

FSM법에 의한 港灣競爭力의 構造分析에 關한 研究*

여 기 태**

A Study on the Structural Analysis of the Port
Competition Power by FSM Method

Ki-Tae Yeo**

〈목 차〉	
Abstract	4. 항만경쟁력의 구조분석
1. 서 론	5. 결 론
2. 연구의 방법론-FSM법	참고문헌
3. 항만 경쟁력 구성요소의 추출	

Abstract

Although the ports are actually competing with various strategies, the definition and structural understanding of port competitive power are not known very much. Therefore this study has launched from this fact, and has the objective of obtaining the structural model of the competitive power, and understanding the components of the port competitive power. The following are the results of the study.

First, the process began by abstracting the components that composed the port competitive power through recent research, and grouping it by the most core components using the KJ method. Also, by using the FSM(Fuzzy Structural Modeling) method to understand the structure of the grouped components, and the structural model of the port competitive power was able to obtain as the result.

Second, when analyzing the obtained structural model, port expenses, main trunk location, port congestion and port facility came out to be the most important component groups, and especially port expenses was the most effective component that effected all the other components overall.

Third, the component groups that were relatively less important, effected by most of the other components, and located on the top level of the structure model were the hinterland accessibility, port ownership, customs duties speed, and large ship port entrance possibility etc.

* 이 논문은 우석대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 연구됨.

** 우석대학교 유통통상학부 교수

Fourth, the results of this study will be able to be used when establishing competing strategies for our country's ports by proposing the relatively important components with the port competitive power considered.

1. 서 론

일반적인 산업 또는 서비스활동과 비교할 경우, 과거에는 항만간의 경쟁이 비교적 없는 편이었다. 각 항만은 나름대로 고객을 확보하고 있었고, 이들을 위한 제반 활동도 항만지역 내 또는 인근 배후지에 한정되어 있었다. 그러나 오늘날 대부분의 항만은 배후지를 공유하면서 나름대로의 물동량을 확보하기 위해 치열한 경쟁체제에 돌입하고 있다. 항만의 경쟁형태는 운송수단간의 경쟁, 항만 내 경쟁, 항만간의 경쟁 등의 세가지의 형태가 있을 수 있는데, 특히 항만간의 경쟁은 중심항(Hub Port)이 되기 위해 수많은 항만들이 치열한 경쟁을 하고 있는 실정이다.¹⁾

중심항이 되려는 이유는 항만이 가져다주는 경제적 이익 때문인데, 중심항이 되는 경우 지역국가의 성장과 협력에 중추적인 역할을 할 수 있을 뿐 아니라, 선박의 기항 및 화물처리에서 오는 막대한 수입으로 자국내 지역경제 및 국가경제의 활성화에 도움이 되기 때문이다.²⁾

항만 경쟁전략을 세부적으로 살펴보면, 크게 주변의 항만관계에서 우월한 지위를 차지하고자 하는 개발전략과 경쟁적인 서비스를 제공함으로써 선박 및 화물을 유치하고자 하는 운영전략으로 나눌 수 있다. 먼저 개발전략으로서는 광대한 권역을 대상으로 수 개 국가에 서비스를 하며 환적항 역할을 수행하는 초중심항 전략, 일정권역에서의 경쟁적 지위를 확보하면서 환적항 역할을 수행하는 중심항 전략, 이들 초중심항 및 중심항으로 나가기 전 단계로서 본선의 기항이 이루어지며 자국 또는 자체항만의 물량을 90% 이상 처리하는 지역항 전략, 모항기항이 어려워 지역항의 역할을 수행하지는 못하나 초중심항, 중심항에 피더서비스로 연결되는 피더항 전략 등이 있다. 또한 운영전략으로는 자체항만의 생산성 및 효율성을 증진시키기 위한 환적화물 유치 전략, 민영화 전략, 터미널 자동화

전략, 고도 정보시스템 전략 등 다양한 전략이 추진되고 있다.³⁾

이처럼 실제 항만들은 다양한 전략을 가지고 경쟁을 하고 있으나, 경쟁력에 대한 정의 및 구조파악은 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 항만의 경쟁에서 우위를 차지하게 하는 힘을 항만경쟁력이라 할 때, 경쟁력을 구성하는 구성요소를 추출하고, 추출된 구성요소를 바탕으로 구조화모델 방법인 FSM(Fuzzy Structural Modelling)법을 적용하여 항만경쟁력 구조모델을 도출하며, 도출된 구조모델을 분석하여 경쟁력구성요소의 계층별 구분 및 종속관계를 밝히는 것을 연구의 목적으로 한다.

2. 연구의 방법론 - FSM법

2.1 FSM법의 수학적 준비

FSM법을 기술하기 전에 그 수학적 준비로서 퍼지이론에 관한 몇 가지 성질에 대하여 살펴보면 다음과 같다.^{4),5)} 어느 공간 $S = \{s\}$ 에 있어서 그 요소의 멤버쉽 함수 μ_A 에 의해 특성지워진 집합 A 를 다음과 같이 나타내고 이것을 퍼지집합이라고 한다.

퍼지집합 A 의 퍼지 보집합 \overline{A} 의 요소는 다음
의 멤버쉽함수 $\overline{\mu}_A$ 에 의해 특성 지워진다.

$$\bar{\mu}_A = \frac{1 - \mu_A}{1 + \lambda \cdot \mu_A} \quad \dots \quad (2)$$

단 λ 는 $-1 < \lambda < \infty$ 를 만족하는 파라메터이다.

또 임의의 퍼지벡터 Y , 퍼지행렬 B 및 그들의
합성 C 를 다음과 같이 표시 할 수 있다.

여기서 $0 \leq y_i \leq 1$, $i = 1, 2, \dots, n$ 이며 첨자 T 는

전치를 표한다.

$$B = [b_{ij}] \quad \dots \quad (4)$$

단, $0 \leq b_{ij} \leq 1$, $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$

$$C = B \cdot Y \Leftrightarrow c_i = \bigvee_{j=1}^n (b_{ij} \wedge y_j) \quad \dots \quad (5)$$

여기서 $\bigvee_{j=1}^n a_i$ 는 $\max_{1 \leq i \leq n} (a_i)$, $a \wedge b$ 는 $\min(a, b)$ 를 각각 나타내는 것으로 한다.

다음에 집합 S 의 요소간 퍼지 2항 관계에 관한 멤버쉽함수 f_r , $f_{\bar{r}}$ 를 각각 다음과 같이 정의한다.

$$f_r : S \times S \rightarrow [0,1] \quad \dots \quad (6)$$

$$f_{\bar{r}} : S \times S \rightarrow [0,1] \quad \dots \quad (7)$$

여기서 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ 으로 하고 f_r 과 $f_{\bar{r}}$ 의 관계를 다음과 같이 부여한다.

$$\bar{f}_r = \frac{1 - f_r}{1 + \lambda f_r}, -1 < \lambda < \infty \quad \dots \quad (8)$$

이때, 종속정도가 주어진 일정한 정도보다 크다는 것을 나타내기 위해서 $[0,1]$ 사이에서 정의되는 반개구간 P 를 도입한다. P 를 미리 주어진 반개구간 $[0,1]$ 의 실수로 했을 때 식(6)에서 주어진 f_r 에 대하여 다음과 같은 정의를 할 수 있다.

(정의 1) $\forall (s_i, s_j) \in S \times S$ 에 대하여 $f_r(s_i, s_j) \geq P$ 가 만족되면 퍼지 반사율이 성립한다.

(정의 2) $\forall (s_i, s_j) \in S \times S$ 에 대하여 $f_r(s_i, s_j) < P$ 가 만족되면 퍼지 비반사율이 성립한다.

(정의 3) $\forall (s_i, s_j) \in S \times S$ 에 대하여 $f_r(s_i, s_j) \geq P$ 이며, 동시에 $f_r(s_j, s_i) \geq P$ 라면 퍼지 대칭률이 성립한다.

(정의 4) $(s_i, s_j) \in S \times S, (i \neq j)$ 에 대하여, $f_r(s_i, s_j) < P$ 혹은 $f_r(s_j, s_i) < P$ 의 어느 한쪽이 성립되면 퍼지비대칭률이 성립한다.

(정의 5) $\forall (s_i, s_j), (s_j, s_k), (s_i, s_k) \in S \times S$
($i \neq j, j \neq k, i \neq k$)

$$M = \bigvee_{j=1}^n (f_r(s_i, s_j) \wedge f_r(s_j, s_k)) \geq P \text{일 때,}$$

$f_r(s_i, s_k) = M \circ$ 만족되면 퍼지추이율이 성립한다.

상기의 (정의 5)의 조건을 완화하여 다음의 퍼지 반추이율을 정의한다.

(정의 6) $\forall (s_i, s_j), (s_j, s_k), (s_i, s_k) \in S \times S$
($i \neq j, j \neq k, i \neq k$),
 $M = \bigvee_{j=1}^n (f_r(s_i, s_j) \wedge f_r(s_j, s_k)) \geq P$ 일 때,
 $f_r(s_i, s_k) \geq M \circ$ 만족되면 퍼지 반추이율이 성립한다.

(정의 7) Fuzzy 종속행렬 A 가 반추이율을 만족할 때 A 를 반도달가능 행렬이라 부르며, Fuzzy 반도달가능행렬 (A')의 결정은 다음의 단계를 따른다.

$$\textcircled{1} A^1 = A, A^2 = A^1 \cdot A, A^i = A^{i-1} \cdot A, \dots$$

$$A^* = \bigoplus A^i = A^1 \oplus A^2 \oplus A^3 \oplus \dots \oplus A^n$$

\textcircled{2} A^* 의 a^*_{ij} 가 P 보다 작으면 a^*_{ij} 를 0으로 한다.

\textcircled{3} A' 는 A 와 A^* 의 Logical sum에 의해서 구해진다.

$$A' = A \oplus A^*, a'_{ij} = a_{ij} \vee a^*_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n$$

여기서 A' 는 Fuzzy 반추이율을 만족한다.

(정의 8) Top level set를 $L_t(s)$, Intermediate level set를 $L_i(s)$, Bottom level set를 $L_b(s)$, Isolation level set를 $L_s(s)$ 로 나타내며 이들은 다음과 같이 정의된다.

$$\textcircled{1} L_t(s) = \{S_i \mid \bigvee_{j=1}^n a_{ij} < P \leq \bigvee_{j=1}^n a_{ji}\}$$

$$\textcircled{2} L_i(s) = \{S_j \mid \bigvee_{k=1}^n a_{kj} \geq P, \bigvee_{k=1}^n a_{jk} \geq P\}$$

$$\textcircled{3} L_b(s) = \{S_j \mid \bigvee_{i=1}^n a_{ji} < P \leq \bigvee_{i=1}^n a_{ij}\}$$

$$\textcircled{4} L_s(s) = \{S_j \mid \bigvee_{k=1}^n a_{kj} < P, \bigvee_{k=1}^n a_{jk} < P\}$$

(정의 9) 단일계층(Single hierarchy)의 $L_t(s)$ 를 Block set라 하며 Q_t 로써 표시하며, Q_t 에 종속되는 모든 요소로 이루어진 종속행렬을 단일계층행렬($A^{(t)}$)라고 한다.

(정의 10) 열(행)중 $a^{(k)}_{ij}$ 하나만이 P 보다 같거나 클 때 이를 정칙행(열)이라 한다.

(정의11) A' 를 사용하여 Graph를 만들 때의 규칙은 다음과 같다.

- ① Fuzzy 종속행열과 Fuzzy 반도달가 능행열은 Fuzzy 비반사율과 비대칭 율을 만족해야 한다.
- ② 만약 정칙행이나 정칙열이 존재하지 않을 때는 $A^{(j)}$ 에서 P 이상인 값을 취하는 중요한 수가 가장 적은 열(행)을 취하여 이를 정칙행이나 정칙 열이 되도록 나눈다.

2.2 FSM법의 구성알고리즘

대상시스템을 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ 로 하고 추출된 요소간의 퍼지종속관계를 $A = [a_{ij}] \quad i, j = 1, 2, \dots, n$ 로 나타낸다.

여기서 A 는 $n \times n$ 의 정방행렬이며, A 의 요소 a_{ij} 는 퍼지 2항 관계에 의해서 주어진다. $a_{ij} = f_r(S_i, S_j), \quad 0 \leq a_{ij} \leq 1 \quad (f_r : S \times S \rightarrow [0, 1])$ 즉 a_{ij} 는 요소 S_i 가 S_j 에 종속하는 정도를 나타내는 것이다. FSM 법의 알고리즘의 절차를 살펴보면 다음과 같다.⁶⁾

- (1) Fuzzy 종속행열 $A (= [a_{ij}])$ 가 주어지면 A 를 이용하여 Fuzzy 반추이율을 만족하는 A' 를 만든다.
- (2) A' 에서 $L_i(s), L_i(s), L_{is}(s), L_b(s)$ 를 구하고 $L_i(s)$ 와 $L_b(s)$ 를 이용하여 $B(S_i)$ (단, $S_i \in L_b(S)$)와 Q_i 를 결정한다.
- (3) $L_i(s)$ 의 행과 $L_b(s)$ 의 행, $L_{is}(s)$ 의 행과 열을 제거하고 남은 행과 열로 A' 를 다시 구성한다.
- (4) 재구성된 A' 로부터 Q_i 에 따라 $A^{(j)}$ 를 만든다.
- (5) 매개변수 λ 를 정하여 $A^{(j)}$ 에 관한 그래프를 구성한다. 여기서 S_i 에 관한 정칙행을 S_{ik} 라고 가정하면 ($k = 1, 2, \dots, m (m \leq n)$) S_{ik} 의 모든 행의 $a_{,i}$ 는 $a^*_{,i}$ 로써 대치된다. 단, $a^*_{,i} = a^{(j)}_{,i} \otimes (\otimes a^{(j)}_{,k})$

3. 항만 경쟁력 구성요소의 추출

3.1 국내외 문헌조사분석

오늘날 컨테이너항만은 항만의 대형화, 하역장비의 현대화, 대형 컨테이너 운항선사에 터미널 임대, 지선망개발, 요율인하, 무료장치 기간 연장, 해륙 복합 일관수송을 위한 EDI서비스향상, 선박 체선시간의 제로화, 충분한 장치일수 제공, 트럭에 의한 반출시간 축소, 특수화물의 신속 안전한 작업등의 여건을 갖추어 치열한 유치경쟁을 벌여가고 있으며 대형 컨테이너선사 또한 규모의 경제 실현방편으로 소수의 대형항만에만 기항하고 소형 항만은 피더선에 의한 수송을 행하고 있는 추세이다.

항만경쟁의 구성요소 추출에 관해 기존 연구된 외국 연구문헌의 내용을 살펴보면 Allen은⁷⁾ 수송거리를, Murphy는⁸⁾ 항만체선, 항만규모, 항만 균접도, 선박기항빈도 등을, French는⁹⁾ 내생적 구성요소로서 터미널시설, 요율, 항만체선, 서비스, 연계 수송능력, 항만관리운영자를 제시하였고, 외생적 구성요소로서 배후지 경제규모, 국민 경제상태, 통상정책, 세계경기를 고려하였다.

Peters는¹⁰⁾ 내적 구성요소로서 서비스, 이용 가능한 설비의 능력, 설비의 상태, 항만운영전략, 항만의 인적 요소를, 외적 구성요소로서 국제정치, 사회환경변화, 무역시장, 경제요인, 경쟁가능항만에 대한 특성, 수송 및 하역기능 변화 등을 생각하였으며, Slack은¹¹⁾ 기항항차수, 요율, 항만 접근용이성, 항만혼잡, 연계수송망 등을 고려하였다.

또한 Willingale은¹²⁾ 1982년 20개 선사를 대상으로 기항지결정 과정과 항만선택기준을 조사한바 있는데 그의 연구에 따르면 특정항만을 선택하는 과정은 기항가능항만 위치확인 및 선정단계, 심사 및 검토단계, 접근, 방문 및 사전적 토의단계, 협상단계, 선택단계로 이루어지며, 특정항만을 선택하는 과정에서 선사는 당해항만의 입지요인, 기술요인, 운영요인, 재정요인, 인적요인 등을 고려하여 항만을 선택한다는 결론을 얻었다.

국내 연구문헌 중 이석태의 연구에서는¹³⁾ 컨테

이너 항만의 경쟁적 평가를 위하여 다음과 같은 6 개의 항목을 선정하는데, 지리적 위치를 근본 기능으로 갖는 입지, 항만의 강구조를 기능으로 갖는 시설, 항만의 물류를 기능으로 갖는 물동량, 경제성에 근거한 모든 요소를 속성으로 포함하고 있는 비용, 화주 등 이용자에 대한 약구조를 기능으로 갖는 서비스 그리고 항만의 운영 형태이다. 이와 같은 6개 평가 항목을 이용하여 극동 아시아의 컨테이너 5개항의 경쟁력을 평가하였다.

김학소의¹⁴⁾ 연구에서는 항만을 이용하고 있는 우리나라의 수출입화주 및 선사를 대상으로 하여 항만선택 결정요인을 분석하였는데, 기존연구에서 사용하고 있는 설문분석방법과 확률선택모형인 다항로짓모형을 사용하여 항만선택과정을 모델링하였다. 연구에서는 개별기업이 항만을 선택할 때 항만서비스형태, 항만의 규모, 약적장면적, 체선여부 등의 특성을 선택한다고 가정하고, 항만의 서비스 형태는 컨테이너와 벌크서비스 두 가지 대안으로 나누었고 항만의 규모는 당해화물이 이용하게 되는 당해부두의 항만하역능력을 기준으로 하였으며 이외에도 약적장면적, 입항선박척수, 항만장비능력 등 9가지 변수를 가지고 인천, 포항, 울산, 부산, 마산, 광양항 등 여섯 가지 대안을 분석하였고, 분석에 포함된 항만선택주체의 특성은 수출입화물의 종류, 화물의 톤당가격, 수송거리, 수송비용 등의 9

가지 변수를 이용하여 화주별로 구분하였다. 분석 결과로는 컨테이너항만의 선택에 있어서 가장 영향력이 큰 변수는 수출의 경우 해상수송거리, 연간화물발송량, 선적시간, 항만평균 체선시간, 톤당화물가격, Km당 내륙수송비용의 순으로 나타났으며 수입의 경우에는 해상수송거리, 정기선 입항척수, 연간화물반입량, km당 내륙수송비용 등으로 분석되었다.

3.2 선행연구의 요약 및 중요 구성요소의 추출

기존 연구된 외국 및 국내 연구문헌들을 정리하면 <표 1>~<표 2>와 같다.

<표 2> 항만경쟁력의 구성요소(국내사례)

구 분	전일수 외2(1993)	김학소(1993)	이석태 외1 (1993)
구 성	- 항해시설 및 장비 보유현황	- 연간발송량 - 톤당화물가격	- 입지
성	- 항만의 생산성	- 해상수송거리	- 시설
요	- 가격경쟁력	- 내륙수송비용	- 물동량
소	- 항만서비스질 (컨테이너장치, 허용 기간, EDI 시스템, 통관시스템)	- 선적시간 - 항만평균 체선 시간	- 비용 - 서비스 - 운영형태

<표 1> 항만경쟁력의 구성요소(국외사례)

구 분	Willingale(1982)	B.Slack(1985)	Murphy(1987)	Murphy(1992)
구 성	- 항해거리 - 지역내 시장위치 - 배후지 접근성 - 항만 접근성 - 항만시설 - 선식터미널 가용성 - 터미널 운영 - 항만당국의 반응 - 기존항로 패턴 - 항만요율 - 항만이용자 합의 - 항만소유권 - 개인적 접근도 - 항만규모	- 선박기항빈도 - 내륙수송운임 - 항만근접도 - 항만체선 - 복합연계수송 - 항만장비시설 - 항만비용 - 통관 - 항만안전도 - 항만규모	- 장비의 보유 - 손상 손해의 빈도 - 적기 인도 처리 - 화물 처리비용 - 대형선 입항가능 - 특수한 수요에 대한 융통성 - 선적에 대한 정보 제공 - 대량, 비정형적 화물 의 선적하역 능력 - 클레임 처리시의 지원	- 장대, 비규격화, 화물처리 - 대량화물취급 - 소량화물취급 - 저손상, 저손실 - 항만정비
요 소				

이상과 같은 국내외 연구를 통해서 나타난 항만 경쟁구성요소 중에서 중요 구성요소를 추출하기 위하여 KJ법을 사용한다.¹⁵⁾ 이 방법은 전문가들의 객관과 주관을 존중하여 수많은 정보로부터 전체적인 의미나 내용을 단시간내에 병렬적으로 도출하는데 유용한 방법이며, 적용결과 12가지의 중요 구성요소를 추출할 수 있었다. 추출된 중요 구성요소는 <표 3>과 같다.

4. 항만경쟁력의 구조분석

4.1 설문의 평준화

전장에서 추출한 12개 항목에 대하여 S_i 는 S_j 보다 어느 정도 중요한가를 설문대상자에게 판단하게 하고, 설문란 a_{ij} 에 폐지치 [0,1]로 기입하게 하였다. 설문의 대상자는 항만관련자(선주, 화주, 터미널운영자), 연구원(국가산하 연구기관, 지방자치단체산하 연구기관), 대학(교수, 대학원생)그룹으로 하였으며, 총 24매를 회수하였다. 이때, 회수한 설문에 해당하는 종속행렬은 $A^k = [a_{ij}^k]_{12 \times 12} (k=1, 2, \dots, 24)$ 로 표현할 수 있다. 이를 $A = [a_{ij}]_{12 \times 12} = [\sum_{k=1}^{24} a_{ij}^k / 24]_{12 \times 12}$ 로서 평준화하면 <표 9>와 같은 대표 폐지종속행렬을 획득할 수 있다.

<표 3> 항만경쟁력 중요요소

구분	요소번호	세부항목
중요 구성 요소	1	배후지 균접성
	2	항만시설
	3	터미널 운영의 효율성
	4	개설항로의 다양성
	5	항만소유권
	6	Main Trunk상의 위치
	7	항만체선
	8	복합연계수송
	9	항만비용
	10	통관의 신속성
	11	대형선 입항가능성
	12	항만 정보제공

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	
S_1	0.00	0.26	0.46	0.42	0.62	0.22	0.30	0.35	0.18	0.54	0.58	0.38	
S_2	0.74	0.00	0.70	0.64	0.84	0.46	0.54	0.58	0.42	0.78	0.82	0.62	
S_3	0.54	0.30	0.00	0.46	0.70	0.26	0.34	0.38	0.22	0.58	0.62	0.42	
S_4	0.58	0.34	0.54	0.00	0.70	0.30	0.38	0.42	0.26	0.62	0.66	0.46	
S_5	0.38	0.24	0.34	0.30	0.00	0.10	0.18	0.22	0.06	0.42	0.46	0.26	
A : S_6	0.78	0.54	0.74	0.70	0.90	0.00	0.58	0.62	0.46	0.82	0.86	0.66	... (9)
S_7	0.70	0.46	0.66	0.62	0.82	0.42	0.00	0.54	0.38	0.74	0.78	0.58	
S_8	0.70	0.42	0.62	0.58	0.78	0.38	0.46	0.00	0.34	0.80	0.84	0.54	
S_9	0.82	0.58	0.78	0.74	0.94	0.54	0.62	0.70	0.00	0.86	0.90	0.70	
S_{10}	0.46	0.22	0.44	0.38	0.58	0.18	0.28	0.30	0.14	0.00	0.54	0.34	
S_{11}	0.42	0.18	0.38	0.34	0.54	0.14	0.22	0.26	0.10	0.46	0.00	0.30	
S_{12}	0.62	0.38	0.58	0.54	0.86	0.34	0.42	0.46	0.30	0.66	0.70	0.00	

4.2 시스템 구조동정

4.2.1 레벨집합 및 블록집합의 구성

역치 P값의 결정은 폐지행렬 A에 대하여 (정의 2)의 폐지 비반사율, (정의 4)의 폐지 비대칭율을 만족시키도록 결정해야한다. 이때 결정된 역치 P값의 의미는 역치 이하의 값은 종속관계가 없다는 것을 가정하며, 역치값에 의해 레벨수가 변화할 수도 있으며, 범위는 반폐구간(0,1]의 실수로 선정하여야 함을 나타낸다. 본 연구의 경우 대표 폐지종속행렬 A에 역치를 0.5미만으로 채택하였을 경우 폐지 비대칭율을 만족시킬 수가 없다. 따라서 <표 4>와 같이 역치 0.5이상의 몇가지 경우를 가정하여 가장 최적의 역치 P값을 결정한다. 이때, Level set은 (정의 8)을, Block set은 (정의 9)를 각각 사용한다.

각각의 경우를 살펴보면, 역치 P값이 0.5인 경우 $L_a(s)$ 층이 분화가 미진하며, 역치 P값이 0.8인 경우 $L_b(s)$ 층이 다수 존재하여 구조를 파악하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 가장 분화가 잘되어 있는 P값 0.7을 채택한다.

4.2.2 구조동정

행렬 A에서 불필요한 행과 열을 소거한다. 즉, 최상층레벨집합에 해당하는 S_1, S_5, S_{10}, S_{11} 의 행, 최하층레벨집합에 해당하는 S_2, S_6, S_7, S_9 의 열을 소거하여 행렬 A^2 를 구성한다.

	S_1	S_3	S_4	S_5	S_8	S_{10}	S_{11}	S_{12}	
S_2	0.74	0.70	0.64	0.84	0.58	0.78	0.82	0.62	
S_3	0.54	0.00	0.46	0.70	0.38	0.58	0.62	0.42	
S_4	0.58	0.54	0.00	0.70	0.42	0.62	0.66	0.46	
S_6	0.78	0.74	0.70	0.90	0.62	0.82	0.86	0.66	
$A^2 =$	S_7	0.70	0.66	0.62	0.82	0.54	0.74	0.78	0.58
	S_8	0.70	0.62	0.58	0.78	0.00	0.80	0.84	0.54
	S_9	0.82	0.78	0.74	0.94	0.70	0.86	0.90	0.70
	S_{12}	0.62	0.58	0.54	0.86	0.46	0.66	0.70	0.00

... (10)

(표 4) 역치별 Level 및 Block set

P Value	Level set / Block set							
P (0.5)	Level set	$L_i(s)$	S_5					
		$L_b(s)$	S_3					
		$L_i(s)$	$S_1, S_2, S_3, S_4, S_6, S_7, S_8, S_{10}, S_{11}, S_{12}$					
		$L_b(s)$	$\{\emptyset\}$					
	Block set	$S_i \in L_b(s)$	$B(S_i) \subset L_i(s)$					
		S_9	S_5					
		$L_i(s)$	S_1, S_5, S_{10}, S_{11}					
		$L_b(s)$	S_2, S_6, S_9					
P (0.6)	Level set	$L_i(s)$	$S_3, S_4, S_7, S_8, S_{12}$					
		$L_b(s)$	$\{\emptyset\}$					
		$S_i \in L_b(s)$	$B(S_i) \subset L_i(s)$					
		S_2	S_1, S_5, S_{10}, S_{11}					
	Block set	S_6	S_1, S_5, S_{10}, S_{11}					
		S_9	S_1, S_5, S_{10}, S_{11}					
		$Q_1 = \{S_1, S_5, S_{10}, S_{11}\}$						
P (0.7)	Level set	$L_i(s)$	S_1, S_5, S_{10}, S_{11}					
		$L_b(s)$	S_2, S_6, S_7, S_9					
		$L_i(s)$	S_3, S_4, S_8, S_{12}					
		$L_b(s)$	$\{\emptyset\}$					
	Block set	$S_i \in L_b(s)$	$B(S_i) \subset L_i(s)$					
		S_2	S_1, S_5, S_{10}, S_{11}					
		S_6	S_1, S_5, S_{10}, S_{11}					
		S_9	S_1, S_5, S_{10}, S_{11}					
P (0.8)	Level set	$L_i(s)$	S_1, S_5, S_{10}, S_{11}					
		$L_b(s)$	$S_2, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{12}$					
		$L_i(s)$	S_3, S_4					
		$L_b(s)$	$\{\emptyset\}$					
	Block set	$S_i \in L_b(s)$	$B(S_i) \subset L_i(s)$					
		S_2	S_5, S_{11}					
		S_6	S_5, S_{10}, S_{11}					
		S_7	S_5					
		S_8	S_{10}, S_{11}					
		S_9	S_1, S_5, S_{10}, S_{11}					
		S_{12}	S_5					
		$Q_1 = \{S_5, S_{11}\}$						
		$Q_2 = \{S_1, S_{10}\}$						

일반적으로 행렬 $A^{(k)}$ 의 행 또는 열이 $a_{ij}^{(k)} \geq P$ 를 만족하는 단일요소 $a_{ij}^{(k)}$ 만을 포함하고 있다면 정칙행이라고 한다. 이때 정칙 행 및 열을 그래프 위에 올리면 그 행과 열은 소거할 수 있다. A^2 행렬에서 S_5 에 대한 정칙행을 구하면 S_3 과 S_4 이므로 S_3 과 S_4 행은 제거하고, S_5 열은 식(8)과 같이 연산하여 교체투입 한다. 식(8)의 연산에서 λ 의 범위는 $-1 < \lambda < \infty$ 이며, 본 연구에서는 -0.3 으로 한다.

이때의 종속관계를 그래프로 표시하면 그림 1과 같다.

또한, 완성된 A^3 행렬은 식(11)과 같다.

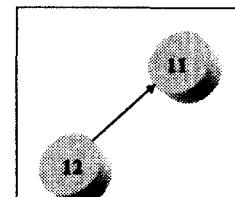
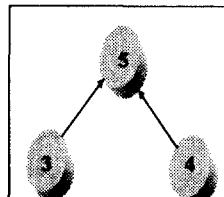
	S_1	S_3	S_4	S_5	S_8	S_{10}	S_{11}	S_{12}
S_2	0.74	0.70	0.64	0.38	0.58	0.78	0.82	0.62
S_6	0.78	0.74	0.70	0.33	0.62	0.82	0.86	0.66
$A^3 = S_7$	0.70	0.66	0.62	0.43	0.54	0.74	0.78	0.58
S_8	0.70	0.62	0.58	0.47	0.00	0.80	0.84	0.54
S_9	0.82	0.78	0.74	0.29	0.70	0.86	0.90	0.70
S_{12}	0.62	0.58	0.54	0.64	0.46	0.56	0.70	0.00

.... (11)

A^3 행렬에서 정칙 행은 S_{11} 에 대하여 S_{12} 행이 된다. 따라서 S_{12} 행을 삭제하고, S_{11} 열을 식(8)의 퍼지보집합 의해 연산하여 취환 정리하면 식(12)와 같이 A^4 행렬을 구할 수 있으며, 종속관계를 그래프로 표시하면 <그림 2>와 같다.

	S_1	S_3	S_4	S_5	S_8	S_{10}	S_{11}	S_{12}
S_2	0.74	0.70	0.64	0.38	0.58	0.78	0.77	0.62
S_6	0.78	0.74	0.70	0.33	0.62	0.82	0.83	0.66
$A^4 = S_7$	0.70	0.66	0.62	0.43	0.54	0.74	0.70	0.58
S_8	0.70	0.62	0.58	0.47	0.00	0.80	0.64	0.54
S_9	0.82	0.78	0.74	0.29	0.70	0.86	0.89	0.70

..... (12)

그림 1. A^2 의 구조그래프 그림 2. A^3 의 구조그래프

A^4 행렬에는 정칙 행 및 열이 존재하지 않는다. 따라서 역치 이상인 값이 제일 적은 행을 선택하여 행 분할을 실시하면 A^5 를 형성할 수 있다.

$$A^5 = \begin{array}{|c c c c c c c c c|} \hline & S_1 & S_3 & S_4 & S_5 & S_8 & S_{10} & S_{11} & S_{12} \\ \hline S_2 & 0.74 & 0.70 & 0.64 & 0.38 & 0.58 & 0.78 & 0.77 & 0.62 \\ S_6 & 0.78 & 0.74 & 0.70 & 0.33 & 0.62 & 0.82 & 0.83 & 0.66 \\ S_7 & 0.70 & 0.66 & 0.62 & 0.43 & 0.54 & 0.74 & 0.70 & 0.58 \\ S_9 & 0.82 & 0.78 & 0.74 & 0.29 & 0.70 & 0.86 & 0.89 & 0.70 \\ S_{8a} & 0.70 & 0.62 & 0.58 & 0.47 & 0.00 & 0.00 & 0.64 & 0.54 \\ S_{8b} & 0.00 & 0.62 & 0.58 & 0.47 & 0.00 & 0.80 & 0.64 & 0.54 \\ \hline \end{array} \dots (13)$$

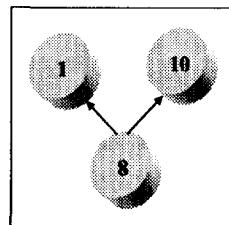
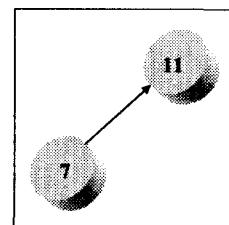
이때, S_{8a} 는 S_1 에 대해서, S_{8b} 는 S_{10} 에 대하여 정칙 행으로 된다. 정칙 행을 소거하고, S_1 , S_{10} 열을 식(8)에 의하여 취환정리 하면 행렬 A^6 를 획득 할 수 있다. 이를 구조그래프로 표시하면 그림 3과 같다.

$$A^6 = \begin{array}{|c c c c c c c c c|} \hline & S_1 & S_3 & S_4 & S_5 & S_8 & S_{10} & S_{11} & S_{12} \\ \hline S_2 & 0.70 & 0.70 & 0.64 & 0.38 & 0.58 & 0.70 & 0.77 & 0.62 \\ S_6 & 0.77 & 0.74 & 0.70 & 0.33 & 0.62 & 0.77 & 0.83 & 0.66 \\ S_7 & 0.64 & 0.66 & 0.62 & 0.43 & 0.54 & 0.64 & 0.70 & 0.58 \\ S_9 & 0.82 & 0.78 & 0.74 & 0.29 & 0.70 & 0.86 & 0.89 & 0.70 \\ \hline \end{array} \dots (14)$$

A^6 행렬에서 정칙 행은 S_{11} 에 대하여 S_7 행이 된다. 따라서 S_7 행을 소거하고, S_{11} 열을 식(8)의 퍼지보집합 의해 연산하여 취환 정리하면 식(15)와 같이 A^7 행렬을 구할 수 있으며, 종속관계를 그래프로 표시하면 그림 4와 같다.

$$A^7 = \begin{array}{|c c c c c c c c c|} \hline & S_1 & S_3 & S_4 & S_5 & S_8 & S_{10} & S_{11} & S_{12} \\ \hline S_2 & 0.70 & 0.70 & 0.64 & 0.38 & 0.58 & 0.70 & 0.77 & 0.62 \\ S_6 & 0.77 & 0.74 & 0.70 & 0.33 & 0.62 & 0.77 & 0.83 & 0.66 \\ S_9 & 0.82 & 0.78 & 0.74 & 0.29 & 0.70 & 0.86 & 0.89 & 0.70 \\ \hline \end{array} \dots (15)$$

A^7 에서 정칙 열은 S_8 , S_{12} 로 되고, 이에 해당하는 행이 없기 때문에, S_8 , S_{12} 열은 소거하여 정리하면, A^8 행렬을 얻을 수 있다. 이를 구조 그래프화 하면 그림 5와 같다.

그림 3. A^5 의 구조그래프그림 4. A^6 의 구조그래프

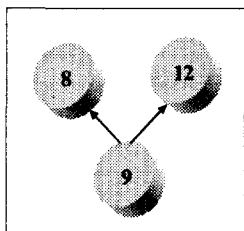
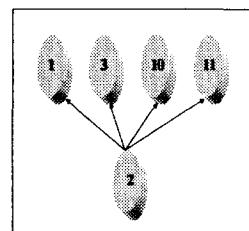
$$A^8 = \begin{array}{|c c c c c c c c c|} \hline & S_1 & S_3 & S_4 & S_5 & S_{10} & S_{11} \\ \hline S_6 & 0.70 & 0.70 & 0.64 & 0.38 & 0.70 & 0.77 \\ S_9 & 0.77 & 0.74 & 0.70 & 0.33 & 0.77 & 0.83 \\ S_8 & 0.82 & 0.78 & 0.74 & 0.29 & 0.86 & 0.89 \\ \hline \end{array} \dots (16)$$

A^8 의 경우 정칙 행과 열이 없으므로, 행분할을 실시하여 행렬을 정리하면 A^9 를 얻을 수 있다.

$$A^9 = \begin{array}{|c c c c c c c c c|} \hline & S_1 & S_3 & S_4 & S_5 & S_{10} & S_{11} \\ \hline S_6 & 0.77 & 0.74 & 0.70 & 0.33 & 0.77 & 0.70 \\ S_9 & 0.82 & 0.78 & 0.74 & 0.29 & 0.86 & 0.77 \\ S_{2a} & 0.70 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ S_{2b} & 0.00 & 0.70 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ S_{2c} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.70 & 0.00 \\ S_{2d} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.77 \\ \hline \end{array} \dots (17)$$

A^9 를 연산하여 정리하면, 식(18)과 같은 A^{10} 행렬과 그림 6의 구조그래프를 형성 할 수 있다.

$$A^{10} = \begin{array}{|c c c c c c c c c|} \hline & S_1 & S_3 & S_4 & S_5 & S_{10} \\ \hline S_6 & 0.77 & 0.74 & 0.70 & 0.33 & 0.77 \\ S_9 & 0.82 & 0.78 & 0.74 & 0.29 & 0.86 \\ \hline \end{array} \dots (18)$$

그림 5. A^7 의 구조그래프그림 6. A^9 의 구조그래프

A^{10} 행렬에서 S_5 열은 역치 미만의 수치이므로 열을 소거한다. 이때 남아 있는 행렬에 정칙행 및 열이 없으므로 S_6 과 S_9 에 대하여 순차적으로 행 분할을 행한다.

이때, S_{6a} 는 S_1 에 대하여, S_{6b} 는 S_3 에 대하여, S_{6c} 는 S_4 에 대하여, S_{6d} 는 S_{10} 에 대하여 정칙 행이 되어 소거 가능하다. 정리된 행렬에서 S_9 에 대하여 정칙 열은 S_1, S_3, S_4, S_{10} 으로 되어 각각 소거가 가능하다. 이렇게 하면, 모든 행렬이 소거됨으로서 과정을 마치게 된다. 마지막단계 과정을 구조그래프로 도식화하여 보면 그림 7과 같다.

A 행렬에서 A^{10} 행렬까지의 구조그래프를 모두 정리하여 보면 그림 8과 같다.

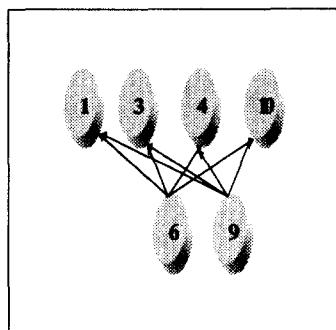


그림 7. 최종단계 구조그래프

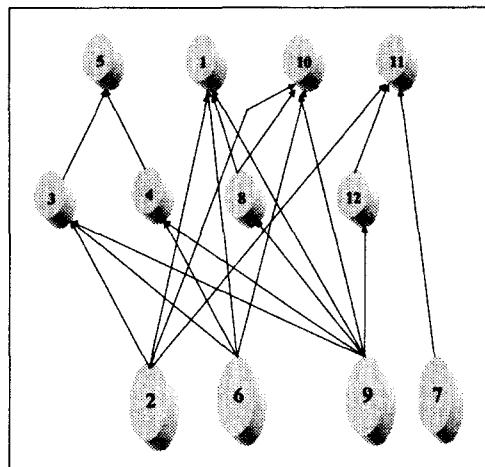


그림 8. 총괄 구조그래프

5. 결 론

실제 항만들은 다양한 전략을 가지고 경쟁을 하고 있으나, 전략에 포함되는 구성요소간의 종속관계, 계층파악 등의 시스템적인 차원에서의 접근은 전무한 설정이다. 따라서 본 논문은 이러한 점에 착안하여, 항만경쟁력의 구성요소를 파악하고 경쟁력의 구조모델을 획득하는 것을 연구의 목적으로 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 항만경쟁력을 구성하는 구성요소를 선별 연구를 통하여 추출하고, 이를 KJ법을 사용하여 가장 핵심적인 요소들로 그룹핑하였다. 또한, 그룹핑 된 요소의 구조를 파악하기 위하여 FSM법을 사용하였으며, 적용 결과 항만경쟁력 구조모델을 획득 할 수 있었다.

둘째, 획득된 구조모델을 분석해보면, 가장 중요한 그룹의 구성요소로서는 항만비용, Main Trunk 상의 위치, 항만체선, 항만시설 등으로 나타났으며, 특히 항만비용은 전반적으로 모든 구성요소에 영향을 미치는 가장 중요한 요소임이 밝혀졌다.

셋째, 상대적으로 중요도가 낮은 요소그룹은 최상층 요소그룹으로서 구성요소는 배후지근접성, 항만소유권, 통관의 신속성, 대형선의 입항가능성으로 구성되어 있음이 밝혀졌다.

넷째, 본 연구의 결과는 항만경쟁력을 고려할 때, 상대적으로 중요한 요소들을 제시함으로서 우리나라 항만의 경쟁전략 수립시 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 이철영, “항만물류시스템”, 효성출판사, 1988, pp. 137-150.
- 2) 이환구, “아시아 주요 컨테이너항만의 경쟁전략 비교연구-환경화물유치전략을 중심으로”, 한국 외국어대학교 석사학위논문, 1995, pp. 34-50.
- 3) 하동우, 김수엽, “컨테이너항만의 물류경쟁력 국제비교”, 한국해양수산개발원, 1998, pp. 3-24.
- 4) 天笠美知夫, “システム構成論”, 森山書店, 1986.

- 5) 田崎栄一郎, “あいまい理論による社会システムの構造化 別冊 數理科學 ファシィ理論への道”, サイエンス社, 1988. pp. 140 -153.
- 6) 椎塚久雄, 伊藤節子, “ファジィ構造 モデル：ケース スタディー-學生採用に 關する 企業の意識構造”, 經營の科學, 1992. pp. 93-98.
- 7) W. B. Allen, “Port Choice Model”, Logistics & Transportation Review, Vol.8, 1982, pp. 81-87.
- 8) P. R. Murphy, J. M. Daley, D. R. Dalenberg, “Port Selection Criteria : An Application of a Transportation Research Framework”, Logistics & Transportation Review, Vol.28, 1992.
- 9) R. A. French, “Competition among Selected Eastern Canadian Ports for Foreign Cargo”, Maritime Policy and Management, Vol.6, 1979, pp. 5-13.
- 10) H. J. Peters, “Structural Changes in International Trade and Transport Markets : The Importance of Markets”, The 2nd KMI International Symposium, 1990, p. 8.
- 11) Brian Slack, “Containerization Inter-port Competition and Port Selection”, Maritime Policy and Management, Vol.12, 1985, pp. 283-303.
- 12) M. C. Willingale, “The Port Routing Behavior of Short Sea Ship Operator Theory and Practices”, Maritime Policy and Management, Vol.18, 1981.
- 13) 이석태, 이철영, “극동아세아 컨테이너 항만의 능력평가에 관한 연구”, 한국항만학회지, 제7권 1호, 1993, pp. 13-23.
- 14) 김학소, “항만선택 결정요인에 관한 실증적 연구”, 동국대학교 대학원 박사학위논문, 1993, pp. 26-54.
- 15) 寺野壽郎, “システム工學入門-あいまい問題への挑戦”, 共立出版, 1989.