

# 메타프론티어와 교차효율성 모형을 통한 항만 클러스터링의 실증적 검증소고

## A Brief Empirical Investigation of Seaport Clustering by Using Meta-Frontier and Cross-efficiency Models\*

박 노 경\*\* Ro-Kyung Park

### 목 차

- |                  |             |
|------------------|-------------|
| I. 서론            | IV. 실증분석 결과 |
| II. 이론적 배경과 선행연구 | V. 결론       |
| III. 연구 대상 및 방법  | 참고문헌        |
|                  | Abstract    |

### 국문초록

본 논문에서는 아시아 13개 항만의 2009년, 2010년, 2013년의 자료와, 3개의 투입요소(수심, 총면적 크레인 수)와 1개의 산출요소(컨테이너화물 총 처리량)를 이용하여 교차효율성모형과 메타프론티어 분석방법으로 개별효율성과 그룹효율성, 기술 갭을 측정함으로써, 교차효율성모형에 의해서 측정된 클러스터링이 국내항만들의 메타효율성을 증진시켰는지를 실증적으로 검증하였다. 실증분석의 주요한 결과는 다음과 같다. 첫째, 2010년과 2013년의 경우에는 부산, 인천, 광양항만 모두 그룹효율성이 증가하였다. 둘째, 중국의 항만들이 국내 항만들에 비해서 메타효율성과 그룹효율성 측면에서 더 높은 것으로 나타났다. 셋째, 기술갭 측면에서 보았을 때, 광양항의 기술 격차의 왜곡이 부산항이나 인천항에 비해서 작은 것으로 나타났다. 넷째, 광양항은 2009년(닝보,

\* 본 논문은 2015년12월 한국무역학회 동계학술대회에서 발표된 논문을 수정보완 하였음. 토론자님들과 익명의 심사자님들의 유익한 충고에 진심으로 감사를 드립니다. 이 논문은 2016학년도 조선대학교 학술연구비의 지원에 의해서 연구되었음.

\*\* 조선대학교 무역학과 교수, 제1저자

칭타오, 도쿄, 카오슝항)과 2013년(두바이항)과 클러스터링을 통해서 효율성을 증진시킬 수 있었다. 부산항은 2010년에 2그룹, 2013년에 1그룹항만, 인천항은 2010년과 2013년에 2그룹 항만들과 클러스터링을 통해서 효율성을 증진시킬 수 있었다. 다섯째, 교차효율성 모형과 메타효율성 분석방법을 통해서 부산, 인천, 광양항은 효율성을 증진시킬 수 있다는 것이 실증적으로 검증되었다. 본 논문의 정책적인 함의는 본 연구에서 실증적으로 검증된 아시아 항만들 간의 클러스터링 방법부산항은 홍콩, 상하이, 싱가포르항, 인천항과 광양항은 칭타오, 나고야, 닝보, 도쿄, 카오슝항과 클러스터링을 국내항만들이 적극적으로 정책적인 도입을 해야만 한다.

〈주제어〉 메타프론티어모형, 교차효율성모형, DEA, 항만클러스터링, 효율성 검증

## I. 서론

국제적으로 항만들 간의 경쟁이 갈수록 격화되고 있다. 특히 경기침체에 따라서 항만물동량이 감소하는 추세를 보이면서 그 경쟁은 치열해 지고 있다. 중국항만들의 화물처리 속도가 가속도를 보이면서, 근접한 거리에 위치한 국내항만들의 항만물동량 감소에 대한 위협수위는 점점 더 높아지고 있다.

국내항만들이 취할 수 있는 전략은 두 가지가 있을 수 있다. 첫째는 항만배후단지에 적극적으로 투자하여 항만화물의 창출을 통해서 독자적으로 생존전략을 추구하는 방법과 둘째는 매우 어려운 이야기이지만, 항만물동량의 교역이 활발한 중국항만들과 전략적인 클러스터링을 구축하여 상호 협력과 경쟁을 하는 방법이다.

본 논문의 연구목적은 국내 대표적인 컨테이너 항만들의 경쟁력을 높이고, 중국항만들과의 클러스터링을 강화하기 위해서 먼저 최근에 사용도가 높아지고 있는 교차효율성 모형의 효율성 매트릭스를 통해서 항만 간 클러스터링을 파악하고, 그러한 클러스터링 결과를 메타 프론티어 분석을 통해서 실증적으로 검증하고, 또한 그러한 측정방법을 소개하고자 하는데 있다.

본 연구는 다음과 같은 세 가지 점에서 그 학술적인 가치가 있다. 첫째, 항만분야에서는 메타프론티어 분석 방법을 적용한 연구가 거의 없으며, 그러한 방법을 클러스터링까지 확장시킨 연구는 거의 없다. 둘째, 교차효율성에 의해서 생성된 효율성 매트릭스 값을 이용하여 평균 연결 분석방법으로 덴드로그램을 통해서 클러스터링을 하고, 그러한 클러스터링 결과를 메타프론티어 분석에 응용하고 클러스터링이 효율성 수치에 미친 영향을 검증한 연구는 국내와 국외 연구에서 시도된 적이 없다.

## II. 이론적 배경 및 선행연구

### 1. 메타프론티어 분석모형

메타프론티어의 방법은 동일한 생산함수를 사용하는 DMU를 같은 그룹으로 구성하고, 같은 그룹에 대해 효율성을 구한 후 각 그룹의 효율성을 포괄하는 효율성을 의미한다. 그러므로 구성된 각 그룹에 대해 자료포괄분석 등의 방법을 사용하여 메타프론티어와 그룹프론티어를 구한 후 DMU의 그룹 내 효율성과 메타프론티어 효율성, 기술격차비율을 구한다. 그러므로 메타프론티어 방법은 동일한 기술을 갖는 DMU들을 하나의 그룹으로 형성하므로 그룹의 구성 기준이 매우 중요하다.

〈그림 1〉 메타프론티어 모형과 그룹프론티어 모형의 도해

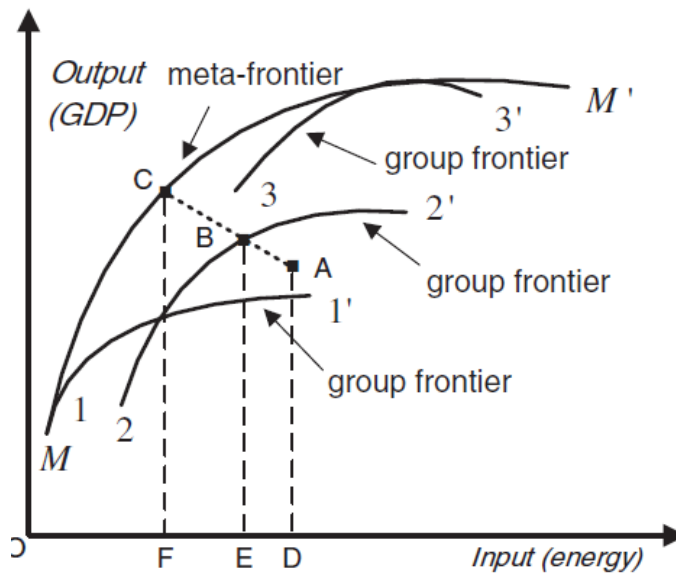


Fig. 1. Meta-frontier and inefficiency decomposition.

출처: Wang, Zhao, P. Zhou, and D. Zhou(2013), p. 285

메타프론티어 방법은 Hyami(1969)가 제시한 이후 Battess and Rao(2002)에 의해 DEA, SFA방법으로 구체화하였으며, 그룹프론티어와 메타프론티어를 통해 그룹 내 기술효율성과 메타프론티어 효율성, 기술격차비율을 분리할 수 있다는 장점이 있다. 기존의 많은

효율성의 방법이 동일한 생산함수에 대해 효율성을 비교할 수 있었다면 이 메타프론티어는 상이한 생산함수를 가진 경우에도 비교할 수 있다는 장점이 있다.<sup>1)</sup>

〈그림 1〉은 메타프론티어와 그룹프론티어를 도해한 내용이다. 관련된 내용은 다음과 같다.

GEE(그룹효율성)=OE/OD, MEE(메타효율성)=OF/OD, GMI(그룹경영비효율성)=ED/OD, MTI(메타기술비효율성)=FD/OD, TGR(기술갭비율)= OF/OE, MEE/GEE, TGI(기술갭비효율성)=EF/OD

따라서 GEE나 MEE가 1에 가까워지면, 그 항만의 에너지 효율성은 증가하며, 투입요소는 감소하고 산출요소는 증가할 가능성이 높다. TGR이 1에 가까워지면, 생산기술의 이질성이 작아지며, 그룹프론티어와 메타프론티어 에너지 효율성이 근접하게 된다. TGR이 0에 가까워지면, 생산기술의 이질성이 커지며, 그룹프론티어와 메타프론티어의 에너지 효율성이 서로 멀어지게 된다.

## 2. 교차효율성 분석모형<sup>2)</sup>

1978년 CCR모형의 등장 이후, DEA기반의 순위결정에 관한 문제는 여러 학자들에 의해 다양하게 연구되어 왔다. 특히, Adler 등(2002)은 DEA기반의 순위결정 기법을 ① Cross-efficiency model, ② Super-efficiency model, ③ Benchmarking model, ④ Statistics-based model, ⑤ Ranking of inefficiency DMUs, ⑥ MCDM(Multi-criteria decision making model) 등으로 나누었다. 여기서 교차효율성 모형은 Sexton 등(1986)이 제안하고 Doyle and Green(1994)에 의해서 발전된 모형으로, 자기 자신에게 유리한 최적의 가중치 뿐 아니라, 타 DMU의 최적 가중치까지 고려하여 좀 더 공정한 효율성 지수를 구하는 장점을 가지고 있다. 요컨대, 교차효율성 기법의 대표적인 특징은 다음과 같다. 첫째, 측정 DMU 전체의 서열화가 가능하다. 둘째, 공정한 효율성 측정을 위해 공통가중치를 적용한다. 셋째, 다른 기법과 비교하여 상대적으로 모형이 단순하고 기법적용이 용이하다.

## 3. 선행연구

본 논문과 간접적으로 관련된 항만의 효율성 측정과 관련된 연구는 방희석·강동준·

- 
- 1) 서충원·신연수, “메타프론티어를 이용한 외국인관광객을 위한 관광호텔의 권역별 효율성 평가”, 「무역학회지」 제40권 제4호, pp. 195-215. 자세한 내용은 해당논문을 참조요망.
  - 2) 박진철, “교차효율성 기법을 이용한 단위부대의 효율성 측정과 순위결정”, 고려대학교 대학원 석사학위 청구논문, 2010년 12월, pp. 10-14.

박재현(2011), 여희정·구종순·동무성(2010), 고용기(2000)가 있다. 방희석·강동준·박재현(2011)은 DEA기법을 이용하여 전 세계 76개 컨테이너 항만들을 대상으로 2005년-2009년까지 4개의 투입요소(총 선석길이, 평균수심, 크레인 수, 터미널 면적), 1개의 산출요소(컨테이너 화물 처리량, TEU)로 효율성을 분석하였다. 여희정·구종순·동무성(2010)은 DEA기법으로 2007년도 아세아 13개국의 37개 항만들을 대상으로 5개의 투입요소(선석길이, 선석 수, 수심, 안벽크레인, 부두 총면적), 1개의 산출요소(화물처리량)로 효율성을 분석하였다. 고용기(2000)는 기존의 DEA, 총 요소생산성, 시뮬레이션 기법에 의한 효율성 측정방법을 비평하고, 새롭게 항만시스템의 하부시스템 중에서 부두관련시스템, 선박입출항시스템을 구체적으로 계량화 하는 방법을 보여 주었다.

본 논문과 직접 관련된 메타프론티어에 대한 국내연구는 다음과 같다. 강상목·조상규(2009)는 한국의 동남 권과 일본의 큐슈 권에 대해서 제조업생산성 증가율, 메타생산성 증가율, 생산성 격차를 분석하였다. 실증분석의 주요한 결과는 첫째, 동남권의 자체 프론티어와 메타프론티어가 동일하였다. 둘째, 생산성 증가율에 있어서는 동남권 제조업이 보다 유리하였다. 셋째, 초 광역경제권 형성으로 자유무역이 증대되고, 교류가 확대 될 것으로 예측되었다. 강상목·김문위(2010)은 2000-2004년 동안 한국과 중국의 제조업체들에 대해서 기술효율, 기술격차, 생산성, 생산성 격차를 분석하였다. 환경요소를 결합하였다는 점이 가장 큰 특징이다. 황준석·홍아름·이대호(2010)은 국내 케이블TV종합유선방송사업자들을 기업결합의 형태에 따라 수직결합그룹, 수평결합 그룹, 독립 종합유선방송사업자 그룹으로 나누고, 그룹 간 기술효율성을 메타프론티어 방법으로 분석하였다. 3가지 사항(그룹 간 기술격차가 다름, 수직결합이 가장 효율적임, 독립종합유선방송사업자의 기술효율성이 가장 낮음)을 밝혀 내었다. 서충원·신연수(2015)는 2013년 영업활동을 하는 87개의 국내 관광호텔업체에 대해서 투입변수(자본금, 면적, 객실 수, 직원 수), 산출변수(숙박객수, 총수입, 판매객실 수, 객실 이용율)을 사용하여 메타프론티어 분석방법으로 4개 권역으로 나누어서 분석하였다. 제주권역, 수도권, 광역시, 지방 순으로 나타났으며, 그룹생산함수 대비 효율성은 제주권역, 광역시, 지방, 수도권 순임을 밝혀 내었다. 대표적인 최근의 국외연구를 살펴보면, Makni, Benouda, and Delhoumi(2015)는 1993년부터 2013년까지 301개의 이슬람주식펀드를 위기시와 성장기로 구분하고, 6개 투자지역으로 구분하여 메타프론티어 분석을 실시하여 ① 2002년부터 2007년까지 효율성이 상승함, ② 경기침체가 성장기보다 평균효율성이 높았음, ③ 아시아태평양, 중동아시아, 아프리카 투자지역이 최고기술효율성을 보였음. ④ 북미지역에서 메타기술비율이 2009년 이후로 꾸준히 증가하였음을 밝혀내었다. Yao, Zhou, Zhang and Li(2015)는 2011년 자료를 이용하여 중국의 30개 지역을 동부, 중부, 서부지역으로 나누고, 투입요소(자본, 노동,

에너지), 산출요소(바람직한 산출물, 바람직스럽지 못한 산출물)을 이용하여 메타프론티어 분석방법으로 지역 간 그룹 간 차이를 분석하였다. 실증분석 결과를 보면 ① 에너지 효율성과 탄소배출성에서 그룹 간 상당한 차이가 있었다. ② 총 요소와 단 요소 성과지수에서는 상당한 차이가 없었다. ③ 중국은 탄소 배출면에서 2011년 기준으로 약 40%를 감소시킬 수 있었다. Yu, Choi, and Zhang(2015)는 중국의 149개 공기업의 2011년 자료와 메타프론티어 일반화된 거리함수모형으로 투입요소(기업의 총자산, 총 고용인수), 산출요소(2011년 매출액, 2011년 주당순이익)로 8개 분야(은행, 보험, 건설, 제조, 광산, 전력, 부동산, 소매업, 운송)의 효율성을 측정하였다. 실증분석결과를 살펴보면 ① 기업의 지속적인 성과측면에서 그룹간 상당한 차이가 있었다. ② 서비스산업은 시장가치와 관련하여 지속적인 활동을 수행하였다. ③ 중국기업은 시장가치와 비교하여 총매출부분에서 더 지속적인 성과를 보였다. Wang, Zhao, Zhou, and Zhou(2013)은 2000년에서 2010년까지 중국 29개 지방을 대상으로 3개의 투입요소(자본, 노동, 에너지)와 1개의 산출요소(GDP)를 이용하여 메타프론티어 분석방법으로 효율성을 측정하였다. 실증분석결과를 살펴보면 ① 동부해안지역이 높은 에너지 효율성을 보였고, 중부와 서부는 낮은 효율성을 보였다. ② 에너지 기술갭은 각 지역이 달랐으며, 동부지역은 0.98수준을 유지하였다. ③ 중부, 서부지역의 기술비효율성이 경영관리에 따른 비효율성보다 훨씬 컸다.

### Ⅲ. 연구대상 및 방법

#### 1. 연구대상<sup>3)</sup>

분석모형, 대상기간, 투입-산출요소, 대상항만 수는 다음과 같다. 즉, 분석대상은 13개 컨테이너항만의 3년간(2009년, 2010년, 2013년)으로 하였다. 2011년과 2012년의 자료는 2013년의 자료와 통일된 투입 및 산출요소에 대한 자료를 수집 할 수 없어서 부득이하게 포함시킬 수 없었다. 각 변수의 단위는 다음과 같다. 투입요소는 수심(m)(평균치), 총면적(평방미터), 크레인 수(개)(갠트리, Quay, 모바일, 플로팅 크레인 수)로 하였으며, 산출요소는 컨테이너화물처리량(TEU)이다. 2009년, 2010년, 2013년의 자료는 Containerisation International Yearbook과 해양수산부의 SP-IDC(해양항만물류정보센터), 그리고 각 항만의

3) 박노경, “계입교차효율성모형을 이용한 컨테이너항만의 효율성 및 클러스터링 측정방법 소고”, 「한국항만경제학회지」, 2014, p.156 에서 전재함.

홈페이지에서 수집하였다. 따라서 자료 수집방법이 여러 경로를 통하여 수집하고 있어 자료의 일관성과 정확성이 담보되지 못하는 본질적인 문제와 한계를 가지고 있다. 그러나 본 분석의 한계점은 첫째, DEA분석에서 일반적으로 투입 및 산출요소의 합의 숫자에 3을 곱한 만큼의 DMUs를 확보하는 것이 효율성의 안정성을 보장 받을 수 있었지만, 자료수집의 한계 때문에 그렇게 하지 못했다. 둘째, 첫 번째의 이유 때문에 본 연구에서는 기존연구에서 사용되고 있는 다양한 투입요소와 산출요소를 이용하지 못했다. 즉, 가변요소인 예인선수, 항무 수, 선사들의 항만선택요소를 포함시키지 못했다.

## 2. 연구방법

본 연구의 방법을 요약하여 분석의 순서대로 제시해 보면 다음과 같다. (1) CCR모형(규모수확불변모형)과 교차효율성 모형에 의해서 효율성을 측정한다. (2) 교차효율성 매트릭스 수치를 구한다. (3) 교차효율성 매트릭스 수치에 의거하여 근접성 행렬을 구한다. (4) 평균연결을 사용한 덴드로그램(척도 조정된 거리 군집 조합)을 도출한다. (5) (4)번의 클러스터링이 효율성 증진에 기여하는 지를 검증하기 위해서, (4)번에 의해서 결정된 군집을 메타프론티어에 배정한 후, 메타프론티어 분석방법에 의해서 효율성을 측정한다. (6) (5)번에 의해서 측정된 효율성 수치를 (1)번에 의해서 측정된 효율성 수치와 국내 항만을 중심으로 그 변화를 비교한다.

## IV. 실증분석 결과

### 1. 교차효율성 측정 및 클러스터링 덴드로그램 도출

CCR모형(규모수확불변 가정)과 교차효율성 모형을 이용하여 측정한 효율성 값은 아래의 <표 1>과 같다. 교차효율성의 수치가 일반 CCR모형의 값보다 작다는 것을 발견할 수 있다.

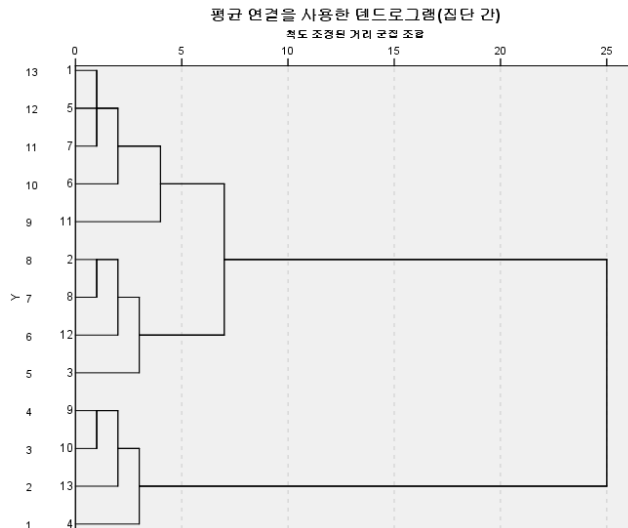
2009년, 2010년, 2013년도 교차효율성 매트릭스 값을 이용하여, 항만 간 평균연결법으로 측정한 클러스터링 덴드로그램은 <그림 2>, <그림 3>, <그림 4>과 같다. 교차효율성 매트릭스 수치, 근접성 행렬, 평균연결을 사용한 덴드로그램(척도 조정된 거리 군집 조합)을 도출하는 과정은 박노경(2015, pp. 13-15)에 제시하였다. 단, 2009년도 덴드로그램

은 본 연구에서 새롭게 수정하여 제시하였다.

〈표 1〉 CCR 및 교차효율성 분석결과

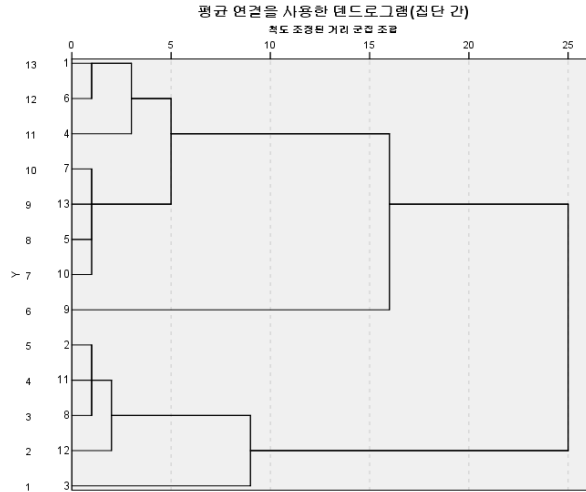
항만	2009		2010		2013	
	CCR	교차 효율성	CCR	교차 효율성	CCR	교차 효율성
1.두바이	0.9602	0.7179	0.8233	0.7443	0.8050	0.7436
2.홍콩	1.0	0.9209	1.0	0.9370	1.0	0.9764
3.상하이	1.0	0.6874	1.0	0.7847	1.0	0.9098
4.닝보	1.0	0.9037	1.0	0.9146	1.0	0.9200
5.칭타오	0.8167	0.6495	0.7761	0.6850	0.5928	0.5287
6.토쿄	0.2842	0.2501	0.3080	0.2732	0.2207	0.2008
7.나고야	0.1649	0.1217	0.1754	0.1561	0.1341	0.1251
8.부산	0.6214	0.5091	0.5682	0.5253	0.5909	0.5281
9.인천	0.2671	0.1818	0.2174	0.1598	0.2321	0.1563
10.광양	0.1970	0.1436	0.1371	0.1225	0.1250	0.0827
11.마닐라	0.3276	0.2581	0.0111	0.0102	0.1093	0.0734
12.싱가포르	0.9943	0.6889	1.0	0.9140	0.9970	0.8327
13.카오슝	0.8322	0.6691	0.6298	0.5627	0.4832	0.4313

〈그림 2〉 2009년도 항만 간 클러스터링 덴드로그램

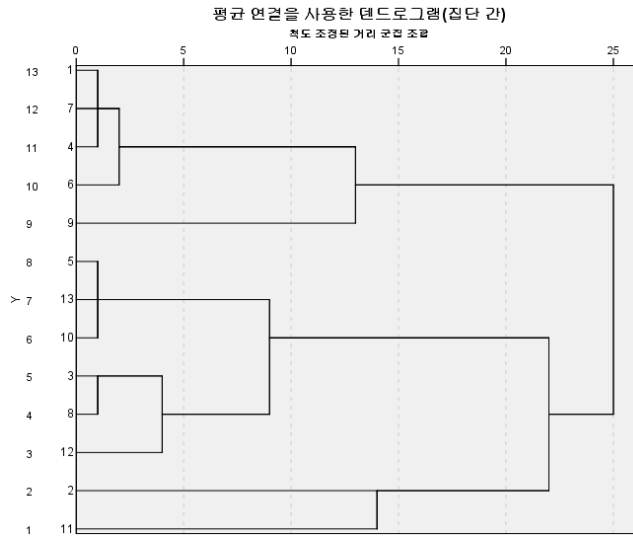




〈그림 3〉 2010년도 항만 간 클러스터링 덴드로그램



〈그림 4〉 2013년도 항만 간 클러스터링 덴드로그램



2009년도 〈그림 2〉에 의한 클러스터링 그룹은 다음과 같다. 1그룹은 칭타오, 도쿄, 나고야, 마닐라, 두바이항, 2그룹은 홍콩, 상하이, 부산, 싱가포르항, 3그룹은 닝보, 인천, 광양, 카오슝 항으로 나타났다. 2010년도 〈그림 3〉에 의한 클러스터링 그룹은 1그룹은 닝보, 도쿄, 두바이항, 2그룹은 칭타오, 나고야, 인천, 광양, 카오슝항, 3그룹은 홍콩, 상

하이, 부산, 마닐라, 싱가포르항이었다. 2013년도 <그림 4>에 의한 클러스터링은 다음과 같다. 1그룹은 닝보, 도쿄, 나고야, 인천, 두바이항, 2그룹은 칭타오, 광양, 카오슝항, 3그룹은 상하이, 부산, 싱가포르, 4그룹은 홍콩, 마닐라항이었다.

## 2. 메타프론티어 분석을 이용한 덴드로그램에 의한 클러스터링의 유효성 검증분석

### 1) 전반적인 분석

<표 2> 메타프론티어 분석 결과

항만	2009				2010			
	군집	메타 효율성	그룹 효율성	기술 갭 비율	군집	메타 효율성	그룹 효율성	기술 갭 비율
1.두바이	2	1	1	1	3	1	1	1
2.홍콩	2	1	1	1	3	1	1	1
3.상하이	3	1	1	1	1	1	1	1
4.닝보	1	0.8167	1	0.8167	2	0.7761	1	0.7761
5.칭타오	1	0.2841	0.5392	0.5270	1	0.3080	0.3360	0.9167
6.도쿄	1	0.1649	0.1960	0.8414	2	0.1754	0.3375	0.5196
7.나고야	2	0.6214	0.6214	1	3	0.5682	0.5682	0.9999
8.부산	3	0.2671	0.2671	1	2	0.2174	0.5541	0.3923
9.인천	3	0.1970	0.1970	1	2	0.1371	0.2708	0.5063
10.광양	1	0.3276	0.5612	0.5838	3	0.0111	0.0118	0.9344
11.마닐라	2	0.9943	0.9943	1	3	1	1	1
12.싱가포르	3	0.8322	0.8679	0.9589	2	0.6298	1	0.6298
13.카오슝	1	0.9602	1	0.9602	1	0.8233	0.8750	0.9409

항만	2013			
	군집	메타효율성	그룹효율성	기술 갭비율
1.두바이	4	1	1	1
2.홍콩	3	1	1	1
3.상하이	1	1	1	1
4.닝보	2	0.5928	1	0.5928
5.칭타오	1	0.2206	0.2533	0.8712
6.도쿄	1	0.1341	0.2146	0.6250
7.나고야	3	0.5909	0.7177	0.8233
8.부산	1	0.2320	0.3485	0.6658
9.인천	2	0.1250	0.3090	0.4046
10.광양	4	0.1093	0.1220	0.8959
11.마닐라	3	0.9970	1	0.9970
12.싱가포르	2	0.4832	0.8937	0.5406
13.카오슝	1	0.8050	1	0.8050

〈표 2〉에 제시한 메타프론티어 분석에 의하면, 첫째, 메타효율성의 값이 CCR모형이나, 교차효율성 모형에 의한 효율성 수치에 비해서 증가되기도 하고, 감소되기도 하는 현상을 볼 수 있다. 모형의 특성에 기인한다고 추정된다. 둘째, 그룹효율성으로서 국내항만의 경우를 살펴보면, 2009년도에는 부산항, 인천항은 변화가 없으며, 광양항은 증가하였다. 2010년과 2013년의 경우에는 세 항만 모두 그룹효율성이 증가하였다. 셋째, 중국의 항만들이 국내 항만들에 비해서 메타효율성과 그룹효율성 측면에서 더 높은 것으로 나타났다. 급격하게 증가하는 중국항만들의 화물처리량에 그 원인이 있는 것으로 추정된다. 넷째, 기술 갭은 그룹프론티어가 메타프론티어에 비해서 얼마나 멀리 떨어져 있는지를 보여 주며 1에 가까울수록 두 개의 프론티어가 일치함을 나타낸다. 따라서 광양항의 기술격차의 왜곡이 부산항이나 인천항에 비해서 작다는 것을 의미한다. 다섯째, 광양항은 2009년의 경우 Ningbo, Qingdao, Tokyo, Kaohsiung항과 클러스터링을 통해서 효율성을 증진시킬 수 있으며, 2013년의 경우 Dubai항과 클러스터링을 통해서 효율성을 증진시킬 수 있었다. 부산항은 2010년에 2그룹, 2013년에 1그룹항만, 인천항은 2010년과 2013년에 2그룹 항만들과 클러스터링을 통해서 효율성을 증진시킬 수 있었다. 다섯째, 요컨대 본 논문의 가장 중요한 결론인 교차효율성 모형을 이용한 효율성 매트릭스에 의해서 도출된 덴드로그램에 의한 클러스터링 측정결과를 이용한 메타효율성 분석방법을 통해서 부산항, 인천항, 광양항은 효율성을 증진시킬 수 있다는 것이 실증적으로 검증되었다.

## 2) 실증적 검증

일반적인 CCR모형이나, 교차효율성 모형에 의한 클러스터링 결과를 도출한 후에 그러한 클러스터링을 메타프론티어에 적용하여 도출한 메타프론티어 효율성 측정결과를 보여준 〈표 1〉과 〈표 2〉의 결과 비교를 통해서 실증적으로 검증한 핵심결과는 다음과 같다.

첫째, 년도별 메타프론티어 효율성과 CCR 효율성, 교차효율성 수치와 비율(메타프론티어 효율성/CCR 또는 교차효율성 수치)로써 비교해 보면 3개 기간 평균적으로 보았을 때, Dubai항, 홍콩항, 상하이항, Naigay항, 광양항, Manila항, Kaohsiung 항의 효율성이 증진되었다.

둘째, 년도별 그룹효율성과 CCR효율성, 교차효율성 수치와 비율(그룹효율성/CCR 또는 교차효율성 수치)로써 비교해 보면 3개 기간 평균적으로 보았을 때, Dubai항, 홍콩항, 상하이항, Ningbo항, Naigay항, 인천항, 광양항, Manila항, Singapore항, Kaohsiung항의 효율성이 증진되었다.

셋째, 년도별 기술갭 효율성과 CCR효율성, 교차효율성 수치와 비율로서 비교해 보면 3개 기간 평균적으로 보았을 때, 두바이항, 홍콩항, 상하이항, 칭타오항, 토교항, 나고야항, 부산항, 인천항, 광양항, 마닐라항, 카오슝항의 효율성이 증진되었다.

넷째, 국내항만들의 경우를 살펴보면, 부산항(메타효율성/CCR, 메타효율성/교차효율성 평균수치; 0.4305), 그룹효율성/CCR, 그룹효율성/교차효율성 평균수치; 0.7057, 기술 갭 효율성/CCR, 기술 갭 효율성/교차효율성 평균수치; 1.2330, 인천항(메타효율성/CCR, 메타효율성/교차효율성 평균수치; 0.7747), 그룹효율성/CCR, 그룹효율성/교차효율성 평균수치; 1.3450, 기술 갭 효율성/CCR, 기술 갭 효율성/교차효율성 평균수치; 1.2330), 광양항 [( 메타효율성/CCR, 메타효율성/교차효율성 평균수치; 1.0520), 그룹효율성/CCR, 그룹효율성/교차효율성 평균수치; 1.5651, 기술 갭 효율성/CCR, 기술 갭 효율성/교차효율성 평균수치; 6.5787]으로 나타났다.

요컨대, 전 절의 전반적인 분석에서 제시된 사항이외에 평균적인 비율 측면에서 보았을 때 부산항은 메타효율성, 그룹효율성은 감소하였으며, 기술 갭 효율성은 증가하였으며, 인천항은 메타효율성은 감소하였으나, 그룹 및 기술갭 효율성은 증가하였다. 광양항은 모든 효율성이 클러스터링 한 후에 증가하는 것으로 나타났다.

## IV. 결론

본 논문에서는 아시아 13개 항만의 2009년, 2010년, 2013년의 자료와, 3개의 투입요소(수심, 총면적 크레인 수)와 1개의 산출요소(컨테이너화물 총처리량)를 이용하여 교차효율성모형으로 효율성을 측정하고, 효율성 매트릭스를 이용하여 평균 연결 분석방법으로 각 항만간 클러스터링을 측정하였다. 또한 그러한 측정결과에서 나타난 덴드로그램에 의해서 그룹을 나누고 그러한 그룹에 따라서 메타프론티어 분석방법으로 개별효율성과 그룹효율성, 기술 갭을 측정함으로써, 교차효율성모형에 의해서 측정된 클러스터링이 국내항만들의 메타효율성을 증진시켰는지를 실증적으로 검증하였다. 실증분석의 주요한 결과는 다음과 같다.

첫째, 그룹효율성으로서 국내항만의 경우를 살펴보면, 2009년도에는 부산항, 인천항은 변화가 없으며, 광양항은 증가하였다. 2010년과 2013년의 경우에는 세 항만 모두 그룹효율성이 증가하였다.

둘째, 중국의 항만들이 국내 항만들에 비해서 메타효율성과 그룹효율성 측면에서 더

높은 것으로 나타났다.

셋째, 기술 갭 측면에서 보았을 때, 광양항의 기술격차의 왜곡이 부산항이나 인천항에 비해서 작은 것으로 나타났다.

넷째, 광양항은 2009년(닝보, 칭타오, 도쿄, 카오슝항)과 2013년(두바이항)과 클러스터링을 통해서 효율성을 증진시킬 수 있었다. 부산항은 2010년에 2그룹, 2013년에 1그룹항만, 인천항은 2010년과 2013년에 2그룹 항만들과 클러스터링을 통해서 효율성을 증진시킬 수 있었다.

다섯째, 요컨대 본 논문의 가장 중요한 결론인 교차효율성 모형을 이용한 효율성메트릭스에 의해서 도출된 덴드로그램에 의한 클러스터링 측정결과를 이용한 메타효율성 분석방법을 통해서 부산, 인천, 광양항은 효율성을 증진시킬 수 있다는 것이 실증적으로 검증되었다.

본 논문의 정책적인 함의는 첫째, 국내항만의 정책입안가나 경영 관리자들은 본 논문에서 사용한 메타효율성분석과 교차효율성분석방법 등을 항만의 경쟁력을 측정할 때 고려해야만 한다. 둘째, 본 연구에서 실증적으로 검증된 아시아 항만들 간의 클러스터링 방법(부산항은 홍콩, 상하이, 싱가포르항, 인천과 광양항은 칭타오, 나고야, 닝보, 도쿄, 카오슝항과 클러스터링을 국내항만들이 적극적으로 도입할 수 있도록 정책적인 도입예를 들면, 제3차 전국항만기본계획 수정계획(2016-2020))이 필요하다고 판단된다. 또한 부산항은 상해항과 전략적인 제휴를 맺고 항만 중심의 연관산업의 육성과 함께 환적화물 유치 방안을 모색해야만 하며, 인천항은 마닐라항에게 적극적인 항만세일을 해야만 한다. 광양항은 메타프론티어 분석에서 그룹화 된 항만들과 협력할 수 있는 방안을 마련해야만 한다. 또한 국내 항만들은 항만선전을 강화하고 하역료 등을 인하하여 물동량을 증가시키고 항만전자시스템의 적극적인 도입 등을 통해서 항만관리비용을 절감할 수 있는 실질적인 효율성 증진 정책을 도입해야만 한다.

본 연구의 한계점은 첫째, 더욱 장기적이고 많은 항만이 포함된 데이터를 통해서 항만그룹 간, 항만소재지역간 차이가 있는지를 시간적인 제약 때문에 분석하지 못했다는 점이다. 둘째, 2010년, 2011년도 자료가 포함되었을 경우에는 결과가 달라질 수 있을 것인데 그것과 관련된 예상결과를 보여 주지 못했다. 셋째, 본 연구에서 제시한 클러스터링은 사후적이기 때문에 정책적인 함의에는 한계가 있는데, 패널데이터를 이용하여 사전적으로 예측하는 모형을 도입하여 보여 주지 못했다. 넷째, SBM(슬랙변수모형)모형을 도입하지 못했다. 차후연구의 주제로 삼고자 한다.

## 참고문헌

- 강상목·조상규(2009), “한·일 지역 간 초 광역경제권 형성에 따른 제조업의 생산성 변화”, 「국토연구」, 제63권, pp.225-252.
- 강상목·김문휘(2010), “메타프론티어를 이용한 기술효율과 생산성 비교: 한·중 제조업을 대상으로”, 「한국경제지리학회지」, 제3권 제1호, pp.126-146.
- 고용기(2000), “항만효율성 평가지표의 개발 모형화에 관한 연구”, 「무역학회지」, 제25권 제1호, pp.89-106.
- 박노경(2014), “계임교차효율성 모형을 이용한 컨테이너항만 효율성 및 클러스터링 측정방법 소고”, 「한국항만경제학회지」, 제30권 제4호, pp.151-168.
- 박노경(2015), “교차효율성 모형과 정수계획법을 이용한 한국주요항만의 클러스터링 및 효율성 변화 측정소고”, 「무역통상학회지」, 제15권 제2호, pp.1-25.
- 박진철(2010), “교차효율성 기법을 이용한 단위부대의 효율성 측정과 순위결정,” 고려대학교 대학원 석사학위 청구논문.
- 방희석·강동준·박재현(2011), “주요 컨테이너항만의 효율성 분석에 관한 연구”, 「무역학회지」, 제36권 제2호, pp.1-23.
- 서충원·신연수(2015), “메타프론티어를 이용한 외국관광객을 위한 관광호텔의 권역별 효율성 평가”, 「무역학회지」, 제40권 제4호, pp.195-215.
- 양동현·장연재(2015), “메타프론티어 맘퀴스트 생산성 지수를 이용한 상급종합병원과 대형 종합병원의 생산성 변화 비교”, 「산업경제연구」, 제26권 제6호, pp.2705-2730.
- 여희정·구종순·동무성(2009), “아시아 항만의 효율성 분석에 관한 연구: DEA방법을 중심으로”, 「무역학회지」, 제34권 제5호, pp.75-91.
- 황준석·홍아름·이대호(2010), “케이블TV 산업의 소유규제 변화와 기업결합 형태별 생산효율성 차이의 실증 연구”, 「한국방송학보」, 제24권 제2호, pp.276-313.
- Adler, N., L., Friedman, and Z., Si and D.S.P. Rao(2002), “Review of Ranking Methods in the Data Envelopment Analysis Context”, *European Journal of Operational Research*, Vol.140, pp.249-265.
- Battese, G.E., and D.S.P. Rao(2002), “Technology Gap, Efficiency, and A Stochastic Meta-frontier Function ”, *International Journal of Business and Economics*, Vol.1,No.2, pp.1-7.
- Doyle, J.R., and R.H., Green(1994), “Efficiency and Cross-Efficiency in DEA:

- Derivations, Meanings, and Uses”, *Journal of Operational Research Society*, Vol.45, No.5, pp.567-568.
- Hayami, Y.(1969), “Sources of Agricultural Productivity Gap among Selected Countries”, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.51, No.3, pp.564-575.
- Makni, R., O., Benouda, and E., Delhoumi.(2015), “Large Scale Analysis of Islamic Equity Funds Using A Meta-frontier Approach with Data Envelopment Analysis”, *Research in International Business and Finance*, Vol.30, pp.324-337.
- Sexton, T.R., R.H., Silkman, and A.J., Hogan(1986), “Data Envelopment Analysis: Critique and Extensions”, in Silkman, R.H. (Ed.), *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*, VJossey-Bass, San Francisco, pp.73-105.
- Wang, Q., Z., Zhao, P., Zhou, and D., Zhou.(2013), “Energy Efficiency and Production Technology Heterogeneity in China: A Meta-frontier DEA Approach”, *Economic Modelling*, Vol.35, pp.283-289.
- Yao, X., H., Zhou, A., Zhang. and A., Li.(2015), “Regional Energy Efficiency, Carbon Emission Performance and Technology Gaps in China: A Meta-frontier Non-radial Directional Distance Function Analysis”, *Energy Policy*, Vol.84, pp.142-154.
- Yu, Y., Y., Choi, and N., Zhang.(2015), “Strategic Corporate Sustainability Performance of Chinese State-owned Listed Firms: A Meta-frontier Generalized Directional Distance Function Approach”, *The Social Science Journal*, Vol.52, pp.300-310.

# A Brief Empirical Investigation of Seaport Clustering by Using Meta-Frontier and Cross-Efficiency Models

Ro-Kyung Park

---

• Abstract •

This study is to investigate seaport clustering by using meta-frontier and cross-efficiency models. Data covers the 13 Asian ports during 2009, 2010 and 2013 with 3 inputs(depth, total area, and number of cranes) and 1 output(TEU). Correlations coefficient from cross-efficiency matrix are used for measuring clustering dendrogram. After that, meta-frontier analysis for investigating whether the clustering using cross-efficiency method increases the meta-efficiency. Empirical main results are as follows: First, group efficiencies of Busan, Incheon, and Gwangyang ports are increased. Second, meta and group efficiencies of China ports are greater than those of Korean ports. Third, distortion of technology gap of Gwangyang is lower than that of Busan and Incheon. Fourth, Gwangyang, clustering with Ningbo, Chingtao, Tokyo and Caosung ports in 2009 and with Dubai port in 2013 can increase the efficiency. Fifth, to enhance the efficiency, Busan port should be clustered to group 2 in 2010 and group 1 in 2013, and Incheon port clustered to group 2 in 2010 and 2013. Fifth, it is empirically investigated that Busan, Incheon and Gwangyang ports can increase the efficiency by using Cross-efficiency and Meta-frontier models. Port policy planner should promote the clustering policy for Busan with Hong Kong, Shanghai, and Singapore, Incheon and Gwangyang with Chingtao, Nagoya, Ningbo, Tokyo, and Kaoshung ports.

---

(Key Words) Meta-Frontier Analysis, Cross-Efficiency, Seaport Clustering, Efficiency Investigation