

항만개발제도 개선방안 연구

A Study on the Improvement
of the National Trade Port Development System

이수영 · 이나영 · 신정훈 · 김영훈



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	이수영, 이나영, 신정훈, 김영훈			
내부연구진	연구책임자	이수영	한국해양수산개발원	항만연구본부 전문연구원
	공동연구원	이나영	한국해양수산개발원	항만연구본부 전문연구원
	공동연구원	신정훈	한국해양수산개발원	항만연구본부 전문연구원
	공동연구원	김영훈	한국해양수산개발원	항만연구본부 연구원
연구기간	2022. 1. 1. ~ 2022. 10. 31.			

보고서 집필내역

연구책임자	이수영 연구총괄, 제1장, 제2장, 제3장, 제4장, 제5장, 제6장			
내부연구진	이나영	제3장 1절/2절, 제4장 3절		
	신정훈	제2장 2절, 제3장 1절, 제5장 2절		
	김영훈	제2장 2절, 제3장 1절, 제5장 2절		

발간사

우리나라는 2021년 기준 세계 8위의 무역국가로 총 무역액이 약 1조 2,596억 달러에 이르며 수출과 수입 금액은 각각 6,445억 달러, 6,150억 달러를 기록하였다. 이와 같이 무역을 통해 국가 경제 발전을 꾀하는 우리나라는 지정학적 여건으로 인해 대부분의 교역이 항만을 통해 이루어지고 있다. 금액기준으로는 66.9%, 중량기준으로는 99.8%의 화물이 항만을 통해 운송되고 있는 만큼 항만은 국가 경제와 산업에 매우 중추적인 역할을 담당하고 있다 할 수 있다. 국가 무역의 주요 관문 역할을 하는 무역항은 전국에 30개에 이르며 2021년 기준 항만개발에 투입되는 예산은 1조 5,896억 원으로 전체 SOC 예산에서 6.0%를 차지하고 있다.

위와 같이 대규모의 예산이 소요되는 항만시설을 효율적으로 적기에 공급하기 위해 우리나라는 “물동량 연동 항만개발제도”(Trigger Rule, TR)를 고안했다. “물동량 연동 항만개발제도”는 매년도 항만물동량 예측결과를 반영하여 항만개발 사업일정 전반을 관리함으로써 적정규모의 항만시설이 확보될 수 있도록 지원하는 제도를 의미한다. 이때 “물동량 연동”은 항만물동량 변동추이에 따라 준공 예정시기 산정 및 사업단계별 추진 일정을 조정하는 것을 의미하는데 항만시설의 공급 시기는 트리거 포인트(Trigger Point, TP)에 의해 결정된다. 트리거 포인트는 추가 하역능력대비 초과 물동량이 50%가 되는 시점($TP=0.5$)으로 해당 항만의 물동량이 트리거 포인트에 도달하는 시기를 신규 항만시설의 운영시기로 결정하고 있다. 그간 우리나라는 전국 항만기본계획을 통해 트리거 포인트 도달시점에 항만시설이 추가 공급될 수 있도록 시설공정 기간을 역산하여 항만건설을 추진해왔다.

당초 항만의 신규시설 공급규모와 투입시기 전망에 활용될 목적이었던 물동량 연동 항만개발제도는 항만의 재개발과 리뉴얼, 부두기능 변경 승인 등에까지 확대되어 적용되고 있다. 위에서 언급된 다양한 항만건설사업들의 추진시기와 규모를 판단할 때 적용되는 기준으로 물동량만 있는 현행 항만개발제도하에서는 서비스 품질이 저하되어 물동량 실적이 저조한 항만시설은 방치되거나 유향화될 가능성이 높다. 국내 부두시설의 노후화는 점차 가속화되고 있어 항만시설의 서비스 품질 저하가 우려되지만, 현재 항만개발제도로는 항만시설(부두)의 서비스 품질을 반영하여 신규 시설을 개발하거나 부두 기능 변경·리뉴얼 추진에 많은 제약이 따른다. 특히 부지를 확보하고 기반공사를

마친 후 신규시설을 공급하는 것보다 예산 절감효과가 큰 기존 시설의 재개발과 리뉴얼 사업 추진시기와 공급규모를 산정할 수 있는 서비스 수준 기준이 전무한 실정이다.

이에 본 연구는 “물동량” 뿐만 아니라 항만의 “서비스 수준”과도 연동되는 항만개발제도 개선(안)을 도출하기 위해 항만 서비스 수준을 측정할 수 있는 지표를 선정하고 비교분석에 용이한 항만서비스 지수를 개발하였다. 지수개발과 개선(안) 도출을 위해 항만과 유사한 SOC 시설인 철도와 도로부문의 서비스 수준 측정 지표 및 지수 관련 연구 분석 병행하였다. 또한 기존 항만서비스 수준 측정 관련 선행연구들은 대부분 컨테이너 또는 벌크 부두 한 부문만 국한하여 연구를 수행했다. 하지만 본 연구에서는 학술적으로 대표성을 갖고 측정에 용이한 지표들로 서비스 지수를 구성하여 컨테이너·벌크 부두 모두 일괄적으로 서비스 수준을 측정하였다. 한편 본 연구에서는 개발한 항만서비스 지수의 객관성과 타당성 제고를 위해 대표적인 정성·정량적 다기준 의사결정기법인 AHP와 엔트로피 가중치 기법의 결괏값을 종합하여 최종 가중치를 산정하였다. 본 연구에서 서비스 수준 측정 지표 및 지수 개발 뿐 아니라 13년 경과된 기존 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)의 운영지침 개선(안)도 도출하였는데 항만 개발의 근간이 되는 항만개발제도 개선에 긍정적인 영향을 줄 것이라 기대해본다

끝으로 본 연구의 책임을 맡은 항만연구본부의 이수영 전문연구원과 연구진인 이나영 전문연구원, 신정훈 전문연구원, 김영훈 연구원의 노고에 깊은 감사를 표한다. 아울러 이 연구에 자문과 조언을 아끼지 않은 김형태 명예연구위원과 김범중 명예연구위원께도 깊은 감사를 드린다. 본 연구의 감리를 맡아 보고서의 완성도 제고에 힘써주신 우리 원의 김근섭 본부장님과 이 보고서가 출판되기까지 도움을 주신 모든 분께 이 자리를 빌려 감사드린다.

2022년 12월
한국해양수산개발원
원장 김 종 덕

목차

정책제안 _i

요약 _iii

Executive Summary _xiii

01

서론 _1

제1절 연구의 배경 및 목적	1
1. 연구의 배경 및 필요성	1
2. 연구 목적	6
제2절 연구 내용 및 방법	8
1. 연구 범위	8
2. 연구 내용	9
3. 연구 방법	10
제3절 선행연구 검토 및 본 연구의 차별성	11
1. 선행연구 검토	11
2. 선행연구와 본 연구의 차별성	15

02

국내외 SOC 개발제도 현황과 시사점 _19

제1절 국외 SOC 개발제도 현황	20
1. 미국의 항만개발제도 고찰	20
2. 중국의 항만개발제도 고찰	24
3. 소결 및 시사점	28
제2절 국내 SOC 개발제도 현황	30
1. 철도개발제도	30
2. 도로개발제도	36
3. 항만개발제도	42
4. 소결 및 시사점	47

03

항만서비스 수준 평가지표 도입_49

제1절 항만서비스 수준 평가지표 도입 필요성	50
1. 국내 물동량 연동 항만개발제도의 한계	50
2. 국외 항만 측정지표 다변화	53
3. 소결 및 시사점	60
제2절 항만서비스 수준 평가지표 선정 및 활용	61
1. 항만서비스 평가지표 문헌연구	61
2. 항만서비스 평가지표 선정	65
3. 항만서비스 평가지표 활용	74
4. 소결 및 시사점	76

04

항만서비스 지수 도출 및 평가_77

제1절 다기준 의사결정분석을 통한 가중치 산정 기법	78
1. AHP	78
2. 엔트로피 가중치 산정	79
3. 가중치 종합 산정	81
4. 소결 및 시사점	82
제2절 항만서비스 수준 측정 지표 가중치 산정 결과	83
1. AHP 가중치 산정 결과	83
2. 엔트로피 가중치 산정 결과	85
3. 가중치 종합 산정 결과	95
4. 소결 및 시사점	96
제3절 항만서비스 지수 산정 및 수준 평가	97
1. 항만서비스 지수(PSI) 산정	97
2. 항만서비스 수준 평가 및 분류	99
3. 소결 및 시사점	106

05	항만개발제도 개선(안) 도출 및 적용 _107	
	제1절 현행 항만개발제도 운영지침	108
	제2절 항만개발제도 개선(안)	111
	1. 기존 항만개발제도 운영지침 개선	111
	2. 항만서비스 지수(PSI) 도입 및 활용	117

06	결론 및 제언 _121	
	제1절 요약 및 결론	121
	제2절 제언	123
	1. 본 연구 기여	123
	2. 향후 과제	124

	참고문헌 _131	
--	------------------	--

	부록 _139	
--	----------------	--

표 목차

〈표 1-1〉 SOC시설 예산 대비 항만 부문 비중	2
〈표 1-2〉 항만 부문 예산 배분 항목	2
〈표 1-3〉 고속도로 서비스 수준 정의 및 기준	5
〈표 1-4〉 항만시설 노후화 비중 변화 추이	6
〈표 1-5〉 전국 주요 항만의 컨테이너/벌크 부두 현황	8
〈표 1-6〉 선행연구와 본 연구의 차별성 요약	16
〈표 2-1〉 미국 연방법상 항만개발제도	22
〈표 2-2〉 중국 주요 개혁별 항만개발 단계	26
〈표 2-3〉 중국 5개년 계획별 항만건설 현황 및 정책 변화	28
〈표 2-4〉 철도개발 대상별 특징 및 건설 주체	31
〈표 2-5〉 철도노선별 서비스 수준 분류	34
〈표 2-6〉 서비스 수준별 교통류의 상태	37
〈표 2-7〉 도로개발 범위 및 효과 척도	38
〈표 2-8〉 서비스 수준 F의 구분	40
〈표 2-9〉 서비스 수준별 교통류의 상태	41
〈표 3-1〉 China port index 지표별 세부평가항목	54
〈표 3-2〉 China port index 결과(2017년 기준)	55
〈표 3-3〉 PPRISM 상세 지표	59
〈표 3-4〉 항만서비스 평가지표 관련 선행연구	63
〈표 3-5〉 항만서비스 평가지표 선정 결과	67
〈표 4-1〉 AHP 가중치 산정 결과	85
〈표 4-2〉 항만별·터미널별 항만서비스 지표 값	86
〈표 4-3〉 항만서비스 측정 지표의 표준화 결과	87
〈표 4-4〉 항만서비스 측정 지표의 정규화 결과	88
〈표 4-5〉 지표별 엔트로피 및 가중치(컨테이너 부두)	89
〈표 4-6〉 항만서비스 측정지표 간 가중치 비교(컨테이너 부두)	89
〈표 4-7〉 인천항 터미널별 항만서비스 지표 값	90
〈표 4-8〉 인천항 터미널별 서비스 측정 지표의 표준화 결과	91
〈표 4-9〉 인천항 터미널별 서비스 측정 지표의 정규화 결과	92
〈표 4-10〉 지표별 엔트로피 및 가중치(벌크 부두)	94

〈표 4-11〉 항만서비스 측정지표 간 가중치 비교(벌크 부두)	94
〈표 4-12〉 항만서비스 측정지표 간 가중치 비교(컨테이너 부두)	95
〈표 4-13〉 항만서비스 측정지표 간 가중치 비교(벌크 부두)	96
〈표 4-14〉 상위 20위 글로벌 컨테이너 항만서비스 지수(PSI) 추이	100
〈표 4-15〉 컨테이너 부두 항만서비스 지수 등급화	103
〈표 4-16〉 벌크부두 항만서비스 지수 등급화	105
〈표 5-1〉 물동량 연동 항만개발제도 운영지침 구성	108
〈표 5-2〉 항만시설 운영 필요시기 및 활용 기준	109
〈표 5-3〉 항만개발제도 적용대상 및 예외 대상	109
〈표 5-4〉 사전검토서 작성 시점 및 상세 항목	110
〈표 5-5〉 항만개발제도 개선(안)_2조	113
〈표 5-6〉 항만개발제도 개선(안)_기관 간 역할 조정	114
〈표 6-1〉 도로·철도·항만의 매뉴얼 비교	126
〈표 6-2〉 측정지표 타당성 검토 기준	128

그림 목차

〈그림 1-1〉 트리거를 TP 및 운영시기 결정	3
〈그림 1-2〉 연구 목적	7
〈그림 1-3〉 연구 내용 및 흐름도	10
〈그림 2-1〉 미국 항만개발제도 개요	21
〈그림 2-2〉 NY/NJ 컨테이너 항만시설 공급 및 항만수요 전망	23
〈그림 2-3〉 중국의 항만기본계획별 수립 주체 및 심사 사항 비교	25
〈그림 2-4〉 중국 항만개발 대상 선정 과정	26
〈그림 2-5〉 철도노선 서비스 수준 평가지표 개념도	35
〈그림 2-6〉 도로용량 분석의 목적	39
〈그림 2-7〉 신규도로 건설 시 차로 수 산정 과정 도식	42
〈그림 2-8〉 항만의 개발 범위 및 제외 대상	44
〈그림 2-9〉 물동량 연동 항만개발제도(트리거를) 개념도	45
〈그림 2-10〉 트리거를 적용 절차	46
〈그림 3-1〉 부산항 신항 컨테이너 부두 개발 계획 변화	51
〈그림 3-2〉 부산항 신항 대기척수 및 대기율 추이	52
〈그림 3-3〉 국내 항만 인프라 지수 및 순위	53
〈그림 3-4〉 China port index 항만별·평가지표별 비중	55
〈그림 3-5〉 EU Port Performance indicator 선정 및 측정	57
〈그림 3-6〉 선석 생산성 개념도	70
〈그림 3-7〉 선박 재항시간 개념도	72
〈그림 3-8〉 선박 대형화 추세(컨테이너선 기준)	73
〈그림 3-9〉 항만서비스 평가지표 활용 과정	75
〈그림 4-1〉 AHP를 통한 가중치 산정 알고리즘 개념도	79
〈그림 4-2〉 항만서비스 수준 측정 지표 가중치 산정을 위한 AHP 연구모형	83
〈그림 4-3〉 컨테이너 터미널 서비스 수준 분류	102
〈그림 4-4〉 주요 항만별 벌크(일반)부두 항만서비스 지수(PSI)	104
〈그림 4-5〉 벌크 부두 서비스 수준 분류	105
〈그림 5-1〉 항만시설 운영 필요시기 조정(안)	115
〈그림 5-2〉 항만의 개발 범위 개선(안)	116
〈그림 5-3〉 PSI 적용 절차(안)	118
〈그림 5-4〉 부산시 주요 간선도로 서비스 수준 개선대상 선정 과정	120

정책제안

■ 분석 내용 및 방법

1. 분석 내용

- 국내외 항만개발제도 특징 및 개발의사결정지표 고찰
- 국내 철도 및 도로(항만 외 SOC 부문) 개발제도 현황 및 특징 분석
- 항만서비스 수준 측정지표 및 지표 선정 단계 조사
- 각 서비스 수준 측정 지표들의 가중치 산정을 통한 항만서비스 종합지수 도출
- 국내 컨테이너 부두·벌크부두 서비스 수준 평가 및 6단계 수준(A~F) 분류

2. 연구 방법

- 국내외 항만개발제도 및 철도·도로와 같은 SOC 개발제도의 특징을 분석하기 위해 문헌조사 수행
- 항만서비스 수준 측정 지표 및 지표 간 가중치 산정 방법 선정을 위해 국내외 논문과 문헌자료 조사
- 채택된 네 가지 서비스 지표들을 지수화하기 위해 지표 간 가중치를 산정, 설문조사 기반의 주관적인 가중치 산정 기법인 AHP 활용
- 설문조사에 의존하지 않고 평가항목의 객관적 데이터 값을 통해 지표 간 가중치를 산정하는 엔트로피 가중치 산정법도 AHP와 병행하여 활용함

■ 정책제안

1. 기존 물동량과만 연동되던 항만개발제도가 서비스 수준과도 연동될 수 있도록 항만서비스 수준을 측정하고 평가할 수 있는 항만서비스 지수(PSI) 산정
 - 컨테이너와 벌크 부두를 구분하여 항만서비스 수준 분류 및 정의

〈컨테이너 부두 항만서비스 수준 분류 및 정의〉

등급	컨테이너 부두 서비스 수준 정의
서비스 수준 A	• PSI 값이 56.8 이상인 경우
서비스 수준 B	• PSI 값이 39.7 이상 56.8 미만인 경우
서비스 수준 C	• PSI 값이 34.0 이상 39.7 미만인 경우
서비스 수준 D	• PSI 값이 28.1 이상 34.0 미만인 경우
서비스 수준 E	• PSI 값이 17.5 이상 28.1 미만인 경우
서비스 수준 F	• PSI 값이 17.5 미만인 경우

2. 기존 항만개발제도 운영지침(2009년) 개정 및 항만서비스 지수(PSI) 도입 및 활용 방안 제시
3. 항만시설의 용량과 서비스 수준 산정 과정이 매뉴얼화되어 있는 항만용량편람 제정 제안

요 약

항만개발제도 개선방안 연구

이수영 · 이나영 · 신정훈 · 김영훈

1. 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 현행 ‘물동량 연동 항만개발’이 서비스 수준과도 연동될 수 있도록 항만서비스 수준 측정 지표를 선정하고 지표 간 가중치를 도출하여 항만서비스 지수를 산정하는 것임
 - 이를 위해 국외 항만개발제도 현황 및 특징들을 고찰함, 또한 항만 외 대표적인 국내 사회간접자본(SOC) 시설인 철도와 도로의 개발제도 특징 및 개발의사결정지표들을 분석하였음
 - 또한 항만서비스 지수(PSI)를 구성하는 서비스 수준 측정 지표들을 선정하기 위해 국내외 문헌연구 자료들을 조사함
 - 선정된 네 가지 항만서비스 지표 간 가중치를 대표적인 두 가지 산정 방법(AHP, 엔트로피)을 활용하여 산정하고 이를 바탕으로 항만서비스 지수 산정식 최종 도출
 - 도출된 항만서비스 지수를 바탕으로 국내 컨테이너·벌크 부두 서비스 수준을 측정하고 등급(A~F)을 6단계로 분류함

2. 연구의 방법 및 특징

1) 연구의 방법

- 본 연구에서는 문헌조사와 전문가 자문을 통해 국내외 항만개발제도 및 주요 SOC 시설의 개발제도를 비교 분석함
- 항만서비스 수준 측정 지표 및 지표 간 가중치 산정 방법 선정을 위해 국내외 논문과 문헌자료 조사
- 채택된 네 가지 서비스 지표들을 지수화하기 위해 지표 간 가중치를 산정, 체계적인 절차에 의해 수행되지만 주관적으로 가중치를 선정하는 AHP 방법 활용
- 최대한 주관적 요인을 배제하고 데이터 값의 수학적 계산을 통해 객관적으로 가중치를 선정하는 엔트로피 방법론을 병행 활용함
- 본 연구 결과를 종합하고 전문가들의 의견을 수렴하여 항만서비스 지수 도입 및 활용 방안을 제시하고 항만개발제도의 법적 지위를 강화하는 방안도 함께 제안함

〈요약 표 1〉 연구 내용 및 연구방법

구분	연구 내용	연구 방법
국내외 SOC 개발제도 현황 조사	• 항만개발제도 개선(안) 도출을 위해 미국, 중국의 항만개발제도 고찰 • 항만과 동일한 SOC 시설인 도로와 철도의 개발제도 특징 분석	• 문헌조사 • 전문가 자문
항만서비스 수준 평가지표 선정	• 항만서비스 수준을 측정할 수 있는 지표를 문헌연구 분석을 통해 선정 • 각 지표들을 구체적인 산식을 통해 정의함	• 문헌조사 • 전문가 자문

구분	연구 내용	연구 방법
항만서비스 지수 도출 및 평가	• 두 가지 대표적인 다기준 의사결정분석 기법(AHP, 엔트로피)을 통해 네 가지 항만서비스 지표 간 가중치를 산정함 • 두 방법론으로 도출된 지표별 가중치를 결합하여 최종 항만서비스 지수 산식 산정 • 항만서비스 지수를 통해 국내 항만 컨테이너·벌크 부두의 서비스 수준 평가 • 평가된 서비스 수준을 6개 그룹으로 분류하고 수준을 정의함	• AHP • 엔트로피 가중치 산정
항만개발제도 개선(안) 도출	• 항만서비스 지수 도입 및 활용 방안 제시 • 기존 항만개발제도 운영지침 개정(안) 제시	• 전문가 인터뷰 • 문헌조사

자료: 저자 작성

2) 연구의 특징

- 본 연구의 가장 큰 특징은 ‘물동량’뿐만 아니라 ‘서비스 수준’과도 연동되는 항만개발제도 개선(안)을 도출한 것임
 - 이를 위해 항만의 서비스 수준을 측정할 수 있는 지표를 선정하고 비교 분석에 용이한 항만서비스 지수를 개발
 - 지수개발과 개선(안) 도출을 위해 항만과 유사한 SOC 시설인 철도와 도로 부문에는 서비스 수준을 측정하는 지표 및 지수 관련 연구들을 분석함
- 컨테이너 부두뿐만 아니라 벌크부두로 연구대상을 확대하여 동시에 항만서비스 수준을 측정함
 - 기존 항만서비스 수준을 측정한 대부분의 선행연구들은 컨테이너 부두 또는 벌크 부두 중 한 분야의 서비스 수준을 측정하고 연구하는 데 그침
 - 반면 본 연구에서는 학술적으로 대표성을 갖고 측정에 용이한 지표들로 서비스 지수를 구성하여 컨테이너·벌크 부두 모두 일괄적으로 서비스 수준을 측정함

-
- 항만서비스 지수의 객관성과 타당성 제고를 위해 정성·정량적 방법론을 통해 산정된 가중치를 결합하여 최종 지표 간 가중치로 선정
 - 대부분의 연구에서는 대표적인 다기준 의사결정기법인 AHP, ANP 또는 엔트로피 가중치 기법 중 한 가지 방법론을 특정하여 가중치를 산정하였음
 - 이에 반해 본 연구에서는 가중치 산정의 대표적인 정성적 연구 방법론(AHP)과 정량적 측정값을 통해 가중치를 도출하는 엔트로피 가중치 산정 기법의 결괏값을 종합하여 최종 가중치를 산정함
 - 두 방법론으로 도출된 가중치 값이 상이하고 상반된 특성(정성적, 정량적)의 방법론이기 때문에 한 가지 방법론을 통해 도출된 가중치를 선택하기보다는 두 가중치를 종합하는 것이 더 합리적이라고 판단함

3. 연구 결과

1) 연구 결과 요약

- 주요 국가의 항만개발은 우리나라와 유사하게 일정한 절차에 의해 개발 대상을 선정하고 예산을 투입하고 있지만, 우리나라보다 좀 더 유연하게 개발제도가 운영되고 있었으며 개발의사결정지표도 다양함
- 미국과 중국의 경우 항만의 글로벌 공급망 역할 확대 및 항만시설의 노후 개선 등 항만의 품질(quality) 제고가 필요하다고 판단될 경우 항만건설에 대규모 예산을 투입함
- 항만 외 SOC 시설인 철도·도로의 개발제도와 관련된 문헌들을 분석하고 전문가 자문을 수행한 결과, 양적 지표 외에 시설의 서비스 수준과 같은 질적 지표도 함께 반영하여 개발을 추진하고 있었음
- 도로와 철도 모두 시설 서비스 수준(LOS) 개념을 도입하였고 각 부문의

시설 개발 시 서비스 수준 등급 분류 결과를 활용함

- 기존 항만개발제도는 효율적으로 한정된 예산을 집행했다는 긍정적인 평가와 함께, 정형화된 양적 기준(TP=0.5)의 일률적인 적용으로 항만의 경쟁력과 서비스 수준을 담보 또는 저하시켰다는 엇갈린 평가가 존재함
- 현행 항만개발제도는 장래 항만물동량 변동과 하역능력에 따라 항만시설 준공 시기 및 규모를 조정하는 제도로 기존 부두의 하역능력을 초과하는 물동량이 추가시설 하역능력의 50%(TP=0.5)가 되는 시점에 시설 공급을 목표로 함
- 다수의 선행연구 분석결과를 바탕으로 항만서비스 지수를 구성할 네 가지 지표로 선박대기율, 선석생산성, 선박재항시간, 선박생산성을 선정함
- 항만서비스 수준 측정 지표를 선정하기 위해 기존 문헌연구들에서 활용한 항만서비스 수준 평가지표를 시설지표, 운영지표, 재정지표, 생산성 지표로 구분하고 가장 많이 채택된 지표들의 빈도를 파악함
- AHP와 엔트로피 방법론을 활용해 네 가지 지표별 가중치 값을 도출한 후 이를 결합하여 종합 가중치를 산정함
- 최종 컨테이너 부두의 서비스 수준을 측정하는 지표별 종합 가중치는 선석생산성 27.8%, 선박생산성 34.9%, 선박재항시간 11.7%, 선박대기율 25.7%로 산출됨

〈요약 표 2〉 항만서비스 측정지표 간 가중치 종합 산정 결과(컨테이너 부두)

구분	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
AHP(%)	33.8	25.8	19.2	21.3
엔트로피(%)	21.8	44.0	4.1	30.1
종합 가중치(%)	27.8	34.9	11.7	25.7

자료: 저자 작성

- 벌크 부두의 항만서비스 수준을 측정하는 네 가지 지표별 종합 가중치 결과는 선석생산성 28.2%, 선박생산성 33.4%, 선박재항시간 16.8%, 선박대기율 21.8%로 산출되었음

〈요약 표 3〉 항만서비스 측정지표 간 가중치 종합 산정 결과(벌크 부두)

구분	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
AHP(%)	33.8	25.8	19.2	21.3
엔트로피(%)	22.5	40.9	14.4	22.2
종합 가중치(%)	28.2	33.4	16.8	21.8

자료: 저자 작성

- 지표별 종합 가중치 값을 활용하여 항만서비스 지수의 산식을 도출함, 이를 바탕으로 국내 컨테이너와 벌크 부두의 서비스 수준을 평가하고 이 측정 결과를 여섯 가지로 분류하고 각각의 서비스 수준을 정의함
- 컨테이너 부두 항만서비스 지수 산식은 다음과 같음

$$P_{ij} = 0.278 \times BMPH_{ij} + 0.349 \times TS_{ij} + 0.117 \times TAT_{ij} + 0.257 \times WR_{ij}$$

P_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 컨테이너 부두 항만서비스 지수

$BMPH_{ij}$: i항만(터미널)의 j년도 선석 생산성

TS_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박 생산성

TAT_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박재항시간

WR_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박대기율

- 벌크부두의 항만서비스 지수 산식은 다음과 같음

$$P_{ij} = 0.282 \times BMPH_{ij} + 0.334 \times TS_{ij} + 0.168 \times TAT_{ij} + 0.218 \times WR_{ij}$$

- P_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 벌크 부두 항만서비스 지수
 $BMPH_{ij}$: i항만(터미널)의 j년도 선석 생산성
 TS_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박 생산성
 TAT_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박재항시간
 WR_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박대기율

- 국내 항만의 벌크 부두 서비스 수준을 총 6단계로 등급화 하였으며 PSI 값을 기준으로 등급별 서비스 수준을 정의함

〈요약 표 4〉 벌크 부두 항만서비스 수준 분류 및 정의

등급	벌크부두 서비스 수준 정의
서비스 수준 A	PSI 값이 68.5 이상인 경우
서비스 수준 B	PSI 값이 45.1 이상 68.5 미만인 경우
서비스 수준 C	PSI 값이 36.1 이상 45.1 미만인 경우
서비스 수준 D	PSI 값이 28.4 이상 36.1 미만인 경우
서비스 수준 E	PSI 값이 16.7 이상 28.4 미만인 경우
서비스 수준 F	PSI 값이 16.7 미만인 경우

자료: 저자 작성

2) 정책대안 제시내용 및 정책화 활동

- 2009년도에 도입된 기존 항만개발제도 운영지침 개정(안)을 용어 정의, 시행기관 간 역할, 운영 필요시기, 대상사업 범위 등으로 구분하여 제안함
- 개념 정의, 수요검토위원회 역할 재정립 등과 관련된 항만개발제도 개선(안)은 다음과 같음

〈요약 표 5〉 항만개발제도 개선(안)

구분	물동량 연동 항만개발제도 (2009)	항만개발제도 개선(안) (2022)
개념 정의 범위	• 물동량 연동 정의 • 물동량 연동 항만개발제도	• 물동량 연동/서비스 연동 정의 • 물동량과 서비스 연동 항만개발제도 • 장래물동량뿐만 아니라 서비스 지표의 정의, 측정값 등의 타당성 검토까지 역할 확대 • 운영 필요시기 재심사
항만수요검토 위원회 역할	• 물동량 예측 과정의 적정성 및 객관성 확보를 위한 자문위원회	• 운영 필요시기 재심사
항만개발제도 시행기관	• 지방해양수산청 • 항만공사 • 한국컨테이너부두공단	• 지방해양수산청 • 항만공사 • 지방자치단체

자료: 저자 작성

- 기존 항만개발제도에서 불분명했던 기관 간 역할을 조정한 결과는 다음과 같음

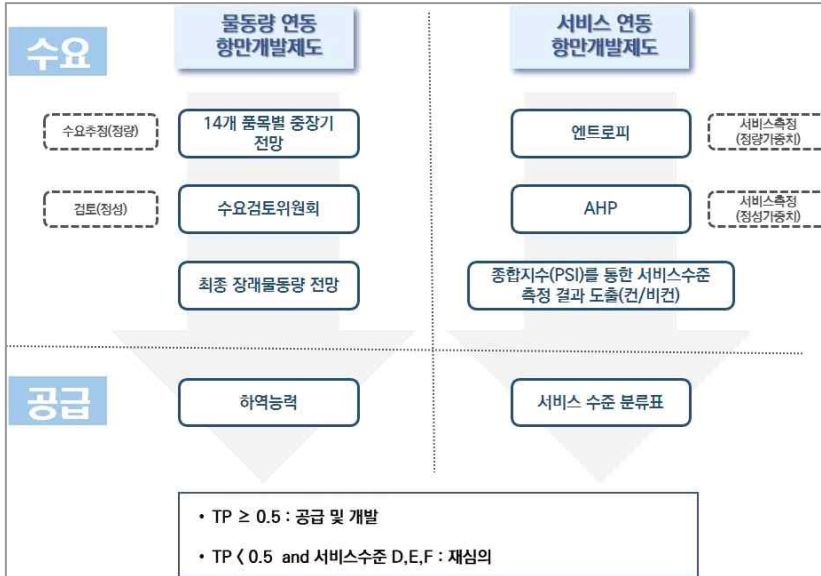
〈요약 표 6〉 항만개발제도 개선(안)_기관 간 역할 조정

구분	물동량 연동 항만개발제도 (2009)	항만개발제도 개선(안) (2022)
해양수산부	• 물동량 연동 항만개발제도 관리·운영 • 항만개발사업의 일정 최종 확정	• 신규 항만개발제도 관리·운영 • 항만개발사업의 일정 최종 확정 • 항만수요 검토보고서 작성을 KMI에 위탁
시행기관	• 해양수산부 장관과 협의 시 사전검토서 제출	• 항만건설사업 규모 및 추진일정 조정 신청
한국해양수산 개발원(KMI)	• 사전검토서 적정성 검토를 통해 항만개발제도의 원활한 운영 지원	• 신규 항만개발 수요, 부두기능 변경 등 요청에 항만수요 검토보고서 작성 • 항만수요 검토보고서 적정성 검토를 통해 항만개발제도의 원활한 운영 지원

자료: 저자 작성

- 신규 항만개발제도 개선(안)에는 ‘물동량’뿐만 아니라 ‘서비스 수준’도 항만시설 필요시기 결정지표로 포함됨, 이에 개선(안)에 항만개발제도 운영 필요시기를 양적 지표(물동량)와 질적 지표(서비스 수준)로 구분하여 제시함

〈요약 그림〉 항만개발제도 개선(안)_개발제도 운영 필요시기 조정



자료: 저자 작성

- 항만서비스 수준 개념과 전용부두별 서비스 수준 산정 산식, 적정수준 정의 등을 담을 수 있는 항만용량편람을 제정하여 항만개발 대상을 선정하고 추진하는 과정 등을 매뉴얼화해야 함
- 항만과 같은 SOC 시설인 도로와 철도 부문에는 각각 도로용량편람, 철도 용량편람이 제정되어 있음, 이에 개발 대상을 선정하고 추진하는 과정이 투명하며 학술적·법률적 근거가 마련되어 있음

3) 정책적 기여 등 기대효과

- 항만서비스 지수 개발을 통해 양적 지표인 ‘물동량’뿐만 아니라 질적 지표인 ‘서비스 수준’과 연동되는 항만개발제도 개선(안) 도출
 - 최근 항만 경쟁력은 인프라뿐만 아니라 서비스 수준에 의해서도 크게 좌우되는 만큼 물동량 외에 항만의 품질을 평가할 수 있는 질적 지표가 필요함
 - 국내 부두시설의 노후화는 점차 가속화되고 있어 항만시설의 서비스 수준 저하가 우려되지만 현재 항만개발제도로는 서비스 수준을 평가하고 개발 지표로 활용할 수 있는 기준이 전무하였음
 - 본 연구에서 신규 항만건설뿐만 아니라 재개발, 리뉴얼 등 다양한 항만건설사업 추진의 근거로 활용될 수 있는 항만서비스 수준 측정 지표와 지수를 도출함
 - 향후 항만개발제도를 실제로 개선하고 운영하는 참고 및 기초자료로 활용될 것으로 예상됨
- 본 연구에서 제안한 항만개발제도 운영지침 개선(안)을 통해 즉각적으로 도입된 지 13년 경과된 기존 운영지침을 개정할 수 있을 것으로 기대됨
 - 항만시설의 공급시기와 규모를 결정하기 때문에 항만개발의 근간이 되는 항만개발제도의 운영지침은 도입된 이후 한 번도 개정되지 않았음
 - 이에 항만개발제도 도입 당시(2009년도)와 달라진 항만물류 여건에 대한 반영도 미흡하였고 용어 정의, 기관 간 역할 등이 모호하였음
 - 본 연구에서 제시한 항만개발제도 운영지침 개선(안)은 즉각적으로 기존 운영지침을 개정하고 항만개발제도 실제 운영에 활용할 수 있을 것으로 기대됨

EXECUTIVE SUMMARY

A Study on the Improvement of the National Trade Port Development System

Su-Young Lee · Na-Young Lee · Jung-Hun Shin · Young-Hun Kim

1. Purpose

- The purpose of this study is to calculate the Port Service Index (PSI) by selecting indicators to measure the Level of Service (LOS) of ports and deriving weights between the indicators, so that the current “throughput-linked port development (Trigger Rule)” can be linked with the level of service.
- To this end, the current status and characteristics of domestic and foreign port development systems were examined. The characteristics of development systems and development decision-making indicators for railroads and roads, the two representative domestic social overhead capital facilities other than ports, were also analyzed.
- In addition, domestic and foreign literature research data were examined in order to select LOS measuring indicators constituting

the Port Service Index.

- Two representative calculation methods (AHP and entropy) were used to obtain weights between four selected port service indicators, based on which a PSI calculation formula was finally derived.
- Based on the resultant Port Service Index, the LOS of domestic container and bulk terminals was measured and classified in to 6 classes (A to F).

2. Methodology and Features

1) Methodology

- This study compared and analyzed domestic and foreign port development systems and development systems of major social overhead capital facilities through literature review and consultation with experts.
- In-depth study on domestic and foreign papers and literature was carried out in order to select indicators measuring the port LOS and a method to calculate weights between the indicators.
- Weights between indicators were calculated to index the four selected service indicators, while the AHP methodology was used, being carried out according to the systematic procedure but selecting weights subjectively.

- The entropy methodology was used in parallel, which excludes subjective factors as much as possible and objectively selects weights through the mathematical calculation of data values.
- By aggregating the result of this study and collecting the opinions of experts, this study presented a plan to introduce and utilize the PSI along with a plan to strengthen the legal status of the port development system.

〈Content and methods of the study〉

Classification	Research content	Method
Investigating the present status of domestic and foreign SOC development systems	• In-depth study on port development systems in the US and China to present improvement measures for port development system (proposal) • Analysis on the characteristics of development systems for roads and railroads, which are similar SOC facilities to ports	Literature review Consultation with experts
Selecting indicators assessing the level of port service	• Selection of indicators capable of measuring the level of port services through literature review and analysis • Each indicators being defined through specific arithmetic formulas	Literature review Consultation with experts
Calculating and assessing the Port Service Index	• Estimation of the weights between four port service indicators through two representative multi-criteria decision making methods (AHP and entropy) • Estimation of the final PSI formula by combining weights per indicators extracted via the two methodologies • Assessment of the level of port services for container and bulk terminals through the PSI • Classification of assessed level of port services into 6 groups and define the levels	AHP (Analytic Hierarchy Process) The Entropy weights method
Drawing the improvements of port development system (proposal)	• Suggestions on the measures for introduction and utilization of the PSI • Proposal of improvements for the operational guideline of the existing port development system	Interview with experts Literature review

2) Features

- The most distinct feature of this study is to draw improvement measures (proposal) of port development system that is able to connect not only with 'throughputs' but also with the 'level of service'.
- To achieve this, this study selected indicators capable of measuring the level of port services, and developed the Port Service Index (PSI) which allows easy comparison and analysis.
- Research relevant to indicators and index was analyzed that examine the level of service in roads and railways, which are similar SOC facilities to ports, in order to develop the Index and to draw improvement measures.
- The scope of this research was expanded not only to include container terminals, but further to ports for bulk carriers, while simultaneously measuring the level of port services.
- Most of the preceding studies estimating the level of existing port services ended up in selecting and measuring the level of service either container ports or bulk carrier ports for research.
- This study, however, estimated the level of service to both container terminals as well as bulk carrier terminals by constituting the port service index with indicators that are easy to measure and possess academic representativeness.
- To boost the objectivity and feasibility of the PSI, this study selected the final weights between indicators by combining the weights selected through both quantitative and qualitative

methods.

- Most preceding studies have estimated the weights by specifying one methodology from representative multi-criteria decision making methods including AHP, ANP and entropy weights method.
- In contrast, this study calculated the final weights by aggregating the results from AHP method, which is a representative qualitative method for weight estimation as well as an entropy weights method, a major qualitative weight estimation approach.
- Rather than the weights extracted from one methodology, aggregation of the two weights was determined to be more reasonable outcome since the values extracted from the two methodologies have conflicting features (quantitative and qualitative).

3. Result

1) Summary

- For port development in major countries, similar to that in Korea, the targets of development are selected and budget is invested by a certain procedure, but their development systems are operating more flexibly compared to Korea and their development decision-making indicators are diverse.
- The US and China invest large-scale budget when it is deemed necessary to improve the quality of their ports, including

expanding the role of ports as the global supply chain and improving aging port facilities.

- The results of analysis on literature relevant to the development systems of railroads and roads, the two social overhead capital facilities other than ports, as well as consultation with experts showed that not only quantitative indicators but also qualitative indicators like the LOS of facilities were reflected in the development process.
- The concept of the Level of Service (LOS) was adopted both for roads and railroads, and the result of LOS classification was used when developing facilities in each sector.
- There is a mixed evaluation that the existing port development systems have stagnated or deteriorated the competitiveness and LOS of ports due to the uniform application of the standardized qualitative criteria (TP = 0.5) while executing limited budget efficiently.
- The current port development system is to adjust the construction completion time and size of port facilities according to future changes in port throughput and loading/unloading capacity. The system aims at supplying facilities at the point of time when the throughput exceeding the loading/unloading capacity of the existing terminals reaches 50% (TP=0.5) of the loading/unloading capacity of additional facilities.
- Based on the result of analysis on a variety of preceding studies, the ship waiting rate, berth productivity, ship turnaround

time and ship productivity were selected as four indicators to constitute the Port Service Index.

- In order to select port LOS measuring indicators, port LOS evaluation indicators used in the existing literature researches were divided into facility indicators, operational indicators, financial indicators and productivity indicators, and the frequency of the most adopted indicators was identified.
- The AHP and entropy methodologies were used to derive weights for each of four indicators which were later combined to calculate the comprehensive weight.
- The comprehensive weights of each indicator to measure the LOS of final container terminals were calculated at 27.8% for the berth productivity, 34.9% for the ship productivity, 11.7% for the ship turnaround time and 25.7% for the ship waiting rate.

〈Comparison of weights between indicators for port services (container terminals)〉

Classification	Berth productivity	Ship productivity	Ship turnaround time	Ship waiting rate
Entropy (%)	21.8	44.0	4.1	30.1
AHP(%)	33.8	25.8	19.2	21.3
Aggregated weights (%)	27.8	34.9	11.7	25.7

Source: Prepared by the authors

- The aggregated weights for each of four indicators to measure the port SOL of bulk terminals were calculated at 28.2% for the berth productivity, 33.4% for the ship productivity, 16.8% for the ship turnaround time and 21.8% for the ship waiting rate.

〈Calculation of aggregated weights between indicators for port services
(Bulk terminals)〉

Classification	Berth productivity	Ship productivity	Ship turnaround time	Ship waiting rate
Entropy (%)	22.5	40.9	14.4	22.2
AHP(%)	33.8	25.8	19.2	21.3
Aggregated weights (%)	28.2	33.4	16.8	21.8

Source: Prepared by the authors

- The calculation formula of the Port Service Index (PSI) was derived by using the aggregated weights of each indicator, based on which the LOS of domestic container and bulk terminals were evaluated and this measurement result was divided into 6 classes to define each LOS.
- The formula for the Port Service Index (PS) of container terminals is as follows:

$$P_{ij} = 0.278 \times BMPH_{ij} + 0.349 \times TS_{ij} + 0.117 \times TAT_{ij} + 0.257 \times WR_{ij}$$

P_{ij} : Container terminal Port Service Index in year j at port i (terminal)

$BMPH_{ij}$: Berth productivity in year j at port i (terminal)

TS_{ij} : Ship productivity in year j at port i (terminal)

TAT_{ij} : Ship turnaround time in year j at port i (terminal)

WR_{ij} : Ship waiting rate in year j at port i (terminal)

- The formula for the Port Service Index (PS) of bulk carrier terminals is as follows:

$$P_{ij} = 0.282 \times BMPH_{ij} + 0.334 \times TS_{ij} + 0.168 \times TAT_{ij} + 0.218 \times WR_{ij}$$

P_{ij} : Port Service Index for bulk carriers in year j at port i (terminal)

$BMPH_{ij}$: Berth productivity in year j at port i (terminal)

TS_{ij} : Ship productivity in year j at port i (terminal)

TAT_{ij} : Ship turnaround time in year j at port i (terminal)

WR_{ij} : Ship waiting rate in year j at port i (terminal)

- The LOS of bulk terminals in domestic ports was classified into 6 classes, and the LOS of each class was defined based on PSI values.

〈Classification and Definition of Port LOS of Bulk Terminals〉

Class	Definition of Bulk Terminals' LOS
Level of Service A	When the PSI value is 68.5 or higher
Level of Service B	When the PSI value is 45.1 or higher and less than 68.5
Level of Service C	When the PSI value is 36.1 or higher and less than 45.1
Level of Service D	When the PSI value is 28.4 or higher and less than 36.1
Level of Service E	When the PSI value is 16.7 or higher and less than 28.4
Level of Service F	When the PSI value is less than 16.7

Source: Prepared by the authors

2) Policy suggestions and policy-making activities

- Based on the operational guideline of port development system (proposal) adopted in 2009, this study made suggestions for revision under the following classifications; terminology definition, roles between operational institutions, time for the operation and scope of target projects.

- The following table illustrates improvement measures for port development system pertaining to concept definition and reestablishment of the role of the Demand Review Committee.

〈Improvement measures for port development system (proposal)〉

Classification	Trigger Rule (2009)	Improvements of port development system (2022)
Scope of concept definition	• Define 'throughput-linked' • Trigger Rule (Throughput linked port development system)	• Define 'throughput linked and service linked' • Throughput and service linked port development system
Role of the Demand Review Committee	• An advisory committee for securing the appropriateness and objectivity of throughput forecasting process	 • Expand the role not only to forecast future throughput but also to review the definitions of service indicators as well as the feasibility of measured values • Reexamine the time for operation
Operational institutes of port development system	• Regional offices of oceans and fisheries • Port authorities • Container Port Authority	• Regional offices of oceans and fisheries • Port authorities • Local governments

- The result of adjusting the roles of institutions which were ambiguous in existing port development system is shown below:

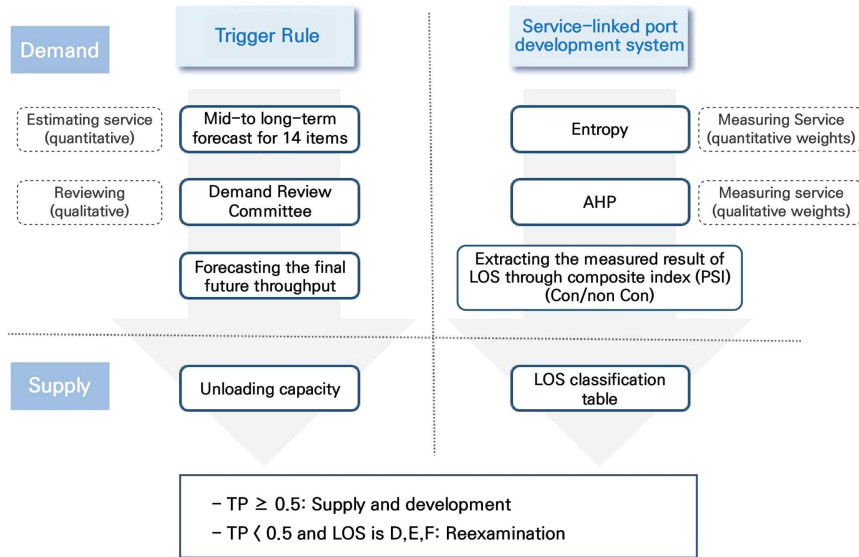
〈Improvement measures for port development system (proposal)〉

_Adjustment of the role of institutions

Classification	Trigger Rule (2009)	Improvements of port development system (2022)
Ministry of Oceans and Fisheries (MOF)	• Manage and operate throughput linked port development system (Trigger Rule) • Confirm the final schedule of port development project	• Manage and operate a new port development system • Confirm the final schedule of port development project • Entrust the writing of a report on port demand review to the KMI
Operational institutes	• Submit a preliminary review paper when having discussion with the Minister of Oceans and Fisheries	• Apply for the adjustment of the scope and schedule of port construction project
Korea Maritime Institute (KMI)	• Support for smooth operation of port development system by reviewing the feasibility of preliminary report	• Write a report on port demand review on the request of changes in terms of new port development demand and port functions • Support for smooth operation of port development system by reviewing the feasibility of port demand review report

- Improvement measures for a new port development system (proposal) includes not only “throughput” but also the “LOS” as an indicator for determining the time for necessitating port facilities. Therefore, the improvement measures are suggested by dividing the time for the operation of port development system into quantitative indicators (throughput) and qualitative indicators (LOS).

〈Improvement measures for port development system
(proposal)〉_Adjustment of the time for operation



- It is necessary to formulate the “Port Capacity Manual” which includes information such as the concept of port LOS, formulas for estimating the LOS per exclusive port terminals and the definition of appropriate levels, so that the overall process of selecting the target of port development and its implementation can be summarized into a manual.
- For roads and railways, which are SOC facilities similar to ports, the Road Capacity Manual and Railway Capacity Manual have been formulated respectively. Thereby, the process of selecting the target for development and its implementation has been transparent and supported by academic and legal grounds.

3) Expected benefits including policy contribution

- The development of the Port Service Index (PSI) is able to draw the improvement measures for port development system (proposal) that are able to connect the qualitative indicator of throughput, as well as a qualitative indicator of the level of “service”.
- Recently, a port’s competitiveness is significantly affected not only by infrastructures but also by the level of service, which increases the need for qualitative indicators to assess the quality of ports.
- Concerns have been growing over deteriorating service levels in port facilities in Korea due to accelerated aging of terminal facilities. However, the current port development system does not possess any standard for assessing the level of service and utilizing development indicators.
- This study extracted indicators and index capable of measuring port LOS that can be utilized as solid grounds for building a new port as well as implementing a variety of port construction projects such as redevelopment and renewal of ports.
- This study will be used as reference and basic data for improving and operating port development systems in practice.
- The improvements for the operational guideline of port development system (proposal) suggested by this study will immediately enable the existing operational guideline to be revised after 13 years since its adoption.

-
- Serving as the foundation for port development, the operational guideline of port development system has not been revised since its adoption as it determines the timing and size of supplying port facilities.
 - Therefore, the existing guideline has not been able to reflect changing environmental conditions in ports and logistics since its adoption (2009) with vague definition of terminology and the roles of relevant institutions.
 - The improvements for the operational guideline of port development system (proposal) suggested by this study can be immediately used to amend the existing operational guideline and will be utilized in the actual operation of port development system.

01

서론

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경 및 필요성

우리나라는 2021년 기준 세계 8위 무역 국가로 대부분의 수출입 화물이 항만을 통해 교역이 이루어지고 있어 국가 경제에서 항만의 역할과 위상은 매우 높다. 2021년 기준 우리나라 총무역액은 약 1조 2,596억 달러에 이르며 수출은 6,445억 달러로 세계 7위 기록하고, 수입도 6,150억 달러를 기록하는 등 우리나라는 무역을 통해 국가 경제 발전을 꾀하고 있다. 남북분단과 지정학적 여건으로 우리나라 무역은 대부분 항공보다는 항만을 통해 교역이 이루어지고 있다. 2021년 금액 기준으로는 전체 화물의 66.9%, 중량 기준으로는 99.8%가 항만을 통해 교역되고 있어¹⁾ 항만의 국가 무역 기여도는 절대적인 위상을 차지하고 있다고 해도 과언이 아니다. 이러한 우리나라 무역 여건의 측면에서 보면 항만이 국가 경제와 산업에 매우 중추적인 역할을 담당하고 있는 것은 주지의 사실이라 할 수 있다.

1) 무역협회(검색일: 2022.6.7.)

무역의 주요 관문 역할을 하는 무역항은 전국에 30개에 이르며 2021년 기준 항만개발에 투입되는 예산은 1조 5,896억 원으로 전체 사회간접자본(SOC: Social Overhead Capital) 시설 예산의 9.0%를 차지한다. 항만에는 철도(30.5%)와 도로(28.3%) 다음으로 높은 비중의 예산이 투입되는데, 코로나19로 침체된 지역경제 조기 회복 지원과 지역과 상생하는 신항만 구축을 위해 2021년 예산은 전년 대비 9.0% 증가하였다(아래 <표 1-1>).

<표 1-1> SOC시설 예산 대비 항만 부문 비중

단위: 억 원

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021
전체 SOC 예산	236,950	221,355	189,916	197,531	231,311	265,090
항만 부문	14,186 (6.0%)	13,890 (6.3%)	13,068 (6.9%)	12,916 (6.5%)	14,581 (6.4%)	15,896 (6.0%)

주: ()는 전체 SOC 예산 대비 비중

자료: 해양수산부(2021), p. 39.

2021년 기준 항만 부문 예산의 90.1%가 10대 신항만 개발(52.0%)과 주요항 및 일반항의 개발(38.1%)에 투입되고 있는데 주로 유지보수와 침수 취약지구 및 방파제 보강 등에 사용되고 있다(아래 <표 1-2>).

<표 1-2> 항만 부문 예산 배분 항목

단위: 억 원

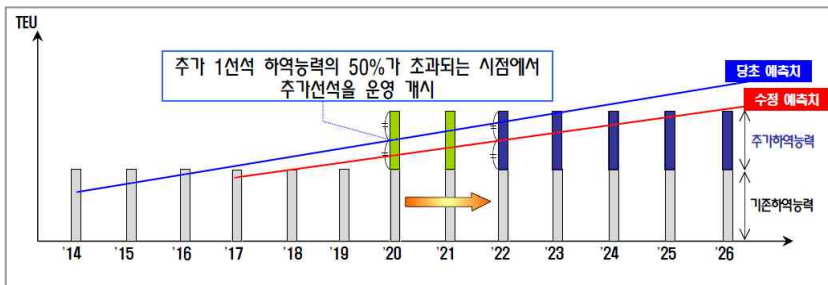
구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021
항만 부문	14,186	13,890	13,068	12,916	14,581	15,896
신항만	6,429 (45.3%)	7,160 (51.5%)	6,023 (46.1%)	6,274 (48.6%)	7,566 (51.9%)	8,259 (52.0%)
주요항 및 일반항	7,445 (52.3%)	6,389 (46.3%)	5,882 (45.0%)	5,353 (41.4%)	5,872 (39.3%)	6,068 (38.1%)
그린 포트	312 (2.4%)	341 (2.2%)	1,163 (8.9%)	1,289 (10.0%)	1,143 (8.8%)	1,569 (9.9%)

주: ()는 항만 부문 예산 대비 비중

자료: 해양수산부(2021), p. 40~41를 바탕으로 저자 재작성

이와 같이 대규모의 예산이 소요되는 항만시설을 효율적으로 적기에 공급하기 위해 ‘물동량 연동 항만개발제도(트리거룰, Trigger Rule)’가 고안되었다. 물동량 연동 항만개발제도는 매년도 항만물동량 예측결과를 반영하여 항만개발 사업일정 전반을 관리함으로써 적정규모의 항만시설이 확보될 수 있도록 지원하는 제도를 의미한다(아래 <그림1-1>). ‘물동량 연동’은 항만물동량 변동 추이에 따라 준공 예정시기 산정 및 사업단계별 추진 일정을 조정하는 것인데 이때 트리거 포인트(TP: Trigger Point)에 따라 항만시설의 공급시기가 결정된다.

<그림 1-1> 트리거룰 TP 및 운영시기 결정



자료: 해양수산부(2019), p. 459.

우리나라 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)에서 트리거 포인트는 추가 하역능력 대비 초과물동량이 50%가 되는 시점(TP=0.5)을 의미하는데, 해당 항만의 물동량이 트리거 포인트에 도달하는 시기를 운영시기로 결정하고 있다. 이후 전국 항만기본계획을 통해 트리거 포인트 도달시점에 항만시설이 추가 공급될 수 있도록 시설공정 기간을 역산하여 항만건설을 추진하고 있다.

물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)는 2차 항만기본계획 수정계획 수립(2006년 12월) 시 제도의 도입 필요성과 가능성을 처음 타진한 이후 2007

년에 항만시설 개발의 타당성 확보와 과잉공급 방지를 위해 도입되었다. 이후 본격적으로 항만개발 사업에 직접 적용된 것은 2008년부터로, 이후 컨테이너 부두 23개 선석 건설에 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)가 적용되었다. 다시 말해 2008년 4월 트리거룰 운용계획이 수립된 이후 그 해 6월부터 지금까지 항만개발추진에 필요한 예산편성 시 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)가 적용되었다고 볼 수 있다.

부산 신항의 2-5단계 선석개발도 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)가 적용되어 시설 공급시기와 규모가 조정되었다. 당초 2018년도에 부산항의 컨테이너 항만물동량(1,704만 1천 TEU)이 적정하역능력(1,608만 TEU)을 96만 1천 TEU 초과할 것으로 예상하였는데 이때 초과물량 대비 단위 선석의 하역능력(60만 TEU)을 고려한 결과 트리거 포인트가 약 1.6으로 분석되었다. 이에 그 당시 항만당국은 2017년에 2선석 개발을 완료하고 2018년부터 부두를 운영할 수 있도록 선석 개발을 추진하였다. 하지만 장래물동량과 하역능력의 변화로 당초 추진했던 2-5단계 항만건설 계획은 변경되었는데, 항만시설 공급 시기와 규모 산정에 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)가 활용된 대표적인 사례라 할 수 있다.

항만뿐만 아니라 도로, 철도와 같은 대형 SOC 시설들은 설계부터 건설과 완공까지 상당한 기간이 소요되고 국가 경제활동에 미치는 파급효과가 크기 때문에 공급 규모와 시기를 정확히 전망하는 것이 매우 중요하다. 항만 부문에서는 그 시기를 전망하는 핵심기준이 장래항만물동량과 하역능력인 반면 도로와 철도 부문에서는 용량(Capacity)뿐만 아니라 서비스의 질(Quality)을 함께 고려하고 있다. 즉 도로와 철도는 서비스 수준과 연동되어 시설이 개발되고 있고, 개발규모와 투입시기를 전망하는 기준인 서비스 수준이 각각 도로용량편람과 철도용량편람에 정의되어 있으며 평가 기준까지도 함께 제시되어 있다. 운영지침에 제도의 간단한 정의와 적용대상만 제시된 ‘물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)’ 대비 타 SOC 부문의 개발제

도는 보다 명문화된 기준을 갖추고 있어 시설규모와 공급시기 전망 과정이 더 체계적이라 할 수 있다. 도로의 경우 고속도로, 다차도로, 2차도로, 신호 교차로 등 다양한 도로 종류별 서비스 수준이 정의되어 있는데 고속도로의 서비스 수준 정의 및 기준은 아래 <표 1-3>처럼 분화되어 있다.

<표 1-3> 고속도로 서비스 수준 정의 및 기준

구분	고속도로 기본구간 서비스 수준
서비스 수준 A	• 완전한 자유 통행 상태, 차량들은 교통류 속에서 거의 방해받지 않고 운행, 물리적으로나 심리적으로 운전자들에게 아주 편안한 수준 제공
서비스 수준 B	• 상당히 양호한 자유 통행 상태, 운전자들이 통행하는 데 약간의 제한을 받으며 물리적, 심리적으로 편안함을 느낌
서비스 수준 C	• 안정된 운행상태를 제공하지만 교통량이 조금만 증가해도 서비스 질이 많이 떨어지는 수준, 운전자들은 안전하게 운행하기 위해 더욱 주의를 기울여야 하기 때문에 다소 긴장함
서비스 수준 D	• 안정된 흐름이지만 이 수준을 조금만 넘어서도 서비스 질이 크게 떨어지며 불안정 교통류가 됨, 운전자들은 물리적, 심리적으로 심하게 압박을 받음
서비스 수준 E	• 차량들이 매우 불안정한 상태로 통행함, 어떠한 사소한 방해요인도 분산시켜 흡수할 여유가 없는 상태임
서비스 수준 F	• 교통수요가 교통용량을 넘어서서 통행이 와해된 상태를 의미

자료: 정준화 외(2013), p. 22를 바탕으로 저자 재작성

당초 항만의 신규시설 공급규모와 투입시기 전망에 활용될 목적이었던 물동량 연동 항만개발제도는 항만의 재개발과 리뉴얼, 부두기능 변경 승인 등에까지 확대되어 적용되고 있다. 위에서 언급된 다양한 항만건설사업들의 추진시기와 규모를 판단할 때 적용되는 기준으로 물동량만 있는 현행 항만개발제도하에서는 서비스 품질이 저하되어 물동량 실적이 저조한 항만 시설은 방치되거나 유희화될 가능성이 높다. 아래 <표 1-4>에 따르면

2035년의 경우 30년 이상된 항만시설이 90%를 상회하게 된다. 이처럼 국내 부두시설의 노후화는 점차 가속화되고 있어 항만시설의 서비스 품질 저하가 우려되지만, 현재 항만개발제도로는 항만시설(부두)의 서비스 품질을 반영하여 신규 시설을 개발하거나 부두 기능 변경·리뉴얼 추진에 많은 제약이 따른다. 특히 부지를 확보하고 기반공사를 마친 후 신규시설을 공급하는 것보다 예산 절감효과가 큰 기존 시설의 재개발과 리뉴얼 사업 추진 시기와 공급규모를 산정할 수 있는 서비스 수준 기준이 전무한 실정이다.

〈표 1-4〉 항만시설 노후화 비중 변화 추이

구분	30년 이상	40년 이상	50년 이상
2015년	222 (26.5%)	67 (8.0%)	24 (2.9%)
2025년	442 (52.8%)	222 (26.5%)	67 (8.0%)
2035년	772 (92.2%)	442 (52.8%)	222 (26.5%)

자료: 저자 작성

이에 항만서비스 수준을 반영하여 항만시설 공급의 핵심 기준인 물동량 연동 항만개발제도를 개선할 필요성이 대두되고 있다. 최근 항만 경쟁력은 인프라뿐만 아니라 서비스 수준에 의해서도 크게 좌우되는 만큼 다양한 항만건설(신규, 재개발, 리뉴얼 등)사업 추진의 근거로 활용될 수 있는 항만 서비스 수준 평가지표와 지표별 적정 TP 수준을 제시할 필요가 있다.

2. 연구 목적

본 연구의 첫째 목표는 국내 항만서비스 수준을 측정할 수 있는 지표를 선정하는 것이다. 둘째는 선정된 각 지표들의 가중치를 적용하여 항만서비

스 지수(PSI: Port Service Index)를 산정하는 것으로 컨테이너와 벌크 부두로 구분하여 지수 산식을 도출하였다. 셋째 연구 목적은 항만서비스 종합지수를 활용하여 컨테이너와 벌크부두(일반)의 서비스 수준을 측정하고 각 부두의 서비스를 등급화하는 것이다. 상기 제시한 세 가지 연구목표의 달성 이후 최종적인 본 연구의 목표는 물동량과만 연동되는 기존 항만개발 제도가 서비스 수준과도 연동될 수 있도록 항만개발제도 개선(안)을 제시하는 것이다.

〈그림 1-2〉 연구 목적



자료: 저자 작성

제2절 연구 내용 및 방법

1. 연구 범위

본 연구의 공간적 범위는 전국 30개의 무역항의 컨테이너·벌크 부두로 벌크 부두 중 민간회사에 주로 운영·유지 보수하고 있는 액체벌크 부두는 연구대상에서 제외하였다. 전국 컨테이너 부두 중 본 연구의 대상은 부산 항 아홉 개를 비롯한 총 22개이다. 우리나라 벌크 부두의 총 개수는 약 300여 개인데 이 중 철재, 잡화, 목재, 고철 부두 100여개가 본 연구의 중점 대상이다. 본 연구의 시간적 범위는 국내 항만서비스 수준의 추이 변화를 살펴보기 위해 2019년부터 2021년까지 3년으로 설정하였다.

〈표 1-5〉 전국 주요 항만의 컨테이너/벌크 부두 현황

구분	종류		부두 수
부산	컨테이너 부두		9개
	벌크 부두	잡화부두	3개
		철재부두	5개
인천	컨테이너 부두		2개
	벌크 부두	잡화부두	15개
		목재부두	3개
광양	컨테이너 부두		2개
	벌크 부두	잡화부두	4개
		철재부두	4개
울산	컨테이너 부두		2개
	벌크 부두	잡화부두	11개
평택·당진	컨테이너 부두		7개
	벌크 부두	잡화부두	6개
		철재부두	4개

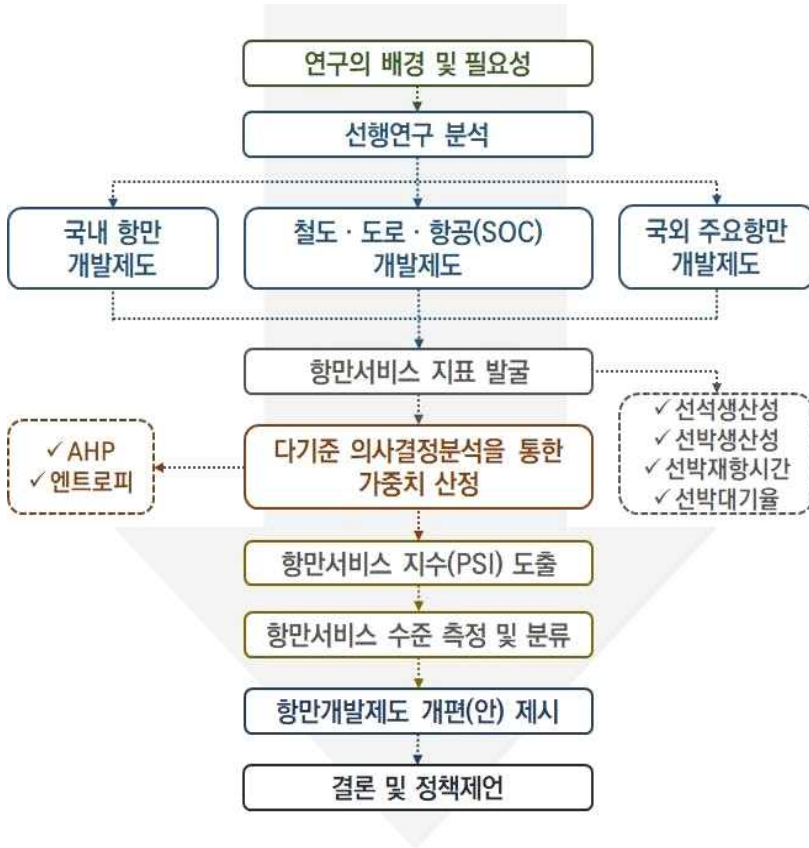
구분	종류		부두 수
기타	컨테이너 부두		1개
	벌크 부두	잡화부두	30
		철재부두	17
		목재부두	3
		고철부두	1
합계	컨테이너 부두		22개
	벌크 부두		100개

자료: 저자 작성

2. 연구 내용

본 연구는 전체 6장으로 구성되었다. 우선 1장은 본 연구의 배경과 연구 목적, 선행연구 분석, 본 연구수행 방법론 등을 기술하고 있다. 다음 2장에서는 우리나라뿐만 아니라 국외 주요 항만들의 항만개발제도를 고찰하여 현재 우리나라 항만개발제도의 효과 및 한계를 제시하였다. 또한 철도, 도로 등 주요 SOC 시설의 개발현황과 범위를 조사하고 시설공급 결정지표를 파악하여 항만개발제도와 비교 분석하였다. 3장에서는 항만서비스 수준 평가 지표 도입의 필요성을 다양한 데이터와 사례들을 바탕으로 제시하였으며 지표 선정 과정에 활용된 문헌연구들을 분석한 내용을 담았다. 이를 바탕으로 네 가지 항만서비스 수준 지표를 선정하였는데, 각 지표의 정의와 산식도 함께 기술하였다. 4장에서는 3장에서 선정된 네 가지 지표들을 활용하여 종합지수를 개발하고자 각 지표의 가중치를 산정하였다. 정성·정량적 방법의 결합으로 산정된 가중치를 통해 종합지수 산식을 도출한 이후, 우리나라의 주요 컨테이너 부두와 벌크 부두의 서비스 수준을 측정하였다. 측정된 부두는 A~F까지 서비스 수준 등급에 따라 분류했다. 5장에서는 항만개발제도 개선(안)의 상세 내용과 적용방안에 대해 제시하였으며, 마지막 6장에서는 본 연구 결과를 요약하고 향후 과제들을 제시하였다.

〈그림 1-3〉 연구 내용 및 흐름도



자료: 저자 작성

3. 연구 방법

본 연구는 국내외 문헌연구를 통해 우리나라 항만개발제도의 특징과 적용 사례 등을 파악하고 현행 물동량 연동 항만개발제도의 효과와 한계를 분석하였다. 미국, 중국의 항만개발제도와 국내 항만개발제도를 비교하고 철도, 도로 등과 같은 SOC 시설개발 과정을 관련 자료 문헌연구와 총 4회

에 걸친 전문가 자문을 통해 고찰하였다. 한편 다수의 국내외 논문들에 대한 문헌연구를 통해 서비스 측정 지표로 활용된 빈도와 데이터 측정 가능성 여부를 고려하여 본 연구에서 산정한 항만서비스 종합지수의 구성요인인 네 가지 서비스 측정 지표들을 선정하였다.

선정된 네 가지 항만서비스 측정 지표 간 가중치 산정을 위해 대표적인 다기준 의사결정분석기법들을 활용하였다. 특히 지표 간 우선순위와 가중치 산정의 공정성을 위해 다기준 의사결정분석기법의 대표적인 두 가지 방법론인 AHP(Analytic Hierarchy Process)와 엔트로피 가중치(Entropy Weights) 기법을 모두 본 연구에 활용하였다.

제3절 선행연구 검토 및 본 연구의 차별성

1. 선행연구 검토

1) 항만 및 SOC 개발제도 관련 연구

본 연구의 효과적 수행을 위해 항만개발제도, 항만서비스 측정지표 및 적정수준, 다기준 의사결정분석기법 등 크게 세 가지로 구분하여 국내외 선행연구를 검토하였다. 물동량 연동 항만개발제도와 관련된 선행연구들은 극히 제한적인데 기존 연구들은 물동량 연동 항만개발제도와 관련된 간략한 정의와 시행방안, 운영지침 등을 제시했다. 이에 반해 타 SOC 부문인 도로와 철도개발제도 관련 선행연구들은 항만 대비 연구대상 및 범위가 방대하며 각 시설의 규모와 투입시기를 예측하는 데 활용되는 서비스 수준 측정 지표도 함께 제시하고 있는 것이 특징이다. 박정욱 외(2007)는 도시

교통 서비스 수준의 개념을 정의하고 평가지표 및 기준 설정 등 평가체계를 제시하였다. 특히 도로와 철도 부문의 경우 각각 도로용량편람(2013)과 철도용량편람(2017)을 발간하여 도로 및 철도환경을 고려한 서비스 수준 개념을 제시하고, 용량 산정을 통한 서비스 수준의 판단 기준을 제시하였다. 또한 김시곤 외(2017)은 철도용량편람의 도입 배경 및 관련 내용 전반을 소개하며 편람 활용성 확대와 철도용량편람의 당위성을 주장하였다. 도로 부문 역시 편람 발간 이후 도로교통체계의 변화를 고려하여 개정을 위한 연구를 지속적으로 수행하였다(박상조·유형목, 2021). 항공부문의 경우는 도로와 철도와 같이 편람은 없지만 제주국제공항 및 인천국제공항의 수요량 산정 등 개별 건에 대해 용량을 산정하여 서비스 수준을 측정하였다. 박지숙 외(2015)는 미시적 항공교통시뮬레이션 모델을 활용하여 제주국제공항의 항공기 평균 지연시간을 측정하고 일일 용량을 분석하는 등 연간용량 산정 방법을 제시하였다. 또한 방준(2019)은 인천국제공항의 airside 운영현황을 고려한 시뮬레이션 모형을 구축하였으며, 검증 과정을 통해 장래 활주로 처리능력의 포화시기를 산출하였다. 항공부문의 경우 국내보다는 해외에서 다수의 용량 산정 연구가 이루어졌는데, FAA(1983)은 공항 건설계획과 설계를 위한 공항 용량 및 항공기 지연 산정 체계를 구축하는 등 편람 성격의 가이드를 제시하였다. 또한 Paola Di Mascio et al.(2020)는 공항 분야 레벨3 수준의 용량에 초점을 맞춰 활주로 용량을 평가하는 계산 모델을 개발하였다.

2) 항만서비스 측정지표 및 적정수준 관련 연구

항만의 서비스를 측정하는 지표와 서비스 적정수준을 고찰한 국내 연구들은 컨테이너 터미널 서비스 수준을 평가하기 위한 지표개발과 하역장비 및 하역프로세스에 국한된 연구가 주를 이루었다. 그러나 국외에서는 안벽 부문뿐만 아니라 다양한 항만의 서비스 수준을 평가할 수 있는 지표(선박

생산성, 선박대기시간, 야드 면적, 트럭 회전시간 등)가 제시된 연구가 다수 수행되었음을 확인하였다. 신창훈·최민승·김동진(2006)은 컨테이너항만의 경쟁력 확보를 위해서 항만서비스가 중요하다는 점을 제시하면서 컨테이너 터미널의 서비스 품질을 측정할 수 있는 척도를 개발했다. 이를 위해 기존 선행연구 등을 검토하여 항만 및 컨테이너터미널이 제공하고 있는 서비스 항목 총 58개를 1차로 도출했다. 1차에서 선정된 서비스 항목을 선사, 컨테이너터미널 운행사, 학계 등 전문가 면접조사를 통해 최종 38개 항목으로 정제 및 축소하였으며 이를 다섯 개 차원(유형성, 반응성, 전문성, 신뢰성, 안전성)으로 구분했다. 다섯 개 차원으로 도출된 서비스 항목에 대해 터미널 고객인 선사들에게 만족도 설문조사를 실시하였다. 이를 통해 어떤 차원의 서비스 항목이 고객 만족에 영향을 크게 미치는지 살펴봄으로써 서비스 개선을 위한 시사점을 함께 제시했다. 서비스 적정수준에 대한 고찰로는 박상국(2016)이 시뮬레이션 모델 개발을 통해 컨테이너 전용부두의 최적 서비스 수준을 제시하였다. 해당 논문에서는 선행연구를 통해 선석점유율과 선박대기율을 서비스 지표로 산정하였으며 3년간(2011~2013년) 부산항 P부두의 선박 접안실적 자료 및 컨테이너 부두 하역프로세스를 기반으로 시뮬레이션 모델을 개발 했다. 이후 서비스 지표인 선석점유율과 선박대기율의 최적의 서비스 수준을 제시하기 위해 시뮬레이션 결과를 토대로 경제성 분석을 진행하였으며 선석 규모별 최적의 서비스 수준 결과를 도출했다. 과학적인 방법으로 서비스 수준을 측정한 연구인 점에서 차별성을 가지고 있으나 모델 구축 시 일부 컨테이너 부두를 대상으로 한정함에 따라 대표성이 다소 부족하다는 점이 한계점이며, 분석 시점에 따라 최적의 서비스 수준이 달라질 수 있으므로 서비스 수준을 실시간으로 파악할 수 있는 시스템이 필요하다고 제언했다.

3) 다기준 의사결정기법 관련 연구

선행연구 분석 결과에 따르면 지표의 적절한 가중치 할당과 상대적 중요도를 비교하기 위한 방법으로 AHP(계층 분석), ANP(네트워크 분석) 기법이나 엔트로피 분석 방법이 주로 활용되었다. AHP와 ANP는 항만 외 SOC 분야에서도 평가지표로 광범위하게 사용되고 있는데, 박현(2000)은 예비타당성조사에 AHP 기법을 적용하는 방안을 연구했으며 2000년도 예비타당성 조사사업 16개에 적용하여 그 결과를 분석하였다. 김태호·박제진·강정규(2009)는 보행자 이동공간 서비스 수준에 정량적인 지표만을 고려하고 있는 한계를 극복하기 위해 보행자의 이동공간 만족도가 서비스 수준에 영향을 미치는 정성적 요인을 반영하여 보행자의 실질적인 서비스 품질을 측정할 수 있는 통합적 지표를 개발하고자 하였다. 해당 연구에서는 통합지표 개발을 위해 AHP와 ANP를 활용하였으며 ANP에 의한 지표 적용이 적절한 것을 확인하였다. 항만분야에서는 정봉현(2014)이 AHP 기법을 이용하여 항만입지, 항만운영관리, 항만비용, 항만시설, 배후지 여건 등 다섯 가지의 주요 평가요인과 14가지의 세부평가 요소에 대한 중요도를 파악하였다. 또한 이기태·백인흠(2015)은 KJ 기법과 AHP 기법을 이용하여 여섯 가지의 속성요인과 18가지의 세부요인을 통해 상대적 중요도를 분석하였다. 그 외에도 Lee et al.(2014)는 5개 대륙의 주요 컨테이너 항만을 비교하여 항만 정책 측면의 전략적 투자 요소에 초점을 맞춘 연구를 수행했으며, 주요 요인을 발굴을 위해 AHP를 활용하였다. Lin, Rongtai·Tan, Jian(2013)은 항만의 개발 계획과 엔트로피 방법의 필요성에 기초하여 driving force 이론을 활용한 항만개발 수준의 평가모델을 수립하였다. 앞서 살펴본 바와 같이 많은 연구에서 평가요인의 발굴과 중요도 파악을 위해 AHP 기법이 사용된 것을 확인할 수 있다. 한편, Ha, Min-Ho·Yang, Zaili(2017)는 항만의 성과측정(PPM: Port Performance Measurement)을 위한 항만의 성과지표(PPI: Port Performance Indicator)에 대한 연구를 수행하였다. PPI에

적절한 가중치를 부여하는 것이 필요하나 종종 PPI가 계층 구조로 표시되면서 이들 간의 상호의존성이 무시되는 점을 언급하였다. 해당 연구에서는 AHP와 ANP을 적용하여 PPI의 상대적 중요도 결과를 비교하여 합리적 의사결정을 위한 방법을 제공하였다.

2. 선행연구와 본 연구의 차별성

우선 기존 선행연구들과 본 연구의 가장 큰 차별성은 ‘물동량’뿐만 아니라 ‘서비스 수준’과도 연동되는 항만개발제도 개선(안)을 도출하고자 한 연구 목적에 있다. 이를 위해 항만의 서비스 수준을 측정할 수 있는 지표를 선정하고 비교 분석에 용이한 항만서비스 지수를 개발하였다. 이를 활용하여 본 연구에서는 컨테이너 부두와 벌크 부두의 서비스 수준을 측정하고 분류하였다. 항만과 유사한 SOC 시설인 철도와 도로 부문에는 서비스 수준 측정 지표 및 지수 연구 결과들이 이미 나와 있다. 위에서 언급된 연구인 철도용량편람과 도로용량편람과 본 연구의 유사성은 서비스 수준 측정 산식을 도출하고 각 서비스 수준에 대해 정의를 하였다는 점이다. 하지만 타 SOC 부문의 용량편람 연구 결과와의 차별점은 본 연구에서는 신규 항만개발제도의 적용 절차에 대해서도 구체적으로 명시하고 있다는 점이다. 철도용량편람과 도로용량편람의 경우 방대한 분량에 각 시설들의 서비스 수준 측정 산식과 수준별(A~F) 정의를 담고 있지만 정작 그 서비스 수준이 각 시설의 개발로까지 이어지는 정책적 이행 절차에 대한 내용은 미흡하였다.

선행연구와 본 연구의 차이점은 둘째, 기존 항만서비스 수준을 측정한다면 대부분의 선행연구들의 연구대상은 컨테이너 또는 벌크 부두 한 분야로 한정했다는 한계가 있는 반면 본 연구에서는 컨테이너 부두뿐만 아니라 벌크 부두로 연구대상을 확대하고 동시에 서비스 수준을 측정했다는 점이다. 또

한 국내 컨테이너 부두의 서비스 수준을 글로벌 상위 100대 컨테이너 항만과 비교하였다는 점도 큰 차이점이라 할 수 있다.

셋째로 다기준 의사결정기법을 활용한 많은 선행연구와 본 연구의 차이점은 대부분의 연구에서는 대표적인 다기준 의사결정기법인 AHP, ANP 또는 엔트로피 가중치 기법 등에서 한 가지 방법론을 특정하여 가중치를 산정하였지만, 본 연구에서는 AHP와 엔트로피 가중치 기법을 모두 활용하여 가중치를 산정하였다는 점이다. 이후 각각의 가중치 산정 방법론을 결합하여 수행한 문헌들을 분석하여 본 연구는 최종적으로 두 가지 가중치를 종합하여 종합지수를 산정하였다. 이와 같이 두 가지 방법론에 의해 산정된 가중치를 결합하는 방법은 현실 반영도가 더 높다²⁾

〈표 1-6〉 선행연구와 본 연구의 차별성 요약

구분	선행연구 요약		본 연구의 차별성
	주요 내용	주요 문헌	
연구 목적	• 철도 및 도로 분야용량편람 소개 • 물동량 연동 항만개발제도 검토 및 제도화 방안 모색	• 이종도 외(2017) • 정준화 외(2013) • 박상조·유형목(2021) • 김학소 외(2008)	• 항만서비스 지수(PSI) 개발 → 지수 개발과 측정에 그치지 않고 항만시설 수급 분석 시 PSI를 활용하는 절차(안) 제시 • 항만개발제도 개선(안) 도출 → 물동량+서비스 연동 항만개발제도 개선(안) 도출과 활용 방안 모색
대상 및 범위	• 컨테이너터미널의 서비스 품질 측정을 위한 20개의 서비스 요소를 추출 • 컨테이너 항만에 국한되었던 서비스 품질 관련 논의를 벌크 항만으로 확장	• 신창훈·최민승·김동진(2006) • 김창환·이상윤(2011) • Peter W. De Langen et al.(2007)	• 컨테이너 부두뿐만 아니라 벌크 부두까지 연구 대상 확대 → 대다수의 선행연구는 컨테이너 부두를 대상으로 수행 → 컨테이너 부두 서비스 수준을 비교하고 등급화하기 위해 글로벌 상위 100대 항만

2) Shen & Liao(2022), p.8

구분	선행연구 요약		본 연구의 차별성
	주요 내용	주요 문헌	
	기존 항만의 성능을 평가하기 위한 대표적인 지표 고찰		의 서비스 수준 측정 → 국내 벌크부두(일반) 100여 개의 항만서비스 수준 비교
연구 방법	- 엔트로피 가중치 산정 방법을 활용하여 항만개발 수준 평가 - 다기준 의사결정을 위한 분석기법인 AHP와 ANP 관련 문헌연구 - 다기준 의사결정분석기법 결합 방법 관련 문헌연구	- Rongtai Lin et al.(2013) - Min-Ho Ha et al.(2017)	다기준 의사결정기법 결합 → AHP(정성)와 엔트로피 기법(정량)에 의해 도출된 가중치 종합 → 가중치 결합 방법은 현실 반영도가 상대적으로 높다는 평가

자료: 저자 작성

02

국내외 SOC 개발제도 현황과 시사점

우리나라 항만개발의 근간은 물동량과 연동된 항만개발제도(트리거룰)라 할 수 있다. 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)는 기본계획의 경직성 극복과 효율적인 예산의 집행, 항만 경쟁력 확보 등을 목표로 2007년도에 도입되었다. 지난 14년간 항만시설의 공급과 규모산정에 기준이었던 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)의 평가는 가시적인 성과와 목표를 이루었다는 평가와 정형화된 기준(TP=0.5)의 일률적인 적용으로 오히려 항만의 경쟁력과 서비스 수준을 담보 또는 저하시켰다는 평가로 엇갈리고 있다. 이에 2장에서는 신규 항만개발제도 개선(안) 도출을 위해 미국, 중국의 항만 개발제도를 고찰하였으며 항만과 동일한 타 SOC 시설인 도로와 철도의 개발제도를 면밀히 살펴보았다. 이를 통해 기존 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)가 가진 한계를 파악하고 개발제도의 개선 방향을 설정하였다.

제1절 국외 SOC 개발제도 현황

1. 미국의 항만개발제도 고찰³⁾

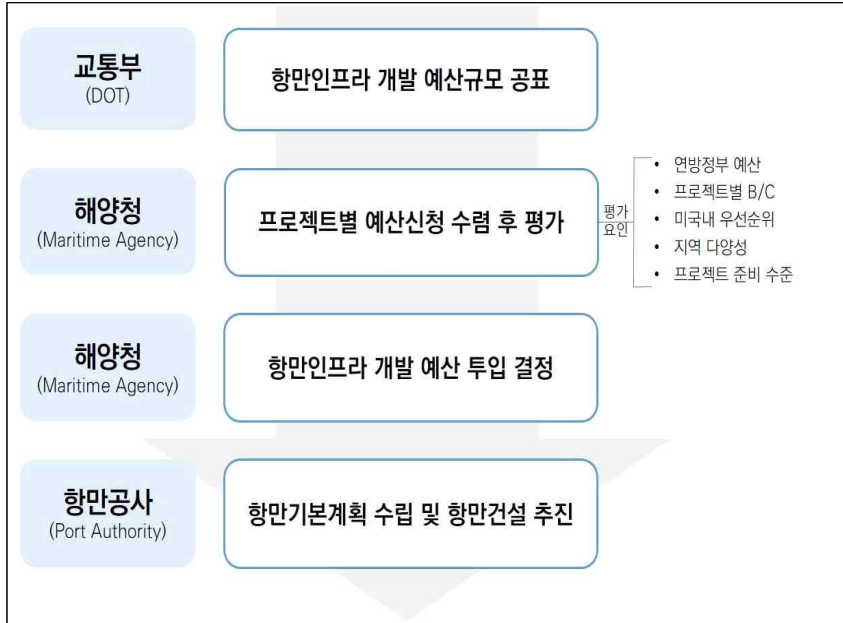
미국의 항만개발은 미국 교통부(DOT: Department of Transportation)에 의해 총괄 추진되고 있지만 항만 인프라 건설 프로그램(PIDP: Port Infrastructure Development)은 교통부 산하 미국 해양청(Maritime Administration)에 의해 운영되고 있다. 한편 항만개발계획 수립과 건설은 각 항만공사에서 추진하고 있어 미국의 항만개발 주체는 다원화되어 있다 할 수 있다.

미국 교통부가 항만 인프라 건설 프로그램에 투입될 예산 규모를 공표하면 미국 해양청이 항만 인프라 건설 프로젝트별로 신청을 받아 평가 과정을 거쳐 항만건설 예산의 투입을 결정한다. 프로젝트를 평가할 때 연방정부의 예산 활용가능성, 프로젝트별 B/C뿐만 아니라 미국 내 항만건설 프로젝트 중 우선순위로 고려한다. 또한 미국 내 항만 인프라 건설에 대한 정부의 투자는 안전성과 효율성 향상, 정시성 개선을 통한 항만의 공공성 제고를 목표로 투입되고 있기 때문에 항만개발에 대한 예산 투입은 지리적 다양성도 함께 고려하여 결정되고 있다(아래 <그림 2-1>).

상기 기술한 요인들을 고려하여 비교적 유연하게 항만개발 예산 투입이 결정되지만 미국 해양청이 다섯 가지 부문(에너지 효율, 안전 효율성 제고를 위한 기술 진보, 항만기능 유지 및 복원력 개선, 수출 제조업 지원, 농식품의 안전한 유통)의 개선이 기대되는 항만건설 프로젝트는 최소한 한 가지 이상 선별해야 한다는 필수 준수 사항도 있다.

3) 미국 해양청(검색일: 2022.10.14.); 미국 연방법(검색일: 2022.10.14.); The Port Authority of NY & NJ(2019); 백악관 보도자료(2021.11.09)(검색일: 2022.10.14.) 내용을 바탕으로 저자 재작성

〈그림 2-1〉 미국 항만개발제도 개요



자료: 미국 해양청(검색일: 2022.10.14.) 내용을 바탕으로 저자 재작성

우리나라의 항만개발제도 관련 법률적·행정적 지침은 항만법에 수록되어 있는 반면 미국은 항만개발제도 요건, 추진 단계와 주체 등이 미 연방법(US Code)에 명시되어 있다. 연방법 제50조(Section) 302항에 따른 미국 항만개발제도를 요약하면 다음 〈표 2-1〉과 같다. 우리나라와 달리 미국의 항만개발은 육군과 협력하여 추진하라고 법에 명시되어 있다. 미국 연방법상 항만개발 일반 요건에 따르면 미국은 항만 내 혼잡이 증가했을 경우 혼잡도를 완화시키기 위해 항만을 개발하며 화물의 신속한 운송을 위해 항만 인프라 시설을 신규 또는 추가 개발하는 것을 파악할 수 있다.

〈표 2-1〉 미국 연방법상 항만개발제도

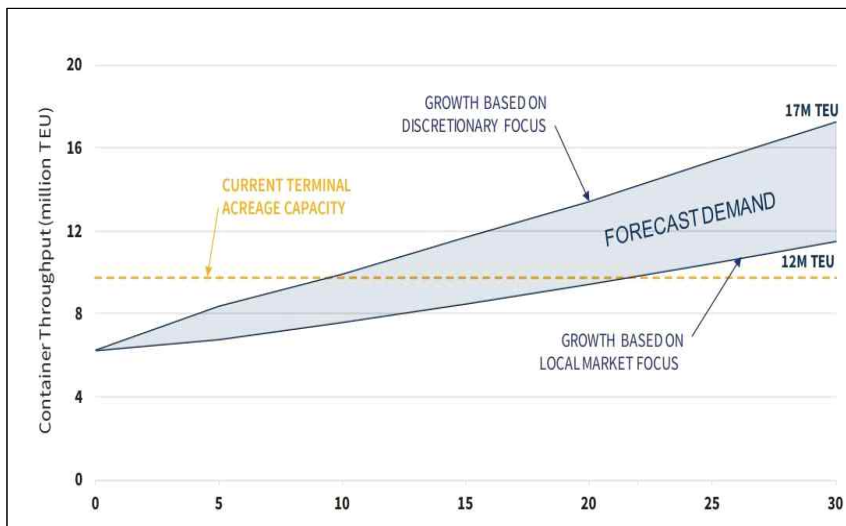
50조 302항. 항만개발 (Port development)	주요 내용
(a) 항만개발 일반 요건	교통부 장관이 관할하는 항만 및 운송 시설을 개발하고자 할 때 미국 육군 장관(secretary of army)과 협력하여 다음을 수행한다.
(1)	철도, 수로, 고속도로를 통한 운송과 물류 흐름의 자연적인 방향성을 고려하여 항만에 포함된 지역 및 구역을 조사한다.
(2)	항만 내 혼잡의 원인을 파악하고 혼잡을 해소할 수 있는, 적용 가능한 대응책을 마련한다.
(3)	해상 또는 철송을 통해 화물과 여객이 가장 신속하고 경쟁적으로 운송·이동하기 위한 최적의 입지와 유형인 터미널 시설(부두, 창고 및 장비 포함)을 제안한다.
(4)	부두, 고각 및 터미널 건설의 적절한 위치와 계획은 지역 사회와 협의한다.
(5)	국가 간 무역, 국내 연안 운송 시 항만의 이점과 실용성에 대해 파악한다.
(6)	원활한 통항을 위한 적절한 입출항 선박 크기 조정 등 기타문제에 대해 논의한다.
(b) 수상교통위원회에 조사 결과 제출	(a)항에 따른 조사 후, 교통부 장관이 수상교통위원회의 관할권에 속하는 철도 운송업체의 요금이 불합리하다고 판단 되는 경우 또는 (a)항에 명시되어 있거나 새로운 요금 제도, 신규 또는 추가 항만 터미널 시설 도입 등 적극적인 조치가 필요하다고 판단되는 경우, 장관은 위원회에 조사 결과를 제출할 수 있다.

자료: 미국연방법(검색일: 2022.10.14.) 내용을 바탕으로 저자 재작성

항만의 기본계획을 수립하고 실제로 건설을 추진하는 미국의 항만공사(Port Authority)는 구체적으로 항만 수요를 전망하고 부족한 하역능력 시설을 가늠하여 시설 공급시기와 규모를 결정한다. 뉴욕/뉴저지(NY/NJ) 항만공사는 Port Master Plan 2050에서 NY/NJ 항만의 장래물동량이 720만 TEU(2018년도 기준)에서 1,200만 TEU~1,700만 TEU까지(2050년 기준) 증가할 것으로 전망하였다 (〈그림 2-2〉참고). 물동량 연평균 증가율이 최소 2.4%~3.4%에 이를 것으로 전망하였는데 NY/NJ 항만공사는 항만 수요(Demand)를 지역 내 수요(Growth based in Local market)량

1,200만 TEU에서 외부 지역 물량의 NY/NJ로 이전 처리될 경우 1,700만 TEU까지 증가 할 것이라고 구분하여 예측하였다. 2018년 기준 NY/NJ 항만의 컨테이너 하역능력은 900만 TEU로 NY/NJ 항만공사는 아직 항만수요(720만 TEU)를 처리하는 데 여유능력이 있지만 수요가 최대 전망치(Growth based in Discretionary)에 이를 경우 향후 10년에서 20년 내로 항만시설(터미널) 추가 공급이 필요하다고 판단하고 있다. 이에 터미널 시설 공급뿐만 아니라 인근 도로, 철도 및 항만 인프라 전반에 대한 투자가 필요한데 이때 항만공사는 다음 네 가지(항만물동량 예측치, 선박대형화, 해운사 통합 및 제휴 강화, Smart 기술 도입) 지표 등을 고려한다.

〈그림 2-2〉 NY/NJ 컨테이너 항만시설 공급 및 항만수요 전망



자료: The Port Authority of NY & NJ(2019), p. 24.

미국토목학회(ASCE)가 2021년에 발간한 미국 기반시설 보고서⁴⁾에 따르면 미국의 항만들은(2018년 기준) 미국 GDP의 약 26%를 지원하고 있

지만 시설 노후화 등 다양한 문제에 직면에 있다. 또한 미국 정부는 세계 상위 50개 컨테이너 항만 순위에 미국의 항만이 NY/NJ를 포함하여 단 네 개 항만만 포함되어 있는 등 글로벌 경쟁력이 저하되었다고 판단하였다.⁵⁾ 이 밖에도 코로나19 확산은 항만의 수용능력을 급격히 저하시켜 미국의 글로벌 공급망에 혼란을 야기하였다. 이에 지난 2019년 9월 미국 정부는 항만에 대한 단일 투자로는 역사상 최대 금액인 170억 달러를 항만시설 개선에 투자하겠다고 발표하였다. 미국 상당수의 항만이 선박대형화에 적절히 대응하고 있지 못하고 있는데, 이는 육상 운송용량에도 부담을 줄 뿐 아니라 대형선박의 입출항이 원활한 소수 항만들로 물량이 집중되어 체선, 체화가 심화된다고 판단하였다. 이에 따라 미국 행정부는 항만 기반시설 개선을 위한 대규모 예산 투입을 결정하고 미국 교통부를 중심으로 프로젝트 수행을 추진 중에 있다.

2. 중국의 항만개발제도 고찰

중국의 항만개발은 항만분포계획과 항만총체계획에 따라 추진되는데(아래 <그림 2-3>) 교통운수부에 의해 수립되는 항만분포계획은 항만의 전체적인 발전방향, 항만의 역할과 주요기능 등을 확정하며 항만총체계획의 가이드라인 역할을 한다. 개별 항만에 대한 건설 계획이 담겨 있는 항만총체계획은 5년 단위로 항만건설사업을 나누어 계획하지만 향후 20년 이상 장기계획 수립을 목표로 하고 있다. 항만별 개발계획이라고도 일컫는 항만총체계획상 항만건설사업의 추진은 주요 항만의 경우 교통운수부 및 직할시 정부 심사를 통해 결정된다. 이때 주요 항만이란 중국 경제발전에 영향력이 크며 물동량 증가세가 높은 항만, 지리적 입지 이점이 많은 항만으로 정의하

4) 미국토목학회(ASCE), <https://infrastructurereportcard.org/>(검색일: 2022.8.14.)

5) 백악관 보도자료(2021.11.09)

고 있는데 주요 항만 리스트는 교통운수부가 중앙정부(국무원) 유관기관들의 의견을 수렴한 후 정기적으로 발표하고 있다.

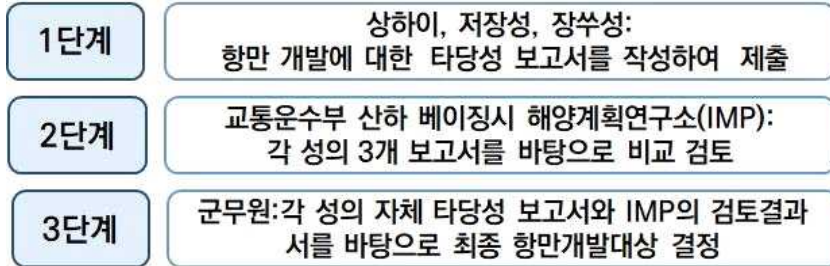
〈그림 2-3〉 중국의 항만기본계획별 수립 주체 및 심사 사항 비교

주체	주요 내용	관련 계획	심사
교통운수부	- 항만의 발전방향과 역할, 주요 기능 확정 - 항만 총체계획의 가이드라인 역할	항만분포계획	- 유관 군사기관의견 청취 - 교통운수부 의견은 서면 의견 + 성, 자치구 지할시 심사
항만소재지 항만관리국	- 장래 물동량과 입항 선명 분석에 근거 - 항만건설 부지 및 시설계획	항만총체계획	- 주요 항만의 경우 교통운수부 및 직할시 정부 심사 - 기타 항만은 사·현 정부심사 + 성, 자치구 정부 서면 의견

자료: 해양수산부(2016), p 13 내용을 바탕으로 저자 재작성

Wang & Slack(2006)에 따르면 과거 중국에서 신규 항만건설 시 총리의 최종 승인이 필요하였다. 총리가 객관적인 입장에서 국익에 따른 의사결정을 내리기 위해서는 항만건설 사업계획과 타당성을 평가하는 방법이 중요하다. 1996년도에 상하이 항만개발 이 다른 성(저장성, 장쑤성)내 항만건설사업과 동시에 요청됐을 때 중앙정부(국무원)는 다음 3단계를 거쳐 대상사업을 최종 선별하였다(〈그림 2-4〉 참고). 우선 각 성 정부는 각 지역 정부가 건설을 추진하고자 하는 항만의 개발 타당성 보고서를 작성해 중앙정부에 제출해야 한다. 그다음으로 교통운수부는 산하 기관인 해양계획연구소(IMP)에 각 성 정부의 타당성 보고서 검토를 의뢰하는데, 이때 해양계획연구소는 3개 성에서 제공가능하다고 밝힌 항만 부지의 적격성 등을 평가한다. 마지막으로 중앙정부(국무원)가 각 성의 자체 타당성 보고서와 해양계획연구소의 검토결과서를 바탕으로 최종 항만개발 대상을 결정한다.

〈그림 2-4〉 중국 항만개발 대상 선정 과정



자료: Wang & Slack(2006), p. 366 내용을 바탕으로 저자 재작성

Aritua et al.(2022)는 중국 경제부문의 주요 개혁정책별 항만개발의 중점 고려 사항을 다음 〈표 2-2〉와 같이 분류하였다. 1978년부터 1991년까지 중국의 항만개발은 개방경제로 전환된 중국의 산업을 적극지원하기 위해 항만시설능력과 항만건설사업 자금 조달 확대에 맞춰 이루어졌다. 중국은 세계 무역기구(WTO)에 가입한 2002년도 이후 약 10년간 그간 중앙정부에서 주도하던 항만개발과 항만산업의 육성을 각 성 정부와 같은 지자체에서 추진하도록 항만개발 업무의 분권화를 추진해왔다. 2012년부터 중국 정부는 수출 주도에서 내수 중심으로 경제정책을 전환하는데 이후 지금까지 중국 내 항만개발은 항만 자원을 통합하고 항만시설의 품질을 제고하는데 중점이 맞춰져 있다. Aritua et al.(2022)에 따르면 현재 중국의 항만은 고품질(High quality)과 고용량(high capacity) 시설 확보를 위해 개발되고 있다.

〈표 2-2〉 중국 주요 개혁별 항만개발 단계

구분	주요 내용	항만개발 중점 고려 사항
1978 ~1991	• 개혁과 개방을 중국의 계획 경제 체계로 공식화	• 항만시설(Port Capacity) 확장 • 항만건설사업 자금 조달 확대

구분	주요 내용	항만개발 중점 고려 사항
1992 ~2001	• 중국 사회주의 시장경제체 제 정식 수립	• 항만시설 증대 • 항만건설에 지방자치정부의 참여 유도
2002 ~2011	• 중국 세계 무역기구(WTO) 가입	• 항만개발 및 항만산업의 완전한 분권화
2012 ~현재	• 수출 주도에서 내수 중심으 로 중국 경제의 구조적 변화	• 항만자원(Port resource) 통합 • 고품질, 고용량 시설 건설에 중점을 두고 추진

자료: Aritua et al.(2022), p. 21 내용을 바탕으로 저자 작성

중국은 5년마다 중국 경제사회의 발전목표와 방향을 제시하는 계획을 발표하는데 Aritua et al.(2022)가 분석한 중국 5개년 계획별 항만건설 현황 및 정책변화는 다음 <표 2-3>과 같다. 11차 5개년 계획에서는 중국 항만시설이 대형선박을 원활히 처리할 수 있도록 시설을 확장하고 운송 시스템을 개선하였다. 제12차 5개년 계획에서는 앞선 계획에서 추진했던 항만시설 능력 확대의 연장선으로 항만시설 증대 부문에 좀 더 명확한 목표를 설정하였다. 항만 경쟁력 확보를 위해 대형선형(10,000톤급 이상)을 수용할 수 있는 440개 선석 개발과 주요 벌크 부두의 신설도 목표로 설정하였다. 한편 2016년에 발표된 13차 5개년 계획에서는 항만 운영에 도입된 지능형 시스템의 수준을 제고하고 운송시스템을 개선하는 등, 중국 정부의 항만건설 정책이 항만시설의 확보뿐만 아니라 항만시설의 품질 향상으로 변화하였다. 마지막으로 가장 최근 계획인 제14차 5개년 계획에서는 본격적으로 항만 클러스터, 항만-공항 간 시너지 효과를 극대화할 수 있는 방향으로 개발정책이 변화한 것을 확인할 수 있었다. 제14차 계획에는 운송비용 표준화를 통한 비용 절감 등이 목표로 설정되어 있는데 향후 중국의 항만건설이 궁극적으로는 항만운영의 효율성을 제고할 수 있는 방향으로 추진될 것이란 점을 시사한다.

〈표 2-3〉 중국 5개년 계획별 항만건설 현황 및 정책 변화

구분	주요 내용
11차 5개년 계획 (2006~2010)	• 10,000톤급 이상 컨테이너선박 등 대형선박을 수용할 수 있는 항만시설을 구축 • 항만 처리 용량 향상 • 벌크 화물 및 컨테이너 운송 시스템 구축 • 주요 연안 항만 시스템 개선
12차 5개년 계획 (2011~2015)	• 연안 항만 현대화 • 연안 항만에 석탄, 원유, 철광석 및 컨테이너 터미널 추가 건설 • 10,000톤 이상의 선박 수용 가능한 약 440개의 선석 추가 건설 • 항만과 해안 통합 강화 • 항만구역의 최적화
13차 5개년 계획 (2016~2020)	• 양쯔강 및 주강 삼각주에 있는 항만 클러스터 개선 • 주요 항만 도시에 국제 운송 센터 건설 • 컨테이너, 원유 전용 부두 건설 • 항만에서 사용되는 지능형 시스템의 수준 제고 • 항만 운송 및 유통 시스템 개선
14차 5개년 계획 (2021~2025)	• 항만 및 운송 비용을 표준화하여 절감 추진 • 항만 클러스터 간의 시너지 효과 제고 • 양쯔강 삼각주 항만 클러스터의 통합 거버넌스를 촉진 • 광둥-홍콩 특별행정구, 중국-마카오 특별행정구, 중국 광역만 지역의 항만과 공항의 기능적 배치를 조정

자료: Aritua et al.(2022), p. 23 내용을 바탕으로 저자 작성

3. 소결 및 시사점

미국과 중국의 항만개발제도를 고찰한 결과 두 국가 모두 최종 항만건설 대상을 선정할 때 항만건설 신청 이후 심사/비교 분석 등의 일정한 절차를 활용하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 우리나라에서도 해양수산부와 KDI가 경제적 타당성을 평가하여 항만개발 대상을 선정하고 있기 때문에 이

부분은 3국 모두 유사하다고 할 수 있다. 하지만 미국과 중국에서는 항만개발 대상을 선정할 때 우리나라의 트리거룰처럼 정량적인 산식과 기준점(트리거 포인트=0.5 이상 시)을 적용하고 있지 않았다.

미국의 경우 중앙 정부가 코로나19 확대 등으로 미국 내 항만의 글로벌 공급망 역할이 축소되었다고 판단하거나 미국 내 항만시설의 노후 개선이 필요하다는 전문가 자문위원들의 건의가 있을 때 단기간 내 대규모 예산이 항만건설에 투입되었다. 항만의 경쟁력 제고가 국가 경제와 산업의 경쟁력 확보와도 밀접한 연관이 있다는 인식하에 좀 더 거국적인 시각에서 판단하고 즉각적으로 항만시설 추가 공급 및 개선을 시행하는 것이 인상적이다. 중국 내 항만개발도 과거에는 시설확보와 대형화에 집중되었지만 현재는 항만을 통합하거나 항만과 공항을 클러스터화하여 항만의 효율성을 제고하는 데 방점을 두고 있다. 이에 항만의 품질 제고를 최근 항만개발의 중점 사항으로 설정한 것을 확인할 수 있다.

우리나라의 항만개발제도와 비교 시 양국의 항만개발은 좀 더 유연하게 추진되고 있으며 항만건설이 시설확보에만 집중되어 있지 않고 화주, 선사 등 항만 이용자에게 제공할 수 있는 서비스 수준 제고를 위해서도 추진되고 있음을 알 수 있다. 이에 우리나라에서도 항만시설에 대한 예산이 양적 자원의 확보뿐만 아니라 질적자원(서비스 수준)의 확보를 위해서도 투입되고 활용되어야 한다고 판단된다.

제2절 국내 SOC 개발제도 현황

1. 철도개발제도

1) 철도개발제도 현황

철도용량편람⁶⁾에 따르면 철도의 개발은 철도용량을 개발하는 것을 의미하는데 철도용량은 다시 철도노선과 철도차량으로 구분된다. 철도노선용량은 일정한 시간 동안 특정 구간을 통과하는 최대 운행 열차 수로 산정 가능하며, 철도차량용량은 기준시간대에 한 차량에 탑승할 수 있는 최대 인원수를 활용하여 도출된다.

철도시설 투자사업과 열차운영계획 등을 수립할 때 반드시 철도용량 분석이 선행되어야 하는데 이 분석은 단기뿐만 아니라 장기 철도운영계획 수립에도 활용된다. 항만개발제도와 유사하게 철도개발도 장래 철도수요 증가 등 여건 변화에 따라 철도노선 및 철도 차량 시설에 대한 적정 투자시기를 예측한 후 이를 바탕으로 합리적인 정책적 판단을 병행하여 추진되고 있다. 이를 위해 철도용량편람은 장래 철도시설(고속철도, 일반철도, 광역철도)의 투자계획 단계에서 철도노선용량 및 철도차량용량 산정 시 활용할 수 있도록 산식 기반의 철도용량 산정 방법을 제시하고 있다.

또한 철도개발 시 철도시설 서비스 수준 개념을 도입하여 현황을 점검하고 그 결과를 바탕으로 철도개발의 근거를 제시하고 있다.

6) 이종도 외(2017)

2) 철도의 개발 범위

철도의 개발범위는 민간에서 자신의 수요에 따라 특수 목적을 수행하기 위해 설치하거나 운영하는 철도를 제외한 고속철도, 일반철도 및 도시철도(광역철도 포함)이다. 철도용량편람⁷⁾에 각 개발 대상별 개념이 정의되어 있으며 건설주체 또한 지정되어 있다(〈표 2-4〉 참고). 예를 들어 고속철도는 열차가 주요 구간을 시속 200km 이상으로 주행하는 철도인 반면 광역철도는 둘 이상의 시·도에 걸쳐 운행되는 도시철도 또는 일반철도를 의미한다. 이와 달리 항만개발제도 운영지침에는 ‘물동량 연동’처럼 제도명과 관련된 용어들이 간략히 정의되어 있지만 정작 개발 대상이 되는 부두(ex. 잡화부두, 양곡부두, 기타광석 부두 등)의 개념은 정의되어 있지 않다.

〈표 2-4〉 철도개발 대상별 특징 및 건설 주체

구분	개념	건설주체
고속철도	열차가 주요 구간을 시속 200km 이상으로 주행하는 철도로서 국토부 장관이 그 노선을 지정·고시한 철도	국가, 지자체, 철도시설공단
일반철도	고속철도와 도시철도를 제외한 철도(철도건설법 제2조 제4호)	- 국가, 지자체, 철도시설공단 - 민간투자사업시행자
도시철도	- 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 건설·운영하는 철도·모노레일 등 궤도에 의한 교통시설 및 교통수단(도시철도법 제3조 제1호) * 도시교통권역: 도시교통정비촉진법 제2조 제3의2호 규정에 의한 도시교통정비지역 * 도시교통정비지역(도시교통정비촉진법 제2조 제3의2호) · 상주인구 10만 이상의 도시 및 그 도시와 같은 교통생활권에 있는 지역(국토부 장관이 행자부장관과 협의한 후, 중앙도시교통정책심의위원회의 심의를 거쳐 지정·고시) · 국토부 장관이 도시교통 개선을 위하여 필요하	- 국가 - 도시철도사업 면허를 받은 지자체, 특별법인, 지방공기업(도시철도공사), 기타 법인 - 국가·지자체로부터 건설 수탁을 받은 법인

7) 이종도 외(2017)

구분	개념	건설주체
	다고 인정하여 행자부 장관과 협의한 후, 중앙 도시교통정책심의위원회의 심의를 거쳐 지정· 고시한 도시 및 그 교통권역 ⇒ 별도 고시	
광역철도	• 둘 이상의 시·도에 걸쳐 운행되는 다음 각 호의 요건을 모두 갖춘 도시철도 또는 철도로서 국토 부 장관이나 시·도지사가 「국가통합교통체계효 율화법」 제106조에 따른 국가교통위원회의 심 의를 거쳐 지정·고시한 도시철도 또는 철도(대도 시권 광역교통시설관리에 관한 특별법 제2조 제 2호 나목 및 시행령 제4조) 1. 시·도 간의 일상적인 교통수요를 대량으로 신 속하게 처리하기 위한 도시철도 또는 철도이거 나 이를 연결하는 도시철도 또는 철도일 것 2. 전체 구간이 대도시권의 범위에 해당하는 지역 에 포함되고, 권역별로 다음 각 목의 구분에 따 른 지점을 중심으로 반지름 40킬로미터 이내 일 것 가. 수도권: 서울특별시청 또는 강남역 나. 부산·울산권: 부산광역시청 또는 울산광역시청 다. 대구권: 대구광역시청 라. 광주권: 광주광역시청 마. 대전권: 대전광역시청 3. 표정속도(출발역에서 종착역까지 거리를 중간 역 정차 시간이 포함된 전 소요시간으로 나눈 속도)가 시속 50킬로미터(도시철도를 연장하 는 광역철도의 경우에는 시속 40킬로미터) 이 상일 것	• 국가 • 지자체 • 국가·지자체·민간이 공동으 로 설립한 법인
전용철도	• 다른 사람의 수요에 따른 영업을 목적으로 하지 아니하고 자신의 수요에 따라 특수목적을 수행 하기 위하여 설치 또는 운영하는 철도(철도사업 법 제2조 제5호) • 전용철도를 경영하고자 하는 자는 국토부 장관 에게 등록(철도사업법 제34조)	• 민간

자료: 국토교통부(2015), 철도건설사업 추진개요

3) 철도개발 의사결정지표

앞서 언급했듯이 철도의 개발은 철도노선과 철도차량으로 나뉘는데 본 연구에서는 이 중 철도노선의 개발을 결정하는 지표들을 중점적으로 고찰해 보겠다.

(1) 철도차량 탑승 승객 수

철도노선시설의 개발은 철도차량용량에 의해 결정되는데 이때 철도차량용량은 탑승 승객 수의 영향을 받는다. 즉 차량 내 탑승 승객이 많아지면 차량 내 혼잡도를 낮추기 위해 차량 편수를 증가시키는데 늘어난 차량 편수를 소화하기 위해서 추가적으로 철도노선을 개발해야 한다. 이에 탑승 승객 수가 철도노선 시설의 간접적인 개발결정지표라고 할 수 있다.

(2) 철도노선 서비스 수준

철도의 서비스 수준은 여객 및 화물의 수송 여건의 질에 따라 정의된다.⁸⁾ 서비스 수준 측정은 현재 철도시설의 이용 현황을 진단하고 향후 철도노선 및 철도차량 등 운영계획을 수립할 수 있으며, 미래 투자계획을 수립할 수 있다는 측면에서 매우 중요하다. 철도노선의 서비스 수준은 철도시설의 혼잡 정도를 기준으로 A에서 F까지로 구분된다. 서비스 수준 측정을 위한 효과척도(MOE: Measure of Effectiveness)는 최대속도/실제 운행속도(v/c)이다(아래 <표 2-5>).

8) 오재경 외(2017), p. 1,026.

〈표 2-5〉 철도노선별 서비스 수준 분류

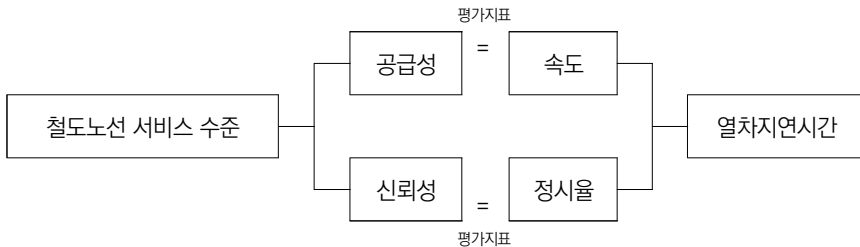
LOS	내용	고속철도	전용구간	일반철도	혼용구간	도시철도	전용구간
		v/c	최대운행 가능속도 대비 운행 속도비 (%)	v/c	최대운행 가능속도 대비 운행 속도비 (%)	v/c	최대운행 가능속도 대비 운행 속도비 (%)
A	지연 없음	<0.30	100	<0.30	100	<0.30	100
B	거의 지연 없음	<0.50	100	<0.50	100	<0.50	100
C	회복(정시도 착) 가능한 지 연 발생	<0.70	100	<0.70	100	<0.70	100
D	회복(정시도 착) 불가능한 지연 다소 발생	<0.85	100	<0.85	100	<0.85	100
E	회복(정시도 착) 불가능한 지연 다소 발생	<1.00	95	<1.00	97	<1.00	92
F	이론 및 현실적 운영 가능하나 철도운영에 비 효율 초래	1.00≤	85	1.00≤	88	1.00≤	80

자료: 이종도 외(2017), p. 16.

철도노선 서비스 수준을 평가하는 두 가지 항목으로는 ‘공급성’과 ‘신뢰성’이 있는데, 공급성의 평가지표는 열차운행속도, 평균운행속도 및 혼잡도를 들 수 있다. 다만, 혼잡도는 철도차량 서비스 수준과도 관련된 지표이므로, 이를 제외하면 실질적으로 속도가 철도노선 서비스 수준을 평가하는 핵심지표라고 할 수 있다. 신뢰성을 측정하는 평가지표로는 정시율 및 운행취소율이 있으나, 2010년 기준 국내 운행열차의 운행취소율이 0%인 점을 감안하면 정시율이 신뢰성을 평가하는 핵심 지표라고 볼 수 있다.

공급성을 평가하기 위한 핵심지표인 속도는 열차지연시간의 크기에 따라 결정되고, 신뢰성 평가지표인 정시율은 열차지연 유무에 따라 달라지기 때문에 철도노선 서비스 수준은 ‘열차지연시간’을 중심으로 평가할 수 있다. 열차지연시간은 철도노선용량 이용률(v/c , v =열차운행속도, c =철도용량)과 비례관계에 있어 철도노선의 서비스 수준 평가를 위해 노선별 선로이용률을 기준으로 한다.

〈그림 2-5〉 철도노선 서비스 수준 평가지표 개념도



자료: 이종도 외(2017), p. 49.

이를 항만 부문에 적용한다면, 철도 부문의 열차지연시간은 항만의 체선과 유사한 의미라고 볼 수 있다. 철도노선 서비스 수준과 같이 평가항목을 공급성과 신뢰성으로 볼 때 공급성의 평가지표인 속도는 항만의 부두별 생산성과 관련이 있다고 볼 수 있고, 신뢰성의 평가지표인 정시율은 선박의 체선 유무로 판단할 수 있다.

현재 시점의 철도노선 서비스 수준을 산정할 시에는 철도운영사가 제공하는 열차시각표로부터 산출되는 ‘각 선구별 열차운행횟수’를 ‘철도노선용량’으로 나누어 철도노선용량 이용률(v/c)을 산출하고, 해당 철도노선용량 이용률(v/c)을 기준으로 철도노선 서비스 수준을 A~F 등급으로 구분한다.

철도 부문에서는 현재 시설의 서비스 수준 평가뿐만 아니라 미래 시설의 서비스 수준도 평가하는데 장래 철도노선 서비스 수준 평가 시 장래 열차 운행계획 수립 여부를 먼저 검토한다. 장래 열차운행계획은 일반적으로 현재연도의 열차시각표와는 달리 기종점 및 운행노선별 1일 기준 운행횟수만 제시된다. 이때에도 운행노선별 열차운행계획을 기준으로 선구별 열차운행 횟수 산정이 가능하므로 철도노선용량 이용률(v/c) 산출 및 철도노선 서비스 수준 평가가 가능하다.

2. 도로개발제도

1) 도로개발제도 현황

도로의 경우 수요에 해당되는 교통량과 공급에 해당되는 도로용량을 활용하여 개발 수요를 산정한다. 여기서 개발 수요란 항만의 개발 선석 수요와 같은 개념으로 도로개발에서는 차로의 수를 의미한다.

도로개발의 경우, 교통과 도로의 특성이 반영되는데 항만의 개발과 가장 큰 차이점을 보이는 것은 도로개발제도에는 효과척도를 활용한다는 점이다. 효과척도(MOE)는 서비스 수준을 정의하기 위해 사용되는 파라미터로 도로의 각 시설별로 상이하다.

신규도로 건설 또는 기존 도로의 확장 시 공급시설 규모는 해당 도로의 서비스 수준 평가를 반영하여 결정된다. 해당 도로가 기능을 충분히 발휘하고 있는지를 평가한 후 일정 서비스 수준을 유지할 수 있도록 시설을 공급하는데, 궁극적으로는 적정 서비스 수준을 유지할 수 있도록 도로 시설을 공급하는 것이다

도로의 서비스 수준은 일반적으로 교통 운행 상태에 따라 A~F의 6단계

로 구분되는데 신규 도로 설계 시 기준 서비스 수준은 C와 D가 사용된다. 즉 도로건설 시 목표연도의 서비스 수준이 C 혹은 D가 되도록 차로의 수를 설계하고 공급한다. 서비스 수준 F는 차량 행렬(queue)이 형성되거나 와해(breakdown)되는 운행 상태를 의미한다. 도착 교통량이 통과하는 교통량보다 많으면 차량 대기 행렬이 형성되는데 서비스 수준 F는 이러한 상태를 나타낸다.

〈표 2-6〉 서비스 수준별 교통류의 상태

서비스 수준	구분	교통류의 상태
A	자유 교통류	• 사용자 개개인들은 교통류 내의 다른 사용자의 출현에 실질적으로 영향을 받지 않는다. 교통류 내에서 원하는 속도 선택 및 방향 조작 자유도는 아주 높고, 운전자와 승객이 느끼는 안락감이 매우 우수하다.
B	안정된 교통류	• 교통류 내에서 다른 사용자가 나타나면 주위를 기울이게 된다. 원하는 속도 선택의 자유도는 비교적 높으나 통행 자유도는 서비스 수준 A보다 어느 정도 떨어진다. 이는 교통류 내의 다른 사용자의 출현으로 각 개인의 행동이 다소 영향을 받기 때문이다.
C	안정된 교통류	• 교통류 내의 다른 차량과의 상호작용으로 인하여 통행에 상당한 영향을 받기 시작한다. 속도의 선택도 다른 차량의 출현에 영향을 받으며, 교통류 내의 운전자가 주위를 기울여야 한다. 이 수준에서 안락감은 상당히 떨어진다.
D	안정된 교통류 높은밀도	• 속도 및 방향 조작 자유도 모두 상당히 제한되며, 운전자가 느끼는 안락감은 일반적으로 나쁜 수준으로 떨어진다. 이 수준에서는 교통량이 조금만 증가하여도 운행 상태에 문제가 발생한다.
E	용량상태 불안정 교통류	• 교통류 내의 방향 조작 자유도는 매우 제한되며, 방향을 바꾸기 위해서는 차량이 길을 양보하는 강제적인 방법을 필요로 한다. 교통량이 조금 증가하거나 작은 혼란이 발생하여도 와해상태가 발생한다.
F	강제류 또는 와해상태	• 도착 교통량이 그 지점 또는 구간 용량을 넘어선 상태이다. 이러한 상태에서 차량은 자주 멈추며 도로의 기능은 거의 상실된 상태이다.

자료: 정준화 외(2013), p. 22. 바탕으로 저자 재작성

2) 도로의 개발 범위

도로의 개발범위는 고속도로, 다차로도로, 2차로도로 등 총 여섯 개로 구분된다. 고속도로는 다시 기본구간, 엇갈림구간 등 세 가지로 나뉜다 (〈표 2-5〉 참고). 항만의 14개 부두와 비교하면 개발 대상이 적다고 생각할 수 있지만 가장 통행량이 많은 고속도로를 컨테이너 부두로 간주할 때 도로의 개발범위가 항만보다 더 분화되어 있음을 알 수 있다. 또한 앞서 기술한 것처럼 도로개발의 주요 척도가 되는 효과척도가 각 개발 대상별로 정의되어 있는 것을 다음 〈표 2-7〉을 통해 확인할 수 있다.

〈표 2-7〉 도로개발 범위 및 효과 척도

시설	효과척도(MOE)
고속도로	
기본구간	V/c비, 밀도(pc/km/차로)
엇갈림구간	밀도(pc/km/차로)
연결로구간	밀도(pc/km/차로)
다차로도로	평균통행속도(kph)
2차로도로	교통량, 총 지체율(%)
신호교차로	평균 운영지체(초/대)
비신호교차로	평균 운영지체(초/대), 교통량.(vph)
도시 및 교외 간선도로	평균통행속도(kph)

자료: 정준화 외(2013), p. 8. 바탕으로 저자 재작성

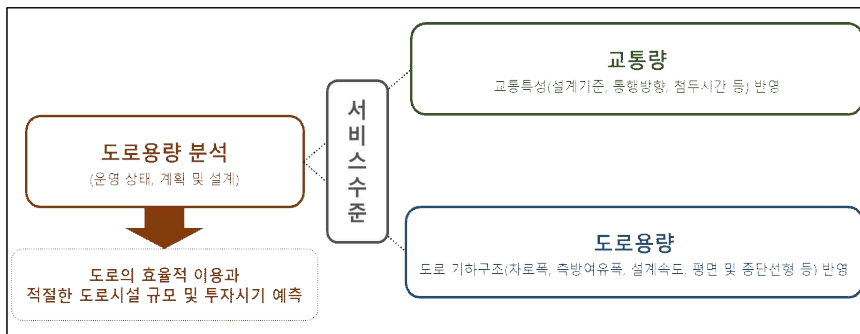
3) 도로개발 의사결정지표

(1) 도로 통행량

도로시설 수요 산정 시 도로의 용량을 우선 분석하는데 도로용량은 교통 시설이 일정 시간에 처리할 수 있는 최대통행량(maximum flow)을 의미

한다. 용량 분석은 크게 두 가지 절차를 통하여 수행되는데(아래 <그림 2-6>), 먼저 분석대상 도로가 수용할 수 있는 최대 교통량을 추정하고 도로에서 일정한 서비스 수준을 유지하기 위한 도로의 교통 상태를 평가한다. 용량 분석은 도로가 가지고 있는 ‘이동기능’과 ‘접근기능’ 중, 이동기능에 초점을 맞추고 있다. 즉 도로가 적절한 수준의 이동기능을 확보하고 있다면 도로의 교통 상태가 적절한 서비스 수준을 유지하고 있다는 것을 의미한다. 따라서 일반적으로 도로 수요가 최대 도로용량에 근접한 상태가 발생하지 않도록 사전에 적절한 조치를 취하고 있다.

<그림 2-6> 도로용량 분석의 목적



자료: 정준화 외(2013), p 2. 바탕으로 저자 재작성

용량 분석에는 해당 도로의 통행속도, 통행시간, 통행 자유도, 안락감 그리고 교통안전 등의 서비스 상태를 설명하는 질적인 개념들이 활용된다.

(2)도로 서비스 수준

도로의 경우, 신규도로 건설 혹은 기존 도로의 확장 시 건설할 차로 수를 해당 도로의 서비스 수준을 평가하여 반영한다. 서비스 수준의 평가는 해당 도로가 기능을 충분히 발휘하고 있는지를 평가한 후 일정 서비스 수준

을 유지할 수 있도록 대안을 마련하는 것에 목적이 있으며, 이를 통해 일정 서비스 수준에 맞는 도로의 용량을 제공하도록 하고 있다. 또한 도로 부문에서는 서비스 수준을 산정하는 다양한 절차도 편람에 매뉴얼화되어 있다. 도로 건설 시 목표연도의 서비스 수준이 C 혹은 D가 되도록 차로의 수를 설계한다는 점이 항만건설과 다른 점이다.

현재 우리나라 도시부 도로시설에서는 교통량 용량을 초과하는 경우가 빈번하게 발생하여 서비스 수준 F를 나타내는 경우가 많다. 횡단 같은 서비스 수준 F 내에서도 질적으로는 상당한 차이가 있을 수 있다. 도시 및 교외간선 도로 등 일부 도로에서는 질적인 구별이 가능하도록 서비스 수준 F를 F, FF, FFF로 구분하고 있다.(〈표 2-8〉참고). 가장 낮은 서비스 수준 등급인 F 등급의 상세 구분은 시급히 개선을 요하는 등급으로 도로 개선책 우선 추진 대상이 된다.

〈표 2-8〉 서비스 수준 F의 구분

서비스 수준	교통류의 상태
F	• 평균통행속도가 자유속도의 1/3~1/4 이하인 상태이다. 교차로 혼잡은 접근지체가 매우 큰 주요 신호교차로에서 일어나기 쉽다. 이런 경우는 주로 나쁜 신호연동 때문에 발생한다.
FF	• 과도한 교통수요로 혼잡이 심각한 상태이다. 차량이 대상구간의 전방 신호교차로를 통과하는 데 평균적으로 2주기 이상 3주기 이내의 시간이 소요된다.
FFF	• 극도로 혼잡한 상황으로, 차량이 대상구간의 전방 신호교차로를 통과하는 데 3주기 이상 소요되는 상태이다. 평상시에는 거의 발생하지 않으며, 상습정체지역이나 악천후 시 관측될 수 있는 혼잡상황이다.

자료: 정준화 외(2013), p 4. 바탕으로 저자 재작성

고속도로 기본구간의 경우, 서비스 수준은 밀도를 측정지표로 활용하여 평가한다(〈표 2-9〉 참고). 정체 상태를 나타내는 서비스 수준 F는 고속도로에서 대기 행렬이 형성되었을 때 발생되는데, 발생한 대기 행렬 내에서

급격하게 증가하고 차량이 간격을 좁혀 정차 및 주행을 반복하면서 서비스 수준 E의 밀도 기준보다 급격하게 커진다.

수준별 최대 서비스 교통량은 V/c (Volume/capacity) 비율과 관계가 있다.

$$MSF_i = C_j \times (V/c)_i$$

MSF_i = 서비스수준 i 에서 차로당 최대 서비스 교통량
(승용차/시/차로, $pcphpl$)

C_j = 설계 속도의 용량($pcphpl$)

$(V/c)_i$ = 서비스수준 i 에서 교통량 대 용량비

〈표 2-9〉 서비스 수준별 교통류의 상태

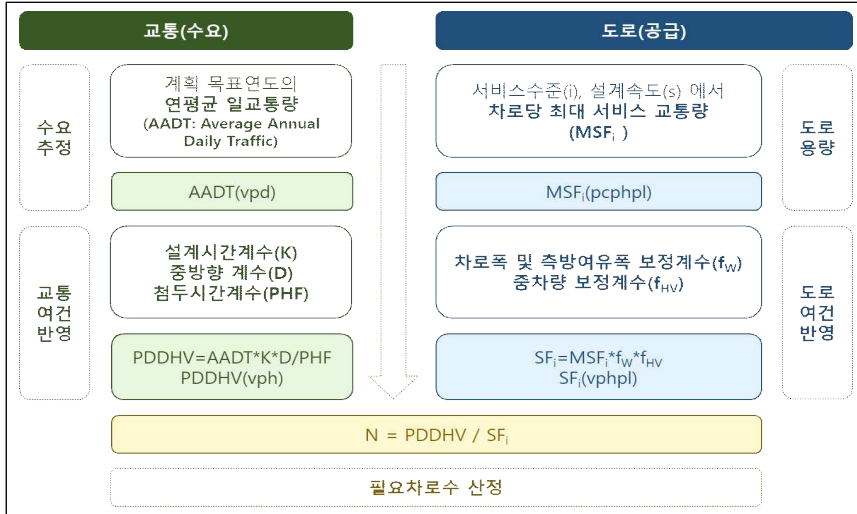
서비스 수준	밀도 (pcpkmpl)	설계 속도 120kph		설계 속도 100kph		설계 속도 80kph	
		교통량 (pcphpl)	V/c비	교통량 (pcphpl)	V/c비	교통량 (pcphpl)	V/c비
A	≤ 6	≤ 700	≤ 0.30	≤ 600	≤ 0.27	≤ 500	≤ 0.25
B	≤ 10	≤ 1,150	≤ 0.50	≤ 1,000	≤ 0.45	≤ 800	≤ 0.40
C	≤ 14	≤ 1,500	≤ 0.65	≤ 1,350	≤ 0.61	≤ 1,150	≤ 0.58
D	≤ 19	≤ 1,900	≤ 0.83	≤ 1,750	≤ 0.80	≤ 1,500	≤ 0.75
E	≤ 28	≤ 2,300	≤ 1.00	≤ 2,000	≤ 1.00	≤ 2,000	≤ 1.00
F	> 28	-	-	-	-	-	-

주: 이 표의 교통량 관련 기준은 각 설계 속도 수준에서 기본 조건의 도로 및 교통상태에서 정해진 것임.

자료: 자료: 정준화 외(2013), p 20. 바탕으로 저자 재작성

장래 교통 수요와 교통여건을 반영하고 일정서비스 수준을 만족하는 신규도로의 차로 수를 산정하는 과정은 〈그림 2-7〉과 같다. 수요측면(교통량)과 공급 측면(도로 용량) 각각의 여건을 반영하여 필요한 차로 수를 산정한다.

〈그림 2-7〉 신규도로 건설 시 차로 수 산정 과정 도식



자료: 저자 작성

3. 항만개발제도

1) 항만개발제도 현황

물동량 연동 항만개발제도(TR: Trigger Rule)는 매년 항만물동량 예측 결과를 반영하여 타당성 조사에서 준공까지 항만개발 사업 일정 전반을 관리함으로써 적정규모의 항만시설이 확보될 수 있도록 지원하는 사업관리시스템을 말한다⁹⁾ 물동량 연동의 정의는 항만물동량 변동 추이를 준공 예정 시기 산정 및 이를 통한 사업단계별 추진 일정 조정과 연계하는 것을 의미한다. 물동량과 연계한 항만개발제도는 물동량 변화에 더 민감하게 대응하여 항만시설의 완공 예정 시기를 판단하고 추진 과정별 사업의 진행 여부

9) 국토해양부(2009),

를 결정하는 제도인데 사업의 시작 또는 진행 여부를 결정하기 때문에 트리거룰(Trigger Rule)이라고도 한다.¹⁰⁾

물동량 연동 항만개발제도는 물동량 수요의 지속적 상승세와 만성적인 시설공급 부족 시에 수립된 항만기본계획제도의 경직성을 완화하고 보완하기 위해 도입되었다. 10년 단위로 수립하고 5년 단위로 이를 수정하는 항만기본계획은 정책의 일관성과 신뢰성을 제고하는 효과가 높았지만 단기적으로 항만물동량수요 변동성이 커지는 경우 시설공급의 불균형 현상을 초래할 수밖에 없는 경직성이 높은 제도이다¹¹⁾. 2008년부터 도입된 물동량 연동 항만개발제도는 전국 항만기본계획제도의 근간은 유지하되 즉, 중장기 계획에 의한 일관성은 유지하되 집행 과정에서 변화 여건을 신축적으로 반영하고자 도입되었다¹²⁾

2) 항만의 개발 범위 및 적용 절차

물동량 연동 항만개발제도(트리거룰, Trigger Rule)의 대상사업범위는 무역항 및 신항만의 접안시설 건설사업 중 재정사업과 해양수산부 장관 승인 대상사업이다. 이 밖에도 트리거룰 적용대상사업은 비관리청항만공사 중 국가에 귀속되는 사업, 사회기반시설에 대한 민간투자법에 의한 민자사업 등이 있다(아래 <그림 2-8>).

10) 김우호(2008), p.2

11) 김우호(2008), p.2

12) 조성우(2008), p.146

〈그림 2-8〉 항만의 개발 범위 및 제외 대상

적용 대상		제외 대상
무역항 접안시설 (전 품목)	재정사업	물동량과 무관한 사업(대체시설, 관리부두 등)
	협약 이전 민자사업	협약 체결 이후 민자사업
	허가 이전 비관리청사업	기 허가 비관리청사업

자료: 국토해양부(2009), p.1~4 바탕으로 저자 작성

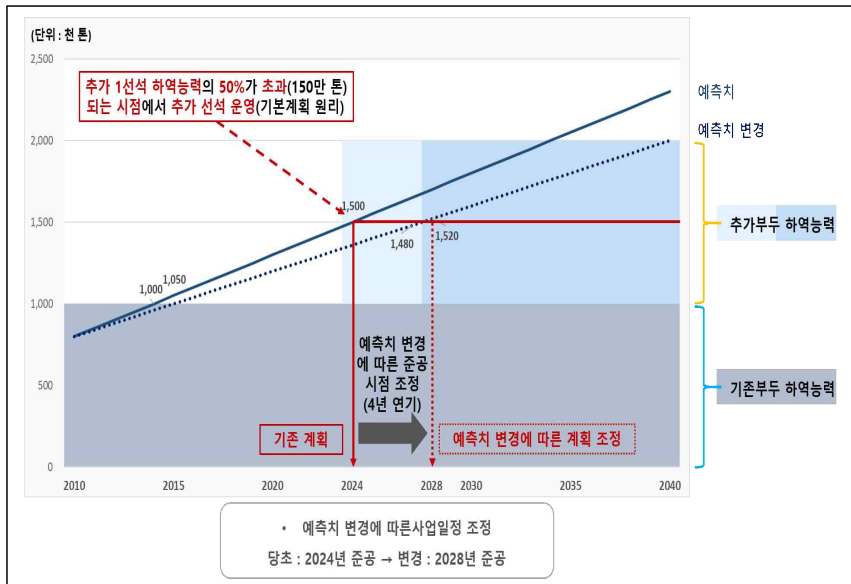
3) 항만개발 의사결정지표

항만개발을 결정하는 지표는 해양수산부에서 5년마다 산정해 발표하는 하역능력과 항만수요예측센터에서 매년 예측해 발표하는 항만물동량을 통해 산정되는 트리거 포인트(=0.5)이다. 다시 말하면 적정규모 시설 확보를 위해 하역능력 대비 물동량 수준을 가늠하고 다음으로 준공시점 조정을 위해 매년 갱신되는 물동량 예측결과를 활용한다. 이를 바탕으로 타당성 조사, 설계, 착공 시기마다 투입되는 예산 규모를 조정할 수 있다. 신규 부두의 운영 필요시기는 최신 물동량 예측치와 기존시설과 건설이 확정된 예정시설의 하역능력을 기준으로 산정한다. 초과물동량을 신규 부두 1선석 하역능력으로 나눈 결과가 0.5를 초과하는 연도를 운영 필요시기로 하며 트리거 포인트 수식은 식 [2-1]와 같다.

$$Trigger\ Point = \frac{\text{초과 물동량(물동량 예측치 - 기존 부두 하역능력)}}{\text{추가 부두 하역능력}} \quad [\text{식 2-1}]$$

아래 <그림 2-9>에서 2015년 기준 기존부두의 하역능력은 100만 톤이고 물동량도 약 100만 톤을 처리한다고 가정했을 때 추가 부두 1선석 하역능력(100만 톤)의 50% 수준의 물동량을 처리하는 해는 2024년으로 나타난다. 즉, 트리거 포인트가 0.5가 되는 해가 2024년이므로 해당 연도에 부두 준공이 될 수 있도록 착공 및 실시설계 등을 반영한 사업일정을 계획하게 된다. 그러나 이후 대내외 환경 변화에 따라 물동량 예측치가 변경되면서 트리거 포인트가 0.5가 되는 해가 2024년이 아닌 2028년으로 변경되는데 이때 트리거룰에 따라 준공시점을 4년 연기하여 사업일정을 조정하게 된다. 즉, 매년 예측치 변경에 따라 트리거 포인트를 재산정하면서 준공시점 등을 조정하는 것이다. 한편 신규 부두 건설뿐만 아니라 부두의 기능을 변경하는 경우, 부두를 리뉴얼하는 경우에도 트리거 포인트를 의사결정지표로 활용하고 있다.

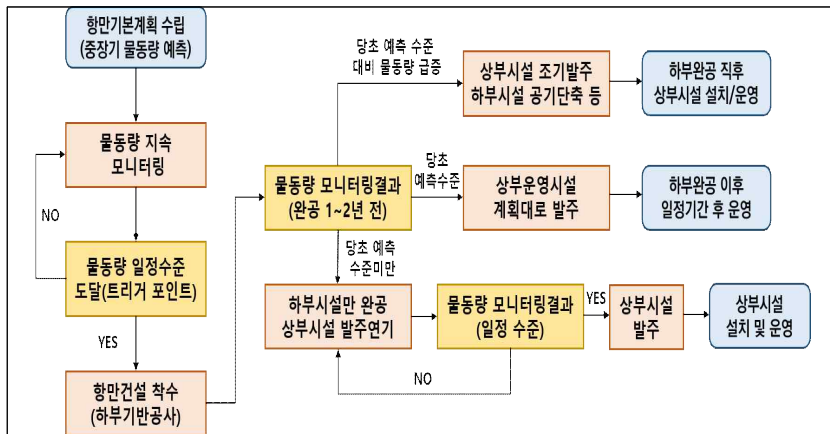
<그림 2-9> 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰) 개념도



자료: 저자 작성

트리거를 적용 절차는 <그림 2-10>과 같으며 항만기본계획 수립을 통해 항만별 기본계획을 미리 수립해두고 물동량 모니터링을 통해 물동량이 일정 수준(트리거 포인트=0.5)에 도달하면 항만의 하부시설 공사를 착수한다. 하부시설 공사를 착수한 이후에도 부두가 완공되기 전까지 물동량을 매년 모니터링하여 당초 예측 수준과 비슷한 수준으로 예측된다면 상부 시설을 계획대로 발주하여 준공시점에 맞춰 부두를 준공 및 운영하게 된다. 이때 당초 물동량 예측치 대비 실적이 급증하면 상부 시설을 조기 발주하게 되고 당초 예측한 물동량 대비 낮은 실적을 기록하면 상부 시설의 발주를 연기하며 준공시점을 조정한다. 즉, 트리거를 적용하는 1차 트리거 포인트와 운영시점을 결정하는 2차 트리거 포인트로 이원화하여 추진된다고 볼 수 있다.

<그림 2-10> 트리거를 적용 절차



자료: 해양수산부(2006), 5.2.1 트리거를 도입방안

이러한 트리거룰이 적용되기 위해서는 항만물동량을 상시 모니터링하고 예측할 수 있는 체계가 필요하며 사업유형별, 사업단계별, 항만 특성 등에 따라 적용방안에 차별화를 두기도 한다.

4. 소결 및 시사점

철도의 개발은 철도노선을 확장하고 철도차량을 추가 투입하는 것을 의미하는데 이때 신규시설 소요는 철도노선의 경우 단위 시간당 최대 운행 열차수로 산정된다. 단기뿐만 아니라 중장기 철도운영계획 수립에 위와 같은 철도용량 분석 결과가 반영되고 있다. 철도용량편람¹³⁾에 고속철도의 다양한 철도시설별 철도용량 산정 방법이 제시되어 있다. 철도 부문에서는 철도시설 서비스 수준(LOS) 개념을 도입하여 철도개발 시 서비스 수준 등급 분류 결과를 활용하고 있다. 도로 부문에서도 서비스 수준을 측정하고 있는데 그 목적은 해당 도로의 서비스 수준 평가 후 일정 서비스 수준을 유지할 수 있도록 대안을 마련하는 것이다. 신규도로 건설 혹은 기존 도로의 확장 시 해당 도로의 서비스 수준을 평가한 결과를 활용하고 있다. 철도와 마찬가지로 도로 부문에서도 시설에 대한 서비스 수준뿐만 아니라 통행량이 도로개발의 중요한 의사결정지표이다.

항만개발의 특징은 물동량과 연동하여 개발의 시기와 규모를 조정하는 트리거룰(Trigger Rule)을 통해 개발 소요를 산정한다는 것이다. 항만 부문에서는 트리거 포인트(Trigger Point)를 0.5로 설정하고 있는데 신규 부두의 운영 필요시기를 초과물동량을 신규 부두 1선석의 하역능력으로 나눈 결과가 트리거 포인트(0.5)를 초과하는 연도라고 본다. 앞서 항만과 동일한 SOC 시설인 도로와 철도의 개발제도 및 개발의사결정지표를 살펴본 결과

13) 이종도 외(2017)

세 가지 시설 모두 공통으로 양적 지표(통행량, 탑승객 수, 물동량 등)를 기반으로 시설 개발을 추진하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 도로와 철도 부문에서는 양적 지표 외에 시설의 서비스 수준을 측정한 결과도 함께 반영하여 개발을 추진하고 있었다. 항만의 개발은 물동량 대비 부족한 시설을 건설한다는 의미에서 그치지만 도로와 철도의 개발은 기존 시설의 서비스 수준 개선의 영역까지 확대되어 있다고 할 수 있다.

03

항만서비스 수준 평가지표 도입

2장에서 국내외 SOC 개발제도를 고찰한 결과 미국과 중국의 경우 항만 시설의 신규공급 또는 시설 개선이 필요한 경우 항만물동량뿐만 아니라 시설 노후도, 항만 경쟁력 약화 등 다양한 지표들을 참고하여 결정하였다. 한편 항만과 유사한 SOC 시설인 도로와 철도는 시설 개발 시 서비스 수준을 고려하여 추진하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 반면 우리나라 항만개발은 신규개발 또는 부두기능 변경 등 운영상 추가시설 공급이 필요한 경우에도 도로, 철도와 달리 서비스 수준이 직접적으로 반영되고 있지 않았다. 국내에서는 10년 이상 적용되어 오던 물동량 연동 항만개발제도의 한계가 나타나고 있는 반면 국외 항만들은 물동량 외에 다른 지표들을 통한 항만 평가를 지속적으로 시도하고 이를 공표하여 항만 경쟁력 강화를 도모하고 있다. 이에 국내 항만 경쟁력 제고를 위해서 항만의 서비스 수준을 상시적으로 평가하고 진단하는 과정이 필요하다고 판단되었다. 이에 따라 3장에서는 문헌연구 분석을 통해 항만서비스 수준을 측정할 수 있는 지표들을 선정하였다. 아울러 본 장에서는 선정된 지표들의 상세한 정의와 산식 등도 함께 제시하였다.

제1절 항만서비스 수준 평가지표 도입 필요성

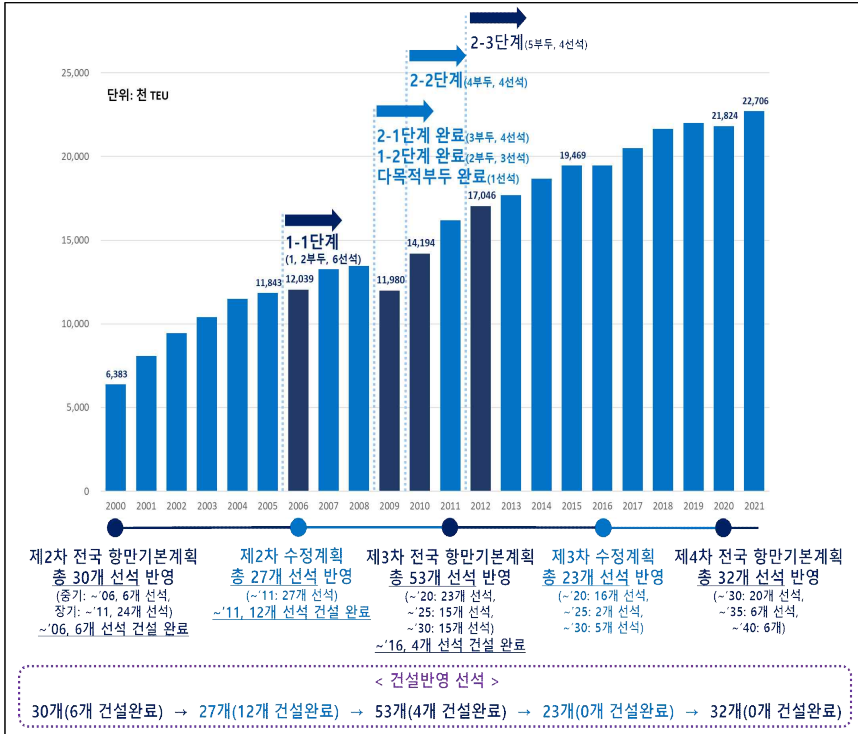
1. 국내 물동량 연동 항만개발제도의 한계

제2차 전국 항만기본계획(2001년) 수립 당시 부산항 신항 컨테이너 부두 개발 계획은 물동량 연동 개발제도인 트리거룰에 따라 2006년까지 여섯 개 선석, 2011년까지 24개 선석을 포함하여 총 30개 선석의 개발 계획을 수립했다(〈그림 3-1〉 참고). 부산항 신항 1-1단계(6선석)는 계획 준공 시점인 2006년에 맞춰 개발이 완료되었다.

국내외 무역 환경 변화에 따른 컨테이너 물동량 증가세를 반영하여 수립된 제2차 전국 항만기본계획 수정계획(2006년) 수립 시 트리거룰을 적용한 결과 2011년까지 부산항에 필요한 선석 개수는 제2차 전국 항만기본계획(2001년)에서 산정한 24개 아닌 27개로 도출되었다. 하지만 2006년 기본계획 수립 이후 금융위기(2008년) 등 항만물류 여건 변화로 물동량 증가세가 둔화됨에 따라 2011년 준공 완료를 목표했던 27개 선석 중 12개만 건설이 완료되었다(〈그림 3-1〉 참고).

2011년에 수립된 제3차 전국 항만기본계획과 제3차 전국 항만기본계획 수정계획(2016년 수립)을 비교해보면 2020년 준공 목표였던 항만선석 개수가 23개 선석에서 16개 선석으로 감소한 것을 확인할 수 있다(〈그림 3-1〉 참고). 국내 항만개발은 한정된 예산을 효율적으로 집행하며 항만 경쟁력을 확보하기 위해 위와 같이 장래물동량과 연동하여 항만시설의 공급 규모와 시기를 조정해왔다. 기존 항만개발제도는 과잉공급을 미연에 방지하였다는 긍정적인 평가도 있지만, 실제 항만운영을 충분히 반영하지 못하고 있다는 엇갈린 평가도 함께 존재한다.

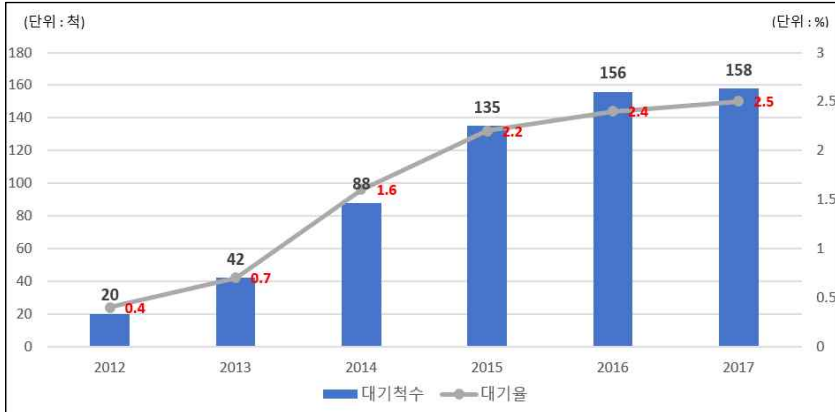
<그림 3-1> 부산항 신항 컨테이너 부두 개발 계획 변화



자료: 해양수산부(2001, 2006, 2011, 2016, 2020) 참고하여 저자 재작성

물동량만을 고려한 현행 개발제도인 트리거룰에 따라 컨테이너 부두 개발 시점이 뒤로 조정되었으나, 이후 부산항 신항의 컨테이너 서비스 수준을 나타내는 주요 지표들은 하락세를 기록했다(<그림 3-2> 참고). 컨테이너 서비스 수준을 대표하는 주요 지표들로는 대기척수, 대기율, 항만 인프라 지수 등이 있으며 대기척수와 대기율은 항만의 체선을 현황을 나타내는 대표적인 지표로 통용되고 있다. 부산 신항의 대기척수와 대기율은 지난 2012년 이후부터 꾸준히 증가하여 2017년에는 각각 158척, 2.5%를 기록했다.

〈그림 3-2〉 부산항 신항 대기척수 및 대기율 추이

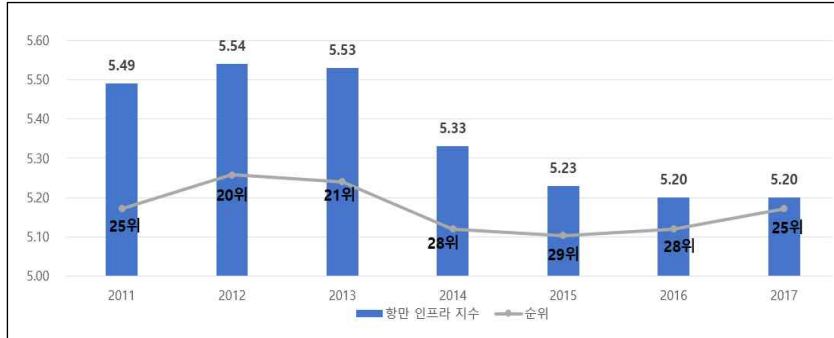


주: 2018년 이후 대기척수 및 대기율 통계 없음
 자료: 부산항만공사(검색일: 2022.4.6.)

항만 인프라 지수(Quality of port infrastructure)는 WEF(World Economic Forum)에서 국가 경쟁력 지수를 도출하기 위한 세부평가항목인 해당 국가의 항만 운송 인프라 질을 나타내는 지수이다. 국내 항만인프라 지수는 2011년 기준 5.49(25위)를 기록한 이후 2013년까지는 소폭 상승하였으나 이후 하락 및 정체 수준을 기록하면서 2017년 5.20(25위)를 기록하였다(〈그림 3-3〉 참고).

위와 같이 물동량만과만 연동되는 현행 개발제도인 트리거룰에 따라 부두 준공시점이 뒤로 밀리는 동안 항만의 서비스 수준은 하락세를 기록하면서 국내 항만의 경쟁력이 하락하거나 담보하는 현상을 확인할 수 있다. 이에 글로벌 항만 간 경쟁력이 치열해지는 현시점에서 항만개발 시 물동량뿐만 아니라 항만서비스 수준도 함께 고려된 개발제도로 개선이 필요하다고 할 수 있다.

〈그림 3-3〉 국내 항만 인프라 지수 및 순위



주: 2018년 이후 항만 인프라 지수가 항만 효율성 지수로 변경됨
 자료: World Economy Forum(검색일: 2022.9.19.)

2. 국외 항만 측정지표 다변화

1) China port index

2017년 중국은 자국 내 항만을 대상으로 규모(Size), 성장세(Growth scoring), 금융(Financials), 비용(Costs) 등 네 가지 지표를 바탕으로 종합 항만지수(China port index)를 발표했다(〈표 3-2〉, 〈그림 3-4〉 참고). 해당 지수는 중국 항만을 이용하는 외국 무역 업체들이 선택하는 항만의 범위를 확장시키기 위한 목적으로 개발되었다. 대상 항만은 중국 연해에 위치한 158개 항만 중 2016년 물동량 처리실적 기준 상위 50위에 안에 드는 12개 항만과 최근 고속 성장세 및 화물처리능력을 보이고 있는 네 개 신흥항만 등 총 16개 항만이다. 종합지수의 네 개 지표는 21개의 세부평가 항목을 기반으로 산정되었는데 각 지표별로 살펴보면, 규모의 경우 야드면적, 화물처리실적, 처리능력, 1만 톤 이상 선박 수, 국제 항로 수 등으로 이루어져 있으며, 성장세 지표는 물동량 증가율과 최근 5개년 증가율, 처리능력 증가율로 구성되어 있다. 금융부문은 항만 매출액과 순이익을 기준으

로 측정한다. 한편, 비용 지표의 경우 대리점 물류비, 항비, 내륙 컨테이너 운송비용 등을 포함한 총 일곱 가지 세부 지표로 측정하였으나, 중국은 대부분의 컨테이너 항만의 운송비용이 표준화되어 있어 최종 종합 항만 지수 산정에서는 제외되었다. 각 지표별 세부평가항목은 다음 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> China port index 지표별 세부평가항목

평가지표	세부평가항목
규모	• 야드 면적 • 화물량(2015년 기준) • 화물처리능력(하역능력) • 총 선박 수 • 1만 톤 이상 선박 수 • 국제 항로 수
성장세	• 물동량 증가율(2015년 기준) • 최근 5개년 물동량 증가율 • 화물처리능력 증가율
금융	• 항만 GDP*(2016년 기준) • 순이익(2016년 기준)
비용	• 대리점 물류비 • 항비 • 내륙 컨테이너 운송비용 등

주: *는 항만 GDP는 항만에서 발생한 총수익(매출액)을 의미함
 자료: China Briefing(검색일: 2022.9.28.)을 참고하여 저자 재작성

중국의 종합항만지수를 산출하기 위해 정부 공식 항만 사이트와 상하이, 선전, 홍콩 증권거래소에서 발행되는 각 도시별 주식시장 실적, 교통 데이터 등을 수집하여 활용하여 분석 결과의 신뢰성을 확보하였다. 이를 통해 산출된 지수는 중국주요 항만별 장단점을 파악하는 데 용이하며, 지수형태로 발표되어 국내외 수입 및 수출업체 및 항만 투자자에게 활용성이 컸다는 평가이다.

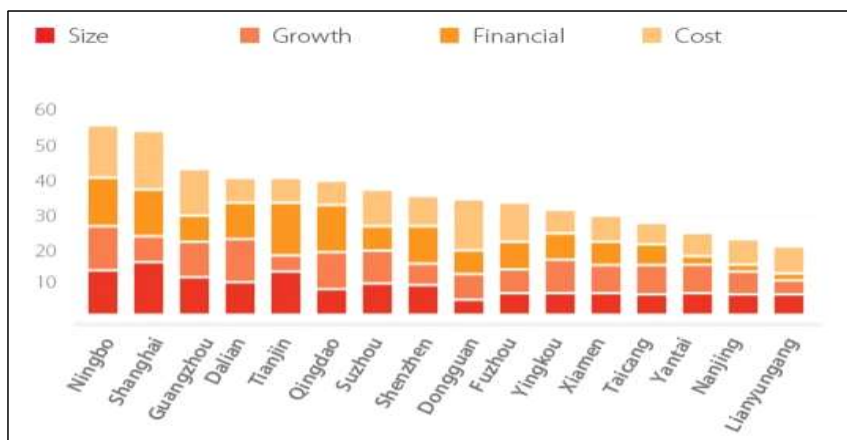
〈표 3-2〉 China port index 결과(2017년 기준)

순위	항만명	규모	성장세	금융	합계
1	닝보	13.5	11.33	15.50	40.33
2	상하이	15.67	6.67	15.50	37.84
3	광저우	11	10.33	9.50	30.83
4	다롄	10	11.67	11.00	32.67
5	톈진	12.8	6.67	13.00	32.47
6	칭다오	8.83	10.67	12.00	31.50
7	수주	10	10.33	6.50	26.83
8	선전	9.17	6.33	10.50	26.00
9	둥구안	3.83	8.33	7.50	19.66
10	푸주	5.83	7.00	8.25	21.08
11	잉커우	6.25	9.67	7.00	22.92
12	샤먼	6.83	7.67	7.75	22.25
13	타이캉	6.17	8.33	6.00	20.50
14	얀타이	6.6	9.33	2.00	17.93
15	난징	5.5	7.33	2.00	14.83
16	뤄옌강	6.17	4.67	2.00	12.84

주: 비용은 컨테이너 운송 비용의 표준화로 모든 항만이 유사한 수준을 보이고 있어 지수 채점에 포함하지 않음

자료: China Briefing(검색일: 2022.9.28.)을 참고하여 저자 재작성

〈그림 3-4〉 China port index 항만별·평가지표별 비중



자료: China Briefing(검색일: 2022.9.28.)

2) PPRISM¹⁴⁾

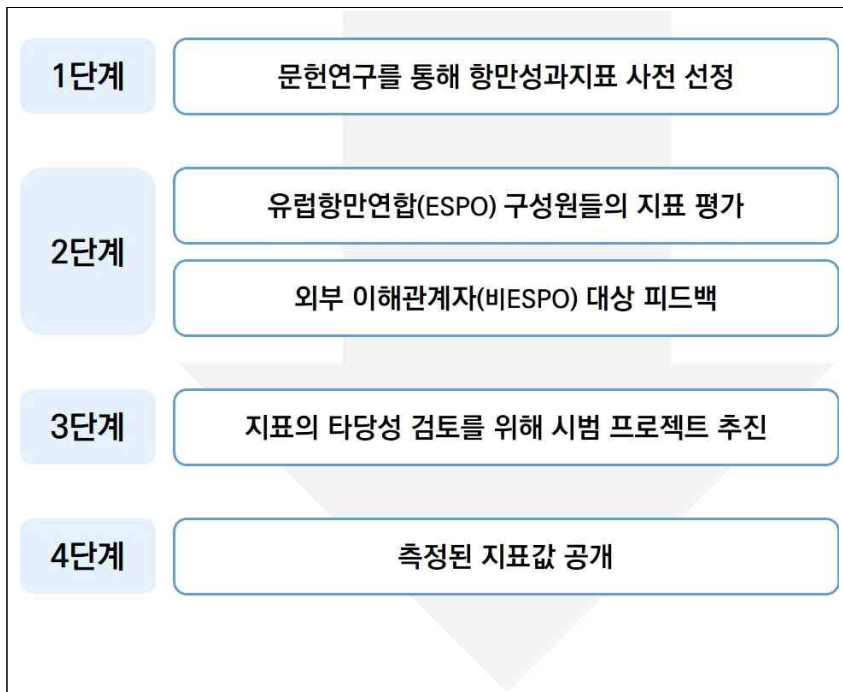
항만을 평가하고 개발하는 데 있어 물동량과 하역능력은 주요한 지표이지만 최근 국외에서는 항만의 지속 가능한 운영 및 경쟁력 향상 방안을 위해 다양한 평가항목을 항만 평가 지표로 선정하고 있다. 대표적인 예로 유럽연합(EU)의 PPRISM(Port Performance Indicator-Selection and Management)을 들 수 있다. 유럽항만연합(ESPO: European Sea Ports Organisation)은 유럽 항만의 성과를 측정함에 있어 물동량 외 다양한 지표들을 고려하여 지속가능하고 실현 가능한 성과 지표를 구축하는 것을 목표로 2년간 PPRISM 프로젝트를 진행했다. 해당 프로젝트는 2010년 2월에 시작되었으며 총 4단계에 작업 과정을 걸쳐 2012월 1월에 완료되었다.

1단계에서는 문헌 검토 및 업계 관행에 따라 항만의 성과를 측정할 수 있는 지표를 사전에 선정하였으며 2단계에서는 선정된 지표에 대해 ESPO 구성원들의 평가를 거쳤다. 해당 기간 동안 지표의 정의 및 계산 방법들에 대해 학술 파트너들과 함께 논의를 거쳤으며 델파이 방법론에 따라 1부터 5까지의 척도로 각 지표의 타당성과 수용성을 평가했다. 이를 통해 지표가 추가되기도 하였으며 지표의 정의 및 계산 방법들이 일부 수정되기도 했다. 또한 외부 이해관계자(비 ESPO 회원)로부터 해당 지표들의 대한 피드백을 구하는 작업을 진행하며 온라인을 통해 지표들의 수용 가능성과 타당성을 평가받는 절차를 거쳤다. 3단계에서는 최종 선정된 지표의 타당성을 시험하기 위해 유럽연합 전체 시범 프로젝트를 추진하였다. 해당 시범 프로젝트 추진의 주요 목적은 데이터의 가용성과 항만 당국의 데이터 제공 의지에 대해 파악하는 것이었다. 이후 데이터 요구 사항이 포함된 양식을 총 58개의 항만당국에 보냈으며 응답률은 유럽 항만 전체에 걸친 데이터 가용

14) European Sea Ports Organization(검색일: 2022.5.8.) 내용을 요약 정리함

성을 고려할 때 상당히 높은 수준을 기록하였다. 해당 시범 사업 추진을 통해 데이터 가용성과 불분명한 데이터 요청의 문제점을 파악할 수 있었으며 이후 데이터 요청 방법을 보다 사용자 친화적으로 개선할 수 있었다. 마지막 4단계에서는 확보된 데이터를 바탕으로 측정된 성과지표를 공개하여 각 항만당국이 정보를 교환하고 모니터링 할 수 있도록 대시보드(European Port Performance Dashboard)상에 제공하였다.

〈그림 3-5〉 EU Port Performance indicator 선정 및 측정



자료: European Sea Ports Organization(검색일: 2022.5.8.) 내용을 바탕으로 저자 재작성

PPRISM 프로젝트를 통해 선정된 항만의 표준화된 성과 평가지표는 총 37개로 크게 다섯 개의 분야로 구분된다. 다섯 개의 분야는 시장 트렌드 및 구조, 사회경제, 환경, 물류사슬 및 운영, 지배구조로 구분된다(〈표 3-3〉 참고).

시장 트렌드 및 구조 분야 지표는 항만의 경쟁 환경 및 시장 구조의 변화를 고려한 시장 동향을 측정하는 데 적절한 지표로 이미 항만업계 등에서 활용되고 있는 비중이 높은 지표로 구성되어 있다. 총 여덟 개의 세부 지표가 있는데 대표적인 항만 성과지표로 통용되는 물동량 처리량과 선박 입출항 척수가 해당 분야에 포함되어 있다. 사회경제 분야의 세부 지표로는 고용, 부가가치 등 사회경제적 영향도를 측정할 수 있는 지표들이 포함되어 있다.

환경 분야의 세부 지표는 총 일곱 개로 사회 전반에 걸쳐 환경에 대한 인식이 높아지는 만큼 항만 운영 지속을 위해 효과적인 환경관리는 필수적이므로 토양, 대기, 물 등 환경 전반적인 성과지표를 고려했다. 물류사슬 및 운영분야에서는 이미 국내외 항만서비스 평가지표로도 많이 사용되고 있으며 화주들이 항만을 선택함에 있어 중요하게 생각하는 연결성, 운송비용, 운송 신뢰성 등이 지표에 포함되어 있다.

마지막으로 지난 수년간 경제 및 정치적 환경 변화는 항만의 지배구조를 변화시켰으며 적절한 항만 지배구조 모델에 대한 논의는 여전히 진행 중이다. 이에 따라 항만 지배구조 측면에서 측정할 수 있는 상세 지표들은 ESPO의 지배구조에 관한 ‘Fact-Finding’ 보고서를 바탕으로 선정했다.

PPRISM 프로젝트는 경쟁력 있는 항만의 운영 및 개발을 위해 ESPO 주도하에 물동량 외 지속 가능하고 실현 가능한 표준화된 지표를 선정 및 집계했다는 점에서 국내 항만개발제도 등에 시사하는 바가 크다. 국내 항만의 경우 물동량 외 표준화된 성과지표 등을 집계하고 있지 않아 이를 반영한 항만의 운영 및 개발 계획 수립이 이뤄지지 않고 있다. 최근 항만의 성

장은 양적 성장에서 질적 성장으로 패러다임이 이미 전환되고 있음에 따라 항만의 다양한 성과지표들을 고려한 항만개발 및 운영 계획 수립이 필요한 시점이다.

〈표 3-3〉 PPRISM 상세 지표

분야	상세 지표
Market Trends & Structure Indicators (시장 트렌드 및 구조)	1. 물동량 처리량(Maritime traffic)
	2. 허핀달-허쉬만 지수(Herfindahl-Hirschman Index)
	3. 선박 입출항 척수(Vessel Traffic)
	4. 시장 점유율(Market Share)
	5. 하역속도(Load Rate)
	6. 컨테이너 종속성(Container dependency)
	7. 입항 크기(Call size)
	8. 운송수단별 비중(Modal Split)
Socio-economic Indicators (사회경제)	9. 노동자(Employment)
	10. 부가가치(Added value)
	11. FTE당 총 부가가치(Direct Gross added value per FTE)
	12. 재정건정성(Financial health)
	13. FTE당 교육비용(Training per FTE)
Environmental Indicators (환경)	14. 투자액(Investment)
	15. 총 에너지 소비량(Total energy consumed)
	16. 탄소발자국(Carbon footprint)
	17. 총 물 소비량(Total water consumption)
	18. 폐기물량(Amount of wast)
	19. 에너지관리시스템(EMS standard)
	20. 재고관리(Existence of Aspects inventory)
	21. 모니터링 프로그램 유무(Existence of monitoring programme)

분야	상세 지표
Logistic Chain and Operationa (물류 사슬 및 운영)	22. 해상연결성(Maritime connectivity)
	23. 복합운송 연결성(Intermodal connectivity)
	24. 해상 정시성(On-time performance)
	25. 내륙운송 정시성(On-time performance (Inland waterways, Rail, Road))
	26. 평균 통관 시간(Mean-time customs clearance)
	27. 항만공동체 시스템 이용가능성(Availability of Port Community System)
	28. 선박 재항시간(Ship turnaround Time)
Governance (지배구조)	29. 통합 항만 클러스터(Integration port cluster)
	30. 성과관리 규모(Extent of performance management)
	31. 성과관리 존재(Existence of Performance Measurement)
	32. CSR 보고서(Formal reporting CSR)
	33. 시장개방성(Market openness)
	34. 항만당국 투자(Port authority investment)
	35. 안전/보안(Safety/Security)
	36. 항만당국 직원 생산성(Port authority employee productivity)
	37. 자율관리(Autonomous management)

자료: European Sea Ports Organization(검색일: 2022.5.8.)의 자료를 저자가 번역하여 재작성

3. 소결 및 시사점

물동량 연동 항만개발제도(트리거룰, TR) 도입이 검토되고 최종 적용된 2000년대 중후반은 중국 항만의 급성장, 중국-북미·유럽 사이의 직기항 증가 등 중국 중심의 동북아 물류체계로 개편되면서 국내 항만의 대외경쟁력 제고를 위해서 최적의 서비스 수준을 제시할 수 있는 항만시설확보가 필수적인 시기였다.¹⁵⁾ 이에 물동량과 연동되는 트리거룰을 도입하여 대내외 여건 변화에 따라 항만을 전략적으로 개발함으로써 투자 효율성 제고 및 항

만 경쟁력 유지 및 제고가 가능하였다.¹⁵⁾ 하지만 트리거룰이 도입된 지 약 13년이 지난 지금은 물량기준으로만 항만시설의 규모와 공급시기를 조정하는 것이 더 이상 항만 경쟁력을 확보하는 제일의 방법이 아님이 확인할 수 있었다. 부산 신항 개발 시 장래물동량 변화와 하역능력을 기준으로 트리거룰을 적용하였지만 대표적인 서비스 수준 지표인 대기율과 대기척수는 오히려 증가하였으며(〈그림 3-2〉 참고), 국내 전체 항만 인프라의 경쟁력도 담보상태이다(〈그림 3-3〉 참고).

반면 중국과 유럽연합의 경우 이미 ‘물동량’ 외에 다양한 지표를 선정하여 항만종합지수를 산정하거나 각각의 지표를 공표함으로써 항만의 경쟁력을 확보하고 있다. 이에 우리나라도 서비스 수준 측정 지표 선정을 통해 항만의 서비스 수준을 진단할 필요성이 높아졌다고 판단된다. 이에 따라 3장 2절에서는 문헌연구를 통해 국내 항만서비스 수준을 평가할 수 있는 지표를 선정하고자 한다.

제2절 항만서비스 수준 평가지표 선정 및 활용

1. 항만서비스 평가지표 문헌연구

항만의 서비스 수준을 평가할 수 있는 지표와 관련된 선행연구들은 국내 외 다수 연구되었다. 가장 먼저 항만의 서비스 지표를 개발 및 제안한 연구는 UNCTAD(1976)로 크게 재정지표와 운영지표로 구분하여 평가지표를 제안했다. 재정지표로는 순이익, 인건비, 설비투자액 등을 고려하였으며,

15) 해양수산부(2006)a, p.2

16) 정태원·안우철(2011), p. 142.

운영지표로는 항만의 선박 입출항 척수, 대기 시간, 항만 재항시간 등 단일 지렛값과 더불어 생산성 지표인 선박당 처리실적, 선박 접안 시간당 처리 실적, 선석 접안 시간당 노동시간 비율 등을 평가지표로 제안했다. UNCTAD(1976)에서 제안한 재정지표를 서비스 평가지표로 제안한 다른 선행연구로는 A Rom Kim et al.(2016), Peter W. De Langen et al.(2007) 등이 있다. A Rom Kim(2016)에서는 항만서비스 평가지표 중 재정지표로 총수익, 총비용, 자산, 자본, 당기순이익 등을 사용하였으며 Peter W. De Langen et al.(2007)은 항공, 산업단지 등에서 적용되고 있는 성과지표를 활용하여 항만산업에 적용한 사례로 항만 내 제조업 부문의 투자금액 및 임금 수준 등을 고려한 점이 특징이다. 그러나 항만 운영과 관련된 재정 정보는 공개 자료가 한정되어 있어 이후 선행연구에서는 재정 지표로 항만서비스 수준을 측정하는 경우가 많지 않았다.

항만의 서비스 수준을 측정하는 단일 지렛값으로 가장 많이 사용되는 지표는 물동량, 선박 입출항 척수, 부두 길이, 하역기기 수, 항만 재항시간, 대기 시간 등이 있었으며, 그중 물동량을 항만서비스 평가지표로 사용한 선행연구로는 Osman Metalla et al.(2015), 미국 교통부(2018) 등이 있었다. 그러나 물동량을 단순히 서비스 지표로 활용하기보다는 물동량을 안벽길이, 선석 수, 접안 시간, 선박 척수 등 시설 및 시간 투입에 대한 생산성 개념으로 지표를 산정하여 서비스를 평가하는 경우가 많았다. 안벽길이 당 물동량 처리량을 서비스 측정 지표로 사용한 선행연구로는 최형림 외(2006), Beškovnik(2008), Paul E. Kent et al.(2010) 등이 있었으며, 접안 시간당 물동량 처리량 지표를 사용한 선행연구는 최형림 외(2006), Paul E. Kent et al.(2010), UNCTAD(1976), 미국 교통부(2018) 등이 있었다. 선박이 선석에 접안한 시간 대신 접안 후 실제 크레인이 작업한 시간 동안 물동량 처리량을 나타내는 크레인 생산성도 Beškovnik(2008), Paul E. Kent et al.(2010) 등에서 서비스 평가지표로 사용됐다.

한편 물동량 외 단일지표 중 서비스 평가지표로 가장 많이 사용되는 지표는 대기과 관련된 지표로 나타났다. 대기과 관련된 지표로는 항만 내 선박이 선석에 접안하지 못하고 정박지 및 항계선 밖에서 대기한 시간을 고려한 경우도 있었으며 대기하고 있는 선박 척수를 반영한 지표도 있었다. 실제 선박의 서비스 시간 대비 대기시간의 비율인 대기율을 고려하기도 했다. 대기지표를 항만서비스 평가지표로 산정한 연구로는 최용석·하태영(2004), 이기열·김은수(2015), 김창곤 외(2016), Paul E. Kent et al.(2010), UNCTAD(1976), World Bank(1993), Osman Metalla et al.(2015) 등이 있었다.

이외에도 선박의 입출항 척수를 서비스 지표로 선정한 선행연구로는 UNCTAD(1976), Osman Metalla et al.(2015), 미국 교통부(2018) 등이 있었으며, 선박의 재항시간을 고려한 선행연구로는 최용석·하태영(2004), UNCTAD(1976), Peter W. De Langen et al.(2007) 등이 있었다. 앞서 기술한 국내외 다수 연구의 서비스 평가지표를 정리한 결과는 다음 <표 3-4>와 같다.

<표 3-4> 항만서비스 평가지표 관련 선행연구

선행연구	연구 목적	서비스 평가지표
최용석· 하태영 (2004)	결합생산성 지표 산정 및 분석을 통한 컨테이너 터미널 생산성 향상방안 제시	안벽·야드 크레인(처리량, 가동률, 대기시간 비율), 야드 트랙터(평균 속도, 대기시간, 선화주기 등), 장치장 점유율, 안벽 점유율, 선석별 작업수, 선박대기 비율, 선박재항시간, 게이트 입출구 활용도 및 대기 열의 길이 등
최형림 외 (2006)	DEA 기법을 활용한 컨테이너 터미널 생산성 측정	시설물 생산성(선석당 생산성, 안벽길이당 생산성, 야드 면적당 생산성, C/C 1기당 처리량, 게이트 처리량), 종업원 생산성(총 근로자 1인당 처리량, 순 하역인력 1인당 처리실적), 선박작업 생산성(선석접안율, 총 선석 생산성, 순 선석 생산성, 총 장비 생산성, 순 장비 생산성)

선행연구	연구 목적	서비스 평가지표
박병인·배종욱·박상준(2009)	항만서비스 수준 평가를 위한 선박 평균대기비용 산정	선박의 평균 대기비용
이기열·김은수(2015)	항만서비스 수준 평가를 위한 항만대기율 산정	항만대기율 및 선석 점유율
김창곤 외(2016)	항만서비스 수준 평가를 위한 지표 제시 및 분석	선박 대기시간 비율(대기 선박 척수 비율, 안벽 점유 길이 시간 비율, Norm-time 초과 비율)
김창환·이상윤(2011)	벌크 항만의 서비스 수준 평가를 위한 요인 설정	항만시설, 운영능력, 연계협력, 항만안전, 물류비용, 이용편의, 마케팅
UNCTAD(1976)	항만 성능 지표 산정에 관한 연구	월간 선박 척수, 대기 시간, 서비스 시간, 항만 재항시간(Turn Around Time), 선박당 처리실적, 총 작업 시간당 처리량, 선박 교대 근무 인력, 선박 접안 시간당 처리량, 선석 접안 시간당 노동시간 비율
World Bank(1993)	항만 성능 지표 산정에 관한 연구	평균 선박 회전율, 선박의 1일 평균 처리량, 선석 평균 접안 시간, 선석 외 평균 접안 시간, 평균 대기 시간
Beškovnik(2008)	컨테이너 터미널 생산성 측정 및 증대 방안 제시	연간 컨테이너 선박 교대 근무 인력, 크레인 작업 시간당 처리량, 장치장 면적당 처리량, 트럭 운행 시간당 처리량, 노동자 하역작업 시간당 처리량
Peter W. De Langen et al.(2007)	항만 성능 평가를 위한 신규 성과지표 산출	선박 재항시간, 연결성 지수, 단위면적당 화물 처리량, 화물 하역비용, 항만시설 임대료, 부가가치 상품 처리 부율, 단위면적당 근로자 수, 항만 내 제조업 부문 투자 수준, 항만 내 제조업 산업의 임금 수준
Osman Metalla et al.(2015)	알바니아 항만 성능 지표 선정 및 지표 산출	항만능력(컨테이너 물동량, 최대 수용 선박 크기), 운영능력(비용, 선박 척수), 장비능력(하역능력, 하역 기기수, 터미널 면적 등), 서비스 수준(항만 지연, 평균 대기 시간, 정보 공유 수준), 관리능력(EDI 시스템 유무, 보안시스템 유무, GPS 시스템)
Paul E. Kent et al.(2010)	콜롬비아 항만의 양허계약에 적용할 수 있는 성능 지표 제안 및 도출	선박 처리 생산성(선석 접안 시간당 처리량), 크레인 생산성(크레인 작업시간당 처리량), 선석 생산성(부두 길이당 처리량), 선박 대기 시간, 트럭 대기 시간, 트럭 총 운송시간
A Rom Kim(2016)	항만 경쟁력 지표 산정을 통해 TOSIS 기법을 활용하여 한국 및 중국 항만 경쟁력 비교	시설기준(부두길이, C/C 개수, 선석 수, 야드 면적, 수심, 중심성 등), 재정기준(총수익, 총비용, 자산, 자본, 당기순이익 등)
미국 교통부(2018)	미국 항만의 일관된 성능 측정을 위해 다양한 지표 산출	물동량, 선박 입출항 척수, 하역기기 수, 터미널 면적, 부두 길이, 선박당 화물처리실적, 재항시간당 화물처리실적, 수심, 철도 연결성 등

자료: 저자 작성

2. 항만서비스 평가지표 선정

본 연구의 항만서비스 평가지표를 선정하기 위해 상기 수행한 문헌연구 분석 결과를 토대로 서비스 평가지표를 크게 시설지표, 운영지표, 재정지표, 생산성지표로 구분하였다(〈표 3-5〉 참고). 다양한 서비스 평가지표가 많은 선행연구에서 지표로 채택된 빈도수와 데이터 측정가능성 여부 등을 기준으로 분류하였다(〈표 3-5〉).

본 연구는 항만의 서비스 지표를 산출하고 측정하여 개발한 항만서비스 지수를 항만개발제도 개선에 반영하는 것이 주된 목적이므로 선정된 서비스 측정지표는 대표성을 가지면서 동시에 지속적으로 집계할 수 있어야 한다. 또한 측정비용이 과다하지 않는 지표의 경제성도 고려해야 한다. 지표는 측정하는 것이 목표이기 때문에 측정의 용이성도 간과해서는 안 되는 점이다.

국내 컨테이너 터미널의 경우 부산항, 인천항, 광양항, 평택·당진항, 울산항 등 다섯 개 항만에서 운영되고 있지만 대부분 부산항에 컨테이너 기능이 집중되어 있어 부산항과 그 외 항만들의 서비스와 경쟁력 수준 차이는 매우 크다. 이에 따라 국내 컨테이너 터미널 간 서비스 수준을 비교 평가하여 항만개발제도에 반영하는 것은 적합하지 않다고 판단하였다. 부산항 컨테이너의 경우 물동량 기준 세계 7위를 기록하는 등 글로벌 주요 컨테이너 항만들과 경쟁 관계에 있기 때문에 항만서비스 측정 지표 선정 시 글로벌 컨테이너 항만 간 비교할 수 있는 기준인지, 또한 글로벌 컨테이너 항만들의 지פות값을 측정할 수 있는지 여부도 주요 고려 대상이었다.

반면 국내 벌크 터미널의 경우 13개의 부두로 기능이 세분화되어 운영되고 있는데 국내보다 간소하게 분류되어 있는 국외 벌크 터미널과 직접적인 서비스 수준 비교는 용이하지 않을 것이라 판단되었다. 또한 벌크 터미널

기능에 따라 세부 지포값 등의 편차가 크게 나타날 수 있기 때문에 현행 국내분류체계를 고려하여 서비스 지표 선정 및 측정이 이뤄져야 한다.

상기 언급한 조건들과 선행연구들의 항만서비스 평가 지표 채택 빈도수를 함께 고려하여 분석한 결과 가장 많은 빈도로 채택된 항만서비스 평가 지표는 대기 지표로 나타났다.(<표 3-5> 참고) 대기 지표의 세부 지표로는 대기척수, 대기시간, 대기율 등이 있는데 모두 측정 가능한 지표이다. 이 중 본 연구에서는 이기열·김은수(2015), 김창곤 외(2016)에서 채택한 단일 지포값인 대기척수, 대기시간보다는 선박의 서비스 시간을 함께 고려한 대기시간 비율인 대기율을 최종 지표로 선정했다.

대기지표 다음으로 가장 많은 빈도수를 나타낸 지표는 생산성 지표 중 접안 시간당 처리실적(최형림 외(2006), Paul E. Kent et al.(2010), UNCTAD(1976), 미국 교통부(2018))과 선박 재항시간(최용석·하태영(2004), UNCTAD(1976), Peter W. De Langen et al.(2007), 미국 교통부(2018))으로 나타났다.(<표 3-5> 참고) 두 지표 모두 지속적으로 측정 가능해 본 연구의 최종 서비스 측정 지표로 선정하였으며, 특히 생산성 지표인 접안 시간당 처리실적은 선석 생산성으로 정의하여 다른 생산성 지표와 구분하기로 한다.

다음으로 빈도수가 높으면서 측정 가능성 요건을 충족하는 지표는 운영 지표 내 선박 입출항 척수(UNCTAD(1976), Osman Metalla et al.(2015), 미국 교통부(2018))와 선박 척수당 처리실적(UNCTAD(1976), Osman Metalla et al.(2015), 미국 교통부(2018))으로 나타났다. 이 중 선박 척수당 처리실적은 연간 물동량 처리량을 선박 입출항 척수로 나눈 생산성 지표이기 때문에 선박입출항 척수와 선박 척수당 처리실적 지표를 모두 채택하면 중복성 문제가 발생할 수 있다고 판단하였다. 이에 단일 지포값(선박 입출항 척수)보다는 생산성 지포값인 선박 척수당 처리량을 최종

적으로 본 연구의 항만서비스 측정 지표로 선택하였으며 해당 지표를 선박 생산성으로 정의하였다.

상기 과정들을 통해 본 연구는 다수의 연구들이 선정한 항만서비스 수준 평가지표들 중 선박 대기율, 선석생산성, 선박 재항시간, 선박생산성을 최종 항만서비스 수준 평가지표로 선정하였다.

〈표 3-5〉 항만서비스 평가지표 선정 결과

구분	평가지표	저자	빈도	측정 가능성 (데이터 유무)		최종 선정
				컨	벌크	
시설 지표	부두길이	A Rom Kim(2016), 미국 교통부(2018)	2	△	○	X
	하역기기 수	A Rom Kim(2016), Osman Metalla et al.(2015), 미국 교통부(2018)	3	○	△	X
	수심	A Rom Kim(2016), 미국 교통부(2018)	2	○	○	X
	야드(터미널)면적	A Rom Kim(2016), Osman Metalla et al.(2015), 미국 교통부(2018)	3	○	△	X
운영 지표	물동량	Osman Metalla et al.(2015), 미국 교통부(2018)	2	○	○	X
	선박 입출항 척수	UNCTAD(1976), Osman Metalla et al.(2015), 미국 교통부(2018)	3	○	○	X
	근무인력	Beškovnik(2008), UNCTAD(1976)	2	○	X	X
	선박 재항시간	최용석·하태영(2004), UNCTAD(1976), Peter W. De Langen et al.(2007), 미국 교통부(2018)	4	○	○	O
	대기지표	최용석·하태영(2004), 이기열·김은수(2015), 김창곤 외(2016), Paul E. Kent et al.(2010), UNCTAD(1976), World Bank(1993), Osman Metalla et al.(2015)	7	○	○	O
재정 지표	총매출액	A Rom Kim(2016)	1	△	△	X
	총비용	A Rom Kim(2016), Peter W. De Langen et al.(2007), Osman Metalla et al.(2015)	3	△	△	X
	자산	A Rom Kim(2016)	1	△	△	X

구분	평가지표	저자	빈도	측정 가능성 (데이터 유무)		최종 선정
				컨	벌크	
생산 성 지표	처리실적/ 안벽길이	최형림 외(2006), Beškovnik(2008), Paul E. Kent et al.(2010)	3	△	○	X
	처리실적/ 야드(터미널)면적	최형림 외(2006), Beškovnik(2008)	2	○	○	X
	처리실적/ 선석수	최형림 외(2006)	1	○	○	X
	처리실적/ 접안시간	최형림 외(2006), Paul E. KENT et al.(2010), UNCTAD(1976), 미국 교통부(2018)	4	○	○	○
	처리실적/ 크레인 작업시간	Beškovnik(2008), Paul E. KENT et al.(2010)	2	△	X	X
	처리실적/ 선박 척수	UNCTAD(1976), World Bank(1993), 미국 교통부(2018)	3	○	○	○
	처리실적/ 근무인력	최형림 외(2006)	1	○	X	X

자료: 저자 작성

이에 위와 같은 과정을 통해 선정된 네 가지 서비스 지표(선박 대기율, 선석 생산성, 선박 재항시간, 선박 생산성)들의 정의와 산식을 다음과 같이 제시하고자 한다. 아울러 독자의 이해 제고를 위한 지표별 개념도 함께 기술한다.

1) 선박 대기율(WR: Waiting Ratio)

선박 대기율이란 선박의 서비스 시간에 대한 묘박지 대기 시간의 비율로 산정한다.¹⁷⁾ 서비스 시간은 선박이 선석 등에 접안하여 서비스를 받는 시

17) UNCTAD(1976), p. 9.

간으로 선석 접안 시간을 의미한다. 대기시간은 선박이 항만에 입항 후 서비스를 받기 전까지 묘박지에 대기하는 시간을 의미하여 통상 양묘시간이 있는 경우에 산정이 가능하다. 양묘시간이 명시되어 있지 않는 경우에는 항만 입항 후 선석 접안 전까지를 대기시간으로 간주할 수 있으며 산식은 [식 3-1]과 같다. 대기율은 현재까지 국제적으로 대표적인 체선지표로 통용되고 있음에 따라 항만서비스를 평가하는 주요한 지표라고 할 수 있다. 선박 대기율이 높아지는 것은 선박의 대기시간이 높아진다는 의미로 이는 선화주 간 체선료 지불의 원인이 될 수 있어 항만의 경쟁력을 악화시킬 수 있다. 또한 특정 부두별·선종별에 따라 정확한 대기율을 산정할 수 있어 항만을 이용하는 고객들에게 실질적인 서비스 지표 제공이 가능하다.¹⁸⁾ 적정 대기율과 관련된 선행연구를 살펴보면 UNTAD(1985)는 적정 대기율을 30%로 제시하고 있으나 Agerschou(2004)는 일반 부두의 경우 20%, 컨테이너 부두의 경우 10%를 적정 대기율로 제시하였다. 한편 OECD(2014)는 컨테이너의 적정 대기율을 10%로 제시한 바 있다. 본 연구에서는 선박 대기율을 산정함에 있어 양묘시간이 없는 데이터를 활용하므로 항만 입항 후 선석 접안 전까지를 대기시간으로 간주하여 산정했다. [식 3-1]

$$\text{선박 대기율}(\%) = \frac{\text{선박 대기시간}(Hr)}{\text{선박 서비스 시간}(Hr)} \quad [\text{식 3-1}]$$

2) 선석 생산성(BMPH: Berth Moves Per Hours)

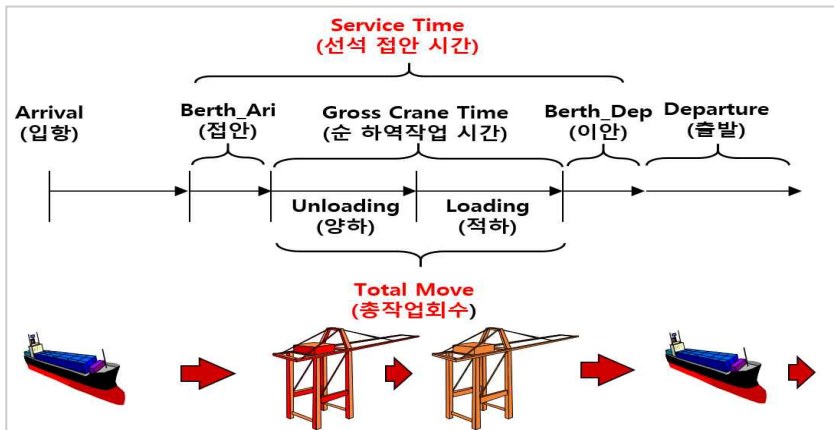
생산성이란 투입된 자원에 대한 산출량을 의미하며, 일정한 자원하에서 얼마나 많은 산출물을 얻었는지 나타내는 지표를 의미한다. 앞선 선행연구에서 항만의 생산성 측정을 위한 투입요소로 인력, 시설 길이, 면적, 작업 시간 등이 고려되고 있는 것을 확인했다. 선석생산성은 투입 요소로 작업

18) 이기열 외(2015), p. 111.

시간을 고려한 경우로 선박이 선석에 접안 하는 시간 동안 처리한 물동량을 의미하는 지표이며 항만의 서비스를 평가하는 주요 지표이다. 이 지표는 선박이 항만 항계선 내 진입하여 대기하는 시간은 제외하고 순수 화물 처리를 위한 작업 시간을 고려할 수 있는 장점이 있다. 또한 터미널에서 선석 접안시간을 단축시키는 것은 항비를 절감하여 하역 원가를 낮추는 효과¹⁹⁾가 있기 때문에 접안시간 단축을 통해 선석생산성을 높이기 위해 글로벌 항만들은 다양한 방안을 적용하고 있다. 컨테이너 선석 생산성의 경우에는 분자에 컨테이너 처리량을 나타내는 TEU 대신 컨테이너의 작업횟수(양하, 적하 등)로 대체하여 계산할 수 있으며, 본 연구의 컨테이너 선석 생산성은 선석 접안 시간당 컨테이너 총 작업횟수로 정의하며 산식은 [식 3-2]와 같다.

$$\text{선석 생산성 (Moves/Hr)} = \frac{\text{컨테이너 총작업수 (Moves)}}{\text{선석 접안 시간 (Hr)}} \quad [\text{식 3-2}]$$

〈그림 3-6〉 선석 생산성 개념도



자료: 이수영(2020.6.11.) 자료를 저자 재정리

19) 정승호·하원익(1999), p. 78.

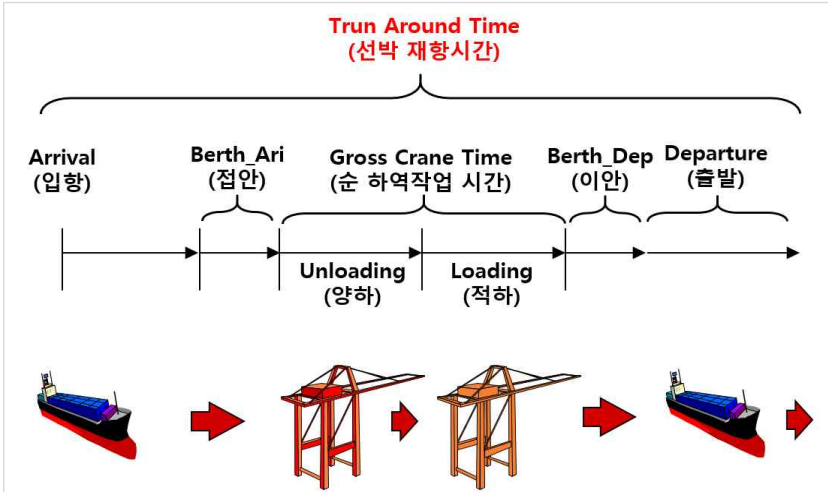
3) 선박 재항시간(TAT: Turn Around Time)

우리나라 무역의존도(GDP 대비 수출입 비중)는 최근 5년간 평균 78.7%로 매우 높은 수준을 나타내고 있으며,²⁰⁾ 물동량 기준 약 99% 이상의 화물이 항만을 통해 처리되므로 항만의 화물 처리 기능이 매우 중요하다. 항만에서 화물은 일반적으로 선박이 입항하여 선석에 접안한 후 화물을 양하 및 적하한 다음 선석에서 이안하여 항만을 출항하는 순서로 처리된다. 이때 선박이 입항 후 출항까지 항만에 머무는 총 시간을 선박 재항시간이라고 하며 산식은 [식 3-3], 개념도는 <그림 3-7>과 같다. 선박의 재항시간은 양묘지에서의 대기시간, 항내 이동시간, 실제 서비스 시간 등이 모두 포함된 개념이다. 선박의 재항시간이 짧다는 의미는 대기 시간 없이 선박이 하역작업을 신속하게 완료할 수 있다는 의미이며, 재항시간이 길어진다는 의미는 그만큼 시간 비용이 소요된다는 의미로 선화주 관점에서 선박 재항시간은 항만의 경쟁력 요소 중 중요한 요인으로 고려된다. 또한 최근 국제해사기구(IMO) 등에서 선박의 배출규제를 강화하는 법이 잇달아 발의되면서 선박의 재항시간이 항만 내 발생하는 대기오염배출량과 직접적으로 연관되기 때문에 비용 측면에서 중요성이 높아지고 있다. 이에 글로벌 컨테이너 항만들은 경쟁력 제고를 위해 재항시간을 최소화할 수 있는 여러 방안을 마련하고 있다. [식 3-3]

$$\text{선박 재항시간}(Hr) = \text{항만출항시간}(Hr) - \text{항만입항시간}(Hr) \quad [\text{식} 3-3]$$

20) 국가지표체계(검색일: 2022.9.17.)

〈그림 3-7〉 선박 재항시간 개념도



자료: 이수영(2020.6.11.) 자료를 저자 재정리

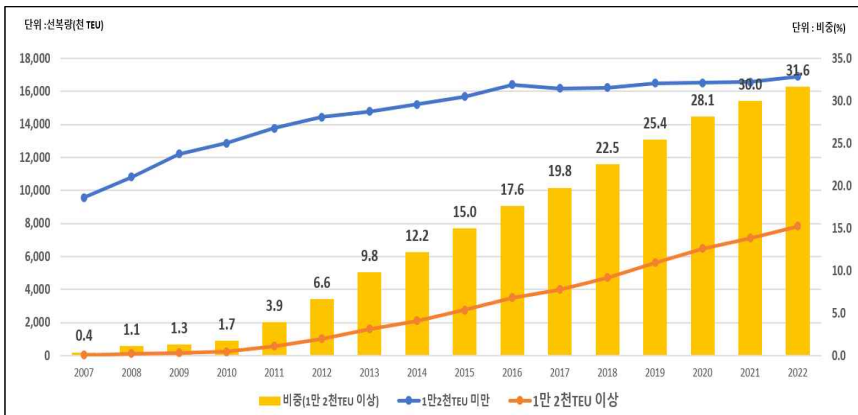
4) 선박 생산성(TS: Throughput per Ship)

선박 생산성은 생산성 지표 중 선박 1척당 평균 화물 처리량을 의미하는 지표로 산식은 [식 3-4]와 같다. 〈그림 3-8〉과 같이 최근 규모의 경제를 실현하기 위해 선사들은 경쟁적으로 대형 선박을 투입하고 있으며 이에 따라 선박 생산성이 높아지는 추세이다. 컨테이너 선박 기준 1만 2천 TEU 이상의 선박은 2007년에 처음으로 2척이 도입되었으며 이후 점진적으로 증가하여 2022년 9월 기준 총 486척의 컨테이너선박이 운항되고 있다. 특히 1만 2천 TEU 이상 선박 중에서도 1만 7천 TEU 이상 선박 척수는 지난 10년간 연평균 35.6% 증가율을 나타내면서 상대적으로 큰 선박을 도입하는 추세가 주를 이루고 있다. 선박량 기준으로 살펴보면 1만 2천 TEU 이상 선박의 선박량 비중은 2022년 9월 기준 31.6%를 기록하였으며, 1만

2천 TEU 미만 선박의 선복량 비중은 지속적으로 감소세를 기록하고 있다. 컨테이너 선박에 대한 신규 수주 역시 대형 선박 위주로 발주되고 있는 점을 감안하면 향후에도 선박의 대형화 추세가 이어질 것이며 선박 대형화에 따라 선박 생산성도 함께 높아질 것이다. 즉 선박 생산성이 높으면 그만큼 대형 선박을 수용할 수 있는 선석 및 항만의 재원을 보유하고 있다는 의미로 선박 생산성은 항만을 이용하는 사용자들이 항만서비스를 평가함에 있어 중요한 요인으로 고려될 수 있을 것으로 판단된다.[식 3-4]

$$\text{선박 생산성 (TEU/척)} = \frac{\text{연간 화물 처리량 (TEU)}}{\text{연간 선박 척수 (척)}} \quad [\text{식 3-4}]$$

〈그림 3-8〉 선박 대형화 추세(컨테이너선 기준)



자료: Clarkson Research(검색일: 2022.9.17.)

3. 항만서비스 평가지표 활용

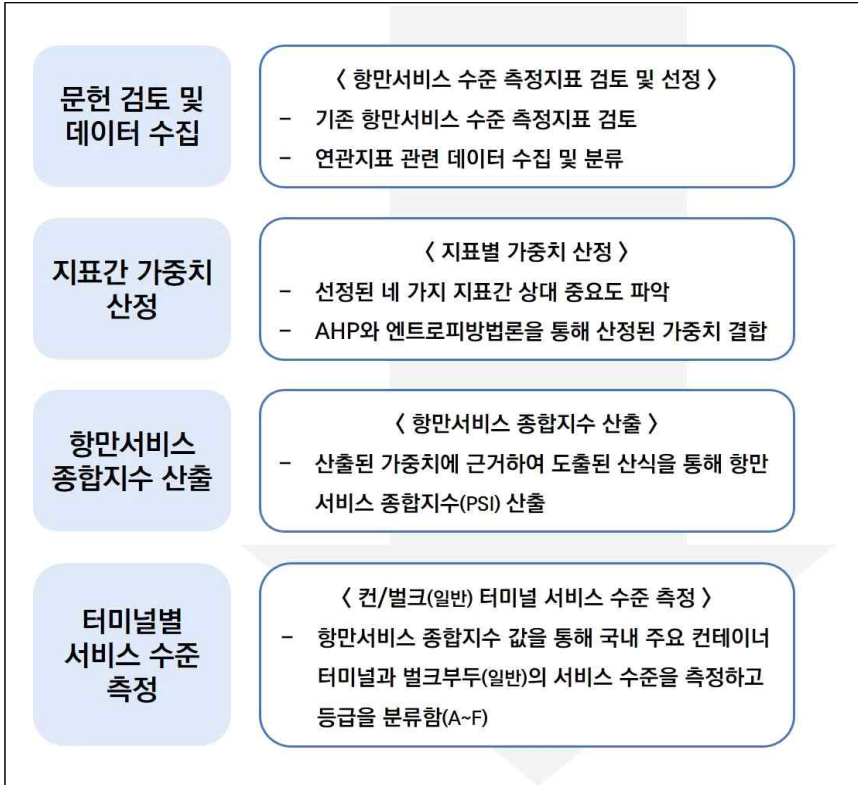
본 연구의 목적인 ‘서비스 수준’과 연동된 항만물동량 제도 개선(안) 도출을 위해 항만의 서비스 수준을 정기적으로 측정하고 비교할 수 있는 네 가지 지표들을 앞서 선정하였다. 문헌연구와 데이터 가용성·지속성 등을 종합 고려하여 지표를 선정하였다.

선정된 네 가지 지표들은 전국 부두의 서비스 수준 진단 및 변화를 분석하기 위한 항만서비스 지수 도출에 활용될 예정이다(〈그림 3-9〉 참고). 각 지표 간 상대적 중요도로 종합지수를 개발할 때 개별 구성항목의 지수를 단순 산술평균하지 않고 각 항목의 중요도를 고려하여 가중평균 하는데 이때 고려되는 중요도가 가중치이다.²¹⁾ 일반적으로 지수(Index)는 특정시점에서의 변수의 크기를 기준으로 하여 다른 시점의 변수 크기를 상대화 한 것으로서 기준이 되는 상황을 100으로 표시한다.²²⁾ 향후 가중치에 근거하여 도출된 산식을 통해 산정된 항만서비스 지수(PSI)로 전국 주요 컨테이너 터미널과 벌크부두(일반)의 서비스 수준을 측정하고 등급에 따라 분류할 예정이다(〈그림 3-9〉 참고).

21) 통계청(2015), p. 15.

22) 한국은행

〈그림 3-9〉 항만서비스 평가지표 활용 과정



자료: 정해식 외(2016), p.72 내용을 바탕으로 저자 재작성

4. 소결 및 시사점

항만서비스 수준을 평가하고 지표를 개발하는 연구는 1970년대부터 국외에서 수행되었다. UNCTAD(1976)에서 처음으로 항만의 서비스 지표를 재정지표와 운영지표로 구분하여 평가하는 것을 제안하였는데, 이후 다수의 선행연구에서 입출항 척수, 대기 시간 등이 포함된 운영지표를 서비스 지표로 채택한 것을 알 수 있다. 본 연구에서 다수의 선행연구를 분석한 결과 항만의 서비스 수준 측정에 가장 높은 빈도로 활용된 지표는 물동량, 대기 관련 지표, 입출항 척수들을 꼽을 수 있다. 과거와 달리 현재 항만서비스 수준 평가 연구들에서는 물동량 지표가 단일지표가 아닌 시설 및 시간 투입에 대한 생산성 개념으로 변환되어 활용되고 있었다. 본 연구에서는 항만서비스 수준 측정 지표를 선정하기 위해 그간의 서비스 수준 평가 지표를 시설지표, 운영지표, 재정지표, 생산성 지표로 구분하고 가장 많이 채택된 빈도를 살펴보았다. 그 결과 가장 많은 선행연구에서 운영지표 중 선박재항시간과 대기지표, 처리실적/접안시간, 처리실적/선박 척수 등의 지표가 항만서비스 수준 측정 지표로 선정된 것을 파악할 수 있었다. 국내외 연구에서 가장 많이 채택되어 활용된 지표들이지만 본 연구의 항만서비스 수준 평가 대상이 과거 여타 선행연구에 비해 많기 때문에 각 지표들의 정의 또한 선행연구를 통해 확정되었다. 3장에서는 상기 과정들을 통해 채택되고 정의된 네 가지 항만서비스 수준 지표(선박 대기율, 선석생산성, 선박재항시간, 선박생산성)의 활용 과정들을 단계별로 제시하였다. 이후 4장에서는 앞서 제시한 평가지표 활용 과정을 상세히 기술할 예정이다.

04

항만서비스 지수 도출 및 평가

4장에서는 3장에서 선정된 서비스 지표를 활용하여 국내 항만서비스 지수(PSI)를 산정하였다. 지수 도출에 필요한 각 지표들의 가중치는 두 가지 대표적인 다기준 의사결정분석을 통해 산정하였다. 체계적 절차에 의해 수행되지만 주관적으로 가중치를 선정하는 AHP 방법론과 최대한 주관적 요인을 배제하고 객관적으로 가중치를 선정하는 엔트로피 방법론에 대한 선행연구를 수행하였다. 이를 바탕으로 모형을 설정하여 각 방법론에 따른 가중치를 도출하였다. 이후 두 가지 방법론에 의해 도출된 가중치를 종합하는 산정 방식을 통해 각 지표별 최종 가중치를 도출하였다. 이 지표별 가중치를 활용하여 항만서비스 지수(PSI) 산식을 산정하였는데 측정된 항만서비스 지수 값을 통해 국내 항만 컨테이너 부두와 벌크(일반)부두의 서비스 수준을 평가하고 그 수준을 여섯 개의 그룹(A~F)으로 분류하였다.

제1절 다기준 의사결정분석을 통한 가중치 산정 기법 —

1. AHP

1972년 Saaty에 의해 도입된 다기준 의사결정 기법 AHP는 각 속성들의 중요도를 파악하는 기법이다.²³⁾ AHP는 평가기준이 다수인 의사결정에서 중요도를 정량화하는 다기준 의사결정기법으로²⁴⁾ 평가항목 간 중요도인 가중치 산정을 통해 우선순위를 매기는 것이 특징이다. AHP 가중치 산정방법은 단점으로 다수의 평가자 답변이 필요하다는 점을 꼽을 수 있는 반면, 특정인의 영향력에 좌우되지 않는 장점이 있다²⁵⁾. AHP 분석의 첫째 단계는 최종 목표를 설정하고 평가 요인들을 계층화 하는 것이다(그림 4-1)참조). 다음 단계는 평가요인들 간 상대적 중요도를 쌍대 비교를 통해 산정하는 것이다. 셋째 단계는 평가에 대한 일관성을 검증하는 것으로 응답자로부터 측정된 데이터의 모순 정도를 일관성 지수(CI: Consistency Index)를 통해 확인 할 수 있다.²⁶⁾

평가요인이 많은 경우 이들의 우선순위를 결정하는 것이 통상적인 인간 능력 범위를 벗어날 수 있으므로 평가요인을 선정할 때 이 점을 유의하여야 한다. 인간이 한 번에 이성적으로 분별 가능한 요인의 수는 문제의 난이도에 따라 다섯 개 내지 아홉 개가 최대라고 알려져 있다. 이를 고려하여 설문지 작성 시 평가요인이 최대 아홉 개를 넘지 않도록 작성할 필요가 있다.

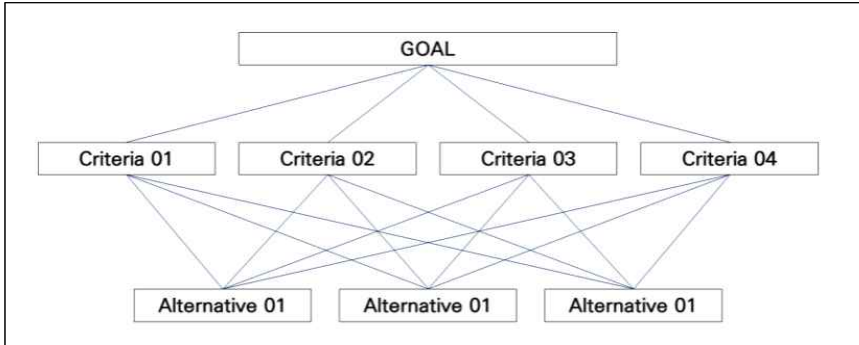
23) 안지영 외(2022), p.20.

24) 문영식 외(2021), p.16.

25) 문영식 외(2021), p.16.

26) 최민철 (2020), p. 147을 바탕으로 저자 재작성

〈그림 4-1〉 AHP를 통한 가중치 산정 알고리즘 개념도



자료: 문영식 외(2021), p. 16.

AHP 기법에서 평가자의 일관성은 연구 결과의 신뢰성 확보에 결정적 역할을 하기 때문에 일관성 지수를 무작위 지수(RI: Random Index)로 나눈 일관성 비율(CR:Consistency Ratio)로 검정한다.²⁷⁾ 통상 일관성 비율이 10% 이내이면 평가자의 응답이 일관성을 갖는 것으로 판단한다.

2. 엔트로피 가중치 산정

1949년에 Shannon & Weaver 에 의해 도입된 엔트로피 가중치 산정 기법은 설문조사를 통해 평가자들의 의견을 반영하는 AHP 기법과 달리 평가항목의 데이터정보를 기반으로 한 객관적 가중치 산정 기법이다.²⁸⁾ 엔트로피를 이용한 가중치 산정 기법은 평가자의 주관성이 배제되고 객관적인 분석이 가능하다는 특징이다.²⁹⁾ 이 밖에 엔트로피 기법의 장점은 지표간 연관된 정보를 상세히 설명할 수 있다는 점이고 수학적 계산 과정을 통해

27) 송근원·이영(2013), p. 274를 바탕으로 저자 재작성

28) 문영식 외(2021), p.17을 바탕으로 저자 재작성

29) 이상혁 외(2015), p.753를 바탕으로 저자 재작성

가중치가 도출되기 때문에 정보량이 많을 때 적합하다. 또 다른 엔트로피 가중치 산정 기법의 장점은 다른 가중치 산정방법과 결합하여 사용이 가능하다는 점이다. 특히 전문가 설문조사 기반의 가중치 산정법인 AHP나 델파이기법을 통해 산정한 가중치와 결합해서 사용이 가능하다³⁰⁾

엔트로피 가중치 산정 방법은 4단계로 우선 가중치 산정을 위해 평가항목의 값으로 대표 행렬을 구성한다([식 4-1]). 이후 구성된 행렬의 속성정보를 추출하여 정규화를 수행한다([식 4-2]). 셋째 단계에서 정규화된 자료를 이용하여 엔트로피를 산정하고([식 4-3]), 넷째 단계에서는 각 평가항목에 대한 가중치를 구하기 위해 항목의 다양성을 나타내는 척도 d_i 를 [식 4-4]와 같이 계산한다. 도출된 d_i 값을 통해 최종적으로 가중치 w_i 를 산정한다([식 4-5]). ³¹⁾

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \cdots \cdots \cdots \text{[식 4-1]}$$

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (i = 1, 2, \cdots, m; j = 1, 2, \cdots, n) \cdots \cdots \cdots \text{[식 4-2]}$$

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m p_{ij} \log p_{ij} \quad (K = \frac{1}{\log m}; i = 1, 2, \cdots, n) \cdots \cdots \cdots \text{[식 4-3]}$$

$$d_i = 1 - E_i \cdots \cdots \cdots \text{[식 4-4]}$$

$$w_i = \frac{d_i}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (j = 1, 2, \cdots, n) \cdots \cdots \cdots \text{[식 4-5]}$$

30) 이상혁 외(2015), p.753을 바탕으로 저자 재작성
 31) 문영식 외(2021), p.17을 바탕으로 저자 재작성

3. 가중치 종합 산정

본 연구의 최종 목적은 물동량과만 연동된 기존 항만개발제도의 개선(안) 마련에 있다. 이를 위해 항만서비스 지수를 산정하는 데 AHP와 엔트로피를 활용하여 각각 지표의 가중치를 산정하였다. 두 방법론으로 도출된 가중치 값이 상이하고 각각의 방법론이 서로 상반된 특성(정성적, 정량적)이 있기 때문에 한 가지 방법론을 통해 도출된 가중치를 선택하기보다는 두 가중치를 종합하는 것이 더 타당하고 판단했다. AHP는 주관적이고 자의적으로 우선순위를 선정한다는 비판도 있지만, 체계적이고 설명적인 장점이 있다. 엔트로피 가중치 산정 기법으로 산정한 가중치는 실제 현장의 중요도와 일치하지 않는다는 평가도 있지만, 매우 객관적인 방법론으로 주관적인 요인들에 의해 쉽게 부정적인 영향을 받지 않는 강점이 있다. 이에 가중치 산정 방법론을 결합하여 수행한 문헌들을 분석하여 최종적으로 두 가지 가중치를 종합하여 최종 항만서비스 지수 산정에 활용하였다. 이 결합방법은 현실 반영도가 높아 평가 결과가 더 정확하여 상대적으로 높은 의의가 있다고 할 수 있다.³²⁾

AHP와 엔트로피 가중치 방법을 결합한 종합 가중치는 [식 4-6]에 따라 산정할 수 있다. α 는 합산 가중치에 대한 AHP의 비중, w'_i 는 AHP에 의해 계산된 각 항목의 가중치, $(1 - \alpha)$ 는 합산 가중치에 대한 엔트로피 가중치의 비중, w''_i 는 엔트로피에 의해 계산된 각 항목의 가중치를 의미한다.

$$w_i = \alpha w'_i + (1 - \alpha)w''_i \dots\dots\dots [\text{식 4-6}]^{33)}$$

32) Shen & Liao(2022), p.8

33) Shen & Liao(2022), p.8

4. 소결 및 시사점

앞서 3장에서 채택된 네 가지 서비스 지표들을 지수화하기 위해서는 먼저 지표 간 가중치를 산정해야 한다. 이를 위해 대표적인 가중치 산정방법인 AHP, 엔트로피 가중치 산정 방법과 관련된 선행연구를 수행하였다. 설문조사 기반의 주관적인 가중치 산정 기법인 AHP는 설문 대상자가 적절하게 선정된다면 전문가들의 일관성 있는 가중치가 도출된다는 장점이 있다. 평가항목의 객관적 데이터 값을 통해 가중치를 산정하는 엔트로피 방법의 장점은 수학적 계산을 통해 객관적으로 가중치가 산정된다는 점이다. 엔트로피 가중치 산정 기법의 또 다른 장점은 다른 가중치 산정법과 결합할 수 있다는 점이다.

AHP는 그간 대표적인 의사결정기법으로 널리 사용되었지만, 참여자의 주관성이 배제된 객관적 결과의 도출 가능성에 대해 많은 연구자들이 의구심을 가져온 것도 사실이다. 이에 본 연구에서는 Shen & Liao(2022)에서 AHP와 엔트로피 가중치의 비중을 결합한 연구 방법을 참고로 대표적인 두 기법을 결합하여 가중치를 종합하여 산정하였다. 각 방법으로 가중치를 산정하는 방법과, 두 가중치를 종합하는 방법은 다음 2절에서 상세히 기술할 예정이다.

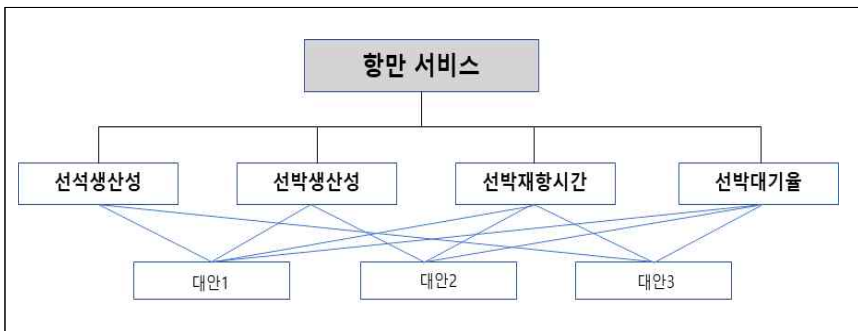
제2절 항만서비스 수준 측정 지표 가중치 산정 결과

1. AHP 가중치 산정 결과

1) 분석모형 설정 및 연구 수행 절차

AHP를 활용한 가중치 산정방법은 우선 문제의 계층화를 실시한 후 의사 결정 요소 간 쌍대 비교를 수행한다. <그림 4-2>는 항만서비스 수준 측정 지표의 우선순위와 가중치 산정을 위해 활용된 본 연구의 AHP 연구모형이다. 본 연구의 AHP 분석 최종목표는 항만 서비스 측정 지표 간 가중치를 도출하는 것으로 선석생산성, 선박생산성, 선박재항시간, 선박대기율 네 가지 항목 간 우선 순위를 응답자에게 설문하였다. 전문가 설문조사는 항만 건설 및 서비스 수준 측정과 관련된 업무에 종사하고 있는 중앙부처 및 공사·지방청 공무원, 부두운영사, 선사, 물류협회, 화주 등을 대상으로 실시하였다.

<그림 4-2> 항만서비스 수준 측정 지표 가중치 산정을 위한 AHP 연구모형



자료 : 저자 작성

2022년 6월 27일부터 7월 22일까지 약 25일간 이메일로 전송 후 회신하는 방법을 통해 설문을 수집하였다. 설문결과와 일관성 제고를 위해 연구의 의도와 설문문항에 대한 사전 설명을 충분히 제공하였다. 이에 배포한 30부의 설문 중 회수된 설문 22부 모두 일관성 비율이 0.1 이하로 나타났다.

2) 가중치 산정 결과

AHP 방법을 통한 가중치 산정은 설문조사 및 전문가의 의견이 반영되어야 한다. 본 연구에서는 항만건설 및 항만서비스 수준과 관련된 전문가 30명을 대상으로 지표에 대한 상대적 중요도를 설문하였으며, 회수된 설문결과(22부)를 기반으로 가중치를 산정한 결과는 다음 <표 4-1>과 같다.

항만서비스 수준을 측정하는 네 가지 지표 간 가중치는 선석생산성(0.338), 선박생산성(0.258), 선박재항시간(0.192), 선박대기율(0.213)로 나타났다. AHP를 통해 산출된 우선순위(가중치)의 검증은 정합도(CR: Consistency Ratio)를 통한 일관성 검증이 있는데 일관성이 완벽할 경우 0 값을 나타내며 일관성이 낮을수록 그 값은 커진다. 정합도가 0.1보다 작은 경우 신뢰할 수 있는 결과로 판정하는데, 본 연구에서는 일관성 값이 모두 0.1 이하가 나타났다(아래 <표 4-1>).

〈표 4-1〉 AHP 가중치 산정 결과

구분	측정지표	가중치	일관성 지수 (CR)
항만서비스	• 선석생산성	0.338	0.00058
	• 선박생산성	0.258	
	• 선박재항시간	0.192	
	• 선박대기율	0.213	
합계		1.000	

자료: 저자 작성

2. 엔트로피 가중치 산정 결과

측정된 데이터만으로도 지표 간 가중치가 도출되기 때문에 AHP 대비 객관적이고 정량적인 기법이라 할 수 있는 엔트로피 가중치 산정 기법은 항만 분야에서 활용된 사례가 많지 않다. 하지만 환경, 에너지 등 타 분야에서 타당성이 확인된 만큼 항만서비스 지표 간 가중치 산정에도 충분히 활용 가능한 방법이라고 할 수 있다.

1) 분석모형 설정 및 연구 수행 절차

엔트로피 가중치는 평가항목 데이터의 속성정보를 기반으로 가중치를 결정한다. 본 연구에서는 네 개 항목(선석생산성, 선박생산성, 선박재항시간, 선박대기율)에 대한 데이터를 사용하였는데, 컨테이너 부문에서는 국내 아홉 개 컨테이너 부두가 포함된 글로벌 상위 100대 항만의 데이터를 최종 분석 활용하였다. 또한 벌크부두의 서비스 수준 측정 지표 간 가중치를 산정하기 위해서는 국내 약 100여 개 벌크부두의 데이터를 활용하였다.

엔트로피 가중치 산정은 우선 컨테이너 부두와 벌크 부두로 구분된 네 가지 서비스 지표 값을 입수 한다. 다음으로 항만서비스 지표 값들이 서로 단위가 다르기 때문에 표준화 하는 과정을 거친다. 표준화 방법은 Z-SCORE, 최댓값을 이용한 변환, 최대-최소를 이용한 스케일 재조정 등이 있다.³⁴⁾ 정규화된 값으로 엔트로피를 도출한 후 d_i 를 계산하여 최종 가중치를 산정한다.

2) 가중치 산정 결과

(1) 컨테이너 부두

전국 주요 컨테이너 터미널의 선석생산성, 선박생산성, 선박재항시간, 선박대기율 등 네 가지 항만서비스 지표 측정값은 아래 <표 4-2>와 같다. 본 연구에서는 부산항, 인천항, 여수·광양항의 주요 컨테이너터미널들의 서비스 측정값을 바탕으로 엔트로피 가중치를 산정하였다. 선석생산성 측정값이 가장 높은 터미널은 부산항의 HJNC로 82.5회/hr를 기록하였다. 반면 선박생산성은 부산항의 PNC(3,825) 가장 높은 것으로 측정되었으며, 선박재항시간은 BNCT(부산항)가 가장 짧은 것으로 나타났다.

<표 4-2> 항만별·터미널별 항만서비스 지표 값

항만	터미널	선석생산성 (회/hr)	선박생산성	선박재항시간 (h)	선박대기율 (%)
부산항	BNCT	65.7	3,145	11.3	0.1
부산항	HKT	48.1	1,944	11.5	0.1
부산항	PNC	79.6	3,702	12.7	0.1
부산항	PNIT	73.1	3,825	11.5	0.1
부산항	HJNC	82.5	3,587	13.7	0.1

34) 이상혁 외(2015), p.754를 바탕으로 저자 재작성

항만	터미널	선석생산성 (회/hr)	선박생산성	선박재항시간 (h)	선박대기율 (%)
부산항	PSA New-Port	67.1	3,511	11.5	0.1
부산항	DPCT	37	1,933	12.6	0.1
인천항	SNCT	60.3	1,591	14.9	0.1
여수·광양항	광양 컨테이너 터미널	65.8	2,034	13.8	0.2

자료: IHS Markit (검색일:2022.06.07.) 데이터를 바탕으로 저자 분석

컨테이너 터미널 서비스 수준을 측정하는 네 가지 지표 값을 기반으로 엔트로피 가중치를 산정하기 위해서는 각기 다른 단위 값으로 측정된 지표 값을 표준화하여야 한다. 항만별·터미널별 서비스 지표 값을 표준화한 결과는 아래 <표 4-3>과 같다.

<표 4-3> 항만서비스 측정 지표의 표준화 결과

항만	터미널	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
부산항	BNCT	0.113	0.124	0.100	0.100
부산항	HKT	0.083	0.077	0.101	0.100
부산항	PNC	0.137	0.146	0.112	0.100
부산항	PNIT	0.126	0.151	0.101	0.100
부산항	HJNC	0.142	0.142	0.121	0.100
부산항	PSA New-Port	0.116	0.139	0.101	0.100
부산항	DPCT	0.064	0.076	0.111	0.100
인천항	SNCT	0.104	0.063	0.131	0.100
여수·광양항	광양 컨테이너 터미널	0.114	0.080	0.122	0.200

자료: 저자 작성

평가항목의 값을 기반으로 대표 행렬을 구성하고 행렬의 속성정보를 추출하여 정규화 한 결과 값은 <표 4-4>와 같다. 이 자료들을 바탕으로 항만의 다양성(DIV: Degrees of divergence) 등을 고려하여 항만서비스 수준 측정 지표의 가중치를 도출하였다.

<표 4-4> 항만서비스 측정 지표의 정규화 결과

항만	터미널	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
부산항	BNCT	-0.107	-0.113	-0.100	-0.100
부산항	HKT	-0.090	-0.086	-0.101	-0.100
부산항	PNC	-0.118	-0.122	-0.106	-0.100
부산항	PNIT	-0.113	-0.124	-0.101	-0.100
부산항	HJNC	-0.121	-0.120	-0.111	-0.100
부산항	PSA New-Port	-0.108	-0.119	-0.101	-0.100
부산항	DPCT	-0.076	-0.085	-0.106	-0.100
인천항	SNCT	-0.102	-0.076	-0.116	-0.100
여수·광양항	광양 컨테이너 터미널	-0.107	-0.088	-0.111	-0.140
합계		-0.944	-0.933	-0.952	-0.940

자료: 저자 작성

정규화된 자료(<표 4-4>)를 활용하여 엔트로피를 산정하는데([식 4-7]), 이때 각 평가항목에 대한 가중치를 구하기 위해 항목의 다양성을 나타내는 척도 d_i ([식 4-8])를 도출한다. 지표별 엔트로피 값과 DIV 값을 활용해 최종 도출된 네 가지 서비스 측정지표 간 가중치 값은 <표 4-5>와 같다.

선박생산성의 가중치가 44.0%로 가장 높게 나타났으며 선박대기율(30.1%), 선석생산성(21.8%), 선박재항시간(4.1%) 순으로 가중치 값이 도출되었다.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m p_{ij} \log p_{ij} \left(k = \frac{1}{\log m}; i = 1, 2, \dots, n \right) \dots\dots [식 4-7]$$

$$d_i = 1 - E_i \dots\dots\dots [식 4-8]$$

〈표 4-5〉 지표별 엔트로피 및 가중치(컨테이너 부두)

구분	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
지표별 엔트로피	0.9890	0.9779	0.9979	0.9849
DIV	0.0110	0.0221	0.0021	0.0151
가중치	0.2178	0.4398	0.0413	0.3011
가중치(%)	21.8	44.0	4.1	30.1

자료: 저자 작성

AHP와 엔트로피(컨테이너 부문) 가중치 산정 기법을 활용하여 도출한 항만서비스 측정지표 간 가중치는 〈표 4-6〉과 같다. 선박재항시간이 가장 낮은 중요도를 나타낸 것은 두 방법론의 결과가 같지만, 지표 간 중요도는 두 방법 결과에 따른 차이가 있다. 엔트로피 방법으로 선정된 가장 중요한 항만서비스 지표는 선박생산성인 반면 AHP의 경우 선석생산성 지표가 가장 중요한 것으로 도출되었다.

〈표 4-6〉 항만서비스 측정지표 간 가중치 비교(컨테이너 부두)

구분	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
AHP(%)	33.8	25.8	19.2	21.3
엔트로피(%)	21.8	44.0	4.1	30.1

자료: 저자 작성

(2) 벌크부두

전국 100여개 벌크 부두의 선석생산성, 선박생산성, 선박재항시간, 선박 대기율 등 네 가지 항만서비스 지표 측정값은 아래 <표 4-7>과 같다. 엔트로피 가중치를 산정을 위해 부산항, 인천항, 여수·광양항, 울산항 등 전국 모든 항만의 벌크부두 지표 값을 측정하였으나, 4장에서는 가장 많은 벌크 부두가 있는 인천항 벌크 부두들의 지표 값만 대표로 제시하고 그 외 항만의 벌크부두 지표 값은 부록에서 제시하였다. 인천항 내 선석생산성 측정값이 가장 높은 부두는 내항 3부두(30선석)으로 185.0회/hr를 기록하였다.

<표 4-7> 인천항 터미널별 항만서비스 지표 값

구분	터미널	선석생산성 (회/hr)	선박생산성	선박재항시간 (h)	선박대기율 (%)
1	4부두40선석	82	3,719	14.7	0.4
2	내항2부두25선석	40	5,785	12.7	0.2
3	내항2부두23선석	46	3,418	38.8	1.1
4	북항대한통운부두1 선석	78	3,258	40.6	0.3
5	북항동부부두2선석	85	3,630	44.9	0.4
6	북항다목적부두(선 광부두)	183	5,951	37.7	0.4
7	북항동부부두3선석	68	3,728	36.1	0.3
8	북항동부부두1선석	169	1,140	28.4	0.8
9	내항2부두24선석	94	3,462	36.7	0.4
10	북항쌍용부두 (KCTC부두)1선석	90	1,551	46.7	0.3
11	내항3부두30선석	185	2,673	17.8	0.5

구분	터미널	선석생산성 (회/hr)	선박생산성	선박재항시간 (h)	선박대기율 (%)
12	북항동방부두2선석	75	2,508	59.1	0.3
13	북항목재부두2선석	49	2,286	33.0	0.4
14	북항대한통운부두 2선석	72	4,415	35.6	0.3
15	내항3부두33선석	59	2,163	32.5	0.2
16	내항6부두60선석	132	6,133	30.2	0.2
17	내항2부두26선석	154	634	12.3	1.3
18	내항5부두50선석	120	4,105	70.8	0.4

자료: Port-Mis 내부자료, 저자 분석

국내 벌크부두(일반)의 엔트로피 가중치를 산정하기 위해서는 측정된 네 가지 서비스 수준 지표를 표준화하여야 한다. 인천항의 벌크(일반) 터미널별 지표 측정값을 표준화한 결과는 아래 <표 4-8>과 같다.

<표 4-8> 인천항 터미널별 서비스 측정 지표의 표준화 결과

구분	터미널	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
1	4부두40선석	0.0076	0.012	0.0039	0.0068
2	내항2부두25선석	0.0037	0.0187	0.0034	0.0028
3	내항2부두23선석	0.0042	0.011	0.0102	0.0163
4	북항대한통운부 두1선석	0.0072	0.0105	0.0107	0.0052
5	북항동부부두2선석	0.0078	0.0117	0.0119	0.0065
6	북항다목적부두 (선광부두)	0.0169	0.0192	0.0099	0.0058
7	북항동부부두3선석	0.0062	0.012	0.0095	0.0041

구분	터미널	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
8	북항동부부두1선석	0.0155	0.0037	0.0075	0.0123
9	내항2부두24선석	0.0087	0.0112	0.0097	0.0067
10	북항쌍용부두 (KCTC부두)1선석	0.0083	0.005	0.0123	0.0043
11	내항3부두30선석	0.017	0.0086	0.0047	0.0074
12	북항동방부두2선석	0.0069	0.0081	0.0156	0.0043
13	북항목재부두2선석	0.0045	0.0074	0.0087	0.0066
14	북항대한통운부 두2선석	0.0066	0.0143	0.0094	0.004
15	내항3부두33선석	0.0054	0.007	0.0086	0.0025
16	내항6부두 60선석	0.0121	0.0198	0.008	0.0037
17	내항2부두26선석	0.0142	0.002	0.0033	0.0193
18	내항5부두50선석	0.0111	0.0133	0.0187	0.0057

자료: 저자 작성

4단계 엔트로피 가중치 산정방법 중 3단계인 정규화 과정은 평가항목의 값을 행렬로 구성한 이후 행렬의 속성정보를 추출하여 이루어지는데 그 결과는 아래 <표 4-9>와 같다.

<표 4-9> 인천항 터미널별 서비스 측정 지표의 정규화 결과

구분	터미널	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
1	4부두40선석	-0.0161	-0.0231	-0.0093	-0.0148
2	내항2부두25선석	-0.0089	-0.0323	-0.0083	-0.0071
3	내항2부두23선석	-0.01	-0.0216	-0.0204	-0.0292
4	북항대한통운부두1선석	-0.0154	-0.0208	-0.0211	-0.0119

구분	터미널	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
5	북항동부부두2선석	-0.0164	-0.0226	-0.0228	-0.0142
6	북항다목적부두 (선광부두)	-0.0299	-0.033	-0.0199	-0.0129
7	북항동부부두3선석	-0.0137	-0.0231	-0.0193	-0.0098
8	북항동부부두1선석	-0.028	-0.009	-0.0159	-0.0234
9	내항2부두24선석	-0.0179	-0.0218	-0.0195	-0.0145
10	북항쌍용부두 (KCTC부두)1선석	-0.0172	-0.0115	-0.0235	-0.0102
11	내항3부두30선석	-0.0301	-0.0178	-0.011	-0.0158
12	북항동방부두2선석	-0.0149	-0.017	-0.0282	-0.0102
13	북항목재부두2선석	-0.0106	-0.0157	-0.018	-0.0143
14	북항대한통운부두2선석	-0.0145	-0.0263	-0.019	-0.0097
15	내항3부두33선석	-0.0123	-0.0151	-0.0177	-0.0066
16	내항6부두60선석	-0.0232	-0.0338	-0.0167	-0.0091
17	내항2부두26선석	-0.0262	-0.0055	-0.0081	-0.0331
18	내항5부두50선석	-0.0216	-0.0249	-0.0323	-0.0128
합계		-0.3269	-0.3749	-0.3310	-0.2596

자료: 저자 작성

정규화 과정 이후 항목의 다양성을 나타내는 척도 $d(\text{DIV}, [\text{식 4-9}])$ 를 활용하여 엔트로피를 산정한다.

$$d_i = 1 - E_i \quad [\text{식 4-9}]$$

최종 도출된 네 가지 서비스 측정지표 간 가중치 값은 아래 <표 4-10>과 같다. 선박생산성의 가중치가 40.9%로 가장 높게 나타났으며 선석생산성(22.5%), 선박대기율(22.2%), 선박재항시간(14.4%) 순으로 가중치 값이 도출되었다.

〈표 4-10〉 지표별 엔트로피 및 가중치(벌크 부두)

구분	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
지표별 엔트로피	0.975	0.9546	0.984	0.9754
DIV	0.025	0.0454	0.016	0.0246
가중치	0.2252	0.4089	0.144	0.2218
가중치(%)	22.5	40.9	14.4	22.2

자료: 저자 작성

엔트로피(벌크 부두) 가중치 산정 기법과 AHP를 통해 도출된 항만서비스 측정지표의 가중치를 비교한 결과는 아래 〈표 4-11〉과 같다. 선박재항 시간이 가장 낮은 중요도를 나타낸 것은 두 방법론의 결과가 같지만, 지표 간 중요도는 두 방법 결과에 따른 차이가 있다. 엔트로피 방법으로 선정된 가장 중요한 항만서비스 지표는 선박생산성인 반면 AHP의 경우 선석생산성 지표가 가장 중요한 것으로 도출되었다.

〈표 4-11〉 항만서비스 측정지표 간 가중치 비교(벌크 부두)

구분	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
AHP(%)	33.8	25.8	19.2	21.3
엔트로피(%)	22.5	40.9	14.4	22.2

자료: 저자 작성

3. 가중치 종합 산정 결과

1) 컨테이너 부두

AHP와 엔트로피 방법론을 적용한 컨테이너 부두의 항만서비스 측정지표 간 가중치를 살펴보면 엔트로피의 경우 선박생산성 지표의 가중치가 44.0%로 높게 나타나고 선박재항시간이 4.1%로 나타나 비중의 편차가 크다. 반면 AHP 방법론의 경우도 선박 재항시간이 11.7%로 네 가지 지표들 중 가장 낮은 가중치를 나타내지만, 지표 간 편차는 다소 줄어든 것을 확인할 수 있다.

최종적으로 두 방법에 따른 가중치 결과를 종합하기 위해 앞서 종합 가중치 산식 $w_i = \alpha w'_i + (1 - \alpha)w''_i$ 을 적용($\alpha=0.5$)하면 최종 컨테이너 부두의 종합 가중치는 선석생산성 27.8%, 선박생산성 34.9%, 선박재항시간 11.7%, 선박대기율 25.7%로 산출됐다(아래 <표 4-12>).

<표 4-12> 항만서비스 측정지표 간 가중치 비교(컨테이너 부두)

구분	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
AHP(%)	33.8	25.8	19.2	21.3
엔트로피(%)	21.8	44.0	4.1	30.1
종합 가중치(%)	27.8	34.9	11.7	25.7

자료: 저자 작성

2) 벌크 부두

벌크 부두의 항만서비스 측정지표 가중치 간 편차도 AHP가 엔트로피 대비 적게 나타났다. 컨테이너 부두와 비교하면 벌크 부두에서는 선박재항시

간의 가중치가 상대적으로 높게 나타났음을 확인할 수 있다.

최종적으로 앞서 고려한 종합 가중치 산식에 따른 벌크부두 항만서비스 측정지표 간 종합 가중치 결과는 선석생산성 28.2%, 선박생산성 33.4%, 선박재항시간 16.8%, 선박대기율 21.8%로 산출됐다.

〈표 4-13〉 항만서비스 측정지표 간 가중치 비교(벌크 부두)

구분	선석생산성	선박생산성	선박재항시간	선박대기율
AHP(%)	33.8	25.8	19.2	21.3
엔트로피(%)	22.5	40.9	14.4	22.2
종합 가중치(%)	28.2	33.4	16.8	21.8

자료: 저자 작성

4. 소결 및 시사점

설문 조사 기반의 AHP를 통해 항만서비스 지표 간 가중치를 산정하기 위해 본 연구에서는 항만건설 및 항만서비스 수준과 관련된 전문가 30명을 대상으로 지표에 대한 상대적 중요도를 설문하였다. AHP를 통해 도출된 가중치 결과 값은 정합도(CR)를 통해서 검증하는데, 본 연구에서는 모두 0.1 이하가 나타났다. 이는 전문가들이 일관되게 설문조사에 임해 도출된 우선순위가 적정하다는 것을 의미한다.

한편 데이터 속성값을 활용하여 수학적 계산을 통해 가중치를 객관적으로 산정하는 엔트로피 방법은 컨테이너와 벌크부두를 구분하여 가중치 값을 산정하였다. 컨테이너 부두와 벌크부두는 부두별 특징이 확연히 구분되고 이에 따른 데이터 속성값도 차이가 있기 때문에 별도로 가중치 값을 산정하였다.

이후 앞서 서술한 가중치 결합 산식에 따라 컨테이너 부두와 벌크부두 평가지표별 종합 가중치를 산정하였다. Shen & Liao(2022)는 AHP와 엔트로피 기법에서 산정된 가중치를 결합할 때 상대적 적용 비중을 각각 0.5로 적용하였는데, 본 연구에서도 Shen & Liao(2022)의 적용 비중을 따라 종합 가중치를 산정하였다. 이 적용 비중은 향후 항만서비스 수준 측정이 정례화되거나 그 결과가 공표될 경우 많은 항만 이해관계자들과 전문가들 간 논의에 따라 조정 또는 합의되어야 할 것이라 판단된다.

제3절 항만서비스 지수 산정 및 수준 평가

지수(Index)란 숫자 자체의 크기보다는 시간의 흐름에 따라 수치가 어떻게 변화하는지 쉽게 파악하기 위해 만든 것으로, 통상 비교의 기준이 되는 기점(기준시점)을 100으로 하여 산출한다³⁵⁾. 본 연구에서 컨테이너의 경우 기준시점은 2017년이며, 컨테이너 물동량 처리기준 글로벌 100대 항만(2020년 기준)의 터미널을 대상으로 각 서비스 지표별 기준시점 당시 가장 높은 서비스 수준을 가지는 터미널의 서비스 지표 값을 100으로 산정했다.

1. 항만서비스 지수(PSI) 산정

최종 선정된 지표는 각 지표마다 그 가치와 의미가 다르지만, 선정된 지표에 가중치를 부여하여 하나의 정보로 요약한 지수를 개발할 수 있다³⁶⁾.

35) 통계청(2015), 통계용어·지표의 이해.

36) 고광이(2020), p.624

지수는 복잡하고 다차원적인 현실을 단일 값으로 요약함으로써 현상을 이해하기 유용하게 하고 정책 개입의 우선순위를 결정하는 데 필요한 기초자료를 제공하는 장점이 있다.³⁷⁾ 정책입안자나 항만이용자들은 많은 항만서비스 수준 측정 지표들을 해석하고 이해하는 것보다 하나의 결과 값으로 표현된 지수를 이해하고 파악하는 것이 수월하다.³⁸⁾ 이에 본 연구에서는 선정된 네 가지 지표(선석생산성, 선박생산성, 선박재항시간, 선박대기율)의 측정값과 2절에서 도출된 지표 간 가중치를 활용하여 항만서비스 지수(PSI)를 산정하고자 한다. 선정된 지수를 활용하여 국내 항만 부두의 서비스 수준을 컨테이너 부두와 벌크 부두로 구분하여 평가해 보았다.

1) 컨테이너 부두 서비스 지수

앞서 산정된 컨테이너 부두 항만서비스 측정지표별 종합 가중치는 선석생산성 27.8%, 선박생산성 34.9%, 선박재항시간 11.7%, 선박대기율 25.7%으로 이를 종합하여 도출한 컨테이너 부두 항만서비스 지수(PSI) 산식은 [식 4-10]과 같다.

$$P_{ij} = 0.278 \times BMPH_{ij} + 0.349 \times TS_{ij} + 0.117 \times TAT_{ij} + 0.257 \times WR_{ij}$$

..... [식 4-10]

P_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 컨테이너 부두 항만서비스 지수

$BMPH_{ij}$: i항만(터미널)의 j년도 선석 생산성

TS_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박 생산성

TAT_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박재항시간

WR_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박대기율

37) OECD & EC JRC(2008)

38) 고광이(2020), p.630을 바탕으로 저자 재작성

2) 벌크부두 서비스 지수

벌크부두 항만서비스 측정지표별 종합 가중치는 선석생산성 28.2%, 선박생산성 33.4%, 선박재항시간 16.8%, 선박대기율 21.8%으로 이를 반영한 벌크부두(일반)의 항만서비스 지수 산식은 [식 4-11]과 같다.

$$P_{ij} = 0.282 \times BMPH_{ij} + 0.334 \times TS_{ij} + 0.168 \times TAT_{ij} + 0.218 \times WR_{ij} \dots\dots\dots [\text{식 4-11}]$$

P_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 벌크 부두 항만서비스 지수

$BMPH_{ij}$: i항만(터미널)의 j년도 선석 생산성

TS_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박 생산성

TAT_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박재항시간

WR_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박대기율

2. 항만서비스 수준 평가 및 분류

1) 컨테이너 부두

(1) 컨테이너 부두 서비스 수준 평가

부산항은 세계 유수의 컨테이너 항만과 경쟁하는 글로벌 항만이기 때문에 서비스 수준 평가 후 글로벌 컨테이너 항만들과 그 결과를 비교할 필요가 있다. 본 연구에서 개발한 항만서비스 지수를 활용한 글로벌 상위 20개 항만의 최근 5년간 PSI 값을 살펴보면 항만마다 다른 양상을 띠고 있다(아래 <표 4-14>). 세계 물동량 처리실적 7위인 부산항의 2021년도 컨테이너 부두 항만서비스 지수 값은 49.2로 전년 대비 4p 감소한 반면 Ningbo항은 61.9로 전년 대비 3.8p 증가하였다.

2021년 기준 부산항의 항만서비스 지수는 상위 10개 항만들 중에서는 네덜란드의 로테르담항, 중국의 광저우항을 제외하고 가장 낮은 값을 기록하였다. 또한 최근 5년간의 항만서비스 지수를 볼 때 소폭 상승추세를 기록하다가 코로나19가 본격 확대된 2020년 이후 감소하였다. 상위 10개 항만 중 같은 기간 항만서비스 지수의 감소폭은 부산항이 광저우항(-10p) 다음으로 크다.

〈표 4-14〉 상위 20위 글로벌 컨테이너 항만서비스 지수(PSI) 추이

구분		2017	2018	2019	2020	2021
1	상하이항	51.9	54.2	55.8	54.1	54.0
2	싱가포르항	48.9	52.5	53.9	54.3	54.1
3	닝보항	54.0	53.5	59.0	58.1	61.9
4	옌텐항	53.5	60.2	60.7	54.6	56.3
5	광저우항	59.1	59.7	60.3	54.1	44.1
6	칭다오항	50.5	52.0	53.2	68.1	64.4
7	부산항	52.3	53.1	54.0	53.2	49.2
8	톈진항	42.5	54.9	64.9	63.9	64.7
9	홍콩항	44.8	49.2	50.6	51.9	51.6
10	로테르담항	41.3	43.8	47.5	47.6	46.3
11	제벨알리항	57.4	72.8	64.9	62.6	54.9
12	포트클랑항	35.1	42.6	31.7	37.8	44.2
13	샤먼항	46.4	57.3	53.3	51.4	52.6
14	앤티워프항	38.2	39.8	41.4	40.4	40.4
15	탄중펠레파스항	45.1	57.7	60.0	55.8	57.7
16	가오슝항	43.8	44.7	44.7	47.9	42.5
17	뉴욕/뉴저지항	52.3	47.7	45.8	50.0	52.4
18	함부르크항	39.8	43.2	43.1	42.7	40.7
19	램차방항	49.0	60.7	58.4	57.9	56.9

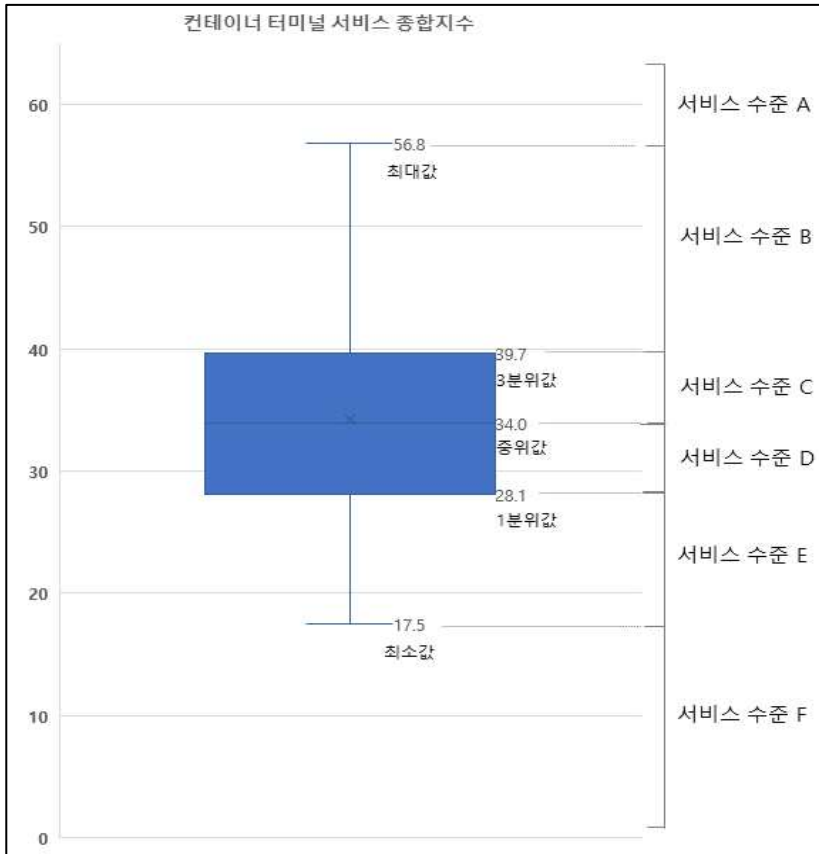
구분		2017	2018	2019	2020	2021
20	LA항	65.8	51.6	53.7	57.4	56.1
21	LB항	50.9	64.3	51.9	52.2	57.3
평균		48.7	53.1	52.8	53.1	52.5

자료: IHS Markit (검색일:2022.06.07.) 데이터를 바탕으로 저자 분석

(2) 항만서비스 지수 수준 분류

연속형 데이터를 범주화하기 위해서는 연구자가 데이터를 적절한 기준에 따라서 구간을 임의로 구분하거나 나누고 싶은 구간의 수를 지정하여 범주화할 수 있다. 이 외에도 데이터의 개수, 평균, 표준편차 등 데이터 특징 등을 활용한 다양한 범주화 방법이 존재한다. 본 연구에서는 글로벌 컨테이너 100대 항만에 대해서 측정한 컨테이너 부두 항만서비스 지수를 적절한 수준으로 범주화하기 위해 우선적으로 자료의 분포 및 특성을 쉽게 파악할 수 있는 상자그림(Box Plot)을 살펴봤다(아래 <그림 4-3>). 컨테이너 부두 항만서비스 지수의 중위수 값은 47.3으로 나타났으며, 사분위간 범위 상자가 한쪽으로 치우쳐 있지 않아 데이터가 고르게 분포하고 있는 것을 확인할 수 있다.

〈그림 4-3〉 컨테이너 터미널 서비스 수준 분류



자료 : 저자 작성

데이터 특징을 분석한 결과 데이터가 큰 치우침 없이 고르게 분포되어 있어 해당 상자그림을 토대로 서비스 수준을 총 6단계로 등급화하고자 한다. 서비스 수준 A는 2021년 기준 컨테이너 부두 항만서비스 지수의 최댓값인 56.8 이상인 경우, 서비스 수준 B는 상위 25% 수준인 39.7 이상이면서 최댓값인 56.8 미만인 경우, 상위 50% 이상~25% 미만인 경우는 서비스 수준 C, 상위 75% 이상~ 50% 미만인 경우는 서비스 수준 D, 최소값인

17.5 이상이면서 상위 75% 미만인 경우는 서비스 수준 E, 마지막으로 2021년 기준 최소값 17.5 미만인 경우는 서비스 수준 F로 구분했다.

〈표 4-15〉 컨테이너 부두 항만서비스 지수 등급화

등급	정의
서비스 수준 A	PSI 값이 56.8 이상인 경우
서비스 수준 B	PSI 값이 39.7 이상 56.8 미만인 경우
서비스 수준 C	PSI 값이 34.0 이상 39.7 미만인 경우
서비스 수준 D	PSI 값이 28.1 이상 34.0 미만인 경우
서비스 수준 E	PSI 값이 17.5 이상 28.1 미만인 경우
서비스 수준 F	PSI 값이 17.5 미만인 경우

자료: 저자 작성

2) 벌크 부두

(1) 벌크부두 서비스 수준 평가

국내 벌크부두 중 일반부두에 속하는 잡화, 목재, 철재, 고철부두의 항만 서비스 지수를 산정하기 위해 데이터 입수 기준 최근 2개년의 데이터를 분석한 결과, 벌크부두의 항만서비스 수준이 가장 높은 국내 항만은 광양항으로 나타났으며 가장 낮은 항만은 부산항으로 나타났다(아래 〈그림 4-4〉). 광양항의 경우 항만 배후부지에 제철업체(포스코 등)가 입지하고 있어 대부분 자사 물량을 처리하는 자가부두 운영 형태가 많다. 부두에서 지정품목이 처리되는 전용률이 높아 상대적으로 항만서비스 지수가 높게 나타난 것으로 보인다. 반면, 부산항의 경우 벌크부두가 대부분 시설 노후화가 진행된 북항 및 감천항에서 위치하고 있어 상대적으로 벌크부두의 서비스 수준이 낮게 나타난 것으로 파악된다.

벌크부두의 항만서비스 지수 추이(〈그림 4-4〉)를 살펴보면 2019년 기준 전국 벌크부두의 항만서비스 지수는 전년 대비 2.0%(-0.8p) 감소했다. 주요 항만별 추이를 살펴보면 2019년 전년 대비 항만서비스 지수가 증가한 항만은 여섯 개, 감소한 항만은 다섯 개로 나타났다. 대산항이 전년 대비 36.0%(+10.4p)로 가장 큰 증가세를 나타낸 반면, 울산항은 22.5%(-9.2p)로 큰 폭의 감소를 기록했다.

〈그림 4-4〉 주요 항만별 벌크(일반)부두 항만서비스 지수(PSI)



자료 : 저자 작성

(2) 항만서비스 지수 수준 분류

벌크부두 항만서비스 지수 수준 제시를 위해 컨테이너 부두 항만서비스 지수를 범주화하기 위해 적용한 상자그림을 동일하게 적용 했다.

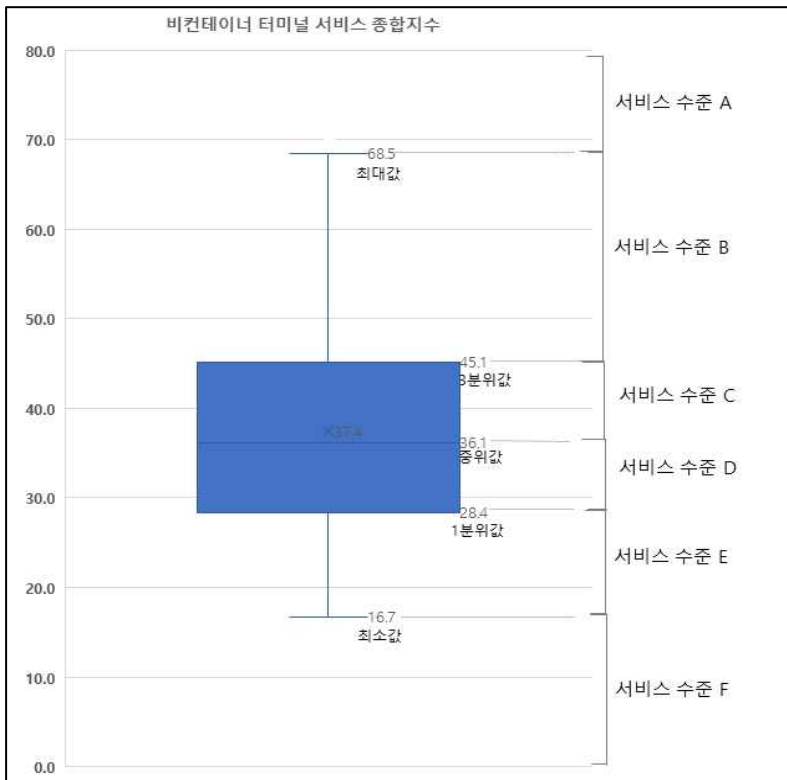
해당 상자그림을 토대로 서비스 수준을 총 6단계로 등급화하면 서비스 수준 A는 2019년 기준 벌크부두의 최댓값인 68.5 이상인 경우, 서비스 수준 B는 상위 25% 수준인 45.1 이상이면서 최댓값인 68.5 미만인 경우, 상위 50% 이상~25% 미만인 경우는 서비스 수준 C, 상위 75% 이상~ 50% 미만인 경우는 서비스 수준 D, 최소값인 16.7 이상이면서 상위 75% 미만인 경우는 서비스 수준 E, 마지막으로 최소값 16.7 미만인 경우는 서비스 수준 F로 구분했다.

〈표 4-16〉 벌크부두 항만서비스 지수 등급화

등급	정의
서비스 수준 A	PSI 값이 68.5 이상인 경우
서비스 수준 B	PSI 값이 45.1 이상 68.5 미만인 경우
서비스 수준 C	PSI 값이 36.1 이상 45.1 미만인 경우
서비스 수준 D	PSI 값이 28.4 이상 36.1 미만인 경우
서비스 수준 E	PSI 값이 16.7 이상 28.4 미만인 경우
서비스 수준 F	PSI 값이 16.7 미만인 경우

자료: 저자 작성

〈그림 4-5〉 벌크 부두 서비스 수준 분류



자료 : 저자 작성

3. 소결 및 시사점

4장 2절에서 도출된 네 가지 서비스 지표 간 종합 가중치를 바탕으로 항만서비스 지수(PSI)를 산정하였다. 지수는 복잡한 현상을 이해하고 정책 개발의 우선순위를 결정하는 데 유용하게 활용되기 때문에 앞으로도 실제 정책에 활용될 가능성이 높다고 판단된다.

본 연구에서는 항만서비스 지수(PSI)를 도출한 데 그치지 않고 산정된 지수를 바탕으로 전국 컨테이너 부두와 벌크부두의 서비스 수준을 측정하고, 측정값을 A부터 F까지 6단계로 구분하였다. 도로와 철도 부문에서도 각 SOC 시설의 서비스 수준을 6단계(A~F)로 측정한 후 개발 우선순위 및 예산 투입을 결정하는 데 활용하고 있다. 이에 따라 본 연구에서 측정한 부두별 서비스 수준 평가 결과가 항만 부문에서 낮은 등급의 부두의 시설 개선에 우선적으로 예산을 투입할 수 있는 정책적 근거로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

부산항의 경우 컨테이너 화물을 중점으로 처리하는 항만적 특성 때문에 벌크 부두의 개수가 적지만 서비스 수준을 평가한 결과, 부산항 벌크부두 대부분이 노후화 되었는데, 특히 북항 및 감천항에서 위치하고 벌크부두의 서비스 수준은 타항 대비 낮은 것으로 분석되었다. 이와 같이 본 연구에서 개발한 항만서비스 지수는 하역능력 대비 처리되는 물동량만으로는 해당부두의 시설 개선 여부가 판단되지 않은 시설들에 대한 평가와 정책 집행의 객관적 근거로 활용될 수 있다.

05

항만개발제도 개선(안) 도출 및 적용

5장에서는 항만개발제도 개선(안)을 현행 항만개발제도 운영지침의 항목들을 기준으로 제시하였다. 개발제도 관련 용어 정의 추가, 시행기관 간 역할 조정, 운영 필요시기 변화, 대상사업 범위 확대 등, 2009년도에 공표되어 지금까지 개정 없이 활용되어온 기존 항만개발제도 운영지침 개선(안)을 제시하였다.

운영지침 구성 항목 기준 개선(안) 외에도 5장에서는 본 연구에서 새롭게 제안한 항만서비스 지수(PSI)의 원활한 적용과 도입에 필요한 방안들을 기술하고 있다. 우선 정례적인 PSI 측정과 공표가 항만서비스 지수의 도입에 효과적인 역할을 할 것이라고 판단된다. 정례적인 측정을 통해 지수값이 현장 전문가들의 체감과 상당 부분 일치한다면 기존 항만개발제도에 서비스 수준을 새롭게 도입하는 개발제도 개선(안)에 당위성이 확보될 수 있을 것이다. 또한 지수값 또는 서비스 수준 분류 결과를 공표하게 되면 이를 바탕으로 항만시설 개선 대상을 목록화하여 사업대상의 범위를 확대할 수 있다.

제1절 현행 항만개발제도 운영지침

물동량 연동 항만개발제도(트리거룰, TR)의 운영지침은 항만물동량 예측시스템 구축 기반조성 연구(김학소 외)를 통해 2008년에 사전 검토된 후 2009년에 공표되었다. 10여 년간 개정이나 추가되는 부분 없이 항만개발에 활용되고 있는 물동량 연동 항만개발제도 운영지침은 <표 5-1>과 같이 크게 여섯 가지 항목으로 구성되어 있다.

〈표 5-1〉 물동량 연동 항만개발제도 운영지침 구성

구분	항만
1	목적 및 용어 정의
2	항만개발제도 시행기관 간 역할
3	운영 필요시기
4	물동량 연동 항만개발제도 대상사업 범위
5	사전검토서 작성요건 및 검토 절차
6	기타 사항

자료: 김학소 외(2008), p 271~274 바탕으로 저자 작성

우선 2조 용어 정의 부문에는 ‘물동량 연동 항만개발제도’와 ‘물동량 연동’ 그리고 물동량 외 트리거룰의 양대 축인 ‘하역능력’에 대해 간략히 서술되어 있다. 이 밖에 ‘항만수요검토위원회’ 운영의 목적에 대해 기술하고 있으며, 항만개발제도의 ‘시행기관’을 지방해양수산청, 항만공사, 한국컨테이너부두공단으로 명시하였다.

기존 운영지침에 해양수산부의 역할은 물동량 연동 항만개발제도를 관리·운영하고 시행기관들의 물동량 연동 항만검토 결과를 토대로 항만개발

사업의 일정을 최종확정하는 것으로 지정되어 있다. 이외에 시행기관으로 지정된 세 개 기관은 추진하고자 하는 항만건설사업에 대해 해양수산부 장관이 시설공급 시기의 조정 필요성 여부를 판단할 수 있도록 사전검토서를 제출해야 한다고 명시되어 있다.

셋째로 물동량 연동 항만개발제도를 통해 항만시설의 운영이 필요한 시기를 지정하고 있는데, 상세 내용은 <표 5-2>와 같다.

<표 5-2> 항만시설 운영 필요시기 및 활용 기준

구분	내용	비고
활용기준	신규 부두의 준공 예정 시기는 기존시설과 건설이 확정된 예정시설의 하역능력을 차감한 이후 당 신규 부두의 건설을 필요로 하는 물동량(이하 '초과물동량'으로 한다)을 기준으로 산정	4조 1항
운영 필요시기	준공예정 시기는 초과물동량이 신규 부두 1선석 하역능력(이하 '단위 하역능력'이라 한다)의 50% 이상이 되는 연도로 한다.	4조 2항
소요선석 산정 방법	신규 부두의 소요선석수는 초과물동량 선석당 하역능력으로 나누고 그 결과를 반올림하여 산정한다.	4조 3항

자료: 국토해양부(2009), p.1~4 바탕으로 저자 작성

또한 물동량 연동 항만개발제도 운영지침상 트리거룰의 적용 대상사업은 재정, 민자, 비관리청 사업 세 가지로 구분될 수 있다(아래 <표 5-3>).

<표 5-3> 항만개발제도 적용대상 및 예외 대상

구분	적용 대상	예외 대상
재정 (PA, 컨공단 포함)	• 정부 재정사업	• 대체시설, 관리부두, 방파제, 준설 등 물동량과 무관하게 추진되는 사업
민자	• 사회기반시설에 대한 민간투자법에 의한 민자사업	• 실시협약이 체결된 사업 및 배후수송시설
비관리청	• 항만법에 의한 비관리청항만공사 중 국가에 귀속되는 사업	• 비귀속시설, 기허가사

자료: 자료: 국토해양부(2009), p.1~4 바탕으로 저자 작성

기존 운영지침 7조에 따르면 사업검토서는 세 개의 시행기관(지방해양수산청, 항만공사, 컨테이너부두공단)이 해양수산부 장관과 협의하고자 할 때 당해 연도 시행지침에 근거하여 사전검토서를 함께 제출하여야 한다. 이때 사업검토서의 작성 시점 및 상세 항목들은 <표 5-4>와 같다.

〈표 5-4〉 사전검토서 작성 시점 및 상세 항목

구분	작성 시점	필수 작성 항목
1	• 지방해양수산청장이 예비타당성조사를 요구할 경우	• 해당시설과 관련된 기존물동량 예측과 신규 물동량 예측결과 비교
2	• 지방해양수산청이 비관리청항만공사 대상사업을 제출하는 경우	• 신규 예측결과를 반영하여 수정된 시설 확보 시기
3	• 지방해양수산청장이 익년도 예산요구를 하는 경우	• 2호 결과를 근거로 수정한 타당성 조사, 설계, 착·준공 등 일정
4	• 항만공사가 항만공사법에 의한 사업승인 신청 시	• 기타 필요 사항
5	• 한국컨테이너부두공단이 항만컨테이너부두공단법에 의한 사업승인 신청 시	

자료: 자료: 국토해양부(2009), p.1~4 바탕으로 저자 작성

상기 요건을 갖춘 사전검토서를 검토하는 절차도 2009년도에 공표된 물동량 연동 항만개발제도 운영지침에 수록되어 있는데, 해양수산부 장관은 시행기관이 제출한 사전검토서를 항만수요예측센터에 의뢰하여 검토할 수 있다고 명시되어 있다. 이후 항만수요예측센터는 사전검토서의 적정성과 사업별 투자우선순위 분석을 하되 이때 TR을 우선순위 판단의 근거로 활용할 수 있다. 항만수요예측센터가 사전검토서의 적정성 결과를 해양수산부에 송부한 이후 해양수산부는 그 결과를 시행기관에 통보하여야 하는데 이런 사전검토서 검토 및 반영 결과를 데이터베이스화하여 관리하고, 중대한 사항에 대해서는 항만기본계획 변경을 통해 반영할 수 있다고 명시되어 있다.

기존 운영지침 기타 검토 사항 부문에는 사회기반시설에 대한 민자 사업에 대해서는 해양수산부 장관이 직접 물동량 연동 검토를 수행할 수 있다고 기술되어 있다. 또한 물동량과 관련 없이 불가피하게 시행되어야 된다고 판단되는 항만시설 건설사업에 대해서는 세 개의 시행기관 모두 그 사유를 명확하게 밝히면 사전검토서를 제출할 수 있다는 예외조항도 담겨 있다.

제2절 항만개발제도 개선(안)

1. 기존 항만개발제도 운영지침 개선

1) 용어 정의 추가 및 시행기관 변경

(1) ‘서비스 수준 연동’ 개념 추가

기존 운영지침에는 없던 ‘서비스 수준 연동’에 대한 정의를 추가해야 하는데, 이때 ‘서비스 수준 연동’은 서비스 수준 변동 추이를 준공 예정시기 산정 및 이를 통한 사업단계별 추진일정 조정과 연계하는 것을 의미한다. 또한 대상사업선정에도 서비스 수준 변동 추이를 연계한다는 것을 의미함을 운영지침에 명시한다.

(2) ‘물동량과 서비스 수준이 연동’되는 항만개발제도 개선(안)으로 정의 변경

2009년도 운영지침상 물동량 연동 항만개발제도는 매년도 항만물동량 예측결과를 반영하여 타당성 조사에서 준공까지 항만개발 사업일정 전반을 관리하는 제도로, 적정규모의 항만시설이 확보될 수 있도록 지원하는 사업

관리시스템으로 정의되어 있다. 물동량 외에 서비스 수준과도 연동됨을 포함하여 ‘우리나라 항만개발제도는 매년도 물동량 예측결과와 서비스 수준 측정 결과를 반영하여 항만개발 사업일정과 부두기능 변경 등과 같은 항만 운영 전반을 관리하는 제도이다.’와 같이 개선해야 한다.

(3) 항만수요검토위원회 역할 확대 및 목적 추가

서비스 수준이 반영되는 항만개발제도 개선(안)에는 항만수요예측센터의 물동량 예측 과정의 적정성 및 결과의 객관성 확보를 위해 구성된 자문위원회인 항만수요검토위원회의 역할을 확대해야 한다. 기존 항만수요검토위원회는 물동량 부문의 적정성만을 검토하고 판단하였지만, 항만개발제도개선(안)에서 항만수요검토위원회의 역할은 3장에서 기술한 EU Port Performance indicator 선정 과정의 외부 이해관계자 피드백처럼 서비스 지표의 정의, 계산방법, 측정값 등의 타당성을 검토하는 부분까지 확대되어야 한다. 또한 재심의 시 항만시설 공급 여부를 정성적으로 검토할 수 있는 전문가 집단으로 항만수요검토위원회를 구성하고, 대상 또한 확대할 필요가 있다.

(4) 여건 변화를 반영하여 시행기관 변경

2009년도에 공표된 운영지침상 항만개발제도의 시행기관은 지방해양항만청, 항만공사, 한국컨테이너부두공단으로 지정되어 있는데, 이를 변화된 여건을 반영하여 지방해양수산청, 항만공사, 지방자치단체로 변경할 필요가 있다.

〈표 5-5〉 항만개발제도 개선(안)_2조

구분	물동량 연동 항만개발제도 (2009)	항만개발제도 개선(안) (2022)
개념 정의 범위	• 물동량 연동 정의 • 물동량 연동 항만개발제도	• 물동량 연동/서비스 연동 정의 • 물동량과 서비스 연동 항만개발제도
수요 검토위원회 역할	• 물동량 예측 과정의 적정성 및 객관성 확보를 위한 자문위원회	• 장래물동량뿐만 아니라 서비스 지표의 정의, 측정값 등의 타당성 검토까지 역할 확대 • 운영 필요시기 재심사
항만개발제도 시행기관	• 지방해양항만청 • 항만공사 • 한국컨테이너부두공단	• 지방해양수산청 • 항만공사 • 지방자치단체

자료: 저자 작성

2) 기관 간 역할 재정립 및 조정

현행 운행지침 제7조에는 시행기관들이 시설 공급 규모 및 일정 조정을 해양수산부에 요청할 때 사업검토서를 함께 제출하여야 한다고 명시되어 있다(〈표 5-4〉 참고). 하지만 실제 항만현장에서 장래 예측치 비교, 항만시설 수급 비교 분석 등이 포함된 사전검토서를 해양수산부에 직접 작성하여 제출하는 시행기관은 극히 드물다. 실제로는 시행기관들이 해양수산부로 항만시설의 수요 민원을 제기했을 때, 장래물동량을 매년 예측하고 있는 항만수요 예측센터에서 해양수산부로부터 작성 및 검토 위탁을 받아 수행하고 있다.

사전검토서라는 명칭도 당초 물동량 연동 항만개발제도를 관리·운영하는 해양수산부가 항만개발사업의 일정을 최종 확정하기 전에 해당 항만시설 수요에 대해 파악하는 과정에서 파생되었기 때문에 ‘항만수요 검토보고서’로 개편하는 것이 보고서의 분석 범위를 좀 더 명확히 제시한다고 판단된다.

〈표 5-6〉 항만개발제도 개선(안)_기관 간 역할 조정

구분	물동량 연동 항만개발제도 (2009)	항만개발제도 개선(안) (2022)
해양수산부	• 물동량 연동 항만개발제도 관리·운영 • 항만개발사업의 일정 최종 확정	• 신규 항만개발제도 관리·운영 • 항만개발사업의 일정 최종 확정 • 항만수요 검토보고서 작성을 KMI에 위탁
시행기관	• 해양수산부 장관과 협의 시 사전검토서 제출	• 항만건설사업 규모 및 추진일정 조정 신청
한국해양수산 개발원(KMI)	• 사전검토서 적정성 검토를 통해 항만개발제도의 원활한 운영 지원	• 신규 항만개발 수요, 부두기능 변경 등 요청에 항만수요 검토보고서 작성 • 항만수요 검토보고서 적정성 검토를 통해 항만개발제도의 원활한 운영 지원

자료: 저자 작성

3) 운영 필요시기 조정

‘물동량 연동 항만개발제도(Trigger Rule)’에서는 초과물동량을 신규 부두 1선석 하역능력으로 나눈 결과가 0.5(TP)를 초과하는 연도를 신규 항만 시설 운영 필요시기로 정하고 있다. 그러나 신규 항만개발제도 개선(안)에는 ‘물동량’뿐만 아니라 ‘서비스 수준’도 필요시기 결정지표로 포함되어야 한다. 이에 최종 장래물동량과 하역능력을 대비한 결과 Trigger Point(TP)가 0.5를 초과하지는 않지만 항만서비스 지수(PSI) 분류값이 D, E, F인 경우 항만수요검토위원회를 통해 재심의를 실시하여 운영 필요시기를 별도로 심사할 수 있어야 한다. 이는 시설의 낙후와 유희상태 지속으로 물동량 유치 및 신규창출이 불가능한 기존 항만시설뿐만 아니라 항만서비스 수준이 저하된 부두 및 항만에도 예산 투입의 새로운 기준이 될 수 있다(아래 〈그림 5-1〉).

〈그림 5-1〉 항만시설 운영 필요시기 조정(안)



자료 : 저자 작성

재심의 시 전문가로 구성되어 있는 자문위원회(항만수요검토위원회)에서 시행기관, 해양수산부, 항만수요예측센터 등으로 추가 보완자료를 요청한 후 이를 바탕으로 항만시설의 공급 및 신규 개발 여부에 대해 논의한다. 관련 보고서를 작성한 후 해양수산부에 보고하고 해양수산부가 최종 정무적인 판단을 통해 항만시설 공급 및 개발 사업 추진 여부를 결정한다.

4) 대상사업 범위 확대

기본적으로 신규 항만개발제도에서도 대상사업범위는 현행 항만개발제도와 유사하지만, 새롭게 항만서비스 지수(PSI)가 도입된다면 항만개발 대상사업을 도로와 철도 부문에서처럼 적극적으로 발굴할 수 있을 것으로 예상된다. 예를 들어 항만서비스 수준을 매년 정기적으로 측정하고 공표하면

적정 서비스 수준(ex. C 이상)을 유지하지 못하는 부두를 목록화할 수 있다. 이런 부두가 지속적으로 일정 기간 낮은 서비스 수준을 기록한다면 해당 부두는 물동량 실적이 Trigger Point(TP)에 이르지 못하더라도 항만시설 개선 대상에 포함시켜 재정을 투입해야 한다. 물동량과만 연동되었던 항만개발제도 대비 대상사업범위가 고정적이지 않고 탄력적으로 확대 가능하다는 이점이 있을 것으로 판단된다. 이에 신규 항만개발제도에 항만개발 범위를 아래 <그림 5-2>와 같이 조정할 필요성이 있다.

<그림 5-2> 항만의 개발 범위 개선(안)

적용 대상		제외 대상
무역항 접안시설 (전 품목)	재정사업	물동량과 무관한 사업(대체시설, 관리부두 등)
	협약 이전 민자사업	협약 체결 이후 민자사업
	허가 이전 비관리청사업	
	항만서비스 지수(PSI) 적정수준 미달 시설	기 허가 비관리청사업

자료: 자료: 국토해양부(2009), p.1~4 바탕으로 저자 작성

5) 당해연도 시행지침 통보 및 개정 정례화

2009년도 물동량 연동 항만개발제도 지침에서는 해양수산부 장관(당시 국토해양부 장관)이 매년 초 시행기관들에게 물동량 연동작업에 기준이 되는 최신물동량 예측치, 세부 일정 등이 포함된 당해연도 시행지침을 확정하여 시행기관에 통보해야 함을 명시하였다. 하지만 이 조항은 현재 유명 무실한 상황으로, 매년 장래항만물동량만 한국해양수산개발원에서 유관기관들에게 그 결과를 배포하고 있다.

개선되는 항만개발제도에서는 시행지침의 통보뿐만 아니라 개정작업의 정례화가 필요하다고 판단된다. 동일 SOC 부문인 도로와 철도의 경우 매

뉴얼에 해당하는 ‘도로용량편람’, ‘철도용량편람’ 개정을 위해 사전에 이용자들에게 수요조사를 실시하여 이 부분을 반영하는 것으로 파악되었다. 도로와 철도 건설 시 활용되는 용량편람 대비 항만개발제도 시행지침은 그 양이 적기 때문에 매년 수요조사를 실시하여 이용자들의 수요를 반영하는 등 시행지침 업데이트를 정례화해야 한다.

2. 항만서비스 지수(PSI) 도입 및 활용

1) 항만서비스 지수 측정 정례화 및 적용 절차(안) 마련

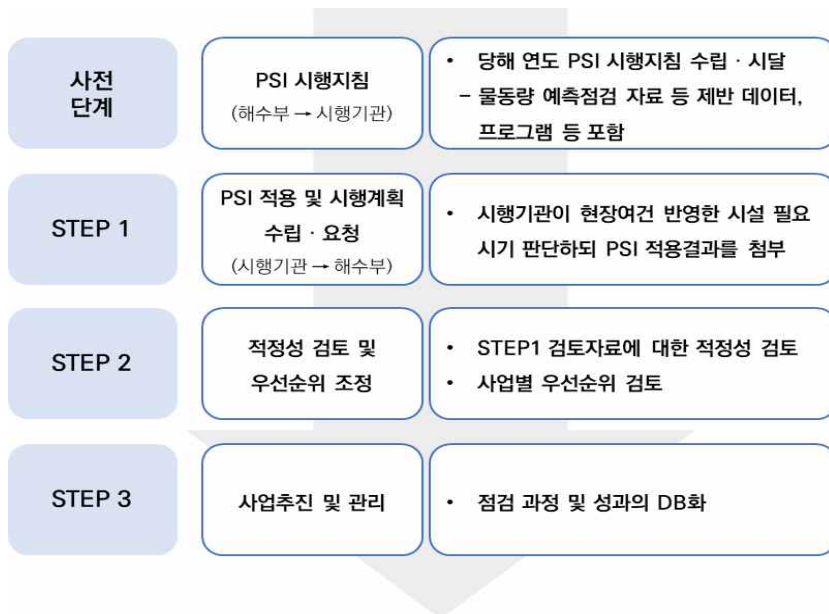
앞서 기존 운영지침 항목별로 개선(안)을 제시하였다면 이제 현행 물동량 연동 항만개발제도에는 포함되지 않았던 항만서비스 지수의 도입과 활용 방안을 제시하고자 한다.

항만서비스 지수(PSI)가 항만개발제도와 연동되기까지는 다양한 유관관계자들과의 숙의 과정이 필요하고 학술적 추가 연구가 선행되어야 하기 때문에 다소 시간이 소요될 수도 있다. 이에 항만개발제도와 연동되기 전에 항만서비스 지수의 타당성을 검증하고 신규 지표 개발을 위해서는 매년 정기적으로 국내 항만의 서비스 수준을 측정하고 공표하는 것이 효과적일 것이라고 판단된다.

항만서비스 수준을 국책연구원인 한국해양수산개발원에서 일괄 측정하는 방안과, 측정 산식과 관련 데이터를 제공하고 담당자 교육을 통해 항만공사, 지방청, 지자체로 해당업무를 이관하는 방안으로 나눌 수 있다. 실제로 도로 부문에서는 일부 지자체가 자체적으로 도로시설의 서비스 수준을 평가하고 공표하고 있다. 각 방안 모두 장단점이 있지만 서비스 수준 측정의 공정성과 일관성을 위해서는 동일 기관이 지속적으로 측정하는 방안이 좀 더 합리적이고 적절한 것으로 판단된다.

또한 항만서비스 지수(PSI)의 활용도를 제고하기 위해서는 실무에 PSI를 적용 시 활용할 수 있는 절차가 명확히 제시되어야 한다. 이에 따라 기존 운영지침에 기재되어 있는 ‘물동량 연동 항만개발제도’ 절차 외에 신규로 항만서비스 지수(PSI) 적용 절차(안) 마련이 필요하다고 판단된다. 본 연구에서 제안한 PSI 적용 절차(안)은 다음 <그림 5-3>과 같다. 우선 해양수산부는 매년 PSI 시행지침을 수립하여 시행기관(지방청, PA 등)에 시달한다. 지방청, PA 등에서 기본계획변경, 예타조사·예산요구 등을 요구할 경우, 해양수산부는 한국해양수산개발원에 기존 트리거룰(TR)과 항만서비스 지수(PSI)를 고려한 검토서 작성 및 검증을 의뢰한다. 이를 바탕으로 해양수산부는 기본계획 변경, 사업 추진·승인 여부, 예산안 규모 등을 확정한다.

<그림 5-3> PSI 적용 절차(안)



자료:저자 작성

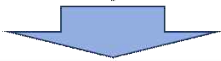
2) 항만서비스 지수 공표를 통한 활용도 제고

항만서비스 지수의 활용도 제고 방안은 도로 부문에서 각 시설별 서비스 수준(LOS)을 측정하고 등급을 분류하여 공표하는 과정에서 착안할 수 있다. 도로에서는 서비스 수준 측정을 실시한 후 등급별 분류하여 그 결과를 교통DB 센터 또는 지자체 등에서 다음 그림 <5-4>와 같이 공표하고 있다. 각 시설별 측정 결과를 바탕으로 서비스 수준 개선대상을 선별하는데(아래 <그림 5-4>), 이는 도로시설공급 및 유지 보상 대상을 적극적으로 발굴하는 행위로 항만 부문과 대조된다고 할 수 있다.

항만서비스 수준을 측정하여 사업대상을 적극적으로 발굴하는 사례를 <그림 5-4>를 통해 좀 더 자세히 살펴보면, 거제대로 하마정 교차로와 거제역 구간의 서비스 수준이 D 등급을 기록하여 하마정 교차로 개선사업이 예산 10억 원이 투입되는 장기계획에 포함되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이처럼 국내 항만 부두의 서비스 수준을 측정하고 정기적으로 공표하면 사업대상의 확대뿐만 아니라 사업대상 선정의 공정성도 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

한편 항만서비스 지수의 측정을 정례화하면서 지수의 타당성 검증과 지수값에 대한 현장 전문가들의 체감이 상당부분 일치하게 된 후, 해당 결과를 해양수산부 또는 항만공사, 지방청에 공표하면 기존 물동량 연동 항만 개발제도 개편의 당위성 확보에도 큰 도움이 될 것으로 판단된다. 또한 기존에 해양수산부 또는 항만개발제도의 시행기관으로부터 요청받아 검토하고 수요를 분석하던 수동적인 자세에서 나아가 한국해양수산개발원이 적극적인 자세로 항만서비스 수준 개선 대상을 목록화할 수 있다는 점에서 지수 측정의 정례화와 결과 공표는 ‘서비스 연동 항만개발제도’ 도입에 꼭 선행되어야 할 과정들이라 판단된다.

〈그림 5-4〉 부산시 주요 간선도로 서비스 수준 개선대상 선정 과정

구분		구간	차로수	점무 교통량 (대)	V/C	LOS		
⋮								
4	강변대로	하단 ↔ 화명동	3	4,198	1.04	F		
5	거제대로	하마정교차로 ↔ 거제역	5	2,835	0.58	D		
6	경부고속도로(노포IC)	부산 ↔ 울산	1	808	0.81	E		
7	공항로	명지IC ↔ 김해국제공항	4	4,291	1.09	F		
8	광안대로	용호동 ↔ 해운대	4	5,601	0.64	D		
9	구덕로	충무교차로 ↔ 대학병원	3	1,118	0.47	C		
10	금곡대로	구포 ↔ 양산	3	3,486	0.87	E		
⋮								
19	르노삼성대로	명지동 ↔ 신호동	4	7,077	1.42	F		
20	반송로	반송 ↔ 안락교차로	2	1,886	0.96	E		
21	백양대로	덕천교차로 ↔ 구남역	3	1,315	0.47	C		
⋮								
34	월드컵대로	거성교차로 ↔ 초읍	4	2,074	0.65	D		
35	전포대로	문전교차로 ↔ 문현역	5	2,779	0.69	E		
36	중앙고속도로(대동요금소)	강서구 ↔ 김해	3	6,982	1.17	F		
⋮								
40	진해대로	녹산 ↔ 진해	3	2,145	0.53	D		
41	총렬대로	안락교차로 ↔ 동래역	4	2,381	0.60	D		
42	총무대로	충무교차로 ↔ 송도	3	1,443	0.60	D		
⋮								
								
구분			연장 (km)	차로수	사업비 (억원)	완공 시기		
						단기 (~'22)	중기 (~'24)	장기 (~'25~)
단기	1	덕천동~아시안드 주경기장간 도로(만덕3터널)	4.37	4	1,475	○	-	-
	2	문전교차로 지하차도 건설	0.436	2	229	○	-	-
	3	삼한맨션~과정교차로 혼잡도로	0.4	6	201	○	-	-
	4	수영강변도로~삼어로간 연결도로	0.376	2	194	○	-	-
⋮								
교차로 및 교통 개선	1	자성고가교 철거('19) ²⁾	1.078	-	86.5	-	-	-
	2	광안대교 접속도로 연결공사	0.56	1~4	218	○	-	-
	3	범곡교차로 일원 도로확장	-	-	104	-	-	○
	4	감전교차로 입체화	0.32	2	201	-	-	○
	5	하마정교차로 개선사업	0.62	+2	10	-	-	○
	6	학장교차로 지하차도 설치	-	4	434	-	-	○
⋮								

자료: 이원규 외(2020), p. 60 바탕으로 저자 재작성

06

결론 및 제언

제1절 요약 및 결론

2장에서는 미국과 중국의 항만개발제도를 고찰하여 국내 항만개발제도와 비교 분석하였다. 또한 항만과 동일한 SOC 시설인 도로와 철도개발제도의 특징을 파악하기 위해 문헌연구와 전문가 자문을 실시하였다. 국외 항만개발 고찰 결과 우리나라 항만개발제도보다 유연하게 항만개발이 추진되고 있는 것을 확인할 수 있었으며, 도로와 철도는 시설 추가 공급 시 서비스 수준을 고려하여 추진하고 있는 것을 파악하였다.

반면 그간 우리나라의 항만개발은 한정된 예산을 투입하여 효율적으로 항만의 경쟁력을 제고하기 위해 물동량과 연동하여 항만건설 시기와 규모를 조정해왔다. 초과물동량이 단위시설 하역능력의 50%를 상회할 경우 1선석을 추가 공급하는 물동량 연동 항만개발제도는 시설의 과잉공급을 미연에 방지할 수 있는 장점이 있지만, 10여 년간 운영되면서 한계점도 분명해지고 있었다. 3장에서는 기존 국내 항만개발제도의 한계점을 제시하고 물동량 지표 외에 다양한 지표들로 항만을 평가하고 진단하는 국외 항만 사례를 분석하였다. 이를 통해 국내 항만 경쟁력을 효율적으로 제고하기

위해서는 항만서비스를 측정할 수 있는 지표를 발굴하여 평가하고 이를 항만개발과 연동하는 것이 필요하다고 판단하였다. 이에 3장에서는 항만서비스 수준을 평가할 수 있는 지표들을 문헌연구를 통해 선정하고 정의하였다.

4장에서는 3장에서 선정된 서비스 지표를 활용하여 국내 항만서비스 지수(PSI)를 산정하였다. 지수 산식 도출을 위해 필요한 각 지표들의 가중치는 두 가지 방법론을 통해 산정하였는데 주관적으로 가중치를 선정하는 AHP 방법론과, 최대한 주관적 요인을 배제하고 객관적으로 가중치를 선정하는 엔트로피 방법론에 대한 선행연구를 수행하였다. 이후 최종적으로 두 가지 방법론에 의해 도출된 각각의 가중치 값을 결합하여 항만서비스 지수 산정에 활용하였다. 위와 같은 과정으로 산정된 항만서비스 지수(PSI)를 통해 우리나라 항만의 컨테이너 부두와 벌크(일반)부두의 서비스 수준을 평가하고 그 수준을 여섯 개의 그룹(A~F)으로 분류하였다.

5장에서는 2009년 이후 한 번도 개정되지 않은 물동량 연동 항만개발제도' 운영지침을 '서비스 수준 연동 항만개발제도'의 도입을 가정하여 개선하였다. 운영지침 개선(안)은 새로운 제도 도입에 따른 용어 재정의, 기관 간 역할 재정립, 변화된 항만시설 운영 필요시기 산정 방법 등의 내용을 담고 있다. 그 밖에 본 연구에서 제안된 항만서비스 지수(PSI)의 도입과 활용 방안이 지수 측정과 지수값 공표 정례화로 구분되어 5장에 담겨 있다.

제2절 제언

1. 본 연구 기여

본 연구는 항만서비스 측정 지표 개발 및 선정에 그치지 않고 국내 처음으로 항만서비스 지수(PSI)를 개발하여 컨테이너와 벌크부두의 서비스 수준을 실제로 측정하고 여섯 개 그룹(A~F)으로 분류하였다. 타 연구대비 많은 대상의 서비스 수준을 일괄적으로 평가하였는데 본 연구에서 서비스 수준을 평가한 벌크(일반) 부두는 총 100여 개로, 국내 항만서비스 측정 관련 연구로서는 연구대상 규모가 가장 큰 것으로 판단된다.

한편 항만서비스 지수(PSI) 도출을 위해 서비스 수준 측정 지표들 간 가중치를 산정하였는데, 이때 두 가지 다기준 의사결정분석 방법론(AHP, 엔트로피 기법)을 통해 산정된 각각의 가중치 값을 결합한 점도 다른 연구와 차별점이라 할 수 있다. 이 가중치 결합방법은 Shen & Liao(2022)에 따르면 상대적으로 단일 가중치 산정 방법론보다 현실 반영도가 더 높다 할 수 있다.

또한 본 연구에서는 2009년도 이후 한 번도 개정되지 않은 물동량 연동 항만개발제도 운영지침 개선(안)을 제시하고 항만서비스 지수(PSI)의 원활한 도입과 적극적인 활용을 위한 방안들을 함께 제안하였다. 이는 향후 신규 항만개발제도를 수립하고 운영하는 데 기초자료로 활용될 것으로 예상된다.

2. 향후 과제

본 연구에서 새롭게 고안한 항만서비스 지수(PSI)와 이를 반영한 ‘서비스 수준 연동 항만개발제도(가칭)’의 도입과 이후 원활한 적용을 위해서는 향후 다양한 추가 연구와 법·제도 정비, 전문가 자문단 운영 등이 필요하다. 이에 다음 네 가지 향후 과제를 제안하고자 한다.

1) 항만용량편람 제정³⁹⁾

항만과 유사한 SOC 시설인 도로와 철도는 각각 용량편람을 근거로 시설 공급을 계획하고 설계 및 운영에까지 활용하고 있다. 항만에서도 용량 개념인 하역능력을 5년마다 연구용역을 통해 산정하고 있지만(아래 <표 6-1> 참고), 관련 보고서에는 도로와 철도 용량편람처럼 각 시설별 서비스 수준 분류 기준이 정의되어 있지 않으며 연구 결과가 공개되고 있지 않다. 반면 도로와 철도용량편람에는 시설의 용량과 서비스 수준 결정 기준, 관련 산식 등이 모두 공개되어 있을 뿐 아니라 구체적인 예제도 제시되어 있어 독자가 직접 서비스 수준을 평가할 수 있다. 항만개발의 당위성과 투명성을 제고하기 위해서 도로와 철도 부문처럼 시설의 용량과 서비스 수준(Service Level) 산정 과정이 매뉴얼화된 ‘항만용량편람(PCM: Port Capacity Manual)’ 제정이 필요하다고 판단된다.

이에 앞서 도로와 철도용량편람의 특징과 구성에 대한 비교 분석을 수행하고자 한다. 우선 도로용량편람(HCM: Highway Capacity Manual)은 도로 서비스 수준을 결정하는 기법을 제공하는 문서로 도로체계의 계획·설계·운영에 사용되는 핵심적인 기준이다.⁴⁰⁾ 한국의 도로교통 특성에 대한

39) 정준화 외 (2013), 이종도 외 (2017), 해수부(2020)을 바탕으로 저자 작성

40) 박상조·유형목 (2021), p 3

조사·분석을 기반을 목적으로 당시 건설부(현 국토교통부)가 1992년에 한 국도로용량편람을 발간한 이후 지금까지 두 차례(2001년, 2013년) 개정되었다. 처음 제정 이후 약 10년마다 개정되고 있는데, 1992년도에 고속도로 기본구간 등 여덟 개 시설에 대한 내용으로 시작하여 2001년에는 대중교통 부문 등 네 개 부문에 대한 내용이 신설되어 총 12개 시설에 대한 서비스 수준과 용량 분석 기준이 제정되었다. 이후 2013년에는 회전교차로 등 두 개 시설에 대한 서비스 수준과 용량 기준이 추가로 제정되어 현재 도로용량편람에는 총 14개 시설의 서비스 수준과 용량 분석 기준이 제정되어 도로 체계의 설계 운영에 사용되고 있다. 이처럼 항만용량편람도 도로용량편람과 같이 14개 부두시설 중 시설의 중요도를 고려하여 단계적으로 제정할 필요가 있다.

2017년에 처음으로 제정된 철도용량편람(RCM: Rail Capacity Manual)은 철도용량(Rail Capacity)이 철도 투자사업의 시설계획수립과 열차 운영계획 전반에 관련된 매우 중요한 사항임에도 불구하고 철도용량 개념에 대한 혼동과 이해 부족 등으로 철도용량 산정 값에 대한 논쟁이 지속되자 도입되었다. 도로용량편람과 마찬가지로 철도용량편람에서도 철도 서비스 수준(LOS) 개념을 도입하고 우리나라 실정에 맞도록 정량화된 서비스 수준 측정 산출식을 제시하여 유관기관 및 관련 분야 업무 종사자들 누구나 활용 가능하도록 매뉴얼화하였다.

〈표 6-1〉 도로·철도·항만의 매뉴얼 비교

구분	도로용량편람 (2013)	철도용량편람 (2017)	항만 적정하역능력 재산정 (2020)
주요 내용	• 용량 분석 목적, 도로 서비스 수준 개념 정의 • 도로시설 유형별 용량과 서비스 수준 분석 방법 • 분석 방법론, 분석 과정 및 적용 절차 제시 • 예제 등을 통해 실제 시설별 적용 예시 수록	• 국내 철도 서비스 수준 개념 정의 • 철도노선별 용량 산정 방법론 • 철도노선 및 철도차량 용량 산정, 서비스 수준 기준 제시	• 하역능력 개념 정의 • 기존 컨테이너터미널 적정 하역능력 재산정 • 자동화 컨테이너터미널 적정하역능력 산정 • 일반부두 품목분류체계 변경에 따른 적정하역능력 재산정 • 적정하역능력 산정 고도화를 위한 정책제언
발주처	• 국토해양부 (현 국토교통부)	• 한국철도시설공단	• 해양수산부
연구 수행기관	• 한국건설기술연구원 • 한국교통연구원 • 대한교통학회	• 서울과학기술대학교 (PM) • 서울시립대학교 • 한국철도기술연구원 • 지오엔티(주)	• 동명대학교 산학협력단 • 물류시스템연구소(주)

자료: 정준화 외 (2013), 이종도 외 (2017), 해수부(2020)을 바탕으로 저자 작성

우리나라 항만 부문에서는 용량에 해당하는 적정하역 능력 산정 연구는 이미 수행되고 있었지만, 그 과정이 매뉴얼화되어 공개되지 않아 산정된 적정하역능력에 대한 논쟁이 지속적으로 발생하였다. 이에 ‘항만용량편람’ 제정 시 용어별 정의부터 산정 과정을 투명하게 제시하여 물동량 외에 항만개발 의사결정의 또 다른 양대 축인 적정하역능력의 신뢰성을 제고할 필요성이 있다. 아울러 도로와 철도처럼 항만서비스 수준 개념을 도입하고 전용 부두별 서비스 수준 산식과 적정수준을 제시하여 기존 항만개발제도 개선에 활용하도록 해야 한다.

2) 항만서비스 지표 및 지수 타당성 제고

본 연구에서 개발한 항만서비스 지수는 네 가지 세부 지표(선석생산성, 선박생산성, 선박대기율, 선박재항시간)를 표준화한 복합지수(Complex index)이다. 복합지수 도출에 활용된 지표들의 타당성은 전문가 설문조사와 요인분석 등 양적·질적 분석을 병행하여 검증할 수 있다. 본 연구에서 항만서비스 지수에 활용된 항만서비스 수준 측정 지표들은 문헌연구 분석과 전문가 자문 등을 통해 선정되었는데, 지표 및 지수 타당성 제고를 위해 기존 타당성 검증 방법 외에 다양한 방법들로 타당성을 검증할 필요가 있다. 우선 지표 선정의 타당성은 측정지표 선정 기준에 따라 점검할 수 있는데(아래 <표 6-2>) 지표의 대표성은 해당 지표가 지표의 영역을 대표할 수 있는 지표인지를 의미한다. 다음으로 독립성은 측정지표가 지표 간 중복성, 높은 수준의 상관성, 통계적인 다중공선성이 존재하지 않고 다른 요인의 영향을 받지 않는 독립적인 지표인지를 확인하는 것이다. 본 연구에서 선정된 네 가지 지표 간 상관성은 낮은 것으로 분석되어 지표 간 독립성은 충분히 확보된 것으로 판단된다. 지표 선정의 마지막 기준인 신뢰성(Reliability)은 측정지표 데이터 값의 출처를 신뢰할 수 있는지를 검증하는 것인데 본 연구에서 측정된 지표값은 컨테이너 부두의 경우 글로벌 해운조사기관인 IHS의 데이터를 활용하고, 벌크부두는 해양수산부 공식 통계를 활용하여 산정되었기 때문에 높은 수준의 신뢰성을 보유하는 것으로 판단된다.

〈표 6-2〉 측정지표 타당성 검토 기준

구 분	검토 기준	내 용
1	대표성	지표의 영역, 항목을 대표할 수 있는 지표인가
2	독립성	다른 지표와 차별성이 있는 지표인가
3	명확성	해석과 활용 방안이 명확하고 단순한 지표인가
4	측정가능성	정량화 가능한 지표인가
5	신뢰성	객관적이고 신뢰할 수 있는 자료로 구성된 지표인가

자료: 황재희·최지연(2019), p. 68

향후 항만서비스 지수의 타당성을 추가적으로 검증할 때 개발한 지표의 타당성을 확인해 볼 수 있는데 이 단계를 다음 세 가지로 요약할 수 있다. 우선 지표 평가항목 구성을 위해 문헌조사 및 전문가 심층인터뷰를 실시한다. 그다음으로 문헌조사 및 전문가 심층인터뷰를 통해 구성된 평가항목 중 다시 예비항목을 구성한 뒤 명료성과 타당도를 조사한 뒤 최종 측정항목을 구성한다. 마지막으로 구성된 평가항목을 설문조사를 통해 타당도와 신뢰도를 검증한다. 이를 위해서는 탐색적 요인분석(EFA: Exploratory Factor Analysis) 및 확증적 요인분석(CFA: Confirmatory Factor Analysis)을 실시할 수 있다.⁴¹⁾

앞서 언급한 것처럼 지표와 지수의 통계적 타당성은 탐색적 요인분석과 상관분석 등을 통해 확보할 수 있다. 상관분석은 본 연구에서 수행했기 때문에 요인분석에 대해 좀 더 자세히 살펴보면 요인분석(factor analysis, 인자 분석)은 관찰 가능한 여러 측정변수들로부터 소수의 일반적인 잠재변수(latent variable)를 발견하거나 만들어내는 통계적 과정이다. 여기서 잠재변수는 측정변수들 간의 상관관계를 생성시키는 이론적인, 관찰할 수 없는, 저변에 깔려 있는 요인(factor)을 의미한다. 즉, 요인분석은 상관(혹은 공분

41) 김봉철(2011)을 바탕으로 저자 작성

산)행렬의 구조에 관한 통계적 모형을 구축하고, 그와 같은 구조를 생성시키는 소수 몇 개의 요인을 유도하여, 측정변수들 간의 구조적 관계를 해석하는 자료 분석기법이라고 할 수 있다.⁴²⁾ 항만서비스 지수의 타당성 추가확보와 공신력 제고를 위해 향후 항만서비스 지수의 개선 및 보완 시 지표 선정 단계에서 요인분석을 활용할 필요가 있다고 판단된다.

3) 항만수요검토위원회 역할 확대 및 명문화

항만수요검토위원회는 현행 물동량 연동 항만개발제도 운영지침(2009)에 물동량 예측 과정의 적정성 및 결과의 객관성 확보를 위해 구성하고 운영한다고 간단히 정의되어 있을 뿐 위원회의 구성 요건, 상세한 역할과 활동 범위, 활동기간 등 위원회 운영에 필요한 구체적인 지침내용이 제시되어 있지 않다. 항만개발의 양대 축인 수요(물동량)와 공급(하역능력) 중 수요(물동량)가 적절하게 전망되었는지 검증받는 것은 항만개발의 필요성과 당위성을 확보하는 데 매우 중요한 과정이다. 이를 수행하는 항만수요검토위원회 역할과 활동범위 등 위원회 운영의 상세지침을 명문화하여 공표하는 것이 향후 항만건설정책 추진의 신뢰성 확보에도 긍정적인 영향을 미칠 것이라고 판단된다.

또한 향후 ‘서비스 수준’과 연동된 항만개발제도가 도입된다면 물동량 예측치의 적정성만을 검토하는 항만수요검토위원회의 역할을 확대하여 운영하는 것이 필요하다 판단된다. 초과물동량과 하역능력을 기준으로 분석한 결과 트리거포인트(Trigger Point=0.5)에는 미치지 못하지만 서비스 수준 평가 결과가 적정수준 이하 등급(D, E, F)인 시설들에 대한 개발(재개발, 리모델링 포함) 여부를 판단할 수 있는 자문기관으로 역할을 확대하면 향후 ‘서비스 연동 항만개발제도’의 공신력 확보에 도움이 될 수 있을 것으

42) 강현철(2013)을 바탕으로 저자 작성

로 예상된다,

위와 같이 항만수요검토위원회의 역할이 확대되고 위상이 높아진다면 이에 앞서 항만수요검토위원회를 구성하는 과정과 최종 위원회 명단을 정기적으로 공개하여 위원회 선정부터 운영 과정을 투명하게 공개하는 과정도 필요하다.

4) 항만개발제도 법적 지위 강화

현재 우리나라의 항만개발제도는 앞서 언급했듯이 물동량에 따라 시설의 규모와 개발시기가 조정되는 ‘물동량 연동 항만개발제도’이다. 항만 현장에서는 트리거룰(Trigger Rule)이라고 일컬어지는데 1선석의 운영 필요시기를 초과물동량과 하역능력을 통해 결정하는 것이 제도의 핵심이다. 트리거룰은 신규시설 공급뿐만 아니라 부두기능변경, 재개발, 리모델링 관련 사업의 승인 등 항만건설과 운영 전반에 적용되고 있지만 제도의 법적지위는 미약한 실정이다.

우리나라의 항만법은 항만개발사업의 시행자 지정(제9조), 항만개발사업 실시계획 수립(제10조), 항만개발사업의 준공(제12조) 등 항만건설의 절차와 개발된 시설의 소유권에 대해서는 상세하게 지정하고 있지만, 정작 개발에 결정적으로 적용되고 있는 트리거룰과 관련된 법적 근거는 담고 있지 않다. 대규모 예산이 투입되어 30년 이상 사용되는 항만시설 건설의 법적 근거를 강화하기 위해서는 국내 항만개발은 물동량과 연동되어 개발되고 있는 점을 법이나 시행령에 명시해야 한다고 판단된다. 또한 현행 물동량 연동 항만개발제도는 개발 시설 소요 산정뿐만 아니라 사업대상을 선별하는 데도 활용되고 있는 점을 명확히 기재하여 부두기능 변경, 재개발, 리모델링 등을 포함한 모든 항만시설 예산 투입 과정이 객관적이고 투명한 절차로 추진되는 점을 강조할 필요성이 높다고 여겨진다.

참고문헌

국내 문헌

- 강봉곤·박흥규(2020), AHP 기법을 활용한 항만의 경쟁력 강화 결정요인에 관한 연구, 한국물류학회지, 30(6), 한국물류학회, pp. 17-35.
- 강현철(2013), 구성타당도 평가에 있어서 요인분석의 활용, 대한간호학회지, 43(5), pp. 587-594.
- 고광이(2020), 지역별 가족행복종합지수 개발, 한국데이터정보과학회지, 31(3), 한국데이터정보과학회, pp. 621-647.
- 국토해양부(2009) 2009년 중장기 물동량 예측 및 트리거를 운영지침 송부
- 국토해양부(2009) 2009년 트리거를 운용 계획안
- 국토해양부(2015) 철도건설사업 추진개요
- 기형서·박동주·오석문(2015), 철도용량편람 제정의 필요성, 철도저널, 18(1), 한국철도학회, pp. 101-107.
- 김근섭 외(2016), 동북아 항만간 협력관계 촉진 방안 연구, 해양수산부
- 김봉철(2011), 광고의 창의성 평가에 관한 통합적 연구: 평가지표 개발 및 모형 구축, 적용 타당성 검증, 조선대학교.
- 김시곤 외(2017), 철도용량편람 제정연구 소개, 철도저널, 20(6), 한국철도학회, pp. 35-40.
- 김우호(2008), 물동량 연동 항만개발제도(트리거를)의 도입과 과제, 월간해양수산 제 283권 pp. 1-4
- 김창곤(2016), 컨테이너 터미널의 서비스 수준 평가지표에 대한 고찰, 해양정책연구

- 15(1), pp. 39-57.
- 김창환·이상윤(2011), 벌크항만의 서비스 품질 측정도구의 설계와 적용, 해운물류연구, 27(4), 한국해운물류학회, pp. 545-561.
- 김태호·박제진·강정규(2009), 보행자 네트워크 서비스 질 평가를 위한 통합지표 개발, 대한교통학회지, 27(1), 대한교통학회, pp. 191-200.
- 김학소 외(2008), 항만물동량 예측시스템 구축 기반조성 연구, 국토해양부.
- 문영식 외(2021), 계층화분석 및 엔트로피 가중치 산정 방법에 따른 농업가뭄재해 취약성 평가, 한국농공학회논문집, 63(3), 한국농공학회, pp. 13-26.
- 박상조·유형목(2021), 도로용량편람 개정을 위한 기초연구, 한국교통연구원.
- 박지숙 외(2015), 항공기 지연시간을 고려한 제주국제공항 활주로 연간용량 산정, 대한교통학회지 33(2), 대한교통학회, pp. 214-222.
- 박병인·배종욱·박상준(2009), 선박당 평균 대기비용에 의한 항만의 서비스 수준 평가, 한국항만경제학회지, 25(4), 한국항만경제학회, pp. 185-205.
- 박상국(2016), 컨테이너 전용부두의 최적 서비스 수준에 관한 연구, 한국항만경제학회지, 32(2), 한국항만경제학회, pp. 137-156.
- 박정욱·신연식·김혜자(2007), 도시교통 서비스 수준 평가체계 구축 방안 연구, 한국교통연구원.
- 박정희·우수한(2015), 항만물류서비스 품질의 결정요인과 성과 분석, 한국항만경제학회지, 31(3), 한국항만경제학회, pp. 15-39.
- 박현(2000), 예비타당성조사 수행을 위한 다기준분석 방안 연구, 한국개발연구원.
- 방준(2019), 항공교통시뮬레이션을 활용한 인천국제공항 수용량 산정에 대한 연구 (석사학위, 한서대학교 항공운항관리학과 공학운영전공)
- 신창훈·최민승·김동진(2006), 컨테이너터미널의 서비스 품질 척도에 관한 연구, 한국항해항만학회 학술대회논문집, 한국항해항만학회, pp. 381-387.
- 오재경·김시곤(2017), 서비스수준(LOS)을 감안한 고속철도 노선 및 차량관리 방안, 대한토목학회, pp. 1,024-1,031.
- 이기열 외(2015), 국내 항만의 서비스 지표 개발을 위한 항만대기율 산정, 한국경영과학회 학술대회논문집, 한국경영과학회, pp. 111-115.
- 이기태·백인흠(2015), 컨테이너 항만 경쟁력 결정요인 분석, 수산해양교육연구, 27

- (1), 한국수산해양교육학회, pp. 262-272.
- 이원규 외(2020), 부산광역시 도시교통정비 중기계획, 부산광역시, p. 60.
- 이상혁 외(2015), 엔트로피 가중치를 활용한 대기오염 취약성 평가, 한국지역지리학회지, 21(4), 한국지역지리학회, pp. 751-763.
- 이종도 외(2017), 철도용량편람, 한국철도시설공단.
- 이효주·김도현(2020), 공항 수용량의 지연시간 산출방식 비교 연구, 한국항공운항학회지, 28(2), 한국항공운항학회, pp. 47-52.
- 정봉현(2014), 광양항의 경쟁력 평가요인과 강화전략, 한국항만경제학회지, 30(1), 한국항만경제학회, pp. 119-142.
- 정승호·하원익(1999), 컨테이너터미널 생산성 산정에 관한 실증 연구, 한국항해항만학회지, 23(4), 한국항해항만학회, pp. 77-88.
- 정해식 외(2016), 사회통합지수 개발연구, 한국보건사회연구원.
- 정준화 외(2013), 도로용량편람, 국토해양부.
- 정태원·안우철(2011), Trigger Rule 도입에 따른 인천신항 발전방향에 관한 연구, 한국항만경제학회지, 27(1), 한국항만경제학회, pp. 137-154.
- 조성우(2008), 항만개발계획에 있어서 항만물동량 예측과 트리거룰의 적용에 관한 연구, 해양비즈니스, 12, pp. 137-158.
- 차재웅·김울성·신영란(2021), 항만 스마트지수 개발에 관한 연구, 해운물류연구, 37(1), 한국해운물류학회, pp. 113-140.
- 최용석·하태영(2004), 컨테이너터미널의 결합생산성 분석을 위한 시뮬레이션 연구, 한국시뮬레이션학회 춘계학술대회 논문집, 한국시뮬레이션학회, pp. 63-68.
- 최형림 외(2006), DEA 기법을 활용한 컨테이너터미널 생산성 측정에 관한 연구, 한국산업정보학회논문지, 11(1), 한국산업정보학회, pp. 49-57.
- 통계청(2015), 통계용어·지표의 이해.
- 한국해양수산개발원(2007), 항만민간투자사업 운영 수입리스크 관리 발전방안 연구.
- 홍두화·정민용(2006), AHP와 ANP를 이용한 기술기여도에 관한 연구, 대한안전경영과학지, 8(4), 대한안전경영과학회, pp. 167-180.
- 황재희·최지연(2019), 지역 해양수산 산업 역량 지표 개발을 위한 기초 연구, 한국해양수산개발원.

해양수산부(2001), 제2차 전국 항만기본계획(2002~2011).
해양수산부(2006a) 경제정책조정회의 안건(보고안건)
해양수산부(2006), 국내주요항만에 대한 트리거를 적용검토
해양수산부(2006), 제2차 전국 항만기본계획 수정계획(2007~2011).
해양수산부(2011), 제3차 전국 항만기본계획(2011~2020).
해양수산부(2009), 항만업무편람.
해양수산부(2016), 동북아 항만간 협력관계 촉진 방안 연구
해양수산부(2019), 항만업무편람.
해양수산부(2021), 2021~2022 항만업무편람.
해양수산부 (2020) 항만적정하역능력 재산정

국외 문헌

Aritua, Bernard et al.(2022), Developing China's Port, World Bank.
Beškovnik, Bojan(2008), Measuring and Increasing the Productivity Model on Maritime Container Terminals.
Chien-Chang Chou et al(2013), Application of an Integrated Model with MCDM and IPA to Evaluate the Service Quality of Transshipment Port.
Eurocontrol(2016), Airport Capacity Assessment Methodology(ACAM Manual).
FAA(1983), Airport Capacity and Delay, U.S. Department of Transportation.
Ha, Min-Ho(2017), Comparative analysis of port performance indicators: Independence and interdependency.
Kent, Paul E.(2010) Indicators for port concession contracts and regulation: The Colombian Case.
A Rom Kim et al.(2016), A Study on Competitiveness Analysis of Ports in Korea and China by Entropy Weight TOPSIS.
Lee, S. W. et al.(2014), A Study on the Comparative Analysis of Port Competitiveness

- Using AHP.
- Lin R., & Tan J.(2013), Evaluation of port development based on the theory of the driving force and the law of entropy weight.
- Liu, Y., Lu, S., & Zhang P.(2013), Port competitiveness Evaluation Research based on Chernoff Faces Model.
- Paola Di Mascio et al(2020), Analytical Method for Calculating Sustainable Airport Capacity.
- Pablo, C., Pesquera, M. A., & Castanedo, J.(2010), Essay on Port Economics.
- Pérez, G., & Trujillo, L.(2020), Do specialisation and port size affect port efficiency? Evidence from cargo handling service in Spanish ports.
- Peter W. De Langen et al.(2007), New Indicators to measure port performance.
- Pinto, M. M. O.(2017), Benchmarking operational efficiency of port terminals using the OEE indicator.
- Saaty, R. W.(1977), The Analytic Hierarchy Process-What It Is and How It Used, *Mathematical Modelling*, 9(3), pp. 161-176.
- Shannon, C. E., & Weaver, W.(1949), *The Mathematical Theory of Communication*, The University of Illinois Press.
- Shen, Y., & Liao, K.(2022), An Application of Analytic Hierarchy Process and Entropy Weight Method in Food Cold Chain Risk Evaluation Model, *Frontiers in Psychology*, 13(825696).
- The Port Authority of NY & NJ(2019),Port Master Plan 2050
- Ugboma, C., Ibe C., & Ogwude, I. C.(2004), Service quality measurements in ports of a developing economy: Nigerian ports survey.
- Yuyan Shen & Kaicheng Liao.(2022), An Application of Analytic Hierarchy Process and Entropy Weight Method in Food Cold Chain Risk Evaluation Model, *Front. Psycho*, 13.
- Wang & Slack.(2006), Regional governance of port development in China: a case study of Shanghai International Shipping Center, *Maritime Policy & Management*, 31(4), pp. 357-373.

인터넷 자료

국가지표체계, 수출입비율(GDP 대비), <https://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=4207&clasCd=7>(검색일 : 2022.9.17.)

무역협회, 국내통계, <http://www.krei.re.kr:18181/>(검색일: 2022.0.0.)

부산항만공사, 부산항 통계책자, 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송통계(2010~2019), <https://www.busanpa.com/kor/Board.do?mode=view&mCode=MN0995&idx=27611>(검색일: 2022.4.6.)

이수영(2022.6.11), A Study on the Development and Application of the Berth Productivity Index, IAME 2020 Conference, IAME.

통계청, 통계청통계, https://kostat.go.kr/understand/info/info_lge/1/detail_lang.action?bmode=detail_lang&pageNo=9&keyWord=0&cd=SL4244&sTt=(검색일: 2022.9.17.)

China Briefing(2017.9.28.), China's Top Ports: An Index for Importers and Exporters, <https://www.china-briefing.com/news/chinas-top-ports-an-index-for-importers-and-exporters/>(검색일: 2022.9.28.)

Clarkson Research, Shipping Intelligence Network, <https://www.clarksons.net/n/#/sin/timeseries/browse>(검색일 : 2022.9.17.)

European Sea Ports Organization, Port Performance Indicators Selection and Measurement Indicators, https://www.espo.be/media/pages/12-01-25_-_PPRISM_WP4_Deliverable_4.2_Website.pdf(검색일: 2022.5.8.)

OECD & EC JRC, Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide, <https://www.oecd.org/els/soc/handbookonconstructingcompositeindicatorsmethodologyanduserguide.htm>(검색일: 2022.0.0.)

UNCTAD(1976), Port Performance Indicators, https://unctad.org/system/files/official-document/tdbc4d131sup1rev1_en.pdf(검색일: 2022.8.18.)

Vessel Tracking, Biggest container ships – industry overview, <https://www.vesseltracking.net/article/biggest-container-ship>(검색일: 2022.8.17.)

World Economy Forum, Global Competitiveness Report(2011~2017), <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2020/>(검색일:

2022.9.19.)

World Bank(1993), Port Performance Indicators, <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/303501468337289364/port-performance-indicators>(검색일: 2022.7.6.)

미국토목학회(ASCE), <https://infrastructurereportcard.org/>(검색일: 2022.8.14.)

미국해양청, U.S. Department of Transportation Launches Port Infrastructure Development Program, <https://www.maritime.dot.gov/newsroom/press-releases/us-department-transportation-launches-port-infrastructure-development>(검색일: 2022.10.14.)

미국 해양청, About Port Infrastructure Development Grants, <https://www.maritime.dot.gov/PIDPgrants>(검색일: 2022.10.14.)

미국 연방법, 자료명, <http://uscode.house.gov/view.xhtml?req=granuleid%3AUSC-prelim-title46-section50302&num=0&edition=prelim>(검색일: 2022.10.14.)

백악관 보도자료(2021.11.09), FACT SHEET: The Biden-Harris Action Plan for America's Ports and Waterways, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/11/09/fact-sheet-the-biden-harris-action-plan-for-americas-ports-and-waterways/>(검색일: 2022.10.14.)

부 록

1. 선행연구 검토 결과

〈부록 표 -1〉 선행연구 검토 결과

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
항만 및 SOC 개발제도 관련 연구			
1	- 연구명: 항만민간투자사업 운영 수입리스크 관리 발전방안 연구 - 연구자(연도): 한국해양수산개발원 (2007) - 목적: 항만민간투자사업의 운영 수입리스크 전망 - 현행운영수입보장 및 환수제도 개선 방안 모색 - 항만민간투자사업 운영 리스크 경감을 위한 대안으로 트리거룰의 도입 및 시행방안 검토	- 현지 출장 조사를 통한 자료 수집 및 사업 여건 조사 - 전문가 자문회의를 통한 의견 수렴 - 문헌조사 및 시계열 분석을 통한 운영수입 및 수입보장금액 추정	- 항만민간투자사업 추진현황 - 항만민간투자사업의 리스크 유형 및 관리제도 - 운영수입리스크 관리제도 현황 및 문제점 - 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰)의 도입 및 민간 사업대상 적용 검토 - 트리거룰 강화 방안
2	- 연구명: 도시교통 서비스 수준 평가체계 구축 방안 연구 - 연구자(연도): 한국교통연구원(2007) - 목적: 도시교통 서비스 수	- 기존 교통서비스 평가에 관한 국내외 문헌연구 - 서비스 지표 설정을 위한 수요조사, 요인분석, 전문가	- 도시교통 서비스 수준 평가에 대한 문제점 고찰 - 도시교통 서비스 수준의 정확한 개념 정립 - 요인분석 및 전문가 의견을 통해 평가지표 설정 및 평가 기준

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
	준 지표 설정 및 평가 체계 구축	- 의견 수렴을 통해 평가체계 구축 - 실증분석을 통해 도시별 교통서비스 수준 도출	- 설정을 통해 평가체계 구축 - 실증자료를 토대로 도시교통 서비스 수준 평가체계 적용 및 활용 방안 제시
3	- 연구명: 도로용량편람 - 연구자(연도): 정준화 외 (2013) - 목적: 도로의 효율적 이용 및 절절한 투자	- 도로분야 용량편람 - 효과척도와 도로 용량 개념으로 서비스 수준 분석	도로의 통행속도, 시간, 자유도, 안락감, 안전 등의 서비스 상태를 설명하는 질적인 개념으로 서비스 수준 개념을 이용
4	- 연구명: 철도용량편람 제정의 필요성 - 연구자(연도): 기형서·박동주·오석문(2015) - 목적: 철도산업 도약을 위한 철도용량편람 필요성 제언	철도분야 기존연구 분석 및 도로분야 용량편람 도입 사례분석	- 용어 정의 - 철도용량 연구 현실 및 한계점, 편람 필요성 및 고려 사항
5	- 연구명: 철도용량편람 제정연구 소개 - 연구자(연도): 김시곤 외 (2017) - 목적: 철도용량편람 제정 연구 전반 소개	철도분야 용량편람 도입 소개	- 용어 정의 및 사례분석 - 철도용량편람 도입 및 내용 소개
6	- 보고서명: 철도용량편람 - 연구자(연도): 김시곤 외 (2017) - 목적: 국내 철도환경을 고려한 철도 서비스 수준 개념 도입 및 철도용량 산정	- 철도분야 용량편람 - 해외사례 분석, 서비스 수준 분석	- 용어 정의 - 철도노선 서비스 수준 결정 - 철도차량용량 산정 및 서비스 수준 결정
7	- 보고서명: 도로용량편람 개정을 위한 기초연구 - 연구자(연도): 박상조·유형목(2021) - 목적: 도로용량편람 개정 필요성 검토를 통한 개정방향 설정 및 개정내용 도출	- 실무자 및 전문가 의견조사 - 기존연구 진단 - 도로교통체계 변화 검토	- 도로용량편람 2013 검토 및 개정 요구 사항 조사 - 도로용량편람 2013 개정 필요성 검토 - 도로용량편람 개정 방법 제시

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
8	- 연구명: 항공기 지연시간을 고려한 제주국제공항 활주로 연간용량 산정 - 연구자(연도): 박지숙 외 (2015) - 목적: 제주국제공항 활주로의 일일용량 분석 및 연간용량 산정 방법 소개	미시적 항공교통시뮬레이션 모델 활용	- 실무에서 적용하는 FAA 산정식은 변수에 대한 명확한 정의가 없고 항공기 지연 미고려 등 실무적 제약 내재 - 실무적 한계 개선을 위해 미시적 항공교통 시뮬레이션 모형을 활용한 활주로 이용하는 항공기의 평균 지연시간 측정 및 제주국제공항 활주로의 일일용량을 분석하고 연간용량을 산정하는 방법 소개
9	- 연구명: 항공교통시뮬레이션을 활용한 인천국제공항 수용량 산정에 대한 연구 - 연구자(연도): 방준 (2019) - 목적: 가까운 장래에 처리능력이 한계에 다다를 것으로 예상되는 인천국제공항의 처리능력 재평가	- FAA 산정식을 활용한 선행연구 분석 - 미시적 항공교통시뮬레이션 모델 (SIMMOD-PRO) 활용	- 인천국제공항 airside 운영현황이 반영된 시뮬레이션 모형 구축 및 검증 - 시나리오별 고속탈출유도로 재배치 방안 연구 3개 활주로 포화시기 산출
10	- 연구명: Airport Capacity and Delay - 발행기관(연도): FAA(1983) - 목적: 공항 용량 및 항공기 지연 산정 방법	공항분야 용량 및 항공기 지연 산정	공항 건설 계획과 디자인을 위한 공항 용량과 항공기 지연을 산정하는 방법 소개
11	- 연구명: Analytical Method for Calculating Sustainable Airport Capacity - 연구자(연도): Paola Di Mascio(2020) - 목적: 활주로 용량 평가를 위한 레벨3 수준에 초점을 맞춘 연구	공항분야 레벨3 수준 용량 분석 (Analytical Model)	- 공항의 용량은 일반적으로 경제, 물류 및 안전 문제를 균형 있게 조정하는 세부 사항에 따라 5개 단계로 구분 - 활주로 용량을 평가하기 위한 계산 모델을 개발하는 분석 방법(레벨3)에 초점

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
항만서비스 측정지표 및 적정수준 관련 연구			
12	- 연구명: 컨테이너터미널의 서비스 품질 척도에 관한 연구 - 연구자(연도): 신창훈·최민승·김동진(2006) - 목적: 컨테이너항만의 경쟁력 확보를 위해 서비스의 중요성을 제시하고 컨테이너터미널의 서비스 품질의 측정을 위한 지표를 개발	- 컨테이너항만의 서비스 품질 척도 개발을 위해 관련 선행연구 고찰 - 전문가 면접조사를 통해 서비스요소 추출 - 부산항 기항 컨테이너 선사 대상 설문조사 수행 - 탐색적 요인분석, 상관관계 분석, 신뢰성 및 타당성 분석 등 척도 정제	- 컨테이너터미널의 서비스 품질 측정을 위한 20개의 서비스 요소를 추출 - 서비스 요소는 신속성(4개), 정확성(4개), 안전성(4개), 편의성(8개) 등 20개 지표를 제시
13	- 연구명: 컨테이너 전용부두의 최적 서비스 수준에 관한 연구 - 연구자(연도): 박상국(2016) - 시뮬레이션 모델 개발을 통해 컨테이너 전용부두의 최적 서비스 수준 분석	- 컨테이너 서비스 수준에 관한 문헌 연구 - 적정 서비스 수준 및 항만 경쟁력에 대한 문헌연구 - 시뮬레이션 모델 개발을 통해 적정 서비스 수준 도출을 위한 실증분석	- 서비스 수준에 대한 선행연구를 통해 선석점유율과 선박대기율을 서비스 지표로 선정 - 컨테이너 전용부두 하역프로세스를 기반으로 한 시뮬레이션 모델 개발 3년간 부산항 P부두의 선박 접안 실적 자료를 토대로 시뮬레이션 적용, 경제성 분석을 통해 최적의 서비스 수준 도출
14	- 연구명: 컨테이너터미널의 결합생산성 분석을 위한 시뮬레이션 연구 - 연구자(연도): 최용석·하태영(2004) - 목적: 표준화된 항만하역시스템의 결합생산성 지표 개발 및 분석을 통해 컨테이너 터미널의 생산성 향상 방안 제시	- 컨테이너 터미널 생산성 분석을 위한 다양한 평가지표 관련 문헌연구 - 실증분석을 위한 시뮬레이션 모델 분석	- 컨테이너 터미널 생산성 평가 지표 관련 조사 - 컨테이너 하역장비와 관련된 국내 항만의 생산성 현황 파악 - 컨테이너 하역 장비 특성을 반영한 결합생산성 평가함수 모형화 - 장비조합 시나리오에 따른 시뮬레이션 수행
15	- 연구명: 항만물동량 예측 시스템 구축 기반조성 연구 - 연구자(연도): 김학소	- 산업단지 수입·수출 OD 분석 - 항만개발정책 및	- 물동량 예측 통계 기반조성 - 항만물동량과 산업단지 상관관계 분석

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
	(2008) - 통계작성 체계 개선 - 항만물동량 예측의 정밀성 향상 및 무역항 개발계획의 탄력적 적용방안 모색 - 목적: 물동량 연동 항만개발제도 검토 및 제도화 방안 모색	- 재정사업 평가 관련 설문 조사 실시 (대상: 산업단지 입주업체, 항만이용자, 운행사, 선사 등) - 문헌조사 및 현지출장 - 물동량 통계작성 자, 항만이용자, 정책수립 및 집행 관계자 대상 전문가 자문회의	- 물동량 연동 항만개발 관련 선행연구 및 적용사례 검토 - 재정산업에 대한 성과지표 개발 및 평가
16	- 연구명: 선박당 평균대기비용에 의한 항만의 서비스 수준 평가 - 연구자(연도): 박병인·배종욱·박상준(2009) - 목적: 항만의 대기비용과, 선박의 평균 대기비용을 활용하여 항만의 서비스 수준 평가 방법 제시	무역항 대기비용을 장기기회비용 관점에서 산정하고, 선박당 평균 대기비용을 활용하여 항만 서비스 수준 평가	1단계로 항만 대기비용을 장기 기회비용 관점에서 산정 2단계로 선박당 평균 대기비용을 활용하여 항만서비스 수준 평가
17	- 연구명: 벌크항만의 서비스 품질 측정도구의 설계와 적용 - 연구자(연도): 김창환·이상윤(2011) - 목적: 벌크항만 고유의 서비스 품질측정을 위한 요인을 설정	- 화주 및 벌크선사를 대상으로 설문조사 - 탐색적 요인분석(EFA)과 확인적 요인분석(CFA)을 수행	- 컨테이너 항만에 국한되었던 서비스 품질 관련 논의를 벌크항만으로 확장 - 벌크항만의 서비스 품질 요인으로 관계지향성이 가장 중요한 요인으로 분석 - 또한 편의성, 안정성, 유형성, 비용성 등이 서비스 품질 지표로 분석
18	- 연구명: 국내 항만의 서비스 지표 개발을 위한 항만 대기율 산정 - 연구자(연도): 이기열·김은수(2015) - 국내항만의 서비스 지표 개발을 위해 항만 대기율 산출	탐색적 데이터 분석(EDA)을 통해 항만대기율 및 선석점유율 산정	- 항만체선의 개념 및 국내 체선율 - 체선관련 항만서비스 지표 - 국내 항만대기율 및 선석 점유율 산정 - 선종별 대기율 분석

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
	• 목적: 높은 대기오염 발생 향만의 원인 분석		
19	• 연구명: 컨테이너 터미널의 서비스 수준 평가지표에 대한 고찰 • 연구자(연도): 김창곤(2016) • 목적: 컨테이너 터미널의 서비스 수준 평가지표 제시 및 지표 간 관계 분석을 통해 컨테이너 터미널 성능 측정	• 개방형 대기 시스템 평가지표에 관한 문헌연구 • 서비스 수준 평가지표 산출을 위한 실증분석 • 서비스 수준 평가지표 간 관계분석을 위한 대기이론 분석	• 컨테이너 터미널 서비스 수준 고찰을 위해 항만을 개방형 시스템으로 정의 • 개방형 시스템과 관련된 UN이 제시한 평가지표 고찰 • UN의 평가지표 중 컨테이너 서비스 수준의 상대적 평가를 위한 지표 선정 • 실증자료 분석을 통해 서비스 수준 산정 및 대기이론을 통해 지표 상호간 관계 분석
20	• 연구명: 항만물류서비스 품질의 결정요인과 성과 분석 • 연구자(연도): 박정희·우수한(2015) • 항만서비스 품질 결정요인 분석 및 검증	• 문헌연구를 기반으로 모형 구성 및 부분최소자승법을 활용한 검증	• 항만물류서비스 품질 결정요인 관련 선행연구 고찰 • 서비스 품질 수익모델 기반 항만 경쟁력 평가 모형 제시
21	• 연구명: 공항 수용량의 지연시간 산출방식 비교 연구 • 연구자(연도): 이효주·김도현(2020) • 목적: 공항 운영 시간과 그에 따른 지연에 의해 공항 수용력이 영향을 받는 정도 파악	• 미시적 항공교통시뮬레이션 모델(SIMMOD) 활용	• 항공기 평균 지연시간 측정 및 공항 수용량 산정, • 특정 시간 구간의 평균 지연시간으로 산출된 수용량을 분석하여 다양한 지연시간 산정 방식 비교
22	• 연구명: 항만 스마트지수 개발에 관한 연구 • 연구자(연도): 차재웅·김울성·신영란(2021) • 목적: 스마트 항만의 개념을 명확하게 정립하고, 항만의 스마트화 수준을 측정할 수 있는 항만 스마트지수 제시	• 스마트 항만 관련 선행연구 검토 • 글로벌 항만들의 스마트화 추진 전략 고찰 • 스마트 항만의 요소를 탐색적 요인 분석으로 그룹화 • 전문가 대상 설문	• 스마트 항만 개념을 명확히 정립하고, 스마트 항만의 핵심요소 도출 • 항만 분야 산·학·연·관 전문가 대상 설문조사 결과를 바탕으로 탐색적 요인분석을 통해 항만 스마트지수(PSI: Port Smartness Index)를 제시 • 글로벌 항만의 스마트화 수준

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
		조사 실시	및 진행 추이를 정량적으로 파악할 수 있는 지수를 제시
23	- 연구명: A Study on Competitiveness Analysis of Ports in Korea and China by Entropy Weight TOPSIS - 연구자(연도): A Rom Kim et al.(2016) - 목적: 항만 경쟁력 평가 주요 요인 산정을 통해 한국 및 중국 항만 경쟁력 비교	- 문헌조사 - TOPSIS 기법	- 항만 경쟁력 요인과 관련된 선행연구 검토를 통해 3개 요인에 대한 13개 세부 지표 산정 - TOPSIS 기법을 활용하여 상하이, 선전, 부산항의 요인별 경쟁력 비교 - 분석 결과를 토대로 부산항의 경쟁력 향상을 위한 대안 제시
24	- 연구명: Measuring and increasing the productivity model on maritime container terminals - 연구자(연도): Beškovnik(2008) - 목적: 컨테이너 터미널의 생산성 측정 및 증대 방안 제시	- 컨테이너 터미널 생산성 요인과 관련된 문헌연구 - 지속적인 생산성 측정의 중요성 및 향상을 위한 문헌연구	- 컨테이너 터미널의 생산성과 관련된 요인분석 - 생산성 측정 및 향상을 위한 평가모델 구축
25	- 연구명: Port competitiveness Evaluation Research based on Chernooft Faces Model - 연구자(연도): Liu, Y., Lu, S., & Zhang P.(2013) - 목적: 항만 경쟁력 평가 모델 구축을 통해 중국 10개 항만의 항만 경쟁력 평가	- 문헌연구 (Chernooft Faces Model) - 항만 경쟁력 평가 요인 산정(1차 지수 6개, 2차 지수 17개 산정) - 추출된 지수를 체르노프 페이스 모델에 적용	- 체르노프 페이스 모델을 적용한 항만 경쟁력 평가 모델 구축 - 중국 10개 항만의 경쟁력 순위 제시를 통해 항만 운영 및 관리에 대한 시사점 제시
26	연구명: Service quality measurements in ports of a developing economy: Nigerian ports survey	- 서비스 지표 관련 및 설문조사 문항을 위한 문헌연구 - SERVQUAL 모델을 적용한 설문	- 나이지리아의 대표 두 항만의 서비스 품질 결정요소 파악 및 평가 모델 구축 - 항만서비스 품질의 중요한 특성 파악을 통해 항만 관리를 위

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
	- 연구자(연도): Ugboma, Ibe, & Ogwude(2004) - 목적: 나이지리아 항만의 서비스 품질 주요 결정 요소 파악 및 평가모델 구축	지 설계 및 분석	한 주요 도구로서의 모델 제공
27	- 연구명: Essay on Port Economics - 저자(연도): Pablo, Pesquera, & Castanedo(2010) - 목적: 항만서비스에 대한 수요와 공급 정의, 항만수요와 공급 분석, 항만의 경제적 효과	각 부문별 다양한 선행연구 및 관련 문헌조사	- 세계화 추세 속에 당연한 항만 부문의 과제 및 마케팅 전략 - 항만의 경제적 효과 분석 방법론 제시 - 여건별 항만개발에 대한 이론적 근거 제시
28	- 연구명: NEW INDICATORS TO MEASURE PORT PERFORMANCE - 연구자(연도): Peter W. De Langen et al.(2007) - 목적: 항만 성능 평가를 위한 잠재적인 신규 항만 성능 지표(PPI) 개발	- 항만 성능 평가를 위한 성능 지표(PPI) 관련 문헌조사 - 항만업계 외 다른 산업계에서 사용되고 있는 성능 지표 (PI) 관련 조사	- 기존 항만의 성능을 평가하기 위한 대표적인 지표 고찰 - 로테르담항의 새로운 평가지표 개발 연혁을 통해 신규 지표 필요성 검토 - 항공, 산업단지, 지역경제에서 적용되고 있는 성과지표를 항만업계에 적용하여 신규 성과 지표 개발
29	- 연구명: INDICATORS FOR PORT CONCESSION CONTRACTS AND REGULATION: THE COLOMBIAN CASE - 연구자(연도): Paul E. Kent et al.(2010) - 목적: 항만의 효율 운영성을 객관적이고 지속적으로 모니터링 할 수 있는 지표 개발	- 항만 성능 지표에 대한 문헌연구 - 합리적인 성능 평가를 위한 지표를 산정함에 있어 필요한 원칙 관련 연구 - 개별 지표에 관한 문헌연구	- 항만 성능 지표에 대한 선행연구를 통해 지표 선정을 위한 지침 제공 필요성 연구 - 성과지표를 위한 6가지 지침을 제시한 후 원칙에 부합하는 서비스 수준 지표 정의 - 각 서비스 지표에 대한 측정 단위와 계산에 필요한 정보 제공
30	연구명: AIRPORT CAPACITY	정량적 데이터에 기초해 분석할 수	수요예측 및 서비스 수준 제고를 위한 공항 용량 산정 시 및

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
	ASSESSMENT METHODOLOGY(AC AM Manual) • 발행기관(연도): EUROCONTROL(2016) • 목적: 공항용량평가방법 소개	있도록 공항 용량 평가 방법론 제시	효과적 관리를 위해 네트워크 고려 필요 • 지역공항과 네트워크 관리 역 할에 대한 사항, 전략적 계획 조 정을 통한 용량 개선 기준 제공
31	• 연구명: Benchmarking operational efficiency of port terminals using the OEE indicator • 저자: Pinto(2017) • 목적: 항만터미널의 정확 한 효율성 측정을 위해 관 리 가능 요인과 불가능한 요인을 구분한 평가 방법 론 제시	• 문헌연구를 통한 기존 항만효율성 평가지표 검토	• 기존 항만터미널의 효율성 평 가 방법론 검토 전체 장비효과 (OEE) 지표를 세분화하고 관 리 가능 요인과 불가능한 요소 를 포함한 지표의 프레임워크 를 개발
32	• 연구명: Do specialisation and port size affect port efficiency? Evidence from cargo handling service in Spanish ports • 저자(연도): Pérez & Trujillo(2020) • 목적: 항만 특화개발 및 규 모가 스페인 항만에 미치 는 영향 평가	• 파라메트릭 거리함 수(parametric distance function) 사용, 2001~2011년 스 페인 27개 항만의 효율성 추정	• 특화개발된, 큰 항만이 더 효율 적임을 제시 • 항만의 특화 개발 및 특화 항만 과 소규모 항만 간의 협력 장려 제시 • 스페인 항만의 화물 처리 서비 스 효율성 평가
다기준 의사결정기법 관련 연구			
33	• 연구명: 예비타당성조사 수행을 위한 다기준분석 방안 연구 • 연구자(연도): 박현 (2000) • 목적: 예비타당성조사의 종합평가를 위한 다기준 분석 방법론 개발 및 지역	• 예비타당성조사의 수행체계 및 문제 점 관련 문헌연구 • 다기준 분석 방법 론인 AHP 기법 연 구 • 2000년 예비타당 성 조사에 AHP 기	• 예비타당성조사의 문제점 등 을 조사하여 해당 문제점 해결 방안을 위한 다기준 방법론 AHP 제시 • 예비타당성조사에 지역낙후도 를 반영하기 위해 AHP 기법을 활용하여 지표 간 가중치 산정 을 통해 신규 통합 지표 개발

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
	낙후도를 반영하기 위한 신규 지수 개발	- 법을 적용하여 결과 분석 - AHP 기법을 활용한 지표 간 가중치 산정을 통해 신규 통합 지표 개발	신규지표를 포함하여 2000년도의 16개의 예비타당성조사 대상사업에 AHP 기법을 적용하여 결과 분석을 통해 보완방향 제시
34	- 연구명: 보행자 네트워크 서비스 질 평가를 위한 통합지표 개발 - 연구자(연도): 김태호·박제진·강정규(2009) - 보행자의 실질적인 서비스 질을 측정할 수 있는 통합적 지표를 개발	- 국내외 보행자 서비스 수준 관련 선행연구 검토 - 전문가 설문조사를 통한 평가항목 선정 - 계층분석법, 네트워크분석법을 이용한 평가지표 개발	- 보행자의 서비스 수준을 측정하기 위해서는 네트워크분석법에 의한 지표 적용이 적절 - 보행자의 형태, 유지관리, 보행경관 및 환경 등 정성적 요인을 고려
35	- 연구명: 광양항의 경쟁력 평가요인과 강화전략 - 연구자(연도): 정봉현(2014) - 목적: 광양항의 경쟁력 평가 요인 도출 및 강화 방안 제시	- 문헌조사 - AHP 기법 - 현장조사	- 항만의 경쟁력 관련 지표 선행연구 검토를 통해 총 20개 항목 우선 도출 - 해운·항만의 산·학·연 전문가 면접 조사 및 광양항 현장 방문 등을 통해 14개 세부 지표 최종 확정 - AHP 방법론 적용을 통해 상대 중요도 도출 및 이에 따른 경쟁력 강화 방안 제시
36	- 연구명: 컨테이너 항만 경쟁력 결정요인 분석 - 연구자(연도): 이기태·백인홍(2015) - 목적: 컨테이너 항만의 경쟁력 결정요인 분석	- 문헌조사 - 전문가 의견 조사 - KJ 기법 - AHP 기법	- 항만 경쟁력 요인 관련 국내외 선행연구 검토를 통해 1차로 54개 세부요인 도출 - 해운물류 전문가 집단그룹에 의해 24개 세부요인 도출 - KJ 기법을 활용하여 최종적으로 18개 세부요인을 6개 속성요인으로 그룹화 - AHP 기법을 활용하여 요인에 대한 상대적 중요도 도출
37	연구명: AHP 기법을 활용한 항만의 경쟁력 강화 결정요인에 관한 연구	- 문헌조사 - AHP 기법 - IPA 기법	충청권과 수도권역으로 구분하여 5년 이상 종사한 업계종사자 대상 항만 경쟁력 요인 설문조사 실시

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
	- 연구자(연도): 강봉곤·박홍규(2020) - 목적: 충청권과 수도권 중심의 항만 선택 중요요인 분석		4개 요인에 따른 14개 세부요인 도출 - AHP와 IPA 기법을 활용한 요인별 중요도 도출
38	- 연구명: A Study on the Comparative Analysis of Port Competitiveness Using AHP - 연구자(연도): Lee et al.(2014) - 목적: 5개 대륙의 주요 컨테이너 항만의 경쟁력 비교를 통해 항만 경쟁력 향상 방안 마련	- 문헌조사 - 전문가 의견조시 - AHP 기법	- 항만 경쟁력 요인과 관련된 선행연구 검토 및 전문가 의견을 토대로 2개 요인에 대한 10개의 세부 지표 선정 - 글로벌 주요 8개 항만인 부산, LA/LB, NY/NJ, Melbourne, Chennai, Inccheon, Mayaguez, LeHarve를 대상으로 경쟁력 비교 - 요인별 중요도를 통해 정책 대안 제시
39	- 연구명: Evaluation of port development based on the theory of the driving force and the law of entropy weight - 연구자(연도): Lin R., & Tan J.(2013) - 목적: 엔트로피 방법론을 통한 항만개발수준 평가 모델 구축 및 모델 적용 가능성 검토	- 엔트로피 방법론과 항만개발 수준 평가 index 관련 문헌연구 - 엔트로피 가중치 산정 방법을 활용하여 항만개발 수준 평가	- 항만 구동력(driving force) 및 항만개발 수준 평가지표 관련 이론 - 항만개발 수준 평가모형 구축 - 모형을 통한 Anqing Port의 항만개발 수준 평가 결과
40	- 연구명: Comparative analysis of port performance indicators: Independency and interdependency - 연구자(연도): Min-Ho Ha et al.(2017) - 목적: 항만 성능 지표 간	- 다기준 의사결정을 위한 분석기법인 AHP와 ANP 관련 문헌연구 - 항만 성능 측정 (PPM)을 위한 항만 성능 지표(PPI) 관련 문헌연구 - 기준들의 독립성과	- 항만 성능 평가를 위한 다양한 항만 성능 지표 고찰 - 해당 지표를 토대로 항만 선택을 다기준 의사결정으로 정의하여 최적의 의사결정을 위한 대표적인 방법론인 AHP와 ANP 적용 - 두 방법론 적용에 따른 항만 성능 지표의 상대적 중요도 결과

구분	선행연구 검토 결과(상세)		
	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
	독립성과 상호의존성을 고려한 다기준 의사결정(MCDM) 결과 비교	상호의존성을 고려한 항만 성능 지표의 상호 중요도 실증분석	비교를 통해 합리적 의사결정을 위한 지침 제공
41	- 연구명: Application of an Integrated Model with MCDM and IPA to Evaluate the Service Quality of Transshipment Port - 연구자(연도): Chien-Chang Chou et al.(2013) - 목적: 항만서비스 품질 평가 및 항만 선택 의사결정을 위한 MCDM-IPA 통합모델 제시	- 서비스 품질 평가 및 다기준 의사결정분석기법에 대한 문헌연구 - 통합된 모델을 적용한 실증분석	- 상위모델인 다기준 의사결정(MCDM)모형과 하위모델인 중요도 성능분석(IPA)의 통합 모델 제시 - 아시아 3개 항만을 대상으로 통합 모델 적용을 통해 항만서비스 품질 평가 및 각 속성의 상대적 중요도 성취도 산출
본 연구	- 과제명: 항만개발제도 개선방안 연구 - 연구자(연도): 이수영 외(2022) - 서비스 수준과 연동된 신규 항만개발제도(안) 제시	- 우리나라 항만개발제도 도입배경 조사 및 국외 주요 항만개발제도 관련 문헌연구 - 항만의 서비스 품질 결정요소 파악 및 평가 모델 구축을 위한 설문조사 실시 - 엔트로피, AHP 기법을 통한 실증분석 - 전문가 의견, 협의를 통한 항만서비스 적정수준 도출 - 항만개발제도 개선(안)에 대한 적정성 검토 관련 전문가 자문 실시	- 물동량 연동 항만개발제도(Trigger Rule) 현황 및 문제점 분석 - 국외 항만 항만개발제도 비교 분석 - 항만서비스 수준 평가지표 발굴 및 항만개발 기준근거 적용 가능성 검토 - 항만개발제도(Trigger Rule) 개선 방안 도출 - 신규 항만개발(Trigger Rule) 제도의 효율적인 적용 및 운영을 위한 정책적·제도적 지원방안 제시

자료: 저자 작성

2. 항만·터미널별 서비스 종합지수(PSI) 결과값

〈표 부록-2〉 부산항 컨테이너 부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	BUSAN NEW CONTAINER TERMINAL (BNCT)	52.7	26.5	71.3	28.0	36.8	C
2	HANJIN NEW PORT CONTAINER TERMINAL (HJNC)	66.1	30.2	58.8	25.7	39.6	C
3	HMM PSA NEW-PORT TERMINAL	53.8	29.6	70.3	28.7	38.5	C
4	JASEONGDAE CONTAINER TERMINAL (HKT)	38.6	16.4	70.0	32.0	30.3	D
5	PUSAN NEWPORT CO LTD (PNC)	63.8	31.2	63.8	27.3	40.4	B
6	PUSAN NEWPORT INTERNATIONAL TERMINAL (PNIT)	58.6	32.2	70.0	29.3	40.8	B
7	SINGAMMAN CONTAINER TERMINAL (DPCT)	29.6	16.3	64.2	33.1	28.1	E

자료: 저자 작성

〈표 부록-3〉 인천항 컨테이너 부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	SUNKWANG NEW CONTAINER TERMINAL (SNCT)	48.3	13.4	54.0	22.5	27.3	E

자료: 저자 작성

〈표 부록-4〉 광양항 컨테이너 부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	GWANGYANG CONTAINER TERMINAL	52.8	17.1	58.6	18.8	29.3	D

자료: 저자 작성

〈표 부록-5〉 광양항 일반부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	여천일반부두 2번선석	52.6	8.6	49.1	17.0	24.3	E
2	제품부두 44선석	62.1	60.0	36.1	16.4	46.9	B
3	하포일반부두 1번선석	42.5	47.3	32.5	17.9	37.2	C
4	제품부두 41선석	101.2	77.1	20.0	34.4	66.0	B
5	하포일반부두 2번선석	31.5	51.1	19.4	30.1	38.3	C
6	RO-RO부두 32선석	25.5	85.3	20.7	27.1	50.8	B
7	제품부두 42선석	95.6	73.2	21.8	30.4	62.2	B
8	중마부두 92선석	16.7	89.4	14.7	38.4	53.0	B

자료: 저자 작성

〈표 부록-6〉 목포항 일반부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	대불부두 62선석	54.5	6.1	21.1	86.2	39.2	C
2	신항 다목적부두 2선석	38.5	48.4	38.4	25.2	39.2	C

자료: 저자 작성

〈표 부록-7〉 군산항 일반부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	2부두 2선석	21.7	20.7	14.7	72.9	34.0	D
2	7부두 9선석	28.9	46.9	19.8	62.7	44.5	C
3	3부두 3선석	35.4	15.5	39.3	50.5	31.3	D
4	2부두 3선석	19.9	8.0	18.8	62.5	25.9	E
5	1부두 2선석	27.4	18.4	23.8	55.2	30.5	D
6	5부두 6선석	65.4	80.7	17.9	77.1	70.6	A
7	5부두 7선석	46.9	44.3	22.6	49.6	44.2	C

자료: 저자 작성

〈표 부록-8〉 대산항 일반부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	2부두 1선석	42.0	50.9	30.6	20.8	39.2	C

자료: 저자 작성

〈표 부록-9〉 동해·묵호항 일반부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	서부두 42선석	21.7	20.7	14.7	72.9	34.0	D
2	서부두 41선석	28.9	46.9	19.8	62.7	44.5	C
3	남부두 15선석	35.4	15.5	39.3	50.5	31.3	D

자료: 저자 작성

〈표 부록-10〉 마산항 일반부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	4부두 42선석	30.3	12.9	69.9	67.0	36.1	C
2	적현부두	23.2	10.5	45.8	119.9	45.2	B
3	4부두 43선석	26.5	15.1	48.5	48.7	29.5	D
4	4부두 44선석	35.5	11.5	73.0	62.6	35.9	D
5	4부두 41선석	17.4	36.8	28.4	29.9	29.9	D
6	제5부두(TOC) 55선석	18.1	41.0	51.4	28.6	33.7	D
7	4부두 47선석	34.3	10.8	63.1	18.4	22.8	E
8	제5부두(TOC) 58선석	31.8	15.2	40.4	100.6	43.5	C
9	3부두 33선석	77.3	13.2	53.4	76.2	47.6	B

자료: 저자 작성

〈표 부록-11〉 부산항 일반부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	감천 중앙부두 3선석	41.2	45.2	43.9	19.9	37.6	C
2	감천 6부두 3선석	16.2	14.1	35.8	17.2	17.4	E
3	감천 중앙부두 2선석	36.8	46.8	45.0	17.5	36.8	C
4	감천 2부두 3선석	30.2	13.5	41.4	18.7	21.1	E
5	감천 중앙부두 4선석	33.3	23.0	43.4	75.1	40.8	C
6	감천 6부두 2선석	38.2	99.1	47.7	15.3	58.9	B
7	7부두 73선석	16.9	11.1	46.5	21.4	18.4	E
8	감천 중앙부두 5선석	27.5	5.9	51.3	23.3	19.4	E

자료: 저자 작성

〈표 부록-12〉 울산항 일반부두 항만서비스 지수값

구 분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	2부두 1선석	45.5	53.3	16.7	39.7	44.6	C
2	용연부두 1선석	9.1	32.6	17.6	70.6	35.9	D
3	6부두 4선석	62.8	74.1	36.5	20.1	54.0	B
4	6부두 5선석	86.1	56.7	21.0	17.3	49.6	B
5	세방신항부두	79.7	14.0	57.2	15.4	32.9	D
6	신항일반부두 1선석	18.1	9.1	38.2	22.8	17.4	E
7	3부두 1선석	26.4	31.8	22.9	25.7	28.2	E
8	1부두 1선석	23.2	15.8	22.4	28.6	21.4	E
9	8부두 2선석	39.2	19.2	26.1	29.2	26.9	E
10	염포부두 2선석	40.0	7.3	31.9	23.6	21.1	E
11	일반부두 7선석	19.6	5.9	33.5	25.7	16.7	F

자료: 저자 작성

〈표 부록-13〉 인천항 일반부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	내항 4부두 40선석	30.0	43.0	73.9	44.7	43.4	C
2	내항 2부두 25선석	14.5	66.9	85.1	110.9	68.5	B
3	내항 2부두 23선석	16.6	39.5	28.0	18.7	27.9	E
4	북항 대한통운부두 1선석	28.3	37.7	26.7	58.5	40.0	C
5	북항 동부부두 2선석	30.9	42.0	24.1	47.0	39.2	C
6	북항 다목적부두(선광부두)	66.7	68.8	28.8	53.1	60.5	B
7	북항 동부부두 3선석	24.6	43.1	30.0	74.1	45.9	B
8	북항 동부부두 1선석	61.4	13.2	38.1	24.9	29.2	D
9	내항 2부두 24선석	34.3	40.0	29.5	45.8	39.3	C
10	북항 쌍용부두(KCTC부두) 1선석	32.8	17.9	23.2	70.6	35.5	D
11	내항 3부두 30선석	67.3	30.9	60.8	41.2	44.4	C
12	북항 동방부두 2선석	27.4	29.0	18.3	70.9	38.6	C
13	북항 목재부두 2선석	17.9	26.4	32.8	46.5	30.4	D
14	북항 대한통운부두 2선석	26.3	51.1	30.4	75.8	50.1	B
15	내항 3부두 33선석	21.5	25.0	33.4	120.0	49.8	B
16	내항 6부두 60선석	48.0	70.9	35.9	81.8	65.4	B
17	내항 2부두 26선석	56.1	7.3	88.0	15.8	27.8	E
18	내항 5부두 50선석	43.8	47.5	15.3	53.7	45.3	B

자료: 저자 작성

〈표 부록-14〉 평택·당진항 일반부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	고대부두 7번선석	85.9	30.0	51.9	20.4	41.9	C
2	동부두 11번선석	33.7	15.1	34.2	39.1	27.2	E
3	고대부두 9번선석	75.3	79.9	29.9	27.0	60.4	B
4	송악부두 12번선석	28.6	36.5	28.2	26.5	31.4	D
5	서부두 5번선석	49.8	21.6	26.9	32.0	31.0	D
6	서부두 6번선석	57.5	84.5	27.3	29.8	58.9	B
7	서부두 7번선석	68.4	27.9	24.2	31.4	37.4	C
8	서부두 4번선석	44.2	26.1	29.5	25.4	30.2	D
9	고대부두 6번선석	36.3	20.5	17.9	48.0	30.9	D
10	고대부두 5번선석	48.9	23.8	17.3	42.9	33.8	D

자료: 저자 작성

〈표 부록-15〉 포항항 일반부두 항만서비스 지수값

구분	터미널	BMPH	TS	TAT	WR	종합지수	등급 분류
1	8부두 86선석B	24.8	10.6	35.5	30.5	21.3	E
2	8부두 86선석A	37.9	25.5	42.7	20.7	28.6	D
3	7부두 76선석A	24.6	27.5	37.3	31.3	28.7	D
4	7부두 75선석A	58.4	35.6	25.0	30.9	38.4	C
5	3부두 31선석A	38.6	38.7	40.0	15.7	32.8	D
6	5부두 51선석B	45.6	28.5	33.8	16.8	29.7	D
7	컨테이너부두 3선석	70.4	46.2	32.0	31.5	46.4	B
8	5부두 52선석A	38.5	42.9	28.8	17.6	34.0	D
9	6부두 64선석	57.0	63.0	31.1	29.7	50.0	B
10	7부두 71선석A	31.5	18.3	46.3	32.4	27.5	E
11	5부두 52선석B	45.7	14.3	40.0	22.4	25.7	E
12	3부두 32선석B	81.2	16.9	37.1	32.9	37.2	C
13	5부두 51선석A	51.0	55.3	19.6	32.6	45.1	C
14	7부두 76선석B	24.4	10.4	35.2	29.6	20.8	E
15	8부두 84선석A	18.9	12.3	27.1	21.0	17.4	E
16	2부두 24선석	50.6	61.2	30.6	32.2	48.4	B
17	6부두 65선석	19.6	63.9	24.9	34.2	42.7	C
18	8부두 84선석B	24.7	21.4	26.3	22.5	22.9	E
19	2부두 26선석	20.8	9.7	44.3	27.7	20.1	E
20	5부두 54선석B	40.6	17.7	33.6	46.3	31.7	D
21	2부두 23선석	37.9	54.0	20.6	56.3	48.0	B
22	7부두 75선석B	29.7	32.7	34.1	39.0	33.8	D
23	7부두 71선석B	24.2	16.5	25.6	39.4	25.0	E
24	8부두 82선석B	24.1	93.3	18.3	43.6	58.0	B

자료: 저자 작성

기본연구보고서 발간목록

Ⅰ 2022년

01	선박투자 가치평가 및 위험관리 모형 연구	박성화
02	항만 컨테이너 반출입 예약시스템 가격결정 모형 연구	서정용
03	연안재해 대응을 위한 그린인프라 구축방안 연구	정지호
04	탄소중립이 해양수산업에 미치는 경제적 영향분석 연구	권장한
05	수산물 안전성 관리체계 개선방안 연구	조현주
06	준해양사고 통보제도 개선방안 연구	박상원
07	MZ세대 소비트렌드를 반영한 해양관광 추진방안 연구	최일선
08	연근해 어종별 어획쿼터제도 도입방안 연구	심성현
09	행위자기반 해양공간계획 시뮬레이션 개발 연구	조성진
10	항만분야 탄소중립 관리체계 개선방안 연구	안승현
11	탄소중립 시대 양식산업 대응전략 연구 - 육상 어류양식을 중심으로 -	마창모
12	수산식품산업의 탄소중립 대응방안 연구 - 가공업을 중심으로 -	김지연
13	해양환경보전정책 도입방안 연구	박수진
14	포스트 코로나 시대의 컨테이너 해운산업 대응방안 연구 - 디지털 플랫폼을 중심으로 -	최건우
15	항만분야 공공갈등 관리방안 연구	김세원
16	글로벌 가치사슬 변화와 국제물류 분야 대응방안 연구 - 전기자동차 산업을 중심으로 -	권보배
17	항만개발제도 개선방안 연구	이수영
18	클러스터 혁신을 통한 선박관리업 발전방안 연구	허성례
19	수입수산물 예방적 관리체계 도입방안 연구 - IUU 수산물을 중심으로 -	안지은
20	양식수산물 유통 빅데이터 구축방안 연구	이기영
21	글로벌 혁신성장을 위한 신남방·신북방 정책 연구 - 신남방 지역 ICT산업 가치사슬 변화에 따른 물류 공급사슬 대응방안	최나영환

2021년

01	시민참여형 해안돌봄 정책 도입방안 연구	정치호
02	해양 플라스틱 쓰레기가 선박 운항에 미치는 영향분석 연구	김보람
03	여성어업인 노동정책 방향 연구	홍혜수
04	순환경제 시스템을 활용한 어업폐기물의 자원화 방안 연구	고동훈
05	1conomy 시대, HMR 시장 확대에 따른 수산부문 대응전략 수립 연구	마창모
06	AIS 데이터 기반 해상교통 안전 평가모델 개발 연구	황선일
07	항만 에너지 관리시스템 도입을 위한 로드맵 구축 연구 - 부산항 신항 전기에너지 소비를 중심으로 -	김근섭
08	해양분야 리빙랩 활성화 방안 연구	좌미라
09	빅데이터의 연계·활용을 통한 선박의 배출량 산정체계 고도화 방안 연구	안용성
10	해양공간계획 집행체계 고도화 방안 연구	최희정
11	수산물품질업 푸드테크 환경분석 및 적용전략 연구	이상건
12	AIS데이터기반 해상물동량 추정 연구	황수진
13	항만부문 정책의사결정 지원 빅데이터 플랫폼 구축 방안 연구	이기열
14	항만 컨테이너 물류 프로세스 디지털화 모형 연구	서정용
15	해양수산 분야 국제산업연관표 구축기반 연구	정수빈
16	해양수산 과학기술 정책평가모형 연구 - 해양수산 R&D를 중심으로 -	전형모
17	글로벌 경제위기와 해운산업 대응체계 연구	박성화
18	항만산업 경기진단체계 구축 연구 - 경기동행지수 개발을 중심으로 -	김성아
19	전국 무역항 부두 분류 체계 개선방안 연구	이수영
20	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 新해사산업의 육성 및 지원을 위한 법제화 연구(5차년도) -	박한선
21	수소에너지 거점 구축을 위한 항만의 대응방안 연구	신수용

수시연구보고서 발간목록

Ⅰ 2022년

01	항만의 탄소중립 이행·관리 표준안 연구	안용성
02	매립지 소유권 분리 제도화의 이해관계 분석과 관리방안	윤성순
03	글로벌 공급망 리스크별 영향분석 및 대응방안 연구 - 에너지·곡물을 중심으로	조지성
04	대북제재 강화와 코로나 팬데믹 이후 북한 해양수산 이슈와 대응 방안	윤인주
05	남극환경보호의정서 제6부속서의 국내 이행을 위한 법제 정비방안 연구	박예나
06	해양바이오산업 활성화를 위한 해양수산생명자원 법령 정비 방안 연구	좌미라
07	우리나라 수산종자 관리체계 개선방안 연구	조현주
08	2050 신해양강국 미래비전 수립 연구	김민수

Ⅰ 2021년

01	해양환경산업 육성 방안 연구	한기원
02	선원의 인권 및 근로여건 향상을 위한 선원근로감독관 제도 개선 방안 연구	허성례
03	포스트 코로나 시대를 대비하는 지역 해양축제 활성화 연구	최일선
04	회복탄력성 개념을 적용한 항만 위기관리 시스템 구축 연구	김성기
05	중대재해처벌법 시행에 따른 항만에서의 대응방안 연구	최상균
06	크루즈산업 COVID-19 방역체계 구축방안 연구	황진희
07	한국형 선주사의 최적 운영방안 연구	고병욱
08	여촌형 생활서비스 전달체계 개선 연구	이호림
09	원양산업의 ESG 도입 기초 연구	윤미경
10	수상레저활동 관리체계 개선방안 연구	홍장원
11	연안지역 자연성 회복을 위한 정책 방향_간척지·담수호 중심으로	정지호
12	스마트항만 구축에 따른 탄소저감 효과 연구 - 동력전환을 중심으로 -	김가현

일반연구보고서 발간목록

Ⅰ 2022년

01	건화물선 시장 비용분석을 통한 해운시장 위험관리지표체계 구축	류희영
02	해상운임 예측모형 고도화 연구(Ⅰ)	황수진
03	IMO 시장기반조치 도입이 국내 해운기업에 미치는 영향	김한나
04	연안지역발전지수(CoDI) 개발 연구	황재희
05	CGE 기반 국제통상환경 변화의 해양수산업 부문 파급효과 분석	임병호
06	글로벌 수산업 이머징 이슈 분석 모델 개발 연구	한기욱
07	양식 수산물 중장기 수급전망모형 구축 연구 - 굴을 중심으로 -	김철현
08	Network DEA를 이용한 물류기업 경쟁력 비교 분석 연구	황선일
09	해양수산 사업체 성과 및 효율성 분석 연구	김주현
10	베이지안 방법을 이용한 양식 명계 단수 추정방안 연구	천성훈
11	수입수산물과 국산 간의 대체관계 분석 연구 - 활·신선냉장품을 중심으로 -	박혜진
12	국내 컨테이너 해운기업의 디지털 전환 활성화 방안 연구	전서연
13	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅰ) - 자동차, 석탄, 고철, 시멘트를 중심으로 -	최석우
14	동중국해 해양경계획정 방안 기초 연구	박영길
15	해양수산 분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구(Ⅱ)	김찬호
16	항만개발사업의 정책효과 적용방안 연구	이종필
17	국가 해양전략 기본구상 연구	정현욱
18	선박대기시간 예측모형 개발을 위한 방법론 연구	조아현
19	안전항만 구축을 위한 비용 산정 및 지원체계 마련을 위한 연구	최상균

Ⅰ 2021년

01	해양수산 정책영향평가를 위한 기초 연구	김주현
02	해양교육의 사회·경제적 가치 평가 연구	이슬기
03	해양수산업 경기진단체계 기초연구 - 해운업을 중심으로 -	권장한
04	선박 기술진보를 고려한 탄소 배출량 추정 연구	최건우
05	서포트벡터머신(SVM) 기법을 활용한 해운시황 예측 연구	김병주
06	크루즈 여객 수요 전망 모형 구축 연구	안승현
07	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅲ)	서정용
08	수출용 전복의 유통경로 분석 연구	이정필
09	인공지능기반 해상운임 예측 연구(3차년도)	황수진
10	인공신경망모형을 이용한 양식수산물 단위 전망에 관한 연구 - 김 양식을 중심으로 -	천성훈
11	해양수산분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구	박광서

기본연구 2022-17

항만개발제도 개선방안 연구

인 쇄 2022년 12월 29일

발 행 2022년 12월 31일

발 행 인 김 종 덕

발 행 처 한국해양수산개발원

주 소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연 락 처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등 록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 캡스앤디 컴퍼니 (051-911-9890)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337

정가 15,000원