

물동량 연동 항만개발제도 개선방안 연구*

이수영** · 이나영***

A Study on Improvement of throughput-linked Port Development (Trigger Rule) System

LEE, Su-Young · LEE, Na-Young

Abstract

Korea's port development adjusts the completion time and size of port facilities according to the future port throughput. The current port development system, which is referred to as "throughput-linked port development (Trigger Rule)", has received positive evaluation for efficiently executing the limited port development budget.

Recently 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.

The purpose of this paper 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.

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.

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 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.

This paper contributes to draw the improvement measures for port development system that are able to connect the quantitative indicator of throughput, as well as a qualitative indicator of the level of "service".

Key words : Trigger Rule, Port Service Index, Multi-criteria decision making, AHP, Entropy

▷ 논문접수: 2023. 09. 09. ▷ 심사완료: 2023. 09. 24. ▷ 게재확정: 2023. 09. 30.

* 이 논문은 한국해양수산개발원 『항만개발제도 개선방안 연구(2022)』의 내용을 수정 작성한 것으로 필자의 의견을 밝혀둠

** 한국해양수산개발원 항만연구본부 전문연구원, 제1저자, sygen@kmi.re.kr

*** 한국해양수산개발원 항만연구본부 전문연구원, 제2저자, lny0326@kmi.re.kr

I. 서론

지정학적 위치상 한국의 항만은 국가 경제와 산업에 매우 중추적인 역할을 하고 있다. 수출입 화물의 99.8%(중량기준)가 항만을 통해 교역되고 있는 우리나라 무역의 주요 관문 역할을 하는 무역항은 전국에 30개로 연간 1조 5천억 원이 무역항 개발에 투입된다.

이와 같이 대규모 예산이 소요되는 항만시설을 효율적으로 적기에 공급하기 위해 우리나라는 물동량 연동 항만개발제도(트리거룰, Trigger Rule)를 통해 항만시설을 공급하고 있다. 트리거룰은 항만물동량 예측치 변화에 따라 항만시설의 공급 시기와 규모를 조절하는 제도로 항만시설의 공급 시기는 트리거포인트(TP)에 의해 결정된다. 해양수산부에 따르면 우리나라 항만당국은 장래 항만물동량이 추가 1선석 하역능력의 50%가 되는 시점을 항만 공급 시기로 본다(TP=0.5).

신규항만시설 공급 결정에만 활용되던 트리거룰의 적용 범위가 점차 항만재개발, 부두 기능변경으로까지 확대되었다. 2035년에는 우리나라 항만시설 90%의 연한이 30년 이상이며 이 중 52.8%의 항만시설 연한은 40년 이상이 될 전망이다. 이와 같은 항만시설 노후화로 항만 서비스 수준이 저하되어 물동량 실적이 낮아진 항만들은 현행 항만개발제도 아래에서 시설 개선에 필요한 예산 또는 항만시설을 공급받기 어렵다.

항만시설의 양적 규모만큼 항만시설의 서비스 수준도 항만경쟁력을 좌우하는 중요한 요인이다. 그러나 현재 한국의 항만개발제도에는 항만시설의 서비스 수준을 반영하여 신규 항만시설을 투입하거나 재개발을 결정할 수 있는 기준이 없다. 이에 본 논문의 목적은 현행 물동량 연동 항만 개발이 항만서비스 수준과도 연동될 수 있도록 서비스 수준 측정 지표와 지수를 개발하고 그 활용방안을 제시하는 것이다.

이에 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 첫째, 항만

서비스 지수 개발에 필요한 네 가지 지표를 선정하고 네 가지 지표 간 가중치를 측정한 방법론을 소개한다. 다음으로 본 논문에서 개발한 PSI(항만서비스 지수)를 통해 한국의 주요 컨테이너터미널과 벌크터미널의 서비스 수준을 측정한 결과를 제시한다. 세 번째로 한국의 컨테이너·벌크터미널의 서비스 수준을 6단계로 등급화 결과를 바탕으로 주요 항만의 서비스 수준을 진단한다. 마지막으로 결론에서는 본 논문에서 개발한 PSI의 활용방안과 함께 기여도를 기술한다.

II. 관련 연구

처음으로 항만 서비스 수준 측정지표 개발을 제안한 연구는 UNCTAD(1976)로 크게 재정지표와 운영지표로 구분하여 평가지표 개발을 제안하였다. UNCTAD(1976)는 재정지표로 순이익, 인건비, 설비투자액 등을 제시하였으며, 운영 부문 지표로서 항만의 선박 입출항 척수, 대기 시간, 항만 재항시간과 선박당 처리실적, 선박 접안 시간당 처리실적, 선석 접안 시간당 노동시간 비율 등을 제안하였다. A Rom Kim(2016)은 항만서비스 수준 평가지표 중 재정지표로 총수익, 총비용, 자산, 자본, 당기순이익 등을 활용한 반면 Peter W. De Langen et al.(2007)은 항공, 산업단지의 서비스 수준 평가시 활용된 제조업 투자금액, 임금수준 등을 항만 산업서비스 평가지표로 제시하였다. 그러나 항만 운영과 관련된 재정정보의 공개가 한정적이어서 이후 항만서비스 수준을 재정지표로 측정하는 연구는 감소하였다.

항만의 서비스 수준을 측정하는 단일 지표 값으로 가장 많이 사용되는 지표는 물동량, 선박 입출항 척수, 부두 길이, 하역기기 수, 항만 재항시간, 대기 시간 등이 있으며, 그중 물동량을 항만서비스 평가지표로 사용한 대표적 선행연구로는 Osman Metalla et al.(2015), 미국 교통부(2018) 등이 있다. 하지만 다

수의 연구에서 물동량을 단순히 서비스 수준 측정지표로 활용하기보다는 물동량을 안벽길이, 선석 수, 접안시간, 선박 척 수 등 시설이나 시간 투입에 대한 생산성 개념으로 지표를 산정하여 서비스를 평가하였다. 안벽길이당 물동량 처리량을 서비스 측정지표로 사용한 선행연구로는 최형립 외(2006), Beškovnik(2008), Paul E. Kent et al.(2010) 등이 있었으며, 접안 시간당 물동량 처리량 지표를 사용한 선행연구는 최형립 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 수준 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 척 수를 반영한 지표도 있었다. 실제 선박의 서비스 시간 대비 대기 시간의 비율인 대기율을 고려하기도 했다. 대기 지표를 항만서비스 평가 지표로 산정한 연구로는 최용석·하태영(2004), 이기열외 (2015), 김창곤 외(2016), Paul E. Kent et al.(2010), UNCTAD(1976), World Bank(1993), Osman Metalla et al.(2015) 등이 있다.

이외에도 선박의 입출항 척수를 서비스 지표로 설정한 선행연구로는 UNCTAD(1976), Osman Metalla et al.(2015), 미국 교통부(2018) 등이 있었으며, 선박의 재항시간을 지표로 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 1.과 같다.

III. 항만서비스 수준 평가지표 도입

1. 항만 서비스 수준 측정지표 선정

본 논문에서 항만서비스 평가지표를 선정하기 위해 수행한 문헌 연구 분석 결과, 서비스 평가지표를 크게 시설지표, 운영지표, 재정지표, 생산성 지표로 구분할 수 있다. 다양한 서비스 평가지표는 다수의 선행연구에서 지표로 채택된 빈도수와 데이터 측정 가능성 유무 등을 기준으로 분류되었다(표 1 참고).

항만의 서비스 수준을 측정하는 지표는 대표성을 가지면서 동시에 지속해서 집계할 수 있어야 한다. 또한 지표는 측정이 목적이기 때문에 측정의 용이성과 비용 등 경제성도 고려해야 한다. 표 1에 따르면 운영지표 중 선박 재항시간과 대기지표가 가장 다수의 연구에서 항만의 서비스 수준 측정지표로 활용된 것을 확인할 수 있다. 또한 선박이 선석에 접안 하는 시간 동안 처리한 물동량을 의미하는 선석 생산성과 선박 1척당 평균 화물 처리량을 의미하는 선박 생산성이 가장 다수의 연구에서 지표로 활용되었으며 컨테이너와 벌크 부두에서 모두 측정 가능하여 본 논의 항만서비스 수준 측정지표로 최종 선정하였다. 본 논문에서는 최종

선정한 항만서비스 수준 평가지표는 선박 대기율, 선석 생산성, 선박 재항시간 선박 생산성 으로 요약할 수 있다.

표 1. 항만서비스 수준 측정지표 선정 결과

구분	평가지표	선행연구 저자	빈도	측정 가능성 (데이터 유무)		최종 선정
				컨	별크	
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
	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
운영 지표	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	○	○	○
	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	○	○	○
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
	처리실적/안벽길이	최형림 외(2006), Beškovnik(2008), Paul E. Kent et al.(2010)	3	△	○	X
	처리실적/야드(터미널)면 적	최형림 외(2006), Beškovnik(2008)	2	○	○	X
	처리실적/선석수	최형림 외(2006)	1	○	○	X
생산성 지표	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

2. 항만 서비스 수준 측정지표 가중치 산정

지수 도출에 필요한 각 지표의 가중치는 두 가지 다 기준 의사결정 분석 방법을 통해 산정하였다.

첫 번째 방법론인 AHP는 1972년 Satty에 의해 도입된 다기준 의사결정 기법으로 각 속성의 중요도를 파악하는 기법이다(안지영 외). AHP는 평가 기준이 다수인 의사결정에서 중요도를 정량화하는 기법으로, 평가항목 간 중요도인 가중치 산정을 통해 우선순위를 매긴다(문영식 외). 다수평가자의 답변 필요하지만, 특정인의 영향력에 좌우되지 않는 장점이 있다.

AHP 방법을 통한 가중치 산정은 설문조사 및 전문가의 의견이 반영되어야 한다. 이에 본 논문에서는 항만건설 및 항만서비스 수준 측정과 관련된 업무에 종사하고 있는 해양수산부, 1949년에 Shannon & Weaver 에 의해 도입된 엔트로피 가중치 산정 기법은 설문조사를 통해 평가자들의 의견을 반영하는 AHP 기법과 달리 평가항목의 데이터 정보를 기반으

로 한 객관적 가중치 산정 기법이다(문영식 외). 엔트로피를 이용한 가중치 산정 기법은 평가자의 주관성이 배제되고 객관적인 분석이 가능하다는 특징이다(이상혁 외). 이 밖에 엔트로피 기법의 장점은 지표 간 연관된 정보가 상세한 항만공사, 부두운영사, 물류협회 등 전문가 30명을 대상으로 설문을 하였다.

회수된 22부의 설문 결과를 기반으로 가중치를 산정한 결과는 다음 <표 2>와 같다. 네 가지 항만서비스 수준 측정지표들의 가중치는 선석 생산성(0.338), 선박 생산성(0.258), 선박 재항시간(0.192), 선박 대기율(0.213)로 나타났다. AHP를 통해 산출된 우선순위(가중치)의 검증은 정합도(CR: Consistency Ratio)를 통한 일관성 검증이 있다. 일관성이 완벽할 경우 0 값을 나타내며 일관성이 낮을수록 그 값은 커진다. 정합도가 0.1보다 작은 경우 신뢰할 수 있는 결과로 판정하는데, 본 논문에서는 일관성 값이 0.1 이하로 나타났다.

표 2. AHP를 활용한 항만 서비스 수준 측정 지표 가중치 결과 값

구분	측정지표	가중치	일관성 지수 (CR)
항만서비스	선석 생산성	0.338	0.00058
	선박 생산성	0.258	
	선박 재항시간	0.192	
	선박 대기율	0.213	
합계		1.000	

수학적 계산 과정을 통해 가중치가 도출되기 때문에 정보량이 많을 때 적합하다. 또 다른 엔트로피 가중치 산정 기법의 장점은 다른 가중치 산정 방법과 결합하여 사용할 수 있다는 점이다. 특히 전문가 설문조사 기반의 가중치 산정법인 AHP나 델파이기법을 통해 산정한 가중치와 결합해서 사용할 수 있다(이상혁 외).

엔트로피 가중치 산정 방법은 4단계로 우선 가중치 산정을 위해 평가항목의 값으로 대표 행렬을 구성한다. 이후 구성된 행렬의 속성정보를 추출하여 정규화를 수행한다. 세 번째 단계에서 정규화된 자료를 이용하여 엔트로피를 산정하고 마지막으로 각 평가항목에 대한 가중치를 구하기 위해 항목의 다양성을 나타내는 d_i 척도를 산정한다. 도출된 d_i 값을 통해

최종적으로 가중치 w_i 를 산정한다. 엔트로피 가중치는 평가항목 데이터의 속성정보를 기반으로 가중치를 결정한다. 본 연구에서는 네 개 항목(선석 생산성, 선박 생산성, 선박 재항시간, 선박 대기율)

3. 가중치 결합

두 방법론으로 도출된 가중치 값이 상이하고 각각의 방법론이 상반된 특성(정성적, 정량적)이 있으므로 한 가지 방법론을 통해 도출된 가중치를 선택하기보다는 두 가중치를 종합하는 것이 더 타당하고 판단했다. 이에 가중치를 결합과 관련된 문헌들을 조사한 결과 가중치 결합이 현실 반영도가 높아 평가 결과가 상대적으로 더 정확하다는 것을 확인할 수

있었다. (Shen & Liao).

이에 본 논문에서는 AHP와 엔트로피 가중치를 [식 1]에 따라 결합하였다

에 대한 데이터를 사용하였는데 컨테이너 부문에서는 국내 아홉 개 컨테이너부두가 포함된 글로벌 상위 100대 항만의 데이터를 최종 분석 활용하였다. 또한 벌크부두의 서비스 수준 측정지표 간 가중치를 산정하기 위해서는 국내 약 100여 개 벌크부두의 데이터를 활용하였다.

엔트로피 방법론에 따라 산정된 각 지표의 가중치 결과는 표 3과 같다. 본 논문에서는 컨테이너터미널과 벌크터미널로 구분하여 각 지표의 가중치 값을 산정하였다.

표 3. 엔트로피 방법론을 활용한 항만 서비스 수준 측정지표 가중치 결과 값

구분	선석 생산성	선박 생산성	선박 재항시간	선박 대기율
컨테이너터미널	0.218	0.4398	0.041	0.301
벌크터미널	0.225	0.409	0.144	0.222

$$w_i = \alpha w'_i + (1 - \alpha)w''_i \quad [식 1]$$

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. AHP와 엔트로피 방법론을 통해 산정된 가중치를 종합한 컨테이너터미널 항만서비스 수준 측정지표별 가중치는 다음 표 4와 같다.

표 4. 항만서비스 측정지표 가중치 비교(컨테이너부두)

구분	선석 생산성	선박 생산성	선박재항 시간	선박 대기율
AHP	0.338	0.258	0.192	0.213
엔트로피	0.218	0.440	0.041	0.301
종합 가중치	0.278	0.349	0.117	0.257

벌크터미널의 종합 가중치는 선석 생산성(28.2%), 선박 생산성(33.4%), 선박 재항시간(16.8%), 선박 대기율(21.8%)로 나타났다(표 5 참조).

표 5. 항만서비스 측정지표 가중치 비교(벌크부두)

구분	선석 생산성	선박 생산성	선박재항 시간	선박 대기율
AHP	0.338	0.258	0.192	0.213
엔트로피	0.225	0.409	0.144	0.222
종합 가중치	0.282	0.334	0.168	0.218

IV. 항만서비스 지수 도출 및 평가

1. 항만서비스 지수 개발

네 가지 지표별 종합 가중치를 반영하여 본 논문에서 도출한 컨테이너터미널 항만서비스 지수(PSI, Port Service Index) 산식은 [식2]와 같다

$$P_{ij} = 0.278 \times BMPH_{ij} + 0.349 \times TS_{ij} + 0.117 \times TAT_{ij} + 0.257 \times WR_{ij} \quad [식2]$$

P_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박대기율

$BMPH_{ij}$: i항만(터미널)의 j년도 선박대기율

TS_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박대기율

TAT_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박재항시간

WR_{ij} : i항만(터미널)의 j년도 선박대기율

본 논문에서 도출한 벌크부두 항만서비스 수준 측정지표별 종합 가중치는 선석 생산성 28.2%, 선박 생산성 33.4%, 선박 재항시간 16.8%, 선박 대기율 21.8%로 이를 반영한 벌크부두의 항만서비스 지수(PSI) 산식은 [식 3]과 같다.

$$P_{ij} = 0.282 \times BMPH_{ij} + 0.334 \times TS_{ij} + 0.168 \times TAT_{ij} + 0.218 \times WR_{ij} \quad [식3]$$

2. 항만서비스 수준 측정

글로벌 컨테이너 서비스 수준을 본 연구에서 개발한 PSI를 통해 측정된 결과는 아래 표 6.과 같다. 2021년 부산항의 PSI 값은 49.2를 기록하였으며 가장 높은 항만서비스 지수 값을 기록한 글로벌 항만은 텐진항(64.7)인 것으로 확인되었다.

표 6. 상위 10위 글로벌 컨테이너 항만서비스 지수(PSI) 추이

구분	2019	2020	2021	
1	상하이항	55.8	54.1	54.0
2	싱가포르항	53.9	54.3	54.1
3	닝보항	59.0	58.1	61.9
4	옌톈항	60.7	54.6	56.3
5	광저우항	60.3	54.1	44.1
6	칭다오항	53.2	68.1	64.4
7	부산항	54.0	53.2	49.2
8	텐진항	64.9	63.9	64.7
9	홍콩항	50.6	51.9	51.6
10	로테르담항	47.5	47.6	46.3

자료 : IHS Markit 자료를 바탕으로 저자작성

본 논문에서는 글로벌 100대 컨테이너 항만의 PSI 값을 측정된 후 지표 값을 6단계로 범주화하였다. 이를 위해 먼저 자료의 분포 및 특성을 쉽게 파악할 수 있는 상자그림(Box Plot)을 살펴봤다. 글로벌 100대 컨테이너 항만의 서비스 지수 중위수 값은 47.3으로 나타났으며, 사분위간 범위 상자가 왼쪽으로 치우쳐 있지 않아 데이터가 고르게 분포하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

표 7. 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

선사들은 효율성 증대를 위해 항만의 서비스 수준에 따라 기항지를 선택하고 있다. 이에 항만서비스 지수(PSI) 값을 기준으로 글로벌 100대 항만의 상대적 서비스 수준으로 평가한 것은 향후 국내 컨테이너 항만의 서비스 수준 목표를 설정하고 추진하는 기초자료로 활용할 수 있다고 판단된다.

서비스 지수의 최댓값인 56.8 이상인 경우, 서비스

수준 B는 상위 25% 수준인 39.7 이상이면서 최댓값인 56.8 미만인 경우, 마지막으로 PSI 값이 최소값 17.5 미만이면 서비스 수준 F로 구분했다. 이에 표 7. 항만서비스 지수 6단계 등급화에 따르면 부산항 서비스 수준은 B를 기록하였으며 중국 닝보항, 칭다오항, 톈진항 등은 서비스 지수 A를 기록한 것을 확인할 수 있다.



그림 1. 국내 벌크(일반)부두 항만서비스 지수(PSI) 추이

대표적인 벌크 부두 잡화, 목재, 철재, 고철부두의 항만서비스 지수를 측정된 결과, (그림 1.) 전국에서 광양항이 벌크부두 항만서비스가 가장 높은 것으로 나타났다. 벌크부두의 항만서비스 지수 추이를 살펴보면 2021년 전국 벌크부두의 항만서비스 지수는 전년 대비 2.0%(-0.8p) 감소한 37.4를 기록했다.

주요 항만별 추이를 살펴보면 전년 대비 항만서비스 지수가 증가한 항만은 여섯 개, 감소한 항만은 다섯 개로 나타났다. 대산항의 서비스 지수 증가율은 2020년 대비 36.0%(+10.4p) 로 가장 큰 증가세를 나타낸 반면, 울산항은 22.5%(-9.2p)로

V. 물동량 연동 항만개발제도 개선(안)

현행 물동량 연동 항만개발제도(Trigger Rule)에서는 초과 물동량을 신규 부두 1선석 하역능력으로 나눈 결과가 0.5(TP)를 초과하는 연도를 신규 항만시설 운영 필요시기로 정하고 있다. 그러나

큰 폭의 감소를 기록했다. 벌크부두 항만서비스 수준을 총 6단계로 등급화한 결과는 아래 표 8.과 같다. 우리나라 벌크부두의 서비스 지수 등급화에 따르면 광양항 벌크부두의 서비스 수준은 B, 부산항은 D 임을 확인할 수 있다.



그림 2. 물동량 연동 항만개발제도 개선(안)

최근 항만경쟁력은 인프라 규모뿐 아니라 서비스 수준에 의해서도 크게 좌우되는 만큼 물동량 외에 항만의 품질을 평가할 수 있는 질적 지표가 필요하

다. 즉 ‘물동량’뿐만 아니라 ‘서비스 수준’도 항만시설의 필요시기 결정 지표로 포함되어야 한다.

표 8. 벌크 부두 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

이에 최종 장래 물동량과 하역능력을 대비한 결과 Trigger Point(TP)가 0.5를 초과하지는 않지만 항만 서비스 지수(PSI) 분류 값이 D, E, F인 경우 항만수요검토위원회를 통해 재심을 시행하여 운영 필요 시기를 별도로 심사할 수 있어야 한다고 판단된다. 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.

VI. 결 론

기존 항만개발제도는 정형화된 양적 기준(TP=0.5)의 일률적인 적용으로 항만의 경쟁력과 서비스 수준을 담보 또는 저하시켰다는 엇갈린 평가가 존재한다. 이에 본 논문에서는 물동량과만 연동된 항만개발제도가 항만 서비스 수준과도 연동될 수 있도록 항만 서비스 수준을 측정할 수 있는 지수(PSI)를 개발하였다. 다수의 선행연구 분석 결과를 바탕으로 항만서비스 지수를 구성할 네 가지 지표로 선박 대기율, 선석 생산성, 선박 재항시간, 선박 생산성을 선정하였다. 지표 간 가중치는 AHP와 엔트로피 방법론을 활용해 도출한 후 이를 결합하여 종합 가중치를 산정하였다. 지표별 종합 가중치 값을 활용하여 항만서비스 지수(PSI)의 산식을 도출한 후 이를 바탕으로 국내 컨테이너와 벌크 부두의 서비스 수준을 평가하고 이 측정 결과를 여섯 가지로 범주화 하여 각 등급(A~F)의 서비스 수준을 정의하였다. 본 논문은 항만서비스 측정 지표 선정에 그치지 않고 항만서비스 지수(PSI)를 개발하여 컨테이너와 벌크 터미널의 서비스 수준을 실제로 측정하고 6개 그룹으로(A~F) 서비스 수준을 분류한 최초의 연구라는 점에서 학문적 의의가 있다고 판단된다. 또한 대부분의 연구에서는 지표 간 가중치 산정시 한 가지 다기준 의사 결정법을 활용하는데 본 연구에서는 두 가지 방법론을 통해 산정된 가중치 값을 결합한 종합 가중치를 활용하였다. 지수는

복잡한 현상을 이해하고 정책 개입의 우선순위를 결정하는 데 유용하게 활용되기 때문에 앞으로도 PSI는 실제 정책에 활용될 가능성이 크다고 판단된다. 특히 본 연구에서 제시한 컨테이너와 벌크부두의 6가지 서비스 수준 분류는 향후 낮은 등급의 부두 시설 개선에 우선적으로 예산을 투입할 수 있는, 한국의 항만시설 공급의 질적 기준으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

김창곤 (2000), 컨테이너 터미널의 서비스 수준 평가지표에 대한 고찰, 해양정책연구, 39-57

문영식 외(2021), 계층화분석 및 엔트로피 가중치 산정 방법에 따른 농업가뭄재해 취약성 평가, 한국농공학회 논문집, 63(3), 한국농공학회, pp. 13-26.

이기열외 (2015), 국내 항만의 서비스 지표 개발을 위한 항만대기율 산정, 한국경영과학회 학술대회논문집, 한국경영과학회, 111-115.

이상혁 외(2015), 엔트로피 가중치를 활용한 대기오염 취약성 평가, 한국지역지리학회지, 제 21집 4호, 751-763.

최용석·하태영(2004), 컨테이너터미널의 결합생산성 분석을 위한 시뮬레이션 연구, 한국시뮬레이션학회 춘계학술대회 논문집, 한국시뮬레이션학회, 63-68.

최형립 외(2006), DEA 기법을 활용한 컨테이너터미널 생산성 측정에 관한 연구, 한국산업정보학회논문지, 제 11집 제 1호, 49-57.

해양수산부(2006a) 경제정책조정회의 안건(보고안건)

해양수산부(2006), 국내주요항만에 대한 트리거를 적용검토

A Rom Kim et al.(2016), A Study on Competitiveness Analysis of Ports in Korea and China by Entropy Weight TOPSIS.

Beškovnik, Bojan(2008), Measuring and Increasing the Productivity Model on Maritime Container Terminals.

Kent, Paul E.(2010) Indicators for port concession contracts and regulation: The Colombian Case.

Peter W. De Langen et al.(2007), New Indicators to measure port performance.

Saaty, R. W.(1977), The Analytic Hierarchy Process-What It Is and How It Used, Mathematical Modelling, 9(3), 161-176.

물동량 연동 항만개발제도 개선방안 연구

이수영 · 이나영

국문요약

우리나라의 현행 항만개발제도는 장래 항만물동량을 기준으로 항만시설의 완공 시기와 규모를 조정한다. 물동량 연동 항만개발제도라 불리는 현행 항만개발제도는 효율적으로 한정된 예산을 집행했다는 긍정적인 평가를 받았다. 그러나 최근 국내 항만시설의 노후화가 가속화 되면서 국내 항만시설의 서비스 수준저하에 대한 우려가 커지고 있다. 하지만 현재 우리나라 항만개발제도에는 서비스 수준을 평가하고 개발 결정지표로 활용할 수 있는 기준이 마련되어 있지 않다. 이에 본 논문의 목적은 항만의 서비스 수준을 측정하기 위한 지표를 선택하고 지표 간 가중치를 도출하여 현재의 '물동량 연동 항만개발제도'와 연계될 수 있는 항만서비스 지수(PSI)를 개발하는 것이다. 다양한 선행연구 분석 결과를 바탕으로 선박 대기율, 선석 생산성, 선박 재항 시간, 선박 생산성을 항만 서비스 지수를 구성하는 4가지 지표로 선정하였다.

AHP 및 엔트로피 방법론을 통해 도출된 네 개 지표의 가중치를 종합하여 적용하였으며 항만서비스 지수(PSI) 산식을 도출하고, 이를 바탕으로 국내 컨테이너 및 벌크터미널의 서비스 수준을 평가하였다. 다음으로 본 논문에서는 측정 결과를 6개 등급으로 범주화 하여 각 등급의 서비스 수준을 정의하였다.

마지막으로 물동량이라는 정량적 지표와 "서비스" 수준이라는 정성적 지표를 연계시킬 수 있는 항만 개발제도의 개선 방안을 도출하여 제시하였다.

주제어 : 트리거물, 항만서비스 지수, 다기준 의사결정법, AHP `엔트로피 방법론