

## 다양한 이론적 도시규모에서의 습지 보전을 위한 게임 이론 적용

임란영\* · 김지윤\*\* · 도윤호\*\*\*\*

\*군산대학교 농생명융합기술센터

\*\*군산대학교 생명과학과

\*\*\*공주대학교 생명과학과

## Game Theory Application in Wetland Conservation Across Various Hypothetical City Sizes

Ran-Young Im\* · Ji Yoon Kim\*\* · Yuno Do\*\*\*\*

\*Center for Convergent Agro-Bioengineering, Kunsan National University, Korea

\*\*Department of Biological Science, Kunsan National University, Korea

\*\*\*Department of Biological Sciences, Kongju National University, Korea

(Received : 5 December 2023, Revised : 15 January 2024, Accepted : 29 January 2024)

### 요약

습지의 보전 및 복원은 지속 가능한 인간 사회와 환경을 위한 필수적 과제로, 생물다양성 유지, 자연재해 저감, 기후 변화 완화 등 중요한 혜택을 제공한다. 본 연구는 습지 복원 및 조성을 위한 다양한 이해관계자들 간의 전략적 상호작용과 이익을 게임 이론을 통해 분석하고, 정책 결정에 중요한 근거를 제공하고자 한다. 이 연구에서는 대도시, 중소도시, 소도시의 세 가지 도시 유형에 대해 가상의 상황을 설정하고, 정부, 개발회사, 환경단체, 지역 주민 등의 이해관계자를 정의하였다. 각 이해관계자별 전략적 선택 사항을 도출하고, 습지생태 전문가들의 논의를 통해 보수행렬을 설정하였다. 이후 비협력적 게임 이론을 적용하여 내쉬 균형과 파레토 효율성을 분석하였다. 대도시에서는 '습지 보존'과 '친환경 개발', 중소도시에서는 다양한 전략들, 그리고 소도시에서는 '친환경 개발'이 이해당사자 모두에게 이익이 되는 해결책으로 나타났다. 파레토 효율성 분석 결과, 각 도시 유형별로 습지 관리와 관련하여 이해당사자들 간의 최적의 해결책이 어떻게 달라질 수 있는지를 보여주었다. 도시 유형별로 습지 보존, 친환경 개발, 습지 복원 사업이 각각 중요하게 부각되었다. 이에 따라 정책 입안자들은 환경 보호와 도시 개발의 조화를 이루는 규제와 인센티브를 마련하고, 지역 사회의 참여를 촉진하는 프로그램을 고려해야 한다. 이해당사자별 역할과 전략을 통해 습지 보존과 지역 경제 발전을 동시에 촉진하는 방안을 모색해야 한다. 전략별 장단점을 이해하고, 이를 바탕으로 보다 효과적인 정책 결정을 내리는 것이 중요하다.

핵심어 : 습지 보존, 친환경 개발, 게임 이론, 내쉬 균형, 파레토 효율성

### Abstract

The conservation and restoration of wetlands are essential tasks for the sustainable development of human society and the environment, providing vital benefits such as biodiversity maintenance, natural disaster mitigation, and climate change alleviation. This study aims to analyze the strategic interactions and interests among various stakeholders using game theory and to provide significant grounds for policy decisions related to wetland restoration and development. In this study, hypothetical scenarios were set up for three types of cities: large, medium, and small. Stakeholders such as governments, development companies, environmental groups, and local residents were identified. Strategic options for each stakeholder were developed, and a payoff matrix was established through discussions among wetland ecology experts. Subsequently, non-cooperative game theory was applied to analyze Nash

\*All authors equally contributed

†To whom correspondence should be addressed.

Department of Biological Sciences, Kongju National University, Korea

E-mail : doy@kongju.ac.kr

- Ran Young Im Center for Convergent Agro-Bioengineering, Kunsan National University, Korea / Research fellow (chloi1108@gmail.com)
- Ji Yoon Kim Department of Biological Science, Kunsan National University, Korea / Assistant professor (j.kim@kunsan.ac.kr)
- Yuno Do Department of Biological Sciences, Kongju National University, Korea / Assistant professor (doy@kongju.ac.kr)

equilibria and Pareto efficiency. In large cities, strategies of ‘Wetland Conservation’ and ‘Eco-Friendly Development’ were found beneficial for all stakeholders. In medium cities, various strategies were identified, while in small cities, ‘Eco-Friendly Development’ emerged as the optimal solution for all parties involved. The Pareto efficiency analysis revealed how the optimal solutions for wetland management could vary across different city types. The study highlighted the importance of wetland conservation, eco-friendly development, and wetland restoration projects for each city type. Accordingly, policymakers should establish regulations and incentives that harmonize environmental protection and urban development and consider programs that promote community participation. Understanding the roles and strategies of stakeholders and the advantages and disadvantages of each strategy is crucial for making more effective policy decisions.

**Key words** : Wetland Conservation, Eco-Friendly Development, Game Theory, Nash Equilibrium, Pareto Efficiency

## 1. 서론

습지의 보전과 복원은 단순히 특정 지역의 생태계를 위한 것만이 아니라, 지속 가능한 인간 사회와 환경을 위한 필수적인 과제이다 (Gibbs, 2000; Moreno-Mateos et al., 2015). 습지는 생물다양성의 유지, 자연재해 저감, 기후변화 완화와 같은 중요한 혜택을 인간사회에 제공하며, 최근 이러한 혜택을 확보하기 위해 수많은 노력이 이뤄지고 있다 (Zedler & Kercher, 2005; Xu et al., 2020). 그러나 습지에 대한 보전 활동이 구체화되고 실행됨에 따라 이해관계 간의 갈등도 깊어지고 있다 (Zou et al., 2018). 자연 생태계의 보전은 종종 현재 진행 중인 수자원, 생물자원이용, 토지전환 등의 인간 활동에 제약을 가하게 되어 이해관계자 간의 갈등을 야기한다. 습지 생태계와 관련된 환경 갈등은 하천 네트워크로 이어진 집수역 단위 내 이해관계자 간의 의견차이로 인해 다른 자연 생태계에서 보다 더 도드라지거나 심각해 보이는 경향이 있다 (Aggestam, 2014). 특히 습지의 중요성에 대한 인식이 낮거나 오랫동안 습지를 적극적으로 활용해 온 지역일수록, 습지 보전과 지역 개발 간의 갈등은 더욱 커질 수 있다 (Meng et al., 2019).

습지 생태계의 성공적인 보전 및 관리를 위해서는 다양한 이해관계자들의 협력이 필수적이다 (Amano et al., 2018). 정부, 비정부기구 (NGO), 지역 사회, 개발 회사는 각각의 역할을 가지고 있으며, 이들 간의 조율과 협력이 습지 보전과 복원의 성공에 결정적인 영향을 미친다 (Aggestam, 2014; Cohen-Shacham et al., 2015). 예를 들어, 정부는 습지 보호 구역 지정, 환경 규제, 정책 수립을 통해 습지를 보호할 수 있으며, NGO와 환경 단체는 대중 인식 제고, 교육 프로그램, 자원 봉사 활동을 통해 습지의 중요성을 알리고 지역 사회의 참여를 유도할 수 있다. 또한, 지역 사회와 개발 회사 간의 협력은 습지 보전과 경제 발전 간의 균형을 찾는 데 중요하다. 지역 사회는 습지 보전을 위한 지역 사업에 참여하고, 생태 관광과 같은 지속 가능한 사업 모델을 개발함으로써 이익을 얻을 수 있다. 개발 회사는 친환경 개발 방법과 지속 가능한 사업 전략을 채택함으로써, 환경 보호와 경제적 이익을 동시에 추구할 수 있다.

이 복잡한 상호작용 속에서 각 이해관계자의 의사결정과 전략을 분석하고 조율하는 것은 필수적이다 (Addison et

al., 2013; Sterling et al., 2017; Law et al., 2018). 다양한 이론적 또는 경험적 방법이 이해관계자들의 의사결정을 위해 제시되고 있는데, 게임 이론은 이들의 전략적 선택과 그 결과를 예측하고 최적의 해결책을 찾는 데 유용한 도구가 될 수 있다 (Pournabi et al., 2021; Darvishi Bolorani et al., 2023; Pang et al., 2023). 게임 이론은 참여자 간의 전략적 상호작용을 분석하는 수학적 모델로, 각 참여자가 자신의 이익을 최대화하기 위한 전략을 선택하는 과정을 연구한다. 이는 습지 관련 정책 수립 과정에서 다양한 이해관계자들의 행동과 선택을 예측하고 분석하는 데 매우 유용하다. 특히 여러 이해관계자들은 각기 다른 목표와 제약 조건을 가지고 있고, 이들의 상호작용은 습지 관리의 결과에 큰 영향을 미친다. 따라서 각 이해관계자별로 가능한 전략과 그 결과를 시뮬레이션하고, 상호 이익을 극대화하는 균형점을 찾는 것이 중요하다 (Sanfey, 2007; Frank & Sarkar, 2010).

본 연구의 목적은 게임 이론을 사용해 습지 복원 및 조성 과 관련된 다양한 이해관계자들 간의 전략적 상호작용과 이익을 분석하는 것이다. 이를 위해 대도시, 중소도시, 소도시의 세 가지 도시 유형에서 습지 복원 및 조성 사업을 진행하는 가상의 상황을 설정하고 게임 이론적 관점에서 접근했다. 내쉬 균형 (Nash equilibrium), 파레토 효율성 (Pareto efficiency), AHP (Analytic Hierarchy Process) 같은 게임 이론의 핵심 개념을 활용해 각 이해관계자의 효용과 전략적 선택을 분석했다. 이 분석을 통해 습지 복원 및 조성 과정에 관련된 정책 결정에 중요한 협력체계의 근거를 제공하고, 이해당사자들의 이익과 목표를 조율하는 방안을 모색했다. 따라서, 연구는 습지 복원 및 조성 과 관련된 정책 결정 과정에서 나타나는 복잡한 상호작용과 이익 충돌을 이해하고, 해결하기 위한 합리적이고 효과적인 전략을 제시하는 데 중점을 두었다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 이해관계자 정의 및 이해관계자별 이익과 목표 설정

습지 복원 및 조성 과 관련하여 대도시, 중소도시, 소도시 각각의 환경에서 활동하는 이해관계자를 정부, 개발회사, 환경단체, 지역 주민으로 설정했다 (Table 1). 대도시의 경

Table 1. Stakeholder interests and objectives by city size.

City	Stakeholder	Interests and Objectives
Large city	Government	Sustainable urban development and environmental quality improvement
	Development Company	Maximizing profit while ensuring sustainable development
	Environmental Group	Promoting biodiversity and environmental education
	Local Residents	Improving quality of life, securing recreational spaces, increasing property value
Medium city	Government	Sustainable economic development and preservation of cultural and natural heritage
	Development Company	Generating profits suitable for the local market, emphasizing community cooperation
	Environmental Group	Protecting local ecosystems and enhancing biodiversity
	Local Residents	Advancing local economy, improving quality of life, creating employment opportunities
Small city	Government	Enhancing quality of life in the community, supporting small-scale businesses
	Development Company	Maintaining close community relations, participating in wetland restoration and creation projects
	Environmental Group	Prioritizing local natural environment protection, wetland restoration
	Local Residents	Advancing local economy, harmonious coexistence with nature, improving community quality of life

우, 정부는 도시의 지속 가능한 발전과 환경의 질적 개선을 목표로 하며, 대형 개발회사는 최대 수익과 함께 지속 가능한 개발을 추구한다. 이와 함께 환경단체는 생물 다양성의 증진과 환경 교육에 주력하고, 지역 주민들은 삶의 질 향상, 레크리에이션 공간 확보, 그리고 부동산 가치의 증가를 기대한다. 중소도시에서는 지방 정부가 지역 경제의 지속 가능한 발전과 문화 및 자연 유산 보존을 중요시하고, 지역 사업자는 지역 시장에 적합한 규모의 수익 창출과 지역 사회와의 협력을 강조한다. 환경단체는 지역의 생태계 보호와 생물 다양성 증진에 주력하며, 지역 주민들은 지역 경제의 발전, 삶의 질 향상, 그리고 고용 기회 창출을 희망한다. 소도시에서는 지방 정부가 지역 사회의 삶의 질 향상과 소규모 사업체 지원에 초점을 맞추고, 소규모 사업자는 지역 사회와의 긴밀한 관계 유지와 습지 복원 및 조성 사업 참여를 중요하게 생각한다. 여기에 환경단체는 지역의 자연 환경 보호와 습지 복원을 최우선 목표로 삼고, 지역 주민들은 지역 경제의 발전과 함께 자연 환경과 조화롭게 공존하며 삶의 질을 향상시키길 원한다.

## 2.2. 전략적 선택 사항 도출

본 연구에서는 각 이해관계자가 각자가 선택할 수 있는 전략을 다음과 같이 설정했다 (Table 2). 도시 규모별로 설정된 전략의 종류는 이전 사례와 도시 규모별 보전계획을 참고하여 모델링을 위한 가상의 상황을 설정한 것으로 향후 전략적 평가가 적용될 구체적인 상황에 따라 변경할 수 있다 (Borsekova et al., 2018; Furlong & Bakker, 2011; Paterson et al., 2017; WWT Consulting, 2018; Yi et al., 2024). 대도시에서 정부는 습지 보호구역을 지정하여 개발을 제한하고, 공공-민간 파트너십을 통한 습지 복원 사업을 추진하며, 환경 친화적인 도시 계획 표준을 마련한다.

대형 개발회사는 친환경 건축 물질을 사용하여 인접 지역을 개발하고, 습지 복원을 기업 사회적 책임 (CSR) 활동의 일환으로 채택하며, 습지 인근에 상업 및 주거 복합 단지를 개발한다. 환경단체는 대중 캠페인을 통해 습지의 중요성을 알리고, 정책 입안자에게 습지 보호 정책 수립을 요구하며, 습지 복원에 대한 자원봉사 프로그램을 조직한다. 지역 주민들은 습지 복원 및 관리에 대한 지역 커뮤니티 주도 사업을 제안하고, 습지를 이용한 지역 기반의 사업 기회를 탐색하며, 습지 보호와 관련된 지역 조례에 대한 지지를 표현한다.

중소도시의 정부는 습지를 활용한 지역 관광 전략을 개발하고, 습지 관련 환경 교육 프로그램을 지원하며, 지역 경제를 강화하기 위해 습지를 중심으로 한 사업을 육성한다. 지역 사업자는 습지를 중심으로 한 지역개발 (LID) 전략을 채택하고, 습지 관련 관광 및 레크리에이션 시설을 개발하며, 지역 사회와의 파트너십을 통해 공동 사업을 개발한다. 환경단체는 습지 보호를 위한 지역 행사와 워크숍을 주최하고, 지역 정부에 습지 보존에 관한 정책 제안을 하며, 지역 사회의 습지 관리 참여를 촉진한다. 지역 주민들은 습지 복원 사업에 참여하여 지역 사회의 일원으로서 역할을 하고, 습지 관련 소규모 사업을 진행하며, 습지 보존을 위한 지역 행동을 주도한다.

소도시에서 정부는 습지를 지역 문화의 일부로 포함시키는 프로그램을 만들고, 습지 관리와 유지를 위한 지역 자원봉사 그룹을 조직하며, 지속 가능한 습지 이용에 대한 조례를 제정한다. 소규모 개발회사는 습지 인근에 친환경 소규모 주거지를 개발하고, 지역 습지를 홍보하는 마케팅 전략을 개발하며, 지역 사회와 협력하여 습지 관련 행사를 주최한다. 환경단체는 생태 관광 프로그램을 통해 습지의 가치를 홍보하고, 지역 주민을 대상으로 한 환경 보존 교육을 실시하며, 지역 습지 보존을 위한 연구 및 모니터링 활동을

진행한다. 지역 주민들은 습지를 활용한 지역 생태 관광 사업을 제안하고, 습지 보호와 유지에 대한 지역 사회 워크숍에 참여하며, 지역 습지 보호에 대한 인식을 높이는 활동을 벌인다.

### 2.3. 보수행렬 (payoff matrix) 설정

본 연구에서 보수행렬 (payoff matrix)은 습지생태에 대한 전문가들의 논의를 통해 설정했다. 총 7명의 습지생태 전문가들 (박사급)이 이해관계자별 이익과 목표 설정 및 전략적 선택 사항을 반영해서 활용가능한 사례와 각 지역 별 중장기 보전계획에 포함된 통계자료, 시나리오 분석결과 (Ministry of Environment, 2018; 2019a; 2019b; 2020a; 2020b; 2021a; 2021b; 2022a; 2022b; 2023a; 2023b; 2023c; 2023d; 2023e; 2023f; 2023g) 등을 참고하여 보수 값을 도출했다 (Table 3). 가상의 상황을 설정해서 추론된 보수 값이므로 특정 장소 또는 지역을 대표하지는 않고 상황에 따라서 보수행렬의 값들은 변경될 수 있다.

보수행렬은 각 도시 유형별로 다양한 습지 관리 전략이 이해관계자들에게 미치는 효과가 다르며, 이는 각 전략이

각기 다른 이해관계자들의 이익에 어떻게 영향을 미치는지를 보여준다. 대도시의 경우, 습지 보존 전략은 정부와 환경단체에게 매우 유리하지만, 개발회사와 지역 주민에게는 불리하게 작용한다. 반대로, 친환경 개발 전략은 모든 이해당사자에게 이익을 제공하며, 특히 정부와 환경단체에 긍정적인 영향을 미친다. 습지 복원 사업은 환경단체와 정부에 가장 큰 혜택을 주며, 고밀도 개발 전략은 개발회사에게 매우 유리하나 환경단체에게는 큰 불이익을 준다. 생태계 서비스 증진 전략은 모든 이해관계자들에게 비교적 균형 있는 혜택을 제공한다. 중소도시에서 습지 보존 전략은 환경단체에게 가장 유리하지만, 지역 주민에게는 큰 불이익을 가져온다. 친환경 개발과 습지 복원 사업은 모든 이해당사자에게 긍정적인 효과를 제공하며, 특히 습지 복원 사업은 환경단체와 정부에 더 큰 혜택을 준다. 고밀도 개발 전략은 개발회사와 지역 주민에게 이익을 제공하나 환경단체에게는 불리하다. 생태계 서비스 증진 전략은 개발회사와 환경단체에게 상대적으로 더 큰 이익을 제공한다. 소도시의 경우, 습지 보존 전략은 환경단체에게 유리하지만, 지역 주민에게는 크게 불리하다. 친환경 개발 전략은 모든 이해당사

Table 2. Strategic choices of stakeholders in different city sizes.

City	Stakeholder	Strategic Choices
Large city	Government	Designating protected wetland areas to limit development, promoting wetland restoration projects through public-private partnerships, establishing eco-friendly urban planning standards
	Development Company	Using eco-friendly building materials for adjacent area development, incorporating wetland restoration as part of CSR activities, developing commercial and residential complexes near wetlands
	Environmental Group	Conducting public campaigns to raise awareness about the importance of wetlands, lobbying policymakers for wetland protection policies, organizing volunteer programs for wetland restoration
	Local Residents	Proposing community-led projects for wetland restoration and management, exploring local business opportunities utilizing wetlands, supporting local ordinances related to wetland protection
Medium city	Government	Developing tourism strategies utilizing wetlands, supporting environmental education programs related to wetlands, fostering businesses centered around wetlands to strengthen the local economy
	Development Company	Adopting low-impact development (LID) strategies around wetlands, developing tourism and recreational facilities related to wetlands, collaborating with the community for joint projects
	Environmental Group	Hosting local events and workshops for wetland protection, proposing policies for wetland conservation to local governments, encouraging community participation in wetland management
	Local Residents	Participating in wetland restoration projects as community members, starting small-scale businesses related to wetlands, leading local actions for wetland conservation
Small city	Government	Creating programs to integrate wetlands into local culture, organizing volunteer groups for wetland management and maintenance, enacting ordinances for sustainable wetland use
	Development Company	Developing eco-friendly small-scale housing near wetlands, creating marketing strategies to promote local wetlands, hosting wetland-related events in collaboration with the community
	Environmental Group	Promoting the value of wetlands through ecotourism programs, conducting environmental conservation education for locals, undertaking research and monitoring activities for wetland preservation
	Local Residents	Proposing local ecotourism business utilizing wetlands, participating in community workshops for wetland protection and maintenance, engaging in activities to raise awareness about wetland conservation

자에게 긍정적인 효과를 주며, 특히 지역 주민에게 큰 이익을 제공한다. 습지 복원 사업은 환경단체에게 가장 큰 혜택을 주지만, 지역 주민에게는 그다지 큰 이익이 아니다. 고밀도 개발 전략은 개발회사와 지역 주민에게 큰 이익을 주지만, 환경단체에게는 불리한 효과를 가진다. 생태계 서비스 증진 전략은 모든 이해관계자들에게 균형 있는 혜택을 제공한다.

### 2.4. 게임이론 적용

본 연구에서는 게임이론 중 비협력적 게임 이론을 채택해서 분석했다. 비협력적 게임 이론은 습지와 관련된 다양한 이해관계자들은 각자의 목표와 제약 조건을 가지고 있으며, 이들 간의 상호작용은 종종 협력보다는 경쟁적인 성격을 띠고 있다. 비협력적 게임 이론은 이러한 경쟁적 상황에서 각 이해관계자가 자신의 이익을 극대화하기 위해 취할 수 있는 전략과 이에 따른 결과를 분석하는 데 적합하다. 각 이해관계자는 독립적으로 자신의 전략을 선택하며, 다른 이해관계자들의 전략에 대한 완전한 정보를 가지고 있지 않는 경우가 많다. 이러한 상황에서 비협력적 게임 이론은 각 이해관계자가 최선의 전략을 선택하는 데 도움을 줄 수 있다 (Riechert & Hammerstein, 1983; McNamara et al., 2006).

보수행렬에 정부, 개발회사, 환경단체, 지역 주민 등의 이해관계자를 포함시켰다 (Fig. 1). 또한 습지 보존 (Wetland Conservation), 친환경 개발 (Eco-Friendly Development), 습지 복원 사업 (Wetland Restoration Project), 고밀도 개발 (High-Density Development), 생태계 서비스 증진 (Ecosystem Service Enhancement) 등 다양한 전략을 정의했다. 이러한 전략들은 도시 습지 관리에 있어 각 이해관계자가 취할 수 있는 다양한 접근 방식을 포함한다. 분석을 더욱 정교하게 하기 위해 각 도시 유형별로 AHP (Analytic Hierarchy

Process) 가중치를 계산하여 적용했다. 습지생태 전문가 7 명이 도시 유형별 전략적 선택사항에 대해 AHP 분석을 진행했으며 그 결과로 도출된 일관성 비율 (Consistency Ratio) 값은 일반적으로 받아들여지는 기준인 0.1 이하가 될 때까지 반복해서 실시했다. 이 방법은 도시 습지 관리와 관련된 다양한 요소를 고려하여 각 전략의 상대적 중요성을 정량화하는 데 사용되었다. AHP에서 도출된 가중치를 사용하여 각 도시 유형별로 가중 보수행렬을 계산했다. 이 단계는 AHP 분석을 통해 결정된 전략적 중요도에 따라 원래 보수행렬 값을 조정하는 것을 포함한다 (Fig. 2).

본 연구에서는 가중 보수행렬이 설정된 후, 각 도시 유형에 대한 내쉬 균형을 산출했다 (Kreps, 1989). 비협력적 게임에서 내쉬 균형은 다른 플레이어들의 전략을 고려할 때 어떤 플레이어도 단독으로 전략을 변경함으로써 이익을 얻을 수 없는 안정된 상태를 나타낸다. 이는 수학적으로 다음과 같이 정의된다.

$$\forall i, \forall s_i' \in S_i: u_i(s_i, s_{-i}) \geq u_i(s_i', s_{-i})$$

여기서  $\forall$ : FOR ALL, 모든 universal quantifier,  $\exists$ : there is at least one x, 적어도 하나의 x가 존재함을 의미하고,  $s_i$ 는 플레이어 i의 전략,  $s_{-i}$ 는 다른 모든 플레이어의 전략 조합을 나타낸다. 또한, 가중 보수행렬을 기반으로 파레토 효율성을 평가했다 (Pardalos et al., 2008). 파레토 효율성의 결과는 한 이해관계자의 상황을 개선하는 것이 다른 이해관계자의 상황을 악화시키지 않는 상태를 의미하며, 수식으로는 다음과 같이 표현된다:

$$\exists s' : (\forall i, u_i(s') \geq u_i(s)) \wedge (\exists j, u_j(s') > u_j(s))$$

여기서  $s$ 는 현재의 전략 조합,  $s'$ 는 다른 가능한 전략 조합이다. 이 식은 전략 조합  $s'$ 가 존재해서 모든 플레이어에

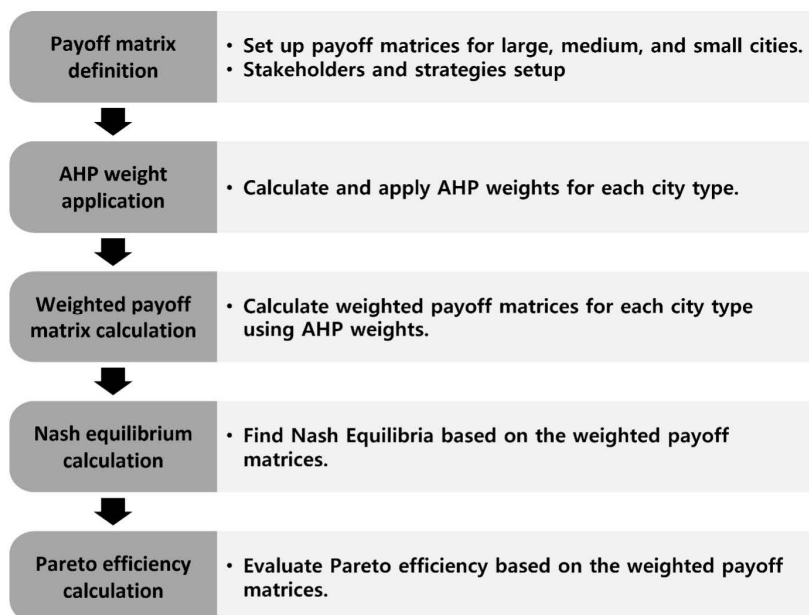


Fig. 1. Non-cooperative game theory analysis process for wetland management.

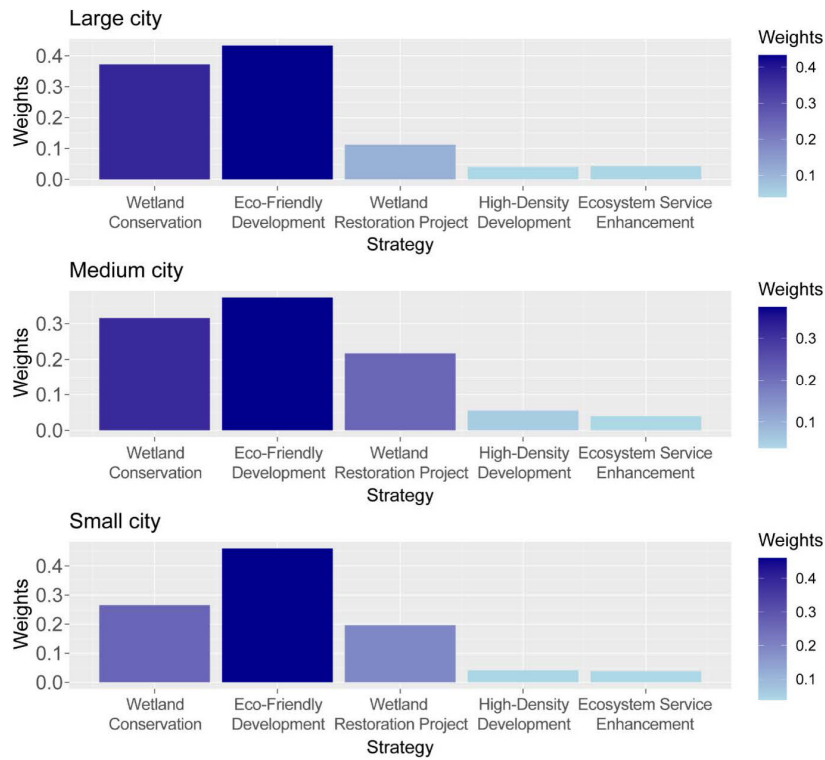


Fig. 2. Analytic hierarchy process analysis results for wetland management strategies in different cities of sizes.

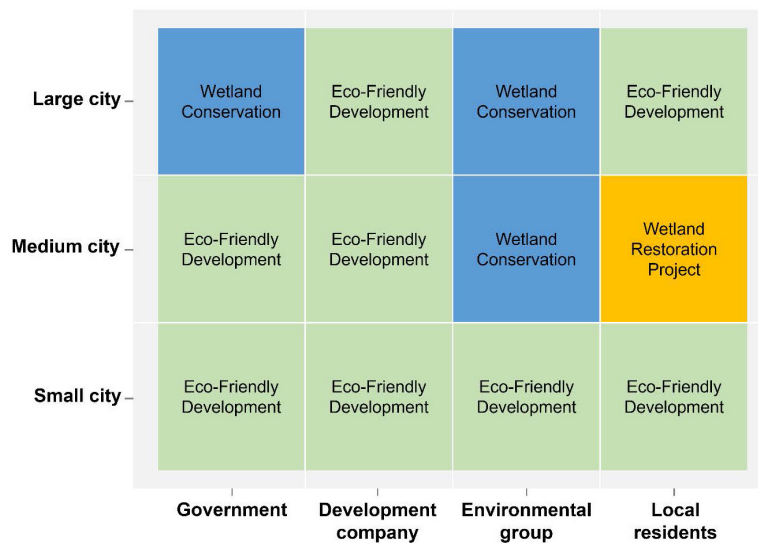


Fig. 3. Grid map of Nash equilibria across city sizes for wetland management.

대해 현재 전략 조합 s보다 나쁘지 않고, 적어도 한 플레이 어에게는 더 나은 경우가 없음을 나타낸다. 이 분석을 통해 모든 이해관계자에게 이로운 해결책을 찾을 수 있다. 본 연구의 방법론은 이해관계자 간의 복잡한 상호작용을 수학적 으로 분석하고, 각 이해관계자의 최적 전략을 이해하는 데 중요한 역할을 한다. 본 연구에서 데이터 처리 및 내쉬 균형과 파레토 효율성 계산은 Python (version 3.11.4)으로 수행했으며, 결과의 시각화는 R (version 4.2.2)을 사용해서 진행했다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 습지보전 전략별 특징 및 도시별 내쉬 균형

습지는 생물다양성 유지, 자연재해 저감, 기후변화 완화 등의 중요한 혜택을 제공함에도 불구하고, 보전과 개발 사이의 복잡한 이해관계 갈등이 존재한다. 본 연구에서는 비협력적 게임이론을 적용한 내쉬 균형에 기반하여 가상의 도시 규모에 따라 습지 관리와 관련된 정책 결정에 있어 이

해당사자들의 이익과 전략적 선택이 어떻게 달라질 수 있는지를 비교하였다 (Fig. 3). 3가지 도시규모에서 가장 높은 빈도로 선택된 친환경 개발은 환경 보호와 경제적 성장을 동시에 추구하는 전략이다. 이 전략은 에너지 효율성, 지속 가능한 자원 사용, 그리고 생태계에 미치는 영향을 최소화하는 개발을 포함한다 (Hager et al., 2019). 이는 장기적으로 비용 절감과 환경 보호라는 이중의 이득을 가져올 수 있다. 그러나 친환경 개발의 초기 비용은 전통적인 개발 방식에 비해 높을 수 있으며, 기존 개발 방식과의 충돌로 이해관계자 간 갈등을 일으킬 수 있다 (Latifi et al., 2019). 따라서, 이 전략은 초기 투자와 장기적인 이득 사이의 균형을 고려해야 한다 (Hager et al., 2019).

습지 보전은 생물 다양성의 유지와 생태계 서비스의 제공에 필수적인 요소이다 (Meli et al., 2014). 이 전략은 환경적 가치를 보호하고, 자연재해 저감 및 기후변화 완화에 기여한다. 특히, 생태 관광과 같은 지속 가능한 경제 활동에 유리한 조건을 마련한다. 그러나 습지 보전은 개발을 제한함으로써 경제적 기회를 줄일 수 있으며, 지역 주민들의 토지 사용에 제약을 가할 수 있다. 따라서, 이 전략은 환경적 이익과 개발의 필요성 사이에서 균형을 찾는 데 주의를 요한다 (Yu et al., 2018; Worley et al., 2023). 습지 복원 사업은 훼손된 습지환경을 회복시키고, 생물 다양성을 증진시키는 데 중점을 둔다. 이 전략은 지역 사회의 참여를 유도하고, 교육 및 연구 기회를 제공한다. 습지 복원은 또한 생

태 관광과 같은 새로운 경제 활동을 유도할 수 있다. 그러나 복원 사업은 장기적인 관리와 지속적인 투자가 필요하며, 때로는 개발 제한으로 인한 경제적 영향을 초래할 수 있다. 이러한 전략은 지역 사회의 지속적인 참여와 지원을 필요로 한다. 습지 보존과 관련된 다양한 전략들은 각각의 장단점이 있으며, 이를 종합적으로 고려하여 적절한 균형점을 찾는 것이 중요하다 (Armitage et al., 2012; Clare et al., 2013; Borrini-Feyerabend & Hill, 2015).

대도시에서의 내쉬 균형은 정부와 환경 그룹이 ‘습지 보존’ 전략을, 개발 회사와 지역 주민은 ‘친환경 개발’ 전략을 선택하는 것으로 나타났다 (Fig. 3). 이는 대도시에서의 습지 관리에 있어 환경 보호와 지속 가능한 개발이 서로의 이익을 최대화하는 균형점을 찾는 것을 의미한다. 도출된 균형전략에 따르면 정책 입안자들은 환경 보호와 도시 개발의 조화를 이루는 규제와 인센티브를 마련하는 것이 중요할 수 있다. 습지 보존 지역은 엄격하게 관리되며, 친환경 개발에 대한 정부의 지원과 인센티브 제공을 통해 이들 지역의 경제적 가치를 높이는 방안을 고려해야 한다 (Canning et al., 2021). 또한, 지속 가능한 도시 계획의 일환으로 습지를 도시 환경의 중요한 부분으로 통합하는 전략도 필요할 수 있다 (Nassauer, 2004).

중소도시의 경우, 정부와 개발 회사는 ‘친환경 개발’ 전략을, 환경 그룹은 ‘습지 보존’ 전략을, 지역 주민은 ‘습지 복원 사업’ 전략을 선택하는 것으로 분석됐다. 이는 중소도시

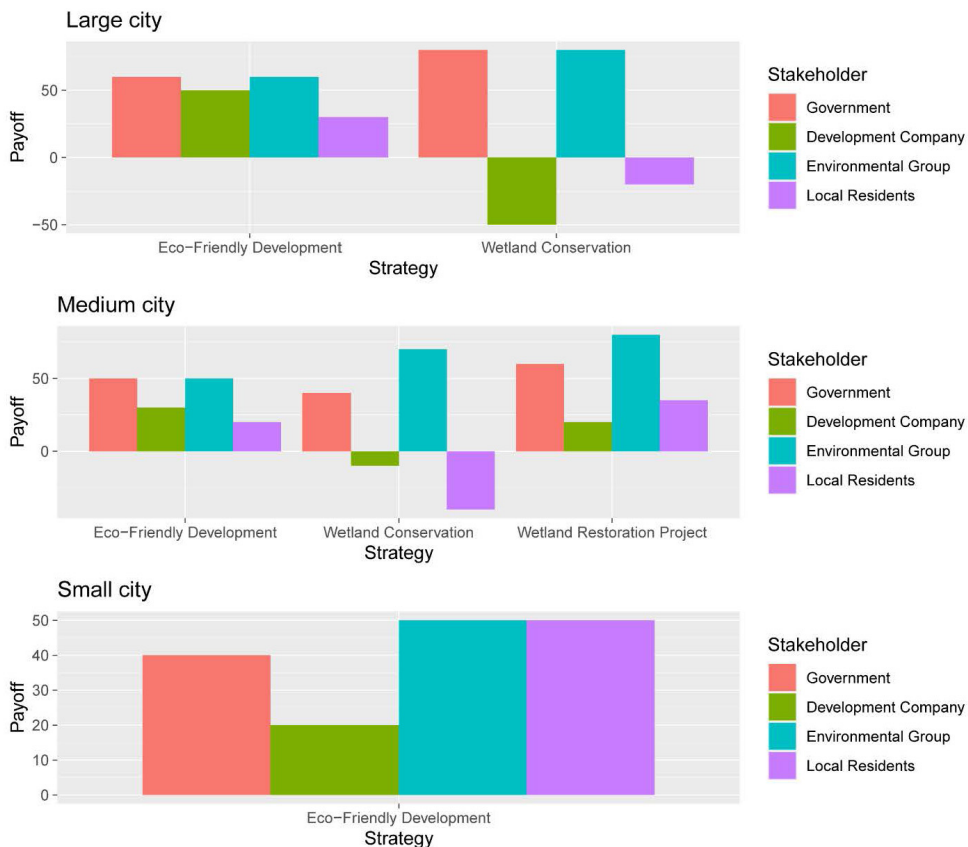


Fig. 4. Pareto efficiency assessments for wetland management across city sizes.

에서 친환경 개발과 습지 보존 및 복원 사이에서 이해당사자들이 자신들의 이익을 극대화할 수 있는 균형점을 찾는 것을 나타낸다. 이러한 경우 중소도시의 정책은 이 세 전략을 조화롭게 통합하려는 시도가 필요하다 (Moreno-Mateos & Comín, 2010). 지방 정부는 지역 경제의 지속 가능한 발전과 환경 보호를 위한 정책을 수립하고, 이를 바탕으로 지역 사업체와 협력하여 친환경적이고 지속 가능한 개발 사업을 추진해야 한다. 습지 보존과 복원 사업에 지역 사회의 참여를 촉진하는 프로그램도 고려해야 한다 (Aggestam, 2014; Scholte et al., 2016).

소도시에서는 모든 이해당사자들이 '친환경 개발' 전략을 선택하는 내쉬 균형이 관찰되었다. 이는 소도시에서 환경적 지속 가능성이 모든 이해당사자들에게 최적의 전략으로 여겨지고 있음을 보여준다. 이를 바탕으로 소도시의 친환경 개발을 적극적으로 장려하고 지원하는 정책을 수립하는 것을 고려할 수 있다. 이는 지역 사회의 삶의 질을 향상시키고 지속 가능한 관광과 같은 새로운 경제적 기회를 창출할 수 있다 (Yu et al., 2018). 지방 정부는 소규모 개발 사업에 대한 지원과 인센티브를 제공하고, 지역 주민과 기업이 이러한 개발에 참여할 수 있도록 촉진해야 한다. 이러한 정책적 권장 사항들은 각 도시 유형에 따라 다양한 이해관계자들의 이익을 균형 있게 고려하고, 습지 보전과 지속 가능한 개발을 촉진하는 데 중점을 두어야 한다 (Worley et al., 2023). 지속 가능한 환경 관리와 경제 발전 사이의 조화를 이루는 것이 중요하며, 이를 위해 모든 이해당사자들의 참여와 협력이 필수적이다.

### 3.2 파레토 효율성에 기반한 이해당사자별 역할 비교

대도시의 경우, 파레토 효율적인 전략은 '습지 보존'과 '친환경 개발' 두 가지 전략이었다 (Fig. 4). '습지 보존' 전략에서 정부와 환경 그룹은 높은 효용을 얻었으나, 개발 회사와 지역 주민은 부정적인 효용을 경험했다. 반면, '친환경 개발' 전략에서는 모든 이해당사자가 양의 효용을 얻었다. 이러한 상황에서 정부는 습지 보존과 친환경 개발 사이의 균형을 유지하는 정책을 마련하는 것이 중요할 수 있다. 이는 습지 보호 지역의 지정 및 관리, 친환경 건축 기준의 수립, 그리고 관련 인센티브의 제공을 포함한다 (Cimon-Morin & Poulin, 2018). 개발 회사의 경우 친환경 개발을 위해 지속 가능한 건축 재료와 기술을 활용하고, 지역 사회와의 협력을 통해 개발 사업의 지속 가능성을 높이고 지역경제에 기여하는 활동 등이 포함된다.

중소도시에서는 '습지 보존', '친환경 개발', 그리고 '습지 복원 사업' 세 가지 전략이 파레토 효율적이었다. '습지 보존' 전략은 정부에게는 중간 정도의 효용을, 환경 그룹에게는 높은 효용을 제공했지만, 개발 회사와 지역 주민에게는 부정적인 효용을 가져왔다. '친환경 개발'과 '습지 복원 사업' 전략에서는 모든 이해당사자들이 양의 효용을 얻었다. 이러한 이해관계자 관계를 가진 중소도시에서는 친환경 개

발과 습지 복원을 조화롭게 추진하면서 지역 경제의 지속 가능한 발전을 위한 전략을 수립하는 것이 중요하다고 볼 수 있다 (Hettiarachchi et al., 2015). 이를 위해 중소도시에서 환경단체는 습지의 중요성에 대한 대중 인식을 제고하는 등의 활동이 중요하다. 특히, 습지 보존과 관련된 정책 제안과 홍보 활동을 통해 환경 보호의 중요성을 강조해야 하며, 습지 복원 및 관리에 대한 자원봉사 활동을 조직하고 지역 사회의 참여를 촉진하는 전략을 선택할 수 있다. 지역주민은 습지 복원관련 소규모 활동을 개발하고 생태관광과 같은 지역 기반의 사업 기회를 탐색할 수 있다. 이러한 활동 (Collier, 2011)은 습지 보존과 지역 경제 발전을 동시에 촉진하는 데 기여할 수 있다 (Druschke & Hychka, 2015; Giordano et al., 2020).

소도시의 경우, '친환경 개발' 전략만이 파레토 효율적인 결과로 나타났는데, 이 전략은 모든 이해당사자에게 긍정적인 효용을 제공했다. 이러한 소도시 환경에서는 친환경 개발에 중점을 두어 지역 사회의 삶의 질을 향상시키고 지속 가능한 관광 및 사업 기회를 창출하는 데 집중해야 하는 전략이 다양한 이해당사자를 만족시키는 방안이 될 수 있다는 것을 의미한다 (Aggestam, 2014).

### 3.3 습지 보전을 위한 게임 이론 적용의 한계

본 연구는 대도시, 중소도시, 소도시라는 세 가지 가상의 도시 유형에 대해, 정부, 개발회사, 환경단체, 지역 주민 등 다양한 이해관계자들의 전략적 상호작용을 분석하여 이들 간의 이익 충돌을 이해하고 해결하기 위한 전략을 제시하였다. 게임 이론을 활용한 분석을 통해, 각 도시 유형에서 습지 보존, 친환경 개발, 습지 복원 사업 등 다양한 전략이 이해관계자들의 이익에 어떻게 영향을 미치는지 명확히 드러났다. 특히, 대도시에서는 습지 보존과 친환경 개발이, 중소도시에서는 다양한 전략들이, 소도시에서는 친환경 개발이 모두에게 유리한 해결책으로 나타났다. 이러한 결과는 각 도시 유형별로 이해관계자들의 최적의 해결책이 어떻게 다를 수 있는지를 보여주며, 이는 정책 입안자들에게 환경 보호와 도시 개발의 조화를 위한 근거를 제공한다. 이러한 분석은 각 전략이 가지는 장단점을 명확히 이해하고, 이를 바탕으로 보다 효과적인 정책 결정을 내리는 데 도움이 될 수 있다 (La Peyre et al., 2001; Xu et al., 2020).

그러나 이 연구에는 몇 가지 중요한 제한점이 존재한다. 특히, 연구의 핵심 자료인 보수행렬은 습지생태 전문가들의 주관적 평가에 기반하여 작성되었다는 점에서 약점을 지닌다. 이러한 주관적 평가는 각 이해관계자들의 실제 이익과 전략을 완전히 반영하기 어렵고, 특정 이해관계자의 관점이나 선호도에 편향될 위험이 있다 (Schelling, 2010; Ito et al., 2016). 또한, 게임 이론은 모든 참여자들이 합리적으로 행동하고 최적의 선택을 한다는 가정에 기반하지만, 실제 환경 관리 및 정책 결정에서는 감정, 문화적 가치, 정치적 압력 등 비합리적 요소가 의사결정에 영향을 미칠 수 있다



(Munck, 2001; Colman, 2003). 정보의 비대칭성 역시 실제 상황에서 중요한 역할을 하며, 특히 정부와 지역 주민 간에 습지의 환경적 가치나 개발 가능성에 대한 정보가 서로 다를 수 있다.

이러한 가정과 현실의 차이점, 그리고 보수행렬의 주관적 성격은 연구 결과의 해석에 주의를 기울여야 할 중요한 요소이다. 게임 이론을 활용한 모델링은 유용하지만, 현실 세계의 복잡성과 다양성을 완전히 반영하기 어렵다는 점을 인지하는 것도 중요하다. 따라서 향후 연구에서는 보다 객관적이고 포괄적인 데이터 수집 방법을 적용하고, 실제 사례 연구를 통한 실증적 접근을 통해 이러한 제한점을 극복할 필요가 있다. 현재 국내 주요 지자체의 습지보전행동을 시뮬레이션 하기 위한 보수행렬을 설정하기 위한 직접적인 연구자료는 부재한 상황이나 도시 환경정책과 개발에 관련된 다양한 통계지표 (statistical indicator)를 활용하면 더욱 객관적인 환경을 재연할 수 있을 것으로 생각된다 (Borsekova et al., 2018). 이를 통해 게임 이론 모델의 정확도와 신뢰성을 향상시킬 수 있으며, 습지 보전과 관련된 정책 결정에 더욱 실질적인 기여를 할 수 있을 것이다.

## References

- Addison, P. F. E., Rumpff, L., Bau, S. S., Carey, J. M., Chee, Y. E., Jarrad, F. C., McBride, M. F., Burgman, M. A. (2013). Practical solutions for making models indispensable in conservation decision-making. *Diversity and Distributions*, 19, pp. 490–502. [DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.12054>]
- Aggestam, F. (2014). Wetland restoration and the involvement of stakeholders: an analysis based on value-perspectives. *Landscape Research*, 39, pp. 680–697. [DOI: <https://doi.org/10.1080/01426397.2013.819076>]
- Amano, T., Székely, T., Sandel, B., Nagy, S., Mundkur, T., Langendoen, T., Blanco, D., Soykan, C. U., Sutherland, W. J. (2018). Successful conservation of global waterbird populations depends on effective governance. *Nature*, 553, pp. 199–202. [DOI: <https://doi.org/10.1038/nature25139>]
- Armitage, D., De Loë, R., Plummer, R. (2012). Environmental governance and its implications for conservation practice. *Conservation Letters*, 5, pp. 245–255. [DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00238.x>]
- Borrini-Feyerabend, G., Hill, R. (2015). Governance for the conservation of nature. *Protected Area Governance and Management*, 7, pp. 169–206. [DOI: <https://doi.org/10.22459/PAGM.04.2015.07>]
- Borsekova, K., Koróny, S., Vaňová, A., Vitálišová, K. (2018). Functionality between the size and indicators of smart cities: A research challenge with policy implication. *Cities*, 78, pp. 17–26. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.03.010>]
- Canning, A. D., Jarvis, D., Costanza, R., Hasan, S., Smart, J. C. R., Finisdore, J., Lovelock, C. E., Greenhalgh, S., Marr, H. M., Beck, M. W. (2021). Financial incentives for large-scale wetland restoration: Beyond markets to common asset trusts. *One Earth*, 4(7), pp. 937–950. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.06.006>]
- Cimon-Morin, J., Poulin, M. (2018). Setting conservation priorities in cities: approaches, targets and planning units adapted to wetland biodiversity and ecosystem services. *Landscape Ecology*, 33(11), pp. 1975–1995. [DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0707-z>]
- Clare, S., Krogman, N., Caine, K. J. (2013). The “balance discourse”: A case study of power and wetland management. *Geoforum*, 49, pp. 40–49. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.05.007>]
- Cohen-Shacham, E., Dayan, T., de Groot, R., Beltrame, C., Guillet, F., Feitelson, E. (2015). Using the ecosystem services concept to analyse stakeholder involvement in wetland management. *Wetlands Ecology and Management*, 23, pp. 241–256. [DOI: <https://doi.org/10.1007/s11273-014-9375-1>]
- Collier, M. J. (2011). Incorporating socio-economic factors into restoration: implications from industrially harvested peatlands. *Restoration Ecology*, 19(5), pp. 559–563. [DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00794.x>]
- Colman, A. M. (2003). Cooperation, psychological game theory, and limitations of rationality in social interaction. *Behavioral and Brain Sciences*, 26, pp. 139–153. [DOI: <https://doi.org/10.1017/s0140525x03000050>]
- Darvishi Bolorani, A., Najafi Marghmaleki, S., Soleimani, M., Papi, R., Kardan Moghaddam, H., Samany, N. N. (2023). Development of a scenario-based approach using game theory for the restoration of Hawizeh Marsh and dust mitigation. *Hydrological Sciences Journal*, 68, pp. 131–147. [DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2022.2147010>]
- Druschke, C. G., Hychka, K. C. (2015). Manager perspectives on communication and public engagement in ecological restoration project success. *Ecology and Society*, 20, pp. 58. [DOI: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07451-200158>]
- Frank, D. M., Sarker, S. (2010). Group decisions in biodiversity conservation: implications from game theory. *Plos one*, 5, pp. e10688. [DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010688>]
- Furlong, K., Bakker, K. (2011). Governance and sustainability at a municipal scale: The challenge of water conservation. *Canadian Public Policy*, 37(2), pp. 219–237.
- Gibbs, J. P. (2000). Wetland loss and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 14, pp. 314–317. [DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98608.x>]
- Giordano, R., Pluchinotta, I., Pagano, A., Scricciu, A., Nanu,

- F. (2020). Enhancing nature-based solutions acceptance through stakeholders' engagement in co-benefits identification and trade-offs analysis. *Science of the Total Environment*, 713, pp. 136552. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136552>]
- Hager, J., Hu, G., Hewage, K., Sadiq, R. (2019). Performance of low-impact development best management practices: a critical review. *Environmental Reviews*, 27, pp. 17-42. [DOI: <https://doi.org/10.1139/er-2018-0048>]
- Hettiarachchi, M., Morrison, T. H., McAlpine, C. (2015). Forty-three years of Ramsar and urban wetlands. *Global Environmental Change*, 32, pp. 57-66. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.02.009>]
- Ito, H., Katsumata, Y., Hasegawa, E., Yoshimura, J. (2016). What is true halving in the payoff matrix of game theory? *Plos one*, 11, pp. e0159670. [DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159670>]
- Kreps, D. M. (1989). Nash equilibrium, pp. 167-177. *Game Theory*. Springer.
- La Peyre, M. K., Reams, M. A., Mendelssohn, I. A. (2001). Linking actions to outcomes in wetland management: an overview of US state wetland management. *Wetlands*, 21, pp. 66-74. [DOI: [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2001\)021\[0066:LATOIW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2001)021[0066:LATOIW]2.0.CO;2)]
- Latifi, M., Rakhshandehroo, G., Nikoo, M.R., Sadegh, M. (2019). A game theoretical low impact development optimization model for urban storm water management. *Journal of Cleaner Production*, 241, pp. 118323. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118323>]
- Law, E. A., Bennett, N. J., Ives, C. D., Friedman, R., Davis, K. J., Archibald, C., Wilson, K. A. (2018). Equity trade-offs in conservation decision making. *Conservation Biology*, 32, pp. 294-303. [DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.13008>]
- McNamara, J. M., Binmore, K., Houston, A. I. (2006). Cooperation should not be assumed. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(9), pp. 476-478. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.07.005>]
- Meli, P., Rey Benayas, J. M., Balvanera, P., Martínez Ramos, M. (2014). Restoration enhances wetland biodiversity and ecosystem service supply, but results are context-dependent: a meta-analysis. *Plos one*, 9, pp. e93507. [DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093507>]
- Meng, B., Liu, J. L., Bao, K., Sun, B. (2019). Water fluxes of Nenjiang River Basin with ecological network analysis: Conflict and coordination between agricultural development and wetland restoration. *Journal of Cleaner Production*, 213, pp. 933-943. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.243>]
- Ministry of Environment. (2018). The 3<sup>rd</sup> wetland Conservation Plan for Damyang River Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2019a). Wetland Conservation Plan for Gochang Incheon River Estuary Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2019b). Wetland Conservation Plan for Han River Estuary Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2020a). The 2<sup>nd</sup> Wetland Conservation Plan for Jeongeup Wolyeong Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2020b). The 2<sup>nd</sup> Wetland Conservation Plan for Suncheon Dongcheon Estuary Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2021a). The 1<sup>st</sup> Wetland Conservation Plan for Gwangju Metropolitan City Hwangnyong River Jangrok Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2021b). The 6<sup>th</sup> Wetland Conservation Plan for Upo Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2022a). The 2<sup>nd</sup> Wetland Conservation Plan for Gokseong Chimsil Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2022b). The 3<sup>rd</sup> Wetland Conservation Plan for Gochang Ungok Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2023a). The 1<sup>st</sup> Comprehensive Wetland Conservation Plan for Jeju Wetland Protected Area (2023-2027). [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2023b). The 2<sup>nd</sup> Wetland Conservation Plan for Hwapocheon Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2023c). The 4<sup>th</sup> Wetland Conservation Plan for Jaeyaksan Sajapyeong Alpine Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2023d). The 4<sup>th</sup> Wetland Conservation Plan for Mujechineup, Hwaomneup, Sinbulsan Alpine Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2023e). The 4<sup>th</sup> Wetland Conservation Plan for Nakdong River Estuary Wetland Protected Area. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2023f). Wetland Conservation Plan for Mungyeong Doline Wetland Protected Area (2024-2028). [Korean Literature]
- Ministry of Environment. (2023g). Wetland Conservation Plan for Sangju Gomgeomji Wetland Protected Area (2024-2028). [Korean Literature]
- Moreno-Mateos, D., Comín, F. A. (2010). Integrating objectives and scales for planning and implementing wetland restoration and creation in agricultural landscapes. *Journal of Environmental Management*, 91, pp. 2087-2095. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.06.002>]
- Moreno-Mateos, D., Meli, P., Vara-Rodríguez, M. I., Aronson,

- J. (2015). Ecosystem response to interventions: lessons from restored and created wetland ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 52, pp. 1528–1537. [DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12518>]
- Munck, G. L. (2001). Game theory and comparative politics: New perspectives and old concerns. *World Politics*, 53, pp. 173–204.
- Nassauer, J. I. (2004). Monitoring the success of metropolitan wetland restorations: cultural sustainability and ecological function. *Wetlands*, 24, pp. 756–765. [DOI: [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2004\)024\[0756:M TSOMW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2004)024[0756:M TSOMW]2.0.CO;2)]
- Pang, J., Chu, Z., Xu, K., Luan, J., Hu, Y. (2023). The Conditionality of Wetland Ecological Compensation: Supervision Analysis Based on Game Theory. *Water*, 15(13), pp. 2356. [DOI: <https://doi.org/10.3390/w15132356>]
- Pardalos, P. M., Migdalas, A., Pitsoulis, L. (2008). Pareto optimality, game theory and equilibria. Springer Science & Business Media.
- Paterson, S. K., Pelling, M., Nunes, L. H., de Araújo Moreira, F., Guida, K., Marengo, J. A. (2017). Size does matter: City scale and the asymmetries of climate change adaptation in three coastal towns. *Geoforum*, 81, pp. 109–119. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.02.014>]
- Pournabi, N., Janatrostami, S., Ashrafzadeh, A., Mohammadi, K. (2021). Resolution of Internal conflicts for conservation of the Hour Al-Azim wetland using AHP-SWOT and game theory approach. *Land Use Policy*, 107, pp. 105495. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105495>]
- Riechert, S. E., Hammerstein, P. (1983). Game theory in the ecological context. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 14, pp. 377–409. [DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.14.110183.002113>]
- Sanfey, A. G. (2007). Social decision-making: insights from game theory and neuroscience. *Science*, 318(5850), pp. 598–602. [DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1142996>]
- Schelling, T. C. (2010). Game theory: a practitioner's approach. *Economics and Philosophy*, 26, pp. 27–46. [DOI: <https://doi.org/10.1017/s0266267110000040>]
- Scholte, S. S. K., Todorova, M., Van Teeffelen, A. J. A., Verburg, P. H. (2016). Public support for wetland restoration: what is the link with ecosystem service values? *Wetlands*, 36(3), pp. 467–481. [DOI: <https://doi.org/10.1007/s13157-016-0755-6>]
- Sterling, E. J., Betley, E., Sigouin, A., Gomez, A., Toomey, A., Cullman, G., Malone, C., Pekor, A., Arengo, F., Blair, M. (2017). Assessing the evidence for stakeholder engagement in biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 209, pp. 159–171. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.008>]
- Worley, L. C., Underwood, K. L., Diehl, R. M., Matt, J. E., Lawson, K. S., Seigel, R. M., Rizzo, D. M. (2023). Balancing multiple stakeholder objectives for floodplain reconnection and wetland restoration. *Journal of Environmental Management*, 326, pp. 116648. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116648>]
- WWT Consulting (2018). Good Practices Handbook for integrating urban development and wetland conservation. Slimbridge, United Kingdom.
- Xu, X., Chen, M., Yang, G., Jiang, B., Zhang, J. (2020). Wetland ecosystem services research: A critical review. *Global Ecology and Conservation*, 22, pp. e01027. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01027>]
- Yi, Q., Huixin, G., Yaomin, Z., Jinlian, S., Xingyu, Z., Huize, Y., Jiabin, W., Zhenguo, N., Liping, L., Shudong, W., Tianjie, Z., Yue, C., Zongming, W., Dehua, M., Mingming, J., Ke, G., Peng, G., Guofa, C., Xiankai H. (2024). Global conservation priorities for wetlands and setting post-2025 targets. *Communications earth & environment*, 5, pp. 4. [DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01195-5>]
- Yu, X., Mingju, E., Sun, M., Xue, Z., Lu, X., Jiang, M., Zou, Y. (2018). Wetland recreational agriculture: Balancing wetland conservation and agro-development. *Environmental Science and Policy*, 87, pp. 11–17. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.015>]
- Zedler, J. B., Kercher, S. (2005). Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resources*, 30, pp. 39–74. [DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144248>]
- Zou, Y., Duan, X., Xue, Z., Mingju, E., Sun, M., Lu, X., Jiang, M., Yu, X. (2018). Water use conflict between wetland and agriculture. *Journal of Environmental Management*, 224, pp. 140–146. [DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.052>]