

가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정 및 추세분석에 관한 실증적 연구[†]

박노경*

An Empirical Study on the Measurement of Clustering and Trend Analysis among the Asian Container Ports Using the Variable Group Benchmarking and Categorical Variable Models

Rokyung Park

Abstract : The purpose of this paper is to show the clustering trend by using the variable group benchmarking(VGB) and categorical variable(CV) models for 38 Asian ports during 9 years(2001-2009) with 4 inputs(birth length, depth, total area, and number of crane) and 1 output(container TEU). The main empirical results of this paper are as follows. First, clustering results by using VGB show that Shanghai, Qingdao, and Ningbo ports took the core role for clustering. Second, CV analysis focusing on the container throughputs indicated that Singapore, Keelong, Dubai, and Kaosiung ports except Chinese ports are appeared as the center ports of clustering. Third, Aqaba, Dubai, Hongkong, Shanghai, Guangzhou, and Ningbo ports are recommended as the efficient ports for the target of clustering. Fourth, when the ports are classified by the regional location, Dubai, Khor Fakkan, Shanghai, Hongkong, Keelong, Ningbo, and Singapore ports are the core ports for clustering. On the whole, other ports located in Asia should be clustered to Dubai, Khor Fakkan, Shanghai, Hongkong, Ningbo, and Singapore ports. The policy implication of this paper is that Korean port policy planner should introduce the VGB model, and CV model for clustering among the international ports for enhancing the efficiency of inputs and outputs.

Key Words : Asian Container Ports Clustering, Variable Group Benchmarking(VGB) Model, Categorical Variable(CV) Model, DEA,

▷ 논문접수: 2013.02.13 ▷ 심사완료: 2013.03.25 ▷ 게재확정: 2013.03.29

[†] 본 논문은 2013년2월22일 고려대학교에서 개최된 한국경제학회가 주관한 경제학공동학술대회 한국항만경제학회분과에서 발표된 논문을 수정보완 한 논문임. “이 논문은 2012년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2012-S1A5A2A-01014889)”.

* 조선대학교 경상대학 무역학과 교수, e-mail: nkpark@chosun.ac.kr, Phone: (062) 230-6821

I. 서론

아시아 지역 항만들은 그 동안 해당 국가나 지역의 국제물류상의 지리적 위치, 경제발전 상황에 따라서 항만의 발전을 가속화시켜 왔다. 그러나 최근 들어 중국항만들의 급속한 발전은 기타 인접국가 항만들의 침체를 가져오는 필연적인 결과를 가져오고 있다. 그 가장 좋은 실례가 국내에서는 부산항과 광양항의 경우가 이에 해당된다. 나머지 국내 항만들도 동일한 상황에 처해 있는 것이 사실이다.

위와 같은 상황을 부분적으로 타개하기 위한 방법으로는 우선, 국내항만들이 그 동안의 화물처리실적과 기항지 패턴 등등을 분석하여, 실적이 높았던 국외의 개별항만 들과 클러스터링을 하는 방법을 도입해야만 한다. 즉, 본 논문의 목적과 같이 항만의 투입-산출요소 측면에서 유사한 항만들끼리 클러스터링을 제고시켜서, 산출요소를 증대시키고, 투입요소는 감소시켜나감으로써 효율성을 증진시킬 수 있는 방법을 도입해야만 한다.

지금까지 국내에서의 항만과 관련된 기존연구들을 살펴보면, 첫째, 국내 개별항만 들 또는 터미널들에 대한 DEA분석기법을 활용한 효율성분석과 증진방안 제시분석, 둘째, 동북아시아 지역 항만들의 DEA분석기법을 활용한 효율성 분석, 셋째, 항만효율성의 결정요소를 Tobit분석을 통해서 검정하는 분석, 넷째, 단 년도 또는 다년도 분석을 통한 효율성 분석 추세를 DEA와 Malmquist분석으로 측정하고 분석하는 등에 대한 연구가 주류를 이루고 있었다. 그러나 보다 정밀한 모형과 개별 항만들이 개별 국가 별로 전부 포함된, 즉, 그룹화 또는 항만규모별로 범주화 된 국가 간의 클러스터링을 측정하는 것에 대한 수요가 점점 더 커지고 있는 것이 현실적인 상황이다. 따라서 아시아 항만들이 속해있는 국가들 사이의 클러스터링을 정확하게 측정하기 위해서 Cook, Seiford, and Zhu(2004)가 제시한 가변그룹벤치마킹모형(Variable Group Benchmark model)[Cook, Seiford and Zhu(2004)가 처음으로 제시한 모형으로서, 우선 지정된 특정항만(들)이나 여러 개의 항만으로 구성된 특정국가와 클러스터링을 원하는 경우에 적용할 수 있는 모형임. 즉, 벤치마킹항만을 먼저 지정하거나, 벤치마킹국가를 먼저 지정을 하고, 즉, 특정항만, 특정항만그룹이나, 국가 대 국가를 대상으로 벤치마킹을 한 후에, 측정결과에 따라서 클러스터링 할 수 있는 새로운 모형임]과 범주형 변수모형(Categorical Variable model)[기본모형은 Banker and Morey(1986)가 처음 제시하였으며, Cooper, Seiford, and Tone(2007)가 실증분석방법을 예를 들어서 설명하였으며, 최근에 Lober and Statt(2010)가 DEA분석에서 범주형 변수모형을 통합시킨 연구를 제안한 모형으로서, 자유 재량적, 비 자유 재량적(nondiscretionary) 범주형 변수모형을 도입하여 통합시킴. 즉, 투입-산출요소의 자유재량과 비 자유재량에 따라서 범주를 구분하여 효율성을 측정함으로써, 선 지정된 특정항만 또는 국가 간 클러스터링을 측정 할 수 있는 모형]을 접목시킨 연구에 대해서는 거의 시도되지 못했으므로 그러한 연구를 도입하는 것이 매우 필

**가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정
및 추세분석에 관한 실증적 연구**

요하다.

요컨대 본 논문은 최근의 클러스터링과 관련된 두 가지 모형을 새롭게 접목시켜서 더욱 정밀하게 클러스터링을 측정할 수 있는 방법을 연구하는 논문이라고 할 수 있다. 본 논문의 연구방법 및 내용은 다음과 같다.

첫째, 선진국 항만들에서 사용되고 있는 항만클러스터링을 정확하게 측정하기 위한 모형에 대하여 인터넷 및 문헌조사를 시행한다. 둘째, 항만관련 전문가들에게 설문지를 발송하거나, 직접 설문지를 받는 방법으로 설문조사를 통하여 항만클러스터링을 정확하게 측정하기 위한 투입-산출요소에 대한 모형지표를 선정한다. 셋째, 아시아에 소재하는 컨테이너 항만들 간의 클러스터링을 측정하는 것을 주제로 삼고 있는 국내와 국외의 선행연구와 관련 문헌을 검토하여 특정국가그룹, 특정항만그룹 간 클러스터링을 정확하게 측정할 수 있는 새로운 최적의 모형을 선택한다. 즉, 기존연구들의 한계점을 극복하기 위해서 본 연구에서는 항만관련 전문가들의 의견을 참작하고, Cook, Seiford, and Zhu(2004)가 제시한 가변그룹 벤치마킹방법과 Lober and Staat(2010)의 범주형변수모형 중에서 기존의 기본적인 범주형변수모형에 대해서 검토한다. 특히 Po, Guh, and Yang(2009)[층화DEA(Stratification DEA)모형]과 Ulucan and Atici(2010)[컨텍스트의존형(Context-dependent)과 측정특유(Measure-specific) DEA모형], Sharma and Yu(2009)[Tier방법에 의한 DEA효율성 수치로 랭킹을 정하고, SOM(자기조직화지도)방법으로 참조집단세트를 결정하여 클러스터링을 함으로써 해당 컨테이너 터미널들의 효율성을 개선시켜가는 과정 보여주는 방법을 제안함]의 모형들에 비해서 본 연구에서 이용할 가변그룹벤치마킹모형과 범주형 변수모형이 가지고 있는 장점과 단점을 제시한다. 넷째, 선진국 학자들의 모형을 토대로 하여 결정된 아시아 컨테이너항만간(국가별, 특정항만그룹별, 특정 벤치마킹항만별)의 클러스터링을 측정할 수 있는 모형인 가변그룹벤치마킹모형과 범주형 변수모형을 접목시킨 모형을 이용하여, 최근 9년 동안(2001년~2009년)의 분석기간에 실증적으로 적용하여, 아시아 항만 간 클러스터링을 측정한 후에 현실적으로 왜 그러한 결과가 나타났는지를 클러스터링 된 항만간의 실제현황을 부분적으로 검토하여 파악한다. 즉, 두 가지 모형을 이용하여 측정할 내용은 다음의 (A), (B), (C), (D)와 같다.

(A) 가변그룹벤치마킹모형을 이용하여 ① 국내항만들이 중국, 일본, 싱가포르, 동남아시아, 중동항만들을 벤치마킹하는 경우에 벤치마킹효율성수치를 측정한다. ② 가변벤치마킹모형에 의해서 각각의 그룹 내에서 가장 대표되는 항만(또는 항만들)을 벤치마크대상으로 선정하여 측정된 후에, 가변벤치마킹효율성 수치에 따라서 클러스터링을 제시한다. ③ 중국, 일본, 싱가포르, 동남아시아, 중동항만들이 국내항만을 벤치마킹하는 경우의 벤치마킹효율성 수치를 측정한다. ④ 가변벤치마킹모형에 의해서 국내항만들 중에서 가장 대표되는 항만(또는 항만들)에 대한 벤치마킹효율성 수치에 따라서 클러스터링을 제시한다. ⑤ 위와 같은 세 가지 방법[국내항만그룹이 벤치마킹대상이 되는 경우의 클러스터링, 외국의 국가별 항만그

룹이 벤치마킹대상이 되는 경우, 국내 및 외국의 대표항만(들이 벤치마킹대상(또는 벤치마킹하는 경우)]에 의한 클러스터링을 제시한다.

(B) 가변벤치마킹모형에 의한 클러스터링결과를 보완하기 위해서 범주형 변수모형을 이용하여 ① 규모별(항만별, 투입요소별, 산출요소별)로 범주를 결정하여, 가변벤치마킹모형에 접목시킨 후에 벤치마킹효율성 수치에 의해서 국가별그룹항만(또는 특정항만)의 클러스터링을 제시한다.

(C) 가변벤치마킹모형에 대한 클러스터링결과와, 가변벤치마킹모형에 범주형 변수모형을 접목시킨 모형에 대한 클러스터링 결과를 비교하고, 한국항만들이 벤치마킹되는 경우와, 벤치마킹하는 경우에 대한 클러스터링을 각각 측정하고 제시한다.

본 논문의 구성은 I 장의 서론에 이어서 II장에서는 클러스터링을 다룬 국내와 국외연구들에 대하여 간략하게 검토하고 그러한 연구들의 한계점과 함께 본 연구의 핵심을 제시하며, III장에서는 가변그룹벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용하여 아시아 항만들에 대한 클러스터링(효율적인 항만을 중심)을 실증적으로 적용하며, 장기적인 추세도 분석하며, 정책적인 함의를 제시한다. IV장에서는 요약과 함께 결론이 제시된다.

II. 기존연구에 대한 검토 및 한계점

1. 항만클러스터링과 관련된 국내-국외 기존연구에 대한 간단한 검토

항만클러스터링 [항만클러스터링의 개념 및 세부적인 설명은 고용기·이상현(2005, pp.302-308), 방희석·김새로나(2004, pp.154-159), 한철환(2003, pp.3-8), Zhang and Lam (2013, pp. 162 -165), Global Maritime Logistics Council(2009, pp.7-8) 참조]과 자료포괄분석을 접목시킨 내용과 직접 관련된 국내의 기존연구는 박노경(2003), 박노경(2009c), 박노경(2010)이 시도하였으며, 간접적으로 관련된 기존연구들도 다수 있다.[보다 세부적인 내용은 박노경(2010), pp.422-423]. 항만클러스터와 직접 관련된 국외기존연구는 Sharma and Yu(2009), Po, Guh, and Yang(2009), Valentine and Gray(2002)가 있으며, 항만산업분야에서 클러스터링모형을 이용하여 효율성을 측정한 주요한 연구들(본 연구와 직접 관련된 연구)을 살펴보면 다음의 <표 1>과 같다.[박노경(2012,pp.55-56)에서 인용하고 새로운 내용을 추가함].

가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정
및 추세분석에 관한 실증적 연구

<표 1> DEA방법을 이용한 항만 및 타분야 클러스터링과 관련된 대표적인 국내외
기존연구

학자/구분	투입요소	산출요소	연구대상 및 자료	방법론	연구결과
박노경 (2003)	안벽길이, 하역장비수, CY면적,	컨테이너 처리실적(TEU), 항만시설사용료	세계컨테이너항 만 20개	CCR, BCC, 컨텍스트의존 모형	기존의 측정모형에 의한 효율성 측정결 과와 약 55% 일치하 였음.
박노경 (2012)	선석길이(m),수 심(m), 총면적(평방미 터), 크레인수(개)	컨테이너화물처 리량(TEU)	아시아 38개컨테이너항 만의 10년간 자료	컨텍스트 의존 및 측정특유모형	컨텍스트의존모형과 측정특유모형에 의 한 클러스터링의 결 과가 동일하게 나타 남. 가장 효율적인 단계의 클러스터링 은 홍콩, 상하이, 싱가포르, 닝보, 광저우, 카오슝항 으로 나타남.
박노경 (2010)	종업원수(명), 부두길이(m), 부지면적(평방m), 갠트리크레인 대수(대)	년간 컨테이너 처리실적(TEU)	국내 8개 컨테이너항만의 3년간 자료, 24개	DEA방법 및 SOM신경망	DEA기법에 의한 참 조터미널들에 의한 클러스터링과 SOM 신경망에 의한 클러 스터링 사이에서는 약67% 수준에서 일 치
박노경 (2009c)	접안능력, 하역능력	수출입물량, 선박입출항척수	국내 20개항만	Tier분석	Tier별 벤치마킹항 만 마산항(장항, 제주, 서귀포, 여수), 진해 항(장항, 목포, 서귀 포, 완도), 포항&동 해항(장항, 삼천포, 평택, 삼척), 속초 항(장항, 목포, 서귀 포, 완도)
Ulucan and Atici(2010)	임원수, 계획된 수혜자수	가계수, 교육수혜, 건강수혜, 신청프로젝트, 승인프로젝트, 총예산	터어키의 931개 사회연대재단을 도시별로 81개의 그룹으로 하였음.	컨텍스트의존 형, 측정특유모형	컨텍스트의존, 측 정특유모형들은 목 표수준결정, 장단기 목표설정, DMU그룹 핑, DMU간의 내부경 쟁개선등을 보여줌.
Sharma and Yu (2009)	부두길이, 터미널면적, 부두크레인, 운송크레인,	화물처리량	70개의 터어키 컨테이너 터미널	DEA, 층화모형, Tier모형, SOM	4.75%에서 100%사 이의 효율성 수치는 갖는 13개의 터미널 들은 효율적이었음. 4.7

	스트레들 운송, 리치 스테커				5%이하의 효율성 수치를 갖는 터미널들은 100%까지 효율성을 증대시키지 못함을 밝혀냄.
Po, Guh, and Yang(2009)	A. 2개의 투입물 B. 2개의 투입물	A. 1개의 산출물 B. 1개의 산출물	A. 20 DMUs B. 15 DMUs	DEA클러스터링,, 거리에 근거한(distance-defined) 클러스터링	DEA에 근거한 클러스터링 접근방법이 투입물-산출물, 원인과 효과관계를 밝히는데 있어서 더 유용함을 보여줌.

2. 기존연구의 한계점

첫째, 앞에 제시한 항만클러스터링과 관련된 연구들은 박노경(2003), 박노경(2009c), 박노경(2010)을 제외하고 DEA기법을 사용하지 못했으며, 은행산업의 국제경쟁력을 가변그룹벤치마킹법으로 측정한 박노경(2009a)과 범주형 변수를 이용하여 컨테이너항만의 효율성을 측정한 박노경(2011)의 연구도 가변그룹벤치마킹법과 범주형 변수를 효율성 측정에만 이용함으로써 첫째, 특정국가의 항만들을 그룹으로 우선 벤치마킹대상으로 하는 경우의 개별 또는 국가별 항만클러스터링을 전혀 다루지 못했다. 둘째, 단 년도를 대상으로 항만클러스터링을 측정하는 방법만을 보여주는 수준을 뛰어 넘지 못하였으며, 셋째, 가변그룹벤치마킹모형에 범주형 변수모형을 접목시킨 방법을 전혀 도입하지도 못함으로써, 항만클러스터링을 정확하게 측정하기 위한 모형, 실증적 검증을 위한 대상기간, 투입-산출요소의 정확성 측면에서 한계를 보이고 있다.

둘째, 최근에 컨텍스트 의존모형과 측정특유모형을 도입한 박노경(2012)의 연구도 특정항만 그룹 및 국가를 벤치마킹하여 클러스터링 하는 방법은 보여 주지 못했다.

셋째, 특정벤치마킹항만이나 특정국가 또는 벤치마킹대상이 될 수 있는 우수한 항만들 그룹을 먼저 지정한 후에 클러스터링을 제시하는 방법을 항만산업의 클러스터링 분야에 적용한 연구는 국내에서는 전혀 시도된 적이 없다.

넷째, 가변그룹 벤치마킹 법에 범주형 변수모형을 접목시켜서, 항만클러스터링을 새롭고, 장기적으로 측정하고 심도 있게 그 추세를 비교분석한 연구는 국내와 국외에서 전혀 시도된 적이 없다.

III. 가변그룹벤치마킹 모형과 범주형변수모형을 이용한 아시아항만들에 대한 클러스터링 실증분석 및 해석

1. 가변그룹벤치마킹 모형과 범주형 변수모형의 장점과 단점

클러스터링과 관련된 모형들은 (1) 군집분석모형, (2) Po, Guh, and Yang(2009)모형[CCR 승수모형, 박노경(2009b),pp.111-113참조요망], (3) DEA Tier(또는 Stratification)모형, (3) 컨텍스트의존 및 측정특유모형, (4) 가변그룹벤치마킹모형 및 범주형변수 모형으로 나눌 수 있다. 이하에서는 본 연구에 이용된 (4)번 모형에 대한 장단점은 <표 2>에 제시하고자 한다.[기타 모형들에 대한 장단점은 박노경(2012, pp.57-58)을 참고요망].

<표 2> 가변그룹벤치마킹 모형과 범주형 변수모형의 장점과 단점

모형/구분	장점	단점
가변그룹벤치마킹 모형	<ul style="list-style-type: none"> * 사전적으로 선택된 벤치마킹 항만이 효율성 측정과정에서 계속하여 벤치마킹 항만으로서 역할을 수행함. *벤치마킹하의 개별 항만들이 벤치마킹 성과를 가장 높일 수 있도록 벤치마킹 프론티어 상의 투입-산출요소에 대한 적합한 비율을 선택할 수 있도록 해줌. * 특정한 DMU 한 개나 특정 그룹만을 사전에 벤치마킹대상으로 선정하여 효율성을 측정할 수 있음. * 자국의 항만이나 항만그룹들이 특정 국가의 항만그룹이나 항만에 비해서 상대적으로 어느 정도의 국제경쟁력이 있는지를 측정할 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> * 특정항만이나 특정항만그룹을 벤치마킹항만으로 선정하는 경우에 그러한 항만이나 그룹에 대해서 자국항만이 단계별로 투입요소 및 산출요소의 각각에 대해서 효율성을 개선시켜 갈수 있는 방법은 제시하지 못함.
범주형 변수모형	<ul style="list-style-type: none"> *투입요소와 산출요소 각각에 대해서 특정 항만 또는 항만그룹과 클러스터링을 하는 경우에 그러한 요소들을 개별적으로 반영할 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> *개별 투입요소와 산출요소에 각각 초점이 맞추어 지기 때문에 개별 DMU들의 전체적인 효율성에 관한 내용이 포함되지 못함.

2. 가변그룹벤치마킹모형에 대한 이론적 접근

가변그룹벤치마킹모형은 Cook, Seiford, and Zhu(2004, pp.315-317)가 제시하였다.[이하 2절의 내용은 박노경(2009a, pp.1518-1519)에서 인용함]. 여기서, 벤치마킹이란 동등한 단위들 사이의 성과비교를 위한 유효한 조치를 정의하는 하나의 과정이며, 벤치마킹 법을 이용하여 동등한 단위들의 상대적인 위치를 결정할 수 있으며, 궁극적으로는 “뛰어남의 기준”을 마련할 수 있다. 기존의 CCR이나 BCC측정기법은 동등한 단위들을 서로 상대적으로 비교할 수 있으나, 미리서 정한 특정그룹과 상대적으로 비교된 다른 동등한 단위들과의 효율성을 비교하는 데는 한계를 가지고 있다. 따라서 그러한 한계점을 극복하기 위해서는 다음과 같은 가변 벤치마킹모형이 필요하게 된다. 가변 벤치마킹모형의 장점[Cook, Seiford, and Zhu(2004, p.314)]은 첫째, 일단 효율적인 프런티어 상에 위치한 DMUs(벤치마킹 항만)들이 효율성 측정과정에서 계속하여 벤치마킹항만으로서의 역할을 수행한다.(수퍼 효율성 측정은 효율적인 벤치마킹 DMU가 순차적으로 제외된다는 점이 다름). 둘째, 벤치마킹하의 개별 DMU들이 벤치마킹 성과를 가장 높일 수 있도록 벤치마킹 프론티어 상의 투입-산출요소에 대한 적합한 비율을 선택할 수 있도록 해준다. 셋째, 원래의 DEA모형은 효율성 측정과정에서 새로운 뛰어난 DMUs가 출현하면 그에 따라서 새로운 프론티어가 형성되게 되는데, 본 가변 그룹벤치마킹 모형은 그렇지 않다.

E^* 가 DEA에 의해서 확인된 벤치마크 또는 최상의 효율성을 갖는다고 가정한다. 그런 경우에 다음 <식 1>과 같은 규모수확불변(CRS)하의 선형계획모형을 제안할 수 있다.

$$\begin{aligned} \min \quad & \delta \quad \text{CRS} \quad & & \text{<식 1>} \\ & \delta \quad & & \\ \text{s. t.} \quad & \sum_{j \in E^*} \lambda_j x_{ij} \leq \delta \quad \text{CRS} \quad x \quad \text{bench} \quad & & \\ & \sum_{j \in E^*} \lambda_j y_{rj} \geq y \quad \text{bench} \quad & & \\ & \lambda_j \geq 0, \quad j \in E^*, \quad & & \end{aligned}$$

단, n 개의 DMUs가 있으며, DMU는 본 논문에서는 국내는 국내은행들, 외국은 외국계은행의 국내지점을 의미한다.

개별 $DMU_j(j=1, 2, \dots, n)$ 는 산출물 $y_j (= y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})$ 의 벡터를 생산하기 위해서 투입물 $x_j (= x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ 의 벡터를 소비한다.

새로운 관측치(벤치마킹그룹)는 투입물 $x \quad \text{bench} \quad (i=1, \dots, m)$ 과 산출물 $y \quad \text{bench} \quad (r=1, \dots, s)$ 을 갖는 $DMU \quad \text{bench} \quad 0$ 에 의해서 표현된다. 위 첨자 CRS는 세트 E^* 내에서 벤치마크 DMUs로 구성된 벤치마크 프론티어가 규모수확불변(Constant Returns to Scale, CRS)임을 의미한다. 식 (1)은 산출물이 현재의 수준에서 고정되었을 때, 세트 E^*

내에서 벤치마크 DMUs에 관하여 DMU_0^{bench} 의 성과를 측정한다.

동일하게 투입물이 현재의 수준에서 고정되었을 때, 산출물측면에서 DMU_0^{bench} 의 성과를 측정하는 다음과 같은 <식 2>를 갖게 된다.

$$\max \quad \tau \quad CRS_0 \quad \text{<식 2>}$$

$$s. t. \quad \sum_{j \in E^*} \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}^{bench},$$

$$\sum_{j \in E^*} \lambda_j y_{rj} \geq \tau \quad CRS_0 \quad y_{r0}^{bench},$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j \in E^*,$$

명제 1: $\delta \quad CRS_0^* = 1/\tau \quad CRS_0^*$ 이다. 단, $\delta \quad CRS_0^*$ 는 <식 1>의 최적치이며, $\tau \quad CRS_0^*$ 는 <식 2>의 최적치이다. <식 1>과 <식 2>는 DMU_0^{bench} 에 대한 벤치마크를 낚는다. 벤치마크를 위한 i 번째 투입물과 r 번째 산출물은 다음 <식 3>과 같이 표현할 수 있다.

$$\sum_{j \in E^*} \lambda_j^* x_{ij} \quad (i\text{번째 투입물}) \quad \text{<식 3>}$$

$$\sum_{j \in E^*} \lambda_j^* y_{rj} \quad (r\text{번째 산출물})$$

또한 세트 E^* 와 관련된 DMUs가 미리서 정해진다고 할지라도 결과적으로 나타난 벤치마크는 평가받는 새로운 개별 DMU에 대해서 가변적일 수 있다. 왜냐하면, 평가받는 새로운 개별 DMU에 대해서, <식 3>은 세트 E^* 와 관련된 DMU들의 상이한 조합을 표현할 수 있다. 따라서 <식 1>과 <식 2>는 가변-벤치마크를 의미한다.

3. 범주형 변수모형에 대한 이론적 접근

Charnes, Cooper and Rhodes(1978)는 최적해가 Farrell(1957)의 기술적 효율성 측정치와 역의 관계를 갖는 <식 4>와 같은 DEA모형을 제시하였다.[이하 제3절의 내용은 박노경(2011), pp.150-154의 내용을 인용함].

여기서, λ_j 는 참조집합들의 선형결합비율을 나타내는 밀도변수(intensity variables)이고, θ 는 의사결정단위 j_0 의 효율성을 나타낸다. 그리고 s_j^- 는 투입물의 여유변수(slack

variables), s_r^+ 는 산출물의 여유변수, ϵ 은 일반적으로 10^{-6} 의 작은 값을 갖는 비아르키메디안(non-archimedean) 상수를 의미한다. 만일 평가대상 의사결정단위 j_0 가 효율적이라면 모든 여유변수의 값들은 0이 되며, 따라서 θ 의 값은 1이 된다. 또한 이 식에서 첫 번째 제약조건은 평가받는 의사결정단위의 효율적 경계상의 추정점이 실제 이용된 투입물의 크기보다 작거나 같아야 하고, 두 번째 제약조건은 평가받는 의사결정단위의 산출물 크기가 효율적 경계상의 추정점보다 클 수 없다는 점을 의미한다.

$$\text{Min } \theta - \epsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ - \epsilon \sum_{i=1}^m s_i^- \quad \text{<식 4>}$$

s.t.

$$x_{i_0} \theta - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r_0} - s_r^+ = 0, \quad r = 1, 2, \dots, s,$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad \forall j, r, i.$$

통제 불가능한 범주형 변수를 포함한 모형의 설계에 앞서 전체 투입물 m 개 중에서 m' 개의 투입물은 통제 가능한 재량적 요소이고 $(m - m')$ 개의 투입물은 통제 불가능한 요소라고 하자. 특정의 의사결정단위가 선택된 경우 이 단위가 사용하는 고정 투입량과 같거나 그 이하의 고정 투입물 만을 사용하는 단위와 비교 집단을 구성하는 것이 합리적이므로 <식 4>는 다음과 같이 변형되어야 한다.[이하의 내용은 오동일(2000), pp. 139-141. <식 4>와 <식 5>는 p.140, p.141에서 인용함. 수식에 대한 자세한 설명은 오동일(2000), pp.136-141을 참조요망].

$$h(x, y) = \min \theta_0 - \epsilon \left[\sum_{i=1}^{m'} s_i + \sum_{r=1}^r s_r \right] \quad \text{<식 5>}$$

$$\text{s.t. } \theta x_{i_0} - \sum_j \lambda_j x_{ij} - s_i = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m')$$

$$x_{i_0} - \sum_j \lambda_j x_{ij} - s_i = 0 \quad (i = m' + 1, m' + 2, \dots, m)$$

$$y_{r_0} = \sum_j \lambda_j y_{rj} - s_r \quad (r = 1, 2, \dots, s)$$

$$\sum_j \lambda_j = 1$$

$$(i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n, \lambda_j \geq 0, s_r \geq 0, s_i \geq 0)$$

위 식의 목적함수를 극소화하기 위해서는 우선 첫 번째 제약함수 식의 재량적 투입물을 효율적인 수준까지 감소시킨 후에 두 번째 제약식의 비 재량적 고정 투입물을 감소시키는 2 단계의 최적화 과정을 거친다.

이제 비 재량적 고정 투입물이 통제 불가능한 범주형 변수라고 하자. 이때 모든 의사결정단위의 블록 결합에 의해서 특정 단위의 상대적 성과를 평가할 수 있는 점으로 사용될 수 있다는 점을 가정하고 있지만 범주형 변수의 경우에는 선형결합은 더 이상 범주형의 변수가 되는 것이 아니고 현실적인 설명력도 전혀 없다. 또한 생산가능곡면의 생산함수가 각 부분마다 선형인 생산가능함수를 암시하는데 범주형 변수가 존재하는 경우에는 이것도 성립하지 않는다. 따라서 생산가능 집합에 변화를 주어야만 하고, 투입요소나 산출요소를 세 개의 범주로 나누는 범주형 변수에 새롭게 값을 부여해야만 하고 수식에서도 변화를 주어야만 한다.

따라서 통제 불가능한 범주형 변수를 포함하는 투입-산출요소가 있는 경우의 DEA 모형식은 다음 <식 6>과 같이 나타낼 수 있다.

$$h(x, y) = \min \theta_0 - \epsilon \left[\sum_{i=0}^{m'} s_i + \sum_{r=0}^r s_r \right] \quad \text{<식 6>}$$

$$s.t. \theta x_{i0} - \sum_j \lambda_j x_{ij} - s_i = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m')$$

$$y_{r0} = \sum_j \lambda_j y_{rj} - s_r \quad (r = 1, 2, \dots, s)$$

$$\sum_j \lambda_j = 1$$

$$\sum_{i=0}^n \lambda_j d_{m,j}^{(\phi)} \leq d_{m,j}^{(\phi)} \quad \phi = 1, 2, \dots, k$$

$$(i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, j_0 \dots n, \lambda_j \geq 0, s_r \geq 0, s_j \geq 0)$$

4. 설문조사를 통한 가변그룹벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 실증분석을 위한 모형개발

(1) 설문조사를 통한 가변그룹벤치마킹모형 및 범주형 변수모형에 대한 실증분석을 위한 모형개발

1) 설문조사의 방법, 기간 및 설문조사 결과

<표 3>과 관련된 설문지는 2012년 6월 1일부터 2012년 7월 27일 사이에 지방해양항만청 담당자들에게는 전화를 이용한 직접 면담방법을 이용하였으며, 항만관련 전문가 및 교수에게서는 e-mail을 통해서 수집되었다.

대상은 항만분야 전공교수 11명, 항만분야전문가 1명, 각 지방해양수산청 12명으로 총24명에게 설문지를 발송하였으나 21명에게서 회답을 받았다. 회수율은 약 87%였다[교수 8명, 항만분야 전문가 1명, 각 지방해양수산청 담당자 12명]. 박노경(2012)에서 주로 지방해운항만청의 담당자들이 바쁜 공무 때문에 회수율은 매우 저조하였기 때문에 직접 전화면접방법을 택하였다. 다음과 같은 설문지의 내용에 대한 의견이 제기되었다. 첫째, 투입-산출요소에 대해서는 선박톤수 추가, 컨트리 크레인 수 대신에 하버크레인 수 도입, 선석수와 컨테이너화물처리량이 가장 중요함. 화물회전율이 가장 중요함. 배후지 면적, 연결도로망도 포함시켜야 함. 근로자의 전문성이 중요함. 투입요소에 하역능력을 추가해야만 함. 둘째, 국토해양부의 정책적인 지원요청사항에 대한 질문의 답은 다음과 같다. ① 항만공사는 민자 사업을 못하도록 되어 있는데 풀어야만 한다. ② 적기에 예산투입을 통한 시설유지 및 보완 확충이 필요함. ③ 국제여객선 터미널 시설을 간조 시에도 하역할 수 있도록 시설확충이 필요함. ④ 경쟁항로 간에는 정부의 조정이 필요함. ⑤ 화물 창출을 위한 공장배후단지 조성이 필요함. ⑥ 배후단지에 기업유치, 항로수심유지가 필요함. ⑦ 장기적인 관점에서 배후단지 조성을 위한 계획이 수립되고 투자가 지속적으로 필요함. ⑧ 신항로개설 및 국제적인 협력에 대한 지원이 필요함. ⑨ 항만시설, 부두건설에 정부의 예산확대지원이 필요함.

위와 같은 지적에도 불구하고 본 논문에서 국내외에서 수집할 수 있는 공식적인 통계자료가 Containerization International Yearbook 밖에는 없어서 <표 3>과 같은 투입-산출요소에 대한 만족도 결과에 의거하여 1개의 산출물(컨테이너화물처리량)과 4개의 투입물(선석 수, 수심, 총면적, 크레인 수)을 이용한 <표 4>와 같은 모형으로 결정하였다. 클러스터링 해야만 한다고 생각되는 선호국가와 선호항만은 중국과 상해항이 압도적이었으며, 청도항이 다음을 차지하였다. 일본과 오사카항, 하카다항이 그 뒤를 이었다.

가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정 및 추세분석에 관한 실증적 연구

<표 3> 아시아항만의 클러스터링을 분석하기 위한 모형개발(투입-산출요소)에 대한 전문가 만족도 및 클러스터링 선호국가, 항만 조사 결과

만족도 /응답자	투입-산출요소에 대한 만족도 조사결과								클러스터링 선호국가 및 항만
	0-29 %	30-39 %	40-49%	50-59%	60-69%	70-79%	80-89%	90-100%	
1							0		중국 상해항
2					0				중국 상해항
3							0		일본 오사카항
4					0				중국 상해항
5							0		사우디아라비아
6					0				중국 용안항
7							0		중국 청도항
8								0	중국 상해항
9						0			중국 상해항
10						0			중동국가
11							0		중국 대련항
12				0					러시아 블라디보스톡
13			0						중국
14						0			중국 상해항
15						0			중국 상해항
16							0		중국
17			0						일본
18							0		중국
19						0			중국 청도항
20					0				중국 양산항, 일본 하카다 항
21				0					중국 청도
합계			2	2	4	5	7	1	21

2) 설문조사결과에 의한 가변그룹벤치마킹모형 및 범주형 변수모형 개발

<표 3>의 결과에 의해서 <표 4>와 같은 아시아 항만들의 클러스터링을 측정 할 수 있는 새로운 모형을 개발하였다. 그러나 본 연구에서 사용한 모형을 가지고 단순히 항만 간 클러스터링을 한다고 항만간의 효율성이 크게 증대될 수는 없다. 왜냐하면, 개별 항만들은 선사유치를 위해 경쟁관계에 있으므로, 단순히 투입산출요소를 가지고 이들 항만들을 하나로 묶는 것이 항만효율성과 물동량 창출에 큰 도움이 되지 않는 것이기 때문이다.

<표 4> 아시아 항만들의 클러스터링 측정을 위해 개발된 모형

모형	대상기간	산출요소	투입요소	대상항만 수
가변그룹벤치마킹 모형 및 범주형변수모형	2001~2009	컨테이너화물처리량 (TEU)	선석길이(m)	342개
			수심(m)	
			총면적(평방미터)	
			크레인수(개)	

4. 아시아 항만들의 클러스터링 측정 및 추세분석을 위한 실증적 적용

(1) 분석대상의 모형, 대상기간, 투입-산출요소 및 단위, 대상항만 수, 실증분석방법

분석모형, 대상기간, 투입-산출요소, 대상항만 수는 <표 4>와 같다.[이하 본 논문의 제4절 제1항 및 제2항의 내용은 박노경(2012),pp.65-66에서 인용함]. 대상은 아시아 38개 항만(2001년-2009년)을 대상(총 342개항만)으로 하였다.[본 실증분석 자료는 박노경(2012)의 분석에서 이용된 동일한 자료임]. 각 변수의 단위는 다음과 같다. 투입요소는 선석길이(m), 수심(m), 총면적(평방미터), 크레인 수(개)로 하였으며, 산출요소는 컨테이너화물처리량(TEU)이다. 또한 자료의 통일성을 기하기 위해서 광저우항, 닝보항에 대한 2001년, 2002년 시설자료는 2003년도의 비율을 감안하여 수치를 부여하였다. 그리고 Containerization International Yearbook에 누락되어 있는 투입 및 산출요소들에 대한 수치들도 동일한 방법으로 수치를 부여하였다. 또한 9년간의 자료를 수집하고 정리하는 과정에서 약간의 오류가 발생할 수도 있었음을 밝혀둔다. 실증분석은 첫째, 2009년도의 중국대륙에 위치한 4개항만을 벤치마킹하는 경우의 가변그룹벤치마킹 측정방법과 또한 상해항 한 곳만을 벤치마킹하는 경우의 클러스터링 측정방법을 보여 준다. 둘째, 컨테이너화물처리량에 의한 범주형 변수모형을 이용하여 클러스터링하는 측정방법을 보여 준다. 셋째, 전체년도를 대상으로 하여, 가변그룹벤치마킹모형과 범주형 변수모형을 각각 이용하여 효율적인 항만을 중심으로, 클러스터링 추세분석을 제시하고자 한다. 넷째, 국내항만들이 중국, 일본, 싱가포르, 동남아시아, 중동항만들을 벤치마킹하는 경우의 효율성 측정과 각각의 그룹 내에서 가장 대표되는 항만들을 벤치마킹하는 경우의 클러스터링을 측정한다. 각 국가별 항만들의 항만번호 및 명칭은 다음 <표 5>와 같다.

<표 5> 실증분석에 사용된 국가별 항만

번호	국가	항만 명	번호	국가	항만 명
1	이란	Shahid Rajaee	22		Nagoya
2	이스라엘	Haifa	23		Osaka
3	요르단	Aqaba	24	한국	Busan

**가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정
및 추세분석에 관한 실증적 연구**

4	레바논	Beirut	25		Incheon
5	오만	Port Sultan Qaboos	26		Gwangyang
6	사우디아라비아	Jeddah	27	말레이시아	Port Klang
7	사우디아라비아	Dammam	28		Tanjung Pelepas
8	아랍에미리트	Dubai	29	파키스탄	Karachi
9	아랍에미리트	Khor Fakkan	30		Port Mohammad Byin Oasim
10	에멘	Aden	31	필리핀	Manila
11	중국	Hongkong	32		Davao
12		Shanghai	33	싱가포르	Singapore
13		Guangzhou	34	스리랑카	Colombo
14		Ningbo	35	대만	Keelung
15		Qingdao	36		Kaosiung
16	인도	Chennai	37	타일랜드	Leam Chanbang
17	인도네시아	Tanjung Priok	38		Bangkok
18		Janjung Perak			
19	일본	Tokyo			
20		Yokohama			
21		Kobe			

(3) 가변그룹벤치마킹 모형에 의한 항만의 클러스터링 측정

1) 가변그룹벤치마킹모형(규모수확불변 및 가변, 투입지향모형)에 의한 클러스터링에 관한 실증분석 결과

본 논문에서는 지역별로 각각의 항만그룹들을 벤치마킹하는 경우의 측정결과에 대해서 개별적으로 보여주는 것이 원칙이지만, 그렇게 되는 경우에 많은 지면이 필요하기 때문에, 여기에서는 첫째, 홍콩을 제외한 4개의 중국항만을 벤치마킹그룹으로 하는 경우의 측정결과를 보여주는 것으로 한정한다. 둘째, 또한 설문조사에서 가장 많은 전문가들이 제시한 상해항만을 벤치마킹 하는 경우의 측정결과를 보여주는 것으로 한정한다. 왜냐하면 특정항만이나, 국가들을 벤치마킹하는 측정은 본 분석을 이용하면 쉽게 될 수 있기 때문이다.

<표 6>에는 규모수확불변 및 가변하 투입지향모형에 의한 중국의 4개항만(홍콩을 제외한 상하이, 광저우, 닝보, 칭타오)을 그룹벤치마킹항만으로 하여 측정한 분석결과를 제시하였다. 여기서 홍콩을 제외한 이유는 순수하게 대륙에 위치한 중국의 항만들의 경쟁력을 측정하고 싶었기 때문이며, 동일한 방법을 이용하면 쉽게 홍콩을 포함한 경우도 측정할 수 있기 때문이다. 본 항에서는 첫째, 중국의 4개항만을 그룹으로 벤치마킹하는 경우의 벤치마크효율성을 측정하는 방법, 둘째, 벤치마크항만과 점수에 따른 클러스터링을 측정하는 방법을 보여 주고자 한다. 즉, <표 6>에서 벤치마크 항만에 대한 점

수가 부여된 곳이 우선적으로 클러스터링을 해야만 하고, 또한 벤치마크 점수가 높은 곳이 우선적으로 클러스터링을 해야만 하는 항만이라고 할 수 있다. 예를 들면, 24번 부산항의 경우에는 투입지향 규모수확불변하의 모형에서는 12번 상해항, 14번 Ningbo항과 클러스터링을 해야만 하며, 그 중에서도 벤치마크 점수가 높은 상해항과 우선적으로 클러스터링을 해야만 한다. 또한 투입지향 규모수확가변 하에서는 12번 상해항, 13번 광주항과 클러스터링을 해야만 하며, 그 중에서도 벤치마크 점수가 높은 광주항과 우선적으로 클러스터링을 해야만 한다. 셋째, 상해항 한 곳만을 벤치마킹하는 경우의 예를 살펴보면, 한국의 항만들은 벤치마크점수가 높은 순서로 25번항 인천항(1.08177), 24번항 부산항(0.95791), 26번항 광양항(0.58447)의 우선 순서로 상해항과 클러스터링을 해야만 하는 것으로 나타났다.

<표 6> 가변그룹벤치마킹모형[규모수확불변 및 규모수확가변하의 투입지향모형]의 벤치마크항만 및 점수들에 의한 클러스터링 측정결과 및 상해항만만을 벤치마크항만으로 선정한 경우의 측정결과(2009년 자료 이용)

항만/구분	투입지향 규모수확 불변하의 벤치마크 점수	벤치마크 항만 및 점수	벤치마크 항만 및 점수	벤치마크 항만 및 점수	투입지향 규모수확 가변하의 벤치마크 점수	벤치마크 항만 및 점수	벤치마크 항만 및 점수	상해항만 한 곳을 벤치마킹항만으로 선정한 경우(투입지향규모 수확불변하의 벤치마크점수 및 상해항에 대한 벤치마크 점수)
1	0.32047	14, 0.210			1.52544	14, 1.0		0.55403, 0.088
2	0.16433	14, 0.109			1.51400	14, 1.0		0.78151, 0.046
3	0.41502	14, 0.064			6.46207	14, 1.0		1.01620, 0.027
4	0.09915	12, 0.004	14, 0.086		1.09678	13, 0.127	14, 0.873	0.23599, 0.040
5	0.11869	14, 0.026			4.48325	14, 1.0		0.20278, 0.011
6	0.41163	14, 0.294			1.39851	14, 1.0		0.73535, 0.124
7	0.30417	14, 0.117			2.60278	14, 1.0		0.84142, 0.049
8	1.03541	12, 0.010	14, 1.036		1.08521	12, 0.043	14, 0.957	3.79003, 0.445
9	0.67223	14, 0.262			2.56712	14, 1.0		2.09490, 0.110
10	0.09178	14, 0.036			2.52051	14, 1.0		0.31212, 0.015
11	1.36330	12, 0.469	14, 0.888		1.87145	12, 0.727	14, 0.273	2.09738, 0.842
12								
13								2.66183, 0.448
14								4.75562, 0.420
15								2.65859, 0.410
16	0.92656	14, 0.116			8.0000	14, 1.0		2.74893, 0.049
17	0.42527	12, 0.006	14, 0.347		1.19960	13, 0.055	14, 0.945	0.81784, 0.152
18	0.29371	14, 0.186			1.58143	14, 1.0		0.60782, 0.078

가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정
및 추세분석에 관한 실증적 연구

19	0.32315	12, 0.032	14, 0.287		0.97951	13, 0.378	14, 0.622	0.85849, 0.152
20	0.24010	12, 0.011	13, 0.117	14, 0.117	0.96852	13, 0.638	14, 0.362	0.57482, 0.112
21	0.20851	12, 0.004	14, 0.204		0.99579	13, 0.058	14, 0.942	0.56385, 0.090
22	0.20358	12, 0.001	14, 0.198		1.02034	13, 0.022	14, 0.978	0.53171, 0.085
23	0.18259	12, 0.008	13, 0.021	14, 0.134	1.10253	13, 0.320	14, 0.680	0.50549, 0.074
24	0.75312	12, 0.349	14, 0.308		1.07613	12, 0.325	13, 0.675	0.95791, 0.478
25	0.26710	14, 0.150			1.77778	14, 1.0		1.08177, 0.063
26	0.19700	14, 0.172			1.14286	14, 1.0		0.58447, 0.072
27	0.57786	12, 0.070	14, 0.528		0.92650	13, 0.439	14, 0.561	1.44304, 0.292
28	0.99127	14, 0.571			1.73519	14, 1.0		1.71383, 0.240
29	0.38868	14, 0.124			3.12333	14, 1.0		1.04185, 0.052
30	0.44670	14, 0.072			6.24667	14, 1.0		1.07265, 0.030
31	0.35247	12, 0.045	13, 0.044	14, 0.114	1.61122	12, 0.001	13, 0.999	0.57831, 0.113
32	0.14486	14, 0.032			4.51940	14, 1.0		0.68890, 0.013
33	1.19309	12, 0.782	14, 0.601		infeasible			1.47769, 1.035
34	0.54637	14, 0.330			1.65646	14, 1.0		2.59834, 0.139
35	0.24037	14, 0.150			1.60000	14, 1.0		1.09257, 0.063
36	0.80793	12, 0.002	13, 0.274	14, 0.521	1.01325	13, 0.352	14, 0.648	2.28143, 0.343
37	0.29267	12, 0.058	13, 0.241	14, 0.038	0.85584	12, 0.125	13, 0.875	0.51273, 0.181
38	0.20685	14, 0.116			1.77778	14, 1.0		0.61369, 0.049

(3) 범주형 변수모형을 이용한 항만의 클러스터링 측정

<표 7> 범주형 변수모형[규모수확불변하의 투입지향모형]에 의한 참조항만들에 의한 클러스터링(2009년도 자료 이용)

항만/구분	범주	효율성 수치	순위	참조항만 및 효율성 수치	참조항만 및 효율성 수치	참조항만 및 효율성 수치	참조항만 및 효율성 수치	비고
1	3	0.31673	23	8, 0.0687	14, 0.13731			
2	2	0.16433	34	14, 0.10854				
3	3	0.41357	17	8, 0.00626	14, 0.0576			
4	3	0.09720	37	8, 0.0512	12, 0.00323	14, 0.0328		
5	3	0.11631	36	8, 0.0149	14, 0.0107			
6	2	0.40719	18	8, 0.0889	14, 0.20018			
7	3	0.29480	25	8, 0.10092	14, 0.00998			
8	1	1	1					
9	2	0.65870	11	8, 0.014777	14, 0.10535			
10	3	0.09022	38	8, 0.0173	14, 0.0181			
11	1	1	1					
12	1	1	1					
13	2	1	1					

14	2	1	1					
15	1	0.89593	10	8, 0.60947	11, 0.0962	36, 0.16970		
16	3	0.92656	9	14, 0.11582				
17	1	0.53298	15	8, 0.0660	14, 0.11579			
18	2	0.28998	26	8, 0.0776	11, 0.06257	28, 0.17648	36, 0.06671	
19	1	0.39420	19	11, 0.0381	28, 0.15025	36, 0.12747		
20	1	0.32905	22	8, 0.0367	11, 0.0203	28, 0.16589	36, 0.0484	
21	1	0.27432	27	8, 0.18993				
22	2	0.19664	32	11, 0.01451	13, 0.0320	14, 0.11234		
23	2	0.17698	33	11, 0.40475	12, 0.13754			
24	1	0.62141	12	14, 0.15025				
25	3	0.26710	28	14, 0.17237				
26	2	0.19700	31	8, 0.19359	11, 0.13433	28, 0.13113	36, 0.17983	
27	1	0.61603	13	28, 1				
28	1	1	1	8, 0.0755	14, 0.0444			
29	3	0.38026	20	8, 0.0434	14, 0.0255			
30	3	0.43703	16	11, 0.0877	36, 0.11307			
31	1	0.35040	21	11, 0.0877	36, 0.11307			
32	3	0.14487	35	14, 0.0321				
33	1	0.99431	8	11, 0.76863	12, 0.38775			
34	2	0.54637	14	14, 0.32985				
35	2	0.24037	29	14, 0.15023				
36	1	1	1					
37	1	0.30770	24	11, 0.13645	36, 0.19424			
38	2	0.20685	30	14, 0.11635				

<표 7>은 컨테이너화물처리량의 규모에 따라서 3개의 범주로 구분한 후의 범주형 효율성을 측정된 결과를 보여 주고 있다. 즉, 2001년도를 기준으로 하여 범주 1(2010343-17900000 TEU), 범주 2(840318-1872272TEU), 범주 3(143933-715892 TEU 이상)로 구분하였으며, 개별 항만에 대한 범주는 두 번째 칼럼에 제시하였다. 특징적인 결과는 범주 1에 속한 항만들이 비교적 효율적으로 나타났는데, 그 이유는 산출물인 컨테이너화물처리량이 상대적으로 효율성 측정에서 큰 역할을 했기 때문인 것으로 추정된다. 또한, 투입요소 별로 범주를 정하여 클러스터링을 측정하는 것은 큰 의미가 없을 것으로 판단되어 본 실증분석에서는 제외하였다. 단, 투입요소별로 범주를 정하지 않고 2009년도 자료를 이용한 투입요소 각각에 대하여 독립적으로 살펴본(측정특유기법) 클러스터링 측정결과(表로 제시하지 않았음)를 요약해 보면 다음과 같다. 즉, 첫째, 선석 길이 측면에서는 두바이항(34개 항만의 벤치마크항만),닝보항만(5개항; 아카바, 칭타오, 첸나이, 탄중펠파스, 카오슝), 상하이항만(2개 항; 부산항, 싱가포르항), 홍콩항만(1개항만; 싱가포르항), 둘째, 수심 측면에서는 상하이항(29개 항만의 벤치마크항만), 홍콩항(11개 항만), 닝보항(3개항), 두바이항(3개항), 광저우항(2개항), 셋째, 총면적 측면에서

**가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정
및 추세분석에 관한 실증적 연구**

는 닝보항(32개 항), 홍콩(4개항), 상해항(2개항), 넷째, 크레인 대수 측면에서는 닝보항(31개 항), 광저우(2개항), 홍콩항(2개항), 상해항(1개항)으로 클러스터링 할 수 있는 것으로 나타났다. 그만큼 투입요소의 비중이 유사하다는 것을 의미한다고 할 수 있다.

요컨대, 두바이항(선석길이), 상해항(수심), 닝보항(총면적, 크레인대수)이 투입요소 측면에서 아시아 지역의 다른 항만들의 벤치마킹이 대상으로서 클러스터링을 할 수 있다고 판단된다.

<표 8> 가변그룹벤치마킹모형[규모수확불변하의 투입지향모형]에 의한 중국항만을 벤치마킹하는 경우의 클러스터링 추세분석(벤치마크점수의 크기에 따른 우선 순위 순서에 의함)

항만/ 구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	12,15	12,15	12	13,14	14	12	14	14	14
2	13	12	12	13	15,14,12	12	14	14	14
3	12,15	12,15	12	13,12	14,12	12	14	14	14
4	13	12	12	15,13,12	15,12,14	12	12,14	14,12	14,12
5	13,12	12	12	13,14	14,12,15	12	14	14	14
6	12,15	12,15	12	12	14,12	12	14,12	14,13,12	14
7	12,15	12,15	12	13,12	15,12	12	14	14	14
8	12	12	12	14,12	15,12	12	14,12	14,12	14,12
9	13,12	12	12	13,12	14,15	12	14	14	14
10	13,12	12,15	12	13,12	14,15	12	14	14	14
11	12	12	12	15,12	12,15	12	14,12	14,12	14,12
12									
13									
14									
15									
16	12,13	12	12	14	14	12	14	14	14
17	12	12	12	12,13	14,12	12	14,12	14,13,12	14,12
18	12	12	12	14	14	12	14,12	14,12,13	14
19	12,13	12	12	13,15,12	14,12,15	12	14,12	14,12	14,12
20	12	12	12	13,12,15	14,12	12	14,12	13,14,12	14,13,12
21	12	12	12	13,15,12	14,12,15	12	14,12	14,12	14,12
22	12	12	12	13,15,12	14,12,15	12	14,12	14,12	14,12
23	12,13	12	12	13,12,15	14,12	12	14,12	14,13,12	14,12,13
24	12	12	12	15,12	12,14	12	14,12	12,14	12,14
25	12,13	12	12	13,14,12	14	12	14	14	14
26	12,15	12,15	12	14,12	14	12	14	14	14
27	12	12	12	15,13,12	15,12	12	14,12	14,12	14,12
28	12,15	12,15	12	13,12	14	12	14,12	14	14
29	12,13	12	12	13,12	14,15	12	14	14	14

30	12,15	12,15	12	13,12	15,12	12	14	14	14
31	12	12	12	12,15,13	14,12	12	1412	14,12	14,13,12
32	13	12,15	12	13,12	12,15	12	14	14	14
33	12	12,	12	12,13,15	12,15	12	1412	14,12	12,14
34	13,12	12	12	15,13,12	15,12	12	14	14	14
35	12,13	12	12	14	14	12	14	14	14
36	12	12	12	15,13,12	14,12	12	1412	14,13,12	14,13,12
37	13,12	12	12	12,14	12,15,14	12	1412	14,12	13,12,14
38	12,13	12	12	13,14,12	14	12	1412	14	14

<표 8>에서는 가변그룹벤치마킹모형[규모수확불변하의 투입지향모형]에 의한 중국항만을 벤치마킹하는 경우의 클러스터링 추세분석을 측정한 결과이다. 첫째, 상해항이 모든 기간에 걸쳐서 클러스터링의 중심에 있는 것으로 나타났다. 둘째, 2002년, 2004년, 2005년까지는 청도항이 중심역할을 하였다. 셋째, 2005년 이후부터는 닝보항의 클러스터링 역할이 커진 것으로 나타났다.

<표 9>에는 컨테이너화물처리량을 중심으로 한 범주형 변수모형[규모수확불변하의 투입지향모형]에 의한 클러스터링 추세분석 결과를 제시하였다. 주목할 점은 첫째, <표 8>의 내용과 유사한 결과를 보였다. 둘째, 중국이외의 항에서는 싱가포르항,基隆항, 두바이항, 카오슝항이 클러스터링의 중심항만들로 나타났다. 셋째, 그러나, 일반적인 CCR 모형의 측정결과와 컨테이너화물처리량을 범주로 하는 경우의 효율성 측정결과가 동일하게 나타났다. 그 이유는 산출변수로서의 컨테이너화물처리량의 역할이 크기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 <표 10>에서와 같이 항만들을 지역별, 국가별로 나누어서 측정함으로써, 일반적인 CCR모형과 범주형 변수모형의 측정결과가 다르다고 하는 점을 보여주었다.

<표 9> 컨테이너화물처리량을 중심으로한 범주형 변수모형[규모수확불변하의 투입지향모형]에 의한 클러스터링 추세분석

항만/ 구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	15,12,11	12,15	12	13,8	18,36,33	12	14	14	14,8
2	37	12	12	13	15,35,11	12	14	14	14
3	11,15,12	12,15	12	11,33	33,18	12	14	14	14,8
4	37	12	12,11,33	11,33	11,15,33	12	14,12,11,33	14,11,12,33	8,14,12
5	5	12	12	13,18,35	33,35,11	12	14	14	8,14
6	15,11,12	12,15,33	12	11,33	18,33	12	14,12,11	14,12,11	8,14
7	15,11	12,15	12	13,33	15,33	12	14	14	8,14
8	12,33	12,33	12,11	8	15,33,11	12	15,33	8	8
9	37,11	12	12	13,11,33	11,15,35	12	14	14	8,14

가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정
및 추세분석에 관한 실증적 연구

10	11,12,37	12,15	12	13,33	15,11,35	12	14	14	14,8
11	11	12,33	11	11	11	12	11	11	11
12	12	12	12	11,8	33	12	12	12	12
13	37,11	12	12	13	18,33	12	14,11	14,11,12	13
14	14	12	12	13,8	11,35,33	12	14	14	14
15	15	15	12,11	15	15	12	15	15	8,36,11
16	12,37	12	12	13,18,35	35,18,33	12	16	14	14
17	17	12	12,11	11,8	33,36	12	36,28,12	28,36,12	28,36,11
18	17,12	12	12	18	18	12	14,11,12,33	14,11,12	14,8
19	37,11,12	12	12	11,8	36,11	12	36,28,33	36,8,28,12	28,5,6,11,8
20	12,11,33	33,12	12,11	11,8	36,33	12	36,28,12	36,28,12	28,36,11
21	33,11,12	12,33	12,11,33	11,8	36,33,11	12	28,36,33	28,36,8,12	28,36,8,11
22	12,11,37	12,33	12,11	13,11,8	35,11,33	12	14,33,11	14,33,12	8
23	37,11	12	12,11	35,11,8,13	35,33,36,11	12	14,11,12	14,11,12	14,13,11
24	11,15,12	12,33	11	11	33,36	12	36,12,11,33	12,36,11,33	11,12
25	12,11,37	12	12	13,35,8,11	36,33,11	12	14	14	14
26	12,15,11	12,15	12	13,35,8,11	18,36,33,35	12	14	14	14
27	11,37	12,33	12,11	11,15	11,15	12	36,33,58	36,8,12,33	36,28,8,11
28	15,12,11	12,15,33	12	11,8	36,33	12	28		28
29	11,37,12	12	12	13,11,33	15,35,11	12	14	14	8,14
30	11,12,15	12,15	12	13,11,33	15,33	12	14	14	8,14
31	33,11,12	12,33	11,12	11,8	36,33	12	36,28,33,12	36,8,12,33	36,11
32	37	12,15	12	13,33	36,33	12	14	14	14
33	33	33	33	33	33	12	33	33	11,12
34	37,12,11	12	12	15,13,11	15,35,11	12	14	14	14
35	12,37	12	12	35	35	12	14	14	14
36	12,33	12,33	12,11	11,8	36	12	36	36	36
37	37	12	12	11,8	33,36	12	36,12,33,11	36,12,33,11	36,11
38	12,37	12	11,12	35,8,11	36,18	12	14,11	14	14

<표 10> 일반적인 CCR모형과 지역별 항만의 위치를 중심으로한 범주형
변수모형[규모수확불변하의 투입지향모형]에 의한 참조항만들에 의한
클러스터링(2009년도 자료 이용) 측정결과

항만/ 구분	범주	일반 CCR 효율성 수치	순위	범주형 변수모형 효율성 수치	순위	범주형 모형 참조항만 및 효율성 수치	범주형 모형 참조항만 및 효율성 수치	범주형 모형 참조항만 및 효율성 수치	범주형 모형참조항 만 및 효율성 수치
1	1	0.31673	20	0.56018	15	3, 0.35314	8, 0.17694		
2	1	0.16433	34	0.27470	25	3, 0.07800	8, 0.09277		
3	1	0.41357	17	1	1	3, 1			
4	1	0.09720	37	0.12660	38	3, 0.02370	8, 0.08800		
5	1	0.11631	36	0.15813	35	3, 0.10455	8, 0.01870		

6	1	0.40719	18	0.74363	13	3, 0.47104	8, 0.24933		
7	1	0.29480	23	0.31223	22	3, 0.07590	8, 0.10574		
8	1	1	1	1	1				
9	1	0.65870	11	0.89831	10	3, 0.35423	8, 0.22576		
10	1	0.09020	38	0.13452	37	3, 0.04990	8, 0.03140		
11	1	1	1	1	1				
12	2	1	1	1	1				
13	2	1	1	1	1				
14	2	1	1	1	1				
15	2	0.81672	9	0.81672	11	11, 0.17735	14, 0.62161		
16	3	0.92666	8	0.92656	9	14, 0.11582			
17	3	0.42196	16	0.42196	19	8, 0.07780	12, 0.00564	14, 0.26597	
18	3	0.28998	24	0.28998	24	8, 0.06600	14, 0.11580		
19	4	0.31143	22	0.31143	23	8, 0.04200	11, 0.02440	12, 0.0212	14, 0.21895
20	4	0.23824	28	0.23824	29	11, 0.00556	12, 0.00740	13, 0.12068	14, 0.10907
21	4	0.20697	29	0.20697	30	8, 0.04360	12, 0.00357	14, 0.15930	
22	4	0.19664	32	0.19664	33	8, 0.18993			
23	4	0.17698	33	0.17698	34	11, 0.01451	13, 0.00320	14, 0.11234	
24	4	0.62141	12	0.62141	14	11, 0.40475	12, 0.13754		
25	4	0.26710	26	0.26710	27	14, 0.15025			
26	4	0.19700	31	0.19700	32	14, 0.17238			
27	3	0.51503	14	0.51503	17	8, 0.09740	11, 0.14110	12, 0.01130	14, 0.28335
28	3	0.97768	7	0.97767	8	8, 0.21965	14, 0.33863		
29	3	0.38026	19	0.38026	20	8, 0.07550	14, 0.0444		
30	3	0.43703	15	0.43703	18	8, 0.04340	14, 0.0255		
31	3	0.31670	21	0.31670	21	11, 0.0732	13, 0.09916	14, 0.01570	
32	3	0.14486	35	0.14486	36	14, 0.03210			
33	3	0.99431	6	0.99431	7	11, 0.76863	12, 0.38775		
34	3	0.54637	13	0.54637	16	14, 0.32985			
35	3	0.24037	27	0.24037	28	14, 0.15023			
36	3	0.80682	10	0.80682	12	11, 0.00305	13, 0.27635	14, 0.51651	
37	3	0.27437	25	0.27437	26	11, 0.10801	13, 0.20244		
38	3	0.20685	30	0.20685	31	14, 0.11635			

<표 10>에는 일반적인 CCR모형의 효율성 수치와 지역별로 범주를 구분한 범주형 모형의 효율성 수치와 참조항만들을 제시하였다. 다음과 같은 두 가지 사실에 주목할 필요가 있다. 첫째, 일반적인 CCR모형에 비해서 범주형 변수모형의 효율성 수치가 높아지는 경향이 있다. 둘째, 3번(아카바), 8번(두바이), 11번(홍콩), 12번(상하이), 13번(광저우), 14번(닝보) 항만들이 지역적으로 근접한 항만들끼리 클러스터링을 위해서 기본이 되는 효율적인 항만들로 나타났다. <표 11>에는 지역별 항만의 위치를 중심으로 한 범주형 변수모형에 의한 클러스터링의 측정된 결과를 제시하였다. 특징적인 점은 다음과 같다. 첫째, 범주 1에 속한 중동지역에서는 두바이항과 코르파칸항이 클러스터링의

가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정
및 추세분석에 관한 실증적 연구

중심에 있었다. 둘째, 범주 2에서는 홍콩항과 상하이항이 클러스터링을 주도하였다. 셋째, 범주 3에서는 싱가포르항과 킵항이 효율적으로 나타났다. 넷째, 범주 4에서는 한국항만과 일본항만들이 클러스터링을 주도하지 못하고, 홍콩항, 상하이항, 닝보항, 싱가포르항이 클러스터링의 중심항만이 되고 있는 추세를 보여 주었다. 다섯째, 전체적으로 보았을 때, 두바이항, 코르파칸항, 상하이항, 홍콩항, 닝보항, 싱가포르항 등이 아시아항만들과 클러스터링을 해야만 하는 항만들로 나타났다.

<표 11> 지역별 항만의 위치를 중심으로 한 범주형 변수모형[규모수확불변하의 투입지향모형]에 의한 클러스터링 추세분석

항만/ 구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	8,9	1	8,9	9,8	9,8	1	14	8	3,8
2	2	2	2	2	9,8	1,8,6	14	8	8,3
3	9	9,1	9	9	9,8	6	14	8	3
4	2,9	2	9,8,2	8,2	8,9	8,1,6	14,33,11,12	8	8,3
5	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	6,1	14	8	8,3
6	8,9	8,1	9,8	9,8	9,8	6	14,11,12	8	3,8
7	9,8	1,9,8	9,8	9,2,8	9,8	6,1	14	8	8,3
8	8	8	8	8	8	8	14,33,11	8	8
9	9	9	9	9	9	6,1	14	8	3,8
10	9,8	1,9	9,8,2	9,8,2	9,8	1,6	14	8	3,8
11	11	12	11	11	11	12	11	11	11
12	12	12	12	11,8	12	12	12	12	12
13	11	12	12	13	11,12	12	14,11	14,11,12	13
14	11,12	12	12	13,8	11	12	14	14	14
15	15	15	12,11	15	15	12	14,11,33	14,11,12	14,11
16	12,37	12	12	12,18,35	35,18,33	12	14	14	14
17	17	12	12,11	13,11	18,33	12	14,11,12	14,12,11	14,8,12
18	17,12	12	12	18	18	12	14,12,11,33	14,11,12	14,8
19	3,7,11,12	12	12	35,13,11,8	35,11,33	12	14,11,33,12	14,12,11,33	14,8,11,12
20	12,11,33	12,33	12,11	11,8,35	36,33,18	12	14,12,11	14,11,12	13,14,12,11
21	33,11,12	12,33	12,11,33	13,11,4	35,33,11	12	14,11,12,33	14,12,11,33	14,8,12
22	12,11,37	12,33	12,11	13,11,8	35,33,11	12	14,33,11	14,33,12	8
23	37,11	12	12,11	35,11,8,13	35,33,36,11	12	14,11,12	14,11,12	14,13,11
24	11,15,12	12,33	11	11	33,36	12	14,12,11,33	12,14,11,33	11,12
25	12,37,11	12	12	11,12,35,8	35,11,33	12	14	14	14
26	12,15,11	12,15	12	8,12,35,11	18,36,35,33	12	14	14	14
27	11,37	12,33	12,11	11,13,15	11,35,15	12	14,33,11,12	14,33,11,12	14,11,8,12
28	15,12,11	12,15,33	12	13,11	18,33,35	12	14,11	14	14,8
29	11,37,12	12	12	13,11,33	15,35,11	12	14	14	8,14
30	11,12,15	12,15	12	13,33,11	15,33	12	14	14	8,14

31	33,12,11	12,33	11,12	11,8	36,33	12	14,11,12	14,12,11,33	13,11,14
32	37	12,15	12	33,13	33,15	12	14	14	14
33	33	33	33	33	33	12	33	33	12,11
34	37,12,11	12	12	13,15,11	15,11,35	12	14	14	14
35	12,37	12	12	35	35	12	14	14	14
36	12,33	12,15	12,11	11,13,35	36	12	14,11	14,11	14,13,11
37	37	12	12	8,11	33,36	12	14,12,11,33	14,12,11,33	13,11
38	12,37	12	11,12	8,35,11	36,18	12	14,11	14	14

(4) 국내항만 및 아시아 그룹 내 대표항만들에 대한 가변 그룹벤치마킹 효율성에 의한 클러스터링 측정

<표 12>에는 국내항만들을 다른 나라의 항만들이 벤치마킹하는 경우의 가변그룹벤치마킹 효율성을 측정하고, 벤치마크 효율성 순위, 참조항만 및 효율성 수치를 제시하였다. 표에 의하면, 첫째, 한국의 부산항(24번)과 인천항(25번)이 벤치마킹되고 있는 것으로 나타났으며, 둘째, 한국의 부산항은 Ningbo항(14번항), Dubai항(8번항), Chennai항(16번항) 등과 클러스터링을 해야만 하며, 셋째, 인천항은 하이파항(2번항), Dubai항(8번항), Koroor항(9번항) 등과 클러스터링을 해야만 하는 것으로 나타났다.

<표 12> 국내항만들을 벤치마킹항만으로 하는 경우의 가변그룹벤치마킹 효율성 측정[규모수확불변하의 투입지향모형] 및 참조항만들에 의한 클러스터링 (2009년도 자료 이용)

항만/구분	범주	가변 그룹 벤치마크효율성 수치	벤치마크 효율성 순위	참조항만 및 가변그룹 효율성 수치	참조항만 및 가변그룹 효율성 수치
1	3	1.03544	19	24, 0.185	
2	2	0.73278	25	24, 0.011	25, 0.642
3	3	1.34091	16	24, 0.056	
4	3	0.31962	34	24, 0.083	
5	3	0.38348	33	24, 0.023	
6	2	1.32996	17	24, 0.259	
7	3	0.98277	21	24, 0.103	
8	1	3.75829	2	24, 0.523	25, 3.085
9	2	2.18262	10	24, 0.226	25, 0.030
10	3	0.31683	35	24, 0.024	25, 0.059
11	1	2.17367	11	24, 1.649	25, 0.844
12	1	3.15329	6	24, 2.091	
13	2	3.34997	4	24, 0.936	
14	2	4.53224	1	24, 0.210	25, 5.062

**가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정
및 추세분석에 관한 실증적 연구**

15	1	2.65419	8	24, 0.531	25, 2.480
16	3	3.45959	3	24, 0.102	
17	1	1.37262	15	24, 0.318	
18	2	0.94897	22	24, 0.163	
19	1	0.94106	23	24, 0.319	
20	1	0.72342	27	24, 0.234	
21	1	0.67294	28	24, 0.188	
22	2	0.65749	29	24, 0.177	
23	2	0.55176	32	24, 0.154	
24	1				
25	3				
26	2				
27	1	1.46733	13	24, 0.473	25, 1.050
28	1	3.20279	5	24, 0.502	
29	3	1.25581	18	24, 0.109	
30	3	1.44328	14	24, 0.063	
31	1	0.72781	26	24, 0.235	
32	3	0.63683	31	25, 0.213	
33	1	1.86400	12	24, 2.164	
34	2	2.40193	9	25, 2.195	
35	2	1.00999	20	25, 1.000	
36	1	2.87122	7	24, 0.718	
37	1	0.64529	30	24, 0.380	
38	2	0.77234	24	24, 0.102	

<표 13>에는 국내항만들이 다른 나라의 항만들을 지역별 그룹 또는 그룹 내에서 대표항만들을 벤치마킹하는 경우의 가변그룹벤치마킹 효율성을 측정하고, 벤치마크 효율성 순위, 참조항만 및 효율성 수치를 제시함으로써 클러스터링 해야만 하는 항만들을 제시하였다. 측정결과에 의하면, 첫째, 중국지역에 대해서는 상하이, 홍콩, Ningbo항, 일본 지역은 동경항, 요코하마항, 동남아시아 지역은 탄중펠파스, 카오슝, 싱가포르, 첸나이항, 중동지역에서는 두바이, 아카바항과 국내항만들은 클러스터링을 해야만 하는 것으로 나타났다. 둘째, 지역별 대표항만들인 Ningbo항, 동경항, 탄중펠파스항, 아카바항 들은 각각 부산항, 광양항, 인천항의 순서로 클러스터링을 할 수 있는 것으로 나타났다. 특히 부산항이 인천항이나 광양항에 비해서 훨씬 더 벤치마킹 효율성이 높게 나타남으로써 클러스터링의 관계성을 높일 수 있는 것으로 나타났다.

**<표 13> 가변그룹벤치마킹 모형[규모수확불변하의 투입지향모형]에 의한 국내항만이
각 지역별 범주에 속한 항만들과 대표항만을 각각 벤치마킹하는 경우의
클러스터링[가변그룹벤치마킹 모형 + 지역별 범주모형]
(2009년도 자료 이용)**

지역별 벤치마킹 항만그룹 및 대표 항만/구분	국내항만 및 벤치마킹 효율성 수치		클러스터링의 대상이 되는 벤치마킹항만 및 효율성 수치	클러스터링의 대상이 되는 벤치마킹항만 및 효율성 수치	클러스터링의 대상이 되는 벤치마킹항만 및 효율성 수치
중국지역	부산항	0.62141	11.홍콩,0.405	12.상하이,0.138	
	인천항	0.26710	14. 닝보,0.150		
	광양항	0.19700	14. 닝보,0.172		
일본지역	부산항	3.80512	19. 동경,3.137		
	인천항	1.41917	19. 동경,0.352	20. 요코하마,0.084	
	광양항	1.01679	20. 요코하마,0.647		
동남아시아 지역	부산항	0.96577	33. 싱가포르,0.303	36. 카오슝,0.481	
	인천항	0.50845	28. 탄중펠파스, 0.014	34. 코롬보,0.085	36. 카오슝, 0.140
	광양항	0.29833	16. 첸나이,0.075	28. 탄중펠파스, 0.121	36. 카오슝,0.115
중동지역	부산항	1.35493	8. 두바이,1.075		
	인천항	0.79815	3. 아카바, 0.554	8. 두바이, 0.108	
	광양항	0.58995	3. 아카바, 0.443	8.두바이, 0.136	
닝보항	부산항	1.42282	14. 닝보, 1.138		
	인천항	0.26710	14. 닝보, 0.150		
	광양항	0.19700	14. 닝보, 0.172		
동경항	부산항	3.80512	19. 동경, 3.137		
	인천항	1.42631	19. 동경, 0.414		
	광양항	1.05179	19. 동경, 0.475		
탄중펠파스 항	부산항	2.57648	28. 1.992		
	인천항	0.63120	28. 0.263		
	광양항	0.36640	28. 0.302		
아카바항	부산항	23.14734	3. 아카바, 17.723		
	인천항	2.83539	3. 아카바, 2.339		
	광양항	2.75681	3. 아카바, 2.684		

**(5) 가변그룹 벤치마킹 모형에 의한 측정결과와 범주형 변수모형을 접목시킨 모형
측정결과의 비교소고**

첫째, 규모수확불변 및 가변하 투입지향모형에 의한 중국의 4개항만(홍콩을 제외한 상하이, 광저우, 닝보, 칭타오)을 벤치마킹한 가변그룹벤치마킹 모형에 의한 클러스터링을 측정환 <표 6>의 결과와, 컨테이너화물처리량의 규모에 따라서 3개의 범주로 구분한

가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정 및 추세분석에 관한 실증적 연구

후의 범주형 효율성을 측정한 <표 7>의 결과를 비교해 보면 유사한 결과를 보였다. 즉, 벤치마킹 참조항만으로 출현한 항만들이 유사성을 보였다.

둘째, 컨테이너화물처리량을 중심으로 한 범주형 변수모형[규모수확불변하의 투입지향모형]에 의한 클러스터링 추세분석 결과를 제시한 <표 9>와 가변그룹 벤치마킹법에 의해서 중국항만을 벤치마킹하는 경우를 제시한 <표 8>의 내용이 유사한 결과를 보였다. 즉, 효율적인 항만들이 가변그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형에서 벤치마킹 항만으로 출현하였다.

셋째, 위와 같은 결과는 일반적인 CCR모형의 효율성 수치를 제시한, <표 10>과, 지역별로 범주를 구분한 범주형 모형의 효율성 수치와 참조항만들을 제시한 <표 11>에서도 결과 측면에서 유사한 방향을 같이 하였다.

넷째, 가변그룹벤치마킹 모형에 범주형 변수모형을 간접적으로 접목시킨 모형인 <표 13>의 결과를 보면, 항만별, 지역별로 클러스터링을 할 수 있을 뿐만 아니라, 어떤 항만이 클러스터링의 효율성을 높일 수 있는지의 관계성도 보여 주었다.

요컨대, 가변그룹벤치마킹 모형과 범주형 변수모형은 클러스터링 측면에서 실증분석 결과를 놓고 보았을 때, 서로 보완적인 클러스터링 측정방법이 될 수 있음을 보여 주었다. 또한 간접적으로 접목시킨 모형의 결과도 의미 있는 결과를 보여주고 있다. 단, 두 측정방법에 의한 측정결과를 해석할 때는 한계가 있음도 유의해야만 한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 아시아 항만들 간의 클러스터링 추세를 분석하기 위해서 첫째, 기존연구에서는 다루지 못한 새로운 방법인 가변그룹벤치마킹모형과 범주형 변수모형에 대해서 이론적으로 설명하였으며, 둘째, 가변그룹벤치마킹 측정방법 및 실제적용, 범주형 변수모형 측정방법 및 실제적용 셋째, 아시아 38개 항만들의 9 년간 자료를 4개의 투입요소(선석길이, 수심, 총면적, 크레인수), 1개의 산출요소(컨테이너화물처리량)를 이용하여 특정국가의 항만그룹 또는 특정항만을 대상으로 클러스터링 하는 방법을 2009년 자료를 중심으로 실증적으로 보여 주었으며, 2001년부터 2009년까지의 추세도 분석하였다. 실증분석의 주요한 결과는 다음과 같다.

첫째, 가변그룹벤치마킹모형[규모수확불변하의 투입지향모형]에 의한 중국항만을 벤치마킹하는 경우의 클러스터링 추세분석을 측정한 결과를 보면, ① 상해항이 모든 기간에 걸쳐서 클러스터링의 중심에 있는 것으로 나타났다. ② 2002년, 2004년, 2005년까지는 청도항이 중심역할을 하였다. ③ 2005년 이후부터는 Ningbo항의 클러스터링 역할이 커

진 것으로 나타났다.

둘째, 컨테이너화물처리량을 중심으로 한 범주형 변수모형[규모수확불변하의 투입지향모형]에 의한 클러스터링 추세분석 결과를 살펴보면 ① 중국이외의 항에서는 싱가포르항, 킵롱항, 두바이항, 카오슝항이 클러스터링의 중심항만들로 나타났다. ② 일반적인 CCR모형의 측정결과와 컨테이너화물처리량을 범주로 하는 경우의 효율성 측정결과가 동일하게 나타났는데 그 이유는 산출물의 규모가 영향을 미친 것으로 추정된다.

셋째, 지역별 항만의 위치를 중심으로 한 범주형 변수모형에 의한 클러스터링의 측정된 결과를 살펴보면, ① 범주 1에 속한 중동지역에서는 두바이항과 코르파칸항이 클러스터링의 중심에 있었다. ② 범주 2에서는 홍콩항과 상하이항이 클러스터링을 주도하였다. ③ 범주 3에서는 싱가포르항과 킵롱항이 효율적으로 나타났다. ④ 범주 4에서는 한국항만과 일본항만들이 클러스터링을 주도하지 못하고, 홍콩항, 상하이항, 닝보항, 싱가포르항이 클러스터링의 중심항만이 되고 있는 추세를 보여 주었다. ⑤ 전체적으로 보았을 때, 두바이항, 코르파칸항, 상하이항, 홍콩항, 닝보항, 싱가포르항 등이 아시아항만들과 클러스터링을 해야만 하는 항만들로 나타났다.

넷째, 국내항만 및 아시아 그룹 내 대표항만들에 대한 2009년 자료를 이용한 가변 그룹벤치마킹 효율성에 의한 클러스터링 측정결과를 살펴보면, ① 중국지역에 대해서는 상하이, 홍콩, 닝보항, 일본지역은 동경항, 요코하마항, 동남아시아 지역은 탄중펠파스, 카오슝, 싱가포르, 첸나이항, 중동지역에서는 두바이, 아카바항과 국내항만들은 클러스터링을 해야만 하는 것으로 나타났다. ② 지역별 대표항만들인 닝보항, 동경항, 탄중펠파스항, 아카바항 들은 각각 부산항, 광양항, 인천항의 순서로 클러스터링을 할 수 있는 것으로 나타났다. 특히 부산항이 인천항이나 광양항에 비해서 훨씬 더 벤치마킹 효율성이 높게 나타남으로써 클러스터링의 관계성을 높일 수 있는 것으로 나타났다.

다섯째, 투입요소 측면에서는 범주형(측정특유분석) 분석결과를 살펴보면, 두바이항(선석길이), 상해항(수심), 닝보항(총면적, 크레인 대수)이 투입요소 측면에서 아시아 지역의 다른 항만들의 벤치마킹이 대상으로서 클러스터링을 할 수 있다고 판단된다.

본 논문이 갖는 정책적인 함의는 다음과 같다. 첫째, 가변그룹벤치마킹법에 의하면, 상해항, 청도항, 닝보항이 클러스터링의 대상이며, 범주형 변수모형에서는 중국이외의 항에서는 싱가포르항, 킵롱항, 두바이항, 카오슝항이 클러스터링의 중심항만으로 나타났다. 또한 투입요소 측면에서는 두바이(선석길이), 상해항(수심), 닝보항(총면적, 크레인 대수)이 각각 효율적으로 나타났으므로, 국내항만들은 그러한 항만들이 시행하고 있는 항만개발 및 운영에 대한 내용을 SWOT분석을 통해서 정밀하게 비교분석하여 장점을 도입하는 정책을 시행함으로써 국내항만들의 산출 및 투입요소 측면의 효율성을 증진시켜야만 한다. 둘째(방희석·김새로나, 2004, pp.166-177), 국내 컨테이너 항만들은 내부적으로는 클러스터 구축에 대한 인식을 제고시키고, 항만의 지역특성 및 클러스터 발전단계를 고려한 전략(부산항은 화물처리

**가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정
및 추세분석에 관한 실증적 연구**

및 부가물류서비스를 핵심사업으로 하는 클러스터로 육성, 인천항은 인천국제공항과 항만을 연계한 sea & air 클러스터를 구축하고, 광양항의 경우는 항만클러스터에 대한 기능적 집적 및 효과를 극대화 할 수 있는 공간적 배치까지 고려한 정책 추진)을 구축해야하며, 클러스터 내 구성원들의 다양한 이해관계를 조정할 수 있는 합리적인 협의체나 추진 기구를 마련하는 한편 클러스터 구축 및 활성화를 위한 클러스터 정책에 대한 지속적이고 체계적인 조정 및 다차원적인 평가체제를 구축함으로써 효율성을 극대화해야만 한다. 또한 외부적으로는 본 연구의 결과 나타난 중국, 일본, 동남아 항만들과의 국제적인 클러스터링 연계정책도 도입하여야만 한다. 셋째(고용기·이상현,2005,pp.321-322), 내부적으로 항만의 혁신클러스터를 구축하기 위해서 항만조직체계 개선과 교육 및 연구기관의 역할증대를 위한 규제완화정책을 적극적으로 시행해야만 하며, 외부적으로는 지리적으로 근접한 외국항만들과 교육기관 간의 교류, 항만공무원들의 교류를 통해서 클러스터링을 제고시켜야만 한다. 넷째, 국내 및 국제 항만간의 투자확대를 통한 클러스터링을 촉진시켜야만 한다. 예를 들어 <표 13>에서 보면, 광양항은 인도의 첸나이 항과 클러스터링 할 수 있는 것으로 나타나 있는데, 인도항만의 가장 큰 문제점은 경제성장에 비해서 전력사정이 매우 좋지 않으므로 첸나이 항에 전력공급을 위한 투자를 증대시켜서 항만 간 클러스터링을 촉진시키는 것도 좋은 클러스터링 방안이 될 수 있다. 또한 중국항만들의 취약점[(다롄항: 정보시스템 미흡, 항만시설부족, 경제적으로 낙후된 배후단지), (톈진항: 수심부족 및 항만정보시스템 미흡), (칭다오항: 국제적 환적항으로서의 지리적 위치 불리),(상해항: 수심부족, 인프라 부족, 심천항, 닝보항과의 경쟁관계 심화),(닝보항: 상해항과의 경쟁관계, 아직 발달되지 않은 배후단지)]을 면밀하게 분석하여 투자증대를 통한 항만 간 화물처리를 위한 교차 클러스터링을 추진해야만 한다. 다섯째, 국내항만들은 가변그룹벤치마킹모형과 범주형 변수모형의 측정결과인 <표 13>에서 제시하고 있는 국내 항만들과 외국항만들 간의 클러스터링을 추진하는 한편, 클러스터링에 대한 단계별 추진성과를 항만운영평가나 경영전략에 도입함으로써 클러스터링을 통한 효율성을 개선해 나가야만 한다. 여섯째, III장 4절의 설문조사에서 요구되고 있는 사항에 대한 국토해양부의 정책적인 지원을 위한 방안도 반영되어 입안되고 시행되어야만 한다.

본 논문은 다음과 같은 한계점들을 가지고 있다. 첫째, 실증분석 결과를 단순하고 표면적으로 서술하였으며, 의미 있는 해석이 충분히 다루어지지 못했으며, 둘째, 클러스터링을 위한 효율성이 이동해 가는 과정을 해석할 수 있는 방법도 제시하지 못했다. 셋째, 지면관계상 주로 2009년 자료를 이용하여 측정하는 방법과 함께, 두 가지 측정방법을 이용하여 2001년부터 2009년까지의 추세변화만을 제시하는데 그치고 있다. 넷째, 항만 간 클러스터링을 한 후 구체적으로 개별항만 들이 어떠한 노력과 정책을 펼쳐나가야 하는지(논문의 실증분석 결과에 따른 정책적 함의도출)에 대해서는 세부적으로 파악하지 못했다. 다섯째, 가변 그룹 벤치마킹 모형에 범주형 변수모형을 직접적으로 접목시키고, 비교분석한 연구결과를 보여주지 못하고, 지역별, 투입요소별로 범주를 정하여 측정한 결과만을 보여 주었으며, 또한 가

변그룹벤치마킹모형의 클러스터링 측정결과와 범주형 변수모형의 클러스터링 측정결과를 비교함으로써 두 모형의 간접적인 접목을 시도하였다. 왜냐하면, 가변그룹벤치마킹 모형과 범주형 변수모형은 각각의 학술적인 특성에 차이가 있었기 때문이었으며, 범주형 변수모형에서 범주변수를 가변그룹벤치마킹모형에 직접적으로 지역별로 다른 다수의 항만을 범주형 변수모형으로서 접목시키는 것이 수학적으로 매우 어려웠기 때문이었다. 그러나 간접적으로 접목시킨 <표 13>의 결과[가변그룹벤치마킹모형 +지역별 범주]를 보면 클러스터링 뿐만이 아니라, 클러스터링에 따른 효율적인 관계성의 높고 낮음도 제시해 주었다. 또 한 가지 생각할 수 있는 것은 가변그룹벤치마킹 모형에서 벤치마킹항만들을 지정하는 것이 곧 범주를 정해 주는 것으로 본다면, 가변그룹벤치마킹모형이 범주형 변수모형을 포괄한다고도 볼 수 있다고 할 수 있다. 더욱 정밀한 부분에 대한 연구는 차후 연구의 과제로 삼고자 한다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 국내와 국외에서 전혀 시도되지 못했던 연구의 한계를 부분적으로 확장시켰으며, 극복하였다고 확신한다.

참 고 문 헌

- 고용기·이상현, “항만클러스터의 결정요인에 관한 연구”, 『산경연구』 제13집, 영남대학교 산경연구소, 2012, 301-325.
- 박노경, “가변 그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정 및 추세분석에 관한 실증적 연구” 『2013 경제학공동학술대회 한국항만경제학회 발표논문집』, 한국항만경제학회, 2013.2.22, 117-148.
- 박노경, “컨텍스트의존모형과 측정특유모형을 이용한 아시아 항만들의 클러스터링측정 및 추세분석에 관한 실증적 연구”, 『한국항만경제학회지』 제28권 제1호, 2012, 53-82.
- 박노경, “범주형 변수를 이용한 컨테이너항만 효율성 측정방법: DEA접근”, 『무역연구』 제7권 제4호, 2011, 147-163.
- 박노경, “은행산업의 국제경쟁력 측정방법: 가변그룹벤치마킹법과 순위상관관계분석 접근”, 『한국산업경제학회지』 제22권 제4호, 2009a, 1513-1533.
- 박노경, “계층적 군집분석과 DEA Tier분석에 의한 클러스터링 측정방법: 은행산업 적용”, 『한국산업경제저널』 제1권 제2호, 2009b, 107-130.
- 박노경, “Tier분석을 통한 벤치마킹항만 적출방법”, 『한국항만경제학회지』 제25권 제1호, 2009c, 15-28.
- 박노경, “컨테이너 항만선택을 위한 선호도 측정방법: 컨텍스트 의존모형 접근”, 『해운물류연구』 제38호, 2003, 87-112.
- 박노경, “자기조직화지도 신경망을 이용한 국내 컨테이너터미널의 클러스터링 측정소고”, 『한국항만경제학회지』 제26권 제1호, 2010, 43-60.
- 방희석·김새로나, “동북아 물류거점의 Cluster 접근방안”, 『무역학회지』 제29권 제3호, 한국무역학회, 2004, 151-170.
- 오동일, “투입요소에 범주형 변수가 포함된 DEA모형의 설계 및 사례분석”, 『생산성논집』 제13권 제4호, 2000, 135-156.
- 한철환, “우리나라 항만클러스터 구축방안에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』 제19집 제1호, 2003, 1-22.
- Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper, “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis,” *Management Sciences*, Vol. 30, 1984, 1078-1092.
- Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes, “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, 1978, 429-444.
- Containerisation International Yearbook. Informa Communications, UK.
- Cook, W.D., L.M. Seiford, and J. Zhu, “Models for Performance Benchmarking: Measuring the Effect of e-Business Activities on Banking Performance,” *OMEGA*, Vol.32, 2004,

313-322.

- Cullinane, K., D.W. Song, and R. Gray, "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: Policy and Practice*, Vol.36, No.8, 2002, 743-762.
- Fare, R., S. Grosskopf, and C.A.K. Lovell, *Production Frontiers*, Cambridge University Press, 1994.
- Fare, R., S. Grosskopf, and C.A.K. Lovell, *The Measurement of Efficiency of Production*, Boston, Kluwer-Nijhoff Publishing, 1985.
- Farrel, M. J., "The Measurement of Productive Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, Part 3*, 1957.
- Global Maritime Logistics Council, *Seaport Cluster Research Programme 2007-2011*, 2009, Goba Institute of Logistics.
- Johnson, S.A. and Zhu, J., "Identifying "Best" Applicants in Recruiting Using Data Envelopment Analysis," *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol.37, 2003, 125-139.
- Po, R.W., Guh, Y. Y., and Yang, M.S., "A New Clustering Approach Using Data Envelopment Analysis," *European Journal of Operational Research*, Vol.199, 2009, 276-284.
- Sharma, M. J. and Yu, S.J., "Performance based Stratification and Clustering for Benchmarking of Container Terminals," *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, 2009, 5016-5022.
- Seiford, L.M. and J. Zhu, "Context-dependent Data Envelopment Analysis-Measuring Attractiveness and Progress," *Omega*, Vol.31, 2003, 397- 408.
- Ulucan, A., and Atici, K.B., "Efficiency Evaluation with Context-dependent and Measure-specific Data Envelopment Approach: An Application in a World Bank Supported Project," *Omega*, Vol.38, 2010, 68-83.
- Zhang, W. and Lam, J.S.L., "Maritime Cluster Evolution based on Symbiosis Theory and Lotka-Volterra Model," *Maritime Policy & Management*, Vol. 40, No.2,2013, 161-176.

국 문 요 약

가변그룹벤치마킹 모형 및 범주형변수 모형을 이용한 아시아항만들의 클러스터링 측정 및 추세분석에 관한 실증적 연구

박노경

본 논문에서는 아시아 항만들 간의 클러스터링 추세를 분석하기 위해서 가변그룹벤치마킹모형과 범주형 변수모형에 대해서 이론적으로 설명하고, 아시아 38개 항만들의 9년간 자료를 4개의 투입요소(선석길이, 수심, 총면적, 크레인 수), 1개의 산출요소(컨테이너화물처리량)를 이용하여 특정국가의 항만그룹 또는 특정항만을 대상으로 클러스터링 하는 방법을 실증적으로 보여 주고 분석하였다. 실증분석의 주요한 결과는 다음과 같다. 첫째, 가변그룹벤치마킹모형에 의한 중국항만을 벤치마킹하는 경우의 클러스터링 추세분석을 측정한 결과를 보면, 상해항, 청도항, 닝보항의 클러스터링 역할이 커진 것으로 나타났다. 둘째, 컨테이너화물처리량을 중심으로 한 범주형 변수모형에 의한 클러스터링 추세분석 결과를 살펴보면 중국이외의 항에서는 싱가포르항, 킵롱항, 두바이항, 카오슝항이 클러스터링의 중심항만들로 나타났다. 셋째, 아카바, 두바이, 홍콩,상하이, 광저우, 닝보 항만들이 지역적으로 근접한 항만들끼리 클러스터링을 위해서 기본이 되는 효율적인 항만들로 나타났다. 넷째, 지역별 항만의 위치를 중심으로 한 범주형변수모형에 의한 클러스터링의 측정한 결과를 살펴보면, 두바이항과 코르파칸항, 홍콩항과 상하이항, 싱가포르항과 킵롱항, 닝보항, 클러스터링의 중심항만이 되고 있는 추세를 보여 주었다. 전체적으로 보았을 때, 두바이항, 코르파칸항, 상하이항, 홍콩항, 닝보항, 싱가포르항 등이 아시아 항만들과 클러스터링을 해야만 하는 항만들로 나타났다. 본 논문이 갖는 정책적인 함의는 항만정책입안자들이 본 연구에서 사용한 두 가지 모형을 항만의 클러스터링에 도입하여 해당항만이 발전할 수 있는 전략을 수립하고 이행해 나가야만 한다는 점이다.

핵심 주제어 : 가변그룹벤치마킹모형, 범주형 변수모형, 아시아항만, 클러스터링, DEA