

토픽모델링을 활용한 4차 산업혁명 분야의 국내 연구 동향 분석

A Study on the Research Trends in the Fourth Industrial Revolution in Korea Using Topic Modeling

김 지 영 (Gi Young Kim)*

노 동 조 (Dong-Jo Noh)**

초 록

4차 산업혁명이 등장한 이래로 산업 분야를 비롯한 다양한 분야에서 관련 연구들이 수행되었다. 본 연구에서는 4차 산업혁명에 대한 국내의 연구 동향을 분석하기 위하여 2016년 1월부터 2023년 8월까지 KCI에 수록된 2,115건의 논문을 대상으로 핵심어 분석 및 LDA 알고리즘에 기반한 토픽모델링 분석을 실시하였다. 본 연구의 결과 첫째, 4차 산업혁명 관련 학술 논문이 많이 게재된 학술지는 디지털융복합연구, 인문사회 21, e-비즈니스연구, 학습자중심교과교육연구 등의 순이었다. 둘째, 토픽모델링 분석 결과, '인간과 인공지능', '데이터와 개인정보 관리', '교육과정의 변화', '기업의 변화와 혁신', '교육의 변화와 일자리', '문화예술과 콘텐츠', '정보와 기업의 정책과 대응'의 7개 토픽이 선정되었다. 셋째, 4차 산업혁명과 관련한 공통 연구주제는 '교육과정의 변화', '인간과 인공지능', '문화예술과 콘텐츠'이며, 공통 키워드는 '기업', '정보', '보호', '스마트', '시스템' 등이 있다. 넷째, 연구 전반기(2016-2019)에는 교육 분야의 주제가 상위에 등장했으나 후반기(2020-2023)에는 기업과 스마트, 디지털, 서비스 혁신에 관한 주제들이 상위로 나타났다. 다섯째, 연구 후반기로 가면서 연구 주제들이 보다 구체화되거나 세분화되는 경향을 보였다. 이러한 동향은 코로나 팬데믹 이후 4차 산업혁명 분야의 핵심 기술들이 다양한 산업 분야에 활용됨에 따라 발생하는 사회경제적 변화에 따른 것으로 해석된다. 본 연구의 결과는 4차 산업혁명 분야의 연구 동향 파악과 전략 수립 및 후속 연구에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

ABSTRACT

Since the advent of the Fourth Industrial Revolution, related studies have been conducted in various fields including industrial fields. In this study, to analyze domestic research trends on the Fourth Industrial Revolution, a keyword analysis and topic modeling analysis based on the LDA algorithm were conducted on 2,115 papers included in the KCI from January 2016 to August 2023. As a result of this study, first, the journals in which more than 30 academic papers related to the Fourth Industrial Revolution were published were digital convergence research, humanities society 21, e-business research, and learner-centered subject education research. Second, as a result of the topic modeling analysis, seven topics were selected: "human and artificial intelligence," "data and personal information management," "curriculum change and innovation," "corporate change and innovation," "education change and jobs," "culture and arts and content," and "information and corporate policies and responses." Third, common research topics related to the Fourth Industrial Revolution are "change in the curriculum," "human and artificial intelligence," and "culture arts and content," and common keywords include "company," "information," "protection," "smart," and "system." Fourth, in the first half of the research period (2016-2019), topics in the field of education appeared at the top, but in the second half (2020-2023), topics related to corporate, smart, digital, and service innovation appeared at the top. Fifth, research topics tended to become more specific or subdivided in the second half of the study. This trend is interpreted as a result of socioeconomic changes that occur as core technologies in the fourth industrial revolution are applied and utilized in various industrial fields after the corona pandemic. The results of this study are expected to provide useful information for identifying research trends in the field of the Fourth Industrial Revolution, establishing strategies, and subsequent research.

키워드: 토픽모델링, 4차 산업혁명, 연구 동향, 키워드 분석, LDA 알고리즘

Topic Modeling, Fourth Industrial Revolution, Research Trends, Keyword Analysis, LDA Algorithm

* 인천광역시도서관발전진흥원 차장(kimgy@imla.kr) (제1저자)

** 상명대학교 인문사회과학대학 문헌정보학과 교수(djnoh@smu.ac.kr) (교신저자)

논문접수일자 : 2023년 11월 22일 논문심사일자 : 2023년 11월 23일 게재확정일자 : 2023년 12월 1일
한국비블리아학회지, 34(4) : 207-234, 2023. <http://dx.doi.org/10.14699/kbiblia.2023.34.4.207>

© Copyright © 2023 Korean Biblia Society for Library and Information Science

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

1. 서론

4차 산업혁명 기반의 지능정보기술은 사회 전반에 걸쳐 기존의 형태에 융합되거나 여러 분야의 신기술과 결합하여 혁신적 변화를 일으키고 있다. 4차 산업혁명은 기술·산업구조의 변화, 고용구조와 직무역량의 변화, 생활환경의 변화(김진하, 2016) 등 세 가지 측면에서 큰 변화를 가져왔다. 4차 산업혁명으로 인한 기술 및 산업 간의 융합은 산업구조를 변화시키고 새로운 스마트 비즈니스 모델을 창출하였다(김진하, 2016). 4차 산업혁명으로 대표되는 지능정보기술은 기계의 지능화를 통해 생산성이 고도로 향상되어 산업구조의 재편으로 이루어졌으며, 이에 따라 ICT 기반 플랫폼 기업들도 그 영역을 확장함에 따라 산업의 경계를 허물었다(미래창조과학부, 2016). 기술의 지능화는 자동화로 대체되는 업무를 확대하고 신산업 분야의 일자리를 창출하였다. 이로 인하여 고부가가치·창의 직무 중심으로 업무의 재편성이 이루어지는 등 일자리의 지형 변화는 고용 인력의 직무역량 변화에도 영향을 미치고 있다(World Economic Forum, 2016). 지능정보기술의 발달은 무인시스템의 도입, 생활 전반에 걸쳐 맞춤형 서비스 제공의 확대 등 삶의 편의성과 그에 따른 생활환경의 변화도 가져왔다. 이처럼 4차 산업혁명으로 인한 사회경제적 변화에 대응하기 위하여 기업, 정부, 교육, 문화 등 다양한 분야에서 대응 방안에 대한 연구와 논의가 활발하다.

코로나 팬데믹은 4차 산업혁명의 핵심 기술과 산업의 변화를 급속히 진전시켰다. 최근에는 인공지능과 ICBMS(IoT, Cloud, Big Data,

Mobile, Security)가 결합된 지능정보기술의 발달로 인하여 사회 전체의 지능화가 급속히 진행되고 있다(한국정보화진흥원, 2017). 인공지능, 스마트 팩토리, 스마트 교육, 스마트 서비스 등 기술 인프라의 확장으로 스마트화가 급속하게 진행되고 있어 혁신적 미래에 대비하는 전략이 우리에게 요구된다.

따라서 4차 산업혁명으로 발발한 사회경제적 변화의 추이를 살펴봄으로써 다가올 미래사회의 변화를 예측하고 나아가 변화에 대한 현실적 대응 방안을 모색하는 것이 필요하다. 그러한 방안 중 하나로 4차 산업혁명 분야의 연구가 어떤 주제를 중심으로 어떻게 변화, 발전하고 있으며, 학문적으로 어떠한 양상을 보이는지 연구 동향을 살펴보는 것은 의의가 있을 것이다. 이에 본 연구는 4차 산업혁명과 관련한 다양한 분야의 학술 논문을 대상으로 토픽모델링을 활용하여 주요 토픽들을 추출하여 4차 산업혁명 관련 연구 동향을 분석하고 나아가 4차 산업혁명과 관련한 후속 연구와 미래의 대응 전략을 제시하기 위한 연구를 시작한다.

2. 이론적 배경

2.1 토픽모델링

토픽모델링(Topic Modeling)은 비지도 학습 알고리즘의 하나로 대용량의 문헌, 문서, 자료 등의 텍스트에서 주제와 주제별 단어의 생성 확률에 기초한 분석이다(Blei, Ng, & Jordan, 2003). 또한 토픽모델링은 내재되어 있는 토픽을 추출하여 문서 혹은 키워드를 같은 주제별

로 토픽 간의 관계를 시계열적으로 분석하여 주제 변화 양상을 파악할 수 있는 통계적 분석 방법이다(강범일, 송민, 조화순, 2013).

토픽모델링 중에서 가장 널리 사용되는 알고리즘은 잠재 디리클레 할당(Latent Dirichlet Allocation, LDA)으로(Blei, Ng, & Jordan, 2003), LDA는 말뭉치(corpus)의 생성 확률모델이다(Blei, Ng, & Jordan, 2003). LDA 기반 토픽모델링은 문서에 내재된 잠재된 토픽을 찾아내는 비지도 학습이며 특정 토픽과 관련성이 높은 문서와 단어들을 확률 분포에 기반하여 분류한다(Blei, 2012). LDA 모형을 통해 방대한 텍스트 자료 속에서 잠재된 단서를 파악하여 토픽을 추출하고 각 토픽에 영향을 주는 단어를 파악하는 것이 가능하다. LDA는 문헌, 단어 등 관찰된 변수를 통해 문헌의 구조 등 보이지 않는 변수를 추론하는 방법으로, 전체 문헌 집합의 주제, 문헌별 주제 비율, 각 단어가 각 주제에 포함될 확률 등을 파악할 수 있다(박자현, 송민, 2013). 토픽모델링은 별도의 학습 데이터가 필요 없고 연구자의 주관보다는 확률모델을 기반으로 데이터를 분류해준다는 장점 때문에 다양한 분야에서 활용하고 있으며 연구논문의 텍스트를 분석하여 연구주제 분석, 시간에 따른 연구 동향을 파악하는데 효율적이다(황서이, 황동열, 2018).

토픽모델링은 문헌 텍스트의 주제와 주제별 단어의 생성 확률에 기초한 분석이기 때문에 문헌 텍스트가 잠재적으로 가지고 있는 주제의 개수와 그 주제를 나타내는 단어의 개수를 연구자가 임의로 토픽 수를 설정하여 분석을 진행하게 된다(안주영, 안규빈, 송민, 2016). 토픽 모델링에서 주제의 개수는 모델의 하이퍼파라

미터를 조정하여 결정할 수 있는데, 사전에 설정된 주제 개수에 따라 분석 결과가 상이하게 나타날 수 있다. 합리적인 토픽 수가 토픽모델링의 결과를 결정하므로 주제 사이의 중복을 피하고 주제의 개별성을 보장할 수 있는 최적의 토픽 수를 결정하여야 한다(Maier et al., 2018). 또한 토픽 수가 적을수록 중복을 피할 수 있으므로 구조적 유효성을 보장하기 용이하다는 주장도 있다(Calheiros, Moro, & Rita, 2017).

토픽모델링의 결과를 평가하는 방법으로는 일관성(coherence)과 혼잡도(perplexity) 지표가 있다. 일관성 지표(Coherence Index)는 같은 토픽에 의미론적으로 유사한 단어들끼리 분류되어 토픽의 내용이 일관성이 있는지를 알 수 있는 지표이다(Röder, Both, & Hinneburg, 2015). 토픽 일관성은 각 주제별로 상위 N개의 단어를 추출하고, 상위 단어 간의 유사도, 동시 등장한 정도 등의 연관성을 계산하여 의미적으로 유사한 단어들이 같은 주제로 분류되었는지 확인할 수 있다. 토픽 일관성을 측정하는 방식으로는 c_v 와 UMass가 있다. 워드 임베딩(Word embeddings)의 CBOW(Continuous Bag-of-Words Model)는 주변에 있는 단어로 중심 단어를 예측하는 방법(Mikolov et al., 2013)으로, c_v 는 슬라이딩 윈도우(Sliding Window)를 기반으로 단어 간 공출현(Co-occurrence) 유사도를 계산하고, UMass는 문서에서의 공출현 유사도를 계산한다. c_v 는 1에 가까울수록, UMass는 0에 가까울수록 일관성이 높다는 것을 의미한다(문길성, 2021). 일관성 지표는 토픽모델링을 통해 도출된 주제들이 의미론적으로 얼마나 높은 유사성을 가지느냐를 의미하며, 점수가 높을수록 각 주제를 구성한 단어들이 의미

론적으로 유사하다고 해석할 수 있다.

혼잡도 지표는 확률모델이 결과를 얼마나 정확하게 예측하는가에 대한 지표로서 점수가 낮을수록 모델의 성능이 높다고 평가할 수 있다. 그러나 혼란도 지표는 내재적인 학습 성능을 의미할 뿐 결과 해석에서 적합하지 않다는 해석이 존재한다(윤효준, 박재현, 윤지운, 2019).

2.2 선행연구

토픽모델링을 통하여 특정 주제 분야의 연구를 분석한 선행연구들을 문헌정보학 분야와 4차 산업혁명 분야로 나누어 정리하면 다음과 같다. 먼저 문헌정보학 분야의 연구로는 박자현, 송민(2013)의 연구가 있다. 이들은 1970년부터 2012년까지의 국내 문헌정보학 분야의 학술지를 대상으로 논문의 초록을 분석하여 토픽 모델링 결과를 문헌정보학 주제분류표와 비교, 분석하였다.

정영주, 김혜진(2020)은 토픽모델링을 활용하여 1990부터 2020년 7월까지의 학교도서관 관련 논문들을 분석하여 27개의 토픽 주제를 도출하였다.

4차 산업혁명 분야의 연구로는 노설현(2020)의 연구가 있다. 그는 2018년부터 2019년까지 4차 산업혁명 관련 국내 4,389건의 기사를 대상으로 토픽모델링 기법으로 분석하여 주요 이슈들을 도출하였다. 연구 결과 추출된 토픽은 4차 산업혁명의 핵심기술 분야와 경제, 산업, 교육, 문화 전반에서 발생하는 변화, 정부의 대응 정책 등 10가지 주요 이슈들을 제시하였다.

최진호, 이혜수, 진은형(2019)은 4차 산업혁명에 관한 19,187건의 뉴스 빅데이터를 토픽모

델링을 통해 분석하여 한국의 정치사회적 맥락에서 보수지, 진보지, 경제지 등 언론사 유형과 주요시기에 따른 토픽의 차이를 제시하였다.

황서이, 김문기(2019)는 토픽모델링 기법을 사용하여 1985년부터 2018년까지 인공지능 분야의 1,691편의 학술논문의 서명, 주제어, 초록을 분석하여 연구 동향을 파악하였다.

이재은, 오세경(2020)은 텍스트 마이닝 방법을 활용하여 4차 산업혁명과 연관된 교육 관련 364편의 학술 논문의 동향을 분석하였다.

선행연구를 분석한 결과, 기존의 4차 산업혁명에 관한 연구에서는 주로 신문 기사와 뉴스를 대상으로 토픽모델링을 실시한 연구들이 많았다. 반면에 학술 논문에서 다루고 있는 주요 연구 분야와 변화의 추이 등 연구 동향에 관한 연구는 미흡하다는 사실을 확인할 수 있었다. 본 연구와 유사한 연구로는 4차 산업혁명과 관련된 주요 이슈들을 제시한 노설현(2020)의 연구가 있으나 본 연구와의 차이점은 연구대상 및 기간에 있어 차이가 있으며, 특히 코로나 팬데믹을 기점으로 이전과 이후의 이슈나 주제 변화 등에 관한 연구는 수행하지 않았다는 점에서 차별된다. 또한 선행연구 분석의 결과, 토픽모델링 분석이 대량의 데이터를 분석하여 주제와 관련한 토픽을 도출하고 연구 동향 등을 분석하기에는 적합한 연구방법이라는 사실도 확인하였다. 이에 본 연구에서는 4차 산업혁명의 개념이 논의된 2016년부터 2023년 8월 현재까지 4차 산업혁명과 관련한 연구들을 학문적으로 세분화하여 어떠한 분야에서 어떤 연구가 진행되고 있는지 그 양상을 살펴보고, 나아가 학문적 연구 동향 및 토픽의 변화를 분석하고자 한다.

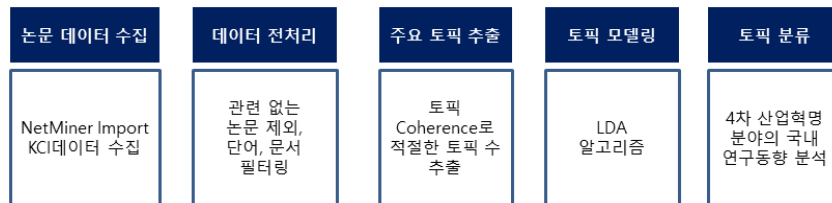
3. 연구 방법

3.1 연구 절차 및 자료수집

본 연구에서는 2016년 1월부터 2023년 8월 현재까지 한국연구재단 등재 학술지에 수록된 논문들을 대상으로 토픽모델링 분석을 실시하여 학술논문에 등장하는 단어와 주제를 분석하여 주요 토픽을 도출한 다음, 구간별 연구주제들을 비교·분석하여 4차 산업혁명 분야의 연구 동향을 분석하고자 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 <그림 1>과 같은 5단계의 연구 과정을 통하여 연구의 목적을 달성하고자 한다. 본 연구에서는 토픽모델링을 위한 분석 도구로 NetMiner 4.0을 활용하였으며, 한국연구재단 KCI(Korea Citation Index)의 논문 데이터를 수집하기 위해서 서지정보수집기(Biblio Data Collector) 프로그램을 활용

하였다. 토픽모델링 과정은 다음과 같다. 첫째, NetMiner로 수집된 학술 논문들을 대상으로 논문 제목과 요약, 저자 키워드를 포함한 텍스트 처리 대상 데이터에서 키워드 검색을 수행하여 논문을 수집하였다. 둘째, 수집된 논문들을 대상으로 토픽모델링 분석을 통하여 주요 토픽을 추출하였고 이 과정에서 데이터 전처리를 <표 1>과 같이 수행하였다. 이 과정에서 '4차 산업혁명' 키워드와 관련이 없는 논문들을 제외하고 동일한 의미의 단어와 한 단어 및 조사 등의 단어를 제외하는 데이터 필터링 과정을 거쳤다. 셋째, 전 처리 및 데이터 필터링을 거친 논문들을 대상으로 NetMiner 4.0의 토픽모델링 분석 결과에서 토픽 일관성(Topic Coherence)을 계산하고, 이를 토대로 적절한 토픽 수를 결정하였다. 넷째, 토픽모델링 알고리즘인 LDA 기법을 활용하여 토픽모델링을 실시하였다. 다섯째, 토픽 분류가 확실한 논문들을 추출하여 각 도



<그림 1> 연구 과정

<표 1> 데이터 전처리 과정

단 계	방 법	처 리 내 용
1단계	자료수집	• NetMiner Import로 '4차 산업혁명' 자료 수집
2단계	표준화	• 유사어 통일(제4차 산업혁명, 4차 산업혁명) • 제외어 정리(한 글자, 조사, 국가명 등) • 불용어 처리(반복적인 단어 등)
3단계	필터링	• 토픽 추출 검색 키워드 제외
4단계	관련 논문 추출	• 키워드: '4차 산업혁명' • 분석범위: 2016년 1월 ~ 2023년 8월까지 관련 논문 추출

픽 분야의 카테고리화 주제를 고려하여 토픽 명을 부여하고 토픽을 분류하여 4차 산업혁명 관련 연구 동향을 분석하였다.

전술한 연구의 과정을 통하여 수집된 자료는 총 2,117건이었다. 이 중에서 논문에 연결된 단어의 개수를 분석하여 텍스트 처리가 되지 않은 논문 2건을 제외하고 총 2,115건을 본 연구의 분석대상 자료로 확정하였다.

3.2 핵심어 분석

토픽모델링을 수행하기에 앞서 전체 논문들의 연구주제를 파악하기 위하여 문서에 출현한 단어의 빈도수를 기준으로 핵심어를 추출하였다. 핵심어 분석은 불용 데이터를 제거하고, 중복된 단어를 정규화하여 단어의 출현 빈도를 분석하여 핵심어를 추출하였다. 핵심어를 분석함으로써 문서의 주제를 추정할 수 있으며, 각 문서의 유사성도 파악할 수 있었다. 핵심어 분석 방법인 워드 클라우드(Word cloud)는 문서에 출현하는 단어의 빈도분석 결과를 시각화로 나타내는 방법이다.

본 연구에서는 4차 산업혁명 관련 논문의 동향을 파악하기 위하여 연구대상 텍스트에서 핵심어 분석을 통하여 등장 단어의 빈도수를 파악하고 단어의 군집을 활용하여 워드 클라우드로 정보를 시각화하였다.

3.3 토픽모델링 분석

토픽모델링은 다양한 문서에서 정보를 추출하면서 공통된 주제를 자동화된 방식으로 잠재적 확률모델로 추출하는 방법이다(최성철, 박한

우, 2020). 토픽모델링 알고리즘 모델에는 LDA(잠재 디리클레 할당) 모델과 LSA(잠재 의미 분석)가 있다. 특히 LDA 알고리즘은 문서의 양, 문서 내 단어의 개수, 문서의 말뭉치로 계산되는 파라미터 값 등을 Dirichlet 분포를 사용하여 잠재된 파라미터를 계산하고 이를 통해서 각 주제에 맞는 단어를 할당하는 방법이다. 토픽모델링 분석에서 토픽 수를 연구자가 임의로 선정하여 발생할 수 있는 토픽 개수에 대한 적합성과 임의성의 한계를 극복하기 위하여 토픽 일관성 지표를 사용하여 최적의 토픽 수를 산출하였다. 토픽 일관성(Coherence)은 토픽 분석 결과를 평가하기 위한 지표 중 하나로, 혼잡도(Perplexity)와 함께 대표적으로 많이 사용되는 평가 지표이다. 각 주제에서 상위 단어를 뽑아 상위 단어 간의 공출현 유사도를 계산함으로써, 같은 주제에 의미론적으로 유사한 단어들이 분류되었는지 확인할 수 있다. 두 가지의 평가 지표는 토픽모델링의 결과를 평가하는 고전적인 방법으로 토픽모델링을 통해서 도출된 주제들이 의미론적으로 얼마나 유사성이 높은지를 의미하며, 지표 점수에 따라서 각 주제를 구성하는 단어들이 의미론적으로 유사하다고 해석할 수 있다. 토픽 일관성을 측정하는 방식으로 c_v 와 UMass가 있으며, c_v 는 1에 가까울수록, UMass는 0에 가까울수록 일관성이 높다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 최적의 토픽 수를 정하기 위하여 일관성 지표(Coherence Index)의 c_v 를 고려하여 가장 적합한 주제 개수를 선정하여 토픽모델링을 실시하고 그 결과를 도출하였다.

요약하면 본 연구에서는 2016년 1월부터 2023년 8월까지 한국연구재단 등재지에 수록된 논문

들을 대상으로 '4차 산업혁명'을 키워드로 검색하여 추출된 2,115편의 학술 논문을 대상으로 토픽모델링 기법을 사용하여 토픽별 핵심 단어를 추출하였다. 토픽의 핵심 단어 간 연관성을 나타내는 파라미터를 최적화하여 토픽별 핵심 단어를 추출하였으며, 핵심 단어들로부터 토픽명을 추론하였다. 4차 산업혁명과 관련한 연구 동향을 분석하기 위하여 LDA 결과에서 토픽별 출현 가능성 상위 10개의 핵심 단어와 분류된 논문 중에서 첫 번째 토픽 비중이 높은 논문들의 내용을 비교하면서 각 토픽의 주제를 정하였다. 키워드와 토픽으로 분류된 문서들의 주제, 키워드, 초록 등의 내용을 종합적으로 검토, 분석하여 토픽 명을 확정하였다.

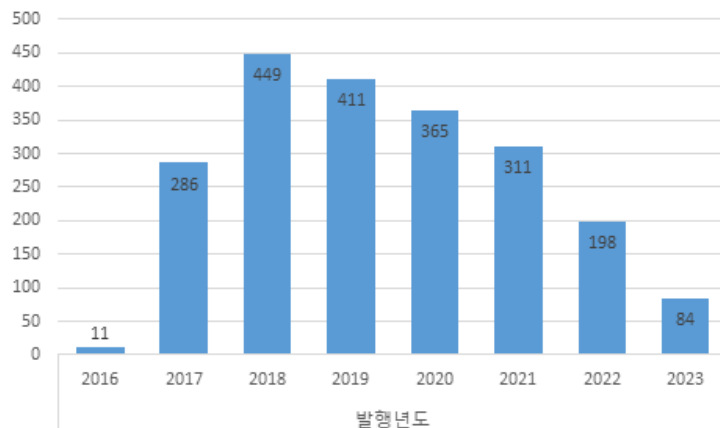
산업혁명 관련 논문의 발행 연도별 편수는 <그림 2>와 같다. <그림 2>에서 보는 바와 같이 4차 산업혁명의 개념이 대두된 2016년 이래로 2017년에 논문 편수가 급속히 증가하였으며 2018년과 2019년에 최고조에 이르렀음을 알 수 있다.

연도별 발행 논문 편수를 보다 구체적으로 살펴보면, 산업혁명의 개념이 대두된 2016년에 11편이었는데 이후인 2017년에 286편, 2018년에 449편, 2019년에 411편, 2020년에 365편, 2021년에 311편, 2022년에 198편, 2023년에는 84편으로 나타났다. 따라서 2018년과 2019년에 4차 산업혁명에 관한 연구들이 가장 활발히 진행되었으며 그 후는 점진적으로 감소하는 추세를 알 수 있었다. 이러한 결과는 2020년의 코로나 팬데믹 이후에는 인공지능을 비롯한 4차 산업혁명 기반 기술들이 급격한 성장을 보이면서 비대면 서비스 및 관련 정책 등을 구현하기 위한 새로운 방향을 모색하면서 4차 산업혁명 기반 기술들이 산업, 교육, 정부 등 다양한 분야에 활용됨에 따라 빅데이터, 인공지능 등 기반 기

4. 연구 결과

4.1 논문 현황

한국연구재단 KCI 데이터에서 수집한 4차



<그림 2> 발행년도별 논문 편수

술들에 대한 연구들로 그 대상이 세분화됨에 따라 관련 논문들의 발행이 감소했던 것으로 해석된다.

4.2 학문 분야

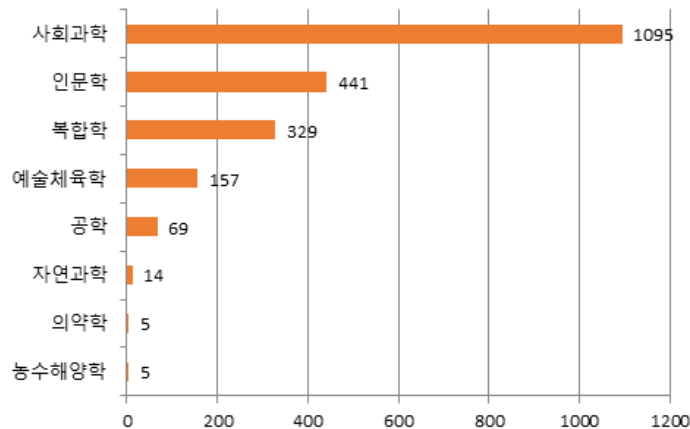
본 연구의 분석 대상이 된 2,115건의 학술 논문은 총 749개의 학회에서 출판되었으며, 788개의 학술지에 수록되었다. 해당 학회지 분류는 한국연구재단의 학문 분류에 따라서 사회과학, 인문학, 복합학, 예술체육학, 공학, 자연과학, 의약학, 농수해양학의 8개의 학문 분야로 구분하였다. 학문 분야별 논문 편수는 <그림 3>과 같다.

<그림 3>에서 보는 바와 같이 사회과학 분야가 가장 많은 1,095편(51.8%)이었으며 다음은 인문학 분야 441편(20.9%), 복합학 분야 329편(15.6%), 예술체육학 분야 157편(7.4%), 공학 분야 69편(3.3%), 자연과학 분야 14편(0.7%), 농수해양학 분야 5편(0.2%), 의약학 분야 5편(0.2%)의 순이었다.

4차 산업혁명 관련 학술 논문이 많이 게재된

상위 20위까지의 학술지는 <표 2>와 같다. <표 2>에서 보는 바와 같이 상위 20위까지 학술지의 학문 분야는 복합학이 9개로 가장 많았고 다음은 사회과학이 8개, 인문학이 3개, 공학이 1개의 순이었다.

분석대상 학술지 중 4차 산업혁명 관련 논문이 5편 이상 발간된 학술지는 81개였다. 학문분야별 상위 3위까지의 학술지는 <표 3>과 같다. <표 3>에서 보는 바와 같이 사회과학 분야에서는 e-비즈니스연구(32), 학습자중심교과교육연구(32), 법학연구(25)의 순으로 게재 논문 수가 많았다. 인문학 분야에서는 인문사회 21(34), 신학과 실천(16), 인문과학(13)의 순이었으며, 복합학 분야에서는 디지털융복합연구(38), 한국융합학회 논문지(25), 한국콘텐츠학회 논문지(22), 예술체육학 분야에서는 기초조형학연구(9), 상품문화디자인학연구(9), 연기예술연구(8), 한국공간디자인학회 논문집(8), 한국디자인문화학회지(8), 한국체육학회지(8)의 순이었다. 공학 분야는 디지털콘텐츠학회논문지(15), 한국컴퓨터정보학회논문지(6), 한국정보통신학회논문지



<그림 3> 학문 분야별 논문 편수

〈표 2〉 상위 20위 학술지 목록

순위	학술지명	학문 분야	계재 편수	순위	학술지명	학문 분야	계재 편수
1	디지털융복합연구	복합학	38	11	신학과 실천	인문학	16
2	인문사회 21	인문학	34	13	디지털콘텐츠학회 논문지	공학	15
3	e-비즈니스연구	사회과학	32	13	인문과학	인문학	15
3	학습자중심교과교육연구	사회과학	32	15	경영컨설팅연구	사회과학	13
5	법학연구	사회과학	25	15	문화기술의 융합	복합학	13
5	한국융합학회논문지	복합학	25	17	Korea Business Review	사회과학	12
7	한국콘텐츠학회 논문지	복합학	22	17	융합정보논문지	사회과학	12
8	예술인문사회융합 멀티미디어논문지	복합학	20	17	정보화정책	사회과학	12
9	교양교육연구	복합학	19	20	한국IT정책경영학회 논문지	복합학	11
10	문화와융합	복합학	18	20	한국과학예술융합학회	복합학	11
11	법학논총	사회과학	16	총 21개 학술지 411편			

〈표 3〉 학문 분야별 상위 학술지

학문분야	1순위		2순위		3순위	
	학술지명	계재 편수	학술지명	계재 편수	학술지명	계재 편수
사회과학	e-비즈니스연구	32	법학연구	25	-	-
	학습자중심교과교육연구	32				
인문학	인문사회 21	34	신학과 실천	16	-	-
			인문과학	16		
복합학	디지털융복합연구	38	한국융합학회논문지	25	한국콘텐츠학회 논문지	22
예술체육학	기초조형학연구	9	연기예술연구	8	-	-
			한국공간디자인학회 논문집	8		
	상품문화디자인학연구	9	한국디자인문화학회지	8		
			한국체육학회지	8		
공학	디지털콘텐츠학회논문지	15	한국컴퓨터정보학회논문지	6	한국정보통신학회논문지	4
					한국전자통신학회 논문지	4
					사물인터넷융복합논문지	4
자연과학	새물리	3	자원환경지질	2	-	-
	한국자기학회지	3	한국청소년활동연구	2		
의약학	한국치위생학회지	2	대한의사협회지	1	-	-
			대한작업지료학회지	1		
			한국임상치위생학회지	1		
농수해양학	해운물류연구	3	한국항만경제학회지	1	-	-
			해양환경안전학회지	1		

(4), 한국전자통신학회논문지(4), 사물인터넷용 복합논문지(4)의 순으로 나타났다. 자연과학 분야에서는 새물리(3)와 한국자기학회지(3), 의학에서는 한국치위생학회지(2), 농수해양학 분야에서는 해운물류연구(3)에 4차 산업혁명 관련 논문이 게재되었다.

4.3 키워드 분석

한국연구재단 KCI 등재지에 2016년 1월부터 2023년 8월까지 수록된 4차 산업혁명 관련 논문 2,115건에 대한 초록과 키워드에서 등장한 단어를 분석하였다. 4차 산업혁명 관련 논문에서 가장 많이 등장한 상위 100개의 단어는 <표 4>와 같고 이를 <그림 4>와 같이 워드 클라우드로 시

각화하였다.

<표 4>와 <그림 4>에서 보는 바와 같이 '4차 산업혁명'으로 검색하여 등장한 단어의 빈도수를 분석한 결과 변화, 사회, 교육, 인공지능, 정보, 미래, 분야, 데이터, 개발, 혁신, 정책, 인간, 과정, 핵심 등의 주요 단어가 나타났다.

2016년부터 2019년까지 전반기의 워드 클라우드 결과는 <그림 5>와 같다. <그림 5>에서 보는 바와 같이 전반기에는 정보, 데이터, 학습, 경제, 서비스, 디지털, 시스템 등의 단어가 등장했다. 2020년부터 2023년 8월까지의 워드 클라우드 결과는 <그림 6>과 같다. <그림 6>에서 보는 바와 같이 후반기에서는 인공지능, 기업, 스마트, 데이터, 인간, 대학, 학습, 시스템, 경제 등의 단어가 나타났다.

<표 4> 등장 단어 빈도

순위	단어	빈도	순위	단어	빈도	순위	단어	빈도	순위	단어	빈도	순위	단어	빈도
1	변화	999	21	경제	424	41	향후	325	61	강화	277	81	관리	232
2	사회	921	22	요구	414	42	과학	322	62	이해	267	82	발생	229
3	중심	841	23	융합	410	43	바탕	317	63	기대	267	83	플랫폼	226
4	교육	727	24	기존	401	44	구축	316	64	학습	262	84	마련	226
5	목적	655	25	논문	399	45	관점	316	65	지능	262	85	지식	225
6	인공지능	614	26	디지털	379	46	구조	314	66	능력	262	86	대비	225
7	정보	595	27	가치	366	47	진행	311	67	개인	262	87	수준	224
8	미래	584	28	영역	361	48	상황	308	68	시장	261	88	다양	224
9	분야	535	29	제공	354	49	제안	304	69	시사점	261	89	전환	223
10	데이터	522	30	인식	354	50	정부	302	70	과제	260	90	성장	223
11	개발	517	31	기업	353	51	제도	297	71	지원	255	91	운영	222
12	혁신	499	32	국가	353	52	인터넷	295	72	구성	255	92	평가	221
13	정책	499	33	시스템	348	53	서비스	295	73	문화	250	93	생산	219
14	인간	494	34	개념	347	54	측면	294	74	사물	248	94	전문	218
15	과정	487	35	의미	346	55	개선	293	75	자원	247	95	구체	218
16	논이	478	36	세계	344	56	검토	291	76	스마트	242	96	기초	217
17	대응	477	37	방식	340	57	해결	288	77	자료	241	97	추진	215
18	핵심	470	38	다음	334	58	주요	286	78	탐색	234	98	적극	214
19	환경	463	39	내용	331	59	연결	283	79	지속	234	99	국내	213
20	중요	459	40	관계	328	60	도입	282	80	확대	233	100	효율	212

관성 결과에 따라 해당 하이퍼파라미터를 적용하여 LDA 모형의 토픽모델링을 수행하였으며, 그 결과는 <표 5>와 같다.

토픽모델링 결과 8개의 토픽이 주제별로 적절하게 분류된 것을 확인할 수 있었다. 토픽 명을 설정하기 위하여 LDA 결과에서 토픽별 상위 10개의 키워드와 토픽으로 분류된 문서들의 주제, 키워드, 초록 등의 내용을 종합적으로 검토, 분석하였다.

Topic 2의 토픽 명은 교수, 학습, 대학, 미래, 과정 등의 키워드를 바탕으로 '교육과정의 변화'로 명명하였다. 4차 산업혁명은 지식 총량의 폭발적 증가, 지식 수명의 급격한 단축, 지식 융합의 가속화, IT기반 스마트 학습의 확산, 인공지능의 활용 확대 등 지식 지형의 원천을 변화시키면서 대학의 성격을 근본적으로 바꾸어 놓고 있다(백승수, 2019)는 점에서 Topic 2의 토픽 명은 적절하다.

Topic 3의 토픽 명은 변화, 스마트, 대응, 관리, 서비스 등의 키워드를 바탕으로 '기업의 스마트시스템'으로 명명하였다. 스마트 팩토리는 인더스트리 4.0 패러다임에서 비롯된 개념으로 제조업의 경쟁력을 강화하고 성장을 위한 전략으로 도입된 개념이다(문승혁, 2018). 스마트 팩토리의 등장으로 기업의 대량생산이나 효율성을 넘어 개인화된 제품을 위한 새로운 플랫폼으로의 전환이 시작되었다는 점에서 Topic 3의 토픽 명은 적절하다.

Topic 6의 토픽 명은 정책, 혁신, 기업, 경제, 지역 등의 키워드를 바탕으로 '정부와 기업의 정책과 대응'으로 명명하였다. 제4차 산업혁명 시대의 지방정부 대응전략 수립을 위한 방안으로서 정책 우선순위를 분석한 연구(김건위, 현승현, 2018)가 있으며, 4차 산업혁명 시대에 기업의 경쟁력을 강화하고 새로운 환경에 대응하기 위해서는 국가의 정책과 관리가 요구된다는

<표 5> 전반기(2016년~2019년) LDA 토픽모델링 결과

토픽명	키워드	키워드										빈도	비율 (%)
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th		
Topic-2	교육과정의 변화	교육	학습	대학	미래	과정	융합	프로그림	변화	능력	창의	225	19.5
Topic-3	기업과 스마트시스템	변화	스마트	대응	관리	서비스	드론	시스템	기업	디지털	혁신	169	14.6
Topic-6	정부와 기업의 정책과 대응	정책	혁신	기업	경제	지역	대응	사회	중심	서비스	분야	146	12.6
Topic-7	인간과 인공지능	인간	인공지능	과학	윤리	사회	로봇	기계	존재	포스트	인문학	146	12.6
Topic-5	사회변화와 미래	사회	교육	변화	미래	노동	디지털	관계	인간	공동체	시민	126	10.9
Topic-8	문화예술과 콘텐츠	디자인	문화	예술	데이터	융합	인공지능	변화	콘텐츠	분야	인터넷	124	10.7
Topic-4	정보 보호 및 규제	정보	데이터	규제	보호	개인	인공지능	사회	지능	금융	인터넷	119	10.3
Topic-1	기술과 경제	경제	자율	스마트	주행	도시	공유	자동차	노동	블록체인	제도	102	8.8
total												1,157	100.0

점에서 Topic 6의 토픽 명은 적정하다.

Topic 7의 토픽 명은 인간, 인공지능, 과학, 윤리, 사회 등의 키워드를 바탕으로 '인간과 인공지능'으로 명명하였다. 4차 산업혁명의 첨단기술인 인공지능, 로봇, 생명과학기술 등 테크놀로지의 발달은 인간 중심의 세계에서 다양한 비인간이 중심이 되는 세계로 향해가고 있으며, 포스트휴머니즘은 이에 대한 철학적 대응이라고 볼 수 있다(박유신, 조미라, 2017)는 점에서 Topic 7의 토픽 명은 적정하다.

Topic 5의 토픽 명은 사회, 교육, 변화, 미래, 노동 등의 키워드를 바탕으로 '사회변화와 미래'로 명명하였다. 4차 산업혁명으로 산업구조 및 환경의 변화로 일자리 불안정 심화와 경제적 불평등 확대라는 문제점이 등장하였다. 이 문제는 사회변화에 따른 노동환경의 변화 등 인간의 삶의 토대를 위협하는 문제로 연결된다는 점에서 Topic 5의 토픽 명은 적정하다.

Topic 8의 토픽 명은 디자인, 문화, 예술, 데이터, 융합 등의 키워드를 바탕으로 '문화예술과 콘텐츠'로 명명하였다. 4차 산업혁명 시대는 고정적인 공간이 아닌 변화하는 공간에서 창조적인 공간을 구축하여 다양한 분야와 융합을 통해 새로운 가치와 형태를 창출하는 것이 중요하게 되었다(황운정, 2017). 디자인은 산업, 사회, 인간과의 연계를 포함하며 그 개념이 확장되고 있으며 기술의 발전은 개인이 유튜브, 인스타그램 등 다양한 SNS 매체의 등장으로 인터넷의 매체를 통해 자유롭게 콘텐츠를 배포할 수 있게 하였다는 점에서 Topic 8의 토픽 명은 적정하다.

Topic 4의 토픽 명은 정보, 데이터, 규제, 보호, 개인 등의 키워드를 바탕으로 '정보 보호 및

규제'로 명명하였다. 지능정보사회에서 예측할 수 없는 기술 수준과 발전 속도로 인하여 필요한 정보나 데이터를 활용하는 기술 개발자와 소비자 등 사회 구성원 모두 보호하기 위한 규제가 필요하다(김재호, 김권일, 2017)는 점에서 Topic 4의 토픽 명은 적정하다.

Topic 1의 토픽 명은 경제, 자율, 스마트, 주행, 도시 등의 키워드를 바탕으로 '기술과 경제'로 명명하였다. 4차 산업혁명은 다양한 산업 분야에 변화를 가져왔다. 특히 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷 등의 요소기술을 활용한 자율주행은 단순한 차량 제조업에 영향을 미치는 것뿐만 아니라 전자, 통신, IT 등 다양한 산업에 영향을 미칠 수 있다(박성근, 2018)는 점에서 Topic 1의 토픽 명은 적정하다.

연구 전반기에 등장한 8개 주제들의 빈도를 보면, 교육과정의 변화(225건, 19.5%)가 가장 많았으며, 다음은 기업과 스마트시스템(169건, 14.6%), 정부와 기업의 정책과 대응(146건, 12.6%), 인간과 인공지능(146건, 12.6%), 사회변화와 미래(126건, 10.9%), 문화예술과 콘텐츠(124건, 10.7%), 정보 보호 및 규제(119건, 10.3%), 기술과 경제(102건, 8.8%)의 순이었다. 이러한 결과는 4차 산업혁명 기반의 지능정보기술이 확산되면서 산업구조의 변화, 고용구조의 변화, 삶의 모습 및 환경의 변화에 대응하기 위한 전략이 필요함에 따라 이와 관련된 연구들이 활발히 이루어졌음을 알 수 있었다. 특히 지능정보기술의 핵심기술인 인공지능에 대한 관심 증대와 함께 다양한 분야에 활용됨에 따라 인공지능이 인간을 대체하면서 발생하는 문제점들이 부각되기 시작하였다. 그리고 이의 해결방안으로 인간 고유의 영역인 창의력을 제고하고 개인의

역량을 키우는 학습 과정의 개발에 대한 필요성이 증대하면서 교육과정에 관한 주제들이 논의되고 있었다. 제조 부분에서는 기계가 사람의 일을 대체하는 자동화 및 스마트 팩토리에 대한 관심이 높아짐에 따라 소비자 맞춤형 제품 및 서비스 제공을 위한 플랫폼 기반의 통합서비스에 대한 경쟁력을 높이는데 관심이 높았다. 또한 업무가 자동화로 대체되고 신산업 분야의 일자리 창출로 인한 일자리의 양적 증가와 함께 고부가가치 산업, 창의 직무 중심에 따른 일자리의 질적 성장으로 고용구조의 변화가 발생하였으며, 이러한 기술력의 발달과 적용으로 산업의 발달, 기업의 성장을 촉진하기 위한 제도적 인 규제와 정책의 필요성이 증가하면서 관련 연구들이 등장하였음을 알 수 있었다.

4.4.2 후반기(2020년~2023년)

2020년부터 2023년까지 후반기의 958건의

문헌에 대해 모델의 하이퍼 파라미터를 토픽 수 1개~10개, alpha, beta 범위를 각각 0.01에서 0.02까지의 범위에서 토픽 일관성 값을 산출하였다. 토픽 일관성 지표를 산출한 결과 α 가 0.01, β 가 0.02일 때 토픽 수가 8개로 $Coherenc(c_v)$ 값이 0.610으로 1에 가까운 가장 높은 값이 나타났다. 일관성 결과에 따라 해당 하이퍼 파라미터를 적용하여 LDA 모형의 토픽모델링을 수행하였으며 그 결과는 <표 6>과 같다.

토픽모델링 결과 8개의 토픽들이 주제별로 분류되었으며 토픽 명을 설정하기 위하여 LDA 결과에서 토픽 별 상위 10개의 키워드와 토픽으로 분류된 문서들을 검토하여 다음과 같이 분석하였다.

Topic 2의 토픽 명은 기업, 스마트, 디지털, 분야, 혁신 등의 키워드를 바탕으로 '기업과 스마트 및 디지털'로 명명하였다. 기업들은 일명 스마트 팩토리로 공장의 자동화와 지능화를 추

<표 6> 후반기(2020년~2023년) LDA 토픽모델링 결과

토픽명		키워드										빈도	비율 (%)
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th		
Topic-2	기업과 스마트 및 디지털	기업	스마트	디지털	분야	혁신	개발	서비스	물류	가치	변화	165	17.2
Topic-5	교육과정의 변화	교육	대학	학습	과정	교사	사회	인식	변화	학교	요구	153	16.0
Topic-4	인간과 인공지능	인간	사회	인공지능	코로나	변화	관점	논의	포스트	윤리	철학	125	13.0
Topic-3	기업의 서비스 혁신	혁신	스마트	기업	서비스	도입	인식	성과	기대	조직	수용	115	12.0
Topic-6	문화예술과 콘텐츠	교육	예술	문화	콘텐츠	인공지능	융합	메타	버스	변화	학습	107	11.2
Topic-1	노동과 일자리 문제	노동	사회	정책	규제	변화	제도	경제	플랫폼	일자리	국가	105	11.0
Topic-8	정보 보호와 시스템	정보	데이터	인공지능	보호	개인	블록체인	로봇	시스템	서비스	전자	100	10.4
Topic-7	디지털 정책 변화	디지털	정책	변화	인공지능	데이터	관리	자율	정부	과정	무역	88	9.2
total											958	100.0	

진하고 생산성을 향상시키고 있으며 도시 관리, 의료, 스마트 제품 등 다양한 분야에 접목하여 자동화 및 지능화에 기반한 획기적인 변화를 이끌어내고 있다(최두원, 2020). 다양한 분야에서 4차 산업혁명 기반 기술을 접목한 스마트 시티, 스마트 물류, 스마트 서비스, 스마트 유통, 스마트 모빌리티 등 다양한 스마트 시스템을 산업, 군사, 정책, 서비스 등에 적용하고 있다는 점에서 Topic 2의 토픽 명은 적정하다.

Topic 5의 토픽 명은 교육, 대학, 학습, 과정, 교사 등의 키워드를 바탕으로 '교육과정의 변화'로 명명하였다. 대학 교육과정은 4차 산업혁명의 확산으로 변화하는 사회를 살아갈 인재양성 기관으로 대학의 역량과 제도운영의 기반 구축, 교수 및 학습센터의 운영 역량 강화, 교수들의 학습자 참여기반 자기주도 학습 및 경험 기반 학습과정으로 전환하는 질적인 변화를 추진해야 한다(고경일, 2021). 이를 위해 대학은 기술기반 산업의 변화 흐름을 교육과정에 반영하고, 현장 투입을 위한 교수학습 과정의 변화 등 변화하는 산업에서 요구하는 인재를 양성 및 배출하는 교육시스템을 갖추기 위한 노력이 요구된다는 점에서 Topic 5의 토픽 명은 적정하다.

Topic 4의 토픽 명은 인간, 사회, 인공지능, 코로나, 변화 등의 키워드를 바탕으로 '인간과 인공지능'으로 명명하였다. 코로나 팬데믹 이후 인간 사회는 과학기술의 발달로 공간을 초월하여 다양한 사회를 경험할 수 있게 되었다. 그러나 과학기술을 경제적 도구로 무분별하게 사용한다면 인류복지 증진의 근원적인 목적과 한계를 넘어설 수 있으며 이를 위해서는 과학기술을 윤리성 범주 안에서 적용하여야 한다(전용덕, 2021)는 점

에서 Topic 4의 토픽 명은 적정하다.

Topic 3의 토픽 명은 혁신, 스마트, 기업, 서비스, 도입 등의 키워드를 바탕으로 '기업의 서비스 혁신'으로 명명하였다. 스마트 팩토리는 기업의 경쟁력 제고를 위하여 제품의 기획 및 설계에서부터, 제조 및 생산, 유통, 판매에 이르기까지 전체 프로세스를 정보통신기술로 정보화·지능화·디지털화하여 최적의 의사결정이 실행되는 공장이다(박찬권, 서영복, 2020). 기업의 경쟁력 강화를 위한 디지털전환 서비스에 대한 연구(이석준 외, 2022), 지능정보화 기술인 로봇, 인공지능, 드론 등을 활용한 기업의 고객 서비스에 대한 연구(김윤식, 2022; 한학진, 최연정, 2020) 등으로 비추어 볼 때에 Topic 3의 토픽 명은 적정하다.

Topic 6의 토픽 명은 교육, 예술, 문화, 콘텐츠, 인공지능 등의 키워드를 바탕으로 '문화예술과 콘텐츠'로 명명하였다. 인공지능의 발전은 인간 고유의 창의성 영역에 대한 도전이 계속되고 있다. 인간이 가진 감성과 영감에 기초한 문화예술 직업군에 'AI 작곡가', 'AI 화가' 등이 등장하면서 문화예술인을 양성하는 교육의 방향성과 교육프로그램 대한 관심이 증대하고 있다(한경훈, 2020). 이에 따라 4차 산업혁명 기반 기술과 문화예술을 융합한 문화예술교육 환경 조성 및 문화예술 콘텐츠 개발에 관련된 연구들이 있다(이혜원, 2022; 강영근, 2021)는 점에서 Topic 6의 토픽 명은 적정하다.

Topic 1의 토픽 명은 노동, 사회, 정책, 규제, 변화 등의 키워드를 바탕으로 '노동과 일자리 문제'로 명명하였다. 4차 산업혁명으로 인한 사회 전반적 변화에 따른 새로운 형태의 노동 출현 등 노동 구조의 변화에 능동적인 대응을 위

하여 법 규제방안 마련 및 정책적 지원이 필요하다(이봉림, 2022)는 점에서 Topic 1의 토픽 명은 적정하다.

Topic 8의 토픽 명은 정보, 데이터, 인공지능, 보호, 개인 등의 키워드를 바탕으로 '정보보호와 시스템'으로 명명하였다. 디지털 이미지를 거래하거나 암호화 화폐의 거래가 가능한 금융기관의 역할을 가능하게 하는 블록체인(장동현, 주종우, 2020), 현실의 물리적 자산의 상태정보를 정확히 반영하는 가상의 모델과 이러한 모델을 활용하는 시스템인 디지털 트윈(김용훈, 2020) 등 4차 산업기반 기술을 활용한 연구들이 있다. 데이터를 기반으로 하는 4차 산업혁명 기술의 활용을 위해서는 개인정보의 개념 정립, 관련 법과 제도에 대한 논의가 필요하다는 점에서 Topic 8의 토픽 명은 적정하다.

Topic 7의 토픽 명은 디지털, 정책, 변화, 인공지능, 데이터 등의 키워드를 바탕으로 '디지털 정책변화'로 명명하였다. 인공지능은 경제사회 전반에 다양한 분야에서 빅데이터의 분석 및 활용을 가능하게 하였으며 인공지능과 관련한 기술적용 분야에 대한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 또한 인공지능 활용과 적용에 대한 법과 제도적 정비 등 정책적인 방안 또한 필요하다. 김용진(2020)의 연구에서 4차 산업혁명은 디지털 변혁이라고 칭할 수 있으며 디지털 변혁에 대한 준비 및 역량 강화를 위해 정부의 정책 지원의 필요성을 제시하였다는 점에서 Topic 7의 토픽 명은 적정하다.

연구 후반기에 나타난 8개의 주제의 빈도를 보면, 기업과 스마트 및 디지털(165건, 17.2%)이 가장 많았으며, 전반기에 가장 높은 빈도를 보인 교육과정의 변화(153건, 16.0%)가 두 번째로 많

았다. 다음은 인간과 인공지능(125건, 13.0%), 기업의 서비스 혁신(115건, 12.0%), 문화예술과 콘텐츠(107건, 11.2%), 노동과 일자리 문제(105건, 11.0%), 정보 보호와 시스템(100건, 10.4%), 디지털 정책 변화(88건, 9.2%)의 순이었다. 후반기에는 '노동과 일자리 문제', '디지털 정책변화'라는 두 가지 주제가 새롭게 등장했다. 이는 전반기에서 전체적으로 다루어졌던 산업구조 및 사회환경의 변화에 따른 고용구조의 변화, 일자리 문제, 데이터, 규제, 정책 등의 키워드를 포함한 주제들이 다양한 분야에서 보다 구체적으로 다루어지고 있음을 알 수 있었다. 전반기에는 상위 키워드로 스마트가 등장하고 있는 반면에 후반기에는 각각의 토픽에서 스마트를 비롯하여 인공지능, 디지털이 상위에 나타나고 있다. 이러한 변화는 과학기술정보통신부(2021)가 발표한 '4차 산업혁명 지표'에서 디지털 전환을 위한 데이터, 네트워크, 인공지능의 인프라 구축, 유망산업과 교육, 정부, 의료, 제조 등 각각의 분야에서 디지털 성과가 확산되는 등 포스트 코로나 시대에 정보통신기술 중심의 디지털 전환의 중요성을 강조한 내용에서도 유추해 볼 수 있었다.

4.4.3 전체 기간(2016년~2023년)

2016년부터 2023년까지 전체 기간의 2,115건의 문헌에 대해 적합한 토픽 개수를 선정하기 위하여 토픽 수 1개~10개, alpha, beta 범위를 각각 0.01에서 0.02까지의 범위에서 토픽 일관성 값을 산출한 결과, α 가 0.01, β 가 0.02 일때 토픽 수가 7개에서 Coherenc(c_v) 값이 0.063으로 1에 가까운 가장 높은 값이 나타났다. 일관성 결과에 따라 해당 하이퍼 파라미터를 적

용하여 LDA 모형의 토픽모델링을 수행하였다. 4차 산업혁명과 관련된 논문의 키워드 및 초록을 대상으로 LDA 토픽모델링을 수행한 결과는 <표 7>과 같다.

토픽모델링 결과 7개의 토픽이 주제별로 적합하게 분류된 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 토픽모델링으로 추출된 4차 산업혁명 관련 전체 기간의 토픽 7개의 주제를 분석하기 위하여 노설현(2020)의 연구를 참고하였으며, LDA 결과에서 토픽별 상위 10개의 키워드와 토픽으로 분류된 문서들의 주제, 키워드, 초록 등의 내용을 종합적으로 검토하여 분석하여 각 토픽 명을 설정하였다.

Topic 2의 토픽 명은 인간, 인공지능, 사회, 변화 등의 키워드를 바탕으로 ‘인간과 인공지능’으로 명명하였다. 4차 산업혁명의 기술은 산업뿐만 아니라 인문, 사회, 경제, 문화 전반에 변화를 일으키고 있다. 또한 과학기술의 발달로 인간에게는 생산성 향상, 생활의 편리함 등

을 가져다주었으나 그에 따른 반작용으로 윤리적 문제, 존재의 본성, 지식의 이해, 사물의 본질 등에 대한 다양한 문제에 직면해 있다. 개별 ICT 영역에 따라 발생 될 수 있는 갈등, 개인정보보호 문제, 고도화된 ICT가 집약된 로봇 윤리 측면에서 인간과 비교하여 로봇이 존재론적으로 가지게 되는 형이상학적 문제에 이르기까지 새로운 기술의 도입으로 인한 다양한 형태의 사회적, 윤리적 영향에 대한 논의는 다양하다(오창규, 2019)는 점에서 Topic 2의 토픽 명은 적절하다.

Topic 6의 토픽 명은 정보, 데이터, 보호, 개인 등의 키워드를 바탕으로 ‘데이터와 개인정보 관리’로 명명하였다. 정보와 데이터에는 데이터 집합인 빅데이터와 데이터 서비스를 위해 수집·저장 및 이용되는 개인을 식별할 수 있는 모든 정보를 포함한다. 이러한 데이터의 활용은 국가와 기업의 핵심 경쟁력이 되고 있다. 제공되는 정보는 다양한 분야에서 분석되고 사용되

<표 7> 전체 기간(2016년~2023년) LDA 토픽모델링 결과

토픽 명	키워드										빈도	비율 (%)	
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th			
Topic-2	인간과 인공지능	인간	인공지능	사회	변화	윤리	과학	논의	로봇	포스트	세계	361	17.1
Topic-6	데이터와 개인정보 관리	정보	데이터	스마트	보호	개인	관리	규제	제도	경제	서비스	344	16.3
Topic-5	교육과정의 변화	교육	학습	과정	대학	융합	교사	창의	능력	수업	사회	329	15.6
Topic-1	기업의 변화와 혁신	기업	드론	혁신	데이터	분야	블록체인	변화	개발	시장	시스템	295	13.9
Topic-4	교육의 변화와 일자리	교육	변화	사회	미래	대학	노동	인식	정책	일자리	혁신	289	13.6
Topic-3	문화예술과 콘텐츠	문화	예술	디자인	콘텐츠	변화	서비스	디지털	지역	공간	혁신	267	12.6
Topic-7	정부와 기업의 정책과 대응	정책	기업	정부	혁신	대응	지원	국가	디지털	규제	변화	230	10.9
total											2,115	100.0	

며 이에 따라 정보 수집의 방식, 정보의 범위 등에 대한 정보 주체의 동의 등 개인정보보호의 문제와 연결된다(오세원, 선중수, 2021). 기업은 각종 인허가를 위한 개인정보를 수집 활용하기 위한 법령상 근거가 마련될 필요가 있다. 법령상 근거가 마련되어 있지 않다면 기업들은 4차 산업혁명 기술을 가지고도 적용할 수 없을 수 있다. 정부는 2018년 '데이터 규제 혁신' 정책을 발표하고 데이터 이용 활성화를 위한 관련 법 정비, 개인정보보호 거버넌스 효율적 체계 정비, 데이터 활용에 따른 개인정보처리자 책임 강화 등의 정책을 발표하였다는 점에서 Topic 6의 토픽 명은 적절하다.

Topic 5의 토픽 명은 교육, 학습, 과정 등의 키워드를 바탕으로 '교육과정의 변화'로 명명하였다. 김상우, 이명숙(2020)은 4차 산업혁명의 환경 변화는 스마트 교육, 학습자 중심 교육 등 교육 내용과 방법에 변화를 가져올 것이며 고등 교육기관에 빅데이터 분석을 통한 학습분석 및 측정 등 다양한 교육 기술을 도입할 수 있는 형태로 나타날 수 있다고 제시하였다. 다가온 4차 산업혁명 시대 변화에 요구되는 인재상을 길러내기 위하여 한국교육체제의 문제점들을 개선하여 창의성, 자기주도를 반영한 교육시스템, 교육과정 등을 개선할 필요성을 언급한 연구(장덕호, 2017)들로 미루어서 Topic 5의 토픽 명은 적절하다.

Topic 1의 토픽 명은 기업, 혁신, 데이터, 변화 등의 키워드를 바탕으로 '기업의 변화와 혁신'으로 명명하였다. 4차 산업혁명의 기반 기술인 ICT 기술의 발달과 제조환경의 변화는 산업 경쟁력의 변화를 가져오고 있다. 기업이 환경 변화에 대응하기 위하여 기술 개발을 위한 투자,

경쟁력 강화를 위한 대응방안 모색 등 미래 성장을 위한 방향으로 변화가 필요하다(최창열, 민윤지, 2020)고 제시하였다는 점에서 Topic 1의 토픽 명은 적절하다.

Topic 4의 토픽 명은 교육, 변화, 대학, 노동, 일자리 등의 키워드를 바탕으로 '교육의 변화와 일자리'로 명명하였다. 4차 산업혁명은 산업 구조 변화에 따른 노동환경의 변화로 일자리 및 인재양성이 화두가 되고 있다. 교육 분야에서는 4차 산업혁명 이슈를 확인하고 그로 인해 찾아올 교육의 변화와 구체적인 대응 방안에 대하여 점검하고 있다. 교육부는 '지능정보화사회에 대응한 중장기 교육정책의 방향과 전략'을 발표하고 인재양성과 대학교육의 혁신을 통한 대응 방안을 추진하고 있으며, 과학기술정보통신부는 'SW 중심대학 지원사업', 고용노동부는 '4차 산업혁명 선도인력 양성사업'을 추진하고 있다. 개별 대학들은 정부의 재정지원 사업에 맞추어 융합전공을 신설하는 등의 교과목 재설정, 교수 방법의 다양화, 교육 환경의 IT 인프라를 추진하고 있다(강이화, 2019). 또한 대학, 정부, 사회와 기술환경 변화, 일자리 변화, 경제성장으로 연결하여 이해할 필요성을 언급한 연구들이 있다(고경일, 2021; 백승수, 2019)는 점에서 Topic 4의 토픽 명은 적절하다.

Topic 3의 토픽 명은 문화, 예술, 디자인, 콘텐츠, 서비스 등의 키워드를 바탕으로 '문화예술과 콘텐츠'로 명명하였다. 4차 산업혁명의 기반 기술인 사물인터넷(IOT)은 사람과 사람, 사람과 사물까지 연결해 주는 '초연결'을 실현해주었다. 인터넷은 공간과 시간의 제약을 넘어 연결될 수 있는 환경을 가져왔다. 더욱이 코로나 팬데믹으로 사람들은 문화예술이 제공하는 다양한 서

비스를 인터넷이 연결하는 미디어를 통하여 이용하였다. 4차 산업혁명은 새로운 뉴미디어를 통해 다양한 콘텐츠를 경험할 수 있게 하였다는 점에서 Topic 3의 토픽 명은 적절하다.

Topic 7의 토픽 명은 정책, 기업, 정부, 혁신, 대응 등의 키워드를 바탕으로 '정부와 기업의 정책과 대응'으로 명명하였다. 4차 산업혁명의 지능정보기술 중심으로의 혁신적인 변화로 인하여 기업의 전략적 대응이 필요해졌다. 이에 따라 기업의 전략 수립과 환경 변화에 대응하기 위한 정부 정책을 수립하여 지원할 필요가 있다(송성수, 2017; 김건위, 현승현, 2018). 과학기술정보통신부는 2022년 국가데이터정책위원회를 출범하고 디지털 경제의 활성화를 위하여 인공지능, 마이데이터 서비스, 메타버스 등 신산업 분야의 데이터 신산업 규제혁신 개선방안을 발표하였다. 또한 정부는 경제정책방향, 新성장 4.0전략 등 기업에 대한 정책 개선방안을 수립하여 추진하고 있다는 점에서 Topic 7의 토픽 명은 적절하다.

연구 전체 기간에서 등장한 7개 주제 중에는 인간과 인공지능(361건, 17.1%)이 가장 높게 나타났다. 다음은 데이터와 개인정보 관리(334건, 16.3%), 교육과정의 변화(329건, 15.6%), 기업의 변화와 혁신(295건, 13.9%), 교육의 변화와 일자리(289건, 13.6%), 문화예술과 콘텐츠(267건, 12.6%), 정부와 기업의 정책과 대응(230건, 10.9%)의 순이었다. 4차 산업혁명과 관련하여 전반기와 후반기에 나타난 공통 주제는 '교육과정의 변화', '인간과 인공지능', '문화예술과 콘텐츠'였으며, 공통 키워드로는 기업, 정보, 보호, 스마트, 시스템 등이 있었다. 전반기에는 교육 분야의 주제가 상위에 나타났으나 후반기에는 기업과 스마트, 디지털, 서비스 혁신과 관련한 주제

들이 상위에 나타났다. 전체 구간에서는 교육의 변화와 일자리가 함께 등장하였으나 전반기에는 사회변화의 미래의 주제로 등장하였으며, 후반기에는 산업환경의 변화에 따른 일자리의 변화에 따른 노동환경의 변화와 이에 따른 대응 방안에 관련한 주제로 등장하였다. 연구범위 전체 기간에 나타난 주제가 전반기와 후반기로 구분되면서 구간별로 주제들이 구체화되거나 세분화되는 등 연구 흐름에 변화가 있었다.

5. 결론 및 제언

본 연구는 4차 산업혁명 분야의 국내 연구 동향을 분석하기 위하여 핵심어 분석 및 LDA 알고리즘에 기반한 토픽모델링 분석을 실시하여 다양한 분야에서 이루어진 4차 산업혁명 관련 연구주제를 확인하고, 이를 기반으로 4차 산업혁명 분야의 연구 동향을 분석하여 향후 연구 방향을 제안하였다. 이를 위하여 2016년 1월부터 2023년 8월까지 한국연구재단 등재 학술지에 수록된 2,115건의 논문을 대상으로 4차 산업혁명과 관련된 논문의 제목, 저자 키워드, 초록을 바탕으로 토픽모델링 분석을 실시한 결과는 다음과 같다.

첫째, 4차 산업혁명 분야의 국내 연구논문의 연도별 논문 편수는 2017년에 급속하게 증가하여 2018년과 2019년에 최고조에 이르렀으나 그 이후로는 점차 감소하는 추세에 있다.

둘째, 분석 대상 학술지의 학문 분야별 게재 논문 편수는 사회과학 분야가 가장 많았으며, 다음은 인문학 분야, 복합학 분야, 예술체육학 분야, 공학 분야의 순이었다. 또한 상위 20위 학

술지의 학문 분야는 복합학 9개, 사회과학 8개, 인문학 3개의 순이었다.

셋째, 토픽모델링 분석 결과, 전반기(2016년~2019년)에는 ‘교육과정의 변화’, ‘기업과 스마트 시스템’, ‘인간과 인공지능’, ‘사회변화와 미래’, ‘문화예술과 콘텐츠’, ‘정보 보호 및 규제’, ‘기술과 경제’ 순으로 8개의 주제가 도출되었다. 후반기(2020년~2023년)에는 ‘기업과 스마트 및 디지털’, ‘교육과정의 변화’, ‘인간과 인공지능’, ‘기업의 서비스 혁신’, ‘문화예술과 콘텐츠’, ‘노동과 일자리 문제’, ‘정보 보호와 시스템’, ‘디지털 정책변화’ 순으로 8개의 주제가 도출되었다. 전체 기간에서 ‘인간과 인공지능’, ‘정보 보호 및 규제’, ‘교육과정의 변화’, ‘기업의 변화와 혁신’, ‘교육의 변화와 일자리’, ‘문화예술과 콘텐츠’, ‘정부와 기업의 정책과 대응’ 등 7개의 주제가 선정되었다.

넷째, 4차 산업혁명과 관련한 공통 주제는 ‘교육과정의 변화’, ‘인간과 인공지능’, ‘문화예술과 콘텐츠’였으며, 공통 키워드는 기업, 정보, 보호, 스마트, 시스템 등이었다. 전반기에는 교육 분야의 주제가 상위에 등장했으나 후반기에는 기업과 스마트, 디지털, 서비스 혁신과 관련한 주제들이 상위에 나타났다. 전반기에는 사회변화의 미래, 교육의 변화와 노동 등에 관련 키워드들이 복합적으로 등장하였으며, 후반기에

는 일자리의 변화에 따른 노동환경의 변화와 이에 따른 대응 방안에 관련한 주제가 등장하였다. 연구범위 전체 기간에 나타난 주제가 전반기와 후반기로 구분되면서 구간별로 주제들이 구체화되거나 세분화되는 등 연구 흐름에 변화가 있었다. 이러한 연구 동향은 코로나 팬데믹으로 인하여 4차 산업혁명 분야의 핵심기술이 다양한 산업 분야에 적용 및 활용됨에 따라 발생하는 사회경제적 환경의 변화에 따른 것으로 해석된다. 향후 4차 산업혁명에 관한 연구는 디지털 전환으로 발생하는 문제들에 대한 해결방안, 법적·제도적 가이드라인 수립, 정책지원 등 미래 대응에 관한 연구들이 필요하다.

본 연구는 토픽모델링 분석을 활용하여 다양한 분야에서 이루어진 4차 산업혁명 관련 연구 동향을 폭넓게 분석하였다는 점에서 그 의의가 있다. 그러나 본 연구에서는 분석 대상을 KCI 등재 학술지 논문으로 한정하여 국외 연구에 대한 동향은 파악하지 못했다는 한계가 있다. 후속 연구를 통하여 국내 학술 논문만 아니라 해외의 학술 논문으로까지 연구대상을 확대한다면 보다 정밀한 동향 분석이 가능할 것이다. 또한 4차 산업혁명 기반 기술들이 개별 학문 분야에서 어떻게 다루어지고 있는지를 보다 구체적으로 분석하여 연구 동향을 제시한다면 보다 풍부한 연구가 될 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- 강범일, 송민, 조화순 (2013). 토픽 모델링을 이용한 신문 자료의 오피니언 마이닝에 대한 연구. 한국 문헌정보학회지, 47(4), 315-334. <https://doi.org/10.4275/KSLIS.2013.47.4.315>

- 강영근 (2021). 인공지능을 활용한 음악 편곡 교육 콘텐츠 개발 연구. *문화와 융합*, 43(2), 275-296.
<https://doi.org/10.33645/cnc.2021.02.43.2.275>
- 강이화 (2019). 4차 산업혁명과 대학교육의 미래: 국내·외 혁신 사례를 중심으로. *교육혁신연구*, 29(1), 279-297. <https://doi.org/10.21024/pnuedi.29.1.201903.279>
- 고경일 (2021). 4차 산업혁명 시대 맞춤형 인력양성을 위한 대학교육 혁신 사례 및 시사점. *경영컨설팅연구*, 21(4), 461-470.
- 과학기술정보통신부 (2021). 코로나 이후 시대, 4차 산업혁명으로 촉발된 디지털 전환은 어떻게 진행되고 있나? 출처: https://blog.naver.com/with_msip/222528810029
- 김건위, 현승현 (2018). 지방정부의 제4차 산업혁명 대응전략에 대한 정책 우선순위 분석. *韓國地方自治學會報*, 30(4), 57-84. <http://dx.doi.org/10.21026/jlgs.2018.30.4.57>
- 김상우, 이명숙 (2020). 4차산업혁명 시대를 대비한 대학의 교수학습 정보화 현황 파악 및 지표 개발. *디지털융복합연구*, 18(4), 67-74. <https://doi.org/10.14400/JDC.2020.18.4.067>
- 김용진 (2020). 디지털변혁이론과 중소기업의 디지털변혁을 위한 정부의 역할. *중소기업정책연구*, 5(3), 111-145. <https://doi.org/10.23099/jsmep.2020.5.3.111>
- 김용훈 (2020). 4차 산업혁명 시대의 디지털트윈을 활용한 개인정보보호. *디지털융복합연구*, 18(6), 279-285. <https://doi.org/10.14400/JDC.2020.18.6.279>
- 김윤식 (2022). 서비스 로봇의 고객지향성이 지각된 신뢰와 환대경험 기대에 미치는 영향: 인간직원 협업의 다중집단분석. *관광연구저널*, 36(3), 157-173.
<https://doi.org/10.21298/IJTHR.2022.3.36.3.157>
- 김재호, 김권일 (2017). 지능정보사회에서의 규제. *土地公法研究*, 79, 737-760.
- 김진하 (2016). 제4차 산업혁명 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색. *KISTPEP+InI*, (15), 45-58.
- 노설현 (2020). 토픽모델링을 활용한 4차 산업혁명의 이슈 분석. *디지털콘텐츠학회논문지*, 21(3), 551-560. <https://doi.org/10.9728/dcs.2020.21.3.551>
- 문길성 (2021). 단문의 주제 분석을 위한 LDA와 BTM 토픽모형 평가. *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 23(3), 1313-1326. <https://doi.org/10.37727/jkdas.2021.23.3.1313>
- 문승혁 (2018). ICT 융합 스마트공장의 분석 및 추진전략. *문화기술의 융합*, 4(3), 235-240.
<https://doi.org/10.17703/JCCT.2018.4.3.235>
- 미래창조과학부 (2016). 제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책. 대한민국 정책브리핑. 출처: <https://korea.kr/archive/expDocView.do?docId=37384>
- 박성근 (2018). 자율주행 기술의 현황과 미래 동향 고찰: 산업계 동향을 중심으로 기술 융합 관점의 접근. *한국융합학회논문지*, 9(1), 253-259. <https://doi.org/10.15207/JKCS.2018.9.1.253>
- 박유신, 조미라 (2017). 미래사회를 위한 포스트휴먼 교육. *美術教育論叢*, 31(2), 179-216.

- 박자현, 송민 (2013). 토픽모델링을 활용한 국내 문헌정보학 연구동향 분석. 정보관리학회지, 30(1), 7-32. <https://doi.org/10.3743/KOSIM.2013.30.1.007>
- 박찬권, 서영복 (2020). 스마트 팩토리 관련 기술과 혁신저항 및 기술 수용의도 간의 관계에 대한 연구. 경영교육연구, 35(4), 167-197. <https://doi.org/10.23839/kabe.2020.35.4.167>
- 백승수 (2019). 제4차 대학 혁명과 교양교육의 미래. 교양교육연구, 13(3), 11-29.
- 송성수 (2017). 산업혁명의 역사적 전개와 4차 산업혁명론의 위상. 과학기술학연구, 17(2), 5-40. <https://doi.org/10.22989/jsts.2017.17.2.001>
- 안주영, 안규빈, 송민 (2016). 텍스트 마이닝을 이용한 매체별 에블라 주제 분석: 바이오 분야 연구논문과 뉴스 텍스트 데이터를 이용하여. 한국문헌정보학회지, 50(2), 289-307. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2016.50.2.289>
- 오세원, 선중수 (2021). 스마트도시에서 정보 수집·보관 및 이용에 관한 법적 고찰. 공공정책연구, 38(1), 255-282. <http://dx.doi.org/10.33471/ILA.38.1.11>
- 오창규 (2019). 제4차 산업혁명 시대 ICT 고도화에 따른 윤리적 이슈의 변화. 윤리경영연구, 19(1), 117-137. <https://doi.org/10.34273/kjbe.2019.19.1.006>
- 윤효준, 박재현, 윤지운 (2019). 비정형 텍스트 자료에서 잠재정보 추출을 위한 토픽모델링 소개: 치매관련 신체활동 뉴스 기사의 이슈 분석. 체육과학연구, 30(3), 501-512. <http://dx.doi.org/10.24985/kjss.2019.30.3.501>
- 이봉림 (2022). 4차 산업혁명시대 노동환경의 변화에 따른 법정정책 연구. 법학연구, 22(3), 169-184. <http://dx.doi.org/10.57057/LawReview.2022.09.22.3.169>
- 이석준, 최영진, 나중희, 고희석 (2022). 디지털전환 서비스에 관한 탐색적 연구. 정보기술아키텍처연구, 19(2), 73-91. <https://doi.org/10.22865/jita.2022.19.2.73>
- 이재은, 오세경 (2020). 텍스트 마이닝을 활용한 4차 산업혁명 기반 교육 연구동향 분석. 인문사회 21, 11(6), 255-267.
- 이혜원 (2022). 4차 산업혁명 기술과 융합콘텐츠. 만화애니메이션연구, 67, 295-315. <http://dx.doi.org/10.7230/KOSCAS.2022.67.295>
- 장덕호 (2017). 지능정보사회에서 학교교육체제 혁신 방향과 과제 탐색을 위한 시론적 연구. 디지털 융복합연구, 15(12), 127-136. <https://doi.org/10.14400/JDC.2017.15.12.127>
- 장동현, 주종우 (2020). 블록체인과 디지털 이미지 예술시장의 변화. 디지털콘텐츠학회논문지, 21(1), 205-212. <http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2020.21.1.205>
- 전용덕 (2021). 포스트 코로나 시대 문화기술 개념과 목적의 윤리성 고찰. 국제문화연구, 14(1), 1-20. <https://doi.org/10.34223/jic.2021.14.1.1>
- 정영주, 김혜진 (2020). 토픽모델링을 활용한 학교도서관 연구동향 분석. 한국도서관·정보학회지, 51(3), 103-121. <http://dx.doi.org/10.16981/kliss.51.3.202009.103>

- 최두원 (2020). 스마트 물류 구현을 위한 핵심기술과 적용동향에 관한 연구. *국제상학*, 35(4), 135-157.
<http://dx.doi.org/10.18104/kaic.2020.35.4.135>
- 최성철, 박한우 (2020). 토픽모델링 연구동향 분석: 공학과 사회과학 분야 KCI 등재지를 중심으로. *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 22(2), 815-826.
- 최진호, 이해수, 진은형 (2019). 4차산업혁명에 관한 뉴스 빅데이터 활용 토픽 분석: 언론사 유형 및 주요시기에 따른 비교를 중심으로. *사이버 커뮤니케이션 학보*, 36(2), 173-219.
<http://dx.doi.org/10.36494/JCAS.2019.06.36.2.173>
- 최창열, 민윤지 (2020). 4차 산업혁명에 따른 지능형 정보기술 산업의 경제적 효과 분석. *기업과 혁신 연구*, 43(3), 123-137. <https://doi.org/10.22778/jci.2020.43.3.123>
- 한경훈 (2020). 4차 산업혁명 기술기반을 활용한 한국의 문화예술교육 방향성. *한국동북아논총*, 25(1), 119-140. <http://dx.doi.org/10.21807/JNAS.2020.03.94.119>
- 한국정보화진흥원 (2017). 4차 산업혁명과지능정보사회의 정책과제 100선.
 출처: https://www.nia.or.kr/site/nia_kor/ex/bbs/View.do?cbIdx=66361&bcIdx=18408
- 한학진, 최현정 (2020). 인공지능(AI)과 로봇서비스 도입에 따른 여행항공업 직원의 인식에 관한 탐색적 연구. *호텔관광연구*, 22(1), 13-28. <http://doi.org/10.31667/jhts.2020.2.82.13>
- 황서이, 김문기 (2019). 국내 인공지능분야 연구동향 분석: 토픽모델링과 의미연결망분석을 중심으로. *디지털콘텐츠학회논문지*, 20(9), 1847-1855. <http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2019.20.9.1847>
- 황서이, 황동열 (2018). 토픽모델링과 의미연결망 분석을 통한 예술경영 연구동향 분석. *예술경영연구*, 47, 5-29. <http://doi.org/10.52564/JAMP.2018.47.5>
- 황윤정 (2017). 4차 산업 혁명에 따른 디자인의 예술적 역할에 관한 연구. *한국과학예술융합학회*, 31, 445-455. <http://doi.org/10.17548/ksaf.2017.12.30.445>
- Blei, D. M. (2012). Probabilistic topic models. *Communications of the ACM*, 55(4), 77-84.
<https://doi.org/10.1145/2133806.2133826>
- Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3(4-5), 993-1022.
- Calheiros, A. C., Moro, S., & Rita, P. (2017). Sentiment classification of consumer-generated online reviews using topic modeling. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 26(13), 675-693. <https://doi.org/10.1080/19368623.2017.1310075>
- Maier, D., Waldherr, A., Miltner, P., Wiedemann, G., Niekler, A., Keinert, A., Pfetsch, B., Heyer, G., Reber, U., Haussler, T., Schmid-Petri, H., & Adam, S. (2018). Applying LDA topic modeling in communication research: toward a valid and reliable methodology. *Communication Methods and Measures*, 12(2-3), 93-118.
<https://doi.org/10.1080/19312458.2018.1430754>

- Röder, M., Both, A., & Hinneburg, A. (2015). Exploring the space of topic coherence measures. In Proceedings of the eighth ACM international conference on Web search and data mining, 399-408. <https://doi.org/10.1145/2684822.2685324>
- World Economic Forum (2016). The Future of Jobs. Available: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

• 국문 참고자료의 영어 표기

(English translation / romanization of references originally written in Korean)

- Ahn, Juyoung, Ahn, Kyubin, & Song, Min (2016). Text mining driven content analysis of ebola on news media and scientific publications. *Journal of the Korean Society for Library and Information Science*, 50(2), 289-307. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2016.50.2.289>
- Baek, Seung-Su (2019). The fourth university revolution and the future of general education. *Korean Journal of General Education*, 13(3), 11-29.
- Choi, Chang-Youl & Min, Yun-Ji (2020). A analysis of the economic effect of the intelligent information technology industry according to the 4th industrial revolution. *Journal of Corporation and Innovation*, 43(3), 123-137. <https://doi.org/10.22778/jci.2020.43.3.123>
- Choi, Doo-Won (2020). A study on core technologies and application trends for smart logistics implementation. *KOREA INTERNATIONAL COMMERCIAL REVIEW*, 35(4), 135-157. <http://dx.doi.org/10.18104/kaic.2020.35.4.135>
- Choi, Jin-Ho, Lee, Hae-Soo, & Jin, Eun-Hyeong (2019). A topic modeling analysis of the news topic on the 4th industrial revolution in Korea: Focusing on the Difference by Media Type and Each Major Period. *Journal of Cybercommunication Academic Society*, 36(2), 173-219. <http://dx.doi.org/10.36494/JCAS.2019.06.36.2.173>
- Choi, Sung-Cheol & Park, Han-Woo (2020). A study on the trend of topic modeling in South Korea using KCI journal publications. *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 22(2), 815-826.
- Go, Kyung-Il (2021). University education innovation cases and implications for nurturing human resource suitable for the needs of the 4th industrial revolution. *Korean Management Consulting Review*, 21(4), 461-470.
- Han, Hag-Chin & Choi, Hyunjung (2020). An exploratory study on the recognition brought by evolving of artificial intelligent(AI) & service robot: targeting on travel & airline staff. *Journal of Hospitality and Tourism Studies*, 22(1), 13-28.

- <http://doi.org/10.31667/jhts.2020.2.82.13>
- Han, Kyung-hoon (2020). Direction of culture and arts education in Korea: based on the fourth industrial revolution. *Journal of Northeast Asian Studies*, 25(1), 119-140.
<http://dx.doi.org/10.21807/JNAS.2020.03.94.119>
- Hwang, Seol & Hwang, Dong-Ryul (2018). A study on the research trends in arts management in Korea using topic modeling and semantic network analysis. *Journal of Arts Management and Policy*, 47, 5-29. <http://doi.org/10.52564/JAMP.2018.47.5>
- Hwang, Seol & Kim, Mun-Ki (2019). An analysis of artificial intelligence(A.I.)_related studies' trends in Korea focused on topic modeling and semantic network analysis. *Journal of Digital Contents Society*, 20(9), 1847-1855. <http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2019.20.9.1847>
- Hwang, Youn-Jung (2017). A study on the artistic role of design according to the fourth industrial revolution. *The Korean Society of Science & Art*, 31, 445-455.
<http://doi.org/10.17548/ksaf.2017.12.30.445>
- Jang, Deok-Ho (2017). An exploratory study for the direction and tasks for innovating school system in the intelligent information society. *Journal of Digital Convergence*, 15(12), 127-136. <https://doi.org/10.14400/JDC.2017.15.12.127>
- Jang, Dong-Hyun & Joo, Jong-Woo (2020). The change of the blockchain and digital image art market. *Journal of Digital Contents Society*, 21(1), 205-212.
<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2020.21.1.205>
- Jeon, Yongduck (2021). A study on the ethics of the concept and purpose of culture technology in the post-COVID era. *Journal of international culture1-1*, 14(1), 1-20.
<https://doi.org/10.34223/jic.2021.14.1.1>
- Jung, Young-Joo & Kim, Hea-Jin (2020). A study on the school library research trends using topic modeling. *Journal of Korean Library and Information Science Society*, 51(3), 103-121.
<http://dx.doi.org/10.16981/kliss.51.3.202009.103>
- Kang, Beomil, Song, Min, & Jho, Whasun (2013). A study on opinion mining of newspaper texts based on topic modeling. *Journal of the Korean Society for Library and Information Science*, 47(4), 315-334. <https://doi.org/10.4275/KSLIS.2013.47.4.315>
- Kang, Ewha (2019). The fourth industrial revolution and the future of university education: A focus on domestic and international innovative cases. *Journal of Educational Innovation Research*, 29(1), 279-297. <https://doi.org/10.21024/pnuedi.29.1.201903.279>
- Kang, Young-Gun (2021). Study on music arrangement education content development using artificial intelligence. *Culture and Convergence*, 43(2), 275-296.

- <https://doi.org/10.33645/cnc.2021.02.43.2.275>
- Kim, Jae-Ho & Kim, Kwon-Il (2017). A study on the regulation in intelligent information society. *Public Land Law Review*, 79, 737-760.
- Kim, Jin-ha (2016). Strategic responses to future societal changes in the era of the fourth industrial revolution. *KISTPEP+InI*, (15), 45-58.
- Kim, Kun-Wee & Hyun, Seung-Hyun (2018). Analysis of policy priorities in local government's 4th industrial revolution response strategy: Using analysis the method of AHP and IPA. *Journal of Local Government Studies*, 30(4), 57-84.
<http://dx.doi.org/10.21026/jlgs.2018.30.4.57>
- Kim, Sang-Woo & Lee, Myung-Suk (2020). Understand the current status of teaching and learning informatization and develop indicators in the 4th industrial revolution. *Journal of Digital Convergence*, 18(4), 67-74 <https://doi.org/10.14400/JDC.2020.18.4.067>
- Kim, Yong-Hun (2020). Personal information protection using digital twins in the fourth industrial revolution. *Journal of Digital Convergence*, 18(6), 279-285.
<https://doi.org/10.14400/JDC.2020.18.6.279>
- Kim, Yong-Jin (2020). Digital Transformation theory and SME innovation strategy. *Journal of SME Policy*, 5(3), 111-145. <https://doi.org/10.23099/jsmep.2020.5.3.111>
- Kim, Yun-Sik (2022). The effect of customer orientation of service robots on perceived trust and expectation of hospitality experience: Multigroup analysis of human staff-robot collaboration. *International Journal of Tourism and Hospitality Research*, 36(3), 157-173.
<https://doi.org/10.21298/IJTHR.2022.3.36.3.157>
- Lee, Bong-Rim (2022). A study on the legal policy of the 4th industrial revolution. *Law Review*, 22(3), 169-184. <http://dx.doi.org/10.57057/LawReview.2022.09.22.3.169>
- Lee, Hye-Won (2022). The fourth industrial revolution technology and cultural contents. *Cartoon & Animation Studies*, (67), 295-315. <http://dx.doi.org/10.7230/KOSCAS.2022.67.295>
- Lee, Jaeun & Oh, Sekyoung (2020). Education in 4th industrial revolution era: A text-mining analysis. *The Journal of Humanities and Social Science*, 21(6), 255-267.
- Lee, Seogjun, Choi, Youngjin, Ra, Jonghei, & Go, Hyeongseog (2022). An exploratory study on digital transformation service. *The Journal of Information Technology and Architecture*, 19(2), 73-91. <https://doi.org/10.22865/jita.2022.19.2.73>
- Ministry of Science and ICT (2021). How is digital transformation triggered by the fourth industrial revolution progressing in the post-COVID era?. Available:
https://blog.naver.com/with_msip/222528810029

- Ministry of Science, ICT and Future Planning (2016). Mid- to long-term comprehensive measures for the intelligent information society in response to the fourth industrial revolution. Available: <https://korea.kr/archive/expDocView.do?docId=37384>
- Moon, Gil-Seon (2021). Evaluating LDA and BTM topic models for short texts. *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 23(3), 1313-1326.
<https://doi.org/10.37727/jkdas.2021.23.3.1313>
- Moon, Seung-Hyeog (2018). Analysis of ICT converged smart factory and its driving strategy. *The Journal of Convergence on Culture Technology*, 4(3), 235-240.
<https://doi.org/10.17703/JCCT.2018.4.3.235>
- National Information Society Agency (2017). Top 100 Policy Tasks for the Fourth Industrial Revolution and an Intelligent Information Society. Available:
https://www.nia.or.kr/site/nia_kor/ex/bbs/View.do?cbIdx=66361&bcIdx=18408
- Noh, Seol-Hyun (2020). Analysis of issues related to the fourth industrial revolution based on topic modeling. *Journal of Digital Contents Society*, 23(3), 1313-1326.
<https://doi.org/10.9728/dcs.2020.21.3.551>
- Oh, Chang-Gyu (2019). The ethical issues on ICT advancement in the 4th industrial revolution. *Korean Journal of Business Ethics*, 19(1), 117-137.
<https://doi.org/10.34273/kjbe.2019.19.1.006>
- Oh, Sewon & Sun, Jong-Soo (2021). Legal contemplation on information collection, storage and utilization in smart cities. *Journal of Public Policy Studies*, 38(1), 255-282.
<http://dx.doi.org/10.33471/ILA.38.1.11>
- Park, Chan-kwon & Seo, Yeong-bok (2020). A study on the relationship between smart factory-related technology, innovation resistance, and technology intention. *Korean Business Education Review*, 35(4). <https://doi.org/10.23839/kabe.2020.35.4.167>
- Park, Ja-Hyun & Song, Min (2013). A study on the research trends in library & information science in korea using topic modeling. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 30(1), 7-32. 167-197. <https://doi.org/10.3743/KOSIM.2013.30.1.007>
- Park, Seongkeun (2018). A study of the autonomous vehicle technology and its future trend: Focusing on current industry and technology convergence of trend. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(1), 253-259. <https://doi.org/10.15207/JKCS.2018.9.1.253>
- Park, Yoo-Shin & Cho, Mi-ra (2017). Posthuman education for future society: Using delphi technique. *Art Education Research Review*, 31(2), 179-216.
- Song, Sung-Soo (2017). Historical development of industrial revolutions and the place of so

called 'the fourth industrial revolution'. *Journal of Science & Technology Studies*, 17(2), 5-40. <https://doi.org/10.22989/jsts.2017.17.2.001>

Yoon, Hyo-Jun, Park, Jae-Hyeon, & Yoon, Jiwun (2019). Introduction of topic modeling for extracting potential information from unstructured text data: Issue analysis on news article of dementia-related physical activity. *Korean Journal of Sport Science*, 30(3), 501-512. <http://dx.doi.org/10.24985/kjss.2019.30.3.501>