

잠재 디리클레 할당(LDA) 기반의 토픽모델링 분석을 통한 '초등과학교육' 학술지 연구논문의 주제 및 변화

장진아 · 나지연[†]

An Examination of the Topics and Changes in the Research Papers Published in the Journal of Korean Elementary Science Education Using Latent Dirichlet Allocation for the Topic Modeling Analysis

Chang, Jina · Na, Jiyeon[†]

국문 초록

본 연구에서는 한국초등과학교육학회의 지난 50년을 돌아보기 위하여, '초등과학교육'에 게재된 연구논문들이 어떤 주제로 어떻게 변화했는지 살펴보았다. 이를 위해 창간호(1983)년부터 2021년까지 '초등과학교육' 학술지에 게재된 연구논문의 총 1,065개 영문초록들에 대하여 LDA 기반 토픽모델링 분석을 실시하였다. LDA 분석 결과 총 14개의 토픽들이 추출되었으며, 핵심어 및 핵심 문서를 통해 각 토픽들에 담긴 의미를 분석하였다. 또한 시기별로 각 토픽들의 추이를 파악하기 위해, 3년을 주기로 하여 토픽들의 평균 비중값 변화를 분석하고 선형회귀 분석을 통해 통계적으로 유의미하게 증가 또는 감소한 토픽들을 분석하였다. 끝으로 본 연구의 결과를 통해, 향후 초등과학교육 연구 수행 및 지원을 위한 시사점을 논의하였다.

주제어: 초등과학교육, 토픽모델링, 잠재 디리클레 할당, 연구 동향

ABSTRACT

This study examined the topics that have appeared in the "Journal of Korean Elementary Science Education" over the past 50 years to identify the changes that have occurred in the Korean Society of Elementary Science Education. Latent Dirichlet allocation topic modeling was applied to 1,065 English abstracts from the first issue (1983) to 2021, from which 14 main topics were extracted. The meaning of each topic was then analyzed from its keywords and documents. Subsequently, to elucidate the topic trends, the topics' increase or decrease every three years was statistically examined through linear regression analysis. Based on the results, implications for developing and supporting elementary science education research in the future were discussed.

Key words: Journal of Korean Elementary Science Education, topic modeling, Latent Dirichlet Allocation, research trends

I. 서 론

인간은 아주 어릴 때부터 자연 세계에 대한 호기심을 가지고 자신의 과학 개념을 형성하며, 과학이나 과학 교과에 대한 선호도 역시 초등학생 시기에 주로 정해진다(Harlen, 2001). 즉, 과학에 참여할 수 있는 기초를 초등학생 시기에 형성하기 때문에 초등학교에서 이루어지는 과학교육은 유치원부터 12학년까지의 과학교육 시스템에서 상당히 중요한 부분을 차지한다(Keeley, 2009). 또한 이 시기에 교사가 학생의 발달을 돕고 격려하며 적절한 수업을 제공하면 초등학생들은 지속적으로 탐구하고 이러한 태도를 성인이 될 때까지 유지하게 된다(Martin, 2012). 즉, 초등과학교육에 관해 연구하는 것은 초등학생과 초등교사를 돕는 것뿐만 아니라 이후 이어지게 될 과학교육에 영향을 미치는 것이 자명하다.

한국초등과학교육학회는 이렇게 과학교육 전체에서 상당히 중요한 부분을 차지하는 초등과학교육에 관한 연구와 개발 활동을 약 50년간 해 오며 우리나라 초등과학교육 발전에 이바지하고 있다. 한국초등과학교육학회가 설립된 지 반세기가 지난 지금, 앞으로의 50년을 나아가기 위하여 지난 50년을 되돌아보는 일은 의미가 있을 것이다. 과거의 발자취를 돌아보는 것은 앞으로의 방향성을 제시하고 더 나은 역할을 하게 하는 데에 중요하기 때문이다(Chang *et al.*, 2010; De Jong, 2007).

한국초등과학교육학회의 발자취를 살펴보는 데에는 여러 가지 방법이 있을 수 있겠지만, 학회에서 발간된 연구논문들을 분석하여 특징을 정리해보는 것도 한 가지 방법일 것이다(장병기, 2003; Odden *et al.*, 2021). 한국초등과학교육학회는 1983년부터 '초등과학교육' 학술지를 발행하고 있으며, 지난 39년간 약 1,000여 건의 연구논문을 발간하였다. '초등과학교육'은 우리나라 초등과학교육을 대표하는 학술지로 연 4회, 연평균 42건의 논문이 발행되고 있다. 2020년 기준 KCI Impact Factor(3년)는 1.2로 나타났다(한국연구재단, 2021).

'초등과학교육'의 연구 동향을 파악하기 위한 연구는 지금까지 총 3번 이루어졌다. 장병기(2003)는 1983년부터 2002년까지 '초등과학교육'에 게재된 연구논문 243편을 분석하였는데, 주로 연구 분야별 논문의 빈도를 분석하였다. 연구 분야는 교수방법,

학습과정, 평가, 교사교육, 교육과정, 시설과 자료, 일반으로 구분하였다. 이아람과 홍영식(2013)은 2003년부터 2012년까지 게재된 452편의 논문을 분석하였는데, 과학 분야(물리, 화학 등), 초등과학교육 기능(장병기(2003)의 분석틀을 수정하여 사용), 연구주제(과학 개념, 멀티미디어 관련, 교과서 내용 분석 등), 연구 방법(조사연구, 실험연구 등)을 기준으로 분석하였다. 이 두 연구가 특정 기간에 출판된 '초등과학교육' 논문들을 분석했다면 신원섭 등(2021)은 한국초등과학교육학회 50주년을 맞아 창간호부터 2020년까지 1047편의 논문을 분석하였다. 분석기준은 '연구자 수, 연구 종류, 연구 대상, 연구 분야, 연구 방법, 자료 분석, 저자 직업, 교신저자의 지역'이었다.

지금까지 기술한 연구들은 학술지 '초등과학교육'을 연구자가 명확한 기준에 따라 분석하여 초등과학교육 연구의 특징과 변화를 그 기준에 맞추어 조망할 수 있게 하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 장병기(2003)와 이아람과 홍영식(2013)의 연구는 '초등과학교육'에 게재된 논문들이 어떤 주제를 다루고 있는지 분석하였으나 일부 기간만 다루고 있고, 신원섭 등(2021)의 연구는 창간호부터 2020년까지 모두 다루고 있으나 연구주제에 대한 분석 내용을 다루고 있지 않다. 따라서 창간호부터 현재까지 학회에서 발간된 연구논문들을 분석하여 특징을 정리할 때 연구논문들의 주제를 분석하는 연구가 필요하다.

앞서 언급한 연구들은 연구자가 특정 범주를 설정하여 각 논문을 분류했기 때문에 연구자가 설정한 범주에 따라 데이터의 분석 방향이나 조망하는 측면이 달라질 수 있고, 다량의 데이터일 경우에는 분석하기가 현실적으로 어렵다(Chang *et al.*, 2010; Odden *et al.*, 2021). 이러한 점을 보완할 수 있는 방법으로 계량서지 정보 분석(bibliometric analysis), 자동내용분석(Automatic Content Analysis), 사회 네트워크 분석(Social Network Analysis) 등 컴퓨터를 활용하는 방법이 있다. 계량서지 정보 분석은 시계열에 따른 논문과 인용지수의 변화, 연구 집단 간의 관계 등을 도식화하여 나타낼 수 있다는 장점이 있으며(이봉우와 조현국, 2020), 자동내용분석은 연구자가 설정한 특정 준거를 기준으로 컴퓨터가 자동으로 키워드 출현 빈도, 키워드 간 상관도 등을 분석할 수 있다(가석현 등, 2019). 사회 네트워크 분

석은 키워드 간의 사회적 연결 경향을 보여줄 수 있는 연구 방법이다(Wasserman & Faust, 1994). 과학교육 학술지에 게재된 논문들을 이러한 방법으로 분석한 연구를 살펴보면 계량서지 정보 분석을 활용한 연구로는 조현국과 이봉우(2019), 김형욱과 송진웅(2020)과 같은 연구들이 있었으며, 자동내용 분석을 활용한 연구로는 Chang *et al.*(2010)과 가석현 등(2019)의 연구가 있었다. 사회 네트워크 분석도 윤진아와 서혜애(2016)와 같은 연구들이 있었다.

이러한 방법 이외에도 연구자의 영향력을 최소화하고 다량의 논문에서 주제를 추출하는 방법으로 잠재 디리클레 할당(Latent Dirichlet Allocation: 이하 LDA)에 기반한 토픽 모델링(Topic Modeling)이 있다. 토픽 모델링은 다량의 문서에서 텍스트를 추출하여 주제를 찾는 통계 추론 알고리즘이며(Steyvers & Griffiths, 2007; Blei, 2012), 특히, 잠재 디리클레 할당(LDA)은 토픽 모델링에서 가장 많이 사용되는 방법이다(Silge & Robinson, 2017). LDA는 말뭉치를 일련의 문서들의 집합으로 보며, 문서는 단어의 집합이고, 단어는 잠재된 특정 토픽을 나타내는 관측치라는 가정하에 다량의 문서에서 주제를 추출할 수 있다(백영민, 2020). 이는 앞서 언급한 방법들과 달리 문서들의 주제를 찾을 수 있다는 장점이 있다. 따라서 이러한 특징에 기반을 두고 연구 동향을 파악하기 위해 LDA를 활용하는 연구가 있었다. 예를 들어, Odden *et al.*(2021)은 1922년부터 2019년까지 약 100년 동안 Science Education에 게재된 논문을 LDA를 활용하여 분석하였다. 우리나라에서는 김혜원과 전영석(2021)이 2015년부터 2019년까지 국내 과학 영재교육 관련 연구 동향을 분석하였고, ‘한국과학교육학회지’, ‘한국지구과학회지’, ‘대한지구과학교육학회지’에 실린 지구과학교육 연구의 동향을 분석한 박민호 등(2019)의 연구도 있었다.

본 연구는 한국초등과학교육학회의 지난 50년을 돌아보고 향후 초등과학교육 연구를 위한 시사점을 도출하고자 창간호부터 ‘초등과학교육’에 게재된 연구논문들이 어떤 주제로 어떻게 변화했는지 살펴보고자 한다. 따라서 ‘초등과학교육’에 게재된 연구논문을 LDA 모형을 활용하여 주제를 도출하고 그 특징을 분석하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구의 대상은 1983년부터 2021년 8월(제40권 3호)까지 “초등과학교육” 학술지에 출간된 연구논문의 영문초록이다. 초록은 연구의 핵심적인 주장을 압축적으로 담은 글로서, 구성하는 단어의 수가 적음에도 불구하고 주제와 관련된 고밀도 단어들로 구성되어 있기 때문에 LDA 분석에 적합하다(Griffiths & Steyvers, 2004). 이에 국내외에서 초록을 이용한 LDA 기반 토픽모델링 분석이 여러 분야에서 수행되어 왔으며(Gatti *et al.*, 2015; Griffiths & Steyvers, 2004, 김성연, 2020; 박종도, 2019; 박준형과 오효정, 2017), 최근에는 과학교육에서도 이러한 시도들이 이루어지고 있다(김혜원과 전영석, 2021). 또한 초등과학교육 학술지에서는 창간호부터 지금까지 영문초록을 포함시켜왔기 때문에, 연구 주제를 탐색하기 위해서 영문초록을 분석하는 것이 연구 목적에 부합된다고 판단하였다.

학술지에 출간된 연구논문의 영문초록을 수집하기 위해서 학술연구정보서비스(Research Information Sharing Service: RISS)와 한국학술지인용색인 공식 홈페이지의 한국초등과학교육학회(<https://keses.jams.or.kr>) 자료들을 비교하여 누락되는 자료가 없도록 하였다. 또한 온라인에서 검색되지 않는 1988년 이전 학술지들은 서면으로 출간된 학술지에서 영문초록을 수집하여, 총 1,088편의 출간 논문들이 수집되었다. 하지만 해설, 사례 소개, 특별기고와 같이 학술연구가 아닌 자료들 7편을 제외하였으며, 영어로 출간되어 국문초록만 있고 영문초록이 없는 논문들 총 16편이 제외되어, 결과적으로 총 1,065편의 영문초록이 수집되었다.

이러한 과정을 거쳐 연도별로 정리된 자료 수집 현황은 Table 1과 같다. 2000년도 이전 학술지들의 경우, 온라인에서 검색되는 출간 날짜와 서책 학술지에 인쇄된 출간 날짜가 다른 경우들이 있었는데, 이러한 경우에 서책 학술지에 기입되어 있는 출간 연도를 따랐다.

2. 자료 분석

이 연구에서는 오픈소스 도구인 R-Studio 프로그램을 활용하여 Fig. 1과 같이 분석하였으며, 각 단

Table 1. The collected data in this study

출간 연도	출간 논문	해설, 소개, 특별기고 제외	연구 논문	영문초록 없는 연구논문 제외	대상 논문	출간 연도	출간 논문	해설, 소개, 특별기고 제외	연구 논문	영문초록 없는 연구논문 제외	대상 논문
1983	5	0	5	4	1	2003	29	0	29	0	29
1984	7	0	7	0	7	2004	39	0	39	0	39
1985	5	0	5	0	5	2005	62	1	61	0	61
1986	6	0	6	1	5	2006	40	0	40	1	39
1987	5	0	5	1	4	2007	66	0	66	2	64
1988	4	0	4	0	4	2008	39	0	39	0	39
1989	5	0	5	0	5	2009	45	0	45	0	45
1990	5	0	5	0	5	2010	49	0	49	0	49
1991	14	0	14	0	14	2011	53	0	53	1	52
1992	14	5	9	0	9	2012	44	0	44	2	42
1993	13	1	12	0	12	2013	49	0	49	0	49
1994	13	0	13	1	12	2014	61	0	61	0	61
1995	16	0	16	0	16	2015	39	0	39	1	38
1996	24	0	24	0	24	2016	38	0	38	0	38
1997	25	0	25	1	24	2017	34	0	34	0	34
1998	21	0	21	1	20	2018	33	0	33	0	33
1999	20	0	20	0	20	2019	38	0	38	0	38
2000	20	0	20	0	20	2020	37	0	37	0	37
2001	22	0	22	0	22	2021	27	0	27	0	27
2002	22	0	22	0	22						
출간된 총 논문 수 (해설, 논단, 사례보고 및 소개, 특별호 등 제외)										1,088 (7)	
출간된 총 연구논문 수 (영문초록 없는 연구논문 제외)										1,081 (16)	
최종 수집된 대상 논문 수										1,065	

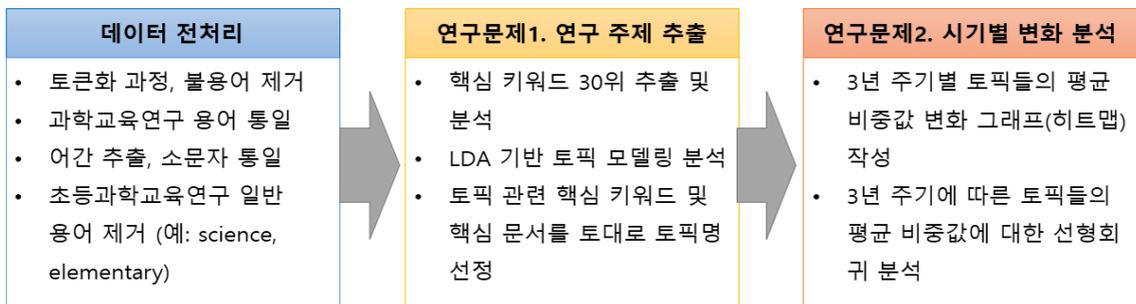


Fig. 1. The process of data analysis

계별 자료 분석 방법은 다음과 같다.

1) 데이터 전처리

LDA 분석 첫 단계로서, 데이터 전처리는 자연어를 분석 가능한 형태로 변환하고, 모수의 수를 줄여서 주제 구조를 명확히 드러내는 데에 중요한 역할을 한다. 본 연구진은 R 프로그램에서 제공하는 tm 패키지를 활용하여, 문서를 최소 의미 단위로

나누는 토큰화 작업, 구두점이나 숫자, 수식, 공백 등의 불용어 제거, 소문자 통일, 다양한 형태의 어미를 통일하는 어간 추출을 통한 원형 복원 등의 전처리 작업을 수행하였다.

다음으로 과학교육연구 용어들을 통일하거나 정리하는 작업을 하였다. 전체 연구논문 1,065편에서 제시한 키워드들 중에서 2개 이상의 단어로 구성된 과학교육 용어 20개를 빈도수에 따라 추출하고, 구

Table 2. Top keywords before and after removing general terms related to science education research

순위	초등과학교육연구 일반 용어 삭제 전 상위 키워드	초등과학교육연구 일반 용어 삭제 후 상위 키워드
1-10위 (순위 대로 배열함)	science, student, study, elementary, teacher, school, result, learn, group, education	activity, concept, inquiry, experiment, textbook, process, curriculum, attitude, experiment, level

성하고 있는 단어들이 해체되면 용어의 의미가 사라지는 15개의 용어를 선별하여 통일하였다. 예를 들어, PCK 또는 Pedagogical Content Knowledge와 같이 여러 형태로 사용되는 과학교육연구 용어들의 형태를 통일하여, 같은 의미를 갖는 단어들이 잘 드러날 수 있도록 하였다. 또한 AI(Artificial Intelligent), AR(Augmented Reality), VR(Virtual Reality)와 같이 최근에 강조되고 있는 키워드로 빈도수는 적지만 분리되었을 때 의미가 해체될 단어들에 대해 연구진의 논의를 통해 추가하였다.

끝으로 초등과학교육연구에서 가장 많이 사용되는 일반 용어들을 제거하였다. 가령, ‘science’, ‘study’, ‘student’, ‘elementary’등 너무 자주 등장하는 용어들이 포함될 경우, 각 문서들이 이러한 용어를 중심으로 군집되기 때문이다(Odden et al., 2021). 이에 본 연구에서는 선행연구에서 보고되었던 과학교육연구 일반 용어들을(Odden et al., 2021), 초등과학교육연구의 맥락에 맞게 수정, 보완하여 삭제하였다. Table 2는 과학교육연구 일반 용어를 삭제하기 전과 삭제한 후에 상위 10위권에 해당하는 키워드들을 비교한 것이다. 과학교육연구 일반 용어를 삭제한 후에는 삭제하기 전에는 드러나지 않았던 ‘activity’, ‘concept’, ‘inquiry’, ‘experiment’ 등의 용어들이 상위권 키워드로 제시되었다.

2) (연구문제 1) 연구 주제 추출

데이터 전처리 후에는 LDA 기반의 토픽모델링 분석을 실시하였다. 토픽모델링에서는 최적의 토픽 수

를 결정하는 것이 중요한데, 본 연구에서는 ‘Griffiths 2004, Deveaud 2014, CaoJuan 2009, Arun 2010’와 같은 여러 모형의 적합도 지수를 비교하여 가장 적합한 토픽 수를 도출하는 하이퍼파라미터 튜닝(hyperparameter tuning) 방법을 실시하였다(김영우, 2021; 백영민, 2020). R 프로그램의 ldatuning 패키지를 이용하여, 4개 모형의 적합도 지수를 산출한 결과는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2와 같이 4개의 지수값으로 산출된 결과를 통해, 최적의 토픽 수를 산출하였다. 구체적으로 Griffiths 2004 지수와 Deveaud 2014 지수는 최대가 되는 지점, CaoJuan 2009 지수와 Arun 2010 지수는 최소 지점이 적절한 잠재토픽의 기준이 된다(Arun et al., 2010; Cao et al., 2009; Deveaud et al. 2014; Griffiths & Steyvers, 2004). 4개의 기준들을 동시에 충족하는 값으로서, Fig. 2 결과를 토대로 가장 적합한 토픽의 수를 14개로 결정하였다.

이어서 topicmodels 패키지를 이용하여, Gibbs Sampling 방법으로 토픽모델링 분석을 실시하였다. LDA 기반 토픽모델링에서는 문서에 제시된 단어들의 등장 확률과 유사한 주제를 다루고 있는 단어들 간의 동시 사용 패턴을 활용하여, 문서에 잠재되어 있는 의미들을 도출한다. Fig. 3에서와 같이, LDA 분석에서는 초기에 임의로 설정된 가설(hyperparameter)인 α , β 값을 시작으로 하여, 특정 문서(D)의 단어(w)가 각 토픽에 속할 확률인 z 값, 해당 문서에서 각 토픽이 존재할 확률 θ 값, 그리고 전체 단어들에 대하여 특정 단어가 각 토픽에 존재

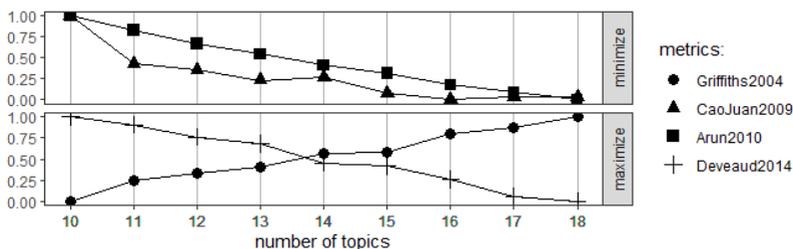


Fig. 2. The optimal number of topics in LDA

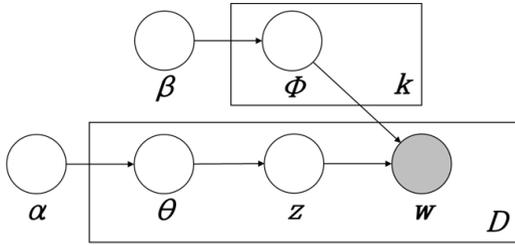


Fig. 3. Graphical model representation of the LDA model (Blei et al., 2003)

할 확률 ϕ 값을 재할당하는 과정이 반복(iterations)되며, 점차 통일된 값으로 수렴하게 된다.

LDA 토픽모델링 분석을 통해, 14개 토픽들에 대한 [문서×토픽] 행렬과 [토픽×단어] 행렬, 그리고 각 문서의 토픽별 비중값을 도출하였다. 여기서 토픽별 비중값이란, 각 문서를 구성하는 단어가 각 주제에 대해 얼마만큼의 비중을 차지하는지를 확률적으로 산출한 값이다. 예를 들어, 문서 A가 5개 토픽에 대해 토픽 1(0.02), 토픽 2(0.4), 토픽 3(0.08), 토픽 4(0.45), 토픽 5(0.05)의 비중값을 갖는다고 가정할 때, 문서 A는 비중값이 가장 큰 토픽 4와 토픽 2의 주제와 주로 관련된다고 추정하게 된다. 한 문서에서 토픽 비중값의 합계는 1이 되며, 한 문서가 두 개 이상의 주제와 관련될 수 있다.

이렇게 산출된 토픽별 비중값과 함께, LDA 분석에서는 각 토픽들과 관련이 높은 핵심어 20개와 핵심 문서 20개를 함께 추출할 수 있다. 추출된 핵심어 20개는 각 토픽에 대하여 등장 확률이 높은 단어들로 구성되며, 핵심 문서 20개는 전체 문서에서 각 토픽에 대한 등장 확률이 높은 문서들을 의미한다. 이렇게 추출된 핵심어와 핵심 문서 자료들은 14개 토픽들의 토픽명을 정하는 데에 활용되었다. 또한 주제별 핵심어와 핵심 문서들은 추출된 주제들

이 어떤 의미를 담고 있는지 구체적으로 확인할 수 있게 하는 역할도 하였는데, 이를 활용하여 본 연구의 결과에서는 주제별 핵심 문서들을 “(예)”로 제시하여 각 주제가 갖는 의미에 대한 해석의 근거를 제시함과 동시에 독자의 이해를 돕고자 했다. 연구자 2인은 각각 토픽명을 선정하고, 추후 논의를 통해 독립적으로 해석한 결과를 조율하여 최종적으로 토픽명을 선정하였다.

3) (연구문제 2) 시기별 변화 분석

LDA 분석으로 추출된 14개 토픽의 연구들이 시간에 따라 어떻게 변해왔는지 그 추이를 알아보기 위해, 각 주기에 따라 토픽의 문서별 비중 평균값(mean θ) 변화를 히트맵(heatmap)으로 시각화하여 제시하였다(Griffiths & Steyvers, 2004; Kim, 2020). 히트맵은 정보를 색의 변화로 나타낸 그래프로서, 추출된 주제들에 대한 전반적인 변화를 살펴보기에 유용하다.

다음으로, 통계적으로 유의미하게 변화한 주제들을 파악하기 위하여, 선형회귀 분석을 실시했다(Griffiths & Steyvers, 2004). 선형회귀 분석에서는 3년을 단위로 한 주기를 독립변수로, 문서별 토픽의 비중 평균값(mean θ)을 종속변수로 설정하였다. 주기를 기준으로 분석한 이유는 연도를 기준으로 시기별 변화를 분석하면, 특정 연도에서 급격한 변화가 있을 경우 전반적인 변화 추이를 파악하는 데에 왜곡이 생길 수 있다는 관점을 고려한 것이다(Odden et al., 2021). 초등과학교육 학술지의 변화를 분석했던 선행 연구에서는 학회의 발전양상과 체제의 질적인 변화를 기준으로 태동기, 정착기, 발전기, 유지기로 구분하여 기술하였으나(신원섭 등, 2021), 본 연구에서는 이와 다르게 일정한 주기를 기준으로 한 비중값의 통계적인 차이를 분석해야

Table 3. The data collected and analyzed by 3-year cycle

주기	3년 주기	문서 번호	문서 수	주기	3년 주기	문서 번호	문서 수
1	1983-1985	1-13	13	8	2004-2006	281-419	139
2	1986-1988	14-26	13	9	2007-2009	420-567	148
3	1989-1991	27-50	24	10	2010-2012	568-710	143
4	1992-1994	51-83	33	11	2013-2015	711-858	148
5	1995-1997	84-147	64	12	2016-2018	859-963	105
6	1998-2000	148-207	60	13	2019-2021	964-1065	102
7	2001-2003	208-280	73				

한다. 이에 주기에 따라 선형회귀 분석을 실시했던 선행 연구 사례들을 기반으로(차민경, 2015; 황고은과 문신정, 2017), 본 연구에서는 3년을 주기로 선형회귀 분석을 실시하였다. 초등과학교육 학술지의 경우, 1983년에 처음으로 발간된 이후로 2021년까지 총 39년간 논문들이 출간되었으며, 3년을 단위로 주기를 정리하면 Table 3와 같다.

선형회귀 분석 결과를 토대로, 초등과학교육 학술지에서 시간에 따라 통계적으로 유의하게 평균 비중값이 상승해온 토픽들(hot topic)과 하락해온 토픽들(cold topic)을 도출하였다. 이러한 자료들을 기반으로 초등과학교육 연구들의 변화 양상에 대해 논의하고 앞으로의 초등과학교육 연구를 위한 시사점을 도출하였다.

III. 연구 결과

1. 초등과학교육 학술지에 출간된 연구논문 주제

1) 키워드 빈도분석 결과

초등과학교육 학술지에서 출간되어온 연구들의 전반적인 특징을 파악하기 위해, 전체 문서들에 대한 상위 키워드를 분석하였다. Table 4는 ‘초등과학교육’ 학술지에 출간된 연구논문의 영문초록에서 등장한 키워드를 분석한 결과이다. 상위 30위에 포함되었던 핵심 키워드들을 빈도수에 따라 정리하면 다음과 같다.

연구논문들의 영문초록에서 가장 많이 등장한

키워드는 ‘activity(879회)’로서, 다음 순위 키워드와 빈도수 차이가 208회나 났다. 다른 키워드들은 대부분 다음 순위의 키워드들과의 빈도수 차이가 1~70회 차이에 머무는 것에 비하면, 1순위와 2순위 키워드 간의 급간은 큰 편이다. 이러한 결과는 초등과학교육 분야에서 이루어진 연구들은 교수학습 활동을 많이 다루어 왔다는 점을 시사한다. ‘activity’에 이어서 ‘concept(671회)’, ‘inquiry (634회)’, ‘experience(624회)’, ‘textbook(565회)’ 등의 키워드들이 많이 등장하는 것으로 보고되었다. 30위 안에 들었던 키워드들을 살펴보면, 경험이나 활동, 실험과 관련된 단어(예: activity, experience, attitude, experiment)가 가장 많았으며, 과학탐구와 관련된 단어(예: inquiry, process, skill, observe, model), 교육과정이나 교과서 관련 단어(예: textbook, curriculum) 등이 추출되었다. 또한 학습의 인지적 측면과 관련된 단어(예: concept, knowledge, cognitive), 정의적 특성과 관련된 단어(예: attitude, interest)도 등장했다.

위와 같은 빈도분석 결과를 토대로, 다음 장에서는 LDA 기반의 토픽모델링 분석을 통해 초등과학교육 분야에서 이루어져온 연구 주제들을 구체적으로 탐색하였다.

2) LDA 기반 토픽모델링 분석 결과

LDA 토픽모델링 분석을 통해 추출된 14개의 토픽들과 높은 관련을 보이는 핵심 키워드 및 토픽명 분석 결과는 Table 5와 같다. 14개 토픽들 중에서, 토픽1에서 토픽9까지는 과학교수학습 내용 및 방법들을 직접적으로 다루고 있는 토픽들이며, 토픽10부터 토픽 14까지는 과학과 교수학습의 실행에

Table 4. Top keywords in the collected data (KESE)

순위	키워드	빈도수	순위	키워드	빈도수	순위	키워드	빈도수
1	activity	879	11	knowledge	486	21	problem	303
2	concept	671	12	achieve	419	22	model	292
3	inquiry	634	13	gift	410	23	assess	282
4	experience	624	14	material	406	24	data	279
5	textbook	565	15	preservice	397	25	positive	273
6	process	538	16	creative	387	26	perception	256
7	curriculum	518	17	skill	381	27	cognitive	249
8	attitude	499	18	observe	374	28	interact	221
9	experiment	496	19	interest	355	29	object	220
10	level	492	20	compare	320	30	control	214

Table 5. Topics related to the content and methods for science teaching and learning

토픽명	상위 핵심 키워드
1 과학탐구활동 실행 및 참여	activity, inquiry, interest, topic, open, anxiety, positive, state, curiosity, free, interview, brain-based, play, conclusion, hour
2 과학탐구과정 및 과학적 논증	process, skill, explanation, generate, argument, communicate, evidence, feature, interpret, element, basic, individual, worksheet, step, data
3 과학개념 이해 및 개념학습	conception, misconception, earth science, theory, light, draw, correct, answer, context, rate, moon, explain, spatial, phenomena, structure
4 초등학생의 인지 및 탐구 수준	level, observe, cognitive, domain, affect, variable, situation, analogy, stage, degree, predict, operational, aspect, logic, total
5 창의, 융합교육 및 문제해결 학습	knowledge, creativity, problem solving, STEAM, write, reflect, integrate, design, component, journal, background, product, brain, reveal, stage
6 환경교육, STS 및 SSI 교육	perception, environment, prefer, scientist, male, female, person, gender, technology, word, behavior, perceive, questionnaire, image, career
7 자연현상 연구 및 교육 프로그램	field, nature, plant, life, period, thought, physics, animal, ecology, human, condition, history, collect, live, part
8 과학교수학습 활동 개발 및 효과	attitude, experiment, achievement, compare, control, academic, statistic, positive, motive, pre, post, tradition, meaning, comparison, cooperation
9 과학수업 상호작용 및 교수학습자료	material, interact, data, visual, guide, classify, laboratory, read, function, eye, prepare, collect, movement, attention, opinion

영향을 주는 평가와 측정, 교육과정, 교사 교육에 대한 토픽과 영재교육 토픽이다. 본 연구에서는 14 개의 토픽들에 대한 분석 결과를 토픽 1~9와 토픽 10~14로 나누어 제시하였다.

첫 번째 범주로서, 과학과 교수학습 내용 및 방법과 관련된 토픽 1~9에는 과학탐구와 관련한 토픽이 2개, 과학개념 학습 관련 토픽이 1개 추출되었다. 이 외에도 융합교육, 문제해결학습, STS, SSI 교육과 같은 구체적인 과학과 교수학습 내용과 방법들이 추출되었다.

토픽 1과 관련이 높은 키워드에는 ‘activity, inquiry, interest, topic, open, anxiety, positive, state, curiosity, free, interview, brain-based, play, conclusion, hour’ 등이 추출되었다. 또한 관련 연구들은 개방형 탐구활동, 자유탐구를 비롯한 여러 유형의 탐구 활동들을 실행하거나(예: 김재영 등, 2014; 성혜진과 임희준, 2018; 장진아와 전영석, 2010), 탐구 실행 과정에서 나타난 교사나 학생들의 흥미, 불안, 태도, 호기심과 같은 참여 양상을 분석한 연구들(예: 박종호 등, 2001; 장은진과 권치순, 2010)이 많았다. 이를 고려하여, 토픽명을 ‘과학탐구활동 실행 및 참여’라고 설정하였다.

반면, 토픽 2는 토픽 1과 같은 과학탐구를 다루고 있었지만 그 초점이 다소 달랐는데, 핵심 키워드로

서 ‘process, skill, explanation, generate, argument, communicate, evidence, feature, interpret, element, basic, individual, worksheet, step, data’ 등이 보고되었다. 토픽 2와 관련된 연구들은 관찰, 분류, 설명, 의사소통과 같이 구체적인 탐구 기능 측면의 특징을 보고한 연구(예: 강은미 등, 2006; 이해정 등, 2005a; 하지훈과 신영준, 2014), 과학적 설명이나 논증, 추론 등의 탐구 과정에서 나타나는 특징 및 유형을 다룬 연구들(예: 박종욱과 김도옥, 1997; 유혜경과 임희준, 2014)이 많았다. 이러한 결과를 반영하여 토픽명을 ‘과학탐구과정 및 과학적 논증’이라고 선정하였다.

토픽 3에서는 ‘conception, misconception, earth science, theory, light, draw, correct, answer, context, rate, moon, explain, spatial, phenomena, structure’와 같은 키워드들이 추출되었다. 관련 연구들은 초등학생 또는 예비교사들이 가지고 있는 개념 이해, 오개념/선개념의 특징, 개념변화 과정을 조사하거나(예: 김찬중과 박현정, 1997; 오세일, 1994; 채동현과 임성만, 2011), 현상에 대해 학습자가 구성한 설명을 조사하는 내용(예: 김한제 등, 2013; 노금자와 김효남, 1996)을 다루고 있었으며, 이러한 특징을 반영하여 ‘과학개념 이해 및 개념학습’으로 토픽명을 설정하였다.

토픽 4의 관련 키워드들은 ‘level, observe, cognitive, domain, affect, variable, situation, analogy, stage, degree, predict, operational, aspect, logic, total’ 등으로 구성되었다. 특히 이 토픽에서는 초등학생의 발달 단계와 특성에 초점을 맞추어 인지 및 탐구 수준을 분석한 연구들이 많았다. 구체적 조작기에 해당하는 초등학생들의 인지 수준에 따른 개념 이해에서 나타나는 특징(예: 권도현과 권성기, 2000; 최재한 등, 1993) 또는 관찰, 예상, 추론 과정에서 나타나는 탐구 수준과 특징에 대해 다룬 연구들(예: 전아름 등, 2012; 한광래, 2003)이 추출되었다. 이에 토픽 4의 명칭은 ‘초등학생의 인지 및 탐구 수준’으로 도출되었다.

토픽 5에서는 ‘knowledge, creativity, problem solving, STEAM, write, reflect, integrate, design, component, journal, background, product, brain, reveal, stage’와 같은 키워드들이 추출되었다. 관련 연구들로는 학생들의 창의성 신장, 문제해결 학습이나 여러 지식 영역을 융합한 STEAM과 관련된 연구들(예: 권영식과 이길재, 2013; 안재홍과 권난주, 2015; 원용준 등, 2002)이 많았다. 이에 토픽명을 ‘창의, 융합교육 및 문제해결 학습’으로 선정하였다.

토픽 6의 키워드에는 ‘perception, environment, prefer, scientist, male, female, person, gender, technology, word, behavior, perceive, questionnaire, image, career’ 등이 추출되었다. 관련된 연구들은 과학, 환경, 기술, 사회적 요인들을 함께 다루는 교수학습 분야로서 환경교육이나 STS 및 SSI 교육, 과학적 소양 등과 같이 과학과 사회, 환경, 기술을 연계한 교육 활동이나 인식을 보고한 연구들(예: 박지선과 송진웅, 2016; 문공주 등, 2020; 이명제, 2010; 유경희와 신영준, 2014)이 많았다. 이에 토픽 6의 명칭을 ‘환경교육, STS 및 SSI 교육’라고 설정하였다.

토픽 7에서는 ‘field, nature, plant, life, period, thought, physic, animal, ecology, human, condition, history, collect, live, part’ 등과 같은 키워드들이 추출되었다. 이 토픽과 관련이 높은 문헌으로 동식물, 생물, 광물 등 자연현상을 소재로 한 연구들이 추출되었으며, 이들은 두 가지 유형으로 나눌 수 있었다. 첫 번째 유형은 지질, 광물, 동식물에 대해 연구한 ‘과학연구’들로서, 1980년대에 이루어진 연구들이 주를 이루었다(예: 조선희, 1983; 손석락, 1985; 김현주, 1985). 이처럼 1980년대에 1호에서 10호 사이에 출간된 연구들에

는 ‘교육연구’보다는 ‘과학연구’들이 이루어졌으며, 토픽 7은 초등과학교육 초창기 학술지의 역사적 특징을 잘 보여준다. 두 번째 유형은 지질 및 생물 분야의 키워드들을 중심으로 추출된 자연탐사 교육 및 활동과 관련된 연구들이다(예: 권난주와 권혁재, 2019; 배창호 등, 2002; 주은정과 김재근, 2012). 이러한 연구들은 2000년대 이후에 이루어진 교육 연구들에서 많이 추출되었다.

토픽 8을 구성하는 상위 키워드는 ‘attitude, experiment, achieve, compare, control, academic, statistic, positive, motive, pre, post, tradition, meaning, comparison, cooperation’ 등이며, 토픽 8과 관련이 높은 것으로 추출된 연구들은 여러 교수학습 활동이나 프로그램을 개발, 적용하여 실험군 또는 통제군 학생들의 태도나 학업성취도 등에 대한 사전/사후 변화를 비교하는 연구들이 많았다(예: 박형민과 임채성, 2021; 이병희와 이형철, 2016; 정진우 등, 1994; 최은순과 노석구, 2001). 이러한 관련 연구들과 핵심어를 고려하여, 이 토픽의 명칭을 ‘과학교수학습 활동 개발 및 효과’로 선정하였다.

토픽 9는 ‘material, interact, data, visual, guide, classify, laboratory, read, function, eye, prepare, collect, movement, attention, opinion’ 관련된 키워드들로 구성되었다. 관련 연구들에는 과학수업이나 교수학습 상황에서의 여러 상호작용들(교사의 교수행동, 교실의 사회적 상호작용, 교수학습 자료를 통한 상호작용 등)을 분석하거나(예: 김장환 등, 2018; 이해정 등, 2005b; 임재근 등, 2010), 과학수업에서 활용되는 교수학습자료들의 특징을 분석한 연구들이 추출되었다(예: 여성희 등, 2003; 정정인 등, 2007). 이에 토픽명을 ‘과학수업 상호작용 및 교수학습자료’라고 설정하였다.

다음으로, 토픽 10부터 토픽 14까지는 평가, 교육과정 및 교과서, 교사교육과 같이 교육체제나 정책과 관련되면서, 과학과 교수학습의 실행에 중요한 영향을 주는 요인들이 토픽으로 추출되었다. 각 토픽별 세부 내용을 살펴보면 다음과 같다.

토픽 10은 ‘assess, evaluate, item, measure, system, instrument, category, consist, construct, NOS, portfolio, object, standard, criteria’와 같은 키워드들이 추출되었으며, 과학과 교수학습 평가에 대한 연구들(예: 신현옥 등, 2005; 최행숙과 백성혜, 1999), 학생의 개념 이해나 역량, 발달 특성 및 산출물 등을 관련 도구와

Table 6. Topics related to understanding and development of science learning

토픽명	상위 핵심 키워드
10 교수학습평가 및 측정	assess, evaluate, item, measure, system, instrument, category, consist, construct, NOS, portfolio, object, standard, criteria
11 교육과정 및 교과서	textbook, curriculum, Korea, nation, revised, Korean, illustrate, object, role, compare, text, biology, ratio, dimensions, life science
12 교수 실행 및 교사 전문성	experience, difficulty, practice, survey, interview, plan, conduct, utilize, train, implement, profession, lack, PCK, collect, competency
13 교사의 개념 이해, 인식 및 신념	preservice, model, water, university, belief, efficacy, inservice, expect, heat, temperature, map, data, reveal, epistemology, focus
14 영재 교육	gift, problem, style, solve, conduct, positive, emotion, influence, questionnaire, electricity, orient, consist, motive, recognition, sixth

문항을 통해 측정하는 연구들이 주를 이루었다(예: 이경란 등, 2016; 이인선과 박종원, 2019). 이에 ‘교수학습평가 및 측정’이라는 토픽명을 선정하였다.

토픽 11은 ‘textbook, curriculum, Korea, nation, revised, Korean, illustrate, object, role, compare, text, biology, ratio, dimensions, life science’와 관련된 키워드들로 구성되었다. 관련이 높은 연구들에는 국가 수준 교육과정이나 교과서를 분석하거나(예: 나지연 등, 2015; 백남권 등, 2002), 한국과 다른 국가들의 교육과정 및 교과서를 비교한 연구들(예: 여상인 등, 2007; 한영욱과 김대홍, 2002)이 많았다. 이에 ‘교육과정 및 교과서’라는 토픽명으로 도출하였다.

토픽 12의 핵심 키워드로는 ‘experience, difficulty, practice, survey, interview, plan, conduct, utilize, train, implement, profession, lack, PCK, collect, competency’ 등이 추출되었다. 관련 연구들에는 교사들이 과학 수업을 실행하는 과정에서 경험하는 어려움이나 인식을 조사하거나(예: 윤혜경, 2004; 위수민 등, 2008; 정하나와 전영석, 2014), 교사 전문성 특징이나 요소를 분석하고, 전문성 향상을 위한 교사교육/연수 프로그램에 대한 연구들(예: 김희경, 2007; 차유미와 강훈식, 2020)이 많았다. 이러한 특징을 포함하는 ‘교수 실행 및 교사 전문성’이라는 토픽명을 선정하였다.

토픽 13을 구성하는 키워드들은 ‘preservice, model, water, university, belief, efficacy, inservice, expect, heat, temperature, map, data, reveal, epistemology, focus’ 등이 보고되었다. 이 토픽에서는 교사들이 가지고 있는 인지적, 정의적 특성을 조사한 연구들이 많았는데, 구체적으로 교사들이 구성한 과학적 모델이나 개념

이해의 특징, 교사들의 신념, 자기효능감, 인식 등을 분석한 경우를 들 수 있다(예: 윤혜경, 2011; 이형철과 이순자, 2000). 이에 토픽명을 ‘교사의 개념 이해, 인식 및 신념’이라고 선정하였다.

토픽 14에서는 관련 키워드들로서 ‘gift, problem, style, solve, conduct, positive, emotion, influence, questionnaire, electricity, orient, consist, motive, recognition, sixth’ 등이 추출되었다. 이 토픽과 관련이 높았던 연구들은 영재교육 프로그램 및 활동을 개발하거나(예: 오동주 등, 2016; 정성희 등, 2015), 영재 학생들의 인지적, 정의적 특성이나 인식을 조사, 분석한 연구들(예: 김민서와 여상인, 2014; 임현지와 최선영, 2016)이 많았다. 이러한 키워드와 연구들을 포괄할 수 있는 ‘영재교육’이라는 토픽명을 설정하였다.

2. 연구 주제별 시대적 변화 분석 결과

이 장에서는 LDA 분석을 통해 추출된 14개의 토픽들의 시기별 변화에 대해 제시하였다.

먼저, 과학과 교수학습 내용 및 방법과 관련된 토픽 1에서 토픽 9에 대한 전반적인 변화를 시각화한 결과(Fig. 4)와 선형회귀 분석 결과(Table 7)를 다음과 같이 도출하였다.

Fig. 4에 제시된 히트맵은 시기별로 각 연구주제들이 갖는 비중과 추이를 전반적으로 살펴보기 위한 것으로서, 빨간색이 진할수록 해당 연구주제가 그 시기에 많이 이루어졌다는 것을 의미하며 파란색이 진할수록 해당 연구주제에 대한 연구가 적게 이루어진 것이다. 위에서 아래로 향하면서 시간이 흐르므로, 위쪽의 빨간색에서 아래쪽의 파란색으로 변화한 토픽은 해당 연구주제가 점점 감소한 경우

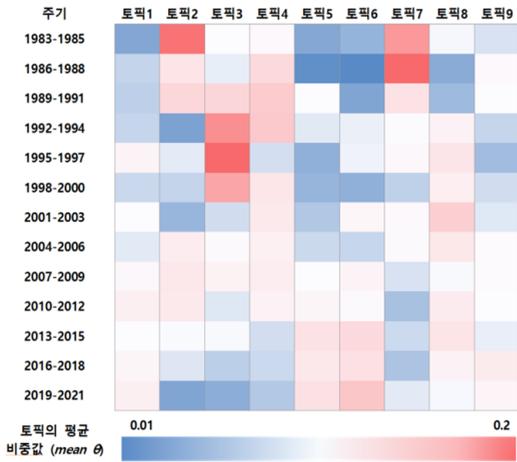


Fig. 4. Heatmap (Topic 1-9)

를 뜻한다. 반대로 위쪽의 파란색에서 아래쪽의 빨간색으로 변한 토픽은 점차 활발하게 연구된 분야를 보여준다. Fig. 4에 제시된 주제들의 시기별 변화를 살펴보면 약간의 등락은 있으나, 1980~1990년대에 비해 최근으로 올수록 더 많이 수행되어온 연구들에는 토픽 1, 5, 6, 9 등이 있었으며, 반대로 초창기에 비해서 최근으로 올수록 점점 감소해온 연구들에는 토픽 3, 4, 7이 있었음을 알 수 있다.

이러한 경향성을 선형회귀 결과와 함께 살펴보면, Table 7에 제시된 바와 같이 유의수준 0.001의 범주에서 통계적으로 유의미하게 감소한 연구는 ‘토픽 3(과학개념 이해 및 개념학습)’과 ‘토픽 7(자연현상 연구 및 교육 프로그램)’이 보고되었다. 또한 통계적으로 유의미하게 증가한 연구로는 ‘토픽 5(창의, 융합교육 및 문제해결 학습)’와 ‘토픽 6(환경교육, STS 및 SSI 교육)’이 보고되었다.

경교육, STS 및 SSI 교육)’이 보고되었다.

‘토픽 3(과학개념 이해 및 개념학습)’과 ‘토픽 7(자연현상 연구 및 교육 프로그램)’은 2000년대 이전에 활발하게 수행되었으나, 시간이 지남에 따라 통계적으로 유의하게 감소하였다. 토픽 3의 경우, 초등학생이나 (예비)교사들의 오개념, 선개념, 개념 변화 과정에서의 여러 특성이나 유형을 조사하고 보고하는 연구들로서 1990년대 초에 증가하여 1990년대 후반까지 지속되었으나 2000년대 이후는 감소하였다. 과학개념에 대한 연구들은 1970년대에 시작되어, 1980~1990년대에는 오개념, 선개념, 대안개념 및 개념변화 과정에 대한 분석 연구로 확장되고, 2000년대를 전후로 정신모형(mental model) 관련 논의로 발전하였으며(박지연과 이경호, 2004), 그 이후에는 과학교육연구 주제나 관점들이 다양해지면서 과거에 비해 과학개념만을 다룬 연구들의 비중이 줄어든 것으로 해석될 수 있다(아아람과 홍영식, 2013).

한편, 토픽 7의 추이를 보면, 초등과학교육 학술지 초창기 시기인 1980년 초에 초등과학교육 학술지에는 ‘소백산 룩피의 부분적으로 조사작성한 지질도의 분석(조선형, 1983)’, ‘유문등에 포획된 모기류의 계절적 발생 소장(손석락, 1985)’과 같이 교육에 초점을 두기 보다는, 자연 현상 자체를 탐구한 연구들이 대부분이었다. 이러한 연구들은 이후에 수행되었던 지질, 생태 등 자연탐방과 관련한 교육 프로그램 개발 연구들과 함께 토픽 7로 추출되었으며, 시간이 흐름에 따라 감소 추이를 보였다. 이러한 추이는 초등과학교육에서 자연에 대한 관찰과 경험을 통한 과학 수업을 장려함에도 불구하고, 야

Table 7. Linear regression analysis results (Topic 1-9)

Topic	Regression coefficient	P-value	Durbin-Watson	Hot/Cold
1 과학탐구활동 실행 및 참여	0.0004	0.0123*	1.9962	-
2 과학탐구과정 및 과학적 논증	-0.0003	0.0824	1.9139	-
3 과학개념 이해 및 개념학습	-0.0013	1.57e-08***	1.8901	Cold
4 초등학생의 인지 및 탐구 수준	-0.0005	0.0012**	2.0035	-
5 창의, 융합교육 및 문제해결 학습	0.0011	9.03e-09***	2.0641	Hot
6 환경교육, STS 및 SSI 교육	0.0009	2.49e-05***	1.9017	Hot
7 자연현상 연구 및 교육 프로그램	-0.001	1.65e-07***	2.0499	Cold
8 과학교수학습 활동 개발 및 효과	-3.524e-05	0.8812	2.04	-
9 과학수업 상호작용 및 교수학습자료	0.0004	0.0322*	2.0325	-

P* < 0.05, P** < 0.01, p*** < 0.001

외 활동 및 채집 기반의 과학 활동 및 수업에 대한 연구주제들은 매우 적었다고 보고했던 이아람과 홍영식(2013)의 분석 결과와 동일하다.

증가 추이를 보였던 ‘토픽 5(창의, 융합교육 및 문제해결 학습)’와 ‘토픽 6(환경교육, STS 및 SSI 교육)’과 관련한 연구들은 시대적으로 강조된 교육적 가치와 역할들이 반영된 것으로 보인다. 가령, 토픽 5에서는 여러 지식 영역을 통합하거나, 실질적인 문제들을 다뤄보는 융합 교육 및 문제해결 학습, 창의성 신장과 관련한 연구들이 2010년대중반부터 증가하였는데, 이는 STEM, STEAM 교육 및 창의·융합교육에 대한 관련 정책들의 시행 및 연구자들의 관심이 반영된 것이라 볼 수 있다(권난주와 안재홍, 2012; 심재호 등, 2015).

비슷하게, 토픽 6에서는 1990년대 중후반의 STS 교육과 관련된 연구들과 함께, 2000년대 후에는 SSI 교육, 환경교육 및 과학적 소양과 관련한 연구들이 많이 증가하였는데, 이러한 추이는 ‘모든 이를 위한 과학’에 대한 강조와 과학적 소양을 갖춘 시민의 양성에 초점을 둔 2000년대 이후의 과학교육 방향을 보여 준다(DeBoer, 2000). 과거 초등과학교육 학술지를 분석했던 장병기(2003)는 STS 및 환경교육 관련 주제들이 과학교육적 가치와 중요성에 비해 많이 연구되지 않는다는 문제점을 제기하였는데, 그 이후에 학술적, 정책적 관심이 높아지면서 과학, 기술, 사회가 연결된 주제들이 초등과학교육 학술지 연구들에서도 폭넓게 다루어지게 되었다는 본 연구의 결과는 고무적이다.

다음으로, 토픽 10에서 토픽 14에 대한 시대별 추이 분석 결과는 Fig. 5, Table 8과 같다.

Fig. 5와 Table 8의 결과를 함께 살펴보면, 학술지 초창기에 비해 최근에 감소한 연구에는 ‘토픽 11(교육과정 및 교과서)’이 보고되었으며, 이는 교과서 대상 학술연구들이 조금 감소했음을 보고했

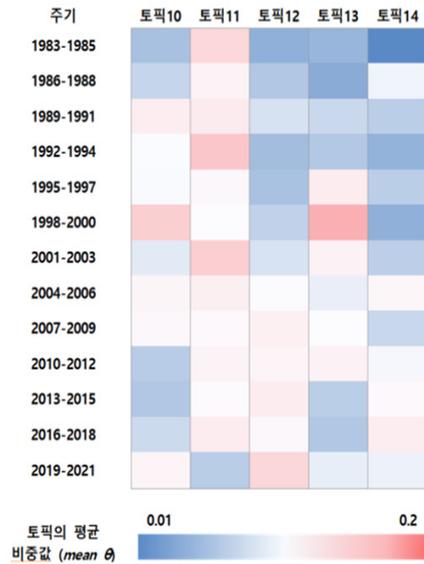


Fig. 5. Heatmap (Topic 10-14)

던 신원섭 등(2021)의 연구 결과와 맥을 같이한다. 하지만 이러한 감소는 유의수준 0.001의 범주에서의 통계적으로 유의한 감소는 아니었으며, 교육과정 개정 시기에 따라 교육과정 및 교과서 관련 연구들이 등락을 반복하는 과정에서 나타난 현상으로 볼 수 있다(장병기, 2003; 이아람과 홍영식, 2013).

반대로, ‘토픽 12(교수 실행 및 교사 전문성)’와 ‘토픽 14(영재교육)’는 2000년을 기준으로 이전에는 적었으나 그 이후로 점점 더 많이 수행되는 경향을 보였으며, 특히 토픽 12는 유의수준 0.001의 범주에서 통계적으로 유의한 증가를 보였다. 토픽 12는 과학수업의 실행에 초점을 두고 교사들이 경험하는 어려움, PCK와 같이 과학수업에 대한 교사 전문성 향상 방안을 탐색하는 연구들로서, 2000년대를 기준으로 교사 교육 연구가 증가했다는 이아람과

Table 8. Linear regression analysis results (Topic 10-14)

Topic	Regression coefficient	P-value	Durbin-Watson	Hot/Cold
10 교수학습평가 및 측정	-0.0004	0.069	2.0575	-
11 교육과정 및 교과서	-0.0006	0.0157*	1.983	-
12 교수 실행 및 교사 전문성	0.001	2.02e-07***	1.9521	Hot
13 교사의 개념 이해, 인식 및 신념	-0.0003	0.1601	1.9648	-
14 영재 교육	0.0005	0.0036**	2.0097	-

P* < 0.05, P** < 0.01, p*** < 0.001

홍영식(2013)의 보고가 10년이 지난 지금도 이어지고 있음을 보여 준다.

한편, 토픽 14의 경우에는 2000년대를 기준으로 영재교육 관련 연구가 증가하는 추이가 있다는 점은 기존 연구의 보고와 동일하나(이아람과 홍영식, 2013), Fig. 5와 같이 2019년 이후에는 영재교육 관련 연구들이 다소 줄어든 경향을 보였다. 2000년에 영재교육진흥법이 통과되고, 2003년에 과학영재교육학교 및 시도교육청 영재교육원과 영재학급 설립으로 그 범주가 꾸준히 확장된 반면(한기순과 양태연, 2007), 최근에는 영재교육에 대한 행·재정적 지원이 축소되는 상황이다(최호성, 2016). 이러한 영재교육 정책의 변화가 영재교육 관련 연구의 시기별 변화에 영향을 주었을 것으로 추측된다.

IV. 결론 및 시사점

본 연구에서는 ‘초등과학교육’ 학술지에 게재된 연구논문들이 어떤 주제로 어떻게 변화했는지 살펴보기 위하여, 창간호(1983)년부터 2021년까지 ‘초등과학교육’에 게재된 연구논문 총 1,065개의 영문 초록을 대상으로 LDA 기반 토픽모델링 분석을 실시하였다. LDA 분석 결과, 총 14개의 토픽이 추출되었다. 추출된 14개의 토픽들은 ‘과학탐구활동 실행 및 참여’, ‘과학탐구과정 및 과학적 논증’, ‘과학개념 이해 및 개념학습’, ‘초등학생의 인지 및 탐구수준’, ‘창의, 융합교육 및 문제해결 학습’, ‘환경교육, STS 및 SSI 교육’, ‘자연현상 연구 및 교육 프로그램’, ‘과학교수학습 활동 개발 및 효과’, ‘과학수업 상호작용 및 교수학습자료’, ‘교수학습평가 및 측정’, ‘교육과정 및 교과서’, ‘교수 실행 및 교사 전문성’, ‘교사의 개념 이해, 인식 및 신념’, ‘영재교육’이었으며, 초등 과학과 교수학습 내용 및 방법과 관련된 토픽, 그리고 교수학습에 영향을 주는 교육과정, 교과서, 평가, 교사 교육과 관련된 토픽 및 영재교육 관련 토픽으로 구분할 수 있었다. 또한 14개 토픽들의 시기별 추이를 파악하기 위해, 3년을 주기로 하여 토픽들의 평균 비중값 변화를 분석하고 선형회귀 분석을 실시하였다. 분석 결과, ‘과학개념 이해 및 개념학습’, ‘자연현상 연구 및 탐사교육 프로그램’에 대한 연구들은 감소한 반면, ‘창의, 융합교육 및 문제해결 학습’, ‘환경교육, STS 및 SSI 교육’, ‘교수 실행 및 교사 전문성’과 관련한 연

구들은 증가하였다.

위의 연구 결과로부터 도출된 시사점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구를 통해 그동안 ‘초등과학교육’에 실린 연구 논문들의 특징을 확인할 수 있었다. LDA 분석 결과에 따르면 ‘초등과학교육’에 실린 다른 연구 주제들과 달리 과학탐구 관련 연구들은 크게 ‘과학탐구활동 실행 및 참여(토픽 1)’, ‘과학탐구과정 및 과학적 논증(토픽 2)’ 2개의 줄기로 구분할 수 있었다. 교사교육과 관련된 연구들도 ‘교수 실행 및 교사 전문성(토픽 12)’, ‘교사의 개념 이해, 인식 및 신념(토픽 13)’이라는 2개의 줄기로 구분되었다. 즉, 연구자가 분석틀을 제시하는 연구동향 논문이나 과학교육학 개론서의 범주 구분에서 과학탐구나 교사대상 연구라고 해석될 연구들의 세부 범주를 LDA 분석을 통해 확인할 수 있었다.

둘째, 본 연구를 통해 그동안 ‘초등과학교육’에 실린 연구 논문들의 변화를 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과에 따르면 ‘과학개념 이해 및 개념학습(토픽 3)’, ‘자연현상 연구 및 탐사 교육 프로그램(토픽 7)’에 대한 연구들은 창간 초기와 비교하여 그 수가 감소하였다. 초등과학교육에 게재된 초기 논문들을 보면 ‘유문등에 포획된 모기류의 계절적 발생 소장(손석락, 1985)’나 ‘x선 회절법에 의한 석약의 광물학적 분석 연구(김현주, 1985)’ 등과 같이 자연현상 자체를 연구한 논문들이 다수 게재되었다. 그러나 최근 논문들에는 자연현상 자체를 연구하는 논문은 찾아보기 어렵다. 오히려 ‘교수 실행 및 교사 전문성(토픽 12)’을 다루는 연구들이 시간에 따라 통계적으로 유의하게 증가하였다. 즉, 구전으로 내려오는 한국초등과학교육학회의 초기 역사와 뿌리, 그간의 변화를 본 연구를 통해 확인할 수 있었다. 위의 두 시사점은 연구동향 확인을 위해 LDA 분석을 활용하는 것이 적절한 방법이라는 것을 다시 한 번 보여 준다.

셋째, 한국초등과학교육학회 차원에서 한발 앞선 연구의 장을 제공할 수 있도록 방안을 강구할 필요가 있다. 본 연구의 결과에 따르면 ‘창의, 융합교육 및 문제해결 학습(토픽 5)’, ‘환경교육, STS 및 SSI 교육(토픽 6)’을 주제로 한 연구들이 시기가 변함에 따라 증가한 것으로 나타났다. 과학교육 연구들은 시대에 따라 지배적인 패러다임을 따라서 연구주제들이 집중되는 경향을 보이는데(송진웅, 1995), 본 연구결과에서 나타난 ‘초등과학교육’의 주제들

살펴보았을 때, '초등과학교육' 역시 유사한 특징을 보이는 것으로 해석할 수 있다. 즉, '초등과학교육'이 글로벌 패러다임을 한국의 초등과학교육 상황에 맞추어 맥락화하고 해석, 적용하는 연구의 장(場)으로서 역할을 해 왔다고 볼 수 있다. 이를 토대로 앞으로는 학회 차원에서 다양한 학술 주제를 발굴하고 제안하는 능동적 활동도 함께 할 필요가 있겠다.

본 연구는 LDA 기반 토픽모델링 분석을 실시하여 '초등과학교육' 학술지에 게재된 연구논문들이 어떤 주제로 어떻게 변화했는지 살펴보았다. LDA는 문서의 주제와 변화를 파악하는 데에는 적합하지만, 연구 방법, 연구 대상, 저자 등을 분석하는 데에는 무리가 있다. 따라서 한 학회 또는 특정 주제의 연구 성과를 총체적으로 분석하기 위해서는 LDA 기반 토픽모델링 분석뿐만 아니라 체계적 문헌분석이나 메타분석과 같이 다양한 방법을 함께 활용할 필요가 있다. 이러한 여러 시도와 방법들 중 하나로서, '초등과학교육' 학술지 주제들에 대한 본 연구의 고찰이 한국 초등과학교육연구의 역할과 발전을 모색하기 위한 발판이 될 수 있길 기대한다.

참고문헌

가석현, 김찬중, 최승언(2019). 자동내용분석법(Automatic Content Analysis)을 통한 과학교육 연구동향 분석: 2008년부터 2015년까지 8년간의 JRST, IJSE 연구논문 분석. 학습자중심교과교육연구, 19(7), 519-543.

강은미, 신동훈, 권용주(2006). 과학 지식 생성 학습을 통한 초등학생들의 가설 지식 생성 능력의 발달. 초등과학교육, 25(3), 257-270.

곽민호, 신운주, 이진희(2019). 지구과학교육의 연구 동향: 데이터 마이닝 기법 잠재디리클레할당을 이용하여. 학습자중심교과교육연구, 19(18), 1311-1335.

권난주, 권혁재(2019). 과학체험학습에 관한 선행연구 및 경기도 지역 초등학교 운영실태 분석을 통한 다양한 과학체험학습장의 활용방안 모색. 초등과학교육, 38(1), 43-54.

권난주, 안재홍(2012). 융합 및 통합 과학교육 관련 국내 연구 동향 분석. 한국과학교육학회지, 32(2), 265-278.

권도현, 권성기(2000). 초등학생의 부력 개념 형성과 인지 수준의 관계. 한국초등과학교육학회지, 19(1), 131-143.

권영식, 이길재(2013). 과학과 미술 통합프로그램이 초등

과학영재의 뇌 활성화에 미치는 효과. 초등과학교육, 32(4), 567-580.

김민서, 여상인(2014). 초등 과학영재와 발명영재의 사고 양식 비교. 초등과학교육, 33(3), 558-565.

김성연(2020). 토픽모델링을 활용한 SIAM Journal on Applied Mathematics의 연구 동향 분석. 한국산학기술학회 논문지, 21(7), 607-615.

김영우(2021). Do it! 쉽게 배우는 R 텍스트마이닝. 서울: 이지퍼블리싱.

김장환, 신원섭, 신동훈(2018). 탐구형 초등과학수업 '호흡' 차시에서 교사의 경력에 따른 교수행동 및 시간적 주의 분석. 초등과학교육, 37(2), 206-218.

김재영, 임채성, 백자연(2014). 뇌 기반 진화적 접근법을 적용한 초등학교 학생의 과학 자유탐구에서 행동 영역 분석. 초등과학교육, 33(3), 579-587.

김찬중, 박현정(1997). 초등학교 학생들의 빛에 대한 개념과 달의 위상 변화 개념 사이의 관련성: 개념 생태학적 접근. 초등과학교육, 16(1), 173-187.

김한재, 정용재, 장명덕(2013). '어느점 내림'에 대한 초등 예비교사들의 인식 조사 및설명 모형 제안. 초등과학교육, 32(2), 206-224.

김현주(1985). X선 회절법에 의한 석약의 광물학적 분석 연구. 초등과학교육, 3, 13-28.

김형욱, 송진웅(2020). 계량서지 정보 분석을 통한 과학 자기효능감 관련 연구 동향 탐색. 교사교육연구, 59(3), 291-304.

김혜원, 전영석(2021). 토픽 모델링을 활용한 과학영재교육 연구동향 분석. 초등과학교육, 40(3), 283-294.

김희경(2007). 과학 교사의 전문성 개발 프로그램의 조건과 모형. 초등과학교육, 26(3), 295-308.

나지연, 윤혜경, 김미정(2015). 초등 과학과 교육과정과 교사용지도서 목표 간의 비교 분석-2009 개정 교육과정 3~4 학년을 중심으로. 초등과학교육, 34(2), 183-193.

노금자, 김효남(1996). 과학적 상황과 일상적 상황에 따른 초등학생들의 용해 개념. 초등과학교육, 15(2), 233-250.

문공주, 서경운, 강은희, 황요한(2020). 해양 플라스틱 쓰레기로 인한 문제와 해결책에 관한 초등학생의 인식 조사. 초등과학교육, 39(3), 399-411.

박종도(2019). 토픽 모델링을 활용한 다문화 연구의 이슈 추적 연구. 한국문헌정보학회지, 53(3), 273-289.

박종욱, 김도욱(1997). 초등학교 예비교사들의 화학실험 현상에 대한 추론유형과 증거중시대도와의 관계성 분석. 초등과학교육, 16(1), 83-95.

박종호, 김재영, 배진호(2001). 자유탐구활동이 초등학생의 과학탐구능력과 과학적 태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 20(2), 271-280.

- 박준형, 오효정(2017). 국내 기록관리학 연구동향 분석을 위한 토픽모델링 기법 비교: LDA 와 HDP 를 중심으로. 한국도서관·정보학회지, 48(4), 235-258.
- 박지선, 송진웅(2016). 초등 교사의 과학 관련 사회적 쟁점에 대한 윤리적 민감성. 초등과학교육, 35(4), 416-425.
- 박지연, 이경호(2004). 과학개념변화 연구에서 학생의 개념에 대한 이해: 오개념에서 정신포형까지. 한국과학교육학회지, 24(3), 621-637.
- 박형민, 임채성(2021). E학습터 플랫폼을 활용한 원격 생물 학습이 초등학생들의 과학 관련 태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 40(1), 13-21.
- 배창호, 김정길, 김혜경(2002). 초등학교 야외 지질학습 현장 개발 및 활용방안. 초등과학교육, 21(2), 241-252.
- 백남권, 서승조, 조태호, 김성규, 박강은, 이경화(2002). 제6차와 제7차 초등학교 3, 4학년 과학 교과서의 내용과 삽화의 비교분석. 초등과학교육, 21(1), 61-70.
- 백영민(2020). R을 이용한 텍스트마이닝. 서울: 한올아카데미.
- 성혜진, 임희준(2018). 과학 탐구활동의 유형과 과학 탐구의 특징에 대한 초등학생의 인식. 초등과학교육, 37(4), 391-401.
- 손석락(1985). 유문등에 포획된 모기류의 계절적 발생 소장. 초등과학교육, 3, 3-12.
- 송진웅(1995). 과학교육 연구의 균형성을 위한 모형과 지수. 한국과학교육학회지, 15(1), 1-5.
- 신원섭, 박형민, 김남일(2021). '초등과학교육' 학술지의 변천 과정에 따른 연구 동향 분석(1983~2020년). 초등과학교육, 40(4), 545-555.
- 신현옥, 이기영, 김찬중(2005). 초등 과학 포트폴리오 평가와 다른 과학 평가 방법 간의 상관관계 분석. 초등과학교육, 24(3), 301-309.
- 심재호, 이양락, 김현경(2015). STEM, STEAM 교육과 우리나라 융합인재교육의 이해와 해결 과제. 한국과학교육학회지, 35(4), 709-723.
- 안재홍, 권난주(2015). 아나모픽 착시예술을 활용한 초등 과학 융합 프로그램 개발 및 적용. 초등과학교육, 34(2), 224-237.
- 여상인, 박창식, 임희준(2007). 한국과 미국 BSCS 초등 과학 교과서의 삽화 비교. 초등과학교육, 26(4), 459-467.
- 여성희, 김희령, 김미경(2003). 제7차 교육과정에 따른 초등학교 5학년 과학교과서의 과학 탐구 과정과 학생들의 과학 탐구 능력 실태 분석. 생물교육, 31(3), 214-223.
- 오동주, 배진호, 박수홍(2016). 과학기반 심화융합영재 프로그램이 초등 과학영재의 창의적 사고활동과 정서 지능에 미치는 영향. 초등과학교육, 35(1), 13-25.
- 오세일(1994). 아동의 빛 개념 변화에 미치는 오개념 교정 수업의 효과. 초등과학교육, 13(1), 51-79.
- 원용준, 최선영, 강호감(2002). 슬기로운 생활에서 창의적 문제해결 모형을 적용한 창의력 개발. 초등과학교육, 21(1), 71-80.
- 위수민,곽정실, 김현정, 조현준(2008). 초등학교 과학과 지질 단원 교수-학습 활동에서 교사와 학생이 겪는 어려움. 초등과학교육, 27(4), 420-436.
- 유경희, 신영준(2014). 체험형 환경학습 프로그램이 초등 학생의 환경소양에 미치는 효과. 초등과학교육, 33(1), 69-81.
- 유혜경, 임희준(2014). 초등학생들의 과학적 논증활동에서 증거의 유형 및 수준 분석. 초등과학교육, 33(1), 162-171.
- 윤진아, 서혜애(2016). 2010년부터 2015년까지 국내 과학영재교육의 연구동향 분석: 문헌분석 대 사회네트 워크분석. 과학교육연구지, 30(3), 353-366.
- 윤혜경(2004). 초등 예비교사들이 과학 수업에서 겪는 어려움. 초등과학교육, 23(1), 74-84.
- 윤혜경(2011). 초등 예비교사의 자기 모델 탐구 과정과 과학적 모델에 대한 이해 변화. 초등과학교육, 30(3), 353-366.
- 이경란, 박종호, 백남권(2016). 초등학생의 빛의 성질 개념에 대한 학습 발달과정의 개발. 초등과학교육, 35(3), 326-335.
- 이명제(2010). 과학적 소양 관련 논문에서 서술자의 종류와 빈도 특성 연구. 초등과학교육, 29(4), 401-413.
- 이병희, 이형철(2016). 플립드 러닝 (Flipped Learning) 을 활용한 과학수업이 과학 학업성취도와 과학적 태도에 미치는 효과. 초등과학교육, 35(1), 78-88.
- 이봉우, 조현국(2020). 상세 서지분석을 이용한 기후변화 교육 관련 연구 동향 분석. 에너지기후변화교육, 10(2), 99-109.
- 이아람, 홍영식(2013). 한국초등과학교육의 최근 연구 동향 분석. 초등과학교육, 32(3), 260-268.
- 이인선, 박종원(2019). 과학 영재학생들의 과학탐구 포스터 작성을 위한 점검표의 개발과 적용. 초등과학교육, 38(3), 426-438.
- 이형철, 이순자(2000). 부력 개념에 관한초등학교 교사들의 이해도 조사. 한국초등과학교육학회지, 19(1), 145-156.
- 이혜정, 박국태, 권용주(2005a). 초등예비교사들의 관찰 활동에서 나타난 인과적 의문의 사고 유형과 생성 과정. 초등과학교육, 24(3), 249-258.
- 이혜정, 양일호, 서형두, 정재구(2005b). 초등학교 6학년 과학 수업의 사회적 참여구조 유형. 초등과학교육, 24(2), 123-129.
- 임재근, 이소리, 양일호(2010). 과학적 실험과 공학적 실

- 협에서 초등교사의 수업 과정 분석. 초등과학교육, 29(4), 515-525.
- 임현지, 최선영(2016). 초등과학영재의 정서지능과 성취 목표지향성이진로성숙도에 미치는 영향. 초등과학교육, 35(3), 316-325.
- 장병기 (2003). 초등과학교육 연구의 동향. 초등과학교육, 22(2), 192-199.
- 장은진, 권치순(2010). 과학과 탐구 수업에 대한 초등학교 교사의 자아 개념과 교수 불안. 초등과학교육, 29(2), 155-165.
- 장진아, 전영석(2010). 초등학생을 위한 자유 탐구 프로그램 개발 및 적용: 학생의 과학 탐구 기능 특성 및 지속적 피드백을 중심으로. 초등과학교육, 29(2), 207-218.
- 전아름, 노석구, 박재근(2012). 반복되는 불일치 상황에서 상황 제시 방법에 따라 초등학생들이 예상을 바꾸는 특성. 초등과학교육, 31(3), 298-310.
- 정성희, 천옥명, 강성주(2015). 미성취 영재를 위한 초등 과학 개별화 교수-학습 프로그램의 개발과 적용 사례 연구. 초등과학교육, 34(4), 394-405.
- 정정인, 한재영, 김용진, 백성혜, 송영옥(2007). 초등학교 과학 교과서에서 사용된 보조적 시각 자료의 분류 및 분석. 초등과학교육, 26(5), 525-534.
- 정진우, 송보용, 김효남(1994). 자연과 수업에서 Vee Diagram 의 적용에 대한 연구. 초등과학교육, 13(2), 177-193.
- 정하나, 전영석(2014). 초등학교 "물체의 속력" 단원 수업에서 교사와 학생이 느끼는 교수, 학습 곤란도 분석. 초등과학교육, 33(1), 172-180.
- 조선형(1983). 소백산 룩피의 부분적으로 조사작성한 지질도의 분석. 초등과학교육, 2, 3-12.
- 조한국, 이봉우(2019). 상세 서지분석을 이용한 에너지 교육 관련 연구 동향 분석. 에너지기후변화교육, 9(3), 241-251.
- 주은정, 김재근(2012). 생태적 소양 함양을 위한 토양 중 자 은행 교육 프로그램의 개발. 초등과학교육, 31(3), 284-297.
- 차민경(2015). 국내 언론에 나타난 '예술경영'관련 이슈의 의미연결망 분석: 1990년부터 2014년까지 국내 일간지 기사 분석을 중심으로. 문화정책논총, 29(2), 168-200.
- 차유미, 강훈식(2020). PCK 에 근거한 초등학교 교사의 과학영재수업과 발명영재수업 구성과 실천의 특징 비교. 초등과학교육, 39(3), 338-352.
- 채동현, 임성만(2011). 반증-실험 모형을 이용한 '계절 변화의 원인'에 대한 초등 예비 교사의 개념 변화 분석. 초등과학교육, 30(4), 524-534.
- 최은순, 노석구(2001). 마인드 맵 활용이 자연과 학습성취도와 과학적 태도에 미치는 영향: 초등학교 5학년 을 중심으로. 초등과학교육, 20(2), 281-291.
- 최재환, 이운환, 김애자(1993). 국민학교 아동의 지적 발달 수준과 자연 교과서 내용과의 비교 연구. 초등과학교육, 12(2), 127-144.
- 최행숙, 백성혜(1999). 초등학교 과학실험 기구 조작 기능에 대한 관찰 평가 준거 개발-초등학교 화학 단원을 중심으로. 초등과학교육, 18(1), 65-73.
- 최호성(2016). 한국 영재교육의 위기 현상 진단과 해결 방안. 영재교육연구, 26(3), 493-514.
- 하지훈, 신영준(2014). 초등학생의 VARK 학습양식과 과학적 의사소통 능력의 관계. 초등과학교육, 33(4), 724-735.
- 한광래(2003). 메뚜기를 이용한 초등학교 학생들의 관찰 능력 조사. 초등과학교육, 22(1), 121-129.
- 한국연구재단(2021.11.20). 한국학술지인용색인 한국과학교육학회지 학술지 인용정보. <https://www.kci.go.kr/kciportal/po/search/poCitaView.kci?sereId=000311>
- 한기순, 양태연(2007). 최근 국내 영재교육 연구의 흐름: 2000~ 2006 년도 연구물 분석. 영재교육연구, 17(2), 338-364.
- 한영옥, 김대홍(2002). 귀국학생 지도를 위한 미국과 한국의 초등 과학과 교과서 내용 분석. 초등과학교육, 21(1), 1-10.
- 황고은, 문신정(2017). 영상콘텐츠분야 정권별 빅데이터 분석: 상위 중심성 값의 변화를 중심으로. 한국디지털 콘텐츠학회 논문지, 18(5), 911-921.
- Arun, R., Suresh, V., Madhavan, C. V., & Murthy, M. N.(2010, June). On finding the natural number of topics with latent dirichlet allocation: Some observations. In R. Arun, V. Suresh, C. E. Veni Madhavan & M. N. Narasimha Murthy (Eds.), Pacific-Asia conference on knowledge discovery and data mining (pp. 391-402). Berlin: Springer.
- Blei, D. M.(2012). Probabilistic topic models. Communications of the ACM, 55(4), 77-84.
- Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I.(2003). Latent dirichlet allocation. Journal of machine Learning research, 3(Jan), 993-1022.
- 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, Y. H., Chang, C. Y., & Tseng, Y. H.(2010). Trends of science education research: An automatic content analysis. Journal of Science Education and Technology, 19(4), 315-331.
- De Jong, O.(2007). Trends in western science curricula

- and science education research: A bird's eye view. *Journal of Baltic Science Education*, 6(1). 15-22.
- DeBoer, G. E.(2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- Deveaud, R. É., Eric, S., & Patrice, B.(2014). Accurate and effective latent concept modeling for ad hoc information retrieval. *Document Numérique*, 17(1), 61-84.
- Gatti, C. J., Brooks, J. D., & Nurre, S. G.(2015). A historical analysis of the field of OR/MS using topic models. *arXiv.org, stat. ML*. Retrieved from <https://doi.org/10.48550/arXiv.1510.05154>
- Griffiths, T. L., & Steyvers, M.(2004). Finding scientific topics. *Proceedings of the National academy of Sciences*, 101(suppl 1), 5228-5235.
- Harlen, W.(2001). Primary science: Taking the plunge. How to teach science more effectively for ages 5 to 12. Heinemann, 361 Hanover Street, Portsmouth, NH 03801-3912.
- Keeley, P.(2009). Elementary science education in the K-12 system. *Science and Children*, 46(9), 8-9.
- Martin, D. J.(2012). *Elementary science methods: A constructivist approach*. Cengage Learning. Belmont, CA: Wadsworth.
- Odden, T. O. B., Marin, A., & Rudolph, J. L.(2021). How has Science Education changed over the last 100 years? An analysis using natural language processing. *Science Education*, 105, 653-680.
- Silge, J., & Robinson, D.(2017). *Text mining with R: A tidy approach*. California: O'Reilly Media, Inc.
- Steyvers, M., & Griffiths, T.(2007). Probabilistic topic models. In T. K. Landauer, D. S. McNamara, S. Dennis, W. Kintsch (Eds.), *Handbook of latent semantic analysis* (pp. 439-460). New York: Psychology Press.
- Wasserman, S., & Faust, K.(1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

장진아, 서울정일초등학교 교사(Chang, Jina; Teacher, Seoul Seongil Elementary School).

† 나지연, 춘천교육대학교 교수(Na, Jiyeon; Professor, Chuncheon National University of Education).