

토픽 모델링을 이용한 컴퓨팅 사고력 관련 연구 동향 분석

문성윤 · 송기상*

한국교원대학교 컴퓨터교육과

요약

2015개정 교육과정을 통해 소프트웨어 교육이 도입되면서 기존의 ICT 소양 및 응용 소프트웨어 활용 교육에서 벗어나 학습자의 컴퓨팅 사고력을 향상시키기 위한 다양한 연구 활동이 이루어져 왔다. 이와 같은 변화에 따라 본 연구에서는 소프트웨어 교육에서 강조되고 있는 컴퓨팅 사고력과 관련된 다양한 연구 활동에 대한 연구 동향을 살펴는데 그 목적이 있다. 이를 위해 2014년 1월부터 2019년 9월까지 출판된 컴퓨팅 사고력과 관련된 190편의 논문을 대상으로 주제어를 추출하여 그 단어들을 대상으로 빈도분석, 워드 클라우드, 연결 중심성, 토픽 모델링분석을 실시하였다. 토픽 모델링 분석 결과 지금까지의 주된 연구에는 '컴퓨터 사고력 교육 프로그램', '컴퓨팅 사고력 예비교사 교육', '컴퓨팅 사고력 로봇 활용 교육', '컴퓨팅 사고력 평가', '컴퓨팅 사고력 교과 연계 교육'에 관한 연구들이 진행되고 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구 방법을 통해 현재까지 주로 진행되고 있는 컴퓨팅 사고력 관련 연구 동향을 파악할 수 있었고, 이는 컴퓨팅 사고력 교육의 어떤 부분이 연구자들에게 더 중요하게 인식되고 있는지를 알 수 있게 해 준다.

키워드 : 소프트웨어 교육, 컴퓨팅 사고력, LDA, 토픽 모델링, 연구 동향

Analysis on Trend of Study Related to Computational Thinking Using Topic Modeling

Seong-Yun Moon · Ki-Sang Song*

Dept. of Computer Education, Korea National University of Education

ABSTRACT

As software education was introduced through the 2015 revised curriculum, various research activities have been carried out to improve the computational thinking of learners beyond the existing ICT literacy and software utilization education. With this change, the purpose of this study is to examine the research trends of various research activities related to computational thinking which is emphasized in software education. To this end, we extracted the key words from 190 papers related to computational thinking subject published from January 2014 to September 2019, and conducted frequency analysis, word cloud, connection centrality, and topic modeling analysis on the words. As a result of the topical modeling analysis, we found that the main studies so far have included studies on 'computational thinking education program', 'computational thinking education for pre-service teacher education', 'robot utilization education for computational thinking', 'assessment of computational thinking', and 'computational thinking connected education'. Through this research method, it was possible to grasp the research trend related to computational thinking that has been conducted mainly up to now, and it is possible to know which part of computational thinking education is more important to researchers.

Keywords : Software Education, Computational Thinking, LDA, Topic Modeling, Research Trend

교신저자 : 송기상(한국교원대학교 컴퓨터교육과)

논문투고 : 2019-11-27

논문심사 : 2019-12-09

심사완료 : 2019-12-14

1. 서론

2016년 다보스 포럼에서 세계경제포럼의 창립자이자 회장인 Klaus Schwab은 '4차 산업혁명의 시대'가 도래했음을 밝혔다. '4차 산업혁명'은 IT 기술 등에 따른 디지털 혁명에 기반을 두고 물리학·디지털·생물학 분야의 기술 융합을 통해 우리 삶의 방식을 근본적으로 변화시킬 것으로 예상하고 있다[1]. 이처럼 4차 산업혁명이 만드는데 사회는 소프트웨어가 혁신과 융합, 가치창출의 기본이 되는 소프트웨어 중심 사회라고 할 수 있다[2]. 이러한 시대의 흐름에 대비하기 위해 미국, 영국, 일본, 이스라엘 등 세계 주요 국가에서는 소프트웨어 교육의 중요성을 인식하고 초·중등 정규 교육과정으로 편성하고자 노력하고 있다[3]. 이에 교육부에서도 2015개정 교육과정을 통해 소프트웨어 교육을 초등학교 및 중학교 전체 학생을 대상으로 의무화하는 방안을 발표하였다[4].

2015개정 교육과정 이전의 컴퓨터 교육은 ICT(Information & Communication Technology)교육이라는 명칭으로 응용 소프트웨어, 인터넷 정보 검색 등 컴퓨터의 기능을 활용하기 위한 기능 활용 중심의 도구적인 접근을 취했다면, 2015개정 교육과정의 소프트웨어 교육은 복잡한 문제를 분석·정리하여 문제를 해결하기 위해 필요한 절차를 찾아 해결하는 컴퓨팅 사고력(Computational Thinking) 증진을 목적으로 하고 있다[5]. 2015년 2월 교육부의 소프트웨어 교육 운영 지침이 발표되면서 일선 학교에서는 연구학교와 시범학교를 중심으로 컴퓨팅 사고력 증진을 위한 다양한 연구 활동이 이루어져 왔다. 그리고 최근에는 소프트웨어 교육이 컴퓨팅 사고력에 미치는 효과[6]와 컴퓨팅 사고력 향상을 위한 소프트웨어 교육의 효과[7]에 대한 메타분석 연구도 이루어졌다. 이렇듯 2015개정 교육과정의 도입으로 2018년 중·고등학교를 시작으로 2019년에는 초등학교 5, 6학년 실과 교과를 통해 소프트웨어 교육이 본격적으로 도입되면서 컴퓨팅 사고력에 대한 연구 내용을 분석하는 것도 의미 있는 일이지만, 현재까지 교육 현장에서 이루어진 컴퓨팅 사고력과 관련된 다양한 연구 활동에 대한 흐름과 방향성을 파악하기 위해 거시적인 관점에서 그동안의 연구 성과를 살펴볼 필요가 있다.

기존의 연구 동향 분석을 위해서는 델파이(Delphi) 기법, 전문가 평가와 같은 정성적(Qualitative) 연구 방

법이 주로 사용되었다. 하지만 이런 정성적 방법은 대량의 정보로부터 결과를 도출하는데 많은 시간과 비용이 소요될 뿐만 아니라 전문가의 주관적인 가치 판단이 반영될 가능성이 있다[8]. 최근에는 정성적 연구 방법에 대한 대안으로 객관성과 실효성이 높은 트렌드 분석을 수행할 수 있도록 많은 양의 비정형 텍스트를 분석할 수 있는 LDA(Latent Dirichlet Allocation model, 잠재 디리클레 할당) 기법을 활용한 토픽 모델링과 같은 정량적(Quantitative) 연구 방법을 도입하고 있다[9].

본 연구에서는 4차 산업혁명 시대를 대비한 소프트웨어 교육에서 컴퓨팅 사고력과 관련된 연구 동향을 파악하고 시사점을 도출하기 위해 컴퓨팅 사고력 관련 선행 연구 자료에 대해 빈도 분석(Frequency Analysis), 워드클라우드(Word Cloud), 연결 중심성(Degree Centrality), 토픽 모델링(Topic Modeling) 분석을 수행하였다.

2. 관련 연구

2.1 컴퓨팅 사고력(Computational Thinking)

컴퓨팅 사고력은 컴퓨터 과학의 핵심이며 4차 산업혁명 시대에 창의·융합 인재로 성장하기 위한 기본 소양으로써 강조되고 있다. 2008년 Wing은 컴퓨팅 사고력을 '문제해결과정에서 문제를 단순화하고 추상화 과정을 통해 문제의 핵심요소를 추출하고 모델링하여 컴퓨팅 기기를 통한 해법을 자동화하는 능력'이라고 하였다. 또한, 컴퓨팅 사고력은 컴퓨터 분야뿐만 아니라, 다양한 분야에 접목되어 발전하고 있으므로 21세기를 살아가는 모든 사람들이 배워야하는 핵심역량으로 강조하였다[10].

교육부에서도 소프트웨어 교육 운영 지침을 발표하면서 컴퓨팅 사고력을 '컴퓨터 과학의 기본적인 개념과 원리를 기반으로 실생활의 문제를 효율적으로 해결할 수 있는 사고 능력'으로 정의하였다[11]. 컴퓨팅 사고력은 문제를 이해하기 위해 자료를 수집·분석·표현하고, 문제를 분해하며, 핵심 요소를 추출(추상화)하게 되고, 해결 방안 탐색을 위해 알고리즘을 설계하게 된다. 문제해결과정을 수행하기 위해서는 프로그래밍을 통한 자동화 과정을 거치게 되며, 평가를 위해 시뮬레이션을 수행한다[11][12].

학생들이 컴퓨팅 사고력을 통해 실생활의 복잡한 문

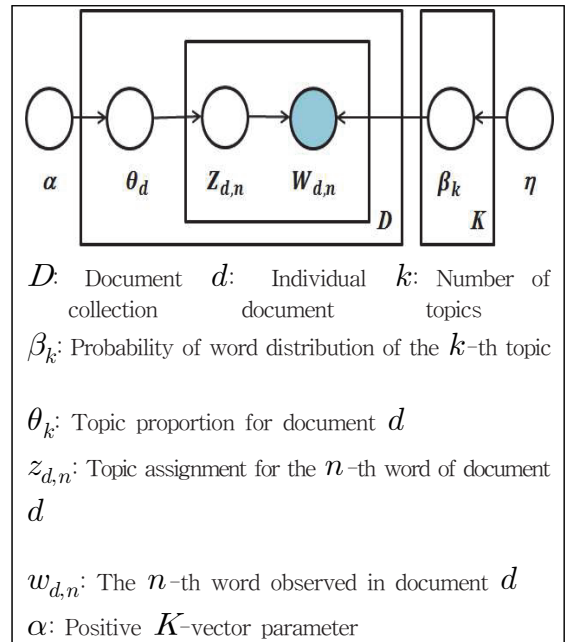
제를 이해 가능한 구체적인 문제로 분해하고 이를 해결하기 위해 필요한 자료를 찾고 절차적으로 문제 해결 과정을 설계하여 효율적인 문제해결방법을 도출할 수 있다. 이처럼 소프트웨어 교육의 핵심역량으로써 학습자의 창의적 사고능력과 문제해결력을 키우는데 적합한 컴퓨팅 사고력은 4차 산업혁명 시대의 핵심 인재를 양성하기 위한 기초 학습 능력으로써 강조되고 있다.

2.2 토픽 모델링(Topic Modeling)

토픽 모델링은 키워드 수준에서 단일 단어의 의미 파악이 어렵다는 한계를 보완하기 위해 대량의 문서들에서 잠재되어 있는 전반적인 주제를 찾아내기 위한 데이터 마이닝 기법으로, 구조화되어 있지 않은 문서에서 중심 주제를 추출하는 알고리즘을 구성하여 주제를 찾아내고, 유사한 단어들끼리 군집화 하여 문서의 주제를 찾는데 사용된다[13][14][15]. 토픽 모델링을 통해 기존의 키워드 네트워크 분석만으로는 찾아낼 수 없었던 의미를 탐색할 수 있다.

토픽 모델링 기법 중 하나인 LDA 분석은 광범위하고 비정형적인 문서 집합에 잠재되어 있는 주제들을 발견하기 위한 통계적 알고리즘이다[14][15]. 즉, 대용량의 문서에서 동시 발생하는 확률을 기반으로 유사한 문서들을 클러스터링 하는 기법이다[16]. (Fig. 1)은 LDA 과정을 형식적으로 표현한 것으로 관측 값 $W_{d,n}$ 을 통하여 잠재변수인 θ_d , $Z_{d,n}$ 과 β_k 를 찾는 것이 목적이다. θ_d 의 파라미터 값은 α 이고 θ_d 의 분포로 디리클레(Dirichlet) 분포를 따른다. 문서 d 의 n 번째 단어에 대한 토픽 $Z_{d,n}$ 은 θ_d 를 통해 얻어지고, 단어 $W_{d,n}$ 은 $Z_{d,n}$ 과 전체 토픽 $\beta_{1:k}$ 로부터 얻을 수 있다[15].

이러한 LDA 토픽 모델링은 단어 사이의 동시 발생 빈도를 바탕으로 기계 학습(Machine Learning)의 비지도 학습(Unsupervised Learning) 방식을 사용하여 문서의 토픽을 얻는 것이 특징이며, 새로운 문서에 대한 경험적 접근 없이도 쉽게 확률을 적용시킬 수 있는 장점이 있어 인터넷 뉴스 및 소셜 네트워크 서비스(SNS), 학술지 논문 등 비정형 데이터의 연구 동향 분석 연구에 활발히 사용되고 있다[16][17][18].



(Fig. 1) LDA Topic Modeling Process[15]

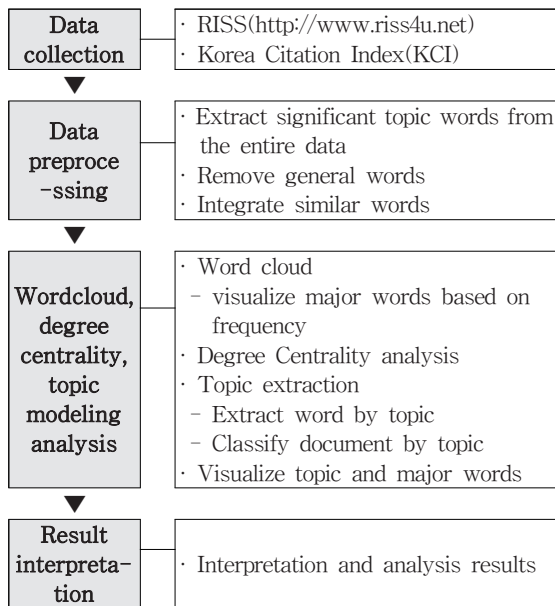
2.3 선행 연구

박선주(2015)는 소프트웨어 교육과 관련된 관심방향을 알아보기 위해 소프트웨어 교육 관련 뉴스데이터를 수집하여 그 내용을 분석하였다. 이를 통해 소프트웨어 교육에 관한 사람의 생각 및 관심 분야에 빅데이터 분석 자료 활용 방안을 제안하였다[16]. 최재원 외(2017)는 소프트웨어 관련 학과 강의계획서를 토대로 파이썬(Python)을 기반으로 한 텍스트 마이닝 기법을 이용하여 교육과정에 대한 키워드를 추출하였다. 소프트웨어 관련 교과과정에 대한 실증적인 분석을 강의계획서 자료를 바탕으로 시도했다는 점에서 의의를 찾을 수 있다[19]. 김민채 외(2018)는 1998년부터 2017년까지 20년 동안 출판된 411편 디지털교과서 관련 연구를 대상으로 네트워크 텍스트 분석을 실시하여 연구 동향을 탐색해 보았다. 정책의 흐름에 따라 교육 정책과 학술 연구 간의 관계를 살펴보았다는 데 의의가 있다[20]. 강두봉(2019)은 언플러그드 활동(Unplugged Activities) 관련 국내외 연구를 워드 클라우드 비교 분석, 토픽 모델링 기법을 활용하여 연구 주제를 비교하였다[21]. 소프트웨

어 교육 관련 토픽 모델링이나 텍스트 네트워크 분석 연구는 활발하게 이루어지고 있으나 소프트웨어 교육의 목적인 컴퓨팅 사고력과 관련해서는 연구 경향과 분야 별로 어떤 주제와 관련되어 연구되고 있는지, 시기별로 연구 주제가 어떻게 변화하고 있는지에 대한 연구는 거의 없어 이에 대한 연구가 필요하다.

3. 연구 방법

연구의 목적을 달성하기 위한 분석절차는 이론적 배경을 토대로 강두봉(2019)의 연구절차를 따랐다[21]. 컴퓨팅 사고력 관련 논문의 초록에서 추출한 주제어에 대한 워드 클라우드 분석, 연결 중심성 분석, 토픽 모델링 분석을 통해 주제어간 상관관계를 시각화하여 직관적으로 분석할 수 있게 하였다. 연구절차는 (Fig. 2)와 같다.



(Fig. 2) Study Method and Procedure

3.1 자료 수집

자료 수집은 연구대상을 일정 수준 이상의 연구논문으로 한정하기 위하여 한국연구재단에 등재되거나 등재

후보로써 전문 학술지에 게재된 논문을 대상으로 분석하였다. 자료 수집을 위해 RISS와 한국학술지인용색인(KCI)에서 ‘컴퓨팅 사고력’, ‘절차적 사고’, ‘계산적 사고’, ‘Computational Thinking’, ‘CT’ 등을 검색하였다. 그 결과 2014년 1월부터 2019년 9월까지 중복 논문 제거 및 컴퓨팅 사고력과 관련이 없는 논문 제거, 한글 초록이 없는 논문 제거를 통해 총 190편의 논문을 최종 분석 대상으로 선정하였다.

3.2 데이터 전처리

연구대상으로 선정된 논문 190편의 서지정보를 엑셀(Excel)을 이용하여 ‘일련번호’, ‘논문제목’, ‘저자명’, ‘발행년도’, ‘저널’, ‘초록’, ‘키워드’ 등으로 정리하였다. 정리된 서지정보의 초록은 텍스트 형식의 비정형 데이터이므로 NetMiner 4.4를 통해 표준화를 위한 정제 작업을 실시하여 정형 데이터로 변환하였다. 정제 작업 없이 데이터를 분석하게 되면 통찰력이 부족하거나 유의미한 해석 결과를 도출하기 어렵기 때문이다. 논문의 초록에서 조사와 의미를 파악하기 어려운 한 글자로 이루어진 형태소 등은 자동으로 빈도수 처리에서 제외하였다. 일반적으로 많이 쓰이지만 분석 대상으로 의미가 없는 단어들(예: 연구, 방향, 의의, 절차, 참여, 관찰, 수단 등)도 제외하였다. 또한, 컴퓨팅 사고력과 관련된 논문을 대상으로 키워드를 추출하였으므로 컴퓨팅 사고력이 키워드로 추출되는 것은 큰 의미가 없어 ‘컴퓨팅 사고력’도 제외하였다. 하나의 의미라고 생각되는 단어의 띄어쓰기는 붙이고(예: 비버 챌린지 → 비버챌린지, 퍼즐 기반 학습 → 퍼즐기반학습, 디자인 사고 → 디자인사고, 데이터 과학 교육 → 데이터과학교육, 예비 교사 → 예비교사), 유사한 용어는 하나로 통일(SW 교육, 소프트웨어 교육, 소프트웨어 교육과정→SW교육)하였고 자세한 내용은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Data Preconditioning Process

	Thesaurus Integration
SW교육	SW 교육, 소프트웨어 교육, 소프트웨어 교육과정
정보교육 과정	정보과 교육과정, 정보과교육, 정보교육

8	Utilization	209	23	Content	73
9	Class	177	24	Model	69
10	Effect	161	25	Information	69
11	Software	124	26	Composition	66
12	Problem	120	27	Math	65
13	Problem-solving ability	117	28	Activity	61
14	Object	114	29	Elementary school student	56
15	Program	105	30	Material	55

(Fig. 3)과 <Table 2>에서 알 수 있듯이 빈도수가 높은 주제어일수록 그 값에 비례하는 크기로 워드 클라우드에서 표현됨을 알 수 있다. 컴퓨팅 사고력과 직접적으로 관련 있는 주제어로는 ‘SW교육’이 311회, ‘코딩교육’ 281회, ‘분석’ 220회, ‘소프트웨어’ 124회, ‘문제해결력’ 117회, ‘로봇’ 75회, ‘초등학생’이 56회로 나타나고 있다.

일반적인 교육과 관련된 주제어로는 ‘교육’ 408회, ‘학습’ 355회, ‘평가’ 216회, ‘수업’ 177회, ‘효과’ 161회 등의 키워드들이 나타났다. 이처럼 컴퓨팅 사고력과 관련된 연구는 주로 초등학생들을 대상으로 문제해결력을 향상시키기 위한 SW교육 프로그램으로 코딩교육과 로봇을 활용한 수업이 이루어지고 있고, 그 효과를 검증하고 평가하기 위한 연구가 진행되고 있음을 알 수 있다.

4.2 주제어 연결 중심성(Degree Centrality) 분석

추출된 상위 30개의 주제어의 중심 구조를 알아보기 위해 NetMiner 4.4를 통해 주제어 간 동시출현빈도(Co-occurrence)를 측정해 주제어와 주제어 사이의 관계를 나타내는 네트워크를 생성하였다[22]. 중심 구조 분석을 통해 어떤 노드가 가장 중요한 노드인지를 찾고, 네트워크 구조가 얼마나 소수의 중요한 노드에게 집중되어 있는지를 알 수 있는 집중화 정도를 파악할 수 있다. 중심성의 종류에는 연결 중심성(Degree Centrality), 매개 중심성(Betweenness Centrality) 등이 있다.

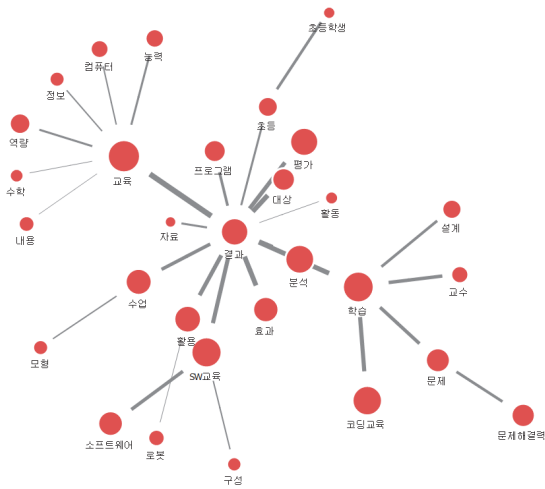
그 중 연결 중심성은 특정 노드를 중심으로 주변의 노드와 얼마나 많이 연결되어 있는가를 나타내는 지표로 직접적인 영향력을 측정할 수 있다[23][24]. 직접 연결된 노드의 수가 많을수록 연결 중심성은 높아지게 되고 직접적인 영향력의 크기를 측정할 수 있어 연구 동향을 파악

하는데 유용하다[25]. 추출된 상위 30개의 주제어에 대한 연결 중심성 지표값과 연관성이 높은 주제어 간 관계로 축약하여 네트워크로 시각화한 결과는 <Table 3>과 (Fig. 4)와 같다. 네트워크 그래프에서 주제어의 노드 크기가 크면 출현빈도가 높고, 주제어의 노드 크기가 작으면 출현빈도가 낮다는 것을 의미한다. 또한, 두 주제어 간 상관성을 계산하여 선으로 연결하여 두 주제어 간의 상관성이 높으면 선의 굵기를 굵게 표현하고, 상관성이 낮으면 선의 굵기가 가늘게 표현한다[16].

<Table 3> Degree Centrality of Top 30 Key Words

No	Key words	Degree Centrality	No	Key words	Degree Centrality
1	Result	0.448	16	Problem-solving ability	0.034
2	Education	0.241	17	Analysis	0.034
3	Learning	0.172	18	Design	0.034
4	SW education	0.103	19	Software	0.034
5	Problem	0.069	20	Math	0.034
6	Class	0.069	21	Competence	0.034
7	Elementary	0.069	22	Material	0.034
8	Utilization	0.069	23	Information	0.034
9	Teaching	0.034	24	Elementary school student	0.034
10	Composition	0.034	25	Computer	0.034
11	Content	0.034	26	Coding education	0.034
12	Ability	0.034	27	Evaluation	0.034
13	Object	0.034	28	Program	0.034
14	Robot	0.034	29	Activity	0.034
15	Model	0.034	30	Effect	0.034

연결 중심성이 높은 ‘결과’ 주제어는 ‘수업, SW교육, 평가, 분석, 효과, 교육’ 등과 같은 주제어들과 ‘교육’은 ‘능력, 역량, 결과’ 등과 같은 주제어들과 ‘학습’은 ‘코딩 교육, 문제, 교수, 설계’ 등과 같은 주제어들과 함께 등장하는 경우가 많음을 알 수 있다. 연결 중심성이 높은 주제어는 연결된 이웃 주제어가 많다는 것을 의미하고 이와 관련된 연구가 많이 진행되고 있음을 의미한다. 이를 통해 컴퓨팅 사고력과 관련된 연구는 코딩교육과 같은 SW교육을 통해 학습을 실시하고 그 결과를 분석하여 학생들의 컴퓨팅 사고력과 관련된 교육적 역량을 향상시키는 방향으로 이루어지고 있음을 유추할 수 있다.



Network Characteristics	
average degree	0.967
network diameter	5
density	0.067
mean distance	2.869

(Fig. 4) Degree Centrality Network of Top 30 Key Words

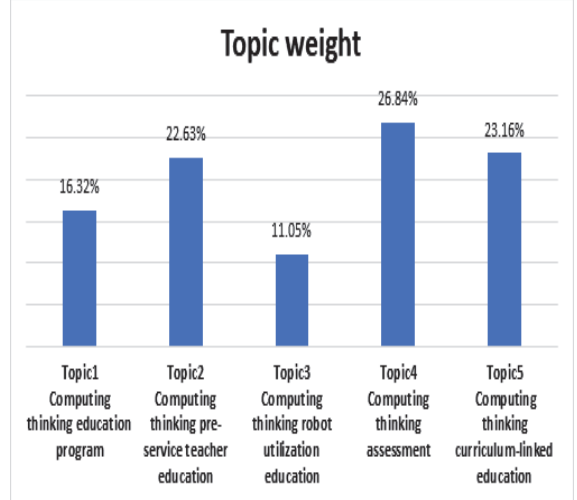
4.3 토픽 모델링(Topic Modeling)

몇몇 주제어가 한 논문의 초록에 많이 등장할 경우 유사 주제어끼리 연관된 특정한 주제로 분류할 수 있다. 잠재되어 있는 토픽을 확인하기 위해 NetMiner 4.4의 LDA를 이용한 토픽 모델링 패키지를 활용하여 토픽 모델링을 실시하였다. 토픽의 수는 하위 주제어 간 중복 및 간섭이 발생하지 않고 주제 범주화가 가장 잘 되었다고 판단되어지는 5개로 정하였다[26]. 토픽 모델링의 파라미터 값은 $\alpha:0.1$, $\beta:0.01$, iterations: 1,000으로 설정하였다[27][28]. 토픽 모델링 결과 토픽별 5개의 주요 주제어와 5개 토픽의 비중은 <Table 4>, (Fig. 5)와 같다. 토픽별 단어 연관 확률이 가장 높은 단어를 해당 토픽의 1번째에 제시, 그 다음 단어는 2번째에 제시된다.

<Table 4> Main topic Related to Computational Thinking

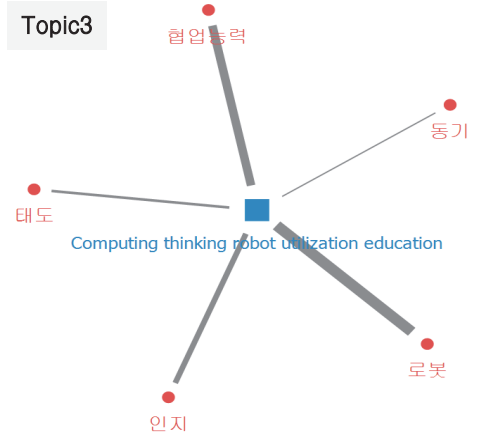
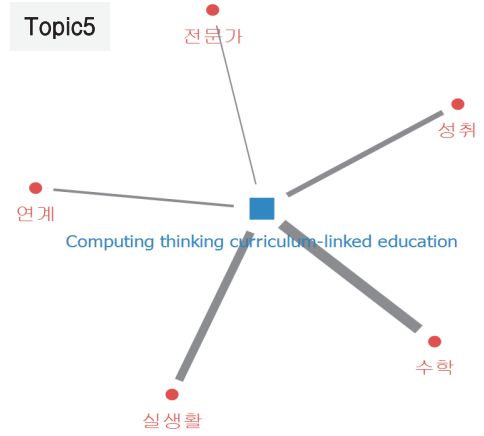
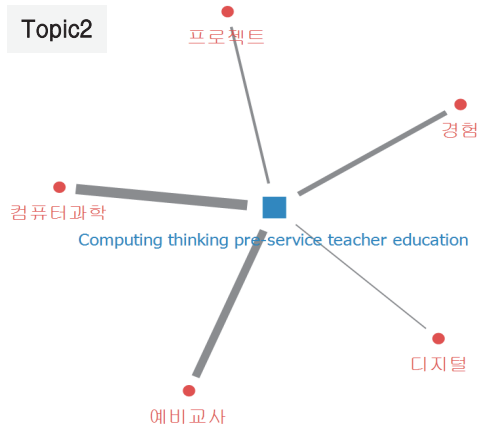
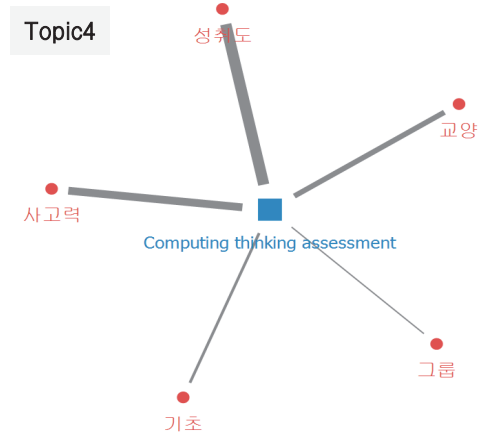
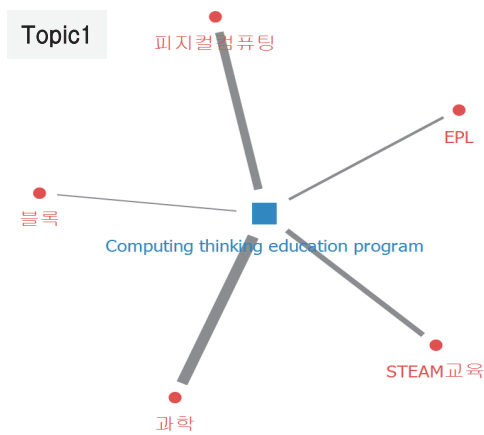
Topic	1st topic word	2nd topic word	3rd topic word	4th topic word	5th topic word
1	Science	Physical computing	STEAM education	EPL	Block

Associated probability	0.2396	0.1909	0.1854	0.1062	0.0715
2	Computer science	Pre-service teacher	Experience	Project	Digital
Associated probability	0.1679	0.1583	0.1310	0.1041	0.0961
3	Robot	Collaborative ability	Cognition	Attitude	Motive
Associated probability	0.4975	0.2274	0.1154	0.0952	0.0369
4	Achievement level	Thinking skills	Liberal-arts	Basics	Group
Associated probability	0.1079	0.1015	0.0994	0.0957	0.0824
5	Math	Real life	Achievement	Ties	Expert
Associated probability	0.3511	0.1537	0.1019	0.0826	0.0758



(Fig. 5) Weight of Study Topic Related to Computational Thinking

각 토픽별로 연관 확률을 기준으로 상위 5개의 주제어를 추출하였으며, 토픽별 상위 5개의 주제어들의 연관성과 토픽별로 분류된 논문들의 초록을 분석한 결과를 중심으로 토픽의 이름을 정한 결과는 (Fig. 6)과 같다. 토픽 모델링 결과에서 하위 주제어의 경우 링크 수가 많을수록 굵게 표현하였다. 이를 통해 컴퓨팅 사고력 관련 연구가 어떤 주제를 중심으로 연구되었는지 확인할 수 있었다.



(Fig. 6) Results of Topic Modeling Related to Computational Thinking

Topic1의 경우, ‘과학’, ‘피지컬컴퓨팅’, ‘STEAM교육’, ‘EPL’, ‘블록’이 연관 주제어로 구성되어 있다. 이는 교육 현장에서 컴퓨팅 사고력 함양을 위해 이루어지고 있는 다양한 교육 프로그램과 관련된 주제어들이다. 소프트웨어 교육은 과학 교과의 STEAM교육과 관련이 있다. 현실 세계의 복잡한 문제를 해결하는데 도움을 줄 수 있는 컴퓨팅 사고력 기반 STEAM교육을 교육 현장에 적용하기 위한 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한, 컴퓨팅 사고력 기반의 문제해결력을 기르는데 스크래치와 엔트리와 같은 블록 기반의 교육용 프로그래밍 언어(EPL, Educational Programming Language)와 아두이노(Arduino), 마이크로비트, 센서보드와 같은 피지컬 컴퓨팅을 활용한 교육 프로그램에 대한 연구도

이루어지고 있음을 알 수 있다.

Topic2의 경우, ‘컴퓨터과학’, ‘예비교사’, ‘경험’, ‘프로젝트’, ‘디지털’이 연관 주제어로 구성되어 있다. 이는 예비교사들의 컴퓨팅 사고력 역량 개발을 위한 교육과 관련된 주제어들이다. 컴퓨팅 사고력은 디지털 사회에서 핵심 인재로 성장하기 위한 기초 학습 능력이다. 이러한 디지털 사회를 대비하여 교육 현장에서 학습자의 컴퓨팅 사고력을 신장시킬 수 있는 교수·학습 능력이 예비교사들에게 강조되고 있다. 이를 위해 예비교사들을 대상으로 컴퓨팅 사고력의 기반이 되는 컴퓨터 과학 교육에 대한 프로젝트 학습을 경험하게 하고 이를 분석하여, 예비교사를 위한 체계적인 소프트웨어 교육과정 및 운영의 필요성을 제안하는 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있다.

Topic3의 경우, ‘로봇’, ‘협업능력’, ‘인지’, ‘태도’, ‘동기’가 연관 주제어로 구성되어 있다. 이는 로봇을 활용한 소프트웨어 교육과 관련된 주제어들이다. 컴퓨팅 사고력의 중요성에 대한 인식이 높아짐에 따라, 학생들이 직접 경험하고 조작할 수 있는 로봇을 소프트웨어 교육에 활용하려는 시도가 점차 확산되고 있다. 따라서 로봇 활용 소프트웨어 교육이 학생들의 컴퓨팅 사고력, 인지적·정의적 영역, 협업능력에 미치는 효과를 규명하는 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있다.

Topic4의 경우, ‘성취도’, ‘사고력’, ‘교양’, ‘기초’, ‘그룹’이 연관 주제어로 구성되어 있다. 이는 컴퓨팅 사고력 평가와 관련된 주제어들이다. 2015개정 교육과정을 통해 소프트웨어 교육이 이루어지면서 컴퓨팅 사고력에 대한 성취도를 평가하기 위한 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 컴퓨팅 사고력에 대한 평가는 초·중등학교에서 뿐만 아니라 대학에서도 이루어지고 있다. 대학에서도 미래 사회의 기초 소양으로써 컴퓨팅 사고력의 중요성을 인지하고 소프트웨어 교육 강화를 필수 교양으로 지정하여 효과성과 성취도를 평가하는 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있다.

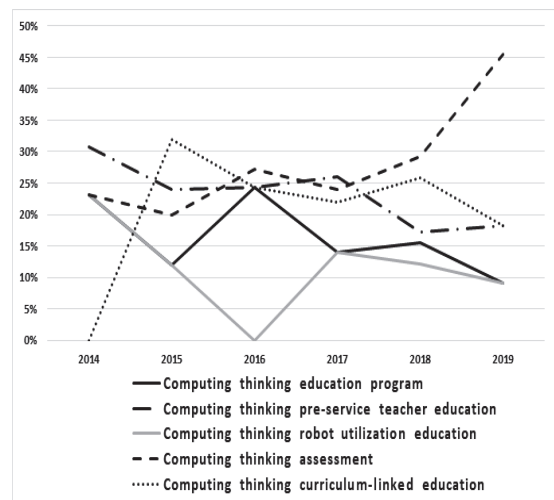
Topic5의 경우, ‘전문가’, ‘성취’, ‘수학’, ‘실생활’, ‘연계’가 주제어로 구성되어 있다. 이는 컴퓨팅 사고력을 위한 교과 연계 교육과 관련된 주제어들이다. 소프트웨어 교육이 실생활과 관련된 문제를 해결하기 위한 방향으로 이루어진다면 학생들의 흥미와 수업 참여도가 높아지게 되므로 컴퓨팅 사고력 향상에 도움이 된다. 이를 위해서 수학·과학 등 다양한 교과와 연계한 실생활 문제해결수

업을 설계하고 소프트웨어 교육과정의 성취기준에 부합하는지 전문가를 통해 타당성을 검토하는 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있다.

4.4 토픽 비중 변화 분석

2014년 1월부터 2019년 9월까지 ‘컴퓨팅 사고력’ 연구 논문들의 연도별 토픽 비중 변화를 통해 게재된 논문들의 토픽 변화 추이를 파악할 수 있다. (Fig. 7)은 토픽 분석 결과 얻어진 5개의 토픽에 대한 연도별 분포 비중을 그래프로 나타낸 것이다.

(Fig. 7)을 분석해 보면 ‘컴퓨팅 사고력 교과 연계 교육’과 ‘컴퓨팅 사고력 로봇 활용 교육’ 토픽을 제외하고는 지속적으로 연구가 꾸준히 이루어지고 있음을 알 수 있다. ‘컴퓨팅 사고력 교과 연계 교육’ 토픽의 경우, 2015년 2월 교육부에서 ‘소프트웨어 교육 운영 지침’을 발표하였다. 소프트웨어 교육 운영 지침의 교수·학습 방법에 의하면 컴퓨팅 사고는 정보 교육에 국한되는 것이 아니므로 다양한 교과, 특히, 수학, 과학, 언어, 사회 교육 등에서도 반영하여 지도할 것을 권장하고 있다. 이에 2015년부터 컴퓨팅 사고력을 위한 교과 연계 교육에 대한 필요성이 높아지면서 연구 비중이 늘어난 것으로 판단된다. ‘컴퓨팅 사고력 로봇 활용교육’의 경우, 2016년까지 감소세를 보이다가 2017년 이후 다시 상승하였다. 이는 로봇이 교



(Fig. 7) Changes of Study Theme Related to Computational Thinking

육용 프로그래밍 언어 교육의 보조 도구로 활용되는 것에서 벗어나 기존의 소프트웨어 교육을 보완하는 효과적인 교수·학습방법으로써 로봇을 활용하려는 연구 활동이 활발하게 이루어지고 있기 때문인 것으로 판단된다.

또한, 2015년 이후 ‘컴퓨팅 사고력 평가’에 관한 연구가 꾸준히 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 이는 2015 개정 교육과정을 통해 소프트웨어 교육이 도입되면서 언플러그드, 교육용 프로그래밍 언어, 피지컬 컴퓨팅 등 다양한 형태의 소프트웨어 교육이 컴퓨팅 사고력 향상의 교육적 목표를 달성하고 있는지 그 효과성을 검증하기 위한 평가 방법에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있음을 의미한다.

5. 결론 및 제언

본 연구에서는 2014년 1월부터 2019년 9월까지 컴퓨팅 사고력 관련 논문 190편의 초록에 대해 워드 클라우드 분석, 연결 중심성 분석, LDA 토픽 모델링 분석을 통해 컴퓨팅 사고 관련 연구 동향을 알아보기 위한 목적으로 연구를 진행하였다. 본 연구의 시사점은 다음과 같다.

첫째, 워드 클라우드 분석 결과, ‘학습’, ‘교육’, ‘SW교육’과 ‘코딩교육’이 중요한 주제어로 파악되었다. 이는 소프트웨어 교육이 기존의 문서 편집, 미디어 영상 편집, 인터넷 검색법을 익히는 컴퓨터 활용 교육에서 컴퓨팅 사고력을 위한 코딩 교육 중심으로 개편되었음을 의미한다.

둘째, 상위 30개 주제어의 연결 중심성 분석 결과 ‘교육’, ‘학습’, ‘SW교육’, ‘결과’, ‘문제’ 등이 연결 중심성이 높은 주제어로 나타나 워드 클라우드 분석과 유사한 양상을 보였다. 연결 중심성이 높은 주제어를 중심으로 연구가 진행되는 경향이 있음을 고려할 때, 소프트웨어 교육에서 문제해결력을 향상시키기 위한 학습이 이루어지고 있고, 이에 대한 결과와 효과 분석을 통해 컴퓨팅 사고력을 향상시킬 수 있는 방향으로 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있다.

셋째, 토픽 모델링 결과, 컴퓨터 사고력 증진을 위한 교육 프로그램, 컴퓨팅 사고력 지도 역량을 향상시키기 위한 예비교사 교육, 소프트웨어 교육에 대한 새로운 접근 방법으로서의 로봇 활용 교육, 컴퓨팅 사고력에 대한 효과성 검증을 위한 평가, 실생활 문제해결을 위해 다양

한 교과와 연계한 소프트웨어 교육에 관한 연구로 토픽이 분류되었다. 이를 통해 소프트웨어 교육이 앞서 정보통신기술 교육에서 수행하였던 ICT 소양 및 응용 소프트웨어 활용 위주의 교육에서 벗어나 학습자와 예비교사들이 미래 사회를 살아가는데 필요한 컴퓨팅 사고력 기반의 문제해결역량을 기를 수 있는 방향으로 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한, 초·중등 학생과 예비교사를 대상으로 컴퓨팅 사고력을 통해 문제해결력과 창의적 사고력을 향상시키기 위한 컴퓨터 과학 교육에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 미국과 영국에서는 컴퓨터 과학 교육의 중요성을 인지하고, 초등교육의 시작 단계부터 컴퓨터 과학의 개념과 원리를 배울 기회를 가질 수 있도록 정규 과목으로써 컴퓨터 과학 교육 과정을 도입하였다[29]. 향후 예비교사들의 소프트웨어 교육과정에게 기초적인 알고리즘과 자료구조를 바탕으로 한 컴퓨터 과학 교육 도입에 대한 요구가 생길 것으로 예상된다.

STEAM 교육을 통한 컴퓨팅 사고력 향상과 관련된 연구가 교육 현장에서 이루어지고 있음을 알 수 있다. 이와 관련하여 해외에서는 인공지능의 교육적 활용으로써 STEAM 교육에서 학습자의 학습과정을 향상시킬 수 있는 교육적 비계(Scaffolding)로써 유용하게 활용될 수 있는 AI-Thinking과 관련된 연구가 진행되고 있다[30]. AI-Thinking은 실생활 문제의 불확실성을 효율적으로 해결하기 위한 논리적 추론, 확률적 추론 및 심층 데이터 중심 학습(Deep Data-driven Learning)을 기반으로 하는 사고 능력이다[31]. 이러한 AI-Thinking은 실생활의 복잡한 문제에 대해 효율적인 문제해결방법을 도출한다는 점에서 컴퓨팅 사고력과 밀접한 관련이 있다. 1980년대부터 인공지능은 교사를 지원하고 전 세계의 학생들의 학습 경험을 향상시키기 위해 교육적으로 활용되어 왔다[32]. 이러한 상황을 고려할 때, 컴퓨팅 사고력을 향상시키기 위한 STEAM 교육에서 인공지능과 관련된 교육을 적용할 수 있는 방법을 제안하는 연구가 이루어질 필요가 있다.

넷째, 컴퓨팅 사고력 관련 연구 주제 변화 추이 분석 결과, 2015개정 교육과정을 통해 소프트웨어 교육이 본격적으로 도입됨에 따라, 교육 현장에서 컴퓨팅 사고력 향상이라는 목표를 달성할 수 있도록 다양한 교과와 연계한 소프트웨어 교육에 관한 연구, 컴퓨팅 사고 향상에 대한 효과를 검증하기 위한 컴퓨팅 사고력 평가에 대한 연구,

컴퓨팅 사고력 지도 역량 강화를 위한 예비교사 교육에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있음을 알 수 있다.

본 연구는 논문 초록만을 대상으로 분석하였지만, 향후 연구 결과의 객관성을 확보하기 위해서는 더 많은 데이터를 바탕으로 연구가 진행될 필요가 있다. 이를 위해 ‘컴퓨팅 사고력’에 관한 해외학술논문으로 연구대상을 확대하여 국내학술논문 분석결과와 비교하거나 페이스북, 유튜브 등 소셜 네트워크 서비스의 정보를 활용하여 컴퓨팅 사고력 관련 연구 동향 분석의 범위를 확대할 필요가 있다.

※ 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1A2B1012909).

참고문헌

- [1] JiWon Lee, JeongBeom Kim, JungBog Kim(2018). Effects of the Experience in Developing Physics Teaching Materials Based on Computational Thinking for Improvement of Science Teachers' and Pre-service Teachers' Technological Pedagogical and Content Knowledge(TPACK). *New Physics: Sae Mulli*, 68(2), 1-15.
- [2] HyungWook Kim, SeongYun Mun, SoRi Jeong, SoJean Jeong(2018). The Effect of Making My Own Game using 'Entry and Arduino' on Elementary Students Creative Problem Solving Ability and Interpersonal Relationship Ability. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(1), 487-507.
- [3] JungSook Sung, HyeonCheol Kim(2015). Analysis on the International Comparison of Computer Education in Schools. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 20(6), 543-552.
- [4] JaeHwi Kim, DongHo Kim(2016). Development of Physical Computing Curriculum in Elementary Schools for Computational Thinking. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 20(1), 69-82.
- [5] EunJi Seong(2014). *A Study on Computer Programming Education for Elementary*, Master's Thesis, Seoul National University of Education.
- [6] DongMan Kim, TaeWuk Lee(2018). A Meta-Analysis on the Effects of Software Education on Computational Thinking. *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 23(11), 239-246.
- [7] Hyun Joo, DongSik Kim, JinJu Lee, ChungSoo Na (2018). Inducing Computational Thinking in Korean SW Education: Synthesizing Standardized Mean Changes through Meta-analysis. *Journal of Educational Technology*, 34(3), 775-815.
- [8] SangTae Na, JaHee Kim, MinHo Jung, JooEon Ahn(2016). Trend Analysis using Topic Modeling for Simulation Studies. *Journal of the Korea Society for Simulation*, 25(32), 107-116.
- [9] JunSeok Oh(2015). Identifying Research Opportunities in the Convergence of Transportation and ICT Using Text Mining Techniques. *Journal of Transport Research*, 22(4), 93-110.
- [10] Wing, J. M.(2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical transactions of the royal society of London A: mathematical, physical and engineering sciences*. 366(1881), 3717-3725.
- [11] MOE(2015). *Software Education operating instructions*.
- [12] ISTE & CSTA(2011). Operational Definition of Computational Thinking for K-12 Education. <https://id.iste.org/docs/ct-documents/computational-thinking-operational-definition-flyer.pdf>.
- [13] SungHoon Seo, HakYeon Lee(2015). Fintech trend analysis using topic modeling of BM patents. *The Korean Institute of Industrial Engineers fall conference*, 471-480.
- [14] David M. Blei, Andrew Y. Ng, Michael I. Jordan(2003). Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3(JAN), 993-1022.
- [15] JuSeop Park, SoonGoo Hong, JongWeon Kim(2017). A Study on Science Technology Trend and Prediction Using Topic Modeling. *Journal of*

- the Korea Industrial Information Systems Research*, 22(4), 19-28.
- [16] SunJu Park(2015). A Topic Analysis of SW Education Textdata Using R. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 19(4), 517-524.
- [17] HyeYoung Han(2019). *A study of research trends in nurses turnover using Topic modeling and Keyword Network Analysis*. Master's Thesis, Korea University.
- [18] David M. Blei(2012). Probabilistic Topic Models, *Communications of the ACM*, 55(4), 77-84.
- [19] JaeWon Choi, Ho Lee, JungMin Kim, JuHo Song(2017). A Comparative Analysis of Curriculums for Software-related Departments based on Topic Modeling. *Journal of Society for e-Business Studies*, 22(4), 193-214.
- [20] MinChae Kim, YoungHwan Kim(2018). Analysis of Research Trends on Digital Textbook: Based on Text Network Analysis. *Journal of Educational Information and Media*, 24(2), 387-413.
- [21] DooBong Kang(2019). Comparison of Unplugged Activities at Home and Abroad using Semantic Network Analysis. *Journal of Korean association of computer education*, 22(4), 21-34.
- [22] Gyun Heo(2016). A Study on the Research Trends to Flipped Learning through Keyword Network Analysis. *Journal of fisheries and marine sciences education*, 28(3), 872-880.
- [23] YoungChoo Choi, SuJung Park(2011). Analyzing Trends in the Study of Public Administration: Application of the Network Text Analysis Method. *KOREAN REPUBLIC ADMINISTRATION REVIEW*, 45(1), 123-139.
- [24] JaeChang Kho, KuenTae Cho, YoonHo Cho(2013). A Study on Recent Research Trend in Management of Technology Using Keywords Network Analysis. *Journal of intelligence and information systems*, 19(2), 101-123.
- [25] JuYeon Lee, YooHyun Park(2016). Social Network Analysis of author's interest area in Journals about Computer. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 20(1), 193-199.
- [26] SooSang Lee(2016). A Study on the Application of Topic Modeling for the Book Report Text. *Journal of Korean Library and Information Science Society*, 47(4), 1-18.
- [27] Marwa Naili, Anja Chaibi, Henda Ghézala. (2017). Arabic topic identification based on empirical studies of topic models. *Revue Africaine de la Recherche en Informatique et Mathématiques Appliquées*, 27. 45-49.
- [28] Kyrölä, Aapo. 10-702 Project Report: Parallel LDA, Truth or Dare?.
- [29] SeungKi Shin, YoungKwon Bae(2014). Analysis and Implication about Elementary Computer Education in India. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 18(4), 585-594.
- [30] Meng-Leong How, Wei Loong David Hung(2019). Educing AI-Thinking in Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM) Education. *Education Sciences*, 9(3), 184-225.
- [31] Rad, Paul, Mehdi Roopaei, Nicole Beebe, Mehdi Shadaram, Yoris Au(2018). AI Thinking for Cloud Education Platform with Personalized Learning. *In Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*.
- [32] Neller, Todd W.(2017). AI education: Machine learning resources. *AI Matters*, 3(2), 12-15.

저자소개



문 성 윤

2017년 8월 : 안동대학교 교육대학원 석사

2018년 3월~현재 : 한국교원대학교 컴퓨터 교육과 박사과정

관심분야 : 컴퓨팅 사고력 및 복합 문제해결력, 인공지능 융합 교육, 소셜네트워크 분석

E-mail : biss101@naver.com



송 기 상

1983년 2월 : 아주대학교 학사

1985년 2월 : 한국과학기술원 석사

1994년 8월 : U. of Washington, Ph. D.

1995년 3월~현재 : 한국교원 대학교 교수

2007년 5월~현재 : World Bank, UNESCO, IDB, KOICA, KERIS 이러닝 국제 컨설턴트

관심분야 : 인지 및 학습과학, 뇌 기반 학습 이론, 에듀테크, 인공지능 기반 학습분석 시스템

E-mail : kssong@knue.ac.kr