType=N&boardSeq=82674>
- 교육부 (2015). 수학과 교육과정 (교육부 고시 제2015-74호 [별책 8]). Retrieved from <http://ncic.re.kr/mobile.index2.do>
- Ministry of Education (2015). *Mathematics Curriculum (Ministry of Education Notice 2015-74 [Attachment 8])*. Retrieved from <http://ncic.re.kr/mobile.index2.do>
- 김태은 · 권서경 · 박준홍 · 이민희 · 조윤동 · 이광호 (2020). 초·중학교 학습부진학생의 성장 과정에 대한 연구 (IV). 한국교육과정평가원.
- Kim, T. E., Kwon, S. K., Park, J., Lee, M., Jo, Y. D., & Lee, K. H. (2020). *The process of elementary and middle school*

- underachievers' growth in learning: a longitudinal case study (IV)*. KICE.
- 김희영 · 정우영 (2021). 코로나 19 로 인한 예비유아교사의 원격 교육 수업경험에 관한 질적 연구. 학습자중심교과교육연구, **21(2)**, 485-508.
- Kim, H., & Jeong, W. Y. (2021). A Qualitative Study on the Distance Education Class Experiences of Early Childhood Preservice Teachers due to COVID-19. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, **21(2)**, 485-508.
- 박만구 (2020a). 수학교육에서 인공지능의 활용 동향. 서울교육대학교 한국초등교육, **31(특별호)**, 91-102.
- Park, M. (2020a). The trends of using artificial intelligence in mathematics education. *The Journal of Korea Elementary Education*, **31(Supplement)**, 91-102.
- 박만구 (2020b). 수학교육에서 인공지능 활용 가능성. 수학교육 논문집, **34(4)**, 545-561.
- Park, M. (2020b). Applications and possibilities of artificial intelligence in mathematics education. *Communications of Mathematical Education*, **34(4)**, 545-561.
- 박만구 · 임현정 · 김지영 · 이규하 · 김미경 (2020). 머신러닝 추천모듈이 적용된 맞춤형 학습 플랫폼 효과성 탐색: 학습시간, 자기주도적 학습능력, 수학에 대한 태도, 수학학업성취도를 중심으로. 수학교육, **59(4)**, 373-387.
- Part, M., Lim, H., Kim, J., Lee, K., & Kim, M. (2020). The effects on the personalized learning platform with machine learning recommendation modules: Focused on learning time, self-directed learning ability, attitudes toward mathematics, and mathematics achievement. *The Mathematical Education*, **59(4)**, 373-387.
- 박성익 (2008). 개별화학습의 전망과 과제. 교육방법연구, **20(1)**, 1-22.
- Park, S. I. (2008). Retrospect and prospect of 'individualized learning'. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, **20(1)**, 1-22.
- 박혜연 · 손복은 · 고희경 (2022). 수학 교수·학습을 위한 인공지능 플랫폼 분석 연구. 수학교육 논문집, **36(1)**, 1-21.
- Park, H. Y., Son, B. E., & Ko, H. K. (2022). Study on the mathematics teaching and learning artificial intelligence platform analysis. *Communications of Mathematical Education*, **36(1)**, 1-21.
- 방미향 (2018). 동기 이론이 적용된 e-Learning system의 교육적 실천: 흥미와 SDT를 중심으로. 디지털융복합연구, **16(11)**, 69-79.
- Bang, M. (2018). The Educational Implementation of e-Learning System Applying the Theory of Motivation - With Focus on "Interest" and the "Self-Determination Theory". *Journal of digital convergence*, **16(11)**, 69-79.
- 배영주 (2010). 사이버 공간에서의 자기주도학습 활동에 관한 질적 사례 연구. 교육과정연구, **28(2)**, 205-223.
- Bae, Y. J. (2010). A qualitative study on self-directed Learning in cyber space. *The Journal of Curriculum Studies*, **28(2)**, 205-223.
- 부산광역시교육청 (2019). 인공지능 기반 가이드북. 도서출판 어가.
- Busan Metropolitan City Office of Education (2019). *Artificial Intelligence Based Education for Future*. Uhga.
- 서울시교육청 (2022.03.30.). 서울특별시교육청-알레프에듀케이션 업무협약 체결. Retrieved from <https://enews.sen.go.kr/news/view.do?bbsSn=175745&step1=3&step2=1>
- Seoul Metropolitan Office of Education (2022.03.30.). *The Seoul Metropolitan Office of Education signed an agreement on Alef Education business*. Retrieved from <https://enews.sen.go.kr/news/view.do?bbsSn=175745&step1=3&step2=1>
- 손태권 (2022). 인지진단모형을 적용한 지능형 교수 시스템 개발 및 적용-중학교 수와 연산 영역을 중심으로. 한국교육대학교 대학원 박사학위논문.
- Son, T. (2022). *Development and application of intelligent tutoring system applying a cognitive diagnosis model: Focused on number and operation area in middle school* [Unpublished doctoral dissertation, Graduate School of Korea

- National University of Education].
- 신동조 (2020a). 초·중등교육에서 인공지능: 체계적 문헌고찰. *수학교육학연구*, **30(3)**, 531-552.
- Shin, D. (2020a). Artificial intelligence in primary and secondary education: A systemic review. *Journal of Educational Research in Mathematics*, **30(3)**, 531-552.
- 신동조(2020b). 수학교육에서 인공지능(AI) 활용에 관한 예비수학교사의 인식 분석. *수학교육 논문집*, **34(3)**, 215-234.
- Shin D. (2020b). Prospective Mathematics Teachers' Perception on the Use of Artificial Intelligence(AI) in Mathematics Education. *Communications of Mathematical Education*, **34(3)**, 215-234.
- 유지원 · 강명희 · 김은희 (2013). 이러닝 강의를 수강하는 대학생의 학업지연행동에 영향을 미치는 요인들의 관계 규명. *컴퓨터교육학회논문지*, **16(1)**, 81-95.
- Youn, J., Kang, M., & Kim, E. (2013). A relationship among task value, academic self-efficacy, motivation, self-regulated learning and academic procrastination in a college e-learning course. *The Journal of Korean association of computer education*, **16(1)**, 81-95.
- 이재경 · 권선아 (2021). 에듀테크의 현재, 쟁점과 극복방안, 그리고 전망. *전자공학회지*, **48(4)**, 44-51.
- Lee, J., & Kwon, S. (2021). EduTech's Current Issues, Overcoming Strategies, and Prospects. *The Magazine of the IEIE*, **48(4)**, 44-51.
- 이지혜 · 허난 (2020). 인공지능을 활용한 맞춤형 수학학습 프로그램 개발. *East Asian Mathematical Journal*, **36(2)**, 273-289.
- Lee, J. H., & Huh, N. (2020). Developing adaptive math learning program using artificial intelligence. *East Asian Mathematical Journal*, **36(2)**, 273-289.
- 임규연 · 김혜준 · 최지수 · 김윤진 (2020). 학습자 대시보드의 사용성 평가: 상호작용 정보의 시각화에 대한 학습자 인식 탐색. *교육정보미디어연구*, **26(2)**, 395-424.
- Lim, K. Y., Kim, H. J., Choi, J., & Kim, Y. J. (2020). Usability test of learner dashboard: Visualization of multi-dimensional interaction information. *Journal of Korean Association for Educational Information and Media*, **26(2)**, 395-424.
- 임규연 · 은주희 · 정윤주 · 박하나 (2018). 학습자중심 대시보드 설계를 위한 탐색적 연구: 학습정보를 중심으로. *컴퓨터교육학회 논문지*, **21(3)**, 35-50.
- Lim, K., Eun, J., Jung, Y., & Park, H. (2018). Exploratory study on the information design of online dashboard for learner-centered learning. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, **21(3)**, 35-50.
- 임규연 · 임지영 · 김영주 · 진명화 · 박민정 (2017). HCI 이론에 기반한 학습자 대시보드의 평가준거 개발 연구. *교육정보미디어연구*, **23(4)**, 861-889.
- Lim, K. Y., Lim, J. Y., Kim, Y. J., Jin, M. H., & Park, M. J. (2017). Developing Criteria for Evaluating the Quality of Online Dashboard: From HCI Perspective. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, **23(4)**, 861-889.
- 임규연 · 임지영 · 진명화 (2021). 테크놀로지 기반 개별화 학습에 대한 체계적 문헌 분석: 2011-2020년 국내연구를 중심으로. *교육공학연구*, **37(3)**, 525-559.
- Lim, K. Y., Lim, J. Y., & Jin, M. (2021). A systematic literature review of technology-based personalized learning: Research from 2011-2020 in Korea. *Journal of Educational Technology*, **37(3)**, 525-559.
- 임미인 · 김혜미 · 남지현 · 홍옥수 (2021). 인공지능(AI) 활용 초등수학수업 지원시스템의 교수·학습 적용 방안 모색. *학교수학*, **23(2)**, 251-270.
- Yim, M, Kim, H. M., Nam, J., & Hong, O. (2021). Exploring the application of elementary mathematics supporting system using artificial intelligence in teaching and learning. *Journal of Korea Society Educational Studies in Mathematics*, **23(2)**, 251-270.

- 임영빈 · 안서현 · 김경미 · 김중훈 · 홍옥수 (2021). 인공지능을 활용한 수업 지원시스템의 효과성 분석: <똑똑 수학탐험대> 사례를 중심으로. 서울교육대학교 한국초등교육, **32(4)**, 61-73.
- Yim, Y., Ahn, S., Kim, K. M., Kim, J. H., & Hong, O. (2021). The effects of an AI-based class support system on student learning: Focusing on the case of Toctoc math expedition in Korea. *The Journal of Korea Elementary Education*, **32(4)**, 61-73.
- 임웅 · 박미미 (2021). AI 기반 수학교육 관련 국외 연구의 논지 탐색. 학습자중심교과교육연구, **21(14)**, 621-635.
- Lim, W., & Park, M. (2021). AI-based mathematics education: A review of issues in international research. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, **21(14)**, 621-635.
- 장혜원 · 남지현 (2021). 초등수학교육에서 인공지능 활용의 실제-초등수학 수업지원시스템 '똑똑! 수학탐험대'를 중심으로. 서울교육대학교 한국초등교육, **31(특별호)**, 105-123.
- Chang, H., & Nam, J. (2021). The use of artificial intelligence in elementary mathematics education-Focusing on the math class support system 'Knock-knock! math expedition'. *The Journal of Korea Elementary Education*, **31(Supplement)**, 105-123.
- 정용균 · 김중렬 (2018). 성인학습자의 e-러닝 학업지속 장애요인에 대한 사례 연구: 서울소재 H 사이버대학을 중심으로. 디지털융복합연구, **16(12)**, 109-122.
- Chung, Y. K., & Kim, J. (2018). Factors to Disturb Adult Learner's e-Learning Persistence: A Case Study of H-Cyber University in Seoul Korea. *Journal of Digital Convergence*, **16(12)**, 109-122.
- 조현국 (2021). 미래 교육 및 미래 학교의 전망을 통한 과학교육의 방향과 과제. 교과교육학연구, **25(1)**, 61-78.
- Jho, H. (2021). The Directions and Challenges of Science Education Based on the Prediction of Future Education and Schools. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, **25(1)**, 61-78.
- 주영주 · 장미진 · 이현주 (2007). 사이버대학 학생의 중도탈락 경험에 근거한 중도탈락 요인에 관한 질적 연구. 교육정보미디어연구, **13(3)**, 209-233.
- Joo, Y. J., Jang, M. J., & Lee, H. J. (2007). An In-depth Analysis of Dropout Factors based on Cyber University Student's Dropout Experiences. *Journal of Korean Association for Educational Information and Media*, **13(3)**, 209-233.
- 최숙영 (2021). 교육에서의 인공지능: 인공지능 활용 교육에 관한 문헌 고찰. 컴퓨터교육학회 논문지, **24(3)**, 11-21.
- Choi, S. (2021). Artificial Intelligence in Education: A Literature Review on Education Using Artificial Intelligence. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, **24(3)**, 11-21.
- 한상지 · 김형원 · 고희경 (2022). 개별 학습 지원을 위한 수학 플랫폼 LMS 사례 분석. East Asian Mathematical Journal, **38(2)**, 187-214.
- Han, S. J., Kim, H. W., & Ko, H. K. (2022). A Case Analysis for Learning Management Systems that support Individual Students' Mathematics Learning. *East Asian Mathematical Journal*, **38(2)**, 187-214.
- 허가을 · 이동성 (2021). 초등학생들의 비대면 학습경험에 대한 현상학적 연구. 교육문화연구, **27(4)**, 495-520.
- Heo, G. E., & Lee, D. S. (2021). A Phenomenological Study on Non-Face-to-Face Learning Experience of Elementary School Students. *Journal of Education & Culture*, **27(4)**, 495-520.
- Arsarkij, J., & Laohajaratsang, T. (2021). A Design of Personal Learning Network on Social Networking Tools with Gamification for Professional Experience. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, **16(18)**, 53-68.
- Bloom, B. S. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational researcher*, **13(6)**, 4-16.
- Christopoulos, A., Kajasilta, H., Salakoski, T., & Laakso, M. J. (2020). Limits and virtues of educational technology in elementary school mathematics. *Journal of Educational Technology Systems*, **49(1)**,

59-81.

- Dabbagh, N., & Castaneda, L. (2020). The PLE as a framework for developing agency in lifelong learning. *Educational Technology Research and Development*, **68(6)**, 3041-3055.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. (2010). What are the learning affordances of 3 D virtual environments?. *British Journal of Educational Technology*, **41(1)**, 10-32.
- Darvishi, A., Khosravi, H., Sadiq, S., & Gašević, D. (2022). Incorporating AI and learning analytics to build trustworthy peer assessment systems. *British Journal of Educational Technology*, **53(4)**, 844-875.
- Edson, A. J., & Phillips, E. D. (2021). Connecting a teacher dashboard to a student digital collaborative environment: Supporting teacher enactment of problem-based mathematics curriculum. *ZDM - Mathematics Education*, **53(6)**, 1285-1298.
- Harding, A., & Engelbrecht, J. (2015). Personal learning network clusters: A comparison between mathematics and computer science students. *Journal of Educational Technology & Society*, **18(3)**, 173-184.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2020). Artificial intelligence in education. Center for Curriculum Redesign. 경제영, 이선복 역. 인공지능 시대의 미래교육. 박영스토리. (원저 출판 2019년)
- Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics*, **9(6)**, 584.
- Ivanova, M. (2009). *From personal learning environment building to professional learning network forming*. In Conference proceedings of «eLearning and Software for Education «(eLSE) (Vol. 5, No. 01, pp. 27-32). Carol I National Defence University Publishing House.
- Kashive, N., Powale, L., & Kashive, K. (2021). Understanding user perception toward artificial intelligence (AI) enabled e-learning. *The International Journal of Information and Learning Technology*, **38(1)**, 1-19.
- Miller, M. L., & Goldstein, I. P. (1977, August). *Structured planning and debugging*. In Proceedings of the 5th international joint conference on Artificial Intelligence, 2, 773 - 779.
- Montebello, M. (2021). *AI Injected e-Learning: 훗 Future of Online Education*. Springer International Publishing. 임유진, 홍유나, 김세영, 김보경 역. 미래의 온라인 교육. AI기반 e-러닝과 개인화 학습. 박영스토리. (원저 출판 2018년)
- Root, W. B., & Rehfeldt, R. A. (2021). Towards a modern-day teaching machine: the synthesis of programmed instruction and online education. *The Psychological Record*, **71(1)**, 85-94.
- Shin, D. (2021). Teaching mathematics integrating intelligent tutoring systems: Investigating prospective teachers' concerns and TPACK. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-18.
- Skinner, B. F. (1968). *The technology of teaching*. Appleton-Century-Crofts.
- Şahin, S., & Uluoyol, Ç. (2016). Preservice teachers' perception and use of personal learning environments (PLEs). *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, **17(2)**, 141-161.
- The Telegraph (2020. 3. 5). 'AI teachers' to be offered to British students off school due to coronavirus. Retrieved from <https://www.telegraph.co.uk/technology/2020/03/05/ai-teachers-offered-british-students-school-due-coronavirus/>
- U. S. Department of Education (2017). *Reimagining the role of technology in education: 2017 national education technology plan update*. Retrieved from <https://tech.ed.gov/files/2017/01/NETP17.pdf>

- Vandewaetere, M., & Clarebout, G. (2014). Advanced technologies for personalized learning, instruction, and performance. In M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop. (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (4th ed., pp. 425-437).
- Walkington, C., & Bernacki, M. (2019). Personalizing algebra to students' individual interests in an intelligent tutoring system: Moderators of impact. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, **29(1)**, 58-88.
- Watson, W. R., & Watson, S. L. (2017). *Principles for personalized instruction*. In C. M. Reigeluth, B. J. Beatty, & R. D. Myers (Eds.), *Instructional-design theories and models: The learner-centered paradigm of education* (vol. 4, pp. 93-120).

AI-Based Educational Platform Analysis

Supporting Personalized Mathematics Learning

Kim, Seyoung

Sogang University
E-mail : dreamer302@gmail.com

Cho, Mi Kyung[†]

Ewha Womans University
E-mail : cmk0530@daum.net

The purpose of this study is to suggest implications for mathematics teaching and learning when using AI-based educational platforms that support personalized mathematics learning. To this end, we selected five platforms(Knock-knock! Math Expedition, knowre, Khan Academy, MATHia, CENTURY) and analyzed how the AI-based educational platforms for mathematics reflect the three elements(PLP, PLN, PLE) to support personalized learning. The results of this study showed that although the characteristics of PLP, PLN, and PLE implemented on each platform varied, they were designed to form PLEs that allow learners to make their autonomous decisions about learning based on PLP and PLN. The significance of this study can be found in that it has improved the understanding and practicability of personalized mathematics learning with the AI-based educational platforms.

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97U70, 97D40

* Key words : personalized mathematics learning, AI-based mathematics education, AI-based educational platform, AI in education(AIED)

[†] corresponding author