



텍스트 분석을 활용한 기후변화 연구 동향 분석 - 한국기후변화학회지를 중심으로 -

유재호* · 전의찬** · 김하나***†

*세종대학교 기후변화협동과정 석사과정 학생, **세종대학교 환경에너지융합학과 교수, ***세종대학교 기후변화협동과정 조교수

Study of Research Trends in Climate Change using Text Analysis - Focusing on Journal of Climate Change Research -

Yoo, Jae-Ho*, Jeon, Eui Chan** and Kim, Hana***†

*Master Student, Cooperate Course for Climate Change, Sejong University, Republic of Korea

**Professor, Department of Environment, Energy & Geoinformatics, Sejong Univ, Republic of Korea

***Assistant Professor, Cooperate Course for Climate Change, Sejong Univ, Republic of Korea

ABSTRACT

Since the 1980s, studies on climate change have been increasing in various disciplines. To investigate systematically the research trend of climate change studies, this study conducted text network analysis and LDA (Latent Dirichlet Allocation) topic modeling of 1,388 keywords from 313 papers published in Journal of Climate Change in Korea. Based on degree centrality and betweenness centrality, the keyword 'GHG Emissions' attracted the attention from researchers the most, and 'mitigation' was mentioned or studied together with other keywords. As a result of LDA, the studies were categorized into the six topics of 1) greenhouse gas emissions modeling, 2) greenhouse gas emission factors, 3) LULUCF(Land Use, Land-Use Change, and Forestry) or CCS(Carbon Capture and Storage), 4) adaptation or mitigation measures and actors, 5) mitigation modeling or adaptation, and 6) inventory. The temporal configuration of topics shows the associated trends. This study found that all the topics have been studied without significant temporal differences in contrast to other disciplines, which can be attributed to the multidisciplinary characteristics of climate change.

Key words: Systemic review, Text network analysis, Topic Modeling, Research Trend, Climate Change

1. 서 론

1980년대 남극 빙하코어를 이용한 과거 대기 이산화탄소 농도 복원 연구를 시작으로 기후변화에 대한 과학적인 규명을 위한 연구가 본격적으로 시작되었으며 (Ahn, 2014), 기후변화 적응과 온실가스 감축 등 다양한 분야로 연구범위가 확대되고 있다. 세계기상기구 (WMO: World Meteorological Organization)와 유엔환경계획 (UNEP: United Nations Environment Programme)이 수립한 기후변화에 관한 정부간 협의체 (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)는 평가 주기마다 3권의 평가보고서와 1권의 종합보고서 2-3

권의 특별보고서를 발간하고 있다. 평가보고서는 새로운 과학적 발견 및 시대적 흐름에 따라 주요한 내용이 추가되고 갱신되고 있고, 대표적인 예를 들어, 단기체류기후변화유발물질 (SLCF: Short-Lived Climate Forcers)에 대한 과학적 정보 갱신에 따라 새로운 내용들이 포함되고 있다.

국내에서도 여러 학문분야에서 기후변화 관련 연구가 진행되고 있으며, 연구가 확대되고 주제가 다양화되고 있는 추세이다. 본 연구는 다학제적인 기후변화 연구의 특성을 반영하여 과학, 공학, 정책 등 기후변화 관련된 다양한 분야의 전문가들의 참여를 목적으로 설립된 (사)한국기후변화학회의 학술지인 『Journal of Climate Change Research』 2010년 창간

† Corresponding author: hanakim0729@sejong.ac.kr ((05006) 209 Neungong-ro, Gwangjin-gu, Seoul, Korea. Tel. +82-2-6935-2558)
Received July 22, 2019 / Revised August 7, 2019 / Accepted August 16, 2019

호부터 2018년 12월호까지 9년 동안 발행된 313편의 논문을 대상으로 텍스트 분석을 수행하여, 기후변화 관련 연구동향을 분석하였다.

다수의 선행연구를 체계적으로 검토 (systemic review)하는 방법으로 최근 각광받는 방법론은 텍스트 분석 (semantic analysis/text analysis)이다. 최근 국내에서도 여러 학술분야에서 이 방법을 사용하여 다수의 문헌을 분석해 연구동향을 분석한 연구가 수행되고 있다. 이러한 언어 네트워크 방법은 많은 수의 문서 구성에서 지식의 하위구조 (knowledge component)를 파악하고, 최근 연구 추세를 파악할 수 있으며, 또한 기존의 문헌 검토 방식에 앞서서 수행될 경우 검토하고자 313개 논문의 1,388개 키워드를 대상으로 키워드 네트워크 분석을 진행하여 국내 기후변화 관련 연구의 동향과 핵심 주제를 파악하고 토픽 모델링 (LDA: Latent Dirichlet Allocation)을 통해 기후변화 관련 연구의 하위 주제 (topic)별 구성을 파악하고 연구 동향을 분석하였다. 본 연구 결과는 기후변화 관련 연구자들의 향후 연구 방향 확립에 도움을 줄 수 있을 것이라 판단된다.

본 연구를 위한 분석 도구로 네트워크 분석 프로그램 중 하나인 NetMiner를 활용해 분석을 수행하였다. NetMiner는 네트워크 분석방법 외에도 네트워크 시각화 (graph drawing) 기술이 통합되어 있어, 네트워크 분석과 시각화를 위해 각각 별도의 분석 도구를 사용할 필요가 없다는 장점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 키워드 네트워크 분석 방법론과 토픽모델링에 대한 이론적 고찰 및 해당 방법론을 활용한 선행연구 사례들을 살펴보았으며, 3장에서는 키워드 네트워크 분석을 위해 수집된 데이터 및 키워드 네트워크 분석과 토픽모델링의 구조를 정리하였다. 4장에서는 키워드 네트워크 분석과 토픽모델링을 통해 도출된 결과를 분석하였으며, 5장에서는 본 연구의 결론과 한계점을 정리하였다.

2. 이론적 배경 및 선행연구

2.1 이론적 배경

2.1.1 텍스트 네트워크 분석

대량의 문헌을 체계적으로 이해하는 것은 중요한 작업이지만 이는 지루하고 또 매우 많은 시간을 소요하는 작업이다. 최근에는 텍스트 네트워크 분석 방법 (text network analysis or semantic network analysis)을 이용한 문헌의 체계적인 검토가 점차적으로 확대되는 추세이다. 최근 들어 이 방법론이 각광받고 있지만, 그 개념은 Quillian (1968)까지 거슬러 올라

갈 수 있으며 이전에도 문헌정보학에서 인용 네트워크, 공저 네트워크 및 지식지도 등 지식 자원들 간의 다양한 관계를 네트워크로 표현하기 위해 사용되었던 방법이기도 하다.

단어의 동시 출현 네트워크 (text co-occurrence network)에서는 각 단어를 하나의 노드 (node)로, 동시 출현한 한 쌍의 단어가 링크 (link)를 의미한다 (Radhakrishnan et al., 2017). 고속도로를 예로 들어 네트워크를 설명한다면, 이 경우 노드는 각 도시, 링크는 각 도시를 연결하는 고속도로로 비유될 수 있다. 이처럼 네트워크는 연결의 대상이 되는 복수의 노드와 노드 간의 연결인 링크로 구성된다. 이 때 언어 네트워크에서 노드는 웹페이지, 논문, 단어 등이 해당되며, 링크는 인터넷 링크, 논문 간의 인용, 단어의 동시 출현 등이 된다 (Lee, 2017).

논문에 사용되는 단어는 다른 단어들과 함께 사용됨으로써 의미체계를 만들기 때문에 동시에 출현한 단어들 사이의 네트워크 행렬을 구축해 이를 분석할 수 있다 (Jang and Choi, 2012). 이러한 언어 네트워크 방법은 많은 수의 문서 구성에서 지식의 하위구조 (knowledge component)를 파악하고, 최근 연구 추세를 파악할 수 있으며, 또한 기존의 문헌 검토 방식에 앞서서 수행될 경우 검토하고자 하는 문헌에 대한 개괄적인 지도를 제공함으로써 문헌 검토 속도를 가속화한다는 장점이 있다 (Radhakrishnan et al., 2017). 이러한 장점으로 인해 최근 텍스트 네트워크 분석 방법은 대량의 문헌을 검토하는 데 널리 이용되고 있다.

2.1.2 선행연구

Lee et al. (2012)은 수자원 분야에서 기후변화 관련 선행 연구를 검토하고, 수자원 분야 기후변화 관련 연구는 전망이나 영향평가 위주로 수행되었으며, 적응 분야는 부족함을 밝혀냈다. Ha (2014)는 건강 분야에서 기후변화 적응 정책 및 연구동향을 분석하고, 해외 사례와 비교함으로써 건강 분야에서의 기후변화 적응과 정책 방향을 제시하였다. Kim and Oh (2018)는 ‘기후변화 완화’와 ‘기후변화 적응’을 주제로 키워드 네트워크 분석을 수행하여 국제 연구동향을 분석하였고, 국내 기후변화 대응 연구 및 정책 방향에 시사점을 도출하였다. Jinfeng Li et al. (2011)은 1992년부터 2009년까지 SCIE에 등재된 기후변화에 관한 논문을 토대로 기후변화 관련 연구 동향 및 hot issue 등 주요 연구주제를 도출하였다.

2010년대에 들어 국내에서는 과학기술 동향 또는 학술 부문의 연구 동향의 분석을 위해 키워드 네트워크 분석 및 토픽 모델링이 활용되고 있다. Kho et al. (2013)은 2002년부터

2011년까지 Research Policy, Technological Forecasting and Social Change 등 3개의 저널에 게재된 2,611편 논문을 대상으로 키워드 네트워크 분석을 활용하여 기술경영의 연구동향을 분석하였고, Kim and Um (2016)은 2010년부터 2015년까지 2개의 저널에 게재된 1,923편의 논문, 4,380개의 키워드를 대상으로 컴포넌트 분석을 수행하여 선호되는 연구주제를 도출해냈다.

Kim and Wang (2017)은 1957년부터 2016년까지 수행된 원자력 관련 사회과학 논문 605건을 대상으로 키워드 네트워크 분석을 수행하였으며, 특히 2011년 후쿠시마 원전사고 이후 ‘원전해체’와 같은 안전규제 관련 연구가 중심으로 수행되었음을 밝혀냈다. Yoon and Yang (2018)은 2000년부터 2016년까지의 기간을 3단계로 분류하여 한국지역개발학회지 논문 715편을 대상으로 키워드 별 연결 중심성과 매개 중심성 분석 및 클러스터 분석을 진행하였고, 노무현 정부 및 이명박 정부 기간 동안의 지역개발 관련 정책과 그로 인한 연구동향을 파악하였다.

Park et al. (2018)은 2002년 미국 AI (Artificial Intelligence) 특히 초록 중 13,618개의 특허문서를 대상으로 키워드 빈도 분석, 키워드 네트워크 분석, 키워드 연결 중심성 분석 등을 실시하여 과학기술 정책 수립을 위한 빅데이터 분석 방법 및 실제 행정기관에서 자료로 활용할 수 있는 실무적 기여를 이끌어냈다. Jeong et al. (2012)은 녹색기술정보포털에서 요약한 해외 녹색기술 관련 잡지의 키워드를 25,068건을 대상으로 키워드 네트워크 분석을 수행하고 전 세계 녹색기술 동향

을 파악하여 Renewable Energy, Solar Cell, Nanotechnology 분야에 대한 키워드의 증가율이 높게 나타나는 것을 확인하였다.

토픽모델링 기법을 활용한 연구동향 분석 연구 또한 일부 수행되었다. Park and Song (2013)은 LDA 기반의 토픽모델링을 활용하여 1970년도부터 2012년도까지 문헌정보학 관련 주요 학술지 4곳에 발표된 논문을 대상으로 연구동향을 분석하였고, 문헌정보학 관련 hot topics과 cold topics를 밝혀냈다. Jeong and Lee (2018)은 2000년부터 2017년까지 SCI (E) 저널에 게재된 7,978건의 인공지능 관련 논문을 대상으로 토픽모델링을 실시하였고, 로봇 프로세스 자동화와 AI 최적화 하드웨어 관련 연구가 최근 인공지능 관련하여 가장 활발히 진행되는 연구라는 것을 도출해냈다. Park and Oh (2017)은 1997년부터 2016년까지 기록관리학 및 문헌정보학 관련 학술지 4곳에 발표된 논문들을 대상으로 LDA 토픽모델링과 HDP (Hierarchical Dirichlet Process) 토픽모델링을 적용하여 기록관리학의 연구동향을 분석하였으며, LDA는 거시적인 주제들을, HDP는 미시적인 핵심 키워드를 도출하는데 효과적인 시사점을 남겼다.

3. 방법론

3.1 분석대상 및 전처리

기후변화 관련 연구동향을 분석하기 위해 국내 학술논문

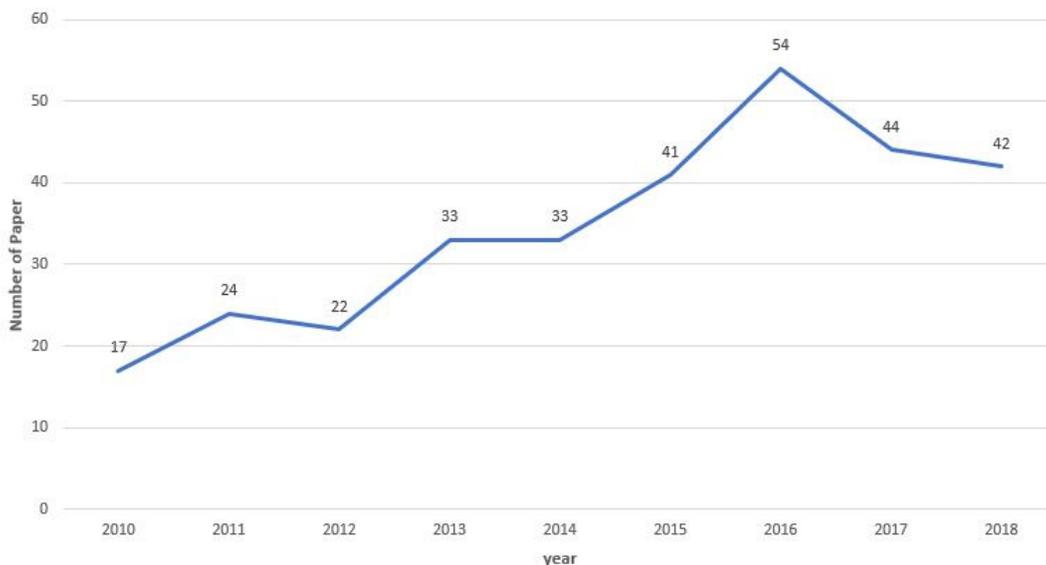


Fig. 1. Number of papers of Journal of Climate Change Research.

플랫폼인 DBpia를 활용하여 2010년부터 2018년까지 한국기후변화학회지에 투고된 논문데이터를 수집하였으며, DBpia에 게시되어 있는 한국기후변화학회지의 데이터 중 논문 투고 규정 및 고등학생 논문 등을 제외한 313편의 논문과 1,396개의 키워드 데이터를 수집하였다.

수집된 1,396개의 키워드 중 중복된 키워드 및 유사한 키워드들을 통합하기 위한 전처리작업을 진행하였으며, TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency)를 기준으로 모든 문서에서 가장 빈번히 나온 단어인 'Climate Change'와 'GHG'를 제외한 986개의 키워드를 최종 분석대상으로 선정하였다. TF-IDF 분석 공식은 식 (1)과 같다.

$$W_{x,y} = tf_{x,y} \times \log\left(\frac{N}{df_x}\right) \quad (1)$$

$tf_{x,y}$ = y에서 x가 나타나는 빈도
 df_x = x를 포함하는 문서의 수
 N = 전체 문서의 수

3.2 중심성 분석

전처리 이후 단어의 동시 출현 네트워크를 구축하고, 연결정도 중심성 (Degree Centrality)과 매개 중심성 (Betweenness Centrality)을 중심으로 네트워크 특성을 살펴보았다. 연결정도 중심성은 노드가 전체 네트워크에서 어느 정도 중심에 위치하

는지에 대한 정도를 측정하는 방법으로, 네트워크를 구성하는 노드 중 하나의 노드에 연결되어 있는 다른 노드들과의 연결된 정도가 많고 적음을 통하여 해당 노드가 얼마나 중심에 위치하는지를 분석하는 방법이다 (Jeong et al., 2012). 연결정도 중심성 분석을 위한 공식은 식 (2)와 같다 (Cyram, 2016).

$$DC_n = \frac{d(n_i)}{nodes - 1} \quad (2)$$

매개 중심성이란 해당 노드가 다른 노드들 사이에 매개 역할을 얼마나 수행하고 있는지에 대한 척도로, 특정 노드의 매개 중심성은 해당 노드를 제외한 다른 노드의 쌍들간 최단거리 수와 실제 최단거리에 특정 노드가 존재하는 수의 비율을 나타낸다 (Jeong et al., 2012). 매개 중심성 분석을 위한 공식은 식 (3)과 같다 (Cyram, 2016).

$$BC_n = \frac{\sum_{j < k} g_{jk}(n_i) / g_{jk}}{\left[\frac{(g-1)(g-2)}{2} \right]} \quad (3)$$

g_{jk} = 노드 j와 k를 연결하는 최단경로 개수
 $\sum_{j < k} g_{jk}(n_i) / g_{jk}$ = j와 k 간 최단 경로상 노드 i가 포함될 확률의 누적값
 $(g-1)(g-2)/2 = n_i$ 를 포함하지 않는 모든 노드 쌍의 수

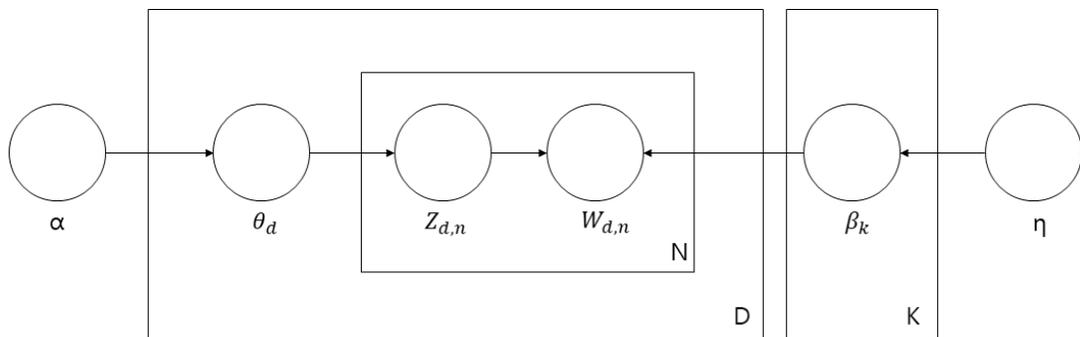


Fig. 2. LDA model structure.

- K = 토픽의 개수
- α = 문서별 토픽 k의 Dirichlet prior weight, θ 값을 결정하는 파라미터
- η = 토픽별 단어 w의 Dirichlet prior weight, β 값을 결정하는 파라미터
- θ_d = 문서별 토픽의 비율
- β_k = 토픽별 단어 w의 생성확률
- $Z_{d,n}$ = 문서 d의 n번째 단어의 토픽(index)
- $W_{d,n}$ = 문서 d의 n번째 단어(문서에 관측되는 변수, index)

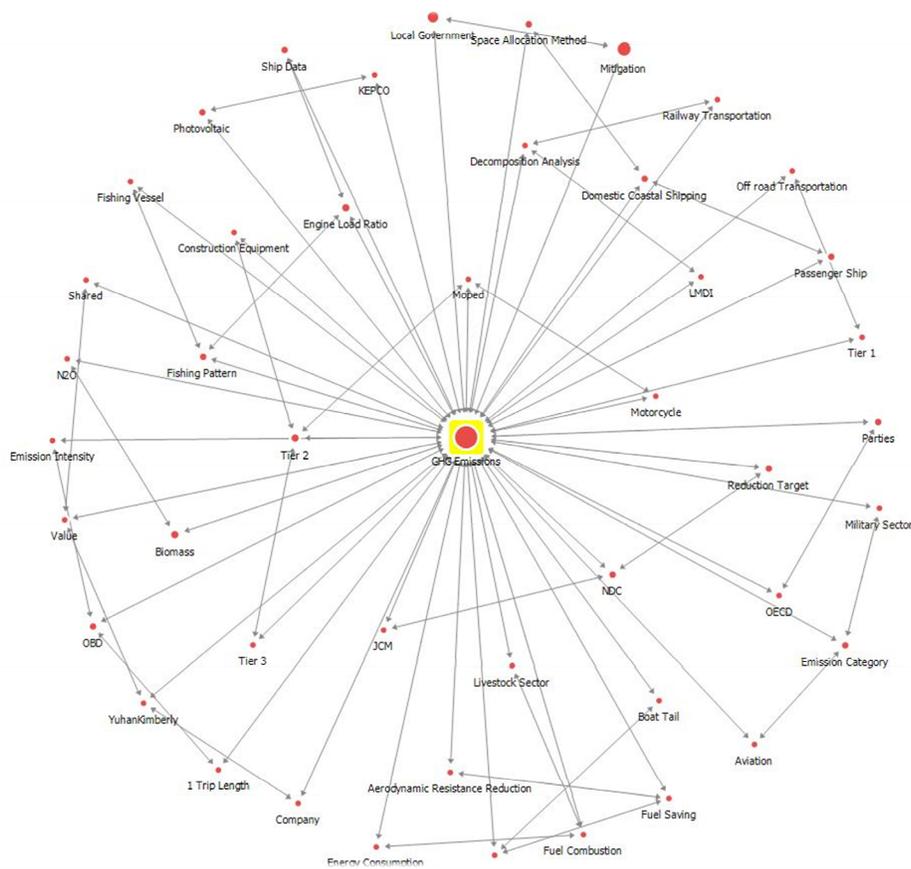


Fig. 3. Keywords connected to GHG Emissions.

Table 1. Result of Degree Centrality Analysis

| Rank | Keyword | Degree Centrality |
|------|--------------------------|-------------------|
| 1 | GHG Emissions | 0.0458 |
| 2 | Emission Factor | 0.0315 |
| 3 | Carbon Dioxide | 0.0305 |
| 4 | Adaptation | 0.0285 |
| 5 | Model | 0.0234 |
| 6 | Mitigation | 0.0224 |
| 7 | Vulnerability Assessment | 0.0214 |
| 8 | Forest | 0.0193 |
| 9 | LCA | 0.0183 |
| 10 | CDM | 0.0173 |

3.3 LDA 토픽모델링

네트워크 분석 외에도, 본 연구에서는 기후변화학회지에 게재된 논문의 주제별 분포를 살펴보기 위해 LDA 토픽모델

링을 수행하였다. 추가적으로 각 주제의 연도별 분포 변화를 추적해 ‘hot topic (연구 관심도가 높아지는 주제)’과 ‘cold topic (연구 관심도가 낮아지는 주제)’를 여부를 분석하였다.

토픽모델링은 다양한 텍스트마이닝 기법 중 하나로 군집화 (Clustering)의 개념을 활용하여 방대한 문서의 집합에서 주요 토픽을 추출하여 전체 네트워크에서 핵심적인 텍스트를 분석하는 기법이다 (Kim, 2017). LDA (Latent Dirichlet Allocation) 기법은 토픽모델링의 대표적인 기법으로 문서의 내에 존재하는 주제들을 찾아내는 기법으로, 문서 집합의 주제와 각 문서별 주제 비율, 각 주제에 포함될 단어들을 도출해낼 수 있다 (Kim, 2016). LDA 모델의 구조는 Fig. 2와 같다.

4. 결과

본 논문은 2010년부터 2018년까지 한국기후변화학회지에 투고된 313편의 논문의 키워드 중 전처리 과정을 거친 986개

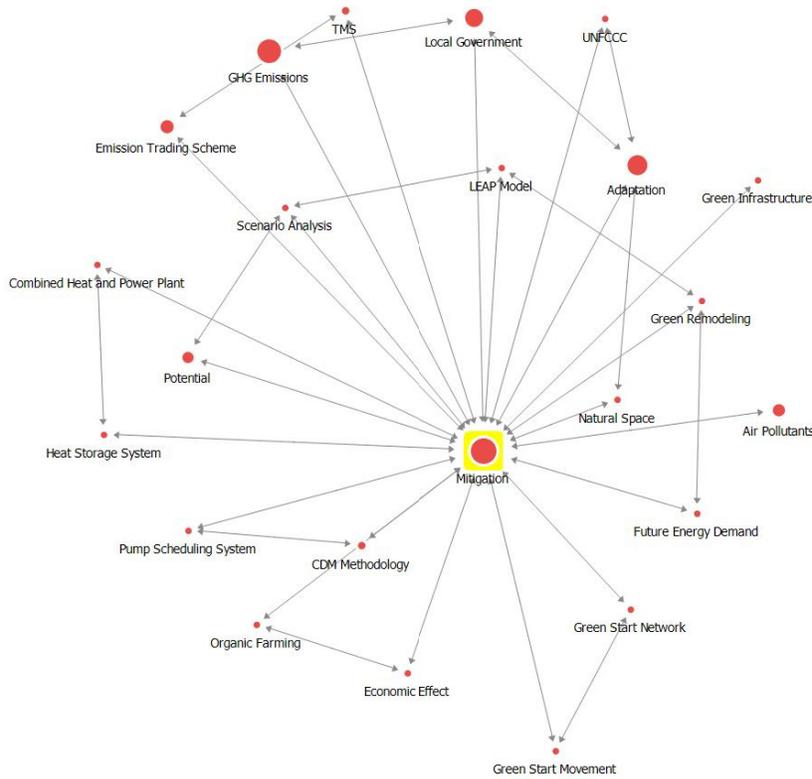


Fig. 4. Keywords connected to Mitigation.

Table 2 . Result of Betweenness Centrality Analysis

| Rank | Keyword | Node Betweenness Centrality |
|------|-------------------------|-----------------------------|
| 1 | Mitigation | 0.1228 |
| 2 | GHG Emissions | 0.1138 |
| 3 | Global Warming | 0.0937 |
| 4 | Adaptation | 0.0893 |
| 5 | Local Government | 0.0747 |
| 6 | Carbon Dioxide | 0.0720 |
| 7 | Emission Factor | 0.0636 |
| 8 | Model | 0.0555 |
| 9 | Inventory | 0.0547 |
| 10 | Emission Trading Scheme | 0.0446 |

키워드를 대상으로 연결정도 중심성 분석 및 매개중심성 분석을 수행하여 9년간 진행된 기후변화 관련 연구의 핵심 키워드를 도출해냈다.

연결정도 중심성 분석은 특정 노드가 네트워크에서 얼마

나 높은 수준의 연결성 (degree)을 갖는지 확인하는 것이다. 이를 통해 해당 네트워크에서 영향력이 높은 키워드를 도출하고 중점적으로 다루어진 연구주제가 무엇인지를 파악할 수 있다 (Kim and Wang, 2017).

연결정도 중심성이 가장 높은 연구주제는 ‘GHG Emissions’로 연구자들의 가장 많은 관심을 받고 기후변화 관련 연구의 핵심적인 키워드인 것으로 나타났으며, ‘GHG Emissions’에는 ‘Mitigation’과 ‘Local Government’를 포함한 45개의 연구주제들이 연결되어 있는 것으로 나타났다 (Fig 3). 또한, Table 1에 나타난 바와 같이 ‘Emission Factor’, ‘Carbon Dioxide’, ‘Adaptation’, ‘Model’, ‘Mitigation’, ‘Vulnerability Assessment’, ‘Forest’, ‘LCA’, ‘CDM’ 순으로 상위 10개의 핵심 연구주제들이 구성되었다.

연결정도 중심성 분석 결과, ‘GHG Emissions’, ‘Carbon Dioxide’ 등 기후변화를 야기하는 직접적인 원인들에 대해 연구가 집중되었음을 알 수 있다. ‘Adaptation’, ‘Mitigation’, ‘Forest’ 등 기후변화 시대에 대응하기 위한 연구와 ‘Emission Factor’, ‘LCA’, ‘CDM’, ‘Model’ 등 기후변화 대응을 위한 방

Table 3. Topic Modeling Result

| | Topic-1 | Topic-2 | Topic-3 | Topic-4 | Topic-5 | Topic-6 |
|--------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------|
| Definition | Greenhouse gas emissions modeling | Greenhouse gas emission factor | LULUCF or CCS | Adaptation or mitigation measures and actors | Mitigation modeling or adaptation | Inventory |
| 1st Keyword | GHG Emissions | Emission Factor | Mitigation | Adaptation | CDM | National Forest Inventory |
| 2nd Keyword | Carbon Dioxide | Vulnerability Assessment | Forest | Renewable Energy | Vulnerability Assessment | Inventory |
| 3rd Keyword | Model | Adaptation | Emission Factor | Local Government | Adaptation | Mitigation |
| 4th Keyword | Uncertainty | CO2 Emissions | National Forest Inventory | Emission Factor | Carbon Dioxide | El Nino |
| 5th Keyword | Paris Agreement | Global Warming | Carbon Dioxide | Forest | Mitigation | Power Plant |
| 6th Keyword | Forest | Methane | Precipitation | Vulnerability Assessment | Global Warming | LEAP Model |
| 7th Keyword | Vulnerability | LCA | Inventory | Mitigation | Model | Nitrous Oxide |
| 8th Keyword | Global Warming | Black Carbon | GHG Emissions | GHG Emissions | Inventory | Potential |
| 9th Keyword | Renewable Energy | Nitrous Oxide | Carbon Offset | Carbon Dioxide | Precipitation | Vulnerability |
| 10th Keyword | Scenario | Biomass Burning | CCS | LCA | Carbon Offset | Emission Factor |

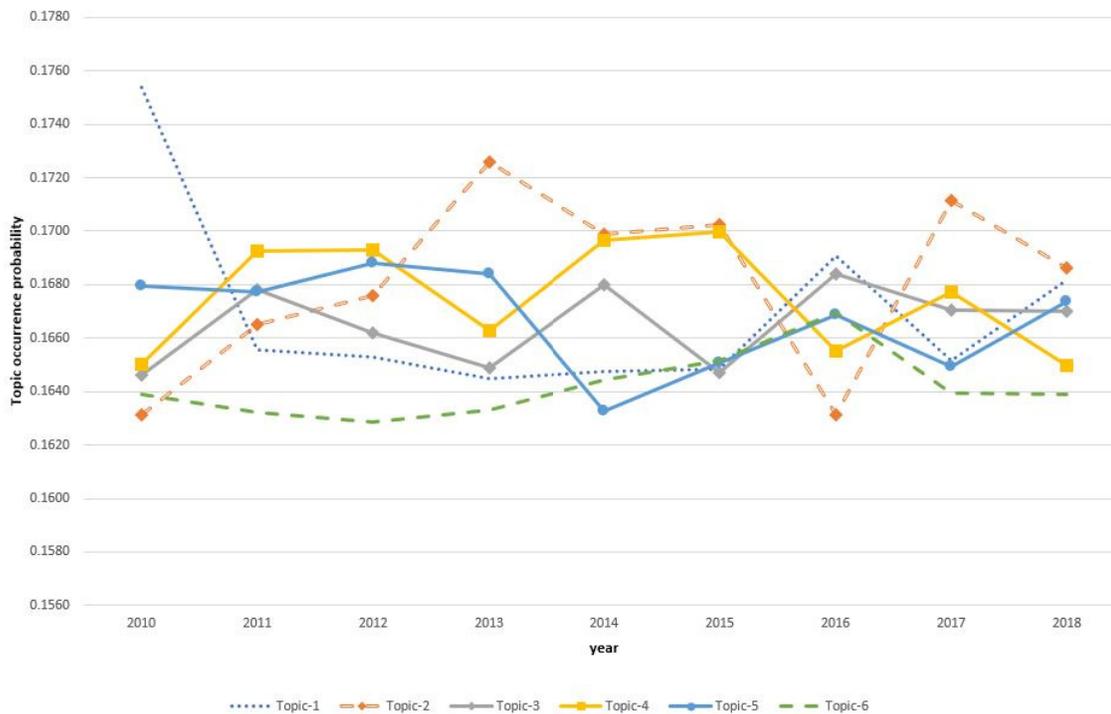


Fig. 5. The probability of occurrence by topic.

법론적인 연구도 함께 진행되고 있음을 나타내고 있다. 매개중심성 분석은 특정 노드가 다른 노드 간의 최단 경로

에 위치하는 정도를 측정하는 방법으로, 특정 노드가 다른 노드들 사이에서 얼마나 매개 역할을 수행하였는지에 대한 척

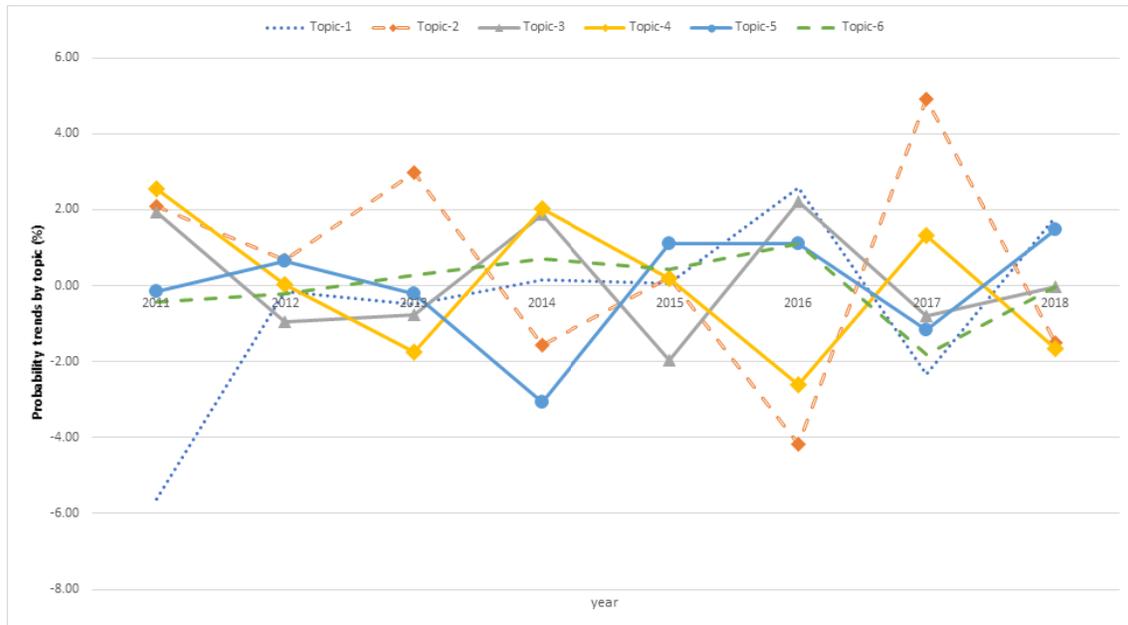


Fig. 6. The Probability trends by topic.

도를 제공한다. 매개중심성 분석은 특히 세부 연구분야를 연결하는 다학제적 (multi-disciplinary) 연구주제를 도출해 낼 수 있다 (Kim and Wang, 2017).

매개중심성이 가장 높은 연구주제는 ‘Mitigation’으로 기후 변화 관련 연구에서 매개역할을 많이 수행하였으며, 다학제적인 키워드로 나타났다. ‘Mitigation’과 연결되어 있는 연구 주제는 ‘GHG Emissions’, ‘Local Government’, ‘Adaptation’을 포함한 22개로 나타났으며 이는 Fig 4와 같다. 또한, Table 2 와 같이 ‘GHG Emissions’, ‘Global Warming’, ‘Adaptation’, ‘Local Government’, ‘Carbon Dioxide’, ‘Emission Factor’, ‘Model’, ‘Inventory’, ‘Emission Trading Scheme’ 순으로 매개중심성 상위 10개 연구주제가 도출되었다.

토픽 모델링은 네트워크에서 핵심적인 이슈 및 연구주제를 파악하고, 시간의 흐름에 따른 연구경향성을 분석하기 위해 주로 사용된다(Kim et al., 2017). 본 연구에서는 토픽 모델링 기법 중 가장 대표적인 LDA 알고리즘을 활용하였으며, Table 3와 같이 토픽 모델링 결과 도출된 토픽을 구성하는 키워드를 바탕으로 각 토픽을 다음과 같이 정의하였다 : 1) 온실가스 배출량 모델링 2) 온실가스 배출계수 3) LULUCF 또는 CCS 4) 적응 또는 완화수단과 주체 5) 완화수단 모델링 또는 적응 6) 인벤토리

2010년부터 2018년까지 9년간 한국기후변화학회지에 투고된 주요 연구주제들의 연구경향을 파악하기 위하여 연도별

Topic 출현 비율을 Fig 5와 같이 정리하였다. 분석 결과, 한국 기후변화학회지에 주요 Topic 출현 비율은 Fig 6에서 나타난 바와 같이 연도별로 큰 변화를 보이지 않으며 여러 연구주제가 지속적으로 연구되고 있는 경향을 보였다. Topic 1의 경우 2011년 다소 감소 (-5.61%) 하였으며, Topic 2는 2016년 4.18%가 감소하였고, 2017년에 4.92%가 증가하였다. 그러나 핀테크 기술 분야 및 문헌정보학 분야 등 여타 분야를 대상으로 수행된 선행연구 결과와 상이하게 (Kim et al., 2016; Park and Song, 2013; Lee et al., 2018; Chung and Lee, 2018), 연도별 hot topic과 cold topic으로 구분되게 나타나지 않았다. 이는 한국기후변화학회지가 갖는 다학제적이고 융합적인 특성상 여러 토픽이 과거 9년 동안 큰 증가 혹은 감소세를 나타내기보다는 지속적으로 연구되기 때문인 것으로 추정된다.

5. 결론

기후변화 관련 연구는 국내외적으로 활발하게 진행되고 있으며, 최근 들어 기후변화 적응, 기후변화 완화, 온실가스 감축 기술 등 연구범위가 다양한 분야로 확대되고 연구주제가 다양해지고 있다. 이에 본 연구는 올해 10주년을 맞이한 한국기후변화학회지에 투고된 313편의 논문의 1,388개 키워드를 대상으로 키워드 네트워크 분석과 토픽모델링 분석을 활용하여 기후변화 관련 주요 키워드와 연구동향을 파악하였

고, 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 연결정도 중심성 분석과 매개중심성 분석을 통해 기후변화 분야에서 연구자들이 주목하고 있는 키워드와 전체 네트워크 중 가장 매개역할을 많이 수행한 키워드를 도출하였다. 키워드 네트워크 분석 결과 9년간 한국기후변화학회지에 게재된 논문의 키워드 중 연구자들의 가장 많은 관심을 받은 핵심 키워드는 ‘GHG Emission’으로 총 45개의 키워드들이 연결되어 있는 것으로 나타났으며, 매개역할을 가장 많이 수행하고 다학제적인 성향을 띠는 키워드는 ‘Mitigation’으로 나타났다.

둘째, 한국기후변화학회지에 투고된 논문들의 핵심적인 이슈 및 주요 연구주제를 분류하고 시기별 주요 연구주제의 경향성을 파악하기 위하여 LDA 기법을 활용한 토픽모델링 분석을 수행하였다. 토픽모델링 분석 결과 한국기후변화학회지의 주요 연구주제는 ‘온실가스 배출량 모델링’, ‘온실가스 배출계수’, ‘LULUCF 또는 CSS’, ‘적응 또는 완화수단과 주제’, ‘완화 수단 모델링 또는 적응’, ‘인벤토리’ 등의 6가지 주제로 구분할 수 있었다. 정의된 Topic의 출현 비율과 연도별 증감율을 분석하였을 때, 한국기후변화학회지에서 수행된 주요 연구들은 연도별로 크게 증가하는 추세 및 감소하는 추세를 보이지 않으며 다양한 연구주제들에 대하여 지속적인 연구가 진행되고 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 한국기후변화학회지에 투고된 기후변화 관련 연구 313편의 키워드를 중심으로 텍스트 네트워크 분석법에 기반한 체계적 검토 (systemic review)를 시도하였고 기후변화 관련 연구의 중심 키워드 및 토픽별 비중과 변화양상을 파악했다는 점에서 의의가 있다. 또한, 기존에 수행된 기후변화 관련 연구동향 분석 연구들과 달리 기후변화 적응 등 특정 분야로 범위를 정하지 않고 기후변화와 관련된 다양한 분야의 연구를 대상으로 수행되었다는 점에 의의가 있다. 이 연구는 향후 기후변화 관련 연구의 발전 방향을 제시하고, 기후변화 관련 연구자들의 연구주제 선정에 기여를 할 것으로 기대된다.

본 연구는 분석대상이 기후변화와 관련된 다양한 학회 중 하나인 한국기후변화학회지에 투고된 논문들로만 국한되었다는 한계점이 있다. 이는 기후변화 관련 일부 연구만 분석대상이 되었다는 것이며, 차후 기후변화 관련 타 학회지에 투고된 논문들을 포함하여 연구범위를 확대하여 진행할 필요성이 있다. 특히, 본 연구에서는 논문들의 키워드만 대상으로 분석하였지만, 차후 연구에서는 저자, 저자의 소속, 초록 등 더욱 다양한 데이터들을 활용하여 연구를 진행해야 할 것이다.

사 사

본 연구는 환경부 “기후변화특성화대학원사업” 및 한국연구재단 “도시의 물과 에너지의 연계”의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Ahn J. 2014. Atmospheric CO₂ records from ice cores. *Journal of the geological society of Korea*. 50 (2): 277-292.
- Chung C-H, Lee H-R. 2017. Research trends relating to nuri curriculum through keyword network analysis. *The Journal of Korea Open Association for Early Childhood Education*. 22 (4): 389-406.
- Cyram. 2016. NetMiner Module Referece. <http://www.netminer.com/aboutus/publications.do>
- Ha J. 2014. Analysis of climate change adaptation researches related to health in south korea. *Journal of Climate Change Research*. 5 (2).
- Han G, Chung M. 2016. A study on research topic trends in the korean journal of rehabilitation psychology using keyword network analysis. *Journal of Rehabilitation Psychology*. 23 (4): 645-656.
- Jang H-m. 2017. Research trends on defects of apartment building by keyword network analysis. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 18 (9): 403-410.
- Jang J-W, Choi K-H. 2012. Statistics act content analysis using semantic network analysis. *Journal of The Korean Official Statistics*. 17 (2): 53-66.
- Jeong D-H, Kwon O-J, Kwon Y-I. 2012. Network analysis of green technology using keyword of green field. *The Journal of the Korea Contents Association*. 12 (11): 511-518.
- Jhang S-E, Lee S-H. 2016. A study of themes and trends in research of global maritime economics through keyword network analysis. *Journal of Korea Port Economic Association*. 32 (1): 79-95.
- Kho J, Cho K, Cho Y. 2013. A study on recent research trend in management of technology using keywords network analysis. *Journal of Intelligence and Information System*. 19 (2): 101-123.
- Kim C-I, Oh Y-K. 2018. Analysis of research trends on

- climate change mitigation and adaptation for climate change policy. *Korean Public Administration Quarterly*. 30 (3): 577-599.
- Kim M-J, Jang W-H. 2018. Research trends of continuity between preschool and elementary education through keyword network analysis. *Early Childhood Education Research & Review*. 22 (3): 351-377.
- Kim MS, Um H. 2016. The study on recent research trend in korean tourism using keyword network analysis. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 17 (9): 68-73.
- Kim N, Lee D, Choi H, Wong WXS. 2017. Investigations on techniques and applications of text analytics. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*. 42 (2): 471-492.
- Kim T, Choi H, Lee H. 2016. A study on the research trends in fintech using topic modeling. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 17 (11): 670-681.
- Kim YJ, Wang YM. 2017. Mapping the knowledge on socio-nuclear studies in korea through keyword network analysis. *Journal of Korea Technology Innovation Society*. 20 (4): 1057-1088.
- Lee J-K, Kim Y-O, Kang N. 2012. Analysis of climate change researches related to water resources in the korean peninsula. *Climate Change Research*. 3 (1): 71-88.
- Lee K-S, Lee I-J, LEE YK. 2018. Analysis of virtual reality research trends in tourism using lda-based topic modeling technique. *The Korea Academic Society Of Tourism And Leisure*. 425-432.
- Li J, Wang M-H, Ho Y-S. 2011. Trends in research on global climate change: A science citation index expanded-based analysis. *Global and Planetary Change*. 77 (1-2): 13-20.
- Park HJ. 2018. Analysis of research trends on hearing impairment through the keyword network analysis : 2007~2016. *Journal of speech-language & hearing disorders*. 27 (4): 127-135.
- Park J, Oh H-J. 2017. Comparison of topic modeling methods for analyzing research trends of archives management in korea: Focused on lda and hdp. *Journal of Korean Library and Information Science Society*. 48 (4): 235-258.
- Park J-H, Song M. 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.
- Park JS, Kim NR, Han EJ. 2018. Analysis of trends in science and technology using keyword network analysis. *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*. 23 (2): 63-73.
- Quillian, M. R. 1968. Semantic memory. In M. Minsky (Ed.), *Semantic information processing*. Cambridge
- Radhakrishnan S, Erbis S, Isaacs JA, Kamarthi S. 2017. Correction: Novel keyword co-occurrence network-based methods to foster systematic reviews of scientific literature. *PLOS ONE* 12 (9): e0185771.
- Seo B, Chaimun L. 2014. Keyword analyses of diaspora research and its trends in korea. *JOURNAL OF DIASPORA STUDIES*. 8 (1): 43-69.
- Sug CM, Yeoun LJ. 2018. Systemic analysis of research activities and trends related to artificial intelligence (a.I.) technology based on latent dirichlet allocation (lda) model. *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*. 23 (3): 87-95.
- Yang K. 2017. Research trend analysis of 'international commerce and information review' using sna-based keyword network analysis. *International Commerce and Information Review*. 19 (1): 23-42.
- Yoon H-Y, Yang S-J. 2018. A study on research trend of journal of korean regional development association using keyword network analysis. *The Korean Regional Development Association*. 30 (3): 1-22.

Table 4. Summary of a pilot study

| 구분 | 선행연구 | 측정지표 | 연구목적 및 분석결과 |
|-----------------|-------------------------------|--|---|
| 텍스트 분석 관련 | 고재창· 조근태· 조운호 (2013) | 컴포넌트 분석, 중심성 분석, 네트워크 구조 분석, 선호적 연결 및 성장 분석 | - 기술경영분야 연구동향 파악 · Research Policy 등 기술경영 관련된 3개의 저널에 게재된 2,611편 논문을 대상으로 연구동향 분석 · 기술경영 관련 연구는 기존의 선호적 연결이 높은 키워드를 바탕으로 신규 생성된 키워드들이 연결되어 새로운 연구주제를 생성하고 있다는 시사점을 도출 |
| | 김민선· 엄혜미 (2016) | 컴포넌트 분석 | - 관광 관련 연구동향 정리 · 2010년부터 2015년까지의 관광연구 관련 논문 1,923편을 대상으로 연구동향 분석 · 컴포넌트 분석을 활용하여 최근 관광연구 동향을 정리하고 국내 관광연구의 핵심주제가 빠르게 변화한다는 점을 시사 |
| | 김영준· 왕영민 (2017) | 네트워크 속성 분석, 중심성 분석, 응집성 분석 | - 원자력 과학기술 관련 연구의 경향 분석 · 원자력과 관련된 논문 605건을 대상으로 원자력 관련 사회과학 연구경향 분석 · 후쿠시마 원전 사고 이후 ‘원전해체’와 같은 기술적 분야에 있어 연구가 수행되었으며, ‘독일’, ‘프랑스’, ‘미국’, ‘일본’ 등 비교국가 연구를 통한 문제제기 및 대안제시의 연구가 수행되었다는 시사점을 도출 |
| | 윤호열· 양성준 (2018) | 연결 중심성 분석, 매개 중심성 분석, 클러스터 분석 | - 시기별 한국지역개발학회지 연구동향 분석 · 노무현 정부와 이명박 정부 기간 동안 진행된 한국지역개발학회지의 핵심 키워드와 주제를 도출 · 김대중 정부 기간은 상대적으로 적은 데이터로 인해 진행하지 못한 한계점을 지남 |
| | 박주섭· 김나랑· 한은정 (2018) | 빈도 분석, 네트워크 분석, 연결 중심성 분석, 매개 중심성 분석 | - 과학기술동향 파악 및 예측 · 미국의 AI (Artificial Intelligence)와 관련된 특허문서를 바탕으로 연결 중심성 분석 및 매개 중심성 분석을 진행 · AI 산업 기술에 대한 초기 학술 연구로서 의의가 있음. |
| | 정대현· 권오진· 권영일 (2012) | 연결 중심성 분석 | - 전 세계 녹색기술동향 파악 · 녹색기술정보포털에서 제공하고 있는 녹색기술 정보의 키워드를 대상으로 네트워크 분석을 수행 · 녹색기술 관련 연구는 에너지 분야에 초점이 맞추어져 있으며, 대표적으로 스마트 그리드에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음. |
| LDA 관련 | 박자현· 송민 (2013) | LDA 기반 토픽 모델링 | - 문헌정보학 분야 연구동향 분석 · 문헌정보학 관련 4개의 학술지에 발표된 논문을 대상으로 LDA 기반 토픽 모델링을 진행 · 4개 학술지에서 가장 많은 연구가 진행된 주제가 무엇인지를 규명함 |
| | 정명석· 이주연 (2018) | LDA 기반 토픽 모델링 | - 인공지능 관련 연구 분야 및 관련 동향 분석 · 향후 인공지능 분야 연구의 투자와 발전 방향을 시사함. · 논문서지 데이터를 이용하여 정량적인 분석만 이루어졌다는 한계를 지남. |
| | 박준형· 오효정 (2017) | LDA 기반 토픽 모델링, HDP 기반 토픽모델링 | - 문헌정보학 관련 연구동향 분석 및 토픽모델링 기법 비교 · 토픽모델링 기법인 LDA와 HDP를 비교 분석하였다는 점에 큰 의의가 있음. · LDA 토픽모델링은 거시적인 주제들을, HDP 토픽모델링은 미시적인 키워드를 도출하는데 효과적임을 밝힘. |