

자연기반해법의 사회적 수용성 평가: 홍수 위험인식에 대한 공간구성적 접근*

Assessing Social Acceptability of Nature-based Solutions: A Spatial Constructionist Approach to Flood Risk Perception

구형수 Koo Hyeongsu**, 심지수 Sim Jisoo***

Abstract

As the limitations of structural flood-control measures have become evident, nature-based solutions (NbS) have emerged as a promising alternative. Despite their benefits, substantial obstacles remain to scaling up NbS in practice, foremost among them the need to alleviate residents' concerns about unfamiliar interventions. In this study, we measured flood risk perceptions among residents of Gurye-gun and applied the ALARP (As Low As Reasonably Practicable) concept from quantitative risk assessment to define stages of acceptability. Based on these results, we derived spatial acceptability thresholds for flood risk and analyzed how social acceptability changes when NbS are installed. The findings indicate that perceived flood risk is spatially non-random, tending to be higher in areas that have experienced inundation or lie adjacent to rivers. Nevertheless, some localities displayed the opposite pattern, confirming the existence of gaps between objective hazard and subjective perception. We further show that strategically installing NbS to reduce inundation in areas where risk perceptions are spatially fixed can substantially enhance social acceptability. This suggests that, rather than relying solely on ex post remedial measures, planners can identify more socially acceptable configurations from the outset by conducting simulation experiments during the early co-design phase.

Keywords: Nature-based Solutions, Social Acceptability, Flood Risk Perception, Spatial Constructionist Approach

I. 서론

최근 들어 기후변화로 인해 극한 기상 현상이 나타나면서 예측 불가능한 재해가 빈번해졌고, 홍수 위험 관리는 새로운 국면을 맞이하게 되었다(Kundzewicz, Kanae, Seneviratne and Handmer et al. 2014;

Maskey and Samuels 2022; IPCC 2023). 이는 단순히 환경적 위기로 그치지 않고 경제적 측면에서도 매우 심각한 위협으로 여겨지고 있으며, 일부 도시에서는 급격한 축소현상(urban shrinkage)으로 이어지는 복합위기(polycrisis)의 양상을 보인다(구형수 2023; 구형수, 김의준, 김슬기 2025). 특히, 구조물 중심의

* 본 논문은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 “기후위기대응 홍수방어능력 혁신기술개발사업”(2022003460002)의 지원을 받아 연구되었으며, 사회적 수용성 평가 관련 기술의 일부는 대한민국 특허 제10-2857234호(등록일: 2025년 9월 4일)로 등록되었음.

** 국토연구원 연구위원(제1저자) | Research Fellow, Korea Research Institute for Human Settlements | Primary Author | hskoo@kirhs.re.kr

*** 부산대학교 조경학과 조교수(교신저자) | Assistant Prof., Dept. of Landscape Architecture, Pusan National Univ. | Corresponding Author | jisoosim@pusan.ac.kr

홍수 관리 대책은 제방효과(levee effect)¹⁾를 초래하여 이러한 복합위기를 심화시켰으며(Di Baldassarre, Viglione, Carr and Kuil et al. 2013; 2015; Ferdous, Wesselink, Brandimarte and Di Baldassarre et al. 2019; Junger and Seher 2024; Chang and Hsu 2025), 이에 대한 비판의식에서 생태계 기능의 회복과 인류의 복지를 동시에 추구하는 자연기반해법(Nature-based Solutions: NbS)이 새로운 대안으로 부상했다(Santoro, Pluchinotta, Pagano and Pengal et al. 2019; Han, Bubeck, Thieken and Kuhlicke 2023).

하지만, 자연기반해법과 같은 새로운 홍수 관리 방식은 기존의 안전 개념에 익숙한 주민에게는 오히려 예측 불가능한 위험으로 인식되며, 이는 정책에 대한 저항으로 이어질 수 있다(Kahneman and Tversky 1979; Slovic 1987).²⁾ 위험은 단순한 객관적 현상이 아니라, 사람들의 경험과 감정, 더 나아가 사회·문화적 맥락 속에서 형성되는 주관적 실체이다(Luhmann 1993; Klink and Renn 2011; Renn and Klink 2013). 따라서 주민들이 홍수 위험을 어떻게 인지하고 받아들이는지가 정책의 성패를 좌우한다고 볼 수 있으며, 자연기반해법에 대한 거부감을 해소하기 위해서는 이러한 위험인식(risk perception)³⁾에 대한

이해가 필수적이다(Anderson and Renaud 2021; Anderson, Renaud, Hanscomb and Munro et al. 2021; Sari, Soytas, Kanoglu-Ozkan and Sivrikaya 2023; Enu, Zingraff-Hamed, Boaf and Rahman et al. 2024).

일반적으로 사람들이 어떤 정책을 받아들이기 위해서는 마음속에서 일련의 과정을 거치게 된다. 처음에는 거부하는 상태였더라도 시간이 흐르거나 어떤 계기가 발생하면 일부는 수용할 여지가 생기며, 언젠가는 완전히 수용하는 상태에 이를 수도 있다. 따라서 특정 정책에 대한 신뢰를 높이기 위해서는 이러한 심리적 단계에 따른 수용한계선을 파악하는 것이 무엇보다 중요하다.

하지만, 기존의 위험성 평가는 빈도(frequency)와 피해 규모(number of fatalities)라는 정량적 지표만으로 수용한계를 설정하여 복합적인 심리 작용의 결과물인 사회적 수용성(social acceptability)⁴⁾의 본질적 의미를 제대로 이해하지 못했다. 특히, 이는 자연기반해법과 관련한 계획을 수립하고 구현하는 데 매우 중요한 요소이나, 전통적으로 집행 과정의 마지막 단계에서만 고려하여 실질적인 성과로 이어지기 쉽지 않았다(Sari, Soytas, Kanoglu-Ozkan and Sivrikaya 2023).⁵⁾ 기존의 관련 연구에서도 자연기

1) 제방효과란 제방을 건설하면서 위험한 지역에도 사람들이 거주할 수 있게 되었지만, 이런 상황에서 제방이 붕괴될 경우 오히려 더 큰 피해가 발생하게 되는 역설적인 현상을 말한다(Di Baldassarre, Viglione, Carr and Kuil et al. 2013; 2015; Ferdous, Wesselink, Brandimarte and Di Baldassarre et al. 2019; Junger and Seher 2024; Chang and Hsu 2025).

2) 불확실성(uncertainty)하에서 어떻게 의사결정을 내리는지를 설명하는 행동경제학의 전망이론(prospect theory)에 의하면, 사람들은 절대적인 가치보다는 특정 준거점(reference point)을 기준으로 이득과 손실을 평가하며, 동일한 크기의 이득보다 손실에서 훨씬 더 큰 고통을 느끼는 손실 회피(loss aversion) 성향을 보임(Kahneman and Tversky 1979).

3) 위험인식이란 일반적으로 사람들이 위험의 잠재적 영향과 결과를 평가하고 적절한 행동 반응을 선택하는 데 작용하는 직관적 판단을 의미함(Slovic, 1987; Birkholz, Muro, Jeffrey and Smith 2014).

4) 사회적 수용성이란 개인적 차원의 수용성이 모인 집합체의 개념으로서 일반 대중에게 잘 알려지지 않은 기술이나 정책이 사회 구성원에게 인식의 공유 과정을 통해 받아들여질 만한 것으로 인정되는 정도라고 정의할 수 있음(이재은, 김영평, 정운수 2007; 김근식 2016; 윤명현, 윤지환 2020; 김수정, 진장원, 박성식 2021). 자연기반해법과 관련한 연구에서는 대중 수용성(public acceptance), 시민 수용성(citizens' acceptability) 등도 사회적 수용성과 유사한 개념으로 활용되고 있음(Anderson and Renaud 2021; Anderson, Renaud, Hanscomb and Munro et al. 2021; Enu, Zingraff-Hamed, Boaf and Rahman et al. 2024).

5) 자연기반해법의 계획 절차와 대중 커뮤니케이션 피드백 루프(public communicative feedback loop)를 통합하기 위해서는 사회적 수용성을 정량화해야 하나, 이를 측정하고 주요 결정 요인을 식별하는 것이 쉽지 않음(Sari, Soytas, Kanoglu-Ozkan and Sivrikaya 2023).

반해법의 입지를 선정하는 데 사회적 수용성이나 위험인식을 고려하지 못한 경우가 많다(안태진, 강인웅, 백천우 2008; 백천우, 안태진 2009; 안태진, 변천일, 노희성, 백천우 2010; 안태진, 김도현, 백천우 2011; 지운, 장은경, 배인혁, 안명희 외 2022; Mubeen, Ruangpan, Vojinovic and Torrez et al. 2021; Castro 2022; Reaney 2022).

이러한 측면에서 본 논문은 전라남도 구례군을 대상으로 자연기반해법을 계획하는 단계에서 사회적 합의를 이끌어낼 수 있는 방안을 모색한다. 이를 위해 단순히 홍수에 대한 주민들의 위험인식을 측정하는 데 그치지 않고, 그들이 심리적으로 수용할 수 있는 한계가 어느 정도인지를 파악하는 데 집중한다. 더 나아가 침수라는 공간 현상으로 표현되는 홍수 피해의 특수성을 고려하여 위험에 대한 수용한계선이 공간상에서 어떤 형태로 나타나는지 규명하고, 그 결과가 자연기반해법의 사회적 수용성을 높이는 데 어떻게 활용될 수 있는지 탐색한다. 이러한 접근은 위험인식에 대한 이론적 지평을 넓히고, 자연기반해법이 홍수 피해를 완화하는 새로운 대안으로 인정받는 데 기여할 수 있다.

II. 이론적 배경

1. 자연기반해법: 구조적 접근의 대안

전통적으로 홍수 위험 관리는 주로 제방, 댐 등과 같은 구조적 대책(structural measures)에 의존했다. 이러한 접근은 홍수라는 자연 현상을 객관적으로 측정 가능한 물리적 요소(예: 유량, 수위, 강우량)로 간

주한다. 따라서 수학적으로 계산된 물리적 구조물(예: 제방의 높이, 댐의 용량)로 홍수를 제어하여 사전에 설정한 안전 기준(예: 100년 빈도 홍수에 대한 방어)을 달성한다.

그러나 구조적 대책 중심의 접근은 여러 한계를 드러낸다. 첫째, 자연 시스템의 복잡성과 불확실성을 완전히 통제할 수 없으며, 설계 기준을 넘어서는 극한 현상 앞에서는 취약성을 보인다(이상은, 박태선, 안승만, 조혜원 2021; 지운, 장은경, 배인혁, 안명희 외 2022; Chang and Hsu 2025). 둘째, 하천 생태계 단절, 경관 훼손 등 환경적 부작용을 발생시키며, 이는 사회생태시스템(socio-ecological system)⁶⁾의 회복탄력성(resilience)을 저해한다(Nachtnebel 2000; Magilligan, Graber, Nislow and Chipman et al. 2016; Grantham, Matthews and Bledsoe 2019; Santoro, Pluchinotta, Pagano and Pengal et al. 2019; Opperman and Galloway 2022).

이러한 한계는 자연기반해법에 대한 관심이 전 세계로 확산되는 계기가 되었다(Santoro, Pluchinotta, Pagano and Pengal et al. 2019; Turkelboom, Demeyer, Vranken and Becker et al. 2021; Han, Bubeck, Thieken and Kuhlicke 2023; Zhou, Kong, Yin and Destouni et al. 2024).⁷⁾ 자연기반해법의 정의는 다양하나(명수정, 오일찬 2021; 우효섭 2023; Cohen-Shacham, Walters, Janzen and Maginnis eds. 2016; Bourguignon 2017; Albert, Schröter, Haase and Brillinger et al. 2019), 일반적으로 자연생태계의 구조와 기능을 보전·복원하여 사회적 과제⁸⁾를 해결하는 과정을 통해 인간과 자연의 상생도모하는 통합적 접근 방법으로 규정할 수 있다. 이는

6) 사회생태시스템이란 다양한 시간 및 공간적 단위에 걸쳐 자연시스템과 사회시스템이 상호 순환적으로 영향을 미치면서 하나의 통합된 시스템으로 작동하는 것을 의미함(Hanf, Ament, Boettcher and Burgemeister et al. 2025, 70).

7) Turkelboom, Demeyer, Vranken and Becker et al.(2021)은 벨기에 디일레(Dijle) 계곡의 사례를 분석한 결과, 자연기반해법이 더 적은 비용으로 구조적 대책과 유사한 홍수 방지 효과를 누리면서 더 많은 생태계서비스 편익을 제공한다는 사실을 밝혀냄.

그림 1 홍수 관리를 위한 자연기반해법

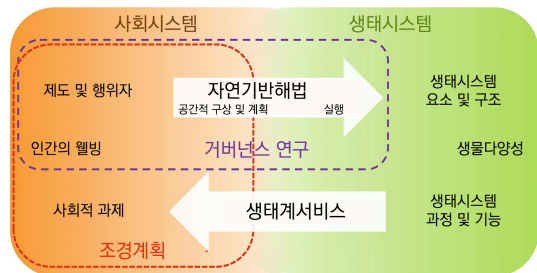


자료: Otago Regional Council 2024.

원래 생태계서비스(ecosystem services), 블루-그린 인프라(blue-green infrastructure), 생태공학(ecological engineering) 등과 같은 기존의 생태계 기반 접근(ecosystem-based approaches)으로부터 발전했지만 기술, 비즈니스, 금융, 거버넌스, 규제, 사회혁신을 결합하여 사회·경제적 측면에도 주목한다(Raymond, Frantzeskaki, Kabisch and Berry et al. 2017; Ferreira, Barreira, Loures and Antunes et al. 2020).

홍수 관리를 위한 자연기반해법으로는 습지, 식생 체류지, 경관형 저류/유수지, 수로 자연화, 홍수터 재 연결, 토지 및 토양관리 등이 많이 활용된다(그림 1) 참조). 구조적 대책은 유출수를 한 곳에서 다른 곳으로 이동시키는 데 중점을 두지만, 자연기반해법은 최고 유량을 감소시켜 유출을 제어한다(Bernello, Mondino and Bortolini 2022). 이는 자연기반해법이 인간에게 제공하는 대표적인 조절(regulating)서비스라고 볼 수 있으며, 이외에도 <그림 2>처럼 공급(provisioning)·문화(cultural)·지지(supporting) 등의 다양한 생태계서비스를 제공하여 공편익(co-benefit)을 창출한다(Raymond, Frantzeskaki, Kabisch and

그림 2 자연기반해법과 생태계서비스의 관계



자료: Albert, Schröter, Haase and Brilling et al. 2019, 16.

Berry et al. 2017; Albert, Schröter, Haase and Brilling et al. 2019).

이러한 측면에서 홍수와 관련한 자연기반해법의 이론적 기반인 사회수문학(socio-hydrology)에서는 하천을 극복의 대상으로 바라본 구조적 대책의 한계를 비판하고, 하천과 인간의 관계를 상호작용 혹은 공진화(co-evolution) 과정으로 설명한다(Sivapalan, Savenije and Blöschl 2012; Di Baldassarre, Viglione, Carr and Kuil et al. 2013; 2015; Westerberg, Di Baldassarre, Bevend and Coxon et al. 2017; Thaler 2021; Vanelli and Kobiyama 2021). 따라서 최근에는 자연기반해법의 계획 과정에서 지역사회 회복탄력성을 높이기 위해 다양한 이해관계자가 참여하는 공동설계(co-design) 혹은 공동생산(co-creation) 방식이 주목받고 있다(Nelson, Bledsoe, Ferreira and Nibbelink 2020; Lupp, Zingraff-Hamed, Huang and Oen et al. 2021; Chapa, Perez Rubi and Hack 2023; Aniche, Edelenbos, Gianoli and Enseñado et al. 2024; Tapia, Ochoa-Peralta and Reith 2025).

8) 자연기반해법이 다룰 수 있는 사회적 과제에는 기후변화(climate change), 재해 위험(disaster risk), 식량 안보(food security), 인류 건강(human health), 물 부족(water security), 경제 및 사회 개발(economic and social development) 등이 포함됨(Cohen-Shacham, Walters, Janzen and Maginni 2016).

2. 위험의 본질: 객관주의와 주관주의

홍수 위험이라는 불확실성이 강한 변수를 어떻게 정량화할 것인가의 문제에 대해 객관주의와 주관주의라는 두 가지 대립된 견해가 존재한다. 위험을 유발하는 요소, 발생 확률, 피해 등 물리적인 부분에 주목하는 입장이 위험 객관주의(risk objectivism)라면, 위험이 개인의 인지적·심리적 차원에 의해 구성된다고 보는 입장이 위험 주관주의(risk subjectivism)이다(송해룡, 조항민, 이윤경, 김원재 2012, 71).

홍수 위험 관리에서 위험 객관주의가 마주하는 근본적인 한계는 위험의 본질이 단순히 물리적인 수치로만 환원되지 않는다는 것이다(한태학 1998; 김수아, 임동균 2016; 정익재 2019; Luhmann 1993; Boholm 2003; Klinke and Renn 2011; Renn and Klinke 2013; Santoro, Pluchinotta, Pagano and Pengal et al. 2019). 위험 주관주의에서 위험은 외부 세계에 존재하는 객관적인 실체인 동시에 인간의 인지, 감정, 경험에 따라 다르게 구성되고 해석되는 주관적인 현상이다. 실제로 여러 연구에서 연령, 성별, 학력, 직업(고용 상태) 등에 따라 위험인식이 크게 달라질 수 있음을 보여주었다(Bradford, O'Sullivan, van der Craats and Krywkow et al. 2012; Wachinger, Renn, Begg and Kuhlicke 2013; Lechowska 2018). 이러한 주장을 지지하는 학자들은 인식된 현실이 이해관계자의 결정에 영향을 줄 뿐 아니라 대응 조치의 실패로도 이어질 수 있으므로 위험 관리에서

주관적 인식을 반드시 고려해야 함을 강조한다(Flynn, Slovic, Mertz and Carlisle 1999; Bickerstaff 2004; Harclerode, Lal, Vedwan and Wolde et al. 2016; Santoro, Pluchinotta, Pagano and Pengal et al. 2019).

특히, 위험인식은 지역사회에서 새로운 기술을 받아들이는 데에도 영향을 미친다(Featherman and Pavlou 2003; Pavlou 2003; Horst, Kuttischreuter and Gutteling 2007; Im, Kim and Han 2007; Martins, Oliveira and Popović 2014; Stuck and Walker 2019).⁹⁾ 사람들은 익숙하지 않거나, 관찰할 수 없거나, 영향이 즉각적으로 나타나지 않는 위험을 두려워하는 경향이 있다(한동섭, 김형일 2011; Rufat 2015). 이처럼 불확실성에 직면했을 때 나타나는 두려움을 줄이는 방법은 이를 거부하는 것이다(Slovic, Fischhoff and Lichtenstein 1980, 188).

사실 자연기반해법을 통해 지역사회의 홍수 위험을 관리하기 위해서는 극복해야 할 과제가 많다.¹⁰⁾ 이 중에서 많은 학자들이 지적하고 있는 것이 새로운 조치나 정책 도입에 대한 거부감, 즉 사회적 수용성과 관련된 문제이다(Anderson and Renaud 2021; Anderson, Renaud, Hanscomb and Munro et al. 2021; Sari, Soytaş, Kanoglu-Ozkan and Sivrikaya 2023; Enu, Zingraff-Hamed, Bofo and Rahman et al. 2024). 이는 기술이나 제도를 개선하여 해결할 수 있는 다른 장애요인과 달리 주민들의 위험인식에 대한 심층적인 고찰이 필요한 부분이다.

9) Davis(1985)가 제시한 기술수용모델(Technology Acceptance Model: TAM)은 지각된 유용성(perceived usefulness)과 지각된 용이성(perceived ease of use)이 새로운 기술에 대한 이용자의 사용 의도를 결정한다고 보았음. 이후 많은 연구자들은 이 모델이 기술 도입으로 인해 발생할 수 있는 잠재적 위험이나 부정적 측면을 충분히 다루지 못한다는 비판을 제기하였으며, 이에 따라 위험인식(perceived risk)을 조절변수로 포함한 확장된 기술수용모델이 등장하게 됨(Featherman and Pavlou 2003; Pavlou 2003; Horst, Kuttischreuter and Gutteling 2007; Im, Kim and Han 2007; Martins, Oliveira and Popović 2014; Stuck and Walker 2019).

10) 여기에는 효과에 대한 불확실성, 실증 연구의 부족, 계획가의 전문성과 경험 부족, 입지 선정의 제약, 토지 소유 관계의 복잡성, 법·제도의 미비, 재원 조달의 어려움, 새로운 조치에 대한 거부감, 협업과 의사소통의 부재 등이 포함됨(Bourguignon 2017; Waylen, Holstead, Colley and Hopkins 2018; Frantzeskaki, Vandergert, Connop and Schipper et al. 2020; Han, Bubeck, Thieken and Kuhlicke 2023).

무엇보다 자연기반해법과 같은 새로운 기술을 받아들일 때 해당 지역의 주민들은 홍수 위험이 증가할지도 모른다는 두려움을 느낄 수 있다(Li, Nassauer, Webster and Preston et al. 2022; Han, Bubeck, Thieken and Kuhlicke 2023). 특히, 과거에 대규모 홍수 피해를 경험한 주민들은 그때의 기억이 트라우마(truma)¹¹⁾처럼 남아 새로운 시도에 대한 거부감이 더욱 크게 나타날 가능성이 있다(Keller, Siegrist and Gutscher 2006; Kellens, Zaalberg, Neutens and Vanneuville et al. 2011; Botzen, Kunreuther and Michel-Kerjan 2015; Gotham, Campanella, Lauve-Moon and Powers 2018). 따라서 자연기반해법을 도입하는 과정에서 지역사회의 공감대를 이끌어내기 위해서는 위험에 대한 객관적 정보뿐 아니라 주관적 위험인식이라는 현실을 깊이 이해하고 분석할 필요가 있다. 이러한 맥락에서 IRGC(2017)의 위험 거버넌스 체계(risk governance framework)에서도 기술적 위험과 더불어 위험인식 등의 사회적 우려에 대한 평가를 통합적으로 수행하여 용인 가능성(tolerability)과 수용성(acceptability)을 판단하도록 권장하고 있다.¹²⁾

3. 위험에 대한 심리측정과 ALARP 확장

그동안 위험을 평가하는 주된 방식 중 하나는 정량적 위험성 평가(Quantitative Risk Assessment: QRA)였다. 이는 과거의 피해 기록을 바탕으로 위험에 대한

수용기준을 설정하는 현시선호 패러다임(revealed preference paradigm)에 기반한다(이종소, 이상은, 송창근, 신은택 2021, 40). 그러나 이는 위험을 대하는 주민들의 심리적 과정을 제대로 고려하지 못하는 한계가 있다(좌보경, 윤문영, 백혜진 2013, 77). 홍수의 빈도나 피해 규모로 분석한 결과가 지역사회 전체의 위험에 대한 수용기준을 충족시키더라도 주민들의 위험인식과 차이가 크다면, 이는 정책에 대한 저항을 불러올 수 있다.

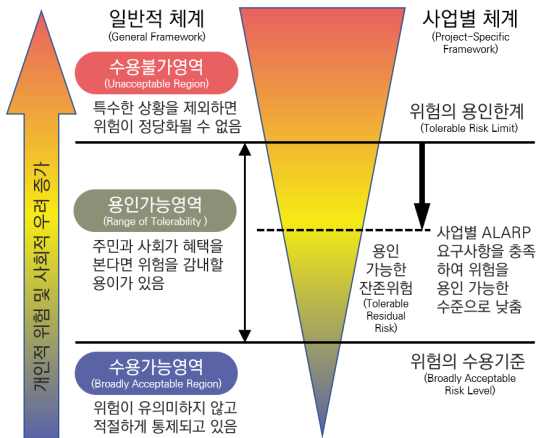
이러한 한계를 극복하고 주관적인 위험인식을 체계적으로 이해하기 위한 접근 방법이 표명/진술선호(expressed/stated preference)에 기반한 심리측정 패러다임(psychometric paradigm)이다(Fischhoff, Slovic, Lichtenstein and Read et al. 1978; Slovic, 1987). 이 방법은 위험을 정신적 구성물로 간주하고 정신물리적 척도화(psychophysical scaling)를 통해 특정 위험에 대한 인식 수준을 측정한다(한동섭, 김형일 2011; Slovic 1987). 더 나아가 위험인식이 단순히 인지적 판단을 넘어 감정적·직관적 요소가 강하게 개입되어 있음을 전제하고, 이에 대한 구조적 측면을 이해하고자 노력한다. 하지만, 이러한 심리측정 접근법만으로는 어느 정도의 위험인식 수준에 도달했을 때 수용 혹은 거부 반응이 나타날지 규명하기 어렵다.

이 문제를 해결하기 위해서는 정량적 위험성 평가의 ALARP(As Low As Reasonably Practicable) 원칙을 그대로 적용하되, 현시선호가 아닌 표명/진술선호에 기반하여 측정하는 방법이 활용될 수 있다. 정량

11) Slovic, Fischhoff and Lichtenstein(1980)은 위험인식의 심리적 차원이 두려움과 지식 여부로 구성된다고 보았으며, Loewenstein, Weber, Hsee and Welch(2001)는 '감정으로서의 위험(risk as feelings)' 이론을 통해 우리가 위험을 인식하고 의사결정을 내릴 때 인지적 판단보다 과거 경험이나 본능적인 감정(두려움, 불안, 공포 등)이 더 큰 영향을 미치는 것으로 설명함. 이는 주민들의 심리적 상태와 감정적 반응이 자연기반해법을 수용하는 데 얼마나 결정적인 역할을 하는지를 보여줌.

12) IRGC(2017)의 위험 거버넌스 체계는 사전 진단(pre-assessment), 가치 판정(appraisal), 특성화 및 평가(characterisation and evaluation), 관리(management)의 4단계로 구성됨. 가치 판정 단계에서 위험인식을 포함한 우려 진단(concern assessment)이 이루어지며, 이는 특성화 및 평가 단계의 위험 평가 시 용인 가능성과 수용성을 판단하는 기준으로 활용됨. 단, IRGC(2017)에서는 이 둘을 어떻게 연계할 수 있는지에 대한 구체적인 방법론은 제시하지 않고 있음.

그림 3 위험의 수용단계와 ALARP 원칙



자료: Munger, Bowles, Boyer and Davis et al. 2009, 3.

적 위험성 평가에서는 위험의 수용단계를 수용불가 영역(unacceptable region), 용인가능영역(range of tolerability), 수용가능영역(broadly acceptable region)으로 구분한다(〈그림 3〉 참조). 여기서 수용불가영역의 위험은 특수한 상황을 제외하면 정당화될 수 없으며, 용인가능영역의 위험은 주민과 사회가 혜택을 본다면 감내할 수 있으며, 수용가능영역의 위험은 유의미하지 않고 적절하게 통제되고 있는 것으로 간주된다(Munger, Bowles, Boyer and Davis et al. 2009, 2-3).

이와 마찬가지로 한 집단이 느끼는 주관적 위험인식도 그 강도에 따라 세 가지 영역의 어느 지점에 위치하는지 구분할 수 있다. 홍수 위험에 대한 사회적 수용성을 높이기 위해서는 우선적으로 용인가능영역의 잔존위험(residual risk)을 최대한 줄이기 위해 노력해야 하며, 이것이 ALARP 원칙의 핵심이다. 이는 위험인식 연구에 정량적 위험성 평가의 개념적 틀을

접목하여 주민들의 심리 상태를 단계적으로 구분하려는 새로운 시도라고 할 수 있으며, 사회적 수용기준을 함께 고려함으로써 개인적 위험(individual risk)을 넘어 사회적 위험(societal risk)에 대한 논의로 관점을 전환할 수 있는 이론적 토대가 된다.¹³⁾

4. 위험인식의 공간적 구성

그동안 위험인식은 심리측정 접근에 기초하여 개인적 차원에서 다루어졌다(최진식 2021, 149). 하지만, 주민들의 주관적 위험인식은 단순히 개인의 심리적 상태에 머무르지 않고, 그들이 살아가는 공간과 깊이 연결되어 있다(Rufat 2015; Rufat, Hudson and Enderlin 2025). 위험인식 연구는 크게 객관적인 위험을 측정하고 합리적인 판단을 강조하는 합리주의 관점과 사회·문화적 맥락에서 위험을 해석하고 의미를 부여하는 과정에 주목하는 구성주의 관점으로 구분할 수 있다(Lechowska 2022, 2346-2349). 여기서 구성주의 관점은 사회적 실재(social reality)가 인간의 상호작용을 통해 의미가 부여되고, 제도화와 내면화 과정을 거쳐 구성된다는 사회구성주의(social constructionism)¹⁴⁾에 대한 심층적 이해를 바탕으로 한다(Berger and Luckmann 1966).

특히, 장소 위험(hazards-of-place) 모델은 개인의 재난 위험에 대한 이해와 대응이 거주하는 장소의 특성과 위험 잠재력, 그리고 사회가 상호작용하는 방식에 영향을 받는다고 주장한다(Rufat, Hudson and Enderlin 2025, 14701). 이는 사회적 위험이 단순히 개인적 위험의 총합을 넘어 공동체의 집단적 경험과 상호작용 속에서 발현되며(이승훈 2009; 정익재

13) 정량적 위험성 평가에서 개인적 위험은 특정 위치에 있는 불특정 개인에게 미칠 수 있는 위험의 정도로서 위험 등고선(risk contour)으로 표현되는 반면, 사회적 위험은 특정 사회 구성원 전체에게 미칠 수 있는 위험의 정도로서 빈도-피해 곡선(F-N curve)으로 표현됨(노삼규 1997; Cameron and Raman 2005; Duijim 2009).

14) 이는 개인의 지식, 학습, 인지 구조를 대상으로 하는 사회적 구성주의(social constructivism)와 엄격히 구분하여 사용한 개념임.

2019; 최진식 2021; Douglas and Wildavsky 1982; Boholm 2003; Sara, Jameson, Pfeffer and Baud 2016; Enu, Zingraff-Hamed, Bofo and Rahman et al. 2024), 이 과정에서 공간이 단순한 배경을 넘어 적극적인 구성적 역할을 수행함을 시사한다.

위험인식의 사회적 전염(social contagion) 이론도 이러한 주장을 뒷받침한다. 이는 사회적 유대, 그로 인한 연결망, 자기조직화 시스템(self-organizing system)이 개인의 인식에 영향을 미치고, 행위자들이 긴밀하게 연결될수록 유사한 위험인식, 태도, 행동을 공유하는 경향이 더 크다고 설명한다(Scherer and Cho 2003; Sun and Zhang 2024). 여기서 우리는 사회적 상호작용이 본질적으로 특정 공간적 범주 내에서 이루어진다는 점에 주목해야 한다. 위험에 대한 정보 공유, 문제 인지, 해결 노력 등 모든 사회적 과정은 특정 공간에서 유기적으로 발생하기 때문에 동일 생활권에 속한 주민들은 위험인식을 자연스럽게 공유하게 된다.¹⁵⁾

이와 함께 특정 공간이 지닌 고유한 물리적 또는 지리적 특성은 그 공간에서 이루어지는 일상생활과 사회적 상호작용의 방식을 규정한다. 이는 해당 공간에 대한 집단적 위험인식을 형성하는 데 결정적인 역할을 하며, 공간 자체에 내재된 잠재적 위험 요인이 주민들의 인지 속에 반복적으로 각인되며 해당 공간에 특정한 사회적 의미가 부여된다. 일례로 하천변에 인접한 지역, 과거 침수 피해를 자주 겪었던 지역의 주민들은 그렇지 않은 지역 주민들보다 홍수 위험을 다르게 인식할 가능성이 높다(Kellens, Zaalberg, Neutens and Vanneuville et al. 2011; Gotham, Campanella, Lauve-Moon and Powers 2018; Rana, Jamshed, Younasand and Bhatti 2020). 따라서 자연

기반해법에 대한 수용성도 지역 특성이나 위험 요인과의 근접성에 따라 상이하게 나타날 수 있다. 이는 고위험 시설의 입지 문제를 다룬 여러 연구에서 증명된 바 있다(Jenkins-Smith, Silva, Nowlin and deLozier 2011; Krause, Carley, Warren and Rupp et al. 2014; Mueller, Keil and Bauer 2017).

이상의 논의는 홍수 위험 관리에서 사회적 위험인식이 가지는 중요성을 환기시킨다. 더 나아가 이 문제를 공간적 차원에서 고찰하여 자연기반해법에 관한 계획을 수립할 때 새로운 통찰을 제공할 수 있음을 보여준다. 다음 장에서는 이러한 이론적 배경을 바탕으로 홍수 위험에 대한 주민들의 인식수준 및 수용한계를 공간적으로 구분하고, 하천 주변에 자연기반해법을 배치할 경우 사회적 수용성이 어떻게 변화하는지 살펴볼 것이다.

III. 분석 범위 및 방법

1. 대상지 선정 및 표본 추출

본 논문의 사례 대상지로는 전라남도 구례군을 선정하였다. 구례군은 1개의 읍(邑)과 7개의 면(面)으로 구성되어 있으며, 2024년 기준으로 2만 2,724명이 거주한다.¹⁶⁾ 전형적인 분지 지형인 구례군은 동서 방향으로 흐르는 섬진강과 남북 방향으로 흐르는 서시천이 교차하며 도심을 둘러싸고 있다.

이와 같은 지리적 특성으로 인해 홍수에 대한 위험도 높은 편에 속한다. 실제로 2000년 8월 7~8일 이틀간 378mm에 육박하는 기록적 폭우가 내리면서 막대한 사회·경제적 피해가 발생한 바 있다(구례군 2021, 69). 당시 섬진강(본류)이 역류하면서 서시천(지류)의

15) 심지여 위험인식이 사회적 연결망을 통해 확산하는 과정마저도 공간적 근접성과 밀접한 관련이 있음.

16) 국가통계포털(<http://kosis.kr>, 2025년 8월 4일 검색).

그림 4 구례군의 침수 피해 현장사진



자료: 구례군 2021, 24.

제방이 무너진 것이 홍수가 발생한 주요 원인으로 지목되고 있으며, 이로 인해 <그림 4>에서 볼 수 있듯이 1,308동에 달하는 주택과 상가, 21.1ha의 농경지가 침수되면서 1,149명의 이재민과 1,807억 원의 경제적 피해가 발생한 것으로 집계되었다(구례군 2021, 16).

따라서 구례군 주민들은 홍수 위험에 대한 경각심이 매우 높을 것이라 판단되며, 이러한 측면을 고려할 때 본 논문의 사례 대상지로 적합할 것으로 사료된다. 더군다나 최근에는 수해대책의 일환으로 서시교를 철거하는 문제로 정부와 주민 간의 의견이 첨예하게 대립하는 상황이기 때문에 향후 홍수 피해를 완화하

려는 목적으로 자연기반해법을 도입할 때에도 주민들의 반발이 예상되며, 이와 관련한 사회적 수용성 문제가 중요하게 다루어질 가능성이 있다.

2. 홍수 위험의 수용한계 분석 방법

홍수 위험에 대한 수용한계선(용인한계선, 수용기준선)을 도출하는 과정은 ‘개인적 위험인식 측정’과 이를 사회적 위험인식으로 전환하는 ‘수용한계 지도 작성’의 두 단계로 이루어진다. 일반적으로 개인적 위험인식을 사회적 위험인식으로 전환하는 과정에서 개인의 특성이 무시될 수 있으므로, 본 논문에서는 위험인식의 공간적 이질성을 파악하는 데 중점을 두었다.

이때 구례군에 거주하는 모든 사람을 대상으로 위험인식 수준을 측정하여 공간적 분포를 살펴보는 것이 가장 정확할 것이나, 이는 비용과 시간 측면에서 효과적인 방법이 아니다. 따라서 본 논문에서는 일정 규모의 표본 집단을 대상으로 설문조사를 실시한 후, 공간보간법(spatial interpolation)을 통해 측정에서 누락된 지점에 대한 위험인식 수준을 예측하는 과정을 거쳤다.

그 첫 번째 단계로서 개인적 위험인식에 대한 측정

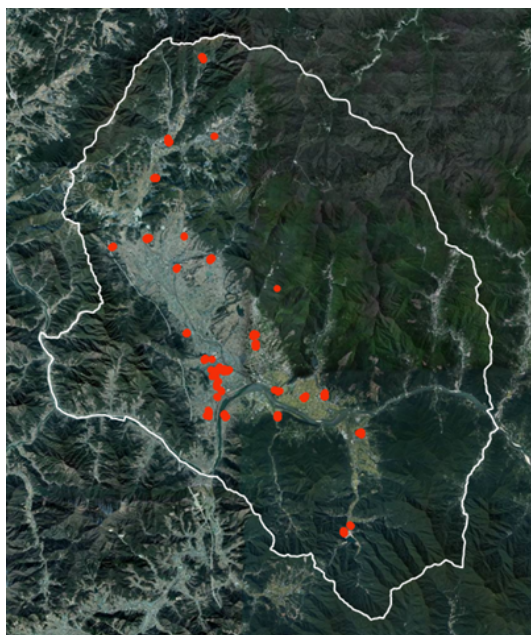
표 1 표본의 할당 결과

구분	남성				여성				계
	30대 이하	40대	50대	60대	30대 이하	40대	50대	60대	
구례읍	8	7	9	9	8	7	8	9	65
문척면	2	2	3	4	2	2	3	3	21
간전면	2	2	4	4	2	2	3	4	23
토지면	3	3	5	5	3	2	4	5	30
마산면	3	3	4	5	3	3	4	5	30
광의면	3	3	4	5	3	2	3	4	27
용방면	3	2	3	4	2	2	3	3	22
산동면	4	3	5	5	3	3	4	5	32
전체	28	25	37	41	26	23	32	38	250

자료를 수집하기 위해 만 19세 이상이면서 65세 미만
에 해당하는 구례군 거주자 250명을 대상으로 일대
일 개별면접조사를 실시했으며,¹⁷⁾ 표본오차는 95%
신뢰수준에 $\pm 6.17\%$ 이다. 모집단의 특성을 대표할
수 있는 표본을 추출하기 위해 <표 1>과 같이 인구를
기준으로 성별, 연령별, 지역(읍·면)별 루트비레할
당¹⁸⁾ 방법을 적용한 후, 각 읍·면에 대하여 조사지점
을 무작위로 추출했으며, 현실적인 제약 속에서 연구
의 질을 담보할 수 있는 최대치의 표본 수를 확보하기
위해 노력했다. 이러한 과정을 거쳐 확보된 표본 집단
의 공간적 분포를 나타내면 <그림 5>와 같다.

이들에게는 “현 주소지에서 귀하가 느끼는 홍수 위
험이 어느 정도입니까?”라는 질문을 하되, <표 2>와

그림 5 표본의 공간적 분포



같은 선택지를 제시하고, 이 중에서 하나를 선택하도
록 했다. 이는 앞서 논의한 정량적 위험성 평가의
ALARP 원칙에 근거하여 7점 척도로 구성되었다. 1점
에서 3점(수용기준선)까지가 아무런 조치를 취하지
않아도 수용이 가능한 영역(수용가능영역)에 해당하
며, 그 이상인 4점에서 5점(용인한계선)까지는 신속
한 조치를 필요로 하는 영역(용인가능영역), 6점에서
7점까지는 어떠한 조치를 취해도 수용이 불가능한 영
역(수용불가능영역)에 해당한다.

두 번째 단계로, 홍수 위험에 대한 수용한계 지도
를 작성하기 위해 관측된 위험인식 값을 토대로 관측
값이 존재하지 않는 지역에 대해 공간보간법을 적용
하였다.¹⁹⁾ 대표적인 공간보간법으로는 역거리가중법
(Inverse Distance Weighting: IDW), 경향면 모델
(Trend Surface Model), 크리깅(Kriging), 방사형기
저함수(Radical Basis Function: RBF) 등이 있으며,
본 논문에서는 역거리가중법을 활용했다. 이는 관측
값으로부터의 거리에 가중치를 두어 예측치를 산출
하는 방법으로서 사전 분석 작업이 필요하지 않으며,
계산 과정이 간단한 것에 비해 비교적 정확한 예측이
가능하다는 장점을 지니고 있다(박소우, 김주옥, 송두
삼 2017, 83). 무엇보다 이 방법은 정규분포의 특성을
가지지 않는 경우에도 적용할 수 있어 기상 관련 자료
를 분석할 때 높은 예측력을 보이는 것으로 알려져
있다(이주한, 김동현 2022, 273).

이에 따라 기상(기온, 풍속 등) 자료뿐 아니라, 오염
(대기, 수질, 토양 등) 물질의 공간적 분포를 예측한
수많은 연구(조홍래, 정종철 2006b; 2009; 김용완,
홍석영, 장민원 2011; 박소우, 김주옥, 송두삼 2017;

17) 본 논문의 설문조사는 2024년 7월 18일부터 7월 31일까지 6명의 조사원이 대면면접으로 진행함.

18) 본 논문에서는 읍·면별로 최소 20인의 조사대상자를 확보하기 위해 인구수의 제공군에 비례하여 표본을 배분하는 루트비레할당 방법을 사용함.

19) 홍수 위험인식에 대한 공간적 자기상관성을 분석하기 위해 k-최근접 이웃(k-Nearest Neighbors, k=8) 기반의 공간가중치행렬을 작성하여 전역
적 모란지수(Global Moran's I)를 도출한 결과 0.977($p < .01$)로 나타남. 이는 앞서 언급한 장소 위험 모델과 사회적 전염 이론이 실제 공간에서
유효하게 작동함을 시사하며, 본 논문에서는 이를 근거로 위험인식 측정값에 공간보간법을 적용함.

표 2 위험인식 측정을 위한 설문 문항

Q. 현 주소지에서 귀하가 느끼는 홍수 위험이 어느 정도입니까?						
홍수에 대한 위험을 전혀 느끼지 못한다		홍수에 대한 위험을 충분히 감내할 수 있다		충분한 조치를 취한다면 홍수 위험을 감내하고 거주할 수 있다		홍수피해에 대한 두려움이 너무 커서 계속 거주할 수 없다
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

이주한, 김동현 2022; Arif, Hussain, Hussain and Sharma et al. 2015; Qiao, Lei, Yang and Yang et al. 2018; Shukla, Kumar, Mann and Khare 2020; Khouni, Louhichi and Ghrabi 2021; Ohlert, Bach and Breuer 2023)에서 역거리가중법이 주요 분석 도구로 활용된 바 있다. 수자원 분야에서도 이를 통해 강우량 자료의 공간적 분포를 예측한 연구(조홍래, 정종철 2006a; 황석환, 함대현 2013; Kurtzman, Navon and Morin 2009; Chen and Liu 2012; Hwang, Clark, Rajagopalan and Leavesley 2012; Ghomlaghi, Nasser and Bayat 2022)가 많이 이루어졌다. 최근에는 그 영역이 확장되어 침수 깊이의 공간적 분포를 예측한 연구(Scorzini, Radice and Molinari 2018)도 등장하고 있다. 하지만, 본 논문과 같이 홍수 위험에 대한 주관적 인식 혹은 지각 수준을 평가하고 지도로 작성하는 데 활용한 사례는 많지 않다.

일반적으로 역거리가중치법의 추정값은 <식 1>과 같이 표현된다(조홍래, 정종철 2006a, 32).

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

여기서 $\hat{Z}(s_0)$ 는 예측지점(s_0)의 예측값, N 은 관측지점의 수, λ_i 는 관측지점(s_i)의 가중치, $Z(s_i)$ 는 관측지점(s_i)의 관측값을 나타낸다. 이때 λ_i 는 <식 2>와 같이 거리가 증가할수록 그 값이 줄어든다.

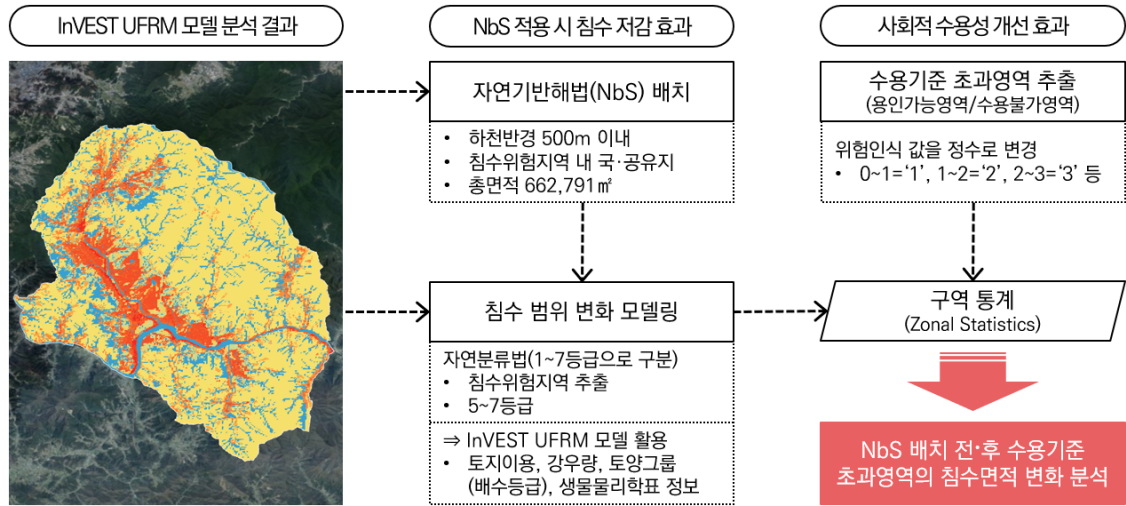
$$\lambda_i = d_{i0}^{-p} / \sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p}, \quad \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

여기서 d_{i0} 는 관측지점(s_i)와 예측지점(s_0) 사이의 거리를 나타낸다. 지수에 포함된 거리계수(p)는 가중치에 대한 거리의 영향력을 결정하는데, 이 값이 클수록 예측지점과 가까운 곳에 위치한 관측값의 영향을 많이 받는다.²⁰⁾

통상적으로 거리계수(p)는 2로 설정하나, 자료의 특성에 따라 최적의 계수값이 달라질 수 있으므로 일정 범위의 값을 순차적으로 대입하여 분석 결과를 확인하는 방식을 채택하는 경우가 많다(조홍래, 정종철 2006a; 2006b; 2009; 박소우, 김주옥, 송두삼 2017). 따라서 본 논문에서는 거리계수(p)값을 1부터 10까지 입력해가며 홍수 위험에 대한 인식 수준의 분포 패턴이 어떻게 달라지는지 살펴보았다.

20) 위험인식이 공간적으로 구성된다는 점을 고려할 때 거리계수(p)값은 주변과의 상호작용에 대한 민감도를 나타냄. 따라서 이 값이 클수록 위험인식이 매우 국지적으로 형성됨. 가까운 이웃이나 특정 지점의 경험이 위험인식에 강력하게 작용하며, 조금만 거리가 멀어져도 영향력이 급격히 사라짐. 이는 특정 물리적 공간 내에서 형성되는 직접적인 경험이나 소규모 커뮤니티의 특성, 즉 지리적 근접성이 위험인식을 구성하는 데 압도적인 영향력을 가진다는 것을 의미함. 반면, 이 값이 작을수록 위험인식이 비교적 넓은 공간 범위에 걸쳐 상호작용하며 형성됨. 멀리 떨어진 곳에서 발생한 사건이나 정보도 해당 지역의 위험인식에 영향을 미칠 수 있음. 이는 지리적 근접성을 넘어 공유된 경험(예: 광역 단위의 큰 재난), 문화적 맥락, 혹은 대규모 소통 채널(예: 지역 언론, 온라인 커뮤니티)을 통해 동일한 수준의 위험인식이 넓은 공간에 걸쳐 나타날 수 있음을 시사함.

그림 6 사회적 수용성의 평가 절차



3. 사회적 수용성 평가 방법

이후에는 자연기반해법의 사회적 수용성을 평가하였다. 수용성 평가는 서시천 주변에 자연기반해법을 배치했을 때 수용기준 초과영역(용인가능영역 및 수용불가영역)의 침수 범위가 얼마나 줄어드는지를 분석함으로써 이루어진다. 이를 위해 본 논문에서는 다음과 같은 세 단계의 과정을 거쳤다(그림 6) 참조).

첫 번째 단계에서는 InVEST®(ver.3.16.0) 모델²¹⁾의 도시홍수완화(urban flood risk mitigation: UFRM) 기능을 활용하여 침수위험지역을 도출한다. 이 모델은 강수 자료를 기반으로 하여 수문학적 흐름을 모의 실험하고, 홍수 위험을 평가하는 데 도움을 준다. 특히, 생태계서비스를 기반으로 하고 있기 때문에 자연기반해법의 배치 효과를 분석하는 데 적합하다. 이 모델을 구동하기 위해서는 토지이용정보, 강우량, 토양그룹(배수등급), 생물물리학적표(biophysical table) 등의 정보가 필요하다.²²⁾ 토지이용정보는 환경공간

정보서비스에서 제공하는 토지피복지도(2023년)에서 중분류 토지피복지도를 사용하되, InVEST UFRM 모델에서 사용하는 토지이용정보 분류 코드에 맞춰 코드를 변경했다. 강우량은 Ma(2024)의 연구를 참조하되, 2020년에 구례군에서 발생한 폭우가 재발생하는 경우를 가정하여 당시의 3일 연속 강우량인 585.9mm/일을 사용하였다. InVEST UFRM 모델에 활용되는 토양그룹은 미국 농무부(United States Department of Agriculture: USDA)의 기준에 따라 네 가지(A, B, C, D)로 분류하므로 우리나라의 국립농업과학원에서 제공하는 토양환경지도의 배수등급(6등급)을 해당 기준에 맞게 재분류하였다. 생물물리학적표는 토지피복에 따른 배수등급 등을 수치화한 것으로서 InVEST UFRM 모델에서 표의 형태로 제공된다.

이 모델의 작동원리는 다음과 같다(심지수, 구형수 2024, 86-87). 우선 각 단위(i)당 토지이용 유형과 토양 특성에 따라 유출수를 추정하여 유출지수($Q_{p,i}$)에 따라 침수 위험을 분석한다. 유출은 토양 및 토지

21) InVEST®. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest> (accessed March 12, 2025).

22) 자료 구축에 대한 자세한 내용은 심지수, 구형수(2024)를 참조하기 바람.

의 특성에 따라 각 단위가 내포할 수 있는 잠재적 함수량($\lambda \cdot S_{\max,i}$, $\lambda=0.2$)을 강우량(P)이 초과할 때 발생하며 유출량 산출은 <식 3>을 따른다.

$$Q_{p,i} = \begin{cases} \frac{(P - \lambda S_{\max,i})^2}{P + (1 - \lambda) S_{\max,i}} & \text{if } P > \lambda \cdot S_{\max,i} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

유출을 저감하는 정도는 함수지수인 $S_{\max,i}$ 로 특정할 수 있는데, 이는 <식 4>에 따라 산출하며 토지이용과 토양의 특성을 고려한 유출곡선(Curve Number: CN_i)값에 따라 산출된다.

$$S_{\max,i} = \frac{25400}{CN_i} - 254 \quad \langle \text{식 4} \rangle$$

이후 단위당 유출저감지수(R_i)는 강우량이 잠재적 함수량보다 작은 경우에는 유출을 전부 저감하고, 그 반대의 경우에는 <식 5>에 따라 산출할 수 있다.

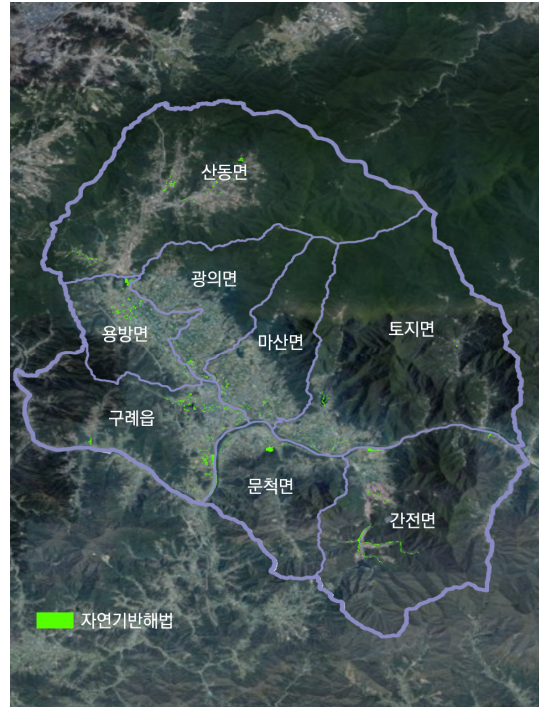
$$R_i = 1 - \frac{Q_{p,i}}{P} \quad \langle \text{식 5} \rangle$$

또한 유출량의 부피(Q_m3_i)는 <식 6>에 따라 산출한다.

$$Q_m3_i = Q_{p,i} \cdot \text{unit.area} \cdot 10^{-3} \quad \langle \text{식 6} \rangle$$

여기서 침수위험지역은 모델링(modeling)을 통해 도출된 유출지수($Q_{p,i}$)를 Jenks(1967)의 자연분류(natural breaks)법에 따라 7단계로 구분하고, 이 중에서 5등급 이상인 지역으로 설정했다. 여기서 5등급은 유출지수가 390.6~406.8mm인 '다소 위험'한 지역, 6등급은 유출지수가 406.9~426.8mm인 '위험'

그림 7 자연기반해법의 배치도



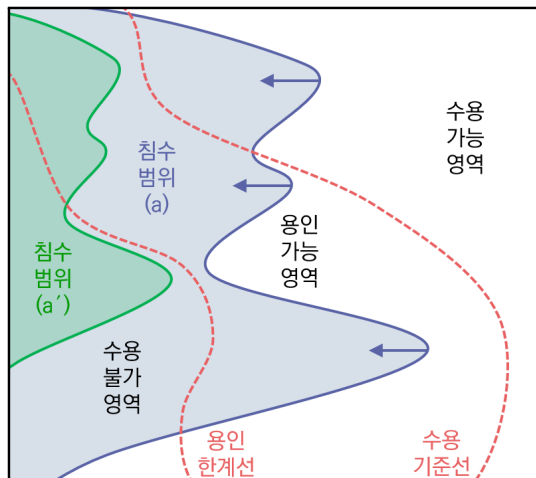
한 지역, 7등급은 유출지수가 390.6~406.8mm인 '매우 위험'한 지역을 나타낸다.

두 번째 단계에서는 하천 주변에 자연기반해법을 배치한다. 이때 섬진강 수계의 수변구역 지정기준²³⁾을 참조하여 하천 경계를 기준으로 500m 이내에 위치한 침수위험지역을 대상으로 하되, 부지 확보가 용이한 100개의 국·공유지를 무작위로 선정하였다. 특히, 구례군은 2020년 환경부 주관 '하수도 정비 중점관리 지역 도시침수 예방사업'에 선정된 바 있으며, 이를 통해 사업비 570억 원을 확보한 것으로 알려졌다. 따라서 해당 재원을 모두 경관형 저류/유수지나 식생체류지를 조성하는 데 활용한다고 가정하고, 녹지에 대한 표준조성비²⁴⁾인 8만 6,000원/㎡를 적용하여

23) 영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률. 2023. 법률 제19664호(8월 16일 일부개정). 제4조, 제1항.

24) 2024년 기반시설 표준시설비용 및 단위당 표준조성비 고시. 2024. 국토교통부고시 제2024-287호(6월 7일 제정).

그림 8 사회적 수용성 평가의 기본 원리



총 66만 2,791㎡를 배치하였다. <그림 7>은 이렇게 선택된 필지를 보여준다. 이렇게 자연기반해법을 배치하여 시가화건조지역에서 자연초지로 토지피복이 변하면 해당 구획의 물 처리 능력(유출-침투 메커니즘)을 변화시키고, 이 변화된 특성이 모델 내에서 토지피복과 배수 등급의 조합을 통해 반영되어 강우 유출량 저감 등의 효과로 나타난다.

마지막 단계에서는 아무런 조치를 취하지 않을 경우의 침수 범위(a)와 자연기반해법을 배치할 경우의 침수 범위(a')를 비교하여 사회적 수용성 개선 효과를 분석한다(<그림 8> 참조). 이를 위해서는 앞서 작성한 홍수 위험에 대한 수용한계 지도와 InVEST UFRM 모델을 통해 도출한 침수위험지역을 중첩해야 한다. 그리고 자연기반해법을 배치함에 따라 수용한계 지도에서 용인가능영역(위험인식 등급: 4~5)과 수용불가영역(위험인식 등급: 6~7)에 포함되는 침수위험지역의 면적이 어떻게 달라지는지 분석해야 한다. 이는 570억 원의 침수 예방 사업비를 구조적 대책 대신에 자연기반해법을 배치하는 데 모두 사용했을 때 용인가능영역이나 수용불가영역에 거주하는 주민들이 어느 정도까지 침수 위험에서 벗어날 수 있는지를

파악할 수 있게 해준다. 특히, 정량적 위험성 평가의 ALARP 원칙을 준수하기 위해서는 용인가능영역의 잔존위험이 얼마나 줄어드는지를 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 이는 단순히 침수 범위를 줄이는 것을 넘어 동일한 면적이더라도 수용불가영역의 침수 범위를 우선적으로 줄이되, 용인가능영역의 침수 범위도 '합리적으로 실현 가능한 범위에서 최대한으로 줄이는 것'이 홍수 위험에 민감한 사람들이 거주하는 지역의 불안감을 해소시키고 사회적 수용성을 개선할 가능성을 높인다는 것을 의미한다.

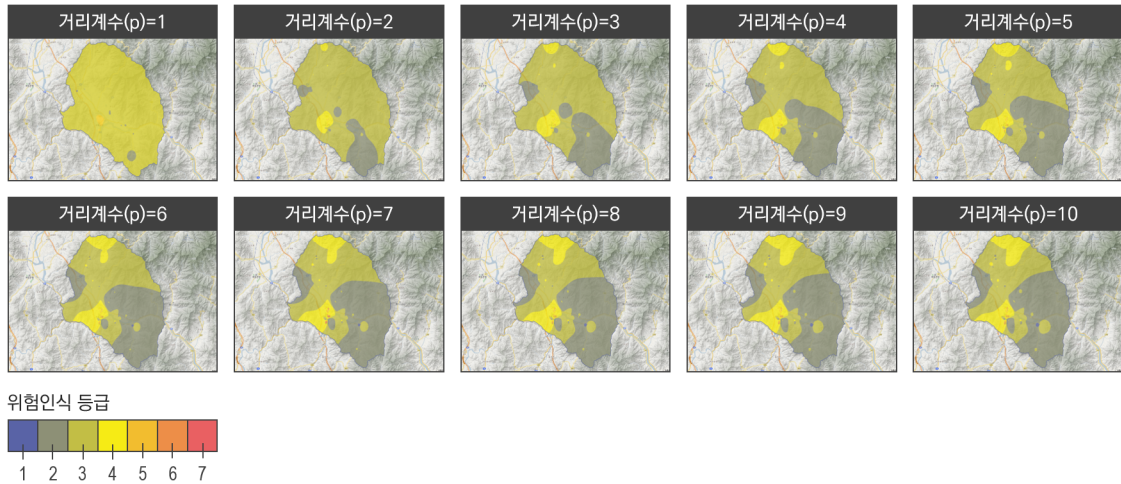
IV. 분석 결과 및 논의

1. 수용한계 지도 작성 결과

구례군 거주민의 위험인식 수준을 등급화한 지도는 <그림 9>와 같다. 이를 보면 거리계수(p)값이 증가함에 따라 수용한계선이 보다 세분화되며, 그 결과 비교적 균등한 면적으로 공간이 구획되는 것을 확인할 수 있다. <그림 10>은 거리계수(p)값의 변화에 따른 위험인식 값의 빈도 분포를 히스토그램(histogram)으로 나타낸 것이다. 이를 보면 처음에는 정규분포에 근접하다가 5를 넘어서면서부터 정규분포에서 멀어지는 것을 확인할 수 있다. 이 결과를 참조할 때 구례군의 홍수 위험에 대한 수용한계 지도를 해석하는 데 있어 공간구획의 형태나 히스토그램을 고려했을 때 거리계수(p)값을 3~5로 설정하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

그럼에도 불구하고, 구례읍 일대는 거리계수(p)값에 관계없이 지속적으로 홍수에 대한 위험인식 수준이 수용기준(3등급 이하)을 초과하고 있다. 특히, 하천인접 지역이나 과거 침수 피해 지역의 위험인식이 상대적으로 높게 나타나고 있다(<그림 11> 참조). 이는 해당 지역의 위험인식이 주변과의 상호작용보다는 그 공간 자체가 가진 고착화된 특성에 의해 결정됨을

그림 9 홍수 위험에 대한 수용한계 지도



주: 위험인식이 1~3이면 수용가능영역, 4~5이면 용인가능영역, 6~7이면 수용불가능영역에 해당함.

시사한다. 즉, 외부 정보나 주변 인식이 어떻게 상호 작용하든 그 지역의 고정된 위험인식이 변하기는 어렵다는 것이다. 따라서 이 지역에 거주하는 주민들은 예기치 않게 발생할 수 있는 위험에 대해 고정된 시각을 가지고 있을 가능성이 높다. 반면, 간전면의 대부분은 수용기준 미달지역에 해당한다. 토지면의 일부 지역도 위험인식의 정도가 상대적으로 낮게 나타나고 있다. 여기서 주목할 부분은 간전면의 일부 지역은 침수 피해를 경험했음에도 불구하고, 위험인식 수준이 낮게 형성되는 현상이 나타난다는 점이다(그림 11)

참조). 이는 주관적 위험인식이 객관적 위험 정보로 완전히 설명될 수 없으며, 사회·심리적 요인에 의해 복합적으로 구성됨을 시사한다.

2. 사회적 수용성 평가 결과

우선 InVEST UFRM 모델을 통해 침수위험지역을 도출한 결과는 <그림 12>와 같다. 이를 보면 침수 위험이 매우 심각한 수준인 곳은 구례읍과 산동면의 일부 지역에 분포하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이 중에

그림 10 홍수 위험인식에 대한 히스토그램

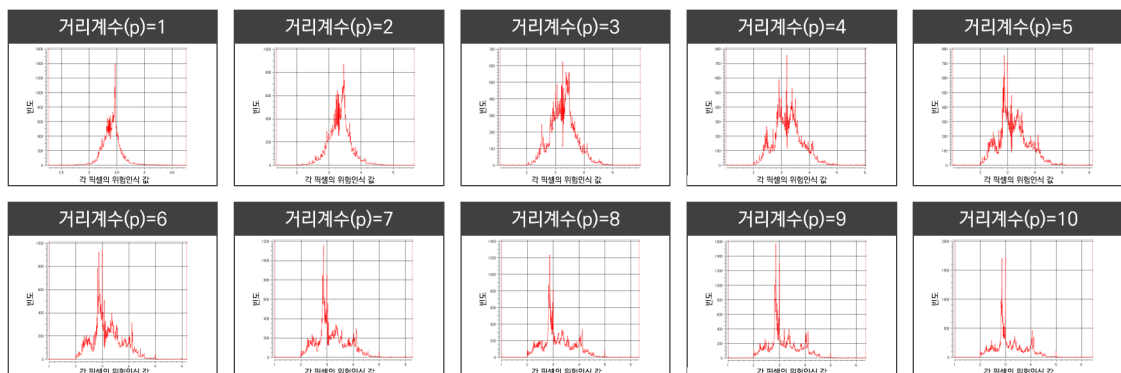
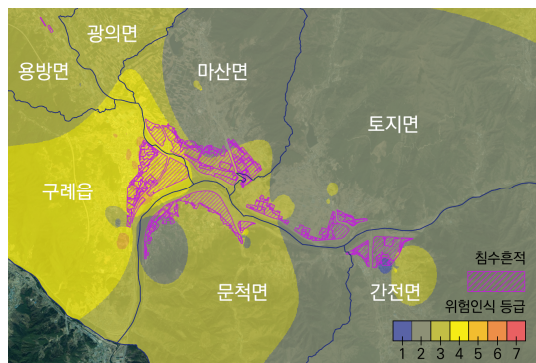


그림 11 수용한계 지도와 침수흔적도의 중첩 결과



주: 한국국토정보공사가 제작한 침수흔적도(2022년)를 활용하였으며, 수용한계 지도의 거리계수(p)는 5를 적용함.
 자료: 공공데이터포털. <https://www.data.go.kr> (2025년 8월 7일 검색).

서 구례읍에 위치한 봉동리는 읍소재지로 주거지와 각종 상업시설이 집중적으로 분포한다. 따라서 2000년 8월에 기록적인 폭우가 내릴 때에도 서시천 제방이 붕괴되어 큰 피해가 발생했던 곳이다. 그 외에 용방면의 서시천 주변을 비롯하여 구례읍과 문천면의 섬진강 주변에 침수 위험이 높은 지역이 수계를 따라 선형으로 분포하고 있다. 특히, 구례읍에 위치한 원방리와 문천면에 위치한 월전리는 주거지가 많이 분포하지 않으나, 섬진강의 주요 수계와 인접하여 많은 농경지가 침수 위험에 노출되어 있다.

다음으로, 자연기반해법을 배치할 때 수용기준 초과영역(용인가능영역 및 수용불가영역)의 침수면적이 어떻게 변화하는지 분석한 결과는 <표 3>과 같다. 이를 보면 용인가능영역에서만 97.6~98.7% 정도의 감소율을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이는 홍수 위험에 민감하거나 두려움을 가진 사람들이 많이 거주하는 지역의 저항을 ‘합리적으로 실현 가능한 범위에서 최대한으로 줄이는(ALARP)’ 데 기여할 수 있음을 시사한다. 잔존위험이 존재해서는 안 되는 수용불가영역에서도 약 73.3~89.0%라는 상당한 감소율이 보

였다. 이는 자연기반해법이 단순히 어느 정도 감내할 수 있는 지역을 넘어 절대적으로 수용을 거부한 지역의 위험까지도 효과적으로 줄일 수 있음을 의미한다. 더욱 주목할 부분은 거리계수(p)값의 변화에 따른 개선효과가 일관성을 보였다는 점이다. 이는 용인가능영역이나 수용불가영역 중에서도 위험에 대한 인식 수준이 명확하여 거리계수(p)값의 변화에 영향을 받지 않는 지역의 개선효과가 더 크다는 것을 의미한다. 특히, 거리계수(p)값이 주변과의 상호작용에 대한 민감도를 나타낸다는 점을 고려할 때 자연기반해법 배치를 통한 침수 위험 완화는 과거의 피해 경험, 지리적 특성, 공동체의 집단 기억 등으로 인해 위험인식의 공간적 고착성(spatial fixity)²⁵⁾이 강한 지역에서 큰 효과를 거둘 수 있음을 보여준다.

그림 12 침수위험지역의 분석 결과



25) 이는 ‘사회적 상호작용을 통한 감정의 공간적 전파’라는 동적인 특성보다 지역 고유의 특성이 위험인식의 형성에 있어 더 강력하게 작용한 결과임.

표 3 자연기반해법 배치에 따른 수용기준 초과영역의 침수면적 변화

(단위: m², %)

거리계수 (<i>p</i>)	전체(수용기준 초과영역)			용인가능영역(ALARP)			수용불가영역		
	이전	이후	변화율	이전	이후	변화율	이전	이후	변화율
1	341,910	8,190	-97.6	347,369	8,186	-97.6	15	4	-73.3
2	285,073	7,816	-97.3	348,245	7,584	-97.8	888	232	-73.9
3	260,820	7,336	-97.2	349,565	6,849	-98.0	2,205	487	-77.9
4	242,261	6,044	-97.5	350,731	5,431	-98.5	3,368	613	-81.8
5	237,037	5,861	-97.5	351,646	5,185	-98.5	4,280	676	-84.2
6	233,144	5,694	-97.6	352,527	4,967	-98.6	5,158	727	-85.9
7	231,431	5,609	-97.6	353,269	4,842	-98.6	5,898	767	-87.0
8	230,568	5,550	-97.6	354,027	4,743	-98.7	6,657	807	-87.9
9	229,901	5,513	-97.6	354,669	4,679	-98.7	7,297	834	-88.6
10	229,698	5,452	-97.6	355,204	4,590	-98.7	7,839	862	-89.0

V. 결론

본 논문은 홍수 위험 관리의 새로운 대안으로 부상하는 자연기반해법의 성공적인 도입을 위해 사회적 수용성을 확보하는 것이 무엇보다 중요하다고 판단했다. 특히, 사회적 수용성이 복잡한 심리 과정을 통해 집단적으로 형성되고 공유되는 감정이라는 점에 착안하여 주민들의 위험인식을 지역사회 홍수 위험에 대한 수용한계로 전환하는 데 집중했다. 그리고 침수라는 공간 현상으로 표현되는 홍수 피해의 특수성을 고려하여 수용한계선이 공간상에서 어떤 형태로 나타나는지 규명하고, 그 결과가 자연기반해법의 사회적 수용성을 높이는 데 어떻게 활용될 수 있는지 살펴보았다. 이를 통해 도출된 주요 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 주민들의 주관적 위험인식은 공간적으로 무작위적이지 않고 특정 패턴을 보였다. 특히, 하천 인접 지역이나 과거 침수 피해 지역에서 상대적으로 위험인식이 높게 나타났다. 이러한 결과는 위험인식이 공간적 맥락 속에서 형성되고 공유될 수 있다는 이론적 논의를 뒷받침한다. 둘째, 객관적 위험과 주관적

위험인식 사이의 간극이 실제로 존재함을 확인하였다. 일례로 일부 지역에서는 침수 피해 경험에도 불구하고 인식 수준이 낮게 형성되는 복합적인 양상을 보였다. 이는 주관적 위험인식이 객관적 위험 정보로 완전히 설명될 수 없으며, 다양한 요인에 의해 복합적으로 형성될 수 있음을 보여준다. 셋째, 자연기반해법을 배치하여 침수 피해를 줄일 경우 사회적 수용성이 증가하는 것을 확인하였다. 특히, 공간적 상호작용에 대한 민감도를 나타내는 거리계수(*p*)값에 관계없이 일관성을 보였다. 이는 위험인식의 공간적 고착성이 뚜렷한 지역일수록 단순한 정보 공유보다는 침수 위험을 줄이는 것이 사회적 수용성을 높이는 데 더 효과적임을 시사한다.

본 논문은 홍수 위험 관리 측면에서 다음과 같은 학술적, 정책적 의의를 가진다.

첫째, 기존 위험 객관주의 연구가 간과했던 주민들의 주관적 위험인식을 심층적으로 다루었다. 이 과정에서 정량적 위험성 평가의 ALARP 개념을 적용하여 위험인식의 질적 수준을 분류하는 새로운 방법론을 제시하였다. 이는 위험 주관주의에 대한 이론적 논의를 확대하고, 객관적 위험과 주관적 인식 간의 간극을

메우는 데 기여한다. 둘째, 위험인식의 공간적 특성을 규명하고, 정책적 활용 가능성을 제시하였다. 특히, 공간보간법을 통해 개인적 위험인식을 수용한계선이 라는 사회적 위험인식으로 실체화했다. 어떤 대책을 적용하느냐에 따라 침수되는 공간적 범위가 달라지는 홍수 재해의 경우 이처럼 두려움이 크거나 민감한 사람들이 집중적으로 거주하는 지역을 찾아내는 것은 우선적으로 고려해야 할 정책대상을 선별하는 데 도움을 줄 수 있다. 셋째, 홍수 위험에 대한 수용한계 지도가 자연기반해법 도입에 따른 사회적 수용성 변화를 평가하는 데 어떻게 활용될 수 있는지를 시범적으로 보여주었다. 이는 사후적 수단으로서 투명한 정보 공개나 의사소통을 강조했던 그동안의 정책 관행을 벗어나 홍수 완화 혹은 위험 관리 계획을 수립하는 시점부터 모의실험을 통해 수용성이 더 높은 방식을 선택할 수 있음을 의미한다.

본 논문의 결과는 홍수 관리 정책이 단순히 물리적 안전을 넘어 주민들의 심리적 안전을 함께 고려해야 함을 시사한다. 자연기반해법과 같은 새로운 대안을 도입할 때 주민들의 위험인식을 사전에 파악하고, 특히 수용기준을 초과하는 지역에 대해서는 정책 시행으로 예상되는 결과를 공유할 필요가 있다. 더 나아가 공동체 기반의 참여형 의사결정 체계를 구축하여 사회적 수용성을 확보하려는 노력이 필요하다. 이는 벨기에 안트베르펜(Antwerp)시에 위치한 신티 안드리에스(Sint Andries) 지역의 사례에서도 확인할 수 있다(IUCN 2020, 15). 해당 지역은 당국과 시민이 함께 자연기반해법을 도입할 공간을 식별하고 설계하는 구상(dreaming) 활동을 통해 계획의 초기 단계부터 주인의식을 강화하고, 수용성을 확보하는 데 성공했다. 이처럼 주민과의 상호작용 및 의미 부여를 통한 협력적 거버넌스는 지속가능한 홍수 위험 관리와 회복탄력적인 사회생태시스템 구축을 위한 초석이 될 것이다.

한편, 본 논문은 개인의 홍수 위험인식을 공간적 수용한계선으로 전환하는 탐색적 연구(exploratory research)의 성격을 가지고 있음에도 불구하고, 조사 결과의 신뢰성을 담보할 수 있을 정도의 표본을 확보하지는 못했다. 이는 연구결과의 일반화를 어렵게 만들 수 있다. 따라서 향후 충분한 표본 수를 확보하여 주민들의 위험인식을 측정한다면 보다 정교한 분석 결과를 도출할 수 있을 것이다. 또한, 침수위험지역을 예측하는 과정에서 구례군에서 확보한 침수 예방 사업비를 원래 계획대로 하수도 정비에 모두 사용했을 때와 비교하여 사회적 수용성 개선효과가 어떻게 달라질 수 있는지 규명하지 못했다. 더 나아가 자연기반해법의 배치 대안도 다양화하지 못했다. 따라서 향후 이를 포함한 다수의 대안이 마련된다면, 각각에 대한 침수위험지역을 모델링하여 수용기준 초과영역(특히, ALARP 영역)의 면적을 가장 큰 폭으로 감소시키는 최적의 해를 도출할 수 있을 것이다.

• 참고문헌

References

1. 2024년 기반시설 표준시설비용 및 단위당 표준조성비 고시. 2024. 국토교통부고시 제2024-287호(6월 7일 제정). *Notification of Standard Infrastructure Facility Costs and Standard Unit Development Costs for 2024*. 2024. Enacted on Ministry of Land, Infrastructure and Transport Notification no.2024-287, June 7.
2. 공공데이터포털. <https://www.data.go.kr> (2025년 8월 7일 검색). Public Data Portal. <https://www.data.go.kr> (accessed August 7, 2025).
3. 구례군. 2021. 2020 구례지역 섬진강 수해백서. 구례군청: 구례군. Gurye-gun. 2021. 2020 *Gurye Area Seomjin River Flood Damage White Paper*. Gurye County Office: Gurye County.
4. 구형수. 2023. 무엇이 도시의 생존을 위협하는가?: 도시

- 축소에 대한 구조적 이해. 국토연구 119권: 31-50.
- Koo Hyeongsu. 2023. What threatens the survival of cities?: A structural understanding of urban shrinkage. *The Korea Spatial Planning Review* 119: 31-50.
5. 구형수, 김의준, 김슬기. 2025. 탈(脫)석탄 정책은 지역격차를 심화시키는가?: 공간연산일반균형(SCGE) 모형의 활용. 국토연구 124권: 125-147.
 - Koo Hyeongsu, Kim Euijune and Kim Seulki. 2025. Coal phase-out as a driver of regional disparities: Using the spatial computable general equilibrium (SCGE) model. *The Korea Spatial Planning Review* 124: 125-147.
 6. 국가통계포털. <http://kosis.kr> (2025년 8월 4일 검색). Korean Statistical Information Service. <http://kosis.kr> (accessed August 4, 2025).
 7. 김근식. 2016. 원전지역 주민들의 다차원적 원자력수용성 결정요인에 관한 연구. 박사학위논문, 고려대학교.
 - Kim GeunSik. 2016. *A Study on the Determining Factors Behind the Multidimensional Acceptance of Nuclear Power Plants by Local Residents*. Ph.D. diss., Korea University.
 8. 김수아, 임동균. 2016. 위험사회의 사회심리학: 위험인식의 주관적 구성을 중심으로. 한국사회 17권, 2호: 45-75.
 - Kim Su-A and Im Dong-Kyun. 2016. Social psychology of risk society: Social psychological determinants of risk perceptions. *Journal of Social Research* 17, no.2: 45-75.
 9. 김수정, 진장원, 박성식. 2021. 공무원의 문화적 편향이 사회적 수용성에 미치는 영향 연구: 새로운 항공교통시스템 도입 사례를 중심으로. 한국산학기술학회논문지 22권, 4호: 493-503.
 - Kim Soo-Jung, Jin Jang-Won and Park Sung-Sik. 2021. The effect of government officials' cultural bias to their social acceptance including a case study of implementing new air traffic flow management system. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 22, no.4: 493-503.
 10. 김용완, 홍석영, 장민원. 2011. 마늘 재배적지분석을 위한 기온자료 공간보간기법 비교. 한국농공학회논문집 53권, 5호: 1-7.
 - Kim Yong Wan, Hong Suk Young and Jang Min Won. 2011. Comparison between spatial interpolation methods of temperature data for garlic cultivation. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 53, no.5: 1-7.
 11. 노삼규. 1997. 도시재해의 위험성 수용한계와 위험성 범주의 선택. 한국화재소방학회논문지 11권 1호: 11-19.
 - Roh, Sam-Kew. 1997. Risk acceptability and criteria for multiple fatality in urban disaster. *Fire Science and Engineering* 11, no.1: 11-19.
 12. 명수정, 오일찬. 2021. 환경위기 대응을 위한 자연기반해법 (NbS) 연구. 세종: 한국환경연구원.
 - Oh Ilchan and Myeong Soojeong. 2021. *A Study on Nature-based Solutions (NbS) for Response to Environmental Crisis*. Sejong: Korea Environment Institute.
 13. 박소우, 김주옥, 송두삼. 2017. 표준기상데이터 작성 시 누락된 풍속 데이터의 보간 방법 제안. 한국태양에너지학회 논문집 37권, 6호: 79-91.
 - Park So-Woo, Kim Joo-wook and Song Doo-sam. 2017. A proposal of an interpolation method of missing wind velocity data in writing a typical weather data. *Journal of The Korean Solar Energy Society* 37, no.6: 79-91.
 14. 백천우, 안태진. 2009. 설계빈도변화를 고려한 천변저류지 최적위치 선정. 한국수자원학회 논문집 42권, 7호: 559-569.
 - Baek Chun Woo and Ahn Tae Jin. 2009. Determination of optimal location of washlands considering design frequency. *Journal of Korea Water Resources Association* 42, no.7: 559-569.
 15. 송해룡, 조항민, 이윤경, 김원제. 2012. 위험커뮤니케이션의 개념화, 구조 분석 및 영역 설정에 관한 연구. 분쟁해결연구 10권, 1호: 65-100.
 - Song Hae-Ryong, Cho Hang-Min, Lee Yoon-kyung and Kim Won-Je. 2012. A study on the conceptualization, structural analysis and domain establishment of risk communication. *Dispute Resolution Studies Review* 10, no.1: 65-100.
 16. 심지수, 구형수. 2024. 그린인프라의 도시치수 위험 완화 효과: 전라남도 구례군을 대상으로. 토지주택연구 15권, 4호: 81-95.
 - Sim Jisoo and Koo Hyeongsu. 2024. Mitigating urban flood risk with green infrastructure: A case study of Gurye-gun, Jeollanam-do. *Land and Housing Review* 15, no.4: 81-95.
 17. 안태진, 강인웅, 백천우. 2008. 수문학적 홍수저감효과 기반의 천변저류지 최적위치 선정을 위한 의사결정모형의 개발.

- 한국수자원학회 논문집 41권, 7호: 725-735.
Ahn Tae Jin, Kang In Woong and Baek Chun Woo. 2008. Development of decision making model for optimal location of washland based on flood control effect estimated by hydrologic approach. *Journal of Korea Water Resources Association* 41, no.7: 725-735.
18. 안태진, 김도현, 백천우. 2011. 다차원척도법을 이용한 강변 저류지 설치 우선순위 선정. 한국수자원학회 논문집 44권, 7호: 565-576.
Ahn Tae Jin, Kim Do Hyeon and Baek Chun Woo. 2011. Determination of installation priority of washlands using multi-dimensional scaling method. *Journal of Korea Water Resources Association* 44, no.7: 565-576.
19. 안태진, 변천일, 노희성, 백천우. 2010. 경제성 분석에 의한 강변저류지 최적위치 선정에 대한 연구. 한국수자원학회 논문집 43권, 8호: 681-694.
Ahn Tae Jin, Byeon Chen Il, Roh Hee Sung and Baek Chun Woo. 2010. Study on optimal location of washland based on economic analysis. *Journal of Korea Water Resources Association* 43, no.8: 681-694.
20. 영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률. *Act on Water Management and Resident Support in the Yeongsan and Seomjin River Basins*. 2023. Amended by Act no.19664, August 16.
21. 우효섭. 2023. 자연/자연기반 특징(NNbF): 자연기반해법(NbS)과 비교분석 및 국내적용성 평가. *Ecology and Resilient Infrastructure* 10권, 2호: 31-39.
Woo Hyoseop. 2023. Natural, nature-based features (NNbF): A comparative analysis with nature-based solutions (NbS) and assessment of its applicability to Korea. *Ecology and Resilient Infrastructure* 10, no.2: 31-39.
22. 윤명현, 윤지환. 2020. 과학기술의 위험인식과 사회적 수용성 간의 관계: 가치-신념-규범(VBN) 이론의 적용과 확장. 정책분석평가학회보 30권, 4호: 1-28.
Yoon Myunghyun and Yoon Jeewhan. 2020. The relationship between risk perception and social acceptance: Extension of the value-belief-norm theory. *Korean Journal of Policy Analysis and Evaluation* 30, no.4: 1-28.
23. 이상은, 박태선, 안승만, 조혜원. 2021. 정량적 위험도 평가를 통한 하천 홍수방어목표 적정화 방안 연구. 세종: 국토연구원. Lee Sangeun, Park Taesun, Ahn Seungman and Jo Hyewon. 2021. *Determining the Flood Defense Level Based on the Quantitative Risk Assessment*. Sejong: Korea Research Institute for Human Settlements.
24. 이승훈. 2009. 현대 사회의 위험과 위험 관리: '위험의 사회적 구성'에 대한 이론적 논의를 중심으로. 현대사회와 문화 29권: 61-88.
Lee Seung Hun. 2009. Risk and risk management in modern society: Theoretical discussion on the social construction of risk. *Journal of Contemporary Society and Culture* 29: 61-88.
25. 이재은, 김영평, 정운수. 2006. 발전원 위험의 사회적 수용성 결정요인 분석. 한국행정연구 16권, 2호: 189-218.
Lee Jaeeun, Kim Youngpyoung and Jung Yoonsoo. 2006. Analyzing the decision factor of the social acceptance in the various power systems. *The Korean Journal of Public Administration* 16, no.2: 189-218.
26. 이종소, 이상은, 송창근, 신은택. 2021. 하천의 홍수방어목표 적정화를 위한 정량적 위험도 평가 적용: 하천 배후지역 이용현황에 따른 설계빈도 차등화를 중심으로. 국토연구 108: 37-48.
Lee Jongso, Lee Sangeun, Song Chang Geun and Shin Eun Taek. 2021. Using the quantitative risk assessment for selecting the flood defense level according to floodplain development conditions. *The Korea Spatial Planning Review* 108: 37-48.
27. 이주한, 김동현. 2022. 기후변화에 따른 지역별 미래 폭염 위험 고령인구의 추정. 대한지리학회지 57권, 3호: 269-283.
Lee Ju Han and Kim Donghyun. 2022. Projecting the elderly population at heat wave risk for climate change: A spatial approach. *Journal of the Korean Geographical Society* 57, no.3: 269-283.
28. 정익재. 2019. 사회구성주의 시각을 통한 위험인지의 사회심리적 특성과 대중매체의 영향 분석. 정책분석평가학회보 29권, 3호: 1-20.
Chung Ik Jae. 2019. Psychometric analysis of risk perception and media impact: A social constructionist approach. *Korean Journal of Policy Analysis and Evaluation* 29, no.3: 1-20.
29. 조홍래, 정종철. 2006a. 강우자료에 대한 공간보간 기법의 적용. 한국GIS학회지 14권, 1호: 29-41.

- Cho Hong-Lae and Jeong Jong-Chul. 2006. Application of spatial interpolation to rainfall data. *Spatial Information Research* 14, no.1: 29-41.
30. _____. 2006b. GIS를 이용한 연안수질의 시공간적 분포 특성에 대한 연구. *한국GIS학회지* 14권, 2호: 223-234.
- _____. 2006b. A study on spatial and temporal distribution characteristics of coastal water quality using GIS. *Spatial Information Research* 14, no.2: 223-234.
31. _____. 2009. 공간보간기법에 의한 서울시 미세먼지 (PM10)의 분포 분석. *환경영향평가* 18권, 1호: 31~39.
- _____. 2009. The distribution analysis of PM10 in Seoul using spatial interpolation methods. *Journal of Environmental Impact Assessment* 18, no.1: 31-39.
32. 좌보경, 윤문영, 백혜진. 2013. 미디어, 지각된 위험 특성, 위험 인식의 관계에 대한 연구: 발암물질 위험 이슈를 중심으로. *홍보학연구* 17권, 4호: 72-109.
- Jwa Bokyoung, Yun Moon-young and Paek Hye-Jin. 2013. Media, risk characteristics, and risk perceptions: The context of carcinogenic hazards. *Journal of Public Relations* 17, no.4: 72-109.
33. 지은, 장은경, 배인혁, 안명희, 배준. 2022. 자연성기반기술의 홍수완충구간 조성을 위한 입지 선정 방법에 관한 연구: 대청댐 상류부터 용담댐 하류구간 사례 연구. *Ecology and Resilient Infrastructure* 9권, 3호: 131-140.
- Ji Un, Jang Eun-kyung, Bae Inhyeok, Ahn Myenghui and Bae Jun. 2022. A study on the site selection method for the creation of a flood buffer section considering the nature-based solution: Case study from upstream of Daecheong dam to downstream of Yongdam dam. *Ecology and Resilient Infrastructure* 9, no.3: 131-140.
34. 최진식. 2021. 감염병의 사회적 표상이 위험인식에 미치는 영향에 관한 연구: 메르스(MERS)에 대한 서울시민 인식을 중심으로. *한국공공관리학보* 35권, 2호: 147-174.
- Choi Jinsik. 2021. The effects of social representation of MERS on risk perception. *Korean Public Management Review* 35, no.2: 147-174.
35. 한동섭, 김형일. 2011. 위험과 커뮤니케이션: 원자력의 사회적 수용에 미치는 커뮤니케이션의 효과: 신뢰성, 효용인식, 위험 인식을 매개로. *한국위기관리논집* 7권, 2호: 1-22.
- Han Dongsub and Kim Hyung-Il. 2011. Risk and communication: Communication effects on social acceptance of nuclear power. *Crisisonomy* 7, no.2: 1-22.
36. 한태학. 1998. 사회적 구성으로서 위험: 위험커뮤니케이션 (Risikokommunikation) 관점에서 위험인지와 그 수용에 관한 연구. *사회조사연구* 13권, 1호: 135-148.
- Han Tae Hak. 1998. Risk as a social construction: Risk recognition and their acceptance in perspective of risk communication. *Journal of Social Research* 13, no.1: 135-148.
37. 황석환, 함대현. 2013. 공간 강수량 정확도 향상을 위한 공간상세화 방법 평가. *한국방재학회논문집* 13권, 4호: 149-163.
- Hwang Seok Hwan and Ham Dae Heon. 2013. Evaluation of spatial downscaling methods for enhancement of spatial precipitation estimation. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation* 13, no.4: 149-163.
38. Albert, C., Schröter, B., Haase, D., Brillingner, M., Henze, J., Herrmann, S., Gottwald, S., Guerrero, P., Nicolas, C. and Matzdorf, B. 2019. Addressing societal challenges through nature-based solutions: How can landscape planning and governance research contribute? *Landscape and Urban Planning* 182: 12-21.
39. Anderson, C. C. and Renaud, F. G. 2021. A review of public acceptance of nature-based solutions: The 'why', 'when' and 'how' of success for disaster risk reduction measures. *Ambio* 50: 1552-1573.
40. Anderson, C. C., Renaud, F. G., Hanscomb, S., Munro, K. E., Gonzalez-Ollauri, A., Thomson, C. S., Pouta, E., Soini, K., Loupis, M., Panga, D. and Stefanopoulou, M. 2021. Public acceptance of nature-based solutions for natural hazard risk reduction: Survey findings from three study sites in Europe. *Frontiers in Environmental Science* 9: 678938. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.678938>.
41. Aniche, L. Q., Edelenbos, J., Gianoli, A., Enseñado, E. M., Makousiari, E., DeLosRíos-White, M. I., Caruso, R. and Zalokar, S. 2024. Boosting co-creation of nature-based solutions within living labs: Interrelating enablers using interpretive structural modelling. *Environmental Science & Policy* 161: 103873. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103873>.

42. Arif, M., Hussain, I., Hussain, J., Sharma, M. K., Kumar, S., Bhati, G. and Ng, C. A. 2015. GIS-based inverse distance weighting spatial interpolation technique for fluoride distribution in south west part of Nagaur district, Rajasthan. *Cogent Environmental Science* 1, no.1: 1038944. <https://doi.org/10.1080/23311843.2015.1038944>.
43. Berger, P. L. and Luckmann, T. 1966. *The Social Construction of Reality: A Treatise in the Sociology of Knowledge*. New York: Anchor Books.
44. Bernello, G., Mondino, E., and Bortolini, L. 2022. People's perception of nature-based solutions for flood mitigation: The case of Veneto region (Italy). *Sustainability* 14, no.8: 4621. <https://doi.org/10.3390/su14084621>.
45. Bickerstaff, K. 2004. Risk perception research: Socio-cultural perspectives on the public experience of air pollution. *Environment International* 30, no.6: 827-840.
46. Birkholz, S., Muro, M., Jeffrey, P. and Smith, H. M. 2014. Rethinking the relationship between flood risk perception and flood management. *Science of The Total Environment* 478: 12-20.
47. Boholm, Å. 2003. The cultural nature of risk: Can there be an anthropology of uncertainty? *Ethnos* 68, no.2: 159-178.
48. Botzen, W. J. W., Kunreuther, H. and Michel-Kerjan, E. 2015. Divergence between individual perceptions and objective indicators of tail risks: Evidence from floodplain residents in New York City. *Judgment and Decision Making* 10, no.4: 365-385.
49. Bourguignon, D. 2017. Nature-based solutions: Concept, opportunities and challenges. Strasbourg: *European Parliament Research Service*. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/608796/EPRS_BRI\(2017\)608796_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/608796/EPRS_BRI(2017)608796_EN.pdf)(accessed May 17, 2025).
50. Bradford, R. A., O'Sullivan, J. J., van der Craats, I. M., Krywkow, J., Rotko, P., Aaltonen, J., Bonaiuto, M., De Dominicis, S., Waylen, K. and Schelfaut, K. 2012. Risk perception: Issues for flood management in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 12, no.7: 2299-2309.
51. Cameron, I. T. and Raman, R. 2005. *Process Systems Risk Management*. Amsterdam: Elsevier Academic Press.
52. Castro, C. V. 2022. Optimizing nature-based solutions by combining social equity, hydro-environmental performance, and economic costs through a novel Gini coefficient. *Journal of Hydrology X* 16: 100127. <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2022.100127>.
53. Chang, H. S. and Hsu, C. P. 2025. Levee effect and urban development under climate change: Land-use strategies for managing residual flood risk in Taiwan. In *Proceedings of REAL CORP 2025*, April 14-16. Graz: Austria.
54. Chapa, F., Perez Rubi, M. and Hack, J. 2023. A systematic assessment for the co-design of green infrastructure prototypes: A case study in urban Costa Rica. *Sustainability* 15, no.3: 2478. <https://doi.org/10.3390/su15032478>.
55. Chen, F. W. and Liu, C. W. 2012. Estimation of the spatial rainfall distribution using inverse distance weighting(IDW) in the middle of Taiwan. *Paddy and Water Environment* 10: 209-222.
56. Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S., eds. 2016. *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges*. Gland: International Union for Conservation of Nature.
57. Davis, F. D. 1985. *A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems: Theory and Results*. Ph.D. diss., Massachusetts Institute of Technology.
58. Di Baldassarre, G., Viglione, A., Carr, G., Kuil, L., Salinas, J. L. and Blöschl, G. 2013. Socio-hydrology: Conceptualising human-flood interactions. *Hydrology and Earth System Sciences* 17, no.8: 3295-3303.
59. Di Baldassarre, G., Viglione, A., Carr, G., Kuil, L., Yan, K., Brandimarte, L. and Blöschl, G. 2015. Debates-Perspectives on socio-hydrology: Capturing feedbacks between physical and social processes. *Water Resources Research* 51, no.6: 3837-4860.
60. Douglas, M. and Wildavsky, A. B. 1982. *Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technical and*

- Environmental Dangers*. Berkeley: University of California Press.
61. Duijm, N. J. 2009. *Acceptance Criteria in Denmark and the EU*. Copenhagen: Danish Ministry of the Environment.
 62. Enu, K. B., Zingraff-Hamed, A., Bofo, Y. A., Rahman, M. A. and Pauleit, S. 2024. Citizens' acceptability and preferred nature-based solutions for mitigating hydro-meteorological risks in Ghana. *Journal of Environmental Management* 352: 120089. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120089>.
 63. Featherman, M. S. and Pavlou, P. A. 2003. Predicting e-services adoption: A perceived risk facets perspective. *International Journal of Human-Computer Studies* 59, no.4: 451-474.
 64. Ferdous, M. R., Wesselink, A., Brandimarte, L., Di Baldassarre, G. and Rahman, M. M. 2019. The levee effect along the Jamuna River in Bangladesh. *Water International* 44, no.5: 496-519.
 65. Ferreira, V., Barreira, A. P., Loures, L., Antunes, D. and Panagopoulos, T. 2020. Stakeholders' engagement on nature-based solutions: A systematic literature review. *Sustainability* 12, no.2: 640. <https://doi.org/10.3390/su12020640>.
 66. Fischhoff, B., Slovic, P., Lichtenstein, S., Read, S. and Combs, B. 1978. How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. *Policy Sciences* 9, no.2: 127-152.
 67. Flynn, J., Slovic, P., Mertz, C. K. and Carlisle, C. 1999. Public support for earthquake risk mitigation in Portland, Oregon. *Risk Analysis* 19, no.2: 205-216.
 68. Frantzeskaki, N., Vandergert, P., Connop, S., Schipper, K., Zwierzchowska, I., Collier, M. and Lodder, M. 2020. Examining the policy needs for implementing nature-based solutions in cities: Findings from city-wide transdisciplinary experiences in Glasgow (UK), Genk (Belgium) and Poznań (Poland). *Land Use Policy* 96: 104688. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104688>.
 69. Ghomlaghi, A., Nasser, M. and Bayat, B. 2022. How to enhance the inverse distance weighting method to detect the precipitation pattern in a large-scale watershed. *Hydrological Sciences Journal* 67, no.13: 2014-2028.
 70. Gotham, K. F., Campanella, R., Lauve-Moon, K. and Powers, B. 2018. Hazard experience, geophysical vulnerability, and flood risk perceptions in a postdisaster city, the case of New Orleans. *Risk Analysis* 38, no.2: 345-356.
 71. Grantham, T. E., Matthews, J. H. and Bledsoe, B. P. 2019. Shifting currents: Managing freshwater systems for ecological resilience in a changing climate. *Water Security* 8: 100049. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2019.100049>.
 72. Han, S., Bubeck, P., Thieken, A. and Kuhlicke, C. 2023. A place-based risk appraisal model for exploring residents' attitudes toward nature-based solutions to flood risks. *Risk Analysis* 43, no.12: 2562-2580.
 73. Hanf, F. S., Ament, F., Boettcher, M., Burgemeister, F., Gaslikova, L., Hoffmann, P., Knieling, J., Matthias, V., Meier, L., Pein, J., Posch, B., Quante, M., Ratzke, L., Rudolph, E., Scheffran, J., Schlünzen, K. H., Shokri, N., Sillmann, J., Vogelbacher, A., von Szombathely, M. and Wickel, M. 2025. Towards a socio-ecological system understanding of urban flood risk and barriers to climate change adaptation using causal loop diagrams. *International Journal of Urban Sustainable Development* 17, no.1: 69-102.
 74. Harclerode, M. A., Lal, P., Vedwan, N., Wolde, B. and Miller, M. E. 2016. Evaluation of the role of risk perception in stakeholder engagement to prevent lead exposure in an urban setting. *Journal of Environmental Management* 184, no.1: 132-142.
 75. Horst, M., Kuttischreuter, M. M. and Gutteling, J. M. 2007. Perceived usefulness, personal experiences, risk perception and trust as determinants of adoption of e-government services in The Netherlands. *Computers in Human Behavior* 23, no.4: 1838-1852.
 76. Hwang, Y., Clark, M., Rajagopalan, B. and Leavesley, G. 2012. Spatial interpolation schemes of daily precipitation for hydrologic modeling. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 26: 295-320.

77. Im, I., Kim, Y. and Han, H. J. 2007. The effects of perceived risk and technology type on users' acceptance of technologies. *Information & Management* 45, no.1: 1-9.
78. IRGC(International Risk Governance Center). 2017. *Introduction to the IRGC Risk Governance Framework*. Revised version. Lausanne: EPFL International Risk Governance Center.
79. IUCN(International Union for Conservation of Nature). 2020. *Global Standard for Nature-based Solutions: A User-Friendly Framework for the Verification, Design and Scaling up of NbS*. 1st ed. Gland: International Union for Conservation of Nature.
80. InVEST®. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest> (accessed March 12, 2025).
81. IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). 2023. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
82. Jenkins-Smith, H. C., Silva, C. L., Nowlin, M. C. and deLozier, G. 2011. Reversing nuclear opposition: Evolving public acceptance of a permanent nuclear waste disposal facility. *Risk Analysis* 31, no.4: 629-644.
83. Jenks, G. 1967. The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography* 7: 186-190.
84. Junger, L. and Seher, W. 2024. Mitigating the levee effect: Spatial planning approaches to address residual risk. *Progress in Disaster Science* 23: 100355. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2024.100355>.
85. Kahneman, D. and Tversky, A. 1979. Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica* 47, no.2: 263-291.
86. Kellens, W., Zaalberg, R., Neutens, T., Vanneuville, W. and Maeyer, P. D. 2011. An analysis of the public perception of flood risk on the Belgian Coast. *Risk Analysis* 31, no.7: 1055-1068.
87. Keller, C., Siegrist, M. and Gutscher, H. 2006. The role of the affect and availability heuristics in risk communication. *Risk Analysis* 26, no.3: 631-639.
88. Khouni, I., Louhichi, G. and Ghrabi, A. 2021. Use of GIS based Inverse Distance Weighted interpolation to assess surface water quality: Case of Wadi El Bey, Tunisia. *Environmental Technology & Innovation* 24: 101892. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101892>.
89. Klinke, A. and Renn, O. 2011. Adaptive and integrative governance on risk and uncertainty. *Journal of Risk Research* 15, no.3: 273-292.
90. Krause, R. M., Carley, S. R., Warren, D. C., Rupp, J. A. and Graham, J. D. 2014. "Not in (or under) my backyard": Geographic proximity and public acceptance of carbon capture and storage facilities. *Risk Analysis* 34, no.3: 529-540.
91. Kundzewicz, Z. W., Kanae, S., Seneviratne, S. I., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P., Mechler, R., Bouwer, L. M., Arnell, N., Mach, K., Muir-Wood, R., Brakenridge, G. R., Kron, W., Benito, G., Honda, Y., Takahashi, K. and Sherstyukov, B. 2014. Flood risk and climate change: Global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal* 59, no.1: 1-28.
92. Kurtzman, D., Navon, S. and Morin, E. 2009. Improving interpolation of daily precipitation for hydrologic modelling: Spatial patterns of preferred interpolators. *Hydrological Processes* 23, no.23: 3281-3291.
93. Lechowska, E. 2018. What determines flood risk perception? A review of factors of flood risk perception and relations between its basic elements. *Natural Hazards* 94: 1341-1366.
94. _____. 2022. Approaches in research on flood risk perception and their importance in flood risk management: A review. *Natural Hazards* 111: 2343-2378.
95. Li, J., Nassauer, J. I., Webster, N. J., Preston, S. D. and Mason, L. R. 2022. Experience of localized flooding predicts urban flood risk perception and perceived safety of nature-based solutions. *Frontiers in Water* 4: 1075790. <https://doi.org/10.3389/frwa.2022.1075790>.
96. Loewenstein, G. F., Weber, E. U., Hsee, C. K. and Welch, N. 2001. Risk as feelings. *Psychological*

- Bulletin* 127, no.2: 267-286.
97. Luhmann, N. 1993. *Risk: A Sociological Theory*. Berlin: de Gruyter.
 98. Lupp, G., Zingraff-Hamed, A., Huang, J. J., Oen, A. and Pauleit, S. 2021. Living labs: A concept for co-designing nature-based solutions. *Sustainability* 13, no.1: 188. <https://doi.org/10.3390/su13010188>.
 99. Ma, B. 2024. Flood risk identification of Zhengzhou metropolitan area based on Invest model. *Academic Journal of Science and Technology* 9, no.1: 172-175.
 100. Magilligan, F. J., Graber, B. E., Nislow, K. H., Chipman, J. W., Sneddon, C. S. and Fox, C. A. 2016. River restoration by dam removal: Enhancing connectivity at watershed scales. *Elementa: Science of the Anthropocene* 4: 000108. <https://doi.org/10.12952/journal.elementa.000108>.
 101. Martins, C., Oliveira, T. and Popovič, A. 2014. Understanding the Internet banking adoption: A unified theory of acceptance and use of technology and perceived risk application. *International Journal of Information Management* 34, no.1: 1-13.
 102. Maskey, S. and Samuels, P. 2022. Managing flood risks in a changing climate. *Journal of Flood Risk Management* 15, no.1: e12764. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12764>.
 103. Mubeen, A., Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Torrez, A. S. and Playšić, J. 2021. Planning and suitability assessment of large-scale nature-based solutions for flood-risk reduction. *Water Resources Management* 35, no.10: 3063-3081.
 104. Mueller, C. E., Keil, S. I. and Bauer, C. 2017. Effects of spatial proximity to proposed high-voltage transmission lines: Evidence from a natural experiment in Lower Saxony. *Energy Policy* 111: 137-147.
 105. Munger, D. F., Bowles, D. S., Boyer, D. D., Davis, D. W., Margo, D. A., Moser, D. A., Regan, P. J. and Snorteland, N. 2009. *Interim Tolerable Risk Guidelines for US Army Corps of Engineers Dams. Proceedings of US Society on Dams 2009 Annual Lecture*, April 20-24. Nashville: Tennessee.
 106. Nachtnebel, H. P. 2000. The Danube river basin environmental programme: Plans and actions for a basin wide approach. *Water Policy* 2, no.1: 113-129.
 107. Nelson, D. R., Bledsoe, B. P., Ferreira, S. and Nibbelink, N. P. 2020. Challenges to realizing the potential of nature-based solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 45: 49-55.
 108. Ohlert, P. L., Bach, M. and Breuer, L. 2023. Accuracy assessment of inverse distance weighting interpolation of groundwater nitrate concentrations in Bavaria (Germany). *Environmental Science and Pollution Research* 30: 944-9455.
 109. Opperman, J. J. and Galloway G. E. 2022. Nature-based solutions for managing rising flood risk and delivering multiple benefits. *One Earth* 5, no.5: 461-465.
 110. Otago Regional Council. 2024. *Nature-based Solutions: What Are They?* <https://www.orc.govt.nz/media/wuvcnfw/eit-nature-based-solutions-poster-a3-dec-2024-final-version.pdf> (accessed August 4, 2025).
 111. Pavlou, P. A. 2003. Consumer acceptance of electronic commerce: Integrating trust and risk with the technology acceptance model. *International Journal of Electronic Commerce* 7, no.3: 101-134.
 112. Qiao, P., Lei, M., Yang, S., Yang, J., Guo, G. and Zhou, X. 2018. Comparing ordinary kriging and inverse distance weighting for soil as pollution in Beijing. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 15597-15608.
 113. Rana, I. A., Jamshed, A., Younas, Z. I. and Bhatti, S. S. 2020. Characterizing flood risk perception in urban communities of Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 46: 101624. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101624>.
 114. Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., Geneletti, D. and Calfapietra, C. 2017. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy* 77: 15-24.
 115. Reaney, S. M. 2022. Spatial targeting of nature-based solutions for flood risk management within

- river catchments. *Journal of Flood Risk Management* 15, no.3: e12803. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12803>.
116. Renn, O. and Klinke, A. 2013. A framework of adaptive risk governance for urban planning. *Sustainability* 5, no.5: 2036-2059.
 117. Rufat, S. 2015. Towards a social and spatial risk perception framework. *Cybergeog: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeog.27010>.
 118. Rufat, S., Hudson, P. and Enderlin, E. 2025. Theoretical frameworks of risk perception and protective behaviour: An empirical comparison. *Natural Hazards* 121: 14697-14767.
 119. Santoro, S., Pluchinotta, I., Pagano, A., Pengal, P., Cokan, B. and Giordano, R. 2019. Assessing stakeholders' risk perception to promote Nature Based Solutions as flood protection strategies: The case of the Glinščica river. *Science of The Total Environment* 655: 188-201.
 120. Sara, L. M., Jameson, S., Pfeffer, L. and Baud, I. 2016. Risk perception: The social construction of spatial knowledge around climate change-related scenarios in Lima. *Habitat International* 54, no.2: 136-149.
 121. Sari, R., Soytaş, U., Kanoglu-Ozkan, D. G. and Sivrikaya, A. 2023. Improving the climate resilience of European cities via socially acceptable nature-based solutions. *npj Urban Sustainability* 3, no.9. <https://doi.org/10.1038/s42949-023-00090-4>.
 122. Scherer, C. W. and Cho, H. 2003. A social network contagion theory of risk perception. *Risk Analysis* 23, no.2: 261-267.
 123. Scorzini, A. R., Radice, A. and Molinari, D. 2018. A new tool to estimate inundation depths by spatial interpolation (RAPIDE): Design, application and impact on quantitative assessment of flood damages. *Water* 10, no.12: 1805. <https://doi.org/10.3390/w10121805>.
 124. Shukla, K., Kumar, P. Mann, G. S. and Khare, M. 2020. Mapping spatial distribution of particulate matter using Kriging and Inverse Distance Weighting at supersites of megacity Delhi. *Sustainable Cities and Society* 54: 101997. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101997>.
 125. Sivapalan, M., Savenije, H. H. G. and Blöschl, G. 2012. Socio-hydrology: A new science of people and water. *Hydrological Processes* 26: 1270-1276.
 126. Slovic, P. 1987. Perception of Risk. *Science* 236: 280-285.
 127. Slovic, P., Fischhoff, B. and Lichtenstein, S. 2005. Facts and fears: Understanding perceived risk. In *Societal Risk Assessment: How Safe is Safe Enough?* Schwing, R. C. and Albers, W. A. Jr., 181-214. New York: Plenum Press.
 128. Stuck, R. E. and Walker, B. N. 2019. Risk perceptions of common technologies. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 63, no.1: 1316-1320.
 129. Sun, D. and Zhang, L. 2024. The social contagion of risk perceptions of emerging technologies through evolutionary game in networks. *Systems* 12, no.10: 411. <https://doi.org/10.3390/systems12100411>.
 130. Tapia, F., Ochoa-Peralta, D. and Reith, A. 2025. From design to action: Service design tools for enhancing collaboration in nature-based solutions implementation. *Journal of Environmental Management* 379: 124739. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124739>.
 131. Thaler, T. 2021. Social justice in socio-hydrology: How we can integrate the two different perspectives. *Hydrological Sciences Journal* 66, no.10: 1503-1512.
 132. Turkelboom, F., Demeyer, R., Vranken, L., Becker, P. D., Raymaekers, F. and Smet, L. D. 2021. How does a nature-based solution for flood control compare to a technical solution? Case study evidence from Belgium. *Ambio* 50, no.8: 1431-1445.
 133. Vanelli, F. M. and Kobiyama, M. 2021. How can socio-hydrology contribute to natural disaster risk reduction? *Hydrological Sciences Journal* 66, no.12: 1758-1766.
 134. Wachinger, G., Renn, O., Begg, C. and Kuhlicke, C. 2013. The risk perception paradox: Implications for governance and communication of natural hazards. *Risk Analysis* 33, no.6: 1049-1065.
 135. Waylen, K. A., Holstead, K. L., Colley, K. and

- Hopkins, J. 2018. Challenges to enabling and implementing Natural Flood Management in Scotland. *Journal of Flood Risk Management* 11, no.S2: S1078-S1089.
136. Westerberg, I. K., Di Baldassarre, G., Bevend, K. J., Coxon, G. and Krueger, T. 2017. Perceptual models of uncertainty for socio-hydrological systems: A flood risk change example. *Hydrological Sciences Journal* 62, no.11: 1705-1713.
137. Zhou, K., Kong, F., Yin, H., Destouni, G., Meadows, M. E., Andersson, E., Chen, L., Chen, B., Li, Z. and Su, J. 2024. Urban flood risk management needs nature-based solutions: A coupled social-ecological system perspective. *npj Urban Sustainability* 4, no. 25. <https://doi.org/10.1038/s42949-024-00162-z>.
-
- 논문 접수일: 2025. 7. 1.
 - 심사 시작일: 2025. 7. 16.
 - 심사 완료일: 2025. 8. 25.

요약

홍수 위험에 대한 구조적 대책의 한계가 대두되면서 자연기반해법이 대안으로 부상했다. 그 장점에도 불구하고 자연기반해법을 확대하기 위해서는 해결해야 할 과제가 많다. 그중에서도 특히 새로운 대책에 대한 주민들의 두려움을 극복하는 것이 관건이다. 이에 본 논문은 구례군 주민들을 대상으로 홍수에 대한 위험인식을 측정하고, 정량적 위험성 평가의 ALARP 개념을 적용하여 수용단계를 구분했다. 또한, 이를 토대로 홍수 위험에 대한 공간적 수용한계선을 도출하고, 자연기반해법의 도입에 따른 사회적 수용성 변화를 분석했다. 그 결과 홍수에 대한 위험인식은 공간적으로 무작위적이지 않고 침수 피해를 경험했거나 하천에 인접한 지역에 높게 형성되는 것으로 나타났다. 하지만, 일부 지역에서는 그 반대의 양상도 보여 객관적 위험과 주관적 위험인식 사이의 간극이 실제로 존재함을 확인하였다. 또한, 자연기반 해법을 배치하여 공간적 고착성이 뚜렷한 지역의 침수 피해를 줄일 경우 사회적 수용성을 크게 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다. 이는 사후 대책 중심의 관행을 벗어나 자연기반해법을 계획하는 초기 단계부터 모의실험을 통해 수용성이 더 높은 방식을 선택할 수 있음을 시사한다.

• **주제어:** 자연기반해법, 사회적 수용성, 홍수 위험인식, 공간구성적 접근

