

FCM법에 의한 항만의 분류 및 그 특성 분석에 관한 연구

김 종 수* · 윤 명 오* · 양 원 재**

A Study on the Classification of Ports and its Characteristics
using Fuzzy C-Means

J. S. Keum · M. O. Youn · W. J. Yang

Key Words : FCM(Fuzzy C-Means), 클러스터 중심(Cluster Center), 퍼지 클러스터링(Fuzzy Clustering), 분류(Classification), 무역항(Foreign Trade Port), 군집분석(Cluster Analysis), 멤버십 값(Membership Value), 항만개발(Port Development)

Abstract

In port management, the scale of facilities and port layouts are major factors characterizing the port, which influence port economics and productivities continuously through the port operation.

Grouping ports in certain region by their characteristics could be used as the principal informations to establish national policy for port development or investment and also to analyze the competitiveness between ports.

Currently Korean ports are divided into two groups such as the local port and the designated port containing foreign trade port and coastal port under the Korean port law. These divisions seem to be used for port administration as the matter of convenience but some qualitative grouping is needed for research of port problems.

In this paper, 20 major Korean ports were clustered by the similar characteristics using Fuzzy C-Means and found to be classified 8 qualitative groups.

* 정희원, 목포해양대학교 교수

** 정희원, 한국해양대학교 대학원 박사과정

1. 서 론

오늘날 항만을 둘러싼 경제·사회환경은 급변하고 있으며 이러한 변화의 흐름 중에서 중요한 것으로는 역내 항만간의 경쟁심화, 해상수송형태의 변화, 해운항만기술의 발전, 항만기능의 다양화, 항만개발 및 운영에 대한 인식변화 등을 들 수 있다. 이러한 환경변화에 따라 우리 나라의 항만들도 급변하는 해운항만환경에 적응하면서 경쟁력을 제고하기 위하여 항만의 개발, 운영 및 관리 측면에서 효율성을 극대화하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

일반적으로 항만은 항만의 용도, 항만의 입지, 항만의 발전유형, 항만의 운영형태, 항만의 건설방법, 행정상의 구분 등에 따라 분류하고 있으나 본 연구에서는 우리 나라 항만법상의 무역항을 중심으로 항만의 조건이나 특성이 유사한 항만군으로 분류하여 그 특성을 살펴보고자 한다.

우리 나라 항만법에서는 항만을 지정항만과 지방항만으로 구분하고, 지정항만은 무역항과 연안항으로 구분하고 있으며 이러한 무역항의 대부분은 무역항이지만 상항 및 공업항의 성격요소를 아울러 지니고 있어 그 성격이 매우 복잡적이다. 이러한 경우 각 항만의 특성을 고려하지 않고 단순히 무역항이라는 관점만으로 개발방향을 결정하는 것은 부적당하다고 할 수 있기 때문에 항만의 관리 또는 개발방향 등을 설정하기 위해서는 먼저 대상으로 하는 항만의 특성을 명확히 파악할 필요가 있다.

그러나 우리 나라 지역거점항의 경우 거의 모든 항만이 그 지역의 특성을 무시하고 국제거점항 수준의 항만개발을 요구하고 있는 실정이나 각 항만의 특성, 지역산업 및 생활의 특성 등을 고려하여 그 지역의 특성을 최대한 살릴 수 있는 다양한 형태의 항만개발과 조화로운 배치방안을 마련할 필요가 있다.

한편, 일본의 경우 항만분류를 특정중요항만, 중요항만, 지방항만의 3종류로 분류하고 있으나 최근 해상수송의 형태와 산업구조, 국토개발의 방법 등

경제·사회환경이 급변함에 따라 항만에 부과된 역할도 크게 변하고 있어 항만분류를 재조정하려는 방침을 발표하였다.

따라서 본 연구에서는 우리 나라의 전체 28개 무역항 중에서 연간 화물처리량이 1백만톤 이상인 20개 무역항을 선정하여 각 항만의 선박입출항 현황, 연간 화물처리량 및 항만시설 현황 등을 파악하고, 항만의 조건이나 성격이 유사한 항만들을 몇 개의 군집으로 분류하여 각 항만군집의 특성을 파악하고자 한다.

항만의 분류를 위한 기존의 연구는 주로 컨테이너 항만을 중심으로 항만의 특성과 조건들을 한 두 가지 변수를 이용하여 유사한 항만군으로 분류하고 있다.^{1),7),8)} 그러나 기존의 연구에서 사용한 하드클러스터링 방법은 분명한 경계선을 가지고 항만을 몇 개의 항만군집으로 분류하지만 경계부근에 있는 항만의 경우 어느 하나의 항만군집에 완전하게 분류하는 것이 불가능할 수도 있다는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 퍼지 클러스터링 방법 중의 하나인 Fuzzy C-Means 알고리즘을 이용하여 내부적인 상황도 식별할 수 있도록 소속하는 정도를 [0,1]로 확장하고 경계부근의 항만들을 한 개 이상의 항만군집에 소속될 수 있게 허용하는 방법을 사용하여 국내 20개 무역항을 8개의 군집으로 분류하고 그 특성을 분석하였다.

2. FCM법에 의한 항만의 분류

2.1 일반적인 항만의 분류

일반적으로 항만의 분류방법 및 분류기준은 그 목적에 따라 항만의 용도, 항만의 입지, 항만의 발전유형, 항만의 운영형태, 항만의 건설방법, 행정상의 구분 등에 따라 분류하고 있다.

먼저 항만을 이용하는 선박의 종류에 따라 그 용도별로 분류하면 상항, 공업항, 어항, 페리항, 리크레이션항, 군항, 피난항으로 분류할 수 있으며, 항

만의 입지에 따라 연안항, 해항, 하구항, 하천항, 호수항, 운하항으로 분류할 수 있다. 또한 항만은 방파제 등과 같은 외곽시설이 있는가 없는가에 따라서 천연항과 인공항으로 분류할 수 있다.

그리고 항만의 발전유형에 따라서 지역항, 지역중심항, 지역거대항, 거대중심항으로 분류할 수 있으며, 항만의 운영형태에 따라 지주항, 도구항, 운영항으로 분류할 수 있다. 또한 항만행정을 위해 항만법, 개항질서법, 공유수면관리법, 항만운송사업법, 어항법 등에 각각의 행정목적에 따라 항만을 분류하고 있다.

한편, 우리 나라 항만법상의 무역항의 대부분은 무역항이지만 상항 및 공업항의 성격요소 등을 아울러 지니고 있어 그 성격이 매우 복잡적이다. 이러한 경우 각 항만의 특성을 고려하지 않고 단순히 무역항이라는 관점만으로 개발방향을 결정하는 것은 부적당하다고 할 수 있기 때문에 항만의 관리 또는 개발방향, 전국적·광역적인 관점에서의 항만의 배치문제 등을 설정하기 위해서는 먼저 대상으로 하는 항만의 특성을 명확히 파악할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 우리 나라 항만법상에 지정된 무역항을 중심으로 항만의 조건이나 특성이 유사한 항만군으로 분류하여 그 특성을 분석하고자 한다.

항만의 분류하기 위한 클러스터링 방법은 계층적 방법, 그래프 이론적 방법, 목적함수 방법으로 나눌 수 있으며 각각의 방법에는 크리슘(crisp) 분류법과 퍼지 분류법으로 분류할 수 있다.

항만의 특성과 조건들이 유사한 항만들을 몇 개의 항만군으로 분류한 기존의 연구로는 주로 대형 컨테이너 항만분류를 위한 벤치마킹적인 시도로서 항만의 갠트리 크레인 수 등 6가지 변수를 이용하여 항만의 분류를 시도한 Tongzon의 연구¹⁾, 항만 시설과 처리물동량을 비교한 유사항만군의 식별에 관한 연구⁷⁾, 주성분분석 및 군집분석을 이용한 컨테이너항만의 분류⁸⁾ 등이 있다.

그러나 기존의 연구에서 사용한 항만의 크리슘 분류법은 분명한 경계선을 가지고 항만을 몇 개의

항만군집으로 분류하고 있기 때문에 경계부근에 있는 항만의 경우 어느 하나의 항만군집에 완전하게 분류하는 것이 불가능할 수도 있으며 또한 분류된 각 항만군집의 특성을 파악하기 어렵다는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 목적함수 방법 중 퍼지 클러스터링 방법의 하나인 FCM 알고리즘을 이용하여 내부적인 상황도 식별할 수 있도록 소속하는 정도를 [0,1]로 확장하여 경계부근의 항만들을 한 개 이상의 항만군집에 소속될 수 있게 허용하고, 각 항만군집의 클러스터 중심을 이용하여 그 특성을 분석한다.

2.2 FCM법에 의한 클러스터링법

항만의 분류하기 위한 클러스터링 방법은 계층적 방법, 그래프 이론적 방법, 목적함수 방법으로 나누어지고, 각각의 방법에는 크리슘(crisp) 분류법과 퍼지 분류법이 있는데 본 연구에서는 퍼지 목적함수 방법 중 FCM(Fuzzy C-Means) 알고리즘을 이용하여 국내 무역항의 분류에 적용한다.

어떤 항만 k 가 항만군집 S_i 에 속하는지 속하지 않는지만을 나타내는 하드 클러스터링법에 대해서 FCM법은 각 항만이 복수개의 항만군집에 서로 다른 정도로 속한다는 퍼지 이론의 특성을 포함시킨 클러스터링 방법이다.

n 개의 항만의 집합 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 의 퍼지 부분집합 S_i 로의 분할은 소속함수 $u_{si} : X \rightarrow [0,1]$ 로 표시할 수 있다. 여기서 $u_{ik} = u_{si}(x_k)$ 는 폐구간 [0,1]의 값을 가지며 항만 k 의 항만군집 S_i 에 소속 정도를 나타낸다. 항만 k 의 항만군집 S_i 에 소속 정도 u_{ik} 를 이용하면 c 분할의 개념을 퍼지 c 분할로 확장할 수 있다.

임의의 유한집합 $X_k = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 과 정수 $c(2 \leq c < n)$ 에 대해서, $c \times n$ 행렬 $U = [U_{ik}]$ ($i = 1, \dots, c, k = 1, \dots, n$)는 다음 조건을 만족하면 퍼지 c 분할이라 한다.

- (1) $u_{ik} \in [0, 1] \quad : 1 \leq i \leq c, 1 \leq k \leq n$
- (2) $\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1 \quad : 1 \leq k \leq n$
- (3) $0 < \sum_{k=1}^n u_{ik} < n \quad : 1 \leq i \leq c$

여기서, 항만 k 가 항만군집 S_i 에 완전하게 속하는가 속하지 않는가라고 하는 c 분할에 대하여, 퍼지 c 분할에서는 몇 개의 항만군집에 다른 정도로 소속하게 된다. 조건(2)는 하나의 항만이 각 항만군집에 대한 소속정도의 총합이 1로 정규화되어야 하는 것을 나타내며, 조건(3)은 각 항만마다 항만군집에 대한 정의 소속도가 있으며 존재 이상의 항만군집에는 속할 수 없음을 나타내고 있다.

n 개의 t 차원의 데이터벡터 $X_k = x_{k,p} (p=1, 2, \dots, t) (k=1, 2, \dots, n)$ 을 c 개의 항만군집으로 분류할 때, 각 군집의 중심벡터 $v_i (i=1, 2, \dots, c)$ 와 데이터 x_k 와의 비유사도(dissimilarity) d_{ik} 는 유클리드 거리(Euclidean Distance)로 식(1)을 이용하여 구한다.

$$d_{ik} = d(x_k, v_i) = \|x_k - v_i\| \tag{1}$$

$$= \left\{ \sum_{j=1}^t (x_{kj} - v_{ij})^2 \right\}^{(1/2)}$$

FCM 알고리즘은 주어진 입력력 공간상의 데이터(x_k)에 대하여 다음 식(2)와 같은 목적함수를 최적화 시키는 클러스터 중심 및 소속도 함수 값을 구하는 알고리즘이다.

$$\text{Minimize } J(U, v) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n (u_{ik})^m \|x_k - v_i\|^2 \tag{2}$$

이 때, 식(2)의 목적함수를 최적화 시키기 위한 클러스터 중심(v_i)과 소속도 함수 값(u_{ik})은 다음 식(3) 및 식(4)로부터 구할 수 있다.

$$v_i = \frac{1}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m} \sum_{k=1}^n (u_{ik})^m x_k, \quad 1 \leq i \leq c \tag{3}$$

$$u_{ik} = 1 / \sum_{j=1}^c (d_{ik} / d_{jk})^{2/(m-1)} \tag{4}$$

여기서, u_{ik} 는 항만 x_k 가 항만군집 S_i 에 속하는 소속의 정도를 나타내는 소속도 함수 값이다. 하드 클러스터링 방법의 경우 u_{ik} 는 0 또는 1의 값을 취하므로 분명한 경계선을 가지고 항만을 몇 개의 항만군집으로 분류하지만 경계부근에 있는 항만의 경우 어느 하나의 항만군집에 완전하게 분류하는 것이 불가능할 수도 있다. 그러나 Fuzzy C-Means 알고리즘은 내부적인 상황도 식별할 수 있도록 소속하는 정도를 [0,1]로 확장하여 경계부근의 항만들을 한 개 이상의 항만군집에 소속될 수 있게 허용하고 있다. v_i 는 항만 x_k 의 소속도 함수 값의 m 차원 가중평균으로 이것은 높은 소속의 정도를 갖는 항만 x_k 가 낮은 소속의 정도를 갖는 것보다 v_i 에 더 많은 영향을 미친다는 것을 의미한다. m 값은 지수가중치이고 수렴된 클러스터의 퍼지한 정도를 나타낸다.

한편, FCM법의 알고리즘은 기본적으로 통상의 C-Means법의 U (소속도 함수값)와 v (클러스터의 중심)를 갱신하기 위한 루틴을 추가한 것으로 FCM 알고리즘을 요약하여 정리하면, 다음 4단계의 과정으로 구성된다.

단계 1 : 클러스터의 수 $c(2 \leq c < n)$ 와 지수가중치 $m(1 < m < \infty)$ 값을 결정하고, 퍼지 c 분할행렬 ($U^{(0)}$)을 초기화한다.

단계 2 : 단계 1에서 구한 $U^{(l)}$ 과 식(3)을 이용하여 새로운 클러스터의 중심 $v_i^{(l)} (i=1, 2, \dots, c)$ 를 구한다.

단계 3 : $x_k \neq v_i^{(l)}$ 일 때 식(4)에 의해 $U^{(l)}$ 를 $U^{(l+1)}$ 로 갱신하고 그 외에는 $U_{ik}^{(l+1)} = \begin{cases} 1 & i=j \\ 0 & i \neq j \end{cases}$ 로 둔다.

단계 4 : 수렴판정치 ϵ 에 대해서 $\|U^{(l+1)} - U^{(l)}\|_C \leq \epsilon$ 을 만족하면 종료하고 그

렇지 않으면 $l = l + 1$ 을 한 후 단계 2로 되돌아가서 반복 수행한다.

3. 항만의 현황 분석

3.1 선박 입출항 현황

우리 나라의 28개 무역항 중에서 1998년 연간 화물처리량이 1백만톤 이하인 장항, 완도, 서귀포, 통영, 옥포, 거제, 진해, 속초항을 제외한 20개 항만을 대상으로 선박 입출항 현황을 살펴보면 Table 1에 보이는 바와 같이 전체 입출항 선박은

263,948척, 평균 톤수는 5,406톤으로 나타나고 있다. 입출항 선박의 척수는 부산항(65,702척), 울산항(41,762척), 인천항(38,735척), 광양항(31,502척)의 순으로 나타나고 있는 반면에 입출항 선박의 평균 톤수는 태안항(21,789톤), 보령항(20,337톤), 대산항(7,653톤), 삼천포항(7,259톤), 부산항(6,432톤)의 순으로 나타나고 있으며, 입출항 선박의 평균 톤수가 가장 작은 항만은 제주항(673톤), 목포항(854톤)으로 나타났다.

한편, 각 항만에 입출항하는 전체 선박 중에서 연안선의 비중이 90% 이상을 차지하는 항만은 제주항(97%), 삼척항(95.9%), 옥계항(95.4%), 목포항(94.5%), 평택항(90%), 목호항(90%)이며, 그 외의

Table 1 Movements of coastal and ocean-going vessel in 1998

항 만	총 계			외 항 선		연 안 선	
	척 수	톤 수	평균 톤수	척 수	톤 수	척 수	톤 수
부 산	65,702	422,561,006	6,432	38,795	393,990,320	26,907	28,570,686
인 천	38,735	202,388,563	5,225	10,820	146,487,017	27,915	55,901,546
평 택	8,607	36,268,010	4,214	857	26,927,193	7,750	9,340,817
여 수	5,516	19,745,008	3,580	1,295	14,432,042	4,221	5,312,966
광 양	31,502	183,753,058	5,833	9,330	142,847,595	22,172	40,905,463
마 산	10,555	39,215,712	3,716	3,285	30,580,412	7,270	8,635,300
삼천포	2,435	17,676,121	7,259	420	15,750,478	2,015	1,925,643
고 현	1,736	3,543,134	2,041	489	2,528,910	1,247	1,014,224
울 산	41,762	273,429,408	6,548	16,390	238,929,609	25,372	34,499,799
동 해	4,027	21,566,463	5,356	579	8,599,935	3,448	12,966,528
삼 척	1,673	7,043,437	4,210	69	281,065	1,604	6,762,372
목 호	2,774	4,319,748	1,557	278	298,721	2,496	4,021,027
옥 계	1,703	5,893,444	3,461	78	1,632,994	1,625	4,260,450
군 산	8,102	33,289,704	4,109	2,155	26,002,089	5,947	7,287,615
목 포	12,232	10,445,998	854	671	4,197,392	11,561	6,248,606
포 항	12,993	73,305,132	5,642	4,643	60,537,137	8,350	12,767,995
제 주	6,181	4,161,331	673	185	314,546	5,996	3,846,785
대 산	7,020	53,724,536	7,653	2,609	44,601,539	4,411	9,122,997
보 령	439	8,927,796	20,337	152	8,736,780	287	191,016
태 안	254	5,534,386	21,789	80	5,437,204	174	97,182

자료 : 해양수산부, 해양수산통계연보, 1999.

항만들도 연안선의 비중이 높게 나타나고 있으나 부산항만은 외항선의 입출항 척수가 59%로 연안선보다 높게 나타나고 있다.

3.2 항만시설 및 연간 화물처리량

20개 대상 항만의 항만시설 현황, 하역능력, 보관능력 및 화물처리량에 대하여 살펴보면 Table 2에서와 같이 안벽길이는 부산항(20,628m), 인천항(10,802m), 포항항(9,516m), 광양항(8,748m), 울산항(8,607m)의 순으로 이들 상위 5개 항만의 안벽길이가 전체 안벽길이 80,713m의 약 72.2%를 차지하고 있고, 전체 하역능력은 402,503천톤으로 이

중에서 부산항, 광양항, 인천항, 포항항 및 울산항이 전체 하역능력의 약 71.1%를 차지하고 있으며, 이들 항만의 접안능력 또한 전체의 73.7%를 차지하고 있다.

상옥, 일반창고 및 야적장의 보관능력을 포함한 보관능력 측면에서는 부산항(6,379천톤), 인천항(3,992천톤), 포항항(2,315천톤), 광양항(2,132천톤), 마산항(2,017천톤)의 순으로 이들 5개 항만의 보관능력이 전체의 약 74.3%를 차지하고 있음을 알 수 있다.

화물처리량에 있어서는 전체 항만물동량은 650,571천톤 중 화물처리량이 많은 상위 5개 항만인 울산항, 광양항, 부산항, 인천항, 포항항에서 처

Table 2 Port facilities and cargo traffic volume in 1998

항 만	안벽길이 (m)	하역능력 (천톤)	접안능력 (척)	보관능력 (톤)	화물처리량(톤)		
					총 계	수출입	연 안
부 산	20,628	87,774	107	6,379,579	96,432,544	81,778,430	14,654,114
인 천	10,802	56,730	71	3,992,772	93,948,467	50,723,906	43,224,561
평 택	1,840	6,951	13	1,117,510	21,050,549	13,857,532	7,193,017
여 수	1,034	2,952	8	276,364	6,168,755	3,052,798	3,115,957
광 양	8,748	71,865	53	2,132,657	114,963,676	89,118,926	25,844,750
마 산	4,198	14,268	25	2,017,662	9,668,029	4,479,035	5,188,994
삼천포	1,583	13,581	9	386,436	14,313,000	12,994,528	1,318,472
고 현	232	901	2	10,467	1,104,117	493,452	610,665
울 산	8,607	24,843	81	1,290,000	148,032,452	123,602,477	24,429,975
동 해	3,412	21,057	16	174,690	15,425,123	5,575,060	9,850,063
삼 척	776	7,286	7	30,000	5,682,718	193,300	5,489,418
목 호	1,141	6,422	6	214,000	3,380,983	162,895	3,218,088
옥 계	873	4,914	5	93,000	3,728,352	469,436	3,258,916
군 산	2,434	7,596	24	1,805,043	10,165,197	4,917,756	5,247,441
북 포	2,196	6,271	13	350,000	5,205,095	1,052,994	4,152,101
포 항	9,516	44,785	44	2,315,000	47,551,856	36,697,980	10,853,876
제 주	2,221	3,155	16	85,027	2,304,756	33,554	2,271,202
대 산	-	4,987	14	-	39,223,471	31,790,829	7,432,642
보 령	472	10,682	2	-	7,556,415	7,447,837	108,578
태 안	-	5,483	1	-	4,665,773	4,597,661	68,112

자료 : 해양수산부, 해양수산통계연보, 1999.

리한 물동량이 전체의 약 77.0%를 차지하고 있다.

한편, 각 항만에서 취급한 화물 중 수출입화물의 취급 비중이 높은 항만은 보령항(98.6%), 태안항(98.5%), 삼천포항(90.8%), 부산항(84.8%), 울산항(83.5%)이며, 연안화물의 취급 비중이 높은 항만은 제주항(98.5%), 삼척항(96.6%), 목포항(95.2%), 옥계항(87.4%), 목포항(79.8%)으로 이들 항만은 국제 교역항으로서의 기능보다는 연안운송을 중심으로 기능하고 있음을 알 수 있다.

4. 항만의 분류 및 그 특성 분석

4.1 항만의 분류

각 항만의 조건과 특성이 비슷한 항만들을 분류

하고자 할 때 일반적으로 항만의 조건과 특성을 나타낼 수 있는 변수들로써 화물처리량, 입출항 선박척수, 선박의 톤수, 항만하역능력, 항만시설, 화물의 종류 등을 들 수 있다.

따라서 우리 나라의 28개 무역항 중에서 연간 화물처리량이 1백만톤 이상인 20개 항만을 대상으로 하여 항만의 특성과 조건이 유사한 항만들로 분류하고, 각 항만군의 특성을 파악하기 위하여 Table 3에서와 같이 구체적으로 정량화 할 수 있는 항만 조건과 항만의 특성을 나타낼 수 있는 14개의 변수를 선정하였다.

여기서 변수 X1~X4 항만의 분류에 있어서 항만기반시설조건이나 항만의 규모를 나타내는 변수라고 할 수 있으며, 변수 X5~X14는 각 항만에서 취급되는 화물의 종류를 나타내는 변수로서 그 항만의 성격이나 기능을 나타내는 변수라고 할 수 있

Table 3 Characteristic data of each port

항 만	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
부 산	65,702	87,774	6,379.6	96,432.5	5,311.5	1,237.7	8,375.5	51.1	2,031.2	42	2,220.9	1,136.4	17,234.1	5,372.4
인 천	38,735	56,730	3,992.8	93,948.5	514.9	8,178.0	28,808.4	115.8	2,563.6	911.7	3,581.6	21,798.2	7,490.6	7,782.2
평택	8,607	6,951	1,117.5	21,050.6	0.0	1.1	12,999.4	45	0.0	0.0	0.0	5,443.1	1.9	2,357.5
여 수	5,516	2,952	276.4	6,168.8	43.8	0.0	4,486.4	813.2	383.1	23.4	108	214.8	146	53
광 양	31,502	71,865	2,132.7	114,963.7	68.6	39.0	59,558.9	40	1,585.6	10,511.8	3.5	26,862.2	133.4	10,973.4
마 산	10,555	14,268	2,017.7	9,668.0	27.3	8.7	1,815.0	0.0	1,883.7	7.6	297.6	345.6	1,949.3	2,503.0
삼천포	2,435	13,581	386.4	14,313.0	0.0	4.9	261.2	0.0	0.0	13,759.0	0.0	243.7	44	37.0
고 현	1,736	901	10.5	1,104.1	0.0	0.0	29.4	711.9	0.0	0.3	0.0	86.7	250.9	725.2
울 산	41,762	24,843	1,290.0	148,032.5	125.8	1,247.7	112,315.8	0.0	1,411.0	1,058.4	459.5	3,982.1	6,734.5	2,779.0
동 해	4,027	21,057	174.7	15,425.1	0.0	8.0	624.3	0.0	7,260.5	2,500.2	88	4,999.7	17.9	2.6
삼 척	1,673	7,286	30.0	5,682.7	0.0	0.0	8.0	0.0	5,629.1	0.0	0.0	45.7	0.0	0.0
목 호	2,774	6,422	214.0	3,381.0	0.0	0.0	220.1	0.0	1,510.6	73.7	0.0	1,568.0	0.0	0.0
옥 계	1,703	4,914	93.0	3,728.4	0.0	0.0	149.7	25.8	3,679.9	690.3	0.0	415.6	0.0	0.0
군 산	8,102	7,596	1,805.1	10,165.2	6.6	10.0	2,091.6	0.2	1,087.9	0.0	976.4	815.0	1,088.1	130.2
목 포	12,232	6,271	350.0	5,205.1	0.0	372.9	598.1	1.7	1,066.6	215.5	65.1	1,730.5	0.4	576.0
포 항	12,993	44,785	2,315.0	47,551.9	0.0	0.0	1,177.8	82.4	1,117.6	11,232.1	58.0	20,811.6	15.2	12,511.3
제 주	6,181	3,155	85.1	2,304.8	0.0	7.1	767.0	0.0	251.3	1.9	11.7	427.1	0.9	249.3
대 산	7,020	4,987	0.0	39,223.5	0.0	0.0	39,222.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5
보 령	439	10,682	0.0	7,556.4	0.0	0.0	80.4	0.0	0.0	7,447.8	0.0	16.6	2.4	9.2
태 안	254	5,483	0.0	4,665.8	0.0	0.0	48.3	0.0	0.0	4,597.7	0.0	9.1	0.4	10.3

다. 일반적으로 항만들간에 항만시설이나 규모가 비슷한 항만들일지라도 그 항만의 성격이나 기능에 따라 특정 화물만을 주로 취급하고 있는 항만이 존재한다. 또한 그 항만의 배후지의 특성에 따라 특정 화물만을 주로 취급하는 항만들이 있다.

따라서 본 연구에서는 항만의 규모와 항만의 성격이나 기능을 나타낼 수 있는 이러한 변수들을 취하여 항만의 시설조건이나 규모가 비슷하면서도 취급하고 있는 화물의 종류가 비슷한 성격이나 기능을 지닌 항만들로 분류하여 그 특성을 살펴보고자 한다.

X1 : 연간 선박입출항 척수, X2 : 항만하역능력(천톤), X3 : 보관능력(천톤), X4 : 연간 화물처리량(천톤), X5 : 컨테이너 처리량(천TEU), X6 : 양곡(천톤), X7 : 유류(천톤), X8 : 비료(천톤), X9 : 시멘트(천톤), X10 : 유·무연탄(천톤), X11 : 목재(천톤), X12 : 철광석 및 기타 광석(천톤), X13 : 기계류(천톤), X14 : 철재(천톤)

먼저, 항만의 조건과 특성이 유사한 항만들을 군집화 하기 위하여 FCM 알고리즘을 적용할 때 고려해야 할 파라메타인 항만군집의 수(c), 지수 가중치(m), 수렴판정치(ϵ)를 설정하여야 한다.

퍼지 클러스터링에서 항만군집의 타당성을 측정하기 위하여 분할계수(pc), 분할 엔트로피(pe)를 사용하며, 분할계수 및 분할 엔트로피는 항만군집의 수가 증가함에 따라 단조 감소 및 증가한다. 따라서 최적 항만군집의 수는 Table 4에서와 같이 항만군집의 수 2~10개에 대하여 클러스터링을 수행하여 분할 엔트로피가 c-1에서 c로 갈 때의 기울기 아래에 있는 c와 분할계수가 c로부터 c+1로 갈 때 많은 감소를 얻는 c를 선택하여 8개로 결정하였으며, 지수 가중치는 2, 수렴판정치는 $1.0e^{-5}$ 를 사용하였다.

퍼지 클러스터링 방법 중의 하나인 FCM 알고리즘은 하드 클러스터링의 확장 개념으로 하드 클러스터링은 분명한 경계선을 가지고 항만의 집합을 몇 개의 항만군집으로 분류하지만 경계부근에 있

Table 4 Optimal number of clusters "c"

클러스터의 수	지수 가중치	분할계수	분할 엔트로피
2	2	0.782	0.353
3	2	0.708	0.538
4	2	0.667	0.759
5	2	0.620	0.772
6	2	0.620	0.810
7	2	0.599	0.873
8	2	0.630	0.845
9	2	0.585	0.930
10	2	0.597	0.920

는 항만의 경우 어느 하나의 항만군집에 완전하게 분류하는 것이 불가능할 수도 있다. 이러한 경우에 있어서 내부적인 상황도 식별할 수 있도록 속하는 정도를 [0,1]로 확장하고 경계부근의 항만들을 한 개 이상의 항만군집에 소속될 수 있게 허용하는 방법이다.

따라서 FCM 알고리즘으로 항만을 분류하는 경우 각 항만이 단지 하나의 항만군집에 할당되는 것이 아니라 각 항만군집에 소속되는 정도를 나타내는 멤버십 값으로 표현된다. Table 5은 각 항만의 조건과 특성을 나타내는 14개의 변수를 이용하여 클러스터링한 결과 20개의 항만이 8개의 각 항만군집에 속하는 소속의 정도를 나타내고 있다.

4.2 항만군집의 특성 분석

우리 나라의 20개 무역항을 대상으로 클러스터링 한 결과 8개의 항만군집으로 분류할 수 있었으며 각 군집의 특성을 나타내는 클러스터 중심은 Table 6과 같다.

군집 A에 속하는 항만의 경우 연간 선박입출항 척수는 38,522척, 하역능력은 약 5,666만톤, 보관능력은 약 396만톤이며, 연간 화물처리실적은 약 9,383만톤을 처리하고 있다. 군집 A에 소속의 정도가 가장 높게 나타나는 항만은 인천항으로 수도권

Table 5 Membership value of the ports to the individual clusters

항만 \ 군집	A	B	C	D	E	F	G	H
부 산	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
인 천	0.999	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
평 택	0.058	0.037	0.156	0.114	0.062	0.216	0.224	0.134
여 수	0.001	0.000	0.006	0.001	0.001	0.963	0.023	0.004
광 양	0.101	0.071	0.101	0.242	0.213	0.088	0.099	0.085
마 산	0.007	0.005	0.035	0.013	0.007	0.116	0.771	0.045
삼천포	0.020	0.015	0.629	0.065	0.024	0.096	0.088	0.063
고 현	0.003	0.002	0.034	0.006	0.004	0.846	0.085	0.020
울 산	0.001	0.001	0.001	0.001	0.992	0.001	0.001	0.001
동 해	0.011	0.008	0.040	0.020	0.013	0.051	0.061	0.796
삼 척	0.003	0.002	0.014	0.005	0.004	0.027	0.030	0.915
목 호	0.004	0.003	0.039	0.008	0.005	0.735	0.164	0.043
옥 계	0.011	0.008	0.077	0.020	0.013	0.233	0.211	0.428
군 산	0.007	0.005	0.043	0.012	0.008	0.163	0.721	0.040
목 포	0.004	0.003	0.035	0.007	0.005	0.721	0.195	0.031
포 항	0.002	0.001	0.004	0.984	0.002	0.003	0.003	0.002
제 주	0.002	0.002	0.022	0.004	0.003	0.886	0.066	0.014
대 산	0.018	0.013	0.130	0.032	0.030	0.437	0.256	0.085
보 령	0.001	0.001	0.946	0.004	0.002	0.022	0.015	0.008
태 안	0.009	0.006	0.439	0.020	0.011	0.321	0.143	0.051

지역을 배후지로 두고 있어 부산항과 함께 우리나라의 수출입화물을 처리하는 대표적인 항만으로 다양한 화물을 취급하고 있다. 특히 군집 A에 속하는 항만의 경우 양곡, 목재, 철광석 및 기타 광석을 처리하는 비중이 다른 군집에 비하여 가장 높게 나타나고 있다.

군집 B의 경우는 연간 65,416척의 선박이 입출항하고 있으며, 하역능력은 8,754만톤, 보관능력은 635만톤, 화물처리량은 연간 약 9,637만톤을 처리하고 있다. 군집 B에 소속의 정도가 가장 높은 항만은 부산항으로 우리나라의 수출입 물동량을 처리하는 대표적인 항만으로 하역능력과 보관능력이 다른 군집에 비하여 아주 높게 나타나고 있다. 이 군집에 속하는 항만에서는 다양한 화물을 고르게

취급하고 있으며 특히 우리나라 수출입 컨테이너 화물의 대부분을 처리하고 있는 항만으로 컨테이너 화물과 기계류의 취급 비중이 다른 군집에 비하여 가장 높게 나타나고 있다.

군집 C의 경우는 연간 선박 입출항 척수가 약 1,370척으로 8개의 군집 중에서 가장 선박의 입출항 빈도가 낮은 반면에 출입항 선박의 평균 톤수가 가장 큰 항만군으로 하역능력은 약 1,103만톤으로 높게 나타나고 있으며, 보관능력은 14만톤, 화물처리량은 1,017만톤을 처리하고 있다. 군집 C에 소속의 정도가 높은 항만은 삼천포항, 보령항, 태안항으로 주로 취급되는 화물은 유류, 유·무연탄, 철광석 및 기타 광석의 취급 비중이 다른 화물에 비하여 높게 나타나고 있다. 군집 C에 속하는 항만은 배후

Table 6 Centers of the 8 clusters

항목 \ 군집	A	B	C	D	E	F	G	H
입출항척수	38,522	65,416	1,370	13,914	41,112	5,468	8,883	2,798
하역능력(톤)	56,662,825	87,537,220	11,028,755	45,614,950	26,805,482	4,016,359	10,592,638	12,435,088
보관능력(톤)	3,960,316	6,347,549	135,132	2,276,874	1,324,142	198,061	1,608,241	116,151
화물처리량(톤)	93,830,648	96,374,354	10,172,365	50,800,743	145,851,357	5,951,727	11,860,684	9,888,638
컨테이너(TEU)	508,065	5,274,916	484	3,854	122,591	10,578	14,614	329
양곡(톤)	8,059,731	1,229,335	1,847	2,249	1,187,492	50,765	17,972	3,393
유류(톤)	29,044,082	8,637,937	1,148,840	4,633,861	109,435,519	3,513,505	4,321,567	812,345
비료(톤)	122,310	54,822	5,432	47,224	712,199	19,290	17,314	3,467
시멘트(톤)	2,543,915	2,025,811	38,089	1,127,432	1,412,512	560,913	1,419,402	5,886,162
유·무연탄(톤)	1,009,970	59,902	8,458,803	11,036,036	1,475,578	229,772	258,217	1,089,915
목재(톤)	3,529,732	2,205,506	1,513	53,988	436,918	21,064	492,679	4,628
철광석(톤)	21,932,596	1,336,187	1,113,324	21,435,977	5,166,155	1,305,879	2,702,171	2,620,614
기계류(톤)	7,383,649	17,115,009	6,553	22,093	6,406,274	63,521	1,241,411	10,717
철재(톤)	7,787,419	5,392,899	128,798	12,216,983	3,131,232	317,683	1,298,858	75,887

지역의 화력발전소의 연료 수송 지원항으로서 기능을 수행하고 있음을 알 수 있다.

군집 D의 경우는 연간 13,914척의 선박이 입출항하고 하역능력은 약 4,561만톤, 보관능력은 약 228만톤으로 군집 A와 B에 이어 세 번째로 높게 나타나고 있으며 연간 5,080만톤의 화물을 처리하고 있다. 군집 D에 소속의 정도가 높은 항만은 광양항, 포항항으로 주로 취급되는 화물은 유·무연탄, 철광석, 철재 등으로 이들 화물의 처리 비중이 다른 항만에 비하여 가장 높게 나타나고 있다. 이들 항만은 배후지역의 제철소 및 관련 공업단지를 지원하는 기능을 수행하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

군집 E의 경우 연간 선박입출항 척수는 41,112척, 하역능력은 약 2,681만톤, 보관능력은 약 133만톤, 화물처리량은 톤수면에서 8개의 군집 중에서 가장 많은 약 1억 4,585만톤을 취급하고 있다. 또한 군집 E에 소속의 정도가 가장 높은 항만은 울산항으로 유류, 비료, 기계류를 처리하는 비중이 다른 군집에 비하여 높게 나타나고 있다. 이는 배후지역

에 석유화학, 조선, 자동차, 비철금속 등의 공단을 지원하는 기능을 수행하고 있기 때문이라고 할 수 있다.

군집 F의 경우는 연간 5,468척 정도의 선박이 입출항하고 있으나 선박의 평균 톤수는 약 2,700톤으로 8개 군집 중에서 입출항 선박의 크기가 가장 작은 것으로 나타나고 있다. 하역능력은 약 402만톤, 보관능력은 약 20만톤, 화물처리량은 연간 595만톤을 처리하고 있다. 군집 F에 소속의 정도가 높은 항만은 여수항, 고현항, 목포항, 목포항, 제주항, 대산항으로 하역능력이 8개의 군집 중에서 최하위를 차지하고 있다. 또한 이 군집에 속하는 항만은 다양한 화물을 취급하고 있으나 화물처리량이 가장 낮음을 알 수 있다.

군집 G의 경우는 연간 8,883척 정도의 선박이 입출항하고 있으며, 하역능력은 약 1,059만톤, 보관능력은 약 161만톤, 화물처리량은 연간 1,186만톤을 처리하고 있다. 군집 G에 소속의 정도가 높은 항만은 마산항, 군산항, 평택항으로 이들 항만에서 취급되는 대중화물은 유류, 시멘트, 기계류, 철재, 철광

석 및 기타 광석 등으로 나타나고 있다.

군집 H의 경우는 연간 2,798척 정도의 선박이 입출항하고 있으며, 하역능력은 약 1,244만톤, 보관능력은 12만톤, 화물처리량은 연간 약 988만톤을 처리하고 있는 것으로 나타났다. 군집 H에 소속의 정도가 높은 항만은 동해항, 삼척항, 옥계항이며, 이들 항만은 영동지역의 시멘트 및 광석을 반출하는 항만으로 시멘트의 취급량이 8개 군집 중에서 가장 많은 것으로 나타났다.

5. 결론

최근 경제·사회환경이 급변함에 따라 항만에 부과된 역할도 크게 변하고 있어 효율성과 공평성의 관점에서 항만분류에 따른 역할 및 배치방안을 개선하여 항만분류를 재조정할 필요가 있다. 우리나라의 경우 모든 지역항만이 국제거점항 수준의 항만개발을 요구하고 있으나 항만의 개발 또는 개발방향을 설정할 때 먼저 대상으로 하는 항만의 특성을 명확히 파악하여 그 지역의 특성을 최대한 살릴 수 있는 다양한 형태의 항만개발과 배치방안을 마련할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라의 전체 28개 무역항 중에서 연간 화물처리량이 1백만톤 이상인 20개 항만을 선정하여 각 항만의 특성을 분석하였으며, 퍼지 클러스터링 방법 중의 하나인 FCM 알고리즘을 이용하여 항만의 조건이나 특성이 유사한 항만들을 분류하고 각 항만군집의 특성을 파악하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 입출항 선박의 척수 면에서는 부산, 울산, 인천, 광양항의 순으로 나타났으며, 평균 톤수 면에서는 태안, 보령, 대산, 삼천포, 부산항 순으로 나타나고 있다. 또한 전체 입출항 선박 중에서 연안선의 비중이 90% 이상인 항만은 제주, 삼척, 옥계, 목포, 평택, 목포항으로 나타났다.
- 2) 연간 화물처리량 측면에서는 울산, 광양, 부산, 인천, 포항항이 전체 물동량의 약 77.0%를 차지하고 있으며, 수출입화물의 취급 비중이 높은 항만은 보령, 태안, 삼천포, 부산, 울산항이고, 연안화물의 취급 비중이 높은 항만은 제주, 삼척, 목포, 옥계, 목포항으로 이들 항만은 국제교역항으로서의 기능보다는 연안운송을 중심으로 기능하고 있음을 알 수 있었다.
- 3) 항만시설 측면에서 안벽은 부산, 인천, 포항, 광양, 울산항이 전체 안벽길이의 약 72.2%를 차지하고 있으며, 보관능력에 있어서는 부산, 인천, 포항, 광양, 마산항이 전체 보관능력의 약 74.3%를 차지하고 있다.
- 4) 각 항만의 연간 화물처리량, 항만시설, 취급화물의 종류 등을 고려하여 항만의 조건과 특성이 유사한 항만들을 분류한 결과 우리나라의 20개 무역항은 8개의 항만군집으로 분류됨을 알 수 있었다.
- 5) 각 항만군집의 특성을 분석한 결과 같은 군집에 속하는 항만들간에는 실제 유사한 특성을 나타내고 있으며, 서로 다른 군집간에는 매우 다른 특성을 지니고 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) J. L. Tongzon, Systematizing International Benchmarking for Ports, *Maritime Policy and Management*, Vol. 22, No. 2, 1995, pp. 171-177.
- 2) R. L. Cannon, J. V. Dave and J. C. Bezdek, Efficient Implementation of the Fuzzy C-Means Clustering Algorithms, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 8, No. 2, 1986, pp. 248-255.
- 3) J. C. Bezdek, *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*,

- Plenum Press, New York, 1981.
- 4) H. Choe, J. B. Jordan, On the Optimal Choice of Parameters in a Fuzzy C-Means Algorithm, *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, San Diego 1992, pp. 349-354.
 - 5) M. R. Anderberg, *Cluster Analysis for Applications*, Academic Press, New York, 1973.
 - 6) J. C. Dunn, Well-separated Clusters and Optimal Fuzzy Partitions, *Journal of Cybernetics*, Vol. 4, 1974, pp. 95-104.
 - 7) 양창호, 항만시설과 처리물동량을 비교한 유사항만군 식별에 관한 연구, *교통정책연구*, 제4권, 제2호, 1997, pp. 61-73.
 - 8) 문성혁·이준구, 주성분분석 및 군집분석을 이용한 컨테이너항만의 분류, *한국항만학회지*, 제13권, 제1호, 1999, pp. 11-25.
 - 9) 坂和正敏, *ファジィ理論의 基礎와 應用*, 森北出版社, 1989, pp. 74-83.
 - 10) 石岩, 水本雅晴, 湯場崎直養, *ファジィc-平均クラスタリング アルゴリズムによる ファジィ規則生成法の 改善*, *日本ファジィ學會誌*, Vol. 9, No. 4, 1997, pp. 525-532.
 - 11) 宮本定明, *ファジィクラスタリングあれこれ*, *日本ファジィ學會誌*, Vol. 8, No. 3, 1996, pp. 423-430.
 - 12) 宮腰政明, *ファジィクラスタリングの畫像解析への應用*, *日本ファジィ學會誌*, Vol. 8, No. 3, 1996, pp. 440-447.