

DEA와 PCA에 의한 항만의 핵심 투입-산출변수의 추출방법

† 박 노 경*

*조선대학교 무역학과 교수

A Study on the Extracting the Core Input and Output Variables in Korean Seaports by DEA and PCA Approach

† Ro-Kyung Park*

* Department of Int'l Trade, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

요 약 : 본 논문에서는, 1995년도, 2000년도, 2004년도, 국내 26개 항만들을 대상으로 2개의 투입변수(접안능력, 하역능력)와 3개의 산출변수(수출화물처리량, 수입화물처리량, 입출항척수)가 있는 경우에 구성될 수 있는 21개의 DEA모형을 제시하고 효율성을 측정하였다. 또한 그러한 효율성 측정결과를 이용하여 주성분분석을 시행하여 핵심투입변수와 산출변수를 추출하였다. 실증분석의 핵심적인 결과를 살펴보면, 핵심투입변수는 하역능력, 핵심산출변수는 입출항척수로 나타났다. 정책적인 함의는 항만정책당국이 개별항만들의 핵심투입변수와 산출변수가 어떻게 변화해 왔는지를 검토하여 차후 항만투자과 개발 시에 반드시 고려하고 반영해야만 한다.

핵심용어 : 주성분분석, 투입-산출변수 추출, 자료포괄분석, 국내항만, 효율성

Abstract : The purpose of this paper is to show a way for extracting the core input and output variables in Korean seaports by using principal component analysis and DEA(data envelopment analysis). Two inputs(birthing capacity, and cargo handling capacity) and three outputs(export cargo handling amount, import cargo handling amount, and number of ship calls), and three cross sectional data(1995, 2000, and 2004) for 26 Korean seaports are considered for measuring the efficiencies of 21 DEA models. 21 models can be treated as variables and efficiencies as observations for extracting the core inputs and outputs variables by using principal component analysis. An empirical main result indicates that core input variable is cargo handling capacity, and core output is the number of ship calls. The Korean seaport authority can adopt the DEA and principal component analysis for deciding the development and investment to each seaport

Key words : Principal component analysis, Extraction of input and output variables, DEA, Korean seaports, Efficiency

1. 서 론

최근 10년 동안에 모수적(parametric), 비모수적(nonparametric)인 방법을 이용한 항만의 생산성 및 효율성을 측정한 논문들이 많이 발표되고 있다. 항만 분야가 전 세계적으로 개방되고 민영화됨에 따라서 그러한 주제의 중요성이 더욱더 커지고 있다. 항만의 효율성은 투입요소에 대한 산출요소의 비율을 증대시킬 때 수치가 높아지게 되는데 따라서 항만에 대한 효율성 측정시 가장 중요한 것은 효율성 측정에 사용된 투입-산출변수라고 할 수 있다. 왜냐하면, 개별항만들의 특성이 반영된 투입-산출변수의 구성에 따라서 효율성측정 결과가 달라지기 때문이다.

그 동안 항만의 효율성 측정과 관련된 연구들은 각기 다른 투입요소 및 산출요소를 고려하여 II장에서 제시한 바와 같이 국내외적으로 다양하게 연구들이 이루어져 왔다. 그러나 항만의 효율성측정과 관련하여 주성분분석(Principal Component Analysis, 이하 PCA라 칭함)을 사용한 연구는 박노경(2003)을

제외하고는 국내적으로 거의 전무한 상황이다. 또한 핵심적인 투입-산출변수를 추출해 내기 위해서 주성분분석을 이용한 연구는 국내에서는 시도된 적이 없다.

따라서 본 연구에서는 다음과 같은 사항들에 본 논문의 연구 목적을 두고자 한다. 첫째, 국내항만의 효율성을 측정하기 위해서 투입-산출변수 별로 모든 조합을 제시한 DEA(Data Envelopment Analysis, 자료포괄분석)모형을 제시하고 그러한 모형에 의거하여 효율성을 측정하고자 한다. 둘째, 주성분 분석방법을 도입하여 핵심 투입-산출변수를 선택하기 위한 측정방법을 보여주고자 한다. 특히 주성분분석방법을 이용하여 실증적으로 보여 줌으로써 선행연구의 범위를 부분적으로 확장시키고자 한다. 셋째, 향후 항만 정책당국이나 항만의 경영관리자들이 항만의 경쟁력을 높이기 위한 정책입안 시 참고가 될 수 있도록 주성분분석모형에 대한 적용을 실험적으로 제시해 보고자 한다.

본 논문의 연구범위는, 첫째, 외국과 국내에서 선행된 생산성, 효율성에 대한 기존연구들의 방향을 간략하게 소개한다.

† 교신저자 : 박노경(정회원), nkpark@chosun.ac.kr, 011-646-6821

둘째, 1995년도 국내 26개 항만들을 대상으로 2개의 투입변수(접안능력, 하역능력)와 3개의 산출변수(수출화물처리량, 수입화물처리량, 입출항척수)가 있는 경우에 구성될 수 있는 21개의 DEA모형을 제시하고 효율성을 측정한다. 셋째, 그러한 효율성 측정결과를 이용하여 주성분분석을 시행하여 핵심투입변수와 산출변수를 추출한다. 넷째, 정책적인 함의를 제시하는 것으로 한정한다.

본 논문의 구성은 1장은 서론, 2장은 항만의 효율성에 대한 기존연구들의 방향과 주성분분석을 항만분야에 사용했던 국내와 국외연구의 방향을 간략하게 제시하며, 3장에서는 DEA와 주성분분석에 대한 이론적인 내용을 제시한다. 4장에서는 26개 국내항만에 대한 효율성을 DEA기법을 통해서 측정하며, 주성분분석모형을 이용하여 핵심투입변수와 산출변수를 추출해 냈으므로 주성분분석의 유효성을 검증한다. 5장에서는 정책적 함의와 함께 결론이 제시된다.

2. 선행연구에 대한 검토

본 장에서는 DEA모형으로 측정된 국내항만들의 효율성수치와 주성분분석을 이용하여 핵심투입변수와 산출변수를 추출한 연구를 소개하여야만 하지만 그러한 연구가 드물어서 DEA기법을 이용하여 항만들의 생산성과 효율성을 측정된 국내외연구를 간단하게 소개하고자 한다.

국내에서는 송재영 외(2005), 류동근(2005), 이선용 외(2004), 오성동 외(2001)의 연구가 있다. 기타 RCC/RSC별 운영효율성을 측정된 금중수 외(2005)의 연구, 글로벌선사의 운영성과 측정을 위한 항로의 효율성을 분석한 신창훈 외(2005)의 연구가 DEA기법을 이용하였다.

송재영 외(2005)는 부산항을 포함한 세계 주요항만들의 효율성(53개항만의 1995년부터 2001년까지 자료를 이용함. 투입변수는 터미널 선석 총길이, 터미널 총면적, G/C장비, 야드장비, CFS 면적, 평균작업시간, 산출변수는 총화물처리량)을 DEA모형을 통해서 분석하고 부산항이 벤치마킹할 대상들(Hongkong항, Singapore항, Kaohsiung항) 구체화 하였다.

류동근(2005)은 4개의 투입변수(종업원수, 부두길이, 부지면적, C/C대수)와 1개의 산출변수(컨테이너 처리실적)와 2002년부터 2004년까지 부산항과 광양항 컨테이너 터미널 8곳의 패널자료를 이용하여 CCR, BCC, 규모효율성을 측정하였다. 측정결과 CCR모형에서는 감만부두, 감천부두, BCC모형에서는 감천부두와 우암부두, 규모효율성측면에서는 감만부두, 허치슨부두, 감천부두가 효율적으로 나타났으며, 규모효율성이 낮은 곳은 광양항 2단계부두였다.

이선용 외(2004)는 2002년도 부산항의 9개의 컨테이너전용 터미널을 대상으로 부문별 생산성(시설물생산성, 종업원생산성, 선박작업당생산성)과 DEA효율성(투입요소:선석수, 안벽의 길이, 야드면적, 총 근로자수, 장비수, 산출요소: 터미널의 연간처리량)을 측정하고 D,E,F터미널의 생산성이 높음을 밝혀내었다.

오성동 외(2001)는 4개의 투입요소(안벽길이, 하역장비수, CY면적, CFS면적)와 2개의 산출요소(총물동량, 항만사용료)를 이용하여 세계주요항만(20개)과 동북아 주요항만(8개)의 효율성을 측정하였다.

항만 및 컨테이너항만의 생산효율성과 관련된 외국에서의 연구는 Monie(1987), Fleming (1997), Cullinane et al.(2002), Roll and Hayuth(1993), Tongzon(2001)의 연구가 있다.

주성분분석과 DEA연구를 접목시킨 연구는 국내에서는 박노경(2003)이 문성혁 외(1999)의 자료를 이용하여 컨테이너항만의 경쟁력관계를 순위면에서 측정하였으며 DEA분석과 주성분분석의 결과를 스피어만과 켄달의 타우를 이용하여 비교하였다.

국외연구를 살펴보면 다음과 같다. Daniel(1978)은 DEA와 PCA의 순위를 비교하였다. Zhu(1998)는 중국의 18개 도시들의 경제적 성과의 순위를 결정하였으며, 스피어만과 켄달의 타우 상관관계분석을 통해서 DEA와 PCA사이에 매우 높은 상관관계가 있음을 발견하였다. Premachandra(2001)은 Zhu의 연구를 확장시켜서 효율적인 DMU의 숫자가 적은 경우에만 DEA와 PCA의 순위가 일치함을 보여 주었다. 국외에서의 연구 중에서 본 연구와 직접적으로 관련된 연구는 Cina and Molinero (2003)가 하였다. 그들은 2개의 투입물과 3개의 산출물을 이용하여 18개 중국도시들의 효율성을 21개 DEA모형과 주성분분석방법을 이용하여 핵심 투입변수와 산출변수를 추출하였다. 또한 속성적합성분석방법도 보여주었다.

요컨대, DEA기법을 이용한 국내와 국외연구들은 주로 세계주요항만들, 부산항, 광양항을 대상으로 상이한 투입요소와 산출요소를 이용하여 효율성을 비교분석하거나, 경쟁력을 분석하였다. 또한 DEA에 주성분분석을 접목한 연구들도 컨테이너항만들의 경쟁력을 순위면에서 비교하는데 그치고 있다. 따라서 연구에 이용한 투입요소와 산출요소가 효율성에 미치는 영향을 중심으로 핵심요소를 추출하는 연구는 다루지 못한 한계점을 가지고 있다. 즉, 국내의 어떠한 선행연구도 DEA와 주성분분석을 이용하여 핵심적인 투입변수와 산출변수를 추출해 내는 연구는 국내에서는 시도된 적이 없다.

3. DEA와 주성분분석에 관한 이론적 접근

3.1 DEA에 관한 이론적 접근

DEA모형은 많은 연구에 의해 다양한 형태로 제시되었으나, 가장 많이 활용되는 모형으로는 Charnes, Cooper and Rhodes (1978)의 CCR 모형과 Banker, Charnes and Cooper (1984)의 BCC 모형을 들 수 있다. CCR모형은 DEA 분석의 기본모형으로 모든 의사결정단위들은 각각의 투입물 가중합계에 대한 산출물 가중합계의 비율이 1을 초과해서는 안되며, 각 투입요소와 산출요소의 가중치들은 0보다 크다는 (즉, 모든 투입요소와 산출요소를 고려한다는) 단순한 제약조건하에 평가의 대상이 되는 의사결정단위의 투입물 가중합계에 대한

산출물 가중합계의 비율을 최대화시키고자 하는 선형분수계획모형(fractional linear programming model)이다. 그러나 CCR 모형은 각 의사결정단위의 규모 수익이 불변이라는 가정 하에 효율성을 평가하는 단점을 갖고 있다. BCC 모형은 규모 수익이 가변적인 경우를 다루는 모형으로 각 의사결정단위의 전반적 효율성을, 규모의 효율성과 순수한 기술적 효율성으로 구분할 수 있도록 한다.[모형들에 대한 자세한 내용은 류동근(2005)을 참조].

3.2 주성분분석에 관한 이론적 접근

주성분분석(Principal Component Analysis)은 원래 변수들의 선형결합으로 표시되는 새로운 주성분(principal components)을 찾아서, 이를 통하여 자료의 요약과 용이한 해석을 목적으로 한다. 주성분 분석은 분석자재로 어떤 결론에 도달하기 위한 분석이라기보다는 차후의 분석을 위한 수단을 제공하여 주는 단계이다. 한편 기하학적으로는 이 선형결합들은 원래의 좌표 체계를 직교회전시켜 얻어지는 새로운 좌표축의 선택과 관련되어 있다. 주성분분석의 용도는 다음의 세 가지로 요약할 수 있으며, 이외에도 주성분이 가지는 수학적인 개념들에 기반한 추가적인 다양한 분석에도 응용되어진다. 즉, 상관관계분석에서 상관관계가 없는 경우의 주성분추출, 변수들에 대한 정규성을 검정, 이상치(outlier)를 찾는 데 사용할 수 있다.

3.3 DEA와 주성분분석을 이용한 핵심투입-산출변수 추출방법 및 필요성

본 연구의 핵심은 국내 기존연구들에서 다루지 못했던 항만의 투입-산출변수들 중에서 해당항만의 효율성에 핵심적인 역할을 하는 투입 및 산출변수를 DEA와 주성분분석을 통해서 추출해 내는 것이다. 위와 같은 연구는 2개의 투입변수와 3개의 산출변수가 있는 경우에 만들어 질 수 있는 21개 모형을 사용한 Cinca and Molinero(2003)에 의해서 처음으로 시도되었다. 21개 모형이 필요한 이유는 핵심투입변수와 산출변수를 추출하기 위해서는 모든 투입변수와 산출변수가 모두 개별적으로 반영될 수 있는 완전한 모형들을 갖추어야만 하기 때문이다. 따라서 위와 같은 21개 모형(Table 1 참조)은 투입변수와 산출변수의 숫자에 따라서 얼마든지 축소 또는 확장될 수 있다.

4. 실증분석 및 해석

본 연구에서는 자료의 객관성과 일치성을 높이기 위해서 한국해양수산부가 발행하는 『해양수산통계연보』의 통계자료를 이용하였다. DEA효율성 수치를 측정하기 위해서 투입변수는 접안능력(X1)[제화중량톤(DWT:dead weight tonnage;선박에 화물 등을 실을 수 있는 최대의 중량톤수)]과 하역능력(X2)이며, 산출변수는 수출화물처리량(Y1)[화물톤수를 화물의 운임 등에 적용하는 톤수인 R/T(revenue ton)], 수입화물처리

량(Y2), 입출항 척수(Y3)로 하였다.

대상항만은 국내무역항만 중에서 26개항[분석대상기간 동안 통계수치가 전부 있는 항만들]이며, 분석대상기간은 1995년, 2000년, 2004년으로 하였다. 그러나 본 연구에서 선택한 투입 및 산출변수와 대상항만, 분석대상기간은 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 첫째, 입출항척수의 경우 선박의 규모는 고려하지 못하고 있다. 왜냐하면 동일한 입출항척수라 하더라도 부산항과 기타 소규모 항만들과는 그 의미가 다르기 때문이다. 둘째, 분석대상기간도 특정 시점 사이에 갑작스런 시설확장(터미널개장)으로 인한 변수들의 변화를 인식하지 못하는 단점을 가지고 있다. 셋째, 분석대상인 국내 26개 항만은 항만의 기능면에서 동질성을 가지지만 세부적으로 살펴보면 항만별 처리화물 종류가 다르고 그 역할이 다르기 때문에 동질성 측면에서 다소 부족하다고 볼 수 있다. 그러나 본 연구의 기본목적이 핵심 투입-산출요소의 추출방법을 보여주는 데 있으므로 자료의 제약에 따른 문제점은 어느 정도 극복할 수 있을 것으로 판단된다.

4.1 DEA효율성측정을 위한 모형

Table 1에는 DEA효율성 측정을 위한 21개의 DEA모형을 제시하였다. Table 2에는 규모수확불변을 가정하며, 투입지향 모형(정해진 산출물 수준에서 투입요소를 극소화시켜가는 모형)으로 측정된 효율성 수치이다.

Table 1 The 21 DEA Models

모형/변수	투입변수	산출변수
A1	X1	Y1
A12	X1	Y1, Y2
A123	X1	Y1, Y2, Y3
A13	X1	Y1, Y3
A23	X1	Y2, Y3
A2	X1	Y2
A3	X1	Y3
B1	X2	Y1
B12	X2	Y1, Y2
B123	X2	Y1, Y2, Y3
B13	X2	Y1, Y3
B23	X2	Y2, Y3
B2	X2	Y2
B3	X2	Y3
AB1	X1, X2	Y1
AB12	X1, X2	Y1, Y2
AB123	X1, X2	Y1, Y2, Y3
AB13	X1, X2	Y1, Y3
AB23	X1, X2	Y2, Y3
AB2	X1, X2	Y2
AB3	X1, X2	Y3

4.2 DEA효율성측정 결과

Table 2에는 효율성 측정결과를 제시하였다.

Table 2 DEA Efficiencies for 26 Korean Seaports

모항만	A1	A12	A123	A13	A23	A2	A3	B1	B12	B123	
인천	95	2.73	5.50	8.73	6.03	7.22	3.35	3.97	10.36	15.90	22.77
	20	4.49	25.1	25.1	8.14	21.72	21.7	4.51	8.51	24.5	29.9
	04	3.43	50.3	18.4	5.16	16.0	16.0	2.18	11.7	28.1	28.9
평택	95	0.33	5.49	11.05	6.01	10.93	5.23	5.85	5.35	49.55	100
	20	1.63	23.6	23.6	4.81	22.93	22.9	3.56	6.99	58.4	65.1
	04	6.59	76.5	20.8	7.69	15.4	15.4	1.85	32.1	38.6	39.1
대산	95	1.55	1.97	2.60	2.19	1.73	7.47	1.01	19.08	21.80	26.27
	20	14.6	37.4	37.4	14.6	24.50	24.5	2.41	100	100	100
	04	5.35	100	14.9	5.86	10.4	10.4	1.10	100	100	100
보령	95	0	2.00	2.20	0.23	2.20	2.0	0.23	0	2.41	2.68
	20	0	38.2	38.2	0.84	38.2	38.2	0.84	0	11.5	11.5
	04	0.02	31.5	17.0	0.52	17.0	17.0	0.52	0.05	17.6	17.6
장항	95	0.17	2.35	11.51	9.45	11.51	2.21	9.45	0.37	2.83	14.50
	20	0.05	33.0	33.0	18.9	33.0	33.0	18.9	0.02	7.94	15.6
	04	0	25.0	13.5	4.53	13.5	13.5	4.53	0	14.0	17.0
군산	95	1.57	3.66	10.11	8.11	9.30	2.42	7.0	7.54	12.80	30.81
	20	4.8	15.8	15.8	9.76	11.7	11.7	5.92	5.78	8.40	15.7
	04	5.05	47.7	12.1	6.45	7.72	7.72	2.01	24.3	24.3	28.4
목포	95	0.57	2.44	20.38	18.68	20.26	1.99	18.53	2.14	5.83	45.58
	20	1.96	12.9	15.4	15.4	14.2	11.5	14.2	3.53	12.32	43.4
	04	1.14	21.1	5.63	3.02	4.82	4.82	2.11	6.23	13.6	17.7
완도	95	0.71	1.13	15.74	15.43	15.50	0.58	15.11	2.94	3.87	39.83
	20	0.37	3.89	17.7	17.7	17.7	3.69	17.7	0.80	4.79	59.7
	04	0.37	9.42	7.17	7.17	7.17	2.32	7.17	1.62	5.85	28.9
여수	95	100	100	100	100	43.41	21.21	22.80	100	100	100
	20	34.1	67.1	74.4	74.4	47.3	36.0	47.3	20.2	20.2	57.4
	04	9.84	32.5	44.2	44.2	37.3	9.10	37.3	11.5	11.5	48.3
광양	95	4.56	5.74	7.11	5.96	4.54	2.15	2.46	17.64	20.04	23.0
	20	5.94	19.7	19.7	7.57	14.6	14.6	2.65	12.7	18.6	21.7
	04	7.04	58.6	19.1	7.04	13.2	13.2	0.67	22.5	22.5	22.5
제주	95	1.80	5.29	35.3	32.1	34.6	3.87	31.18	4.01	8.12	47.7
	20	1.09	14.2	17.0	17.0	16.7	13.7	16.7	1.28	9.60	32.5
	04	0.86	21.6	9.57	8.45	9.28	9.28	8.11	2.24	12.4	21.2
서귀포	95	5.29	5.55	30.1	30.0	27.4	1.39	26.30	9.18	9.42	34.8
	20	8.70	17.9	39.9	39.9	33.8	10.0	33.8	4.84	4.84	32.1
	04	6.91	31.5	17.2	17.2	11.6	4.71	11.6	14.3	14.3	32.8
삼천포	95	0.07	2.03	4.73	2.57	4.72	2.23	2.55	0.17	3.15	6.8
	20	2.36	27.8	27.8	4.20	26.6	26.6	2.29	1.81	12.2	12.2
	04	1.38	34.4	23.9	2.54	23.9	23.9	1.37	2.11	18.8	18.8
통영	95	1.98	2.72	100	100	100	1.16	100	3.29	3.93	100
	04	0.16	4.82	68.9	68.9	68.9	4.82	68.9	0.15	2.75	100
	04	0	9.47	30.0	30.0	30.0	4.63	30.0	0	5.36	62.6
고현	95	1.40	5.47	34.6	30.8	34.1	4.37	30.15	2.57	6.52	38.1
	20	5.65	63.6	73.4	73.4	71.1	60.7	71.1	2.50	16.0	52.7
	04	6.00	100	100	100	100	100	5.27	45.2	82.3	
우포	95	0.77	2.37	14.7	13.2	14.4	1.76	12.78	3.51	7.36	40.5
	20	4.22	100	100	100	100	100	2.51	35.4	100	
	04	3.98	100	75.9	75.9	75.9	74.5	75.9	5.65	54.4	100
마산	95	3.05	4.10	9.97	8.98	8.31	1.70	6.72	9.70	11.47	22.5
	20	3.74	11.8	11.8	9.64	8.54	8.54	6.73	5.22	7.09	18.5
	04	4.88	32.6	11.2	8.80	6.96	6.96	4.65	13.1	13.1	21.8
진해	95	2.27	3.88	7.98	6.43	6.74	2.09	4.74	12.60	17.31	30.5
	20	0.78	3.50	4.1	4.12	3.59	2.87	3.59	1.92	4.20	15.3
	04	0.43	12.8	3.37	1.85	3.14	3.14	1.55	2.17	8.22	11.2
부산	95	7.57	7.78	11.7	11.5	7.46	1.82	5.73	21.94	22.26	28.9
	20	13.83	31.3	31.3	20.61	18.9	18.9	9.29	13.7	13.7	24.2
	04	26.8	100	44.3	30.0	19.8	19.8	6.12	41.9	41.9	42.8

모항만	A1	A12	A123	A13	A23	A2	A3	B1	B12	B123	
울산	95	7.51	8.30	9.83	9.07	5.60	2.38	3.29	77.08	81.34	90.4
	20	8.05	20.9	20.9	9.90	13.8	13.8	3.23	52.6	53.6	71.6
	04	8.11	100	17.6	8.54	10.4	10.4	1.31	96.6	96.6	96.6
포항	95	1.79	3.90	5.69	3.63	4.69	2.49	2.27	3.75	6.07	8.16
	20	2.98	17.9	17.9	4.80	15.7	15.7	2.38	4.30	13.5	14.9
	04	3.04	39.0	15.6	3.04	13.5	13.5	0.30	8.72	20.0	20.0
삼척	95	79.5	79.5	79.5	79.5	11.9	0.03	11.89	26.20	26.20	26.2
	20	100	100	100	100	16.3	4.86	16.3	19.6	19.6	19.6
	04	100	100	100	100	10.4	4.94	10.4	38.3	38.3	38.3
동해	95	15.8	15.8	15.8	15.8	4.57	1.41	3.22	25.32	25.32	25.3
	20	10.2	13.6	13.6	10.27	4.08	4.08	1.75	12.6	12.6	12.7
	04	11.3	56.9	14.1	11.7	3.50	3.50	1.55	27.7	27.7	27.7
목호	95	28.6	28.6	38.3	38.3	16.9	0.74	16.32	17.14	17.14	20.6
	20	43.6	44.9	54.0	54.0	17.9	3.42	17.9	14.8	14.8	20.2
	04	20.2	34.1	28.9	28.9	11.3	2.38	11.3	13.5	13.5	17.8
유계	95	11.4	11.4	11.4	11.4	3.22	0.69	2.57	30.84	30.84	30.8
	20	15.4	21.1	21.1	16.5	6.67	6.67	3.59	16.1	16.1	17.8
	04	19.0	84.0	23.1	19.4	5.35	5.35	2.46	39.4	39.4	39.4
속초	95	0	100	100	1.64	100	100	1.64	0	100	100
	20	0.22	0.8	3.83	3.83	3.79	0.60	3.79	0.23	0.39	6.39
	04	0.82	5.56	3.64	3.64	3.06	0.76	3.06	2.92	2.92	12.0
인천	95	17.8	15.5	6.69	9.07	10.4	15.9	23.1	17.8	15.5	6.7
	20	19.3	2.99	24.5	12.9	21.2	50.2	50.2	26.0	50.2	50.2
	04	16.2	28.9	28.1	6.90	21.8	50.3	50.3	25.7	47.1	47.1
평택	95	60.2	100	44.8	57.2	5.35	49.5	100	60.2	100	44.8
	20	28.3	6.51	58.4	23.0	10.2	79.5	79.5	28.3	79.5	79.5
	04	34.3	39.1	38.6	8.38	52.7	76.5	76.5	55.3	60.8	60.8
대산	95	23.8	12.1	4.86	7.5	19.1	21.8	26.3	23.8	12.1	4.86
	20	100	100	100	25.0	100	100	100	100	100	100
	04	100	100	100	19.1	100	100	100	100	100	100
보령	95	0.32	2.68	2.41	0.32	0	2.41	2.68	0.32	2.68	2.41
	20	0.64	11.5	11.5	0.64	0	38.2	38.2	0.84	38.2	38.2
	04	0.98	17.6	17.6	0.98	0.10	31.5	31.5	0.98	31.5	31.5
장항	95	12.2	14.5	2.50	12.2	0.37	2.83	14.5	12.2	14.5	2.50
	20	11.5	15.6	7.94	11.6	0.10	33.0	27.7	18.9	33.0	33.0
	04	8.50	17.0	14.0	8.50	0	25.0	25.0	8.50	25.0	25.0
군산	95	26.1	25.9	6.11	20.2	7.54	12.8	31.0	26.1	26.0	6.11
	20	15.1	15.3	8.40	10.8	18.2	27.7	43.4	22.7	20.1	20.1
	04	28.4	21.8	19.1	8.99	40.0	47.7	47.7	43.6	30.1	30.1
목포	95	42.5	45.2	3.92	41.8	2.14	5.83	45.6	42.5	45.2	3.92
	20	41.3	42.1	12.3	38.7	9.05	25.7	59.7	41.3	42.1	25.7
	04	15.3	17.7	13.6	10.7	9.73	21.2	21.2	15.7	20.9	20.9
완도	95	39.2	38.6	1.26	37.7	2.94	3.87	39.8	39.2	38.6	1.26
	20	59.0	59.4	4.79	58.5	1.83	9.25	100	59.0	59.4	9.24
	04	28.9	28.9	5.85	28.9	2.78	9.42	28.9	28.9	28.9	9.42
여수	95	100	24.5	11.2	13.7	100	100	100	100	43.4	21.2
	20	57.4	45.8	12.7	42.3	82.7	100	40.9	100	47.3	36.0
	04	48.3	40.7	5.49	40.7	27.3	32.5	62.9	62.9	44.4	10.9
광양	95	20.9	9.92	4.38	5.74	17.6	20.0	23.1	20.9	10.0	4.38
	20	18.1	21.7	18.6	8.56	29.5	40.9	32.5	30.9	36.3	36.3
	04	22.5	21.7	21.7	2.0	42.8	58.6	58.6	42.8	36.7	36.7
제주	95	44.2	45.9	4.55	41.9	4.01	8.12	47.9	44.2	46.0	4.55
	20	30.5	32.2	9.60	29.6	4.06	23.2	44.6	30.6	32.2	23.2
	04	20.6	21.2	12.4	19.6	4.53	21.6	21.6	20.6	21.6	21.6

모형만	B13	B23	B2	B3	AB1	AB2	AB3	AB3	AB3	AB2	AB3	
서귀포	95	34.7	28.5	1.27	27.5	9.18	9.42	34.8	34.7	28.5	1.39	27.5
	20	32.1	29.3	3.32	28.5	20.2	25.5	33.0	44.6	33.8	10.0	33.8
	04	32.8	22.2	5.0	22.2	30.5	31.5	47.2	47.2	22.2	8.91	22.2
삼천포	95	3.96	6.79	3.0	3.93	0.17	3.15	6.90	3.96	6.83	3.0	3.93
	20	4.03	12.2	12.2	2.67	6.84	33.0	33.0	7.78	32.7	32.7	2.82
	04	3.58	18.8	18.8	1.95	4.78	34.4	34.4	6.26	34.4	34.4	1.95
영양	95	100	100	1.02	100	3.29	3.93	100	100	100	1.16	100
	20	100	100	2.75	100	0.52	7.02	100	100	100	7.02	100
	04	62.6	62.6	5.36	62.6	0	9.47	62.6	62.6	62.6	9.47	62.6
고현	95	34.7	37.2	4.23	33.4	2.57	6.52	38.3	34.7	37.2	4.37	33.4
	20	49.4	52.0	16.0	47.6	11.1	63.6	73.4	73.4	71.1	60.7	71.1
	04	82.1	82.3	45.2	81.5	12.9	100	100	100	100	100	100
옥포	95	37.2	38.9	4.24	35.2	3.51	7.36	40.5	37.2	38.9	4.25	35.2
	20	91.8	100	35.4	90.1	10.3	100	100	100	100	100	100
	04	100	100	54.4	100	13.0	100	100	100	100	100	100
마산	95	20.9	15.5	2.86	12.9	9.70	11.5	22.5	20.9	15.5	2.86	12.9
	20	18.1	17.0	7.09	14.2	15.3	21.9	23.2	23.2	17.0	16.2	14.2
	04	21.8	14.6	9.62	11.6	26.3	32.6	34.0	33.9	16.7	16.7	11.6
진해	95	26.3	21.6	6.12	15.9	12.6	17.3	30.6	26.3	21.7	6.12	15.9
	20	14.8	14.5	4.20	13.3	4.09	7.69	15.3	14.8	14.5	7.69	13.3
	04	8.76	11.2	8.22	7.32	3.49	12.8	12.8	8.76	12.8	12.8	7.32
부산	95	28.7	12.6	2.78	10.0	21.9	22.3	29.0	28.7	12.6	2.78	10.0
	20	24.2	20.0	11.1	13.9	47.0	56.7	56.7	51.0	28.2	28.2	13.9
	04	42.8	18.9	16.0	8.90	94.8	100	100	98.5	29.1	29.1	8.90
울산	95	86.6	32.7	12.9	20.4	77.1	81.3	90.4	86.6	32.7	12.9	20.4
	20	71.4	68.4	53.6	32.0	54.7	55.4	71.6	71.4	68.4	55.4	32.0
	04	96.6	65.1	63.9	14.5	100	100	100	100	77.8	77.8	14.5
포항	95	6.03	5.50	2.74	2.86	3.74	6.07	8.28	6.0	5.52	2.74	2.86
	20	8.41	14.9	13.5	5.19	12.4	30.5	30.5	13.8	30.5	30.5	5.20
	04	8.72	20.0	20.0	0.80	17.1	39.0	39.0	17.1	34.3	34.3	0.80
삼척	95	26.2	2.36	0	2.36	79.5	79.5	79.5	79.5	11.9	0.03	11.9
	20	19.6	5.0	0.57	4.83	100	100	100	100	16.3	4.86	16.3
	04	38.3	3.72	0.97	3.72	100	100	100	100	10.4	4.94	10.4
동해	95	25.3	4.24	1.19	3.11	25.3	25.3	25.3	25.3	4.57	1.41	3.22
	20	12.7	5.0	3.0	3.26	39.1	39.1	39.2	39.2	7.14	7.14	3.26
	04	27.7	5.78	4.42	3.52	56.9	56.9	57.1	57.1	7.73	7.73	3.52
목호	95	20.6	6.06	0.23	5.9	28.6	28.6	38.3	38.3	16.9	0.74	16.3
	20	20.2	9.28	0.69	9.15	69.3	69.3	72.2	72.2	17.9	3.42	17.9
	04	17.8	7.08	0.82	7.08	34.1	34.1	39.6	39.6	11.3	2.38	11.3
옥계	95	30.8	5.09	0.98	4.2	30.8	30.8	30.8	30.8	5.1	0.98	4.17
	20	17.8	7.84	4.15	5.68	54.1	54.1	54.7	54.7	10.4	10.4	5.68
	04	39.4	7.57	5.71	4.74	84.0	84.0	84.2	84.2	10.2	10.2	4.74
속초	95	1.87	100	100	1.87	0	100	100	1.87	100	100	1.87
	20	6.39	6.29	0.39	6.22	0.77	1.29	6.47	6.47	6.29	0.96	6.22
	04	12.0	10.1	1.38	10.1	5.38	5.56	12.2	12.2	10.1	2.30	10.1

개 모형(B123, B13, B23, B3, AB123, AB13, AB23, AB3), 옥포항이 14개 모형(A12, A123, A13, A23, A2, A3, B123, B23, AB12, AB123, AB13, AB23, AB2, AB3), 삼척항이 8개 모형(A1, A12, A123, A13, AB1, AB12, AB123, AB13)에서 효율적이었다. 출현된 횟수에 의거하여 공통적으로 효율적인 모형을 순서대로 제시하면, 1위: AB123, AB13, 2위: B123, AB12, AB23, 3위: A12, A123, B13, B23, AB1, AB2, AB3의 순서였다.

셋째, 2004년도에는 대산항이 13개 모형(A12, B1, B12, B123, B13, B23, B2, AB1, AB12, AB123, AB13, AB23, AB2), 고현항이 12개 모형(A12, A123, A13, A23, A2, A3, AB12, AB123, AB13, AB23, AB2, AB3), 옥포항이 11개 모형(A12, B123, B13, B23, B3, AB12, AB123, AB13, AB23, AB2, AB3), 부산항이 3개 모형(A12, AB12, AB123), 울산항이 5개 모형(A12, AB1, AB12, AB123, AB13)이 효율적으로 나타났다. 출현된 횟수에 의거하여 공통적으로 효율적인 모형을 순서대로 제시하면, 1위: A12, AB12, AB123, 2위: AB13, 3위: AB1, AB2, 4위: A123, A13, B123, B13, B23, AB23, AB3의 순서였다.

넷째, 효율적인 항만들의 모형별 출현횟수를 중심으로 그 순서를 제시해 보면 1위(14회 출현): AB123, 2위(11회 출현): AB12, AB13, 4위(10회 출현): A12, 5위(8회 출현): B123, AB23, 7위(7회 출현): A123, B23, 9위(6회 출현): A13, B13, AB1, AB2, AB3, 14위(4회 출현): A23, B12, 16위(3회 출현): A1, A2, A3, B1, B2, B3로 나타났다. 요컨대, AB123(X1, X2, Y1, Y2, Y3), AB12(X1X2, Y1), AB13(X1, X2, Y1, Y3)모형에 포함된 투입변수(접안능력, 하역능력)와 산출변수(수출화물처리량, 입출항척수)가 국내항만의 효율성에 미친 효과가 큰 것으로 나타났다.

4.3 주성분분석에 의한 측정결과

Table 2에 표시한 모형들을 변수로 하고 효율성 수치를 관측치로 하여 측정된 주성분분석의 결과는 다음 Table 3의 1995년도 측정결과와 같다. 2000년과 2004년의 측정결과도 함께 제시하였다.

Table 3 Principal Component Analysis Results

성분	아이겐 벨류	분산의 백분비	누적 백분비	
1995	PC1	9.52	45.33	45.33
	PC2	4.99	23.78	69.11
	PC3	4.42	21.06	90.17
	PC4	1.52	7.24	97.41
2000	PC1	10.71	51.02	51.02
	PC2	4.09	19.46	70.48
	PC3	3.71	17.65	88.13
	PC4	1.82	8.66	96.79
2004	PC1	11.84	56.38	56.38
	PC2	4.75	22.63	79.02
	PC3	2.90	13.83	92.84

Table 3의 1995년도를 보면, 추출한 주성분의 고유치(eigen value)는 각각 9.52, 4.99, 4.42, 1.52로서 이것은 주성분 추출 기

Table 2에서 다음과 같은 사실에 주목할 필요가 있다.

첫째, 1995년도에는 평택항이 3개 모형(B23, AB123, AB23 모형)에서 효율적이었다. 여수항은 21개 모형 중에서 12개 모형(A1, A12, A123, A13, B1, B12, B123, B13, AB1, AB12, AB123, AB13), 통영항은 13개 모형(A123, A13, A23, A3, B123, B13, B23, B2, B3, AB123, AB13, AB23, AB3), 속초항은 10개 모형(A12, A123, A23, A2, B12, B123, B23, B2, AB12, AB123, AB23, AB2)에서 효율적이었다. 출현된 횟수에 의거하여 공통적으로 효율적인 모형을 순서대로 제시하면, 1위: AB123, 2위: A123, B23, B123, AB23, 3위: A12, A13, A23, B12, B13, B2, AB12, AB13의 순서였다.

둘째, 2000년도에는 대산항이 12개 모형(B1, B12, B123, B13, B23, B2, AB1, AB12, AB123, AB13, AB23, AB2), 통영항이 8

준으로 지정한 고유치 1이상인 주성분만 추출되었다. 고유치는 그 주성분이 설명하는 분산의 양을 나타내므로 이 값이 큰 주성분이 중요한 주성분이 된다. 이들 두개의 요인은 각각 투입-산출모형들의 설명력과 관련하여 주성분 1은 45.33%, 주성분 2는 23.78%, 주성분 3은 21.06%, 주성분 4는 7.24%를 설명함으로써 전체(누적)의 97.41%를 설명하고 있다. 요컨대, 1995년은 4개, 2000년은 4개, 2004년은 3개의 주성분이 추출되었다.

Table 4~Table 6은 회전 전의 성분행렬을 제시하였다. 모형들은 주성분 1의 적재 값에 의한 순위에 의해서 제시하였는데 그 이유는 Cinca and Molinero(2003)도 회전되지 않은 성분행렬의 방법을 이용하였기 때문이다.

Table 4 Component Loadings according to the Order on the First Component in 1995

모형/성분	성분			
	PC1	PC2	PC3	PC4
AB123	0.968	-0.011	0.0263	-0.158
B123	0.936	-0.110	-0.102	-0.308
A123	0.855	0.044	0.054	0.511
AB23	0.803	-0.271	-0.325	0.397
A23	0.772	-0.271	-0.325	0.397
AB13	0.726	-0.189	0.623	-0.166
B12	0.722	0.604	-0.106	-0.284
B23	0.722	-0.461	-0.484	-0.154
AB12	0.722	0.624	-0.015	0.372
B13	0.707	-0.165	0.596	0.433
A12	0.673	0.624	-0.015	0.372
A13	0.651	-0.165	0.596	0.433
AB2	0.596	0.321	-0.728	-0.075
B2	0.552	0.289	-0.774	-0.084
A2	0.54	0.388	-0.696	0.203
AB3	0.519	-0.832	0.131	-0.080
A3	0.495	-0.736	0.247	0.326
B3	0.46	-0.872	0.056	-0.132
A1	0.457	0.502	0.619	0.288
AB1	0.44	0.571	0.673	-0.116
B1	0.436	0.521	0.602	-0.314

Table 5 Component Loadings according to the Order on the First Component in 2000

모형/성분	성분			
	PC1	PC2	PC3	PC4
AB123	0.902	0.201	0.217	-0.176
B123	0.897	-0.029	-0.370	-0.225
B13	0.874	-0.043	-0.290	-0.357
B23	0.855	-0.079	-0.472	-0.178
AB23	0.854	-0.074	-0.460	0.0026
AB13	0.852	0.133	0.300	-0.379
AB3	0.798	-0.550	-0.072	-0.207
A23	0.793	-0.491	0.056	0.285
A123	0.776	-0.126	0.579	0.107
A3	0.756	-0.590	0.193	0.055
B3	0.755	-0.547	-0.190	-0.284
A13	0.723	-0.239	0.631	-0.069
AB12	0.674	0.540	0.345	0.303
AB2	0.665	0.282	-0.431	0.531
A12	0.643	0.133	0.615	0.413
A2	0.642	-0.236	-0.016	0.702
B12	0.556	0.717	-0.386	0.111
B23	0.53	-0.079	-0.472	-0.178
B1	0.395	0.811	-0.231	-0.203
AB1	0.327	0.769	0.449	-0.242
A1	0.193	0.423	0.834	-0.185

Table 6 Component Loadings according to the Order on the First Component in 2004

모형/성분	성분		
	PC1	PC2	PC3
B123	0.939	0.072	-0.205
B13	0.922	0.085	-0.149
AB123	0.886	0.337	0.224
AB13	0.864	0.303	0.272
AB23	0.86	-0.162	-0.428
B23	0.851	-0.191	-0.432
A12	0.825	0.443	0.195
AB12	0.825	0.443	0.195
AB2	0.822	-0.01	-0.443
B12	0.773	0.554	-0.256
A23	0.735	-0.629	-0.099
B23	0.73	-0.191	-0.432
A2	0.727	-0.526	0.031
AB3	0.709	-0.662	0.043
A123	0.708	-0.224	0.636
A3	0.703	-0.668	0.185
B3	0.687	-0.659	-0.020
A13	0.675	-0.283	0.662
B1	0.488	0.826	-0.199
AB1	0.427	0.859	0.231
A1	0.182	0.410	0.833

Table 4~Table 6의 내용을 요약하면 다음과 같다.

첫째, Table 4에 의거하여 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

가장 큰 적재 값(0.968)을 갖는 모형은 AB123이며, 2개의 투입물과 3개의 산출물로 구성된 완전한 모형이었다. 이런 경우에 주성분 1은 관계의 강도 면에서 종합적인 측정치로 간주할 수 있다. 따라서 본 성분을 효율성의 종합측정치로서 간주하는 것이 분명하다. 본 성분에서 모형들의 순위는 효율성 측면에서 모든 모형들의 순위를 보여 준다. 요컨대, 주성분 1에서는 투입물 X2와 산출물 Y2, Y3, 주성분 2에서는 +사인에서는 투입물 X1산출물 Y2, -사인에서는 투입물 X2와 산출물 Y3, 주성분 3에서는 +사인에서는 투입물 X1, X2와 산출물 Y1이, -사인에서는 투입물 X2와 산출물 Y2가, 주성분 4에서는 +사인에서는 투입물 X1과 산출물 Y1, Y2, Y3가, -사인에서는 투입물 X2와 산출물 Y1, Y3가 중요한 역할을 하였다고 판정된다.

둘째, Table 5에 의거하여 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 주성분 1에서는 투입물 X2와 산출물 Y3, 주성분 2에서는 +사인에서는 투입물 X2와 산출물 Y1, -사인에서는 투입물 X2, 산출물 Y3가, 주성분 3에서는 +사인에서는 투입물 X1과 산출물 Y1, -사인에서는 투입물 X2와 산출물 Y2, Y3, 주성분 4에서는 +사인에서는 투입물 X1과 산출물 Y2, -사인에서는 투입물 X2와 산출물 Y1과 Y3가 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

셋째, Table 6에 의거하여 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 주성분 1에서는 투입물 X2와 산출물 Y2, 주성분 2에서는 +사인에서는 투입물 X2, 산출물 Y1, -사인에서는 투입물 X1, 산출물 Y3, 주성분 3에서는 +사인에서는 투입물 X1과 산출물 Y1과 Y3, -사인에서는 투입물 X2, 산출물 Y1과 Y2가 중요한 역할을 수행하였다.

넷째, 1995년도에는 +사인에서는 투입물 X1, 산출물 Y1 또는 Y2, -사인에서는 투입물 X2와 산출물 Y3가 중요한 역할을 하였다. 2000년도에는 주성분 1을 제외하고 비슷한 경향을 보

였다. 2004년도에는 +사인에서는 투입물 X2와 산출물 Y1 또는 Y2, -사인에서는 투입물 X1과 산출물 Y3가 중요한 역할을 하였다. 요컨대, 투입변수 측면에서 보면, 집안능력에서 하역 능력으로 변화한 반면에 산출변수 측면에서는 입출항척수가 핵심변수의 역할을 유지하는 것으로 나타났다.

4.4 회전된 성분행렬에 대한 분석

Table 7은 1995, 2000, 2004년의 회전된 주성분행렬(rotated component matrix)의 주요성분만을 추출한 결과이다. 1995년은 베리맥스법에 의한 6차례 반복계산 후에 얻어진 회전 결과이며, 2000년 8차례 반복계산, 2004년은 22차례 반복 계산되었다. Table 7에 의하면 다음과 같은 결과를 알 수 있다. 첫째, 1995년에는 10개의 모형이 4개의 주성분과 관련되어 있으며, 2000년에는 11개의 모형이 4개의 주성분과 관련되어 있으며, 2004년에는 10개의 모형이 3개의 주성분과 관련되어 있다. 둘째, B3(1995, 2000), AB3(1995, 2000, 2004)모형이 주성분 1과 관련이 있었으며, AB2(1995, 2004), B2(1995, 2000, 2004)모형이 주성분 2와 관련이 있었으며, AB1(1995, 2000, 2004)과 A1(2000, 2004)은 주성분 3과 관련이 있는 것으로 나타났다. 요컨대, B3(X2, Y3), AB3(X1, X2, Y3), AB2(X1, X2, Y2), B2(X2, Y2), AB1(X1, X2, Y1), A1(X1, Y1)의 모형이 관련이 깊은 것으로 나타났다. 여기서 핵심적인 요소를 살펴보면, X2(하역능력)와 Y3(입출항척수) 또는 Y2(수입화물처리량)로 나타났다. 결과적으로 회전되지 않은 성분행렬과 회전된 성분행렬에서 큰 차이를 보이지 않고 있다.

Table 7 Rotated Component Matrix according to the Order on the Principal Components in 1995, 2000, 2004

년도	모형/성분	성분			
		PC1	PC2	PC3	PC4
1995	B3	0.978			
	AB3	0.977			
	A3	0.807			
	AB2		0.996		
	B2		0.995		
	A2		0.994		
	AB1			0.970	
	B1			0.960	
	A123				0.776
	A13				0.739
2000	B3	0.977			
	AB3	0.949			
	B13	0.886			
	B123	0.857			
	B23	0.853			
	B2		0.973		
	B12		0.968		
	B1		0.850		
	A1			0.951	
	AB1			0.839	
2004	A2				0.922
	A3	0.971			
	A23	0.937			
	AB3	0.935			
	A2	0.836			
	B2		0.955		
	AB2		0.852		
	B12		0.842		
	B23		0.815		
	A1			0.880	
AB1			0.840		

4.5 정책적 함의

지금까지 제시한 내용을 중심으로 하여 주요한 정책적 함의를 두 가지 제시하면 다음과 같다.

첫째, 21개 모형들의 효율성을 분석한 결과를 살펴보면 각 모형별로 효율성수치가 높은 모형을 발견할 수 있다. 예를 들면 인천항의 경우에 AB12(X1, Y1, Y2), AB123(X1, Y1, Y2, Y3), AB23(X1, X2, Y2, Y3), AB2(X1, X2, Y2)의 모형에서 상대적으로 높은 효율성을 보였다. 따라서 인천항은 효율성을 높이기 위해서 투입요소 중에서는 집안능력을, 산출요소 중에서는 수출화물처리량, 수입화물처리량, 또는 입출항척수를 증진시켜야만 한다. 위와 같은 요령으로 분석해 보면 개별항만들에 대한 핵심적인 투입-산출변수모형이 쉽게 파악될 수 있다.

둘째, 주성분분석 결과 나타난 보통의 성분행렬과 베리맥스법에 의한 성분행렬에 의거하면, 국내항만들에게 있어서 핵심적인 투입요소는 하역능력, 산출요소는 입출항척수로 나타났으므로 항만정책당국은 위와 같은 두 가지 요소를 증진시키기 위한 정책적인 지원책을 마련해야만 할 것이다.

5. 결 론

지금까지 본 논문에서는, 첫째, 외국과 국내에서 선행된 DEA기법을 이용한 생산성, 효율성에 대한 기존연구들의 방향을 간략하게 소개하였으며, 둘째, 1995년, 2000년, 2004년, 국내 26개 항만들을 대상으로 2개의 투입변수(집안능력, 하역능력)와 3개의 산출변수(수출화물처리량, 수입화물처리량, 입출항척수)가 있는 경우에 구성될 수 있는 21개의 DEA모형을 제시하고 효율성을 측정하였다. 셋째, 그러한 효율성 측정결과를 이용하여 주성분분석을 시행하여 핵심투입변수와 산출변수를 추출하였다. 실증분석의 핵심적인 결과는 다음과 같다.

1995년도에는 +사인에서는 투입물 X1(집안능력), 산출물 Y1(수출화물처리량) 또는 Y2(수입화물처리량), -사인에서는 투입물 X2(하역능력)와 산출물 Y3(입출항척수)가 중요한 역할을 하였다. 2000년도에는 주성분 1을 제외하고 비슷한 경향을 보였다. 2004년도에는 +사인에서는 투입물 X2(하역능력)와 산출물 Y1(수출화물처리량) 또는 Y2(수입화물처리량), -사인에서는 투입물 X1(집안능력)과 산출물 Y3(입출항척수)가 중요한 역할을 하였다.

본 논문의 정책적인 함의는 항만정책 당국은 본 논문에서 제시되고 있는 DEA와 주성분분석방법을 도입하여 개별항만의 핵심투입변수와 산출변수가 어떻게 변화해 왔는지를 검토하여 차후 해당항만의 항만투자과 개발에 반드시 고려하고 반영해야만 한다는 점이다.

참 고 문 헌

[1] 김중수, 장운재(2005), "RCC/RSC별 운영효율성 분석", 한국항해항만학회지, 제29권 제3호, pp.215-220.

- [2] 류동근(2005), “부산항과 광양항 컨테이너 터미널 운영의 효율성 비교 분석에 관한 연구”, 한국항해항만학회지 제 29권 제10호, pp.921-926.
- [3] 문성혁, 이준구(1999), “주성분분석 및 군집분석을 이용한 컨테이너항만의 분류”, 한국항만학회지 제13권 제1호, pp.11-25.
- [4] 박노경(2003), “주성분분석을 이용한 컨테이너 항만의 경쟁력 측정방법”, 해운물류:이론과 실천 제6호, pp.5-28.
- [5] 송재영, 신창훈(2005), “DEA모형을 이용한 세계 주요항만의 효율성 평가”, 한국항해항만학회지, 제29권 제3호, pp.195-201.
- [6] 신창훈, 최민승, 송재영(2005), “글로벌선사의 운영성과 향상을 위한 항로의 효율성 분석”, 한국항해항만학회지 제29권 제6호, pp.495-500.
- [7] 오성동, 박노경(2001), “컨테이너항만의 국제경쟁력 분석 방법: DEA접근”, 한국항만경제학회지, 제17권 1호, pp.27-52.
- [8] 이선용 외 4인(2004), “DEA기법을 활용한 컨테이너터미널 생산성 측정에 관한 연구”, 한국항해항만학회지, 제28권 제2호, pp.331-336.
- [9] Banker, R. D., Charnes A., and Cooper, W. W. (1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis,” *Management Sciences*, Vol.30, pp.1078-1092.
- [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] Cinca, C. S. and Molinero, C. M.(2003), “PCA as a Tool for the Selection of Inputs and Outputs in Data Envelopment Analysis,” *27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*, pp.1-14.
- [12] Cullinane, K., Song, D. W. and Gray, R.(2002), “A Stochastic Frontier Model of the Efficiency of Major Container Terminals in Asia: Assessing the Influence of Administrative and Ownership Structures,” *Transportation Research Part A*, Vol.36, No.8, pp.743-762.
- [13] Daniel, W. W.(1978), “*Applied Nonparametric Statistics*,” Houghton Mifflin Company, Boston.
- [14] Fleming, D. K.(1997), “World Container Port Rankings,” *Maritime Policy and Management*, Vol.24, No.2, pp.175-181.
- [15] Premachandra, I. M. (2001), “A Note on DEA vs Principal Component Analysis: An Improvement to Joe Zhu’s Approach,” *European Journal of Operational Research*, Vol.132, pp.553-560.
- [16] Roll, Y. and Hayuth, Y.(1993), “Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis,” *Maritime Policy and Management* Vol.20, No.2, pp.153-161.
- [17] Tongzon, J.(2001), “Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis,” *Transportation Research Part A*, Vol.35, pp.113-128.
- [18] Zhu, J. (1998), “Data Envelopment Analysis vs. Principal Component: An Illustrative Study of Economic Performance of Chinese Cities,” *European Journal of Operational Research*, Vol.111, pp.50-61.

원고접수일 : 2006년 8월 31일

원고채택일 : 2006년 12월 11일