

자기조직화지도 신경망 모형과 Tier 모형을 이용한 아시아컨테이너항만의 클러스터링측정 및 추세분석에 관한 실증적 연구*

박노경**

An Empirical Study on the Measurement of Clustering and Trend Analysis among the Asian Container Ports Using Self Organizing Maps based on Neural Network and Tier Models

Rokyung Park

Abstract : The purpose of this paper is to show the clustering trend and to choose the clustering ports for 3 Korean ports(Busan, Incheon and Gwangyang Ports) by using the self organizing maps based on neural network(SOM) and Tier models for 38 Asian ports during 11 years(2001–2011) with 4 input variables(birth length, depth, total area, and number of crane) and 1 output variable(container TEU). The main empirical results of this paper are as follows. First, clustering results by using SOM show that 3 Korean ports[Busan(26.5%), Incheon(13.05%), and Gwangyang(22.95%) each]can increase the efficiency. Second, according to Tier model, Busan(Hongkong, Sanghai, Manila, and Singapore), Incheon(Aden, Ningbo, Dabao, and Bangkok), and Gwangyang(Aden, Ningbo, Bangkok, Hipa, Dubai, and Guangzhou) should be clustered with those ports in parentheses. Third, when both SOM and Tier models are mixed, ① efficiency improvement of Busan Port is greater than those of Incheon and Gwangyang ports. ② Incheon port has shown the slow improvement during 2001–2007, but after 2008, improvement speed was high. ③ improvement level of Gwangyang port was high during 2001–2003, but after 2004, improvement level was constantly decreased. The policy implication of this paper is that Korean port policy planner should introduce the SOM, and Tier models with the mixed two models when clustering among the Asian ports for enhancing the efficiency of inputs and outputs.

Key Words : Asian Container Ports Clustering, Self Organizing Maps(SOM) Model, Tier Model, DEA

▷ 논문접수 : 2014.02.15 ▷ 심사완료 : 2014.03.06 ▷ 게재확정 : 2014.03.13

* 본 논문은 2014년 2월 12일 성균관대학교에서 개최된 한국경제학회가 주관한 경제학공동학술대회 한국항만경제학회분과에서 발표된 논문을 수정, 축약하였음. 자세한 내용은 박노경(2014)을 참조요망. “이 논문은 2013년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013-S1A5A2A-01015865)”.

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

I. 서론

지금까지 국내에서 항만의 클러스터링과 관련되어 DEA기법을 이용한 연구는 드문 편이다. 그러나 국제적인 항만 간 경쟁이 치열해짐에 따라서, 항만 간 협력적 경쟁이 필수적인 정책현안이 되고 있다. 따라서 아시아 항만들이 속해있는 항만들 사이의 클러스터링을 정확하게 측정하기 위해서 Kohonen(1982)이 제시한 자기조직화 지도 신경망 모형(Self-Organizing Maps based Neural Network)과 Tier 모형으로 각각 측정하고, 두 모형을 접목시킨 연구에 대해서는 기존연구가 드물기 때문에 그러한 연구를 도입하는 것이 매우 필요하다. 따라서 본 연구에서는 ① 일반적인 CCR모형, BCC모형을 이용하여 아세아 38개 항만들에 대한 효율성을 측정한다. ② 자기조직화지도 신경망 모형을 이용하여 한국항만들이 중국항만들, 일본항만들, 중동항만들, 싱가포르항만, 동남아시아항만(스리랑카, 대만, 태일랜드, 인도, 인도네시아 항만)들의 어느 그룹 속에 클러스터링 되는지를 확인한다. ③ 한국항만들이 클러스터링 되는 항만 속에서 어떤 항만들을 벤치마킹하는지를 파악하고, 또한 어느 정도의 효율성을 보이는지를 측정한다. ④ ②번, ③번 항목에 대해서 2001년부터 2011년까지의 장기적인 추세를 분석한다.

Tier모형을 이용하여 ① 아시아 항만들 사이에서 국내항만들이 어떤 항만들을 어떻게 벤치마킹대상으로 삼아서 클러스터링 하는 경우에 가장 효율적으로 효율성을 증진시킬 수 있는지를, 단기, 중기, 장기별로 효율성을 측정하여 클러스터링을 제시한다. ② 자기조직화지도 신경망 모형의 클러스터링 결과와 Tier모형에 의한 클러스터링 결과를 비교분석한다. 또한 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 모형의 클러스터링 결과를 비교분석한다. ③ 자기조직화지도 신경망 모형의 클러스터링 결과에 의거한 그룹 내에서 Tier모형을 접목시킨 모형의 효율성 측정에 의한 클러스터링을 측정한다. ④ ②번과 ③번의 결과를 비교 분석한다.

본 논문의 구성은 I 장의 서론에 이어서 II장에서는 클러스터링을 다룬 국내외 연구들에 대하여 간략하게 검토하고 그러한 연구들의 한계점과 함께 본 연구의 핵심을 제시하며, III장에서는 자기조직화지도 신경망모형과 Tier모형을 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 검토

항만클러스터링분석에 자료포괄분석을 이용한 국내의 기존연구는 박노경(2003), 박노경(2009c), 박노경(2010)이 시도하였으며, 간접적으로 관련된 기존연구들도 다수 있다.¹⁾ 항만클러스터와 직접 관련된 국외기존연구는 Sharma and Yu(2009)는 70개의 터키 컨테이너 터미널을 대상으로 7개의 투입요소(부두길이, 터미널 면적, 부두크레인, 운송크레인, 스트레들 운송, 리치 스테커), 1개의 산출요소(화물처리량)로서 DEA, 층화모형, Tier모형, SOM모형으로 실증분석 하였으며, 클러스터링 후에 4.75% 이하의 효율성 수치를 갖는 터미널들은 100%까지 효율성을 증대시키지 못함을 밝혀내었다. Po, Guh, and Yang(2009)은 2개의 투입물, 1개의 산출물을 이용한 20개의 DMUs, 15개의 DMUs를 각각이용하여 클러스터링을 측정함. DEA에 근거한 클러스터링이 투입물과 산출물, 원인과 효과관계를 밝히는데 있어서 더 유용함을 밝혀내었다. Valentine and Gray(2002)은 항만의 소유권이 국영인지, 민영인지와 DEA효율성 수치를 이용하여 클러스터 분석을 한 후에 각 클러스터에 속한 항만들의 평균효율성 수치를 구하였으며, 소유권에 따라서 효율성이 변화하는지 또는 차이가 있는지를 분석하였다.²⁾

2. 기존연구의 한계점

첫째, 앞에 제시한 항만클러스터링과 관련된 국내 기존연구들은 박노경(2003), 박노경(2009a,b), 박노경(2010)이 DEA기법을 이용하여 분석하였으며, 박노경(2009a)은 Tier분석방법을 이용하여 벤치마킹항만을 적출하는 방법만을 보여 주었을 뿐이다. 박노경(2009b)도 계층적 군집분석과 Tier분석을 이용한 은행산업의 클러스터링을 하는 방법만을 보여 줌으로써 (1) 자기조직화지도 신경망 모형과 Tier모형을 이용한 항만클러스터링을 심도있게 분석하는 방법을 전혀 다루지 못했다. (2) 단 년도를 대상으로 항만클러스터링 또는 벤치마킹항만을 측정하는 방법만을 보여주는 수준을 뛰어 넘지 못하였으며, (3) 자기조직화 신경망 모형과 층화모형을 이용한 정밀한 클러스터링 측정결과와 두 가지 모형을 접목시킨 모형을 전혀 실증분석에 도입하지도 못함으로써, ① 항만클러스터링을 정확하게 측정하기 위한 새로운 모형 도입, ② 실증적 검증을 위한 대상기간, 투입-산출요소의 정확성 측면 ③ 두 가지 모형의 각각에 대한 측정

1) 보다 세부적인 내용은 박노경(2010), pp.422-423.

2) 클러스터링모형을 이용하여 효율성을 측정한 주요한 연구들에 대한 자세한 내용은 박노경(2014), pp.62-64.

과 접목된 모형에 의한 정밀한 클러스터링 측정 결과 및 해석상에서 연구의 절대적인 한계를 보이고 있다.

둘째, 대표적인 국외기존연구인 Sharma and Yu(2009)의 연구도 70개의 컨테이너 터미널 자료를 이용하여 자기조직화지도 신경망 모형에 의해서 도출된 클러스터링된 그룹 내에서의 벤치마킹항만을 적출해 내는 연구에 그침으로서 클러스터링과 Tier분석 적용 방법만을 보여 주었을 뿐이다.

셋째, 자기조직화지도 신경망 모형을 이용한 클러스터링 결과와 Tier모형을 이용한 클러스터링 측정결과가 국내항만들의 효율성을 어느 정도로 증대시키는지와, 또한 자기조직화 지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 모형에 의한 클러스터링 측정이 단기, 중기, 장기적인 측면에서 국내항만들이 어떤 항만들과 클러스터링을 해야 하는지를 항만산업의 클러스터링 분야에 적용한 연구는 드문 편이다.

넷째, 요컨대, 본 연구에서 다루고자 하는 내용들 즉, 기본적인 DEA모형에 의한 효율성 측정, 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링, Tier모형에 의한 클러스터링, 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 모형에 의한 클러스터링 측정, 각각의 모형의 측정결과 비교, 각각의 클러스터링이 효율성의 증진에 미친 영향, 장기적 추세분석은 학술적인 가치가 있는 주제이며, 따라서 본 연구는 국외의 기존연구인 Sharma and Yu(2009)의 연구에서도 다루지 못했던 내용을 부분적으로 확장시키는 연구라고 확신한다.

Ⅲ. 자기조직화지도 신경망 모형과 Tier모형을 이용한 아시아 컨테이너항만들의 클러스터링 실증분석 및 해석

1. 자기조직화지도 신경망 모형과 Tier모형의 장점과 단점

클러스터링과 관련된 모형들은 (1) 군집분석모형, (2) Po, Guh, and Yang(2009)의 CCR승수모형, (3) DEA Tier(또는 Stratification)모형, (3) 컨텍스트의존 및 측정특유모형, (4) 가변 그룹벤치마킹모형 및 범주형변수 모형, (5) 자기조직화지도 신경망 모형으로 나눌 수 있다. 이하에서는 본 연구에 이용된 (5)번 모형에 대한 장단점은 <표 1>에 제시하고자 한다. 기타 모형들에 대한 장단점은 박노경(2012)에 자세하게 제시하였다.

〈표 1〉 자기조직화지도 신경망 모형과 Tier모형의 장점과 단점

모형/구분	장점	단점
자기조직화지도 신경망 모형	<ul style="list-style-type: none"> • 자료에 대한 지도화를 쉽게 할 수 있음. • 대규모, 복잡한 자료 조합들을 시각적으로 조직화하여 클러스터링을 할 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 어떤 투입물 가중치를 이용할 것인지의 결정이 어려움. • 지도화가 분리된 클러스터의 결과를 야기할 수 있음. • 지도화시에 가까운 포인트들이 유사하게 움직여야 한다는 가정이 필요함.
Tier 모형 (층화모형, 컨텍스트의존 모형)	<ul style="list-style-type: none"> • 효율적인 의사결정단위들이 단계별로 제외되어 비효율적인 단위들을 계층화하여 분리 할 수 있음. • 비효율적인 의사결정단위들이 좀 더 쉽게 효율적이 되기 위한 단계를 제기함. 	<ul style="list-style-type: none"> • 효율성이 동일한 DMU들이 다수 존재하는 경우, 선호도 및 순위판별의 변별력이 없음. • 층화모형은 컨텍스트의존 모형의 일부임. 따라서 투입요소 및 산출요소 각각에 대한 효율적인 단위들의 영향력을 계산 할 수 없음.

2. 자기조직화지도 신경망 모형에 대한 이론적 접근

(1) 자기조직화지도 신경망에 대한 개념³⁾

Kohonen이 제시한 자기조직화지도(SOM)는 출력 층 뉴런을 1차원으로 배열하는 방법과 2차원으로 배열하는 방법으로 구분되는데, 일반적으로 2차원배열이 사용된다. 또한 2차원배열에는 사각형배열과 육각형배열의 두가지 형태가 있다. 이러한 출력 층 뉴런의 배열형태는 SOM의 성능에도 영향을 미친다. 사각형 배열에서는 각 뉴런이 4개의 이웃 뉴런과 연결되어 있다. 여기서 반경이 0이면 하나의 뉴런만을 포함하는 사각형이 되며, 반경이 1이면 이웃하는 하나의 뉴런을 포함하는 사각형 범위가 된다. 반면, 육각형 배열은 모든 뉴런이 6개의 이웃 뉴런과 연결되어 있으며, 반경의 적용 시 육각형 형태로 반경이 조정된다. 실제 분석과정에서는 사각형 배열보다는 육각형 배열이 자주 사용된다.

위와 같이 SOM은 자율학습 방법을 이용하여 학습되며, 자율학습 동안 신경망은 바람직한 출력결과를 전혀 모르는 상태에서 학습이 진행된다. 학습 프로세스는 출력 뉴런간의 경쟁으로 특징지어 지는데, 이는 무작위적인 순서로 신경망에 입력패턴이 하나씩 들어오면, 출력 뉴런은 각각의 모든 패턴에 대해 경쟁하여 입력벡터와 가장 유사한 연결강도를 갖는 출력 뉴런이 워너 뉴런이 된다. 유사한 측정에는 주로 유클리드 거리의 제곱을 사용하며, 규정된 반복 횟수만큼 학습이 진행된다면 반경 r 과 학습률(learning rate) α 를 감소시킨 후 다음 학습 과정을 반복하

3) 민재형·이영찬, “자기조직화 지도를 이용한 한국 기업의 재무성과 평가,” 『한국경영과학회지』 제 26권 제3호, 2001, pp.3-4., 박노경(2010), pp.49-51에서 축약하여 전재함.

게 된다.

(2) 자기조직화지도 신경망과 전통적 군집화 기법간의 비교⁴⁾

SOM과 유사한 군집화 기법으로는 주성분 분석, 군집분석, 다차원 척도법을 들 수 있다. 주성분분석에서는 유도된 주성분의 평균값을 이용하여 지각도를 작성하고, 주성분 대상(연구대상 기업)들의 상대적 위치를 평가할 수 있는데, 이러한 특성을 이용하면, 재무 경쟁력에 따라 기업들을 군집화 할 수 있다. 그러나 유도된 주성분이 여러 개이고, 작성하고자 하는 지각도는 이차원일 경우 첫 번째와 두 번째 주성분을 제외한 나머지 주성분은 버려야 하기 때문에 이에 따른 정보손실을 감수해야 하는 단점이 있다.

군집분석은 연구 대상들이 가지고 있는 다양한 특성의 유사성을 바탕으로 연구 대상들을 동질적인 집단(cluster)으로 묶어주는 방법으로 연구 대상들을 몇 개의 동질적인 집단으로 묶어 구분함으로써 동일 집단 내에 속해 있는 연구 대상들의 공통된 특성을 조사하기 위해 사용된다. 주로 탐색적인 수준의 연구에서 사용된다. 또한 덴드로그램(dendrogram)형태의 군집분석 결과는 시각적으로 효과적이지 못하다.

다차원척도법은 연구 대상들을 일정한 평가기준에 의거하여 지각도상에 나타낼 수 있는 방법으로 다차원 척도법의 군집화 결과는 SOM이 제공하는 최종결과와 매우 유사하다. 그러나 다차원척도법은 자료에 극단 값이 존재할 경우 나머지 군집간의 경계가 지나치게 가까워져 지도 상에서 의미 있는 시각적 정보를 상실할 가능성이 매우 높은 단점을 가지고 있다.

3. Tier모형에 대한 이론적 접근⁵⁾

Thanassoulis(1995)가 제시한 방법으로서, 먼저 첫 번째 단계인 Tier분석에서는 DEA를 통한 모든 의사결정단위들의 상대적 효율성 점수를 계산하며, 효율성 점수가 100인 의사결정단위들을 Tier 1이라 정한다. 두 번째 단계에서는 Tier 1단계에서 효율적인 의사결정단위를 제외시키고 효율성을 측정하는데 두 번째 단계에 효율성 점수가 100인 의사결정단위들을 Tier 2라고 한다. 세 번째 단계에서도 두 번째 단계의 과정과 마찬가지로 Tier 2에 속하지 않는 비효율적인 의사결정단위들을 대상으로 다시 DEA를 실행하여 효율성 점수가 100인 의사결정단위를 Tier 3라고 한다. Tier 1에서 효율적인 참조항만들은 장기적인 벤치마킹 대상이며, Tier 2에서는 중기적, Tier 3는 단기적인 벤치마킹대상이 된다.

Tier모형은 층화모형(Stratification Model)이라고도 칭하며, 컨텍스트의존형 모형의 일부에

4) 민재형 · 이영찬, (2001), pp.4-5, 박노경(2010), pp.49-51에서 축약하여 전재함.

5) 자세한 내용은 박노경(2009c), pp.18-19를 참고하시기 요망.

속한다. 위와 같은 모형들에 대한 특성비교는 박노경(2012)에 제시되어 있다.

4. 설문조사를 통한 자기조직화지도 신경망 모형과 Tier모형을 이용한 실증분석을 위한 모형개발

(1) 설문조사를 통한 자기조직화지도 신경망모형 및 Tier모형에 대한 실증분석을 위한 모형개발

1) 설문조사의 방법, 기간 및 설문조사 결과

〈표 2〉와 관련된 설문지는 2013년 6월 1일부터 2013년 6월 30일 사이에 지방해양항만청 담당자들에게는 전화를 이용한 직접 면담방법을 이용하였으며, 항만관련 전문가 및 교수에게서는 e-mail을 통해서 수집되었다.[항만업계, 선주, 하주의 의견이 반영되지 못한 한계가 있음]. 대상은 항만분야 전공교수 9명, 항만분야전문가(한국해양수산개발원) 3명, 각 지방해양수산청 11명으로 총24명에게 설문지를 발송하였으나 20명에게서 회답을 받았다. 회수율은 약 83%였다[교수 7명, 항만분야 전문가 2명, 각 지방해양수산청 항만담당자 11명]. 다음과 같은 설문지의 내용에 대한 의견이 제기되었다. 첫째, 투입요소에 대해서는 물류인프라, 운송료, 장치장, 면적, 배후부지, 장비수, 회전율(야드보관 및 반출), 부두규모, 일반잡화부두, 접안시설, 선박입출항수, 하역장비, 항만부대시설, 내수용 산화물보관을 위한 창고면적 등을 추가해야만 함, 둘째, 산출요소에 대해서는 하역단위당 수익, 선박입출항 척수를 추가해야만 함. 셋째, 국토교통부/해양수산부의 정책적인 지원요청사항에 대한 질문의 답은 다음과 같다. ① 항만시설사용료가 높다. 제도적으로 화주업체들의 항만시설사용료를 낮추어야만 함, ② 입항항로의 위험요소 제거, 적정항로수심확보에 투자확대요청, ③ 국가재원 투자확대, 자동차항만으로의 특화, ④ 주변기간시설미비, 사회간접시설 예측을 통한 투자예산 확보, ⑤ 해수면관할구역확대, 컨테이너화물을 지리적으로 근접한 항만에서 유치할 수 있도록 지원요청, ⑥ 항만시설확충, 트리거물(수요예측) 시스템으로만 시설확충을 예측할 것이 아니라 공급항만으로서의 기능을 할 수 있도록 지원 요청함, ⑦ 수심유지준설비용의 조기집행요청, ⑧ 인프라구축을 위한 항만투자, 용역서비스여건 미비, 공간적으로 투자범위 및 여건이 미비하여 완전하게 투자하기 어려움, ⑨ 국가관리항만과 지방자치단체관리항만으로 관리가 변경되었으나, 현실적으로 지방관리항들에 대해서 지방자치단체자체가 관리하기가 힘들.

위와 같은 지적에도 불구하고 본 논문에서 Containerization International Yearbook을 활용하여 〈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 3〉과 같은 모형으로 결정하였다. 클러스터링 해야만 한다고 생각되는 선호항만은 중국과 상해항이 압도적이

었으며, 싱가포르항과 홍콩항이 그 뒤를 이었다. 일본항 중에서는 오사카항과 동경항이 선호되고 있는 것으로 나타났으며, 항만의 특성상 러시아 블라디보스톡항이 2번 선호되었다. 투입-산출요소에 대해서는 약 57.5%만큼의 전문가들이 80-90% 수준에서 만족하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 2〉 아시아항만의 클러스터링을 분석하기 위한 모형개발(투입-산출요소)에 대한 전문가 만족도 및 클러스터링 선호 항만 조사 결과

만족도 / 응답자	①투입요소, ②산출요소에 대한 만족도 조사결과								클러스터링 선호항만 (선호 우선순위에 의한 3개 항만)
	0-29%	30-39%	40-49%	50-59%	60-69%	70-79%	80-89%	90-100%	
1					①	②			상해, 홍콩, 싱가포르
2						①	②		상해, 오사카, 카오슝
3							②	①	상해, 싱가포르, 두바이
4						②	①		싱가포르, 오사카, 두바이
5							①②		상해, 싱가포르, 카오슝
6					①	②			상해, 홍콩, 싱가포르,
7							①②		싱가포르, 두바이, 홍콩
8							①②		상해, 동경, 홍콩,
9							①②		동경, 상해, 오사카
10							①②		상해, 싱가포르, 카오슝
11				①②					상해, 홍콩, 동경, 블라디보스톡
12							①②		상해, 요코하마, 싱가포르
13						①②			상해, 홍콩, 카오슝
14							①②		상해, 홍콩, 하이퐁
15						①②			오사카, 상해, 동경
16							①②		상해, 닝보, 청도
17							①②		청도, 상해, 베트남항
18							②	①	상해, 방콕, 오사카
19				①			②		상해, 동경, 오사카
20					①			②	블라디보스톡, 사카이미나토, 스루가
합계				3	3	8	23	3	40

2) 설문조사결과에 의한 자기조직화지도신경망모형 및 Tier모형 개발

〈표 2〉의 결과에 의해서 〈표 3〉과 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 것이다.

〈표 3〉 아시아 항만들의 클러스터링 측정을 위해 개발된 모형

모형	대상기간	산출요소	투입요소	대상항만 수
자기조직화 신경망 모형 및 Tier 모형	2000~2011	컨테이너화물처리량 (TEU)	선석길이(m)	418개
			수심(m)	
			총면적(평방미터)	
			크레인수(개)	

5. 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 3〉과 같다. 분석대상은 아시아 38개 항만(총 418개 항만)의 11년간(2001년-2011년)으로 하였다. 각 변수의 단위는 다음과 같다. 투입요소는 선석길이(m), 수심(m)[평균치], 총면적(평방미터), 크레인 수(개)[갯트리, Quay, 모바일, 플로팅 크레인 수]로 하였으며, 산출요소는 컨테이너화물처리량(TEU)이다. 또한 2011년 자료는 통계자료의 발표지연 및 변경 때문에, 박노경(2014, p.71)의 방법으로 계산하였다. 11년간의 자료를 수집⁶⁾하고 정리하는 과정에서 오류가 발생할 수도 있었음을 밝혀둔다. 실증분석은 첫째, 2010년도의 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 대표 되는 항만들을 벤치마킹하는 경우의 클러스터링을 측정한다. 각 국가별 항만들의 항만번호 및 명칭은 다음 〈표 4〉와 같다. 또한 실증분석에 사용된 자료의 기술통계치는 〈표 5〉에 제시하였다.

6) 자세한 내용은 박노경(2013)을 참고하시기 요망.

〈표 4〉 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
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			

(2) 실증분석에 사용한 자료에 대한 기술통계치

〈표 5〉에는 실증분석에 사용된 기술통계치를 제시하였다. 첨도수치로 보면 5개의 변수들이 각각 정규분포보다 뾰족한 모형을 갖고 있으며, 왜도수치로 보면 평균이 중앙값보다 큰 오른쪽 꼬리(수심 : 왼쪽꼬리)모양을 갖고 있다. 최소값(2001년 가장 낮은 값)과, 최대값(2011년 가장 높은 값)은 년도 별 상대적 효율성을 측정하는 데는 큰 문제는 없다고 본다.

〈표 5〉 실증분석에 사용된 기술통계치

구분/요소	선석길이	수심	총면적	크레인수	총처리량
평균	3852.66	12.84	1420184	38.42	5579162
표준편차	3884.57	1.95	1500193	61.78	16441237
분산	15089910	3.83	2.25E+12	3816.88	2.7E+14
중앙값	3192	13	1018502	19	2227006
첨도	29.89	3.65	8.38	24.88	186.50
왜도	4.22	0.04	2.52	4.42	12.58
최소값	100	6.67	60000	1	1205042
최대값	38109	25	10050300	507	271710000
관측수	418	418	418	418	418

(3) 규모수확가변하의 투입지향모형(CCR, 규모수확 가변)에 대한 효율성 측정 및 참조집단을 통한 클러스터링 결과(2010년도 자료이용)

〈표 6〉에는 규모수확가변하의 투입지향모형에 대한 효율성을 측정하고, 참조집단에 의한 클러스터링 결과를 제시하였다. 규모수확가변하의 투입지향모형은 클러스터링을 위한 참조집단이 규모수확가변모형에 비해서 단순하여 규모수확가변모형을 선택하였다.

국내항만들의 경우를 살펴보면, 부산항은 31번(마닐라항), 11번(홍콩항), 33번(싱가포르항), 12번(상해항)의 순위로 클러스터링하고, 인천항은 32번(다바오항), 10번(아덴항), 38번(방콕항), 14번(닝보항)과 클러스터링하고, 광양항은 10번(아덴항), 38번(방콕항), 14번(닝보항)과 클러스터링하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

〈표 6〉 규모수확가변하의 투입지향모형에 대한 효율성 측정 및 참조집단을 통한 클러스터링 결과(2010년 자료 이용)

항만/ 구분	효율성 수치	클러스터링(참조집단과 참조집단으로서 반영된 비율에 의한 클러스터링)
1	0.72018	10,0.158, 14,0.026, 18,0.703, 32,0.112
2	0.95787	10,0.161, 14,0.039, 32,0.507, 38,0.293
3	1,0	
4	1,0	
5	1,0	
6	0.61725	12,0.017, 14,0.079, 18,0.619, 38,0.284
7	0.76388	14,0.023, 18,0.170, 30,0.376, 32,0.431
8	0.92831	12,0.017, 14,0.815, 18,0.10, 38,0.069
9	0.78825	14,0.177, 30,0.558, 32,0.131, 38,0.134
10	1,0	
11	1,0	
12	1,0	
13	0.98712	12,0.108, 14,0.464, 33,0.10, 38,0.328
14	1,0	
15	0.89799	11,0.146, 14,0.625, 38,0.229,
16	1,0	
17	0.91729	12,0.031, 14,0.117, 18,0.720, 30,0.132
18	1,0	
19	0.73945	14,0.256, 32,0.175, 38,0.569
20	0.70463	10,0.069, 14,0.163, 38,0.769
21	0.72140	31,0.082, 33,0.045, 38,0.873
22	0.74995	10,0.451, 14,0.136, 38,0.413
23	0.76633	10,0.497, 14,0.030, 38,0.473
24	0.77617	11,0.347, 12,0.032, 31,0.446, 33,0.175
25	0.85204	10,0.215, 14,0.10, 32,0.538, 38,0.147
26	0.68629	10,0.515, 14,0.102, 38,0.383,
27	0.75339	12,0.098, 14,0.161, 33,0.105, 38,0.636
28	0.94842	4,0.359, 14,0.460, 30,0.181,
29	0.93863	14,0.032, 18,0.023, 30,0.729, 38,0.217
30	1,0	
31	1,0	
32	1,0	
33	1,0	
34	0.89391	14,0.243, 32,0.319, 38,0.438
35	0.86259	10,0.166, 14,0.103, 32,0.559, 38,0.172
36	0.88217	14,0.514, 33,0.064, 38,0.422
37	0.62090	12,0.025, 31,0.269, 33,0.122, 38,0.584
38	1,0	

(4) 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 항만의 클러스터링 측정

1) 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링에 관한 실증분석 결과

〈표 7〉에는 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링 측정결과를 제시하였다.

실증분석은 NNClust(Neural Network based Clustering using Self Organizing Maps)를 이용하였다. 또한 영역의 위치를 표시한 자기조직화지도와 각 영역별 클러스터 평균, 클러스터의 분산도는 지면 관계상 생략하기로 한다.

〈표 7〉에는 2010년 자료를 이용한 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링 측정결과를 제시하였다. 클러스터링 영역 1에 속한 항만은 32번 다바오항, 영역 2는 38번 방콕항, 영역 3은 7번(담만), 15번(칭타오), 21번(고베), 33번(싱가폴), 영역 4는 10번(아덴), 19번(동경), 20번(요코하마), 27번(포트클랑), 30번(모하마드 빈 오아심), 31번(마닐라), 34번(콜롬보), 35번(킬롱)으로 나타났다. 영역 5는 2번(하이파), 3번(아카바), 6번(제다), 8번(두바이), 9번(크호르 파칸), 11번(홍콩), 12번(상해), 13번(광저우), 14번(닝보), 17번(탄중프리옥), 22번(나고야), 25번(인천), 26번(광양), 28번(탄중펠레파스), 29번(카라치), 36번(카오슝), 영역 6은 5번(술탄카부스), 16번(첸나이), 영역 7은 4번(베이루트), 24번(부산), 37번(림차방)으로 나타났다. 요컨대, 국내항만들은 영역 5에 속한 항만들과 영역 7에 속한 항만들과 클러스터링 하는 것이 좋을 것으로 나타났다.

〈표 7〉 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링 측정결과(2010년 자료)

번호	항만 명	클러스터링 영역	번호	항만 명	클러스터링 영역
1	Shahid Rajae	5	22	Nagoya	5
2	Haifa	5	23	Osaka	8
3	Aqaba	5	24	Busan	7
4	Beirut	7	25	Incheon	5
5	Port Sultan Qaboos	6	26	Gwangyang	5
6	Jeddah	5	27	Port Klang	4
7	Dammam	3	28	Tanjung Pelepas	5
8	Dubai	5	29	Karachi	5
9	Khor Fakkan	5	30	Port Mohammad Byin Oasim	4
10	Aden	4	31	Manila	4
11	Hongkong	5	32	Davao	1
12	Shanghai	5	33	Singapore	3
13	Guangzhou	5	34	Colombo	4

14	Ningbo	5	35	Keelong	4
15	Qingdao	3	36	Kaosiung	5
16	Chennai	6	37	Leam Chanbang	7
17	Tanjung Priok	5	38	Bangkok	2
18	Janjung Perak	8			
19	Tokyo	4			
20	Yokohama	4			
21	Kobe	3			

2) 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링 후의 국내항만들의 효율성 변화 측정

〈표 8〉에는 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링 측정결과를 제시하였다.

부산항의 경우에는 영역 7에 속한 항만들에 대해서 효율성을 측정한 결과 효율적(1.0)으로 나타났다. 따라서, 인천항, 광양항과의 비교를 위해서 그들 항만이 속한 영역 5에 속한 17개의 항만들과 동일한 영역으로 합산하여 측정한 결과를 제시하였다. 요컨대, 다음과 같은 결과로 요약할 수 있다. 첫째, 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링 결과에 의한 국내 항만들의 효율성은 부산항은 6.9%, 인천항은 17.36%, 광양항은 5.7% 씩 각각 증가하는 것으로 나타났다. 둘째, 부산항의 경우에는 원래 속한 영역 7에 속한 항만들끼리의 효율성 측정에서는 효율성수치가 1.0이 되었으므로, 영역 7의 클러스터링에 따른 효율성은 28.8%만큼 크게 증대되는 것으로 나타났다.

〈표 8〉 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링 측정결과(2010년 자료)

국내항만 번호 및 항만명	클러스터링 전의 효율성	클러스터링 전의 참조집단	클러스터링 후의 효율성 수치	클러스터링 후의 참조집단
24. 부산항	0.77617	11.0.347, 12.0.032, 31.0.446, 33.0.175	0.83017	2.0.497, 11.0.196, 12.0.307
25. 인천항	0.85204	10.0.215, 14.0.10, 32.0.538, 38.0.147	1.0	
26. 광양항	0.68629	10.0.515, 14.0.102, 38.0.383,	0.72810	2.0.928, 13.0.054, 14.0.017

〈표 9〉에는 11년 동안의 자기조직화지도 신경망모형을 이용한 클러스터링의 측정결과를 제시하였다. 숫자는 클러스터링의 영역을 의미한다. 다년간의 추세를 간단하게 요약해 보면, 24번(부산항)은 국내의 다른 인천항 및 광양항과 다른 영역에 속하고 있으며, 25번(인천항), 26번(광양항)은 유사한 클러스터링영역에 속하고 있음을 알 수 있다.

〈표 9〉 11년 동안의 자기조직화지도 신경망모형에 의한 클러스터링 측정결과
 [숫자는 클러스터링 영역을 표시함]

항만/ 구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	7	5	7	3	4	5	5	5	6	5	5
2	7	5	5	4	5	6	4	4	4	5	5
3	7	5	5	4	6	4	7	5	6	5	5
4	7	5	8	6	4	5	7	6	8	7	5
5	7	5	5	3	5	5	4	4	4	6	5
6	4	4	6	7	4	4	4	5	6	5	5
7	8	5	5	4	5	5	7	5	6	3	5
8	4	4	6	9	3	3	6	5	5	5	3
9	7	5	7	4	5	4	5	3	6	5	5
10	8	5	5	3	5	4	4	8	3	4	5
11	1	3	2	5	1	2	6	8	10	5	2
12	6	5	4	5	2	2	6	8	10	5	1
13	7	5	5	3	4	3	6	7	10	5	5
14	7	8	6	4	4	6	6	5	6	5	5
15	7	5	6	4	4	3	6	5	6	3	5
16	7	5	7	3	5	5	5	4	4	6	5
17	6	5	4	5	3	5	5	4	7	5	5
18	6	5	5	3	5	5	3	3	3	8	5
19	5	8	6	9	4	6	6	5	6	4	5
20	4	4	6	8	3	6	6	7	6	4	5
21	3	4	8	9	4	5	5	5	6	3	5
22	5	6	8	6	8	5	7	8	8	5	5
23	7	6	7	8	4	5	5	4	6	8	5
24	3	2	3	5	3	1	6	8	9	7	3
25	7	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5
26	7	5	6	8	4	5	5	5	6	5	5
27	4	4	6	9	3	4	6	8	6	4	5
28	5	8	6	7	4	4	6	5	6	5	5
29	8	5	5	2	5	5	4	4	4	5	5
30	8	5	5	3	5	4	4	3	4	4	5
31	4	4	4	8	4	5	1	1	1	4	5
32	8	5	5	1	5	5	3	3	3	1	5
33	2	1	1	5	1	2	6	8	10	3	3
34	8	5	8	6	7	5	7	4	4	4	5
35	8	7	5	4	5	5	7	4	4	4	5
36	3	3	4	9	4	6	6	5	6	5	5
37	7	6	6	8	3	2	6	8	6	7	4
38	6	7	4	8	5	5	2	2	2	2	5

〈표 10〉 11년 동안의 가변수확하의 투입지향모형에 의한 효율성 측정결과 및 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링 후의 국내항만들의 효율성변화

항만/ 구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
1	0.7871	0.9030	0.7288	0.7574	0.6727	0.7205	0.7602	0.7576	0.7477	0.7202	0.6947	
2	0.9697	1.0	1.0	0.9407	0.8733	0.8619	0.8046	0.8640	0.9138	0.9579	0.7916	
3	0.9591	0.7924	0.7923	0.5431	0.6588	0.6587	0.8365	1.0	1.0	1.0	1.0	
4	0.8943	0.8928	0.7160	0.6290	0.7185	0.7215	0.6043	0.6389	0.7493	1.0	0.8121	
5	0.9273	0.8445	0.8465	0.8813	0.8237	0.8245	0.7883	0.9001	0.9096	1.0	1.0	
6	0.6249	0.6183	0.6237	0.6503	0.7059	0.6625	0.7812	0.6889	0.7495	0.6173	0.5412	
7	0.9121	0.8570	0.8583	0.6979	0.7542	0.7499	0.7251	0.7446	0.7760	0.7639	0.7473	
8	0.7600	0.7590	0.7655	1.0	0.7938	0.6773	0.8608	0.9017	1.0	0.9283	0.6310	
9	0.7969	0.6701	0.7263	0.7131	0.8879	0.6136	0.7313	0.7858	0.8434	0.7883	0.7250	
10	0.9415	0.6204	0.9282	0.8766	0.9247	0.5184	0.8159	0.9461	0.9929	1.0	0.9472	
11	1.0	0.6285	1.0	1.0	1.0	0.6067	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6301	
12	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7388	
13	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7638	0.7380	0.9659	1.0	1.0	0.9817	0.7038	
14	0.6882	0.6849	0.6951	0.9004	0.9386	0.6838	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8014	
15	1.0	1.0	0.6980	1.0	1.0	0.5387	0.8911	0.8647	0.9380	0.8980	0.6381	
16	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8830	
17	1.0	1.0	0.9708	0.6649	0.7130	0.7709	0.6807	0.7625	0.8770	0.9173	0.7588	
18	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9467	0.8219	0.8797	1.0	1.0	0.9175	
19	0.7428	0.7371	0.7330	0.7098	0.7706	0.7001	0.6063	0.5927	0.7403	0.7395	0.7363	
20	0.6885	0.6885	0.6712	0.6361	0.6999	0.6807	0.6042	0.6577	0.7111	0.7046	0.6938	
21	0.6525	0.6667	0.6561	0.5988	0.6605	0.7028	0.5611	0.6098	0.6995	0.7214	0.6418	
22	0.7532	0.7493	0.7579	0.6950	0.7721	0.7241	0.6250	0.6082	0.7100	0.7499	0.7382	
23	0.8193	0.7720	0.7684	0.7212	0.7373	0.7347	0.6295	0.6683	0.7588	0.7663	0.7482	
24	전	0.7324	0.8024	0.7602	0.7302	0.7566	0.5730	0.7661	0.8072	0.8698	0.7762	0.6081
	후	1.0	1.0	1.0	0.9302	1.0	1.0	0.9346	0.9743	1.0	0.8302	0.6081
25	전	0.8234	0.7855	0.7860	0.7611	0.7848	0.7752	0.7627	0.8057	0.8480	0.8520	0.8337
	후	0.9521	0.7935	0.8300	0.9155	0.8311	0.8601	1.0	1.0	0.9465	1.0	0.8337
26	전	1.0	0.6663	0.6867	0.6364	0.6483	0.6510	0.6038	0.6411	0.6881	0.6863	0.6617
	후	1.0	0.6663	1.0	0.7160	1.0	0.7283	0.8397	0.9225	0.9229	0.7281	0.6617
27	0.7068	0.7001	0.6891	0.5851	0.7226	0.6258	0.6757	0.6888	0.7770	0.7534	1.0	
28	0.6533	0.6532	0.6677	0.7310	0.7211	0.6486	0.7168	0.7818	1.0	0.9484	0.5365	
29	0.9254	0.9067	0.9046	0.9165	0.8151	0.8157	0.8022	0.8706	0.9097	0.9386	0.7905	

30	1.0	0.8988	0.9001	0.7797	0.7952	0.8994	0.8728	1.0	1.0	1.0	1.0
31	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7507	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
32	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
33	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6717	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6085
34	0.8642	1.0	0.8199	0.7030	0.8479	0.8010	0.8762	0.9231	0.9297	0.8939	0.7930
35	0.9638	0.9129	0.9341	1.0	1.0	1.0	0.7676	0.8027	0.8189	0.8626	0.8163
36	0.7988	0.8374	0.7985	0.8685	1.0	0.6788	0.9365	0.8896	0.9267	0.8822	0.7356
37	1.0	0.7114	0.7057	0.5954	0.6294	0.6082	0.4859	0.4898	0.6119	0.6209	0.5674
38	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8997	0.9379	0.9965	1.0	1.0	1.0

〈표 10〉는 11년 동안의 가변수확하의 투입지향모형에 의한 효율성 측정결과 및 자기조직화 지도 신경망 모형에 의한 클러스터링 후의 국내항만들의 효율성변화를 제시하였다. 즉, 부산항은 평균적으로 보면 0.74384에서 클러스터링 후에 0.9343로 26.492%만큼 효율성이 증대되었으며, 인천항은 0.8016에서 클러스터링 후에 0.9057로 13.05%만큼 증대되었고, 광양항은 0.6882에서 클러스터링 후에 0.8378로 22.95%만큼 효율성이 증대되었다. 요컨대, 클러스터링 후에 부산항, 광양항, 인천항의 순서로 효율성이 증대되었다. 따라서, 부산항, 인천항, 광양항은 〈표 9〉에서 년도 별로 같은 클러스터링 영역에 속한 항만들끼리 클러스터링을 고려하는 것이 효율성을 높이는데 좋을 것으로 판단된다.

(5) Tier모형을 이용한 항만의 클러스터링 측정

〈표 11〉 Tier 모형[규모수확가변하의 투입지향모형]을 이용한 국내항만들의 클러스터링 (2010년도 자료 이용)

항만/구분	단계	효율성 수치	참조집단과 람다값	효율적인 항만들	비고
부산	1	0.77617	11:0.347, 12:0.032, 31:0.446, 33:0.175	3, 4, 5, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 30, 31, 32, 33, 38	
인천	1	0.85204	10:0.215, 14:0.100, 32:0.538, 38:0.147		
광양	1	0.68629	10:0.515, 14:0.102, 38:0.383		
부산	2	1.0		2, 7, 8, 9, 13, 15, 17, 24, 25, 28, 29, 35	
인천	2	1.0			
광양	2	0.72970	2:0.925, 8:0.025, 13:0.050		
광양	3	1.0		1, 22, 23, 26, 27, 34, 36	

〈표 11〉에서는 규모수확가변하의 투입지향모형 하에서 Tier모형에 의한 국내항만들의 클러스터링을 측정하였다. 1단계에서는 부산, 인천, 광양항 등이 모두 비효율적으로 나타났으며, 참조항만들을 살펴보면, 부산항(홍콩, 상해, 마닐라, 싱가포르), 인천항(아덴, 닝보, 다바오, 방콕), 광양항(아덴, 닝보, 방콕)으로 나타났다. 2단계에서는 부산항과 인천항은 효율적으로 나타났으며, 광양항은 하이파, 두바이, 광저우 항들이 참조항만으로 나타났다. 3단계에서는 광양항도 효율적으로 나타났다. 여기서 우리는 두 가지 사항에 주목을 할 수 있다. 즉, Tier모형에 의한 클러스터링은 첫째, 효율적인 항만들끼리 클러스터링을 하는 방법이 있으며, 둘째, 국내항만들은 1단계는 장기적인 측면에서 클러스터링, 2단계는 중기적인 측면에서 클러스터링, 3단계는 단기적인 측면에서 클러스터링을 하면 좋을 것으로 판단된다. 광양항의 경우에는 단기적으로는 1번 항인 사이드라자이, 22번 항인 나고야, 23번 항인 오사카, 27번 항 포트클랑, 34번 항 콜롬보, 36번 항 카오슝항과 클러스터링을 하고, 중기적으로는 하이파, 두바이, 광저우항, 장기적으로는 아덴, 닝보, 방콕항과 클러스터링을 하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 아래의 〈표 12〉에서는 규모수확 가변하에서 Tier모형에 의한 단계별 효율적인 항만끼리의 11년간의 클러스터링을 보여 주었다. 여기서 문제가 되는 것은 과연 어떤 단계를 효율적으로 구분하는가 하는 문제이다. 박노경(2012, p.67)에서 제시한 바와 같이 각 년 도별 단계를 가장 효율적, 효율적, 중정도 효율적, 하위의 효율적인 단계로 정확하게 구분하는 방법은 Ulucan and Atici(2010), Seiford and Zhu(2003)에서도 명시되어 있지 않다. 또한 단계를 단기, 중기, 장기의 단계로 구분하는 방법도 제시되어 있지 않으므로 항만이 속한 단계를 기준으로 임의적으로 판단하는 것이 좋을 것으로 보인다. 예를 들면, 인천항은 2001년에 3단계에 효율적인 항만들에 속해 있는데, 3단계는 단기적, 2단계는 중기적, 1단계는 장기적인 것으로 판단하고, 각각의 단계에서 참조집단, 또는 효율적인 항만들끼리 클러스터링 하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

〈표 12〉에 의거하여 국내항만들이 효율적이 된 단계를 살펴보면 다음과 같다. 즉, 부산항(2,2,2,2,2,3,2,2,2,2,3), 인천항(3,3,3,3,3,3,2,2,2,2), 광양항(1,2,2,4,4,4,4,4,3,4)로 나타났으므로 부산항 → 인천항 → 광양항의 순서로 효율적으로 되었다는 것을 알 수 있다. 특히 최근에 부산항과 인천항은 2단계에서 효율적이 될 정도로 효율성이 증대되었으나, 광양항은 더 악화되고 있는 것으로 나타났다. 따라서 1단계, 2단계, 3단계에서 참조항만들로 나타난 항만들과 그리고 략다 값이 큰 항만들과 클러스터링을 하는 방안도 모색되어야만 할 것으로 판단된다.

〈표 12〉 Tier 모형에 의한 단계별 효율적인 항만끼리의 클러스터링 [규모수확가변]

연도	단계	효율적인 항만 번호[〈표 4〉에 표시된 항만 번호임]
2001	1	11,12,13,15,16,17,18,26,30,31,32,33,37,38
	2	1,2,3,4,5,9,10,24,29,34,35,36
	3	7,8,19,23,25,27,28
	4	14,20,22
	5	6,21
2002	1	2,12,13,15,16,17,18,31,32,33,34,38
	2	1,3,4,5,9,24,26,29,30,35,36
	3	7,8,10,25,27,28,37
	4	14,19,22,23,
	5	6,20,21,
	6	11
2003	1	2,11,12,13,16,18,31,32,33,38
	2	1,3,5,8,9,10,17,24,26,30,35,36
	3	7,14,25,27,28,29,34,37
	4	6,15,19,22,23
	5	4,20,21
2004	1	8,11,12,13,15,16,18,31,32,33,35,38
	2	2,3,5,9,10,14,24,29,36
	3	1,19,23,25,27,28,30,34
	4	6,7,17,20,22,26,37
	5	4,21
2005	1	11,12,15,16,18,32,33,35,36,38,
	2	3,5,8,9,10,14,24,29,30,34,
	3	2,7,13,19,25,27,28
	4	1,6,17,22,23,26,31,37
	5	4,20,21
2006	1	12,16,31,32,35
	2	1,3,6,11,14,18,30,33,36,38
	3	2,5,8,9,13,15,17,19,24,25,28,29,34,
	4	7,10,22,23,26,27,
	5	4,20,21,37
2007	1	11,12,14,16,31,32,33
	2	3,8,9,13,15,18,24,28,30,34,36,38
	3	1,2,5,6,7,10,17,25,27,29,35,
	4	4,19,20,21,22,23,26,37
2008	1	3,11,12,13,14,16,30,31,32,33
	2	5,8,9,10,15,18,24,25,28,29,34,35,36,38
	3	1,2,6,7,17,27
	4	4,19,20,21,22,23,26,37
2009	1	3,8,11,12,13,14,16,18,28,30,31,32,33,38
	2	5,9,10,15,24,25,29,34,36

	3	2, 6, 7, 17, 27, 35,
	4	1, 4, 19, 20, 23, 26, 37
	5	21, 22
2010	1	3, 4, 5, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 30, 31, 32, 33, 38
	2	2, 7, 8, 9, 13, 15, 17, 24, 25, 28, 29, 35,
	3	1, 22, 23, 26, 27, 34, 36
	4	6, 19, 20, 21, 37
2011	1	3, 5, 27, 30, 31, 32, 38
	2	10, 11, 12, 14, 16, 18, 25, 33, 35
	3	2, 4, 7, 9, 13, 15, 17, 24, 29, 34, 36
	4	1, 8, 19, 22, 23, 26, 28
	5	6, 20, 21, 37

(6) 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 모형을 이용한 아시아 컨테이너항만들의 클러스터링 측정

Tier모형을 이용한 단계별 클러스터링 항만들을 보여 주고 있는 <표 12>의 결과를 자기조직화지도 신경망모형에 접목시킨 클러스터링 측정결과는 <표 13-1>과 <표 13-2>에 제시하였다. 접목시키는 방법은 Tier모형에서 효율적인 항만들은 제외시키고, 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링 분석을 실시하였다.

이하에서는 부산, 인천, 광양항의 클러스터링 항만들에 초점을 맞추어 설명하고자 한다.

<표 13-1> 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 경우의 단계별 클러스터링 측정결과 및 추세분석

항만/ 년도	2001			2002			2003			2004			2005		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	4	효	효	4	효	효	4	효	효	2	2	효	4	5	3
2	3	효	효	효	효	효	효	효	효	3	효	효	2	8	효
3	3	효	효	4	효	효	4	효	효	1	효	효	4	효	효
4	3	효	효	4	효	효	3	6	2	3	4	1	4	7	5
5	3	효	효	4	효	효	4	효	효	2	효	효	3	효	효
6	7	3	1	3	6	3	3	6	3	3	4	5	4	5	2
7	3	4	효	4	1	효	4	4	효	2	3	6	4	8	효
8	7	6	효	3	5	효	3	효	효	효	효	효	4	효	효
9	4	효	효	4	효	효	4	효	효	2	효	효	4	효	효
10	1	효	효	4	2	효	4	효	효	2	효	효	1	효	효
11	효	효	효	2	6	1	효	효	효	효	효	효	효	효	효
12	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효

13	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	5	4	효
14	5	7	4	4	3	3	4	3	효	2	효	효	효	5	효	효
15	효	효	효	효	효	효	3	6	4	효	효	효	효	효	효	효
16	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효
17	효	효	효	효	효	효	4	효	효	3	4	5	4	2	2	효
18	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효
19	5	7	효	4	4	3	5	6	5	3	5	효	5	6	효	효
20	7	1	3	3	6	2	3	6	1	3	4	2	4	2	2	효
21	7	2	3	3	6	3	3	6	3	3	4	4	4	7	4	효
22	7	7	2	4	5	3	5	6	5	3	4	6	5	3	4	효
23	6	7	효	4	5	3	5	5	5	3	3	효	4	3	4	효
24	5	효	효	1	효	효	1	효	효	3	효	효	4	효	효	효
25	3	5	효	4	2	효	4	2	효	2	2	효	3	8	효	효
26	효	효	효	4	효	효	4	효	효	3	4	3	4	5	3	효
27	5	1	효	3	4	효	3	6	효	3	5	효	4	2	효	효
28	5	3	효	4	4	효	4	6	효	3	5	효	4	6	효	효
29	2	효	효	4	효	효	4	1	효	2	효	효	3	효	효	효
30	효	효	효	4	효	효	4	효	효	2	1	효	3	효	효	효
31	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	4	2	3
32	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효
33	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효
34	4	효	효	효	효	효	4	6	효	3	3	효	4	효	효	효
35	4	효	효	4	효	효	4	효	효	효	효	효	효	효	효	효
36	7	효	효	2	효	효	2	효	효	3	효	효	효	효	효	효
37	효	효	효	4	4	효	5	6	효	3	4	4	4	1	1	효
38	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효

〈표 13-2〉 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 경우의 단계별 클러스터링 측정결과

항만/ 년도	2006			2007			2008			2009			2010			2011		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	4	효	효	4	3	효	3	8	효	3	4	3	7	4	효	4	3	3
2	4	3	효	4	3	효	3	8	효	3	1	효	1	효	효	4	4	효
3	4	효	효	4	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효
4	4	4	4	4	3	2	3	8	2	3	5	2	효	효	효	4	4	효
5	4	1	효	4	3	효	3	효	효	3	효	효	효	효	효	효	효	효
6	4	효	효	4	3	효	3	5	효	3	3	효	7	5	2	4	10	6
7	4	3	2	4	3	효	3	7	효	3	3	효	8	효	효	4	1	효
8	3	4	효	3	효	효	3	효	효	효	효	효	5	효	효	3	10	8
9	4	4	효	4	효	효	3	효	효	3	효	효	8	효	효	4	2	효
10	4	4	1	4	3	효	3	효	효	3	효	효	효	효	효	4	효	효
11	3	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	2	효	효

12	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	1	효	효
13	1	4	효	4	효	효	효	효	효	효	효	효	11	효	효	4	10	효
14	4	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	4	효	효
15	4	4	효	4	효	효	3	효	효	2	효	효	5	효	효	4	5	효
16	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	4	효	효
17	4	4	효	4	3	효	3	8	효	3	2	효	3	효	효	4	6	효
18	4	효	효	4	효	효	3	효	효	효	효	효	효	효	효	4	효	효
19	4	4	효	4	3	3	3	6	2	3	3	3	7	9	3	4	7	2
20	4	4	4	4	3	2	3	3	2	3	4	3	11	8	3	4	7	5
21	4	4	3	4	3	2	3	7	2	3	4	4	10	2	4	4	10	7
22	4	4	4	4	3	2	3	4	2	3	5	5	9	6	효	4	4	2
23	4	4	3	4	3	2	3	8	2	3	2	1	6	3	효	4	9	1
24	3	4	효	1	효	효	1	효	효	1	효	효	11	효	효	3	10	효
25	4	2	효	4	3	효	3	효	효	3	효	효	3	효	효	4	효	효
26	4	4	2	4	3	2	3	5	2	3	4	4	7	7	효	4	10	4
27	4	4	4	4	2	효	3	2	효	3	3	효	11	1	효	효	효	효
28	4	4	효	4	효	효	3	효	효	효	효	효	7	효	효	4	5	4
29	4	2	효	4	3	효	3	효	효	3	효	효	2	효	효	4	3	효
30	4	효	효	4	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효
31	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효
32	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효
33	3	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	2	효	효
34	4	4	효	4	효	효	3	효	효	3	효	효	4	3	효	4	7	효
35	효	효	효	4	3	효	3	효	효	3	2	효	3	효	효	4	효	효
36	4	효	효	4	효	효	3	효	효	3	효	효	5	7	효	4	8	효
37	2	4	5	2	1	1	2	1	1	2	4	3	11	1	1	4	10	8
38	4	효	효	4	효	효	3	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효	효

〈표 13-1〉과 〈표 13-2〉에서 보면 클러스터링의 단계가 모두 3단계로 되어 있으며, 그것은 Tier분석방법에 의한 클러스터링 단계를 제시한 〈표 12〉에서의 항만들의 각각의 클러스터링 단계보다는 축소되었다는 것을 알 수 있다. 단계가 축소된 이유는 Tier분석방법을 자기조직화 지도 신경망모형에 접목시키고 클러스터링을 분석하는 경우에는, 단계별로 클러스터링이 되고 난 후에, 클러스터링의 대상이 되는 남아있는 항만의 숫자가 투입 및 산출 변수들의 개수인 5 개 이상이 되어야만 클러스터링 측정이 가능하기 때문이었다. 따라서 두 모형을 접목시킨 경우에는 효율적인 항만이 되기 위한 단계들이 모두 3단계로 줄어들었다.

효율성 변화 측면에서 다음과 같은 점을 발견할 수 있었다. 첫째, 부산항의 효율성이 인천항, 광양항에 비해서 더 크게 개선되었다. 둘째, 인천항은 2001년부터 2007년까지는 효율성이 더디게 개선되었으나, 2008년 이후에는 더욱 크게 개선되었다. 셋째, 광양항은 2001년부터 2003년까지는 개선도가 높았으나, 2004년 이후 부터는 지속적으로 개선도가 하락하였다.

(7) 자기조직화지도 신경망모형에 Tier모형을 접목시킨 경우의 국내항만들의 클러스터링 추세분석

〈표 13-1〉과 〈표 13-2〉에서 특별하게 부산, 인천, 광양항의 클러스터링 추세분석은 〈표 14-1〉과 〈표 14-2〉에 제시하였다. 실증분석 결과를 요약해 보면 다음과 같다.

첫째, 부산항은 2006년을 제외하고 2단계에서 모두 효율적이 되었으며, 인천항은 2001년부터 2007년까지는 3단계에서 효율적이 되었으며, 2008년, 2009년, 2010년, 2011년은 2단계에서 효율적이 되었다. 광양항은 2004년 이후 비효율적으로 나타났다.

둘째, 부산항은 장기적으로 효율적이 되기 위해서는 동경 항, 포트클랑 항, 탄중펠파스항, 콜롬보 항, 립차방 항과 클러스터링 하는 것이 좋을 것으로 나타났고, 인천항, 광양항은 중기적, 장기적으로 다수의 항만들과 클러스터링을 하는 것이 좋을 것으로 나타났으며, 특히 광양항은 인천항과 유사하게 중기적, 장기적인 클러스터링의 특성을 보이고 있지만, 단기적인 측면에서도 시급하게 베이루트, 동경, 요코하마, 코베, 나고야, 오사카, 담만항 등과 클러스터링을 하는 것이 좋을 것으로 나타났다.

〈표 14-1〉 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 경우의 국내항만들의 단계별 클러스터링 측정결과

항만/ 구분	2001			2002			2003			2004			2005		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
24	5영역	효	효	1 영역	효	효	1 영역	효	효	3 영역	효	효	4영역	효	효
	14,19, 27,28			단독			단독			2,4,6, 17,19, 20,21, 22,23, 26,27, 28,34, 36,37			1,3,4, 6,7,8, 9,17, 20,21, 23,26, 27,28, 31,34, 37		
25	3영역	5영역	효	4 영역	2 영역	효	4 영역	2 영역	효	2 영역	2 영역	효	3 영역	8 영역	효
	2,3, 4,5,7	단독		3,4,5, 7,9,10, 14,19, 22,23, 26,28, 29,30, 35,37,	10		1,3,5, 7,9,10, 14,17, 26,28, 29,30, 34,35	단독		5,7,9, 10,14, 29,30	1		5,29,30	2,7	

	효	효	효	4 영역	효	효	4 영역	효	효	3 영역	4 영역	3 영역	4 영역	5 영역	3 영역
26				3,4,5, 7,9,10, 14,19, 22,23, 25,28, 29,30, 35,37,			1,3,5, 7,9,10, 14,17, 26,28, 29,30, 34,35			2,4,6, 17,19, 20,21, 22,23, 24,27, 28,34, 36,37	4,6,16, 20,21, 22,37	단독	1,3,4, 6,7,8, 9,17, 20,21, 23,24, 27,28, 31,34, 37	1,6	1,31

〈표 14-2〉 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 경우의 국내항만들의 단계별 클러스터링 측정결과

항만/ 구분	2006			2007			2008			2009			2010			2011		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
24	3영역	4영역	효	1 영역	효	효	1 영역	효	효	1 영역	효	효	11 영역	효	효	3 영역	10 영역	효
	8,11, 33	4,8,9, 10,13, 15,17, 19,20, 21,22, 23,26, 27,28, 34,37		2,3,4, 5,6,7, 9,10, 13,15, 17,18, 19,20, 21,22, 23,27, 28,29, 30,34, 35,36									13,20, 27,37			8	6,8, 13,21, 26,37	
25	4그룹	2그룹	효	4 그룹	3 그룹	효	3 그룹	효	효	3 그룹	효	효	3그룹	효	효	4 그룹	효	효
	1,2,3, 4,5,6, 7,9, 10,14, 15,17, 18,19, 20,21, 22,23, 26,27, 28,29, 30,34, 36,38	29		1,2,3, 4,5,6, 7,9, 10,13, 15,17, 18,19, 20,21, 22,23, 26,27, 28,29, 30,34, 35,36, 38	1,2,4, 5,6,7, 8,9, 10,15, 17,18, 19,20, 21,22, 23,26, 29,35, 38					1,2,4, 5,6,7, 9,10, 17,19, 20,21, 22,23, 26,27, 29,34, 35,36,			17,35			1,2,4, 6,7,9, 10, 13,14, 15,16, 17,18, 19,20, 21,22, 23,26, 28,29, 34,35, 36,37		

	4영역	4영역	2영역	4영역	3영역	2영역	3영역	5영역	2영역	3영역	4영역	4영역	7영역	7영역	효	4영역	10영역	4영역
26	인천 항과 동일	4,8, 9,10, 13,15, 17,19, 20,21, 22,23, 24,27, 28,34, 37	7	인천 항과 동일 합	인천 항과 동일	4,20, 21, 22,23	인천 항과 동일	6	4,19, 20, 21,37	인천 항과 동일	1,20, 21,37	21	1,2,6, 19,26, 28,	36		인천 항과 동일	6,8, 13,21, 24,37	

(8) 자기조직화지도 신경망 모형과 Tier모형, 그리고 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 모형에 의한 측정결과 비교소고

〈표 15〉에는 자기조직화지도 신경망 모형에 의한 클러스터링 측정결과, Tier모형에 의한 측정결과, 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 모형에 의한 측정결과를 각각 제시하였다. 실증분석결과를 살펴보면 다음과 같은 두 가지 특성을 발견할 수 있었다. 첫째, 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 모형이 클러스터링을 더 포괄적으로 하고 있는 것을 부분적으로 발견할 수 있었다. 둘째, 인천항과 광양항이 동일한 클러스터링 항만들을 연도 별로 다수 공유하고 있음을 보여 주었다.

〈표 15〉 자기조직화지도 신경망 모형, Tier모형, 그리고 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 모형에 의한 측정결과

항만	구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
부산	SO M	21,36	2영역	3영역	11,12, 17,33	8,17,26, 27,37	1	8,11, 12,13,14, 15,19, 20,27, 28,33, 36,37	12,22, 27,33, 37	9	4,37	8,33
	Tier	1,2,3,4, 5,9,10, 24,29, 34,35,36	1,3,4,5,9, 24,26,29, 30,35,36	1,3,5,8,9, 10,17,24, 26,30,35, 36	2,3,5,9, 10,14, 24,29, 36	3,5,8,9, 10,14, 24,29, 30,34	2,5,8,9, 13,15, 17,19, 24,25, 28,29,3	3,8,9, 13,15, 18,24, 28,30, 34,36, 38	5,8,9, 10,15, 18,24, 25,28, 29,34, 35,36, 38	5,9,10, 15,24, 25,29, 34,36	2,7,8,9, 13,15, 17,24, 25,28, 29,35,	2,4,7,9, 13,15, 17,24, 29,34, 36

	접목	14, 19, 27, 28	1 영역	1 영역	2, 4, 6, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 34, 36, 37	1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 17, 20, 21, 23, 26, 27, 28, 31, 34, 37	8, 11, 33	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 34, 35, 36	효율	효율	13, 20, 27, 37	6, 8, 13, 21
인천	SO M	1, 2, 3, 4, 5, 9, 13, 14, 15, 16, 23, 37	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 29, 30, 32, 34	2, 3, 5, 7, 10, 13, 18, 29, 30, 32, 35	2, 3, 7, 9, 14, 15, 35	2, 5, 7, 9, 10, 16, 18, 29, 30, 32, 35, 38	1, 4, 5, 7, 16, 17, 18, 21, 22, 29, 31, 32, 34, 35, 38	1, 9, 16, 17, 21, 23	2, 5, 16, 17, 23, 29, 34, 35	2, 5, 16, 29, 30, 34, 35	1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 17, 22, 28, 29, 36	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 38
	Tier	7, 8, 19, 23, 25, 27, 28	7, 8, 10, 25, 27, 28, 37	7, 14, 25, 27, 28, 29, 34, 37	1, 19, 23, 25, 27, 28, 30, 34	2, 7, 13, 19, 25, 27, 28	2, 5, 8, 9, 13, 15, 17, 19, 24, 25, 28, 29, 3	1, 2, 5, 6, 7, 10, 17, 25, 27, 29, 35,	5, 8, 9, 10, 15, 18, 24, 25, 28, 29, 34, 35, 36, 38	5, 9, 10, 15, 24, 25, 29, 34, 36	2, 7, 8, 9, 13, 15, 17, 24, 25, 28, 29, 35,	10, 11, 12, 14, 16, 18, 25, 33, 35
	접목	2, 3, 4, 5, 7	3, 4, 5, 7, 9, 10, 14, 19, 22, 23, 26, 28, 29, 30, 35, 37,	1, 3, 5, 7, 9, 10, 14, 17, 26, 28, 29, 30, 34, 35	5, 7, 9, 10, 14, 29, 30	5, 29, 30	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 36, 38	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 35, 36, 38	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 29, 35, 38	1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 29, 34, 35, 36	17, 35	1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 28, 29, 34, 35, 36, 37
광양	SO M	인천과 동일	인천과 동일	6, 8, 14, 15, 19, 20, 27, 28, 37	20, 23, 31, 37	1, 4, 6, 13, 14, 15, 19, 21, 23, 28, 31, 36	인천과 동일	인천과 동일	1, 3, 6, 7, 8, 14, 15, 19, 28, 36	1, 3, 6, 7, 14, 19, 20, 21, 27, 28, 36, 37	인천과 동일	인천과 동일

Tier	11,12, 13,15, 16,17, 18,26, 30,31, 32,33, 37,38	1,3,4,5,9, 24,26,29, 30, 35,36	1,3,5,8,9, 10,17,24, 26,30,35, 36	6,7,17, 20,22, 26,37	1,6,17, 22,23, 26,31, 37	7,10,22,2 3,26, 27,	4,19,20,2 1,22, 23,26, 37	4,19,20,2 1,22, 23,26, 37	1,4,19, 20,23, 26,37	1,22,23,2 6,27, 34,36	1,8,19, 22,23, 26,28
접목	효율	3,4,5,7,9, 10,14,19, 22,23,25, 28,29, 30,35, 37,	1,3,5,7,9, 10,14,17, 26,28,29, 30,34, 35	2,4,6, 17,19, 20,21, 22,23, 26,27, 28,34, 36,37	1,3,4,6,7, 8,9,17, 20,21,23, 26,27, 28,31, 34,37	인천항과 동일	인천항과 동일	인천항과 동일	인천항과 동일	1,2,6, 19,26, 28,	인천항과 동일

IV. 결 론

본 논문에서는 아시아 항만들 간의 클러스터링 추세를 분석하기 위해서 첫째, 기존연구에서 는 다루지 못한 새로운 방법인 Kohonen(1982)이 제시한 자기조직화 지도 신경망 모형과 Tier 모형[Thanassoulis(1995), Seiford and Zhu(2003)]에 대해서 이론적으로 설명하였으며, 둘째, 아시아 38개 항만들의 11 년간 자료를 4개의 투입요소(선석길이, 수심, 총면적, 크레인 수), 1개의 산출요소(컨테이너화물처리량)를 이용하여 셋째, 자기조직화지도 신경망 측정방법 및 실제적용, Tier모형 측정방법 및 실제적용 넷째, 자기조직화지도 신경망 모형과 Tier모형을 접목시킨 모형의 실제적용, 다섯째, 2001년부터 2011년까지의 추세도 분석하였다. 실증분석의 주요한 결과는 다음과 같다.

첫째, 자기조직화지도 신경망모형에 의한 클러스터링 추세분석을 측정한 결과를 보면, 부산 항은 평균적으로 보면 0.74384에서 클러스터링 후에 0.9343로 26.492%만큼 효율성이 증대되었 으며, 인천항은 0.8016에서 클러스터링 후에 0.9057로 13.05%만큼 증대되었고, 광양항은 0.6882에서 클러스터링 후에 0.8378로 22.95%만큼 효율성이 증대되었다.

둘째, Tier모형에 의한 클러스터링 추세분석을 측정한 결과를 보면 1단계에서는 부산, 인천, 광양항들이 모두 비효율적으로 나타났으며, 참조항만들을 살펴보면, 부산항(홍콩, 상해, 마닐 라, 싱가포르), 인천항(아덴, 닝보, 다바오, 방콕), 광양항(아덴, 닝보, 방콕)으로 나타났다. 2단 계에서는 부산항과 인천항은 효율적으로 나타났으며, 광양항은 하이파, 두바이, 광저우 항들이 참조항만으로 나타났다. 3단계에서는 광양항도 효율적으로 나타났다.

셋째, 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목한 모형의 결과를 살펴보면, ① 부산항의 효율성이 인천항, 광양항에 비해서 개선되었다. ② 인천항은 2001년부터 2007년까지는 효율성이 더디게 개선되었으나, 2008년 이후에는 더욱 개선되었다. ③ 광양항은 2001년부터 2003년까지는 개선도가 높았으나, 2004년 이후 부터는 지속적으로 개선도가 하락하였다.

본 논문이 갖는 정책적인 함의는 다음과 같다. 첫째, 본 논문의 실증분석결과와 참조항만, 클러스터링항만들로서 나타난 항만들에 대한 항만개발, 운영에 대한 내용을 도입하여 실시하는 것이 필요하다. 즉, ① 자기조직화지도 신경망 모형에 의하면, 부산항은 크호르 파칸항, 베이루트항, 림차방항, 두바이항, 싱가포르항과 클러스터링을 하고, 인천항과 광양항은 아시아의 대부분의 항만들과 클러스터링 해야 한다. ② Tier모형을 이용한 분석결과, 클러스터링 항만들로서 나타난 항만들[부산항(홍콩, 상해, 마닐라, 싱가포르), 인천항(아덴, 닝보, 다바오, 방콕), 광양항(아덴, 닝보, 방콕, 하이파, 두바이, 광저우)]과 클러스터링, ③ 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier 모형을 접목시킨 모형의 측정결과를 살펴보면, 부산항(광저우, 요코하마, 포트클랑, 림차방), 인천항과 광양항은 거의 대부분의 항만들과 클러스터링을 하는 정책을 도입하여 시행해야만 한다. 둘째⁷⁾, ① 부산항은 화물처리 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 추진해야만 한다. 또한 외부적으로는 본 연구의 결과 나타난 중국, 일본, 동남아 항만들과의 국제적인 클러스터링 연계정책도 도입하여야만 한다. ② 국내항만들은 자기조직화지도 신경망 모형과 Tier모형의 측정결과인 <표 15>에서 제시하고 있는 국내 항만들과 외국항만들간의 클러스터링을 추진하는 한편, 클러스터링에 대한 단계별 추진성과를 항만운영평가나 경영전략에 도입함으로써 클러스터링을 통한 효율성을 개선해 나가야만 한다. 특히 부산항의 경우에는 자기조직화지도 신경망 모형과 Tier분석모형에서 클러스터링 대상으로 나타난 싱가포르항(2013년 부산항 컨테이너 물동량에서 싱가포르항이 차지하는 비중은 1.74%임)과의 클러스터링을 적극적으로 확대, 추진해야만 한다. 물론 2013년 부산항 컨테이너 물동량 비중이 큰 상위 3위항들 즉, 청도항(5.09%), 천진신항(4.87%), 상해항(4.54%)과도 클러스터링을 확대해야만 한다. 인천항도 본 분석에서 클러스터링 대상으로 나타난 닝보항(2.82%)과의 확대를 추진하는 한편, 청도항(11.83%), 상해항(11.46%), 위해항(5.83%)과도 클러스터링을 강화해야만 하며, 광양항도 닝보항(2.37%)과의 클러스터링을 확대하는 동시에, 상해항(5.81%), 홍콩항(4.93%), 천진신항(4.69%), 청도항(4.38%), 싱가포르항(3.66%)과 클러스터링을 확대해야만 한다. ③ III 장 4절의 설문조사에서 요구되고 있는 사항에 대한 국토교통부/해양수산부의 정책적인 지원을 위한 방안도 반영되어 입안되고 시행되어야만 한다. ④ 중국항만들과 협력적인 경쟁관계를 유지하기 위해서, 서해안 지역에 위치하고 인천, 서산, 군산항 등의 항만들과 중국항만들과의 클

7) 방희석·김새로나, 2004, pp.166-177, 박노경, 2013, pp. 170-171에서 내용 축약하고 추가함.

러스터링을 적극적으로 추진해야만 한다.

본 논문은 다음과 같은 한계점들을 가지고 있다.⁸⁾ 첫째, 실증분석 결과를 단순하고 표면적으로 서술하고, 추세분석에 그치고 있으며, 의미 있는 해석이 충분히 다루어 지지 못했으며, 둘째, 항만 간 클러스터링을 한 후 구체적으로 개별항만 들이 어떠한 노력과 정책을 펼쳐나가야 하는지(논문의 실증분석결과에 따른 정책적 함의도출)에 대해서는 세부적으로 파악하여 제시하지 못했다. 셋째, 실무적인 측면(민간영역, 선사의 항만선택요인 등등)에서의 정책적인 제안이 부족하였다. 넷째, 설문조사 시 항만업계, 선주, 하주의 의견을 전혀 반영하지 못했다. 더욱 정밀한 부분에 대한 연구는 차후 연구의 과제로 삼고자 한다.

8) 박노경, 2013, pp. 170-171에서 내용 축약하고 학술발표대회 토론자 의견, 심사과정에서 심사자의 지적사항을 추가함.

참고문헌

- 강상곤 · 안승범 · 이충효, “제조산업의 항만클러스터 입지선정 모형에 관한 연구-수도권을 중심으로-”, 『한국항만경제학회지』, 제24권 제4호, 한국항만경제학회, 2008, 237-255.
- 고용기 · 이상현, “항만클러스터의 결정요인에 관한 연구-우리나라 부산항과 인천항을 대상으로”, 『산경연구』, 제13집, 영남대학교 산경연구소, 2005.8, 301-325.
- 민재형 · 이영찬, “자기조직화지도를 이용한 한국 기업의 재무성과 평가”, 『한국경영과학회지』, 제26권 제3호, 한국경영과학회, 2001, 1-20.
- 박노경, “자기조직화지도 신경망모형과 Tier모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정 및 추세분석에 관한 실증적 연구”, 『2014 경제학공동학술대회 한국항만경제학회 발표논문집』, 한국항만경제학회, 2014, 59-95.
- 박노경, “가변그룹 벤치마킹 모형과 범주형 변수모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정 및 추세분석에 관한 실증적 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제29권 제1호, 한국항만경제학회, 2013, 143-175.
- 박노경, “컨텍스트의존모형과 측정특유모형을 이용한 아시아 항만들의 클러스터링측정 및 추세분석에 관한 실증적 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제28권 제1호, 한국항만경제학회, 2012, 53-82.
- 박노경, “자기조직화지도 신경망을 이용한 국내 컨테이너터미널의 클러스터링 측정소고”, 『한국항만경제학회지』, 제26권 제1호, 한국항만경제학회, 2010, 43-60.
- 박노경, “Tier분석을 통한 벤치마킹항만 적출방법”, 『한국항만경제학회지』, 제25권 제1호, 한국항만경제학회, 2009a, 15-28.
- 박노경, “계층적 군집분석과 DEA Tier분석에 의한 클러스터링 측정방법:은행산업 적용”, 『한국산업경제저널』, 제1권 제2호, 전북대학교 산업경제연구소, 2009b, 107-130.
- 박노경, “Tier분석을 통한 벤치마킹항만 적출방법”, 『한국항만경제학회지』, 제25권 제1호, 한국항만경제학회, 2009c, 15-28.
- 박노경, “컨테이너 항만선택을 위한 선호도 측정방법: 컨텍스트 의존모형 접근”, 『해운물류연구』 제38호, 한국해운물류학회, 2003.8, 87-112.
- 방희석 · 김새로나, “동북아 물류거점의 Cluster접근방안”, 『무역학회지』, 제29권 제3호, 한국무역학회, 2004, 151-170.
- 이종섭 · 강맹규, “우리나라 항만클러스터 구축방안에 관한 연구”, 『Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers』, 제31집 제3호, 한국산업공학회, 2005, 257-264.
- 한철환, “우리나라 항만클러스터 구축방안에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』 제19집 제1호, 한국항만경제학회, 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.
- Chen, N., B. Ribeiro, A. Vieira, and A. Chen, "Clustering and Visualization of Bankruptcy Trajectory Using Self-Organizing Map," *Expert System with Applications*, Vol.40, 2013, 385-393.
- Cheng, H., Y.C. Lu, and J.T. Chung "Improved Slack-Based Context-Dependent DEA- A Study of International Tourist Hotels in Taiwan," *Expert System with Applications*, Vol.37, 2010, 6452-6458.
- Cullinane, K., and Y. Wang, "The Hierarchical Configuration of the Container Port Industry: An Application of Multiple Linkage Analysis," *Maritime Policy and Management*, Vol.39, No.2, 2012, 169-187.
- Fare, R., S. Grosskopf and C.A.K. Lovell, *Production Frontiers*, Cambridge University Press, 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, 1-31.
- Han, Chul-Hwan, "An Empirical Study on the Determinants of Port Performance and Efficiency," *Proceedings of the 2nd International Gwangyang Port Forum and Int'l Conference for the 20th Anniversary of Korean Association of Shipping Studies*, Korean Association of Shipping Studies, April 24-26, 2002, 247-259.
- Johnson, S.A. and Zhu, J., "Identifying "Best" Applicants in Recruiting Using Data Envelopment Analysis," *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol.37, 2003, 125-139.
- Kohonen, T., "Essentials of the Self-Organizing Map," *Neural Networks*, Vol. 37, 2013, 52-65.
- Langen, P.W., "Stakeholders, Conflicting Interests and Governance in Port Clusters," *Devolution, Port Governance and Port Performance Research in Transportation Economics*, Vol.17, 2007, 457-477.
- Langen, P.W., *The Performance of Seaport Clusters: A Framework to Analyze Cluster Performance and An Application to the Seaport Clusters in Durban, Rotterdam, and the Lower Mississippi*, Erasmus University, Rotterdam, 2004.
- Langen, P.W. and Visser, E.J., "Collective Action Regimes in Seaport Clusters: The Case of the Lower Mississippi Port Cluster," *Journal of Transport Geography*, Vol.13, 2005, 173-186.
- Park, Ro Kyung. and Prabir, De, "An Alternative Approach to Efficiency Measurement of

- Seaports,” *Maritime Economics and Logistics*, Vol. 6, 2004, 53-69.
- 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.
- Samoilenko, S. , Muta-K., and Bryson-O., “Determining Sources of Relative Inefficiency in Heterogeneous Samples: Methodology Using Cluster Analysis, DEA and Neural Networks,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 206, 2010, 479-487.
- Sarkis, J., and Talluri, S., “Performance based Clustering for Benchmarking of US Airports,” *Transportation Research Part A*, Vol.38, 2004, 329-346.
- Seiford, L.M. and J. Zhu, “Context-dependent Data Envelopment Analysis-Measuring Attractiveness and Progress,” *Omega*, Vol.31, 2003, 397- 408.
- 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.
- Thanassoulis, E., “Assessing Police Forces in England and Wales Using Data Envelopment Analysis,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 87, 1995, 641-657.
- Valantine, V.C., and R. Gray, “Competition of Hub Ports: A Comparison between Europe and the Far East,” *Proceedings of the 2nd International Gwangyang Port Forum and Int'l Conference for the 20th Anniversary of Korean Association of Shipping Studies*, Korean Association of Shipping Studies, April 24-26, 2002, 161-176.
- Wang, T.F., K. Cullinane, and D.W. Song, *Container Port Production and Economic Efficiency*, Palgrave Macmillan, 2005.
- Xiang-yang, S., Z. Li, and L. Qi-gang, “An Approach for Evaluating Journals of Universities or College Based upon Multi-Layer Efficiency DEA,” *Physics Procedia*, Vol. 25, 2012, 678-686.
- Yang, L., Z. Ouyang, and Y. Shi(2012), “A Modified Clustering Method Based on Self-Organizing Maps and Its Applications,” *Procedia Computer Science*, Vol. 9, 2012, 1371-1379.
- Yu, P. and J.H. Lee, “A Hybrid Approach Using Two-Level SOM and Combined AHP Rating and AHP/DEA-AR Method for Selecting Optimal Promising Emerging Technology,” *Expert System with Applications*, Vol.40, 2013, 300-314.
- <http://www.globeinst.org/portcluster>

국문요약

자기조직화지도 신경망 모형과 Tier 모형을 이용한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링측정 및 추세분석에 관한 실증적 연구

박노경

본 논문에서는 아시아 컨테이너항만들 간의 클러스터링 추세를 분석하기 위해서 자기조직화지도 신경망 모형과 Tier모형에 대해서 이론적으로 설명하고, 아시아 38개 컨테이너항만들의 11 년간 자료를 4개의 투입요소(선석길이, 수심, 총면적, 크레인 수), 1개의 산출요소(컨테이너화물처리량)를 이용하여 국내항만(부산, 인천, 광양항)들이 어떤 항만들과 클러스터링 해야만 하는지에 대한 측정방법을 실증적으로 보여 주고 분석하였다. 실증분석의 주요한 결과는 다음과 같다. 첫째, 자기조직화지도 신경망모형에 의한 클러스터링 추세분석에서 국내항만들은 클러스터링을 통해서 효율성을 증대[부산항(26.5%), 인천항(13.05%), 광양항(22.95%)]시킬 수 있는 것으로 나타났다. 둘째, Tier모형을 이용한 클러스터링분석에서는 부산항(홍콩, 상해, 마닐라, 싱가포르항), 인천항(아덴, 닝보, 다바오, 방콕항), 광양항(아덴, 닝보, 방콕, 하이파, 두바이, 광저우항)과 각각 클러스터링을 해야만 하는 것으로 나타났다. 셋째, 자기조직화지도 신경망 모형에 Tier모형을 접목시킨 모형에서는 ① 부산항은 인천항과 광양항에 비해서 효율성이 더 개선되었다. ② 인천항은 2001년부터 2007년까지는 효율성이 더디게 개선되었으나, 2008년 이후에는 더욱 개선되었다. ③ 광양항은 2001년부터 2003년까지는 개선도가 높았으나, 2004년 이후 부터는 지속적으로 개선도가 하락하였다.

본 논문이 갖는 정책적인 함의는 첫째, 항만정책입안자들이 본 연구에서 사용한 두 가지 모형과 접목시킨 모형을 항만의 클러스터링 정책에 도입하여 해당항만이 발전할 수 있는 전략을 수립하고 이행해 나가야만 한다는 점이다. 둘째, 본 논문의 실증분석결과 국내항만들의 참조항만, 클러스터링항만들로서 나타난 아시아항만들에 대하여, 그들 항만들의 항만개발, 운영에 대한 내용을 정밀하게 분석하고 도입하여 실시하는 것이 필요하다.

핵심 주제어 : Asian Container Ports Clustering, Self Organizing Maps(SOM) Model, Tier Model, DEA, SOM