



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

경영학석사 학위논문

DEA를 이용한 부산항의 부두별 효율성  
분석



2019 년 2 월

부경대학교 대학원

국제통상물류학과

여 효 몽

경영학석사 학위논문

# DEA를 이용한 부산항의 부두별 효율성 분석

지도교수 조 찬 혁

이 논문을 석사학위논문으로 제출함.

2019 년 2 월

부경대학교 대학원

국제통상물류학과

여 효 몽

여효몽의 경영학석사 학위논문을 인준함.

2019 년 2 월



주 심 경영학박사 이 춘 수 (인)

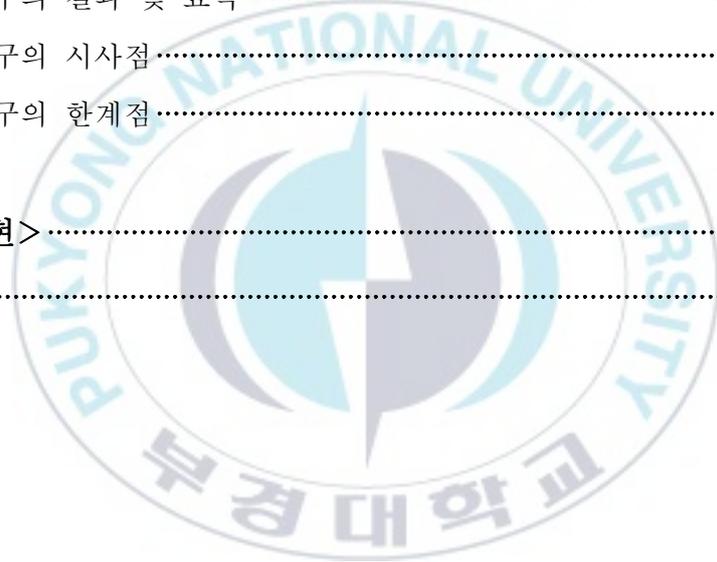
위 원 경제학박사 김 철 수 (인)

위 원 경영학박사 조 찬 혁 (인)

# 목 차

표 목차	iii
그림 목차	iv
ABSTRACT	v
<b>I. 서론</b>	<b>1</b>
제1절 연구의 배경 및 목적	1
제2절 연구의 내용 및 구성	3
가. 연구내용 및 방법	3
나. 연구의 구성	4
<b>II. 부산항 현황</b>	<b>6</b>
제1절 항만의 시설현황	6
제2절 항만의 영업상황 및 매출액순이익률	8
<b>III. 이론적 배경</b>	<b>12</b>
제1절 효율성의 정의 및 분류	12
가. 종합(기술)효율성 (TE)	14
나. 순기술적 효율성 (PTE)	14
다. 규모수익성(Reference Technology can Scale: RTS)	14
제2절 DEA모형의 분류	15
가. CCR모형	15
나. BCC모형	16
다. 규모효율성	18
제3절 선행연구 검토	19

IV. 연구모형 및 설계	25
제1절 분석 대상 및 자료 수집	25
제2절 투입과 산출요소의 선정	26
V. 실증분석	28
제1절 효율성 분석	28
제2절 Malmquist 지수에 의한 분석	32
VI. 결론	36
제1절 연구의 결과 및 요약	36
제2절 연구의 시사점	37
제3절 연구의 한계점	38
<참고문헌>	39
<부록>	42



## 표 목 차

<표 2-1> 부산항 시설현황 .....	6
<표 2-2> 2012-2016년 9개 터미널의 매출액순이익률 현황 .....	9
<표 3-1> 기존연구의 투입요소와 산출요소 .....	22
<표 4-1> 투입요소와 산출요소의 기술통계량 .....	25
<표 4-2> 매출액, 처리실적, 임직원수량 간의 상관관계 .....	27
<표 4-3> 투입과 산출 모형 .....	27
<표 5-1> 2012년 분석 대상의 효율성 분석 .....	28
<표 5-2> 2013년 분석 대상의 효율성 분석 .....	29
<표 5-3> 2014년 분석 대상의 효율성 분석 .....	30
<표 5-4> 2015년 분석 대상의 효율성 분석 .....	31
<표 5-5> 2016년 분석 대상의 효율성 분석 .....	34
<표 5-6> 맘퀴스트 지수를 이용한 터미널별 효율성 변화 분석 결과 .....	34

## 그림 목 차

<그림 1-1> 부산항 부두별 컨테이너 처리실적 .....	2
<그림 3-1> 가변규모수익과 불가변규모수익 생산가능집합 비교 .....	17
<그림 5-1> 2012-2016년 동안 Malmquist 생산성 지수 변화 .....	35



# Analysis of the Efficiency of Piers in Busan Port Using DEA

LU XIAOMENG

*Department of International Commerce&Logistics Graduate School, Pukyong National University*

## ABSTRACT

The harbor is equipped with the communication facilities of the land transportation, and occupies a very important position in the entire logistics transportation system. As the globalization of the economy progresses, the rate of trade growth between countries continues to increase, and most of the trade volume is completed at sea. Ports are not only a connection point for physical land transport, but also play an important role in economic and social systems. Historically, the coastal area has developed first compared to the inland, and the need for sustainable investment in infrastructure and the resulting increase in port productivity. This emphasizes the importance of harbors and increases the productivity of harbors. However, I believe that it is important not to increase the productivity of the port by expanding the infrastructure forcibly, but to obtain the efficiency through the input and output of the port.

Busan Port has an important position to connect the Asian continent and the Pacific Ocean and has reached the 6th largest port in the world so far. The container throughput of Busan port in 2017 grew by 44,3% compared with 2010, but the container throughput of North port decreased by 19.5%. Accordingly, 65.8% of the total container cargo volume of Busan Port in 2017 is being handled at the new port. Therefore, this study aims to find out how the efficiency of Busan port terminal changes after opening new port, to examine its trend and to draw implications.

# 제 I 장 서론

## 제1절 연구의 배경 및 목적

항만은 해륙교통의 연락시설을 갖춘 곳으로 전체 물류 운송 시스템에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 경제의 세계화가 진행되면서 세계 각국은 물론 국가 간의 무역 성장 속도가 계속 증가하고 있으며, 대부분의 무역량은 해상에서 완성된다. 항만은 물리적 해륙운송의 접속점일 뿐만 아니라 경제와 사회 시스템의 중요한 역할을 감당하고 있다. 역사적으로 보면 내륙에 비해서 연해 지역이 먼저 발달되는바 기초시설의 지속적 투자, 그리고 이로 인한 항만 생산성 증가의 필요성을 제기하고 있다. 이는 항만의 중요성에 대한 인식을 강조함과 동시에 항만의 생산성 증대 필요성을 제시하고 있다. 그러나 무리하게 인프라를 확대하는 것은 항만의 생산성을 늘릴 수 있는 것이 아니라 항만의 투입과 산출을 통해서 효율성을 구하는 것이 중요하다고 생각한다.

물류업의 중요성이 전세계적으로 부각되면서 현대 물류에 대한 논리적 연구가 끊임없이 성숙하고 있고 항만은 이미 새로운 경제 성장점으로 각광받고 있다. 항만은 단순한 컨테이너기지에 그치지 않고 종합 물류센터로 발돋움 함으로써 부가가치 창출의 전진 기지가 되고 있다. 이에 따라 항만 기능도 변화되고 있고 항만의 기능도 다방면으로 확대 되면서 항만 물류가 고도화 되고 있다. 항만은 물류 공급망의 중심일 뿐만 아니라 경제 시스템의 중요한 구성요인으로서 항만 물류도 항만과 주변 도시의 발전을 견인하

는 수단이 되고 있다. 따라서, 항만 효율성을 과학적으로 분석하는 것은 다른 항만과 효율적인 수준의 차이를 판단하는데 도움이 될 뿐만 아니라 기존 항만의 병목을 찾아 각 항만에 유리한 자원 배치를 최적화 하는데도 도움이 된다.



<그림 1-1> 부산항 부두별 컨테이너 처리실적 (출처: BPA-NET, 2018)

부산항은 아시아 대륙과 태평양을 연결하는 중요한 위치를 점하고 있으며, 현재까지 세계 6위 항만에 이르렀다. <그림 1-1>과 같이 2017년의 부산항 컨테이너 처리량은 2010년대에 44.3% 성장했지만 북항의 컨테이너 처리량은 19.5% 감소되었다. 이에 따라 2017년 기준 부산항 컨테이너 총물동량의 65.8%는 신항에서 처리하고 있다. 따라서 본 연구는 신항 개항 이후 부산항 터미널별 효율성이 어떻게 변화되는지 도모하고 그 추이를 살펴보고 시사점을 도출하고자 한다.

## 제2절 연구의 내용 및 구성

### 가. 연구 내용 및 방법

세계경제의 글로벌화에 극속화 대외 무역 없이는 살아갈 수 없는 구조가 되었다. 이에 따라 항만 건설과 운영은 대외무역의 중요한 조직이 되었다. 현재, 한국은 무역항이 31개 있으며, 연안항은 29개 보유하고 있다. 항만 대형화, 효율화, 고도화, 이원화 개발 계획이 시행하고 있는 과정에서 자원 낭비 또는 중복건설 등 여러 가지 부작용도 나타나고 있다.

항만을 둘러싼 환경이 급속히 발전하는 동시에 물동량이 확보하기 위해 각 항만시설투자를 통한 개발을 끊임없이 진행하고 있다. 항만의 효율성은 항만의 경제력을 좌우하는 중요한 결정요인 중의 하나이다.

항만의 효율성은 항만 컨테이너의 운영, 외부 환경과 밀접한 관계가 있다. 항만 기능성에 영향을 주는 요인은 인프라 이용률, 물동량 처리실적, 항만물류서비스, 그리고 항만정보화 기술협력 등이 포함 된다. 자본집약적 투자의 특성상 항만의 투자직원 기간이 증가될수록 항만의 기초시설 이용률은 높아진다. 즉, 항만의 효율성이 더 높게 나타난다. 항만 인프라 이용률을 좌우하는 것은 항만 인프라 수량이 아니라 인프라의 효율성이다. 대형항만도 자원낭비로 효율성이 떨어질 수 있다. 반면, 소규모 항만 이라도 자원을 충분히 이용하면 이익 극대화, 고효율성이 실현될 수 있다. 그러므로, 컨테이너 터미널의 경쟁력을 유지하기 위해서는 효율성을 측정할 필요

성이 있다고 생각한다.

효율성은 조직의 경영 활동 과정에서 자원을 투입해 성과를 산출하는 것과는 대조적이다. 즉, 우선 투자과 수확을 우선적으로 결정하는 것이 옳다. 그리고 그 작업에 필요한 시간, 노력, 돈의 크기를 최소한의 원가로 최대한 완벽한 작업을 하겠다는 것이다. 효율성 지표는 기업의 생산력 수준을 반영하는 것이다.

본 연구는 컨테이너 터미널의 효율성을 측정하기 위하여 금융감독원의 전자공시시스템에서 부산항 9개 컨테이너 터미널을 의사결정단위로 2012-2016년간에 재무성지표와 들동량을 사용해서 투입과 산출 표본으로 선정한다. 연구의 목적은 자료포락분석방법(DEA)을 이용하여 부산항 주요 항만의 효율성을 측정하고 신항 개장이 부산항 컨테이너 터미널에 대해 어떤 영향을 미쳤는지 분석하고자 한다. 결국 기존 항만의 병목을 찾아 각 항만에 유리한 자원 배치를 최적화 하는데도 도움이 될 수 있다.

## 나. 연구의 구성

본 연구는 총 6장으로 구성이 되었다.

제 I 장은 서론부분으로 연구배경, 연구목적, 연구내용 및 연구방법을 기술하였다.

제 II 장은 부산항의 발전과정과 시설현황을 제시하며, 항만별 영업상황 및 매출순이익률을 통해서 부산항 9개 터미널의 영업상황에 대해 분석하였다.

제 III 장은 연구방법의 이론배경과 선행연구를 바탕으로 효율성의 정의 및 항만 효율성 연구에 대해 살펴보았다.

제 IV 장은 선행연구들에 근거하여 본 연구모형의 추정하고 SPSS를 이용

하여 상관성 분석을 통해 유효한 투입과 산출요소의 선정을 제시하였다.

제 V 장은 부산항의 9개 터미널 효율성 분석 결과를 제시하고 의미를 추론하였다.

제 VI 장은 결론으로서 분석의 결과를 요약해서 본 연구의 시사점과 한계점을 제시하였다.



## 제2장 부산항 현황

### 제1절 부산항 시설현황

부산항은 한국의 가장 큰 항만 이자 세계 6대 컨테이너항으로 태평양 물류 중심이다. 부산 뿐만 아니라 한국과 육·공 교통의 허브로서 한국의 금융과 상업 중심으로 한국의 대외 교역에서 중요한 역할을 담당하고 있다.

부산항에 있는 컨테이너 터미널은 주로 서북안에 분포되어 있다. 해안을 따라 서남쪽 동북쪽에 터미널을 분포하고 있고 안벽길이 총 30,709.4미터, 접안능력 201척이었다. 정박시설은 21개의 정박지가 있고 컨테이너야드 면적은 3,469천㎡이다. 최근 기준으로 동시에 201척을 접안시킬 수 있다. 창고는 13만톤을 보관할 수 있고 야적장은 129만톤을 야적할 수 있으며, 컨테이너는 52만 TEU를 보관할 수 있다. 그리고 정박지에서 123척이 동시에 정박할 수 있다. 부산항의 시설현황은 다음 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 부산항 시설현황

구 분	자성대	신선대	신감만	신항1 부두(P NIT)	신항2 부두(P NC)	신항3 부두( HJNC)	신항4 부두( HPNT )	신항5 부두(B NCT)
사업기간	1974~ 1996	1985~ 1997	1995~ 2001	1995~2009		2001~ 2009	2001~ 2010	2004~ 2013
총사업비	1,084 억원	2,226 억원	1,781 억원	1조746억원		3,881 억원	4,118 억원	5,180 억원
운영개시	1978. 9.	1991. 6.	2002. 4.	2010.3	2006. 1.	2009.2	2010.2	2012.1

구 분	자성대	신선대	신감만	신항1 부두( PNIT )	신항2 부두(P NC)	신항3 부두( HJNC )	신항4 부두( HPN T)	신항5 부두( BNC T)	
운영 회사	한국허 치센터 미널(주)	부산항 터미널 (주)	동부 컨테 이너 미널(주)	부산 신항 국제 터미 널(주)	부산 신 항만 (주)	한진 부 산 컨테 이너 터미 널 (주)	PSA 현대 부산 신항 만(주)	비엔 씨티 (주)	
시설 현황	일시 장 능력	44,681	79,205	16,917	62,682	113,181	65,420	53,385	37,585
	부두 길이	1,447 m	1,500 m	826m	1,200 m	2,000 m	1,100 m	1,150	1,400 m
	전 면 수 심	15m	15~16 m	15m	16m	16m~ 17m	18m	16m~ 17m	17m
	하 역 능력	1,700 천TE U	2,000 천TE U	780천 TEU	2,420 천TE U	3,677 천TE U	2,310 천TE U	1,938 천TE U	2,440 천TE U
	2015 년 실적	1,729 천 TEU	2,016 천 TEU	1,110 천 TEU	2,420 천TE U	4,296 천TE U	2,555 천TE U	2,320 천TE U	1,261 천TE U
	2016 년 실적	1,867 천 TEU	1,954 천 TEU	1,070 천 TEU	2,419 천TE U	4,626 천TE U	1,926 천TE U	2,322 천TE U	1,542 천TE U
	점 안 능력	5만톤 급 4척	5만톤 급 5척	5만톤 급 2척	5만톤 급 3척	5만톤 급 6척	5만톤 급 2척	5만톤 급 2척	5만톤 급 4척
		1만톤 급 1척	-	5천톤 급 1척			2만톤 급 2척	2만톤 급 2척	
	부지 면적	624천 m <sup>2</sup>	1,151 천m <sup>2</sup>	294천 m <sup>2</sup>	840천 m <sup>2</sup>	1,210 천m <sup>2</sup>	688천 m <sup>2</sup>	553천 m <sup>2</sup>	785천 m <sup>2</sup>
	CY면 적	335천 m <sup>2</sup>	804천 m <sup>2</sup>	153천 m <sup>2</sup>	282천 m <sup>2</sup>	525천 m <sup>2</sup>	346천 m <sup>2</sup>	213천 m <sup>2</sup>	154천 m <sup>2</sup>
C/C	14기	15기	7기	11기	19기	12기	12기	11기	

출처: BPA-NET, 2018.

## 제2절 항만의 영업상황 및 매출액순이익률

매출액순이익률은 기업의 순이익과 판매 수익의 대비 관계를 뜻하는 것으로 기업이 일정 기간의 판매 수익에 따른 능력을 가늠하는 것이다. 이 지표 비용은 얼마의 영업이익을 낼 수 있다. 매출액 순이익률은 순이익과 정(+)의 비례 관계이지만 매출은 부(-)의 비례 관계가 있다. 기업들은 매출을 늘리는 동시에 순이익을 늘려야 한다. 경영에서 기업이 매출을 늘리는 동시에 판매 비용, 재무 비용, 관리비용이 크게 증가하면서 기업 순이익은 반드시 비례 해 성장 하지 않고 마이너스 성장을 할 수 있는 것으로나 타났다. 무차별하게 생산과 판매 규모를 확대하는 것은 기업에 플러스 수익을 가져올 것이다. 2012-2017년 9개 터미널의 매출액순이익은 식(2-1)과 같다. 따라서 부산항 9개 터미널의 운영과 경쟁력 상황은 다음 <표 2-2>와 같다. 부산항의 9개 터미널을 연구 대상으로 선정하고 금융감독원의 전자공시 시스템에 감사된 최종재무보고서 자료를 참조하였다.

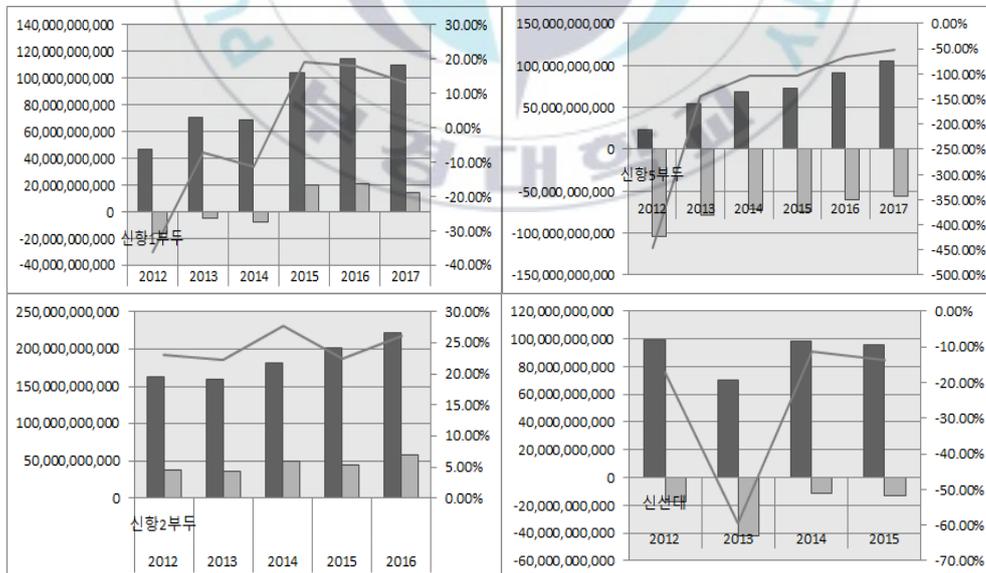
$$\text{매출액순이익률} = \frac{\text{영업순이익}}{\text{매출액}} \times 100\% \quad \text{식(2-1)}$$

매출액은 항만의 경쟁력 강화를 하기 위하여 항만의 자본스톡, 또한 항만이 활용할 수 있는 기초 자원이나 입지 여건 등을 대표한다.

<표 2-2> 2012-2016년 9개 터미널의 매출액순이익률 현황

year	berth	매출액/won	영업순이익	매출액순이익률
2012	신감만	51,851,712,265	10,742,226,552	20.72%
2013		50,187,750,354	2,632,449,513	5.25%
2014		58,575,561,553	4,652,030,887	7.94%
2015		52,136,916,658	454,380,891	0.87%
2016		47,985,938,685	-1,654,649,560	-3.45%
2017		44,260,229,770	245,480,092	0.55%
2012	다목적부두	16,063,823,188	52,551,952	0.33%
2013		13,828,758,274	-1,117,338,462	-8.08%
2014		15,232,915,526	248,583,410	1.63%
2015		14,525,018,874	-144,739,084	-1.00%
2016		17,191,958,969	801,450,379	4.66%
2017		14,531,060,458	591,009,967	4.07%
2012	자성대	70,649,386,016	1,372,269,970	1.94%
2013		69,080,601,819	-10,549,262,685	-15.27%
2014		67,803,105,585	-1,307,479,207	-1.93%
2015		74,573,389,934	-8,123,888,046	-10.89%
2016		80,747,214,084	29,169,103,174	36.12%
2017		87,740,978,572	30,464,290,388	34.72%
2012	신선대	98,890,798,276	-17,091,265,356	-17.28%
2013		70,247,814,543	-41,678,629,041	-59.33%
2014		98,148,463,760	-11,158,243,452	-11.37%
2015		95,952,175,018	-13,179,501,923	-13.74%
2016		-	-	-
2017		-	-	-
2012	신항1부두	46,762,471,065	-16,954,134,633	-36.26%
2013		70,805,802,498	-5,191,638,049	-7.33%
2014		68,892,558,998	-7,834,884,371	-11.37%
2015		103,996,272,698	19,733,673,048	18.98%
2016		114,162,931,040	20,448,589,886	17.91%
2017		109,633,744,720	14,429,555,105	13.16%
2012	신항2부두	161,994,031,741	37,260,839,937	23.00%
2013		159,997,865,317	35,726,290,824	22.33%
2014		181,948,204,908	50,480,571,897	27.74%
2015		201,373,595,491	45,220,852,843	22.46%
2016		221,369,021,094	57,693,036,803	26.06%
2017		-	4,933,630,367	-

year	berth	매출액/won	영업순이익	매출액순이익률
2012	신항3부두	153,116,540,312	25,855,736,600	16.89%
2013		138,203,244,130	21,945,464,049	15.88%
2014		137,532,781,106	24,313,951,832	17.68%
2015		152,030,463,759	34,242,116,350	22.52%
2016		119,252,555,163	2,529,678,986	2.12%
2017		111,237,402,215	4,804,402,787	4.32%
2012	신항4부두	101,702,128,770	8,358,740,445	8.22%
2013		137,942,229,754	18,176,946,309	13.18%
2014		150,267,886,368	25,595,694,223	17.03%
2015		131,180,145,260	16,819,870,451	12.82%
2016		136,564,582,510	23,798,083,840	17.43%
2017		127,713,465,784	16,057,547,864	12.57%
2012	신항5부두	23,428,556,007	-104,710,230,720	-446.93%
2013		54,766,572,284	-79,328,321,784	-144.85%
2014		68,734,629,354	-71,730,120,061	-104.36%
2015		72,135,544,346	-74,565,293,622	-103.37%
2016		91,642,889,955	-60,236,754,391	-65.73%
2017		105,095,090,752	-55,860,882,125	-53.15%





매출액순이익률의 결과표를 보면 신항2부두는 순이익률이 제일 높고 매출액순이익률 1위를 유지되고 있었다. 반대에는 신항5부두의 경우 영업순이익과 매출액순이익률 계속 증가하고 있는데 매출액순이익률이 제일 낮은 것으로 나타났다. 신항3부두의 경우는 2012~2015년 4년 동안의 매출액순이익률이 올라가고 있지만 2016년에는 감소되었다.

## 제3장 이론적 배경

### 제1절 효율성의 정의 및 분류

효율성은 조직의 경영 활동 과정에서 투입자원과 산출성과간의 관계를 지칭한다. 일반적으로 어떤 일을 할 때, 우선 지불과 수확이 정(+)-비례가 되어야 하고, 다음에 이 작업에 필요한 시간, 에너지, 돈을 최소화 시켜야 한다. 따라서, 최소의 원가로 최대의 효과성(effectiveness)을 지향하려는 태도와 접근이 요구된다. 상대적으로 효율성이 높다는 것은 동일한 자원을 투입하고도 더 높은 성과를 거두어들이었다는 의미이고 상대적인 효율성이 낮다는 것은 동일한 성과를 얻기 위해 더 많은 자원이 지출되었다는 뜻이 된다. 즉, 효율성이란 일정한 산출요소의 생산과정에서 소모된 투입요소가 얼마나 효과적으로 결합되고 있는지를 나타내는 것이다.

다양한 학술 분야에 관점으로 인해 효율성의 구체적인 정의는 각각 다르지만 경영학에서는 투입과 산출의 비율로 정의하고 특정 조직이 제한된 자원 조건 내에서 창출할 수 있는 최대화 효과로 보는 시작이 있다.

본 연구에서 효율성을 측정하기 위해 주로 DEA(Data Envelopment Analysis)방법을 활용한다. DEA모형은 2차 자료를 통해서 수집되는 투입과 산출 자료를 선형계획법 모형에 의하여 지수로 계산하는 것이다. 또한 DEA는 다수재 상황을 쉽게 묘사할 수 있고, 잔차에 대해 통계적 분포 가정을 할 필요가 없으며, 함수형태에 대해서도 사전적인 가정을 할 필요가 없다는 장점을 갖는다. 이런 장점들로 인해 DEA는 현재 20여년 동안에 국

제적으로 가장 유행하는 효율성 평가 기법으로 다양한 학문 분야에서 폭넓게 활용되고 있다. 경성립(2014)은 DEA모형의 우수성은 다수의 투입과 산출을 사용하여 복잡한 생산구조에서 원래 단위를 그대로 사용가능한 점에서 탁월하다고 했다.

DEA는 1978년 Charners, Cooper, Rhodes에 의해 비영리적 목적으로 제안한 성과측정의 기법이다. DMU 다수의 투입과 산출을 결합하기 위하여 DEA모형에서 실제에서 존재하지 않는 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)를 만들었다. 식(3-1)과 같이 DEA를 이용하여 구하는 효율성은 최고 100% 혹은 1의 상대적으로 비율로 표현되며, "0"과 "1"간의 수치로 표현된다. DEA를 이용하면 다수 투입과 다수의 산출이 있을 경우 단일한 상대적인 효율성의 값을 쉽게 도출할 수 있다. 또한 회귀분석과 달리 잔차에 대해 통계적 분포 가정을 할 필요가 없으며, 함수 형태에 대해서는 사전적인 가정을 할 필요가 없다는 장점을 갖는다.

$$\text{효율성(Efficiency)} = \frac{\sum \text{산출요소의가중치}}{\sum \text{투입요소의가중치}} \quad \text{식(3-1)}$$

DEA를 통해 세 가지 효율성 값이 나올 수 있다. 즉, 불변규모수확(Constant Return to Scale: CRS)을 가정하는 CCR모형으로 나타나는 기술(종합)적 효율성, 규모수익가변(Variable Return to Scale: VRS)을 가정하여 규모의 효율성과 기술효율성을 구분하기 위해 개발된 BCC 모형, 그리고 규모효율성(SE)이다. 세 가지 효율성의 관계는 다음 식(3-2)과 같다.

$$\text{기술적 효율성} = \text{순수 기술적 효율성} \times \text{규모 효율성} \quad \text{식(3-2)}$$

## 가. 종합(기술)효율성 (TE)

기술적 효율성 (TE)은 특정 입력 요소 조합 하에서 최대 출력을 얻거나 특정 출력 조합으로 최소 입력 요소를 얻는 기능을 말한다. 포괄적인 기술 효율성은 의사결정단위의 자원 배치 능력, 자원 사용 효율 등 다각적인 능력을 종합적으로 평가하는 것이다. 기업이 생산 조건에서 기업이 기술성 효율적인 (종합 기술 효율은 1)이다.

## 나. 순기술 효율성(PTE)

순기술 효율성(PTE)은 시스템 및 관리 수준에서 발생하는 효율성을 말하며 관리 및 기술과 같은 요소로 인해 기업의 생산 효율성을 의미한다. 순기술 효율성의 값은 “1”이면, 현재의 기술 수준에서 자원의 사용이 효율적이라는 뜻이다.

## 다. 규모수익성(Reference Technology can Scale: RTS)

투입요소의 양을 X배로 증가 시킬 경우 산출요소의 양이 증가배수보다 더 많이 증가하게 되면 규모수익증가(Increasing Return to Scale)로 나타나고 기존 생산 규모가 가장 우수한 규모에 비해 생산 규모를 확대해야 한

다는 것을 설명한다. 반대로 증가 배수보다 감소하게 되면 규모수익 감소(Decreasing Return to Scale)로 나타나고 기존 규모가 최고 수준을 넘어 선만큼 규모를 낮춰야 한다고 해석된다.

## 제2절 DEA 모형의 분류

### 가. CCR모형

A.Charnes, W.W.Cooper and E.Rhodes는 1978년에 방법론적으로 선형계획법(Linear programming; LP)의 전환된 비율계획법을 토대로 가장 기본적인 DEA모형인 투입기준 CCR모형을 개발했다. CCR모형의 자료를 수집해서 생산변경의 모양을 정리하여 얻는 새로운 모형을 통해서 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)이라고 명명되었다. 이후 DEA는 Operations Research/Mangement Science에서 중요한 분야로 널리 활용되고 있다.

모형의 k번째 관측치가 불변규모수익을 만족하는 생산가능 집단의 조건이 식(3-3)과 같다.

$$\begin{aligned} x_m^k &\geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j (m = 1, 2, 3, \dots, M); \\ y_n^k &\leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j (n = 1, 2, 3, \dots, N); \\ \lambda^j &\geq 0 (j = 1, 2, 3, \dots, J) \end{aligned}$$

식(3-3)

각 DMU의 투입요소 가중치에 대하여 산출요소 가중치의 실적 비율로서 표현할 수 있다. k번째의 관측치가 생산가능집합 전체에 효율성 비율은 산출을 고정시키고 투입 최대로 줄일 수 있다는 비율로서 나타냈다. 이에 변화된 수식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta^{k*} = \text{Min}\theta^k$$

subject to

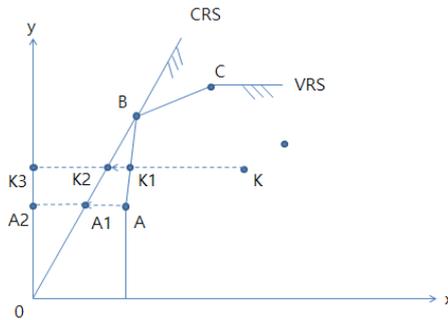
$$\begin{aligned} \theta^k x_m^k &\geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j (m = 1, 2, 3, \dots, M); \\ y_n^k &\leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j (n = 1, 2, 3, \dots, N); \\ \lambda^j &\geq 0 (j = 1, 2, 3, \dots, J) \end{aligned}$$

식(3-4)

#### 나. BCC모형

CCR모형은 의사결정단위의 기술효율성을 단순하게 평가할 수 없다. 따라서, Banker, Charnes, Cooper(1984)는 전문적인 의사결정단위의 유효성을 평가할 수 있는 BBC모형을 제시하였다. CCR모형은 불변규모(CRS: Constant Return to Scale)상태일 경우 사용된 모형이며 BCC모형은 규모에 대한 가변규모(VRS: Variable Return to Scale)상태일 경우 사용된다. CCR모형과 BCC모형은 모든 DEA모형의 기본이라고 할 수 있다. 가변규모수익 모형은 규모가 최적화된 조건이 주어지지 않기 때문에 발생하는 규모비효율성(Scale Inefficiency)도 따로 정의한다. 가변규모수익 하의 생산 변경과 불가변규모수익 하의 생산 변경은 다음과 같이 차이가 나타낸다.

다.



<그림 3-1> 가변규모수익과 불변규모수익의 생산가능집합 비교(1투입-1산출)

<그림 3-1>에서 불변규모수익(CRS) 하의 생산변경은 원점에서 출발하여 B점을 지나는 직선이다. 반대로, 가변규모수익(VRS) 만족하는 생산형태는 A, B, C점을 연결하는 선분이고 A점으로부터 수직 및 C점으로부터 수평된 특징을 가지고 있다.

규모수익에 대한 가정에 따라 관측점에서 생산 변경에 이르는 효율성 값이 서로 다르다. 예를 들어, K점의 위치의 불변규모수익 하의 생산변경과 비교하면 가변규모수익 하의 생산변경이 더 가깝기 때문에 가변규모수익 하에서 측정된 효율성 값이 더 크게 나올 것이다. 이와같이 A점에 경우 불변규모수익 하에서는 A1점으로 비효율적이지만, 가변규모수익 하에서는 효율성이 있다고 나타낸다. 실제로는 불변규모수익 하의 생산가능집합이 가변규모수익 하의 생산가능집합을 포함하기 때문에 가변규모수익 하의 생산 효율성이 항상 크게 된다.

BCC모형은 보통 생산가능집합이 불변규모수익 가정을 만족 시키지 못한다고 하는 경우에 많이 쓰인다. 가변규모수익 만족하는 투입기준 효율성은 다음 식(3-5)과 같다.

$$\theta^{k*} = \text{Min}\theta^k$$

subject to

$$\begin{aligned} \theta^k x_m^k &\geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j (m = 1, 2, 3, \dots, M); \\ y_n^k &\leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j (n = 1, 2, 3, \dots, N); \\ \sum_{j=1}^J \lambda^j &= 1; \\ \lambda^j &\geq 0 (j = 1, 2, 3, \dots, J) \end{aligned}$$

식(3-5)

가변규모수익 모형은 불가변규모수익 기초상에 제약식이  $\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1$ 라는 조건이 추가되어 있다. 이런 조건을 생길 때 관측치들을 무한 축소하거나 확대하는 것을 허용하지 않는다. 관측치들이 내분점 및 자유가처분성(Free disposability)을 만족하는 점만 생산가능한 것으로 판단된다.

#### 다. 규모효율성(SE)

규모효율성(SE)은 특정 수준의 시스템 및 관리를 전제로 기존 규모와 최적 규모의 차이를 나타낸다. 규모효율은 기업 규모의 영향을 받는 생산성이 떨어져 실제 규모와 최대 생산규모의 차이를 반영하는 것이다.

규모효율은 항상 0보다 크고 1보다 작다. "1"에 가까울수록 최적규모에 가까워 규모로 인해 효율성 손실이 없다고 생각하고 정확히 "1"로 나타나면 불변규모수익 결과로 볼 수 있다.

$$\text{규모 효율성}(SE) = \frac{\text{CCR 효율성}(CRS)}{\text{BCC 효율성}(VRS)} \quad \text{식(3-6)}$$

가변규모수익은 규모의 경제성, 불변규모수익 혹은 규모의 불경제성의 3가지 수익형태를 포함한다. 규모의 경제성이 있다는 것은 투입요소의 규모를 1% 증가시 산출요소의 규모가 1% 이상 증가하는 것으로 볼 수 있다. 반대로 규모의 불경제성은 투입요소의 규모를 1% 증가시 산출요소의 증가율이 1%이하라는 것을 의미한다. 규모효율성은 항상 0보다 크고 1보다 작다. "1"에 가까울수록 최적규모에 가까워 규모로 인해 효율성 손실이 없다고 생각하고 정확히 "1"로 나타나면 불변규모수익 결과로 볼 수 있다.

### 제3절 선행연구 검토

권신혜(2007)는 동북아시아 항만의 급성장현황을 검토한 후 동북아시아 컨테이너 물동량을 유지하기 위해 각국 항만들 대상으로 DEA모형을 실시하였다. 부산항의 경우는 2003년~2005년 동안 감천, 허치슨, 신선대, 감만, 신감만, 우암, 자성대, 신항, 8개 컨테이너 터미널을 포함해서 분석을 실시하였다. 연구의 결과를 보면 규모효율성의 평균값이 0.97로 높게 나타났다. 이를 바탕으로 연구자는 부산항이 최적의 규모에 가깝게 운영되어져 있다고 했다. 비효율적인 운영은 주요 총처리물동량에서 나타났다. 이 연구는 향후 부산항의 물동량 유치를 위한 노력이 매우 필요함을 역설했다.

나주몽, 경성림(2012)은 급속히 성장한 동북아 경제 하에 해상 물동량이 증가하는 추세를 토대로 한·중 주요항만의 상대적 효율성과 생산구조의 경쟁력에 대한 설명했다. 이 연구에서는 DEA모형을 이용하여 중국의 상하이항, 심천항, 광저우항, 홍콩항, 그리고 한국의 부산항, 인천항, 광양항을

중심으로 분석하였다. 생산구조의 경쟁력을 제시하면 부산항은 2008년까지 6년간의 상대적인 효율성이 낮으며 성장률이 감소하고 있는 것으로 나타났다.

모수원, 이광배(2012)는 DEA모형을 이용하여 2003~2008년 간에 부산항과 광양항 총 13개 컨테이너 터미널의 효율성 특징을 분석하고 비교연구를 실시하였다. 연구에서는 컨테이너 야드면적과 크레인 수를 투입요소로 선정하고 물동량을 산출요소로 선정하였다. 또한 터미널 효율성을 설명할 수 있는 변수들이 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보기 위해 토빗 모형(Tobit model)도 도입했다. 결과를 보면 2개 항만의 효율성은 큰 격차가 존재하였다. 그 중에 부산항의 효율성 지수는 매우 뚜렷하게 높은 값으로 나타났다. 효율성 상위 3개 터미널의 순위는 각각 감만, 신선대, 자성대로 나타났다.

박호, 김동진(2012)은 2006~2010년에 한국 전체 컨테이너 물동량의 96%를 점유하고 있는 부산항, 광양항, 인천항, 평택항을 중심으로 컨테이너 터미널의 효율성을 분석하였다. 투입요소는 안벽길이, 선적수, 면적, 크레인수이며, 산출요소는 컨테이너 물동량을 설정하였다. 부산항에 대한 결과를 살펴보면 컨테이너 터미널 중 감만 터미널의 효율성이 가장 높게 나타났다. 또한 2008년에 세계 금융위기의 영향으로 항만의 효율성이 크게 감소했음을 구체적 자료제시를 통해 논증했다.

손용정(2015)은 DEA모형을 이용하여 광양항과 부산항 컨테이너 터미널을 대상으로 효율성 분석을 실시하였다. 분석결과를 따르면 CCR모형에서 부산신항 3부두와 신항 4부두는 가장 효율성이 높게 나타나며, BCC모형의 경우 신감만부두, 우암부두, 신항3부두, 신항4부두, 신항5부두가 효율적인 운영을 하고 있음을 확인했다.

이석용, 서창갑(2006)은 2005년에 한국 국내 16개 컨테이너 터미널별 데이터를 바탕으로, 항망유형 분류를 통해 각 유형별 터미널의 효율성을 측

정하였다. 연구결과에 따르면 동일 유형의 대규모와 중규모 컨테이너 터미널은 큰 차이가 없다고 확인할 수 있고 소규모 컨테이너 터미널은 차이가 존재한다고 나타났다.

이장원, 김형기, 김성호(2008)는 한국의 3개 항만, 중국의 7개 항만 및 일본의 6개 항만을 대상으로 효율성 DEA기법을 적용하여 각 항만 간의 경쟁력을 비교하였다. 이 연구에서는 선석수, 안벽길이, 크레인 수, 수심 및 면적을 투입요소로, 물동량을 산출요소로 사용하였다. 결과에 따르면 1996년~2004년 각 항만의 기술효율성은 높아지는 추세이다. 중국항만이 한국과 일본보다 효율성이 높게 나타났다.

장연지(2013)는 한국 항만의 현황에 대한 분석을 통해 항만의 성장과정을 제시하였다. 또한 2012년에 데이터를 사용하여 한국 국내 27개 항만의 57개 부두를 측정범위로 전체부두, 컨테이너부두, 일반부두의 세 가지로 나누어서 각각 DEA를 실시하였다. 부산항에 대한 결과를 보면 신항부두와 신선대부두의 경우 효율성 분석한 값은 CCR, BCC, SE모형에서 모두 효율성 "1"로 나타났다. 신항부두는 57개 부두 중에 가장 물동량이 높게 나타나는 것으로 나타났다. 그리고 부산항의 감만부두와 신감만부두가 비효율적으로 나타나는 이유는 물동량의 증가율이 낮은 것이 원인이라고 지적했다.

항만 효율성에 대한 각 논문의 투입과 산출변수는 아래 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> 기존연구의 투입요소와 산출요소

연구자	연구 방법	변수		평가대상
		투입요소	산출요소	
권신혜(2007)	DEA	선석수, 안벽길이, 수심, 면적, 크레인수	화물처리실적	동북아시아 지역 22개 항만
나주몽·경성립 (2010)	DEA	선석수, 선석길이, 면적, C/C수	총 처리량	중국 5개터미널, 한국 4개터미널
모수원·이광배 (2010)	DEA 모형 Tobit	야드, 크레인수	컨테이너 물동량	부산항과 광양항 13개터미널
박호, 김동진 (2012)	DEA 모형 Tobit	선석수, 안벽길이, 부지면적, G/C수	화물처리실적	한국 16개 컨테이너 터미널
손용정(2015)	DEA	선석수, 크레인 수, 수심, 면적	화물처리실적	광양항과 부산항 컨테이너 터미널
이석용, 서창갑 (2006)	DEA	선석길이, QC대수, 장치장 면적, TGS	안벽처리량, 장치장처리량, 선석점유율	부산항, 광양항, 인천항, 평택항 13개 터미널
이장원, 김형기, 김성호(2008)	DEA	선석수, 안벽길이, 크레인수, 수심, 면적	컨테이너 물동량	한국의 3개 항만, 중국의 7개 항만, 일본의 6개 항만
장연지(2013)	DEA	선석수, 안벽길이, 수심, 선박접안현황	화물처리실적	한국의 57개 부두

연구자	연구 방법	변수		평가대상
		투입요소	산출요소	
Barros(2003)	DEA	투입요소	산출요소	포르투갈 5개 항만
권신혜(2007)	DEA	선석수, 안벽길이, 수심, 면적, 크레인수	화물처리실적	동북아시아 지역 22개 항만
나주몽·경성립 (2010)	DEA	선석수, 선석길이, 면적, C/C수	총 처리량	중국 5개터미널, 한국 4개터미널
모수원·이광배 (2010)	DEA 모형 Tobit	야드, 크레인수	컨테이너 물동량	부산항과 광양항 13개터미널

기존연구에서는 주로 여러 항만에 대한 연구이며 본 연구는 심층적으로 부산항 중심으로 부산항 9개 터미널의 효율성을 측정할 것이다. 선행연구에서 항만 효율성에 미치는 변수들을 살펴보면, 주로 선석수, 크레인수, 면적, 수심, 안벽길이 등 요소를 투입하였다. 산출변수는 주요 컨테이너 물동량으로 선정하였다. DEA연구에서는 항만의 효율성을 뚜렷하게 제시할 수 있는 변수의 확보가 무엇보다 중요하다. 본 연구에서는 선행연구에서 이미 사용된 변수들은 가급적 사용을 자제하고 항만의 효율성을 대표할 수 있는 변수인 임직원수를 투입변수로 설명하였다, 아울러 의사결정단위의 효율성을 객관적으로 파악하기 위해 매출액과 물동량을 산출변수로 선정하였다.

$$2016\text{년의 매출액} \approx \frac{2015\text{년 매출액}}{2015\text{년 총 물동량}} \times 2016\text{년 총 물동량} \quad \text{식(3-7)}$$

2016년의 신선대의 경우 매출액이 없기 때문에 매출액은 전년과 대비하여 매출액을 추정했다. 예를 들어, 신선대 매출액 2016년의 경우는 식(3-7)에 의하여 예측되었다.



## 제4장 연구모형 및 설계

### 제1절 분석 대상 및 자료 수집

본 연구에 사용하는 DEA모형의 투입과 산출요소는 금융감사원의 전자공시시스템(DART) 또는 부산항만공사(BPA)에서 수집하였다. 분석에 사용한 투입변수와 산출변수는 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 투입요소와 산출요소의 기술통계량 (N=45)

구분	투입요소	산출요소	
	임직원수량/명	처리실적/TEU	매출액/won
최소값	110	21,124	626,634,539
최대값	798	4,626,435	221,369,021,094
평균	472	1,814,660	91,822,828,396
표준편차	193	1,059,622	52,473,909,384

임직원수를 투입요소로 처리실적과 매출액을 산출요소로 선정하였다. 매출액 데이터는 DART에 공시한 손익계산서 자료를 사용하였으며 임직원수량 데이터는 부산항만공사(BPA)에 부산항 시설현황표 안에 종업원수 자료를 수집하였다. 임직원수량의 최소값은 다목적부두 110명이었고 최대값은 2016년도에 신항2부두의 임직원수량 798명을 보유하고 있었다. 처리실적의 최소값은 2015년에 다목적터미널의 물동량의 물동량처리실적 약 2만TEU로 나타났고 최대처리량은 2016년에 신항2부두가 약 462.6만TEU를 처리하였다. 신항2부두의 경우 2016년에 매출액은 약 2,213억원으로 나타났다. 매

출액 최소값은 2016년에 다목적부두는 약 6.3억원이었고 해당 년도의 처리 실적은 약 2.6만TEU이었다.

항만 효율성 평가하는 지표의 측정 방정식과 구조방정식 항만 효율의 각 영향요인은 단순한 공동관계가 아니라 등급별 지표 사이에 관련성을 갖고 있으며, 구조 방정식을 통해 각 터미널의 효율적인 영향요소 간의 관계를 연구하게 될 것이다. 구조방정식은 각 변량 간의 공분산을 이용해 변량 간의 상관관계를 분석하는 방법으로 측정 방정식과 방정식을 이용해 변량 간의 상관관계를 설명하는 것이다. 항만 효율성의 평가지표는 체계의 구조 방정식에서 잠재 성장률을 2등급 지표로 정의하며 변량을 3등급 지표로 정의한다. 측정 방정식은 각 지표 간의 수량 관계를 측정하는 것이다. 구조방정식은 같은 등급의 지표 간의 수량 관계를 측정하는 것이다.

## 제2절 투입과 산출요소의 선정

Banker, Charnes and Cooper(1948)의 투입과 산출요소의 수에 관한 연구는 최소한 투입요소와 산출요소의 수를 총합보다 3배 이상 되어야 한다는 결과를 제시하였다. Banker et al.(1984), Boussofiane et al.(1991), Dyson et al.(2001)은 DMU개수가 충분하지 않는 경우 대체로 많은 의사결정단위들이 "1"의 효율성을 가지게 되어 식별력이 떨어지게 된다는 것으로 주장하였다. 요소를 선정할 때 생산 가능성의 관점에서 DEA모형의 투입요소와 산출요소 간의 가장 기본적인 관계는 투입요소가 산출요소를 생산할 수 있는 지표로 요구된다. 이에 따라 9개 터미널을 의사결정단위에 의하여

투입과 산출요소를 3개로 맞추었다.

DEA모형에서는 투입요소와 산출요소를 통하여 효율적인 생산체들이 준 거집단으로 상대적인 평가를 하는 것이다. 전술한 바와 같이 본 연구에서는 항만물류센터의 효율성과 밀접한 상관성이 있는 임직원수량을 투입변수로 사용하고 있으며 매출액과 물동량 처리실적을 산출변수로 선정하였다. 연구에 사용한 데이터는 2012-2016년 간의 자료를 추출하였으며 프로그램은 DEAP를 이용하였다. 자료 데이터 간의 상관관계는 다음 <표 4-2>와 같다.

<표 4-2> 매출액, 처리실적, 임직원수량 간의 상관관계 (N=45)

	처리실적/TEU	매출액/won
매출액/won	0.967**	
임직원수량/명	0.862**	0.862**

\*p<.05, \*\*p<.01

임직원수량, 매출액, 처리실적, 안벽길이 간의 상관관계는 <표 4-2>와 같이 유의수준 0.05에서 유의하다. 임직원수량, 매출액, 처리실적 간의 상관관계를 살펴보면, 임직원수량과 처리실적 간의 상관계수는 0.862, 임직원수량과 매출액 간의 상관계수는 0.868로 상관성이 매우 높게 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 <표 4-3>과 같이 투입과 산출지표 으로 분석되었다.

<표 4-3> 투입과 산출 모형

Inputs	DMU	Outputs
임직원수량	컨테이너 터미널	총 물동량
		매출액

## 제5장 실증분석

### 제1절 효율성 분석

부산항만의 9개 컨테이너 터미널 효율성을 분석하기 위하여 CCR모형, BCC모형과 규모효율성(SE)을 사용하여 분석하였다. 분석 결과에 효율성의 값이 “1”이라는 뜻은 비교하는 항만 사이의 상대적 효율성이다. 다음 <표 5-1>는 2012년 분석 대상의 효율성 분석이다.

<표 5-1> 2012년 분석 대상의 효율성 분석

DMU	CRS	VRS	SE	RTS
신항1부두	0.656	0.859	0.763	Increasing
신항2부두	1	1	1	Constant
신항3부두	0.914	0.919	0.994	Increasing
신항4부두	0.62	0.671	0.925	Increasing
신항5부두	0.2	0.412	0.485	Increasing
다목적부두	0.505	1	0.505	Increasing
자성대	0.634	0.733	0.865	Increasing
신선대	0.793	0.849	0.934	Increasing
신감만	0.592	0.796	0.744	Increasing
평균	0.657	0.804	0.744	-

RTS: reference technology can scale, 규모수익변화

2012년도에 CRS과 VRS 기준으로 신항2부두 효율성 값은 1.000로 높게 나타났다. CRS평균은 0.657로 나타났기에 신항1부두, 신항4부두, 신항5부

두, 다목적부두, 신감만의 경우 모두 평균치 이하로 기술효율성이 낮은 값으로 나타났다. 순수기술효율성의 경우 자성대, 신항4부두, 신항5부두가 평균 이하로 나타났다. 규모의 효율성에서는 다목적부두, 신항5부두가 각각 0.505, 0.485으로 낮은 값으로 상대적으로 비효율적인 운영을 하고 있는 것으로 나타났다. 전반적으로 보면, 신항5부두의 효율성이 다른 터미널보다 낮게 나타났는데 향후 지속적인 개선 필요성이 있음을 시사하고 있고 비효율성의 근본 이유는 주로 순기술적인 원인과 규모의 효율성 원인이 포함되어 있다.

<표 5-2> 2013년 분석 대상의 효율성 분석

DMU	CRS	VRS	SE	RTS
신항1부두	0.654	0.751	0.872	Increasing
신항2부두	1	1	1	Constant
신항3부두	1	1	1	Constant
신항4부두	0.812	0.813	0.998	Increasing
신항5부두	0.524	0.689	0.76	Increasing
다목적부두	0.441	1	0.441	Increasing
자성대	0.691	0.837	0.826	Increasing
신선대	0.63	0.723	0.871	Increasing
신감만	0.419	0.571	0.734	Increasing
평균	0.686	0.820	0.834	-

2013년에 분석 대상의 효율성 분석은 <표 5-2>와 같다. 결과를 살펴보면 신항2부두와 신항3부두 효율성 값은 모두 1.000로 높게 나타났다. CRS 평균은 0.686로 나타났고 2012년과 큰 차이가 없이 신항1부두, 신항5부두, 다목적부두, 신선대, 신감만 5개의 항만이 전체효율성의 평균치 이하로 나타났다. 그 중에 신항1부두, 신선대, 신감만은 상대적인 기술 비효율성 때문에 낮은 효율성 값을 초래했다. 다목적부두의 경우는 규모성 원인으로

야기되었다. 그리고, 신항5부두가 제일 비효율적인 값을 유지하고 있었다. 규모수익변화에서 7개 항만은 규모수확감소로 나타내며 규모효율성이 체감하는 것을 의미한다. 규모에 걸맞는 물동량의 확보가 필요한 것도 이런 이유에 기인한다. 현실적으로 규모를 축소할 수는 없기 때문에 물량을 확보하는 것 만이 효율성을 높일 수 있는 현실적 대안이다.

<표 5-3> 2014년 분석 대상의 효율성 분석

DMU	CRS	VRS	SE	RTS
신항1부두	0.581	0.693	0.838	Increasing
신항2부두	1	1	1	Constant
신항3부두	0.849	0.871	0.974	Increasing
신항4부두	0.926	0.942	0.983	Increasing
신항5부두	0.637	0.735	0.867	Increasing
다목적부두	0.529	1	0.529	Increasing
자성대	0.712	0.889	0.802	Increasing
신선대	0.728	0.814	0.895	Increasing
신감만	0.649	0.825	0.786	Increasing
평균	0.734	0.863	0.853	-

2014년도에 대상별 효율성 분석은 <표 5-3>과 같다. 결과를 살펴보면, 2012년과 같이 신항 2부두만 효율성 값이 모두 1.000로 높게 나타났다. CRS평균은 0.734로 나타났고 상위 3개 부두는 신항2부두, 신항4부두와 신항3부두이며 각각 1.000, 0.926, 0.849로 나타났다. 순기술효율성을 보면, 신항2~4부두와 자성대부두는 상대적으로 높은 효율성 값을 나타냈다. 또한, 규모의 효율성이 평균보다 높은 부두는 신항2부두(1.000), 신항4부두(0.983), 신항3부두(0.974), 신선대(0.895), 신항5부두(0.867) 순이다.

<표 5-4> 2015년 분석 대상의 효율성 분석

DMU	CRS	VRS	SE	RTS
신항1부두	0.536	0.635	0.844	Decreasing
신항2부두	0.798	1	0.798	Decreasing
신항3부두	0.622	0.763	0.816	Decreasing
신항4부두	0.633	0.764	0.627	Decreasing
신항5부두	0.498	0.546	0.828	Decreasing
다목적부두	0.395	1	0.395	Increasing
자성대	0.658	0.739	0.891	Decreasing
신선대	0.538	0.622	0.864	Decreasing
신감만	1	1	1	Constant
평균	0.631	0.785	0.817	-

2015년 분석 대상의 효율성 분석을 <표 5-4>와 같다. 효율성 결과를 보면, 신감만부두는 모두 1.000로 높게 나타났다. 규모효율성에서 평균치보다 높은 상위 5개 부두는 신감만(1.000), 자성대(0.891), 신선대(0.864), 신항1부두(0.844), 신항5부두(0.828)순으로 나타났다. 신항2부두는 순기술효율성이 “1” 유지되어 있지만 규모의 효율성 부족하는 현실으로 나타났다. 향후 규모에 대한 지속적인 개선 필요성이 있음을 시사하고 있다.

<표 5-5> 2016년 분석 대상의 효율성 분석

DMU	CRS	VRS	SE	RTS
신항1부두	0.585	0.633	0.925	Decreasing
신항2부두	0.902	1	0.902	Decreasing
신항3부두	0.53	0.574	0.923	Decreasing
신항4부두	0.716	0.781	0.917	Decreasing
신항5부두	0.688	0.734	0.938	Decreasing
다목적부두	0.034	1	0.034	Increasing
자성대	0.738	0.813	0.908	Decreasing
신선대	0.404	0.447	0.903	Decreasing
신감만	1	1	1	Constant
평균	0.622	0.776	0.828	-

2016년 분석 대상의 효율성 분석은 <표 5-5>와 같다. 효율성 결과를 보면, 2015년 결과와 같이 신감만부두의 효율성은 모두 1.000로 높게 나타났다. CRS 평균치 이상의 항만은 신감만(1.000), 신항5부두(0.938), 신항1부두(0.925), 신항3부두(0.923), 신항4부두(0.917), 자성대(0.908), 신선대(0.903) 그리고 신항2부두(0.902)순으로 나타났다.

2016년의 효율성 분석 결과를 보면 신항2부두의 규모효율성이 작년보다 올라가고 있었다. 신항3부두의 순기술효율성이 떨어지고 있었다. 또한, 규모효율성의 결과를 보면 다목적부두의 효율성 값이 0.034로 매우 낮은 값으로 나타났다. 즉, 비효율적인 상태로 나타났다. 다목적부두의 경우는 규모 개선이 더 필요하다는 것을 분석된다. 또한, 신선대, 신항1부두, 신항3부두와 신항5부두의 물류시스템 효율성은 다른 부두에 비하여 개선이 더 필요한 것으로 분석되어 있다.

## 제2절 Malmquist지수에 의한 분석

Malmquist 생산성 지수는 1953년에 Malmquist가 처음 제시했고 Caves, Christensen, Diewert이 1982년에서 이 지수를 생산 효율 변화에 응용하면서 보완되었다. 그 당시 엄청 큰 영향을 일으켰지만, 이 같은 이론에 관한 실증적 연구는 거의 없기 때문에 1994년까지 RolfFare 등이 이론의 콘텐츠와 데이터를 포락분석법이론(DEA)에 결합시켜 Malmquist지수를 광범위하게 응용했다. 지금은 금융·공업·의료 등의 분야에서 효율적으로 활용되고 계산한 결과를 바탕으로 비교 연구하는 경우 많이 쓰는 방법이다.

Malmquist 생산성 지수는 다양한 시기의 총요소 생산능력을 따져보는 것이다. 한편에서는 각 평가 단위의 효율적 안정성을 판단할 수 있고 다른 한편으로는 각 평가 단위의 효율성 변동 추세를 관찰할 수 있다. Malmquist 생산성 지수는 DEA법 변형으로써 어느 기간 동안의 효율적 프론티어와 의사결정단위의 이동을 지수형태로 측정한다. 생산성 변화 측정의 경우 많이 이용되고, 이 모형이 정보가 부족하거나 정확하게 추정하기 어려운 경우 또는 생산 비용의 극소화와 이익 극대화의 경우에 투입요소와 산출요소에 관한 정량적인 정보를 지수로 계산할 수 있다는 이점을 가진 모형이다.

Malmquist 생산성 지수의 결과 값(Malmquist Productivity Index, MPI)이 “1”보다 크면 전년대비 생산성의 성과가 증가하는 뜻이며, “1”보다 작으면 전년대비 생산성의 성과가 감소하는 것으로 해석이 된다.

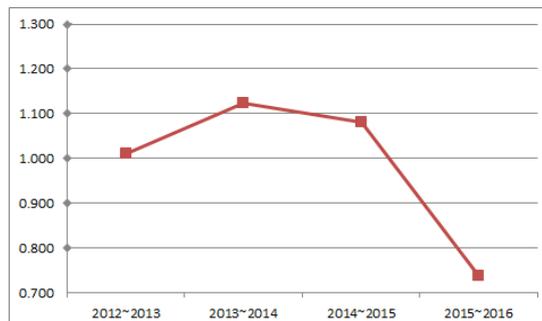
본 연구는 앞에 DEA분석할 때 쓰던 데이터를 토대로 Malmquist 생산성 지수를 분석하였으며, 각 터미널의 생산효율성 변화를 알아보려고 한다. 분석 결과를 보면, 기술적 효율성(Technical Efficiency: TE)은 과학기술에 의한 효과를 의미하며, 주로 과학기술 산업관리에 응용해 기존 자원을 효율적으로 이용하는 능력이 반영할 수 있다. 순기술효율성(Pure Technical Efficiency: PTE)은 기업들의 관리와 기술 등 요인에 의한 생산성이며 순기술효율성이 “1”이라면 현재 기술 수준에서 자원의 사용을 효율적으로 사용하는 것은 효율적이고 효율적이지 못 할 경우에 규모효율성을 어떻게 더 잘 발휘할 것 인가를 달려 있다.

맘퀴스트 지수를 이용한 터미널별 효율성 변화 분석 결과는 2012~2013년, 2013~2014년, 2014~2015년, 2015~2016년 각 연도별 효율성 변화 지수의 기하평균은 1.010, 1.123, 1.081, 0.738로 나오고 년도에 따라서 부산항의 효율성이 변화하는 것으로 나타났는데 <그림 5-1>과 같이 항만의 생산성

변화를 있다고 볼 수 있다.

<표 5-6> 맘퀴스트 지수를 이용한 터미널별 효율성 변화 분석 결과

DMU	2012~2013				2013~2014			
	MPI	TE	PTE	SEC	MPI	TE	PTE	SEC
신항1부두	0.909	0.998	0.873	1.142	0.965	0.888	0.923	0.962
신항2부두	0.908	1	1.000	1.000	1.067	1.000	1.000	1.000
신항3부두	1.079	1.094	1.088	1.006	0.816	0.849	0.871	0.974
신항4부두	1.244	1.309	1.212	1.079	1.087	1.141	1.158	0.985
신항5부두	2.397	2.623	1.673	1.568	1.237	1.216	1.067	1.140
다목적부두	0.861	0.873	1.000	0.873	1.142	1.201	1.000	1.201
자성대	1.02	1.09	1.142	0.954	1.088	1.031	1.062	0.971
신선대	0.724	0.795	0.852	0.933	1.255	1.155	1.125	1.027
신감만	0.645	0.708	0.718	0.987	1.61	1.546	1.444	1.027
평균	1.010	0.708	1.034	1.045	1.123	1.098	1.062	1.034
DMU	2014~2015				2015~2016			
	MPI	TE	PTE	SEC	MPI	TE	PTE	SEC
신항1부두	1.173	0.923	0.917	1.007	1.028	0.941	0.966	1.096
신항2부두	1.016	0.798	1.000	0.798	1.041	0.921	1.000	1.041
신항3부두	0.936	0.733	0.876	0.837	0.784	0.920	0.753	0.784
신항4부두	0.873	0.684	0.812	0.843	1.041	0.920	1.022	1.041
신항5부두	0.999	0.782	0.743	1.053	1.27	0.920	1.344	1.270
다목적부두	0.954	0.747	1.000	0.747	0.081	0.941	1.000	0.081
자성대	1.174	0.924	0.831	1.112	1.08	0.963	1.101	1.080
신선대	0.941	0.739	0.765	0.966	0.707	0.941	0.719	0.707
신감만	1.968	1.542	1.212	1.272	0.941	0.941	1.000	0.941
평균	1.081	0.848	0.896	0.946	0.738	0.934	0.977	0.738



<그림 5-1> 2012-2016년 동안 Malmquist 생산성 지수 변화

2012~2016년 동안에 Malmquist 생산성 지수 변화를 살펴보면 2012부터 2014년까지 생산성 지수가 올라가며 2014년부터 2016년 간의 생산성 지수가 떨어졌다. 또한, 2016년 부산항의 9개 터미널의 생산성 지수 는 0.738이고 종합(기술)효율성 지수는 0.934이고 순기술효율성 지수의 값은 0.977이다. 이에 따라서 항만의 종합(기술)효율성 값이 작게 나타났기 때문에 규모 효율성의 개선에 수력해야 한다.



## 제6장 결론

### 제1절 연구의 결과 및 요약

경제가 급속히 성장하고 글로벌화가 촉진되면 항만과 공항들 화물의 연결점을 본 연구는 선행연구에서는 연구에서는 선행연구에서 이미 사용된 변수들은 가급적 사용을 자제하고 항만의 효율성을 대표 할 수 있는 변수인 임직원수를 투입변수로 설명하였다. 또한, 심층적으로 부산항 중심으로 부산항 9개 터미널의 효율성을 측정할 것이다. 항만을 건설하는 것도 중요하지만 건설된 항만의 효율성을 높이는 것도 매우 중요하다.

연구의 의미는 다음과 같다. 첫째, 부산항의 효율성 수준을 판단하는 데 도움이 된다. 본 연구는 정확하고 효율적인 평가 수단으로 생산 능력을 최적화를 시키며, 항만 발전 계획을 세우는데 도움이 된다. 둘째, 항만 간의 효율적인 격차를 판단하는데 도움이 된다. 각 항만은 자체의 부족을 통해 경영전략을 조정하여 원가를 절감함으로써, 결국 각 항만의 경쟁력과 효율의 상승을 실현할 수 있다. 셋째, 항만의 최적화에 대해 이론적 근거를 제공한다. 항만의 발전을 향상 시키기 위하여 부두별 비효율적인 원인을 추구할 수 있다.

연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 2012-2016년 간의 부산항 9개 터미널 중에서 CCR과 BCC 기준으로 효율성이 높게 나타난 곳은 신항2부두 와 신감만부두였다. 그리고 2015년 이후 효율성이 낮게 나타나는 효율적 원인은 주로 기술적인 원인으로 볼 수 있다. 둘째, 여러 생산성 변화분석 방법

가운데 DEA를 이용한 맘퀴스트 생산성 변화 지수에 대해 초점을 맞추어서 논의를 했다. 또한, 여러 생산성 변화분석 방법 가운데 DEA를 이용한 맘퀴스트 생산성 지수에 통해 2015년 이후 부산항의생산성이 떨어진 결과를 분석되었다.

## 제2절 연구의 시사점

세계경제는 글로벌화 발전하면서 점점 많은 투자자들이 부두 건설을 선택 했다. 항만간의 경쟁은 갈수록 심화 되고 있으며, 이에 따른 문제도 끊이지 않고 있다. 지역 경제의 발전에 상당한 차이가 있기 때문에 항만의 자원 과잉이 초래 되고, 자원 배치가 항만 경제의 선순환을 가로막고 있기 때문이다.

본 연구는 선행연구에서 이미 사용된 변수들은 가급적 사용을 자제하고 항만의 효율성을 대표 할 수 있는 변수인 임직원수량을 투입변수로 설명하였다. 또한, DEA방법에 토대로 심층적으로 부산항 중심으로 부산항 9개 터미널의 효율성을 측정하였다. 앞으로 발전 전략 및 항만 간의 효율적인 격차를 판단하는 데 도움이 될 수 있을 뿐만 아니라 항만 자체의 부족을 통해 경영전략을 조정하여 원가를 절감함으로써 각 항만의 경쟁력과 효율의 상승을 실현하는 것에 도움이 된다.

연구 결과에 따르면 부산항의 경제와 기술 부단히 확대하는 동시에 기술적인 능력도 향상 시켜야 항만의 효율성이 올라갈 수 있는 것으로 전망된다.

### 제3절 연구의 한계점

본 연구의 한계점은 다음과 같다.

첫째, 연구 방법에 대한 한계점은 다음과 같다. DEA방법 고유의한계를 인정할 수 밖에없다. DEA 선행연구에서는 효율성의 연구 방법에는 투입과 산출요소에 상대적 가중치가 주관적이고 다양한 요소에 적용된 고정된 가중치가 고정됨으로써 투입요소 및 산출요소 간의 함수 관계를 계산하는 것이 매우 어렵다. 또한 통계적 회귀에서 많은 의사결정단위를 통해 성과를 평균하는 것은 각 의사결정단위의 변화 형태를 설명하지 못하는 한계성이 있다고 제시하였다. 그리고 생산하난 산업구조에서 모든 투입요소 및 산출요소를 전부적으로 고려하고 효율성을 측정하는 것이 어려움이다.

둘째, 과연 임지원수량이 항만 효율성 측정의 투입요소로서 적정한가의 문제가 제기될 수 있다. 경우에 따라서는 고용자수 측정에 오류가 있을 수 있고 이처럼 누적된 오류들이 결과의 왜곡을 초래할 수 있다. 향후보다 정교한 투입요소 선정 등 관련 연구가 뒤따라야 할 것이다.

셋째, 2016년에 신선대의 경우에는 항만 통합되어 있어서 매출액과 영업순이익 안 나와 있어 예측치로 분석되었다. 또한, 2017년에 신항2부두의 매출액은 2018년 3월에 공지될 예정이지만 아직까지 나와 있지 않아서 2016년까지 효율성만 분석했다.

## 참 고 문 헌

### <국내문헌>

- 김근섭(2016), 부산항 신항-북항 이원화 운영에 따른 사회적 비용 추정 연구, 「国际商学」, 제31권 제1호, pp.111-125.
- 나호수 · 이우 · 이경수(2008), 한국 5대 항만의 효율성에 대한 연구, 「한국항만경제학회지」, 제24권 제4호, pp.25-46.
- 나주몽 · 경성립(2010), 한 · 중 주요항만의 상대적 효율성과 생산구조의 경쟁력 분석: DEA(Data Envelopment Analysis)을 중심으로, 「한국동북아논총」, 제55집.
- 모수원 · 이광배(2010), 부산항 광양항의 컨테이너 터미널의 효율성, 「한국항만경제학회지」, 제26권 제2호, pp.139-149.
- 박길영(2016), 부산항 신항 배후단지의 경쟁력 제고 방안-북컨테이너 배후단지의 효율성 측정을 토대로, 박사학위논문.
- 박재현(2011), DEA를 통한 컨테이너항만의 상대적 효율성 분석에 관한 연구, 석사학위논문.
- 박호 · 감동진(2012), 국내 주요 4대 컨테이너 항만의 효율성 및 결정요인 분석, 「한국항만경제학회지」, 제28권 제3호, pp.73-89.
- 송재영 · 신창훈(2005), DEA 모형을 이용한 세계 주요 한만의 효율성 평가, 「한국항해항만학회지」, 제29권 제3호, pp.195-201.
- 이석용 · 서창갑(2006), 항만유형분류를 통한 국내 컨테이너 터미널 효율

성 평가에 관한 연구, 「대한경제학회지」, 제19권 제6호,  
pp.2237-2260.

장연지(2013), DEA를 이용한 국내 항만의 컨테이너 부두와 일반부두의  
효율성 분석, 석사학위논문.

종산(2016), 중국 항만체제 개혁 전·후 및 주요 항만효율성 변화에 관한  
연구, 석사학위논문.

### <국외문헌>

A.Charnes, T.Clark, W.W.Cooper, B.Golany(1985), A developmental  
study of data envelopment analysis in measuring the  
efficiency of maintenance units in the U.S. air force,  
Annals of Operations Research, Vol.2, pp.95-112.

A.Charnes, W.W.Cooper, B.Golany, S.Seiford(1985), Foundation of  
Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans  
Efficient Empirical Production Functions, Journal of  
Econometrics, Vol.30, No.1-2, pp.91-107.

A.Charnes, W.W.Cooper, E.Rhodes(1978), Measuring The  
Efficiency of Decision Making Units, European Journal  
of Operational Research, Vol.2, pp.429-444.

A.Charnes, W.W.Cooper, Q.L.Wei, Z.M.Huang(1989), Cone Ratio  
Data Envelopment Analysis and Multi-objective

- Programming, Internation Journal of Systems Science, Vol.20, pp.1099–1118.
- A.Charnes, W.W.Cooper(1962), Programming With Linear Fraction Functionals, Naval Research Logistics Quarterly, Vol.15, pp.333–334.
- J.Tongzon(2001), Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis, Transportation Research Part A, Vol.31, No.35, pp.113–128.
- M.J.Farrell(1957),The Measurement of Production Efficiency, Journal of Royal Statistical Society, Vol.120, pp.253–290.
- M.Oral, R.Yolalan(1990), An Empirical Study on Measuring Operating Efficiency and Profitability of Bank Branches, European Journal of Operational Research, Vol.46, pp.282–294.
- R.D.BANKER · A.CHARNES · W.W.COOPER(1984), Some Models For Estimating Technical and Scale Iefficiencies In Data Envelopment Analysis, MANAGEMENT SCIENCE, pp.1078–1091.
- R.M.Thrall(2000), Measures in DEA with An Application to The Malmquist Index, Jouanal of Productivity Analysis, Vol.13, pp.25–137.

<부 록> 각 부두별 투입요소와 산출요소

year	DMU berth	산출요소		투입요소
		처리실적/TEU	매출액/won	임지원수량/명
2012	신항1부두	1,220,233	46,762,471,065	329
2012	신항2부두	3,280,016	161,994,031,741	580
2012	신항3부두	2,442,636	153,116,540,312	600
2012	신항4부두	1,988,675	101,702,128,770	587
2012	신항5부두	459,969	23,428,556,007	420
2012	신항다목적	51,042	16,063,823,188	114
2012	자성대	1,286,489	70,649,386,016	399
2012	신선대	2,372,698	98,890,798,276	529
2012	신감안	1,141,941	51,851,712,265	341
2013	신항1부두	1,747,307	70,805,802,498	518
2013	신항2부두	3,299,457	159,997,865,317	640
2013	신항3부두	2,375,614	138,203,244,130	502
2013	신항4부두	2,391,890	137,942,229,754	620
2013	신항5부두	1,099,366	54,766,572,284	412
2013	신항다목적	49,700	13,828,758,274	114
2013	자성대	13,66,534	69,080,601,819	391
2013	신선대	1,744,861	70,247,814,543	537
2013	신감안	1,032,732	50,187,750,354	478
2014	신항1부두	1,712,729	68,892,558,998	526
2014	신항2부두	3,895,202	181,948,204,908	695
2014	신항3부두	2,467,741	137,532,781,106	619
2014	신항4부두	2,552,383	150,267,886,368	620
2014	신항5부두	1,305,610	68,734,629,354	412
2014	신항다목적	32,398	15,232,915,526	110
2014	자성대	1,476,998	67,803,105,585	370
2014	신선대	2,190,665	98,148,463,760	537
2014	신감안	1,185,608	58,575,561,553	345
2015	신항1부두	2,420,860	103,996,272,698	634
2015	신항2부두	4,296,221	201,373,595,491	756
2015	신항3부두	2,555,966	152,030,463,759	731
2015	신항4부두	2,320,661	131,180,145,260	620
2015	신항5부두	1,261,535	72,135,544,346	433
2015	신항다목적	21,124	14,525,018,874	110
2015	자성대	1,729,414	74,573,389,934	369
2015	신선대	2,018,571	95,952,175,018	534
2015	신감안	1,110,635	52,136,916,658	156

year	DMU berth	산출요소		투입요소
		처리실적/TEU	매출액/won	임지원수량/명
2016	신항2부두	4,626,435	221,369,021,094	798
2016	신항3부두	1,925,545	119,252,555,163	731
2016	신항4부두	2,322,166	136,564,582,510	620
2016	신항5부두	1,541,859	91,642,889,955	433
2016	신항다목적	25,689	626,634,539	110
2016	자성대	1,867,428	80,747,214,084	369
2016	신선대	1,956,757	93,013,864,824	707
2016	신감안	1,069,650	47,985,938,685	156

출처: 부산항 부두별 컨테이너화물 처리실적, BPA-NET;  
 감사보고서—재무제표—손익계산서, DART;  
 부산항 컨테이너 전용부두 시설현황, BPA-NET.

