

인공지능 활용 교육의 토픽모델링 분석을 통한 수학교육 연구 방향의 함의

노지화¹⁾ · 고호경²⁾ · 김병수³⁾ · 허난⁴⁾

본 연구는 최근 교육 분야에서 인공지능을 활용한 연구 동향을 파악하기 위해 관련 연구 논문을 대상으로 텍스트 마이닝 기법 중 토픽모델링과 시계열 기반 트렌드 분석 기법을 활용하여 분석을 실시하였다. 분석 대상으로는 다양한 학문 영역에서 컴퓨터 활용 교육 연구에 초점을 두는 ‘교육에서의 인공지능 국제학회(International Society of Artificial Intelligence in Education)’에서 발행하는 SCOPUS 저널에 2003년부터 2020년까지 게재된 총 352편의 논문을 사용하였다. 분석 결과 빈도수가 높은 단어들을 조합하여 8개의 토픽을 추출하였으며, 이를 통해 인공지능을 활용한 교육 연구에서 중요시 여기는 관점을 파악해 나감과 동시에 교과별로 인공지능을 교육에서 활용하는 내용과 목적에 차이점이 있음을 알 수 있었다. 또, 학습 시스템에서 학생 행동 모델을 분석하고 학생 응답 및 반응에 대한 피드백을 개발하는 연구는 점차 증가한 반면, 데이터 처리 방법에 대한 연구는 최근 들어 감소하는 경향이 나타났다. 연구 결과를 토대로 향후 교육에서 인공지능을 활용한 연구에 필요한 주제 및 방향에 대한 시사점을 제공하였다.

주요용어 : 토픽모델링, LDA, 교육에서의 인공지능, 연구 동향

I. 서론

시대의 변화와 흐름에 따라 변화하는 사회적 요구와 이에 따른 교육의 나아갈 방향을 모색하기 위해서 현재까지 이루어진 연구들의 동향을 분석하는 연구는 미래 교육의 방향성을 예측하고 필요조건을 구축해 나가는 데 있어 중요한 시발점이라 할 수 있다(김래영 외, 2012). 인공지능(Artificial Intelligence, 이하 AI)은 기계가 인간의 지능과 유사한 방식을 통하여 문제해결과 같은 기능을 수행하는 지능 시스템을 포괄적으로 지칭한다(Benedek et al., 2014; Copeland & Proudfoot, 1999; Haenlein & Kaplan, 2019). 2000년대 들어 컴퓨팅 파워가 성장하고 기계학습, 심층학습, 자연어처리 등 다양한 알고리즘이 등장, 네트워크의 발전으로 데이터의 양과 이에 대한 분석이 급속도로 성장하면서 상황을 인지하고 이성적, 논리적으로 판단하고 행동할 뿐만 아니라 감성적이고 창의적인 기능까지 수행하는

* MSC2010분류 : 97R40, 97R50

* 이 논문은 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 일반공동연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2020S1A5A2A03044887)

1) 부산대학교 교수 (nohjihwa@pusan.ac.kr), 제1저자
2) 아주대학교 교수 (kohoh@ajou.ac.kr)
3) 아주대학교 대학원생 (bskim99@ajou.ac.kr)
4) 경기대학교 교수 (huhnan@kyonggi.ac.kr), 교신저자

AI까지도 등장하고 있다(과학기술정보통신부웹진, 2020). 이렇듯 다양한 기술과 데이터가 적용되면서 AI를 활용한 문제해결의 범위가 확대, 정교화됨에 따라 산업 분야뿐 아니라 금융, 경영 등 사회 전반적인 분야에서 활용되고 있다(한국교육학술정보원, 2020). 교육 분야에서도 예외 없이 AI를 행정일 보조와 같은 업무 지원을 넘어서 다양한 교수·학습에 적용하고자 하는 시도가 이루어지고 있다. 예를 들면, 교육계의 오랜 숙원 사업인 학생 개별화에 맞춰진 학습을 효율적으로 수행할 수 있도록 AI를 접목시키고자 하는 시도가 이루어지고 있다(김미령, 정경영, 노지화, 2019). 개인의 특성에 기반한 맞춤형 학습을 위해서는 학습 콘텐츠와 학습 과정을 추천하고 제공할 수 있는 맞춤형 학습 플랫폼 개발이 요구되고 이를 AI가 실현시켜 줄 잠재성을 가진 것으로 예측하고 있기 때문이다(박만구, 2020; Chen, Xie, Zou, & Hwang, 2020).

그러나 이러한 교육에서의 AI 활용은 이제 시작점에 있으며 향후 이에 대한 교육적 방향과 지표를 설정하면서 신중하게 접목해 나아갈 필요가 있다. 기술의 변화와 발전을 교육에서 활용하기 위해서는 효과성뿐 아니라 교육의 본질적 가치와의 포용 가능성을 조심스레 예측하고 연구할 필요가 있다(홍정민, 2021). AI 기반 기술 역시 다양한 분야에서 하루가 다르게 발전하고 있고 이러한 영향력의 증가가 교육에서의 활용 가능성 여부를 탐지하기 위해서는 다양한 방면에서 그 가치를 판단해야 할 것이다.

IT 기술을 활용한 교육 서비스 기술로 출발한 교육(Education)과 기술(Technology)의 합성어인 에듀테크는 AI 기술의 비약적인 발전으로 인하여 교육 분야에서의 인공지능(Artificial Intelligence in Education, 이하 AIED)에 대한 관심과 연구가 지속될 것으로 예상되는 가운데, 현시점에서 AIED에 대한 연구들이 어떻게 연구되어 왔고 또 어떠한 경향을 보이고 있는지를 파악하는 것은 그 자체로도 의미가 있지만, 후속 연구에도 의미 있는 시사점을 제공할 수 있다는 점에서 큰 기여가 있을 것이다.

현재까지 우리나라에서는 AIED와 관련하여 국내에서 행해진 연구들에 대한 문헌분석 및 내용분석을 중심으로 다소 단편적으로 수행되었다(예, 윤희정 외, 2021; 박미혜, 박정열, 2022). 이러한 연구들은 연구자들이 가진 뛰어난 전문 해석에 기반하여 앞으로 AIED에 대한 정책 방향과 전략을 제시해 줌에도 불구하고, AI가 교육에 어떻게 활용되어 오고 있는가를 종합적으로 분석되지는 못하였을 뿐 아니라 세계적인 추이와 특징을 파악하는 데에는 한계가 있었다.

또한 교육에서의 연구 동향에 대한 연구에 따르면, 대부분 특정 주제를 분류하는 연구이거나 연구 논문들의 분류 및 주제에 대한 빈도수 분석이 주를 이루어왔으며 이는 사람에 의해 주제를 분류하고 헤아리는 방법을 사용해 왔다. 그러나 이러한 기존의 방식으로는 시시각각 제공되어 방대한 학습 자료를 분석하기에는 많은 시간과 노력이 소요될 뿐만 아니라 이면의 정보들을 탐색하고 필요한 내용을 도출하는 것이 용이하지만은 않다. 축적된 데이터 중에서 유의미한 정보를 찾기 위한 분석 방법은 새로운 시사점을 도출해내는 결과를 가져다주기도 한다(박찬술, 2018). 이러한 방법 중 하나인 텍스트 마이닝은 대량의 데이터를 트렌드 분석에 활용하는 객관적이고 실효성 높은 기법으로 활용되고 있다(Feldman & Dagan, 1995).

이미 많은 영역에서 다양한 텍스트 마이닝 분석 기법이 활용되고 있으며 교육 분야에서 역시 그간의 연구를 종합하거나 교육에서의 다양한 키워드를 중심으로 네트워크를 파악하고자 하는 연구가 늘어가고 있는 추세이다(손복은, 고호경, 2018). 예를 들면, 논문 제목에 나타나는 단어의 빈도와 단어와 단어를 연결하는 의미 분석을 통해 최근 수학교육 연구에서 어떤 주제가 연구되고 있는지를 파악하는 연구를 실시하였다(김선희, 김수민, 2018). 이 보다 더 한 발 나아가서 기 수행된 본문의 서론과 결론을 이용하여 연구 논문에서 추출한 주요 주제들 간의 네트워크 파악하고자 토픽모델링과 트렌드 분석이 이루어지기도 하였다(진미르, 고호경, 2018). 토픽 트렌드(topic trend) 또한 최근 다양한 분야에서 연구의 동향을 파악하기 위한 방법으로 활발하게 사용되고 있는 텍스트 마이닝 기법이다. 이에 본 연구에서는 기 수행된 AI 관련 교육논문의 텍스트 데이터 내 단어들의 빈도수를 통계적으로 분석하여

전체 데이터에서 잠재적 주제인 토픽(topic)들을 자동으로 추출하여 분류하는 토픽모델링을 통하여 주제 분석에 활용하고자 하였다.

이에 따라 본 연구에서는 토픽모델링 분석을 수행하여 AIED에 대한 국제 연구의 현황과 동향을 파악하는 것을 목적으로 한다. 또한 분석 결과를 바탕으로 우리나라 수학교육 연구에서 고려해야 할 AIED 관련 연구 주제에 대한 시사점을 얻고자 한다. 이를 위해 AIED 국제 학회 (International AIED Society)의 공식 학회지이자 SCOPUS 등재지인 The International Journal of Artificial Intelligence in Education(IJAIED)에 게재된 논문들의 제목, 초록, 주제어를 대상으로 LDA 기법의 토픽모델링을 수행하였고, 다음과 같은 문제에 대한 탐구를 수행하였다.

첫째, IJAIED는 어떤 주제를 중심으로 연구되었는가?

둘째, 시간이 흐름에 따라 IJAIED에서 활발하게 연구되고 있는 주제와 점차 연구되고 있지 않은 주제는 무엇인가?

이러한 분석을 통해 교육 분야에서 AI 연구 동향을 도출해 낸다면 AI를 교육에 활용하기 위한 방법이나 목적, 영역, 그 효과성의 다양성을 기존 연구들로부터 경향을 분석하고 이를 토대로 앞으로 우리나라 교육 분야에서 고려해야 할 AI 활용 방안을 마련하는데 기여할 것이다. 이를 통해 학교 교실에서 보다 효과적인 수업 방안의 모색이나 활용 방안을 탐색하고 학교 교육 적용에 있어서의 방향성을 논의할 수 있으며, 새로운 연구 방법을 통해 향후 주목하여야 할 연구 주제가 무엇인지를 판단할 수 있는 기초 자료를 제공한다는 측면에서 의의가 있을 것이다.

II. 이론적 배경

1. 교육에서의 인공지능(AIED)

AI 기술은 급성장하고 있으며 우리 일상생활에 필수적인 일부분이 되어가고 있는 것처럼 우리 교육 분야에 있어서도 새로운 교육 형태와 학습 형태를 생산해내며 교육 속으로도 조용히 들어왔다. AI 기술을 활용하여 교육 데이터를 분석함으로써 학습자 맞춤형 교육을 가능하게 하고 이를 통해 교수·학습 방법을 개선시키고 있다(고호경, 허난, 노지화, 2021). AI를 활용한 소위 지능형, 맞춤형, 그리고 개인별 학습 시스템은 전 세계 학교와 대학에 점진적으로 배치되어 오고 있으며, 엄청난 양의 학생 빅데이터를 수집하고 분석하면서 학생들과 교육자들의 교수·학습에 큰 영향을 미치고 있다(Holmes, Anastopoulou, & Schaumburget, 2018; 정제영, 이선복, 2020). AI 기술은 교육적인 맥락에서 꾸준히 연구되어 왔으며(Boulay, 2016) 최근에는 AI의 교육 분야에서의 응용이 빠르게 증가하고 전 세계적으로 인공지능 교육에 대한 요구가 확산되고 있다(김성애, 2021). 교육 분야에 AI를 도입하려는 시도는 최근에 새롭게 제기된 것이 아니다. 이미 1989년에 Schank, & Edelson(1989)은 AI 기계가 읽고, 추론하고, 일반화하고, 학습하도록 할 수 있기에 AI가 교육의 개선에 특별한 역할을 할 수 있다는 초기 아이디어를 제안하였다(윤회정 외, 2021). 이후 AI가 교육에 미치는 영향이 점차 커지며 최근 국내·외에서 AI교육을 위한 다양한 논의가 이루어지고 있을 뿐 아니라 AI를 교육에 활용하는 연구 또한 활발히 진행되고 있다.

AIED는 AI를 교육에 적용한 것으로 AI와 다양한 학습 과학 즉, 교육, 심리학, 언어학 및 신경과학을 결합하여 기존 학습을 지원하며 유연성, 개인화, 효율성을 특징으로 하는 AI 기반 교육 응용 프로그램의 개발을 촉진하고 발전시키는 것을 목표로 한다(박형빈, 2021). AIED는 매우 광범위한 개념으

로 AI 기반의 단계별 맞춤형 교육 및 대화 시스템, AI 지원 실습, 학생 지원 챗봇, AI 기반 학생-교사 매칭, 컴퓨터와 일대일 상호작용, 교실 밖 모바일 기기 사용 등 다양한 교수학습 활동을 포함한다(Holmes, Bialik, & Fadel, 2019). Hwang & Tu(2021)는 인공지능의 교육에서의 역할 및 연구 동향을 조사하여 인공지능이 교육에서 가장 많이 사용되는 것이 바로 지능형 튜터링 시스템(Intelligent Tutoring System, ITS)으로써, 개별 학생들이 특정한 주제 및 지식에 대해서 학생들의 오개념을 바로 잡고 맞춤형으로 학습할 수 있도록 추진되고 있음을 분석하였다.

AI가 교육 혁신의 동력으로 부상하면서 인공지능을 활용한 교육은 E-learning 시장을 대체하며 급격히 성장할 것으로 전망되고 있다(이승환, 김용성, 2018). 교육분야에서 AI 기술 활용으로 기대하는 효과는 지능적 맞춤형 교육에 초점이 맞추어져 있으며(최인선, 2022), 국내 및 해외의 여러 교육기업에서 개인 맞춤형 학습 측면에서 인공지능 학습 시스템을 개발하고 학습자의 학습 데이터를 인공지능을 활용하여 분석하고 이를 기반으로 개인 맞춤형 학습 과정 및 경로를 제공하고 있다. 예를 들면, Ventura et al.(2018)은 IBM과 Pearson의 대화 기반 지능형 튜터링 시스템에서 기계 학습 및 자연어 처리의 발전을 통해 Watson 대화 기반 튜터(WDBT)가 학생들에게 얼마나 효율적인지에 대한 사전 계획과 평가를 수행한 바 있다. 이렇듯 AI 기술 적용이 교육 현장에서 급속히 확산되고 있는 시점에서 AI 기반 교육의 가능성과 한계를 탐구하여 AI의 교육에의 적용 가능성을 타진하고 현재 가장 주목받고 있는 기술인 AI의 교육적 활용에 대한 논의를 통해 교육 발전에 대한 비전을 제시하기 위해 AIED에 대한 연구를 모니터링 하는 것이 필요하다.

2. Latent Dirichlet Allocation(LDA) 기반 토픽모델링

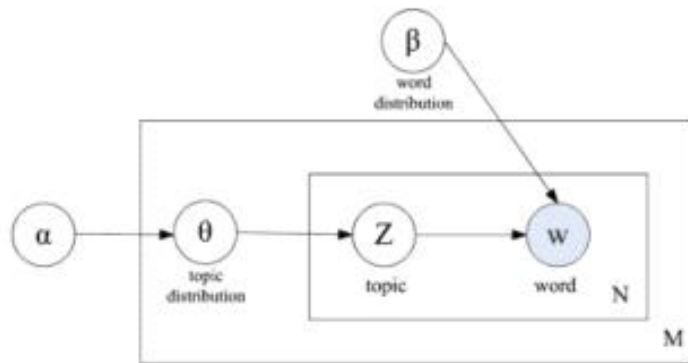
텍스트 마이닝이란, ‘비정형 텍스트 문서들에서 관심이 있거나 가치가 있는 패턴 혹은 지식을 추출하는 과정’을 의미한다(Fayyad et al., 1996). 즉 텍스트 마이닝은 기존의 텍스트 데이터가 명시적으로 드러내지 않는 그들 간의 정보를 분석함으로써 암묵적인 지식을 추출하는 분석 방법이다. 이러한 텍스트 마이닝을 통한 분석 방법은 연구자가 직접 수작업으로 자료를 수집 및 분류해야 하는 경우에 분석 대상인 텍스트의 용량이 제한적일 수 있는 한계(신명선·조경원, 2019; Mohr & Bogdanov, 2013)를 벗어나 대용량의 텍스트 자료를 다룰 수 있는 자동화된 분석 방법이므로 기존의 양적·질적 내용 분석 방법의 정확도와 신뢰도를 향상시킬 수 있고, 보다 정확하게 구체적인 연구 내용에 대한 경향 파악이 가능하다는 장점이 있다. 또한 텍스트 마이닝은 통계적인 접근을 통하여 텍스트 간의 연결성과 영향 관계를 파악하고 이를 시각화함으로써 그 의미를 도출하는 데에 유용한 방법이다(김선아 외, 2016). 텍스트 마이닝 기법 중의 하나인 토픽모델링(topic modeling) 분석은 문서 집합 내에 숨겨져 있는 토픽을 다양한 통계적 방법을 활용하여 표현하는 방법으로 주로 비구조화된 텍스트 문서에서 새로운 정보를 추출하기 위한 연구에 많이 활용되고 있으며, 특정 분야의 주제 및 동향을 파악하는데 효과적인 수단으로 제안되고 있다(진설아, 송민, 2016).

전체 문서 집합에서 나타나는 의미론 구조를 탐색하기 위해 사용되는 텍스트 마이닝 기법인 토픽모델링은 문서 집합 내에 숨겨져 있는 토픽을 다양한 통계적 방법을 활용하여 표현하는 분석 방법이다(박종도, 2019). 토픽모델링은 어떤 문서의 토픽이 여러 개의 추상적인 토픽으로 구성되어 있으며, 각각의 토픽은 여러 단어의 집합으로 구성되어 있다는 것을 전제하고 있다. 따라서 토픽모델링의 활용을 통해 대규모 텍스트 문서에서 키워드를 추출하여 숨겨진 지식과 의미를 발견할 수 있으며 언어 텍스트 집합을 대표할 수 있는 토픽을 범주화할 수 있기 때문에 각 토픽이 각 연구에서 얼마나 중점적으로 다루어졌는지, 해당 토픽에서는 어떤 키워드가 주로 등장하는지의 경향을 파악하는 데 효과적이

다(김연후, 김하연, 2021). 특히, 토픽모델링은 조건부 확률분포에 따라 단어 간의 유사성을 파악하고 주제를 추론하므로 연구자의 주관성이 배제되는 특징을 지닌다. 예컨대, 기존 연구방법이 이론적 배경이나 연구자의 선지식에 의존한 분석틀을 기반으로 수집한 데이터를 분류하는데 반해, 토픽모델링은 이러한 주관성을 배제하고 데이터 자체의 특징에 초점을 맞추어 분류 작업을 수행한다. 따라서 주제의 특성이 연구자의 주관성에 따라 분류되는 것이 아니라 텍스트에 분포된 단어의 패턴에 따라 추론되므로 더욱 강력한 텍스트 모델링의 구축이 가능하다(Blei, 2012).

문서의 토픽을 분석하는 방법에는 pLSA(probabilistic Latent Semantic Analysis), LSI(Latent Semantic Indexing) 등의 방법이 있으며, 그 중 현재 가장 널리 활용되는 기법은 잠재 디리클레 할당(LDA, Latent Dirichlet Allocation)이다(Blei, 2012). LDA는 문서들의 집합인 말뭉치(corpus)로부터 토픽들을 추출하는 확률 모델이며, 한 문헌이 여러 개의 잠재된 토픽으로 표현된다고 가정하고 해당 단어들에 주제가 포함될 확률을 계산하여 확률이 높은 단어들의 집합을 추출하는 방식이다. 이 분석은 동일한 의미를 갖는 다른 단어들, 동일한 글자이지만 문맥에 따라 의미가 다른 단어들을 효과적으로 변별할 수 있으며, 더욱이 추출된 단어들은 토픽들 간의 독립성이 두드러지기 때문에 토픽을 결정짓는데 용이하다는 장점이 있다(신명선, 조경원, 2019).

LDA 기법에서 문서의 각 단어는 먼저 문서의 토픽 분포에서 토픽을 샘플링(sampling)한 다음, 토픽의 단어 분포에서 단어를 샘플링하여 생성된다. 그런데 주어진 정보는 문서 내 포함된 단어뿐이므로 이 자료를 바탕으로 디리클레 분포를 사전분포로 하는 베이저안 추정을 통해 토픽에 따른 단어의 사후분포(β), 문서별 토픽의 사후분포(θ)와 토픽 할당(Z)을 역으로 예측하게 된다(Cao et al., 2009). 즉, 주어진 말뭉치(corpus)에서 LDA는 이러한 생성모델을 통해 얻은 토픽 사후분포에서 가장 큰 확률 값을 가지는 토픽을 해당 문서의 대표 토픽으로 할당한다. [그림 II-1]은 LDA의 토픽 생성 과정을 시각화한 모델이다.



[그림 II-1] LDA 알고리즘의 시각화(Cao et al., 2009)

3. 토픽모델링을 적용한 교육 동향 분석 연구

토픽모델링은 방대한 텍스트를 효율적으로 분석할 수 있고, 전통적인 내용분석 방법과 비교하여 연구자의 주관성을 어느 정도 배제할 수 있다는 점에서 교육 분야에서 많은 주목을 받고 있다(황지남, 방정숙, 2020). 국내 토픽모델링 관련 연구는 2015년부터 급증하였는데(최성철, 박한우, 2020) 교육분야에서도 토픽모델링을 적용하여 학교급별, 교과별로 교육 동향을 분석한 연구들이 활발하게 이루어지고

있다.

초등교육의 측면에서는 초등 정보교육 연구를 거시적인 변화를 조망하고자 하는 목적으로 정보교육 학술지 논문을 대상으로 토픽모델링을 활용하거나(심재권, 2021a), 초등 수학교육의 연구가 어떠한 방향으로 수행되어왔으며 향후 초등수학교육의 발전 방향에 대한 시사점을 도출한(손태권, 황성환, 2021) 연구가 있었다.

중등교육 관련 연구에서는 영어교육(원용국, 김영우, 2021), 기술교육(김성애, 2021) 등 다양한 교과에서 토픽모델링을 활용한 연구들이 이루어졌는데 공통적으로 각 교과별 연구 동향을 분석하여 교과의 발전 방향을 제시하였다. 특히 많은 연구가 이루어진 수학교과 관련 연구에서는 주로 특정 시기별 수학교육의 전반적인 연구 동향 및 연구 주제의 변화를 살펴보고 그 결과를 토대로 국내 수학교육의 발전 방향과 후속연구에 대한 시사점을 도출한 연구가(예, 진미르, 고호경, 2019; 최정아, 광민호, 2019; 신동조, 2020) 이루어졌다. 뿐만 아니라 수학과 교육과정 연구에 대한 동향을 분석하여 수학과 교육과정의 발전을 위한 시사점과 발전 방향을 제시하거나(손태권, 이광호, 2020) 수학과 평가에 대한 연구 동향 분석을 수행하고(손태권, 황성환, 2020) 수학적 추론 연구의 동향을 파악하는(황지남, 방정숙, 2020) 등의 수학교육의 특정 연구주제에 대한 동향 분석을 수행한 연구도 이루어졌다.

이외에도 소셜미디어 기반 여론을 활용하여 교육분야 정책 의제 발굴에 활용하기 위한 목적을 가지거나(정진명, 박영호, 김우주, 2018) 국민청원글을 활용하여 다양한 교육 관련 이슈를 파악하여 교육 연구의 방향과 문제를 발견하기 위해 토픽모델링을 이용한 연구(심재권, 2021b) 등이 있었다.

한편 AI의 발달에 따라 교육의 다양한 맥락에서 AI를 교육적으로 활용하기 위한 방향 제시를 위해 토픽모델링을 활용한 연구들도 이루어졌다. 초·중등 인공지능 교육 관련 연구 동향 분석을 통해 기술교육의 방향과 과제를 제안하거나(김성애, 2021), AI 기술의 대표적인 기술을 교육에 활용한 연구동향을 토픽모델링으로 분석함으로써 AI 기술의 교육적 활용주체, 활용목적, 교육적 효과 등에 대해 탐색한 연구가(진성희, 2022) 있었다. 4차 산업혁명 기반 교육연구 동향을 토픽모델링을 활용하여 4차 산업혁명과 관련된 교육동향에 대한 분석에 관한 연구도 이루어졌다. 이재은, 오세경(2020)은 교육관련 학술논문의 동향을 분석하여 미래교육이 나아갈 바를 논하였고, 이길용, 홍후조(2021)는 4차 산업혁명 시대 교육과 관련된 정부 차원의 교육부 문서와 일간지 기사를 대상으로 4차 산업혁명 시대 교육의 발전 방향과 그 교육적 시사점을 찾고자 하였다.

4. 토픽모델링을 적용한 수학교육 연구

수학교육에 관한 연구에서도 최근 토픽모델링을 적용한 연구들이 이루어지고 있다.

토픽모델링을 적용한 수학교육에 관한 연구는 주로 특정 시기별 수학교육의 전반적인 연구 동향 및 연구 주제의 변화를 살펴본 연구가 이루어졌다.

수학교육의 전반적인 연구 동향에 관한 연구로는 진미르, 고호경(2019)의 2016년부터 2018년까지 국내 수학교육 학술지 5종에 게재된 460편의 논문을 대상으로 국내 수학교육 연구 동향을 주제별로 분석한 연구와 최정아, 광민호(2019)의 해외 학술지 JRME, ESM, JMB에 1990년부터 30년간 게재된 2,556개의 논문을 5년 단위로 나누어 시기별로 수학교육 연구 주제의 추이 변화를 분석한 연구를 들 수 있다. 손태권, 황성환(2021)은 국내 초등수학교육 연구의 수행 방향을 체계적으로 살펴보기 위해 2001년부터 20년간 발표된 국내 수학교육 전문 학술지 전체를 대상으로 토픽모델링기법을 활용하여 수학교육 관련 논문을 분석하였다. 분석 결과를 통해 초등수학교육 연구의 흐름을 파악하였으며, 연구의 비중이 증가한 토픽과 감소한 토픽을 찾아 그 결과를 토대로 국내 초등수학교육의 발전 방향과 후

속연구에 대한 시사점을 도출하였다.

신동조(2020)는 2000년부터 2019년까지 국내 수학교육 학술지 7종에 게재된 3,114편의 수학교육 논문과 5종의 국외 수학교육 학술지에 게재된 1,636편의 수학교육 논문의 연구 동향을 토픽모델링을 사용하여 비교·분석하여 국내·외 수학교육 연구주제를 분류하였다. 연구의 결과를 통해 국내의 수학교육 연구와 해외의 수학교육 연구에서 주로 강조하고 있는 연구 주제들을 확인하고 이를 비교하여 16개의 유사한 주제와 7개의 상이한 주제로 분류하였다.

이와 같은 수학교육 연구의 전반적인 동향을 살펴본 연구 외에도 토픽모델링을 활용하여 수학교육의 특정 연구주제에 대한 동향 분석을 수행한 연구 또한 이루어졌다.

수학과 교육과정 연구에 대한 동향을 분석한 손태권, 이광호(2020)의 연구는 1997년부터 2019년까지 KCI 등재지에 게재된 493편의 국내 수학과 교육과정 논문을 LDA 토픽모델링을 사용하여 수학과 교육과정 연구의 동향을 분석하고 이를 통해 향후 수학과 교육과정의 발전을 위한 시사점과 발전 방향을 제시하였다. 손태권, 황성환(2020)은 수학과 평가에 대한 연구 동향 분석을 수행하였는데 2000년부터 2020년 8월까지 KCI 등재지에 게재된 237편의 논문과 SSCI에 게재된 857편의 논문을 토픽모델링을 활용하여 수학교육 평가에 대한 연구 동향을 면밀히 분석하였다. 그 결과를 활용하여 국내 수학교육 평가 연구의 향후 발전 방향과 시사점을 도출하였다. 또한 황지남, 방정숙(2020)은 수학적 추론 연구의 동향을 파악하기 위해 2000년부터 2020년 6월까지 국내·외 수학교육 전문 학술지에 등재된 643편의 논문을 대상으로 전반적인 국내외 연구주제 및 시기별 연구주제를 토픽모델링을 활용하여 분석하였다. 국내·외 연구주제를 비교 분석하고 그 결과를 토대로, 연구대상의 확장, 수학적 추론의 과정에 대한 관심, 연구주제의 다변화, 최근에 새롭게 등장하는 연구주제 등과 관련하여 시사점을 제시하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 다양한 교육 분야에서 이루어진 토픽모델링에 대한 연구는 대부분 논문의 초록을 대상으로 토픽모델링과 시계열회귀분석 방법이 사용되고 있는 것으로 나타났다. 그러나 토픽모델링을 적용한 연구가 활발하게 이루어지고 있음에도 AIED 관련 국내 또는 국제 연구 동향을 파악한 연구는 찾아보기 어렵다. 특히, 토픽모델링 기법을 AIED 주제 분야에 적용하는 것은 토픽모델링을 수학교육학과 같은 특정한 단위 학문 영역에 적용하는 것과는 차이가 있다(박종도, 2019). 이는 AIED 관련 연구가 특정 단위학문 분야 내에서 연구되기보다 훨씬 다양한 분야에서 광범위하게 연구가 진행되고 있기 때문에 토픽모델링을 광범위한 학문영역에서 다루어지는 AIED 주제에 적용하여 관련한 이슈를 추적하는 것은 의미가 있다. 따라서 본 연구에서는 특정 단위 학문 영역과 연계되지 않은 저널인 IJAIED에 게재된 논문의 제목, 초록, 주제어를 대상으로 토픽모델링을 적용하여 AIED와 관련하여 국제 연구 현황 및 동향을 분석하고, 분석 결과를 바탕으로 AIED와 관련한 국내 연구의 방향 및 과제를 제시하고자 한다.

III. 연구방법

1. 분석대상

본 연구에서는 AIED에 대한 국제 연구 경향을 파악하기 위한 분석 대상을 설정하기 위하여 IJAIED의 홈페이지에 아카이브되어있는 2003년 이후부터 2020년까지 발행된 총 352개 논문의 제목, 초록, 주제어를 분석 대상으로 선정하였다. IJAIED이 창간된 1993년부터 2002년까지 게재된 논문이 분석 대상에서 제외되었지만, AIED에 대한 연구가 비교적 최근에 활발하게 이루어지기 시작하였음을

감안할 때, 분석 대상에서 제외된 논문들이 본 연구의 분석 결과에 지대한 영향을 미치지 않는 것으로 판단하였다. 수집한 논문들의 연도별 편수는 <표 III-1>에 제시된 바와 같다.

<표 III-1> 연도별 게재 논문 편수

연도	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
편수	15	15	14	21	18	17	19	12
연도	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
편수	9	3	19	17	20	59	29	24
연도	2019	2020	합계					
편수	20	21	352					

2. 분석 방법

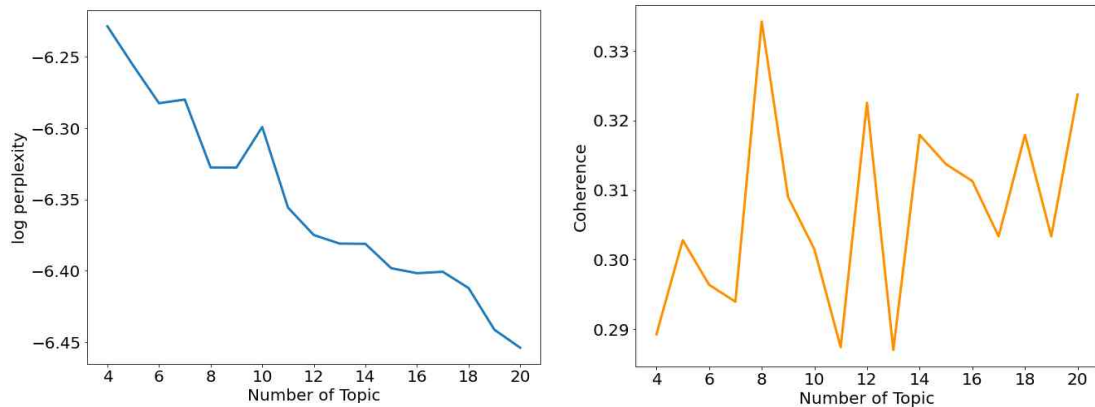
1) LDA 분석

수집한 논문의 분석 결과를 정확하게 이끌어낼 수 있도록 전처리 과정을 수행하기 위해 먼저 논문의 제목, 초록, 주제어가 3열로 구분되어 csv 형태로 저장되어 있는 자료를 한 개의 열로 병합하였다. 다음으로 텍스트를 분석에 필요한 단위로 나누는 토큰화(tokenization) 작업을 공백 기준으로 수행하였으며, 대문자는 소문자로 통일하였다. 또한 구두점, 수식, 숫자와 함께 대명사, 관사, 전치사 등 분석에 필요하지 않은 불용어(stopwords)는 R 프로그램의 tm 패키지에서 제공하는 ‘english’와 ‘SMARTER’를 통해 삭제하였다. 또, 문장 내에서 다양한 형태로 나타나는 단어들의 표제어를 추출하는 원형복원(lemmatization) 작업을 수행하였다. 예를 들어 ‘supported’, ‘supporting’, ‘supports’는 ‘support’로 추출되었다.

이상의 전처리가 완료된 자료에 LDA 분석을 수행하였다. LDA 분석 시 매개변수 α , β , 반복 시행 횟수, 토픽 개수 K 는 연구자가 사전에 정의해야 하며, 본 연구에서는 매개변수 α 는 0.1, β 는 0.01 (Zhao, Chen, & Zen, 2015), 반복 시행은 붕괴된 깃스 샘플링(collapsed gibbs sampling) 방식을 적용하였다. 붕괴된 깃스 샘플링은 사후분포가 수렴될 때까지 반복적으로 계산해야 하는 토픽에 따른 단어의 사후분포(β), 문서별 토픽의 사후분포(θ)를 적분해 제거함으로써 변수 간 의존성과 느린 수렴 속도 문제를 개선한 깃스 표집 방법이다(Griffiths & Steyvers, 2004). 분석에는 R의 topicmodels 패키지를 활용하였다. 계산을 위하여 반복 시행 횟수는 1,000번으로, 모형 근사가 어느 정도 안정되기 시작한 이후의 분포를 활용하기 위하여 100번 반복 계산 이전의 분포를 활용하지 않도록 burn-in은 100으로 설정하였다.

토픽의 개수를 설정할 때, 너무 적은 수의 토픽을 지정하면 추상적이기 쉽고 많은 정보가 서로 겹침으로써 서로 상관이 높아지기 때문에 식별 가능성이 떨어지게 되고, 너무 많은 수의 토픽을 지정하면 지나친 구체화로 한 주제에 포함된 정보가 너무 적어진다는 단점이 있다(Cao et al., 2009). 따라서 가장 적절한 토픽의 수를 찾는 것이 중요한데, 이를 위한 다양한 척도가 제시된다. 토픽의 수를 결정할 때 고전적인 방법으로 자주 사용되고 있는 혼잡도(perplexity)는 특정 확률모델이 실제로 관측되는 값을 얼마나 잘 예측하는지를 평가할 때 사용하는 척도로서, 토픽모델링도 문헌 집합 내 용어 출현횟수를 바탕으로 문헌 내 주제 출현 확률과 주제 내 용어 출현 확률을 계산하는 확률모델이기 때문에

확률모델을 평가할 때 사용하는 척도를 사용하는 것은 자연스럽다 할 수 있다. 혼잡도가 낮으면 무질서도가 낮은 것을 의미하고 해당 토픽 모델이 실제 문헌 결과를 잘 반영함을 뜻한다. 그러나 낮은 혼잡도가 반드시 결과를 해석하기에 적합한 것은 아니라는(Chang et al, 2009) 단점을 해결하기 위해 제시된 척도가 응집도(coherence)이다. 응집도는 토픽 내의 단어 간 연결의 정도를 평가하는 것으로서 응집도가 높을수록 토픽모델링 분석 결과에서 도출되는 각각의 토픽이 의미론적으로 유사한 단어들로 구성되어 있다고 해석한다(Ramirez et al., 2012). 본 연구에서는 토픽 수 4부터 20까지 혼잡도와 응집도를 모두 산출한 결과, [그림 III-1]에 제시된 바와 같이 혼잡도의 경우 토픽수가 너무 크지 않은 수준에서 주변에 비해 혼잡도가 낮은 값을 고려하였고, 응집도의 경우 응집도 총합이 큰 토픽수를 고려하여 가정 적절하다고 판단하여 토픽의 수를 8개로 정하고 연구 주제를 해석하였다.



[그림 III-1] 토픽 수에 따른 혼잡도(perplexity)와 응집도(coherence)

2) 시계열 기반 토픽 분석

본 연구에서는, 추가적으로, AI 기술의 진보가 이루어졌던 시점 또는 AI에 대한 사회적 관심이 높아졌던 시점을 중심으로 시기를 나누어, 개별 토픽의 시기별 비중 평균값을 종속변수로 하고 시기를 독립변수로 하여 단순회귀분석(simple regression analysis)을 수행하였다. 이는 연구 주제의 동향을 파악하는 데 있어서는 연도보다 주기로 나누어 분석하는 것이 좀 더 의미 있는 결과를 유추할 수 있다는 제언(박주섭, 홍순구, 김종원, 2017)에 따른 것이다.

이에 컴퓨터가 스스로 학습을 하여 규칙을 입력하는 방식의 기계학습(machine learning)에서 다중 인공 신경망을 기반으로 하여 비정형 데이터를 처리하는 데 특화된 딥러닝(deep learning) 기법이 재조명되기 시작하고 MIT가 2013년을 빛낼 10대 혁신기술 중 하나로 딥러닝을 선정(MIT Technology Review, 2013)한 2013년을, 인간과 AI와의 첫 바둑 대결이 증계되면서 전 세계적으로 AI에 대한 관심이 증폭되었던 2016년을 중심으로 하여 1시기는 2003년부터 2012년, 2시기는 2013년부터 2015년, 그리고 3시기는 2016년부터 2020년으로 구분하였다. 또한 분석 결과 유의수준 5%에서 회귀계수 값이 양수 이면서 통계적으로 유의하면 상승(hot)하는 주제로, 그리고 음수이면 하락(cold)하는 주제로 해석하였다(Griffiths & Steyvers, 2004). 이를 토대로 IJAIED에 게재된 논문에서 나타난 교육에서의 인공지능 활용의 전반적인 연구의 패러다임과 시기별 연구 동향이 어떻게 변화하는지 살펴보았다.

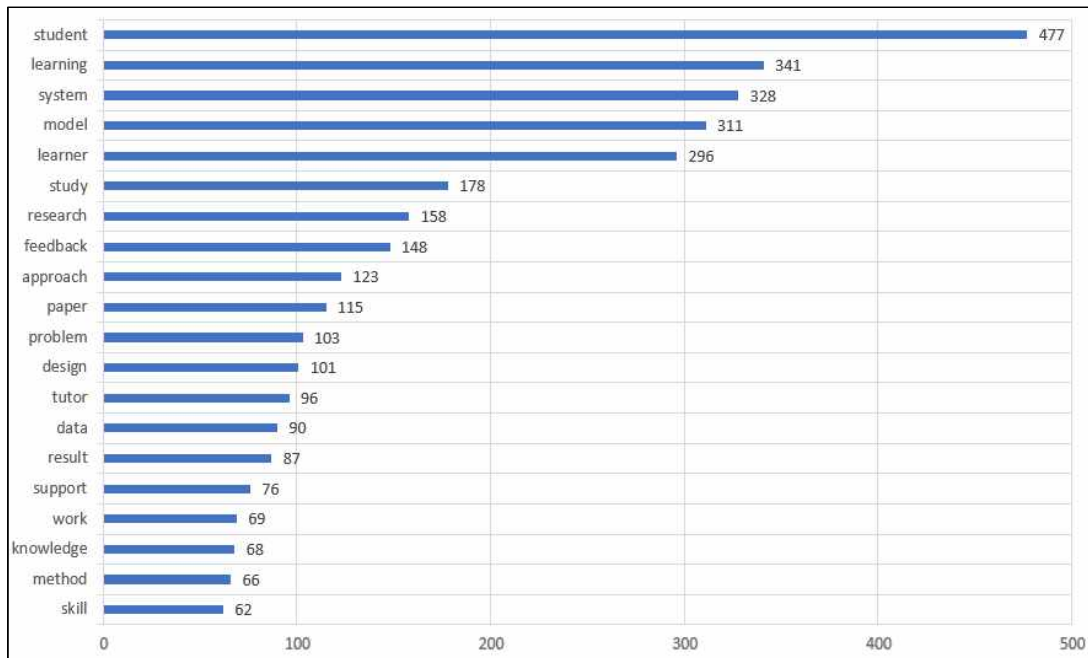
IV. 연구 결과

1. IJAIED 연구 현황

IJAIED에 2003년부터 2020년까지 18개년동안 게재된 논문을 대상으로 연구 주제와 관련 있는 핵심어를 추출하기 위해 LDA 기법의 토픽모델링을 분석한 결과 높은 빈도로 출현하는 핵심어는 student, learning, system, model, learner 등이다. 이는 다양한 학문 분야에서 진행된 AIED와 관련한 연구들에서 학생들의 학습 지원을 위한 시스템 또는 모델 개발과 관련된 주제가 많이 다루어지고 있음을 파악할 수 있다. 빈도에 따른 상위 20개의 핵심어를 정리하면 <표 IV-1>와 같으며, 시각화하면 [그림 IV-1]과 같다.

<표 IV-1> 빈도에 따른 IJAIED의 핵심어

빈도순위	핵심어	빈도순위	핵심어	빈도순위	핵심어	빈도순위	핵심어
1	student	6	study	11	problem	16	support
2	learning	7	research	12	design	17	work
3	system	8	feedback	13	tutor	18	knowledge
4	model	9	approach	14	data	19	method
5	learner	10	paper	15	result	20	skill



[그림 IV-1] 빈도에 따른 IJAIED의 핵심어

각 토픽을 구성하는 상위 10개 단어와 그 단어들의 연관성을 바탕으로 토픽 명을 결정하였다. 토픽 타당성 평가 기준에 따라 8가지로 분류된 각 토픽에서 출현 가능성이 높은 상위 10개의 핵심어를 정리한 결과는 <표 IV-2>와 같다. 이들은 각 토픽에 등장할 확률이 높은 순으로 정리한 것이기 때문에 해당 토픽의 대표 단어들이라 할 수 있다. 이들 핵심어와 그 핵심어들의 연관성을 바탕으로 수학교육을 전공한 3인의 전문가들이 협의 과정을 거쳐 각 토픽의 타당한 토픽 명을 결정하였다.

분석 결과의 Topic ratio를 이용하여 각 토픽을 구성하는 분석 대상 논문의 편수 및 비중을 나타내면 [그림 IV-2]와 같다. 각 논문의 토픽 할당은 사후분포에서 출현 확률이 가장 높은 토픽으로 지정하였다. 분석 대상 논문 352편 중 41편(12%)이 Topic 1로 분류되었고, 36편(10%)이 Topic 2로, 54편(15%)이 Topic 3으로, 64편(18%)이 Topic 4로, 40편(12%)이 Topic 5로, 43편(12%)이 Topic 6으로, 49편(14%)이 Topic 7로, 25편(7%)이 Topic 8로 분류되었다.

<표 IV-2> IJAIED의 연구 주제 및 핵심어

Topic (ratio)	Topic Name	Key Words
Topic1 (0.1165)	학습행동모델 분석 (Analyzing student behavior model in a learning system)	student, model, learning, hint, tutor, its, study, behavior, system, approach
Topic2 (0.1023)	피드백 생성 (Generating feedback for a task/(computer) tutor)	student, feedback, system, learning, tutoring, task, tutor, model, paper, language
Topic3 (0.1534)	학습 문제 및 질문 생성 (Exploring condition and guidance to a (computer) agent)	student, problem, study, learning, question, practice, condition, guidance, approach, agent
Topic4 (0.1818)	지식 모델 설계 (Designing a constraint-based its/tutor/model)	system, student, model, tutor, design, approach, its, knowledge, learning, constraint-based
Topic5 (0.1136)	학습 지원 (Designing intelligent support for learning problems and skills)	system, learner, learning, student, research, paper, support, intelligent, problem, skill
Topic6 (0.1222)	평가 문항 설계 (Writing content items for assessment and review)	student, assessment, learning, system, research, review, feedback, writing, content, item
Topic7 (0.1392)	데이터 처리 방법 (Data handling (mining, imputation) method)	student, learning, data, method, research, study, learner, content, paper, model
Topic8 (0.0710)	소그룹 활동에 대한 피드백 제공 (Designing feedback to a team's solution)	learning, team, feedback, learner, solution, design, system, student, children, model



[그림 IV-2] 토픽별 연구 빈도 및 비중

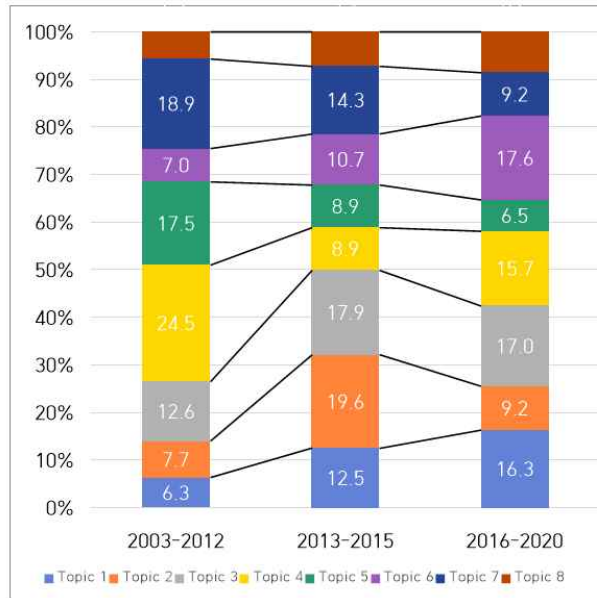
다른 토픽의 상위어에 포함되지 않은 핵심어를 중심으로 각 토픽을 살펴보면, 토픽 1에는 힌트, ITS, 행동, 접근 방법 등의 핵심어가 포함되어 있다. 이는 해당 토픽으로 분류된 논문들에서 ITS 시스템에서 학생들의 학습 행동 또는 접근방법을 분석하거나 기대하는 학습 행동을 유발하기 위해 시스템에서 힌트를 제공하는 방법을 분석하는 주제가 다루어지고 있음을 추측할 수 있다. 토픽 2에는 피드백, 과제, 튜터, 언어 등의 핵심어가 등장하는 것으로 미루어 보아 이 토픽에서 과제 또는 컴퓨터 튜터에 대한 피드백을 생성하고 제공하는 연구 주제가 다루어지고 있다고 해석할 수 있다. 토픽 3에는 문제, 질문, 연습, 조건, 안내 등의 핵심어가 나타났다. 이는 시스템에서 학생들이 학습하고 연습해야 할 문제 또는 질문을 생성하는 과정에서 고려해야 할 조건과 안내 내용 또는 방법에 관련된 연구 주제로 해석할 수 있다. 토픽 4의 핵심어는 모델, 설계, 지식, 조건 기반 등으로 나타났다. 이를 바탕으로 해당 토픽에는 시스템에서 수행하는 의사 결정에 필요한 조건들을 구성하는 지식 모델을 설계하는 연구 주제가 다루어지고 있음을 추측할 수 있다. 토픽 5에는 시스템, 지원, 지능적인, 문제, 스킬 등의 핵심어가 포함되어 있다. 이는 해당 토픽에서 ITS에서 학생들이 문제를 풀거나 공식 등을 학습할 때 필요한 지원 방안에 대한 연구가 이루어지고 있음을 추측할 수 있다. 토픽 6에는 평가, 복습, 피드백, 문항 등의 핵심어가 등장하는 것으로 미루어 보아 이 토픽에서 학생들의 학습 평가 및 복습을 위한 내용 문항을 설계하는 연구 주제가 다루어지고 있음을 추측할 수 있다. 토픽 7의 핵심어는 학생, 학습, 데이터, 연구, 내용 등으로 나타났는데 이는 시스템에서 학생 및 학습 데이터를 수집하고 처리하는 방법에 관한 연구가 다루어지고 있다고 유추할 수 있다. 토픽 8에는 팀, 피드백, 솔루션, 디자인, 아동 등의 핵심어가 등장하는 것으로 미루어 보아 이 토픽에서 학생들이 팀을 이루어 문제를 해결할 때 수립하는 전략이나 해결방안에 대한 피드백이나 모델을 설계하는 연구 주제가 다루어지고 있음을 추측할 수 있다.

2. IJAIED 연구 주제의 기간별 현황

AI에 대한 기술적 발전 또는 사회적 관심이 고조되었던 시기에 따라 토픽별 추이가 어떻게 변화하였는지 분석하기 위해 시계열 토픽 분석을 실시하였다. 토픽별로 추세의 유효성을 판단하기 위해 독립변수를 기간, 종속변수를 개별 토픽의 기간별 비중으로 두고 단순회귀분석을 수행하였다. IJAIED

연구주제의 시기별 토픽 비중은 [그림 IV-3], 회귀분석 결과는 <표 IV-3>와 같다.

시계열 토픽 분석 결과, 8개의 토픽 중 3개의 토픽이 시계열에 따른 비중의 변화가 유의하게 나타났다. P-value가 0.05 미만이며 회귀계수가 양수인 토픽 1과 토픽 8이 기간에 따라 점차 증가하는 Hot 토픽으로 나타났고, P-value가 0.05 미만이며 회귀계수가 음수인 토픽 7이 기간에 따라 점차 감소하는 Cold 토픽으로 나타났다. 토픽 5와 토픽 6도 [그림 IV-3]에서 볼 수 있듯이 그 비중이 꾸준히 증가(토픽 6) 혹은 감소(토픽 5)하고 있지만, P-value가 0.05 이상으로 비중의 증감 형태가 선형적이지 않아서 조건을 만족하지 못하는 경우로 도출되었다.



[그림 IV-3] 시기별 토픽 비중

<표 IV-3> 시기별 회귀분석 결과

Topic	Regression coefficient	P-value	Hot/Cold
1	4.023	0.017	Hot
2	0.729	0.929	X
3	2.203	0.431	X
4	-3.395	0.666	X
5	-5.473	0.200	X
6	5.327	0.110	X
7	-4.865	0.020	Cold
8	1.451	0.025	Hot

V. 결론 및 제언

최근 에듀테크 분야는 학습의 계획, 적용, 평가를 위해 활용하는 에듀테크 플랫폼으로서의 학습관리(Learning Management System, LMS) 개념(Raza et al., 2020)이 포함된 서비스에 인공지능을 활용한 지능형 맞춤형 학습(Intelligent adapted)에 초점을 맞추고 있는 추세이다. 즉, AI를 교육에 이용하는 전문 분야인 AIED가 AI 기술의 비약적인 발전으로 인하여 에듀테크 분야 중에서 가장 강렬한 관심을 받고 있다. 그러나 이러한 교육에서의 AI 활용은 이제 시작점에 있으며 향후 이에 대한 교육적 방향과 지표를 설정하면서 신중하게 검토해 나아가야 할 필요가 있다(정제영, 이선복, 2020).

기 수행된 연구의 동향과 특징을 파악하는 것은 향후 시대적으로 요구되는 연구의 종류나 방향성을 파악하기 위한 매우 필요한 절차라 할 수 있다(김래영 외, 2012). 이에 본 연구에서는 최근 수행된 AIED 분야의 연구의 동향을 보다 객관적인 관점에서 파악하고자 텍스트 마이닝 기법을 활용하여 AIED 연구의 대표적인 학술지인 IJAIED에 게재된 논문들의 제목, 초록, 주제어를 대상으로 LDA 기법의 토픽모델링을 실시하였다. 텍스트 마이닝 기법 중의 하나인 토픽모델링(topic modeling) 분석은 문서 집합 내에 숨겨져 있는 토픽을 다양한 통계적 방법을 활용하여 표현하는 방법으로 주로 비구조화된 텍스트 문서에서 새로운 정보를 추출하기 위한 연구에 많이 활용되고 있다. 이를 통해 주제들 간의 관계가 유의미한 토픽끼리 묶인 집합들을 추출함으로써, AIED 연구 안에서 다루고 있는 주요 내용들은 무엇이며 이를 주제별로 묶으면 어떠한 주제들을 다루고 있는지를 통해 AIED 연구의 흐름과 변화를 추정할 수 있었다.

분석 결과, AIED 연구는 8개의 서로 다른 주제를 중심으로 연구되어지고 있었음을 파악할 수 있었으며, 특히 최근 들어서는 이 8개의 토픽들 중에서도 증가나 감소하는 토픽들이 나타나고 있었다. 특히, 다양한 데이터 분석 기법이 발달하면서 AI의 기술과 기대감이 커짐에 따라 AIED 연구 분야 역시 AI의 역할이 더 부여될 수밖에 없는 ITS 시스템에서의 학생들의 학습 행동 또는 접근방법을 분석하는 연구의 관심도가 커지고 있음이 나타났다. 학생들의 학습 평가 및 복습을 위한 내용 문항을 설계하는 연구 주제 역시 최근 들어 더 활성화 되고 있는 것으로 나타났는데, 이는 객관식이나 단답형 문항에 대한 자동 채점과 문항의 추천 시스템 도입에서 넘어서 최근 텍스트 분석 기술이 발달함에 따라 서술형 평가의 자동화 연구가 활발히 진행되고 있는 것에 기인한 것으로 보인다. 우리나라에서도 한글 분석의 정교성이 날로 향상됨에 따라 AI를 활용한 서술형 평가의 도입 역시 머지않아 시도될 수 있을 것이라 기대된다.

또한 최근에는 팀 활동이나 피드백 등에 관심을 가진 연구가 활발히 진행되고 있는데, 이는 기존의 ITS가 행동주의에 근거한 학생들의 연습과 숙달 등에 치중되어 있는 것으로부터 벗어나 다양한 교수법 구안에 관심을 갖게 되었다는 고무적인 현상으로 해석된다.

이러한 토픽모델링 분석 연구를 통해 본 연구에서는 다음과 같은 시사점 역시 도출할 수 있었다. 먼저, 18개년 동안 게재된 논문을 대상으로 연구 주제의 핵심어를 도출한 결과 상위 6개의 핵심어 안에는 ‘student’, ‘learning’, ‘learner’, ‘study’와 같은 단어가 포함되어 있다. 이러한 단어로 추측할 수 있는 것은 AIED 연구가 ‘학생’에 주로 초점을 두고 연구가 수행되어 왔다는 것을 알 수 있다. 그간 AIED 연구가 주로 학생들의 개별 맞춤형 학습을 목표로 두고 있기 때문에 어찌 보면 당연한 결과라 할 수 있으며 이는 수학교육 분야에서도 관심을 두고 있는 키워드라 할 수 있다.

시대별 토픽의 변화 분석에 따르면, 토픽 7의 학생 및 학습 데이터를 수집하고 처리하는 방법에 관한 연구가 최근에 줄어드는 경향이 나타났다. 이를 통해 이제 더 이상 ‘학생’이 AIED 연구의 가장 주된 관심 분야는 아니라는 추세를 읽을 수는 있다. 그럼에도 불구하고 AIED 연구들을 종합하였을 때,

상위 20개의 핵심어 중 teacher 나 teaching이라는 단어가 드러나지 않았다는 것은 그간의 연구에서 편중성이 나타났다는 것을 의미하는 것이라 볼 수 있다.

교육이나 교육에 관한 연구에서 교사는 중심이자 핵심이라 할 수 있다(Darling-Hammond, et al., 2020). 따라서 AIED 연구가 학생, 교사의 균형점을 갖고 학교 현장에서 보다 목적 부합적으로 이루어지기 위해서는, 학생뿐만 아니라 교사 또한 AI를 사용하는 능동적인 주체가 되고 비중있는 수혜자가 될 수 있는 AIED의 개발과 이에 대한 AIED 연구가 보다 적극적으로 이루어져야 할 것이다. 다시 말해, 향후 AIED 연구에서 수학 교사 또는 수학 교수법에 관한 주제가 활발히 다루어져야 할 필요가 있다. AI가 수학 교육 분야에서도 훌륭한 도구로 역할을 할 수 있는 가능성이 크다(Raza, et al., 2021)는 것은 동의하는 바이지만, 이러한 도구 역시 AIED에서의 교사의 역할을 간과하여 교수법이 함께 연구되고 논의되지 않는다면 교육적 성공을 보장하기 어려울 것이다. 따라서 향후 AIED 연구가 교사에 보다 더 많은 관심을 두고 활성화되길 기대하는 바이다. 더불어, AIED에 대한 국내 연구결과물이 많아지는 시기에 관련 국내 논문을 대상으로 연구를 진행하고 분석을 통해 확인된 토픽들을 대상으로 본 논문에서 파악된 해외 동향과의 비교 분석을 추가로 진행한다면 우리나라 교육의 특성과 요구가 보다 세밀하게 반영된 연구 활동이 이루어질 것이다.

참고 문헌

- 고호경(2020). 인공지능(AI) 역량 함양을 위한 고등학교 수학 내용 구성에 관한 소고. **한국 학교수학회 논문집**, 23(2), 223-237.
- 고호경, 허난, 노지화(2021). RRP(Role-Play Presentation)를 통한 교사의 AI교사와의 지각된 상호작용성 분석. **수학교육**, 60(3), 321-340.
- 과학기술정보통신부 웹진 (2020). **인공지능이란?**
<http://sejong.korea.ac.kr/user/boardList.do?command=view&boardId=99656&boardSeq=102872>. (인출일자, 2020.06.18.)
- 김래영, 김구연, 권나영(2012). 연구 설계 및 연구 방법의 최근 동향: 초·중등 수학과 교육과정 에 관한 연구를 중심으로. **학교수학**, 14(3), 395-408.
- 김미령, 정경영, 노지화(2019). 수업활동 기반 협력적 인공지능 수학교사개발에 대한 고찰. **East Asian Mathematical Journal**, 35(4), 507-528.
- 김선아, 박진희, 이현정, 정유진(2016). 텍스트 마이닝 기법을 활용한 다문화 미술교육 연구 동향 분석 연구. **다문화교육연구**, 9(2), 203-227.
- 김선희, 김수민(2018). 언어 네트워크 분석법을 이용한 최근 수학교육 연구 동향 탐색-2017년 국제 수학교육 학술대회 발표 논문을 중심으로-. **학교수학**, 20(4), 591-608.
- 김성애(2021). 토픽모델링을 활용한 초·중등 인공지능 교육 관련 연구 동향 분석에 따른 기술교육의 방향과 과제. **한국기술교육학회지**, 21(1), 106-124.
- 김연후, 김하연(2021). 토픽모델링과 키워드 네트워크 분석을 활용한 도덕적 인공지능 연구 경향 분석. **도덕교육연구**, 33(4), 115-141.
- 문영주(2020). 토픽모델링을 이용한 하부루타 연구동향 분석. **학습자중심교과교육연구**, 20(4), 1149-1175.
- 박만구(2020). 수학교육에서 인공지능 활용 가능성. **수학교육논문집**, 34(4), 545-561.

- 박미혜, 박정열(2022). 에듀테크 산업에서 인공지능을 활용한 사례 비교 - IBM Watson Talent와 Riid R.Inside 중심으로. **공학교육연구**, 38(2), 333-368
- 박자현, 송민(2013). 토픽모델링을 활용한 국내 문헌정보학 연구동향 분석. **정보관리학회지**, 30(1), 7-32. DOI : 10.3743/KOSIM.2013.30.1.007.
- 박종도(2019). 토픽모델링을 활용한 다문화 연구의 이슈 추적 연구. **한국문헌정보학회지**, 53(3), 273-289.
- 박주섭, 홍순구, 김종원(2017). 토픽모델링을 활용한 과학기술동향 및 예측에 관한 연구. **한국산업정보학회논문지**, 22(4), 19-28.
- 박참술(2018). 텍스트 마이닝을 이용한 학술지 논문 동향 비교 분석. 호서대학교 석사학위 논문.
- 박형빈(2021). 초등학생 인성교육을 위한 교육용 AI의 도덕교육 적용 가능성 탐색-실용성과 윤리적 고려 사항-. **초등도덕교육**, 73, 207-247.
- 손복은, 고호경(2018). 수학 담화에서 나타나는 교사의 감성적 언어 빈도 분석. **한국수학교육학회**, 32(4), 555-573.
- 손태권, 이광호(2020). 토픽모델링을 활용한 국내 수학과 교육과정 연구 동향 분석: 1997년부터 2019년까지 게재된 국내 수학교육 학술지 논문을 중심으로. **수학교육**, 59(3), 201-216.
- 손태권, 황성환(2020). 토픽모델링을 활용한 국내외 수학교육 평가 연구 동향 분석. **수학교육학연구**, 30(4), 601-624.
- 손태권, 황성환(2021). 토픽모델링을 활용한 초등수학교육 연구 동향 분석. **한국초등수학교육학회지**, 21(1), 61-80.
- 신동조(2020). 토픽모델링을 활용한 국내외 수학교육 연구 동향 비교 연구. **수학교육**, 59(1), 63-80.
- 신명선, 조정원(2019). 텍스트마이닝을 활용한 한국어어치료학회지의 토픽모델링 및 트렌드 분석:(2002~2018). **언어치료연구**, 28(3), 81-91.
- 심재권(2021a). 토픽모델링을 활용한 국내 초등 정보교육 연구동향 분석. **정보교육학회논문지**, 25(2), 347-354.
- 심재권(2021b). 국민청원글의 토픽모델링을 통한 교육이슈분석. **정보교육학회논문지**, 25(4), 633-640.
- 원용국, 김영우(2021). 토픽모델링을 활용한 한국 영어교육 학술지에 나타난 연구동향 분석. **한국콘텐츠학회논문지**, 21(4), 50-59.
- 윤희정, 박은미, 김지영, 방담이 (2021). 국내 선행연구 고찰을 통한 교육에서의 인공지능(AIED) 교사교육 방향성 모색. **교육연구**, 82, 135-155.
- 이길용, 홍후조(2021). 토픽모델링을 활용한 '4차 산업혁명 시대 교육' 동향 분석 : 2018-2020년 교육분 문서와 종합일간지 비교 분석. **교육학연구**, 59(2), 387-409.
- 이승환, 김용성(2018). 학교에 등장한 인공지능. **정보과학회지**, 36(11), 44-50.
- 이재은, 오세경(2020). 텍스트 마이닝을 활용한 4차 산업혁명 기반 교육 연구동향 분석. **인문사회**21, 11(6), 255-267.
- 이지은 (2020). 에듀테크로 촉발되는 고등교육의 위기와 기회. **경영교육연구**, 24(신년특별호), 151-171.
- 이혜연(2020). **에듀테크(Edutech) 시장 현황 및 시사점**. 한국무협협회 보고서.

- 정제영, 이선복(2020). **인공지능 시대의 미래교육-가르침과 배움의 함의-**, 박영story: 서울
정진명, 박영호, 김우주(2018). 토픽모델링을 이용한 교육정책 키워드 기반 소셜미디어 분석.
인터넷정보학회논문지, 19(4), 53-63.
- 진미르, 고호경(2019). 토픽모델링 분석을 통한 수학교육 연구 주제 분석. **수학교육논문집**,
33(3), 275-294.
- 진설아, 송민(2016). 토픽모델링 기반 정보학 분야 학술지의 학제성 측정 연구. **정보관리학
회지**, 33(1), 7-32.
- 진성희(2022). 자연어처리의 교육적 활용 연구동향 분석. **교육정보미디어연구**, 28(2),
215-243.
- 최성철, 박한우 (2020). 토픽모델링 연구동향 분석: 공학과 사회과학 분야 KCI 등재지를 중
심으로. **한국자료분석학회지**, 22(2), 815-826.
- 최인선(2022). 수학교실에서 인공지능(AI)을 활용한 교수학습 방안 탐색: 중학교 통계 단원
시나리오 개발을 중심으로. **한국학교수학회논문집**, 25(2), 149-174.
- 최정아, 광민호(2019). 수학교육연구의 토픽변화: LDA 방법론. **교육문화연구**, 25(5),
1149-1176.
- 한국교육학술정보원(2021). **K-EDU 교육정보화 정책적 가이드라인과 역사**. 이슈리포트
- 홍정민(2021). **에듀테크의 미래: 코로나 이후 에듀테크가 바꾸는 미래의 교육**. 서울: 책밥.
- 황지남, 방정숙(2020). 토픽모델링을 활용한 국내외 수학적 추론 연구의 동향 분석. **수학교
육학연구**, 30(4), 625-648.
- Benedek M, Jauk E, Sommer M, Arendasy M, Neubauer AC. (2014). Intelligence,
creativity, and cognitive control: the common and differential involvement of
executive functions in intelligence and creativity. *Intelligence*, 46(September), 73 -
83.
- Blei, D. M. (2012). Probabilistic topic models. *Communications of the ACM*, 55(4), 77-84.
DOI : <https://doi.org/10.1145/2133806.2133826>
- Blei, D. M., & Lafferty, J. D. (2009). Topic models. *Text Mining: Classification,
Clustering, and Applications*, 10(71), 34.
- Boulay, B. (2016). Artificial intelligence as an effective classroom assistant. *IEEE
Intelligent Systems*, 31(6), 76-81.
- Cao, J., Xia, T., Li, J., Zhang, Y., & Tang, S. (2009). A density-based method for
adaptive LDA model selection. *Neurocomputing*, 72(7-9), 1775-1781.
- Chang, J., Gerrish, S., Wang, C., Boyd-Graber, J. L., & Blei, D. M. (2009). Reading tea
leaves: How humans interpret topic models. *Advances in Neural Information
Processing System*, 22, 288-296.
- Chen, X., Xie, H., Zou, D., & Hwang, G.-J. (2020). Application and theory gaps during
the rise of Artificial Intelligence in Education. *Computers & Education: Artificial
Intelligence*, 1, 20. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100002>
- Copeland, B.J. & Proudfoot, D., (1999). Alan Turing's forgotten ideas in computer
science. *Scientific American*, 280(April), 76 - 81.
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron B., & Osher, D. (2020).
Implications for educational practice of the science of learning and development.

- Applied Development Science*, 24(2), 97-140.
- Fayyad, U. G., Piatetsky-Shapiro, A., & Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery in databases. *AI magazine*, 17(3), 37-54.
- Feldman, R. and Dagan, I. (1995). Forecasting item production with ARIMA model, *Proceedings of the First International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, KDD-95, 112-117.
- Griffiths, T. L., & Steyvers, M. (2004). Finding scientific topics. *Proceedings of the National academy of Sciences*, 101(suppl 1), 5228-5235. DOI : <https://doi.org/10.1073/pnas.0307752101>
- Haenlein M, Kaplan A. (2019). A brief history of artificial intelligence: on the past, present, and future of artificial intelligence. *Calif Manage Rev*, 61(4), 5 - 14.
- Holmes, W., Anastopoulou, S., & Schaumburget, H. (2018). *Technology-Enhanced Personalised Learning*. Untangling the Evidence. Robert Bosch Stiftung.
- Holmes, W., Bialik, M. & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching & Learning*. 정제영, 이선복 역(2020). 인공지능 시대의 미래교육: 가르침과 배움의 함의. 서울: 박영스토리.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Boston: Centre for Curriculum Redesign.
- Homas, R. G. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2):199 - 220, 1993.
- 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* 2021, 9, 584. <https://doi.org/10.3390/math9060584>
- MIT (2013). *MIT Technology Review*. Retrieved(2022.07.22.) from <https://www.technologyreview.com/10-breakthrough-technologies/2013/>
- Mohr, J. W., & Bogdanov, P. (2013). Introduction-topic models: What they are and why they matter, *Poetics*, 48(6), 545-569.
- Ramirez, E. H., Brena, R., Magatti, D., & Stella, F. (2012). Topic model Validation. *Neurocomputing*, 76(1), 125-133.
- Raza, S. A., Qazi, W., Khan, K. A., & Salam, J. (2021). Social isolation and acceptance of the learning management system (LMS) in the time of COVID-19 pandemic: an expansion of the UTAUT model. *Journal of Educational Computing Research*, 59(2), 183-208.
- Ventura, M., et al. (2018). Preliminary Evaluations of a Dialogue-Based Digital Tutor. In Penstein Rosé, C et al. (eds.) AIED 2018. *LNCS(LNAI)*, 10948, 480-483. Springer.

An Analysis of the International Trends of Research on Artificial Intelligence in Education Using Topic Modeling

Noh, Jihwa¹⁾ · Ko, Ho Kyoung²⁾ · Kim, Byeongsoo³⁾ · Huh, Nan⁴⁾

Abstract

This study analyzed the international trends of research concerning artificial intelligence in education by examining 352 papers recently published in the International Journal of Artificial Intelligence in Education(IJAIED) with the topic modeling method. The IJAIED is the official, SCOPUS-indexed journal of the International AIED Society. The analysis revealed that international AIED research trends could be categorized into eight topics with topics such as analyzing student behavior model in learning systems and designing feedback to student solutions being increased over time, whereas research focusing on data handling methods was decreased over time. Based on the findings implications and suggestions for the research and development of the applications of AIED were provided.

Key Words: Topic Modeling, LDA, Artificial Intelligence in Education(AIED),
Research Trends

Received October 31, 2022

Revised January 4, 2023

Accepted January 6, 2023

* 2010 Mathematics Subject Classification : 97R40, 97R50

1) Pusan National University (nohjihwa@pusan.ac.kr)

2) Ajou University (kohoh@ajou.ac.kr)

3) Ajou University, Graduate School (bskim99@ajou.ac.kr)

4) Kyonggi University (huhnan@kyonggi.ac.kr), Corresponding Author