

계층적 군집분석(최단, 최장, 평균, 중앙연결)방법에 의한 아시아 컨테이너 항만의 클러스터링 측정 및 실루엣방법과 2단계(Type II) 교차효율성 매트릭스 군집모형을 이용한 실증적 검증에 관한 연구 *

박노경**

A Study on the Asia Container Ports Clustering Using Hierarchical Clustering(Single, Complete, Average, Centroid Linkages) Methods with Empirical Verification of Clustering Using the Silhouette Method and the Second Stage(Type II) Cross-Efficiency Matrix Clustering Model

Park, Ro-Kyung

Abstract

The purpose of this paper is to measure the clustering change and analyze empirical results, and choose the clustering ports for Busan, Incheon, and Gwangyang ports by using Hierarchical clustering(single, complete, average, and centroid), Silhouette, and 2SCE[the Second Stage(Type II) cross-efficiency] matrix clustering models on Asian container ports over the period 2009-2018. The models have chosen number of cranes, depth, birth length, and total area as inputs and container TEU as output. The main empirical results are as follows. First, ranking order according to the efficiency increasing ratio during the 10 years analysis shows Silhouette(0.4052 up), Hierarchical clustering(0.3097 up), and 2SCE(0.1057 up). Second, according to empirical verification of the Silhouette and 2SCE models, 3 Korean ports should be clustered with ports like Busan Port[Dubai, Hong Kong, and Tanjung Priok], and Incheon Port and Gwangyang Port are required to cluster with most ports. Third, in terms of the ASEAN, it would be good to cluster like Busan (Singapore), Incheon Port (Tanjung Priok, Tanjung Perak, Manila, Tanjung Pelpas, Leam Chanbang, and Bangkok), and Gwangyang Port(Tanjung Priok, Tanjung Perak, Port Kang, Tanjung Pelpas, Leam Chanbang, and Bangkok). Third, Wilcoxon's signed-ranks test of models shows that all P values are significant at an average level of 0.852. It means that the average efficiency figures and ranking orders of the models are matched each other. The policy implication is that port policy makers and port operation managers should select benchmarking ports by introducing the models used in this study into the clustering of ports, compare and analyze the port development and operation plans of their ports, and introduce and implement the parts which required benchmarking quickly.

Key words: Seaport Clustering, Hierarchical Clustering Models(Single, Complete, Average, Centroid Linkages), Silhouette Model, the Second Stage(Type II) Cross-Efficiency Matrix Clustering Model, Comparative and Verification Analysis, Asia Seaports, Trend Analysis, DEA, Data Envelopment Analysis

▷ 논문접수: 2020. 11. 27.

▷ 심사완료: 2020. 12. 18.

▷ 게재확정: 2021. 3. 29.

* 『이 논문은 2020년 대한민국교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020S1A5A2A01040699)』 .

** 조선대학교 무역학과 명예교수, 제1저자, nkpark@chosun.ac.kr

I. 서론

항만이 생존하기 위해서는 화물처리량을 증대시키기 위해서 항만배후단지를 개발하여 자체적으로 항만의 화물수요를 높이거나, 항만에서 소요되는 비용을 줄이는 것이 가장 기본적인 방법이다. 또한 항만의 자체적인 화물수요가 부족하다면, 다른 국가의 항만들과의 연계를 강화하여 화물수요를 창출해야만 지속가능한 항만성장이 가능하게 된다.

그동안 항만의 경쟁력을 강화시키기 위한 방법으로, 요인분석 및 효율성분석에 회귀분석과 DEA(Data Envelopment Analysis, 자료포괄분석) 등이 활발하게 이용되어 왔다. 특히 항만의 클러스터링에 DEA분석 방법이 응용되어서 연구되고 있다.

요컨대[박노경(2018,p.18)] 본 연구는 항만클러스터링에 대한 기존 연구들[방희석·김새로나(2004), 한철환(2003), 고용기·이상현(2005)]과는 다른 DEA분석 방법을 이용한다. 또한 DEA분석방법으로 컨테이너항만들의 투입요소 및 산출요소에 의거하여 효율성을 측정하고 클러스터링을 실시한 외국의 선행연구들[Sharma and Yu(2009), Po, Guh and Yang(2009)]의 측정방법과 다른 새로운 모형을 이용한다. 따라서 본 연구에서 사용하는 클러스터링이라는 개념은 투입요소와 산출요소를 근거로 한 효율성 측면에서의 가장 적합한 클러스터링 상대(전략적인 제휴)를 선택하기 위한 의미를 가지는 용어로 한정한다.

본 연구는 클러스터링과 관련된 가장 기본적인 모형인 계층적 군집분석모형들[최단, 최장, 평균연결, 중심연결]을 이용하여 10년간(2009년-2018년)의 효율성 변화를 분석하고, 검증[실루엣 및 2단계 교차효율성(Type II)]을 함으로써 앞으로 국내 항만들이 효율성을 증진시키고 경쟁력을 향상시킬 수 있는 학술적인 증거를 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 I장 서론, II장에서는 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심)으로 클러스터링을 측정하고, 효율성을 다룬 기존연구들과 실루엣모형

과 교차효율성을 이용하여 그러한 클러스터링을 검증한 연구들을 학자별로 살펴보고, 한계점을 제시한다. III장에서는 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심)을 이용하여 클러스터링을 측정하고, 10년 동안의 장기적인 변화도 분석하는 한편 실루엣 및 2단계 교차효율성(Type II) 방법을 통해서 그러한 측정결과를 치밀하게 비교·검증한다. IV장에서는 논문의 주요한 내용을 요약하고, 결론 및 정책적인 시사점을 제시한다.

II. 기존연구에 대한 검토 및 한계점

1. 계층적 군집분석(최단, 최장, 평균, 중심연결), 실루엣, 2단계 교차효율성을 다룬 기존연구에 대한 검토

[기존연구들에 대한 보다 자세한 내용은 박노경(2020)에 제시를 하였음]

(1) 계층적 군집모형과 1단계 교차효율성 매트릭스와 관련된 국내 기존 연구

박노경(2017a)은 국내 32개 한국 및 중국항만의 컨테이너터미널에 대해서, 3년 동안의 자료로 선석길이, 야드면적, 안벽크레인, 야드크레인을 투입요소, 컨테이너화물처리량을 산출요소로 이용하여 K-Means방법으로 클러스터링을 보여 주었다. 클러스터링 분석은 1단계 교차효율성 매트릭스에 의해서 군집 수를 도출하여 클러스터링에 적용하고, 효율성 변화에 어떤 차이가 있는지 검증하였다. 결과적으로 부산항과 평택당진항의 규모수확불변모형의 효율성 수치가 향상됨을 보여 주었다.

박노경(2017b)은 인공신경망모형(다층퍼셉트론, 방사형기저함수),사회연결망모형, 타부서치모형, 의사결정나무 모형을 이용하여 클러스터링을 측정하고, 1단계 교차효율성 매트릭스 군집모형으로 도출된

클러스터링을 이용하여 비교·분석·검증하였다.

양태민(2016)은 사이언스 저널에 발표된 fast search 와 계층적(평균연결법, 워드방법), 비계층적 군집방법(K-means, K-medoids, 퍼지 K-means, DBSCAN, EM)과 성능을 비교하였다. 정확도에서는 DBSCAN 이 제일 낮고 평균연결법을 이용한 계층적 군집분석방법이 제일 높게 관측되었다.

계층적 군집분석과 관련된 외국의 연구는 다음과 같다.

Yim and Ramdeen(2015)는 계층적 군집분석을 거리측정, 연결측정(최단, 최장, 평균연결방법)으로 구분하고, SPSS 프로그램을 이용하여 측정하는 방법을 보여 주었다. 또한 세 가지 계층적 군집모형에 의한 덴드로그램(수상도)를 통해서 비교분석하였다.

Batra, Sethi, and Dixit(2018)는 군집분석을 계층적 군집분석(최단, 최장, 평균)과 배분(비계층) 군집분석(K-means, K-medoids)방법으로 나누고, 각각의 알고리즘을 보여 주었으며, 각각의 군집모형들에 대해서 비교하였다.

Seifoddini(1989)는 기계셀형성은 유사한 부분의 군집을 확인하는 과정이며, 단 하나의 셀 내에서 하나 또는 그 이상의 부분군집을 형성하는 것이라고 하였다. 최단연결군집, 평균연결군집 방법으로 분석하고 그 차이를 비교하였다.

(2) 실루엣 군집방법에 대한 국내 기존연구

김성수·백준영·강범수(2017)는 그룹탐색 최적화(Group Search Optimization, GSO) 방법을 개발하여 데이터에 대한 정보가 부족한 경우, 실루엣 평가방법을 이용하여 클러스터링 숫자를 결정하고 이에 적합한 클러스터링 해를 구하는 방법을 보여 주었다.

강범수·김성수(2018)는 데이터에 대한 사전정보가 없는 경우, 1단계는 K-means, 2단계는 실루엣을 이용하여 클러스터링 수와 최적 해를 찾아내는 방

법을 보여 주었다.

이경아·김재희(2011)는 모형기반 군집, K-means, PAM, SOM, Ward 계층적 군집방법을 이용하여 클러스터링을 실시하고, 군집방법에 대한 유효성을 보여주기 위해서, 연결성 측도, Dunn지수, 실루엣 평가방법을 이용하였다.

실루엣분석과 관련된 외국의 기존연구는 다음과 같다.

Nguyen et al.(2015)는 한 개의 뉴런의 활동을 아는 것은 뉴런의 기능을 이해하는데 있어서 결정적이라고 주장하고, 스파이크 소팅을 위해서 산포도, 실루엣 통계치, K-means 군집방법을 통합시킨 접근법을 소개하였다.

Amorim and Henning(2015)은 클러스터링의 유효율성지수의 유의도를 개선시키고, 재계산된 자료 조합을 위해 실루엣(유클리디안, 만하탄, 민코스키 거리의 p번째 힘), 딤스, 카린스키-하라바즈, 하티겐지수를 이용하였다.

Rousseeuw(1987)는 거의 처음으로 실루엣 방법을 이용하여 데이터클러스터링 시에 데이터들의 조밀성, 그리고 클러스터링 간에 어떤 뚜렷한 점이 구분되는지를 평가기준으로 하였다.

(3) 2단계 교차효율성(Type II) 군집방법에 대한 국외 기존연구

2단계 교차효율성 군집모형을 직접 제시한 국외 기존연구(본 연구에서 채택한 2단계 교차효율성 군집모형(Type II)은 Sexton, Silkman, and Hogan(1986), Doyle and Green(1994)의 1단계 교차효율성 모형을 확장한 모형으로, Doyle and Green(1995, pp.211-212)에 명시되어 있다. 그러나 여기에서는 1단계 교차효율성 모형을 포함하여 Song, Zhu, Peng, and Gonzalez(2017)의 최근 기존연구(pp.99-100)에서 Doyle and Green(1994, 1995)의 모형을 확장한 것으로 제시된 기존 연구들만을 간략하게 제시하고자 한다.

Sexton, Silkman, and Hogan(1986)은 peer 평가법을 처음으로 DEA에 도입하였으며, 다중 최적해의 조합 중에서 가중치 조합을 선택하기 위해서 대안적인 2차 목표를 이용하였다.

Doyle and Green(1994)은 상이한 2차 목적함수를 도입하였으며, 호의적, 공격적 두 가지 전략으로 나누는 두 번째 DEA모형을 공식화하였다. 호의적인 전략은 자기평가 효율성 수치를 고정시키고 다른 DMU(Decision Making Unit, 의사결정단위)들의 효율성은 극대화시키는 것이고, 공격적인 전략은 자기평가와 다른 DMU들 효율성을 극대화하는 것을 말한다.

Doyle and Green(1995)은 교차효율성 모형을 다음과 같이 8가지로 나누고 실증분석을 하여 각 모형의 정확도를 비교하였다. 즉, Type I은 전체적으로 다른 DMU들의 거래수치를 극대화/극소화(블랭킷 호의적, 블랭킷 공격적), Type II는 전체적으로 다른 DMU들의 교차효율성을 극대화/극소화(블랭킷 호의적, 블랭킷 공격적), Type III은 전체적으로 다른 DMU들의 교차효율성을 극대화/극소화(호의적 목표, 공격적 목표), Type IV는 개별적으로 기타 DMU들을 각각 교차효율성을 극대화/극소화(호의적 목표, 공격적 목표)로 나누어서 제시하였으며, 실례를 적용하여 각 모형의 유효성을 검증하였다.

2. 기존연구의 한계점

첫째, 항만분야에서 박노경(2017a)은 처음으로 DEA기법, K-Means모형, 계층적 군집모형(평균연결법, Ward법)을 함께 고려하여 클러스터링을 측정하였다. 박노경(2017b)도 계층적 군집분석, 실루엣분석, 2단계교차효율성(Type II)을 이용하지 못하였다.

둘째, 항만분야에서 박노경(2018)은 처음으로 컨테이너 항만들의 클러스터링을 측정함에 있어서 계

층적 군집모형(교차효율성 매트릭스에 의한 평균연결법), K-Means군집모형을 함께 사용하였다.

셋째, Sharma and Yu(2009)도 자기조직화지도 신경망 모형과 Tier분석을 항만분야에 단순하게 적용하였다.

넷째, 따라서 본 연구의 주요한 내용들인 ① DEA모형에 의한 효율성 측정, ②계층적 군집분석(최단, 최장, 평균, 중심연결), ③실루엣분석방법과 2단계 교차효율성(Type II)모형에 의한 클러스터링이 국내 항만의 효율성을 증대시키는지 여부파악, ④모형별 효율성의 장기적인 변화분석은 매우 새로운 주제로서 국외의 기존연구[Sharma and Yu(2009), Po, Guh, and Yang(2009)]를 확장시켰다고 확신한다.

III. 계층적 군집(최단, 최장, 평균, 중심연결)모형을 이용한 컨테이너항만의 클러스터링 측정 및 실루엣모형과 2단계(Type II) 교차효율성 매트릭스 군집모형을 이용한 실증적 비교 및 검증

1. 계층적 군집(최단, 최장, 평균, 중심연결)모형, 실루엣모형, 2단계(Type II) 교차효율성 매트릭스 군집모형에 대한 이론적 접근

(1) 계층적 군집(최단, 최장, 평균, 중심연결)군집모형에 대한 이론적 접근

[; <https://blog.naver.com/jaehong7719/221941329165>]

1) 최단연결모형; 군집과 군집의 거리를 구할 때, A군집과 B군집의 데이터들의 거리를 비교했을 때 가장 최소거리인 것을 유사도로 측정하는 방법.

2) 최장연결모형; 군집과 군집의 거리를 구할 때, A군집과 B군집의 데이터들의 거리를 비

교했을 때 가장 최장거리인 것을 유사도로 측정하는 방법.

- 3) 평균연결모형; 군집과 군집의 거리를 구할 때, A군집과 B군집의 데이터들의 거리의 평균을 구하여 유사도로 측정하는 방법.
- 4) 중심연결모형; 군집과 군집의 거리를 구할 때, A군집에서 데이터의 중심점과 B군집에서 데이터의 중심점의 거리를 유사도로 측정하는 방법.

(2) 실루엣 분석모형; 클러스터 내와 클러스터사이의 거리를 함께 고려하여 클러스터링 수와 최적 해를 결정할 수 있다는 장점이 있음이 Arbelaitz et al.(2013), Xu et al.(2012)에 의해서 검증되었다.

(3) 2단계(Blanket Benevolent and Blanket Aggressive(Type II) 교차효율성 모형; 교차효율성 모형은 자기 자신과 타 DMU의 최적 가중치까지 함께 고려한다는 장점이 있다. 2단계 교차효율성모형(Type II)은 목표 DMU에 대해서 가중치를 계산할 때, 호의적

인 경우와 공격적인 경우가 있다. 즉, 자신을 제외한 다른 DMU들을 하나의 그룹으로 교차효율성을 극대화/극소화하는 모형으로 구분되는데, 호의적인 의미는 교차효율성 측정 시 자신 이외의 다른 DMU들의 가중치를 극대화하는 것이며, 공격적인 경우는 다른 DMU의 가중치를 극소화하는 모형이다.

2. 계층적 군집(최단, 최장, 평균, 중심연결) 모형을 컨테이너항만의 클러스터링 측정 및 실루엣모형과 2단계(Type II) 교차효율성 매트릭스 군집모형의 장점과 단점

본 연구에서 적용하고 있는 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심연결)과 실루엣모형, 2단계(Type II) 교차효율성 모형에 대한 장점과 단점을 설명해 보면 <표 1>과 같다. [계층적군집모형에 대해서는 Batra, Sethi, and Bixit(2018, p.71), Yim and Ramdeen(2015,pp.10-11), 실루엣은 김성수,백준영,강범수(2017), 김성수,강범수(2020)와 기타 인터넷의 자료를 이용함].

표 1. 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심연결), 실루엣모형, 2단계(Type II) 교차효율성 모형의 장점 및 단점

모형/구분	장점	단점
계층적 군집 모형	최단	<ul style="list-style-type: none"> • 길고 긴 클러스터링을 생성시킴. • 클러스터 간에 체인을 생성하고 클러스터 간에 치명적인 영향을 미칠 수 있음.
	최장	<ul style="list-style-type: none"> • 큰 군집인 경우에는 수행하기 어려움. • 가장 먼 이웃의 척도는 외부 데이터의 영향을 악화시키기 때문에 외부 사례는 가까운 군집들을 함께 병합하는 것을 방해함.
	평균	<ul style="list-style-type: none"> • 더 효율적이고 시간복잡성이 적음. • 평균 연결의 경우 첫 번째 군집의 각 사례와 두 번째 군집의 모든 사례 사이의 거리를 계산한 다음 평균을 넘으로 군집 사이의 거리에 대한 보다 정확한 평가를 제공함. • 큰 군집인 경우에는 수행하기 어려움.

	<p>중심</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 중심 기반 알고리즘은 효율적임. • 중심 군집화는 단조롭지(각 집합이 각기 선행하는 집합을 포함하거나 또는 각 집합에 포함되도록 되어 있는 배열의 집합에 대하여 말함.) 않음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기 조건과 특이치에 민감함. • 유사성이 군집화 중에 증가할 수 있음. 비단조성에도 불구하고, 중심 클러스터링은 그것의 유사성 측정 - 두 개의 중심들의 유사성이 GAAC (Group -average agglomerative clustering, 그룹평균집적군집화)의 모든 쌍방향 유사성의 평균보다 개념적으로 단순하기 때문임.
<p>실루엣모형</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 클러스터링의 품질을 정량적으로 계산해주는 방법임. 클러스터의 개수가 최적화되어 있으면 실루엣 계수의 값은 1에 가까운 값이 됨. • 실루엣은 데이터 군집 내의 일관성을 해석하고 검증하는 방법으로 각 클러스터 내에서 데이터가 얼마나 조밀하게 클러스터 되어 있는지를 평가하는 모형으로, 평가기준으로서 안정적이고 신뢰성이 높음. • 클러스터 내와 클러스터 사이의 거리를 함께 평가하는 기준이기 때문에, 클러스터 수를 사전에 정할 수 없는 경우 클러스터링을 결정할 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 빅 데이터 분석 시 계산상의 부담이 있음. • 데이터 수가 증가하는 경우에 데이터 사이의 거리를 계산하는데 계산시간이 크게 증가할 수 있음.
<p>2단계(Type II)교차효율성 모형</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 자신을 제외한 다른 DMU들을 하나의 그룹으로 교차효율성을 극대화/극소화 함으로써, 해당 DMU가 자신을 제외한 대상이 되는 모든 DMU들에 대한 전체경쟁력을 보여 줄 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 자신을 제외한 다른 DMU들을 하나씩 개별적으로 교차효율성을 극대화/극소화 시키는 못함.

3. 설문조사법을 이용한 실증분석을 위한 모형개발

(1) 계층적 군집(최단, 최장, 평균, 중심연결)모형, 실루엣모형, 2단계(Type II) 교차효율성 모형에 대한 개발

1) 설문조사의 기간, 방법 및 설문조사 결과

〈표 2〉와 관련된 설문지는 약 1개월 동안(2020년 6월 20일-2020년 7월 30일)에 항만 전공 교수, 3대 항만공사(부산, 인천, 광양), 해운회사 담당자들에게 이메일로 설문조사를 하거나, 직접 전화면담의 방법을 이용하였다. 대상은 해운회사 4명, 교수 3명, 항만공사 3명, KMI연구원 1명, 총11명에게서

설문지를 수집하였다. 설문대상이 적지만 핵심 전문가들에게 문의하였으므로 방향을 파악하는 데는 문제가 없을 것으로 판단된다. 다음은 설문지 조사 과정에서 제시된 의견들이다. 먼저 투입요소 측면에서는 항로 수(운항선박 수), 항만자동화에 따라 감소하고 있는 항만노동자 수, 크레인 처리개수, 1회전 당 소요시간, 크레인 기사 숙련도, 선석 당-시간 당 접안시간, 수심 제외, 2만 톤급 이상의 대형선박 접안시를 위해서 크레인 리치 혹은 크레인 열수, CY 보관능력, 회전율, 인력, 야드 트랙터 수를 도입해야만 하며, 산출요소 측면에서는 시간당 처리량 또는 컨테이너 개수, 선석 당 처리개수, V/H(Van per Hour), 시간당 처리되는 물동량, 차량대수, 차량 반출입 대수, 크레인의 시간당 작업

량, GP(Gross Productivity)가 제시되었다. 정부의 정책적인 지원을 요하는 사항은 다음과 같다. ① 배후단지 조성 시 정부지원금이 부산-광양항에 비해서 부족함. 지자체의 지원도 필요함, 결과적으로 임대료가 인상되어 경쟁력 저하로 연결됨. ② 경영 자율성 확보가 필요함. 공기업으로서 A항만공사가 민간시장에 참여할 수 있도록 규제를 해제하는 것이 필요함. 싱가포르 PSA와 같은 제도를 도입하는 것이 필요함. ③ 한국형 스마트 자동화 시행을 위한 예산지원이 필요함. 호남권, 제주 배후산업 입지 강화 필요함. ④ 외부적인 환경요인 때문에 불안요인이 있는 고용을 안정시키도록 해운산업을 지원해야만 함. ⑤ 부지 임대료 연간상승폭 제한, 추가인하, 하드웨어 및 소프트웨어를 포함한 전산 및 각종 항만장비구입 시 지원 폭 상향, 해외터미널의 경쟁력 강화가 필요함. ⑥ 컨테이너선이나 장비구입을 위한 금융지원 확대, 시간과 경비가 너무 많이 소요되는 환경규제(컨테이너 유해해충 반입금지) 완화요구, ⑦ 배후부지 개발확대, 장비구입 시 금융지원확대. ⑧ 선박 및 선원들에 대한 방역대책 강화가 제시되었다.

위와 같은 의견들이 있었지만, 본 논문에서는 자료수집의 제약 때문에 1개의 산출요소(컨테이너화물처리량), 4개의 투입요소(선석 길이, 수심, 총면적, 크레인 수)로 하는 최종모형을 결정하였다. 국내 항만들은 상해, 싱가포르, 홍콩항의 순서로 클러스터링 해야만 하는 것으로 나타났다. 일본항 중에서는 동경항, 오사카항, 요코하마항이 선호되고 있었으며, 중국의 청도, 닝보, 위해, 천진항, 미국 롱비치항이 선호되었다. 클러스터링 우선순위 항만들에 대한 선호도 결과와 본 논문의 실증분석결과와의 비교는 실증분석부분에 간략하게 제시하였다. 투입-산출요소에 대해서는 대체적으로 높은 수준(약 73%의 전문가들이 80% 이상의 수준, 4.5%가 59% 이하의 수준)에서 만족하는 것으로 나타났다. 즉, 본 논문에서 사용할 투입요소와 산출요소는 어느 정도 적합한 것으로 나타났다. 그러나 객관적인 평가를 위해서는 더 많은 표본을 확보하는 것이 필요하다고 판단된다. 또한 클러스터링 선호항만은 12개 항만인데, 군이 38개 항만을 대상으로 클러스터링을 한 이유는 아시아 전체를 대상으로 한 연구가 더 의미가 있을 것으로 판단했기 때문이다.

표 2. 계층적 군집모형, 실효모형, 2단계(Type II) 교차효율성 모형을 이용한 클러스터링 모형개발에 대한 만족도 및 클러스터링 선호항만 조사 결과

만족도 / 응답자	① 투입요소, ② 산출요소에 대한 만족도 조사결과								클러스터링 우선순위항만 (3개 항만만 제시)
	0-29 %	30-39%	40-49%	50-59%	60-69%	70-79%	80-89%	90-100%	
1							①②		청도, 상해, 위해
2								①②	홍콩, 싱가포르, 상해
3						①②			베트남, 상해, 천진
4							①②		상해, 청도, 동경
5							①②		상해, 오사카, 칭타오
6							①②		상해, 닝보, 롱비치
7							①②		상해, 닝보, 요코하마

8				①			②		상해, 일본항만, 마닐라 (답변 유보로 저자가 부산항과 관계 초점)
9						①	②		상해, 싱가포르, 홍콩
10						①		②	상해, 홍콩, 싱가포르
11						②	①		싱가포르, 홍콩, 상해
합계				1		5	13	3	22

2) 본 연구에서 사용할 모형

본 연구에서는 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심연결), 실루엣모형, 2단계(Type II) 교차효율성 모형을 이용하고 10년(2009년-2018년) 동안의 산출요소(컨테이너화물처리량, TEU), 투입요소(선석 길이, 수심, 총면적, 크레인 수)로 하여 아시아 38개 컨테이너 항만들에 적용한 DEA효율성과 새로운 클러스터링을 측정하여 검증하는 모형을 이용한다.

4. 계층적 군집(최단, 최장, 평균, 중심연결)모형에 의한 클러스터링 측정 및 실루엣모형, 2단계(Type II) 교차효율성 모형에 의한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링 측정, 실증적 비교 및 검증

(1) 실증분석 자료 및 실증분석 방법

분석대상은 아시아 38개 컨테이너 항만들의 10년(2009년-2018년)동안으로 하였다. 각 변수의 단위는 다음과 같다. 투입요소(수심(m)[평균치], 선석길이(m), 총면적(평방미터), 크레인 수(개)I랜트리, Quay, 모바일, 플로팅 크레인 수), 산출요소는 컨테이너화물처리량(TEU)으로 하였다. 자료수집, 정리와 관련된 예로사항은 박노경(2018,p.27)에 명시한 내용과 동일하다. 실증분석은 첫째, 10년 동안의 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심연결)에 의한 클러스터링 결과, 실루엣모형, 2단계(Type II) 교차

효율성 모형에 의한 군집모형의 결과를 보여 준다. 둘째, 우선 투입지향 CCR모형의 효율성을 측정한 후에, 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심연결)에 의한 클러스터링 후의 효율성 측정결과로 CCR모형의 효율성을 검증하고자 한다. 셋째, 2단계(Type II) 교차효율성 모형에 의한 클러스터링 후의 효율성 측정결과를 이용하여 CCR효율성 측정결과를 검증하고자 한다. 넷째, 국내 항만들(부산, 인천, 광양항)의 클러스터링 되기 전과 후에 어떤 효율성 변화가 있는지를 측정한다. 다섯째, 아세안 항만들의 클러스터링 전과 후의 효율성 변화여부를 측정한다. 여섯째, 정치경제학적인 측면의 클러스터링 측정 결과를 파악한다. 일곱째, 위와같은 실증분석 결과를 바탕으로 측정방법들 사이에 어떠한 차이가 있는지를 비교한다. 아시아 컨테이너 항만들의 항만번호, 영문표기는 다음과 같다. 1. Shahid Rajae, 2. Haifa, 3. Aqaba, 4. Beirut, 5. Port Sultan Qaboos, 6. Jeddah, 7. Damman, 8. Duabi, 9. Khor Fakkan, 10. Aden, 11. Hong kong, 12. Shanghai, 13. Guangzhou, 14. Ningbo, 15. Qingdao, 16. Chennai, 17. Tanjung Priok, 18. Tanjung Perak, 19. Tokyo, 20. Yokohama, 21. Kobe, 22. Nagoya, 23. Osaka, 24. Busan, 25. Incheon, 26. Gwangyang, 27. Port Klang, 28. Tanjung Pelpas, 29. Karachi, 30. Port Mohammad Byin Oasim, 31. Manila, 32. Davao, 33. Singapore, 34. Colombo, 35. Keelong, 36. Kaosiung, 37. Leam Chanbang, 38. Bangkok.

(2) 실증분석자료의 기술통계치

실증분석자료에 대한 기술통계치는 <표 3>에 제시하였다.

4개의 투입변수(선석길이, 수심, 총면적, 크레인 수), 1개의 산출변수(화물 처리량)에 대한 첨도수치 [정규분포 모형 보다 더 뾰족한 모형]와 왜도수치 [왼쪽꼬리를 보이는 수심을 제외하고 오른쪽 꼬리

모양]의 형태를 갖추고 있어서 중앙값이 평균보다 작게 나타났다. 전체적으로 계층적 군집분석, 실루엣분석, 교차효율성 측정 등, 년도 별 클러스터링 및 상대적 효율성을 측정하는 데는 비교적 적합한 것으로 사료된다. 투입요소 및 산출요소의 최대값과 최소값의 변화는 측정대상 연도(2009년-2018년)에 따른 변화로 추정된다.

표 3. 실증분석에 사용된 기술통계치

구분/요소	선석길이	수심	총면적	크레인수	총처리량
평균	47288.36	13.02	1947917	109.55	7769602
표준편차	3832.07	1.91	2011349	108.95	12250414
분산	14684759	3.64	4.0455E+12	11869.14	1.5E+14
중앙값	3624	13	1336028	67.84	3105800
첨도	1.22	0.79	3.31	3.81	75.45
왜도	1.36	-0.52	1.91	1.96	6.64
최소값	540	6.93	167500	2	997
최대값	16160	17.17	10050300	507	1.67E+08
관측수	380	380	380	380	380

(3) 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심연결), 실루엣 모형, 2단계(Type II)교차효율성 매트릭스에 의한 클러스터링 측정 및 클러스터링 전·후의 효율성 측정결과를 통한 검증

- 1) 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심연결), 실루엣모형 및 2단계 교차효율성(Type II)모형에 의한 클러스터링 측정

계층적 군집모형과 그러한 군집을 검증하기 위한 실루엣모형, 2단계(Type II) 교차효율성 매트릭스에 의한 클러스터링은 <부표 1>과 같으며, 클러스터링

전·후의 효율성 측정결과는 <부표 2>와 같다. <부표 1>에서는 2번,5번,10번,29번,30번 항만들이 1번 그룹에 속하고, 8번, 11번, 12번, 24번, 33번 항만들은 후반 그룹에 속하고 있는 점을 알 수 있다. 모든 군집들이 모형별로 같거나 다르게 나타나는 현상은 투입 및 산출요소의 유사성 또는 이질성 때문에 발생하는 클러스터링이라고 추정할 수 있다.

- 2) 투입지향 CCR 모형에 의한 효율성 측정, 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심연결), 실루엣모형 및 2단계 교차효율성(Type II)모형에 의한 클러스터링 전·후의 효율성 측정결과

10년 동안의 클러스터링 전과 클러스터링 후의 효율성 측정결과는 <부표 2>에 제시하였다. 군집 전의 효율성과 모형별 군집 후의 효율성 측정결과를 보면 모든 항만들에서 공통된 현상은 즉, 효율성을 증진시킨 모형을 순서대로 제시해보면 ①실루엣모형, ②계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심), ③ 2단계 교차효율성(Type II) 모형의 순서로 효율성을 증진시키고 있는 것으로 나타났다.

<부표 2>에서 클러스터링 전의 효율성과 클러스터링 후의 효율성 변화를 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 효율성이 가장 크게 향상된 항만은 아덴항 10번(14.7배 증가), 방콕항 38번(5.16배 증가)항만이었으며, 반면에 클러스터링 후 효율성이 감소한 항만들은 닝보항 14번(-0.0558 감소), 다바오항 32번(-0.0038 감소), 싱가포르항 33번(0.0770), 상하이항 12번(0.0789) 항만이였다. 그 이유는 클러스터링 전에는 효율성이 낮았던 항만들은 클러스터링을 통해서 효율성이 증가하였으며, 클러스터링 전에는 효율성이 높았던 항만들(예: 싱가포르항, 상하이항)은 상대적으로 효율성이 낮았던 항만들과 클러스터링을 함으로써 효율성이 자연스럽게 낮아지게 된 것으로 추정된다. 왜냐하면, 본 논문에서의 클러스터링은 투입 및 산출요소 측면에서 구조는 유사하고, 벤치마킹 할 수 있는 항만들이 클러스터링 대상으로 선택되기 때문이다. 둘째, 클러스터링 후에 전체 항만들의 10년 평균 효율성 상승률은 약 188.02%

(0.3490-)0.6561)로 나타났다.

(4) 군집 전, 군집 후의 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심), 실루엣모형, 2단계(Type II) 교차효율성 모형에 의한 10년 동안의 평균 효율성 측정결과

군집 전 CCR효율성, 군집 후의 계층적 군집모형, 실루엣모형, 2단계(Type II) 교차효율성 모형에 의한 10년 동안의 평균효율성 측정결과는 <표 4>에 제시하였다. 다음과 같은 점에 가장 주목할 필요가 있다.

즉, 군집 전의 평균효율성에 비해서 군집 후의 평균효율성이 증가한 정도를 백분비로 표시하여 순서를 제시해 보면 실루엣모형, 계층적 군집모형, 2단계(Type II)교차효율성 모형의 순서로 나타났다. 즉, 실루엣모형[2.1614배 증가(최단실루엣; 2.1594, 최장실루엣; 2.0717, 평균실루엣; 2.3268, 중심실루엣; 2.0876)], 계층적 군집모형[1.8876배 증가(최단; 1.8642, 최장; 1.9447, 평균; 1.9785, 중심; 1.7635)], 2단계(Type II) 교차효율성 모형[1.3029배 증가, 2SCEB; 1.2976, 2SCEA; 1.3082]로 나타났다. 전체적으로 보면, 평균실루엣 모형이 가장 높은 효율성 증가, 2단계(Type II)교차효율성 모형 중에서 호의적인 2SEB가 가장 낮게 효율성을 증가시킨 것으로 나타났다.

표 4. 클러스터링 전과 후의 각 모형별 평균효율성

항만/구분	클러스터링 전 CCR	최단	최장	평균	중심	최단 실루엣	최장 실루엣	평균 실루엣	중심 실루엣	2SCEB	2SCEA
1	0.2973	0.5889	0.6149	0.6572	0.6266	0.7626	0.6416	0.6948	0.6712	0.4030	0.4026
2	0.1201	0.4613	0.4883	0.4879	0.4241	0.6012	0.5495	0.6410	0.5904	0.2339	0.2365
3	0.2177	0.4871	0.5842	0.5241	0.5038	0.6239	0.6569	0.6636	0.6065	0.2466	0.2518
4	0.1017	0.5103	0.5308	0.5624	0.4504	0.6104	0.6159	0.7018	0.6513	0.2542	0.2568
5	0.2005	0.4381	0.6183	0.6350	0.4865	0.6428	0.5942	0.8987	0.7757	0.3068	0.3038
6	0.2017	0.6957	0.6782	0.8617	0.7700	0.9903	0.7738	0.8583	0.7941	0.2811	0.2980

7	0.1956	0.4475	0.5677	0.5241	0.4854	0.5937	0.6569	0.6218	0.5769	0.2466	0.2518
8	0.5588	0.8816	0.9183	1.0000	0.9373	0.8777	0.9018	0.9858	0.7991	0.7126	0.7052
9	0.3576	0.4475	0.5677	0.5241	0.4854	0.6352	0.6679	0.6218	0.5769	0.5312	0.5175
10	0.0375	0.4801	0.6011	0.5742	0.4865	0.6660	0.6373	0.8379	0.7032	0.2665	0.2614
11	0.7348	0.8637	0.9410	1.0000	0.9404	0.9390	1.0000	1.0000	0.9269	0.8033	0.7960
12	0.8845	0.9410	0.9410	1.0000	0.9404	0.9814	1.0000	1.0000	0.9790	0.8800	0.8800
13	0.6462	0.8075	0.8505	0.8784	0.7252	0.8132	0.8737	0.9154	0.8324	0.8269	0.8269
14	0.9504	0.8430	0.8511	0.9223	0.8323	0.9394	0.8679	0.9200	0.8967	0.9504	0.9504
15	0.6594	0.8733	0.8519	0.9365	0.8641	0.8545	0.8266	0.9223	0.7670	0.7571	0.8269
16	0.3479	0.4943	0.5677	0.5241	0.5419	0.5559	0.6128	0.6226	0.5647	0.3542	0.3735
17	0.3318	0.6868	0.6118	0.5496	0.4619	0.7553	0.6854	0.6485	0.6265	0.5570	0.5406
18	0.2386	0.5291	0.5921	0.5814	0.4729	0.6172	0.6581	0.8500	0.7096	0.3809	0.3845
19	0.2350	0.5530	0.6351	0.5878	0.5228	0.7275	0.6659	0.7291	0.6936	0.3809	0.3710
20	0.1362	0.5422	0.5951	0.5868	0.4858	0.6139	0.6126	0.8734	0.6643	0.2339	0.2365
21	0.1200	0.6131	0.6774	0.5675	0.5626	0.6584	0.5973	0.8929	0.7529	0.2339	0.2365
22	0.1545	0.4490	0.5166	0.5624	0.4853	0.5651	0.6080	0.7018	0.6513	0.2339	0.2365
23	0.1081	0.4613	0.5929	0.5731	0.4858	0.6521	0.6128	0.6831	0.6193	0.2098	0.2124
24	0.5692	0.8606	0.8816	1.0000	0.9373	0.9025	0.8884	1.0000	0.8716	0.6896	0.6872
25	0.1921	0.4381	0.5144	0.5487	0.4320	0.6047	0.6192	0.6577	0.5941	0.2627	0.2679
26	0.1558	0.7760	0.6403	0.4976	0.4482	0.8855	0.6813	0.8725	0.7231	0.2339	0.2365
27	0.5132	0.9725	0.8779	0.9409	0.8844	0.9518	0.8838	0.9780	0.9096	0.6948	0.6980
28	0.4144	0.7167	0.7575	0.8770	0.7910	0.9903	0.8459	0.9154	0.8524	0.6196	0.6009
29	0.2027	0.4381	0.5019	0.5366	0.4941	0.6047	0.5542	0.6897	0.6337	0.3843	0.3894
30	0.2173	0.4801	0.6011	0.6350	0.4693	0.6660	0.7387	0.8987	0.8059	0.2466	0.2518
31	0.2529	0.9223	0.6990	0.4874	0.5371	0.6674	0.6962	0.6382	0.6351	0.3353	0.3363
32	0.6503	0.5228	0.6011	0.5742	0.4865	0.7414	0.6835	0.8379	0.7450	0.6072	0.6794
33	0.8538	0.9378	0.9378	1.0000	0.9373	0.9814	0.9446	1.0000	0.8716	0.7925	0.7925
34	0.4021	0.5591	0.6419	0.6154	0.5193	0.6224	0.7087	0.6711	0.7101	0.6106	0.6184
35	0.1986	0.4613	0.5144	0.5487	0.4320	0.6012	0.6159	0.6568	0.6063	0.2339	0.2365
36	0.4848	0.9150	0.7855	0.7890	0.8552	0.9633	0.7535	0.9335	0.8567	0.6877	0.6804
37	0.2031	0.8632	0.8347	0.9487	0.7429	0.9814	0.8503	0.9480	0.7543	0.2903	0.2795
38	0.1151	0.7631	0.6012	0.6174	0.4422	0.7958	0.6914	0.8739	0.6853	0.2339	0.2365
합계	13.2611	24.7219	25.7842	26.2369	23.3863	28.6366	27.4726	30.8559	27.6843	17.2078	17.3484
평균	0.3490	0.6506	0.6785	0.6904	0.6154	0.7536	0.7230	0.8120	0.7285	0.4528	0.4565
전후 변화율		1.8642	1.9443	1.9785	1.7635	2.1594	2.0717	2.3268	2.0876	1.2976	1.3082

(5) 계층적 군집분석(최단, 최장, 평균, 중앙연결), 실루엣방법과 2단계(Type II) 교차효율성 매트릭스 군집모형을 이용한 컨테이너항만들의 클러스터링 측정결과 비교분석을 통한 검증

계층적 군집분석, 실루엣방법, 2단계(Type II)교차효율성 모형에 의한 측정결과를 국내항만들(부산항, 인천항, 광양항)에 대하여 다음과 같이 비교분석한다. 첫째, 클러스터링 전의 효율성 분석, 실루엣방법, 2단계(Type II)교차효율성 모형을 이용한 클러스터링 전과 후의 효율성 변화 비교, 둘째, 국내항만들의 각 모형 별 클러스터링 전과 후의 효율성 수치 변화비교, 셋째, 측정모형 별 국내항만들과 클러스터링 되는 항만들에 대한 검증, 넷째, 윌콕슨 부호순위검정을 이용한 효율성 순위 일치성 비교 등을 통해서 모형들의 특성을 비교·검증한다.

1) 계층적 군집분석, 실루엣방법, 2단계(Type II) 교차효율성에 의한 효율성 측정결과 비교 분석을 통한 검증

군집 전의 평균효율성에 비해서 군집 후의 평균 효율성이 증가한 정도를 백분비로 표시하여 순서를 제시해보면 실루엣모형, 계층적 군집모형, 2단계(Type II)교차효율성 모형의 순서로 나타났다. 즉, 실루엣모형[2.1614배 증가(최단실루엣: 2.1594, 최장실루엣: 2.0717, 평균실루엣: 2.3268, 중심실루엣: 2.0876)], 계층적 군집모형[1.8876배 증가 (최단: 1.8642, 최장: 1.9447, 평균: 1.9785, 중심: 1.7635)], 2단계(Type II) 교차효율성 모형[1.3029배 증가, 2SCEB; 1.2976, 2SCEA; 1.3082]로 나타났다. 전체적으로 보면, 평균실루엣 모형이 가장 높은 평균 효율성 증가, 2단계(Type II)교차효율성 모형 중에서 호의적인 2SEB가 가장 낮게 평균효율성을 증가시킨 것으로 나타났다. 요컨대, 실루엣 분석모형 중에서는 평균실루엣, 최단실루엣, 중심실루엣, 최

장실루엣의 순서였으며, 계층적 군집모형은 평균, 최장, 최단, 중심의 순서였고, 2단계(Type II) 교차효율성 모형은 2SCEA, 2SCEB의 순서로 나타났다.

2) 국내 항만들의 클러스터링 후 효율성 변화와 비교분석을 통한 검증

〈표 5〉에는 〈부표 2〉,〈표 4〉에 의거하여 산출한 군집 전과 군집 후의 국내 항만들(부산, 인천, 광양)의 평균효율성과 변화비율을 제시하였다. 다음과 같은 두 가지 사실에 주목 할 필요가 있다. 첫째, 클러스터링을 한 후에 효율성이 향상된 순서는 살펴보면, 광양항(384.78%), 인천항(257.13%), 부산항(153.18%)으로 나타났다. 그 이유는 클러스터링 전에는 상대적으로 효율성이 높았던 부산항이 클러스터링 후에 효율성이 개선은 되었지만, 광양항, 인천항에 비해서 상대적으로 더 작게 향상된 것으로 추정된다. 둘째, 측정방법이 효율성에 미친 영향을 살펴보는 즉, 개선된 순서를 살펴보면, 부산항(계층적 군집;161.61%, 실루엣분석;160.86%, 2단계 교차효율성;120.94%), 인천항(계층적군집; 251.59%, 실루엣분석; 322.19%, 2단계 교차효율성;138.11%),광양항(계층적군집;379.03%, 실루엣분석;507.45%, 2단계 교차효율성; 150.96%)이었다. 즉, 실루엣분석방법으로 클러스터링 하는 것이 다른 모형들보다도 효율성을 향상시키는 것이 증명되었다. 따라서 본 실증분석을 통해서 국내 항만들은 외국 항만들과 클러스터링을 통해서 해당 외국 항만들의 항만운영관리 방법 중에서 벤치마킹할 수 있는 방법, 즉, 효율성을 높일 수 있는 방법을 도입하여 시행함으로써 국내 항만들도 효율성을 높일 수 있다는 점을 항만운영에서 고려해야만 한다. 단, 학술적으로 군집분석모형에 의거하여 본 논문에서 제시된 클러스터링 그룹에 포함되지 않았더라도 효율성을 높이기 위해서는 선진항만의 항만운영관리는 도입하는 것이 현실적으로 더 효율성을 높일 수 있는 방법이 될 수 있음도 고려해야만 한다.

표 5. 각 모형[계층적 군집, 실루엣, 2단계(Type II)교차효율성 모형]으로 클러스터링 후의 국내항만들의 평균 효율성 변화

국내항만 번호 및 항만명		평균효율성	변화율
24. 부산항	전	0,5692	
	계층적군집(최단)	0,8606	1,5119
	계층적군집(최장)	0,8816	1,5488
	계층적군집(평균)	1,0	1,7569
	계층적군집(중심)	0,9373	1,6467
	실루엣(최단)	0,9025	1,6172
	실루엣(최장)	0,8884	1,5608
	실루엣(평균)	1,0	1,7569
	실루엣(중심)	0,8716	1,5313
	2SCEB	0,6896	1,2115
	2SCEA	0,6872	1,2073
25. 인천항	전	0,1921	
	계층적군집(최단)	0,4381	2,2806
	계층적군집(최장)	0,5144	2,6778
	계층적군집(평균)	0,5487	2,8563
	계층적군집(중심)	0,4320	2,2488
	실루엣(최단)	0,6047	3,1478
	실루엣(최장)	0,6192	3,2233
	실루엣(평균)	0,6577	3,4237
	실루엣(중심)	0,5941	3,0927
	2SCEB	0,2627	1,3675
	2SCEA	0,2679	1,3946
26. 평양항	전	0,1558	
	계층적군집(최단)	0,7760	4,9807
	계층적군집(최장)	0,6403	4,1098
	계층적군집(평균)	0,4976	3,1938
	계층적군집(중심)	0,4482	2,8768
	실루엣(최단)	0,8855	5,6836
	실루엣(최장)	0,6813	4,3729
	실루엣(평균)	0,8725	5,6001
	실루엣(중심)	0,7231	4,6412
	2SCEB	0,2339	1,5013
	2SCEA	0,2365	1,5180

3) 실증분석에 이용된 측정방법 변화에 따른 국내 항만들의 클러스터링항만에 대한 검증

〈부표 3〉에는 측정방법 중에서 군집 후 평균효율성을 가장 크게 증대시킨 실루엣 분석모형과 평균효율성의 증대는 3위에 그쳤지만, 보다 엄격한 모형인 따라서 검증에 사용된 2단계(Type II) 교차효율성모형에 의한 클러스터링을 제시하였다. 국내 항만들의 클러스터링 항만들의 번호를 제시하였다. 공통적으로 포함되는 항만들을 살펴보면 다음과 같다. 부산항[최단실루엣; 8,11,13,21,24,33, 최장실루엣; 8,11,12,24,33, 평균실루엣; 8,11,12,20,21,24,26,33,37, 중심실루엣; 1,2,3,4,5,7,8,9,11,13,16,17,19,20,21,22, 24,26,29,33,34,37, 2단계(Type II) 호의적(2SECB); 8,11,13,17,24,36, 2단계(Type II) 공격적(2SECA); 8,11,17,24,27,36], 인천항[최단실루엣; 전부(12,14,31,33 제외), 최장실루엣; 전부(5,10,11,30,31,32제외), 평균실루엣; 1,2,3,4,7,9, 16,17,19,22,23,25,29,31,34,35, 중심실루엣; 1,2,3,4,5,7,8,9,11,13,16,17,19,20,21,22,23, 24,25,26,29,30,33,34,35,37,38, 2단계(Type II) 호의적(2SECB); 1,2,3,4,5,6,7,10,16,17,18,19, 20,21,22,23, 25,26,29,30,35,38, 2단계(Type II) 공격적(2SECA); 1,2,3,4,5,6,7,10,16,18, 19,20, 21,22,23,25,26,29,30, 31,35,37,38], 광양항[최단실루엣; 1,3,4,6,7,9,11,13, 14,15,19,20,21,22,26, 27,28,29, 30,31,34,38 최장실루엣; 1,5,6,8,10,15,17,18,25,27,28,30,31,32,37,38 평균실루엣; 3,5,8,11,12,19,20,21,24,26,33, 중심실루엣; 1,2,3,4,5,7,8,9,11,13,16,17,19,20,21,22,23,24, 25,26,29,33,34,35,37, 2단계(Type II) 호의적(2SECB); 1,2,3,4,5,6,7,10,16,20,21,22,23,25,26, 29, 30,35,37,38, 2단계(Type II) 공격적(2SECA); 1,2,3,4,5,7,10,15,16, 17,18,19,20,21,22,23, 25,26,29,30,31,35,37,38]로 나타났다.

결과적으로 부산항은 8번(두바이), 11번(홍콩), 17번(탄중프리옥)항과 클러스터링 되고, 인천항은

1,2,3,4,5,7,8,9,11,17,19,22,23,25,29,30,33,35,37,38번 항들과 클러스터링 되고, 광양항은 1,2,3,4,5,7,10, 15,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,29,30,35,37,38번 항들과 클러스터링 되는 것으로 나타났다. 표 2의 클러스터링 선호도 조사에서 국내 항만들은 상해, 싱가포르, 홍콩항의 순서로 클러스터링 해야만 하는 것으로 나타났다. 일본항 중에서는 동경항, 오사카항, 요코하마항이 선호되고 있었으며, 중국의 청도, 닝보, 위해, 천진항, 미국 롱비치항이 선호되었었다. 그러나 실증분석 결과에서는 부산항은 상해항이나 싱가포르항이 아닌 홍콩항, 두바이항, 탄중프리옥항이 클러스터링 된 이유는 본 논문에서 사용된 실증분석 모형들이 갖는 특징 때문이라고 추정된다. 또한 인천항은 20개 항만, 광양항은 23개 항만과 클러스터링 된다면 본 논문의 측정결과 나타난 클러스터링의 의미가 약화될 수 있지만, 학술이론적인 접근에 의한 결과로서 이해하면 될 것으로 판단된다.

4) 각 모형들의 평균효율성 순위에 의한 윌콕스 부호 순위 검증결과

클러스터링 전의 CCR모형에 의한 효율성 분석과 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중심), 실루엣모형, 2단계 교차효율성 모형들의 10년 동안의 평균 효율성분석에 의해서 도출된 각 항만 별로 순위를 정하였다. 그러한 순위에 의거하여, 윌콕스부호순위 검정을 이용하여 귀무가설의 채택여부를 분석하였다. 〈표 6〉에서는 첫째, 유의확률(P값)이 유의수준 0.05보다 훨씬 더 큰 수치를 보여서, 귀무가설 Ho를 채택하였다. 즉, 귀무가설이 기각되지 않아서, 클러스터링 전과 후의 각 모형들에 의한 평균효율성 순위에는 차이가 있다고 할 수 없다. 요컨대 각 모형들에 의한 클러스터링이 개별항만 별로 효율성은 증진시켰으나 순위에서는 큰 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다.

표 6. 2009년-2018년까지의 평균효율성에 의한 클러스터링 전과 후의 모형들에 대한 윌콕슨 부호 순위 검정결과

모형	P값	유의수준	귀무가설의 채택 여부
클러스터링 전 & 최단	0.906	0.05	귀무가설 채택
클러스터링 전 & 최장	0.939	0.05	귀무가설 채택
클러스터링 전 & 평균	0.803	0.05	귀무가설 채택
클러스터링 전 & 중심	0.906	0.05	귀무가설 채택
클러스터링 전 & 최단실루엣	0.602	0.05	귀무가설 채택
클러스터링 전 & 최장실루엣	0.944	0.05	귀무가설 채택
클러스터링 전 & 평균실루엣	0.880	0.05	귀무가설 채택
클러스터링 전 & 중심실루엣	0.706	0.05	귀무가설 채택
클러스터링 전 & 2SCEB	0.950	0.05	귀무가설 채택
클러스터링 전 & 2SCEA	0.884	0.05	귀무가설 채택
평균	0.852	0.05	귀무가설 채택

둘째, 최장, 최장실루엣, 2SCEB의 유의확율이 다른 모형들에 비해서 상대적으로 높게 나타났기 때문에, 평균효율성 순위가 매우 유사함을 보여주었다. 셋째, 최단실루엣과 중심실루엣의 P값이 상대적으로 낮게 나타났다. 넷째, P값이 평균 0.852 수준에서 각 모형들의 순위가 서로 일치하고 있음이 나타났다.

5) 국내 항만들과 아세안 국가들과의 클러스터링 결과 측정검증

아세안(ASEAN; Association of South-East Asian Nations, 동남아국가연합)에 속한 10개 국가들은 필리핀, 말레이시아, 싱가포르, 인도네시아, 타이, 브루나이, 베트남, 라오스, 미얀마, 캄보디아 들이다. 본 연구에서는 인도네시아(17번,18번), 말레이시아(27번,28번), 필리핀(31번,32번), 싱가포르(33번), 타이(37번, 38번)가 해당된다. 가장 효율성을 크게 증가시킨 것으로 나타난 실루엣클러스터링 분석결과를 보면, 부산항(최단;17,18,28,32,33,38, 최장;17,18,27,28,31,32,33,37,38, 평균;17,18,28,32,33,37,38, 중심;17,18,27,28,32,33,37,38), 인천항(최단; 17,18,27,28,31,32,37,38, 최장;17,18,27,28,31,32,37,38, 평균; 17,18,27,28,31,32,33,37,38, 중심; 17,18,27,31,32,33,37,38),

광양항(최단; 17,18,27,27,28,31,32,37,38, 최장; 17,18,27, 27,28,31,32,37,38, 평균; 17,18,27, 27,28,31,32,33,37,38, 중심; 17,18,27,27,28,32,33,37,38)으로 나타났다. 즉, 국내항만들과 아세안항만들과는 모두 클러스터링을 하는 것이 효율성을 증가시키는 것으로 나타났다. 특히 모형별로 가장 클러스터링 횟수가 많은 항만들을 살펴보면, 부산항은 33번 항만, 인천항은 17,18,31,32,38번 항만, 광양항은 17,18,27,28,31,33,37,38항만들과 클러스터링 하는 것이 좋을 것으로 나타났다.

6) 정치경제학적인 측면의 국내 항만들과 클러스터링 결과 측정검증

정치경제학적인 측면에서의 클러스터링을 살펴보면, 아세안 국가의 항만들과 그리고 지리적으로 근접한 중국과 일본항만들과의 클러스터링을 고려해야만 한다. 먼저, 아세안은 신남방정책의 핵심국가들이 이에 속한다. 즉, 부산항은 싱가포르항, 인천항은 인도네시아, 필리핀, 태국의 항만, 광양항은 인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 싱가포르, 태국항만들과 클러스터링을 하는 것이 산출물을 증가시켜서 효율성을 증진시킬 수 있을 것으로 검

증되었다. 또한 중국과 일본의 항만들과의 클러스터링을 고려해보면, 부산항(홍콩, 상해, 광저우, 도쿄 요코하마, 고베, 나고야, 오사카항), 인천항(닝보, 칭타오, 도쿄, 요코하마, 고베, 나고야, 오사카항), 광양항(홍콩, 상해, 도쿄 요코하마, 고베, 나고야, 오사카 항)은 괄호 안의 항들과 클러스터링하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

7) 기존 연구들에서 제시된 타 모형의 측정결과와의 비교분석 및 검증

외국의 기존연구들 중에서 실루엣모형이 클러스터링에 대한 평가기준 중에서 전반적으로 우수한 것으로 분석한 Arbelaitz et al.(2013), 실루엣 평가기준이 가장 안정적이고 신뢰성이 높은 것으로 분석한 Xu et al.(2012)의 연구결과와 본 연구결과는 동일한 결과를 보였다. 국내 연구 중에서는 박노경(2018)의 연구결과를 보면, 계층적 군집분석(평균연결(42.04%효율성 증가), Ward법(23.65%증가), 혼합 Ward법(35.01%증가), 혼합 평균연결법(23.25%증가), K-Means법(Rule of Thumb & Elbow법; 30.47% 증가)을 통해서 클러스터링이 효율성을 증가시키는 것으로 밝혀내었는데, 본 연구의 주요한 결과(실루엣모형[2.1614배 증가(최단실루엣; 2.1594, 최장실루엣; 2.0717, 평균실루엣; 2.3268, 중심실루엣; 2.0876)], 계층적 군집모형[1.8876배 증가(최단; 1.8642, 최장; 1.9447, 평균; 1.9785, 중심; 1.7635)], 2단계(Type II) 교차효율성 모형[1.3029배 증가, 2SCEB; 1.2976, 2SCEA; 1.3082] 중에서 실루엣 모형의 결과가 더 크게 효율성을 증가시키는 것으로 검증되었다.

IV. 결론

본 논문은 첫째, 항만클러스터링의 기본모형이면서도 국내 항만분야에서는 거의 연구가 이루어지지 않고 있던 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중

심), 실루엣모형, 2단계(Type II)교차효율성모형에 대해서 모형의 특성을 이론적으로 파악하였으며, 둘째, 38개 아시아 컨테이너 항만들의 10년(2009년-2018년)동안의 자료와 4개의 투입요소(선석길이, 수심, 총면적, 크레인수)와 1개의 산출요소(컨테이너화물처리량)로 하여 각기 다른 측정방법들을 이용하여 효율성을 측정하였다. 셋째, 각각의 모형들에 대해서 클러스터링을 측정하고 군집 전과 군집 후의 효율성 변화를 검증하였다. 실증적 분석을 통해서 도출된 주요한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 2009년부터 2018년까지 클러스터링 전의 평균적인 효율성은 0.3490, 클러스터링 후의 계층적 군집분석(최단; 0.6506, 최장; 0.6785, 평균; 0.6904, 중심; 0.6154) 실루엣모형(최단; 0.7536, 최장; 0.7230, 평균; 0.8120, 중심; 0.7285), 2단계(Type II) 교차효율성(호의적; 0.4528, 공격적; 0.4565)이었다. 결론적으로 클러스터링한 이후의 효율성이 증가한 폭이 큰 순서를 제시해 보면 실루엣(평균효율성 0.7542, 2.1612배 증가), 계층적 군집분석(평균효율성; 0.6587, 1.8875배 증가), 2단계(Type II) 교차효율성(평균효율성; 0.4547, 1.3028배 증가)의 순서로 나타났다. 즉, 효율성을 가장 크게 높이기 위해서는 실루엣분석방법을 이용해야만 한다는 점을 밝혀냈다. 그러나 계층적 군집모형, 2단계(Type II)교차효율성 클러스터링 측정방법도 효율성을 높일 수 있는 적절한 측정방법임이 검증되었다.

둘째, 실루엣모형과 2단계(Type II)교차효율성 모형에 의한 국내 항만들의 클러스터링을 살펴보면 ①부산항은 8번(두바이), 11번(홍콩), 17번(탄중프릭)항과 클러스터링 되고, ② 인천항은 1,2,3,4,5,7,8,9,11,17,19,22,23,25,29,30,33,35,37,38번 항들과 클러스터링 되고, ③ 광양항은 1,2,3,4,5,7,10,15,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,29,30, 35,37,38번 항들과 클러스터링 하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

셋째, 2009년-2018년까지의 평균효율성에 의한 클러스터링 전과 후의 모형들에 대한 윌콕슨 부호 순위 검정결과를 보면 평균적으로 보았을 때, P값이 평균 0.852 수준에서 모형들의 순위가 서로 일치함을 보여 주었다.

넷째, 아세안 항만들과 국내 항만들과 가장 클러스터링 횟수가 많은 항만들을 살펴보면, 부산항은 33번 항만, 인천항은 17,18,31,32,38번 항만, 광양항은 17,18,27,28,31,33,37,38항만들과 클러스터링 해야만 하는 것으로 도출되었다.

다섯째, 정치경제학적인 측면에서 보았을 때, 국내 항만들과 신남방정책의 핵심국가들이 아세안 항만들과의 클러스터링을 살펴보면 다음과 같다. 즉, 부산항은 싱가포르항, 인천항은 인도네시아, 필리핀, 태국의 항만, 광양항은 인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 싱가포르, 태국항만들과 클러스터링하는 것이 산출물을 증가시켜서 효율성을 증진시킬 수 있을 것으로 검증되었다. 또한 중국과 일본의 항만들과의 클러스터링을 고려해보면, 부산항은 홍콩, 상해, 광저우, 도쿄 요코하마, 고베, 나고야, 오사카항, 인천항은 닝보, 칭타오, 도쿄, 요코하마, 고베, 나고야, 오사카항, 광양항은 홍콩, 상해, 도쿄 요코하마, 고베, 나고야, 오사카 항들과 클러스터링 해야만 한다는 점을 시현하였다.

여섯째, 본 연구에서 사용한 모형들과 기존연구들과의 타 모형들과의 검증에서는 실루엣 모형이 가장 크게 효율성을 증진시키는 것으로 검증되었다.

본 논문에서 이용한 측정방법들을 통해서 실증적으로 도출된 사실이 갖고 있는 정책적인 의미를 살펴보면, 국내 항만들(부산, 인천, 광양항)은 본 논문에서 사용한 측정방법으로 클러스터링을 하고 클러스터링된 항만들의 운영방안을 치밀하게 검토하여 효율성 증진에 도움이 되는 정책, 운영방안을 신속하게 도입하여야만 한다. 즉, 예를 들면(김형근, 2020, pp.67-74),중국의 5G 스마트항만 추진,

상하이-양산항의 5G+4L급 스마트 주행 시범운영이 좋은 사례가 될 수 있다. 한편, 부산항, 인천항,

광양항은 각 항만들의 웹사이트에 제시하고 있는 최우선 목표로 삼고 있는 항만운영·관리정책을 효율적이고 신속하게 시행함으로써 해당 항만들의 생산성 및 효율성을 증진시켜야만 한다. 즉, 부산항 [부산항 개발 및 관리운영의 전문성과 효율성을 높임으로써 부산항을 경쟁력 있는 동북아 해운물류중심기지로 육성함. 즉, 항만시설의 개발 및 효율적인 관리운영, 항만배후단지의 조성 및 관리운영, 항만 재개발 및 마리나 항만시설 조성, 국가 및 지방자치단체 위탁사업 수행], 인천항[물류 및 해양관광활성화, 친환경 고효율 항만구축, 범 인천항 안전경영체계 확립, 항만인프라 경쟁력 강화, 도심 조화형 항만 공간 재창조, 4차 산업혁명 등 미래변화 대응력 제고, 공정하고 차별 없는 조직 구현, 참여와 협력기반 혁신 추진, 자율적 책임경영정책], 광양항[총물동량 3억7천만 톤 목표, 미래 신 성장산업 투자 비중 60%,항만인프라 최적화, 항만운영 효율성 향상, 항만 수요창출 강화, 미래 선도 산업 추진, 친환경&스마트 항만 조성, 해양관광 활성화, 더 좋은 일자리 창출, 동반성장 및 사회공헌 다변화, 선제적 안전관리강화, 혁신경영체계 확립, 유연하고 투명한 조직문화, 공공성 기반 국민소통 확대].

본 논문의 한계점은 다음과 같다.[박노경(2018,p.48)]. 즉, 클러스터링 후에 개별 항만들에 대한 구체적인 정책대안제시 부족, 민간영역, 선사들의 항만선택요인 등에 대한 설명 부족, 실증분석 대상이 되는 아시아 항만들을 항만성격에 따라 분류하지 않고 동일하게 클러스터링방법에 의해서 분류함으로써 더욱 유익한 정책적 함의를 제시하지 못하고 있다는 점이다. 위와 같은 한계점은 자료수집의 한계 때문에 극복하기 어렵겠지만, 대상을 축소시키고, 투입 및 산출요소에 변화를 주어서 살펴보는 연구가 차후 연구에서는 다루어져야만 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 고용기 · 이상현(2005), 항만클러스터의 결정요인에 관한 연구-우리나라 부산항과 인천항을 대상으로, 영상저널, 제13집, 영남대학교 산경연구소, 301-325.
- 김성수 · 백준영 · 강범수(2017), "실루엣을 적용한 그룹탐색 최적화 데이터 클러스터링," 한국경영과학회지, 제42권 제3호, 25-34.
- 강범수 · 김성수(2018), "실루엣을 적용한 2단계 인공벌군집 데이터 클러스터링," 한국경영과학회지, 제43권 제2호, 1-9.
- 김형근(2020), "중국의 5G 스마트항만 추진 동향과 시사점," 항만, 2020년 신년호 150호, 67-74.
- 남일권 외3인(2018), "중남미 지역 에어로졸 광학특성의 시공간 변화," 중남미연구, 제37권 제3호, 141-160.
- 박노경(2020), "계층적 군집분석(최단, 최장, 평균, 중앙연결)을 이용한 항만클러스터링 측정 및 검증(실루엣 모형 및 2단계 교차효율성모형(Type II))에 관한 문헌적 접근 소고", (사)한국해운운송항만기술단체협의회 창립기념 공동학술대회 및 정책세미나 논문집, 2020.7.16., 153-167.
- 박노경(2017a), "K-Means법과 계층적 군집(교차효율성 메트릭스에 의한 Average Linkage)법을 이용한 컨테이너 터미널의 클러스터링 측정방법 소고", 2017 경제학공동학술대회 한국항만경제학회 발표논문집, 1-21.
- 박노경(2017b), "인공신경망모형(다층퍼셉트론, 방사형기저함수), 사회연결망모형, 의사결정나무모형, 타부서치모형을 이용한 한·중 컨테이너 터미널의 클러스터링 측정 및 교차효율성 메트릭스를 이용한 검증: 서산·대산항 포함"서산·대산항 국제포럼 학술대회 논문집, 461-506.
- 박노경(2018), "K-Means군집모형과 계층적 군집(교차효율성 메트릭스에 의한 평균연결법, Ward법)모형 및 혼합모형을 이용한 컨테이너항만의 클러스터링 측정에 대한 실증적 비교 및 검증에 관한 연구," 한국항만경제학회지, 제34권 제3호, 17-52.
- 방희석 · 김새로나(2004), "우리나라 항만클러스터 특성과 발전에 관한 연구," 한국무역학회 국제학술대회 논문집, 159-179.
- 송민경 · 장훈(2010), "군집분석을 이용한 수도권 도시의 유형화에 관한 연구," 한국지형공간정보학회지, 제18권 제1호, 83-88.
- 양태민(2016), 「군집 분석 방법에 대한 비교연구」, 한국해양대학교 대학원 석사학위논문.
- 우숙영 외2인(2014), "상대적 계층적 군집방법을 이용한 마이크로어레이 자료의 군집분석," 한국데이터정보과학회지, 제25권 제5호, 999-1009.
- 이경아, 김재희(2011), "효모 마이크로어레이 유전자발현 데이터에 대한 군집화 비교," 한국데이터정보과학회지, 제22권 제4호, 741-753.
- 이준호 · 박광호(2009), "군집분석을 통한 중소기업 온라인 마케팅 지원 수혜기업의 세분화 전략에 관한 연구," e-비즈니스연구, 제13권 제4호, 107-130.
- 한철환(2003), "우리나라 항만클러스터 구축방안에 관한 연구," 한국항만경제학회지, 제19집 제1호, 1-22.
- 황혜미 외4인(2015), "계층적 군집분석방법을 활용한 건물 부하의 전력수요예측," 전기학회논문지, 제64권 제1호, 41-47.
- Amorim, R.C., and C. Henning(2015), "Recovering the Number of Clusters in Data Sets with Noise Features Using Feature Rescaling Factors," *Information Science*, 324, 126-145.
- Arbelaitz, O., I. Gurrutxaga, J. Muguerza, J.S.M. Perez and I. Perona(2013), "An Extensive Comparative Study of Cluster Validity Indices," *Pattern Recognition*, 46(1), 243-256.
- Batra, B., S. Sethi, and A. Dixit(2018), "Survey Paper on Clustering Techniques of Data Mining," *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies*, 6(4), 65-73.
- Bi, X., X., Luo, and Q. Sun(2019), "Branch Tire Packet Classification Algorithm Based on Single-Linkage Clustering," *Mathematics and Computers in Simulations*, 155, 78-91.
- Doyle, J.R., and R.H. Green(1994), "Efficiency and Cross-efficiency in DEA: Derivations, Meanings, and Uses," *Journal of Operational Research Society*, 45(5), 567-578.
- Doyle, J.R. and R.H. Green(1995), "Cross-Evaluation in DEA: Improving Discrimination Among DMUs," *INFOR*, 33(3), 205-222.
- Krzaric, D., and C. Levkopoulos(2002), "Optimal Algorithms for Complete Linkage Clustering in d Dimensions," *Theoretical Computer Science*, 286, 139-149.
- Liang, L., J. Wu, W.D., Cook and J. Zhu(2008), "Alternative Secondary Goals in DEA Cross-Efficiency Evaluation," *International Journal of Production Economics*, 113(2), 1025-1030.
- Lim, S.(2012), "Minimax and Maximin Formulations of

- Cross-Efficiency in DEA," *Computers & Industrial Engineering*, 62(3), 726-731.
- Nguyen, T., A. Bhatti, A. Khosravi, S. Haggag, and D. Creighton(2015), "Automatic Spike Sorting by Unsupervised Clustering with Diffusion Maps and Silhouettes," *Neurocomputing*, 153,199-210.
- Park, Ro Kyung(2008), "A Verification of Korean Containerport Efficiency Using the Bootstrap Approach," *Journal of Korea Trade*, 12(2), 1-30.
- Park, Ro Kyung(2020), "A Brief Measurement Result on the Asian Container ports Clustering Using Hierarchical Clustering Models (Single, Complete, Average, Centroid Linkages) with the Silhouette Method," *Proceedings of The 24th IAGBT-KITRI Biannual Conference and Research Symposium Session IV(4-2)*, International Academy for Global Business and Trade(IAGBT), The Korea International Trade Research Institute(KITRI) et. al., August 14-15, 2020, 1-26.
- Pietrzykowski, M.(2017), "Local Regression Algorithms based on Centroid Clustering Methods," *Proceeding a Computer Science*, 112, 2363-2371.
- Po, R.W., Guh, Y. Y., and Yang, M.S.(2009), "A New Clustering Approach Using Data Envelopment Analysis," *European Journal of Operational Research*, 199, 276-284.
- Rios, C.A.M., and R.F.D. Sousa(2014), "Cluster Analysis of the Competitiveness of Container Ports in Brazil," *Transportation Research Part A*, 69, 423-431.
- Rousseeuw, P.J.(1987), "Silhouettes: A Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis," *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20, 53-65.
- Sarkin, J., and Talluri, S.(2004), Performance Based Clustering for Benchmarking of US Airports, *Transportation Research Part A*, 38, 329-346.
- Sexton, T.R., R.H. Silkman, and A.J. Hogan(1986), "Data Envelopment Analysis: Critique and Extensions," in Silkman, R.H. (Ed.), *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*, Jossey-Bass, San Francisco, 73-105.
- Seifoddini, H.K.(1989), "Single Linkage Versus Average Linkage Clustering in Machine Cells Formation Applications," *Computers & Industrial Engineering*, 16, 419-426.
- Sharma, M.J.,and S.J. Yu(2009)," Performance Based Stratification and Clustering for Benchmarking of Container Terminals," *Expert Systems with Applications*, 36, 5016-5022.
- Song, M., Q. Zhu, J. Peng, and E.D.R.S. Gonzalez(2017), "Improving the Evaluation of Cross-efficiencies: A Method Based on Shannon Entropy Weight," *Computers & Industrial Engineering*, 112, 99-106.
- Venkatesan, M., D.A. Ashvin, S. Bhambure, and R. Thomas(2016), "A Centroid-Based Clustering Approach to Analyze Examinations for Diabetic Patients," *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 8(1), 75-79.
- Wang, Y.M., and K.S., Chin(2010), "Some Alternative Models for DEA Cross-Efficiency Evaluation," *International Journal of Production Economics*, 128(1), 332-338.
- Wang, Y.M., K.S. Chin, and S. Wang(2012), "DEA Models for Minimizing Weight Disparity in Cross-Efficiency Evaluation," *Computers & Industrial Engineering*, 63(3), 1079-1088.
- Yan, H., L. Wang, and Y. Lu(2019), "Identifying Cluster Centroids from Decision Graph Automatically Using a Statistical Outlier Detection Method," *Neurocomputing*, 329, 348-358.
- Yim, O., and K.T. Ramdeen(2015), "Hierarchical Cluster Analysis: Comparison of Three Linkage Measures and Application to Psychological Data," *The Quantitative Methods for Psychology*, 11(1), 8-21.
- <https://blog.naver.com/jaehong7719/221941329165>
<http://www.busanpa.com>
<http://www.icpa.or.kr>
<http://www.ygpa.or.kr>

계층적 군집분석(최단, 최장, 평균, 중앙연결)방법에 의한 아시아 컨테이너항만의 클러스터링 측정 및 실루엣방법과 2단계(Type II) 교차효율성 매트릭스 군집모형을 이용한 실증적 검증에 관한 연구

박노경

국문요약

본 논문에서는 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중앙연결), 실루엣방법, 2단계(Type II) 교차효율성 매트릭스 군집모형으로, 아시아 38개 컨테이너항만 들의 2009년부터 2018년까지의 자료와 선석길이, 중심, 총면적, 크레인 수를 투입물, 컨테이너화물처리량을 산출물로 하여 국내대표 컨테이너항만 들(부산, 인천, 광양항)이 클러스터링 해야만 하는 항만들을 적출해 내는 측정방법을 보여 주고 비교, 분석, 검증하였다. 실증분석의 주요한 결과는 다음과 같다. 첫째, 10년간의 자료를 이용한 분석에서 클러스터링 후의 효율성의 증가가 큰 순서대로 살펴보면 실루엣(0.4052 증가), 계층적 군집분석(0.3097 증가), 2단계(Type II) 교차효율성(0.1057 증가)의 순서로 나타났다. 둘째, 실루엣모형과 2단계(Type II)교차효율성 모형에 의한 국내항만들의 클러스터링을 살펴보면 부산항은 8번(두바이), 11번(홍콩), 17번(탄중프리옥)항과 클러스터링 되고, 인천항과 광양항은 대부분의 항만들과 클러스터링 해야만 하는 것으로 나타났다. 셋째, 윌콕슨 부호순위 검정결과를 보면 평균적으로 보았을 때, P값(유의확율)이 평균 0.852 수준에서 모형들의 평균효율성 수치에 의한 순위가 서로 일치함을 보여 주었다. 넷째, 정치경제학적인 측면에서 아세안 항만들과 국내 항만들과 가장 클러스터링 횟수가 많은 항만들을 살펴보면, 부산항은 싱가포르 항만, 인천항은 탄중프리옥, 탄중페락, 마닐라, 다마오, 방콕항만, 광양항은 탄중프리옥, 탄중페락, 포트 클랑, 마닐라, 싱가포르, 립찬방, 방콕항만들과 클러스터링 하는 것이 좋을 것으로 나타났다. 또한 중국과 일본의 항만들과의 클러스터링을 고려해 보면, 부산항은 홍콩, 상해, 광저우, 도쿄 요코하마, 고베, 나고야, 오사카항, 인천항은 닝보, 칭타오, 도쿄, 요코하마, 고베, 나고야, 오사카항, 광양항은 홍콩, 상해, 도쿄 요코하마, 고베, 나고야, 오사카 항들과 클러스터링 하는 것이 좋은 것으로 나타났다. 다섯째, 본 연구에서 사용한 모형들과 기존연구들과의 타 모형들과의 검증에서는 실루엣 모형이 가장 크게 효율성을 증진시키는 것으로 검증되었다. 본 논문이 제안하고 있는 정책적인 측면의 의미는 항만정책입안자, 항만운영관리자들이 본 연구에서 사용한 모형들을 항만의 클러스터링에 도입하여 벤치마킹항만들을 선정해야만 하고, 그들 항만들의 항만개발, 운영방안 등에 대한 내용을 비교·분석하고 벤치마킹이 필요한 부분은 신속하게 도입하여 실시하는 것이 필요하다는 점이다.

주제어: 항만 클러스터링, 계층적 군집모형(최단, 최장, 평균, 중앙연결), 실루엣 모형, 2 단계(Type II) 교차효율성 매트릭스 군집모형, 비교 및 검증분석, 아시아 항만, 추세분석, 자료포괄분석,

5	최단	1	1	2	1	1	1	5	2	1	1
	실루엣	3	2	1	2	2	2	1	1	2	2
	최장	1	1	3	1	4	3	1	3	4	4
	실루엣	2	4	1	4	1	1	2	1	1	1
	평균	1	1	3	2	2	2	2	2	2	3
	실루엣	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1
	중심	1	1	2	4	1	1	1	2	2	3
	실루엣	2	4	1	1	2	3	2	1	1	1
	2SCEB	1	2	1	1	1	1	1	1	4	3
2SCEA	1	2	1	1	1	1	1	1	3	2	
6	최단	1	4	1	3	3	2	3	1	5	4
	실루엣	2	2	3	1	1	1	1	3	1	3
	최장	3	5	1	6	2	2	3	1	2	3
	실루엣	2	3	2	3	1	1	1	2	1	2
	평균	2	4	4	1	3	3	3	3	3	4
	실루엣	3	3	2	4	1	1	1	1	1	2
	중심	2	4	1	5	2	2	2	1	4	4
	실루엣	3	2	4	3	1	1	1	4	1	2
	2SCEB	2	1	1	2	3	1	1	1	1	1
2SCEA	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	
7	최단	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1
	실루엣	2	1	1	2	3	2	5	1	2	2
	최장	2	4	3	1	1	1	1	3	1	1
	실루엣	3	5	1	2	4	3	2	1	4	2
	평균	2	4	1	2	1	1	1	1	1	1
	실루엣	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2
	중심	2	4	2	1	1	1	1	2	1	1
	실루엣	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2
	2SCEB	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2SCEA	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
8	최단	2	3	6	4	4	3	3	6	4	4
	실루엣	3	2	5	3	8	2	2	5	3	3
	최장	4	6	4	8	3	4	4	4	5	5
	실루엣	3	5	6	3	5	8	3	6	3	2
	평균	3	3	5	6	5	5	5	5	5	6
	실루엣	2	4	2	5	3	3	3	3	3	2
	중심	3	3	6	7	4	4	4	6	6	6
	실루엣	2	4	5	3	2	2	2	5	4	2
	2SCEB	5	6	1	4	4	4	3	3	4	2
2SCEA	5	6	1	4	3	4	3	4	3	1	
9	최단	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1
	실루엣	2	3	1	2	3	2	5	1	2	2
	최장	2	4	3	1	1	1	1	3	1	1
	실루엣	3	5	1	2	4	3	2	1	2	2

	평균	2	4	1	2	1	1	1	1	1	1
	실루엣	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2
	중심	2	4	2	1	1	1	1	2	1	1
	실루엣	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2
	2SCEB	3	3	1	3	2	3	2	2	1	1
	2SCEA	4	3	1	3	2	3	2	2	1	1
10	최단	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1
	실루엣	3	2	1	2	2	2	5	1	1	2
	최장	1	1	3	4	4	3	2	3	4	4
	실루엣	5	4	1	2	1	1	1	1	1	1
	평균	1	1	3	2	2	2	2	2	2	3
	실루엣	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	중심	1	1	2	4	1	1	1	2	2	3
	실루엣	4	4	1	2	3	3	3	1	1	1
	2SCEB	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	2SCEA	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
11	최단	5	4	5	4	4	3	3	5	4	4
	실루엣	2	5	6	5	8	2	4	1	6	3
	최장	6	7	6	7	5	4	4	6	5	5
	실루엣	4	2	4	8	3	8	3	4	3	3
	평균	5	6	5	5	5	5	5	5	5	6
	실루엣	3	3	2	6	3	3	3	3	3	4
	중심	5	6	5	7	4	4	4	5	6	6
	실루엣	3	5	6	5	2	2	2	6	4	4
	2SCEB	5	6	1	6	6	6	3	3	3	2
	2SCEA	5	6	1	5	5	6	3	4	2	1
12	최단	5	5	5	5	5	4	4	5	6	5
	실루엣	2	4	6	4	8	3	3	6	4	4
	최장	6	7	6	7	5	4	4	6	5	5
	실루엣	4	2	4	8	3	8	3	4	3	3
	평균	6	6	5	5	5	5	5	5	5	6
	실루엣	5	5	4	6	3	3	3	3	3	4
	중심	6	6	6	7	4	4	4	5	6	6
	실루엣	5	5	4	5	3	2	3	6	4	4
	2SCEB	5	6	1	5	5	5	5	5	6	3
	2SCEA	5	6	1	6	4	5	4	5	5	2
13	최단	4	4	3	4	5	3	3	3	6	4
	실루엣	2	3	1	3	2	2	2	4	4	3
	최장	4	2	2	6	3	2	3	2	3	5
	실루엣	3	6	1	3	1	8	1	5	1	2
	평균	3	5	4	4	3	3	3	3	3	4
	실루엣	2	3	2	3	1	1	1	1	1	2
	중심	3	5	4	7	3	2	3	4	4	6
	실루엣	2	3	1	3	2	1	2	3	3	2

	2SCEB	5	5	1	6	6	6	4	6	3	2
	2SCEA	5	5	1	5	5	6	5	3	2	1
14	최단	3	3	1	3	2	2	2	1	3	3
	실루엣	2	2	2	1	1	1	1	3	1	1
	최장	4	6	1	6	2	1	3	1	3	2
	실루엣	3	5	3	3	1	2	1	2	1	1
	평균	3	3	1	1	3	3	3	3	3	4
	실루엣	2	4	2	4	1	1	1	1	1	1
	중심	3	3	1	5	2	2	2	1	3	4
	실루엣	2	4	2	1	1	1	1	4	1	1
	2SCEB	5	6	2	5	5	6	5	5	5	4
15	2SCEA	5	6	2	6	4	6	4	5	4	3
	최단	2	4	3	3	2	2	2	3	2	3
	실루엣	3	2	1	2	3	1	1	4	5	1
	최장	4	6	2	6	3	2	3	2	3	3
	실루엣	3	5	1	3	1	1	1	5	2	2
	평균	3	3	2	4	3	3	3	3	3	4
	실루엣	2	4	1	3	1	1	1	1	1	2
	중심	3	3	4	5	2	2	2	4	4	4
	실루엣	2	4	1	3	1	1	1	3	3	2
16	2SCEB	4	5	1	6	6	6	4	6	3	2
	2SCEA	3	5	1	5	5	6	5	3	2	1
	최단	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1
	실루엣	3	1	1	2	2	2	5	1	2	2
	최장	2	4	3	1	1	1	1	3	1	1
	실루엣	1	5	1	2	4	3	2	1	4	2
	평균	2	4	1	2	1	1	1	1	1	1
	실루엣	1	1	3	1	2	2	2	2	2	3
	중심	2	4	2	1	1	1	1	2	1	1
17	실루엣	1	2	1	4	2	2	2	1	2	3
	2SCEB	3	3	1	2	3	2	1	1	1	1
	2SCEA	4	3	1	2	2	2	1	1	1	1
	최단	1	3	1	2	2	1	1	1	2	2
	실루엣	3	1	2	1	1	2	5	2	1	1
	최장	3	4	1	2	1	1	2	1	1	2
	실루엣	1	5	3	3	4	3	1	3	4	1
	평균	1	1	3	1	1	1	1	1	1	2
	실루엣	2	2	1	2	2	2	2	2	2	3
18	중심	1	4	1	2	1	1	1	1	1	2
	실루엣	2	1	2	3	2	2	2	2	2	3
	2SCEB	3	4	1	3	4	3	2	2	2	1
	2SCEA	2	4	1	3	3	3	2	2	1	1
	최단	1	3	2	1	1	1	1	2	2	1
	실루엣	3	1	1	2	2	2	5	1	1	2

27	최단	2	5	4	3	2	2	2	4	2	3
	실루엣	3	4	3	4	3	3	3	3	5	4
	최장	4	7	5	6	3	2	3	5	3	3
	실루엣	3	2	4	3	1	8	1	2	2	2
	평균	3	5	5	3	3	3	3	3	3	4
	실루엣	2	3	2	4	1	1	1	1	1	2
	중심	3	6	3	5	2	2	2	3	4	4
	실루엣	2	5	6	3	1	1	1	4	1	2
	2SCEB	3	3	3	4	4	4	3	3	4	2
2SCEA	4	3	3	4	3	4	3	4	3	1	
28	최단	1	3	1	3	3	2	3	1	5	4
	실루엣	2	2	3	1	1	1	1	3	1	3
	최장	4	5	2	6	2	2	3	2	2	3
	실루엣	2	6	1	3	1	1	1	5	3	2
	평균	2	4	4	4	3	3	3	3	3	4
	실루엣	3	3	2	3	1	1	1	1	1	2
	중심	2	4	4	5	2	2	2	4	4	4
	실루엣	3	3	1	3	1	1	1	3	1	2
	2SCEB	5	5	1	3	2	3	2	2	2	1
2SCEA	5	5	1	3	2	3	2	2	1	1	
29	최단	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1
	실루엣	3	2	1	2	2	2	5	1	2	2
	최장	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1
	실루엣	2	4	1	2	4	3	2	1	4	2
	평균	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
	실루엣	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2
	중심	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1
	실루엣	2	4	1	2	2	2	2	1	2	5
	2SCEB	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2SCEA	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
30	최단	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1
	실루엣	3	2	1	2	2	2	5	1	1	2
	최장	1	1	3	4	4	3	2	3	4	4
	실루엣	5	4	1	1	1	1	1	1	1	1
	평균	1	1	3	2	2	2	2	2	2	3
	실루엣	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	중심	1	1	2	4	1	1	1	2	2	3
	실루엣	2	4	1	1	2	3	3	1	1	1
	2SCEB	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2SCEA	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
31	최단	4	4	4	3	2	2	2	4	3	3
	실루엣	3	1	2	2	1	1	1	2	2	2
	최장	5	1	5	5	4	3	2	5	4	4
	실루엣	1	2	1	4	1	1	1	1	1	2

부표 2. 불변수확하의 투입지향모형에 대한 효율성 측정, 실루엣모형, 2단계 교차효율성(Type II)모형에 의한 클러스터링 전·후의 효율성 측정결과

항만/구분	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
1	군집 전	0.3167	0.3009	0.0551	0.2256	0.1550	0.1445	0.1241	0.1174	1	0.5333
	최단군집후	0.4898	0.5304	0.1719	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.5678	1.0000	1.0000
	최장군집후	0.4184	0.4456	0.1932	0.6116	0.5432	0.7899	0.6195	0.8286	1.0000	0.6989
	평균군집후	0.7384	0.4735	0.4463	0.7762	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	1.0000	1.0000
	중심군집후	0.8658	0.4039	0.1932	0.5208	0.4713	0.5468	0.4356	0.8286	1.0000	1.0000
	실루엣(최단)	1.0000	0.9267	0.3396	0.5915	0.9400	0.5767	0.6189	0.6329	1.0000	1.0000
	실루엣(최장)	0.5264	0.4471	0.3524	0.7669	0.5432	0.7899	0.4943	0.4953	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	0.7384	0.5819	0.4463	0.7762	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	1.0000	0.8578
	실루엣(중심)	0.7384	0.5819	0.3524	0.6754	0.7804	0.7962	0.6986	0.4953	0.9941	0.5997
	2SCEB	0.4116	0.3662	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	1.0000	0.7337
	2SCEA	0.4373	0.3662	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	1.0000	0.7337
2	군집 전	0.1643	0.1455	0.0284	0.1023	0.0917	0.0722	0.0682	0.0653	0.0627	0.3999
	최단군집후	0.4898	0.4364	0.1881	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.7837	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.3833	0.1983	0.1932	0.6116	0.5432	0.7899	0.6195	0.8286	0.4924	0.2235
	평균군집후	0.3917	0.3368	0.4463	0.7762	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.3327
	중심군집후	0.4669	0.3252	0.1932	0.5208	0.4713	0.5468	0.4356	0.8286	0.1265	0.3263
	실루엣(최단)	0.9080	1.0000	0.4913	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.4464	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	0.4153	0.4471	0.3524	0.5387	0.5432	0.7899	0.4943	0.4953	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	0.3917	1.0000	0.4463	0.7762	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.8578
	실루엣(중심)	0.3917	1.0000	0.3524	0.3622	0.7804	0.7962	0.6986	0.4953	0.4278	0.5997
	2SCEB	0.2849	0.3662	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.0727	0.0970
	2SCEA	0.2849	0.3662	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525
3	군집 전	0.4136	0.3221	0.0445	0.1860	0.2970	0.2649	0.2499	0.2304	0.1110	0.0580
	최단군집후	0.4898	0.9269	0.1719	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.5678	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.8164	0.5879	0.1575	0.6116	0.5432	0.7899	0.6195	1.0000	0.4924	0.2235
	평균군집후	0.7384	0.4735	0.4463	0.6556	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.3327
	중심군집후	0.8658	0.5879	0.1575	0.5208	0.4713	0.5468	0.4356	1.0000	0.1265	0.3263
	실루엣(최단)	1.0000	1.0000	0.3396	0.5915	0.9400	0.5767	0.6189	0.4464	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	1.0000	1.0000	0.2690	0.5387	0.5432	0.7899	0.4943	0.5148	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	0.7384	1.0000	0.4463	0.6556	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.8578
	실루엣(중심)	0.7384	1.0000	0.2690	0.3509	0.7804	0.7962	0.6986	0.5148	0.4278	0.4885
	2SCEB	0.4116	0.3662	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.0727	0.0970
	2SCEA	0.4373	0.3662	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525
4	군집 전	0.0972	0.4511	0.0285	0.0745	0.0727	0.0708	0.0628	0.0612	0.0559	0.0419
	최단군집후	0.4898	0.9269	0.1881	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.7837	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.4184	0.5879	0.1932	0.6116	0.5432	0.7899	0.6195	0.8286	0.4924	0.2235
	평균군집후	1.0000	0.4735	0.4463	0.7762	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.3327
	중심군집후	0.4669	0.5879	0.1932	0.5208	0.4713	0.5468	0.4356	0.8286	0.1265	0.3263
	실루엣(최단)	1.0000	1.0000	0.4913	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.4464	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	0.5264	1.0000	0.3524	0.5387	0.5432	0.7899	0.4943	0.4953	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	0.4463	0.7762	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.8578
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.3524	0.3622	0.7804	0.7962	0.6986	0.4953	0.4278	0.5997
	2SCEB	0.2849	0.5694	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.0727	0.0970
	2SCEA	0.2849	0.5694	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525

5	군집 전	0.1163	0.1045	0.0388	0.0965	0.0871	0.0777	0.0885	0.0820	0.7568	0.5569
	최단군집후	0.4898	0.4364	0.1719	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.5678	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.3833	0.1983	0.1575	0.6116	0.5793	0.6805	0.7841	1.0000	0.7889	1.0000
	평균군집후	1.0000	0.3368	0.3539	0.6556	0.6395	0.6177	0.6587	0.6952	0.7517	0.6408
	중심군집후	0.4669	0.3252	0.1575	0.3969	0.4713	0.5468	0.4356	1.0000	0.2939	0.7705
	실루엣(최단)	0.9080	1.0000	0.3396	0.5915	0.6540	0.5767	1.0000	0.6329	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	0.5264	0.4471	0.2690	0.4308	0.5793	0.6805	0.4943	0.5148	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	0.3539	0.6556	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9779
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.2690	1.0000	0.7804	0.7214	0.6986	0.5148	0.9796	0.7936
	2SCEB	0.2849	0.1246	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.4064	0.7337
2SCEA	0.2849	0.1246	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.4064	0.7337	
6	군집 전	0.4072	0.2927	0.0449	0.2891	0.2514	0.2096	0.1942	0.1750	0.1081	0.0443
	최단군집후	0.4898	0.7170	0.1881	1.0000	0.6982	1.0000	0.9544	0.7837	0.5188	0.6074
	최장군집후	0.4184	0.4456	0.1932	1.0000	1.0000	0.9678	1.0000	0.8286	0.4147	0.5142
	평균군집후	1.0000	0.4735	0.3669	0.7762	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	중심군집후	0.8658	0.4039	0.1932	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8286	0.4080	1.0000
	실루엣(최단)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9031	1.0000	1.0000
	실루엣(최장)	0.5264	0.4438	0.2627	0.7669	1.0000	0.9678	0.9285	0.8416	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	0.5819	0.3669	0.7762	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8578
	실루엣(중심)	1.0000	0.5819	0.2627	0.6754	1.0000	1.0000	1.0000	0.8416	0.9796	0.5997
	2SCEB	0.4116	0.3662	0.0667	0.5435	0.4600	0.2965	0.2570	0.2393	0.0727	0.0970
2SCEA	0.4373	0.3662	0.0667	0.4871	0.5953	0.2965	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525	
7	군집 전	0.2948	0.2640	0.0457	0.2694	0.2489	0.2339	0.2467	0.2078	0.0980	0.0472
	최단군집후	0.4898	0.5304	0.1719	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.5678	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.8164	0.4235	0.1575	0.6116	0.5432	0.7899	0.6195	1.0000	0.4924	0.2235
	평균군집후	0.7384	0.4735	0.4463	0.6556	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.3327
	중심군집후	0.8658	0.4039	0.1575	0.5208	0.4713	0.5468	0.4356	1.0000	0.1265	0.3263
	실루엣(최단)	1.0000	0.5115	0.3396	0.5915	0.9400	0.5767	0.6189	0.6329	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	1.0000	1.0000	0.2690	0.5387	0.5432	0.7899	0.4943	0.5148	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	0.7384	0.5819	0.4463	0.6556	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.8578
	실루엣(중심)	0.7384	0.5819	0.2690	0.3622	0.7804	0.7962	0.6986	0.5148	0.4278	0.5997
	2SCEB	0.4116	0.3662	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.0727	0.0970
2SCEA	0.4373	0.3662	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525	
8	군집 전	1.0	0.8641	0.0863	0.5902	0.5880	0.5958	0.6143	0.5648	0.4761	0.2082
	최단군집후	1.0000	0.9269	0.3784	1.0000	1.0000	1.0000	0.9544	1.0000	0.9487	0.6074
	최장군집후	1.0000	1.0000	0.3784	1.0000	0.8044	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	평균군집후	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	중심군집후	1.0000	1.0000	0.3784	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9945	1.0000
	실루엣(최단)	0.9080	1.0000	0.8136	0.7423	1.0000	0.5767	0.8923	1.0000	0.8442	1.0000
	실루엣(최장)	1.0000	1.0000	0.4464	0.7669	0.8044	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8578
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.4464	0.6754	0.7804	0.7962	0.6986	1.0000	0.9941	0.5997
	2SCEB	1.0000	1.0000	0.0667	0.8526	0.8035	0.7471	0.8895	0.8745	0.4064	0.4855
2SCEA	1.0000	1.0000	0.0667	0.8526	0.8035	0.7471	0.8895	0.8012	0.4064	0.4855	
9	군집 전	0.6587	0.4634	0.0915	0.5139	0.4413	0.3937	0.4048	0.3952	0.1464	0.0667
	최단군집후	0.4898	0.5304	0.1719	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.5678	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.8164	0.4235	0.1575	0.6116	0.5432	0.7899	0.6195	1.0000	0.4924	0.2235
	평균군집후	0.7384	0.4735	0.4463	0.6556	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.3327

	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.2690	0.6754	0.7804	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5997
	2SCEB	1.0000	1.0000	0.0667	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7170	0.4855
	2SCEA	1.0000	1.0000	0.0667	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9996	0.7170	0.4855
	군집 전	1.0	1.0	0.5035	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	최단군집후	1.0000	0.9269	0.1881	1.0000	1.0000	0.5312	1.0000	0.7837	1.0000	1.0000
	최장군집후	1.0000	1.0000	0.1932	1.0000	1.0000	0.7899	1.0000	0.8286	1.0000	0.6989
	평균군집후	1.0000	1.0000	0.4463	0.7762	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	중심군집후	0.8658	1.0000	0.1932	1.0000	1.0000	1.0000	0.4356	0.8286	1.0000	1.0000
14	실루엣(최단)	1.0000	1.0000	0.4913	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9031	1.0000	1.0000
	실루엣(최장)	1.0000	1.0000	0.3524	0.7669	1.0000	0.7899	0.9285	0.8416	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	0.4463	0.7762	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9779
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.3524	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8416	0.9796	0.7936
	2SCEB	1.0000	1.0000	0.5035	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	2SCEA	1.0000	1.0000	0.5035	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	군집 전	0.8167	0.7761	0.1086	0.8343	0.8228	0.7955	0.7965	0.7861	0.6164	0.2411
	최단군집후	1.0000	0.7170	0.2909	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7254	1.0000
	최장군집후	1.0000	1.0000	0.2325	1.0000	0.8044	0.9678	1.0000	1.0000	1.0000	0.5142
	평균군집후	1.0000	1.0000	0.4357	0.9295	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	중심군집후	1.0000	1.0000	0.2325	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4080	1.0000
15	실루엣(최단)	0.9080	1.0000	0.3396	0.5915	0.9400	1.0000	1.0000	1.0000	0.7664	1.0000
	실루엣(최장)	1.0000	1.0000	0.2690	0.7669	0.8044	0.9678	0.9285	1.0000	0.5291	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	0.4357	0.9295	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8578
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.2690	0.6754	1.0000	1.0000	0.6986	1.0000	0.4278	0.5997
	2SCEB	1.0000	1.0000	0.0667	1.0000	0.3019	1.0000	1.0000	1.0000	0.7170	0.4855
	2SCEA	1.0000	1.0000	0.0667	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9996	0.7170	0.4855
	군집 전	0.8167	0.7761	0.1086	0.8343	0.8228	0.7955	0.7965	0.2832	0.1891	0.7223
	최단군집후	0.4898	0.5304	0.1719	0.5527	0.5302	1.0000	0.5149	0.5678	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.8164	0.4235	0.1575	0.6116	0.5432	0.7899	0.6195	1.0000	0.4924	0.2235
	평균군집후	0.7384	0.4735	0.4463	0.6556	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.3327
	중심군집후	0.8658	0.4039	0.1575	0.5208	0.4713	0.5468	1.0000	1.0000	0.1265	0.3263
16	실루엣(최단)	0.9080	0.5115	0.3396	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.6329	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	0.5591	1.0000	0.2690	0.5387	0.5432	0.7899	0.4943	0.5148	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	0.7384	0.5819	0.4463	0.6556	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.8666
	실루엣(중심)	0.7384	0.5819	0.2690	0.3509	0.7804	0.7962	0.6986	0.5148	0.4278	0.4885
	2SCEB	0.7084	0.5694	0.0667	0.5435	0.4600	0.5280	0.2570	0.2393	0.0727	0.0970
	2SCEA	0.7578	0.5694	0.0667	0.4871	0.5953	0.5280	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525
	군집 전	0.4220	0.5750	0.0745	0.4448	0.4327	0.3856	0.2921	0.2976	0.2700	0.1241
	최단군집후	0.4898	0.9269	0.1881	1.0000	1.0000	0.5312	0.5149	0.7837	0.7254	0.7076
	최장군집후	0.4184	0.4235	0.1932	0.9458	0.5432	0.7899	0.7841	0.8286	0.4924	0.6989
	평균군집후	1.0000	0.3368	0.3539	0.7762	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.4338
	중심군집후	0.4669	0.4039	0.1932	0.7205	0.4713	0.5468	0.4356	0.8286	0.1265	0.4255
17	실루엣(최단)	0.9080	0.5115	0.4913	1.0000	1.0000	0.5767	0.6189	0.4464	1.0000	1.0000
	실루엣(최장)	0.5591	1.0000	0.3524	0.7669	0.5432	0.7899	0.9285	0.4953	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	0.5505	0.3539	0.7762	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.8666
	실루엣(중심)	1.0000	0.5505	0.3524	0.6754	0.7804	0.7962	0.6986	0.4953	0.4278	0.4885
	2SCEB	0.7084	0.7511	0.0667	0.8142	0.8035	0.6433	0.8105	0.6414	0.2343	0.0970
	2SCEA	0.4373	0.7511	0.0667	0.9895	0.8035	0.6433	0.8105	0.5173	0.2343	0.1525
18	군집 전	0.2900	0.4620	0.0872	0.2875	0.2735	0.2525	0.2393	0.2455	0.1631	0.0856

	최단군집후	0.4898	0.9269	0.1719	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.5678	0.7254	0.2803
	최장군집후	0.4290	0.1983	0.1932	0.4392	0.5793	0.6805	0.7841	0.8286	0.7889	1.0000
	평균군집후	0.3917	0.2886	0.3539	0.7762	0.6395	0.6177	0.6587	0.6952	0.7517	0.6408
	중심군집후	0.4669	0.3252	0.1932	0.3969	0.4713	0.5468	0.4356	0.8286	0.2939	0.7705
	실루엣(최단)	0.9080	0.5115	0.3396	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.6329	1.0000	0.3385
	실루엣(최장)	0.5591	0.4471	0.3524	0.5387	0.5793	0.6805	0.9285	0.4953	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	0.3917	1.0000	0.3539	0.7762	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9779
	실루엣(중심)	0.3917	1.0000	0.3524	0.3622	1.0000	0.7214	1.0000	0.4953	0.9796	0.7936
	2SCEB	0.4116	0.5694	0.0667	0.5435	0.4600	0.5280	0.2570	0.6414	0.2343	0.0970
	2SCEA	0.4373	0.5694	0.0667	0.4871	0.5953	0.5280	0.2570	0.5173	0.2343	0.1525
	군집 전	0.3114	0.3176	0.0500	0.3287	0.3085	0.2857	0.2511	0.2444	0.1857	0.0670
	최단군집후	0.4898	0.9269	0.1881	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.7837	0.3053	0.7076
	최장군집후	0.4184	0.4456	0.2325	0.9458	0.5432	0.7899	0.7841	1.0000	0.4924	0.6989
	평균군집후	1.0000	0.4735	0.4463	0.9295	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.4338
	중심군집후	0.8658	0.4039	0.2325	0.7205	0.4713	0.5468	0.4356	1.0000	0.1265	0.4255
19	실루엣(최단)	1.0000	1.0000	1.0000	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.4464	0.3872	1.0000
	실루엣(최장)	1.0000	0.4471	0.2690	0.7669	0.5432	0.7899	0.9285	0.4953	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	0.4463	0.9295	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.9779
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.2690	0.6754	0.7804	0.7962	0.6986	0.4953	0.4278	0.7936
	2SCEB	0.4116	0.5694	0.0667	0.5435	0.4600	0.5280	0.2570	0.6414	0.2343	0.0970
	2SCEA	0.4373	0.5694	0.0667	0.4871	0.4600	0.5280	0.2570	0.5173	0.2343	0.1525
	군집 전	0.2382	0.2121	0.0434	0.1722	0.1513	0.1377	0.1297	0.1253	0.0998	0.0522
	최단군집후	0.4898	0.9269	0.2909	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	1.0000	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.4184	0.4456	0.2325	0.7108	0.5432	0.7899	0.6195	1.0000	0.4924	0.6989
	평균군집후	1.0000	0.4735	0.4357	0.9295	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.4338
	중심군집후	0.8658	0.4039	0.2325	0.3506	0.4713	0.5468	0.4356	1.0000	0.1265	0.4255
20	실루엣(최단)	1.0000	1.0000	0.3396	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.6329	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	1.0000	0.4471	0.2690	0.5387	0.5432	0.7899	0.4943	0.5148	0.5291	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	0.4357	0.9295	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.3906	0.9779
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.2690	0.3622	0.7804	0.7962	0.6986	0.5148	0.4278	0.7936
	2SCEB	0.2849	0.3662	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.0727	0.0970
	2SCEA	0.2849	0.3662	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525
	군집 전	0.2070	0.1685	0.0235	0.1460	0.1359	0.1272	0.1261	0.1257	0.0995	0.0405
	최단군집후	0.4898	0.9269	1.0000	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	1.0000	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.4184	0.5005	1.0000	0.7108	0.5432	0.7899	0.6195	1.0000	0.4924	0.6989
	평균군집후	0.8658	0.4039	1.0000	0.3506	0.4713	0.5468	0.4356	1.0000	0.1265	0.4255
	중심군집후	0.8658	0.4039	1.0000	0.3506	0.4713	0.5468	0.4356	1.0000	0.1265	0.4255
21	실루엣(최단)	1.0000	0.5115	1.0000	0.5915	0.6540	0.5767	0.8923	0.6329	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	0.5264	0.4471	0.2627	0.5387	0.5432	0.7899	0.4943	0.8416	0.5291	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	0.4357	0.9218	1.0000	1.0000	1.0000	0.5936	1.0000	0.9779
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.2627	0.3622	0.7804	0.7962	0.6986	0.8416	0.9941	0.7936
	2SCEB	0.2849	0.3662	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.0727	0.0970
	2SCEA	0.2849	0.3662	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525
	군집 전	0.1966	0.2170	0.0475	0.2175	0.2004	0.1807	0.1638	0.1577	0.0993	0.0646
	최단군집후	0.5056	0.5304	0.1719	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.5678	0.3053	0.2803
22	최장군집후	0.4184	0.4456	0.1932	0.6116	0.5432	0.7899	0.6195	0.8286	0.4924	0.2235
	평균군집후	1.0000	0.2886	0.4357	0.9218	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.4338
	중심군집후	1.0000	0.4039	0.1932	0.5208	0.4713	0.5468	0.4356	0.8286	0.1265	0.3263

	실루엣(최단)	1.0000	0.5115	0.3396	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.6329	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	1.0000	0.4471	0.3524	0.5387	0.5432	0.7899	0.4943	0.4953	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	0.4463	0.7762	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.8578
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.3524	0.3622	0.7804	0.7962	0.6986	0.4953	0.4278	0.5997
	2SCEB	0.2849	0.3662	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.0727	0.0970
	2SCEA	0.2849	0.3662	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525
	군집 전	0.1770	0.0955	0.0411	0.1496	0.1425	0.1293	0.1121	0.0951	0.0843	0.0547
	최단군집후	0.4898	0.4364	0.1881	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.7837	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.4184	0.4235	0.2325	0.7108	0.5432	0.7899	0.6195	1.0000	0.4924	0.6989
	평균군집후	1.0000	0.3368	0.4357	0.9295	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.4338
	중심군집후	0.8658	0.4039	0.2325	0.3506	0.4713	0.5468	0.4356	1.0000	0.1265	0.4255
23	실루엣(최단)	0.9080	1.0000	1.0000	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.4464	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	0.5591	1.0000	0.2690	0.5387	0.5432	0.7899	0.4943	0.5148	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	0.5505	0.4357	0.9295	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.9779
	실루엣(중심)	1.0000	0.5505	0.2690	0.3622	0.7804	0.7962	0.6986	0.5148	0.4278	0.7936
	2SCEB	0.2849	0.1246	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.0727	0.0970
	2SCEA	0.2849	0.1246	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525
	군집 전	0.6214	0.5682	0.1020	0.6973	0.7048	0.6995	0.7123	0.7054	0.5945	0.2862
	최단군집후	1.0000	0.7170	0.3784	1.0000	1.0000	1.0000	0.9544	1.0000	0.9487	0.6074
	최장군집후	1.0000	1.0000	0.3784	1.0000	0.8044	0.6329	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	평균군집후	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	중심군집후	1.0000	1.0000	0.3784	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9945	1.0000
24	실루엣(최단)	1.0000	1.0000	0.8136	0.7423	1.0000	0.5767	0.8923	1.0000	1.0000	1.0000
	실루엣(최장)	1.0000	1.0000	0.4464	1.0000	0.8044	0.6329	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.4464	1.0000	0.7804	0.7962	0.6986	1.0000	0.9941	1.0000
	2SCEB	0.7084	0.7511	0.0667	0.8526	0.8035	0.7471	0.8895	0.8745	0.7170	0.4855
	2SCEA	0.7578	0.7511	0.0667	0.8526	0.8035	0.7471	0.8895	0.8012	0.7170	0.4855
	군집 전	0.2671	0.2304	0.0937	0.2030	0.1999	0.1927	0.1850	0.1976	0.1868	0.1649
	최단군집후	0.4898	0.4364	0.1719	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.5678	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.4184	0.4235	0.1932	0.6116	0.5432	0.7899	0.6195	0.8286	0.4924	0.2235
	평균군집후	1.0000	0.3368	0.4463	0.7762	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.3327
	중심군집후	0.4669	0.4039	0.1932	0.5208	0.4713	0.5468	0.4356	0.8286	0.1265	0.3263
25	실루엣(최단)	0.9080	1.0000	0.3396	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.6329	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	0.5591	1.0000	0.3524	0.5387	0.5432	0.7899	0.4943	0.4953	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	0.5505	0.4463	0.7762	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.8666
	실루엣(중심)	1.0000	0.5505	0.3524	0.3509	0.7804	0.7962	0.6986	0.4953	0.4278	0.4885
	2SCEB	0.4116	0.3662	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.2343	0.0970
	2SCEA	0.4373	0.3662	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.2343	0.1525
	군집 전	0.1970	0.1607	0.0475	0.2290	0.2193	0.2003	0.1880	0.1707	0.0846	0.0609
	최단군집후	0.4898	0.5304	0.1719	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5678	1.0000	1.0000
	최장군집후	0.4184	0.4456	0.1932	1.0000	0.5432	0.9678	1.0000	0.8286	0.4924	0.5142
	평균군집후	1.0000	0.4735	0.3669	0.7762	0.4385	0.4878	0.3830	0.3972	0.3339	0.3188
	중심군집후	0.8658	0.4039	0.1932	0.3263	0.4713	0.4194	0.5640	0.8286	0.1402	0.2694
26	실루엣(최단)	1.0000	0.9267	1.0000	0.7423	0.9400	0.5767	1.0000	0.9031	0.7664	1.0000
	실루엣(최장)	0.5264	0.4471	0.2627	0.7669	0.5432	0.9678	0.9285	0.8416	0.5291	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	0.5819	0.3669	0.7762	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	실루엣(중심)	1.0000	0.5819	0.2627	0.6754	0.7804	0.7962	0.6986	0.8416	0.9941	0.5997

	최장군집후	0.4290	0.1983	1.0000	0.5303	0.5793	0.6805	0.7841	1.0000	0.7889	1.0000
	평균군집후	0.7384	0.4872	0.3669	0.9218	0.4385	0.4878	0.3830	0.3972	0.3339	0.3188
	중심군집후	0.6037	0.4672	1.0000	0.3263	0.5804	0.4194	0.5640	1.0000	0.1402	0.2694
	실루엣(최단)	0.9080	0.5115	0.4913	0.5915	1.0000	1.0000	1.0000	0.4464	0.3872	0.3385
	실루엣(최장)	0.5591	1.0000	0.2690	0.4308	0.5793	0.6805	0.9285	0.5148	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	0.7384	0.5505	0.3669	0.9218	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.8666
	실루엣(중심)	0.7384	0.5505	0.2690	0.3622	1.0000	1.0000	1.0000	0.5148	0.4278	0.4885
	2SCEB	0.2849	0.1246	0.0667	0.5435	0.4600	0.6433	0.2570	0.6414	0.2343	0.0970
	2SCEA	0.2849	0.1246	0.0667	0.4871	0.5953	0.6433	0.2570	0.5173	0.2343	0.1525
	군집 전	0.1449	0.1803	0.0690	0.2357	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8735
32	최단군집후	0.4898	0.4364	0.1719	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.5678	0.7254	0.7076
	최장군집후	0.3833	0.1983	0.1575	0.4392	0.5793	0.6805	0.7841	1.0000	0.7889	1.0000
	평균군집후	0.3917	0.3368	0.3539	0.6556	0.6395	0.6177	0.6587	0.6952	0.7517	0.6408
	중심군집후	0.4669	0.3252	0.1575	0.3969	0.4713	0.5468	0.4356	1.0000	0.2939	0.7705
	실루엣(최단)	1.0000	1.0000	0.3396	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.6329	1.0000	1.0000
	실루엣(최장)	0.4153	0.4471	0.2690	1.0000	0.5793	0.6805	0.9285	0.5148	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	0.3917	1.0000	0.3539	0.6556	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9779
	실루엣(중심)	0.3917	1.0000	0.2690	1.0000	0.7804	0.7214	1.0000	0.5148	0.9796	0.7936
	2SCEB	0.2849	0.1246	0.0667	0.3568	1.0000	1.0000	1.0000	0.2393	1.0000	1.0000
	2SCEA	0.2849	0.1246	0.0667	0.3178	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
33	군집 전	0.9943	1.0	0.1996	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9120	0.4321
	최단군집후	1.0000	1.0000	0.3784	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	최장군집후	1.0000	1.0000	0.3784	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	평균군집후	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	중심군집후	1.0000	1.0000	0.3784	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9945	1.0000
	실루엣(최단)	1.0000	1.0000	0.8136	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	실루엣(최장)	1.0000	1.0000	0.4464	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.4464	1.0000	0.7804	0.7962	0.6986	1.0000	0.9941	1.0000
	2SCEB	1.0000	0.1246	0.0667	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7337
2SCEA	1.0000	0.1246	0.0667	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9996	1.0000	0.7337	
34	군집 전	0.5464	0.3634	0.0701	0.3617	0.3365	0.3422	0.3410	0.3595	0.3005	1.0
	최단군집후	0.4898	0.9269	0.1719	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.5678	0.3053	1.0000
	최장군집후	0.4184	0.4235	0.1932	0.9458	0.5432	0.7899	0.7841	0.8286	0.4924	1.0000
	평균군집후	1.0000	0.3368	0.4463	0.7762	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	1.0000
	중심군집후	0.4669	0.4039	0.1932	0.7205	0.4713	0.5468	0.4356	0.8286	0.1265	1.0000
	실루엣(최단)	0.9118	0.5115	0.3396	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.6329	0.3872	1.0000
	실루엣(최장)	0.5591	1.0000	0.3524	1.0000	0.5432	0.7899	0.9285	0.4953	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	0.5505	0.4463	0.7762	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	1.0000
	실루엣(중심)	1.0000	0.5505	0.3524	1.0000	0.7804	0.7962	0.6986	0.4953	0.4278	1.0000
	2SCEB	0.7084	0.5694	0.0667	0.5435	0.8889	0.6433	0.8105	0.6414	0.2343	1.0000
2SCEA	0.7578	0.5694	0.0667	0.9895	0.5953	0.6433	0.8105	0.5173	0.2343	1.0000	
35	군집 전	0.2404	0.2284	0.1050	0.3292	0.2692	0.2779	0.2380	0.2292	0.0389	0.0301
	최단군집후	0.4898	0.4364	0.1881	0.5527	0.5302	0.5312	0.5149	0.7837	0.3053	0.2803
	최장군집후	0.4184	0.4235	0.1932	0.6116	0.5432	0.7899	0.6195	0.8286	0.4924	0.2235
	평균군집후	1.0000	0.3368	0.4463	0.7762	0.6414	0.5262	0.4849	0.4855	0.4569	0.3327
	중심군집후	0.4669	0.4039	0.1932	0.5208	0.4713	0.5468	0.4356	0.8286	0.1265	0.3263
	실루엣(최단)	0.9080	1.0000	0.4913	0.5915	0.6540	0.5767	0.6189	0.4464	0.3872	0.3385

	실루엣(최장)	0.5264	1.0000	0.3524	0.5387	0.5432	0.7899	0.4943	0.4953	0.4190	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	0.5505	0.4463	0.7762	0.6972	0.6664	0.5897	0.5936	0.3906	0.8578
	실루엣(중심)	1.0000	0.5505	0.3524	0.3622	0.7804	0.7962	0.6986	0.4953	0.4278	0.5997
	2SCEB	0.2849	0.3662	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.0727	0.0970
	2SCEA	0.2849	0.3662	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525
36	군집 전	0.8068	0.6298	0.1849	0.5829	0.5464	0.5275	0.4918	0.4826	0.3564	0.2389
	최단군집후	1.0000	0.7170	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7254	0.7076
	최장군집후	1.0000	1.0000	1.0000	0.7108	0.5432	0.7899	0.6195	1.0000	0.4924	0.6989
	평균군집후	1.0000	1.0000	0.4357	0.9218	0.6414	1.0000	1.0000	1.0000	0.4569	0.4338
	중심군집후	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.1265	0.4255
	실루엣(최단)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6329	1.0000	1.0000
	실루엣(최장)	0.5591	1.0000	0.2627	0.5387	0.5432	0.7899	1.0000	0.8416	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	0.4357	0.9218	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9779
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	0.2627	0.6754	1.0000	1.0000	1.0000	0.8416	0.9941	0.7936
		2SCEB	1.0000	0.7511	0.0667	0.8526	0.8035	0.7471	0.8895	0.8745	0.4064
	2SCEA	1.0000	0.7511	0.0667	0.8526	0.8035	0.7471	0.8895	0.8012	0.4064	0.4855
37	군집 전	0.2744	0.2279	0.0374	0.2282	0.2264	0.2312	0.2397	0.2503	0.2157	0.1000
	최단군집후	0.5056	0.7170	0.4097	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	최장군집후	1.0000	0.5005	0.4097	1.0000	0.8044	0.6329	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	평균군집후	1.0000	0.4872	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	중심군집후	1.0000	0.4672	0.4097	1.0000	0.5804	1.0000	0.5640	1.0000	0.4080	1.0000
	실루엣(최단)	1.0000	1.0000	0.8136	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	실루엣(최장)	1.0000	1.0000	1.0000	0.7669	0.8044	0.6329	0.9285	0.8416	0.5291	1.0000
	실루엣(평균)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4802	1.0000
	실루엣(중심)	1.0000	1.0000	1.0000	0.6754	0.7804	0.5775	0.6986	0.8416	0.3698	0.5997
		2SCEB	0.2849	0.3662	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.6414	0.2343
	2SCEA	0.2849	0.3662	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.5173	0.2343	0.1525
38	군집 전	0.2069	0.1727	0.0320	0.1281	0.1382	0.1265	0.1214	0.1119	0.0810	0.0319
	최단군집후	1.0000	0.9269	0.1719	1.0000	1.0000	0.5312	1.0000	0.5678	0.7254	0.7076
	최장군집후	0.4290	0.1983	0.1932	0.5303	0.5793	0.6805	0.7841	0.8286	0.7889	1.0000
	평균군집후	0.7384	0.2886	0.3669	0.7762	0.6395	0.6177	0.6587	0.6952	0.7517	0.6408
	중심군집후	0.6037	0.3252	0.1932	0.3263	0.5804	0.4194	0.5640	1.0000	0.1402	0.2694
	실루엣(최단)	0.9118	0.5115	0.3396	1.0000	1.0000	0.5767	0.6189	1.0000	1.0000	1.0000
	실루엣(최장)	1.0000	0.4471	0.3524	0.4308	0.5793	0.6805	0.9285	0.4953	1.0000	1.0000
	실루엣(평균)	0.7384	1.0000	0.3669	0.7762	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8578
	실루엣(중심)	0.7384	1.0000	0.3524	0.3509	1.0000	1.0000	1.0000	0.4953	0.4278	0.4885
		2SCEB	0.2849	0.3662	0.0667	0.3568	0.3019	0.2965	0.2570	0.2393	0.0727
	2SCEA	0.2849	0.3662	0.0667	0.3178	0.3019	0.2965	0.2570	0.2488	0.0727	0.1525

부표 3. 실루엣, 2단계(Type II)교차효율성 모형에 의한 클러스터링 측정결과

항만	구분	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
부산	실루엣(최단)	24	11,24	8,24,33	8,13,24,26	24	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,29,30,32,34,35,38	8,13,21,24	8,24,33	11,24	6,8,11,13,24,28,34
	실루엣(최장)	11,12,19,20,22,24	11,12,24,27,31,33	8,24,33	5,31,38	8,24	24	8,11,12,24,33,36	8,24,33	8,11,12,21,24,26,33	11,12,33,37
	실루엣(평균)	6,11,19,20,21,24,26,28,37	12,24,33	1	8,24,33	8,11,12,20,21,24,26,33,36	8,12,20,21,24,33	8,11,12,20,21,24,26,33	8,11,12,20,21,24,26,33	8,11,12,21,24,26,33	11,12,24,26,33,34,37
	실루엣(중심)	11,19,20,21,24,26,28,37	11,12,24,27	8,24,33	11,12,24,33	1,2,3,4,5,7,8,9,11,13,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,29,30,32,33,34,35,37	1,2,3,4,7,8,9,11,12,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,29,33,34,35	1,2,3,4,5,7,8,9,11,13,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,29,33,34,35,37	8,24,33	1,8,11,12,21,24,26,33,36	11,12,24,33,34
	2SCEB	9,16,17,24,27,34	17,24,36	14,27을 제외한 전부	8,24,27,36	8,17,24,27,36	8,24,27,36	8,11,24,27,36	8,11,24,27,36	11,13,15,24	8,11,13,15,24,36
	2SCEA	9,16,24,27,34	17,24,36	14,27을 제외한 전부	8,24,27,36	8,17,24,27,36	8,24,27,36	8,11,24,27,36	8,11,24,27,36	11,13,15,24	2,3,4,6,7,8,9,10,11,13,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,35,36,37,38
인천	실루엣(최단)	2,5,8,10,11,16,17,18,23,25,27,29,30,31,32,35	2,3,4,5,6,8,10,14,15,19,20,23,25,28,29,30,32,35,36,37	1,3,5,7,9,10,13,15,16,18,20,22,23,25,29,30,32,34,38	2,3,4,7,9,10,15,16,18,19,20,21,22,23,25,29,30,31,32,34,35	2,4,5,10,13,16,18,19,20,21,22,23,25,29,30,32,34,35	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,29,30,32,34,35,38	1,2,3,4,7,9,10,16,17,18,19,20,22,23,25,29,35,38	1,5,7,9,10,16,18,20,21,22,25,29,30,32,34,36	2,3,4,5,7,9,16,19,20,21,22,23,25,29,31,34,35	2,3,4,5,7,9,10,16,18,20,21,22,23,25,29,30,31,35
	실루엣(최장)	16,17,18,23,25,31,34,38	3,4,7,8,9,14,15,16,17,23,25,34,35,36,37	1,2,4,14,17,18,21,22,23,25,35,38	2,3,4,7,9,10,16,18,20,21,22,23,25,29,35,36	1,2,3,4,7,9,16,17,19,20,22,23,25,29,34,35	1,2,3,4,9,16,17,19,20,22,23,25,29,34,35	1,2,3,4,5,7,9,16,20,22,23,25,29,35	1,2,4,17,18,19,22,25,34,35,38	2,3,4,7,16,17,19,22,23,25,29,34,35	2,3,4,6,7,8,9,13,15,16,22,25,26,27,28,29,31,34,35
	실루엣(평균)	4,5,8,13,14,15,17,22,23,25,27,29,30,34,35,36	5,8,14,15,23,25,35,36	6,7,8,9,11,13,14,19,22,24,26,27,28,33,35,37	1,2,4,17,18,22,25,34,35,38	1,2,3,4,7,9,16,17,19,22,23,25,29,31,33,435	1,2,3,4,7,9,16,17,19,22,23,25,29,31,34,35	1,2,3,4,7,9,16,17,19,22,23,25,29,31,34,35	1,2,4,17,18,19,22,25,34,35,38	1,2,4,17,18,19,22,25,34,35,38	2,3,4,7,16,17,19,22,23,25,29,31,34,35
	실루엣(중심)	4,5,8,13,14,15,17,22,23,25,27,29,30,34,35,36	17,23,25,31,34,35	1,2,4,14,17,18,22,25,34,35,38	3,16,25,38	1,2,3,4,5,7,8,9,11,13,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,29,30,32,33,34,35,37	1,2,3,4,7,8,9,11,12,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,29,33,34,35	1,2,3,4,5,7,8,9,11,13,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,29,33,34,35,37	1,2,4,17,18,19,22,25,34,35,38	2,3,4,7,9,16,17,19,20,22,23,25,29,31,34,35,38	3,16,17,25,29,31,38
	2SCEB	1,3,6,7,18	1,2,3,6,7	14,27을	1,2,3,4,5,7	1,2,3,4,5,7,1	1,2,3,4,5,6,7,1	1,2,3,4,5,6,7,1	1,2,3,4,5,6	1,2,3,4,5	17,18,19

		,19,25,29,30	20,21,22,25,26,29,30,35,37,38	제외한 전부	10,20,21,22,23,25,26,29,30,32,35,37,38	0,20,21,22,23,25,26,29,30,35,37,38	0,20,21,22,23,25,26,29,30,35,37,38	,7,10,16,18,19,20,21,22,23,25,26,29,30,31,35,37,38	,6,7,10,16,20,21,22,23,25,26,29,30,35,38	,25,28,31,34,37	10,16,17,18,19,20,21,22,23,25,26,27,28,29,30,31,35,37,38
	2SCEA	1,3,6,7,17,18,19,25,29,30	1,2,3,6,7,20,21,22,25,26,29,30,35,37,38	14,27을 제외한 전부	1,2,3,4,5,7,10,20,21,22,23,25,26,29,30,32,35,37,38	1,2,3,4,5,7,10,20,21,22,23,25,26,29,30,35,37,38	1,2,3,4,5,6,7,10,20,21,22,23,25,26,29,30,35,37,38	1,2,3,4,5,6,7,10,16,18,19,20,21,22,23,25,26,29,30,31,35,37,38	1,2,3,4,5,6,7,10,16,20,21,22,23,25,26,29,30,35,38	2,3,4,6,7,9,10,16,17,18,19,20,21,22,23,25,26,28,29,30,31,34,35,37,38	2,3,4,6,7,8,9,10,11,13,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,35,36,37,38
광양	실루엣 (최단)	1,3,4,6,7,9,11,12,13,14,19,20,21,22,26,28,36,37	1,9,13,26	6,19,21,23,26,27,28,36	8,13,24,26	1,3,7,9,15,26,27	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,29,30,32,34,35,38	5,6,14,15,26,28,31,36	6,14,26,27,28	15,26,27	1,14,15,17,19,26,32,36,38
	실루엣 (최장)	1,4,5,6,21,28,29,35	1,2,5,10,18,19,20,21,22,26,29,30,32,38	6,21,26,36	1,6,8,13,14,15,17,19,26,27,28,37	5,6,10,13,14,15,18,26,27,28,30,31,32,38	5,6,10,15,18,26,28,30,31,32,38	6,10,13,14,15,17,18,19,26,27,28,8,30,31,32,34,37,38	6,14,21,26,27,36,37	9,15,20,21,26,27,37	2,3,4,6,7,8,9,13,15,16,22,25,26,27,28,29,31,34,35
	실루엣 (평균)	6,11,19,20,21,24,26,28,37	3,6,11,13,19,20,26,27,28	2,3,4,16,25,29,31,34,38	6,14,21,26,27,36,37	8,11,12,20,21,24,26,33,36	8,11,12,20,21,26,33	8,11,12,20,21,24,26,33	8,11,12,20,21,24,26,33	8,11,12,21,24,26,33	11,12,24,26,33,34,37
	실루엣 (중심)	11,19,20,21,24,26,28,37	1,6,7,9,16,26	6,21,26,36	1,6,8,13,15,17,19,26,27,28,36,37	1,2,3,4,5,7,8,9,11,13,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,29,30,32,33,34,35,37	1,2,3,4,7,8,9,11,12,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,29,30,33,34,35	1,2,3,4,5,7,8,9,11,13,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,29,33,34,35,37	6,14,21,26,27,36,37	1,8,11,12,21,24,26,33,36	1,2,4,6,7,8,9,13,15,22,26,27,28,35,37
	2SCEB	2,4,5,10,20,21,22,23,26,31,32,35,37,38	1,2,3,6,7,20,21,22,25,26,29,30,35,37,38	14,27을 제외한 전부	1,2,3,4,5,7,10,20,21,22,23,25,26,29,30,32,35,37,38	1,2,3,4,5,7,10,20,21,22,23,25,26,29,30,35,37,38	1,2,3,4,5,6,7,10,20,21,22,23,25,26,29,30,35,37,38	1,2,3,4,5,6,7,10,16,18,19,20,21,22,23,25,26,29,30,31,35,37,38	1,2,3,4,5,6,7,10,16,20,21,22,23,25,26,29,30,35,38	2,3,4,6,7,9,10,16,20,21,22,23,26,29,30,35,38	2,3,4,6,7,9,10,16,17,18,19,20,21,22,23,25,26,27,28,29,30,31,35,37,38
	2SCEA	2,4,5,10,20,21,22,23,26,31,32,35,37,38	1,2,3,6,7,20,21,22,25,26,29,30,35,37,38	14,27을 제외한 전부	1,2,3,4,5,7,10,20,21,22,23,25,26,29,30,32,35,37,38	1,2,3,4,5,7,10,20,21,22,23,25,26,29,30,35,37,38	1,2,3,4,5,6,7,10,20,21,22,23,25,26,29,30,35,37,38	1,2,3,4,5,6,7,10,16,18,19,20,21,22,23,25,26,29,30,31,35,37,38	1,2,3,4,5,6,7,10,16,20,21,22,23,25,26,29,30,35,38	2,3,4,6,7,9,10,16,17,18,19,20,21,22,23,25,26,28,29,30,31,34,35,37,38	2,3,4,6,7,8,9,10,11,13,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,35,36,37,38