

## DEA결합모형을 활용한 아세안(ASEAN)지역 항만의 효율성 분석

박선율\* · 김상열\*\* · 박호\*\*\*

### Efficiency Analysis of ASEAN Ports Using DEA & Shannon' s Entropy

Park, Seonyoul · Kim, Sangyoul · Park, Ho

#### Abstract

The total container throughput of ASEAN is expected to increase continuously with economic development. However, ASEAN port infrastructure is insufficient to handle the increasing trade volume. According to the World Economic Forum, ASEAN ports except Singapore and Malaysia are ranked in low.

Participation in ASEAN port development projects can lead an increase in trade efficiency with S. Korea by improving the port infrastructure of ASEAN countries. In addition, the S. Korean port-related industry can be energized through entering ASEAN port development projects. This study, which measures the efficiency of ASEAN ports, can be used as a basic guideline for the development and the planning of the ports.

This study used Data Envelopment Analysis(DEA) and Shannon' s Entropy model together to measure ASEAN ports' efficiency. After measuring each DEA (CCR, I-BCC, O-BCC, SBM) weight, the efficiency of ASEAN ports is measured as reflecting each DEA weight.

As a result, the ports of Singapore and Malaysia, the major ports in the world, have the highest efficiency. Further, Vietnamese ports need to raise efficiency along with increasing container throughput. Leam Chabang (Thailand), Ho Chi Minh City (Vietnam), and Tanjung Priok (Indonesia) exhibit a negative correlation between container throughput and efficiency; therefore, the ports need to improve so as to maintain competitiveness. Lastly, Cambodia, Myanmar, and Brunei, which do not have active economic development, need to improve their ports for economic development.

*Key words: DEA, Shannon' s Entropy, Port Efficiency, ASEAN ports*

▷ 논문접수: 2017. 11. 15.   ▷ 심사완료: 2017. 12. 12.   ▷ 게재확정: 2017. 12. 27.

\* 부산대학교 국제전문대학원 국제물류 및 항만관리전공 박사과정, 제1저자, psy3844@pusan.ac.kr

\*\* 부산대학교 국제전문대학원 교수, 교신저자, ksy@pusan.ac.kr

\*\*\* 군산대학교 물류학과 교수, 공동저자, hpark0321@kunsan.ac.kr

## I. 서론

아세안(ASEAN)은 2010년부터 2019년까지 연평균 경제성장률 5.5% 달성이 기대되는 지역이다. 경제 발전을 위해 지속적인 투자를 이어가고 있는 아세안(ASEAN)지역은 세계 3위 규모의 인구를 기반으로 세계에서 중요한 시장으로 성장하고 있다.

아세안(ASEAN)은 우리나라에게도 경제적으로 중요한 지역이다. 아세안(ASEAN)은 2016년 기준 우리나라 전체 교역 중에서 13.2% 비중을 차지하며, 23.4%를 차지하는 중국 다음 2위로 성장하였다. 또한, 부산항만공사 통계에 따르면 2016년 기준 부산항에서 처리하는 동남아시아지역 물동량은 전체 10%를 차지하며, 2011년부터 2016년까지 연평균 7.3% 증가하였다고 한다.

하지만 아세안(ASEAN)의 향후 경제성장 전망에도 불구하고 세계경제포럼(World Economic Forum)에서 발표하는 경쟁력 평가보고서에 따르면 증가하는 물동량 대비 아세안(ASEAN) 항만인프라는 싱가포르와 말레이시아를 제외하고는 평균 91위로 아직까지 낮은 수준에 있는 것으로 분석되었다.

정찬영 외(2009)의 연구에서는 우리나라 기업과 정부가 아세안(ASEAN) 항만개발시장에 투자하였을 경우에 우리나라 기업의 신흥시장 진출에 긍정적인 결과를 만들 수 있으며, 더 나아가서는 아세안(ASEAN) 국가의 국제물류효율화에 따라 물류비용 절감으로 우리나라와의 교역확대를 기대할 수 있다고 하였다.

따라서 아세안(ASEAN)항만에 대한 연구는 아세안(ASEAN)지역 항만개발에 따른 무역 증진으로 양 국가의 경제 활성화와 아세안(ASEAN) 항만개발사업 진출에 따른 관련 산업 활성화 등 두 가지 측면에서 필요성을 가진다.

본 연구에서는 아세안(ASEAN) 9개 국가의 17개 항만의 효율성을 측정하였다. 항만효율성 측정은 타 항만 대비 현재 항만의 운영 상황을 비교하여

개선점을 도출하고, 장래 항만개발계획수립 시에 기초자료로 활용 가능하다.

항만효율성 측정을 위한 선행연구에서는 주로 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, 이하 DEA)를 활용하였다. 하지만 DEA는 다수의 선행연구에서 다양한 모형이 개발되었지만, 어떤 모형이 가장 효율성을 정확하게 측정하는지는 판단할 수 없는 한계점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 네 개의 DEA모형으로 항만의 효율성을 측정하고, 효율성별 측정값에 Shannon's Entropy로 가중치를 구하여 네 개 모형의 결과를 가중치에 따라 종합하여 항만효율성을 측정하는 DEA결합모형으로 항만의 효율성을 측정하고자 한다.

## II. 아세안(ASEAN) 항만개발 현황

### 1. 아세안(ASEAN)항만 컨테이너 처리량

아세안(ASEAN)은 동남아시아에 위치한 10개 국가(인도네시아, 태국, 말레이시아, 싱가포르, 필리핀, 베트남, 미얀마, 캄보디아, 브루나이, 라오스)를 지칭한다. 인구는 2016년 기준 약 6억 5천만 명으로 세계 3위의 규모이며, GDP규모는 약 2조 3천억 달러이다.

아세안(ASEAN)의 10개 국가는 2015년 12월 31일 아세안경제공동체(ASEAN Economic Community)를 출범하여, 아세안(ASEAN)의 경제통합과 균형 발전을 목표로 하는 거대 경제권이 되었다. 전문가들은 아세안경제공동체를 바탕으로 아세안(ASEAN)이 지속적으로 경제발전을 이루어 갈 것으로 전망하고 있다.

아세안(ASEAN) 항만의 컨테이너 처리량은 경제 발전에 따라 2007년부터 2014년까지 연평균 5.25%로 계속 상승하고 있는 추세이다. 아세안(ASEAN) 국가 중에서 베트남이 13.15%로 컨테이너 처리량

표 1. 아세안(ASEAN) 국가별 총 컨테이너 처리량

(단위: 만TEU)

국가	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	연평균 증감율 (%)
싱가포르	2,880	3,090	2,660	2,920	3,070	3,250	3,350	3,480	<b>2.74</b>
말레이시아	1,480	1,610	1,590	1,830	2,010	2,090	2,120	2,270	<b>6.3</b>
인도네시아	660	740	730	850	900	960	1,130	1,190	<b>8.79</b>
태국	630	670	590	660	720	750	770	830	<b>4.02</b>
베트남	400	440	490	600	690	750	910	950	<b>13.15</b>
필리핀	440	450	430	490	530	570	590	590	<b>4.28</b>
캄보디아	30	30	20	20	20	30	30	30	-
미얀마	20	20	20	20	20	20	20	20	-
브루나이	10	10	10	10	10	10	10	10	-
ASEAN	6,550	7,060	6,540	7,400	7,970	8,430	8,930	9,370	<b>5.25</b>

출처: ESCAP(www.unescap.org)

연평균 증가율이 가장 높았으며, 다음으로 인도네시아(8.79%), 말레이시아(6.3%)순이다. 반면에 캄보디아, 미얀마, 브루나이의 컨테이너 처리량은 경제활성화의 미비로 변화가 없는 것으로 나타났다.

2009년 우리나라에서 실시한 아세안(ASEAN) 9개국 47개 항만을 대상으로 한 ASEAN해상교통통합로드맵 수립 지원 연구에 따르면, 2014년 9,430만TEU를 기록한 아세안(ASEAN)의 총 컨테이너 처리량은 2020년까지 1억3,150만TEU까지 증가할 것으로 전망하였다. 증가하는 물동량에 따라 2020년까지 1,000TEU급 컨테이너 터미널 57개, 1,000톤급 일반부두 32개가 필요한 것으로 분석되었다. 또한, 아세

안(ASEAN) 중소항만의 시설부족과 저생산성을 개선해야 할 필요성이 있으며, 항만 IT시스템 및 보안시설 구축도 필요한 것으로 분석되었다.<sup>1)</sup>

## 2. 아세안(ASEAN) 항만개발사업

아세안(ASEAN)의 항만은 시장규모에 따라 월드클래스 환적항만(싱가포르의 싱가포르, 말레이시아의 포트클랑, 탄중펠라파스항), 월드클래스 항만(태국의 람차방·방콕항, 인도네시아의 탄중 프리옥·탄중 페락항, 베트남의 호치민·하이퐁항, 필리핀의 마닐라항), 글로벌항(말레이시아의 조오르·페낭항, 인도네시아의 벨라완항 등), 지역항만(필리핀의 세부항,

표 2. 아세안(ASEAN) 컨테이너 화물 전망

(단위: 천TEU)

국가	싱가포르	말레이시아	인도네시아	태국	베트남	필리핀	캄보디아	미얀마	브루나이	계
2020	45,779	35,619	18,542	12,366	11,399	6,166	700	836	157	131,503

자료: 국토교통부

출처: 김승섭, ASEAN 항만인프라 개선방안 설명회, 해양한국, 2010

1) 김승섭, ASEAN 항만인프라 개선방안 설명회, 해양한국, 2010

표 3. 아세안(ASEAN) 항만인프라 평가

국가	싱가포르	말레이시아	인도네시아	태국	베트남	필리핀	캄보디아	미얀마	브루나이
점수	6.7	5.6	3.8	4.5	3.9	3.2	3.7	2.6	2.8
순위	2	16	82	52	76	103	83	123	117

출처: World Economic Forum, Global Competitiveness Report 2015-2016

주) 점수: 7점 척도/ 순위: 140개 국가 중 순위

인도네시아의 탄중 에마스항), 아세안 역내 항만(필리핀의 일로이로항, 브루나이의 무아라항 등)으로 구분할 수 있다.<sup>2)</sup>

세계경제포럼(World Economic Forum)이 발표하는 Global Competitiveness Report의 아세안(ASEAN)국가 항만인프라 경쟁력 평가결과(표3)에서 민간투자가 활발한 월드클래스 환적항만을 보유하고 있는 싱가포르와 말레이시아는 높은 점수와 순위로 평가되었다. 반면에, 인도네시아와 베트남 등은 컨테이너 증가율이 높은 것에 대비하여 항만인프라 순위가 70위 밖으로 낮은 편이었다. 그 외에 아세안(ASEAN) 국가들의 항만인프라는 매우 낮은 순위로 아시아개발은행 및 주변 국가들의 투자협력을 통한 항만개발이 여전히 필요한 상황으로 평가된다.

아세안(ASEAN)은 2016년 기준으로 우리나라와 중국 다음으로 교역량이 가장 많은 국가이며, 우리나라에서 2번째로 가장 많은 투자를 하는 지역이다. 우리나라 대표 항만인 부산항에서 세계 지역별 컨테이너 물동량을 살펴봐도 2016년 처리 물동량 중에서 동남아시아 지역이 전체의 10%를 차지하며, 2011년부터 2016년까지 연평균 증감율은 7.3%로 높은 증가율을 보였다.<sup>3)</sup>

전찬영 외(2009)는 우리나라 기업 및 정부가 아세안(ASEAN) 국제물류 기반시설에 투자하였을 경우에 직접적으로는 우리나라 기업의 신흥시장 진출을 기대할 수 있으며, 궁극적으로는 아세안(ASEAN) 국가의 국제물류효율화로 인한 물류비용 절감과 이

에 따른 무역증진 및 경제성장을 기대할 수 있다고 하였다.

또한, 정찬영 외(2009)가 중력모형을 이용하여 분석한 결과 무역상대국의 물류효율성이 10% 증가할 경우에 쌍무무역량이 4.29% 증가하는 것으로 나타났다. 물류효율성의 개선은 우리나라 무역량 증가 및 최종적으로는 우리나라 국민의 소득증가로 이어진다고 주장하였다.

활발한 아세안(ASEAN) 항만개발협력사업은 국제사회공헌이란 명분과 우리나라 기업의 해외시장 진출, 아세안(ASEAN) 경제발전에 따른 무역활성화 등의 여러 이점이 있다. 때문에 아세안(ASEAN)항만 중에서 우리나라 정부 및 기업이 네트워크 연결 및 항만인프라 개발 등에 진출하기 적합한 항만을 선별하고, 해당 항만에 대한 기초자료를 제공하기 위한 항만효율성 측정 연구의 필요성이 존재한다.

### III. 선행연구

항만의 생산성을 측정하는 것은 항만의 성과평가와 장래계획 수립에 기초가 된다. 생산성은 질적인 성장을 대변하며, 항만의 질적 성장은 단순한 양적 성장보다 장기적이고 안정적인 성장을 결정짓는 중요한 요소이다. 각 항만들은 항만의 생산성이 적절한 수준인지에 대해 경쟁 항만들과 비교분석하여 개선의 노력을 이어가야 한다. 이런 항만의 생산성은 주로 효율성 측면에서 평가되어 왔다.

항만의 효율성을 측정하기 위해 DEA를 활용한 연구가 많이 시행되어 왔다. 컨테이너부두의 처리능력을 평가하기 위해서는 안벽능력, 장치장능력, 게이트능력 등 세 가지 능력을 전부 고려하여 효율

2) 김승섭, ASEAN 항만인프라 개선방안 설명회, 해양한국, 2010

3) 부산항 항만물류정보시스템(BPA-NET)

성을 측정하여야 한다. DEA는 비모수적 효율성 측정방법의 하나로 항만의 안벽, 장치장, 게이트 등의 투입 대비 컨테이너처리량을 평가하여 효율성을 측정할 수 있는 분석방법이다.

DEA를 이용한 항만효율성 분석 선행연구를 (표 4)에서 정리하였다. 주로 선석 수, 선석길이, 총 면적, 수심, C/C장비 수 등 투입요소 대비 총 컨테이너 처리량을 기준으로 항만의 효율성을 측정하였다. 연구범위는 주로 한국을 대표하는 부산항과 세계 주요 항만의 상대적 효율성을 분석하는 연구가 주를 이루었다.

ASEAN(아세안)지역 항만에 대한 연구는 국내에서 많이 진행되고 있지 않았다. 세계 주요항만에 속하는 싱가포르, 말레이시아 등의 일부 항만만이 부산항의 경쟁항만으로 함께 연구되었다. 이는 항만효율성에 대한 분석은 연구자가 속한 국가의 항만 경쟁력을 분석하기 위한 목적이 주를 이루기 때

문으로 보인다.

아세안(ASEAN) 항만효율성에 대한 연구로 서영준(2011)이 아세안(ASEAN) 지역의 9개 국가의 32개 항만을 대상으로 CCR모형과 BCC모형을 이용하여 효율성을 분석한 연구가 있다. 투입변수는 선석 수, 선석길이, 총면적, C/C대수, 산출변수는 총 컨테이너 처리물동량으로 하여 아세안(ASEAN) 컨테이너항만의 효율성을 측정하였다. 동 연구에서는 싱가포르가 가장 항만효율성이 높은 국가로 나타났고, 미얀마, 캄보디아가 상대적으로 낮은 항만효율성을 가지는 것으로 평가되었다.

항만효율성을 분석한 선행연구의 결과를 살펴보면 똑같은 투입요소와 산출요소에도 DEA모형에 따라 효율성 값이 다르게 나타났다. 하지만 DEA는 그 중에서 어떤 모형이 효율성을 가장 정확하게 평가하는지 알 수 없다는 단점을 가지고 있다.

M.Soleimani-damaneh, M. Zarepisheh(2009)는 이

표 4. DEA를 이용한 항만효율성 분석 선행연구

년도	연구자	요소		대상지역 및 항만
		투입요소	산출요소	
2001	Tongzon	선석수, 크레인수, 예인선수, 노동력, 총면적, 지연길이	처리량	오스트레일리아 16개 항만
2005	Cullinane et al.	터미널길이, 터미널면적, C/C장비	총 컨테이너 처리량	세계 25개 항만
2005	송재영, 신창훈	선석길이, 총 면적, C/C 장비, 야드장비, CFS면적, 평균작업시간	총 컨테이너 처리량	세계 53개 항만
2006	Wang, Cullinane	선석길이, 터미널면적, 장비가격	총 컨테이너 처리량	유럽 104개 항만
2007	박노경	집안능력, 하역능력	수출물량, 수입물량, 입출항척수	국내무역항 26개
2009	하명신	선석수, 수심, 부두면적, C/C수	총 컨테이너 처리량	동북아, 미국 35개 항만
2010	박구용	선석수, 수심, 터미널면적, 크레인수, 안벽길이	총 컨테이너 처리량, 기항선사수	동아시아, 유럽, 북미 45개 항만
2011	서영준	선석수, 선석길이, 총면적, C/C대수	총 컨테이너 처리량	ASEAN 32개 항만
2011	방희석 외 2인	선석길이, 수심, 크레인수, 총면적	총 컨테이너 처리량	세계 76개 항만
2015	이탁 외 3인	선석수, 안벽길이, 수심, 부두 총면적, C/C대수	총 컨테이너 처리량	동북아시아 주요 항만

런 DEA모형의 한계점을 인식하고 DEA모형별 결과 값을 토대로 Shannon' s Entropy를 이용하여 가중치를 결정한 뒤에 효율성을 측정하는 결합모형을 제시하였다. 동 결합모형은 개별 DEA모형으로 효율성을 분석한 것보다 조금 더 종합적인 분석을 수행할 수 있다는 장점을 가진다.

박호 외 (2012)는 M. Soleimani-damaneh, M.Zarepisheh(2009)이 제안한 DEA 와 Shannon' s Entropy 결합모형을 국내에서 처음으로 항만효율성 측정에 적용하였다. 동 연구에서는 세계 20대 항만의 효율성을 CCR-I, BCC-I, BCC-O, FDH-I 등 네 개의 모형을 종합하여 분석하였다. 결과적으로 개별 DEA모형의 효율성 값과 DEA결합모형을 이용한 효율성 값에는 순위 차이가 존재하는 것을 확인하였으며, DEA결합모형은 다수의 모형을 고려하여 종합적으로 항만의 효율성을 평가할 수 있다는 결론을 도출하였다.

## IV. 분석모형

### 1. 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)

DEA는 선형계획법을 이용하여 평가대상들의 투입요소와 산출요소를 바탕으로 경험적 효율프론티어를 도출한 후에 각각 평가대상과 효율프론티어 사이의 거리로 효율성을 측정하는 분석기법이다. Charnes et al.(1978)이 제안한 CCR모형이 가장 초기 모형이며, 그 뒤에 Banker et al.(1984)이 규모의 효율성을 제외한 순수 기술 효율성만을 측정하는 BCC모형을 제안하였다.

가장 초기모형인 CCR은 생산요소 증가율과 생산량의 증가율이 같은 규모에 대한 수확불변(Constant Returns to Scale, CRS)을 가정하고 있어 규모의 효율성(SE)과 순수 기술적 효율성(PTE)을 구분하지 않고 측정한다. 그러나 BCC모형은 규모에 대한 수확가변(Variable Returns to Scale, VRS)

을 가정하고 있으며, 조직의 순수 기술적 효율성(PTE)만을 평가하고 있다.

CCR모형과 BCC모형 모두 투입요소에 초점을 두는 투입지향(Input Oriented)모형과 산출요소에 초점을 두는 산출지향(Output Oriented)모형이 있다. 본 연구에서는 CCR, 투입기준 BCC, 산출기준 BCC, 여유분기준모형(SBM) 등 네 개의 모형을 사용하여 효율성을 측정한다.

여유분기준모형(SBM)은 투입 혹은 산출 기준으로 방향성을 결정하지 않고, 투입과 산출의 변화를 동시에 고려하여 효율성을 측정하는 비방향성모형(Non-Oriented model) 중 하나이다. SBM모형에서 효율성의 개선은 투입이 줄어들거나, 산출이 늘어나는 것을 의미한다. 본 모형은 투입이 줄어드는 양인 투입여유분(input slack)과 산출이 늘어난 양인 산출여유분(output slack)의 단위를 무관하게 만든 뒤에 줄어드는 투입량의 평균과 늘어난 산출의 평균을 이용하여 효율성 척도를 계산한다.<sup>4)</sup>

### 2. DEA결합모형

DEA와 Shannon' s Entropy를 결합한 분석연구는 다음과 같은 순서로 수행한다. 가장 먼저 개별 DEA를 이용하여 항만의 효율성 값을 도출한다. 도출한 효율성 값을 토대로 Shannon' s Entropy를 이용하여 가중치를 결정하고, 이 가중치에 개별 DEA의 효율성 값과 곱하여 최종 효율성 값을 구한다. 개별 DEA의 효율성 값에 Shannon' s Entropy를 이용하여 가중치를 구하는 계산과정은 아래와 같다.

먼저, 분석대상인 항만에 대한 개별 DEA모형의 효율성 값을 행렬로 정리한다. 아래의 행렬에서  $D_n$ 은 분석에 사용된 개별 DEA를 나타내고,  $P_m$ 은 분석대상, 본 연구에서는 항만이다. 그리고  $E_{m,n}$ 은 개별 DEA에 의해 분석된 분석대상의 효율성을 나타낸다.

4) 박만희(2008), 효율성과 생산성분석, 한국학술정보.

아래 정리된 행렬에서 네 단계 계산 과정을 거친 후에 개별DEA의 가중치를 구한다. 이 계산과정은 Satty(1980)에 의해 개발된 AHP분석기법의 쌍대 비교를 통한 가중치 도출원리와 유사하다. Shannon's Entropy의 네 단계 계산과정은 정규화, Entropy값( $e_i$ ) 도출, 불확실성 정도( $d_i$ ) 도출, 가중치( $w_i$ ) 도출 순으로 진행된다.

$$E_{ij} = \begin{matrix} & D_1 & D_2 & \dots & D_n \\ \begin{pmatrix} E_{11} & E_{12} & \dots & E_{1n} \\ E_{21} & E_{22} & \dots & E_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ E_{m1} & E_{m2} & \dots & E_{mn} \end{pmatrix} & P_1 \\ & & & & P_2 \\ & & & & \vdots \\ & & & & P_m \end{matrix}$$

1 단계: 정규화(Normalization)과정

$$\overline{E_{ij}} = \frac{E_{ij}}{\sum_{i=1}^n E_{ij}}$$

(  $i= 1,2 \dots n, j=1,2 \dots m, )$

2 단계: 정보의 확실성을 나타내는 Entropy값 ( $e_i$ ) 도출

$$e_i = -k \sum_{j=1}^m \overline{E_{ji}} \ln \overline{E_{ji}}$$

(  $i= 1,2 \dots n, j=1,2 \dots m, )$

\*  $k = (\ln m)^{-1}$

3 단계: 정보의 불확실성 정도인  $d_i$  도출

$$d_j = 1 - e_j$$

(  $j= 1, 2 \dots m$ )

4단계: 각 평가기준의 가중치  $w_i$ 를 도출

$$w_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^m d_i}$$

(  $i = 1, 2 \dots n$ )

도출된 가중치에 DEA별 각 항만에 대한 효율성 값을 곱한 후에 네 개의 DEA별 결과 값을 모두 더하여 최종적으로 DEA결합모형에 따른 아세안(ASEAN) 항만의 효율성 값을 구할 수 있다.

## V. 아세안(ASEAN) 항만효율성 분석

### 1. 효율성분석

#### 1) 아세안항만 현황

본 연구에서는 아세안(ASEAN) 국가 내에서 국제항만 및 중심항만 역할을 하는 17개 컨테이너항만을 선정하여 분석하였다. 아세안항만의 2015년도 총 컨테이너처리량 중에서 세계 2위항만인 싱가포르(Singapore)항만 처리량이 가장 많고, 다음으로 말레이시아 포트클랑(Port Klang), 탄중펠레파스(Tanjung Pelepas), 태국 림차방(Leam Chabang), 베트남 호치민시티(Ho Chi Minh City) 항만 순이다. 반대로 브루나이 무아라(Muara)항만의 컨테이너처리량은 가장 작은 것으로 조사되었다(표 5).

투입요소로는 총면적, 선석 수, 선석길이, C/C 대수를 대입하였으며, 산출요소는 2015년 총 컨테이너 처리량을 기준으로 분석하였다. Banker et al(1984)는 DEA를 이용한 효율성분석이 판별력을 가지기 위해서는 투입요소와 산출요소의 합보다 분석대상이 3배 이상 많아야 한다고 하였다. 이에 따라 본 연구에서는 투입요소와 산출요소 합의 3배인 15보다 더 많은 수의 아세안(ASEAN)항만을 분석하여 판별력을 가진다.

표 5. 아세안(ASEAN) 주요 항만별 컨테이너처리량

(단위: TEU)			분석
국가	항만	총 컨테이너처리량	
싱가포르	Singapore	30,922,000	
인도네시아	TanjungPerak	3,120,000	
	TanjungPriok	5,690,000	
베트남	Cai Mep	1,468,146	
	Haiphong	1,020,000	
말레이시아	HochiMinhCity	5,890,000	
	Penang Port	1,310,000	
	Port Klang	11,886,685	
태국	TanjungPelepas	9,100,000	
	Bangkok	1,560,000	
필리핀	Leam Chabang	6,820,000	
	Manila	3,890,000	
브루나이	Cebu	829,146	
	Davao	594,497	
미얀마	Muara	100,000	
캄보디아	Yangon/Thilawa	617,169	
	Sihanoukville	391,819	

자료: 각 항만 웹사이트 및 항만과산업 2016년 11월호 (한국해양수산개발원)

대상 항만의 투입요소 및 산출요소의 기초통계는 (표6)과 같다. 아세안 항만 중 세계 주요항만의 하나인 싱가포르(Singapore) 항만이 투입요소 및 산출요소에서 최대값을 가지고, 브루나이의 무아라(Muara) 항만이 최소값을 가진다. 두 항만의 면적은 약 58배 차이가 나, 아세안 국가 사이의 경제발전 격차를 확인할 수 있다. 아세안 국가들의 중심항만 평균 면적은 1,511,554m<sup>2</sup>이며, 선석길이는 4,327m이다. 산출요소인 연간 컨테이너처리량 평균은 5,012,321TEU이다.

표 6. 분석대상 아세안(ASEAN)항만 기초통계

구분	투입요소				산출요소
	총 면적 (m <sup>2</sup> )	선석 수 (개)	선석길이 (m)	C/C수 (개)	총 컨테이너 처리량(TEU)
최대	6,000,000	59	17,410	240	30,922,000
최소	104,070	2	765	3	100,000
평균	1,511,554	17	4,327	85	5,012,321
표준 편차	1,489,901	14	4,212	70	7,502,309
중앙 값	1,098,258	13	2,713	62	1,560,000

자료: 각 항만 웹사이트 및 항만과산업 2016년 11월호 (한국해양수산개발원)

## 2) 효율성 분석과정

DEA결합모형을 이용한 ASEAN 효율성 분석을 위해서는 가장 먼저 DEA별 효율성을 측정한다. 개별 DEA의 항만효율성은 가중치를 계산하는 바탕이 되며, 마지막에는 가중치에 개별 DEA 항만효율성 값과 곱하여 가중치를 고려한 최종 효율성을 도출하게 된다.

본 연구에서는 효율성 측정을 위해서 가장 일반적으로 사용되는 산출기준 CCR모형과 산출 및 투입기준 BCC모형, 여유분 기준 모형(Slacks-Based Model: SBM)을 사용하여 효율성을 분석하였다. 연구에 사용한 DEA프로그램으로는 시중에 무료로 보급되어 있는 R프로그램과 EnPAS프로그램을 이용하였다. 개별 DEA효율성 결과는 (표8)과 같다.

측정된 DEA별 ASEAN항만의 효율성을 토대로 앞에서 설명한 Shannon's Entropy의 네 단계 계산과정을 거쳐서 가중치를 구하였다. 가중치의 결과는 아래의 (표7)과 같다. 가중치가 가장 높게 나온 모형은 투입기준 CCR(0.38153)이고, 다음으로 SBM(0.29624), 산출기준 BCC(0.20437), 투입기준 BCC(0.11786)으로 나타났다.



가중치 결과 값에 대해 선행연구를 살펴보면 박호(2012)의 연구에서는 산출기준 BCC(0.4050)으로 가장 높은 기준치를 보였고, 다음으로 CCR(0.3409), 투입기준 BCC(0.1421), FDH(0.1120) 순으로 나타났다. M.Soleimani-damaneh, M. Zarepisheh (2009)의 연구에서는 CCR(0.376856665)이 가장 높은 가중치를 보였고, 다음으로 투입기준 BCC(0.299709675), FDH(0.187083635), 산출기준 BCC(0.136350023) 순으로 나타났다.

본 연구의 가중치 결과 값과 선행연구 가중치 결과값을 비교하면 절대적으로 높은 가중치를 나타내는 DEA모형은 없다는 것을 알 수 있다. 분석대상의 DEA별 결과 값에 따라 가중치도 달라진다는 것을 확인할 수 있다.

표 7. DEA별 가중치 결과 값

구분	투입기준 CCR	BCC		SBM
		투입기준	산출기준	
가중치	0,38153	0,11786	0,20437	0,29624

## 2. 결과분석

### 1) DEA결합모형 결과분석

아세안(ASEAN)항만 중 국제항로에 위치하여 컨테이너 물동량 처리실적 1~3위를 차지하고 있는 싱가포르(Singapore)항만, 말레이시아의 포트 클랑(Port Klang), 탄중 펠레파스(Tanjung Pelepas)항만은 네 개의 모형에서 효율성이 1로 측정되어 결합모형에서도 효율성 값이 1로 측정되었다. 세 개의 항만은 높은 항만 효율성을 가지고 있는 것으로 측정되어 아세안 역내에서 계속해서 주요 항만으로 역할을 수행 할 것으로 전망된다.

반면, 세계 30대 항만 중 21위인 태국의 림차방(Leam Chabang), 24위 베트남의 호치민(Ho Chi Minh City), 26위 인도네시아 탄중 프리옥(Tanjung Priok)항만의 효율성은 세계 컨테이너 처리량과 역

의 관계를 보였다. 태국의 림차방(Leam Chabang)항만은 결합모형 효율성 값이 13위로 상대적으로 낮은 효율성을 보였으며, 베트남의 호치민(Ho Chi Minh City)항만은 9위, 인도네시아 탄중 프리옥(Tanjung Priok)항만은 4위로 비교적 높은 효율성을 보였다. 현재 상위권에 있지만 낮은 효율성을 보인 태국의 림차방(Leam Chabang)항만의 경우에는 현재의 물동량을 유지하기 위한 효율성 개선 노력이 필요 할 것으로 분석된다.

인도네시아의 세계 항만 순위 46위인 인도네시아 탄중 페락(Tanjung Perak)은 효율성 값이 5위로 측정되면서 상대적으로 높은 효율성을 보였다. 인도네시아 두 개 항만의 효율성 값이 4위와 5위로 분석되어 아세안 내에서 높은 효율성을 유지하고 있는 것으로 분석된다.

베트남, 태국 등의 주요 항만 효율성은 아세안 내에서 상대적으로 낮은 것으로 분석되었다. 세계 주요 항만 21위인 태국의 림 차방(Leam Chabang)의 효율성 값은 13위, 92위인 방콕(Bangkok)은 16위로 분석되었다. 베트남의 경우에는 컨테이너 물동량 증가율이 11.7%로 아세안 국가에서 가장 높은 폭으로 증가하고 있다. 하지만 세계 주요 24위 항만인 호치민(Ho Chi Minh City)항만의 효율성은 9위, 카이 멩(Cai Mep)항만은 12위, 하이퐁(Haiphong)항만은 15위인 것으로 분석되었다. 베트남 항만은 증가하는 항만 물동량에 대비하여 효율성 향상을 위한 노력이 필요한 것으로 분석된다.

아직까지 경제발전이 미숙한 캄보디아 시아누크빌(Sihanoukville)항만의 효율성은 14위, 미얀마 양곤/델라와(Yangon/Thilawa)항만의 효율성은 17위로 낮은 수준으로 측정되었다. 캄보디아의 GDP 연평균 성장률은 7.1%, 미얀마는 14.5%로 매우 높은 성장률을 보이고 있다. 두 국가는 성장하는 경제발전을 뒷받침함과 동시에 보다 활발한 경제성장을 유도하기 위해서 국가의 주요 항만의 효율성 개선이 필요하다.

표 8. DEA결합모형 효율성 분석결과

국가	항만	CCR	BCC		SBM	DEA 결합 모형	순위
			투입 기준	산출 기준			
싱가포르	Singapore	1	1	1	1	1	1
인도네시아	Tanjung Perak	0,6779	0,8601	0,8165	0,6848	0,7297	5
	Tanjung Priok	0,783	0,8618	0,8249	0,6829	0,7712	4
	Cai Mep	0,436	0,6699	0,5313	0,5147	0,5063	12
베트남	Haiphong	0,3293	0,5013	0,3857	0,2832	0,3474	15
	Ho chi Minh City	0,5611	0,6399	0,5965	0,4929	0,5574	9
	Penang	0,4304	0,8286	0,6681	0,5241	0,5537	10
말레이시아	Port Klang	1	1	1	1	1	1
	Tanjung Pelepas	1	1	1	1	1	1
태국	Bangkok	0,2736	0,361	0,2863	0,2408	0,2768	16
	Leam Chabang	0,4504	0,4841	0,4538	0,4008	0,4404	13
	Manila	0,5656	0,6119	0,5845	0,4825	0,5503	11
필리핀	Cebu	0,3794	0,9229	0,7882	0,5658	0,5822	7
	Davao	0,3845	0,9156	0,7832	0,5514	0,5780	8
브루나이	Muara	0,1792	1	1	1,0000	0,6868	6
미얀마	Yangon/Thilawa	0,1597	0,4482	0,2172	0,1768	0,2105	17
캄보디아	Sihanoukville	0,2534	0,8472	0,5786	0,3619	0,4220	14

브루나이의 무아라(Muara)항만 효율성 값은 아세안 내에서 6위로 측정되었다. 하지만 무아라(Muara)항만의 효율성 값은 약간의 특이점이 발견되었다. 개별 모형별로 효율성을 보면 CCR모형 효율성 값은 0,1792로 매우 낮았지만, 나머지 세 개 모형의 효율성은 1로 매우 높게 측정되어 결합모형에서는 6위를 기록하였다.

이와 유사하게 필리핀항만, 캄보디아 항만 또한 CCR모형에서는 효율성이 매우 낮으나, BCC모형에서의 효율성은 높게 측정되었다. 이는 CCR모형에서는 규모의 효율성(SE)과 순수 기술적 효율성(PTE)을 동시에 측정하고, BCC모형은 순수 기술적 효율성(PTE)만은 측정하기 때문인 것으로 판단된다. 이와 관련하여 다음 절에서 조금 더 상세히 살펴보았다.

아세안(ASEAN) 항만을 분석한 기존의 연구들과 비교해 보면, 세계경제포럼(World Economic Forum)의 경쟁력 평가보고서에서 높은 점수를 받

았던 싱가포르와 말레이시아 항만의 효율성이 높은 것으로 나타나 동 연구와 비슷한 결과를 보였다. 또한, ASEAN항만에 대한 선행연구였던 서영준(2011)의 연구에서도 싱가포르가 가장 효율성이 높은 항만으로 평가되고, 미얀마와 캄보디아가 상대적으로 효율성이 낮은 항만으로 평가되어 본 연구와 비슷한 결과를 보였다.

## 2) 비효율성 원인 분석

DEA모형을 이용한 효율성분석 시에 분석대상들 사이의 규모의 차이가 클 때는 규모의 효율성을 고려하여 분석대상의 비효율성이 운영상의 문제인지 혹은 규모의 문제인지 파악할 필요가 있다. 본 연구의 분석대상인 아세안(ASEAN) 항만 사이에도 규모의 차이가 상당하므로 비효율성 원인을 분석해보았다.

CCR모형으로 측정된 효율성은 규모에 따른 효과는 일정하다고 가정하고 있으므로 기술적 효율성(Technical Efficiency, TE)을 측정하고, BCC모형은 규모의 효율성(SE)을 배제한 순수기술적효율성(Pure Technical Efficiency, PTE)을 측정한다. 분석대상의 규모의 효율성(Scale Efficiency, SE)은 규모수익불변(CRS)을 가정하고 있는 CCR모형과 규모수익가변(VRS)을 가정하고 있는 BCC모형의 효율성 값을 이용하여 구할 수 있다. 규모의 효율성은 아래의 수식과 같이 구한다.

$$\text{규모의 효율성(SE)} = \frac{\text{CCR효율치}}{\text{BCC효율치}}$$

비효율성의 원인은 규모의 효율성(SE)과 순수기술적효율성(PTE)을 비교하여 판단할 수 있다. 즉, 순수기술적효율성(PTE)이 규모의 효율성(SE)보다 작

으면 비효율의 원인이 순수기술적효율성(PTE)이 되고, 순수기술적효율성(PTE)이 규모의 효율성(SE)보다 크면 비효율성의 원인이 규모의 효율성(SE)이 된다.

항만의 비효율성 원인이 규모의 효율성(SE)인 경우에는 항만의 시설 부족이 저생산성을 초래하는 것으로 분석할 수 있다. 이 경우에는 항만의 규모와 작업 장비를 늘리는 하드웨어적인 투자를 할 필요성이 있다. 반면에 비효율성 원인이 순수기술적 효율성(PTE)인 경우에는 IT시스템, 작업자 교육, 항만마케팅 등 소프트웨어적인 투자가 필요한 것으로 생각할 수 있다.

세계경제포럼(World Economic Forum) 항만인프라 경쟁력 순서대로 국가별 비효율성 원인을 살펴 보았다. 항만인프라 경쟁력 순위 16위의 말레이시아 항만 세 곳 중 두 곳은 효율성이 1이었고, 나머

표 9. ASEAN항만 규모의 효율성(SE)

국가	항만	CCR	BCC (PTE)	규모의 효율성(SE)	비효율 원인
싱가포르	Singapore	1	1	1.0000	-
인도네시아	Tanjung Perak	0,6779	0,8601	0,7882	SE
	Tanjung Priok	0,783	0,8618	0,9086	PTE
베트남	Cai Mep	0,436	0,6699	0,6508	SE
	Haiphong	0,3293	0,5013	0,6569	PTE
	Ho chi Minh City	0,5611	0,6399	0,8769	PTE
말레이시아	Penang	0,4304	0,8286	0,5194	SE
	Port Klang	1	1	1,0000	-
	Tanjung Pelepas	1	1	1,0000	-
태국	Bangkok	0,2736	0,361	0,7579	PTE
	Leam Chabang	0,4504	0,4841	0,9304	PTE
필리핀	Manila	0,5656	0,6119	0,9243	PTE
	Cebu	0,3794	0,9229	0,4111	SE
브루나이	Davao	0,3845	0,9156	0,4199	SE
	Muara	0,1792	1	0,1792	SE
미얀마	Yangon/Thilawa	0,1597	0,4482	0,3563	SE
캄보디아	Sihanoukville	0,2534	0,8472	0,2991	SE

지 한 곳인 페낭(Penang) 항만은 시설 투자가 부족한 것으로 분석되었다. 말레이시아 다음으로 경쟁력이 높은 것으로 보고된 태국 항만(52위)은 최근 시설투자로 시설 부족보다는 항만의 소프트웨어적 인프라의 개선이 필요한 것으로 분석되었다.

물동량 증가율이 가장 높은 베트남 항만(76위)도 카이 맵(Cai Mep)항만을 제외하고는 항만 비효율성의 원인이 순수기술적효율성(PTE)인 것으로 분석되었다. 항만인프라 경쟁력 순위와 컨테이너 물동량 증가율이 베트남 다음인 인도네시아(82위)의 경우에는 탄중 프리옥(Tanjung Priok)은 비효율성 원인이 순수기술적효율성(PTE)이나, 탄중 페락(Tanjung Perak)의 비효율성 원인은 규모의 효율성(SE)으로 나타났다.

그 외에 필리핀의 마닐라(Manila) 항만을 제외한 두 곳과 브루나이, 미얀마, 캄보디아의 항만들은 항만 비효율성의 원인이 규모의 효율성(SE)인 것으로 나타났다. 해당 국가들은 세계경제포럼(World Economic Forum) 경쟁력 평가보고서에서도 100위권 내외에 있다.

브루나이 무아라(Muara)항만을 비롯한 필리핀, 캄보디아 항만이 규모의 차이를 고려하지 않은 CCR모형에서는 효율성이 매우 낮고, 다른 세 개의 모형에서는 효율성이 높게 나왔던 이유는 항만의 규모가 다른 항만 대비 상대적으로 작지만, 항만 규모 대비 물동량이 많기 때문인 것으로 분석된다. 동 항만이야 말로 절대적으로 항만 시설 확충이 필요한 것으로 분석된다.

종합해보면 항만경쟁력이 높다고 평가되고, 컨테이너 처리 물동량이 상대적으로 많은 국가들의 항만효율성 향상을 위해서는 IT기술, 인력관리, 첨단 기술 등이 필요하고, 아직 항만의 규모가 작은 항만들은 항만 시설 확충이 항만효율성 향상에 꼭 필요한 것으로 분석되었다.

## VI. 결론

우리나라 정부에서는 민간과 협력하는 해외항만 개발사업 진출 활성화를 위해 해외항만개발 지원협의체 협의회 개최 및 해외항만개발 정보서비스 웹 사이트 운영 등의 노력을 이어 가고 있다. 또한, 정부는 해외항만개발사업 진출을 위해 해외물류거점항 진출, 해외항만 금융지원, 해외항만 건설업체 진출 등의 전략을 수립하고 있다. 아세안(ASEAN) 역시 주요 진출 지역 중의 하나이다.

아세안(ASEAN) 항만개발사업 진출 시에는 우리나라 항만 관련 업체의 시장 확대는 물론, 우리나라와 교역 2위 지역인 아세안(ASEAN)의 항만 및 물류효율성이 증대함으로써, 무역활성화를 이끌어 낼 수 있다. 본 연구에서는 항만개발계획의 첫 단계인 항만효율성을 측정하여 아세안(ASEAN)으로 진출하는 정부 및 기업들에게 기초자료를 제공하고자 하였다.

본 연구에서는 아세안(ASEAN) 9개 국가의 17개 항만을 대상으로 아세안(ASEAN)지역 중심 항만 사이의 상대적 효율성을 측정하였다. 기존 연구에서는 DEA모형별로 효율성을 따로 측정하던 것을 Shannon's Entropy를 활용하여 가중치를 더하여 효율성을 측정하였다. 결합모형을 사용하는 것은 절대적으로 효율성을 잘 측정할 수 있는 DEA모형이 없는 상황에서 여러 모형을 종합적으로 판단할 수 있다는 것에 차이점을 가진다.

효율성 분석결과를 통해 몇 가지 시사점을 도출하였다. 아세안(ASEAN) 내 컨테이너 물동량 처리 실적 1~3위를 차지하고 있는 싱가포르(Singapore) 항만, 말레이시아의 포트 클랑(Port Klang), 탄중 펠레파스(Tanjung Pelepas) 항만은 가장 효율성이 높았으며, 앞으로도 아세안(ASEAN) 주요 항만으로 역할을 할 것으로 판단된다.

태국의 림차방(Leam Chabang), 베트남의 호치민(Ho Chi Minh City), 인도네시아 탄중 프리옥

(Tanjung Priok)항만은 물동량 처리실적과 효율성이 역의 관계로 나타났다. 컨테이너 처리량이 높은 항만의 효율성이 무조건 높은 것이 아닌 것으로 해석할 수 있으며, 해당 항만은 현재의 경쟁력을 유지하기 위해서는 효율성 상승을 위한 노력이 필요한 것으로 보인다.

아세안(ASEAN) 내에서 물동량 상승률이 가장 높은 베트남 항만은 증가하는 물동량 대비 항만효율성이 낮은 것으로 분류되었다. 우리나라와도 교역량이 많은 베트남 항만개발사업 진출은 베트남과 우리나라에 모두 이득일 것으로 분석된다.

캄보디아, 미얀마, 브루나이 등 경제발전이 미숙한 나라들에는 항만 규모 확대를 위한 항만개발사업이 필요한 것으로 분석되었다. 특히, 브루나이, 필리핀, 캄보디아 항만은 규모를 고려하지 않았을 경우에는 항만효율성이 매우 낮고, 규모를 고려하였을 경우에는 효율성이 높은 것으로 분석되어 항만 규모의 확충이 꼭 필요한 것으로 분석된다.

컨테이너 처리 물동량이 상대적으로 많은 항만은 항만효율성 향상을 위해서 주로 항만 규모의 확대보다는 IT기술, 인력관리, 첨단기술 등이 필요한 것으로 나타났다.

반면에 본 연구는 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 본 연구에서는 효율성분석을 위해 아세안(ASEAN) 항만의 면적, 선석 수, 선석 길이, C/C수 등 기본적인 인프라를 사용하였다. 향후 연구에서는 그 외 다양한 변수들을 활용한 효율성 측정이 필요한 것으로 보인다.

비효율성의 원인을 단순히 순수기술적효율성(PTE)과 규모의 효율성(SE)로 파악하여, 실제 해외 항만개발사업 진출을 위해서는 비효율성의 원인을 보다 구체적으로 밝혀낼 수 있는 연구가 필요하다.

아세안(ASEAN)항만에 대한 데이터는 체계적으로 공개되지 않아 웹사이트 등을 통해 자료를 수집하는데 긴 시간과 노력이 필요하였다. 아세안(ASEAN)항만에 대한 구체적인 연구 수행 시에는

현지에서 제공하는 보다 정밀한 데이터 확보가 요구된다.

## 참고문헌

- 고용기(2000), “항만 효율성평가 지표의 개발 모형화에 관한 연구”, 「무역학회지」, 제25권 제1호, pp89.
- 김용진(2004), “한-ASEAN FTA에 관한 연구”, 「무역통상학회지」, 제6권 제2호.
- 김운수, 김찬호, 김근섭(2008), “글로벌 항만경쟁 구조변화와 해외 신흥거점 선정연구”, 「한국해양수산개발」.
- 박구용(2010), “동아시아-유럽-북미 컨테이너항만의 상대적 효율성 비교 분석”, 「한국항만경제학회지」, 제26집 제4호, pp 219-246, 2010.
- 박번순(2013), “아세안 경제협력의 진화와 평가”, 「동남아시아연구」, 제23권 제2호.
- 박번순, 김경훈(2012), “아세안경제공동체 추진에 대한 평가와 시사점”, 「SERI연구보고서」.
- 박만희(2008), 「효율성과 생산성분석」, 한국기술정보.
- 박재현(2011), “DEA를 통한 컨테이너항만의 상대적 효율성 분석에 관한 연구”, 중앙대학교 석사학위논문.
- 박호, 김동진, 왕진(2012), “Shannon’s Entropy와 DEA를 결합한 효율성 분석”, 「생산성학회」, 제26권 제4호.
- 방희석, 강동준, 박재현(2011), “주요 컨테이너항만의 효율성 분석에 관한 연구”, 「무역학회지」, 제36권 제2호, pp 1-23.
- 서영준(2011), “ASEAN 지역 항만의 효율성 평가에 관한 연구”, 한국해양대학교 석사학위논문.
- 송재영, 신창훈(2005), “DEA모형을 이용한 세계 주요 항만의 효율성 평가”, 「한국해양항만학회지」, 제29권 제3호, pp195-201.
- 여희정(2011), “중국 및 유럽 항만의 상대적 효율성 분석”, 「해운물류연구」, 제27권 제4호, pp 563-581.
- 여희정, 구준성, 동무성(2009), “아시아 항만의 효율성 분석에 관한 연구: DEA방법을 중심으로”, 「무역학회지」, 제34권 제5호, pp 75-91.
- 이정동, 오동현(2010), 「효율성 분석이론」.
- 전찬영, 김우호, 김운수, 김근섭, 김정현(2009), “세계 신흥물류시장 투자와 협력증진을 위한 국가 전략수립”, 「한국해양수산개발원」.

- 하명신(2009), “ 동북아 지역과 미국 주요 컨테이너항만 간의 효율성 비교”, 「한국항만경제학회지」, 제 25집 제3호, pp 229-250.
- Banker, R. D., A., Charnes and W. W., Cooper(1984), “Some Models for Estimation Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis” , 「Management Science」 , Vol,30 No,2, pp 1078 -1092.
- C.E. SHANNON(1948), “A Mathematical Theory of Communication” , 「The Bell System Technical Journal」 , Vol,27 No,3, pp379-423.
- Charnes, A., W. W. Cooper, & E Rhodes(1987), “ Evaluating Program andmanagerial Efficiency: An application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through” , 「Management Science」 , Vol,27 No,6, pp668-697.
- Cullinane, K,P,B.,Ji,P.and Wang,T.(2005), “The relationship between privatization and DEA estimates of efficiency in the container port industry, 「Journal of Economics and Business」 ,Vol. 57, PP 433-462.
- Farrell, M.J.(1957), “ The Measurement of Productivity Efficiency” , 「Journal of the Royal Statistical Society」 , Vol,120 No,3, pp253-290.
- M,Soleimani-damaneh, M,Zarepisheh(2009), “ Shannon’ s entropy for combining the efficiency results of different DEA models: Method and application” , 「Expert Systems with Applications」 , Vol. 36 pp 5146-5150.
- Peter F. Drucker(2003), “The Essential Drucker” , 「Happy Business」 .
- Photis M. Panayides, Christos N.Maxoulis, Teng-fei Wang, Koi yu adolf ng(2009), “ A Critical Analysis of DEA Applications to Seaport Economic Efficiency Measurement” , 「Transport Reviews」 , Vol. 29, No,2, pp 183-206.
- Rios, L,R. and Macada, A,C,C.(2006), “Analyzing the relative efficiency of container terminals of Mercosur using DEA” , 「Maritime Economics&Logistics」 , Vol,8, PP331-346.
- Tongzon,J., “Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis” (2001), 「Transportation Research A」 , Vol,35, pp 113-128.
- Wang, T.-F. and Cullinane, K,P,B(2006), “The efficiency of European container terminals and implications for supply chain management” , 「Maritime Economics&Logistics」 , Vol,8, pp82-99.
- World bank(2014), Trade Logistics in Global Economy 관세청 「www.customs.go.kr」
- ASEAN-KOREA CENTRE 「www.aseankorea.org」
- ASEAN port Association 「http://www.aseanportsassociation.org」
- Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, ESCAP 「www.unescap.org」

# DEA결합모형을 활용한 아세안(ASEAN)지역 항만의 효율성 분석

박선율 · 김상열 · 박호

## 국문요약

아세안(ASEAN) 국가 총 컨테이너 처리량은 경제발전에 따라 계속해서 증가할 것으로 전망된다. 하지만, 증가하는 물동량 대비 아세안(ASEAN) 국가 대부분의 항만인프라는 아직 미비한 수준이다. 세계은행 보고서에 따르면 싱가포르와 말레이시아를 제외한 항만들은 항만인프라 순위에서 낮은 순위를 기록하고 있다.

아세안(ASEAN) 항만개발사업 참여는 아세안(ASEAN) 국가의 항만인프라를 개선하여 물류효율성을 증가시켜 우리나라와의 무역 활성화로 이어질 수 있다. 또한 우리나라 정부와 기업이 항만개발사업에 진출하여 우리나라 항만 관련 산업을 활성화시킬 수 있다. 항만효율성 측정은 이러한 항만개발 및 계획 수립에 기초자료로 활용하기에 본 연구에서는 아세안(ASEAN) 항만 효율성 분석을 수행하였다.

본 연구에서는 여러 모형 중 가장 효율적인 DEA모형을 알 수 없다는 한계점을 극복하고자, DEA와 Shannon's Entropy를 결합한 모형을 활용하여 아세안(ASEAN) 항만의 효율성을 측정하였다. CCR, 투입기준 BCC, 산출기준 BCC, SBM 모형 등 네 개의 모형의 가중치를 구한 뒤에 가중치를 고려하여 항만별 효율성을 측정하였다.

결과적으로 세계 주요 항만인 싱가포르, 말레이시아 항만의 효율성이 가장 높은 것으로 나타났으며, 물동량 증가율이 가장 높은 베트남의 항만효율성은 상대적으로 낮은 것으로 나타나, 항만개발이 필요한 것으로 나타났다. 태국의 립차방(Leam Chabang), 베트남의 호치민(Ho Chi Minh City), 인도네시아 탄중 프리옥(Tanjung Priok)항만은 물동량 처리실적과 효율성이 역의 관계로 나타나 경쟁력 유지를 위해서는 효율성 개선이 필요 한 것으로 보인다. 캄보디아, 미얀마, 브루나이 등 아직 경제발전이 미숙한 항만은 경제발전을 위해서라도 인프라 확장을 위주로 하는 항만개발이 필요한 것으로 분석되었다.

주제어: DEA, Shannon's Entropy, DEA결합모형, 항만효율성, 아세안항만

