

DEA와 SNA를 이용한 효율적인 컨테이너 터미널의 영향력에 관한 연구

손용정*

The Influence of Efficient Container Terminals Using DEA and SNA

Son, Yong-Jung

Abstract

This study selected container terminals of Gwangyang and Busan Ports to evaluate the influence of efficient container terminals. For the study, after data envelopment analysis (DEA) using the CCR and BCC models, the decision-making unit (DMU) system was used to define nodes; and with the use of a reference group in DEA (BCC model) and a lambda value, this study created a social network and analyzed the influences of efficient DMUs through a centrality analysis of eigenvectors.

The results are presented as follows: First, as a result of the DEA, CCR efficiencies in PNC, HJNC, and HPNT container terminals of Busan Port were 1 and BCC efficiencies at Singamman Terminal, Wooam Terminal, PNC, HJNC, HPNT, and BNCT container terminals of Busan Port were 1. Second, as a result of undertaking social network analysis (SNA), according to an eigenvector centrality analysis, HJNC Terminal was referred to the most (influence score of 0.515), which indicates that it is the most influential as a container terminal. The influence of PNC Terminal was 0.512, while that of Wooam Terminal was 0.379. CJ Korea Express in Gwangyang Port was ranked fourth in influence, but its influence score of 0.256 indicates that it was the most influential of the container terminals at Gwangyang Port.

Key words: Port, Container Terminal, Data Envelopment Analysis, Social Network Analysis

I. 서론

그동안 일반항만, 컨테이너항만 및 터미널의 효율성을 평가하기 위한 방법으로 비모수적 분석법인 DEA분석이 많이 이용되고 있다.

그러나 이 분석법은 효율성이 있는 DMU들에 대한 평가는 가능하지만 하나 이상의 효율성(효율성이 1.0)이 있는 DMU가 있을 경우 그 중에서 어떤 DMU가 더 효율적인지에 대한 효율성 정보는 제공해 주지 못한 한계가 있다.

이러한 한계를 해결하기 위한 연구로 최근에 교차효율성 모형 등의 시도가 계속되고 있다.

본 논문은 Liu, Lu, Yang & Chuang(2009), Liu와 Lu(2010)와 임병학(2012)의 연구에서 보여준 DEA분석에 의한 효율성 분석 후, 참조집단의 램다값을 이용하여 사회 네트워크를 구축하여 SNA 분석을 적용해 보고자 한다.

효율적인 컨테이너 터미널의 영향력을 평가하기 위해 광양항(한진해운, KIT, CJ대한통운)과 부산항(자성대, 신선대, 감만부두, 신감만부두, 우암부두, PNIT, PNC, HJNC, HPNT, BNCT) 컨테이너 터미널을 분석대상으로 선정하였다. 연구방법은 DEA분석(CCR, BCC모형) 후 DMU를 노드로 하고 DEA(BCC모형)의 참조집합과 램다값을 이용하여 사회 네트워크를 생성하였다. 아이겐벡터 중심성 분석에 의해 효율적인 DMU들의 영향력과 순위를 정하는 사회 네트워크 분석하였다. 컨테이너 터미널의 효율성 분석을 위하여 'EnPAS 1.0'를 사회네트워크 분석을 위해서 'UCINET 6'를 각각 사용하였다.

II. DEA와 SNA에 대한 이론적 고찰

1. DEA분석

1) 이론적 고찰

DEA는 투입요소와 산출물 자료를 이용하여 도

출한 효율적 프론티어와 평가대상을 비교하여 평가대상의 효율성을 측정하는 비모수적 접근방법(non-parametric approach)이다. DEA는 1978년 Charnes, Cooper, Rhodes에 의해 비영리적 의사결정단위의 상대적 효율성을 측정할 목적으로 개발된 방법이다. n 개의 의사결정단위(decision making unit: DMU)를 가정하고 각각의 $DMU_j(j=1, 2, \dots, n)$ 는 m 개의 다른 투입물 $x_{ij}(i=1, 2, \dots, m)$ 을 사용하여 s 개의 다른 산출물 $y_{rj}(j=1, 2, \dots, s)$ 을 생산하면 투입지향(input-based) CCR DEA모형은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Max \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad \text{식 (1)}$$

$$s.t. \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$j = 1, 2, \dots, n;$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

여기서 v_i 와 u_r 은 투입물 x_i 와 산출물 y_r 의 가중치로서 비아르키메디안 상수인 ε 보다 큰 양수로 정의한다. $(s+m)$ 개의 변수와 n 개의 제약식을 갖는 비선형 수리계획법인 식 (1)을 쌍대선형계획(dual linear program)으로 전환하면 식 (2)와 같다.

$$Min \theta \quad \text{식 (2)}$$

$$s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \theta y_{r0}$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

식 (2)에서 θ 는 DMU가 일정한 양의 산출물을 생산하기 위하여 다른 DMU군에 비해 투입물의 상대적 사용량을 나타내는 기술효율성으로 DMU_0 효율수준을 나타내며, θ 가 1이면 기술효율적인 DMU임을 의미하며, 1보다 작으면 1- θ 만큼 투입요소를 다른 DMU군에 비해 더 사용하고 있음을 의미한다.¹⁾

2) 기존연구에 대한 검토

컨테이너항만의 효율성을 분석한 국외연구로는 Notteboom et al(2000)²⁾, Tongzon, J.(2001)³⁾, Cullinane K. et al (2002)⁴⁾, Valentine and Gray(2002)⁵⁾, 국내연구로는 송재영(2004)⁶⁾은 세계 53개 항만을 대상으로 7개년(1995년-2001년)에 대

한 효율성을 CCR, BCC모형, Malmquist Index를 이용하여 세계 항만들의 효율성 변화를 살펴보았다.

조윤기(2006)⁷⁾는 한-중일 항만을 대상으로 효율성 측정결과를 제시하고 우리나라 항만들이 벤치마킹해야 할 준거집단과 개선목표치를 논의하였다. 권신혜(2007)⁸⁾는 22개의 동북아시아 항만을 대상으로 2003년-2005년 기간 동안 CCR, BCC, 규모효율성을 이용하여 효율적인 항만과 비효율적인 항만을 구분하고 효율성 개선을 위한 개선 값을 제시하였다. 이장원·김형기·김성호(2008)⁹⁾는 Containerisation In ternational Yearbook의 자료를 바탕으로 중국의 7개 항만, 한국의 3개항만, 일본의 6개 항만에 대해 경쟁력을 비교 분석하고 효율성 추세를 살펴보았다.

하명신(2009)¹⁰⁾은 미국과 동북아시아 35개 항만을 대상으로 2005년-2007년 동안 CCR, BCC, 규모의 효율성 등을 분석하였다.

김선구·최용석(2012)¹¹⁾는 컨테이너터미널의 서비스 투입자원 중 장비를 중점으로 컨테이너터미널의 효율성 비교 평가하기 위해 DEA와 AHP 기법을 혼합한 AHP/DEA 통합모형을 적용하였다. 연구결과 AHP/DEA 통합모형은 기존의 항만 및 컨테이너터미널의 효율성 평가에 사용되었던 DEA, 또는 DEA 응용모형에 비해 최고의 효율성을 가지는 컨테이너터미널을 선정에 있어 유연하고, 우수한 능력이 있음을 분석결과와의 비교를 통해 알 수

- 1) 손승태, "국내 은행의 경영효율성 비교연구", 한국개발연구원, 1993, pp.64-82.
모수원, "국내항만의 효율성 결정요소-패널분석과 이분산 토빗모형을 이용하여", 「한국항만 경제학회지」, 제24집 제4호, 한국항만경제학회, 2008, p.351.
손용정, "세계 주요 컨테이너 항만의 효율성 비교 연구", 「한국항만경제학회지」, 제26집 제1호, 한국항만경제학회, 2010, pp.134-135.
- 2) Notteboom T., Coeck C, and Van den Broeck J., "Measuring and Explaining the relative Efficiency of Container Terminals by means of Bayesian Stochastic Frontier Models," *Journal of Maritime Economics & Logistics*, Vol.2, pp.83-106.
- 3) Tongzon, J., "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis," *Transportation Research*, Part A, Vol.35, 2001, pp.113-128.
- 4) Cullinane, K., "The Productivity and Efficiency of Ports and Terminals: Methods and Applications," *The Handbook of Maritime Economics and Business*, London: LLP, 2002.
- 5) Valentine, V. C, and R, Gray, "Competition of Hub Ports: A Comparison between Europe and the Far East," *Proceedings of the 2nd International Gwangyang Port Forum and International Conference for the 20th Anniversary of Korean Association of Shipping Studies*, Korean Association of Shipping Studies, April , 2002, pp.161-176.
- 6) 송재영, "컨테이너 항만의 효율성 분석에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 박사학위논문, 2004.

- 7) 조윤기, "한-중일 컨테이너항만의 효율성 비교 분석", 「동북아경제연구」, 제18권 제3호, 한국동북아경제학회, 2006, pp.1-20.
- 8) 권신혜, "동북아시아 항만의 효율성 분석에 관한 연구", 부경대학교 대학원 석사학위논문, 2007.
- 9) 이장원·김형기·김성호, "한-중일 3국의 항만경쟁력 비교 연구", 「국제지역연구」, 제11권 제4호, 한국의국어대학교 국제지역연구센터, 2007, pp.333-360.
- 10) 하명신, "동북아 지역과 미국 주요 컨테이너항만간의 효율성 비교", 「한국항만경제학회지」, 제25집 제3호, 한국항만경제학회, 2009, pp.229-250.
- 11) 김선구·최용석, "컨테이너터미널 효율성 평가를 위한 AHP/DEA 통합모형", 「한국항만경제학회지」, 제28집 제2호, 한국항만경제학회, 2012, pp.179-194.

있었다. 분석결과를 보면 하역장비 효율성이 100%로 달성한 터미널은 DPCT로 나타났고, 상대적으로 부산항 터미널들의 장비 효율성이 높은 것으로 분석되었다.

강현구·류동근·손보라(2012)¹²⁾는 컨테이너터미널 업체수는 증가하였음에도 불구하고 물동량의 증가가 미미하여, 물동량 확보를 위한 컨테이너터미널 운영사간의 선사 및 화물유치를 위한 경쟁이 치열해지고, 이러한 경쟁은 하역효율이 하락하고 컨테이너터미널 운영사들의 경영수지가 악화되고 있는 추세이다. 분석 대상들은 효율적인 컨테이너터미널 운영사와 비효율적인 운영사들로 구분하고, 비효율적인 운영사는 상대적으로 얼마나 비효율적인지에 대한 정보와 경영 효율성을 갖추기 위한 개선 방안을 제시한다.

추봉성(2015)¹³⁾은 중심항 관점에서 한·중·일 주요 8개 컨테이너터미널을 대상으로 효율성을 분석하였다. 분석결과 부산항과 상해항, Ningbo항, 샤먼항, 대련항이 효율적(효율성 지표 1.0)으로 평가된 가운데 홍콩을 제외한 중국의 대부분의 항이 일본항에 비해 상대적으로 효율성이 높게 나타났다. 일본의 경우 동일본지역과 서일본지역의 대표항인 동경항(0.66)과 나고야항(0.79)은 물론 요코하마항(0.76), 고베항(0.75) 역시 한국과 중국에 비해 중심적 효율성이 가장 낮은 것으로 분석되었다.

이탁·곽규석·남기찬·안영모(2015)¹⁴⁾는 동북아시아 주요 컨테이너항만간의 상대적 효율성을 분석함으로써, 각 항만의 현재 효율성 수준을 파악하고, 효율적 항만이 되기 위한 주요 전략수립

방안을 제시하였다. DEA모형 중 규모수익불변모형인 CCR모형과 규모수익가변모형인 BCC모형을 통해 항만 효율성을 분석하며, 또한 CCR모형에 의해 평가된 효율성을 BCC모형에 의해 평가된 효율성으로 나눈 비율인 규모의 효율성 측면에서도 효율성을 분석하였다. 연구 결과, 중국의 경우, 대부분의 항만이 효율적으로 나타난 반면, 한국과 일본의 경우 대체적으로 비효율적인 것으로 나타났다. 특히, 부산항과 상해항, 련윈강항과 인천항, 다롄항과 광양항이 투입요소가 유사하지만 산출요소인 컨테이너 물동량은 큰 차이가 있는 것으로 나타났다.

다음의 표 1은 기존연구의 투입요소, 산출요소와 분석대상항만을 제시하였다.

DEA효율성 분석을 실시한 최근의 국내 연구가 대상 선정에 있어서 일부 터미널 또는 일부 항만을 대상으로 분석하거나 지역적으로 특정 지역에 편중된 대상을 선정하는 경우가 많다. 따라서 본 논문은 효율적인 컨테이너 터미널의 영향력을 평가하기 위해 광양항(한진해운, KIT, CJ대한통운)과 부산항(자성대, 신선대, 감만부두, 신감만부두, 우암부두, PNIT, PNC, HJNC, HPNT, BNCT) 컨테이너 터미널을 분석대상으로 선정하였다.

2. 사회 네트워크 분석(SNA)

1) 이론적 고찰

네트워크는 n 개의 노드 V 와 m 개의 관계 E 에 의해 구성된 네트워크 $G=(V, E)$, $V=$

$$V_i, i = 1, 2, \dots, n, E = e_i, i = 1, 2, \dots, m$$

이다. 이 네트워크를 나타내는 인접 행렬 $A_{n \times m}$ 은 노드 i 와 노드 j 간 참조관계가 존재할 경우 그 행렬의 요소 a_{ij} 는 어떤 값을 가지고 존재하지 않을 경우는 0의 값을 갖는다.

두 개의 노드 간에 연결(링크)이 있을 경우 두 노드는 이웃 노드라 부른다.

12) 강현구·류동근·손보라, "컨테이너터미널 운영사의 경영 효율성 평가에 관한 연구," 「한국항해항만학회지」, 제36권 제6호, 한국항해항만학회, 2012, pp.55-60.

13) 추봉성, "중심항 관점에서 한중일 주요 컨테이너터미널의 효율성 분석," 「해운물류연구」, 제85권, 한국해운물류학회, 2015, pp.107-118.

14) 이탁·곽규석·남기찬·안영모, "동북아시아 주요 컨테이너항만의 효율성 비교연구," 「한국항해항만학회지」, 제39권 제1호, 한국항해항만학회, 2015, pp.55-60.

표 1. 기존연구의 투입요소와 산출요소

연구자	투입요소	산출요소	분석대상항만
Notteboom et al(2000)	안벽길이, 터미널면적, 크레인수	컨테이너 처리량	유럽항만의 26개 터미널
Tongzon, J.(2001)	선석수, 크레인수, 예인선수, CY면적, 대기시간, 인원수	컨테이너처리량 선박작업률	세계 주요 16개 항만
Cullinane K, et al (2002)	안벽길이, 터미널면적, 하역장비수	컨테이너처리량	아시아지역 항만 및 터미널
Valentine and Gray(2002)	컨테이너수, 선석길이, 컨테이너 선석길이	화물처리톤수	유럽과 동북아시아 12개항만
송재영(2004)	선석수, 총면적, G/C장비, 야드장비, CFS면적, 평균 작업시간	컨테이너처리량	세계 53개 컨테이너항만
조윤기(2006)	선석수 갠트릭크레인수	화물물동량 정기선사 취항수	한,중,일 22개 항만
권신혜(2007)	선석수, 선석길이, 수심, 부두 총면적, 크레인수	컨테이너처리량	동북아시아지역 22개항만
이장원·김형기·김성호(2008)	선석수, 선석길이, 수심, 크레인, 부두총면적	컨테이너처리량	한, 중, 일 16개 항만
하명신(2009)	선석수, 수심, 부두면적, C/C수	총 처리물동량, 처리물동량 기준 성장률	미국과 동북아시아 항만
김선구·최용석 (2012)	C/C수, TC수, YT수, RS수	컨테이너물동량	광양항, 부산항, 부산신항 12개컨테이너터미널운영사
강현구·류동근·손보라(2012)	인건비, 임대료, 관리비용	매출액, 영업이익	컨테이너터미널 운영사
추봉성(2015)	항만물류비, 선석, 해운네트워크	컨테이너물동량	한, 중, 일 8개 항만
이탁·곽규석·남기찬·안영모(2015)	선석수, 안벽길이, 수심, 부두총면적, C/C수	컨테이너물동량	동북아시아 지역 16개항만

자료: 손용정, "세계 주요 컨테이너 항만의 효율성 비교 연구," 「한국항만경제학회지」, 제26집 제1호, 한국항만경제학회, 2010, pp.136.를 참고하여 보완함.

이런 네트워크를 사회 사회네트워크라 부르며 관계적 속성과 구조적 속성에 중점을 두고 연구되어 왔다. 이러한 본원적인 속성들은 사회 연구의 다양한 추세에서 사회 네트워크의 특성을 묘사하기 위해 사용된다.

관계적 속성은 네트워크 구성원간(노드)관계의 형태나 내용에 중점을 두고 네트워크의 두 측면 즉 거래내용과 관계의 본질로 이루어진다. 거래 내용은 네트워크에서 교환되는 모든 것을 말하고 자원(물적상품, 인적자원, 서비스), 정보(기술서, 아

이디어, 사실 등), 영향력(권력, 위세, 충고 등), 사회적 지원(위로, 동기부여 등)이 포함된다. 관계의 본질은 네트워크 구성원간 관계의 특성을 말하고 중요성(관계의 중요도), 빈도(발생율), 형식성(공식적인식), 표준화(교환단위) 등을 포함하고 있다.

네트워크의 구조적 속성은 세 분석 수준-자아중심의 개별 구성원, 하부 그룹, 전체 네트워크로 연구되고 있다.

개별구성원(노드)의 연구는 네트워크의 다른 구성원들과 개별적인 연결의 차이를 기술하고 연락,

교량, 게이트키퍼와 같은 개별적인 역할을 정의한다. 이는 네트워크 노드 수준과 관련된 네트워크 지표로 중심성, 연결성, 거리 등에 의해 측정된다. 하부 그룹은 전체 네트워크 내에 군집의 구조적 속성을 표현한다. 하부그룹은 그룹의 수, 그룹의 크기, 하부그룹이 연결하고 있는 정도에 의해 측정한다. 전체 네트워크는 네트워크 모든 구성원들 간 전반적인 관계 유형을 나타내는 것으로 네트워크 크기, 밀도, 네트워크 계층, 집중도 등에 의해 측정한다.¹⁵⁾

2) 아이겐벡터 중심성(eigenvector centrality)

사회 네트워크 분석의 중심성 지표를 살펴보면, 위세 중심성(eigenvector centrality)은 영향력이 큰 노드와 많은 연결을 한 비율, 연결정도 중심성(degree centrality)은 전체 노드의 수와 실제 관계를 맺고 있는 노드수의 비율(In & Out Degree), 근접 중심성(closeness centrality)은 노드가 연결될 수 있는 최단거리를 더한 것에 논리적으로 가능한 최소 근접성의 역수, 매개 중심성(betweenness centrality)은 한 노드가 다른 두 노드 간의 연결(최단경로) 사이에 있는 비율을 나타낸다. 본 연구에서는 영향력이 큰 노드와 많은 연결을 한 비율을 나타내는 위세중심성(eigenvector centrality)을 이용하여 분석한다.

연결정도의 중심성은 노드의 로컬 네트워크 크기, 즉 노드터에 직접 연결된 다른 노드의 개수에 초점을 맞춘다. 아이겐벡터 중심성은 연결된 노드의 개수뿐만 아니라 연결된 노드가 얼마나 중요한지도 함께 고려함으로써 연결정도 중심성의 개념을 확장한다.(Bonacich 1987, 2007) 연결된 노드가 얼마나 중요한 노드인지는 그 노드의 중심성

정도로 평가한다. 즉 노드의 아이겐벡터 중심성은 연결된 다른 노드의 중심성을 가중치로 하여 계산된 연결관계 정도이다.

어떤 노드와 연결된 다른 노드의 중심성이 높을수록 그 노드의 아이겐 벡터 중심성은 커지게 된다. 매우 강력한 영향력을 가진 한 사람을 알고 있는 것이 경우에 따라서는 다른 여러 평범한 사람들을 알고 있는 것보다 자신의 파워를 증가시키는 데 유용할 수 있다는 것이 아이겐벡터 중심성이 말하고자 하는 것이다.¹⁶⁾

3) 기존연구에 대한 검토

Liu, Lu, Yang & Chuang(2009)¹⁷⁾은 DEA분석을 한 후 각 DMU의 참조집합의 합에 의해서 사회네트워크를 구축하고 효율적인 DMU들의 변별력을 위해서 중심성 지표인 아이겐벡터의 중심성 값에 의해 순위를 결정하였다.

Liu와 Lu(2010)¹⁸⁾은 참조집합의 램다값을 정규화하여 Liu, Lu, Yang & Chuang(2009)에서 BCC모형에만 적용하였던 것을 CCR모형에도 적용하였다.

임병학(2012)¹⁹⁾은 참조집합과 램다값을 이용하여 DMU들간의 사회 네트워크를 생성하고 아이겐벡터의 중심성에서 간과될 수 있는 부분을 보완한 페이지랭크 중심성 분석에 의해 효율적인 DMU의 영향력과 순위를 정하였다.

최성국(2013)²⁰⁾은 DEA분석에서 같은 효율성 점

15) 임병학, "사회 네트워크 분석 접근법을 이용한 효율적인 항만의 영향력과 순위 측정에 관한 연구," *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, 제12권 제1호, 2012, p.39.

16) 광기영, *소셜 네트워크분석*, 청람, 2014, p.212.
 17) Liu, J. Lu, W., Yang, C. and Chuang, M., A network-based approach for increasing discrimination in data envelopment analysis, *Journal of the Operational Research Society*, Vol.60, pp.1502-1510.
 18) Liu, J. and Lu, W., DEA and ranking with the network-based approach: a case of R&D performance, *Omega*, Vol.38, pp.453-464.
 19) 임병학, "사회 네트워크 분석 접근법을 이용한 효율적인 항만의 영향력과 순위 측정에 관한 연구," *Journal of Korean Society of Supply Chain Management*, Vol.12, No.1, 2012, pp.37-47.
 20) 최성국, *세계 주요공항의 효율성과 영향력 측정에 관한*

수가 다수일 때 순위화의 어려움과 효율성 분석은 공항의 내부운영만을 평가한다는 단점을 지적하고 사회연결망 분석을 통해 보완하고 이를 통해 정확한 공항효율성 평가도구를 제시하였다.

김성국(2014)²¹⁾은 중국과의 교역에 따른 우리나라 항만의 집중을 밝혀내기 위해 허쉬만-허핀달지수와 사회연결망분석을 이용하였다.

강동준·방희석·우수한(2014)²²⁾은 사회 네트워크 분석을 이용하여 2006년부터 2011년까지 19개 선사의 기항패턴과 선박투입량을 대상으로 전 세계 항만 네트워크 분석을 하였고, 연구결과로 좁은세상, 척합수 법칙 등과 같은 항만 네트워크의 구조적인 특성을 파악하고 네 가지 항만중심성을 나타냈으며 시계열 자료(2006년~2011년)를 이용하여 연도별 중심성 추이를 나타내고 있다. 이를 통해 항만운영자 및 선사의 항만개발계획 및 선대운영시 항만물동량만을 기준으로 계획을 세우는 것이 아닌 새로운 개선 정책이 필요할 것으로 판단된다.

박지문·김성국·김한호(2015)²³⁾는 현재까지 발표된 교역구조 연구와는 차별화된 분석방법으로 무역구조의 복잡성을 반영하여 수산물 교역구조를 분석하였다.

III. 실증분석

1. 분석대상

본 연구의 분석대상 컨테이너 터미널은 광양항

연구, "인하대학교 물류전문대학원 석사학위논문, 2013.

- 21) 김성국, "대중국 무역에서 우리나라 항만의 집중에 관한 연구", 「무역학회지」, 제39권 제5호, 2014, pp.139-159.
- 22) 강동준·방희석·우수한, "세계 주요 정기선사의 항만네트워크에 관한 연구", 「한국항만경제학회지」, 제30집 제1호, 한국항만경제학회, 2014, pp.73-96.
- 23) 박지문·김성국·김한호, "사회연결망을 이용한 굴 무역 네트워크에 관한 연구", 「무역학회지」, 제40권 제2호, 2015, pp.51-70.

3개 터미널(한진해운, KIT, CJ대한통운)과 부산항 10개 터미널(자성대, 신선대, 감만부두, 신감만부두, 우암부두, PNIT, PNC, HJNC, HPNT, BNCT)을 대상으로 분석하고, 자료수집은 여수광양항만공사(YGPA)와 부산항만공사(BPA) 홈페이지에서 구하였다.

2. DEA분석

DEA모형을 활용한 효율성 분석에는 다수의 투입변수와 산출변수가 존재하므로 측정변수에 따라서 다른 분석결과가 나타날 수 있다. 따라서 측정변수의 선정은 DEA모형을 활용한 효율성 분석에서 1차적으로 중요한 요소이다.

본 연구에서는 컨테이너 터미널의 효율성에 영향을 미칠 수 있는 변수를 국내의 기존 연구 표 1을 참고하여 측정변수를 선정하였는데, 선석수, 수심, 크레인수, 총면적을 투입변수로 컨테이너 화물처리량을 산출변수로 선정하였다. 이러한 변수들은 항만의 선택기준과 효율성을 측정하는 대표적인 변수들로 기존의 연구에서도 많이 이용된 변수이다.

DEA효율성 분석결과 CCR효율성은 부산항의 PNC, HJNC, HPNT 컨테이너 터미널이 효율성 1이고, BCC효율성은 부산항의 신감만부두, 우암부두, PNC, HJNC, HPNT, BNCT 컨테이너 터미널이 효율성 1이다. CCR효율성과 BCC효율성 모두 광양항에 비해 부산항 컨테이너 터미널이 효율성 순위에서 상위에 랭크되어 있다. 규모의 효율성은 CCR효율성과 마찬가지로 부산항의 PNC, HJNC, HPNT 컨테이너 터미널이 효율성 1이다.

2. 사회네트워크 생성 및 분석

표 2의 DEA(BCC)효율성 분석결과 효율적인 터미널은 KIT, 신감만부두, 우암부두, PNC, HJNC, HPNT, BNCT로 나타났다.

표 2. DEA효율성 분석

DMU	CCR	BCC	SE
한진해운	0.3418	0.4006	0.8532
KIT	0.3604	1	0.3604
CJ대한통운	0.3254	0.345	0.9432
자성대	0.5024	0.5552	0.9049
신선대	0.8788	0.9312	0.9437
감만부두	0.6899	0.7754	0.8897
신감만부두	0.7994	1	0.7994
우암부두	0.5133	1	0.5133
PNIT	0.5092	0.5517	0.923
PNC	1	1	1
HJNC	1	1	1
HPNT	1	1	1
BNCT	0.3398	1	0.3398

표 3. 사회 네트워크 분석을 위한 참조집합의 목록형태

DMU	Reference Sets	λ
한진해운	신감만부두	0.1267
한진해운	우암부두	0.3327
한진해운	HJNC	0.5406
CJ대한통운	우암부두	0.1224
CJ대한통운	PNC	0.1431
CJ대한통운	HJNC	0.7345
자성대	우암부두	0.341
자성대	PNC	0.6129
자성대	HJNC	0.0461
신선대	우암부두	0.2029
신선대	PNC	0.5797
신선대	HJNC	0.2174
감만부두	우암부두	0.3333
감만부두	PNC	0.453
감만부두	HPNT	0.2137
PNIT	우암부두	0.2464
PNIT	PNC	0.2754
PNIT	HJNC	0.4783

이들은 모두 효율성점수가 1의 값을 가지고 있어 서로 변별력이 없어 순위를 결정할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 사회 네트워크의 아이젠벡터 중심성 지표를 이용한다.

표 3의 DMU를 노드로 하고 참조집단을 연결로 하여 생성된 사회 네트워크 구조는 그림 1과 같다. 네트워크는 표 3을 입력 자료로 하여 UCINET 6에 의해 생성하였다.

노드의 연결정도는 노드의 총 연결관계 개수를 의미하며 노드에 연결된 라인의 개수로 특정하다. 연결정도는 최소 0에서 최대 g-1까지의 값(총 g개의 노드가 있고 해당노드가 다른 모든 노드와 연결된 경우)을 갖는다. 연결정도가 0인 노드를 고립노드라고 한다.

이 사회 네트워크의 노드의 수는 13개이고, 연결의 수는 18개이다. 평균연결정도는 2.77로 비효율적인 DMU들은 벤치마킹 대상으로 평균 2.8개의 효율적인 DMU를 참조하고 있다고 볼 수 있다.

표 4의 아이젠벡터 중심성 분석 결과에 의하면 HJNC터미널이 0.515로 가장 많이 참조되고 있는 컨테이너 터미널로 영향력이 가장 높은 것으로 볼 수 있다. PNC터미널이 0.512, 우암부두가 0.379 순이고, 광양항의 CJ대한통운 전체 영향력에서는 4위이나, 광양항 컨테이너 터미널 중에서는 0.256으로 가장 영향력 있는 컨테이너 터미널이다.

비효율적인 컨테이너 터미널에 대해서는 0.000으로 나타났다. 비효율적인 DMU에 대해 중심성 값이 동일한 이유는 참조하고 있는 DMU의 람다의 합이 1이기 때문이다.

표 4에 비효율적인 컨테이너 터미널들은 아이젠벡터 중심성과 DEA효율성에 의한 중요도와 영향력을 알 수 있다. 따라서 효율적인 컨테이너 터미널이든 비효율적인 컨테이너 터미널이든 간에 중심성과 효율 값에 의해 부산항과 광양항의 모든 컨테이너 터미널이 순위를 비교할 수 있다.

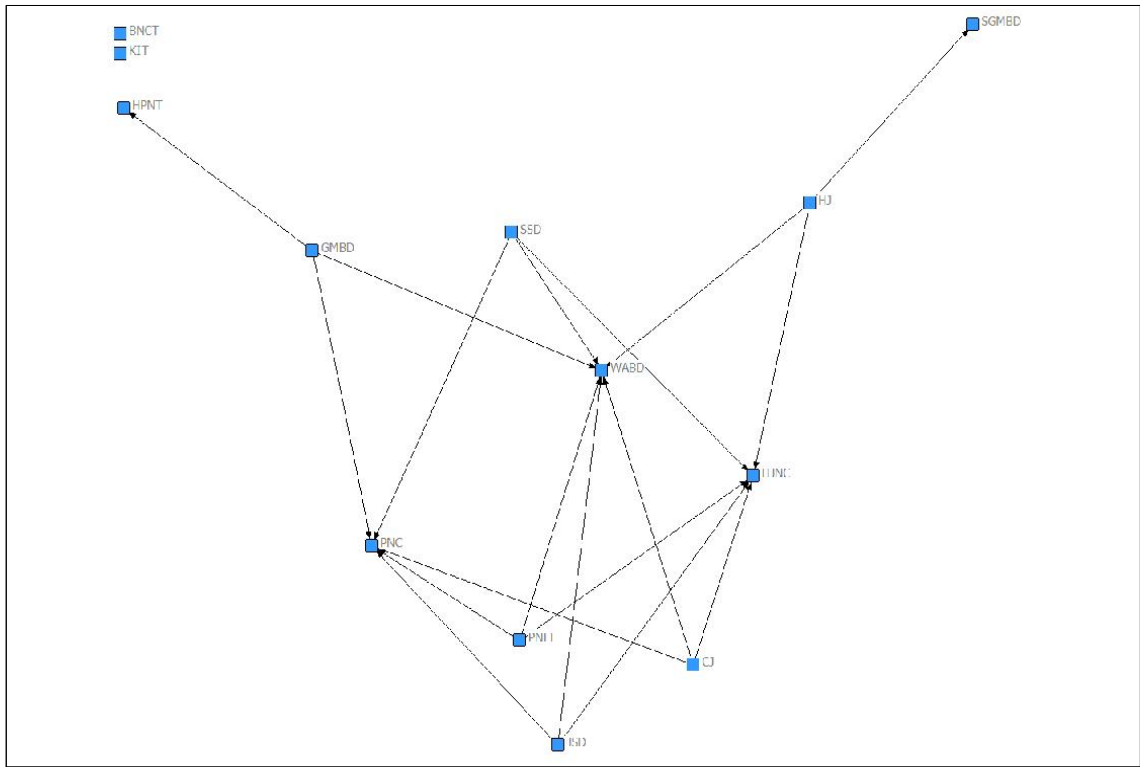


그림 1. 참조집합 네트워크

표 4. DMU의 영향력과 순위

DMU	Efficiency Score(BCC)	Ranking	Eigenvector	Ranking
한진해운	0.4006	12	0.210	8
KIT	1	1	0.000	13
CJ대한통운	0.345	13	0.256	4
자성대	0.5552	10	0.240	7
신선대	0.9312	8	0.250	5
감만부두	0.7754	9	0.189	9
신감만부두	1	1	0.028	11
우암부두	1	1	0.379	3
PNIT	0.5517	11	0.247	6
PNC	1	1	0.512	2
HJNC	1	1	0.515	1
HPNT	1	1	0.043	10
BNCT	1	1	0.000	13

IV. 결 론

본 논문은 효율적인 컨테이너 터미널의 영향력을 평가하기 위해 Liu, Lu, Yang & Chuang (2009), Liu와 Lu(2010)와 임병학(2012)의 연구에서 보여준 DEA분석에 의한 효율성 분석 후, 참조집단의 램다값을 이용하여 사회 네트워크를 구축하여 SNA분석을 적용해 보았다.

광양항(한진해운, KIT, CJ대한통운)과 부산항(자성대, 신선대, 감만부두, 신감만부두, 우암부두, PNIT, PNC, HJNC, HPNT, BNCT) 컨테이너 터미널을 분석대상으로 선정하였다.

연구방법은 DEA분석(CCR, BCC모형) 후 DMU를 노드로 하고 DEA(BCC모형)의 참조집단과 램다값을 이용하여 사회 네트워크를 생성하고, 아이겐벡터 중심성 분석에 의해 효율적인 DMU들의 영향력을 분석하였다.

분석결과는 첫째, DEA분석 결과 CCR효율성은 부산항의 PNC, HJNC, HPNT 컨테이너 터미널이 효율성 1이고, BCC효율성은 부산항의 신감만부두, 우암부두, PNC, HJNC, HPNT, BNCT 컨테이너 터미널이 효율성 1이다. CCR효율성과 BCC효율성 모두 광양항에 비해 부산항 컨테이너 터미널이 효율성 순위에서 상위에 랭크되어 있다.

둘째, SNA분석결과 아이겐벡터 중심성 분석에 의하면 HJNC터미널이 0.515로 가장 많이 참조되고 있는 컨테이너 터미널로 영향력이 가장 높은 것으로 볼 수 있다. PNC터미널이 0.512, 우암부두가 0.379, 순이고 광양항의 CJ대한통운 전체 영향력에서는 4위이나, 광양항 컨테이너 터미널 중에서는 0.256으로 가장 영향력있는 컨테이너 터미널이다.

DEA분석의 BCC모형 결과만 사회 네트워크를 구성하였는데, CCR모형과 BCC모형을 모두 사회네트워크를 구성하여 비교 연구가 필요하며, SNA분석에서 아이겐벡터 중심성 분석만을 본 연구에서는 실시하였는데 추후의 연구는 연결중심 중심성,

근접 중심성, 매개 중심성 등의 연구도 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- 강동준·방희석·우수한(2014), “세계 주요 정기선사의 항만네트워크에 관한 연구,” 「한국항만경제학회지」, 제30집 제1호, 73-96.
- 강상곤(2001), “DEA모형을 이용한 컨테이너항만 및 터미널의 효율성 평가에 관한 실증연구”, 한국해양대학교 대학원 석사학위논문.
- 강현구·류동근·손보라(2012), “컨테이너터미널 운영사의 경영 효율성 평가에 관한 연구,” 「한국항해항만학회지」, 제36권 제6호, 55-60.
- 곽기영(2014), 『소셜네트워크분석』, 청람, 2014.
- 권신혜(2007), “동북아시아 항만의 효율성 분석에 관한 연구,” 부경대학교 대학원 석사학위논문.
- 김선구·최용석(2012), “컨테이너터미널 효율성 평가를 위한 AHP/DEA 통합모형,” 「한국항만경제학회지」, 제28집 제2호, 179-194.
- 김성국(2014), “대중국 무역에서 우리나라 항만의 집중에 관한 연구,” 「무역학회지」, 제39권 제5호, 139-159.
- 김용학(2004), 『사회 연결망 분석』, 박영사.
- 김형기·이장원·문종범(2006), “중국 연해지역 주요항만의 경쟁력 분석,” 「현대중국연구」, 제8집 제2호, 2006, 251-282.
- 모수원(2008), “국내항만의 효율성 결정요소-패널분석과 이분산 토빗모형을 이용하여,” 「한국항만경제학회지」, 제24집 제4호, 2008, 349-361.
- 박만희(2008), 『효율성과 생산성 분석』, 한국학술정보.
- 박지문·김성국·김한호(2015), “사회연결망을 이용한 글로벌 무역 네트워크에 관한 연구,” 「무역학회지」, 제40권 제2호, 51-70.
- 손승태(1993), “국내 은행의 경영효율성 비교연구”, 한국개발연구원, 93.
- 손용정(2010), “세계 주요 컨테이너 항만의 효율성 비교 연구,” 「한국항만경제학회지」, 제26집 제1호, 131-143.
- 송재영(2004), “컨테이너 항만의 효율성 분석에 관한 연구,” 한국해양대학교 대학원 박사학위논문.
- 송재영·신창훈(2005), “DEA 모형을 이용한 세계 주요 항만의 효율성 평가,” 「한국항해항만학회지」, 제29권 제3호, 2005, 195-201.
- 이장원·김형기·김성호(2007), “한·중·일 3국의 항만경

- 쟁력 비교연구”, 「국제지역연구」, 제11권 제4호, 333-360.
- 이탁·곽규석·남기찬·안영모(2015), “동북아시아 주요 컨테이너항만의 효율성 비교연구”, 「한국항해항만학회지」, 제39권 제1호, 55-60.
- 임병학(2012), “사회 네트워크 분석 접근법을 이용한 효율적인 항만의 영향력과 순위 측정에 관한 연구”, *Journal of Korean Society of Supply Chain Management*, Vol.12, No.1, 37-47.
- 조윤기(2006), “한·중·일 컨테이너항만의 효율성 비교 분석”, 「동북아경제연구」, 제18권 제3호, 1-20.
- 추봉성(2015), “중심항 관점에서 한중일 주요 컨테이너터미널의 효율성 분석”, 「해운물류연구」, 제85권, 107-118.
- 최성국(2013), “세계 주요공항의 효율성과 영향력 측정에 관한 연구”, 인하대학교 물류전문대학원 석사학위논문.
- 하명신(2009), “동북아 지역과 미국 주요 컨테이너항만간의 효율성 비교”, 「한국항만경제학회지」, 제25집 제3호, 229-250.
- Banker, R. D., Charnes, A., and W. W. Cooper(1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis,” *Management Science*, Vol.30, 1078-1092.
- Borgatti(2002), *Everett and Freeman, UCINET 6 for Window Software for Social Network Analysis USER'D GUIDE*, Analytic Technologies.
- Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes(1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” *Journal of Operational Research*, Vol.2 No.6, 429-444.
- Cullinane, K.(2002), “The Productivity and Efficiency of Ports and Terminals: Methods and Applications,” *The Handbook of Maritime Economics and Business*, London: LLP.
- Liu, J. and Lu, W., “DEA and ranking with the network-based approach: a case of R&D performance,” *Omega*, Vol.38, 453-464.
- Liu, J. Lu, W., Yang, C. and Chuang, M., “A network-based approach for increasing discrimination in data envelopment analysis,” *Journal of the Operational Research Society*, Vol.60, 1502-1510.
- Notteboom T., Coeck C. and Van den Broeck J., “Measuring and Explaining the relative Efficiency of Container Terminals by means of Bayesian Stochastic Frontier Models,” *Journal of Maritime Economics & Logistics*, Vol.2, 83-106.
- Peter J. Carrington, *John Scott and Stanley Wasserman, Models and Methods in Social Network Analysis*, Cambridge University Press, 2005.
- Tongzon, J.(2001), “Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis,” *Transportation Research, Part A*, Vol.35, 113-128.
- Valantine, V. C. and R. Gray(2002), “Competition of Hub Ports: A Comparison between Europe and the Far East,” *Proceedings of the 2nd International Gwangyang Port Forum and International Conference for the 20th Anniversary of Korean Association of Shipping Studies, Korean Association of Shipping Studies*, 161-176.

DEA와 SNA를 이용한 효율적인 컨테이너 터미널의 영향력에 관한 연구

손용정

국문요약

본 논문은 효율적인 컨테이너 터미널의 영향력을 평가하기 위해 광양항과 부산항 컨테이너 터미널을 분석대상으로 선정하였다. 연구방법은 DEA분석(CCR, BCC모형) 후 DMU를 노드로 하고, DEA(BCC모형)의 참조집단과 람다값을 이용하여 사회 네트워크를 생성하고 아이겐벡터 중심성 분석에 의해 효율적인 DMU들의 영향력을 분석하였다. 분석결과는 첫째, DEA분석 결과 CCR효율성은 부산항의 PNC, HJNC, HPNT 컨테이너 터미널이 효율성 1이고, BCC효율성은 부산항의 신감만부두, 우암부두, PNC, HJNC, HPNT, BNCT 컨테이너 터미널이 효율성 1이다. 둘째, SNA분석 결과 아이겐벡터 중심성 분석에 의하면 HJNC터미널이 0.515로 가장 많이 참조되고 있는 컨테이너 터미널로 영향력이 가장 높은 것으로 볼 수 있다. PNC터미널이 0.512, 우암부두가 0.379, 순이고 광양항의 CJ대한통운 전체 영향력에서는 4 위이나, 광양항 컨테이너 터미널 중에서는 0.256으로 가장 영향력있는 컨테이너 터미널이다.

주제어: 항만, 컨테이너 터미널, 자료포락분석, 사회연결망분석