

# 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 지표의 우선순위에 관한 연구

이재훈\* · 장명희\*\*

## A Study on the Priority of Sustainability Areas and Indicators of Domestic Smart Ports

Lee, Jae-Hoon · Chang, Myung-Hee

### Abstract

In this study, in order to derive the priority of indicators and sustainability areas of smart ports, which means ports in the digital era, previous studies and ESG, which have recently been indispensably introduced in all industries worldwide, were studied together. A hierarchical structure was established with upper evaluation items and 20 lower evaluation items in four areas (operational, environmental, social, and governance), and a relative evaluation method of weighting items among the AHP techniques was applied. The pairwise comparison questionnaire consisted of a 9-point scale proposed by Satty (1980). A survey was conducted targeting working-level workers who perform sustainability or ESG(Environmental, Social, Governance)-related work at four representative port authorities in Korea (Busan, Incheon, Ulsan, Yeosu Gwangyang). In order to increase the accuracy of the analysis results, AHP analysis was conducted on 17 questionnaires with a consistency ratio of 0.1 or less. As a result of the analysis, it was confirmed that among the four areas representing the sustainability of domestic smart ports, the operation area had the highest priority, followed by the environment area. In addition, looking at the overall priorities for the 20 detailed indicators, indicators such as operational efficiency, operational planning, energy management, and pollution measurement and management system were found to have high priority. On the other hand, it was confirmed that the social and the governance areas had relatively low importance compared to other areas.

*Key words: Smart Port, Sustainability, ESG, Indicators of Sustainability, Priority*

▷ 논문접수: 2022.11.30.

▷ 심사완료: 2022.12.27

▷ 게재확정: 2022.12.27.

\* 한국해양대학교 대학원 해운경영학과 석사과정 학생, 제1저자, [ljh@21cii.or.kr](mailto:ljh@21cii.or.kr)

\*\* 한국해양대학교 해양경영경제학부 교수, 교신저자, [cmhee2004@kmou.ac.kr](mailto:cmhee2004@kmou.ac.kr)

## I. 서론

항만은 시대의 흐름에 따라 다양한 형태로 발전하고 있다. 초창기 항만은 순수한 하역 기능만을 담당하는 시설에서 발전을 거듭하여 2010년대 이후 스마트 항만(Smart Port)으로 발전하였다(Molavi et al., 2020). 스마트 항만의 등장은 전 산업에서 화두로 인식되는 4차 산업혁명과 디지털 전환(Digital Transformation)이 항만에 적용된 것이라 할 수 있다. 스마트 항만을 단순 자동화된 항만(로테르담 항만청)으로 보는 관점도 있고, 자동화와 더불어 정보의 연결화, 지능화까지 완성된 항만을 스마트 항만으로 인식하는 관점도 있다(신항만건설기본계획, 2019). 이런 다양한 관점에도 불구하고 현재, 스마트 항만은 ICT(Information and Communication Technologies)기술을 기반으로 항만의 활동이 디지털화된 것을 의미한다.

2020년대에 접어들면서 항만을 이해하는 관점이 기술적, 경제적 요소 중심에서 벗어나 또 다른 변화를 맞이하고 있다. 스마트 항만을 스마트 시티의 개념과 유사하게 인식하여 연결성을 강조하거나(González et al., 2020), 친환경 운영을 통한 지속가능한 발전을 강조하는 연구(Chen, 2019) 등 스마트 항만을 이해하는 관점이 사회, 환경 등의 영역으로 확장되고 있다. 4차 산업혁명과 디지털 전환의 공통점인 영역 간의 결합과 경계가 모호해지는 현상이 스마트 항만에서도 나타나고 있다. 이러한 변화 속에서 스마트 항만과 관련된 연구 주제는 과거의 현상을 이해하고 개념화하는 수준에 그치고 있으며, 개별적인 항만 형태에 국한된 연구가 진행되고 있다. 항만 산업은 다수의 오염원을 가진 산업으로 지속가능성(Sustainability) 확보가 향후 항만의 성패를 좌우하게 될 것이다. 이러한 지속가능성은 시대에 따라 친환경 개발, TBL(Trippl Bottom Line), ESG(Environment, Social, Governance) 등으로 변화하였다. 디지털 전환시대의 항만을 대변하는 스마트 항

만이 지속가능성을 확보할 수 있도록 지속가능한 영역과 각 영역의 주요 지표들이 다양하게 제시되고 있다(Philipp, 2020; Gonzalez et al., 2020; Yen et al., 2022; 차재웅, 2020; Muangpan and Suthiwartnarueput, 2019; Sankla and Muangpan, 2022; Othman et al., 2022; Molavi et al, 2019).

현재, 스마트 항만에 관련된 연구들이 다양하게 진행되고 있지만 스마트 항만에 지속가능성을 대표하는 개념인 ESG를 접목시킨 연구는 질적으로나 양적으로 발견하기 어렵다(Caldeira dos Santos and Henrique Pereira, 2022). 국내에서도 스마트 항만 구축과 더불어 항만공사를 중심으로 지속가능성 향상을 위한 ESG 경영이 시행되고 있지만 관련 연구는 거의 없는 실정이다. 스마트 항만에서 지속가능성을 높이기 위해서는 지속가능한 영역에 ESG를 포함시킬 필요성이 있다.

따라서 본 연구의 목적을 구체적으로 기술하면 다음과 같다. 첫째, 지속가능한 스마트 항만을 정의하고자 한다. 둘째, 다양한 항만 평가에 관한 선행연구를 바탕으로 지속가능성 영역을 도출하고, 각 영역별로 세부 지표들을 도출하고자 한다. 마지막으로 도출된 지표에 대한 우선순위를 도출하기 위하여 AHP 분석 모형을 구축하고 스마트 항만의 실무 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시한다. 설문조사 결과를 바탕으로 스마트 항만의 지속가능성 영역과 지표들 중 우선적으로 고려해야 할 영역과 지표가 무엇인지 가이드라인을 제공하고자 한다. 본 연구는 국내 스마트 항만의 지속가능성과 관련된 탐색적 연구로 향후 전개되는 스마트 항만의 지속가능성 평가를 위한 기반을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 스마트 항만의 개념

스마트 항만은 기술적인 측면과 운영 효율성을 강조한 관점과 기술을 기반으로 다양한 영역을 포함하는 관점으로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째, 기술과 운영 효율성 중심의 관점에서 보는 스마트 항만은 IoT(Internet of Things)를 바탕으로 통찰력을 가진 완벽하게 통합된 항만으로, 효율적 운영과 항만 활동을 확대하여 새로운 비즈니스모델 기회를 수반하는 항만을 말한다(Deloitte, 2017). 또한 스마트 항만은 항만의 유일한 생존 수단으로 공간, 시간 및 자원 낭비 최소화, 활용 극대화가 실현된 상태로 화물 흐름의 극대화보다 지역의 가치를 최대화하는 것을 강조하는 항만이라 할 수 있다. 이러한 스마트 항만에서는 생산성 향상과 물리적 한계를 극복하고, 친환경 요구 등 현재 항만의 제약요인들을 해결하는 과정에서 기술과 혁신이 해결 수단으로 작용한다(Olaf Merk, 2016; 한국해양수산개발원, 2018a). 스마트 항만은 항만, 고객, 직원 등 항만의 활동과 절차의 문제해결을 위해 기술을 계속적으로 사용하는 항만으로 모든 항만의 조직과 공급사슬에 가치를 더할 수 있는 상태를 의미한다(ESCAP, 2020). Hamburg Port Authority(2017)는 스마트 항만이란 항만의 효율적인 운영을 위해 센서 기술, 분석·예측·정보시스템 등 최첨 디지털 지능(Digital Intelligence)을 기반으로 항만 이용고객에게 최고의 서비스를 제공하는 항만이라고 정의하였다. 신항만건설기본계획에서(해양수산부, 2019)는 스마트 항만은 자동화·정보화·지능화를 통해 물류 흐름을 자율적으로 최적화할 수 있는 시스템으로, 3단계(자동화, 정보체인화, 지능화)에 걸쳐 구축된다고 정의하였다. 스마트 항만의 주요 기술로는 IoT, 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing), 빅데이터(Big Data), 블록체인(Block Chain), AI(Artificial Intelligence), 로보틱스(Robotics), 드론

(Drone), 디지털 트윈(Digital Twin), 3D 프린팅, AR(Augmented Reality)/VR(Virtual Reality), 5G 등 11가지 정도가 제시되고 있다. 대표적인 연구자와 기술은 다음과 같다. Paulauskas et al.(2021)과 Philipp(2020)은 IoT, 클라우드 컴퓨팅, 로보틱스 등 17가지의 기술을 활용하여 스마트 항만 수준을 확인하였다. 국내에서는 김주혜와 김울성(2021)은 IoT, AI, 블록체인, 3D 프린터, 빅데이터 분석, 로봇, 자율주행차량, 가상/증강현실, 드론(Drone) 등 9가지의 기술을 대상으로 도입 시급성을 조사하였다. 신항만건설기본계획에서는 5G가 특징적으로 제시되어 있다.

두 번째, 기술을 기반으로 다양한 영역을 포함하는 관점은 주로 국외 연구에서 찾아볼 수 있다. 스마트 항만은 고객과 사용자의 요구와 요구 사항을 충족시키기 위하여 새로운 기술을 사용하여 항만 서비스를 보다 효율적이고 투명한 양방향 동적 서비스로 변환하는 것을 기반으로 한다. 또한, 환경적 관점에서 항구의 지속가능성을 도시와 시민을 향한 방향성뿐만 아니라 양질의 공간과 서비스를 제공한다. 따라서 스마트 항만은 스마트 도시의 개념과 완전히 통합되도록 설계되었다(González et al., 2020). 스마트 항만은 항만 활동과 서비스를 개선하기 위해 기술 혁신을 활용하고 국제 무역 경쟁력 향상을 통해 도시와 지역에 사회적, 경제적 향상을 제공하는 것을 목표로 한다(Yau et al., 2020). 항만은 환경과 지속가능하게 통합되어야 하며, 거주자가 사용할 수 있는 공간을 확보하고 바다와의 관계를 강화하며 그로부터 이익을 얻을 수 있어야 한다. 또한 스마트 항만은 “항만 터미널 운영, 창고, 물류, 야드 및 항만 운송의 모든 부분이 무선 네트워크 또는 특수 네트워크를 통해 밀접하게 연결되어 일상적인 생산 감독, 관련된 모든 정보를 제공하는 것”으로 정의된다(Li et al., 2018). Chen et al.(2019)은 그린 항만과 스마트 항만이 항만의 미래 발전 방향의 중요 목표이자 세계적 경향이라고 하며, 스마트 항만은 항만 내 생산 및 운영에

적용될 기술적 혁신 강화, 환경오염 저감, 지속가능한 발전을 추구한다고 보았다.

다양한 스마트 항만의 정의를 검토한 결과 항만의 기능과 역할의 범위가 명확하게 구분되어 있지 않고 연구자마다 차이점이 존재함을 알 수 있었다. 실제 국외 주요 항만의 스마트 항만 정책에서도 이러한 흐름이 발견된다. 초창기 기술 도입을 통한 자동화와 효율성 향상 중심에서 친환경, 탄소 저감, 에너지 관리, 도시와의 연계성 강화 등으로 변화하고 있다. 로테르담항만은 스마트 항만 구축을 위해 물류, 에너지 및 산업, 항만 인프라, 항만도시, 전략 등 5개 부문에 대한 로드맵을 수립하고 각 부문별로 프로젝트를 수행하고 있다(한국해양수산개발원, 2018). 함부르크 항만공사는 물류와 에너지 부문으로 나누어 스마트 항만을 구축 중에 있다. EC(European Commission)에서는 운영(Operation), 에너지 소비(Energy Consumption), 환경(Environment) 등의 3가지 측면에서 스마트항만의 개념을 정립하고 있다. 운영 측면에서는 선석 생산성, 자동화 정도, 복잡한 송 연결성, 보안 및 안전수준을 포함하고 있고, 친환경 측면에서는 대기오염물질, 소음, 수질 관리, 오염물질 유출, 폐기물 관리 등을 포함하고 있고, 에너지 측면에서는 에너지 사용량, 재생에너지 사용 정도, 에너지 관리 수준 등을 포함하고 있다(한국해양수산개발원, 2018a). 스마트 항만은 4세대 항만으로 분류할 수 있으며 항만이 하역서비스와 같은 기존의 물리적 역할과 더불어 데이터 서비스 제공자로서 새로운 역할이 추가되면서 항만의 디지털 통합을 더욱 가속화 시킬 수 있다(Deloitte, 2017).

지금까지 살펴본 스마트 항만에 대한 다양한 정의를 종합하여 본 연구에서는 “IoT, 빅데이터, AI 등의 기술이 적용되고, 완전 자동화가 가능하고, 블록체인 등의 기술을 통해 신뢰할 수 있는 정보의 실시간 공유가 가능하고 끊김 없는(Seamless) 물류의 흐름이 가능한 항만”으로 정의한다.

## 2. 지속가능성

지속가능성은 지속가능한 개발을 위한 친환경 개발에서부터 시작하여 TBL, ESG 등의 개념으로 변화하고 있다. 이러한 지속가능성은 갑자기 등장한 개념이 아닌 과거에 존재하던 개념이 시간의 흐름에 따라 지속가능성을 이해하는 관점이 변화한 것이다. 지속가능성을 이해하기 위해서는 지속가능한 개발, TBL, ESG에 대하여 자세히 살펴볼 필요가 있다.

### 1) 지속 가능한 개발

지속가능한 개발의 개념은 Brundtland Commission으로 알려진 세계 환경 개발위원회(World Commission on Environment and Development)의 보고서인 우리의 공통 미래(Our Common Future by the World Commission on Environment and Development)에서 ‘미래 세대가 자신의 필요를 충족시킬 수 있는 능력을 손상시키지 않고 현재의 요구를 충족시키는 개발’로 정의한 것에서 시작하였다. 선진국을 중심으로 난개발이 이루어졌고 그 결과 지구 온난화와 기후 변화 등을 경험한 이후 개발의 최소한의 규제적 성격으로 시작되었다. 2015년에는 UN의 지속 가능한 개발 목표(UN Sustainable Development Goals : UN SDGs) 2030 의제가 도입되었으며, 파리협약(Paris Agreement)에서는 지속가능한 개발 경로를 달성하기 위한 국제 사회의 약속을 강조하였다. 또한 지속가능성 원칙과 기후 행동 기준을 모든 경제 활동 및 부문에 주류화하는 것이 중요하다고 강조하였다. 지속가능한 개발은 그 대상이 개발의 주체인 개인과 기업, 국가를 넘어 국제적인 협력이 필요한 개념으로 발전하였다.

### 2) TBL

TBL은 Elkington(1997)이 지속가능성을 경제, 사회, 생태/환경적 성과의 균형으로 설명한 것에서 시작되었다. TBL를 통해 기업의 책임이 재정을 넘어서

조직의 지속가능성을 달성하기 위해 경제적, 환경적, 사회적 측면 간의 적절한 균형이 필요하다고 주장하였다. 경제, 환경, 사회는 지속가능한 발전의 세 가지 차원이라고 불리며, 이러한 영역이 겹치는 부분을 지속가능성으로 인식한다(Connolly, 2007). Secretariat (2015)는 해상 운송에서의 TBL을 <그림 1>과 같이 설명하였다. <그림 1>에서는 Economic, Social, Environmental 등 3가지 영역으로 구분하고 있다. Economic 영역에는 효율성 & 생산성, 에너지 효율성, 고용 및 수익 창출, 접근성, 연결성 및 무역 경쟁력, 그리고 인프라 개발/혼잡도 등이 포함되어 있다. Social 영역에는 형평성과 공정성, 사회적 포용성과 가치, 지역사회 참여, 건강, 안전, 그리고 노동 조건이 포함되어 있다. Environmental 영역에는 해양, 대기, 토양 오염, 소음 진동 및 생물 다양성, 대기 배출/GHG, 기후변화 영향/회복력, 자원 고갈, 그리고 토지 이용 등이 포함되어 있다.

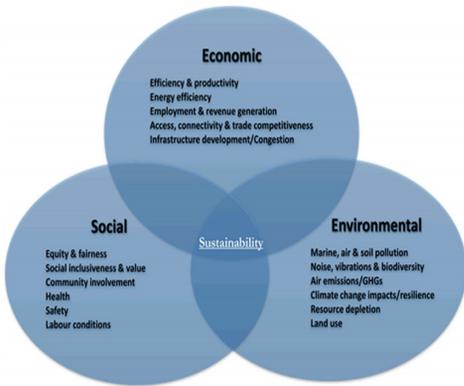


그림 1. 해상운송분야의 3가지 지속가능성 영역  
 자료 : Othman et al.(2022); Secretariat(2015)

항만의 지속가능성에 대해서 TBL을 적용한 연구들에서는 학자별로 인식한 각 영역의 중요도에 따라 다양한 순서로 제시되고 있다. Lim et al.(2019)은 환경, 사회, 경제 순으로, Stankovic et al.(2021)는 경제, 사회, 환경 순 등으로 다양한 관점의 연구 결과가 존재한다. 국내 연구에서는 경제, 환경, 사회 순

서로 인식하고 있으며, 이주호 외(2016)는 유럽연합(EU)의 SuPorts와 PPRISM(Port Performance Indicator-Selection and Management) 사례 연구를 통해 항만의 지속가능한 지표로 시장 흐름과 구조 지표(Market Trends & Structure Indicators), 사회경제적 지표(Socio-Economic Indicators), 환경적 지표(Environmental Indicators), 물류 사슬과 운영(Logistic Chain and Operational), 지배구조(Governance)를 소개하였다. 유럽의 지속가능성과 TBL의 연구는 경제, 환경, 사회 영역에 기관, 정책, 제도 등이 추가된 형태로 진행되고 있다. González Laxe et al.(2017)과 Molina Serrano et al.(2020)의 연구에서는 TBL에 제도 영역을 추가하여 항만의 지속가능성을 평가하고 있다. 이러한 흐름은 최근 화두로 떠오르는 ESG와 유사한 형태이다.

3) ESG

ESG라는 용어는 2004년 UN의 The Global Compact 보고서에서 처음 소개되었다(강성진, 2021). ESG는 Environment, Social, Governance의 영문 첫 글자를 의미하며, 경영 활동을 하는 모든 기관, 기업이 지속가능성을 확보하기 위한 요소로 인식하고 있다. 앞서 검토한 UN 지속가능한 개발 목표(SDGs)와 ESG를 통합하면 <그림 2>와 같다.



그림 2. ESG와 SDGs  
 자료 : <https://www.pttimes.com/news/articleView.html?icbno=63034>

사회의 다양화 복잡화에 따라 과거처럼 기업의 재무적 성과에만 평가하는 것이 아닌 비재무적 지표의 평가가 중요해지고 있다. 또한, 과거와 같이 추상적 사회적 가치 추구가 아닌 조금 더 직접적인 행동을 요구하는 개념으로 볼 수 있다. ESG에 대한 다양한 정의가 존재하는데 규범적 관점, 통합적 관점, 도구적 관점, 정치적 관점 등으로 나누어 볼 수 있다 (Rasche et al, 2017). 규범적 관점은 사회의 목표와 가치 측면에서 바람직한 정책을 추구하고, 그에 대한 의사결정 혹은 행동을 실시하는 기업인의 의무이다 (Bowen, 1953). 통합적 관점은 이해관계자의 기대에 부합하는 것으로 특정 시점에 사회가 조직에 대해 가지는 경제적, 법적, 윤리적, 자율적 기대를 포괄하는 것이다(Carroll, 1979). 도구적 관점은 경영진이 기업에 적절한 CRS 투자 수준을 결정하는 것이다 (McWilliams and Siegel, 2001). 정치적 관점은 정부 당국이 사회적 역할을 수행할 수 없거나 의지가 없는 경우 기업이 공공재 공급자로서 책임 있는 비즈니스를 제공하는 것이다(Sherer et al, 2016). ESG에 관한 연구와 실무에서의 도입 정도는 초기 단계로 해상운송과 관련 산업에서도 연구가 활발하지 않다. 특히, Caldeira dos Santos and Pereira(2022)은 ESG에 대한 항만을 중심으로 한 연구는 질적으로나 양적으로 발견되지 않았다고 하였다. 국내에서는 항만 공사를 중심으로 GRI(Global Reporting Initiative) Standards(2016, 2021)가 적용된 자체 발간 ESG 보고서가 존재한다. 부산, 인천, 여수광양, 울산항만공사는 2020부터 ESG 보고서를 제작하여 공시하고 있어 학술적 연구보다 실무적용이 빠른 상황이다. 국내 항만의 ESG 보고서에서는 환경, 사회, 지배구조 등의 3가지 영역을 항만의 상황에 맞추어 목표와 계획을 제시하고 있다.

### 3. 선행연구

스마트 항만의 지속가능성을 평가하기 위해 선행 연구를 검토한 결과 스마트 항만의 도입 수준 평가,

스마트 항만의 평가, 친환경 항만의 평가, 지속가능한 항만의 평가 등 4가지로 분류할 수 있었다.

첫째, 스마트 항만의 도입 수준에 관한 연구를 살펴보면 다음과 같다. 항만의 디지털 성숙도 모델은 인더스트리 4.0 성숙도 모델을 기반으로 발전하여, 유사한 형태를 보인다. Philipp(2020)은 스마트 항만 성능 측정(PPM, Port Performance Measurement)을 위해서 인더스트리 4.0과 디지털 성숙도의 개념을 이용해야 한다고 주장하였으며, 디지털 성숙도 모델을 참고하여 5단계의 스마트 항만 개념을 제시하였다. 항만의 디지털 준비 지수(DRIP, Digital Readiness Index For Ports) 개념을 도입하여 스마트 항만을 연구하였다. DRIP 지수 측정을 위한 설문지는 경영, 인적 자본, IT 기능성, 기술, 정보 5개의 차원과 각 차원에 38개의 세부 지표로 구성되었다. Paulauskas et al.(2021)은 발틱해에 위치한 유럽 항만의 디지털화 측정을 위해 질문지를 개발하고 조사를 실시하여 항만별 디지털화 수준을 측정하였다. 설문지는 크게 항만 개발 프로그램, 기술, 홍보, 포트 구성, 인적 요인 5가지 영역으로 구성되었다. 이연경과 이수영(2019)은 국내 항만과 세계 최고 수준 항만의 상대 비교를 통해 스마트 항만의 수준을 측정하였다. 해운연계, 안벽부분, 이송부분, 야드부분, 게이트 부분, 배후지 연계 총 6개의 분야로 조사하였다. 둘째, 스마트 항만의 평가에 관한 연구를 살펴보면 다음과 같다. Gonzalez et al.(2020)은 스마트 항만의 지표를 운영·경제, 사회, 정치 및 제도, 환경, 4개의 항목과 하위 항목으로 32개의 지표를 제시하였다. Yen et al.(2022)은 스마트 항만 지표의 선행연구를 운영, 환경, 협업, 지능화, 자율성으로 정리하고 환경, 자동화, 지능화, 3개로 재정리하였다. 이재환(2022)은 항만 경쟁력에 관한 선행연구를 조사하고 분석하여 운영·경제, 사회, 정치 및 제도, 환경 4개의 분야에 26개의 항목으로 지표를 제시하였다. 차재웅(2020)은 스마트 항만 관련 선행연구와 지표에 관한 연구를 통해 항만 스마트 지수(Port Smart

Index : PSI)를 제시하였는데, 기술, 사회, 운영, 정보, 5가지 항목에 16개 하위 지표로 구성되어 있다. 셋째, 친환경 항만 평가에 관한 연구를 살펴보면 다음과 같다. Lirn et al.(2013)은 대기, 소음, 고체 폐기물 오염원 처리, 액체 오염 관리, 해양 생물 보전, 5가지의 친환경 항만 평가항목과 17개의 하위 지표를 제안하였다. Elzarka and Elgazzar(2014)는 32개의 환경 지표를 도출하여 이집트 항만을 대상으로 연구한 결과 대기, 토양, 운반구 이산화탄소 감소가 중요한 것으로 나타났다. Wan et al.(2017)은 지표의 체계를 요인, 압력, 상태, 효과, 4개 부분으로 나누어 제안하였으며, 16개의 하위 지표를 설정하였다. Ravn(2021)은 친환경 항만의 지표 모델로 차원, 기준, 세부 항목, 환경 지표, 4가지 수준으로 접근할 것을 제안하였다. 환경 품질 지표, 에너지와 자원 사용, 폐기물 관리, 사회적 참여, 정주여건 개선과 녹지화, 5개의 차원과 13개의 기준과 세부 항목, 130개의 환경 지표(PEPI, Port Environment Performance Index)를 설정하였다. 손용정(2016)은 광양항을 대상으로 환경 지표를 연구하였다. 환경 관리 지표를 자연환경과 생활환경으로 나누어 제시하였으며, AHP 분석을 통해 가중치를 도출하였다. 지형, 동식물, 해양환경, 대기질, 소음진동, 수질, 폐기물 등 총 7가지의 하위 지표 중 수질 관련 부분이 가장 중요한 것으로 나타났다. 마지막으로 지속가능한 항만의 평가에 관한 연구들을 살펴보면 TBL, ESG의 영역이 결합된 형태로 나타난다. Muangpan and Suthiwartnarueput (2019)는 지속가능 스마트 항만 지표를 사회, 경제, 환경, 조직관리, 4가지로 구분하였다. 하위 항목으로 156개의 KPI에서 사회 28개, 경제 27개, 환경 22개, 조직관리 14개, 총 91개의 지표를 제시하였다. Sankla and Muangpan(2022)는 지속가능한 스마트 항만 관리를 환경, 사회, 경제 측면, 3가지로 구분하였다. 하위 항목으로 환경 8개, 사회 6개, 경제 7개를 제시하였으며, 요인 분석을 통해 환경 8개, 사회 5개, 경제 4개의 지표를 도출하였다. Othman et

al.(2022)은 스마트 항만 지표로 운영, 환경, 에너지, 안전과 보안, 인적 요인 등 5가지로 결론을 도출하였으며, 스마트 항만과 지속가능성을 연계한 프레임을 구축하였다. Caldeira dos Santos and Pereira(2022)는 ESG를 중심으로 항만을 평가하였는데 ESG의 중요성에 비해 항만에 ESG 적용에 관한 연구는 부재하다고 하였다. 산토스, 브레멘, 바르셀로나 항만을 대상으로 환경, 사회, 지배구조 영역에 대해 평가하였다. 국내에서는 항만공사를 중심으로 ESG가 도입되어 2020년부터 지속가능경영보고서(ESG 보고서)가 발행되고 있다. 국내 최대 항만공사인 부산항만공사는 ESG 경영체제와 더불어 조직 체제도 변화를 주어 추진 체계를 구축하였다. K-ESG 가이드라인(산업자원부, 2019)과 비교한 결과 대부분의 항목이 100점으로 자체 평가의 한계가 있지만, 외부검증 등을 통해 객관성을 확보하기 위한 노력이 반영되어 있다. 타 항만의 지속가능경영보고서도 유사한 흐름으로 작성되었으며, 평가 영역에서 일부 차이가 있다.

### III. 스마트 항만의 지속가능성 영역과 지표 도출을 위한 모형

본 연구에서 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 세부지표를 도출하기 위하여 4개의 상위평가항목과 20개의 하위평가항목으로 설정하였다. 20개 각 항목에 대하여 계층구조를 설정하고 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법 중에서 항목들의 가중치를 매기는 상대적 평가방법을 적용하였다. AHP 계층구조를 바탕으로 Satty(1980)가 제안한 9점 척도를 사용하여 쌍대비교를 위한 설문지를 작성하여 평가항목들의 가중치를 산정하였다.

본 연구에서는 스마트 항만의 도입 수준 평가, 스마트 항만 평가, 친환경 항만 평가, 지속가능한 항만 평가 등 다양한 항만 평가에 관한 연구를 종합하여 <표 1>에서 보는 바와 같이 스마트 항만의 지속가능성 영역을 운영, 환경, 사회, 지배구조 등 4가지 영역

으로 구분하고, 각 영역별로 5개씩 총 20개의 세부 지표를 선정하였다. 이를 바탕으로 스마트 항만의 지속가능한 영역과 지표의 우선순위를 도출하기 위하여 <그림 3>과 같이 AHP 연구모형을 구축하였다.

첫째, 운영 영역에 속하는 항만의 재무적 요소가 지속가능영역이 될 수 있는 것은 기업이 경쟁력을 유지하고 새로운 수익을 창출할 수 있을 때 지속가능성이 유지된다는 것을 의미한다. 스마트 항만의 구축으로 항만 운영의 효율성 향상이 지속가능성에도 영향을 줄 수 있다는 점에서 기존의 지속가능성과는 다른 의미를 가진다. 운영 영역의 2계층 요인의 의미를 설명하면 다음과 같다. 운영 효율성은 항만의 주요 기능인 하역과 관련된 것으로 처리, 저장, 연계 과정의 효율성을 의미한다. 매출증가는 항만 운영으로 수입의 증가 정도를 파악하는 것으로 단순 매출액에서 매출 증가율, 처리량 대비 수익성 등의 비율인 부분까지 포함한다. 비용감소는 매출 증가와 유사하게 단순 총 비용에서부터 비용의 증감 비율, 매출 원가 증감 등을 포함한다. 투자는 스마트 항만의 도입으로 항만에 대한 투자가 단순 시설 투자에서 시설과 장비에 대한 투자로 나누어 평가하는 것을 의미한다. 운영계획은 항만이 스마트 항만으로 전환되고 이에 따른 목표, 계획, 시스템의 구현에 대한 평가이다.

둘째, 환경 영역이 지속가능성 영역이 될 수 있는 것은 항만이 유발하는 다양한 오염원과 이에 대한 규제는 외부에서 가하는 제약 사항이 아닌 필수적으로 이행해야 하는 내부적 요인으로 변화한 것을 의미한다. 환경 요인을 위한 비용과 기술은 스마트 항만이 제공하는 비용 감소와 측정 기술을 통해 달성될 수 있어 기존 항만 관련 연구의 환경과는 개념적 접근에 차이가 있다. 환경 영역의 세부지표를 나타내는 2계층 요인을 살펴보면 다음과 같다. 오염 측정 및 관리체계는 다양한 오염원을 측정하고 법규와 계획에 맞게 관리하는 것을 의미한다. 주요 영역으로는 수질, 대기, 탄소, 폐기물, 토양, 소음 등이 있다. 예

너지 관리는 항만의 에너지 효율성을 의미하는 것으로 항만의 처리량 대비 에너지 총 사용량, 연료 형태별 사용량 등을 통해 알 수 있다. 친환경 장려는 항만이 공공기관으로서 이해관계자의 친환경 기술 장려를 위해 친환경 제품을 구입하는 것에서부터 직접 지원하는 모든 과정을 의미한다. 사후관리체계는 오염 사고가 발생시 대응책에 대한 부분으로 해양사고의 경우 대규모 오염을 유발할 수 있어 중요한 부분이다. 특히, 공공기관은 대책 수립에 비해 시행력이 떨어지는 경우가 많이 발견되는데 이를 위한 교육, 훈련 등도 포함된다. 환경 교육은 내부 직원을 대상으로 하는 환경 관련 교육으로 기술의 도입과 새로운 기준의 도입에 대한 내부적 공유 과정의 필요성을 의미한다.

셋째, 사회 영역이 지속가능성 영역이 될 수 있는 것은 항만이 고려해야 할 대상이 더 이상 내부 직원과 이용자가 아닌 지역사회까지 포함된 것이 특징이다. 사회 영역의 세부지표인 2계층은 항만을 중심으로 주요 이해관계자인 내부직원, 외부 참여자, 지역사회와 항만의 안전과 보안으로 구성되어 있다. 안전은 항만의 전반적인 안전을 의미하는 것으로 안전을 위한 디지털 기술의 도입 등을 포함한다. 보안은 인프라, 인적, 정보 보안 등을 모두 포함하는 것으로 이러한 과정의 디지털화도 포함한다. 내부직원은 교육, 훈련, 복지, 인사, 소통체계 등의 영역으로 직원의 만족도와 참여를 위한 제도적 적절성과 디지털화 정도를 의미한다. 외부 참여자는 항만에서 활동하는 사업자들로 이들도 내부 직원들과 같이 교육, 훈련, 소통체계 등을 제공받아야 하는 것을 의미한다. 지역사회는 항만이 속한 주변 도시와의 관계 개선을 위한 활동으로 기부, 봉사활동, 소통체계 등이 해당된다.

마지막으로 지배구조 영역은 가장 연구가 진행되지 못한 영역으로 지배구조에 대한 명확한 정의를 찾아보기조차 힘들다(손득수 외, 2021). 법·제도·정책의 준수는 관련 법규의 준수, 윤리 경영, 경영 투명성을 의미한다. 이사회·위원회 운영의 적절성

은 이사회가 주주의 권리를 보호할 수 있어야 하며, 경영진 견제 역할을 충실히 수행하는 것을 의미하며, 위원회도 구성의 독립성과 전문성을 통해 올바른 역할을 하는 것을 의미한다. 내부외부 감사의 적절성은 감사 기구의 독립성을 바탕으로 감사 절차의 공정성, 감사 대상의 방어권 등이 제도적으로 보장되는 것을

의미한다. 예산관리는 예산의 투명한 소모와 공정한 경쟁을 통한 외부 사업 참여자 선정 등을 의미한다. 정보공개는 단순히 정보를 공개하는 것이 아닌 적극적으로 시기에 맞는 정보를 생산하고 제공하는 것을 의미한다.

표 1. 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 지표

제1계층 지속가능성 영역	제2계층 세부 지표	연구자
운영	운영 효율성	Min(2022); Boullauazan et al.(2022); Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Gonzalez et al.(2020); Othman et al.(2022); Ignaccolo et al.(2020); Wan et al.(2017); Molavi et al.(2019); Asgari et al.(2015); 차재웅(2020); 이재환(2022)
	매출 증가	Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Ignaccolo et al.(2020); Wan et al.(2017); Molavi et al.(2019); Asgari et al.(2015); 차재웅(2020)
	비용감소	Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Ignaccolo et al.(2020); Wan et al.(2017); Molavi et al.(2019); Asgari et al.(2015); 차재웅(2020)
	투자	Philipp(2020); Paulauskas et al.(2021); Wan et al.(2017)
	운영 계획	Min(2022); Boullauazan et al.(2022); Philipp(2020); Paulauskas et al.(2021); Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Gonzalez et al.(2020)
환경	오염측정 및 관리체계	Asgari et al.(2015); Sankla and Muangpan(2022); Lu et al.(2016); Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Gonzalez et al.(2020); Molavi et al.(2019); 이재환(2022); Yen et al.(2022); Elzarka and Elgazzar(2014); Wan et al.(2017); Hua et al.(2019); Lirn et al.(2013); Ravn(2021); Othman et al.(2022); Caldeira dos Santos and Pereira(2022)
	에너지 관리	Asgari et al.(2015); Sankla and Muangpan(2022); Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Gonzalez et al.(2020); Molavi et al.(2019); 이재환(2022); Yen et al.(2022); Elzarka and Elgazzar(2014); Wan et al.(2017); Lirn et al.(2013); Ravn(2021); Caldeira dos Santos and Pereira(2022)
	친환경 장려	Lu et al.(2016); Elzarka and Elgazzar(2014); Hua et al.(2019)
	사후 관리 체계	Elzarka and Elgazzar(2014); Hua et al.(2019); Lirn et al.(2013)
	환경 교육	Asgari et al.(2015); Lu et al.(2016); Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Hua et al.(2019); Xu and Dadi(2020); Lirn et al.(2013); Ravn(2021),
사회	안전	Boullauazan et al.(2022); Othman et al.(2022); 이재환(2022); Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Caldeira dos Santos and Pereira(2022); Sankla and Muangpan(2022); Lu et al.(2016); Molavi et al.(2019)
	보안	Boullauazan et al.(2022); Paulauskas et al.(2021); Gonzalez et al.(2020); 이재환(2022); Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Sankla and Muangpan(2022); Min(2022); Molavi et al.(2019)
	내부 직원	Boullauazan et al.(2022); Philipp(2020); Paulauskas et al.(2021); Othman et al.(2022); Gonzalez et al.(2020); 이재환(2022); Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Caldeira dos Santos and Pereira(2022); Sankla and Muangpan(2022)
	외부 참여자	Gonzalez et al.(2020); 이재환(2022); Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Caldeira dos Santos and Pereira(2022); Ignaccolo et al.(2020); Lu et al.(2016)
	지역사회	Gonzalez et al.(2020); Muangpan and Suthiwartnarueput(2019); Caldeira dos Santos and Pereira(2022); Gnaccolo et al.(2020); Lu et al.(2016); Ravn(2021); 차재웅(2020)

표 1. 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 지표(계속)

제1계층 지속가능성 영역	제2계층 세부 지표	연구자
지배구조	법·제도·정책의 준수	부산항만공사(2022); 인천항만공사(2021); 여수광양항만공사(2022); 울산항만공사(2020); K-ESG 가이드라인(2019); Moody's(2021), Gonzalez et al.(2020); 이재환(2022); Caldeira dos Santos and Pereira(2022)
	이사회·위원회 운영의 적절성	부산항만공사(2022); 인천항만공사(2021); 여수광양항만공사(2022); 울산항만공사(2020); K-ESG 가이드라인(2019); Moody's(2021)
	내·외부 감사의 적절성	부산항만공사(2022); 인천항만공사(2021); 여수광양항만공사(2022); 울산항만공사(2020); K-ESG 가이드라인(2019); Moody's(2021), Caldeira dos Santos and Pereira(2022)
	예산 관리	Moody's(2021); Caldeira dos Santos and Pereira(2022)
	정보 공개	Moody's(2021); Caldeira dos Santos and Pereira(2022)

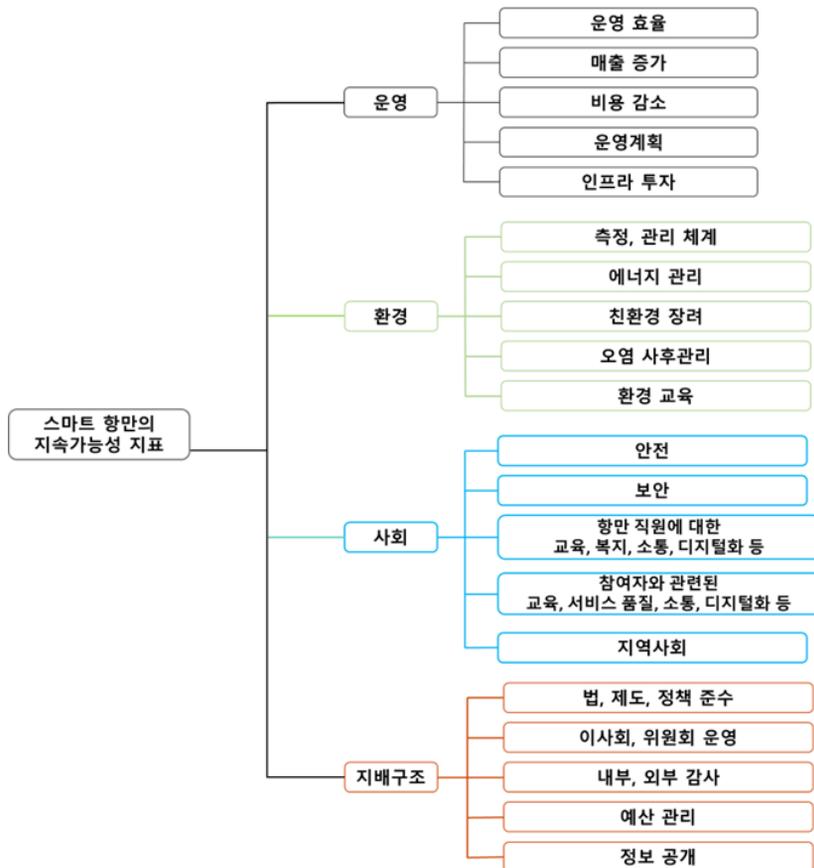


그림 3. AHP 연구 모델

## IV. AHP를 이용한 우선순위 도출 및 분석

### 1. 자료수집 방법과 표본 특성

본 연구에서는 관련 선행연구들을 바탕으로 스마트 항만의 지속가능성 영역과 세부지표를 도출하고 우선적으로 달성해야 하는 영역과 지표가 무엇인지를 알아보고자 AHP 모형을 구축하여 설문조사를 실시하였다. 스마트 항만 평가 체계 및 지표, 지수에 관한 연구, 항만공사의 ESG 보고서 등을 참고하여 4개 영역 20개의 지표를 도출하였다. 20개의 지표를 대상으로 스마트 항만의 지속가능성 지표 매트릭스를 작성하고 설문을 구성하였다. 설문조사는 2022년 10월 17일부터 11월 06일까지 21일에 걸쳐 이루어졌다. 항만공사 실무 전문가들에게 전화나 직접 면담을 통해서 연구의 취지를 설명한 후 이메일과 방문을 통하여 설문을 회수하였다. 총 32부를 배포하여 24부를 회수하였고, 불성실한 설문응답을 한 7부를 제외한 총 17부를 대상으로 설문의 유효성을 알아보기 위한 일관성분석을 실시하였다. Satty(1977)가 제시하고 있는 허용 가능한 일관성 비율(CR, Consistency Ratio)기준에 따라 0.1미만이면 합리적인 일관성을

갖는 것으로 판단하여 정확도를 높였다. 본 연구에서는 일관성 비율이 0.1이하인 17부의 설문을 대상으로 AHP 분석을 실시하였다. <표 2>에서는 본 연구를 위한 설문자료 수집과 일관성 비율이 0.1이하인 유효설문 상황을 보여주고 있다.

최종 분석 대상인 17명 응답자의 표본 특성을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 설문응답자의 직급은 주임/대리 7명(41.2%), 팀장 6명(35.3%), 과장/차장 4명(23.5%)으로 조사되었다. 둘째, 경력은 5~10년 이하가 7명(41.2%), 10~15년과 15~20년이 각각 5명(29.4%)으로 조사되었다. 셋째, 항만별로는 부산 6명(35.3%), 인천 3명(17.7%), 여수광양 4명(23.5%), 울산 4명(23.5%)으로 나타났다. 마지막으로 연령은 30~40대와 40~50대가 각각 7명(41.2%), 50~60대가 3명(17.6%)으로 나타났다. 국내 항만의 경우 ESG가 막 도입된 단계로 ESG 개념을 포함한 지속가능성에 대한 이해가 어느 정도 있는 전문가를 대상으로 조사가 필요하다. 이를 반영하여 각 항만공사의 ESG 실무 담당자를 대상으로 조사하였다. 설문응답자 특성을 분석한 결과에서 본 연구의 목적인 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 지표의 우선순위 도출을 위한 전문가의 의견이 충분히 반영되었음을 보여주고 있다.

표 2. 설문지 회수 현황 및 유효 설문지 현황

조사 대상	부산, 인천, 여수광양, 울산항만공사 ESG부서 업무 경력자	32	유효성 분석 대상 : 17부 (배포 : 32부, 회수 : 24부 불성실 응답으로 제외 : 7부)
유효 설문	부산, 인천, 여수광양, 울산항만공사 ESG부서 업무 경력자	17	유효 설문지 : 17부 (일관성 비율 : 0.1 이하)

### 2. AHP 분석 결과

본 연구는 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 세부 지표에 대한 우선순위를 파악하기 위하여 주요

요소와 세부 요소들로 나누어 계층화하고, 계층별 요소들에 대해 쌍대비교를 하였다. 이를 위해서 그룹 멤버가 행한 각각의 쌍대비교행렬을 수집하고 그룹전체의 평가치를 수치통합하여 가중치를 구하는 방법인

수치통합방법을 사용하였다. 집단 의사결정에 있어서 이해가 상충하는 여러 의사결정자들의 의견수렴을 이끌어내고자 각 개인의 평가결과를 분석한 후에 이를 기하평균값으로 종합 결과를 도출하였다. 또한 계층분석 절차를 적용하여 스마트 항만의 지속가능성 영역의 상대적 중요도와 각 지속가능성 영역의 세부 지표별 종합중요도를 산출하였다. 본 연구에서 구하고자 하는 우선순위 결정에 대한 각 평가 항목의 중요도를 산출하기 위하여 Expert Choice 2000 프로그램을 사

용하였다.

1) 제1계층의 상대적 중요도 분석

국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 세부지표의 우선순위를 도출하기 위해서 제1계층에 해당되는 4가지 지속가능성 영역에 대한 상대적 중요도는 <표 3>에서 보는 바와 같이 일관성 비율은 0.00의 값을 보이고 있다.

표 3. 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 세부지표에 대한 제1계층의 중요도

국내 스마트 항만의 지속가능성 영역 (제1계층)	중요도	일관성 비율
운영	0.399	0.00
환경	0.311	
사회	0.179	
지배구조	0.111	

지속가능성에 대한 4가지 영역 중 운영 영역의 중요도가 0.399로 제일 높은 값을 나타내고 있고, 그 다음이 환경 영역으로 0.311의 값을 보이고 있고, 사회 영역 0.179, 지배구조 영역이 0.111로 나타났다.

2) 제2계층의 상대적 중요도 분석

국내 스마트 항만의 지속가능성 영역별 세부 지표들에 대한 우선순위 도출을 위한 제2계층의 20개 항목들에 대한 상대적 중요도를 분석한 결과는 <표 4>에서 보는 바와 같다. <표 4>에서 보는 바와 같이 첫째, 운영 영역(일관성 비율 0.00)을 구성하는 5개의 세부 항목들의 상대적 중요도 값은 운영 효율성(0.309), 운영계획(0.216), 투자(0.195), 매출증가(0.165), 비용감소(0.115) 순으로 나타났다. 둘째, 환경 영역(일관성 비율 0.003)을 구성하는 5개의 세부 항목들의 상대적 중요도 값은 에너지관리(0.266), 오

리체계(0.129), 친환경 장려(0.120) 순으로 나타났다. 셋째, 사회 영역(일관성 비율 0.02)을 구성하는 5개의 세부 항목들의 상대적 중요도 값은 안전(0.407), 보안(0.239), 외부참여자(0.137), 내부 직원(0.123), 지역사회(0.094) 순으로 나타났다. 마지막으로 지배구조 영역(일관성 비율 0.00)을 구성하는 5개의 세부 항목들의 상대적 중요도 값은 법·제도·정책의 준수(0.343), 예산관리(0.199), 내·외부 감사의 적절성(0.166), 정보공개(0.159), 이사회·위원회 운영의 적절성(0.133) 순으로 나타났다.

표 4. 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 세부지표에 대한 제2계층 중요도

제1계층 요인	중요도	제2계층 요인	중요도	일관성 비율
운영 영역	0.399	운영 효율성	0.309	0.00
		매출증가	0.165	
		비용감소	0.115	
		운영 계획	0.216	
		투자	0.195	
환경 영역	0.311	오염측정 및 관리체계	0.260	0.00
		에너지 관리	0.266	
		환경 교육	0.225	
		사후 관리 체계	0.129	
		친환경 장려	0.120	
사회 영역	0.179	안전	0.407	0.02
		보안	0.239	
		내부 직원	0.123	
		외부참여자	0.137	
		지역사회	0.094	
지배구조 영역	0.111	법·제도·정책의 준수	0.343	0.00
		이사회·위원회 운영의 적절성	0.133	
		내·외부 감사의 적절성	0.166	
		예산 관리	0.199	
		정보 공개	0.159	

3) 종합 중요도 분석

국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 세부 지표에 대한 우선순위 도출을 위해 구성된 20개 평가항목들에 대하여 종합 순위를 도출하기 위하여 각 항목들의 상대적 중요도를 종합하였다. 즉 제2계층의 우선순위를 기준으로 세부항목이 속하는 제1계층의 우선순위 값을 곱하여 종합 우선순위를 <표 5>와 같이 산출하였다. <표 5>의 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 세부 지표에 대한 종합 우선순위를 살펴보면, 운영 효율성(제1계층 요인 : 운영 영역)이 1순위(0.399(운영 영역의 중요도)\*0.309(운영효율성의 중요도)= 0.1233)로 나타났다. 2순위로는 운영 계

획(0.0862, 제1계층 요인 : 운영 영역)으로 나타났다. 이어서 에너지 관리(0.0827, 제1계층 요인 : 환경 영역), 오염 측정 및 관리체계(0.0809, 제1계층 요인 : 환경 영역), 투자(0.0778, 제1계층 요인 : 운영 영역), 안전(0.0729, 제1계층 요인 : 사회 영역), 친환경 장려(0.0700, 제1계층 요인 : 환경 영역)순으로 나타났다. 제1계층에 해당하는 지속가능성 영역의 상대적 중요도 분석 결과에서 확인한 바와 마찬가지로 사회 영역과 지배구조 영역의 제 2계층 요인들이 상대적으로 낮은 중요도를 보이고 있다. 특히 사회 영역의 제2계층 요인인 지역사회관련 지표가 전체 20개 중 19위로 나타났고, 지배구조 영역의 이사회 및 위원회 운영의 적절성이 20위로 나타났다.

표 5. 해상운송분야의 디지털 전환 성공요인에 대한 종합 우선순위

	제1계층 요인	제2계층 요인	종합 우선순위
1	운영 영역	운영 효율성	0.1233
2	운영 영역	운영 계획	0.0862
3	환경 영역	에너지 관리	0.0827
4	환경 영역	오염측정 및 관리체계	0.0809
5	운영 영역	투자	0.0778
6	사회 영역	안전	0.0729
7	환경 영역	친환경 장려	0.0700
8	운영 영역	매출증가	0.0658
9	운영 영역	비용감소	0.0459
10	사회 영역	보안	0.0428
11	환경 영역	사후 관리 체계	0.0401
12	지배구조 영역	법·제도·정책의 준수	0.0381
13	환경 영역	환경 교육	0.0373
14	사회 영역	외부참여자	0.0245
15	지배구조 영역	예산 관리	0.0221
16	사회 영역	내부 직원	0.0220
17	지배구조 영역	내·외부 감사의 적절성	0.0184
18	지배구조 영역	정보 공개	0.0176
19	사회 영역	지역사회	0.0168
20	지배구조 영역	이사회·위원회 운영의 적절성	0.0148

## V. 결론

### 1. 연구결과의 요약

2010년대부터 등장한 스마트 항만은 2020년대에 접어들면서 스마트 항만에 대한 인식이 기술적, 경제적 요소 중심에서 벗어나 사회, 환경 등의 영역으로 확장되고 있다. 항만 산업은 다수의 오염원을 가진 산업으로 지속가능성 확보가 향후 항만의 성패를 좌우하게 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 디지털 시대의 항만을 뜻하는 스마트 항만의 지속가능성 영역과 지표의 우선순위를 도출하기 위하여 지금까지 스마트 항만의 지속가능성과 관련된 연구들을 바탕으로 최근 전 세계적으로 전 산업에서 필수불가결하게 도입하고 있는 ESG를 포함시켰다. 운영, 환경, 사회, 지배구조 등 4가지의 영역의 상위 평가항목과 20개의 하위 평가항

목으로 계층구조를 설정하였고 AHP 기법 중에서 항목들의 가중치를 매기는 상대적 평가방법을 적용하였다. 쌍대비교 설문지를 Satty(1980)가 제안한 9점 척도로 구성하였다. 국내 대표적인 4개의 항만공사(부산, 인천, 울산, 여수광양)에서 지속가능성 혹은 ESG 관련 업무를 수행하는 실무 종사자들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 분석 결과의 정확도를 높이기 위하여 일관성 비율이 0.1이하인 17부의 설문을 대상으로 AHP 분석을 실시하였다. 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저 본 연구에서는 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역을 운영, 환경, 사회, 지배구조 등 4가지 영역으로 분류하고 있는 데 이들 4가지 영역 중 운영 영역의 우선순위가 제일 높은 것을 확인 할 수 있었다. Paulauskas et al.(2021)과 Philipp(2020)의 연구에 따르면 항만의 크기가 클수록 디지털화가 유리하고, 이런 디지털화는 자본과 인적 요인에 의해 영향을

받는 것으로 나타났다. 즉, 스마트 항만의 성공을 위해서 운영 영역이 최우선적으로 고려되어야 하는 요소인 것이다. 이들의 연구와 유사하게 본 연구에서도 스마트 항만의 지속가능성 역시 경제적인 특성이 반영된 운영 영역이 다른 영역에 비해서 상대적으로 제일 중요하다는 결과를 보이고 있다. 두 번째로 중요하다고 나타난 환경 영역은 항만이 수질, 대기, 토양, 해양 생물 등 다양한 오염원을 해결하고자 하는 노력이 친환경 항만을 지향하게 되었고, 최근에 와서 ESG가 항만에도 적극적으로 도입되는 추세를 반영한 결과라 할 수 있다. 미국의 롱비치항만의 경우도 친환경 항만을 지향하는 차원에서 스마트 항만을 구축하고 있다. 사회 영역과 지배구조 영역들은 4가지 영역 중 상대적으로 중요도가 낮게 나타났다.

각 지속가능성 영역별로 세부 지표들에 대한 우선순위의 결과를 종합 우선순위(표 5 참고)를 기준으로 요약하면 다음과 같다.

첫째, 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역들 중 상대적 중요도가 가장 높게 나타난 운영 영역의 제2계층 지표들 중 운영효율성이 종합 우선순위에서 1순위를 차지하였다. 스마트 항만의 지속가능성도 항만의 효율적 운영을 통한 경제력 향상을 기반으로 결정된다는 사실을 보여준다. 또한 4개 항만공사의 ESG를 담당하고 있는 직원들은 운영 효율성을 향상을 위한 적절한 운영계획의 수립과 이를 뒷받침할 적절한 투자가 다른 지표들보다 우선된다는 것으로 인식하고 있다.

둘째, 지속가능한 스마트 항만이 되기 위해 필요한 환경 영역의 에너지 관리 지표가 전체 20개 지표 중 3번째로 우선되어야 한다는 결과를 보이고 있다. 또한 오염 측정 및 관리체계 지표가 종합 4위, 친환경 장려 지표가 7위를 차지하고 있다. 에너지 관리는 국가가 정책적으로 탄소를 저감하기 위해 화석 연료의 전력화 등 정책을 시행한 영향이 반영된 것으로 보인다. 오염원을 측정하고 관리하는 체계의 필요성도 대상이 넓어지고 있다. 과거 수질, 토양, 폐기물 관

리 등이 주요 관심 항목이었다면, 최근에는 대기, 소음, 진동 등으로 확장되고 있다. 환경 영역에 대한 우선순위 및 세부 지표들의 우선순위가 높게 나타난 것은 최근 도입되고 있는 ESG가 반영된 결과라 할 수 있다.

세 번째, 사회 영역은 운영, 환경 영역에 비해 비교적 중요도가 다소 떨어지는 항목이다. 그럼에도 불구하고 사회 영역에 속하는 제2계층 항목 중의 하나인 안전은 전체 종합순위에서 6위를 나타내고 있다. 항만은 아직까지 작업 환경이 타 산업에 비해 열악하고, 재해·재난이 발생할 위험이 도처에 도사리고 있다. 따라서 스마트 항만의 지속가능성을 확보하기 위해서는 안전한 작업환경, 재해·재난 관리와 안전에 대한 교육이 절실히 필요함을 나타내는 결과로 보인다.

마지막으로, 지배구조 영역은 4가지 지속가능성 영역에서 가장 낮은 우선순위로 나타났는데, 제2계층에 속하는 세부지표들 중에서는 법·제도·정책의 준수가 종합 우선순위 12위로 가장 높은 순위로 나타났다. 반면 내·외부 감사의 적절성이 17위, 정보 공개가 18위, 이사회·위원회 운영의 적절성이 20위로 나타나 국내 스마트 항만의 지속가능성 지표들 중에서 가장 우선순위가 낮은 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과들을 종합해 보면 국내 대표적인 4개의 항만에서 종사하는 ESG 담당 전문가들은 스마트 항만의 지속가능성 영역들 중 운영 영역과 환경 영역을 가장 우선시 하고 있음을 알 수 있고, 반면 사회 영역과 지배구조 영역에 대해서는 우선순위를 낮게 매기고 있음을 알 수 있었다. 물론 경제성을 반영한 운영 영역이 제일 중요한 영역임은 다시 거론할 필요가 없고, 환경 영역 역시 지속가능한 스마트 항만이 되기 위해서 필수불가결한 요소이다. 하지만 전 산업에 걸쳐 ESG가 도입되고 있는 상황에서 국내 스마트 항만들도 사회 영역과 지배구조 영역에도 더욱 신경을 써야 함을 보여 주고 있다.

## 2. 연구의 시사점과 한계점 및 향후 연구방향

본 연구의 실무적 및 학문적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 스마트 항만에 대한 연구는 많지만 지속가능성과 결합한 연구는 거의 없는 상황에서 스마트 항만의 지속가능성에 대하여 탐색적 연구를 수행하였다. 둘째, 국내 스마트 항만의 ESG 활동과 지속가능성에 대한 과학과 성과를 확인할 수 있는 기반이 되는 지속가능성 영역과 세부지표들을 정리하여 우선순위를 제시했다는 점에서 실무적인 시사점을 찾을 수 있다. 셋째, 스마트 항만의 지속가능성에 대한 연구들이 대부분 문헌 리뷰와 같은 기초단계에 머물러 있는 상황에서 국내 스마트 항만의 ESG 종사자들을 대상으로 실증 분석을 하였다는 점에서 시사점이 있다.

위와 같은 학문적 및 실무적 시사점에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 한계점이 존재한다. 첫째, 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 지표에 대해서 연구한 탐색적 연구 수준이기 때문에 스마트 항만의 지속가능성 지표에 포함되지 못한 지표들이 있을 수 있다. 따라서 추후의 연구에서는 문헌연구 뿐만 아니라 전문가 집단을 심층 인터뷰하여 지속가능성 영역과 세부 지표들을 정교화 시킬 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서는 스마트 항만의 지속가능성의 개념을 기존의 지속가능성을 대표하는 경제적 영역에 ESG 개념을 포함하고 있다. 따라서 AHP 설문을 위한 전문가를 각 항만의 ESG부서 실무자를 대상으로 하고 있는데, 이들 설문대상자들의 의견이 스마트 항만의 지속가능성을 대표한다고 보기에는 경력이나 전문성이 다소 부족하다고 할 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 스마트 항만의 지속가능성에 대하여 대표성을 가질 수 있는 전문가 집단을 확보하여 상대적 평가를 해볼 필요가 있다. 셋째, 본 연구에서 선행연구들을 바탕으로 도출한 세부지표들에 대한 신뢰성과 타당성을 확보하는 실증연구가 이루어져야 할 것이다. 마지막으로, 각 영역별 세부지표들을 정량적 및 정성적으로 실제 항만에 적용하여 지속가능성을 평가할

필요가 있을 것이다.

## 참고문헌

- 강신욱 외(2012), 사회통합지수 개발연구, 세종 : 사회통합위원회 한국보건사회연구원.
- 강영문(2017), 제4차 산업혁명과 물류교육에 관한 연구, 물류학회지, 제27권 제2호, 1-8.
- 기획재정부(2021), 무디스, 환경·사회·지배구조 (ESG) 국가별 평가 결과 발표 - 한국, 최고등급(1등급) 평가 (전세계 상위 11개국에 포함) -.
- 김시현(2015), 국제항만 운영에서 지속가능한 항만경쟁력 확보방안, 한국항만경제학회지, 제31집 제3호, 61-74.
- 김우호 · 심기섭 · 장정인(2008), 항만의 경쟁력 평가모형 구축과 활용방안에 관한 연구, 서울 : 한국해양수산개발원.
- 김주혜 · 김울성(2021), 부산항 스마트 기술의 도입 우선순위 분석-항만터미널과 항만 배후단지를 중심으로, 한국해양물류학회, 제37권 제3호, 601-621.
- 김지안(2021), 국내 스마트 항만 정책 개선방안에 관한 비교 연구, 성균관대학교 석사학위논문.
- 김형근(2018), 중국 로보틱 항만 현황과 우리나라 자동화 항만 구축 필요성 연구, 중국학, 제64호, 283-296.
- 노세연 · 이주호 · 장현미 · 윤원영(2016), 항만의 지속가능한 개발 · 운영: TBL을 중심으로, 한국해양물류학회, 제32권 제3호, 473-495.
- 류형근 · 이홍걸 · 이철영(2007), 항만의 정보화 수준 제고를 위한 통합평가지수 개발에 관한 탐색적 연구, 한국항해항만학회지, 제31권 제6호, 491-496.
- 박임수 · 안이슬(2019), 사회적 가치 분류체계 연구: 공기업(K-water)을 중심으로, 기업경영리뷰, 제10권 제2호, 333-350.
- 박주동 · 이종필 · 이기열 · 김성기 · 김성아 · 이주원 · 박상원 · 김형태(2020), 지속가능한 해상운송을 위한 항만시설 경쟁력 수준 평가체계 구축, 전자무역연구, 제18권 제2호, 23-41.
- 박호 · 이주호 · 장현미(2016), TBL을 활용한 항만의 지속가능성 평가에 관한 연구, 한국항만경제학회지, 제32집 제4호, 211-220.
- 백해현(2022), 지방자치단체의 ESG 행정 비교분석 ; 서울특별시 자치구를 중심으로, 경희대학교 석사학위논문.
- 부산항만공사(2022), 2021부산항만공사 지속가능경영보고

- 서, 부산 : 부산항만공사.
- 산업통상자원부(2019), "K-ESG 가이드라인", 세종: 산업통상자원부, 2019.
- 손득수 · 김용덕 · 이성기(2021), 공공기관의 ESG 지배구조(G) 추진 전략: 대한무역투자진흥공사 사례를 중심으로, 서비스경영학회지, 제22권 제5호, 159-183.
- 손용정(2016), 친환경항만 구축을 위한광양항 환경관리 평가 지표 우선순위에 대한연구, 무역통상학회지, 제16권 제3호, 247-262.
- 여수광양항만공사(2022), 여수광양항만공사 2021 ESG 경영보고서, 광양 : 여수광양항만공사.
- 울산항만공사(2020), 울산항만공사 2020- 2021 지속가능경영보고서, 울산 : 울산항만공사.
- 이언경 · 강무홍 · 이수영 · 강한석 · 전하림(2017), 4차 산업혁명시대 항만물류산업 고도화 방안 연구, 부산 : 한국해양수산개발원, 2017.
- 이언경(2018), KMI 국제물류위클리(제440호), 부산 : 한국해양수산개발원, 2018.
- 이언경 · 이수영(2019), 4차 산업혁명시대 국내 스마트항만 수준 측정과 비교분석, 해운물류연구, 제35권 제2호, 323-348.
- 이재환(2022), 국내 컨테이너 터미널 효율성 및 스마트항만 지표 도입 수준 비교 분석, 인천대학교 석사학위논문.
- 이주호 · 김상열 · 장현미(2016), 항만의 지속가능성 측정요인에 관한 사례 연구 : SuPorts와 PPRISM 사례를 중심으로, 한국항해항만학회지, 제40권 제6호, 413~420.
- 이태휘(2020), 스마트항만의 해외사례 분석과 정책 시사점: 유럽과 싱가포르를 중심으로, 한국항만경제학회지, 제36집 제1호, 77-90.
- 이홍걸(2007), 컨테이너 터미널의 정보보호 수준 제고를 위한 통합 평가지수 개발에 관한 연구, 해운물류연구, 제54호, 99-118.
- 이홍걸(2006), 항만경쟁력지수 개발에 관한 연구, 경상남도 : 경남발전연구원, 2006.
- 인천항만공사(2021), 인천항만공사 ESG보고서2020, 인천 : 인천항만공사.
- 임종혁 · 전달영(2018), 공유가치창출에 대한 국내 문헌 분석 및 제언, 사회적 경제와 정책연구, 제8권 제1호, 53-87.
- 장명희(2018), 블록체인이 가져올 해운물류의 변화방향, 한국인터넷전자상거래학회 추계학술대회발표논문집, 363-366.
- 장명희(2021), 해상운송분야의 디지털 전환 성공요인에 대한 우선순위 평가에 관한 연구, 한국항만경제학회지, 제37집, 제4호, 103-126.
- 정태원(2018), 스마트 항만의 선진사례 분석과 시사점, 해운물류연구, 제100권 제3호, 489-510.
- 조용철(2019), 스마트 항만의 국내의 서비스 사례 연구, 대한안전경영과학회 춘계학술대회, 83-106.
- 조현성(2022), 광양항 스마트기술 도입 우선순위 분석 연구, 한국해양대학교 석사학위논문.
- 차재웅(2020), 항만 스마트 지수 개발에 관한 연구, 한국해양대학교 석사학위논문.
- 최상희(2012), 미래를 선도하는 스마트 항만물류기술, 전자공학회지, 제39권 제5호, 39-46.
- 최상희(2018), 항만 · 물류터렌드와 스마트포트, 미래 항만, 경남발전, 145호, 32-42.
- 최형림 · 김두환 · 조민제 · 이강배(2018), 4차 산업혁명과 해운항만물류산업의 대응 방안, 한국통신학회논문지, 제43권 제9호, 1540-1549.
- 한국거래소 ESG포털, ESG 개념, <https://esg.krx.co.kr/>
- 한국과학기술기획평가원(2019), 세계경제포럼(WEF)의 세계경쟁력보고서 2018 분석 - 과학기술관련 부문 중심으로, 충청북도 : 한국과학기술기획평가원, 2019.
- 한국해양수산개발원(2018a), KMI동향분석(vol.74) : 스마트항만(Smart Port), 전체 물류망을 고려한 로드맵 수립 필요, 부산 : 한국해양수산개발원.
- 한국해양수산개발원(2018b), 국외출장결과보고서, 부산 : 한국해양수산개발원.
- 한국해양수산개발원(2019), 항만인프라 경쟁력수준 평가 및 개발기준 마련 연구, 부산 : 한국해양수산개발원.
- 해양수산부(2019), 제2차 신항만건설기본계획, 세종: 해양수산부.
- 해양수산부(2020), 제4차('21~'31) 전국항만기본계획, 세종: 해양수산부.
- 울산항만공사 공식 블로그, 항만에 스마트를 더하면? - 로테르담, 함부르크, 싱가포르, <https://blog.naver.com/ulsan-port>
- Alamouh, A. S., Ballini, F., and Olcer, A. I.(2021), Revisiting Port Sustainability As A Foundation For The Implementation Of The United Nations Sustainable Development Goals(UN SDGs), *Journal of Shipping and Trade*, 6(19), <https://doi.org/10.1186/s41072-021-00101-6>.
- Arof, A. Md., Zakaria, A., and Rahman, N. S. F. A.(2021), Green Port Indicators: A Review, *Advanced Engineering for Processes and*

- Technologies II*, 237-256.
- Asgari, N., Hassani, A. Jones, D., and Nguye, H. H.(2015), Sustainability Ranking Of The UK Major Ports: Methodology And Case Study, *Transportation Research Part E*, 78, 19-39.
- Botti, A., Monda, A., Pellicano, M., and Torre, C.(2017), The Re-Conceptualization of The Port Supply Chain as a Smart Port Service System: The Case of The Port of Salerno, *System*, 5(35), <https://doi.org/10.3390/systems5020035>.
- Boullauazan, Y., Sys, C., and Vanelslander, T.(2022), Developing and Demonstrating a Maturity Model for Smart Ports, *Maritime Policy & Management*, <https://doi.org/10.1080/03088839.2022.2074161>.
- Caldeira dos Santos, M. and Pereira, F. H.(2022), ESG Performance Scoring Method to Support Responsible Investments in Port Operations, *Case Studies on Transport Policy*, 10(1), 664-673.
- Chen, J., Huang, T., Xie, X., Lee, P. T. W. and Hua, C.(2019). Constructing Governance Framework of a Green and Smart Port, *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(4), <https://doi.org/10.3390/jmse7040083>.
- Connelly, S.(2007), Mapping Sustainable Development As A Contested Concept, *The International Journal of Justice and Sustainability*, 12(3), 259-278.
- Deloitte(2017), Smart Ports Point Of View.
- Douaioui, K., Fri, M., and Semma, C. M. E. A.(2018), Smart Port: Design And Perspectives, 2018 *4th International Conference on Logistics Operations Management(GOL)*, 1-6.
- Egoloff, C., Sanders, U., Georgaki, K. and Riedl, J.(2018), The Digital Imperative in Container Shipping. The Boston Consulting Group.
- Elkington, J., and Rowlands, I. H.(1999), Cannibals With Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. *Alternatives Journal*, 25(4), 42-43.
- Elzarka, S., and Elgazzar, S.(2014), Green Port Performance Index For Sustainable Ports In Egypt: A Fuzzy AHP Approach, *The 7th International Forum on Shipping, Ports, and Airports(IFSPA 2014)*.
- ESCAP(2020), Sustainable Port Development and Improving Port Productivity in Escap Member Countries.
- Galliers, R. D., and Sutherland, A.(1991), Information Systems Management And Strategy Formulation: 'The Stages of Growth' Model Revisited, *Information Systems Journal*, 1(2), 89-114.
- Gonzalez, A. R., Cancelas, N. G., Serrano, B. M., and Orive, A. C.(2020), Preparation Of A Smart Port Indicator And Calculation Of A Ranking For The Spanish Port System, *Logistics*, 4(2), <https://doi.org/10.3390/logistics4020009>.
- Gonzalez-Laxe, F., Bermudez, F.M., Palmero, F.M., and Novo-Corti, I.(2016), Sustainability And The Spanish Port System. Analysis Of The Relationship Between Economic And Environmental Indicators, *Marine Pollution Bulletin*, 232-239.
- Hua, C., Chen, J., Wan, Z., Xu, L., Bai, Y., Zheng, T., and Fei, Y.(2020), Evaluation And Governance Of Green Development Practice Of Port: A Sea Port Case Of China, *Journal of Cleaner Production*, 249, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119434>.
- Ignaccolo, M., Inturri, G., Giuffrida, N., and Torrisi, V.(2020), A Sustainable Framework For The Analysis Of Port Systems, *European Transport & Trasporti Europei*, 78, <https://doi.org/10.48295/ET.2020.78.7>.
- ITU-T Y.2060(2012), Overview of the Internet of Things.
- Karas, A.(2020), Smart Port as a Key to The Future Development of Modern Ports, *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 14(1), 27-31.
- Li, S., Ma, Z., Han, P., Zhao, S., Guo, P., and Dai, H.(2018), Bring Intelligence To Ports Based On Internet Of Things, *In Proceedings of the International Conference on Cloud Computing and Security*, Haikou, China, 11067, 128-137.
- Lim, S., Pettit, S., Abouarghoub, W., and Beresford, A.(2019), Port Sustainability and Performance : A Systematic Literature Review, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 72, 47-64.
- Lirn, T. C., Wu, Y. C. J., and Chen, Y. J.(2013),

- Green Performance Criteria For Sustainable Ports In Asia, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 43(5/6), 427-451.
- Lu, C. S., Shang, K. C. and Lin, C. C.(2016), Examining Sustainability Performance At Ports: Port Managers' Perspectives On Developing Sustainable Supply Chains, *The Flagship Journal of International Shipping and Port Research*, 43(8), 909-927.
- Min, H.(2022), Developing a Smart Port Architecture and Essential Elements In The Era of Industry 4.0, *Maritime Economics & Logistics*, 24, 189-207.
- Molavi, A., Lim, G. J., and Race, B.(2020), A Framework For Building A Smart Port And Smart Port Index, *International Journal of Sustainable Transportation*, 14(9), 686-700.
- Molina-Serrano, B., Gonzalez-Cancelas, N., and Soler-Flores, F.(2020), Analysis of The Port Sustainability Parameters Through Bayesian Networks, *Environmental and Sustainability Indicators*, 6, <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100030>.
- Muangpan, T., and Suthiwartnarueput, K.(2019), Key Performance Indicators of Sustainable Port: Case Study of The Eastern Economic Corridor In Thailand, *Cogent Business & Management*, 6, <https://doi.org/10.1080/23311975.2019.1603275>.
- Othman, A., El-Gazzar, S., and Knez, M.(2022), A Framework For Adopting A Sustainable Smart Sea Port Index, *Sustainability*, 14(8), <https://doi.org/10.3390/su14084551>.
- Paulauskas, V., Dawidowicz, F. L. and Paulauskas, D.(2021), Ports Digitalization Level Evaluation, *Sensors*, 21(18), <https://doi.org/10.3390/s21186134>.
- Philipp, R.(2020), Digital Readiness Index Assessment Towards Smart Port Development, *Sustainability Management Forum / Nachhaltigkeits Management Forum*, 28, 49-60.
- Rasche, A., Morsing, M. and Moon, J.(2017), Corporate Social Responsibility, Cambridge University Press.
- Ravn, V.(2021), The Port Environmental Performance Index: Development of a Framework for Strategic Assessment of Port Environmental Performance, Thesis for: Master of Faculty of Technology in University of South-Eastern Norway, 2021.
- Sankla, W., and Muangpan, T.(2022), Smart and Sustainable Port Performance in Thailand: A Conceptual Model, *Journal of Sustainable Development*, 15(4), <https://doi.org/10.5539/jsd.v15n4p1>.
- Secretariat, U.(2015), Sustainable Freight Transport Systems: Opportunities for Developing Countries, In *Proceedings of the United Nations Conference on Trade and Development*, Geneva, Switzerland, 14-16 October.
- Stankovic, J. J., Marjanovic, I., Papathanasiou, J., and Drezgic, S.(2021), Social, Economic and Environmental Sustainability of Port Regions: MCDM Approach In Composite Index Creation, *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(1), <https://doi.org/10.3390/jmse9010074>.
- Tilson, D., Lytinen, K., and Sørensen, C.(2010), Desperately Seeking The Infrastructure In is Research: Conceptualization of 'Digital Convergence' As Co-Evolution Of Social And Technical Infrastructures, *IEEE, 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, <https://doi.org/10.1109/HICSS.2010.141>.
- UNCTAD(1992), Port Marketing and The Challenge of The Third Generation Port.
- UNCTAD(1999), The Fourth Generation Port, UNCTAD Ports Newsletter.
- Wan, C., Zhang, D., Yan, X., and Yang, Z.(2018), A Novel Model For The Quantitative Evaluation Of Green Port Development; A Case Study Of Major Ports In China, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 431-443.
- Xu, G., and Dadi, Z.(2020), Study On Evaluation System Of Green Port Development, *E3S Web of Conferences*, 194, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019405012>.
- Yau, K. L. A., Peng, S., Qadir, J., Low, Y. C., and Ling, M. H.(2020), Towards Smart Port Infrastructures: Enhancing Port Activities Using

Information And Communications Technology,  
*IEEE Access*, 8, 83387-83404.

Yen, B. T. H., Huang, M. J., Ju, H., Lai, H., Cho,  
H., and Huang, Y. L.(2022), How Smart Port

Design Influences Port Efficiency ; A DEA-Tobit  
Approach, *Research in Transportation Business  
& Management*,

<https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100862>.

# 국내 스마트 항만의 지속가능성 영역과 지표의 우선순위에 관한 연구

이재훈 · 장명희

## 국문요약

본 연구에서는 디지털 시대의 항만을 뜻하는 스마트 항만의 지속가능성 영역과 지표의 우선순위를 도출하기 위하여 선행 연구들과 최근 전 세계적으로 전 산업에서 필수불가결하게 도입하고 있는 ESG를 함께 연구하였다. 운영, 환경, 사회, 지배구조 등 4가지의 영역의 상위 평가항목과 20개의 하위 평가항목으로 계층구조를 설정하였고 AHP 기법 중에서 항목들의 가중치를 매기는 상대적 평가방법을 적용하였다. 쌍대비교 설문지를 Satty(1980)가 제안한 9점 척도로 구성하였다. 국내 대표적인 4개의 항만공사(부산, 인천, 울산, 여수광양)에서 지속가능성 혹은 ESG 관련 업무를 수행하는 실무 종사자들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 분석 결과의 정확도를 높이기 위하여 일관성 비율이 0.1이하인 17부의 설문을 대상으로 AHP 분석을 실시하였다. 분석결과, 국내 스마트 항만의 지속가능성을 나타내는 4가지 영역 중 운영 영역의 우선순위가 제일 높았고, 그 다음으로 환경 영역임을 확인 할 수 있었다. 또한 20개 세부지표들에 대한 종합우선 순위를 살펴보면 운영 효율성, 운영 계획, 에너지 관리, 오염 측정 및 관리 체계 등의 지표가 우선순위가 높은 것으로 나타났다. 반면 사회 영역과 지배구조 영역은 다른 영역들에 비해서 상대적 중요도가 낮은 것을 확인할 수 있었다.

주제어: 스마트 항만, 지속가능성, ESG, 지속가능성 지표, 우선순위