

DEA 기법을 활용한 컨테이너터미널 생산성 측정에 관한 연구[†]

(A Study on the Measuring Model of Productivity
Using DEA in Container Terminal)

최형림*, 박남규**, 권해경***, 유동호****, 임성택*****,
이선용*****, 정봉진*****

(Hyung-Rim Choi, Nam-Kyu Park, Hae-Kyoung Kwon, Dong-Ho Yoo,
Sung-Taeck Lim, Sun-Yong Lee, Bong-Jin Jung)

요약 현재 선박의 대형화 및 선박의 운항시간 단축 요구 등의 환경변화에 따라 컨테이너터미널의 생산성 향상이 요구되고 있다. 컨테이너터미널의 생산성은 어떠한 생산성 평가 모델을 이용하여 생산성을 측정하는지와 투입요소인 장치장, 장비, 종업원, 시설 등의 개별적인 투입요소에 따라 서로 다른 측정 결과가 나온다. 그러나 컨테이너터미널의 생산성을 측정하는데 단순히 부분적인 생산성 평가 모델이나 기존의 일반적인 투입 요소만으로 생산성의 정도를 평가하는 것은 문제점을 가지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 컨테이너터미널의 생산성을 측정하기 위해, 기존의 컨테이너터미널 생산성 평가 모델에 관한 분석 및 투입과 산출의 명확한 인과관계를 밝히기 어려운 의사결정단위들의 상대적 효율성을 평가하기 위해 개발된 자료포락분석(DEA) 기법을 활용하여 컨테이너터미널의 생산성을 평가하고자 한다. 더불어 투입요소의 변화에 따라 생산성의 측정 결과가 어떻게 변화하는지 파악하여 보다 정확한 생산성 평가 모델을 제시하고자 한다.

핵심주제어 : 컨테이너터미널, 생산성, 자료포락분석(DEA)

Abstract In order to strengthen the competitiveness of port against calling for the huge vessel and reducing the shipping service time, the productivity of container terminal must be improved. This productivity variously results according to the kinds of productivity evaluation model, input elements like yard, equipment, employee, facility, etc.,. But, it is discussed that the productivity is measured by partial productivity evaluation model or general input elements. Therefore, we measured for the productivity of the container terminal using the Developed the data Envelopment Analysis (DEA), which is developed in order to evaluate the relative efficiency of decision making units - it's difficult to clear cause and effect between input and output. We measured the whole productivity of container terminal in Busan according to decision of the correct input elements. And we investigated the change of the productivity measurement result according to input elements, presents more accurate productivity evaluation model in container terminal.

Key Words : container terminal, productivity, Development the data Envelopment Analysis

[†] 본 논문은 산업자원부의 출연금 등으로 수행한 지역전략산업 석박사 연구인력 양성사업의 연구 결과입니다.

* 동아대학교 경영정보과학부

** 동명대학교 유통경영학과

*** 동아대학교 대학원 항만·물류시스템학과

**** 동아대학교 대학원 경영정보학과

***** 동아대학교 대학원 항만·물류시스템학과

***** 한국물류정보통신(주)

***** (주)아이콘트롤스

1. 서론

컨테이너터미널의 종합적 경쟁력은 다양한 요소로 나타낼 수 있으나, 화물의 량, 지리 경제적 여건, 부두시설과 하역장비인 하드웨어와 항만 정보, 화물정보 등 소프트웨어 구비, 항만사용료나 하역료의 적절성, 항만의 운영탄력성, 통관의 용이도 등으로 측정할 수 있다. 그러나, 선사가 컨테이너 정기선의 기항을 선택할 때, 항만 자체의 제반 요소를 제외한다면 터미널의 하역 생산성은 기항의 중요한 요인으로 작용한다. 그리고 글로벌 기업들의 물류활동의 강화를 위한 운송시간의 감소 요구와 선박의 대형화로 인한 선사들의 하역시간을 단축 요구를 만족시키기 위해서는 컨테이너터미널의 하역 생산성의 향상은 더욱 중요하게 대두되고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 부산항이 동북아 중추항만으로 거듭나기 위해서는 생산성이 높은 항만이 되어야 한다. 그러나 현재 부산항의 하역 생산성은 경쟁항만에 비해 저조한 상태로 항만의 생산성을 향상시키기 위해서는 우선 컨테이너터미널의 생산성에 관한 정확한 평가가 이루어질 수 있어야 한다. 정확한 평가만이 무엇이 생산성을 저하시키는 요인인지를 찾아낼 수 있으며, 생산성을 저하시키는 요인에 대한 극복 방안을 마련할 수 있을 것이다.

컨테이너터미널의 생산성 측정은 투입요소인 장치장 면적, 장비, 종업원, 시설 등의 개별적인 투입요소에 따라 서로 다른 측정 결과가 나온다. 기존의 생산성 평가에 관한 연구는 부분 생산성 측정을 통한 컨테이너터미널 생산성 분석에 대한 연구가 대부분이다. 이러한 생산성 측정 방식은 현재 컨테이너터미널의 부분적인 생산성 저하요인을 찾아내기에 유용한 방법이다. 그러나 컨테이너터미널의 경우 각각의 부분에서의 투입요소들이 유기적인 관계로 이루어져있고 평가되는 대상들이 각기 조금씩 다른 형태를 취하고 있으므로 전체 컨테이너터미널의 생산성을 평가하기에 부분 생산성 측정만으로 전체 컨테이너터미널의 생산성을 나타내기에는 부족한 점이 있다. 그리고 전체 터미널의 전체 생산성을 측정하는 방법들 또한 터미널의 실정에 맞는 측정지표를 사용하지 못하고 있는 실정이다. 이로 인

해 컨테이너터미널의 생산성을 평가하고 이에 따른 후속 대처방안을 마련하기에는 문제가 있다.

본 연구에서는 그 동안의 컨테이너터미널 생산성 평가 방법을 살펴보고 컨테이너터미널의 전체 생산성을 평가하기 위한 정확한 평가 모형을 제안하고자 한다. 이를 통해 기존의 평가방식의 한계를 찾아내고, 제안된 모형을 이용하여 부산항의 각 컨테이너터미널의 생산성을 측정하여 터미널의 생산성 저하 요인을 분석하고자 한다.

본 연구의 2장에서는 컨테이너터미널의 생산성 관련 최근 연구들을 고찰할 것이고, 3장에서는 컨테이너터미널의 생산성을 측정 모형을 제안하고, 4장에서는 제안된 모형을 이용하여 부산항 컨테이너터미널의 생산성을 평가 분석하고자 한다.

2. 컨테이너터미널의 생산성

생산성은 일반적으로 투입자원에 대한 산출량을 의미하는 것으로 모든 기업과 조직에 있어 생산 활동이 건설하게 진행되고 있는지에 대한 척도라고 할 수 있다. 생산성의 측정을 통해 조직의 생산 활동 측정, 현황 파악, 개선방향의 제시, 지속적인 모니터링과 피드백 활동을 가능하게 할 수 있다. 이러한 활동을 위해서 컨테이너터미널이나 항만의 생산성 측정 방식에 대해서도 국내외의 많은 선행연구들이 진행되었다.

정승호, 하원익은 컨테이너터미널에서 선박접안시간을 단축시키는 것은 항비를 절감시키며, 아울러 하역 원가를 낮추기 때문에 하역요율을 낮추는 효과가 있다고 주장하였다. 생산성 산정의 기준을 시간으로 보고 국내·외 컨테이너터미널을 비교하고, 국내 컨테이너터미널의 생산성을 향상시키기 위해서는 선사와의 협의 등을 통하여 화물반입마감시간을 준수하고 인접 선석 운영사와의 크레인 및 선석의 공동사용 방안을 주장하였다[1].

山田英夫는 컨테이너터미널의 생산성을 안벽 길이 당 연간 컨테이너 취급량으로 보며 허브항만으로 발전하기 위해서는 저비용과 편리성을 제공해야한다고 하였다[2].

허윤수, 하원익, 정승호는 부산항 컨테이너터

미널 생산성을 총선석 생산성과 순선석 생산성, 총크레인 생산성과 순크레인 생산성을 사용하여 평가하였다. 컨테이너터미널 생산성은 본선작업에 연관된 요소보다는 컨테이너 야드 운영과 관련된 요소에 영향을 받는다고 하였으며, 컨테이너터미널의 내부환경요소에 관하여 기술하고 있다[3].

윤동한은 항만 생산성의 다양한 지표에 관해서 설명하면서 항만 전문가들이 서로 강조하는 내용이 다를 경우 지표 중에서 가장 유용하다고 생각하는 특정지표를 사용할 수 있다고 소개하고 있다[4].

Peter는 컨테이너터미널 생산성 측정을 컨테이너터미널 자원을 사용하여 작업을 달성할 때 외국객의 필요조건에 대처하는 능력이라고 정의하고 있다. 또한 생산성 측정의 범위를 선박, 야드, 게이트, 장비로 나누어서 설명하고 있다[5].

Thomas 등은 컨테이너터미널 생산성을 핵심 장비의 사용, 정박 이용 비율, 배의 하역/적재 비율, 컨테이너터미널 지역 당 처리량으로 보고 있다[6].

위의 논문들의 대부분은 부분 생산성을 이용하여 컨테이너터미널의 생산성을 측정하는 방법을 제시하고 있음을 알 수 있다. 부분 생산성을 이용하여 생산성을 측정하는 방법은 단위 투입물의 생산성을 간단히 파악할 수 있다는 장점은 있으나, 투입물 전체를 고려한 생산성을 측정하지 못하여 생기게 되는 조직전체의 진정한 생산성에 대한 오류를 유발할 수 있다는 단점을 가진다.

이외에도 부분 생산성과는 다른 측면에서 컨테이너터미널의 생산성을 평가하고자 한 시도가 있었다. 즉 컨테이너터미널의 각 부분을 하나씩 떼어서 생각하지 않고 하나의 유기적인 것으로 생산성 측정을 시도하였다.

임종섭, 김태우는 항목별 부분 생산성에 AHP 분석 방법을 활용하여 요소별 가중치 산정을 통해서 총 생산성을 측정할 수 있다고 말하고 있다[7].

박노경은 변수들의 선형결합으로 표시되는 새로운 주성분을 찾아서 이를 통하여 자료의 요약과 용이한 해석을 목적으로 하는 주성분분석법(Principal Component Analysis)을 사용하여 생산성을 평가하였다. PCA순위와 DEA 사이에는

매우 높은 상관관계가 있다는 것을 보여주었으며, 세계의 22개 항만을 주성분분석을 통하여 순위를 결정한 것과 DEA의 CCR모형을 이용하여 순위를 결정한 것 사이의 상관관계가 있다는 것을 보여 주고 있다[8].

강상곤은 항만 효율성은 컨테이너 처리량에 따른 투입자료의 대비로 컨테이너터미널의 효율성은 개별 컨테이너터미널 시설 및 장비의 수와 컨테이너 처리량의 다수에 따라 효율성이 산정된다고 하였다. 따라서 투입과 산출의 명확한 인과관계를 밝히기 어려울 때 효율성을 평가하는 DEA 기법이 유용하다는 주장을 하였으며, 이 방법을 이용하여 세계 각국의 항만과 컨테이너터미널의 효율성을 비교분석하였다. 분석 결과 비효율적이라고 분석된 항만 및 컨테이너터미널의 경우, 효율적인 항만 및 컨테이너터미널과 비교하여 효율적인 항만 및 컨테이너터미널이 될 수 있는 방안이 있음을 강조하였다. 논문을 통하여 DEA를 이용한 항만 및 컨테이너터미널의 효율성 분석에 대한 타당성을 제공하였다[9].

컨테이너터미널의 총생산성에 관한 기존의 연구들은 터미널 생산성 산정 시 각 터미널이 가지는 개별적 상황에 대한 충분한 고려가 이루어지지 않는 한계를 지니고 있을 뿐 아니라, 투입요소 결정 시 선정기준에 대한 명확한 기준을 제시하지 못한 한계를 가진다. 그리고 규모의 차이가 있거나 제공 서비스가 차이 나는 컨테이너 터미널에 대해 동일한 투입요소를 사용하여 비교 측정함으로써 생산성에 대한 상대적 평가의 오류를 보이고 있다는 점을 지적되고 있다. 따라서 본 연구에서는 위의 문제점을 해결하기 위한 컨테이너 터미널의 생산성 측정모형을 DEA 기법을 이용하여 개발한 다음, 컨테이너터미널의 생산성을 상대적으로 측정을 시도하고자 한다. 나아가 이들 생산성이 기존 방식의 생산성과의 달리 나타나는 이유에 대한 함의를 찾고자 한다.

3. 컨테이너터미널 생산성 측정 모형

컨테이너터미널 생산성을 평가하는 방법은 여

러 가지가 있다. 그중에서도 가장 대표적인 방법은 각 부분별로 생산성을 평가하는 방법이다.

3.1 부분 생산성 측정 모형

가. 시설물 생산성

컨테이너터미널 생산성 측정에는 다양한 지표들이 사용된다. 그 중에서도 시설물 생산성이란 컨테이너터미널의 시설물에 대한 생산성을 지표로서 측정지표는 아래와 같다.(Thomas, 2000)

- 선석당 생산성 = $\frac{\text{본선처리실적}}{\text{선석수}}$
- 안벽 길이당 생산성 = $\frac{\text{본선처리실적}}{\text{안벽길이}}$
- 야드 면적당 생산성 = $\frac{\text{본선처리실적}}{\text{야드면적}}$
- C/C 1기당 처리량 = $\frac{\text{본선처리실적}}{\text{C/C보유대수}}$
- 게이트 처리량 = $\frac{\text{게이트총반출입물량}}{\text{일일순작업시간} \times \text{연간작업일수}}$

나. 종업원 생산성

종업원 생산성은 총 근로자 생산성과 순 근로자 생산성으로 나뉘어 지며 이들 지표의 해석도 달라지게 된다. 컨테이너터미널에서 근무하는 총 근로자를 기준으로 1인당 처리하는 작업량으로 산정되는 총 근로자 1인당 처리량은 컨테이너터미널의 컨테이너터미널 운영의 경쟁력과 근로자 채용에 있어서 유용한 도움을 준다. 하역 작업에 투입되는 순수 하역 근로자 1인당 처리하는 작업량으로 선정되는 순 근로자 1인당 처리량은 현장근무자의 노동집약도, 현장근무자 채용의 유연성, 총 하역비 수입 대비 인건비 지출 정도에 따라 경쟁력 및 자동화 전환 시점을 나타낸다[6].

- 총 근로자 1인당 처리량 = $\frac{\text{처리실적}}{\text{총근로자수}}$
- 순 하역인력 1인당 처리실적 = $\frac{\text{처리실적}}{\text{순수하역참가근로자수}}$

다. 선박작업 생산성

선박작업 생산성은 선박의 정박 이용비율, 컨

테이너터미널에서 핵심장비의 사용비율 등을 이용하여 계산한다. 그 계산식은 아래와 같다[6].

- 선석접안율 = $\frac{\text{연간작업일수} \times \text{일일작업시간} \times \text{선석수}}{\text{총접안시간}}$
- 총 선석 생산성 = $\frac{\text{본선처리실적}}{\text{총접안시간}}$
- 순 선석 생산성 = $\frac{\text{본선처리실적}}{\text{순작업시간}}$
- 총 장비생산성 = $\frac{\text{본선처리실적}}{\text{크레인총작업시간}}$
- 순 장비생산성 = $\frac{\text{본선처리실적}}{\text{크레인총작업시간} - \text{작업중단시간}}$

선석접안율의 경우 접안율이 높으면 선박의 대기시간이 길어지고 낮으면 컨테이너터미널 이용의 효율성이 낮아지게 되므로 적정 접안율의 유지가 중요하다. 선석 당 생산성은 하역요금과 함께 선사의 컨테이너터미널 선택 시 가장 중요한 요소이다. 장비 생산성은 컨테이너터미널의 핵심장비인 컨테이너크레인의 생산성을 나타내어주는 지표가 된다.

3.2 전체 생산성 측정을 위한 DEA 모형

DEA는 투입과 산출의 명확한 인과관계를 밝히기 어려운 의사결정단위들(Decision Making Unit)의 상대적 효율성을 평가하기 위해 개발된 기법으로 컨테이너터미널의 상대적 생산성을 측정하기에 적합한 방법이다. 본 연구에서 사용되어진 DEA 모형은 아래와 같다.

$$\cdot \text{효율성} = \frac{\sum_{r=1}^s (\text{산출가중치}_r)(\text{산출}_r)}{\sum_{k=1}^t (\text{투입가중치}_k)(\text{투입}_k)} = \frac{\text{산출물가중합}}{\text{투입물가중합}}$$

DEA 모형을 이용한 컨테이너터미널의 생산성 평가를 위해서는 투입요소의 결정이 무엇보다도 중요하다. 이를 위해 본 연구에서는 3가지의 모형에 대해 생산성을 평가하고자 한다.

첫째, 일반적으로 생산성 측정에서 사용되는

투입요소인 선석 수, 안벽의 길이, 야드 면적, 근로자 수, 장비 수(C/C, Y/T, T/C)을 사용해서 생산성을 평가한다.

둘째, 투입 요소 중 중복되는 투입요소의 경우 정확하지 않은 투입요소는 제외시키고, 평가하는 대상들의 기준이 다른 투입요소의 경우 제외를 시킨다. 예를 들면, 선석의 경우 선박의 크기에 따라서는 동일한 안벽에 정박할 수 있는 선박의 수가 틀리므로 선석 수는 정확한 투입요소로 사용할 수 없으므로 제외한다.

셋째, 정확한 평가를 위해 동일한 조건으로 생산성을 평가하기 위해 장비와 인원에 있어서 정확한 투입값을 사용해서 생산성을 측정한다. 예를 들면, T/C의 경우 각 터미널이 보유하고 있는 장비의 성능이 차이가 남에도 불구하고 단순히 장비의 대수를 투입요소로 사용하는 것은 정확한 생산성 평가를 내리는데 방해요소가 된다. 세 가지의 투입요소를 조정하여 DEA 모형을 이용해서 각 컨테이너터미널 간의 생산성을 평가한다.

4. 부산항 컨테이너터미널 생산성 측정

4.1 부산항 컨테이너터미널 현황

현재 부산항에는 9개의 컨테이너 전용 터미널이 있다. 이들 컨테이너터미널은 4~5개 선석을 운영하는 컨테이너터미널과 2~2.5개 선석을 운영하는 컨테이너터미널, 1개 선석을 운영하는 컨테이너터미널로 나눌 수 있다. A와 B는 4~5개 선석을 운영하는 컨테이너터미널이고, C, D, E는 2~2.5개 선석을 운영하는 컨테이너터미널이다. 나머지 F~G는 1개 선석을 운영하는 컨테이너터미널이다. 현재 부산항 컨테이너터미널의 기본 제원, 시설 현황은 <표 1>과 같고, 각 컨테이너터미널들의 장비, 인원 및 2002년도 연간 처리량은 <표 2>와 같다.

<표 1> 부산항 컨테이너터미널의 시설

구분	A	B	C	D	E	F	G	H	I
선석 수	4	5	2.5	2.5	2	1	1	1	1
안벽길이 (m)	1,200	1,447	826	500	600	350	350	350	350
전면수심 (m)	-14~15	-12.5	-12~15	-11	-13	-15	-15	-15	-15
하역능력 (만TEU)	120	120	65	27	34	30	30	30	30
접안능력 (만톤/선석)	5/4	5/4+1/1	5/2+5/1	2/1+5/1	5/2	5/1	5/1	5/1	5/1
부지면적 (㎡)	1,039	647	308	184	148	182.8	182.8	182.7	182.7

<표 2> 부산항 컨테이너터미널의 제원

컨테이너터미널	순 근로자 수 (명)	장비 대수				연간처리량 (TEU)
		CC	TC	YT	기타	
A	486	11	26	88	R/S 5 F/L 6	1,585,114
B	465	11	24	121	R/S 4 F/L 3	1,602,918
C	232	7	15	49	R/S 2	533,016
D	140	5	10	25	R/S 2	513,646
E	130	4	9	16	R/S 1	541,983
F	144	4	9	16		609,563
G	148	4	8	16		692,962
H	128	3	9	9		542,594
I	122	3	8	9	F/L 1	506,626

<표 1, 2>의 출처: 부산항 컨테이너터미널을 방문하여 조사한 자료임

4.2 부분 생산성 측정 모형에 의한 생산성

일반적으로 컨테이너터미널의 부분별 생산성을 측정하는 방법은 컨테이너터미널의 시설물의 생산성을 나타내는 시설물 생산성, 근로자들의 생산성을 나타내는 종업원 생산성, 선박에 의한 생산성을 나타내는 선박작업 생산성이 사용된다. 기존의 부분 생산성 측정방법으로 생산성을 측정할 결과는 <표 3>과 같다. 본 연구에서 측정한 생산성 지표는 시설물 생산성, 종업원생산성, 선박작업 당 생산성이다.

부분생산성 측정 모형을 통하여 평가한 결과 1개 선석을 운영하는 컨테이너터미널의 경우 대체적으로 생산성이 높았으며, 4~5개 선석을 운

영하는 컨테이너터미널, 2~2.5개 선석을 운영하는 컨테이너터미널의 순으로 나타났다.

<표 3> 부산항 컨테이너터미널 부분 생산성 평가

구분		A	B	C	D	E	F	G	H	I
시설물 생산성	선석당 단위처리량(TEU)	386279	320584	213226	215468	270492	619588	682982	542594	506636
	안벽 길이당 단위처리량(TEU)	1320	1170	645	1027	903	1741	1979	1550	1447
	야드 면적당 단위처리량(TEU)	781	1347	1059	1093	1694	2390	2717	2128	1987
	C/C 1기당 단위처리량(TEU)	144101	138667	76145	102729	135485	238189	230957	180884	168875
	평균 순위	5	6	9	8	7	2	1	3	4
종업원 생산성	총근로자 1인당 단위처리량(TEU)	238	2473	1645	2445	2913	3079	3182	2740	258
	순근로자 1인당 단위처리량(TEU)	361	3447	2297	3088	4169	4233	4382	4239	4152
	평균 순위	6	6	9	6	4	2	1	3	5
	선석 점유율	54.86	63.70	34.25	67.36	38.97	59.38	77.32	55.67	64.71
선박 작업 생산성	선석당총생산성(Va n/hr)	49.33	45.95	32.73	30.23	50.48	58.60	67.81	68.13	58.44
	선석당생산성(Va n/hr)	53.15	48.36	39.48	35.25	54.47	63.22	70.99	72.36	63.65
	크레인총생산성(Va n/hr)	19.91	19.59	16.59	19.44	23.09	22.86	25.89	25.63	54.16
	크레인순생산성(Va n/hr)	23.49	24.04	21.39	26.12	27.95	26.73	28.52	30.57	27.88
	평균 순위	5	7	9	8	6	4	1	2	3
전체 종합 순위	5	7	9	8	6	3	1	2	4	

4.3 전체 투입요소를 이용한 DEA 모형 결과

컨테이너터미널의 전체 생산성을 측정하기 위하여 부분 생산성 측정 지표에서 사용된 투입요소를 이용하여 DEA를 통해 컨테이너터미널의 생산성을 측정한다. 이를 위해 선석 수, 안벽의 길이, 야드 면적, 총 근로자 수, 장비 수(C/C, Y/T, T/C)를 투입요소로 두고 각 터미널의 연간처리량을 산출로 두고 각 컨테이너터미널의 상대적 생산성을 측정한다. 그 결과는 table 4와 같다. 부분 측정지표의 투입요소를 이용한 DEA 모형으로 컨테이너터미널의 생산성 측정 결과 D, E, F터미널이 생산성이 높게 나타났다. 이는 부분생산성 측정결과와는 상반된 내용으로 특히 부분 생산성 측정 시 생산성이 낮은 터미널이었던, D,E 터미널의 경우 본 모형 사용 시 생산성이 높게 측정되었다.

즉, 부분생산성 측정 모형을 통하여 생산성을 측정하였을 때는 선석에 따라서 생산성이 달라졌으나, 부분적이 아닌 종합적으로 보았을 경우 운영하는 선석의 수가 생산성에 미치는 영향은

적다고 볼 수 있다.

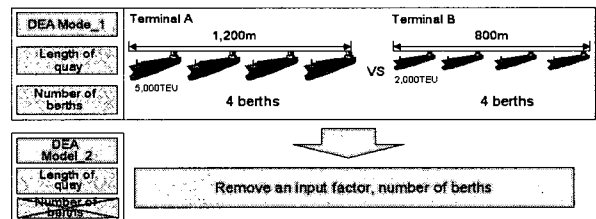
<표 4> DEA 모델_1을 이용한 부산항 컨테이너터미널 생산성 평가

구분	A	B	C	D	E	F	G	H	I
효율성	0.78	0.9	0.59	1	1	0.9	1	0.9	0.88
참고대상 터미널*	E, G	E, G	E, G			G		G	G

* 참고대상 터미널은 각 터미널의 효율성 향상을 위해 참고해야할 터미널을 나타냄.

4.4 중복 투입요소를 제외한 DEA 모형 결과

부산항의 경우 컨테이너터미널마다 선석에 접안 가능한 선박의 크기가 틀리기 때문에 선석 수는 투입요소로 적합하지 않으며, 안벽의 길이가 선석 수에 비해 정확한 투입요소이므로 선석 수를 제외하고 안벽의 길이만을 투입요소로 선정하였다. 컨테이너 야드 면적의 경우도 현재 On-dock 서비스를 제공하는 컨테이너터미널과 제공하지 않는 컨테이너터미널은 서비스의 내용이 차이가 있으므로 DMU(Decision Making Unit)간의 성격이 유사해야 한다는 DEA의 기본 조건에 부합되므로 제외되어야 한다.



<그림 2> DEA 모델_2의 예

종업원 생산성 측면에서 운영사에 따라서 3조 2교대, 2조2교대, 1개 선석을 운영하는 컨테이너터미널의 경우는 본사가 따로 존재하는 등으로 인한 총 근로자 수의 차이에 따른 생산성의 차이가 크다. 따라서 실제 작업을 하는 순 근로자 수로 제한하였다.

이러한 중복투입요소를 제외한 DEA모형으로 컨테이너터미널의 생산성 측정한 전체 투입요소를 이용한 모형의 결과와는 달리 D터미널의 경우 생산성이 상대적으로 낮은 것으로 측정되었

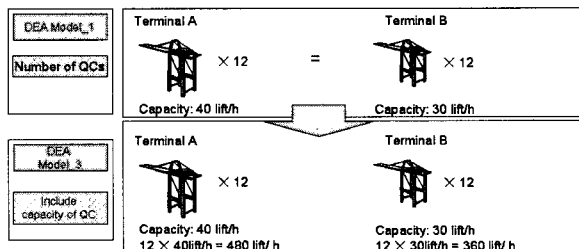
다(<표 5>). D터미널의 경우 야드 면적이 비교적 좁으므로 야드 면적을 투입 요소로 제외시키고, 근로자의 투입 요소도 순 근로자 수로 하였을 경우, 다른 터미널에 비해 생산성이 낮게 나온다는 것을 알 수 있다.

<표 5> DEA 모델_2를 이용한 부산항 컨테이너터미널 생산성 평가

구분	A	B	C	D	E	F	G	H	I
효율성	0.8422	0.9435	0.5844	0.7835	1	0.9040	1	1	0.9960
참고대상 터미널	E, G	E, G	E, G	G		G			G, H

4.5 동일한 조건의 투입요소를 이용한 DEA 모형 결과

각 컨테이너터미널이 보유하고 있는 장비의 성능이 각기 상이하기 때문에 장비 대수를 투입량으로 한다면 동일한 장비 대수가 투입이 되더라도 장비의 성능이 뛰어나다면 산출량이 증가하게 된다. 정확한 투입량을 나타내기 위해 새로운 투입요소로 장비 투입요소에서 장비 대수에 각 장비별 제원 처리 능력을 곱한 값을 사용함으로써 정확한 장비 투입량으로 생산성을 측정할 수 있다.



<그림 3> DEA 모델_3의 예

인원 요소에서는 기존의 자료에서는 용역 인원이 제외되어 있고, 기존의 인원수의 경우 외부 용역 인원의 수가 적용되지 않은 투입량으로 정확한 투입량을 산정하기 위해 용역 인원을 포함한 전체 인원의 총 근무시간을 투입요소로 사용한다.

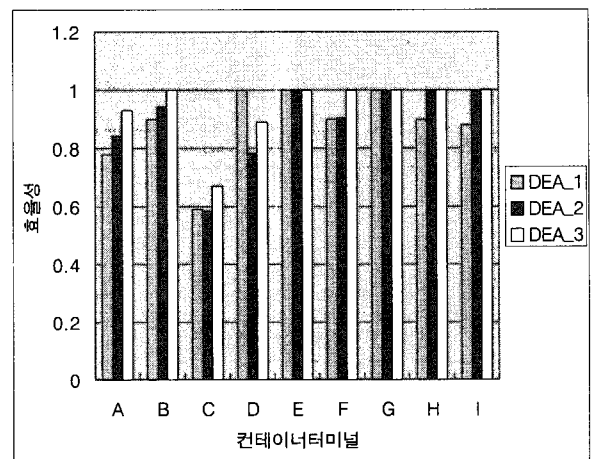
이를 통해 터미널 간의 동일한 조건의 투입량을 통해 생산성을 측정할 수 있다. 정확한 투입량을 나타내기 위해 새로운 투입요소로 장비 투입

요소에서 장비 대수에 각 장비별 생산성을 곱한 값을 사용한 DEA모형의 경우 장비가 비교적 최신 장비인 터미널의 경우 생산성이 높게 나온다는 것을 알 수 있었다. 그리고 비교적 최근에 건설된 터미널들의 경우 <표 6>과 같이 생산성이 차이가 나지 않는다는 것을 알 수가 있다.

<표 6> DEA 모델_3을 이용한 부산항 컨테이너터미널 생산성 평가

구분	A	B	C	D	E	F	G	H	I
효율성	0.93	1	0.67	0.89	1	1	1	1	1
참고대상 터미널	B, F, I		D, E, I	D, E, F, H, I					

각 모형에 따른 컨테이너터미널의 생산성을 측정해 본 결과 투입요소를 어떻게 두느냐에 따라 생산성이 다르게 평가된다는 것을 알 수 있다. 전체 투입요소를 이용한 DEA 모형에서 생산성이 낮게 나왔던 A, B터미널의 경우 투입요소를 정확하게 반영하였을 때 터미널의 생산성이 낮지 않다는 것을 알 수 있다. 그리고 D터미널의 경우는 전체 투입요소를 이용한 모형에서는 생산성이 높게 나왔으나 투입요소를 정확하게 반영하였을 경우는 오히려 낮게 나온다는 것을 알 수 있다.



<그림 3> DEA 모델의 결과 비교

5. 결 론

본 연구를 통해 부분 생산성 측정과 DEA모형을 통한 생산성 측정 방법을 통해 부산항 컨테이너터미널의 생산성을 평가한 결과 투입요소를 어떻게 두느냐에 따라 다양한 결과를 가져온다는 것을 알 수 있었다. 기존의 생산성 평가의 방법으로 터미널들의 생산성을 비교한다는 것은 상대적인 요소를 고려하지 않으므로 정확한 생산성을 평가하는데 문제를 가지고 있다는 것을 알 수 있었다. 그리고 평가의 기준이 서로 상이한 상태의 터미널들의 생산성을 단순한 요소로 평가한다는 것이 얼마나 부정확한 평가 결과를 가져온다는 것을 알 수 있었다. 이 후, 생산성 평가 모형을 통해 터미널들이 생산성이 낮거나 높게 나온 원인을 찾아 낼 수 있을 것이고, 이를 통해 각 터미널들이 생산성을 향상시키기 위한 전략을 수립하는데 도움이 될 것이다. 그리고 이후 선진 해외터미널과의 생산성 평가를 통해 부산항 컨테이너터미널의 생산성 저하 요인을 분석하고 대처 방안을 마련함으로써 부산항이 허브포트로 경쟁력을 갖추는데 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 정승호, 하원익, “컨테이너터미널 생산성 산정에 관한 실증 연구”, 한국항해항만학회지, 23권, 4호, 1999, pp.77-88,
- [2] 山田英夫, “국제허브항의 경제성”, 해양한국통권 제345호, 2002, pp. 81-94
- [3] 허윤수, 하원익, 정승호, “부산항 컨테이너전용컨테이너터미널 운영개선을 위한 연구”, 한국항만학회지, 14권, 1호, 2000, pp.13-26
- [4] 윤동한, “항만 생산성 최신 개념소개”, 해양수산동향, 985호, 2000, pp.256-265
- [5] Peter R. Vandermat, “Productivity Measurement Standards for International terminal Operators, TOC 2001, 2001, pp.1-10
- [6] Thomas Higgins, Maged Dessouky, Randolph Hall, “Port Operations”, Center

for Deployment of Transportation Technologies Final Report, 2000

- [7] 임종섭, 김태우, “컨테이너터미널 생산성 측정에 관한 연구”, 창업정보학회지 제5권, 2002, pp.195-211
- [8] 박노경, “주성분분석을 이용한 컨테이너 항만의 경쟁력 측정방법”, 해운물류-이론과 실천 제6호, 2003, pp.5-28
- [9] 강상곤, “DEA모형을 이용한 컨테이너 항만 및 컨테이너터미널의 효율성 평가에 관한 실증 연구”, 한국해양대학교 석사학위 논문, 2001, pp.11-19



최 형 립 (Hyung-Rim Choi)

- 1993년 한국과학기술원 경영학과 박사
- 현재 동아대학교 경영정보과학부 교수

- 관심분야 : 생산관리, 인공지능기술 응용, 전자상거래 관련 기술 개발, 항만·물류시스템



박 남 규 (Nam-Kyu Park)

- 1995년 한국해양대학교 경영학과 박사
- 현재 동명대학교 유통경영학과 교수
- 관심분야 : 항만·물류시스템, 응용 시스템 개발



권 해 경 (Hae-Kyoung Kwon)

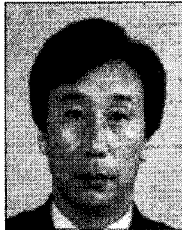
- 2003년 동아대학교 산업공학과 석사
- 현재 동아대학교 항만·물류시스템학과 박사과정
- 관심분야 : 항만·물류시스템, 정보 시스템, 최적화 기법 응용



유 동 호 (Dong-Ho Yoo)

- 2002년 동아대학교 경영정보학과 석사
- 현재 동아대학교 경영정보학과 박사과정

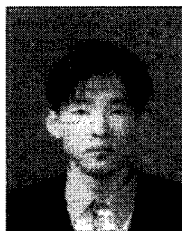
▪ 관심분야 : 항만·물류시스템, 의사결정지원시스템, 에이전트시스템



임 성 택 (Sung-Taeck Lim)

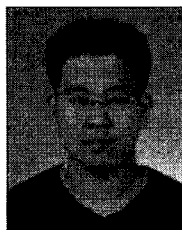
- 2005년 동아대학교 항만·물류시스템학과 석사
- 현재 동아대학교 항만·물류시스템학과 박사과정

▪ 관심분야 : 항만·물류시스템, 의사결정지원시스템, 에이전트시스템



이 선 용 (Sun-Yong Lee)

- 2006년 동아대학교 항만·물류시스템학과 석사
- 현재 한국물류정보통신(주) 사원
- 관심분야 : 항만·물류시스템, 최적화 기법 응용



정 봉 진 (Bong-Jin Jung)

- 2006년 동아대학교 경영정보학과 석사
- 현재 (주)아이콘트롤스 사원
- 관심분야 : 항만·물류시스템, 최적화 기법 응용