

# 서비스 품질 향상을 위한 컨테이너 터미널의 효율성 평가 모형에 관한 연구

임 병학\*, 한 윤환\*\*†

\*부산 외국어 대학교 경영학부, \*\*경성대학교 디지털 비즈니스 학부

## A Model of Evaluating the Efficiency of Container Terminals for Improving Service Quality

Byung-hak Leem\*, Yoon-hwan Hahn\*\*†

\*Division of Business Administration, Pusan University of Foreign Studies

\*\*Division of Digital Business, Kyungsung University

Key Words : DEA, Cross Efficiency Score, Cross Evaluation Model, DMU, Container Terminal

### Abstract

It is difficult but very necessary to measure the productivity of container terminals as logistics service provider. It is meaningful to find the appropriate inputs and outputs of the logistics service delivery systems and to measure the relationship between these inputs and outputs. This study proposes a model of evaluating the efficiency of container terminals. The evaluation consists of three phases. First, DEA(Data Envelopment Analysis) phase, determines the efficiency score and weights of DMUs(Decision Making Unit). This phase performs through four steps : selection of DMU, selection of DEA model, determination of input and output factors, calculation of efficiency score and weights for each DMU. Secondly, CEM (Cross Evaluation Model) phase, is to calculate the cross-efficiency scores of DMUs. This phase performs through three steps: selection of CEM, determination of cross-efficiency score for each DMU and development of cross-efficiency matrix. Finally, average cross-efficiency analysis phase is to compute the average cross-efficiency score. The proposed model discriminates among DMUs and ranks DMUs, whether they are efficient or inefficient.

### 1. 도 입

오늘날의 항만산업은 거시적 미시적 환경의 변화로 항만 시설의 확충은 물론 효율적 항만운영을 수행함으로써 경쟁우위를 꾀하

† 교신저자 kindwind@star.ks.ac.kr

고 있다. 거시적 환경은 국제화, 세계 컨테이너 무역의 증가, 컨테이너선의 고도화, 대형화 및 초고속화. 물류의 전문화와 통합화 등을 들 수 있으며, 미시적 환경은 항만 서비스의 차별화, 항만의 민영화의 확대. 그리고 항만 운영의 글로벌 서비스 네트워크화 등이라 할 수 있다. 세계의 컨테이너 항만들이 이러한 변화에의 대응은 고객에 부가가치 물류 서비스 제공에 핵심 가치를 두고 고객 가치 창출에 역점을 두고 있기 때문이다. 부가가치 물류 서비스는 상품의 운송뿐만 아니라 전 물류 프로세스의 효율성 향상과 관련이 있다. 따라서 컨테이너 항만들이 터미널이나 선석수를 확장하는 것만으로는 화주나 운송업자들의 요구를 만족시킬 수 없게 되었다. 얼마나 최첨단의 항만 시설을 갖추어 효율적이고 효과적인 고객 서비스를 제공해 줄 수 있느냐가 주요한 관심사로 등장하고 있다. 다시 말해서, 항만에 있어 관심의 중점이 양적인 측면에서 서비스의 질적인 측면으로 변하고 있다.

이러한 변화 속에 우리나라 연간 컨테이너 처리량의 약 80% 이상을 처리하는 부산항의 경우 2000년부터 2002년까지 화물처리 실적을 기준으로 홍콩항과 싱가포르항에 이어 세계 3위를 기록하고 있다. 이처럼 우리 항만은 지속적인 성장을 거듭하고 있으나 동북아 물류중심 국가로의 안정적인 위치는 아직 확보하지 못하고 있다. 그 이유는 먼저 최근 중국의 거센 도전에 직면하고 있다는 것이다. 특히 상하이항의 경우 2000년 세계 6위에서 매년 30% 이상 처리량을 늘리면서 2001년에는 5위, 작년에는 4위로 성장하였고 2003년에는 부산항을 추월할 것으로 예측되고 있다. 또한 부산항을 중심으로 컨테이너 처리량은 연평균 10% 이상씩 계속

증가 추세인 반면 이에 보조를 맞추어야 할 첨단 항만시설은 아직 부족한 점이 많다[4]. 부산항은 항만입지, 물류비용 면에서는 경쟁우위를 확보하고 있으나 항만시설, 서비스 수준, 물류서비스 환경은 상대적으로 낮은 수준에 머물러 있다. 특히 컨테이너 터미널 시설확보율은 71%에 그쳐 항만시설 부족으로 인한 항만 생산성이 낮은 편이다. 항만 생산성이 낮다는 것은 항만에서 선박의 혼잡비용 등 항만 내에서 발생하는 비용의 증가를 의미한다. 따라서 컨테이너 터미널의 가능한 한 수요와 공급을 지속적으로 만족시키기 위한 자원의 효율적 활용은 터미널의 생산성에 영향을 미치고 있다. 따라서 본 연구는 컨테이너 터미널의 물류 이동에 직접적으로 영향을 미치고 있는 터미널 자원의 상대적 효율성을 평가하고 비효율적 컨테이너 터미널의 생산성 향상 제고에 의의가 있다.

본 연구는 제2장에서 컨테이너 터미널의 효율성 평가 모형 구축을 위한 기본적인 이론적 배경에 대해서 고찰하고, 제3장에서는 DEA/CEM 모형을 이용한 컨테이너 터미널 생산성 평가 모형들에 대해서 고찰한다. 제4장에서는 컨테이너 터미널의 생산성 평가 모형을 제안하며, 제5장에서는 평가모형에 대한 실증을 제시한다. 제6장에서는 결론과 한계점 및 향후 연구방향에 대해서 서술한다.

## 2. 생산성 평가 방법론의 이론적 배경

### 2. 1 DEA (Data Envelopment Analysis)

생산성 모델은 전통적으로 시스템의 효율성을 측정하기 위하여 사용되었다. 일반적으로 주어진 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)에 대한 DEA 생산성 모델은 주어진 투입물 당 산출물의 양을 기반으로 한 비율을 사용한다. 이 DEA는 의사결정단위의 동질집단의 상대적 효율성을 측정하는 다중 요인 생산성 분석 모델이다. 다중 투입물과 다중 산출물 요인에 의한 효율성은 다음과 같은 식에 의해 구할 수 있다. 효율성을 측정할 때 식 (1)을 최대화하고, 그 값을 0과 1사이의 값을 갖게 하여 효율성 척도를 측정 수 있다.

$$\text{효율성} = \frac{\text{가중치가부가된산출물들의합}}{\text{가중치가부가된투입물들의합}} \quad (1)$$

위의 식 (1)의 최대화를 목적함수로, 효율성 척도가 0과 1사이의 값을 갖도록 하는 식을 제약조건으로, 그리고 가중치들을 비음조건으로 하는 비선형계획 모형을 식 (2)과 같이 구성할 수 있다. 이 비선형계획 모형은 투입물 지향 (Input-oriented)이나 아니면 산출물 지향 (Output-oriented)이나에 따라 선형계획 모형으로 변환 할 수 있다. m개의 투입물과 s개의 산출물을 갖는 n개의 의사결정단위가 있다고 가정할 때, 의사결정단위 p의 상대적 효율성은 Charnes, Cooper 와 Rhodes (1978)가 제안한 CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) 모델에 의해 구할 수 있다. 산출물 지향에 기반을 둔 이 변환은 효율성 비율의 분모를 1로 하여 제약식에 위치시킴으로써 구할 수 있다. 즉

$$\sum_{j=1}^m u_j x_{jp} = 1 \text{ 을 제약식에 포함시켜 동}$$

일한 선형계획 모형을 만들 수 있다 (식 3). 이 모델에 대한 자세한 설명은 Charnes, Cooper 와 Rhodes (1978)에서 볼 수 있다. 각 의사결정단위는 효율성 척도( $\theta$ )를 최대로 하는 투입물과 산출물에 대한 가중치를 정한다. 일반적으로 효율성 척도,  $\theta$ 가 1이면 그 의사결정단위는 효율성이 있다고 평가를 하고 그 척도가 1보다 작으면 비효율적이라고 평가를 내린다. 이 모델을 이용하여 모든 의사결정단위에 대한 상대적 효율성 척도( $\theta$ )를 구하는데 각 의사결정단위에 대해 한번씩 해서 n번 선형계획모형을 실행해야 한다. 이 모델을 위해 전문화된 소프트웨어 패키지인 Cooper, Seiford 와 Tone(2000)에 의해 개발된 DEA-Solver을 이용하면 쉽게 각 의사결정단위들에 대한 효율성 척도를 구할 수 있다. 이 기본 모델은 효율성이 있는 의사결정단위들에 대한 정보를 제공해 줄 수 있지만 하나이상의 효율성이 있는 의사결정단위가 있을 경우 그 중에서 어느 의사결정단위가 더 나은지에 대한 정보는 제공해 주지 못한다. 이러한 문제는 가중치 값이 비현실적으로 책정되기 때문이다. 이 문제를 해결하기 위해서 가중치를 좀 더 현실화하기 위한 연구가 많이 진행되어 왔다 (Doyle & Green, 1994, Talluri, 1999, Anderon, et al.,2002). 그 중 하나가 다음 절에서 서술하게 될 교차평가 모델이다.

$$\begin{aligned} \text{Max}\theta &= \frac{\sum_{k=1}^s v_k y_{kp}}{\sum_{j=1}^m u_j x_{jp}} \\ \text{s.t.} \quad &\frac{\sum_{k=1}^s v_k y_{kp}}{\sum_{j=1}^m u_j x_{jp}} \leq 1, \forall i \end{aligned} \quad (2)$$

$$v_k, u_j \geq 0, \forall k, j$$

where

$$k=1 \cdots s, j=1 \cdots m, i=1 \cdots n,$$

$y_{ki}$  = 의사결정단위  $i$ 가 산출한 산출물  $k$ 의 양

$x_{ji}$  = 의사결정단위  $i$ 가 투입한 투입물  $j$ 의 양

$v_k$  = 산출물  $k$ 에 부가된 가중치

$u_j$  = 투입물  $j$ 에 부가된 가중치

$$\begin{aligned} \text{Max } \theta &= \sum_{k=1}^s v_k y_{kp} \\ \text{s.t. } \quad &\sum_{j=1}^m u_j x_{jp} = 1 \\ &\sum_{k=1}^s v_k y_{kp} - \sum_{j=1}^m u_j x_{jp} \leq 0, \forall i \\ &v_k, u_j \geq 0, \forall k, j \end{aligned} \quad (3)$$

## 2.2 교차평가모형(Cross Evaluation Model)

전통적인 DEA는 가중치가 부여된 산출물들의 합과 가중치가 부여된 투입물들의 합의 비율을 가지고 각 의사결정단위(DMU)와 나머지의 의사결정단위들의 성과를 비교하여 상대적 효율성으로 평가한다. 그러나 이 전통적인 DEA 모델은 다음과 같은 단점을 가지고 있다. 첫째, 효율성 척도가 1이라고 해서 항상 효율적이라는 것을 보장하지 못한다는 것이며, 둘째, DMU간의 순위를 결정할 수 없다는데 있다. 이러한 단점의 원인은 최적의 가중치간의 큰 차이와 쌍대비교의 결여에서 비롯된다고 할 수 있다. 즉 가중치에 대한 아무런 제약이 없다는 것이다. 상대적 효율성을 결정하는데 있어서, DEA 모델인 식 (3)은 가중치 비제약 ( $v_k, \mu_j$ ) 만을 허용하고 있다. 이

러한 이유로 어떤 의사결정단위는 비현실적 가중치 형태로 인해 상대적으로 높은 효율성 척도를 얻을 수 있다 (Dyson & Thannassoulis, 1988). 이 의사결정단위는 몇 개의 변수에 가중치를 높게 부여하고 다른 투입 및 산출변수에 대해서는 가중치 0을 부여한다. 이러한 의사결정단위는 종합적으로 좋은 의사결정단위로 평가될 수 없다. 이러한 단점을 보완하기 위한 방법들중 하나가 교차 평가 모델 (Cross Evaluation Model)이다. Sexton, Silkton 과 Hogan은 1986년에 처음으로 DEA의 확장인 교차 효율성 (Cross-Efficiency) 모델을 제안하였다. 그 후로 Doyle 과 Green(1994), Talluri 과 Sarkis(1997), Anderson, Hollingsworth, 그리고 Inman(2002)에 의해서 점차 발전되어 왔다. 교차 평가 모델은 한 의사결정단위의 성과를 평가함에 있어서 다른 의사결정단위들의 투입 및 산출변수의 최적 가중치들 ( $v_k, \mu_j$ )을 사용하는 방법이다. 이 평가는 식 (4)을 이용하여 교차 효율성 척도를 구할 수 있다. 교차 효율성  $\theta_{p,i}$ 는 의사결정단위  $p$ 에 속한 가중치들을 사용한 의사결정단위  $i$ 의 효율성 척도이다.

$$\theta = \frac{\sum_{k=1}^s \mu_{k,p} y_{k,i}}{\sum_{j=1}^m v_{j,p} x_{j,i}} \quad (4)$$

일반적으로 많이 사용하고 있는 교차 평가 기법은 Doyle 과 Green (1994)이 개발한 공격적(Aggressive) 기법과 호의적(Benevolent) 기법이 있다. 공격적 기법은 의사결정 단위  $k$ 의 효율성을 최대화하면서 나머지  $k-1$ 개의 의사결정단위들의 교차 효

효율을 최대화하는 기법이다. 호의적 기법은 의사결정 단위 k의 효율성을 최대화하면서 나머지 k-1개의 의사결정단위들의 교차 효율성, 식 (4), 을 최소화하는 기법이다. Doyle 과 Green (1994)은 이 두 기법을 사용하여 얻은 결과들은 차이가 거의 없음을 밝혀냈다. 식 (5)은 Doyle 과 Green (1994)이 제안한 의사결정단위 p의 교차 평가를 위해 사용되는 선형계획 모형이다.

$$\begin{aligned}
 & \min_{\mu, \nu} \sum_{k=1}^s (\mu_{k,p} \sum_{i \neq p} y_{k,i}) \\
 & s.t. \sum_{j=0}^m \nu_{j,p} \sum_{j \neq p} x_{j,i} = 1 \quad (5) \\
 & \sum_{k=1}^s \mu_{k,p} y_{k,i} - \sum_{j=1}^m \nu_{j,p} x_{j,i} \leq 0 \quad \forall i \neq p \\
 & \sum_{k=1}^s \mu_{k,p} y_{k,p} - \theta_{p,p} \sum_{j=1}^m \nu_{j,p} x_{j,p} = 0 \\
 & \nu_{j,p}, \mu_{k,p} \geq 0 \quad \forall k \in (1 \dots s), j \in (1 \dots m)
 \end{aligned}$$

식 (5)은 의사결정단위 p의 효율성 척도를 최대화하면서 다른 의사결정단위들의 가중치가 부여된 산출물들을 최소화하는 최적의 가중치들을 결정하는데 목적이 있다. 이 모형은 공격적 모델 (Aggressive Model)로 알려져 있다. 이 모형은 기본 DEA 모델인 CCR 모델로부터 구한 최적 효율성 척도,  $\theta_{p,p}$ , 를 필요로 한다. 위 식으로부터 산출된 교차 효율성 척도들은 <표 1>과 같이 교차 효율성 행렬(Cross-Efficiency Matrix)로 종합될 수 있다. 이 교차 효율성 행렬에서 i번째 행과 j번째 열의 원소,  $\theta_{i,j}$ , 는 의사결정 단위 i의 최적 가중치를 사용한 의사결정단위 j의 효율성 척도를 의미한다. 종합적으로 효율성이 있는 의사결정 단위는

교차 효율성 행렬에서 열에 속해 있는 교차 효율성 척도들이 높아야 한다. 각 열의 평균은 효율성이 높은 의사결정단위와 낮은 의사결정단위를 차별화하기 위해서 사용할 수 있다 (Boussofiane et al. 1991). 의사결정 단위 p의 평균 교차 효율성 척도는 식 (6)과 같이 구할 수 있다.

이 교차 평가 모형은 다양한 방법으로 사용될 수 있다. 첫째로 평균 교차 효율성 척도는 CCR 모델에 의해 구한 효율성 척도에 대한 문제점을 해결하기 위해서 사용할 수 있다. 다시 말해 100 퍼센트 효율성이 있는 의사결정 단위들의 차별화, 즉 이들 간 순위를 정하는데 이용될 수 있다. 둘째로는 투입물과 산출물들에 대한 비현실적인 가중치 체계를 제거하는데 이용할 수 있다. 세 번째는 교차 효율성 척도를 가지고 의사결정 단위들을 분류하는데 사용할 수 있다.

<표 1> 교차 효율성 행렬

의사결정단위	1	2	...	n
1	$\theta_{11}$	$\theta_{12}$	...	$\theta_{1n}$
2	$\theta_{21}$	$\theta_{22}$	...	$\theta_{2n}$
...	...	...	...	...
n	$\theta_{n1}$	$\theta_{n2}$	...	$\theta_{nn}$
평균 교차 효율성 척도	$CE_1$	$CE_2$	...	$CE_n$

$$CE_p = \frac{\sum_{i=1}^n \theta_{i,p}}{n} \quad (6)$$

### 3. 관련문헌연구

그동안 컨테이너 터미널의 생산성 평가는

두 가지 측면에서 연구되어왔다. 첫째는 물류 서비스 제공자인 컨테이너 터미널들이 가지고 있는 물리적인 자원을 투입요인으로 하여 서비스 전달 시스템을 통해 나오는 정량적인 결과물에 의한 서비스 운영의 생산성을 측정하는 모델이다. 이와 관련된 문헌은 국내에서는 송재영 (2000)와 강상곤 (2001)이, 해외에서는 Roll 과 Hayuth(1993), Tongzon(2001), Valentine 과 Gray(2001, 2002)등의 연구에서 찾아볼 수 있다. 둘째는 컨테이너 터미널의 주 고객인 운송업자의 참여를 주 입력사항으로 하여 나오는 정성적 결과물을 기반으로 통계적 기법을 활용하여 항만 생산성을 측정하는 모델이다. 이와 관련된 주요 문헌들은 국내에서는 김학소 (1993), 노홍수 (1997), 하명신 (2001), 해외에서는 Slack (1985), Murphy et al (1992)등의 연구에서 찾아 볼 수 있다.

송재영(2000)은 1999년 부산항 8개 컨테이너 전용 터미널을 대상으로 선정하고 투입요소로는 전산화, 장비 수, CY(Container Yard)면적, 장치계획을 산출요소로는 컨테이너 처리량과 선석 점유율을 선정하였다. 투입 및 산출요소 선정 시 사전 항만 생산성과 관련한 요소 선정 후 이를 전문가 집단의 설문조사를 반영, 최종 선정하고 가중치에 대한 제약조건을 부여하였다. 사용모형은 CCR과 BCC (Bankers, Cooper, Charnes)모형에 AHP (Analytic Hierarchy Process) 를 결합한 평가모형을 제시하였다.

강상곤(2001)은 1997년과 1998년의 컨테이너 처리량 기준 세계 50대 항만중 98년의 33개 항만 및 68개 터미널과 97년의 35개 항만 및 68개 터미널을 대상으로 선정하고 투입요소로는 선석길이, CFS면적, 터미널 총면적, 하역장비의 수를 산출요소로는 양·

적하시 적·공 컨테이너 처리량을 선정하였으며 사용모형은 CCR과 BCC 모형을 사용하였다.

Roll 과 Hayuth(1993)은 효율적 항만의 효율성을 평가하기 위해 20개의 이스라엘 항만에 대해 CCR모형을 사용하였다. 투입변수로는 노동력, 자금, 화물 일관성을 산출변수로는 화물처리량, 서비스 수준, 사용자 만족도, 선박의 방문횟수를 선정하였다.

Martinez-Budria et al.(1999)은 1993부터 1997년 동안의 26개의 스페인 항만에 대해 5개의 측정자를 사용하여 항만의 상대적 효율성과 개별 항만의 효율성을 측정하였다. 사용된 모형은 BCC 모델이며, 사용된 투입요인은 노동 지출, 감가상각 지출, 기타 지출이며, 산출요인으로는 부두를 통해 이동한 총 화물량과 항만 설비의 임대료 획득한 수입으로 하였다.

Tongzon(2001)은 항만의 효율과 성과에 영향을 미치는 다양한 요인들을 정의하고 그들을 검정하기 위해 1996년 동안 4개의 호주 컨테이너 항만과 12개의 다른 나라 컨테이너 항만에 대해 CCR 모형을 사용하였다. 투입변수로는 크레인의 수, 터그(Tug)의 수, 터미널의 면적, 지연시간, 그리고 노동력을, 산출변수로는 화물처리량과 선박의 작업률을 선정하였다.

Valentine 과 Gray(2001, 2002)은 항만의 능률을 비교함으로써 특별한 소유권과 조직구조가 항만의 능률 증가를 어떻게 결정하는가를 알아보기 위해 1998년 세계적 수준의 상위 100개의 컨테이너항만 중 31개를 대상으로 CCR 모형을 사용하였다. 투입변수로는 선석의 총길이, 컨테이너 선석의 길이, 산출변수로는 컨테이너의 수와 총 처리량을 선정하였다.

김학소 (1993)는 화주들의 항만 선정시 고려해야하는 요인들을 분석하였다. 그는 컨테이너항만을 선택할시 가장 큰 영향력을 미치는 변수로 해상운송거리, 선적시간, 평균체선시간, 화물가격, 내륙운송비용등임을 입증하였다.

하명신 외 (2001)는 서비스 부문을 세분화하여 항만의 입지, 항만이용에 드는 비용, 항만의 제반 시설, 항만의 정보화, 고객들에 대한 각종 편의 제공 등의 변수를 기반으로 항만 서비스의 경쟁력을 비교 연구하였다. 이 연구는 항만선택 요인이 항만 시설, 효율, 규모 등의 물리적 요인보다는 항만 서비스의 질에 있음을 밝혀냈다.

Slack (1985)은 113개의 화주를 대상으로 컨테이너 터미널 선정에 영향을 미치는 변수들에 대한 연구를 수행했다. 그 변수들은 내륙운송 운임, 항만의 근접성, 복합연계수송, 항만의 장비 시설, 통관시스템 등의 순서로 나타났으며, 터미널의 서비스와 관련 요인은 도로 및 철도 서비스, 컨테이너 처리시설, 화물추적 시스템, 창고시설 등을 발견하였다.

Murphy, et. al (1992)는 항만청, 선사, 포워더 및 화주 등의 컨테이너 터미널의 주 고객들로부터 컨테이너 터미널의 중요성을 반영할 수 있는 요인들을 찾아냈다. 가장 중요한 요인들은 화물 취급 시설, 대량화물 선적 능력, 장비 보유 및 선적 정보의 제공 등임을 밝혀냈다.

지금까지 검토한 상기 문헌들은 컨테이너 항만의 생산성 평가와 컨테이너항만의 선정에 대한 결정적인 변수들을 선정하는데 큰 공헌을 하였다. 그러나 상기 문헌들은 물류 서비스 제공 기관으로서 컨테이너 터미널의 선정 요인 결정 및 생산성 평가 시 간과하

고 있는 것은 입력요인으로 컨테이너 터미널의 물리적인 요인이나 컨테이너 터미널의 고객인 선사, 포워더 등의 화물 운송업체들에 편기되어 있다는 것이다. 또한 전통적인 DEA모형을 사용하고 있다는 점이다. 이 전통적인 모형은 가중치에 대한 제약이 없다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 컨테이너 터미널의 물류 서비스 전달 시스템 관점에서 전통적인 DEA 모형과 확장 모형인 DEA/CEM을 이용하여 컨테이너 터미널 자원의 생산성 평가 모형을 제시하고자 한다.

## 4. 컨테이너 터미널의 생산성 평가 모형

### 4.1 서비스 접점으로서의 컨테이너 터미널

서비스는 고객과의 공동 생산 활동으로서 무형성 (intangibility)과 동시 소모성 (simultaneous consumption)을 포함하는 일련의 활동이라고 할 수 있다. 서비스를 제공하는 컨테이너 터미널은 고객인 화물 운송업체인 선사나 포워드들과의 상호 작용에 의해서 화물의 이동이 일어나는 장소이다. Schmenner(1986)가 제안한 서비스 프로세스 매트릭스에 의하면, 컨테이너 터미널은 고객과의 상호 작용과 고객 맞춤 정도는 낮고 노동 집약도의 정도도 낮은 위치를 있다고 볼 수 있다. 다시 말해서 서비스 공장 (service factory)에 해당된다. 서비스 공장은 공장의 생산라인처럼 표준화된 서비스를 대량으로 공급하는 형태이다. 서비스 공장의 효율성과

효과성을 높이기 위해서는 고객에 대한 따뜻한 서비스 환경의 제공, 깨끗한 물리적 환경은 물론 첨단 기술의 활용과 함께 엄격한 표준화된 운영절차와 서비스의 스케줄링이 수립되어야한다(Fitzsimmons,2003). Lovelock (1983)이 서비스 행위 특성에 의한 분류에 의하면, 컨테이너 터미널은 서비스 직접 수혜 대상이 사물이고 서비스 행위 본질은 유형의 형태로 간주될 수 있다. 즉 고객의 유형의 제품에 직접 서비스를 행하는 것이다. 서비스는 네가지의 특성을 가지고 있어 서비스 공급자에게 많은 도전을 주고 있다(Lovelock, 1991). 이 서비스운영의 특성은 이질성, 무형성, 동시성 및 소멸성이다.

서비스는 이질적이다. 서비스는 표준화하기가 힘든 분야이다. 물리적 제품을 제조하는 제조업과는 달리, 각 서비스 운영은 서로 다른 환경, 서로 다른 분위기, 서로 다른 사람의 특성의 조합으로 구성된다. 이러한 변동은 서비스 제공자인 컨테이너 터미널, 고객인 화물 운송업자, 그리고 서비스 내용인 터미널의 생산성으로부터 올 수 있다. 컨테이너 터미널이 모든 고객에 대해 일률적인 형태로 컨테이너 이동, 저장, 처리 등의 서비스를 수행하기는 어렵다. 서비스 측면에서의 이러한 이질성은 서로 다른 컨테이너 터미널의 결과를 산출할 수 있다.

서비스는 무형성이다. 서비스는 어떤 형태를 가지고 있지 않기 때문에 고객에 모양을 보고, 냄새 등을 즐길 수 있는 즐거움을 제공해 주지 못한다. 신용 카드회사들은 선 구매 후 지불이라는 무형의 서비스를 고객들에게 제공해 주고 있다. 구매의 용이성은 물리적인 실체가 아니다. 컨테이너 터미널은 신용

카드 서비스 회사와는 달리 고객의 사물의 이동, 저장, 처리 등의 서비스로서 물리적인 실체에 보이지 않는 물류 부가가치 서비스를 고객에 제공해 주고 있다. 컨테이너 터미널의 이동, 처리, 저장을 위한 어떤 지원 시설 및 정보 시스템을 가지고 있는냐에 따라 그 터미널의 서비스 품질에 막대한 영향을 미친다.

서비스는 동시성이다. 물리적인 제품은 그것을 만드는 사람과는 분리되어 있다. 제품 자체는 생산자와 소비자간 별개이다. 서비스에서, 서비스 제공자와 서비스 소비자가 서비스를 생산하는데 공동으로 기여한다. 서비스에서 서비스 제공과 서비스 수혜를 분리할 수 없다.

서비스 소멸성이다. 시간성은 제품 마케팅보다 서비스 마케팅에서 보다 큰 관심사항이다. 제품은 미래 판매 및 소비를 위하여 저장될 수 있는 반면, 서비스는 생산되자마자 소멸된다. 컨테이너 터미널의 크레인이 공전되고 있다는 것은 그 크레인이 제공할 수 있는 서비스 능력이 소멸되고 있다는 것이다. 따라서 서비스 제공자는 이러한 소멸성의 문제를 해결해야 한다.

Schneider et al (1994)에 의하면, 이 특성들은 서비스 전달 프로세스의 품질에 주된 결정요인이 되고 있다. 다음 절은 이러한 서비스 운영의 특성을 반영한 컨테이너 터미널의 이론적 생산성 평가 모형을 제시한다

## 4.2 컨테이너 터미널의 생산성 측정개념도

생산성은 제조업에서 생산 효율성을 관리하는 개념이다. 물류 서비스에서의 생산성



은 고객이 동시에 참여하는 성격을 가지므로 물류 서비스 제공자와 고객을 동시에 고려해야 한다. Vuorinen et al(1998)은 서비스 생산성을 고객의 기대와 일치시키기 위해 서비스를 제공하는 투입자원의 사용 능력으로 정의하고 있다. 그들은 서비스의 질적인 척도와 양적인 척도를 서비스 제공자와 고객의 관점에서 둘 다를 동시에 고려하고 있다. Gronroos 와 Ojasalo (2002)는 재무적 측정을 기반으로 한 이론적인 서비스 생산성 측정 모델을 제안하였다. 그들의 서비스 생산성 모델은 생산된 서비스로부터 생성된 총 수입과 서비스를 생산하는데 드는 총 비용의 비율로 정의하였다. 한철환(2002)은 운영적 측면을 기반으로 한 항만의 터미널의 효율성에 영향을 미치는 요인을 조사하였다. 그의 논문에 따르면 컨테이너 터미널의 효율성의 주요 결정 용인은 야드 처리량(Yard throughput), 선석 면적(Berth surface), 크레인의 생산성 (Crane productivity)으로 분석하였다.

Gronroos 와 Ojasalo (2002)와 한철환(2002)의 연구는 Vuorinen et al (1998)연구의 양적인 측면을 고려한 일반적인 서비스 생산성 모형이라고 할 수 있다. 따라서 물류 서비스 제공자와 고객의 관점을 동시에 고려한 서비스 생산성 모형은 양적 질적 투입요인과 양적 질적 산출요인들의 비율로 측정하는 것이 가장 이상적이라고 할 수 있다. 물류 서비스 전달 시스템으로서의 컨테이너 터미널의 생산성 측정은 고객 관점과 서비스 제공자의 관점의 양적 질적 투입 및 산출에 대한 생산성 평가 모델이 필요하다. 다음 <그림 1>은 이상적인 컨테이너 터미널의 생산성 측정 개념을 보여주고 있다.

컨테이너 터미널의 생산성의 양적 측면과 관련된 서비스의 투입측면은 제조업에서의 생산성 측정 시 양적 척도들과 유사하다. 양적 척도는 터미널과 고객의 양적 투입과 양적 산출로 구분할 수 있다. 컨테이너 터미널의 양적 투입요인으로는 고객 서비스를 제공하기 위한 물리적 자원 요소들-종업원



<그림 1> 컨테이너 터미널의 생산성 측정 개념도

수, 접안능력, CY의 면적, 선석의 수 등-이다. 고객의 양적 투입요인으로는 화물선의 크기, 화물의 양, 화물선의 속도 등이 될 수 있다. 터미널의 양적 산출은 총 화물 처리량, 크레인의 생산성, 컨테이너 야드의 이용률 등이 있고, 고객의 양적 산출은 화물선의 대기 시간, 화물의 하역 및 적재 시간 등이 될 수 있다. 서비스 제공자인 터미널의 질적 투입척도는 종업원들의 능력, 종업원들에 대한 권한이양 등이 포함될 수 있으며, 고객의 질적 투입척도는 고객인 선사나 화물 포워더들의 참여도 및 기대치 등이다. 터미널의 질적 산출척도는 종업원들의 업무 만족도, 고객의 질적 산출척도는 고객 만족도 등을 들 수 있다. 본 연구는 물류 서비스 제공자로서의 컨테이너 터미널의 양적 척도를 기반으로 한 컨테이너 터미널의 생산성 측정 모형을 제공한다.

### 4.3 컨테이너 터미널의 생산성 측정 모형

컨테이너 터미널의 생산성 측정은 <그림 1>에서 예시한 바와 같이 물류 서비스 전달 시스템의 양적 투입과 산출 척도를 기반으로 앞서 언급한 DEA 및 CEM 모형을 이용하여 각 터미널의 상대적 효율성을 측정할 수 있다. 컨테이너 터미널 생산성 측정은 크게 두 단계에 걸쳐 수행된다. 제1단계는 DEA (Data Envelopment Analysis)에 의한 효율성 및 비효율성 터미널의 구분, 제2단계는 CEM (Cross Evaluation Model)에 의한 평균 교차 효율성 (Average Cross Efficiency)의 산출로 모든 터미널들에 순서를 할당하는 것이다.

제1단계인 DEA 단계는 의사결정 단위선

정, 투입 및 산출 척도 선정, DEA 효율성 측정 및 가중치 산출 과정을 통하여 수행된다. 의사결정 단위(DMU) 선정은 효율성을 평가할 필요성 검토를 기반으로 평가 대상을 선정하는 것이다. 이때 의사결정 단위는 서로 비교 가능해야 하고, 투입 및 산출변수가 측정 가능해야 하며, 그리고 동질적인 집단으로 구성되어야 한다. 투입 및 산출 변수선정은 선정된 의사결정 단위들의 효율성을 측정하기 위한 투입 및 산출 요인들을 결정하는 것이다. 변수선정은 DEA 모형의 진행절차에 있어, 사용되어지는 변수에 따라 상이한 평가결과를 보일 수 있으므로 1차적으로 중요한 사항이다. 마지막으로 DEA 효율성 측정 및 가중치 산출은 제2장에서 언급한 식 (3), 즉 CCR 모형을 이용하여 각 의사결정단위에 대한 효율성 척도와 각 투입 및 산출 변수에 해당하는 가중치를 구하는 것이다. 여기서는 경영과학의 선형 계획법을 위한 전문 소프트웨어 툴을 이용하거나 DEA의 전문 소프트웨어 툴을 이용함으로써 구할 수 있다. 본 논문에서는 Cooper, Seiford, Tone (2000)에 의해 개발된 DEA-Solver 소프트웨어를 이용하여 효율성 및 가중치 값들을 구한다.

제2단계인 CEM 단계는 제1단계에서 구한 효율성 척도와 가중치들을 기반으로 제2장에서 언급한 식 (4)를 이용한다. 이 단계는 교차 평가 모델 선정 및 교차 효율성 산출, 교차 효율성 행렬 구축을 통해서 수행된다. 교차 효율성 산출은 제2장에서 언급한 식(4)을 이용하여 각 의사결정 단위에 대해 쌍대비교를 통해 교차 효율성을 산출한다. 산출된 이 교차 효율성 값들은 쌍대비교 행렬 (Pairwise Comparison Matrix)인 교차 효율성 행렬(Cross Efficiency Matrix)

을 구성한다. 마지막으로 교차 효율성 행렬로부터 각 열의 평균, 즉 평균 교차 효율성을 구한다. 이때 평균값은 각 의사결정단위에 대한 순위를 결정할 수 있게 해 준다.

## 5. 사례연구

### 5.1 변수선정

본 사례연구에서는 서비스 제공자인 컨테이너 터미널과 고객인 선사나 화물 포워드들의 양적 척도만을 고려하여 생산성을 측정하였다. DEA 모형을 이용한 생산성 평가에는 다수의 투입·산출요소가 요구된다. 사용되어지는 변수에 따라 상이한 평가결과를 보일 수 있으므로 변수선정은 DEA 모형의 진행절차에 있어 1차적으로 중요한 사항이다. 따라서 본 연구에서는 변수 선정시 기존 연구 문헌 고찰을 통해 각 DMU간에 공통적으로 적용가능하고 생산성에 중요한 영향을 미치는 요소를 선정하기 위해 노력하였으며 변수별 고려요소 및 선정내용은 <표 2>와 같다. 먼저 투입변수로는 종업원수, 접안능력, 하역능력, CY(Container Yard)면적, 주요 하역장비의 수를 선정하였다. 이중 접안능력은 유사 고려요소인 부두길이와 전면수심 중에서 실제로 부두(선석)에 접안할 수 있는 능력을 나타내는 접안능력을 대표로 선정하였고, CY면적은 유사 고려요소인 건물면적과 CFS (Container Freight Station)면적 중 전 DMU에 공통적으로 적용가능하고 생산성에 중요한 영향을 미치는 CY면적을 선정하였으며, 주요 하역장비 수에서는 각 DMU간 공통적으로 보유하고 있으며 하역장비 중 가장 뛰어난 하역

능력을 보유한 크레인을 선정하였다. 또한 산출변수로는 컨테이너 터미널의 이대기능이라 불리는 하역이송 기능과 보관기능을 종합적으로 평가 분석하는 지표인 연간 컨테이너 처리량과 실제 컨테이너에 내장되어 수송되어지는 화물량을 선정하였다. 선정된 투입 및 산출변수는 <표 2>와 같다.

본 연구에 사용된 변수 자료는 2001년의 현황으로서 한국 컨테이너 부두공단이 제공한 자료를 주 자료로 사용하였으며 부족한 자료는 해양수산부 및 해양수산청 자료와 해당 터미널 관계자와의 직접 확인을 통해 보충하였다.

### 5.2 의사결정 단위(DMU) 선정

본 연구에서는 전국의 항만 중에서 컨테이너를 전문적으로 취급하는 컨테이너 터미널을 대상으로 선정하였다. 또한 DMU의 갯수는 충분히 자유도를 가질 만큼 커야한다는 선행 연구결과에 따라 최대한 많은 컨테이너 터미널을 대상으로 선정하려 하였으나 2001년 전국의 11개 컨테이너 터미널중 연간처리량이 극히 적어 운영실적 현황이 제대로 산출되지 않는 여수·여천항과 군산항을 제외하고 부산항의 5개 컨테이너 전용 터미널, 자성대(A), 신선대(B), 감만(C), 우암(D), 감천(E) 과 광양(F), 인천(G), 울산(H), 마산(I)의 컨테이너 터미널을 합쳐 9개 터미널을 선정하였다. 각 컨테이너 터미널에 대한 투입 및 산출변수에 대한 정보는 <표 2>와 같이 요약하였다.

### 5.3 생산성 측정 및 가중치 산출

#### 5.3.1 전통적 DEA모형에 의한 생산성 측정

&lt;표 2&gt; 투입 및 산출 변수와 데이터

DMU	투입물 변수					산출물 변수	
	종업원수	접안능력	하역능력	CY면적	하역장비	Throughout	컨테이너내장 화물수송
자성대(A)	648	210	1000	394	45	1272	14116
신선대(B)	661	200	1200	672	43	1320	15068
감만(C)	706	200	1200	336	49	1922	22948
우안(D)	210	30	270	156	14	448	6501
감천(E)	186	100	340	105	14	433	3922
광양(F)	428	200	1200	500	27	855	10328
인천(G)	195	250	250	307	7	663	8385
울산(H)	35	40	94	54	2	258	3399
마산(I)	30	100	134	45	2	65	1057
단 위	명	1000 ton	1000 TEU	1000 m <sup>2</sup>	기	1000 TEU	1000 ton

효율성 측정 및 가중치 산출은 DEA-Solver를 이용하여 최적 가중치 및 효율성 척도를 구하였다. <표 3>은 모든 의사결정 단위들에 대한 최적 가중치 및 효율성 척도들을 보여주고 있다. 분석결과 우리나라 컨테이너 터미널 9곳 중 C, D, H 터미널이 각각 1의 값을 가져 효율적인 컨테이너 터미널이라고 볼 수 있다. 또 비효율적인 컨테이너 터미널은 A, B, E, F, G, I 터미널로 각각 0.6886, 0.6728, 0.7489, 0.5226, 0.9662, 0.3728의 값을 갖는 곳으로 나타났다.

### 5.3.2 CEM 모형에 의한 생산성 측정

DEA 분석결과 나타난 효율성은 각 DMU들간의 우위를 평가하기가 어렵다. 또한 효율성 척도가 1이라고해서 효율적이다

라는 보장을 해 주지 못한다. 이것은 가중치에 대한 아무런 제약을 두지 않았기 때문에 발생한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 확장된 DEA 모형을 활용하여 각 DMU들을 교차 평가하는 데 <표 4>는 전 단계에서 구한 효율성과 제2장에서 제안된 교차 평가 모형 식 (5)을 이용하여 모든 의사결정단위에 대해 교차 효율성 척도를 구한 후 교차 평가 행렬을 구축한 것이다.

교차 효율성 행렬 <표 4>을 통해 평균 교차 효율성을 평가할 수 있다. 즉 <표 4>의 각 열의 평균값을 나타내는 제일 하단의 CE값을 통해 각 DMU간의 효율성 우위를 판단할 수 있다. H 컨테이너 터미널이 평균 교차 효율성 척도 1로 가장 우수한 것으로 나타났으며, DEA 분석결과 울산과 같은 효

율성을 보였던 C와 D 터미널은 각각 평균 값이 0.8859와 0.8249로 C 터미널의 효율성이 D 터미널보다 우수한 것으로 나타났다. 이처럼 <표 4>를 보면 알 수 있듯이 평균 교차 효율성 평가는 전통적인 DEA 효율성 평가결과 단순히 효율적으로 분석된 3개 터미널에 대한 우위가 가려지고, 비효율적으로 분석된 나머지 터미널들에 대해서도 실질적인 순위판단이 가능하다는 것을 알 수 있다.

<표 3> 효율성 척도 및 가중치

DMU	부입물 가중치					산출물 가중치		효율성 척도
	V( 1)	V( 2)	V( 3)	V( 4)	V( 5)	U( 1)	U( 2)	
A	0.0000	0.0019	0.0004	0.0005	0.0000	0.0005	0.0000	0.6886
B	0.0000	0.0028	0.0000	0.0000	0.0104	0.0005	0.0000	0.6728
C	0.0002	0.0023	0.0001	0.0004	0.0028	0.0004	0.0000	1.0000
D	0.0010	0.0089	0.0006	0.0010	0.0144	0.0004	0.0001	1.0000
E	0.0011	0.0000	0.0000	0.0075	0.0000	0.0017	0.0000	0.7489
F	0.0000	0.0033	0.0000	0.0000	0.0124	0.0006	0.0000	0.5226
G	0.0000	0.0000	0.0040	0.0000	0.0000	0.0015	0.0000	0.9662
H	0.0035	0.0098	0.0020	0.0036	0.0499	0.0025	0.0001	1.0000
I	0.0013	0.0000	0.0000	0.0214	0.0000	0.0000	0.0004	0.3728

<표 4> 교차 효율성 척도 및 평균 교차 효율성 척도

DMU	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	0.6886	0.5989	1.0000	1.0000	0.6161	0.4151	0.5022	1.0000	0.1327
B	0.6184	0.6728	0.9222	1.0000	0.5228	0.5226	0.4418	1.0000	0.1113
C	0.6550	0.6175	1.0000	1.0000	0.5666	0.4694	0.4454	1.0000	0.1233
D	0.5479	0.5419	0.8607	1.0000	0.4178	0.4291	0.4419	1.0000	0.1486
E	0.5352	0.3832	1.0000	0.5490	0.7489	0.3481	0.4524	1.0000	0.3016
F	0.6184	0.6728	0.9222	1.0000	0.5228	0.5226	0.4418	1.0000	0.1113
G	0.4634	0.4008	0.5836	0.6045	0.4640	0.2596	0.9662	1.0000	0.1767
H	0.4643	0.4317	0.6847	0.6347	0.4384	0.3552	0.4971	1.0000	0.1689
I	0.5378	0.3494	1.0000	0.6361	0.5568	0.3242	0.4342	1.0000	0.3728
CE (i)	0.5766	0.5199	0.8859	0.8249	0.5304	0.4051	0.5137	1.0000	0.1857

## 6. 결 론

본 연구는 물류 서비스 제공 조직으로서의 컨테이너 터미널의 이론적인 생산성 모형을 제시하였으며, 양적인 입출력 척도를 기반으로 사례연구를 제시하였다. 본 연구의 주제인 컨테이너 터미널 효율성 평가는 기존 연구 문헌에서 많이 사용되어진 전통적인 DEA에 DEA의 확장 모형인 교차평가 모형(CEM)을 추가로 이용하여 세 단계에 걸쳐 수행하였다. 첫 번째 단계인 전통적인 DEA 효율성 평가는 각 터미널들에 대한 효율성을 구하는 단계로 분석대상 9개 터미널에 대해 사전 선정된 투입 및 산출변수를 전통적인 DEA 모형을 이용하여 분석하였으며, 그 결과 3개 터미널은 효율적으로, 나머지 6개 터미널은 비효율적으로 분석되었다. 두 번째 단계는 첫 번째 단계에서 구한 효율성이 가지는 단점, 즉 효율성을 갖는 터미널들간의 우위를 나타낼 수 없다는 것을 해소하기 위해 DEA 확장모형을 활용, 각 터미널들을 교차 평가하기 위한 교차 효율성 행렬을 구축하였다. 세 번째 단계는 두 번째 단계에서 구축한 교차 효율성 행렬로부터 평균 교차 효율성을 구함으로써 모든 터미널에 대한 순위를 알 수 있게 하였다. 이처럼 본 연구는 기존 DEA를 활용한 기존 문헌 연구에서 한 걸음 나아가 교차평가 모형을 추가로 적용함으로써 기존 DEA의 단점을 보완할 수 있었다. 그러나 본 연구의 한계점으로, 첫째는 투입 및 산출요소에 질적 척도를 간과하고 있어 컨테이너 터미널의 종합적 생산성 평가가 이루어지지 않았다는 점이다. 둘째는 비효율적인 컨테이너 터미널에 대한 효율성 향상 방안을 제시하기에는 적은 양의 데이터가 사

용되었다. 따라서 질적 척도 요인을 포함한 종합적 생산성 평가와 비효율적인 컨테이너 터미널에 대한 효율성 향상 방안은 향후 연구과제로 남겨 놓았다. 마지막으로 본 연구에서 적용한 교차 평가 모형 이외의 많은 DEA 확장 모형들-가중치 제약 모형, DEA-AR (Assurance Region) 모형, DEA/ANP 모형등-에 적용하여 비교 분석하는 것도 향후 연구과제로서 의미가 있으리라 본다.

## 참고문헌

- [1] 강상곤(2001), 「DEA 모형을 이용한 컨테이너항만 및 터미널의 효율성 평가에 관한 실증연구」, 한국해양대학교, 석사학위논문
- [2] 김학소(1993), “우리나라 수출입화주의 항만선택 결정요인에 관한 연구”, 「해운산업연구」, 제107호, 해운 산업연구원
- [3] 노홍승(1997), 「계층퍼지 분석법을 이용한 항만물류서비스의 평가에 관한 연구」, 한국해양대학교, 박사학위논문
- [4] 부산지방해양수산청, 「부산항백서」, 2000-2002
- [5] 송재영(2000), 「DEA/AHP를 이용한 컨테이너 터미널 효율성에 관한 연구」, 한국해양대학교, 석사학위논문
- [6] 하명신외(2001), “아시아 주요 항만들의 서비스 경쟁력 비교”, 「무역상무연구」, 제16권, 제2편, pp. 245-264
- [7] 한철환(2002), 「Port's Competitive Advantage, Performance, and Strategies」, 부산대학교, 박사학위논문
- [8] Anderon, T. R., Hollingsworth, K., and Inman, L.(2002)., “The Fixed Weighting Nature of A Cross-Evaluation Model”, *Journal of productivity Analysis*, Vol. 17, pp. 249-255
- [9] Boussofiane, A., Dyson, R. G., and Thanassoulis, E.(1991), “Applied Data Envelopment Analysis” ,*European Journal of Operational Research*, Vol. 52, pp. 1-15
- [10] Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E.(1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units” , *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp. 429-444
- [11] Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Tone, K.(2000), *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers: Boston
- [12] Doyle, J. and Green, R.(1994), “Efficiency and Cross-Efficiency in DEA: Derivations, Meanings, and Uses” , *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 45, No. 5, pp.567-578
- [13] Dyson, R. G., and Thanassoulis, E.(1988), “Reducing Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis” , *Journal of Operational Research Society*, Vol. 39, No. 6, pp. 563-576
- [14] Fitzsimmons, J. A., Fitzsimmons, M. J.(2003), *Service Management: Operations, Strategy, and Information Technology*, Mcgraw-

Hill

- [15] Gronroos, C., and Ojasalo, K.(2004), "Service productivity Towards a conceptualization of the transformation of inputs into economic results in service", *Journal of Business Research*, Vol.57, No. 4, pp.414-423.
- [16] Lovelock, C. H.(1983), "Classifying Services to Gain Strategic Marketing Insights", *Journal of Marketing*, Vol. 47
- [17] Lovelock, C. H.(1991), *Service Marketing*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall
- [18] Martinez-Budria, E., Diaz-Armas, R., Navarro-Ibanez, M., and Ravelo-Mesa, T.(1999), "A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities Using Data Envelopment Analysis", *International Journal of Transport Economics*, Vol. XXVI, No. 2
- [19] Murphy, P. R., Dalenberg, D. R., and Daley, J. M.(1992), "Port Selection Criteria: An Application of a Transportation Research Framework", *Logistics Transportation Review*, Vol. 28, No. 3
- [20] Roll, Y. and Hayuth, Y.(1993), "Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis (DEA)", *Maritime Policy and Management*, Vol.20, No. 2, pp.153-161
- [21] Schmenner, R. W.(1986), "How Can Service Businesses Survive and Prosper", *Sloan Management Review*, Vol. 27, No. 3, Spring
- [22] Schneider, B., Hanger, P., Goldstein, H. W., and Braverman, E. P.,(1994) "Do customer service perceptions generalize? The case of student and chair ratings of faculty effectiveness", *Journal of Applied Psychology*, Vol. 79, Issue 5, pp. 685-691
- [23] Sexton, T. R., Silkman, R. H., and Hogan, A.(1986), *Data Envelopment Analysis: Critique and Extension, in Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis, New Directions for Program Evaluation*, Jossey Bass, San Francisco
- [24] Slack, B.(1985), "Containerization, Interport competition and Port Selection", *Maritime Policy and Management*, Vol. 12
- [25] Talluri, S., and Sarkis, J.(1997), "Extensions in Efficiency Measurement of Alternate Machine Component Grouping Solutions via Data Envelopment Analysis", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 44, pp. 299-304
- [26] Talluri, S., Baker, R.C., and Sarkis, J.(1999), "A Framework for Designing Efficient Value Chain Network", *International Journal of Production Economics*, Vol. 62, pp.133-144
- [27] Tongzon, J.(2001), "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data

Envelopment Analysis” , *Transportation Research A: Policy and Practice*, Vol. 35 No. 2, pp.113-128

- [28] Valintine, V. F. and Gray, R.(2001), “The Measurement of Port Efficiency Using Data Envelopment Anaysis” , *Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research*, Seoul, South Korea, 22-27 July
- [29] Valintine, V. F. and Gray, R.(2002), “An Organizational Approach to Port Efficiency” , *Proceedings of the IAME Panama 2002 Conference*, Panama, 13-15 Nov.
- [30] Vuorinen, Ismo, Raija Jarvienen, and Uolevi Lehtinen(1998), “Content and Measurement of Productivity in the Service Sector: A Conceptual Analysis with an Illustrative Case from the Insurance Business”, *International Journal of Service Industry Management*, Vol. 9, No. 4, pp.377-396
-