

텍스트 분석을 활용한 국내 자연환경복원 연구동향 분석*

이길상¹⁾ · 정예림²⁾ · 송영근²⁾ · 이상혁¹⁾ · 손승우¹⁾

¹⁾ 한국환경연구원 · ²⁾ 서울대학교 환경대학원

Text Analysis on the Research Trends of Nature Restoration in Korea*

Lee, Gil-sang¹⁾ · Jung, Yee-rim²⁾ · Song, Young-keun²⁾ · Lee, Sang-hyuk¹⁾ and Son, Seung-Woo¹⁾

¹⁾ Korea Environment Institute, Division for Environmental Planning,

²⁾ Seoul National University, Graduate School of Environmental Studies.

ABSTRACT

As a global response to climate and biodiversity challenges, there is an emphasis on the conservation and restoration of ecosystems that can simultaneously reduce carbon emissions and enhance biodiversity. This study comprised a text analysis and keyword extraction of 1,100 research papers addressing nature restoration in Korea, aiming to provide a quantitative and systematic evaluation of domestic research trends in this field. To discern the major research topics of these papers, topic modeling was applied and correlations were established through network analysis. Research on nature restoration exhibited a mainly upward trend in 2002-2022 but with a slight recent decline. The most common keywords were “species,” “forest,” and “water”. Research topics were broadly classified into (1) predictions of habitat size and species distribution, (2) the conservation and utilization of natural resources in urban areas, (3) ecosystems and landscape managements in protected areas, (4) the planting and growth of vegetation, and (5) habitat formation methods. The number of studies on nature restoration are increasing across various domains in Korea, with each domain experiencing professional development.

Key Words : *Bibliometric Analysis, Text Mining, Frequency, Topic Modeling, Network Analysis*

* 본 논문은 한국환경연구원에서 환경부 수탁과제로 수행된 「국토환경 녹색복원 후보목록 선정방안 연구(Ⅰ)(2022-06-7)」의 연구성과 및 2023년 한국환경복원기술학회 추계학술대회에서 발표한 내용을 토대로 작성하였으며, 한국환경연구원에서 환경부 수탁과제로 수행된 「국토환경 녹색복원 후보목록 선정방안 연구(Ⅱ)(2023-065)」의 지원을 받아 수행되었음을 알립니다.

First author : Lee, Gil-sang, Korea Environment Institute, Researcher,
Tel: +82-44-415-7714, E-mail: kslee@kei.re.kr

Corresponding author : Son, Seung-Woo, Korea Environment Institute, Research Fellow,
Tel: +82-44-415-7821, E-mail: swson@kei.re.kr

Received : 23 January, 2024. **Revised** : 19 March, 2024. **Accepted** : 28 February, 2024

I. 서론

2022년 12월 ‘제15차 생물다양성협약 당사국 총회(COP15)’에서는 생물다양성 손실을 멈추기 위한 전지구적 행동을 촉구하고자 『쿤밍-몬트리올 글로벌 생물다양성 프레임워크(Global Biodiversity Framework, GBF)』를 채택하였다(MoE, 2023). GBF에서 채택된 2030 실천목표의 하나(Target 2.)로 토지, 내륙수역, 해양 및 연안 생태계 중 훼손된 지역의 최소 30%에 효과적인 복원을 실시하여 생물다양성과 생태계 기능 및 서비스, 생태적 온전성과 연결성 증진을 도모하고자 하였다(CBD, 2022). 또한, 우리나라 정부에서는 GBF 이행을 위하여 국가생물다양성전략(National Biodiversity Strategy Action Plan, NBSAP)을 마련(2023.12)하였으며, Target 2. 달성을 위하여 생태계 복원을 통한 자연자본의 가치를 확대하고자 2027년까지 자연환경 훼손지역을 식별하고, 2030년까지 복원 우선지역 30%에 대해 생태계 복원을 착수하는 세부 실천목표를 마련하였다(MoE, 2023).

생태계 복원은 질적·양적으로 저하, 훼손되었거나, 파괴된 생태계의 회복을 도와주는 과정으로-(SER 2004; Jo 2017), 그동안 주로 생물다양성 증진을 위한 서식처 보전 및 확대 측면에서 이루어졌다(Lima et al., 2016; Wei et al., 2022). 하지만 전세계적으로 기후위기 완화(탄소중립)와 적응(재난재해 위험의 경감)이 강조되면서 자연생태계의 보호·복원·관리를 통해 효과적이고 지속가능한 방식으로 해결하고자 자연기반해법(Nature-based Solutions, NbS)이 대두되었으며(IUCN, 2020; MoE, 2021b, Lee & Park, 2022), 우리나라는 2050 탄소중립 선언(2020.10)과 탄소중립 법제화(2021.09)에 따라 탄소흡수원 확충 방안의 하나로 NbS가 부각되고 있다(MoE, 2021a). NbS의 유형은 생태계의 보호와 복원, 생태기반 관리, 그린인프라의 조성 등으로 분류할

수 있으며(Eggermont et al., 2015; MoE, 2021b), 주로 자연환경 훼손지역에 대한 녹색공간으로의 전환, 즉 자연환경복원을 통해 서식처 확대와 흡수원 확충이 이루어지고 있다.

기후 및 생물다양성 위기 극복을 위해 자연생태계의 보전·복원이 강조되면서, 변화하고 예측할 수 없는 미래환경에서의 적응을 위해 미래지향적(futuristic) 자연환경복원으로 패러다임의 전환이 제기되고 있다(Choi, 2004; Choi, 2007; Choi et al., 2008; Hobbs et al., 2011; Pape, 2020; Case & Lauren, 2021; Pape, 2022). 이는 자연환경복원의 실행시 단순히 과거의 재구성이 아니라 미래환경에서 적응을 위한 기능적 회복(recovery)에 초점을 맞추어야 함을 강조하고 있으며, 국토의 건강성(health)과 회복탄력성(resilience) 증진을 도모하고자 하였다(MoE, 2021a). 또한 ESG (Environment-Social-Governance) 정보공시 의무화에 대응하는 역량에 따라 향후 기업의 지속적 성장이 좌우되는 시점을 맞이하여 자연관련 재무정보공개 협의체(Task Force on Nature-related Financial Disclosures, TNFD)는 글로벌 기업의 ESG 경영 관련 공시 표준화 모델을 수행할 전망이다. 선제적으로 이에 대응하는 체계 마련이 요구되면서 생물다양성과 이를 증진할 수 있는 수단으로 자연환경복원의 중요도는 증가하고 있다(KAER, 2023).

특정 분야의 연구동향을 파악하는 것은 해당 분야의 종합적인 관심과 이론체계, 연구방법 등의 변화를 포함하고 있는 역사적 기록물로서(Kim & Lee, 2018), 시간적 변화에 따라 연구주제의 흐름이 어떻게 변화하는지 분석하고 미래를 예측함으로써 이에 대응할 수 있는 정책방향을 도출하고 이를 뒷받침하는 학술적 근거와 새로운 연구주제의 방향을 마련할 수 있다(Park & Na, 2016; Kim & Lee, 2018). 하지만 연구동향을 분석하는 기존 기법은 연구논문을 직접 읽고 정성적으로 해석하는 내용분석(Content Analysis)이 주로 활용되어 왔으며(Lee et al., 2022), 자연환경복원 분야에서도 특정 주제에 집중되어 있고 시기별 연구를 단순

집계하거나 연구대상 논문별, 분류 범주별 빈도를 분석하는 정량적 연구가 주로 이루어졌다(Kim & Lee, 2018). 이러한 기존 방식은 연구자 주관에 개입되어 왜곡된 연구결과가 도출되거나 객관적 분석에 있어 한계에 직면할 수 있다(Yi & Na, 2018; Lee & Lee, 2021; Lee et al., 2022).

이에 따라 다른 학문 분야에서는 빅데이터 분석 기법의 하나인 텍스트 마이닝을 활용한 연구동향 분석이 시도되고 있다(Lee et al., 2019). 텍스트 마이닝은 비정형 텍스트 데이터를 구조화하고 분석하여 유의미한 정보와 통찰을 얻어내며(Kim et al., 2017; Lee et al. 2018), 데이터간 연계성을 파악하고 숨겨진 패턴을 도출하기 때문에 연구동향의 객관적 파악이 가능하다(Lee et al., 2019; Lee & Lee, 2021). 최근 자연환경복원 분야에서도 빅데이터 분석 기법을 활용한 연구동향 분석 연구들이 시도되었으나, 국내의 경우 복원기술 중심의 분야별 동향(Kim & Lee, 2018)과 멸종위기 야생생물 관련 민원 이슈를 분석하였으며(Kim, Nam & Park, 2023), 국외의 경우 시기별, 국가별, 저자별, 학술지별 동향을 파악하고 키워드의 빈도와 연구주제를 분류하였으나(Shi et al., 2022; Wei et al., 2022), 시기별 연구동향 및 주제의 흐름과 변화에 대한 논의는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 국내외 기후 및 생물다양성 위기와 함께 최근 관심과 중요성이 높아지고 있는 국내 자연환경복원 분야 전반의 연구를 수집하고, 키워드를 중심으로 텍스트 분석을 통하여 그간의 핵심 연구주제와 흐름, 변화를 시계열별로 살펴보고자 하였다. 이를 통해 자연환경복원 관련 연구의 동향을 파악하고 시사점을 도출함으로써 자연환경복원의 학술적 가치를 제고하는데 기여하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 관련문헌 수집

관련연구의 수집은 2001년부터 2022년까지

자연환경복원(Restoration)을 주제로 수행된 국내 연구물을 대상으로 하였다. 연구물은 한국학술지인용색인(Korea Citation Index, KCI)¹⁾ 검색 시스템에서 등재 또는 후보 이상의 학술지에 실린 학술논문으로 한정하여 자료를 수집하였다. 검색어의 경우, 연구물의 제목과 주제어를 기준으로 ‘자연환경복원’ 뿐만 아니라 이와 동일 또는 유사한 개념으로 사용되고 있는 ‘생태복원’, ‘환경복원’, ‘녹색복원’을 포함하여 검색하였다.

1차적으로 연구내용에 대한 구분없이 검색어를 바탕으로 3,908개의 학술논문을 추출하였다. 추출된 학술논문의 경우 복원의 대상과 분야, 주제 등에 대한 구분없이 기계적으로 추출하였기 때문에 연구의 대상이 자연환경과 생태계로, 인간에 의하여 회복과 개선, 향상의 방향을 포함하는 연구로 한정하여 1,260개의 학술논문을 선별하였다. 선별과정에서 역사·문화유산 및 영상의 복원은 물론 지역의 식생 및 생물종 분포 현황조사 등에 관한 연구는 제외하였으며, 선별의 정확도를 위하여 견해차가 발생하는 경우에도 제외하였다. 마지막으로 본 연구의 텍스트 분석은 학술논문의 집약체인 초록을 기준으로 수행하였으며(Kim & Lee, 2018), 대부분의 초록이 영문으로 작성되기 때문에 한글로 초록이 작성된 경우는 연구의 대상에서 제외하여 총 1,100개의 연구를 중심으로 텍스트 분석을 실시하였다.

2. 연구의 방법

수집된 관련문헌의 분석은 자연환경복원 관련 학술논문의 키워드를 중심으로 ① 빈도분석, ② 연구주제 분석, ③ 네트워크 분석을 수행하였다(Figure 1).

자연환경복원 관련 학술논문의 빈도 분석은

1) 한국학술지인용색인은 한국연구재단 학술지 평가를 통해 선정된 등재 및 등재후보 국내 학술지의 게재논문에 대한 각종 정보를 제공하는 전문정보 서비스로, 국내 학술지 및 논문 정보와 참고문헌을 DB화하여 제공(KCI Homepage)

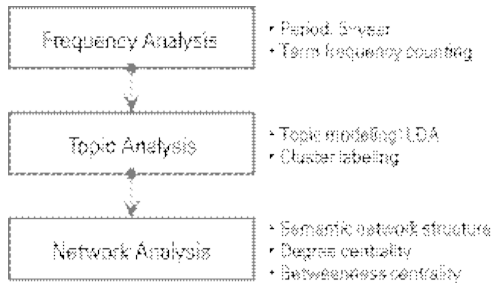


Figure 1. Flow of research method

수집한 관련문헌을 시계열에 따라 분류하여 수행하였다. 연구경향을 분석하는데 있어서 현재 및 향후 연구동향 예측은 5년 단위만 되어도 가능하다는 선행연구(Lee et al., 2009; Jhang et al., 2015; Kwon & Cha, 2016)를 바탕으로, 5년 단위로 분류하였다. 시기별로 분류된 연구 및 키워드의 빈도를 통해 경향을 파악하였다.

학술논문 키워드의 빈도와 시계열별 경향 분석을 통해 도출된 결과를 바탕으로 묶음의 주제를 찾는 토픽모델링 방법으로 연구주제 분석을 진행하였다. 키워드 분석에 앞서 유사하지만 동일한 의미로 사용되고 있는 단어로 변환(ex. 자연환경복원 = 녹색복원, 환경복원, 생태복원 등)하고, 명사 형태로 단어의 변환을 위하여 Python Library인 ‘WordNetLemmatizer’를 활용하여 단어의 어간을 추출하였다. 이후 의미있는 정보를 담고 있지 않거나 하나의 명사로써 의미를 파악하기에 어려운 단어에 대하여 불용어로 제외하여 최종 키워드를 도출하였다. 도출된 키워드(명사)를 바탕으로 문서-명사 행렬을 구축하고 명사의 빈도수(term frequency, TF) 카운팅을 통해 문서별로 명사의 빈도수를 파악하고 시계열별로 문서를 분류하여 시기별 키워드의 경향과 변화를 파악하였다.

도출된 키워드 속에서 숨겨진 주제를 발견하는데 토픽모델링 방법을 활용하며, 토픽모델링 방법론 가운데 가장 널리 사용되는 Latent Dirichlet Allocation(LDA) 모델을 이용하였다(Blei et al., 2003). LDA는 주제의 개수(K)를 입력받아 이를

토대로 문서에 포함된 키워드의 분포를 잘 설명할 수 있는 최적의 주제-문서 행렬과 주제-단어 행렬을 만들고 두 행렬 조합의 위치 분포를 바탕으로 유사한 클러스터로 묶은 후, 연구자의 판단에 따라 각각의 클러스터 주제를 레이블링 하는 방식이다.

네트워크 분석은 문헌의 주요 키워드를 바탕으로 계량서지학 분석 방법론과 비약적으로 발전한 컴퓨터 기술을 통해 계량적으로 분석된 정보를 노드(node)와 링크(link)로 표현하여 키워드 간 네트워크 도식화(network mapping)하여 대상에 대한 의미적 연관구조를 파악하는 방법이다(Kim et al., 2015). 연관구조의 파악은 한 항목의 값을 아는 경우 다른 항목의 값을 예측해 내는 방법으로 이를 평가하기 위하여 지지도(Support), 신뢰도(Confidence), 향상도(Lift) 등의 지표를 활용할 수 있다(Ryu et al., 2006). 본 연구에서는 최소 지지도와 최소 신뢰도를 만족하는 키워드로 세트를 구성하고, 향상도를 기준으로 이를 순위화하여 노드와 링크를 도출하고자 하였으며, 가장 많이 사용되는 Apriori 알고리즘을 활용하였다(Ryu, Mun & Choi, 2006; Lim et al., 2022). Apriori 알고리즘은 대규모 데이터 세트 내에서 빈번하게 함께 발생하는 항목의 집합을 식별하는데 효율적인 알고리즘으로 단어의 조합이 연구자가 설정하는 지지도 이상으로 문서에 함께 나타나는 경우 주요한 집합으로 식별된다. 이를 통해 단어 간의 연관성을 수치로 확인할 수 있고, 강한 연관규칙으로 연결된 단어들은 두 단어 사이에 어떤 의미적·주제적 연관성이 있음을 시사한다고 해석할 수 있다. Apriori 알고리즘은 강한 연관규칙의 항목 집합이 빈번하게 발생하기 위해서는 그 구성 요소들도 자주 발생해야 한다는 아이디어에서 출발하기 때문에 빈번하지 않은 단어의 조합은 분석의 초기에 제거되므로 특히, 빅데이터 분석에서 있어 계산의 효율성을 높일 수 있어 유리할 것으로 판단하였다. 분석 결과를 시각화하기 위해 네트워크 시각화를 선택

하였으며 네트워크를 구성하는 노드는 주요 키워드로, 링크는 키워드 간 강한 연관규칙으로 설명할 수 있다. 노드와 링크의 다양한 조합으로 네트워크 구조를 파악하는 지표로는 중심성 분석을 사용하였다. 중심성 분석은 네트워크의 구조를 파악하는데 가장 일반적으로 사용되는 분석기법의 하나로(Kim et al., 2015), 키워드 간에 연결관계를 분석하여 의미와 구조를 파악하는데 유용하다(Lee, 2020). 본 연구에서는 중심성 분석을 수행하는데 ‘Gephi’ 프로그램을 활용하였고, 연결중심성(Degree centrality, Cd), 매개중심성(Betweenness centrality, Cb)을 지표로 활용하였다.

연결중심성은 정보와 교류의 핵심으로 특정 키워드가 얼마나 많은 다른 키워드와 연계되었는가를 판단하며(Kim & Lee, 2018), 연결중심성이 높은 경우는 앞으로도 영향력 있는 키워드로 확장될 수 있어 잠재적 중요성이 높은 키워드임을 의미한다(Lee & Ha, 2012; Jeong & Yang, 2018). 매개중심성은 직접적인 연결이 없는 특정한 두 주제어를 매개시켜주는 역할을 수행하는 정도를 판단하며(Jeong & Yang, 2018), 매개중심성이 높은 경우 다리 역할을 하는 중재자로서 키워드 간의 연계와 흐름에 있어 큰 영향력을 가지며 최단경로에 위치하는 핵심 키워드임을 의미한다(Lee, 2012; Kim, 2020; Lee, 2020).

III. 연구결과

1. 빈도 분석

2002~2022년까지 총 1,100개의 국내 자연환경복원 관련연구를 선별·분석하여 5년 단위로 그룹핑을 통해 연구의 빈도를 살펴보면, 시기별로 다소 차이가 있지만 지속적으로 증가하였다가

최근 들어 연구들이 다소 감소한 것으로 나타났다(Figure 2). 이는 기후위기 대응과 함께 2010년 이후 기후변화 관련 연구가 국내외적으로 활발하게 진행되며 적응, 완화, 감축 등으로 연구가 확대되면서(Yoo et al., 2019), 자연환경복원 관련 연구는 다소 감소하고 있음을 유추할 수 있다.

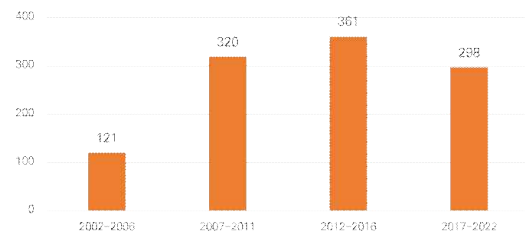


Figure 2. Number of restoration studies by period

시기별로 그룹핑한 연구의 초록을 대상으로 형태소 분석을 통해 분해된 단어(키워드)를 바탕으로 중복 또는 유사한 키워드와의 통합 및 불용어 제거 등의 전처리 작업을 통해 최종분석을 위한 단어를 도출하였다. 2002년부터 2022년까지 연구별로 등장하는 단어의 빈도(카운트)를 살펴보면, 전기간에 걸쳐 ‘species’, ‘forest’, ‘water’ 등의 키워드들이 상위로 도출되었다(Table 1). 시기별로 살펴보면 초기(2002-2011)에는 ‘soil’, ‘vegetation’, ‘slope’ 등 미시적 기반환경 관련 키워드가 상위로 나타났으나, 시간이 흐름에 따라 2012년 이후 점차 ‘ecosystem’, ‘habitat’, ‘climate-change’ 등 거시적 서식환경 관련 키워드가 새롭게 대두하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 최근으로 가까워질수록 빈도가 높은 상위 키워드의 사용비율이 전체적으로 상향되고 있어 상위 키워드들의 중요도가 지속적으로 증가하는 것으로 파악되었다.

2. 연구주제 분석

자연환경복원과 관련된 단어를 주제(topic)별로 분류하기 위해 우선 ‘자연환경복원’을 분석에서 제외하고 LDA 알고리즘을 활용하여 토픽도

2) KCI 검색시스템에서 2001~2022년까지 수행된 자연환경복원 관련연구를 수집하였으나, 2001년 수행된 연구는 자연환경복원과 직접적 관련이 낮은 것으로 판단되어 연구대상에서 제외하여 이후의 분석은 2002~2022년까지의 연구를 대상으로 수행하였다.

Table 1. Top 15 keywords frequency

Rank	Total		2002-2006		2007-2011		2012-2016		2017-2022	
	keyword	Docu- ment Count	keyword	Docu- ment Count	keyword	Docu- ment Count	keyword	Docu- ment Count	keyword	Docu- ment Count
1	species	381 (34.64)	soil	39 (32.23)	species	101 (31.56)	species	122 (33.80)	species	125 (41.95)
2	environ- ment	303 (27.55)	plant	38 (31.40)	environ- ment	82 (25.63)	water	96 (26.59)	environ- ment	113 (37.92)
3	plant	291 (26.45)	species	33 (27.27)	soil	79 (24.69)	forest	91 (25.21)	ecosystem	103 (34.56)
4	forest	282 (25.64)	environ- ment	32 (26.45)	natural	78 (24.38)	plant	91 (25.21)	climate- change	94 (31.54)
5	natural	276 (25.09)	water	29 (23.97)	vegetation	78 (24.38)	natural	87 (24.10)	forest	92 (30.87)
6	water	273 (24.82)	vegetation	28 (23.14)	plant	75 (23.44)	soil	84 (23.27)	habitat	91 (30.54)
7	vegetation	265 (24.09)	forest	26 (21.49)	forest	73 (22.81)	manage- ment	82 (22.71)	conducted	88 (29.53)
8	soil	254 (23.09)	manage- ment	26 (21.49)	water	71 (22.19)	vegetation	81 (22.44)	plant	87 (29.19)
9	manage- ment	251 (22.82)	natural	25 (20.66)	manage- ment	62 (19.38)	habitat	77 (21.33)	natural	86 (28.86)
10	climate- change	241 (21.91)	slope	23 (19.01)	develop- ment	60 (18.75)	environ- ment	76 (21.05)	urban	83 (27.85)
11	ecosystem	232 (21.09)	urban	22 (18.18)	change	58 (18.13)	conducted	76 (21.05)	conser- vation	82 (27.52)
12	habitat	229 (20.82)	conser- vation	19 (15.70)	system	55 (17.19)	climate- change	74 (20.50)	manage- ment	81 (27.18)
13	urban	217 (19.73)	system	19 (15.70)	plan	54 (16.88)	charac- teristic	73 (20.22)	land-use	80 (26.85)
14	value	208 (18.91)	develop- ment	19 (15.70)	habitat	53 (16.56)	ecosystem	73 (20.22)	vegetation	78 (26.17)
15	land-use	205 (18.64)	conducted	17 (14.05)	land-use	53 (16.56)	urban	66 (18.28)	water	77 (25.84)

*Document Count: frequency (ratio (percentage))

텔링을 실시하였다. 토픽모델링의 연구주제 할당 개수(k)는 coherence score를 바탕으로 설정하였으며, 이를 LDAvis 라이브러리를 통해 시각화하여 타당한지를 파악하고자 하였다(Figure 3). 시각화 결과로 나타나는 원의 크기는 해당 토픽과 관련된 단어가 얼마나 포함되어 있는지, 원 간의

거리는 토픽간 유사성이 어느 정도인지를 보여 주고 있으며, λ 가 1에 가까울수록 해당 토픽에서 자주 등장하는 단어, 0에 가까울수록 특정 토픽에서만 많이 등장하는 단어로 파악할 수 있다.

LDA 분석을 통해 2002~2022년까지 전기간의 토픽은 5개 그룹으로 분류하는 것이 가장 설명력

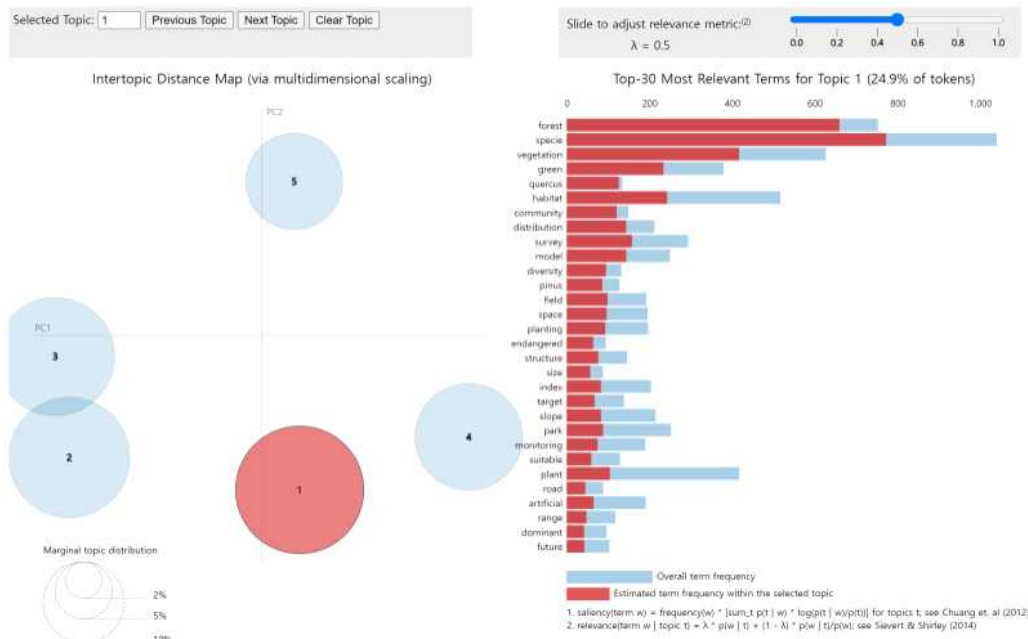


Figure 3. Distribution of restoration topics(visualization through LDAvis)

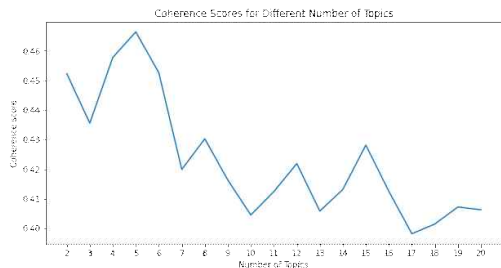


Figure 4. Coherence scores for different number of topics

이 높은 것으로 나타났으며(Figure 4), 각 그룹에 포함되고 있는 키워드를 바탕으로 (1) 종, 서식처의 크기 및 분포 예측(Group 1), (2) 도시지역에서 보전과 이용(Group 2), (3) 보호지역의 생태계 및 경관 관리(Group 3), (4) 식생의 식재와 생육, 성장(Group 4), (5) 서식처 조성 기법(Group 5)으로 연구의 토픽을 분류할 수 있었다(Table 2).

Table 2. Leading keywords by topic group from 2002 to 2022

Group	Leading Keyword	Topic
Group 1	Species, Forest, Quercus, Vegetation, Community, Habitat, Diversity, Survey, Endangered, Model, Distribution, Pinus, Size	Predictions of habitat size and species distribution
Group 2	Environment, Planning, Urban, Damage, Natural, Spatial, Conservation, Resource, Assessment, Problem, Development, Habitat, Strategy	Conservation and utilization of natural resources in urban areas
Group 3	River, Ecosystem, Landscape, Management, Wetland, Evaluation, Economic, Park, National, Policy, Function, Conservation, Public	Ecosystems and landscape management in protected areas
Group 4	Soil, Growth, Content, Plant, Tree, Organic, Native, Vegetation, Growth, Species, Planted, Control, Planting, Coverage, Amount	Planting and growth of vegetation
Group 5	Water, Stream, Quality, Flow, System, Environment, Concentration, Temperature, Treatment, Habitat, Design, Technique, Species, Artificial	Habitat formation methods

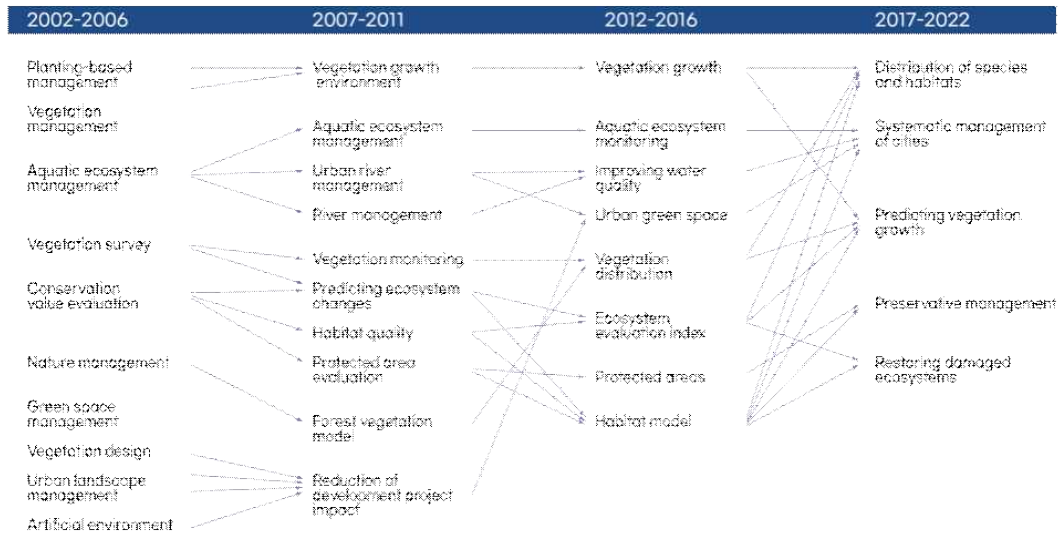


Figure 5. Evolution of research topics about restoration by period

전체 연구기간 동안 과거에는 도시, 수공간, 인공환경 등 공간유형별 또는 대상별 관리 중심의 연구가 많이 수행되었으나, 최근으로 올수록 서식처 중심의 예측 및 관리로 통합됨에 따라 자연환경 관리의 목표를 중심으로 연구가 진행되고 있는 것으로 판단할 수 있었다(Figure 5).

시기별로 연구주제의 변화를 살펴보면 2002~2006년까지는 도시·인공 및 육상·수환경의 설계, 조성, 관리 등 다양한 주제로 연구가 수행되었으나, 2007~2011년 사이에 수환경 관리가 하천과 도시하천, 수생태계 관리로 세분화 되었으며, 육상환경과 관련되었던 다양한 연구가 개발로 인한 영향 저감으로 통합되었다. 이러한 변화는 같은 시기 동안 추진되었던 4대강사업으로 인해 하천의 위계와 수질 및 수량, 수생태계 관리 등 다양한 수환경 이슈가 제기되었으며, 관련된 개발사업에 따라 발생된 환경영향을 저감하고자 자연환경복원이 추진됨에 따라 이전 시기의 연구주제와 차별화된 것으로 판단되었다.

2012~2016년 동안에는 4대강 사업에 따른 문제가 제기됨에 따라 기존 하천관리에서 수생태계 모니터링 및 수질 개선으로 주요 연구주제가

변화하였으며, 서식처 모델의 활용으로 많은 연구주제가 통합되고 있음을 확인할 수 있었다. 2017~2022년에는 서식처 모델 연구가 종·서식처 분포와 생육 예측 관련 연구에서 활용되고 있음을 확인할 수 있었으며, 보전적 관리와 도시의 계획적 관리로 구분하고 훼손된 생태계의 회복으로 연구주제가 통합되고 있어 미래지향적인 자연환경 관리 목표 기반의 연구가 수행되고 있음을 확인할 수 있었다.

3. 네트워크 분석

2002~2022년까지 자연환경복원과 관련된 1,100개 연구 가운데, 55회 이상 출현한 키워드를 대상으로 중심성 분석을 통해 전체 네트워크를 시각화한 결과는 Figure 6과 같으며, 중심성 지수를 기준으로 ‘environment’, ‘restoration’, ‘species’ 등이 상위 15개 키워드로 도출되었다(Table 3). 또한 네트워크 분석 결과 노드를 구성하는 주요 키워드를 연구대상(‘environment’, ‘species’ 등), 이슈(‘climate-change’, ‘diversity’ 등), 재료(‘vegetation’, ‘land-use’ 등), 대응(‘management’, ‘conservation’ 등) 등으로 분류할 수 있었다(Figure 6).

Table 3. Top 15 result of degree and betweenness centrality from 2002 to 2022

Rank	Keyword	Cd	Keyword	Cb
1	environment	0.1354	environment	0.1926
2	restoration	0.1146	species	0.1301
3	species	0.1042	restoration	0.0966
4	natural	0.0625	water	0.0355
5	water	0.0521	natural	0.0145
6	vegetation	0.0521	vegetation	0.0108
7	management	0.0469	soil	0.0094
8	forest	0.0469	management	0.0018
9	soil	0.0417	forest	0.0014
10	conservation	0.0365	conservation	0.0001
11	ecosystem	0.0313		
12	land-use	0.0260		
13	plant	0.0260		
14	habitat	0.0208		
15	survey	0.0208		

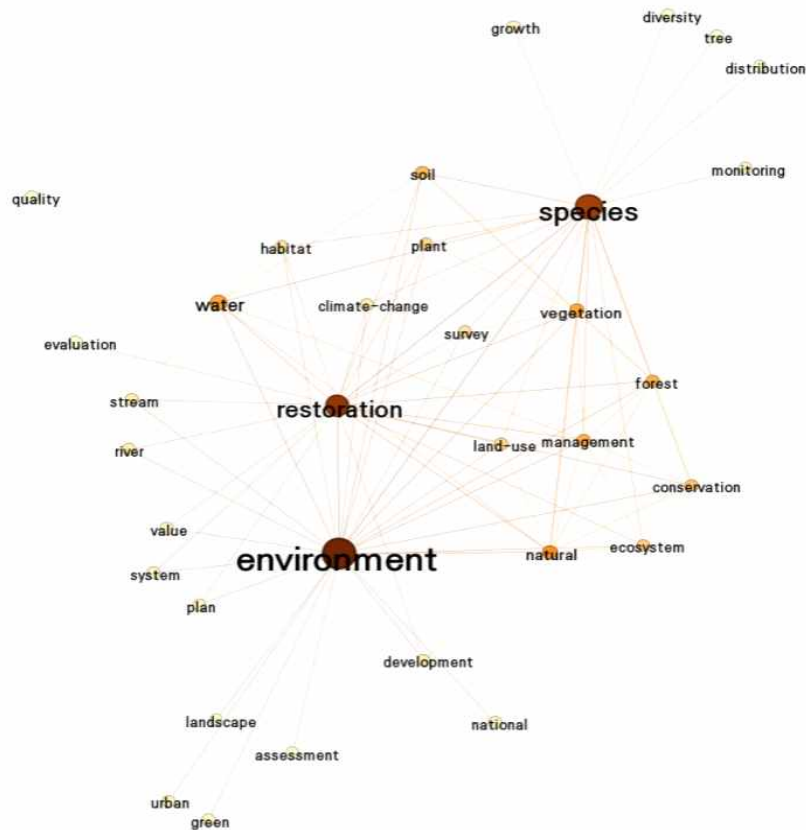


Figure 6. Keyword network analysis about restoration from 2002 to 2022
(Node color: Degree centrality; Node size: Betweenness centrality)

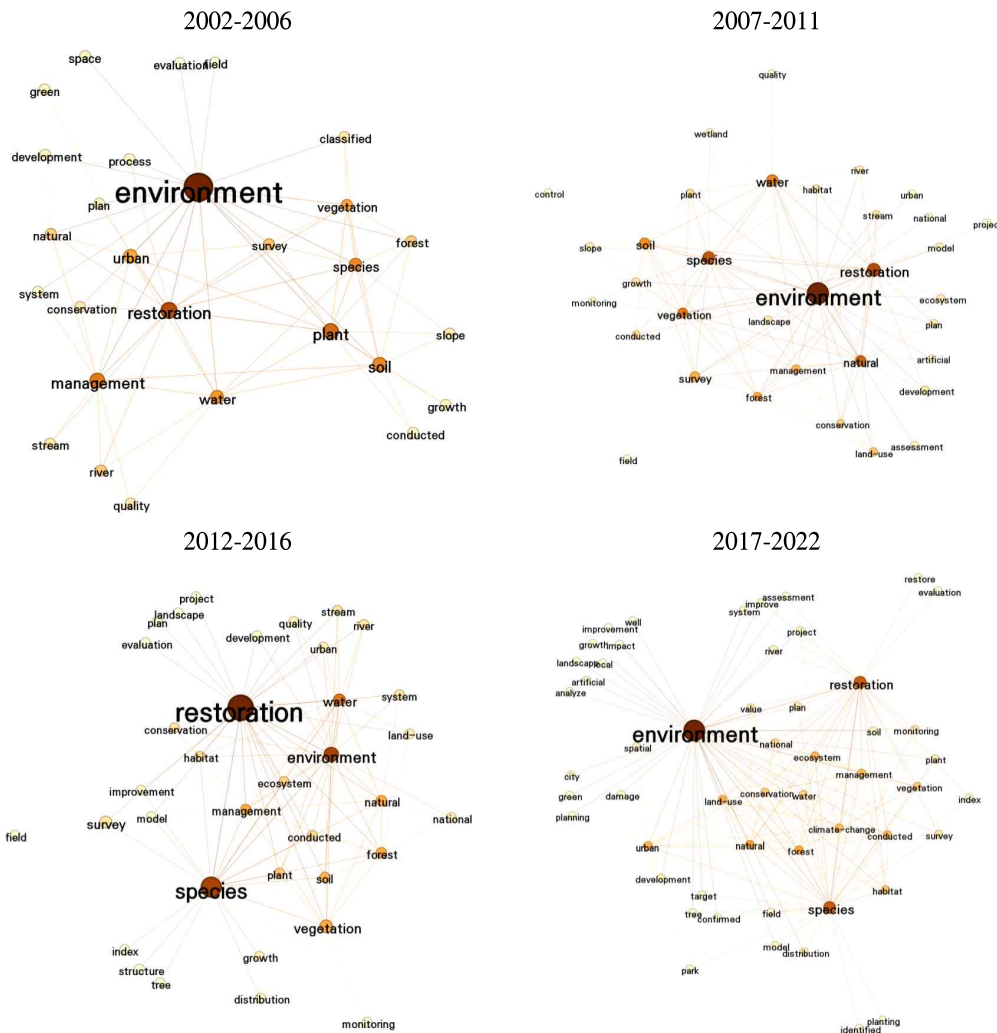


Figure 7. Trend of keyword network analysis about restoration by period
(Node color: Degree centrality; Node size: Betweenness centrality)

중심성 지수 가운데 연결중심성이 높은 상위 키워드는 자연환경복원 연구를 이끄는 핵심으로 간주하여 다른 키워드와 함께 연구주제 형성에 기여하는 핵심으로 해석할 수 있으며, 주요 상위 키워드간 연결중심성 격차가 상대적으로 적어 특정 부문으로의 집중보다는 다양한 부문으로 확장되고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 매개중심성이 높은 상위 키워드는 다른 키워드들의 중재(연계) 역할을 수행하며, 상하위 키워드간 매개중심성 격차가 현격하게 나타나 핵심적 키워

드는 소수이며 부문별로 전문적 연구가 수행되고 있음을 확인할 수 있었다.

키워드 네트워크 분석 결과를 시기별로 비교하기 위해 앞서 분류한 바와 같이 5년 단위로 그룹핑을 통해 Figure 7과 같이 시기별 중심성 지표를 살펴보면, ‘environment’, ‘restoration’, ‘species’ 등 시기별로 상위 핵심 키워드에는 변화가 크지 않았다. 다만 최근으로 가까워질수록 특정 키워드가 갖는 연결중심성 지수의 비중³⁾은 다소 감소하지만, 노드를 구성하는 키워드의 개

수는 점차 증가하고 상하위 키워드간 비중의 차이는 비교적 일정하게 유지함에 따라 연구주제가 다양해지고 있음을 확인하였다. 또한 상위 키워드의 매개중심성 비중⁴⁾이 점차 낮아지며, 중재 역할을 수행하는 키워드의 개수가 증가하고 있어 연구의 전문성은 증가하고 있음을 확인할 수 있었다.

IV. 결론 및 고찰

기후 및 생물다양성 위기가 증가함에 따라 탄소중립과 생물다양성 증진을 동시에 달성하는데 기여할 수 있는 NbS가 강조되면서 국내·외적으로 자연환경복원과 관련된 연구가 확대되고 있다. 예측할 수 없는 환경변화의 적응을 위하여 미래지향적 자연환경복원의 중요성이 증가하는 가운데 사회·경제체계의 변화에 따라 생물다양성과 자연환경 자원의 보전·복원도 함께 강조되고 있다. 이에 본 연구는 2002~2022년까지 자연환경복원 관련 국내연구 1,100개의 초록을 중심으로 키워드 및 네트워크 분석을 통해 연구동향 및 주제의 흐름과 변화를 살펴보고자 하였으며 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 2002년 이후 국내 자연환경복원 관련 연구의 빈도는 지속적으로 증가하였다가 2017년 이후 감소하였음을 확인하였으며, 이는 Yoo et al. (2019)가 파악했던 바와 같이 2010년 이후 기후변화 관련 연구가 국내외적으로 활발하게 진행됨에 따라 자연환경복원 연구가 감소하고 있음을 유추할 수 있다. 또한, 초기에는 기반환경 관련 키워드가 주로 나타났으나 시간이 흐름에 따라 서식환경 관련 키워드들이 증가하고 있음을 확인할 수 있었다.

둘째, 토피모델링을 통해 자연환경복원의 주

요 연구주제를 분류하면 (1) 종·서식처의 크기 및 분포 예측, (2) 도시지역에서 보전과 이용, (3) 보호지역의 생태계 및 경관 관리, (4) 식생의 식재와 생육, 성장, (5) 서식처 조성 기법으로 정리할 수 있다. 또한 시계열별 연구주제의 변화를 살펴보면 과거에는 도시, 수공간, 인공환경 등 공간유형별 또는 대상별 관리 중심의 연구가 많이 수행되었으나 최근으로 올수록 서식처 중심의 예측 및 관리로 통합됨에 따라 미래지향적으로 자연환경 관리의 목표를 기반으로 연구가 진행되고 있는 것을 확인할 수 있었다.

셋째, 중심성 지수를 바탕으로 상위 키워드를 살펴보면, 키워드간 연결중심성 격차가 상대적으로 적어 다양한 부문으로 확장되고 있으며, 매개중심성 격차가 현격하게 나타나 핵심적 중재(연계) 역할을 수행하는 키워드는 소수로 부문별로 전문적 연구가 수행되고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 최근으로 가까워질수록 특정 키워드가 갖는 연결중심성의 비중은 다소 감소하지만 전체 키워드의 개수는 점차 증가하여 상하위 키워드간 비중의 격차는 비교적 일정하게 유지되고 있어 연구주제가 다양해지고 있음을 의미하며, 매개중심성 상위 키워드의 비중이 점차 낮아지며 중재 역할을 수행하는 키워드의 개수가 점차 증가하고 다양해지고 있어 전문적 연구가 확대되고 있음을 확인하였다.

본 연구는 2002년 이후 국내 자연환경복원 관련 연구 1,100건을 대상으로 텍스트 분석을 통해 데이터(문서와 키워드) 기반으로 연구주제와 연구동향의 변화 및 흐름을 계량적으로 살펴보고자 하였다는 점에서 의의를 찾을 수 있었다. 하지만, 분석대상이 KCI 검색시스템에서 찾을 수 있는 연구논문에 국한하여 연구대상을 선정하였다는 한계가 있으며, 이는 시기에 따라 또는 연구주제에 따라 일부 연구가 누락되었을 가능성이 있으므로 차후 연구범위를 확대하여 진행할 필요가 있다. 또한, 연구의 대상으로 선별하기 위하여 분류하는 과정에서 일부 자의적 판단이

3) 연결중심성 지수 0.05 이상을 갖는 키워드의 합계 비율

4) 매개중심성 지수 0.05 이상을 갖는 키워드의 합계 비율

개입되었을 수 있다는 점에서 한계가 있을 수 있다. 자연환경복원과 유사한 용어의 선택을 통한 연구대상의 선별과 식생·생물종 분포 현황조사 등 자연환경복원의 범주와 관련된 명확한 기준의 마련이 후속 연구를 수행하는데 필요할 것이다. 마지막으로 본 연구에서 활용되는 분석기준은 키워드의 동시 출현빈도에 기반하여 계량적으로 산출되기 때문에 해당 키워드를 포괄하는 상위개념 또는 유사 용어의 사용에 따라 양적 출현빈도가 높지 않으면 이를 추출하는데 한계가 있으므로, 양적 지표 이외에 질적 지표를 통한 보완 등에 대한 방법론 검토가 필요할 것이다.

References

- Blei, D.M. · Ng, A.Y. and Jordan M.I. (2003). Latent Dirichlet Allocation. *The Journal of Machine Learning Research* 3(null): 993- 1022.
- Case, M.F., and Lauren M.H. (2021). Multiple Meanings of History in Restoration. *Restoration Ecology* 29(5): e13411.
- Choi, Y.D. (2004). Theories for Ecological Restoration in Changing Environment: Toward 'Futuristic' Restoration. *Ecological Research* 19(1): 75-81.
- Choi, Y.D. (2007). Restoration Ecology to the Future: A Call for New Paradigm. *Restoration Ecology* 15(2): 351-353.
- Choi, Y.D. et al. (2008). Ecological Restoration for Future Sustainability in a Changing Environment. *Ecoscience* 15(1): 53-64.
- Convention on Biological Diversity. (2022). 15/4. Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Decision Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity: 1-15.
- Eggermont, H. et al. (2015). Nature-Based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 24(4): 243-248.
- Hobbs, R.J. et al., (2011). Intervention Ecology: Applying Ecological Science in the Twenty-First Century. *BioScience* 61(6): 442-450.
- Jeong, H.J. and Yang, C.H. (2018). Analysis of Trends in Resilience Research in Public Administration and Policy Studies : Focusing on Keyword Network Analysis, *Korean Journal of Policy Analysis and Evaluation*. 28 (3): 49-74.
- Jhang, S.E. et al., (2015). Themes and Trends in Offshore Industry Research through Incorporation of Corpus and Language Network Analysis : A Social Network Analysis of Author Keywords in English Academic Articles. *The Korean Association of Language Sciences* 22 (3): 171-198. (in Korean with English abstract)
- Jo, D.G. (2017). Ecological restoration Plan & Design Volume I : Ecological Restoration Theory, Law, and Institutions. (in Korean) Korea Citation Index. Homepage. (<https://www.kci.go.kr/kciportal/aboutKci.kci>)
- Kim, B.M. and Lee, D.K. (2018). Social Network Analysis on the Research Trend of Korean Ecological Restoration Technology. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 21(3): 67-81.
- Kim, B.S. et al. (2015). Global Research Trends on Geospatial Information by Keyword Network Analysis. *Spatial Information Research* 23(1): 69-77.
- Kim, N.G. et al., (2017). Investigations on Techniques and Applications of Text Analytics. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences* 42(2): 471-492.
- Kim, N.Y. · Nam, H.J. and Park, Y.S. (2023). A Text Mining Study on Endangered Wildlife Complaints - Discovery of Key Issues through

- LDA Topic Modeling and Network Analysis -. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 26(6): 205-220.
- Kim, Y.H. (2020). Understanding and applying social network analysis techniques: network structure, clustering, and QAP. *Korea Institute of Public Administration Research Form* 34: 58-68. (in Korean)
- Korea Association of Ecological Restoration, (2023). *ESG Biodiversity Project Guidebook*. (in Korean)
- Kwon, Y.J. and Cha, M.H. (2016). A Study on the Research Trend of Resilience using Keyword Network Analysis. *Korean Journal of Counseling* 17 (6): 105-121.
- Lee, B.J. et al., (2019). The Trends of Artiodactyla Researches in Korea, China and Japan using Text-mining and Co-occurrence Analysis of Words. *Korean Journal of Environment and Ecology* 33(1): 9-15.
- Lee, J.K. and Ha, M.S. (2012). Semantic Network Analysis of Science Gifted Middle School Students' Understanding of Fact, Hypothesis, Theory, Law, and Scientificness. *J Korea Assoc. Sci. Edu*, 32(5): 823-840
- Lee, J.K. and Lee, C.B. (2021). A study on domestic research trends (2001-2020) of forest ecology using text mining. *Journal of Korean Society of Forest Science* 110(3): 308-321.
- Lee, J.K. · Sim, H.S. and Lee, C.B. (2022). Study on Research Trends (2001~2020) of the Baekdudaegan Mountains with Big Data Analyses of Academic Journals. *Journal of Korean Society of Forest Science* 111(1): 36-49.
- Lee, J.W. and Park, C. (2022). Estimation of non-point pollution reduction effect of Haean Catchment by application of Nature-based Solution. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 25(3): 49-62.
- Lee, M.H. · Ying-T.W., and Chin-C.T. 2009. Research Trends in Science Education from 2003 to 2007: A Content Analysis of Publications in Selected Journals. *International Journal of Science Education* 31(15): 1999-2020.
- Lee, S.I. et al., (2018). Quantitative Analysis of Research Trends in Korean E-Government Using Text Mining and Network Analysis Methods. *Informatization Policy* 25(4): 84-107.
- Lee, S.S. (2012). *Network Analysis Methodology* (in Korean)
- Lee, T.K. (2020). Domestic Research Trend of Internet of Things based on Keyword Frequency and Centrality Analysis. *The Journal of the Korea Contents Association* 20(12): 23-35.
- Lim, J.H. · Cho C.J., and Kim J.H., (2022). A Study on the Development of the School Library Book Recommendation System Using the Association Rule. *Journal of the Korean Society for Information Management* 39(3): 1-22.
- Lima, A.T. et al., (2016). The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation. *Environ. Sci. Policy* 66, 227-233.
- Ministry of Environment. (2021a). *Master Plans for Nature Restoration*. (in Korean)
- Ministry of Environment. (2021b). *Nature-based Solution Strategy for Climate Change Mitigation and Adaptation*. (in Korean)
- Ministry of Environment. (2023). *5th National Biodiversity Strategy Action Plan*. (in Korean)
- Pape, T. (2020). Futuristic Restoration: An Oxymoronic Paradigm for an Idiosyncratic Place in Time. *Restoration Ecology* 28(6): 1321-1323.
- Pape, T. (2022). Futuristic Restoration as a Policy Tool for Environmental Justice Objectives. *Restoration Ecology* 30(3): e13629.
- Park, S.J. and Na, J.M. (2016). A Social Network

- Analysis on the Research Trend of Korean Rural Development : Focus on the Centrality Structure Analysis of Key words. *Journal of the Korean Regional Science Association*. 32(3): 29-43. (in Korean with English summary)
- Ryu, G.Y. · Mun, Y.S. and Choi, S.D., (2006). A Case Study on Data Mining Techniques. *Proceedings of Joint Conference of Korean Data And Information Science Society and The Korean Data Analysis Society*: 109-120.
- Shi, X. et al., (2022). Dryland Ecological Restoration Research Dynamics: A Bibliometric Analysis Based on Web of Science Data. *Sustainability* 14(16): 9843.
- Society for Ecological Restoration International. (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*.
- Wei, X. et al., (2022). Progress of Ecological Restoration Research Based on Bibliometric Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20(1): 520.
- Yi, I. and Na, E. (2018). Unstructured data analysis and visualization “Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology(2010~2017)”. *Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology* 31(2): 499-518.
- Yoo, J.H. · Jeon E.C., and Kim, H.N. (2019). Study of Research Trends in Climate Change using Text Analysis: Focusing on Journal of Climate Change Research. *Journal of Climate Change Research* 10(3): 161-172.