

4차 산업혁명 시대 인공지능의 교육적 활용과 지리교육의 과제

김민성*

The Educational Use of Artificial Intelligence and the Task of Geography Education in the Era of the Fourth Industrial Revolution

Minsung Kim*

요약 : 이 연구의 목적은 4차 산업혁명 시대를 대비하여 교육적 맥락에 인공지능을 도입하는 근거를 살펴보고 대표적인 인공지능 교육 시스템을 소개하는 것이다. 나아가 인공지능의 교육적 활용과 관련하여 지리교육계가 관심을 가져야 할 사안들을 논의하는 것이다. 인공지능 기반 학습 플랫폼은 개별화된 학습을 지원한다는 점에서 교육적으로 의미가 있으며, 학습과학의 성과를 도입하여 효과적인 시스템으로 발전하고 있다. 인지적 영역뿐만 아니라 정서적 영역을 아우르는 시스템으로까지 진화하고 있다는 점에서도 관심을 끈다. 본 연구에서는 인공지능 활용 시스템을 컴퓨터 보조 인공지능, 지능형 튜터링 시스템, 대화형 튜터링 시스템, 탐구학습 시스템으로 분류하고 대표적인 사례를 제시하였다. 마지막으로, 지리학습을 위해 전문화된 시스템 및 전략 개발, 학습장면에 대한 세밀한 연구 데이터 구축, 다양한 전략으로의 확장 필요성에 대해 논의하였다. 본 연구는 인공지능의 교육적 활용에 대한 인식의 지평을 확장하고, 지리교육에서의 인공지능 논의를 촉발하는 시도로 의미가 있다.

주요어 : 4차 산업혁명, 인공지능, 튜터링 시스템, 지리교수학습전략

Abstract : The purpose of this study is to investigate the rationale for incorporating artificial intelligence (AI) in the educational context in preparation for the era of the 4th industrial revolution and introduce representative AI tutoring systems. In addition, this article discusses tasks that geography educators should be interested when adopting AI into education. The AI systems are pedagogically beneficial because they support individualized learning and are developing into an effective system by introducing the achievements of learning science. Moreover, they are evolving into a system that encompasses not only cognitive but also affective domains. This research classified the AI education platforms into computer-aided AI, intelligent tutoring system, dialogue-based tutoring system, and exploratory learning environment, and furthermore presented representative examples. Finally, this study discusses the need for research related to developing specialized systems and strategies for geographic learning, building a detailed database on learning processes, and expanding to various strategies. This research expands academic horizons by investigating AI in the educational context and trigger further discussions on the use of AI in geography education.

Key Words : The Fourth Industrial Revolution, Artificial intelligence, Tutoring system, Geographic teaching and learning strategies

I. 서론

1950년 미국의 Dartmouth College에서 열린 워크숍에

서 최초의 인공지능 프로그램인 Logic Theorist가 등장했다. 이후 인공지능은 발전의 침체기를 겪기도 했으나 이제는 피할 수 없는 시대의 물결이 되었다(Crevier, 1993;

*서울대학교 지리교육과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography Education, Seoul National University, geomskim@snu.ac.kr)

이주호 등, 2021). 2016년, 이세돌과 알파고의 대국은 인공지능에 대한 대중의 관심을 촉발한 역사적인 사건이었다. 이 대국을 통해 인공지능의 잠재력이 알려지게 되었고, 이후 바둑 학습은 인간 고수들의 기보를 익히는 것이 아닌 인공지능이라면 어떻게 바둑을 둘 것인지를 학습하는 것으로 변화했다고 한다(이주호 등, 2021). 인공지능이 학습의 환경과 방식을 근본적으로 대체한 것이다. Google Duplex¹⁾는 마치 사람처럼 자연어를 활용해 미용실 예약을 성공적으로 수행해 사람들을 놀라게 했으며, 마이크로소프트(MS)의 The Next Rembrandt²⁾는 렘브란트의 화풍을 학습하여 진짜 렘브란트가 그린 것 같은 작품을 만들어 낸다. 인공지능을 활용한 각종 전자 제품은 이미 우리의 삶 곳곳에 스며들었고, 자율주행으로 인간의 조작 없이 움직이는 자동차의 출현도 머지않은 미래처럼 느껴진다. 4차 산업혁명의 물결 속에서 급속하게 발전하는 인공지능은 기존에는 상상할 수 없었던 새로운 미래를 추동하고 있다.

4차산업혁명위원회는 인공지능을 “인지, 학습 등 인간의 지적 능력의 일부 또는 전체를 컴퓨터로 구현한 지능”으로 정의하고, 4차 산업혁명의 핵심적인 동력인 인공지능이 “산업 구조뿐만 아니라 사회와 제도를 변화시킬 것”이라 예견했다(이주호 등, 2021:43). 인공지능은 “상황을 인지하고, 이성적·논리적으로 판단·행동하며, 감성적·창의적인 기능을 수행하는 능력까지 포함하여 발전되고 있는 과학기술 분야”이다(박찬 등, 2020:12). 인간은 인공지능의 도움을 받아 더욱 효과적이고 창의적으로 학습하고 작업할 수 있게 될 것이며, 이에 인공지능이 인간의 지능을 확장하는 역할을 한다는 측면에 주목하면서 ‘증강지능(augmented intelligence)’이라는 용어를 사용하기도 한다(김길수, 2019).

2010년 이후, 인공지능은 빅데이터를 분류하고 관계를 파악함으로써 학습하고 예측하는 시스템으로 발전하고 있으며, 이를 뒷받침하는 것은 데이터 분석, 기계학습(machine learning), 신경망(neural networks), 심층학습(deep learning), 강화학습(reinforcement learning) 등이다(Williamson and Eynon, 2020). 특히, 빅데이터에 기반한 인공지능의 활용은 교육계에서 관심과 수요가 커지고 있는 분야 중 하나이다(Luan *et al.*, 2020). 디지털 환경에서 학생들의 학습에 대한 빅데이터 생성이 상대적으로 쉬워졌으며, 이를 활용한 교육 데이터 마이닝(educational data mining)은 의미 있고 개별화된 학습

피드백을 제공할 수 있게 한다(Romero and Ventura, 2010; Fischer *et al.*, 2020). Pearson과 같은 글로벌 출판사, 구글, 마이크로소프트, 아마존과 같은 거대 기업들은 인공지능을 활용한 교육에 관심을 가지고 영역을 확장하고 있다(Williamson and Eynon, 2020). 중국은 인공지능을 교육에 활용하려는 국가 정책과 공격적인 전략 개발로 주목받는다(박찬 등, 2020; Knox, 2020). 이처럼 인공지능의 교육적 활용에 대해 전반적으로 관심이 커지고 있지만 의학, 회계학 등 다른 분야에 비해 교육에서의 인공지능 활용은 상대적으로 미진한 상황이다(Luckin and Cukurova, 2019). 발달하는 테크놀로지와 그것의 교육적 활용 사이에 간극이 존재하는 것이다(Luan *et al.*, 2020).

이제 인공지능의 교육적 활용은 그것을 할 것인지, 아닌지의 문제가 아니라 언제부터 할 것인지의 문제가 되었다(이주호 등, 2021). 새로운 사회는 컴퓨터 테크닉, 데이터 분석, 학습과학 등에 융합적인 전문성을 지닌 “학습 엔지니어(learning engineer)”를 필요로 한다(Williamson, 2020; Williamson and Eynon, 2020). 인공지능이 우리의 삶에 광범위한 영향을 미칠 것이 자명해 보이는 상황에서 각 교과교육이 인공지능 관련 소양을 길러주거나 그것을 활용하는 데 있어 어떤 역할을 할 것인지에 대한 논의가 필요한 시점이다(황규호, 2020). 그러나 아직까지 지리교육적 맥락에서의 인공지능 연구는 제대로 이루어지지 못하고 있다. 지리교육계에서도 인공지능의 교육적 활용 및 도입과 관련된 전반적인 맥락과 상황을 이해하고, 지리교육적 인공지능 도입에 대한 구체적인 논의를 시작해야 할 것이다.

이 연구의 목적은 교육적 맥락에 인공지능을 도입하려는 움직임의 근거를 살펴보고 대표적인 인공지능 활용 교육 시스템을 소개하는 것이다. 나아가 변화하는 환경에서 지리교육이 인공지능의 교육적 활용을 위해 어떠한 연구에 관심을 가져야 할 필요가 있는지를 논하는 것이다. 본 연구는 교육적 맥락에서 인공지능의 모습을 소개하고 지리교육에서 인공지능 논의를 촉발하는 시도로 의미가 있다.

II. 인공지능의 교육적 활용

본 장에서는 인공지능을 교육적으로 활용하려는 시도가 어떤 논의를 바탕으로 하는지 살펴본다. 무엇보다 인

공지능 기반 학습 시스템은 개별화 학습을 가능하게 한다는 점에서 강점이 있다. 최근에는 학습과학의 연구 성과를 반영한 시스템으로 발전하고 있어 더욱 효과적인 도구로 작동할 가능성이 커지고 있다. 이제는 정의적 영역을 고려한 시스템으로까지 진화하여 학습과 관련된 요소들을 종합적으로 활용하는 플랫폼이 되고 있다.

1. 개별화 학습 지원

인공지능 학습 시스템은 개별 학생들의 학습 상황을 파악하고 이에 기반한 효과적인 개별화 학습을 가능하게 한다(Holstein *et al.*, 2018; 이주호 등, 2021). 현재 교실 수업의 가장 일반적인 장면은 다양한 능력을 가진 학생들이 한 명의 교사가 진행하는 수업에 참여하는 것이다. 이런 교실에서 수업을 제대로 따라가지 못하는 학생들은 학업에 흥미를 잃고, 학교는 효과적인 교육의 기능을 수행하지 못하는 경우가 생기게 된다. 이와는 달리 인공지능에 기반한 시스템은 학습에 참여하는 개별 학생의 능력에 따라 수업 수준을 조절하고, 힌트와 보충 자료를 제공하며, 인지적 전략까지도 제안한다. 이를 통해 낙오자 없이 모든 학생이 자신의 속도에 맞추어 개별 학습을 할 수 있는 기반을 제공한다. 이러한 개별화 학습의 가능성은 인공지능을 교육에 도입하려는 가장 주요한 근거 중 하나가 되고 있다(Holstein *et al.*, 2018; 김현진 등, 2020). 시스템이 구현되는 방식, 학습 진행 양상, 제반 지원 상황 등 다양한 조건에 따라 그 결과가 다르겠지만, 일반적으로 개별화된 상호작용에 기반한 인공지능 시스템은 한 명의 교사에 의해 진행되는 대규모 교실 수업보다 효과적인 것으로 알려져 있다(du Boulay, 2016). 나아가 개별화에 기반한 학습자 맞춤형 수업은 창의융합형 인재양성을 위해서도 좋은 환경을 제공한다(황홍섭, 2019; 황규호, 2020).

인공지능 시스템은 학습에 참여하는 학생들의 학습 양상에 대한 광범위한 데이터 수집을 가능하게 하고, 이는 더욱 효과적인 개별화 학습을 위한 자원이 된다. 학생들의 디지털 흔적(digital trace)은 기존에는 수집하기에 너무 값비쌌던 세부 데이터가 되어 학습 과정에 대한 이해를 돕고, 이를 활용한 학습 지원을 가능하게 한다(Fischer *et al.*, 2020; Williamson and Eynon, 2020). 교육 데이터 마이닝의 실제적 구현이 가능한 시대가 된 것이다. 교육 데이터 마이닝은 컴퓨터화된 학습환경에서의

마우스 클릭, 안구 움직임, 비디오 자료 등 학습자와 시스템의 상호작용에 관한 대규모의 데이터를 수집하고, 이의 분석을 통해 의미 있는 패턴을 도출한다(Scheuer and McLaren, 2012). 교육 빅데이터 및 마이닝은 학습자의 학업 성취 및 발전양상을 파악할 수 있도록 하여 적절한 시점에 효과적인 개별화 피드백을 제공할 근거를 마련한다(Asif *et al.*, 2017).

인공지능 시스템이 기계적인 일을 대신함으로써 교사들의 가용한 시간이 늘어나는 것도 개별화 학습을 위한 용이한 조건을 형성한다(Chen *et al.*, 2020; 이주호 등, 2021). 예를 들어, 많은 시간이 소요되는 기계적인 채점이나 행정 업무 등을 인공지능 시스템이 해결해 준다면 교사는 학생들의 개별학습 상황을 체크하고, 이를 바탕으로 좀 더 세심한 피드백을 제공하며, 학생들과의 창의적인 상호작용을 위해 시간을 쓸 수 있는 것이다. 인공지능이 교사를 대체할 것이라는 두려움이 있지만 미래 교실에서도 교사는 여전히 중요한 역할을 담당할 것이다. 그것은 학생의 동기를 북돋우고, 학습에 흥미를 제공하며, 창의적인 사고를 지원하는 것이다(김경일, 2017; 홍정민, 2021; Ideland, 2021). 인공지능의 도움을 통해 교사는 더욱 적극적으로 개별 학생의 학습에 개입하고 도움을 주는 주체로 자리매김할 수 있을 것이다.

2. 학습과학의 성과 도입

컴퓨터를 활용한 인공지능 기반 교육은 스키너 박스(Skinner Box)의 현대판 버전으로 “새로운 행동주의(new behaviourism)”라는 비판을 받기도 한다(Wilson and Scott, 2017). 인공지능 시스템을 활용하는 교육 장면에서의 학생들이 마치 컴퓨터 화면을 바라보며 주어지는 문제를 해결하고 피드백에 따라 클릭하는 쥐처럼 보이기 때문이다. 유사한 맥락에서 Knox *et al.*(2020)은 인공지능 시스템이 “기계 행동주의(machine behaviourism)”의 시대를 열었다고 비판하기도 하였다. 시스템에 ‘올바른’ 수행과 행동이 미리 결정되고 있고 학생들은 정해진 참여와 행동을 하도록 ‘유도’된다는 점을 비판적으로 바라본 것이다.

그러나 du Boulay(2019)는 이러한 비판들이 현대의 지능형 학습환경(intelligent learning environment)을 제대로 이해하지 못했다고 주장한다. 인공지능 활용 시스템은 학습과학의 다양한 연구에 기반하여 효과적인 교

육 환경을 제공하는 방향으로 발전하고 있다. du Boulay (2016)는 많은 시스템들이 최신의 학습과학 이론을 적용하여 개발되었고 그 효과가 검증되었다는 점을 강조한다. 문제가 되는 것은 학습과학의 연구를 제대로 고려하지 않은 인공지능 교육 시스템들의 비교육적 상업화이다(Luckin and Cukurova, 2019).

이에 du Boulay(2019)는 인공지능 활용 교육에 다양한 학습과학이 어떻게 접목되고 있는지를 구체적으로 제시하였다(표 1). du Boulay는 학습자와 시스템의 직접적 상호작용에 주목하는 컴퓨터 화면 수준, 시스템을 활용하는 방식과 관련된 수업 전개 수준에서 어떤 교육적 이론과 전략들이 활용되고 있는지 분석하였다. 이를 통해 인공지능이 단순히 컴퓨터를 도입하는 교육이 아니라 학습과학의 연구에 기반하여 효과적인 학습을 가능하게 한다는 입장을 견지한다.

이처럼 인공지능에 기반한 학습 시스템들이 심리학적, 교육학적 연구를 기반으로 하고 있음은 인공지능의 교육적 활용과 작동이 더욱 효과적으로 이루어질 가능성을 시사한다. 인공지능 개발자, 교육자, 연구자들 간의 협업을 통해 추후 인공지능은 더욱 의미 있는 방식으로 교육에 도입될 수 있을 것이다(Luckin and Cukurova, 2019).

3. 정의적 영역을 아우르는 시스템

효과적인 학습은 인지적 요소에만 영향을 받는 것이 아니라 흥미, 동기, 믿음 등의 정의적 요소와도 밀접하

게 상호작용하는 것으로 알려져 있다(Mason *et al.*, 2008). 학생들은 어려운 문제를 학습하면서 좌절하고, 혼란을 경험하기도 하며, 때로는 화가 나고 짜증이 난다. 오랜 시간 학습하면서 지루함을 느끼기도 하고 절망하는 경우도 있다. 그러나 어려운 문제를 해결하거나 오개념을 극복했을 때, 혹은 흥미로운 상황이 제시되었을 때에는 기쁨이나 호기심을 느끼며 적극적으로 학습에 임한다. 이처럼 감정과 인지는 밀접하게 연계되기에 학습자의 정의적 측면을 면밀하게 고려하는 학습 시스템이 효과적인 인지적 학습까지 가능하게 한다(D’Mello *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2020). 학습과 관련된 대표적 논의 중 하나인 개념변화 학습 이론에서도 인지적으로 특정 개념을 어떻게 학습시킬 것인가에만 국한된 관점을 넘어 정의적 측면까지 고려한 전략이 더욱 효과적이라는 관점이 힘을 얻고 있다. ‘차가운’ 개념변화 이론의 한계를 넘어 ‘따뜻한’, ‘뜨거운’ 개념변화 이론이 설득력을 얻고 있는 것이다(Pintrich *et al.*, 1993; Kural and Kocakülah, 2016).

인공지능 기반 학습 시스템도 학습자의 인지적 측면과 더불어 정의적 요소의 작동까지 고려하는 종합 플랫폼으로 진화하고 있다. 다양한 테크놀로지의 발달은 컴퓨터 시스템에 학습자의 정의적 반응을 체크할 수 있는 장치들을 구비할 수 있게 하였다. 예컨대, Affective AutoTutor는 학생과 시스템의 상호작용 과정에서 발생하는 데이터인 답변에 걸린 시간, 답변의 장황함 정도와 같은 대화적 신호를 수집하고, 의자에 가해지는 압력을 바탕으로

표 1. 인공지능 활용 맥락에서의 학습과학

컴퓨터 화면 수준(screen-level)	수업 전개 수준(deployment-level)
<ul style="list-style-type: none"> ■ 문항, 예제, 잘못된(erroneous) 예시 활용하기 <ul style="list-style-type: none"> - 학습자 상황에 맞추어 가장 적절한 문항 제공하기 - 예 : Cognitive Tutors 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 모듈로 학습하기 <ul style="list-style-type: none"> - 짝을 지어서 혹은 모듈을 형성하여 함께 학습하기 - 예 : Cognitive Tutor for Algebra
<ul style="list-style-type: none"> ■ 가르치며 배우기 <ul style="list-style-type: none"> - 학습자가 시스템이나 동료들 가르치면서 학습하기 - 예 : Betty’s Brain 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 거꾸로 학습 <ul style="list-style-type: none"> - 교실에서의 학습이 아닌 과제 수행을 위해 시스템 활용하기 - 예 : The Andes System
<ul style="list-style-type: none"> ■ 대화를 통해 배우기 <ul style="list-style-type: none"> - 자연어 활용 상호작용을 통해 학습하기 - 예 : AutoTutor 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 수업 조정 시스템 <ul style="list-style-type: none"> - 시스템이 제공하는 정보를 통해 학생 개인의 학습 상황을 파악하고 효과적으로 개입하기 - 예 : Lumilo
<ul style="list-style-type: none"> ■ 학습에 대해 배우기 <ul style="list-style-type: none"> - 메타인지적 자기 모니터링과 자기조절학습 기능 함양하기 - 예 : MetaTutor 	

출처 : du Boulay(2019) 연구자 재구성.

몸의 자세를 체크하며, 카메라를 통해 얼굴 표정을 인지하여 학습자의 정의적 상태를 파악한다(D'Mello and Graesser, 2010). Affective Autotutor는 이러한 정의적 반응을 참조하여 유연하게 피드백을 제공하고 학습 과정을 조정하여 학생들이 효과적으로 학습에 임할 수 있도록 한다. Rajendran *et al.*(2018)은 인공지능 활용 학습 중, 좌절하고 있는 학습자에게 귀인이론(attribution theory)에 기반한 동기 메시지(예: 때때로 틀리게 답하는 것은 문제가 아니야. 너에게 이 질문이 어려웠을 수도 있어. 그러나 더 연습하면 쉽게 느껴질테니 계속 노력해봐.)를 제공했을 때, 학습자들이 문제 상황을 효과적으로 극복한다는 사실을 보고하였다. Bringula *et al.*(2018)의 연구에서 인공지능 에이전트가 행복, 슬픔, 놀람과 같은 표정을 통해 학습자에게 반응하는 시스템으로 학습한 그룹은 중립적인 표정만을 보이는 에이전트와 학습한 그룹보다 수학 문제 해결력에 있어 우수한 수행을 보였다.

이처럼 인공지능 기반 교육 시스템은 단순히 개념을 기계적으로 제공하는 것을 넘어 다양한 요소를 종합하여 학습을 돕는 시스템으로 진화하면서 교육적 적용 가능성을 확장하고 있다. 컴퓨터 환경에서는 고려되기 어려울 것 같은 정의적 측면까지 고려하는 시스템으로의 진화는 시사하는 바가 크다.

III. 인공지능 활용 교육 시스템

이 장에서는 교육을 위해 개발되고 적용된 대표적인 인공지능 시스템을 소개한다. 구체적으로, Holmes *et al.*(2019, 정제영·이선복 역, 2020)의 개념적 분류에 따라 컴퓨터 보조 인공지능, 지능형 튜터링 시스템, 대화형 튜터링 시스템, 탐구학습 시스템의 네 가지로 인공지능 활용 시스템을 분류한다. 각 범주에 속하는 대표적 플랫폼을 통해 인공지능 활용 시스템에 대한 개념적 이해를 돕고자 한다. 각 시스템은 기본적으로 개별화 학습을 지원하며, 시스템별로 특징적인 학습과학 전략을 활용한다. 예컨대, AutoTutor는 대화를 통해 학습하는 전략을 주요하게 활용하며, Betty's Brain은 가르치며 배우기 학습에 기반한다. 메타인지와 같은 조절 전략을 활용하는 모습도 주목할 만하다. 정의적 요소를 고려한 Affective AutoTutor 시스템도 논의된다.

1. 컴퓨터 보조 인공지능: SCHOLAR

컴퓨터 보조 인공지능은 본격적인 인공지능 시스템이라기보다는 인공지능을 보조적으로 수업에 적용한 것으로 볼 수 있다. 이와 관련된 최초의 사례는 지리학습을 위해 개발된 SCHOLAR이다. 그림 1은 SCHOLAR에서의 학습 대화인데, 현재적 관점으로 보면 초보적인 수준이지만 인공지능 기반 학습을 실질적으로 구현한 최초 예시로 인정받고 있다(Holmes *et al.*, 2019; 정제영·이선복 역, 2020). SCHOLAR는 지식을 사실, 개념, 절차 등을 포함하는 네트워크 형태로 구축하여 학생의 질문이나 답변에 상호작용적으로 응답할 수 있는 체계를 구성하였다(Carbonell, 1970). 학생의 반응에 따라 유연하게 개별화 학습을 제공한다는 측면에서 의미가 있지만 대화와 학습 내용이 단편적인 수준이라는 제한점은 존재한다.

2. 지능형 튜터링 시스템(Intelligent Tutoring System, ITS): ASSISTments

지능형 튜터링 시스템은 수학, 물리학처럼 상대적으로 잘 정의된 구조를 가지고 있는 분야를 단계적으로 학습할 수 있는 시스템이다(Alkhatlan and Kalita, 2019). 그러나 최근에는 문화 기술 함양이나 분쟁 조정과 같이 잘 정의되지 않은 문제 영역에까지 그 적용이 확대되고 있다. 여기서는 ASSISTments에 주목하는데, 이 시스템은 학습주제와 학생들의 상황을 고려하여 능동적으로 온라인 학습 환경을 생성할 수 있도록 지원한다. 교사들은 주요 학습 문제와 스캐폴드, 텍스트 및 시각 피드백, 힌트 등을 활용하여 학습 과제를 생성할 수 있다(Heffeman *et al.*, 2006; Koedinger *et al.*, 2010). 그림 2는 ASSISTments를 활용하여 수학 과제를 개발하는 화면을 보여준다. ASSISTments

-
- SCHOLAR : 브라질의 언어는 프랑스어입니다. 맞나요, 틀리나요?
 - 학생 : 틀려요.
 - SCHOLAR : 그렇습니다. 브라질의 언어는 포르투갈어입니다.
 - SCHOLAR : 브라질의 수도가 브라질리아 맞나요?
 - 학생 : 네.
 - SCHOLAR : 좋습니다.
-

그림 1. SCHOLAR에서의 학습 대화

출처 : Carbonell, 1970:192.

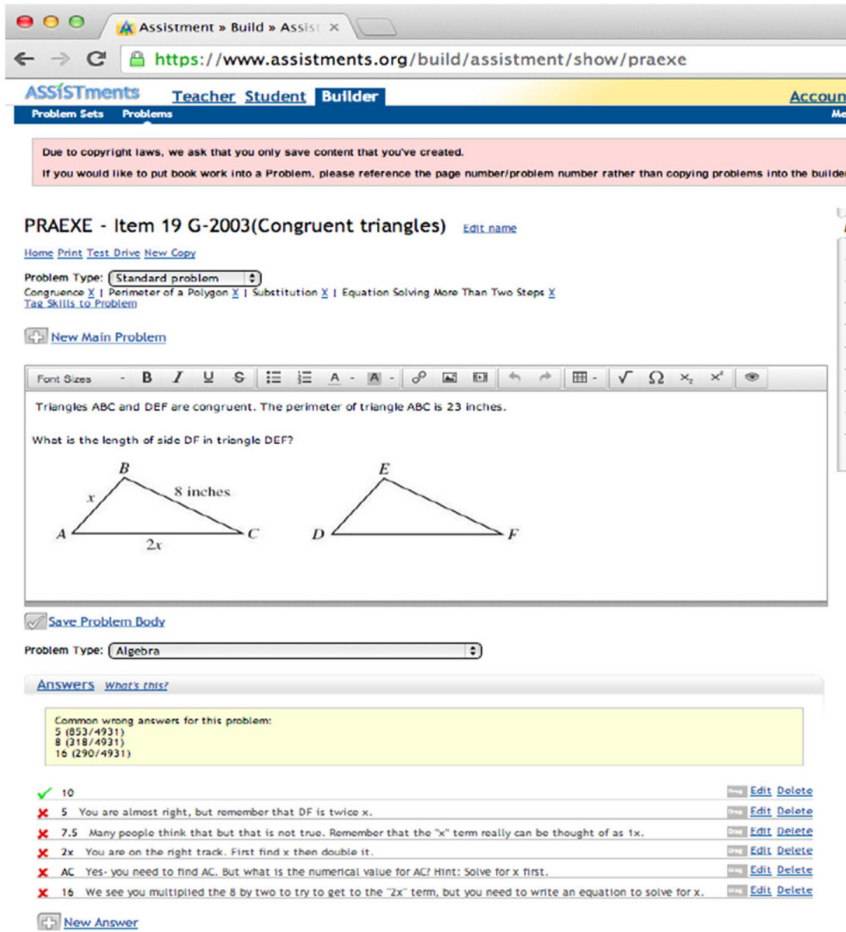


그림 2. ASSISTments 학습 개발 화면

출처 : Heffernan and Heffernan, 2014:477.

* 주요 문제가 가운데 부분에 제시되어 있고 학생 반응에 따라 제공될 피드백이 아랫부분에 나타나 있다. 스캐폴드와 힌트도 삽입할 수 있다.

는 수학 과목에 많이 도입되었지만 과학, 영어, 통계학 등 다른 교과목으로까지 그 활용 범위가 확장되고 있다 (Heffernan and Heffernan, 2014). ASSISTments는 인공지능에 기반한 개별화된 학습을 제공할 수 있도록 한다. 그러나 개발자인 Heffernan and Heffernan(2014:487)은 “교사들이 교실에서 발생하는 상황과 ASSISTments에서의 수행을 매일 체크하면서 온라인 과제를 생성하는 디자인을 염두에 두고 있다”면서 효과적인 튜터링 시스템의 활용은 교사의 적극적인 개입에 의해 완성될 수 있다고 주장하였다.

ASSISTments를 활용한 학습의 효과에 대한 다양한

연구가 이루어졌다. ASSISTments를 도입한 학습은 학생들이 과제를 수행하는 과정 중에 즉각적으로 피드백을 제공할 수 있기에 효과적이다. ASSISTments 플랫폼을 통해 과제 수행 중 즉각적으로 피드백을 받은 경우와 집에서 과제를 모두 수행한 후 학교에서 피드백을 받은 경우를 비교하면, 즉각적인 피드백이 주어진 경우의 학습효과가 의미 있게 컸다(Mendicino *et al.*, 2009; Kelly *et al.*, 2013). Roschelle *et al.*(2016)은 7학년 학생들을 대상으로 ASSISTments를 활용한 수학 과제가 주어진 집단과 전통적인 방식의 수학 과제가 주어진 집단의 학습 성취를 비교하였다. ASSISTments에 기반한 과제에서는

학생들에게 즉각적인 피드백이 주어졌고, 교사는 학생들의 학습에 대한 데이터를 획득할 수 있었다. 연구 결과, ASSISTments가 활용된 그룹의 학생들이 학년말 시험에서 의미 있게 높은 점수를 획득하였고, 이러한 긍정적 효과는 특히 학업 성취가 낮은 학생들에게서 두드러졌다. 교사가 ASSISTments에 의해 제공된 학생들의 학습 정보에 따라 수업을 유연하게 조정할 경우, 학습효과는 더욱 컸다. Goldsmith and Emrick(2019)은 ASSISTments를 모바일 환경에서 활용할 수 있는 버전을 개발하여 해당 시스템의 적용 가능성을 높이려는 시도를 하기도 하였다. 이러한 연구들은 ASSISTments가 효과적인 학습 지원 시스템으로 작동할 수 있음을 보여준다(Koedinger *et al.*, 2010).

3. 대화형 튜터링 시스템(Dialogue-Based Tutoring System, DBTS): AutoTutor

대화형 튜터링 시스템은 학습자가 대화에 참여하는 과정을 통해 학습을 진행하는 시스템이다. 예를 들어, AutoTutor는 학습 문제에 대해 스스로 설명하는 학생과 이를 코치하는 인간 튜터의 대화를 시뮬레이션하는 설명 기반 구성주의 학습(explanation-based constructivist theories of learning) 플랫폼이다(D'Mello and Graesser, 2013; Nye *et al.*, 2014). 특히, 문제에 대한 학생의 응답에 에이전트가 유연하게 응답하는 자연어(natural language) 활용 대화를 통해 상호작용적으로 지식을 구성해 갈 수 있다는 점이 강점이다(그림 3). AutoTutor의 에이전트는 학습 문제에 대한 모범답안, 학생들이 빈번하게 보이는 오개념, 학생들의 사고와 답변을 촉진하기 위한 대화 이

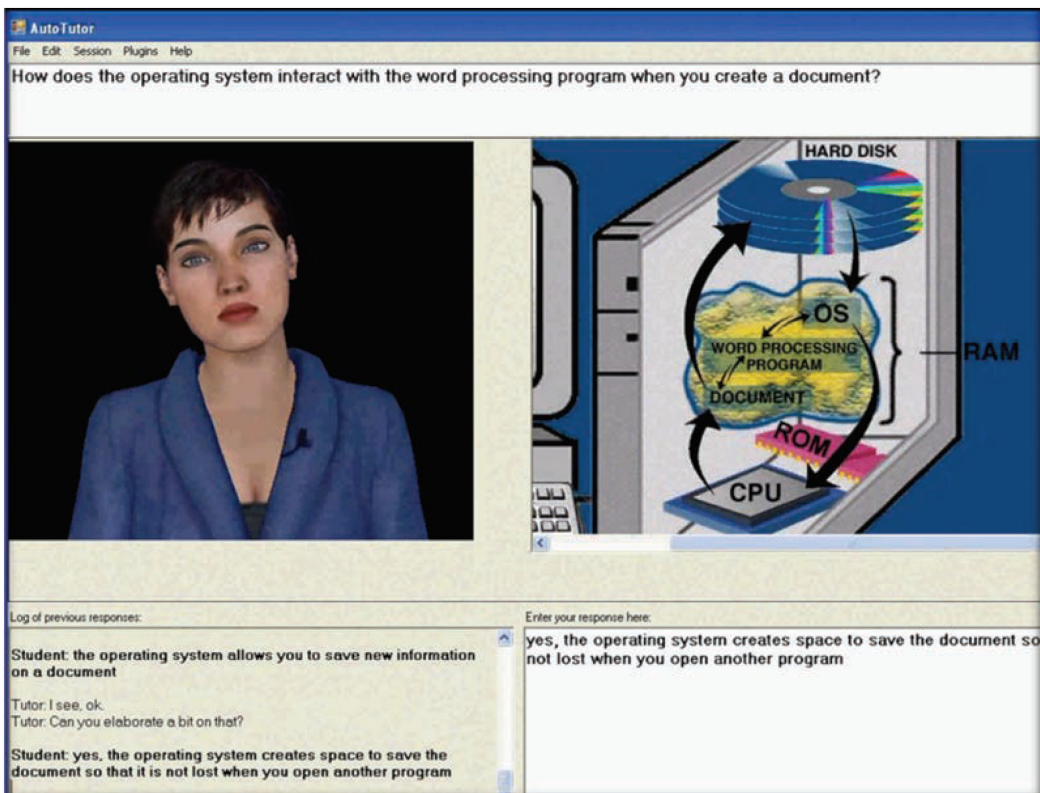


그림 3. AutoTutor 인터페이스

출처 : D'Mello and Graesser, 2013:11.

- 가장 위쪽에 탐구 문항이 나타나고 중앙 왼쪽과 오른쪽에 학습을 이끌어가는 에이전트 및 관련 그래픽이 나타난다. 아래의 왼쪽 패널에는 학생들의 대화 로그가 있고 오른쪽 패널에는 학습자가 응답을 기입하는 공간이 위치한다.

동 장치, 힌트, 메타인지 전략 등을 바탕으로 학습자와 대화하는데, 주고받는 대화가 100회까지도 이르는 것으로 알려져 있다(Graesser *et al.*, 2005b; D'Mello *et al.*, 2007). 표 2는 AutoTutor에서 학습 대화를 촉진하기 위한 다양한 장치들을 보여준다. AutoTutor는 컴퓨터 리터러시, 물리학, 비판적 사고 등의 학습에 활용되고 있는데, 그림 4는 물리학 영역에서의 AutoTutor 대화 예시를 보여준다.

AutoTutor는 학생들의 인지적 측면에 더하여 정의적 측면까지 고려하는 Affective AutoTutor로 진화했다. Affective AutoTutor는 학습자의 응답, 얼굴 표정, 몸의 움직임 등

을 종합적으로 고려하여 학생의 정서적 상태를 파악하고 적절한 피드백을 제공한다(D'Mello *et al.*, 2007). 플랫폼 화면의 에이전트가 감정적 반응을 보이고, 여기에 덧붙여 “어떤 자료는 혼란스러울 수 있어. 계속 공부하면 이해할 수 있으리라 믿어”, “이 자료가 너를 혼란스럽게 만든 것 같구나. 그러나 나는 네가 맞는 생각을 하고 있다고 봐. 이것을 한 번 해보자”와 같은 피드백을 제공한다. 효과적인 학습을 위해서는 인지적 측면과 아울러 정의적 측면을 적절하게 고려할 필요가 있다는 점에서 Affective AutoTutor는 시사하는 바가 크다. 실제 Affective

- AutoTutor : 좌석에 머리 받침대가 없는 차가 뒤에서 충격을 받을 경우, 일반적으로 승객은 목 부상을 입게 됩니다. 이유를 설명해 보세요(주요 질문).
- 학생 : 모르겠어요(메타인지적 발화 행위: 이 표현은 학생이 자신의 지식에 대해 알고 있는 바를 이야기하기 때문에 메타인지적 발화 행위로 분류된다).
- AutoTutor : 어떤 것이라도 한 번 이야기해 보겠어요? 그러면 그것을 시작으로 무엇인가를 할 수 있을 거예요(펌프: 이 대화 이동 장치는 학생에게 무엇인가를 더 말하도록 독려하지만 특정한 정보를 이야기하도록 지시하지는 않는다).

대화가 지속되는 과정에서 AutoTutor는 중요한 정보가 누락되었다는 사실을 발견한다(예: 충돌이 목에 미치는 영향).

- AutoTutor : 이것을 함께 해봅시다. 충돌이 머리를 빠르게 움직이게 할 정도로 큰 힘을 가했을 때, 목에 어떤 일이 발생할까요?(힌트: 이 대화는 학생에게 특정한 문장, 항목, 혹은 제안을 하도록 한다.)

그림 4. AutoTutor에서의 학습 대화

출처 : Graesser *et al.*, 2005a:613.

표 2. AutoTutor의 대화 이동 장치

이동 유형	설명	예시
주요 질문 (main question)	특정한 주제나 목적에 집중하여 대화를 시작하는 질문	어떤 사람이 아래로 내려가고 있는 엘리베이터 안에서 열쇠를 떨어뜨렸습니다. 두 물체는 서로 어떤 상대적인 움직임을 보일까요? 왜 그런지 설명해 보세요.
펌프(pump)	학생에게 더 많은 정보를 요구하기	더 말할 것은 없나요?
힌트(hint)	학생이 주요 질문에 답하도록 하는 안내 질문이나 진술	이 물체의 중력에 대해 어떻게 생각하세요?
프롬프트 (prompt)	주요 질문에 대한 아이디어에서 누락된 단어를 표현하도록 하기	중력에 의한 이 물체에 대한 힘이 어떤 방향으로 작동할까요?
짧은 피드백 (short feedback)	학생 진술의 우수성에 대해 신호 보내기	아주 좋아요(긍정), 좋아요(중립), 그렇지 않아요(부정)
교정(correction)	오개념이나 정확하지 않은 진술 고치기	두 물체에 대한 중력의 크기는 같아요(학생이 어떤 하나가 더 크다고 답한 후).
주장(assertion)	문제 내에서 혹은 문제에 대한 답에서 중요한 아이디어 제시하기	두 물체에 대한 중력의 크기는 같아요.
답변(answer)	개념 정의에 대한 학생 질문에 응답하기	벡터는 크기와 방향성을 갖는 물리량이에요(벡터가 무엇 인지를 묻는 질문에 대한 답변).
요약(summary)	주요 질문이나 문제에 대해 완전한 답변 제시하기	각 물체에 대한 중력의 크기는 동일하기 때문에 모든 힘 벡터는 아래를 가리키고, 따라서...

출처 : Nye *et al.*, 2014:435.

AutoTutor는 기존의 AutoTutor와 비교하여 학업이 부진한 학생들을 더욱 효과적으로 돕는 것으로 나타났다(D'Mello and Graesser, 2013).

AutoTutor는 다양한 영역에 특화된 시스템으로 분화 및 발전되어 인공지능 기반 교육 플랫폼의 지평을 확장하고 있다(Nye *et al.*, 2014). 예를 들어, STEM 사고력 증진을 위한 AutoMentor, 3D 시뮬레이션 기능 보강을 통해 학습을 증진하는 AutoTutor-3D, 심층학습을 촉진하기 위한 DeepTutor, 학습 분야의 전문가를 세밀하게 관찰하고 구현한 GuruTutor, 글쓰기 학습을 위한 Writing-Pal 등 여러 분야에 걸쳐 시스템이 확장 적용되고 있다.

4. 탐구학습 시스템(Exploratory Learning Environment, ELE): Betty's Brain

탐구학습 시스템은 학습자들이 스스로 플랫폼의 요소

를 탐구하고 조작해 적극적으로 지식을 구성해갈 수 있는 시스템이다(Holmes *et al.*, 2019; 정계영·이선복 역, 2020). 대표적으로 Betty's Brain은 개방된 디지털 환경에서 학생이 스스로 지식을 구성해 나가는 것을 강조한다. 학습 내용은 하천 생태계의 상호 의존성과 평형에 관한 것이다. 이 시스템에서 학생들은 Betty라는 에이전트를 가르치면서 학습에 참여하게 되고, 학습을 돕는 멘토인 Mr. Davis가 존재한다(그림 5). Betty's Brain은 가장 효과적인 교수학습전략 중 하나로 알려진 '가르치며 배우기(learning by teaching)' (Morgan and Lambert, 2005; Pareto, 2014; Chou and Chan, 2016)를 활용하여 학생들이 능동적으로 학습할 수 있도록 개발된 시스템이다.

Betty's Brain의 주요 학습 전략은 가르치기, 질문하기, 퀴즈풀기이다(Biswas *et al.*, 2005). 우선, 학생들은 주요 개념들 사이의 상관관계를 도식적으로 보여주는 개념도

The screenshot displays the Betty's Brain interface. On the left, there are two avatars: Betty (a female character) and Mr. Davis (a male character), each with a 'Start Conversation' button. Below them is an 'Add a note' button. The main area is divided into several sections:

- Quiz Results:** A table showing the results of a 'Final Quiz taken on Tuesday, December 18 at 10:57 AM'. The quiz score is 38%. The table lists 8 questions with their answers and grades.
- Concept Map:** A flowchart titled 'The Concept Map used for this Quiz' showing relationships between concepts like 'garbage and landfills', 'methane', 'carbon dioxide', 'absorbed heat energy', and 'heat reflected to Earth'. Arrows indicate causal links, and some are labeled with terms like 'gives off', 'increases', 'becomes', 'melts', 'lowers', 'destroys', and 'defores'.
- Conversation History:** A log of interactions between Mr. Davis and Betty, including a message from Betty: 'Hey, what's up?' and a message from Mr. Davis: 'I need you to go take a quiz now, please.'

그림 5. Betty's Brain 인터페이스

출처 : Kinnebrew *et al.*, 2015:146.

- * 학생들이 가르치는 에이전트인 Betty, 멘토인 Mr. Davis를 왼쪽 패널에서 확인할 수 있고 중앙부에 학생들이 생성한 개념도가 보인다. 하단부에 나타난 Conversation History에는 대화들이 기록되어 복습에 활용될 수 있다.

를 생성함으로써 학습 내용을 Betty에게 가르친다. 그리고 Betty에게 질문을 하면, Betty는 학습자가 생성한 개념도를 바탕으로 대답한다. 예를 들어, “박테리아가 증가하면 동물에게 어떤 일이 발생할까요?”와 같은 질문을 하면 “박테리아가 동물에게 어떤 영향을 미치는지 설명해줄게. 박테리아의 증가는 용존산소량을 감소시켜 동물들 수 역시 감소시켜”와 같은 답변을 하는 식이다 (Biswas *et al.*, 2005:376). 그리고 Betty에게 시스템 디자이너 혹은 교사가 생성한 퀴즈를 풀도록 한다. Betty가 퀴즈를 제대로 풀지 못하면 멘토인 Mr. Davis가 힌트를 제공한다.

Betty’s Brain은 효과적인 학습을 위한 메타인지적 전략을 강조한다.(Leelawong and Biswas, 2008; Biswas *et al.*, 2016). Mr. Davis는 학습 내용에 대한 힌트뿐만 아니라 더욱 효과적인 학습자, 교수자가 되는 데 도움이 되는 피드백을 제공한다. Betty 또한 참여 학생의 학습이 충분하지 못하다고 생각되면 “난 퀴즈에 제대로 답할 수 없어서 기분이 좋지 않아. Mr. Davis가 폐기물 순환과 관련된 다양한 개체에 대해 더 학습해야 한다고 말했어”와 같은 전략적 코멘트를 제공한다(Biswas *et al.*, 2005:383). 표 3은 Betty’s Brain에서 활용되는 메타인지적 조절 전략들을 보여준다. 학습 내용에만 집중하는 방식을 넘어 학습에 대한 메타인지적 전략이 함께 활용됨으로써 학

습자들은 이해를 더욱 정교화하고 전이 능력을 향상시킬 수 있다.

Betty’s Brain은 다양한 연구에 적용되었다. 예컨대, Tan *et al.*(2005)은 Betty’s Brain을 활용한 컴퓨터 게임을 개발하였다. 이 게임은 학생들이 몰입하는 게임적 요소를 활용하여 현실 세계의 문제를 해결하고 학습할 수 있도록 기획되었다. 학생은 자신이 가르친 Betty와 함께 게임에 참여하며 문제를 해결해 나간다. Betty가 문제를 풀어야만 게임의 다음 단계로 넘어갈 수 있기에 학습 동기를 자극할 수 있다. 주어진 문제를 해결하기에 Betty의 지식이 충분하지 못하면 다시 가르치는 과정을 거친다. 이처럼 학생이 중심이 되어 탐구적으로 지식을 구성하고 이 과정에서 인공지능이 맞춤형으로 개입하는 테크놀로지는 효과적인 학습 전략으로 주목받고 있다.

IV. 논의

1. 지리학습을 위해 전문화된 시스템 및 학습전략 개발

인공지능을 기반으로 한 다양한 학습 시스템이 개발 및 적용되고 있다. 그러나 지리학습에 특화된 플랫폼이

표 3. Betty’s Brain의 자기 조절 전략

자기 조절 측면	관련 활동 혹은 참여자	에이전트와 멘토의 피드백
지식 모니터링	질문	에이전트가 학생에게 질문하도록 독려한다. 에이전트가 대답하고 설명한다.
지식 모니터링	퀴즈	학습할 내용을 결정하기 위해 바르게 답하지 못한 질문을 성찰하도록 한다. 멘토는 학생들이 특정 답을 맞히기 위해 시행 착오법(trial and error method)을 쓰지 않도록 주의시킨다.
형성적 자기 평가	질문, 퀴즈	학생은 에이전트에게 답변을 설명하도록 요구할 수 있다. 자기 평가를 위한 협동적 환경을 제공한다.
목표 설정	멘토에게 질문하기	질문을 받은 멘토는 무엇을 공부하고 어떻게 공부해야 할지에 대해 조언한다.
기록하고 모니터링하기	퀴즈	에이전트는 퀴즈 성적의 변화를 추적하고 학생이 그것을 인지할 수 있도록 한다.
정보 찾기	온라인 자원 찾아보기, 멘토에게 질문하기	학생이 주제에 따라 정보에 접근할 수 있도록 참고자료가 구조화된다. 요청이 있으면 멘토가 도움을 제공한다.
사회적 상호작용 (동료 도움 구하기)	모두	에이전트는 수동적 학생이 아닌 열정적인 동료처럼 행동한다. 에이전트의 수행을 향상시키기 위한 전략을 제안한다.
사회적 상호작용 (멘토 도움 구하기)	멘토	요청이 있을 때, 멘토는 어떻게 더 나은 학습자, 교사가 될 수 있을지, 그리고 참고자료로부터 어떻게 배울 수 있을지에 대해 조언한다. 에이전트가 퀴즈를 풀고난 후, 구체적 상황과 관련된 조언을 제공한다.

출처 : Leelawong and Biswas, 2008:191.

나 학습모듈은 찾아보기 어렵다. 학생 개인의 특성에 맞춘 학습환경 구현 등 인공지능의 일반적인 강점을 바탕으로 지리교육적 맥락에서 어떤 콘텐츠를, 어떤 전략으로 도입할 수 있을까에 관심을 가질 필요가 있다. 지리적 주제를 전문적으로 다룰 수 있는 특화된 전략 개발이 필요한 것이다. SCHOLAR가 지리를 주된 학습 내용으로 하였지만 본격적인 의미에서의 인공지능 시스템이라고 보기에는 제한점이 있었다. Betty's Brain은 하천 생태계 관련 내용을 기반으로 하였다는 점에서 긍정적인 부분이 있다. 그렇지만 Betty's Brain 역시 지리학자 혹은 지리교육자들이 지리학습을 위해 개발했다기보다는 과학 교육 측면에 더 초점이 맞추어져 있다. 따라서 인공지능을 활용한 교육에 대한 수요 및 요구가 높아지고 있는 상황에서 지리교육계는 이에 어떻게 대응할 것인지를 진지하게 고민해야 할 시점이다.

지리학은 인문, 자연 현상과 관련된 다양한 빅데이터를 다루고, 다각적인 디지털 공간 분석에 강점이 있기에 인공지능을 효과적으로 활용할 수 있는 학문이다. 실제 인공지능의 가능성을 이해하고 이를 연구에 적용하는 지리학자들이 늘어나고 있다. 예를 들어, 김영훈(2019)은 원격탐사 분석을 수행할 때, 이미지의 형상을 자동으로 추출하거나 자료 수정 및 분류에 인공지능 딥러닝 기법이 적용될 수 있음에 주목하였다. 이런 맥락에서 조원호 등(2019)은 이미지 분석에 강점이 있는 합성곱 신경망 모델을 활용하여 한국의 토지피복도를 빠르고 정확하게 갱신할 수 있는 기반을 제공하였다. 강영옥 등(2019)은 플리커 데이터를 활용해 사용자가 관광객인지 아닌지를 구분하기 위해 로지스틱 회귀, 서포트벡터머신, 의사결정나무, 랜덤포레스트, 인공신경망 모델의 다섯 가지 기계학습 기법을 적용하고 그 정확성과 적용 가능성을 평가하기도 하였다. 나아가 강영옥 등(2021)은 딥러닝 기반 이미지 분류를 활용해 플리커 사진을 학습시키고 관광객과 거주자들이 주목하는 경관 및 방문 지점과 범위 등을 분석하였다. 박지만 등(2018)의 연구는 기계학습 및 인공신경망에 기반해 노인복지 취약지구를 추출하려는 시도였다. Janowicz *et al.*(2020:627)은 지리적, 공간적 관점에 특화된 GeoAI의 다양한 가능성을 다음과 같이 제시하였다.

공간 데이터 과학의 한 분야로서 GeoAI는 더욱 지능적인 지리 정보 및 방법론, 시스템, 다양한 후속 과제 창출을 위

해 기술과 데이터 문화의 발전을 활용한다. 이는 이미지 분류, 객체 탐색, 화면 분할, 시뮬레이션과 인터플레이션, 연계 예측, (자연어에 기반한) 검색과 질의응답, 맥락기반적 데이터 통합, 지오인리치먼트(geo-enrichment) 등을 포함한다.

지리학과 인공지능의 접점을 찾으려는 움직임이 증가하는 것과는 다르게 지리교육에서 이를 교육적으로 활용하려는 시도는 거의 이루어지지 못하고 있다. 변화하는 시대에 효과적으로 대응하기 위해 지리교육학자들은 인공지능의 교육적 활용 및 지리학습에 전문화된 시스템의 개발에 관심을 가져야 할 것이다. 예를 들어, 원격탐사 관점에서의 토지피복 변화를 공간적 사고 교육과 연계하려는 시도가 있었다(김민성, 2016). 이러한 연구의 연장선에서 인공지능에 기반한 토지피복도 생성, 그리고 이에 활용되는 공간적 관점 및 컴퓨팅 사고 등의 함양에 주목하는 지리학습 시스템 개발에 관심을 가질 수 있다. 지리학적 맥락에서의 인공지능 활용을 참조하고 이를 효과적인 교육 시스템으로 변화, 발전시키려는 노력을 지속할 필요가 있는 것이다. 일반적인 관점에서 개발된 인공지능 시스템(예: Teachable Machine, AutoDraw 등)에 지리적 주제나 맥락을 적용하는 학습모듈 개발에도 관심을 가질 수 있다. 이러한 과정에 개별화 학습환경이나 다양한 학습과학의 성과 등을 효과적으로 결합할 수 있어야 할 것이다.

이주호 등(2021)이 주장하듯, 인공지능의 교육적 활용은 가부의 문제가 아닌 시기의 문제가 되었다. 황규호(2020)는 코로나19로 인해 에듀테크에 대한 관심이 높아졌고 이는 미래 교육과정을 설계하는 데 있어서도 주요한 의제가 되어야 한다고 주장하였다. 특히, 변화된 디지털 환경에서 인공지능과 빅데이터 활용에 적합한 교육내용 구성은 어떠한 것이어야 할지에 관심을 가질 필요가 있다고 보았다. 매체의 변화가 교육내용 자체에 어떤 변화를 낳을 것인지, 그렇다면 어떤 방향으로 효과적인 교육과정을 구성해 나갈 수 있을 것인지에 지속적으로 관심을 가져야 한다. 지리학이 본질적으로 인공지능 활용 교육에 적합한 성격을 지니고 있음은 지리교육에 새로운 도전과 기회를 제공한다. 급변하는 시대의 흐름을 읽고 이에 효과적이고 기민하게 대응하는 노력이 필요한 때이다.

2. 학습장면에 대한 세밀한 연구 데이터 구축

효과적인 인공지능 기반 시스템을 개발하기 위해서는 무엇보다 지리교육의 다양한 개념, 주제를 학습할 때 학생들이 어떤 반응을 보이는지, 그에 따른 적절한 피드백은 어떠한 것인지에 대한 체계적이고 세밀한 데이터베이스를 구축할 필요가 있다. 특정 주제에 대해 학생들이 학습 과정 단계별로 어떤 반응을 보이는지를 면밀하게 조사하고 이를 바탕으로 시스템을 개발할 때, 효과적인 학습 지원이 가능하기 때문이다. 이는 의미 있는 개별화 학습환경 구축을 위한 전제이기도 하다.

구체적으로, ASSISTments를 활용하는 경우를 생각해 보면 학생들의 학습 과정에 대한 지식을 바탕으로 할 때, 효과적인 단계별 문항 구성, 적절한 스캐폴딩 고안, 유용한 피드백 시나리오 개발 등이 가능함을 알 수 있다 (Heffernan *et al.*, 2006; Koedinger *et al.*, 2010). AutoTutor는 학습하는 주제에 대한 모범답안과 오개념 등을 바탕으로 하는데(Graesser *et al.*, 2005b; D'Mello *et al.*, 2007), 이 역시 해당 내용에 대한 학생들의 학습 반응 및 빈번하게 보이는 오개념에 대한 연구를 근거로 해야 할 것이다(김민성, 2013). 그러나 현재 우리나라 지리교육에서 다양한 개념 및 주제를 학습할 때 학생들이 보이는 세밀한 반응에 대한 체계적인 연구는 충분하게 이루어지지 못하였다. 특히, 인공지능 맥락에서는 컴퓨터 환경을 염두에 두면서 데이터를 구축할 필요가 있다는 점을 고려하면 연구의 부족은 더욱 심각하다.

한편, 잘 정의된 구조가 있는 영역에서 명확한 개념 이해를 목적으로 하는 학습이 아닌 창의적, 비판적 사고 등의 함양을 위해 토론하거나 의견을 제시하는 것에 주안점이 있는 인공지능 활용 교육의 경우에는 또 다른 어려움에 직면할 수 있다. 닫힌 체계가 아닌 열린 방식의 학습에는 또 다른 차원의 변수가 작동할 수 있기에 이를 위해 어떤 전략을 활용할 수 있을지에 대한 고민이 필요한 것이다. 예를 들어, 고차원적 의사소통 및 창의적 문제해결력 등의 개발을 위해서는 자연어를 활용하는 시스템이 효과적일 수 있다. 이런 맥락에서 자연어 활용을 기반으로 하는 AutoTutor의 축적된 성과들은 통찰력을 제공할 수 있다. Betty's Brain과 같은 탐구학습 시스템 또한 열린 탐구 환경을 제공하는 플랫폼이라는 점에서 고차원적 사고와 연계하여 전략을 개발하는 데 시사점을 줄 수 있을 것이다. Betty's Brain은 지리교육에서

강조하는 도해력과 연계된 개념도를 활용한다는 점에서 관심을 끈다.

지리교육은 지명이나 지역 정보와 같은 사실적 지식 학습에서부터 지역개발 전략과 같은 열린 탐구에 기반한 학습에 이르기까지 다양한 학습의 스펙트럼을 포괄하는 교과이다. 빅데이터의 활용 등 인공지능과 결합하여 논의될 수 있는 개념과 주제 또한 다양하게 포함한다. 따라서 지리교육은 인공지능을 어떻게 교육적으로 활용할 수 있을 것인지를 논할 수 있는 최적의 교과 중 하나이다. 인공지능 시대에 지리교육의 가능성을 어떻게 실현하고 구체화하는지에 따라 미래 지리교육의 모습과 역할이 달라질 것이다. 지리학습의 다양한 상황을 세밀하게 연구하고 체계적으로 데이터를 구축하여 인공지능 기반 지리교육을 효과적으로 실행할 기반을 마련할 필요가 있다.

3. 다양한 전략으로의 확장

인공지능 활용 교육 시스템들은 학습과학의 최신 연구 성과를 반영하고 학습의 다양한 영역들을 포괄하면서 진화하고 있다. 학습하는 주제나 개념의 효과적인 학습을 위해 힌트, 피드백, 자료를 제공하는 방식에 대한 관심은 물론이거니와 학습자의 메타인지에 주목하면서 공부하는 법에 대해 조언하고, 인지적 영역을 넘어 정의적 영역까지 아우르는 시스템도 개발되었다. 이러한 논의의 연장선에서 인공지능의 교육적 적용을 위한 다양한 방면으로 시야를 넓히는 노력이 필요하다.

최근 활용이 확장되고 있는 인공지능 혼합현실(mixed reality) 시스템이 관심을 끈다. 구체적으로, 수업을 진행하는 교사가 Lumilo라는 특수하게 제작된 스마트 안경을 착용하면 교실에 있는 개별 학생의 실시간 학습 상황, 메타인지 상태, 행동 양상 등의 정보를 확인할 수 있다 (Holstein *et al.*, 2018; 2019). 예컨대, 특정 학생이 어떤 문제를 푸는 데 얼마나 자주 실수를 저지르고 있는지, 학습에 집중하지 못하여 시스템과의 상호작용이 일정 시간 이상 없는 상태가 아닌지 등 개별 학생의 정보가 각 학생 머리 위에 시각 정보로 나타난다. 교사는 필요한 정보를 선택하여 접근하고, 시스템과 상호작용하며 혼합현실을 구현한다. 이를 통해 교사는 실시간으로 교실 상황을 파악하고 도움이 필요한 학생의 학습에 적절하게 개입할 수 있다. 전체 학생의 통계 정보도 제공되

기에 교사는 일반적으로 학습자들이 어떤 문제의 해결에 어려움을 겪고 있는지, 수업을 어떤 방식으로 조정해야 할지 등에 대한 체계적인 정보를 획득할 수 있다. Lumilo를 활용한 수업은 그렇지 않은 경우보다 더 나은 학습 결과로 이어졌고, 교사들은 도움이 필요한 학생들과 더 많은 시간을 보내는 것으로 나타났다(Holstein *et al.*, 2018; 2019). Lumilo 이외에도 혼합현실을 교육과 연계하려는 시도들이 나타나고 있다(Ahmad and Ghapar, 2019; Yannier *et al.*, 2020). 혼합현실처럼 적극적인 상호작용을 지원하는 시스템은 효과적인 교실 운영 및 학습에 도움을 줄 수 있을 것이다.

인공지능을 로봇에 탑재하여 스마트 교실을 운영하는 방식도 주목할 만하다. 예를 들어, Timms(2016)는 교사의 수업을 돕는 로봇의 가능성에 주목하였다. Timms는 인공지능이 교육에 중요하게 활용된다 하더라도 그것이 로봇 같은 매체와 물리적으로 결합되어 사회적인 작동을 할 때 온전한 교육적 기능을 발휘할 수 있다고 보았다. 학생들이 친근하게 접근할 수 있는 인공지능 탑재 로봇이 교사의 수업을 지원하고, 다양한 데이터의 수집 및 처리에 도움을 주는 미래 스마트 교실을 상정한 것이다. 학생들은 로봇이라는 물리적 실체를 친근하게 생각하고 그것과 더욱 효과적으로 상호작용할 가능성이 있다. 실제 cobot, humanoid robot과 같은 인공지능 탑재 로봇이 주목받고 있으며(Chen *et al.*, 2020), 이러한 테크놀로지의 발달을 효과적으로 교육의 장으로 도입하는 전략이 화두가 된다.

인공지능 챗봇의 교육적 활용에 대한 관심도 크다. 사실 챗봇은 이미 사회 여러 곳에서 활용되고 있는데, 이를 교육적 맥락에 도입하려는 시도가 확장되고 있는 것이다. 신동광(2019)은 영어 쓰기 교육에 인공지능 챗봇을 활용하고 긍정적 효과를 보고하였으며, 최서원·남재현(2019)은 소프트웨어 교육에 챗봇 시스템을 도입하였다. 모윤하(2020)는 디지털 스토리텔링과 챗봇이 효과적으로 결합되어 긍정적인 학습자 반응을 이끌어낼 수 있다고 주장하였다. 지리교육에서는 박지수(2021)의 연구가 눈에 띈다. 박지수는 초등학생을 대상으로 챗봇에 기반한 디지털 지도학습 모듈을 개발하고 그 효과를 검증하였다. 챗봇 기반 수업에 참여한 교사와 학생들은 챗봇의 활용이 흥미롭고 학습에 도움이 된다는 반응을 보였다.

이처럼 인공지능에 기반한 전략들은 다양한 분야로 확장되고 있다. 이러한 시도들은 지리교육 맥락에서 인

공지능 학습 시스템을 개발하고 도입하는 데 시사점을 줄 수 있다. 여기서 논의된 사례 이외에도 다양한 방식으로 확장 및 진화하고 있는 인공지능 기반 교육 전략에 관심을 가질 필요가 있다. 하루가 다르게 발전하는 다양한 인공지능 테크놀로지를 효과적으로 도입하여 시대의 발전에 뒤처지지 않는 지리교육 환경을 구현하는 노력이 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

4차 산업혁명의 물결 속에서 급속하게 발전하는 인공지능은 사회 곳곳에 광범위한 영향을 미치고 있다. 교육적 맥락에서도 인공지능을 어떻게 효과적으로 활용할 수 있을지에 대한 논의가 활발하게 전개되고 있다. 이제 인공지능의 교육적 활용은 그것을 할 것인지 아닌지의 문제가 아니라 언제 시작할 것인지가 이슈가 되는 상황에 이르렀다. 지리교육학자들도 이러한 변화를 민감하게 인지하고 지리교육적 맥락에서 인공지능을 어떻게 도입하고 발전시켜 나갈 것인지에 대해 관심을 가져야 할 시점이다. 이에 본 연구는 교육적 맥락에서 인공지능을 도입하는 근거를 살펴보고 대표적인 인공지능 시스템을 소개하였다. 나아가 이러한 연구 맥락에서 지리교육계가 관심을 가져야 할 사안들에 대해 논의하였다.

교육의 영역에 들어온 인공지능은 한 명의 교사가 다양한 흥미와 능력을 가진 다수 학생들의 학습 상황을 세밀하게 체크하고 대응하기 어려운 현실적 한계를 극복하고 학습의 개별화를 가능하게 한다는 장점을 지닌다. 특히, 최근에는 학생들의 학습과 관련된 광범위한 빅데이터의 수집이 용이해졌고, 이를 기반으로 한 효과적인 피드백 제공이 가능해지고 있다. 또한 인공지능 플랫폼들은 단순한 기계 시스템이 아닌 다양한 영역의 학습과학 연구 성과를 반영하는 효과적인 학습 시스템으로 발전하고 있다. 이를 통해 새로운 행동주의, 기계 행동주의에 불과하다는 비판을 극복하고 학습자의 인지적 작동을 생산적으로 이끄는 방식으로 나아가고 있다. 나아가 인지적 이해에만 집중하는 플랫폼이 아닌 흥미, 동기 등에도 관심을 가지는 정의적 시스템으로 진화하고 있어 인공지능이 학습에 효과적으로 도입될 토양을 공고히 하고 있다.

실제 인공지능을 기반으로 한 다양한 학습 시스템이 개발되었다. 컴퓨터 보조 인공지능 시스템으로 이해될

수 있는 SCHOLAR는 상호작용적 대화가 가능하다는 측면에서 인공지능 기반 학습을 실질적으로 구현한 최초의 사례로 인정받고 있다. 이후 다양한 방식에서의 발전이 이루어졌는데, ASSISTments는 교사가 능동적으로 학습환경을 구성하고 지능적으로 학습 상황에 대응하는 시스템으로 주목할 만하다. AutoTutor는 자연어를 활용한 대화형 시스템으로 주어진 문제에 학생들이 일상적인 언어로 대답하고 이에 인공지능 플랫폼이 유연하게 반응하는 방식으로 학습을 진행한다. 탐구학습 시스템인 Betty's Brain은 학습자가 스스로 개념도를 생성하고 이를 기반으로 학생이 스스로 탐구적으로 지식을 구성해 나간다는 점에서 관심을 끈다.

이처럼 인공지능을 활용한 학습에 대한 이론적 근거가 확립되고 실질적인 시스템도 개발되어 적용되고 있다. 그러나 지리교육에서는 인공지능의 활용과 관련된 구체적인 논의가 그리 활발하게 전개되지 못했다. 무엇보다 지리적 주제에 특화된 시스템이나 학습전략 개발에 관심을 가져야 할 것이다. 이를 위해서는 다양한 주제의 지리학습에서 학생들이 보이는 반응들을 세밀하게 관찰, 연구하고 데이터베이스를 구축하는 과정이 뒷받침되어야 한다. 이러한 실증적 데이터를 바탕으로 효과적인 상호작용적 시스템을 구현할 수 있기 때문이다. 나아가 혼합현실, 인공지능을 탑재한 로봇, 챗봇 등 인공지능의 가능성을 다양하게 확장할 수 있는 전략에 관심을 가질 필요가 있다.

이 연구는 인공지능의 교육적 활용과 관련된 논의를 소개하고 이를 지리교육적 맥락에서 논한 시론적 시도로서 의미가 있다. 인공지능의 가능성을 교육 장면에서 실제화하려는 움직임이 광풍처럼 휘몰아치고 있다. 지리교육학자들도 이러한 흐름에 뒤처지지 않고 효과적으로 대응해야 할 것이다. 그러나 이와 더불어 인공지능 활용의 윤리적 문제, 사회경제적 지위에 따른 접근성 차이 등을 논하는 비판적 관점(Berendt *et al.*, 2020; McStay, 2020; Selwyn *et al.*, 2020) 또한 도외시해서는 안 된다. 균형 잡힌 시각을 바탕으로 인공지능에 접근하는 자세가 필요한 것이다. 나아가 본 연구와 같은 논의를 바탕으로 실제 인공지능 기반 교육을 일선 학교 현장에 도입할 때 발생할 수 있는 잠재적 문제에 대해서도 체계적인 연구를 수행하고 선제적인 대응 전략을 수립할 필요가 있다. 이 논문을 계기로 다양한 측면을 고려하는 지리교육에서의 인공지능 논의가 더욱 활발하게 전개되기를 기대한다.

註

- 1) <https://www.youtube.com/watch?v=D5VN56jQMWM>
- 2) <https://www.nexttrembrandt.com>

참고문헌

- 강영옥·조나혜·박소연·김지연 2021, “합성곱신경망을 활용한 SNS 사진 분류 및 관광객과 거주자의 관광 활동 특성 분석” 대한지리학회지, 56(3), 247-264.
- 강영옥·조나혜·이주운·윤지영·이혜진 2019, “경험적 모델과 머신러닝 기법을 활용한 SNS 사용자 분류방법 비교: 플리커 데이터의 관광객 분류방법” 대한공간정보학회지, 27(4), 29-37.
- 김길수 2019, “공공부문에서 인공지능 활용에 관한 연구” 한국자치행정정보, 33(1), 27-47.
- 김경일 2017, 「지혜의 심리학」, 서울: 진성북스
- 김민성 2013, “교사들이 인지하는 고등학생들의 한국지리 오개념” 대한지리학회지, 48(3), 482-496.
- 김민성 2016, “로우테크 원격탐사 활동의 교육적 효과: 비판적 공간사고력을 중심으로” 한국지리환경교육학회지, 24(4), 115-130.
- 김영훈 2019, “국토공간분석을 위한 인공지능 기법의 가능성 탐색” 국토, 451, 94-95.
- 김현진·박정호·홍선주·박연정·김은영·최정운·김유리, 2020, “학교교육에서 AI 활용에 대한 교사의 인식” 교육공학연구, 36(3), 905-930.
- 모윤하, 2020, “디지털 스토리텔링을 위한 챗봇 개발” 서울대학교 석사학위논문.
- 박지만·조두영·이상선·이민섭·남한식·양혜림, 2018, “인공지능과 국토정보를 활용한 노인복지 취약지구 추출방법에 관한 연구” 지적과 국토정보, 48(1), 169-186.
- 박지수 2021, “빅데이터 기반 사회과 핵심역량 도출과 평가 도구 개발 및 검증: 지리 영역을 중심으로” 부산대학교 박사학위논문.
- 박찬·김병석·전수연·진은경·홍수빈·진성임·문혜진·김성빈·정선재·강윤진·변문경·권혜연·박서희·이정훈, 2020, 「4차산업혁명시대 인공지능 융합교육법: 우리아이 AI」, 서울: 다빈치books.
- 신동광, 2019, “영어 쓰기 능력 향상을 위한 AI 챗봇 활용

- 방안 탐색” 교원교육, 35(1), 41-55.
- 이주호·정제영·정영식, 2021, 「AI 교육혁명」, 서울: 시원북스.
- 조원호·임용호·박기호, 2019, “합성곱 신경망을 이용한 딥러닝 기반의 토지피복 분류: 한국 토지피복을 대상으로,” 대한지리학회지, 54(1), 1-16.
- 최서원·남재현, 2019, “SW 교육 보조 도구로서의 AI 챗봇 활용,” 한국정보통신학회논문지, 23(12), 1693-1699.
- 홍정민, 2021, 「에듀테크의 미래」, 서울: 책담.
- 황규호, 2020, “포스트 코로나 시대 국가교육과정의 과제” 교육과정연구, 38(4), 83-106.
- 황홍섭, 2019, “빅데이터를 활용한 사회과 교수학습 모형의 탐색” 사회과교육, 58(1), 63-98.
- Ahmad, M.F. and Ghapar, W.R.G.W.A., 2019, The era of artificial intelligence in Malaysian higher education: Impact and challenges in tangible mixed-reality learning system toward self exploration education (SEE), *Procedia Computer Science*, 163, 2-10.
- Alkhatlan, A. and Kalita, J., 2019, Intelligent tutoring systems: A comprehensive historical survey with recent developments, *International Journal of Computer Applications*, 181(43), 1-20.
- Asif, R., Merceron, A., Ali, S.A., and Haider, N.G., 2017, Analyzing undergraduate students' performance using educational data mining, *Computers & Education*, 113, 177-194.
- Biswas, G., Leelawong, K., Schwartz, D., Vye, N., and The Teachable Agents Group at Vanderbilt, 2005, Learning by teaching: A new agent paradigm for educational software, *Applied Artificial Intelligence*, 19(3-4), 363-392.
- Biswas, G., Segedy, J.R., and Bunchongchit, K., 2016, From design to implementation to practice a learning by teaching system: Betty's Brain, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 350-364.
- Berendt, B., Littlejohn, A., and Blakemore, M., 2020, AI in education: Learner choice and fundamental rights, *Learning, Media and Technology*, 45(3), 312-324.
- Bringula, R.P., Fosgate Jr, I.C.O., Garcia, N.P.R., and Yorobe, J.L.M., 2018, Effects of pedagogical agents on students' mathematics performance: A comparison between two versions, *Journal of Educational Computing Research*, 56(5), 701-722.
- Carbonell, J.R., 1970, AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction, *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, 11(4), 190-202.
- Chen, L., Chen, P., and Lin, Z., 2020, Artificial intelligence in education: A review, *IEEE Access*, 8, 75264-75278.
- Chou, C.Y. and Chan, T.W., 2016, Reciprocal tutoring: Design with cognitive load sharing, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 512-535.
- Crevier, D., 1993, *AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence*, NY: Basic Books.
- D'Mello, S.K. and Graesser, A., 2010, Multimodal semi-automated affect detection from conversational cues, gross body language, and facial features, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 20(2), 147-187.
- D'Mello, S.K. and Graesser, A., 2013, AutoTutor and affective AutoTutor: Learning by talking with cognitively and emotionally intelligent computers that talk back, *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*, 2(4), 1-39.
- D'Mello, S.K., Picard, R.W., and Graesser, A., 2007, Toward an affect-sensitive AutoTutor, *IEEE Intelligent Systems*, 22(4), 53-61.
- du Boulay, B., 2016, Artificial intelligence as an effective classroom assistant, *IEEE Intelligent Systems*, 31(6), 76-81.
- du Boulay, B., 2019, Escape from the Skinner Box: The case for contemporary intelligent learning environments, *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 2902-2919.
- Fischer, C., Pardos, Z.A., Baker, R.S., Williams, J.J., Smyth, P., Yu, R., Slater, S., Baker, R., and Warschauer, M., 2020, Mining big data in education: Affordances and challenges, *Review of Research in Education*, 44(1), 130-160.
- Goldsmith, A.S. and Emrick, B.C., 2019, *ASSISTments Cross-Platform Mobile App*, retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/213002639.pdf>.
- Graesser, A.C., Chipman, P., Haynes, B.C., and Olney, A., 2005a, AutoTutor: An intelligent tutoring system

- with mixed-initiative dialogue, *IEEE Transactions on Education*, 48(4), 612-618.
- Graesser, A.C., McNamara, D.S., and VanLehn, K., 2005b, Scaffolding deep comprehension strategies through Point&Query, AutoTutor, and iSTART, *Educational Psychologist*, 40(4), 225-234.
- Heffernan, N.T. and Heffernan, C.L., 2014, The ASSISTments ecosystem: Building a platform that brings scientists and teachers together for minimally invasive research on human learning and teaching, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(4), 470-497.
- Heffernan, N.T., Turner, T.E., Lourenco, A.L., Macasek, M.A., Nuzzo-Jones, G., and Koedinger, K.R., 2006, The ASSISTment builder: Towards an analysis of cost effectiveness of ITS creation, *Flairs Conference*, 515-520.
- Holmes, W., Bialik, M., and Fadel, C., 2019, *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching & Learning*. Boston, MA: Center for Curriculum Redesign(정제영·이선복 역, 2020, 「인공지능 시대의 미래교육: 가르침과 배움의 함의」, 서울: 박영story).
- Holstein, K., McLaren, B.M., and Alevin, V., 2018, Student learning benefits of a mixed-reality teacher awareness tool in AI-enhanced classrooms, in Rosé, C.P., Martínez-Maldonado, R., Hoppe, H.U., Luckin, R., Mavrikis, M., Porayska-Pomsta, K., McLaren, B., and du Boulay, B., eds., *Artificial Intelligence in Education*, Cham: Springer, 154-168.
- Holstein, K., McLaren, B.M., and Alevin, V., 2019, Co-designing a real-time classroom orchestration tool to support teacher-AI complementarity, *Journal of Learning Analytics*, 6(2), 27-52.
- Ideland, M., 2021, Google and the end of the teacher? How a figuration of the teacher is produced through an ed-tech discourse, *Learning, Media and Technology*, 46(1), 33-46.
- Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., and Bhaduri, B., 2020, GeoAI: Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond, *International Journal of Geographical Information Science*, 34(4), 625-636.
- Kelly, K., Heffernan, N., Heffernan, C., Goldman, S., Pellegrino, J., and Goldstein, D.S., 2013, Estimating the effect of web-based homework, in Lane, H.C., Yacef, K., Mostow, J., and Pavlik, P., eds., *Artificial Intelligence in Education*, Berlin: Springer, 824-827.
- Kinnebrew, J.S., Segedy, J.R., and Biswas, G., 2015, Integrating model-driven and data-driven techniques for analyzing learning behaviors in open-ended learning environments, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(2), 140-153.
- Knox, J., 2020, Artificial intelligence and education in China, *Learning, Media and Technology*, 45(3), 298-311.
- Knox, J., Williamson, B., and Bayne, S., 2020, Machine behaviourism: Future visions of 'learnification' and 'datafication' across humans and digital technologies, *Learning, Media and Technology*, 45(1), 31-45.
- Koedinger, K.R., McLaughlin, E.A., and Heffernan, N.T., 2010, A quasi-experimental evaluation of an on-line formative assessment and tutoring system, *Journal of Educational Computing Research*, 43(4), 489-510.
- Kural, M. and Kocakulah, M.S., 2016, Teaching for hot conceptual change: Towards a new model, beyond the cold and warm ones, *European Journal of Education Studies*, 2(8), 1-40.
- Leelawong, K. and Biswas, G., 2008, Designing learning by teaching agents: The Betty's Brain system, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 18(3), 181-208.
- Luan, H., Geczy, P., Lai, H., Gobert, J., Yang, S.J.H., Ogata, H., Baltes, J., Guerra, R., Li, P., and Tsai, C.C., 2020, Challenges and future directions of big data and artificial intelligence in education, *Frontiers in Psychology*, 11, Article 580820.
- Luckin, R. and Cukurova, M., 2019, Designing educational technologies in the age of AI: A learning sciences-driven approach, *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 2824-2838.
- Mason, L., Gava, M., and Boldrin, A., 2008, On warm conceptual change: The interplay of text, epistemological beliefs, and topic interest, *Journal of Educational*

- Psychology*, 100(2), 291-309.
- McStay, A., 2020, Emotional AI and EdTech: Serving the public good?, *Learning, Media and Technology*, 45(3), 270-283.
- Mendicino, M., Razzaq, L., and Heffernan, N.T., 2009, A comparison of traditional homework to computer-supported homework, *Journal of Research on Technology in Education*, 41(3), 331-359.
- Morgan, J. and Lambert, D., 2005, *Geography: Teaching School Subjects 11-19*, NY: Routledge.
- Nye, B.D., Graesser, A.C., and Hu, X., 2014, AutoTutor and family: A review of 17 years of natural language tutoring, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(4), 427-469.
- Pareto, L., 2014, A teachable agent game engaging primary school children to learn arithmetic concepts and reasoning, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(3), 251-283.
- Pintrich, P.R., Marx, R.W., and Boyle, R.A., 1993, Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change, *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Rajendran, R., Iyer, S., and Murthy, S., 2018, Personalized affective feedback to address students' frustration in ITS, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(1), 87-97.
- Roschelle, J., Feng, M., Murphy, R.F., and Mason, C.A., 2016, Online mathematics homework increases student achievement, *AERA Open*, 2(4), 1-12.
- Romero, C. and Ventura, S., 2010, Educational data mining: A review of the state of the art, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews*, 40(6), 601-618.
- Scheuer, O. and McLaren, B.M., 2012, Educational data mining, *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, 1075-1079.
- Selwyn, N., Hillman, T., Eynon, R., Ferreira, G., Knox, J., Macgilchrist, F., and Sancho-Gil, J.M., 2020, What's next for Ed-Tech? Critical hopes and concerns for the 2020s, *Learning, Media and Technology*, 45(1), 1-6.
- Tan, J., Beers, C.D., Gupta, R., and Biswas, G., 2005, Computer games as intelligent learning environments: A river ecosystem adventure, *Artificial Intelligence in Education*, 646-653.
- Timms, M.J., 2016, Letting artificial intelligence in education out of the box: Educational cobots and smart classrooms, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 701-712.
- Williamson, B., 2020, New digital laboratories of experimental knowledge production: Artificial intelligence and education research, *London Review of Education*, 18(2), 209-220.
- Williamson, B. and Eynon, R., 2020, Historical threads, missing links, and future directions in AI in education, *Learning, Media and Technology*, 45(3), 223-235.
- Wilson, C. and Scott, B., 2017, Adaptive systems in education: A review and conceptual unification, *The International Journal of Information and Learning Technology*, 34(1), 2-19.
- Yannier, N., Hudson, S.E., and Koedinger, K.R., 2020, Active learning is about more than hands-on: A mixed-reality AI system to support STEM education, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30(1), 74-96.
- 교신: 김민성, 08826, 서울시 관악구 관악로 1, 서울대학교 지리교육과(이메일: geomskim@snu.ac.kr)
- Correspondence: Minsung Kim, 08826, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul, South Korea, Department of Geography Education, Seoul National University (Email: geomskim@snu.ac.kr)
- 투고접수일: 2021년 10월 5일
심사완료일: 2021년 10월 19일
게재확정일: 2021년 10월 25일

