

문헌분석을 통한 동아시아 습지 변화 요인 및 영향 분석 연구

유영훈·Imee V. Necesito·이하늘·김경훈*·이준형·김형수*[†]

인하대학교 스마트시티공학전공

*인하대학교 사회인프라공학과

A Study on the Changing and Influence Factors in East Asia Wetland through Literature Analysis

Younghoon Yoo·Imee V. Necesito·Haneul Lee·Kyunghun Kim*·Junhyeong Lee·Hung Soo Kim*[†]

Program in Smart City Engineering, Inha University

**Department of Civil Engineering, Inha University*

(Received : 26 July 2021, Revised : 19 August 2021, Accepted : 19 August 2021)

요약

습지는 습지를 구성하는 내·외부적 환경으로부터 끊임없이 영향을 받으면서 크고 작은 변화를 겪는다. 람사르 등록 습지의 약 15%가 위치하고 있는 동아시아 지역은 다양한 습지 유형, 생물 다양성 등으로 매우 보존가치가 높은 지역이지만, 기후변화 등의 요인으로 습지 면적의 감소, 생물 다양성 훼손 등의 문제가 제기되고 있다. 이를 완화하고 습지의 지속적인 관리를 위해서는 습지의 변화 요인을 파악하고, 각 요인이 어떤 영향을 미치는지 분석할 필요가 있다. 본 연구에서는 동아시아 지역의 습지관련 문헌분석을 통해 습지의 변화에 영향을 주는 요인을 도출하고, 영향 요인별 관계를 분석하여 향후 습지 변화요인을 고려한 연구방향을 제시하였다. 대부분의 동아시아 지역 국가는 직접적인 요인 내 추출 요인과 간접적인 요인 내 물-에너지 인프라, 관광/레저 요인에 대한 연구가 부족하였다. 또한 각 요인 간 연결성 및 관계 분석 결과와 Ramsar에서 제시한 요인 간 관계표를 통해 추가적인 연구에 대한 방향을 제시하였다. 본 연구를 통해 얻은 결과들은 동아시아 지역의 연구개발 협력체계 구축, 습지 관리 역량 강화 등에 기여할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 동아시아, 문헌분석, 습지, 변화 및 영향 요인

Abstract

Wetlands are constantly affected by internal and external environments that make up the wetlands, and these effects make wetlands change. East Asia countries where about 15% of Ramsar's registered wetlands are located, is valuable conservation area due to various wetland types and biodiversity. However, due to climate change and other factors, the total area of wetlands has been reduced and biodiversity have been damaged. To mitigate these problems and to manage wetlands efficiently, it is important to identify the factors that change wetlands and to identify how each factor affects them. In this study, we conducted a wetland-related literature analysis in East Asia to derive factors that affect the changes in wetlands, and analyzed the relationships among the factors. Finally we presented research directions considering wetland change factors. In most of the East Asia countries, it was found that there is deficiency in research studies about extraction in direct factors and water-energy infrastructure, tourism & recreation in indirect factors. Also, we presented the necessity for future research using the result between connectivity & relationship analysis and indirect drivers of change and their influence on direct drivers of change. The results of this study could contribute to the establishment of an R&D cooperation system in East Asia region and strengthen wetland management.

Key words : East Asia, Literature analysis, Wetland, Changing factor, Influence factor

[†]To whom correspondence should be addressed.
Department of Civil Engineering, Inha University
E-mail: sookim@inha.ac.kr

• Younghoon Yoo Program in Smart City Engineering, Inha University / Ph.D. Student (dudgns5971@naver.com)
• Imee V. Necesito Program in Smart City Engineering, Inha University / Ph.D. Student (imeenecesito@inha.edu)
• Haneul Lee Program in Smart City Engineering, Inha University / Master's Course (haneul6802@naver.com)
• Kyunghun Kim Department of Civil Engineering, Inha University / Ph.D. Student (tgb611@naver.com)
• Junhyeong Lee Program in Smart City Engineering, Inha University / Ph.D. Student (lee_junhyeong@naver.com)
• Hung Soo Kim Department of Civil Engineering, Inha University / Professor (sookim@inha.ac.kr)

1. 서 론

습지는 육상생태계와 수생태계의 전이지대로서, 독특한 생·지화학적 및 구조적 특성을 지니고 있어 다양한 가치와 기능을 가지고 있다. 습지는 다양한 유형의 서식처를 제공하고 높은 생물다양성에 기여하는 등 중요한 생태적 기능을 수행할 뿐만 아니라, 물 저장, 수질 정화, 지하수 보충 및 유지, 양분 순환, 부유물의 퇴적, 홍수피해 저감, 교육적 활동 등 인류에게 많은 생태계서비스를 제공하고 있다(Mitsch and Gosselink, 2007). 이외에도 습지는 탄소의 흡수 및 저장소로서 많은 양의 탄소를 저장할 수 있으며, 이를 통해서 대기 중으로의 탄소 유입을 적절히 조절할 뿐만 아니라 국지적 기후조절 기능 등을 하여 기후변화 완화 기능을 할 수 있다(Kim, 2008). 이로 인해서 습지의 중요성이 더욱 주목받고 있다(Kim, 2011; Jennifer et al., 2017).

아시아 지역에는 람사르 등록 습지의 약 15%가 위치하고 있으며, 염습지, 맹그로브, 이탄지 등 다양한 유형의 습지가 분포하고 있다. 이 중에서 약 55%가 동아시아 및 동남아시아 지역에 위치하고 있다. 특히 동남아시아 지역은 전 세계 이탄지의 56%와 맹그로브의 42%를 포함하고 있으며, 전 세계 생물 종의 약 40%를 부양하는 생물 다양성의 핵심 지역으로 보전 가치가 매우 큰 지역이다(Page et al., 2011). 이러한 중요성에도 불구하고, 여러 요인들에 의해서 습지가 영향을 받아서 훼손되거나 파괴되고 있다. 지구습지전망보고서에 따르면, 습지는 1970년부터 2015년까지 지난 45년간 지구 습지 면적의 약 35%가 감소하였다(Ramsar Convention on Wetlands, 2018). 동남아시아 지역의 경우에는 이탄지의 60~80%가 훼손되었고, 맹그로브의 20~35%가 감소된 것으로 보고된 바가 있다(Hughes, 2017).

습지는 내·외부로부터 다양한 영향을 받고 있으며, 지구습지전망보고서에는 습지에 변화를 주는 영향 요인을 직접적인 요인 및 간접적인 요인으로 구분하였다. 직접적인 변화 요인은 자연적인 영향 요인과 인위적인 영향 요인으로 나뉘며, 물 순환 과정, 토지 이용 변화 등이 있다. 간접적인 변화 요인은 직접적인 변화 요인을 유발하는 사회적 요인들을 의미한다. 이러한 각 영향 요인들은 각 습지의 종류 및 특성에 따라서 다르며, 또한 습지가 위치하고 있는 지역적, 기후적 특성뿐만 아니라 속해 있는 국가에 따라서도 달라진다. 따라서 각 습지별로 어떠한 요인에 의해서 영향을 받으며, 이들이 어떤 식으로 작용하여 습지의 변화를 일으키는지를 파악하는 것이 중요하다. 이와 관련된 다양한 습지 연구들이 오랜 기간에 걸쳐 다수의 연구들이 수행이 되었다. 그러나 이러한 다수의 연구를 활용하여 각 연구에서 주요하게 다룬 요인과 그로 인한 변화를 토대로 분석한 시도는 아직 부족한 상황이다. 특히 동아시아와 동남아시아의 여러 국가에 대한 시도는 이뤄지지 않은 실정이다.

본 연구는 동아시아 지역의 습지에 영향을 주는 요인을 선정하고, 각 국가별 습지의 직·간접적인 변화 요인에 의한 영향을 분석하고자, 습지관련 문헌분석을 수행하였다. 습지관련 문헌은 내용의 타당성, 공신성, 전문성 등을 고려하여 연구논문 테

이터베이스를 이용하였으며, 키워드 분석을 통해 영향 요인 선정 및 국가별 각 요인 간 연결성 분석 등을 수행하였다. 동아시아 지역에서 수행된 습지와 관련된 연구논문을 조사하여 습지의 변화를 일으키는 요인들에 대해서 분석하였으며, 향후 습지 변화요인을 고려한 연구방향을 제안함으로써 동아시아 지역의 연구개발 협력체계 구축 등에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 습지 관련 문헌 데이터베이스 기반 동아시아 지역 연구 동향 분석

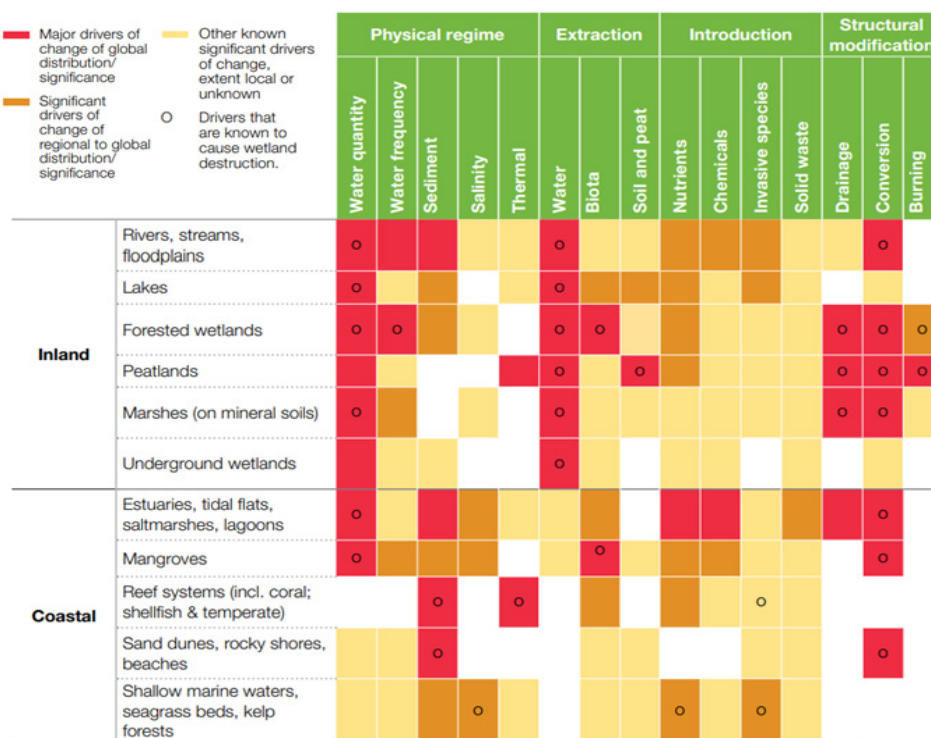
2.1 선행연구 분석을 위한 문헌 조사

습지관련 문헌은 연구논문, 국제보고서, 현장조사 보고서 등 다양한 양식으로 제공되고 있으며, 양식에 따라 사·공간적 범위, 정규성, 적용성, 적립된 정도 등에서 차이가 있다. 본 연구의 목적은 동아시아 지역의 습지 변화 요인 선정과 영향을 분석하기 위함으로, 비교적 광범위한 지역에 대하여 공평하고 타당한 결과를 산정하기 위해 문헌 데이터베이스를 선정시 이와 같은 점을 기준으로 선정하였다.

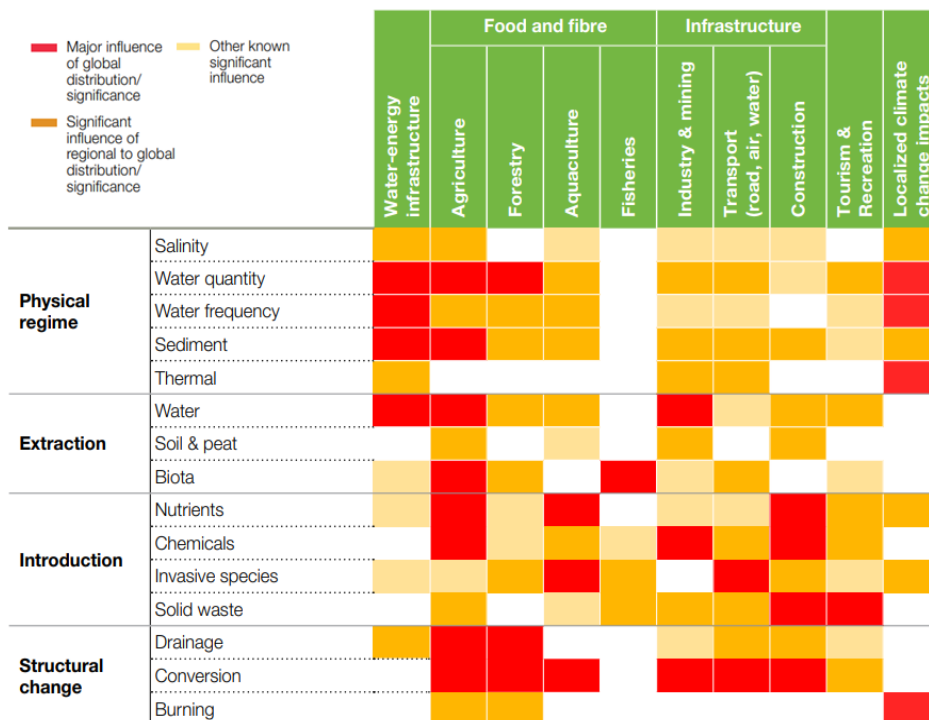
대표적인 습지관련 국제보고서는 람사르 보고서가 있으며, 습지에 관한 과학적, 기술적 정보를 전달하기 위한 Briefing Notes, 습지관련 결의안 및 관련 지침, 지침의 주요 측면을 설명하기 위한 사례 연구 등을 소개하는 Handbook, 습지 생태, 보전, 현명한 이용 및 관리에 관한 기술의 검토 및 공유를 목적으로 한 Technical reports, 습지의 범위, 동향, 변화 요인, 대응방안 등 습지의 보전에 관한 현황을 소개하는 Outlook 등이 있다. 그 중 Global Wetland Outlook(2018)에 따르면 습지 변화 요인은 생·물리학적 변화를 일으키는 직접적 요인 및 사회 기반으로 인한 간접적 요인과 Global megatrend 등 3가지가 있다고 제시하였다. 직접적인 변화 요인은 습지생태계에 상당한 변화를 주거나 파괴 및 훼손을 주는 주요 요인으로 인위적인 행위에 따른 물리적 영역, 손실, 유입 및 구조적 변화로 분류하였고, 간접적인 변화 요인은 직접적인 변화 요인을 유발하는 요소로 구조적인 수자원 시설, 식량, 도시 인프라 시설, 관광 및 여가와 지역적 기후 조건으로 분류하여 제시하였다(Fig. 1).

Global megatrend의 경우 직·간접적 요인을 모두 영향을 끼치는 요소로, 급격한 인구 증가 및 소비 패턴의 변화, 도시화, 기후변화 및 습지의 중요성 결여 등의 원인을 이유로 제시하였다.

국제보고서가 아닌 문헌을 대상으로 습지관련 문헌분석을 수행한 사례로는 주로 연구논문 데이터베이스를 기반으로 하였다. Seifollahi-Aghmiuni et al.(2019)는 기후 및 토지 이용 변화에 따른 북극지방 대륙 내 습지생태계의 생물다양성 확보, 관리방안 및 복원력 구축 전략을 추진하기 위해, 대상 지역 내 습지와 관련된 문헌 사례 분석을 시행하였다. 해당 연구에서는 Web of Science에서 제공하는 Core Collection 데이터베이스 기능을 이용하여, <Table 1>에 제시된 대상 지역 및 습지와 관련된 키워드를 통해 관련 문헌 조사를 시행하였다.



(a) Direct change factors by wetland type



(b) Indirect factors that cause direct change in wetlands

Fig. 1. Indirect drivers of change and their influence on direct drivers of change(Ramsar, 2018)

Table 1. Categorical keywords for literature analysis(Seifollahi-Aghmiuni et al., 2019)

Category	Keywords
Region	arctic, tundra, subarctic, taiga
Wetland type	wetland, bog, mire, fen, marsh, peatland

또한, 조사된 문헌을 바탕으로 요인 및 대상 지역 특성별로 연구 내용을 분류하였고, 분류별 이슈가 된 연구 내용을 도출하기 위해 <Fig. 2>와 같은 Heat map 형태로 표현하였으며, 최종적으로 수집된 정보를 종합하고 분석하여 도출된 Heat map을 통해 부족한 과학적 지식을 파악함으로써, 대상 지역

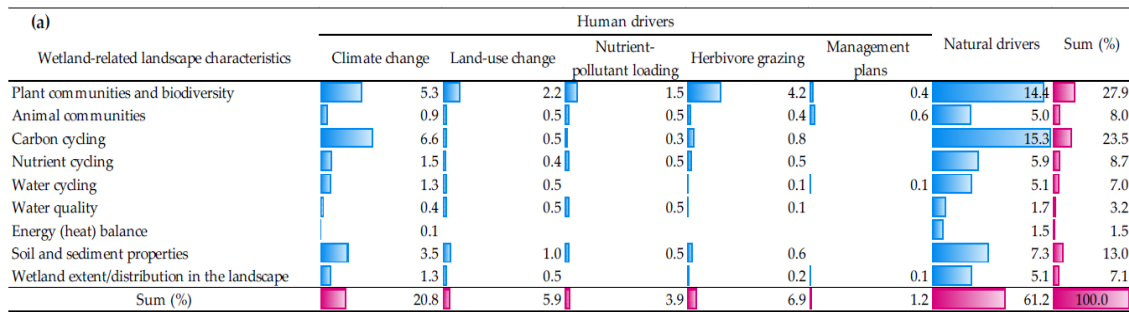


Fig. 2. Heat map about the share of published studies addressing each combination of change driver and landscape characteristic (Seifollahi-Aghmiuni et al., 2019)

내 습지생태계에 관한 연구 현황 및 연구 격차에 대한 개요를 제공하였다.

2.2 동아시아 지역 국가별 습지 관련 문헌 자료 수집

습지관련 연구 현황 파악을 위한 국가별 문헌 검색 엔진은 대표적으로 Web of Science, Scopus, Google Scholar 등이 활용되고 있다. 고유문헌 보유가 가장 많았던 Google Scholar의 경우 제목, 키워드, 초록 등 문헌 분석을 위한 서지 정보를 데이터베이스 형태로 통합하여 제공하고 있지 않기 때문에, 본 연구에서는 Scopus 검색 엔진의 문헌 데이터베이스를 선정하였고, 국가별 문헌 정보를 csv 및 bib 형식의 데이터베이스 파일 형식으로 수집하였다.

본 연구의 분석 대상 자료의 공간적 수집범위는 동아시아 지역 13개국이며, 연구 분야별 수집 범위는 선행연구를 참고하여 습지를 정의하는 키워드 8개를 기준으로 문헌자료를 수집하였다(Table 2).

본 연구에서 연구 대상지역으로 정의한 동아시아 지역 13개국은 라오스, 브루나이, 캄보디아, 미얀마, 싱가포르, 필리핀,

베트남, 대한민국, 태국, 말레이시아, 인도네시아, 일본, 중국이며, 각 국가별로 검색 가능한 문헌 보유량을 고려하여 발간일 기준으로 최근 50년(1970~2019년)의 문헌자료를 수집하였다. 최근 50년 동안 13개국에서 발간한 습지 관련 문헌은 총 14,369편으로 중국이 60.37%의 비율을 차지하며, 문헌수가 적은 5개 국가(싱가포르, 미얀마, 캄보디아, 브루나이, 라오스)의 비율은 1.55% 미만으로 조사되었다. 또한 국내에서 발간한 습지 관련 문헌의 경우 총 488편으로 전체 연구 대비 3.4%의 비율로 조사되었다(Fig. 3).

2.3 동아시아 지역 국가별 습지 관련 문헌의 키워드 분석

데이터베이스화된 문헌 자료를 통해 각 국가 문헌별 자주 등장한 키워드를 추출할 수 있으며, 이를 통해 습지와 관련하여 어떠한 연구가 주로 수행되는지 간접적으로 확인할 수 있다. 국가별 자주 등장하는 키워드의 경우 일반적으로 습지 유형을 나타내는 용어 혹은 국가 및 대상 지역명에 대한 키워드가 가장 많이 나타났으며, 이는 습지연구에서 공통으로 제시하는 일반 내용이기 때문에, 습지관련 연구를 나타내는 주제어로 판단할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 습지 관련 최빈 연구분야를 파악하기 위해 이러한 일반 키워드를 제외하고 연구내용과 관련하여 빈도수가 높았던 상위 5개를 국가별로 정리하여 <Table 3>과 같이 나타내었다.

습지 변화 요인과 관련하여 동아시아 국가별 공통적인 키워드는 “Biodiversity” 및 “Ecosystem”이 각각 9개 국가 상위 5개 키워드에 포함되었으며, 국내를 포함한 동아시아 국가들에서 습지 내 생물다양성 및 생태계와 관련된 연구가 많이 수행되고 있음을 확인할 수 있다. 습지 변화 요인과 관련하여 자주 사용된 키워드 중 두 번째로 “Remote Sensing”이 8개 국가 상위 5개 키워드에 포함되었으며, 원격탐사는 넓은 면적에 대해 다양한 정보를 제공할 수 있는 기술로 접근 불가능 지역에 대한 자료 수집이 원활하다는 장점을 활용한 습지 관측 및 현황 파악 연구가 다수 수행되었다. 국내에서도 생태·자연도 작성, 습지 생태적 기능 평가 등에 원격탐사 기술이 많이 활용되고 있으며, 마찬가지로 동아시아 국가 역시 원격탐사를 활용한 습지생태계의 종합적인 정보를 추출 및 관리하고 있음을 알 수 있다. 그 외의 키워드의 경우 “Forestry”가 7개 국가, “Deforestation”가 4개 국가에서 주로 사용된 키워드이며, 브루나이 및 미얀마에

Table 2. Categorical keywords for literature analysis by east asian countries

Category	Keywords
Study area	East Asia Countries (13 nations)
Study fields	Wetland, Bogland, Mire, Fen, Marsh, Peatland, Mangrove, Dune Slack

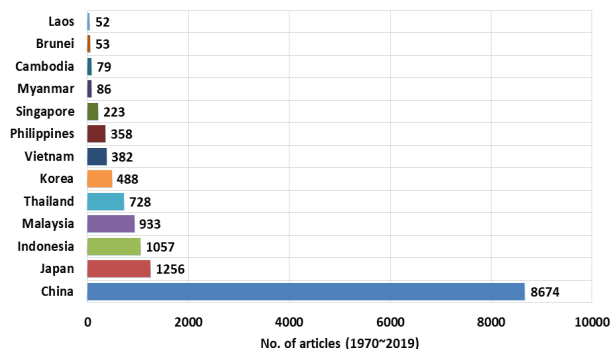


Fig. 3. Number of wetland research literature by east asian countries (1970~2019)

Table 3. High frequency keywords of literature data regarding wetland research by east asian countries

	Occurrence of Keyword related about Wetland Change Drivers				
	1st	2nd	3rd	4th	5th
Korea	Tidal Flat	Classification	Isolation and Purification	Biodiversity	Ecosystem
China	Vegetation	Diversity	Management	Sediment	Climate Change
Japan	Biodiversity	Nitrogen	Water Quality	Vegetation	Ecosystem
Malaysia	Ecosystem	Remote Sensing	Biodiversity	Landuse	Water quality
Thailand	Classification	Remote Sensing	Biodiversity	Isolation and Purification	Forestry
Indonesia	Forestry	Deforestation	Remote Sensing	Ecosystem	Climate Change
Singapore	Biodiversity	Ecosystem	New Species	Remote Sensing	Forestry
Philippines	Remote Sensing	Forestry	Ecosystem	Environmental Protection	Biodiversity
Vietnam	Forestry	Remote Sensing	Climate Change	Ecosystem	Aquaculture
Cambodia	Remote Sensing	Ecosystem	Flood	Biodiversity	Deforestation
Brunei	Forestry	Biodiversity	Conservation	Deforestation	Degradation
Laos	River	Landuse	Classification	Fish diseases	Agriculture
Myanmar	Remote Sensing	Biodiversity	Deforestation	Ecosystem	Forestry

서는 두 키워드 모두 상위 5개로 분류되어 습지의 영향을 미치는 주요 요인 중 하나로 평가할 수 있다.

13개 국가 중 유일하게 선정된 키워드의 경우 국내의 “Tidal Flat” 키워드와 라오스의 “River” 키워드, 일본의 “Nitrogen” 키워드가 있으며, 각국의 상위 5개 키워드 중 가장 많이 사용된 키워드로 선정되었다. 국내의 경우 수행된 습지 관련 연구 중 연안 습지(갯벌 등)를 포함한 해양생태계에 관한 연구가 많이 수행된 것을 확인하였다. 또한 라오스의 경우 람사르 습지에 등록된 “Xe Champhone Wetland”가 메콩강 본류와 인접해 있으며, 어업 및 농업과 관련하여 습지가 인근 주민들의 생계유지를 위해 중요한 역할을 하고 있음을 확인하였다. 일본의 경우 1순위의 “Ecosystem” 다음으로, “Nitrogen”이 상위 2번째 키워드로 조사되었으며, 해당 키워드(Nitrogen)의 경우 상위 5개 키워드로 분류된 국가는 일본뿐이지만 중국, 한국, 태국, 베트남, 말레이시아에서 6순위 이하에서 등장했던 키워드로, 습지의 기능 중 수질 정화 및 영양염류 제거와 관련 연구 내에서 등장하는 키워드로 파악되었다. 중국의 경우 상위 5개 키워드로 식생, 다양성, 관리, 퇴적 및 기후변화가 선정되었지

만, 국가별 습지 문헌 현황에서 확인할 수 있듯이, 다른 국가에 비해 많은 연구가 수행되고 있으며, 상위 키워드별 빈도수 격차가 미비한 것으로 조사되었다.

3. 습지 관련 문헌 데이터베이스 기반 동아시아 지역 습지 변화 요인 및 영향 분석

3.1 습지 영향 요인 설정 및 분류

습지에 영향을 주는 습지 변화 요인을 설정하고 분류하기 위해, Ramsar Outlook Report (Ramsar Convention on Wetlands, 2018)에서 제시한 직·간접적 변화 요인을 참고하여 <Table 4>와 같이 정리하였다.

직접적인 변화 요인은 크게 물리적, 유입 및 추출, 구조적 요인으로 구분하였으며 총 12개의 세부 변화 요인으로 설정하였으며, 간접적인 변화 요인의 경우 물-에너지 인프라, 농수산, 산업 인프라, 관광/레저, 기후변화, 관리/규제, 자연환경 및 요소로 크게 7가지로 구분하였으며 농수산 내 4개 및 산업 인프라

Table 4. Direct and indirect factors that cause changes in wetlands

Class	Factors that cause changes in wetlands	
Direct factors	Physical	Water quantity & frequency, Sediment, Salinity, Thermal
	Extraction	Water, Biota, Soil and Peat
	Introduction	Nutrients, Chemicals and Solid Wastes, Invasive species
	Structural Modification	Drainage, Conversion, Burning
Indirect factors	Water-Energy Infrastructure	
	Food and Fibre	Agriculture, Forestry, Aquaculture, Fisheries
	Infrastructure	Industry and Mining, Transport, Construction
	Tourism and Recreation	
	Localized Climate Change Impacts	
	Governance/Legislation	
	Natural processes and components	

Table 5. Keywords of literature data regarding wetland research by direct and indirect factors

Class		Factors	Keywords
Direct factors	Physical	Water quantity & frequency	Water quantity, Water frequency, Flood, Inundation, Water Velocity, Water Flow, Water Level, Sea Level, Water Rise, Sea Rise
		Sediment	Sediment, Sedimentation, Scientology, Surface Sediment
		Salinity	Salinity, Water Salinity, Soil Salinity, Saltwater intrusion, Saltwater
		Thermal	Temperature Control, Soil Temperature, Water Temperature, Temperature Effect, Temperature Sensitivity
	Extraction	Water	Water Extraction
		Biota	Biota or Animal or Plant Extraction
		Soil and Peat	Soil Peat Extraction
	Introduction	Nutrients, Chemicals and Solid Wastes	Nutrients, Chemicals, Soil Waste, Water Pollution, Water Quality, Wastewater, Pollutant
		Invasive species	Invasive or New or Novel Species
	Structural Modification	Drainage	Drainage, Drainage Network
Indirect factors	Water-Energy Infrastructure		Wave or Water or Tidal Energy
	Food and Fibre	Agriculture	Agriculture, Farming, Farm, Irrigation
		Forestry	Forestry, Deforestation, Afforestation, Forest
		Aquaculture	Aquaculture
		Fisheries	Fisheries
	Infrastructure	Industry and Mining	Industry, Mining, Coal
		Transport	Transport, Transportation, Transit, Vehicle, Mobility
		Construction	Construction, Infrastructure
	Tourism and Recreation		Tourism, Recreation, Ecotourism
	Localized Climate Change Impacts		Climate Change
	Governance/Legislation		Management, Policy, Government, Legislation
	Natural processes and components		Natural or Organic Process or Matter or Component

라 내 3개의 세부 변화 요인으로 설정하였다. 이를 기준으로 문헌 조사를 통해 직·간접적 변화 요인에 의한 습지의 영향을 파악하기 위해, <Table 5>와 같이 세부 변화 요인과 관련된 키워드를 선정하여 정리하였다. 세부 변화 요인과 관련하여 선정된 키워드의 경우, 요인별 중복되는 키워드는 없으며, 각 변화 요인에 대한 특성에 맞게 1개~10개의 키워드를 사용하였다.

3.2 동아시아 국가별 습지 직·간접적 변화 요인에 의한 영향 분석

3.2.1 동아시아 국가별 습지 변화 요인에 대한 Heat map 작성

습지에 영향을 주는 세부 변화 요인별 선정된 키워드를 통해 국가별 습지 관련 문헌을 세부 변화 요인에 따라 분류하였다. 동아시아 13개국에 대해 습지 변화 요인에 따라 분류된 문헌을 도식적으로 한눈에 파악하기 위해 직접적인 변화 요인과 간접적인 변화 요인에 따른 Heat map을 각각 작성하여 <Fig. 4>와 같이 제시하였다.

Heat map의 수치는 0~100 사이의 비율로 구성되어 국가별 세부 변화 요인의 경우 노란색 Bar, 요인별 평균의 경우 초록색 및 빨간색 Bar로 표현하였다. 또한 동아시아 13개국의 모

든 세부 변화 요인을 종합하여 가장 많은 영향을 미치는 요인의 경우 파란색, 영향을 미치지 않는 요인의 경우 흰색으로 구분하여 도식적으로 표현하였다.

직접적인 변화 요인에 의한 영향 분석 결과, 물리적 요인은 51.26%, 추출 요인은 1.56%, 유입 요인은 35.93%, 구조적 요인은 11.25%로 산정되었다. 직접적 요인 내 세부 변화 요인의 경우, 모든 국가에 대해 물리적 요인 내 수량과 관련된 요인이 23%로 가장 많이 영향을 주는 요인으로 선정되었고, 유기물, 영양염류 및 오염원이 19.06%, 침입 및 외래종이 16.87%로 뒤를 이었다. 추출 요인에서는 물, 생물 및 토양 모두 약 1% 정도의 비중을 차지하며 관련 연구 수행이 미비한 것으로 나타났다. 구조적 요인의 경우 연소가 7.43%로 가장 많은 연구 키워드로 산정되었으며, 그 중 필리핀이 자국 연구 비중 13.21%로 가장 많은 연구 현황을 나타냈다. 중국, 인도네시아, 라오스 또한 자국 연구 비중 약 10%의 연구 키워드로 산정되었다.

간접적인 변화 요인에 의한 영향 분석 결과, 물-에너지 인프라 요인은 1.72%, 농수산 요인은 51.31%, 산업 인프라 요인은 7.85%, 관광/레저 요인은 2.18%, 기후변화 요인은 6.92%, 관리/규제 요인은 21.29%, 자연환경 및 요소 요인은 8.72%로 산정되었다. 간접적 요인 내 세부 변화 요인의 경우, 모든 국가에

Country Name	Direct Drivers											
	PHYSICAL				EXTRACTION			INTRODUCTION		STRUCTURAL MODIFICATION		
	Water quantity and frequency	Sediment	Salinity	Thermal	Water	Biota	Soil and Peat	Nutrients, chemicals and solid wastes	Invasive Species	Drainage	Conversion	Burning
Brunei	20.00	12.50	7.50	2.50				10.00	40.00	5.00		2.50
Cambodia	32.86	18.57	8.57	1.43	2.86	1.43		15.71	10.00	4.29		4.29
China	21.80	14.42	5.82	11.39	0.98	0.46	0.05	26.57	6.34	1.98	0.07	10.13
Indonesia	24.68	15.85	5.89	8.56	0.70	0.42	0.14	19.07	10.24	4.07	0.28	10.10
Japan	24.38	16.03	4.35	11.51	0.34	0.26		21.23	10.91	3.07	0.09	7.84
Korea	19.88	19.48	3.98	8.55	0.99	0.60		22.86	15.71	2.19		5.77
Laos	25.00	10.42	2.08					18.75	22.92	10.42		10.42
Malaysia	17.55	17.31	9.07	7.18	0.82	1.06		23.32	12.37	3.06		8.24
Myanmar	29.41	14.71	1.47	10.29		1.47		16.18	16.18	2.94	1.47	5.88
Philippines	19.25	13.58	6.42	9.43	0.38	0.38		15.09	18.49	3.77		13.21
Singapore	17.89	15.60	3.67	7.34	2.29	2.75		17.43	25.69	2.29	0.92	4.13
Thailand	20.26	18.52	5.35	6.95	0.72	0.43		23.30	15.92	1.74		6.80
Vietnam	26.07	22.06	5.51	3.51	0.75			18.30	14.54	2.01		7.27
Average												
51.26												
1.56												
35.93												
11.25												
23.00												
16.08												
5.36												
6.82												
0.83												
0.71												
0.01												
19.06												
16.87												
3.60												
0.22												
7.43												

(a) Heat map about the share of published studies addressing each East Asia countries and direct drivers

Country Name	Indirect Drivers											
	Water-energy Infrastructure	Food and fibre				Infrastructure			Tourism and Recreation	Localized climate change impacts	Governance /Legislation	Natural Processes & components
		Agriculture	Forestry	Aquaculture	Fisheries	Industry and Mining	Transport	Construction				
Brunei	4.00	2.00	54.00		2.00	4.00			2.00	6.00	18.00	8.00
Cambodia	2.54	11.02	25.42	3.39	13.56	3.39	3.39		2.54	11.86	19.49	3.39
China	2.52	10.43	15.76	2.84	1.25	5.08	6.03	0.33	2.19	11.45	24.09	18.02
Indonesia	0.90	9.00	33.12	5.40	5.40	5.31	1.80	0.18	2.88	7.47	21.42	7.11
Japan	2.48	10.17	33.45	1.18	3.43	3.31	6.86	0.12	1.06	7.57	18.32	12.06
Korea	3.10	14.08	13.80	0.56	2.25	5.35	5.07		1.97	6.48	30.14	17.18
Laos		20.83	29.17	2.08	8.33	2.08	4.17			4.17	20.83	8.33
Malaysia	1.38	7.01	37.81	4.74	4.44	6.12	2.96	0.20	4.34	4.24	19.55	7.21
Myanmar		14.84	34.38	3.13	7.03	2.34	2.34		3.13	10.16	18.75	3.91
Philippines	0.48	8.79	24.70	9.03	9.98	5.94	1.66		1.66	4.99	24.94	7.84
Singapore	1.89	5.03	33.33	5.03	5.66	5.03	5.03		3.14	6.29	25.79	3.77
Thailand	1.33	10.80	35.07	7.16	7.77	4.49	2.06	0.24	2.43	2.31	18.57	7.77
Vietnam	1.79	12.54	30.62	10.10	4.07	3.42	3.75		0.98	7.00	16.94	8.79
Average												
1.72												
51.31												
7.85												
2.18												
6.92												
21.29												
2.18												
6.92												
21.29												
8.72												

(b) Heat map about the share of published studies addressing each East Asia countries and indirect drivers

Fig. 4. Heat map between East Asia countries and drivers regarding wetland changes

대해 임업과 관련된 요인이 30.82%로 가장 많이 영향을 주는 요인으로 선정되었고, 관리/규제 요인이 21.29%, 농업 요인이 10.5%로 뒤를 이었다. 임업과 관련된 요인에 대한 자국 비중은 브루나이에서 54.00%로 가장 크게 나타났고, 국내의 경우 13.80%로 가장 영향이 적은 것으로 나타났다. 관리/규제 요인에 대한 자국 비중은 국내에서 30.14%로 가장 크게 나타났고, 베트남의 경우 16.94%로 가장 영향이 적은 것으로 나타났다. 농업 관련 요인에 대한 자국 비중은 라오스에서 20.83%로 가장 크게 나타났으며, 이는 라오스의 문헌 키워드 분석 상위 키워드로 농업이 선정된 것과 함께 고려할 때, 라오스의 습지생태계 내 농업이 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다.

3.2.2 동아시아 국가별 습지 변화 요인 간 연결성 및 관계 분석

3.2.1절에서 Heat map 분석을 통해 직접적 요인 내 세부 요인 12종, 간접적 요인 내 세부 요인 12종에 대한 상위 영향 요인을 살펴보았으며, 이를 기반으로 국가별 영향 요인별 연결성과 관계를 분석하기 위해 직접적인 변화 요인 내 중분류 4종(물

리적 요인, 추출 요인, 유입 요인, 구조적 요인)과 간접적인 변화 요인 내 중분류 7종(물-에너지 인프라, 농수산, 산업 인프라, 관광/레저, 기후변화, 관리/규제, 자연환경 및 요소)을 기준으로 관계분석을 수행하였다. 국가별 관계분석은 직접적 요인에 대한 다수의 간접적 요인과의 관계를 총 4개 요인에 대해 방사형의 그래프로 작성하였으며, 각 직접요인과 간접요인이 함께 키워드로 도출된 연구논문의 비중을 기준으로 연결성을 수치화하여 표현하였다. <Fig. 5>의 경우 대표적으로 국내의 그래프를 제시하였으며, 나머지 12개국의 그래프는 부록으로 제시하였다.

국내의 경우, 직접적인 요인과 농수산, 자연환경 및 요소와의 연결성이 비교적 뚜렷하며, 다른 국가와 달리 직접적 요인 중 추출 요인과 관광, 인프라 산업 및 기후변화와의 연결성을 보이고 있다.

중국의 경우, 물-에너지 인프라 및 관광 산업을 제외한 5가지의 간접적 요인과 직접적 요인 사이의 연결성이 존재하며,

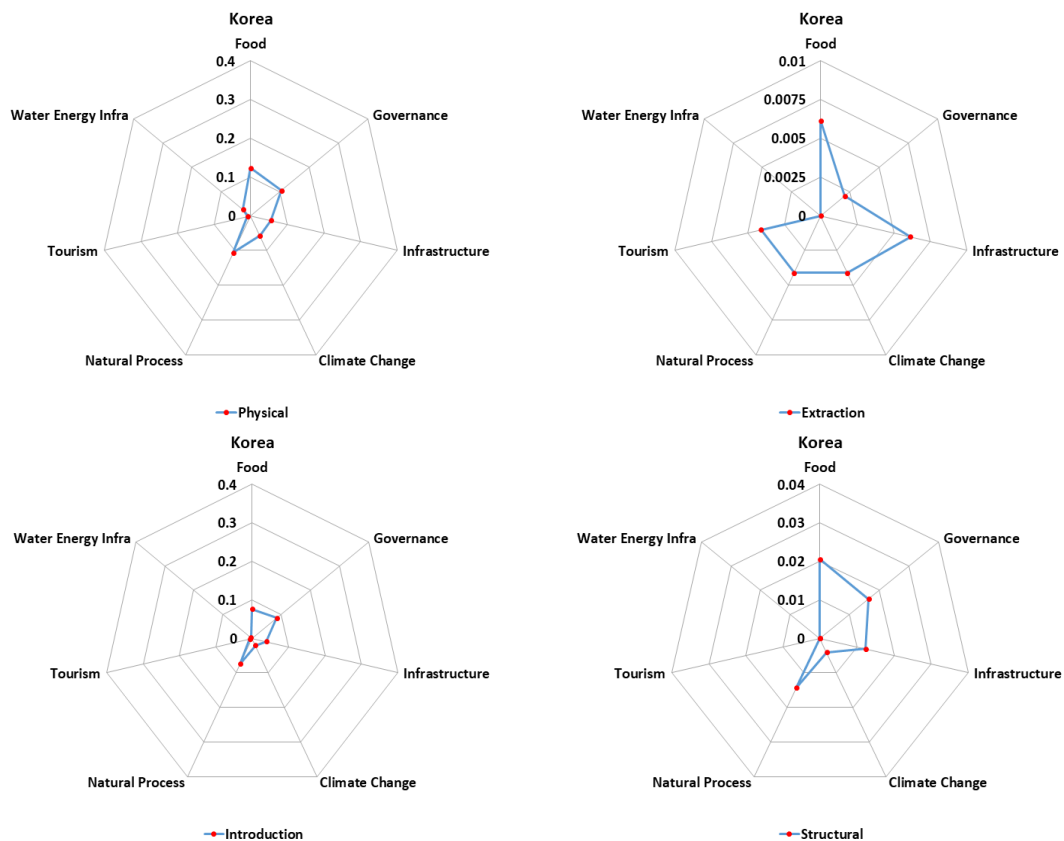


Fig. 5. Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (Korea)

그 중 자연환경 및 요소와의 연결성이 높게 나타났다.

일본의 경우, 직접적 요인 중 추출 요인과 농수산, 자연환경 및 요소와 산업 인프라 간의 약한 연결성을 보였고, 다른 국가와 유사하게 모든 직접적 요인과 농수산과의 연결성이 나타났다.

인도네시아의 경우, 모든 직접적 요인과 농수산과의 연결성이 높게 나타났고, 직접적 요인 중 추출 요인과 산업 인프라 요인과의 연결성이 나타났다.

싱가포르의 경우, 물리적 요인과 농수산 외에 관리/규제와의 연결성이 높게 나타났고, 추출 요인과 기후변화 요인 간의 연결성이 나타났다.

태국 및 베트남의 경우, 물리적 요인과 간접적 요인 간의 연결성이 높으며, 직접적 요인 중 추출 요인과 농수산의 연결성이 높고, 자연순환 및 요소와의 연결성이 두 국가에서 유사하게 나타났다.

캄보디아 및 브루나이의 경우, 추출을 제외한 3개의 직접적 요인이 농수산 요인과 큰 연결성을 보이며, 물리적 요인이 가장 큰 연결성을 나타냈다.

라오스의 경우, 추출을 제외한 3개의 직접적 요인에서 농수산과의 연결성만 두드러지게 나타나고 있으며, 나머지 분야는 연결성이 거의 없는 것으로 나타났다.

말레이시아, 필리핀 및 미얀마의 경우, 물리적 요인과 간접적 요인들 간의 연결성이 높으며, 말레이시아, 필리핀과 달리 미얀마의 경우 물리적 요인과 간접적 요인 중 기후변화와의 연결성을 나타냈다.

4. 결론 및 제언

본 연구에서는 동아시아 지역 습지에 영향을 주는 요인을 선정하고 변화 요인에 의한 습지의 영향을 분석하고자, 동아시아 지역 13개국에서 발간된 연구논문 데이터베이스를 이용하여 문헌분석 연구를 수행하였다. 이를 위해 최근 50년간 습지관련 연구를 수집하였고, 키워드 분석을 통해 습지관련 키워드를 정립하였다. 또한 습지의 변화에 직·간접적으로 영향을 주는 요인을 정의하고 각 요인별 범주에 해당하는 키워드를 재구성하였다. 이를 토대로 국가별 연구의 연결성을 파악하고자 직접 영향 요인과 간접 영향 요인의 키워드 출현 빈도를 기준으로 한 관계분석을 수행하였고, 최종적으로 습지 변화 요인을 고려한 연구방향을 제안하였다.

동아시아 지역 13개 국가별 연결성 및 관계를 종합하여 분석한 결과 대부분의 국가에서 직접적인 요인들과 농수산 및 관리/규제 요인 간의 연결성이 높게 산정되었으며, 직접적인 요인들과 물-에너지 인프라, 관광 요인과의 연결성이 낮게 산정되었다. 이를 랍사르에서 제시한 직·간접적 변화 요인 간 관계표와 비교해봄으로써, 동아시아 지역 내 대상 국가에서 상대적으로 부족한 연구 분야를 판단할 수 있다(Fig. 6 & 7).

직접적 영향 요인 중 물리적 요인의 경우 랍사르에서 제시한 표에서 관계가 큰 것으로 나타난 물-에너지 인프라, 농업, 임업, 기후변화 요인에 대한 연결성이 작게 산정되었으며, 이를 토대로 동아시아 지역 국가의 물-에너지 인프라, 기후변화와 관련된 연구가 필요할 것으로 판단된다. 마찬가지로 직접적

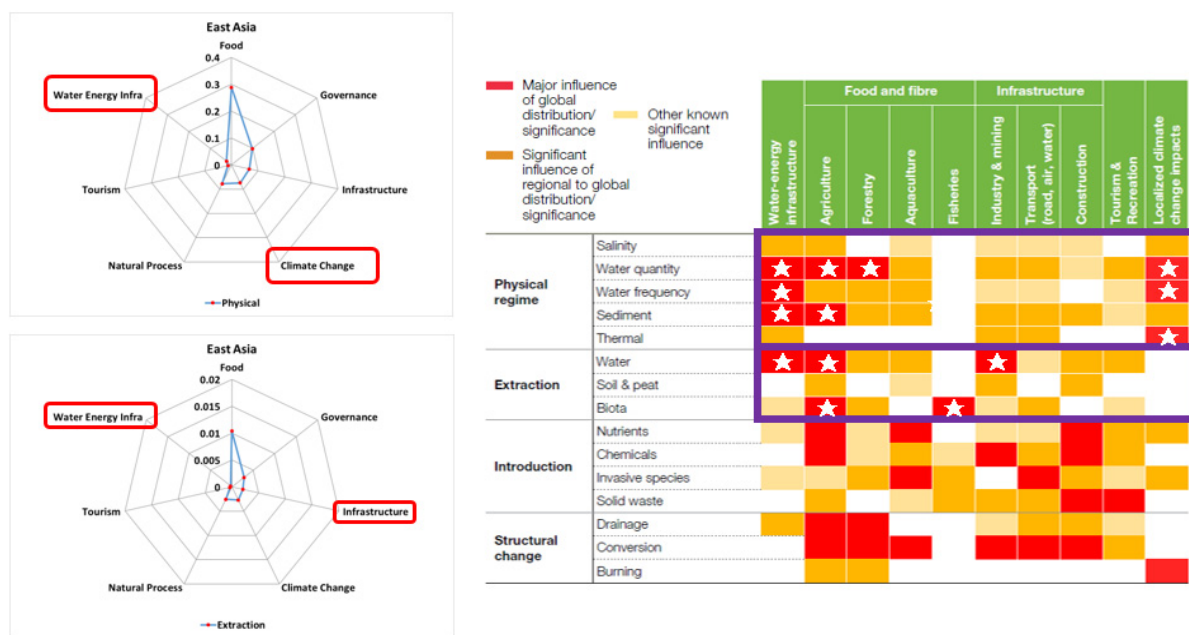


Fig. 6. Comparison of the connectivity and relationship analysis between the result table from Ramsar and East Asia countries – Physical and Extraction

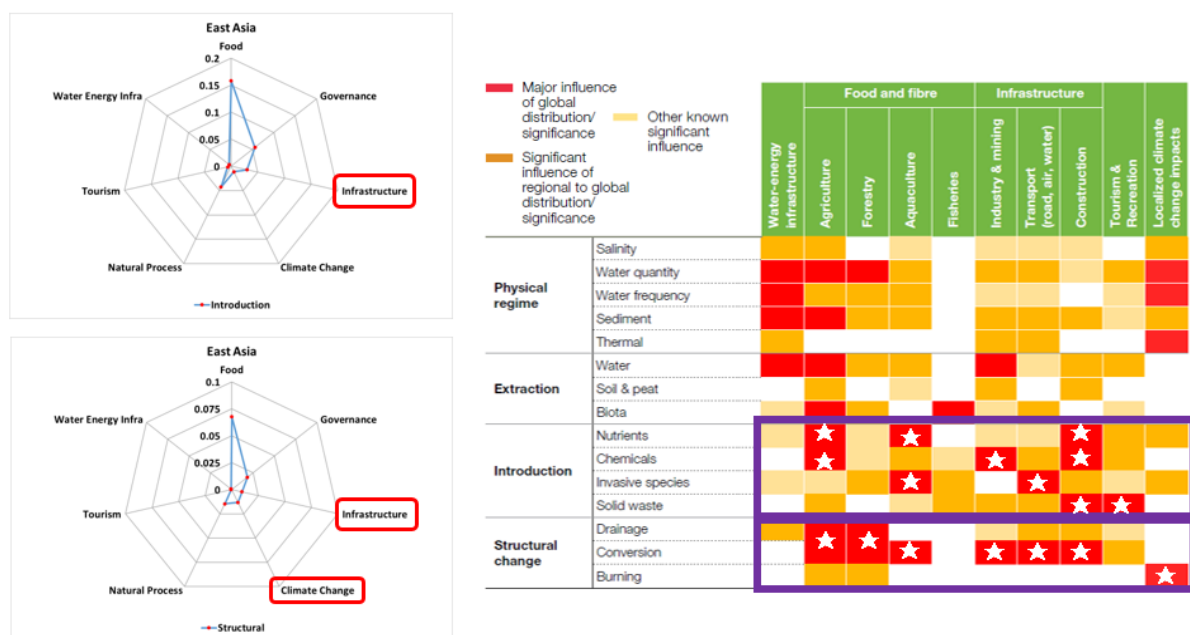


Fig. 7. Comparison of the connectivity and relationship analysis between the result table from Ramsar and East Asia countries – Introduction and Structural

영향 요인 중 추출 요인의 경우에도 물-에너지 인프라, 산업 인프라와 관련된 연결성이 낮게 산정되었기 때문에, 해당 분야의 연구가 필요할 것으로 판단된다. 유입 요인의 경우 농업, 수산업, 산업 인프라, 관광 요인과 관계가 큰 것으로 나타나 있지만, 동아시아 지역 국가의 경우 유입요인과 연결성이 낮고 연구수행 비중이 적은 산업 인프라, 관광 요인과 관련된 연구가 필요한 것으로 판단된다. 마지막으로, 구조적 요인의 경우 상대적으로 동아시아 지역 국가에서 연구 수행 비중이 낮게

산정된 산업 인프라, 기후변화와 관련된 연구가 필요한 것으로 판단된다.

본 연구에서 분석한 동아시아 지역 13개국의 습지관련 문헌 분석 결과를 토대로 동아시아 지역 국가에 필요한 연구 방향을 결정하고, 각 국가 간의 연구개발 협력체계 구축에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 국가별 맞춤 전략 및 지원 정책을 수립하여 동아시아 지역 습지 변화 및 관리에 따른 역할을 도모하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

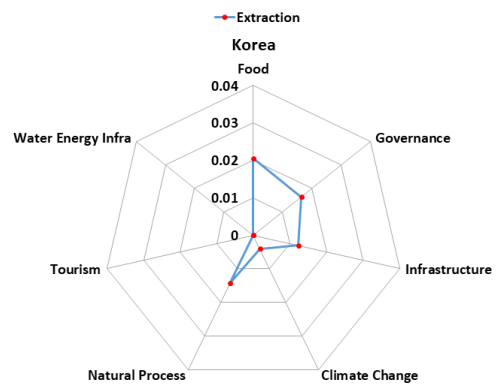
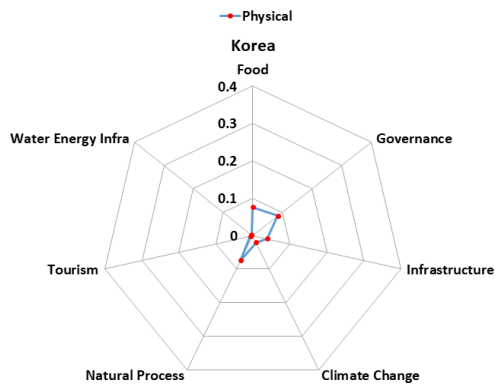
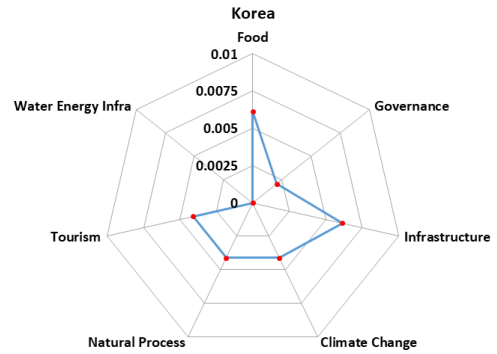
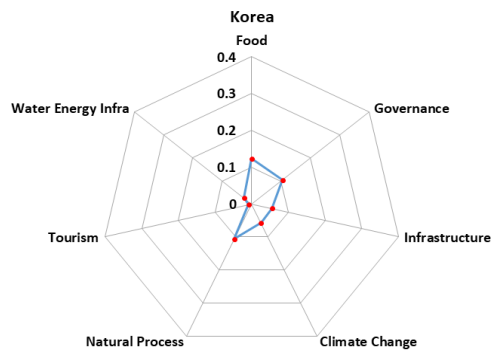
감사의 글

본 논문은 2020년도 국립생태원 국제협력사업의 지원을 받아 연구되었습니다(NIE- 기반연구-2020-31).

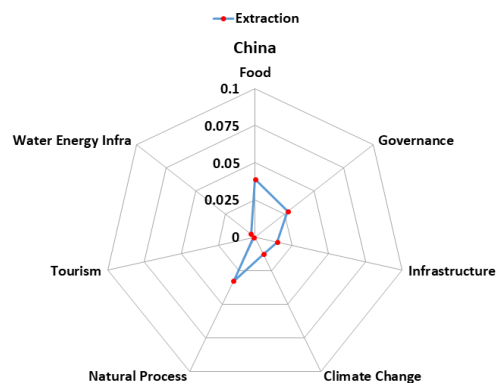
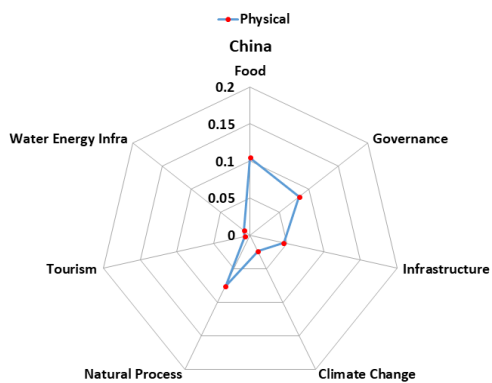
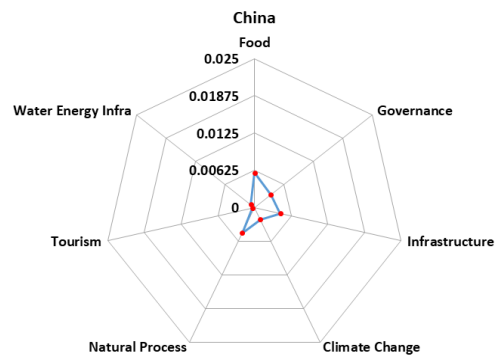
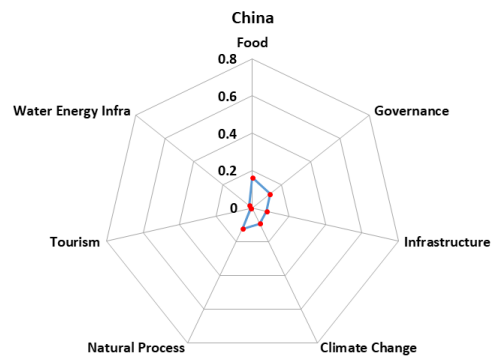
참고문헌

- Hughes, AC (2017) Understanding the drivers of Southeast Asian biodiversity loss. *Ecosphere*, 8(1), e01388. [DOI: 10.1002/ecs2.1624]
- Jennifer, H, Ariana, S, G, Dorothee, H, Joan, K, Emily, L, Elizabeth, M, Emily, P and Stefanie, S (2017). Clarifying the role of coastal and marine systems in climate mitigation, *Frontiers in ecology and the environment*, 15(1), pp. 42-50. [DOI: 10.1002/fee.1451]
- Kim H. S. (2008). The function and value of wetlands, *River and culture*, 4(2), pp. 96-101. [Korean Literature]
- Kim S. H. (2011). Green infrastructure types and effects for climate change, *Climate Change Research*, 2(3), pp. 191-201. [Korean Literature]
- Martín-Martín A, Orduna-Malea E, Thelwall M and López-Cózar ED. (2018). Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories. *Journal of Informetrics*, 12(4), 1160-1177. [DOI: 10.1016/j.joi.2018.09.002]
- Mitsch, W.J. and Gosselink J. G. (2007). *Wetlands, 4th Edition*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Page, SE, Rieley, JO and Banks, CJ (2011) Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17(2), pp. 798-818. [DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x]
- Ramsar Convention on Wetlands. (2018). *Global Wetland Outlook: State of the world's wetlands and their services to people*, Gland, Switerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Seifollahi-Aghmiuni S, Kalantari Z, Land M and Destouni G. (2019). Change Drivers and Impact in Arctic Wetland Landscape-Literature and Gap Analysis. *Water*, 11(4): 722. [DOI: 10.3390/w11040722]

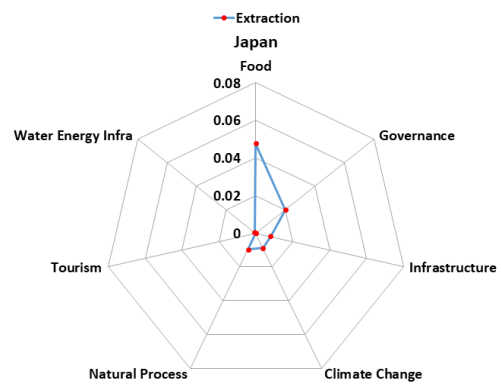
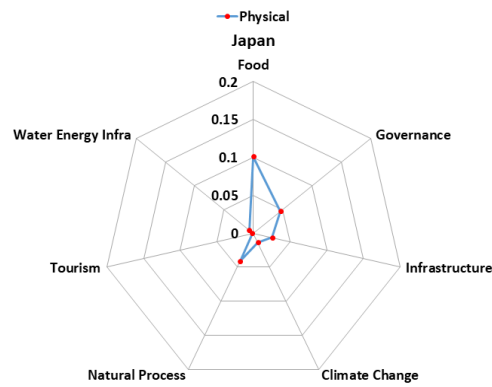
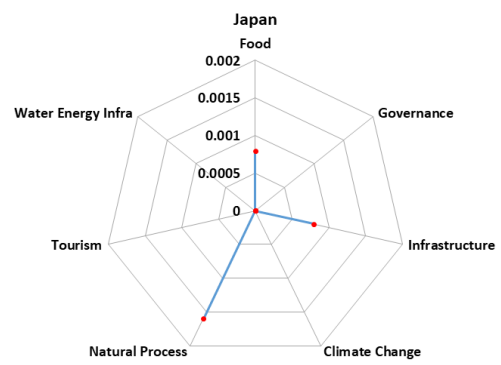
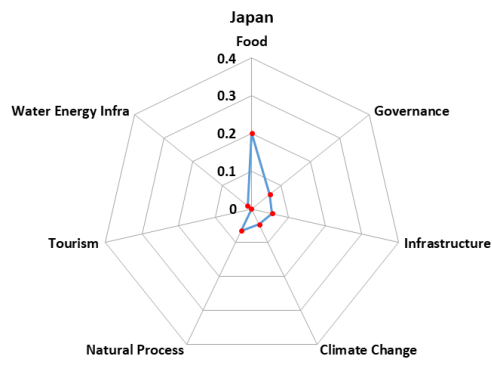
부 록



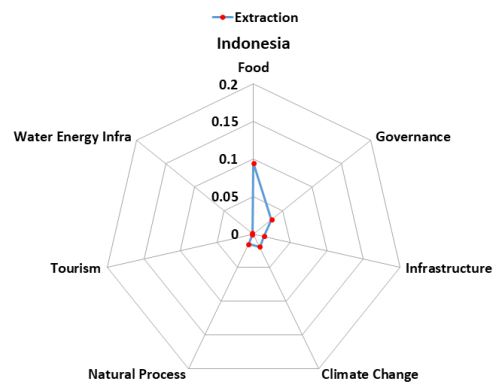
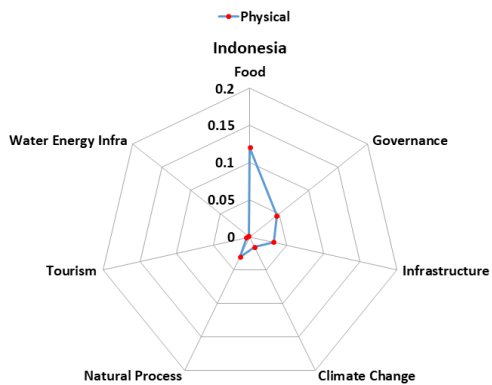
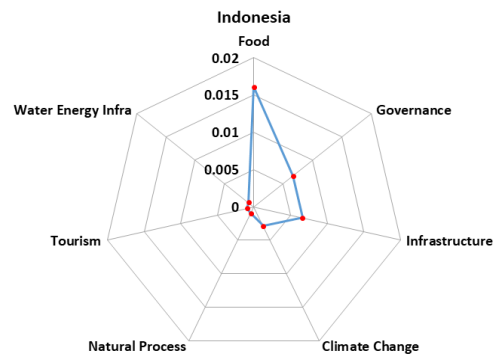
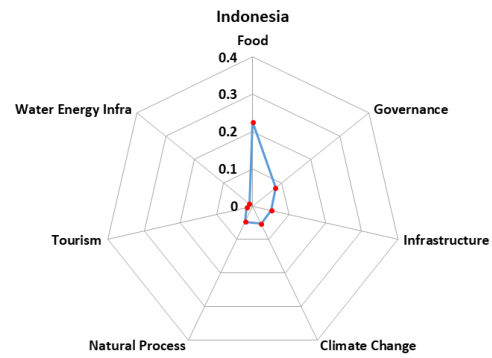
Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (Korea)



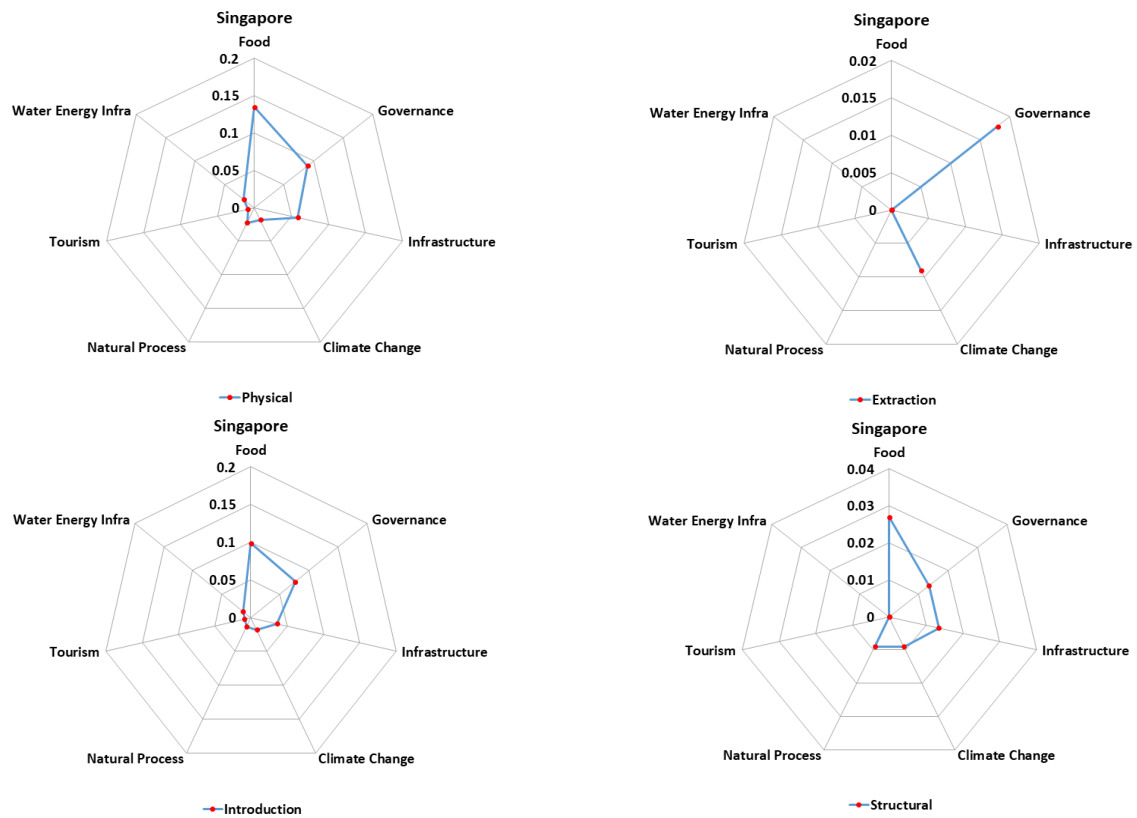
Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (China)



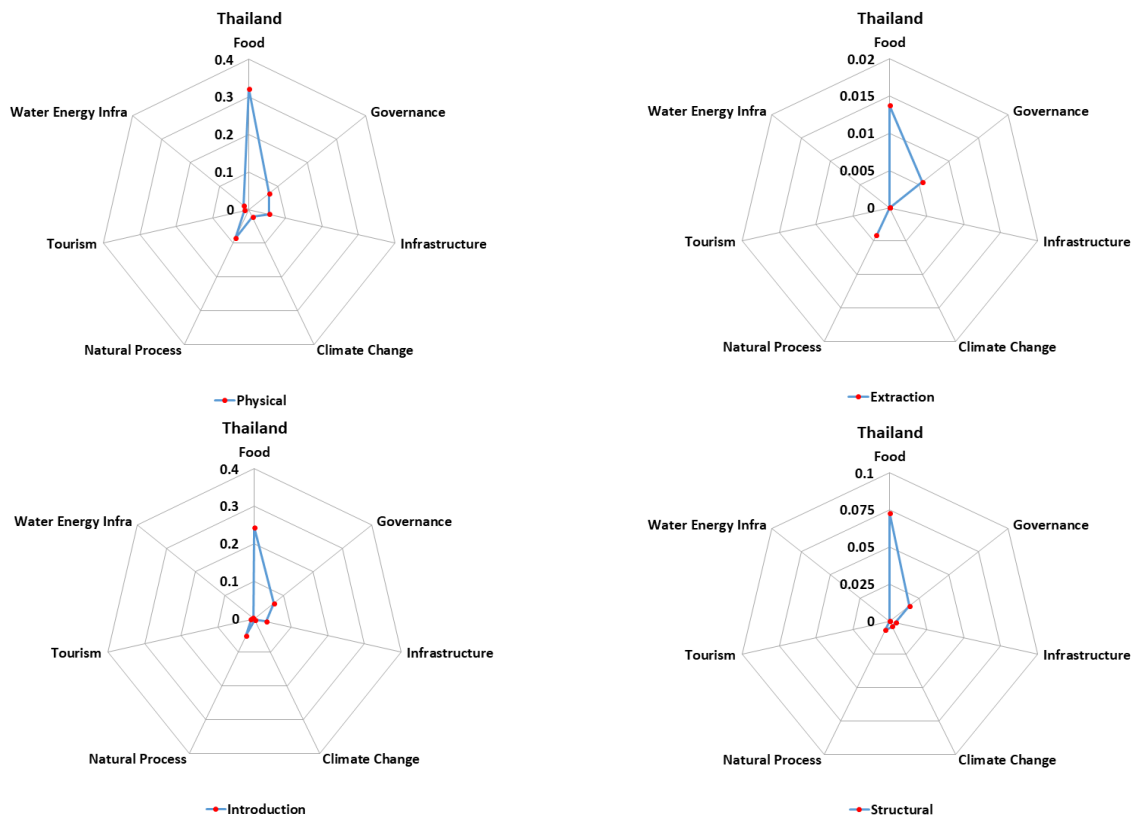
Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (Japan)



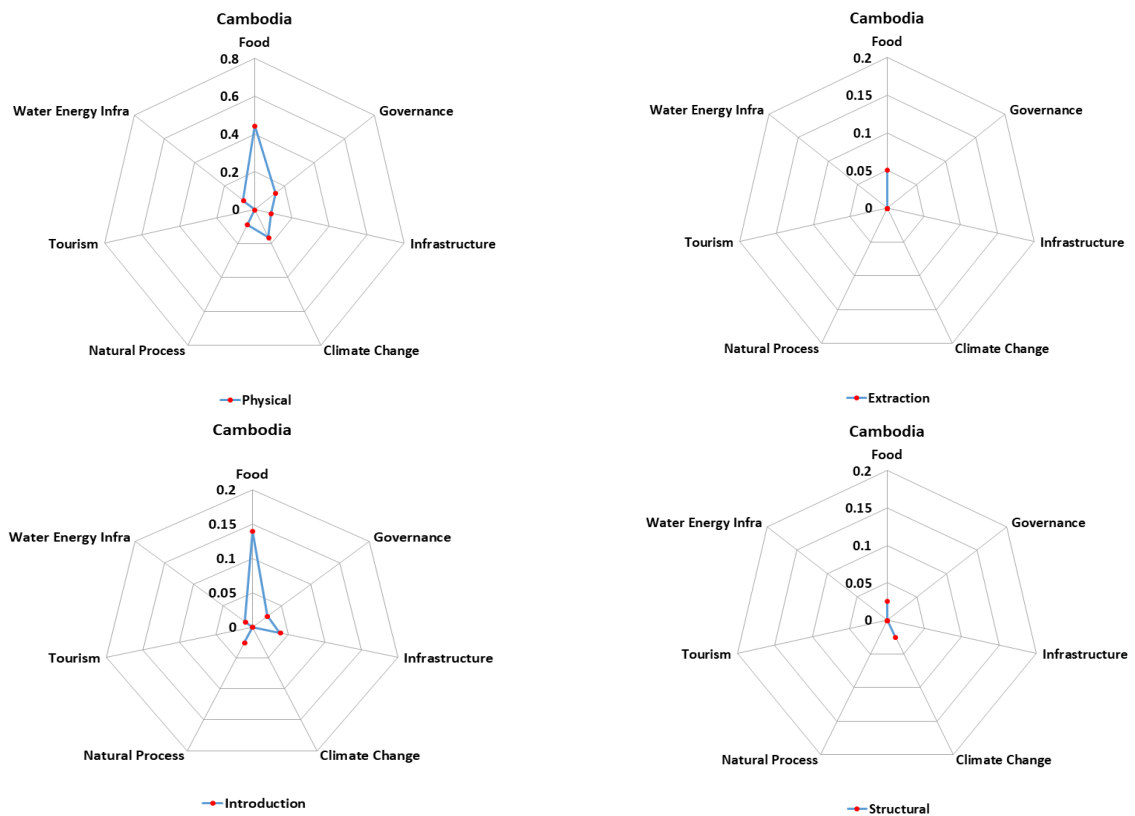
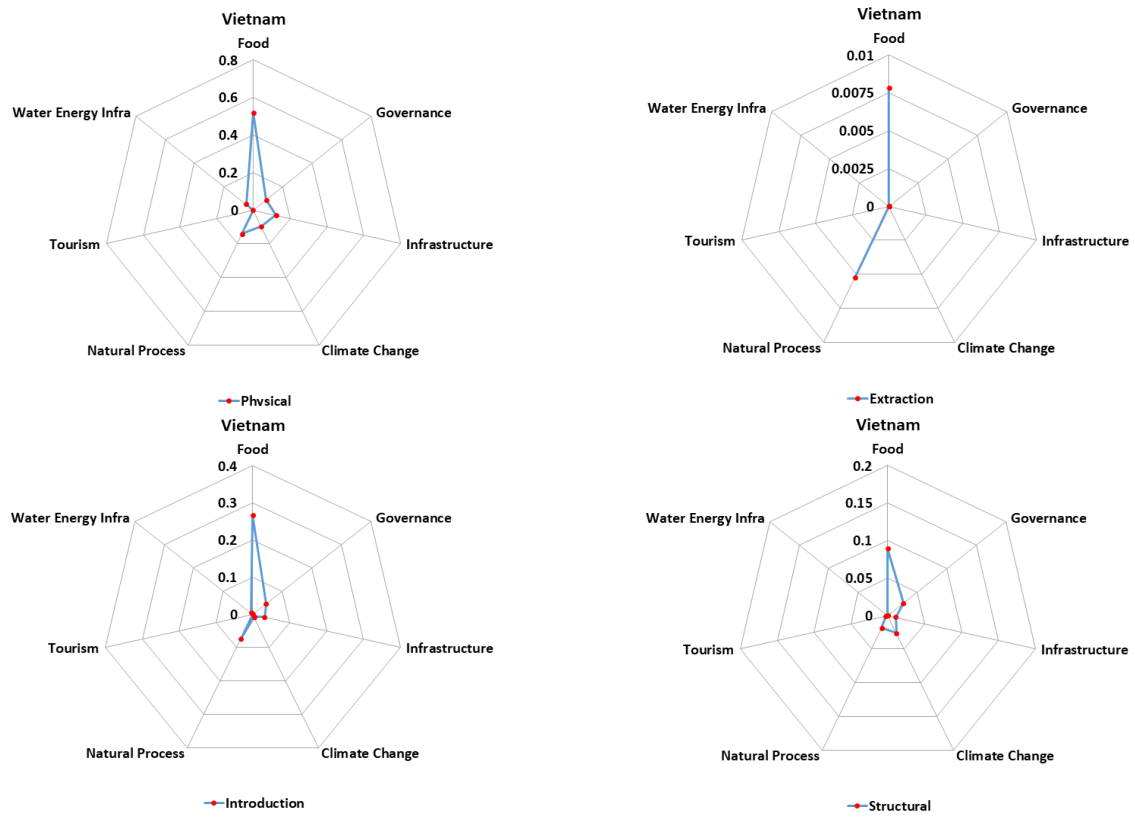
Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (Indonesia)

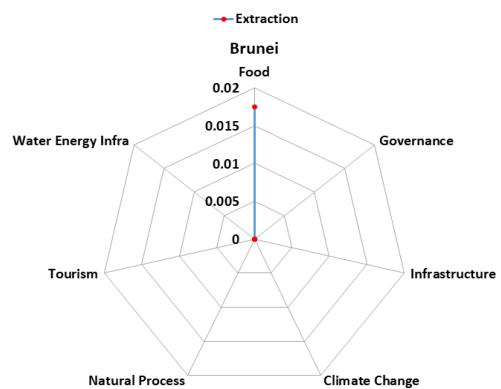
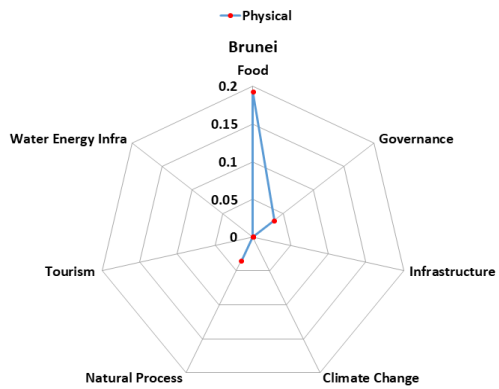
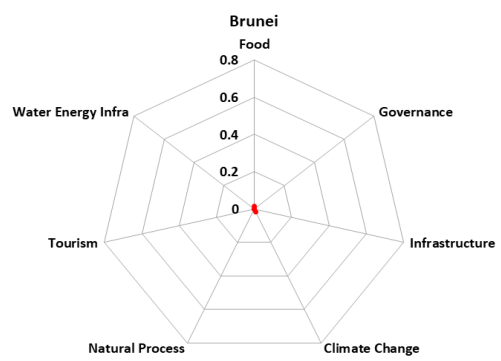
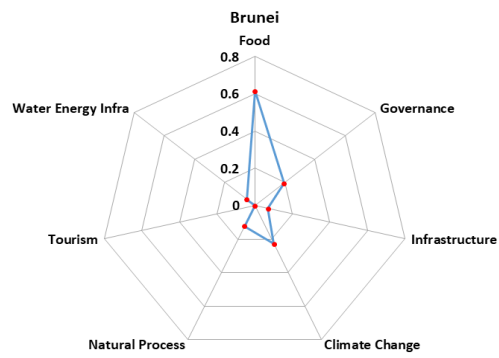


Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (Singapore)

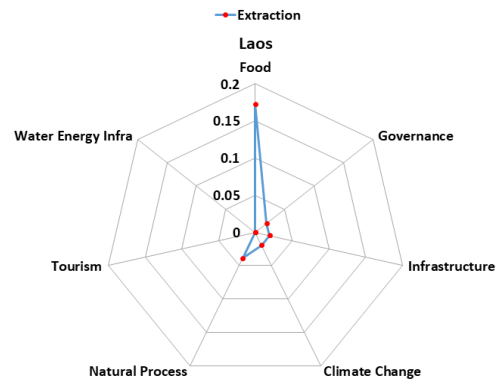
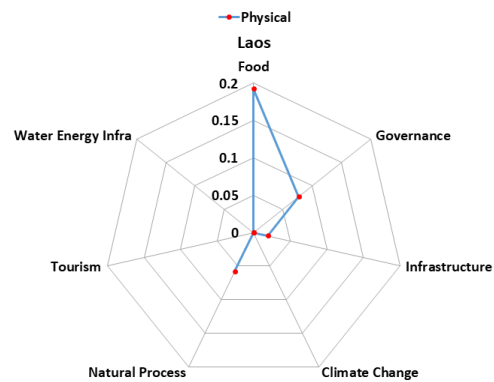
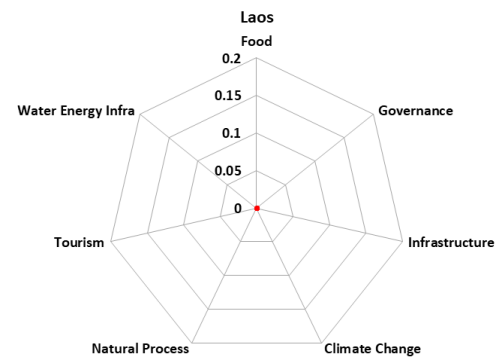
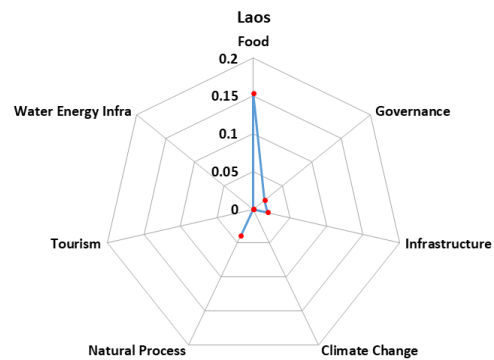


Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (Thailand)

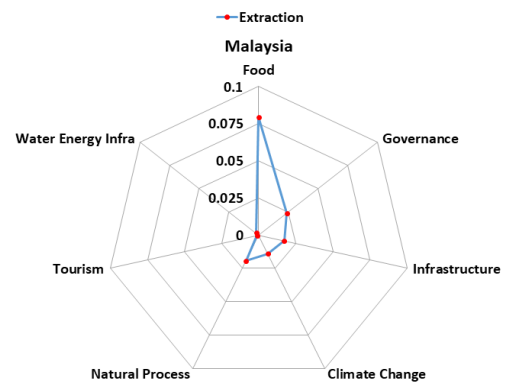
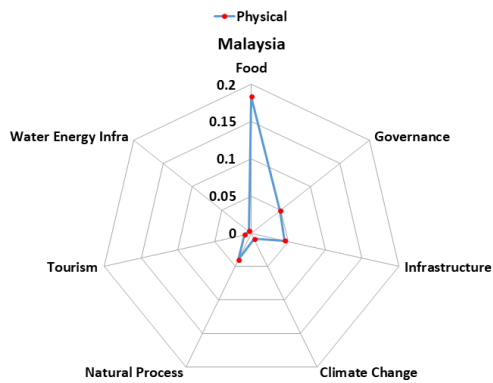
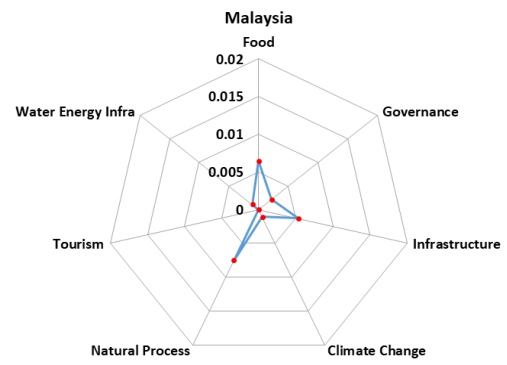
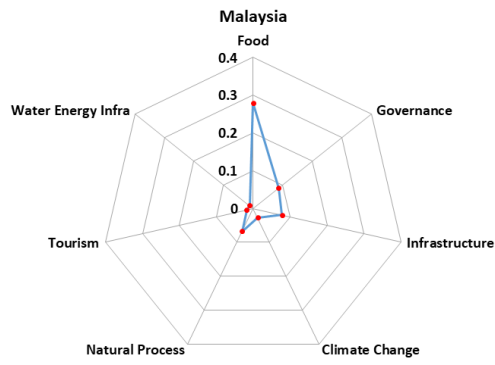




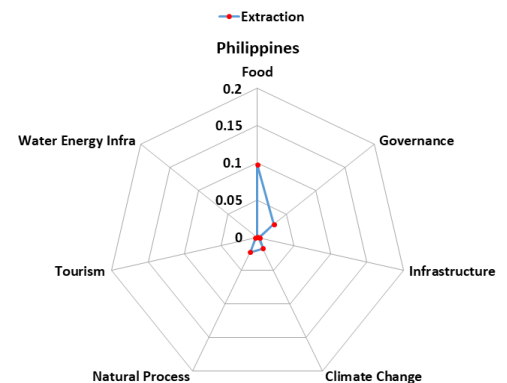
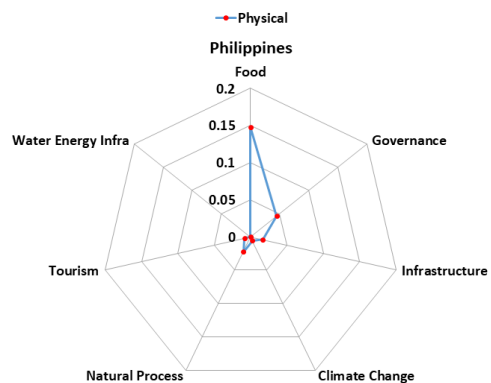
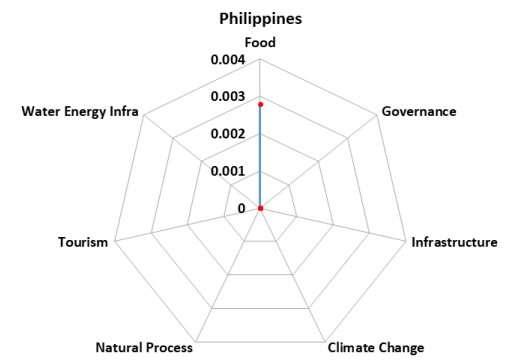
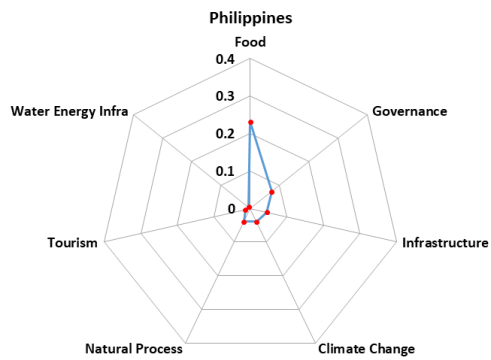
Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (Brunei)



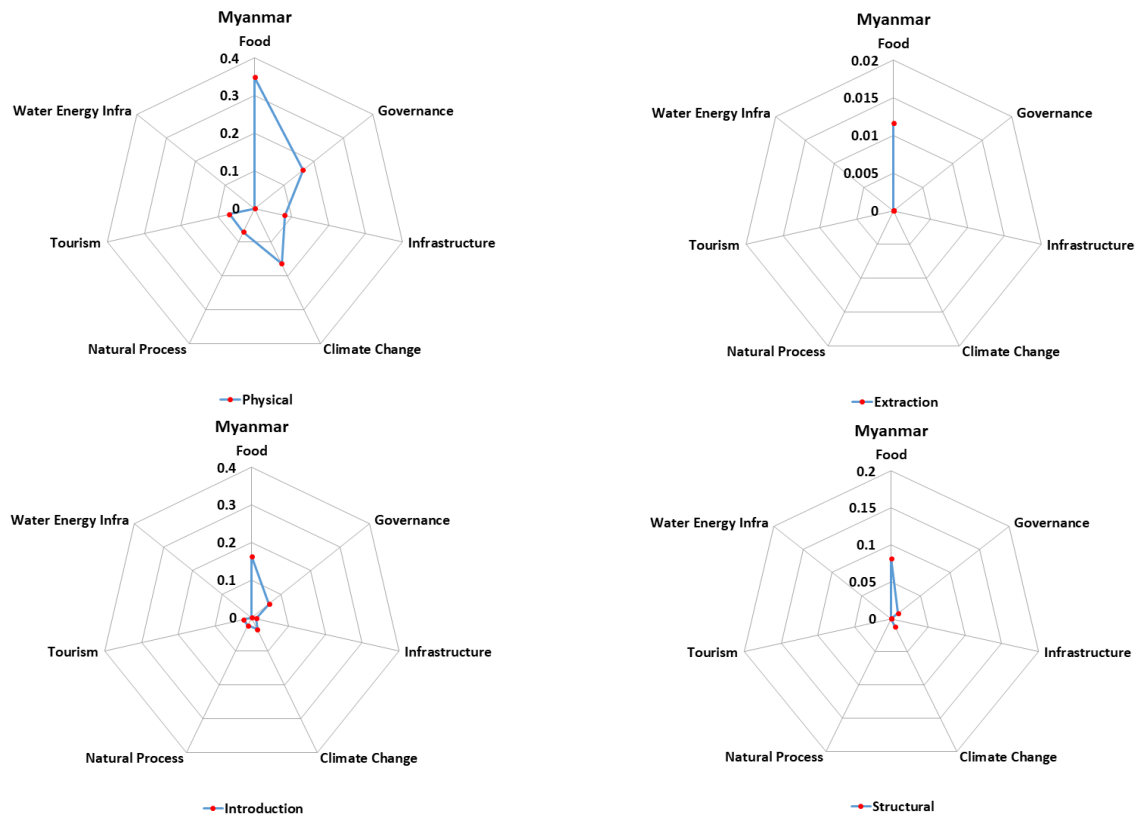
Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (Laos)



Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (Malaysia)



Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (Philippines)



Connectivity & relationship analysis between direct and indirect drivers (Myanmar)