工學碩士 學位論文

퍼지평가의 역관계를 이용한 항만경쟁력 분석에 관한 연구

A Study on Analysis of port competition by using Inverse Relation of Fuzzy Evaluation

指導敎授 李 哲 榮

2001年 2月

韓國海洋大學교 大學院

物流시스템工學科

柳 亨 根

목 차

List of Table

List of Figures

A Study on Analysis of port competition by using Inverse Relation of Fuzzy Evaluation

Hyung-Geun, Ryu

Department of Logistics Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

Recently, Fuzzy theory has been applied in evaluation problem. Fuzzy evaluation based on Fuzzy theory can accommodate fuzziness of judgement with people through introducing Fuzzy measure. Representative Fuzzy evaluation is Fuzzy Integral using Fuzzy measure.

A definite methodology using Fuzzy Integral HFI (Hierarchical Fuzzy Integrals), HFEA (Hierarchical Fuzzy Evaluation Algorithm),

HFP (Hierar chical Fuzzy Process), etc.

In this paper, we deal with problem identifying evaluation value using Fuzzy Relation Equation at these Fuzzy evaluation. We verify relation between Input data and Output data through @-operation and apply this to HFP. And that we verify evaluation value which objects of evaluation are able to possess.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

평가문제의 복잡성 및 계층화와 관련된 문제점과 불명확성에 대응하기 위하여, 최근에는 평가문제에 퍼지이론을 적용하는 경우가 증가하고 있는 추세이다. 퍼지이론에 기초한 퍼지평가는 퍼지측도를 도입함으로써 사람들이 흔히 갖는 판단의 애매성을 상당히 수용할 수 있다. 대표적인 퍼지평가법은 일반측도의 가법성을 확장한 개념인 단조성을 만족하는 퍼지측도를 이용한 퍼지적분(Fuzzy Integral)이다. 지금까지 퍼지적분을 이용한 평가방법은 기업평가, 상품의 선호도, 교육성과의 평가, 경쟁력 평가, 시스템 평가 등의 분야에 적용된 사례가 많다.

퍼지적분을 이용한 구체적인 방법론으로서는 계층퍼지적분법(HFI : Hierarchical Fuzzy Integrals), 퍼지계층평가 알고리즘(HFEA : Hierarchical Fuzzy Evaluation Algorithm) 및 계층퍼지분석법(HFP : Hierarchical Fuzzy Process) 등이 연구되어 있다. 각각의 방법들은 열거된 순서에 따라 점진적으로 발전된 형태를 보이고 있다. 즉, 퍼지계층평가 알고리즘은 계층퍼지적분의 단점인 상호작용계수와 보정계수 및 모든 단조집합족에 대한 퍼지측도치의 산출 등과 같은 계산의 복잡성을 계층분석법(AHP : Analytical Hierarchy Process)으로 보완한 형태이다. 또, 계층퍼지분석법은 계층퍼지적분법의 단점인 상호작용계수와 보정계수 산출 및 동정문제를 가중치와 상호작용계수를 이용하여 직접 퍼지측도치로 변환함으로써, 계산의 복잡성을 줄인 점이 장점으로 부각되고 있다.

하지만 이러한 평가방법들은 평가대상의 퍼지측도치와 평가치를 도출하여 평가대상의 현 상태만을 평가한다는 한계를 가지고 있다.

본 연구에서는 이러한 평가의 한계를 해결하기 위하여 퍼지측도치와 적분치를 이용하여 평가대상의 요소에 대한 평가치를 동정하여 어떤 요소가 적분치에 영향을 미치는지를 알아내고 그에 대한 개선방안을 모색하는 것을 목적으로 하고 있다.

이러한 문제를 풀기 위해서 퍼지 이론 중 입·출력 데이터에 의하여 그에 대한 관계를 구하는 문제를 다룬 퍼지관계방정식의 해법을 이용한다. 퍼지관계방정식에 관한 이론 및 응용에 관한 연구는 Sanchez[1]에 의해 시작된 이후 널리 여러 분야에서 유용하게 사용되어 왔다. 특히, 지식처리의 분야, 퍼지시스템검증, 의료진단 등에 많이 사용되었다.

여기서 퍼지관계방정식의 해법을 계층퍼지분석법에 도입하여 평가문제에 있어서 평가대상의 각 요소의 평가치를 동정하고 취약부분을 추출하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서 퍼지평가의 기초이론을 다루고 3장에서는 기존사례에 퍼지관계방정식의 해법을 이용한 예를 살펴보고, 끝으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. 퍼지 평가법

여기에서는 본 연구에서 주로 언급하게 될 기존 평가법들에 대한 기본개념을 소개하는 수준에서 살펴보기로 한다. 주 내용은 평가법으로서의 퍼지적분법, 계층퍼지분석법 등에 관한 사항 등에 관한 사항을 간략히 설명한다.

2.1 퍼지 평가법

다수개의 평가속성들로 이루어진 시스템을 평가하는 방법으로서 가장 일반적인 평가방법은 단순가중법(Simple weight method)이라고 할 수 있다. 단순가중법은 각 평가속성들의 가중치와 평가치를 구하여 각 속성의 평가치에 가중치를 곱함으로써 각 속성들의 최종 평가치를 산출하고, 다시 이들을 종합함으로써 시스템 전체의 종합평가치를 산출하는 방법이다. 이 방법에서는 확률측도에 기초하여 평가항목간의 독립성과 각 속성들이 갖는 가중치의 합은 1.0이라는 정규성을 전제로 하고 있다.

한편, 평가대상인 시스템의 평가 범위가 광범위해지면 평가구조가 계층화되고 각 계층에는 다수의 평가속성들이 존재하게 되어 복잡한 평가구조를 갖게 된다. 비록 복잡한 평가구조를 갖는 시스템이라 하더라도, 평가구조가 잘 정의되고 각 계층의 평가속성들이 정량적으로 나타내어질 수 있다면, 절차의 복잡성과 계산량의 증가 외에는 단순가중법의 적용에 있어서 별로 문제될 것이 없다. 또한, 계층화된 평가구조를 갖는 평가대상에 있어서 평가항목의 가중치를 비교적 간단히 구할 수 있는 AHP(Analytical hierarchy process)법도 이미 많이 사용되고 있다.

그러나, 평가속성 중에 정성적인 속성이 내재하게 되고 평가항목간에 중복성이 나타나게 되면 인간에 의한 판단 외에는 평가할 수가 없게 되고, 기존의 확률측도로는 잘 대응할 수 없게 된다.

이상과 같이 기존의 확률측도로 잘 대응할 수 없는 경우에 적합한 측도로서는 퍼지측도(Fuzzy measure)를 들 수 있다. 퍼지 측도는 인간의 주관과 속성간의 상호작용을 수용할 수 있는 측도로서 확률측도의 가법성 대신 단조성만으로 성립되는 측도이다.

2.1.1 λ-퍼지측도(λ-Fuzzy Measure)

퍼지측도는 정의하기에 따라 여러 가지 종류가 있으나, Sugeno가 제안한 아래의 λ-퍼지측도가 그 중 대표적인 것으로 알려져 있다.[2]

일반적으로 λ-퍼지적분을 하기 위해서는 n개의 평가항목에 대하여 2^n개의 관측자료로부터 중요도를 동정하게 되며, 이 경우 중복도를 나타내는 파라메터 λ는 외생적으로 주어지게 된다.

λ-퍼지측도 (g_λ)는 식(2-1)과 같이 퍼지측도에 매개변수 λ를 도입한 형태이다. 단, 여기서 λ-퍼지측도 g_λ는 단조성(Monotonicity)을 갖는다.

$$g_\lambda(A \cup B) = g_\lambda(A) + g_\lambda(B) + \lambda g_\lambda(A) g_\lambda(B)$$
$$\text{단, } A, B \in X, \quad A \cap B = \varnothing, \quad -1 < \lambda < \infty \qquad (2\text{-}1)$$

또한, 식(2-1)은 다음과 같은 형태로 변환이 가능하다.

$$g_\lambda(A' - B') = \frac{g_\lambda(A') - g_\lambda(B')}{1 + \lambda g_\lambda(B')}$$

단, $B' \subset A'$, $-1 < \lambda < \infty$ (2-2)

$$g_\lambda(B'^c) = \frac{1 - g_\lambda(B')}{1 + \lambda g_\lambda(B')}$$

단, $A' = X'$, $-1 < \lambda < \infty$ (2-3)

식(4-1)의 λ는 + 또는 − 값을 가짐으로써, 각각 상승 또는 상쇄의 상호작용을 나타내며, λ가 0 값을 취할 때 λ-퍼지 측도 g_λ는 확률측도가 되어 가법성을 만족하게 된다. 그리고 λ를 적당히 선택하는 일에 의해 다음과 같은 성질이 만족된다.

$$g_\lambda(A \cup B) = g_\lambda(A) + g_\lambda(B) \qquad \lambda = 0 \qquad (2\text{-}4)$$

$$g_\lambda(A \cup B) > g_\lambda(A) + g_\lambda(B) \qquad \lambda > 0 \qquad (2\text{-}5)$$

$$g_\lambda(A \cup B) < g_\lambda(A) + g_\lambda(B) \qquad \lambda < 0 \qquad (2\text{-}6)$$

$\lambda > 0$의 경우, 서로 소(素)인 A, B가 그 합집합 $A \cup B$ 에 상승적인 작용이 있는 것이며, $\lambda < 0$의 경우에는 상쇄적인 작용이 있는 것이다. 또한, $\lambda = 0$의 경우에는 평가속성 A, B가 완전히 독립인 경우를 나타낸다. 특히, 극단적인 경우로써 $\lambda = -1$인 경우, 평가 속성간 중복이 극심하여 독립적으로 다룰 수가 없는 상태도 있을 수 있는데, 이는 곧 평가속성 A와 B중 어느 하나가 다른 하나에 완전히 포함되어, 포함된 평가속성은 평가과정에서 제외

해도 상관없는 경우를 의미한다. λ-퍼지 측도 g_λ는 서로 소인 부분 집합열 $\{A_1, A_2, A_3, \cdots\cdots, A_n\}$에 대하여 식(2-7)과 같은 일반식을 유도할 수 있다.

$$g_\lambda(\bigcup_{i=1}^{n} A_i) = \frac{1}{\lambda}(\prod_{i=1}^{n}(1+\lambda g_\lambda(A_i)) - 1) \tag{2-7}$$

단, $A_i \cap A_j = \emptyset$, $i \neq j$

또한, 식(2-7)은 식(2-8)과 같이 표현할 수도 있다.

$$g(X) = \frac{1}{\lambda}(\prod_{k=1}^{m}(1 + \lambda \cdot g_k) - 1) \tag{2-8}$$

단, $X = \bigcup_{i=1}^{m} A_i$, $g_i = g_\lambda(A_i)$

한편, 이상의 Sugeno가 제안한 λ-퍼지측도는 적용하는 계산과정이 복잡하기 때문에 최근 연구에서는 Tukamoto가 제안한 또 다른 λ-퍼지측도가 평가 문제에 널리 사용되고 있다. 본 연구에서도 이 측도를 사용하고 있다.

Tsukamoto가 제안한 λ-퍼지측도 f_λ 는 다음과 같이 표현된다.

$$f_\lambda(u) = \begin{cases} ((1-\lambda)^u - 1)/(-\lambda) & \text{if } \lambda \neq 0 \\ & \text{if } \lambda = 0 \end{cases} \tag{2-9}$$

식(2-9)에서 $f_\lambda(u)$는 퍼지측도치 $g(\cdot)$를 나타내며, u는 선형 가중치인 $w(\cdot)$를 의미한다.

한편, 식(2-9)의 λ가 가지는 성질은 위의 Sugeno의 식(2-8)과 동일하다.

λ가 외생적으로 주어지지 않을 경우에는 이를 근사적으로 계측하여 사용할 필요가 있는데, λ를 근사적으로 계측하는 방법은 이철영 외1인[3]에 제안되어 있으며, 본 연구도 같은 방법을 사용하기로 한다.

평가요소 i 및 j 간의 상호작용계수 λ_{ij}' 를 다음과 같이 정의하고,

$$\lambda_{ij}' = \begin{cases} \mu(A_i \cup A_j) - (\mu(A_i) + \mu(A_j)) / \mu(A_i \cap A_j) & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases} \tag{2-10}$$

단, $\lambda_{ij}' \in (-1, \infty)$

평가속성간에 정의된 상호작용 계수 λ_{ij}' 값을 추정하고자 할 경우에는 계층퍼지 적분의 통합평가에 대비하기 위하여 치역을 퍼지측도의 상호작용 계수 λ와 같도록 식(2-11)을 사용하여 치역을 변형해야 한다.

$$\eta_{ij} = \begin{cases} \lambda_{ij}' & \lambda_{ij}' < 0 \\ -1/(1+\lambda_{ij}') & \lambda_{ij}' \geq 0 \end{cases} \tag{2-11}$$

식(2-11)의 정규화에 의해 $\lambda_{ij}' \in (-1,\infty)$에서 $\eta_{ij} \in (-1,+1)$로 규격화될 수 있다. 실제로 η_{ij}의 값을 구하고자 할 경우, 언어적인 표현 방법을 사용하여 구할 수 있으며, 이때 속성간 상호작용이 있느냐 없느냐를 먼저 질문하게 되고 다음으로 중복 작용이나 상승작용 중 어느 하나에 대하여 질문하게 될 것이므로 치역은 자연적으로 0 및 (-1, 0)과 (0, 1)로 구분되게 된다.

또, 하나의 평가 속성은 여러개의 타 평가항목과 상호작용이 일어날 수 있으면 평균적인 상호작용계수 λ는 다음과 같이 구해진다.

$$\mu_i = \sum_{j=1}^{n} \lambda_{ij}' \ / \ n-1 \qquad (i \neq j) \tag{2-12}$$

$$\lambda = \frac{\mu_i}{n} \tag{2-13}$$

이상에서 언급한 상호작용계수 λ 또는 λ_{ij}'를 도입함으로써 거둘 수 있는 효과는 계층평가의 일관성을 유지하면서 상호작용효과를 중요도에 반영할 수 있으므로, 동일계층의 평가속성 사이에 반드시 독립성이 보장되지 않더라도 취급할 수 있게 되었다는 점이다.

이를 다르게 표현하면, 임의의 k계층의 여러 속성에 대한 평가를 통합하고자 할 경우, 이들 평가 속성들을 통합하는 평가는, 속성간의 상호작용, 즉, 중복성 또는 상승작용으로 인하여 단순한 합의 형태로 취급할 수 없다는 것을 나타낸다. 또, 평가속성 간의 상호작용에 의해 평가가 달라질 수도 있으므로, 상호작용은 평가속성 간의 중요도를 나타내는 벡터를 통합하는 데에 사용하게 될 측도에서 필히 고려되어야 할 사항이라는 것이다. 이와 같이 상호작용을 고려한 측도로서 λ-퍼지측도 g_λ를 도입하면 이러한 문제를 해결할 수 있다.

2.1.2 퍼지적분 (Fuzzy Integral)

퍼지적분에 있어서는 주관적이든 객관적이든 독립성과 가법성을 가정할 필요가 없다. 따라서 퍼지적분을 사용하면 여러 가지 평가속성을 갖는 퍼지평가대상의 주관적인 평가를 퍼지측도를 사용하여 수행할 수 있다.

퍼지 측도에 의한 퍼지 적분은 전체집합 X의 부분집합 A상에 정의된 함수로서,

$$h : A \rightarrow [0, 1] \tag{2-14}$$

와 같이 표현될 수 있으며, 퍼지측도 공간 $(X,\ 2^x)$에서 A의 퍼지적분은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\int_A h(x) \circ g(\cdot) = \sup_{F \in 2^x} [\inf_{x \in F} h(x) \wedge g(A \cap F)] \tag{2-15}$$

단, g는 퍼지측도 공간 $(X,\ 2^x)$의 퍼지측도

여기서 기호 $\int$는 퍼지적분 기호이며, $\circ$는 퍼지집합 이론에서 사용되는 Max·Min 연산기호이다. 그리고 여기서 sup와 inf는 상한(Supremum)과 하한(Infimum)을 뜻한다. 상한은 X의 어느 요소보다 큰 것 가운데 최소의 것을, 하한은 X의 어느 요소보다 작은 것 가운데 최대의 것을 의미한다.

식 (2-15)의 퍼지적분 정의로부터 다음의 성질을 얻는 것이 가능하다.

$$\int_A h(x) \circ g(\cdot) = \sup_{\alpha \in [0, 1]} [\alpha \wedge g(A \cap F_\alpha)] \tag{2-16}$$

단, $F_\alpha = \{x \mid h(x) \geq \alpha\}$

식 (2-16)에서 A는 적분영역으로서 A=X일 때에는 생략한다. F_α에서는 α가 클수록 집합이 작아지며, 또한, 퍼지측도 g는 단조성을 갖기 때문에 $g(A \cap F_\alpha)$의 측도치는 α가 클수록 감소한다.

퍼지적분은 다음과 같은 성질을 갖는다.

ⅰ) 퍼지적분 값의 범위

$$0 \le h(x) \circ g(\cdot) \le 1 \qquad (2\text{-}17)$$

ⅱ) 퍼지적분치의 순서성 - 중요도가 같을 경우, 능력크기에 의해 값의 크기가 정해짐

$$h_1 \le h_2 \text{ 이면, } \int h_1(x) \circ g(\cdot) \le \int h_2(x) \circ g(\cdot) \qquad (2\text{-}18)$$

ⅲ) 전체 집합의 평가치는 부분 집합의 평가치를 포함함

$$A \subset B \text{ 이면 } \int_A h(x) \circ g(\cdot) \le \int_B h(x) \circ g(\cdot) \qquad (2\text{-}19)$$

퍼지적분의 기본적인 성질은 퍼지측도의 성질을 반영한 단조성에 있다.

집합 X**가 유한집합인 경우, 함수** h**를** $h(x_1) \ge h(x_2) \ge h(x_3) \cdots \ge h(x_n)$ **와 같이 크기 순으로 나열하면 퍼지적분은 아래 식** (2-20)**와 같이 표현될 수 있다.**

$$\int_A h(x) \circ g(\cdot) = \bigvee_{i=1,n}[h(x_i) \wedge g(F_i)] \qquad (2\text{-}20)$$

단, $F_i = \{ x_1, x_2, x_3, \cdots\cdots, x_i \}$

2.1.3 HFP**의 평가 알고리즘**

평가대상 문제가 여러 개의 중복된 속성으로 이루어진 계층구조로 주어져 있을 경우에, 계층을 평가하는 HFP(Hierarchical Fuzzy Process) **알고리즘은**

다음과 같이 정리할 수 있다.

단계 1 : 평가자로부터 AHP에서 이용하는 쌍대비교(pairwise comparison) 자료에 의한 평가속성의 상대적 중요도(w) 및 평가항목간의 상호작용계수(λ)를 조사한다.

단계 2 : 조사된 평가항목간의 상대적 중요도(w)와 평가속성간 상호작용계수(λ)로 식 (2-9)를 이용하여 퍼지측도값($g(\cdot)$)을 구한다.

단계 3 : 자료 또는 기존의 평가기준에 의해 평가대상에 대한 평가항목별 퍼지평가치 $h(\cdot)$를 구한다.

단계 4 : 최하위 계층을 통합평가한 결과를 가지고 나머지 계층에 대하여 단순가중평가법을 수행한다.

일반적으로 복잡하고 종합적인 문제를 평가할 때에는 그 문제를 주요한 몇 개의 속성으로 구분하고, 각 속성에 대하여 더욱 세분화된 속성으로 구분하여 계층적인 구조로 만들어 파악하게 되는데, 문제가 거대할수록 이러한 세분화된 속성의 계층이 증가하게 된다. 그리고 하위의 계층으로 갈수록 평가는 더욱 구체적으로 이루어지게 된다. 이때 원문제의 속성을 상실하지 않는 계층분할이 가능하면 부분속성의 통합으로 원속성을 찾아갈 수 있게 된다. 즉, 원문제의 평가를 간단히 하기 위해서는 평가대상을 계층적 구조의 세분화된 부분속성으로 만들어 평가하게 되는데, 이때 원문제의 속성이 그대로 보존되는 일관성이 유지되기만 한다면, 이들의 평가를 통합하기만 하면 원문제를 평가하게 되는 계층평가의 문제를 대신할 수 있는 것이다. 그러므로, 지금까지의 알고리즘 고찰은 평가구조가 단층인 경우를 중심으로 하였으나, 구조가 다계층인 경우에도 그대로 적용할 수 있게 된다.

다계층인 경우, 평가순서는 하위계층으로부터 이루어지며, 이미 하위계층에

서 평가항목간의 상호작용을 이미 고려하였으므로, 상위계층의 항목은 상호작용이 없는 독립적인 항목으로 취급할 수 있다.

따라서, 종합평가를 할 경우에는, 첫째, 상호작용을 고려한 k 계층(최하위계층)의 평가는 식(2-21)과 같은 퍼지적분을 이용하고, 둘째, 상위계층인 k+1 계층부터는 식(2-22)과 같이 단순가중법을 사용할 수 있게 되어 종합평가방법이 매우 간편해진다.

$$H_{k+1}(X_i) = \int H_k(X_i) \circ g_k(\cdot) \quad (2\text{-}21)$$

$$H_{k+2}(X_i) = g_{k+1} \cdot H_{k+1}(X_i) \quad (2\text{-}22)$$

이상의 HFP 평가 알고리즘을 도식화하여 흐름도로 나타내면 다음의 Fig 2.1와 같다.

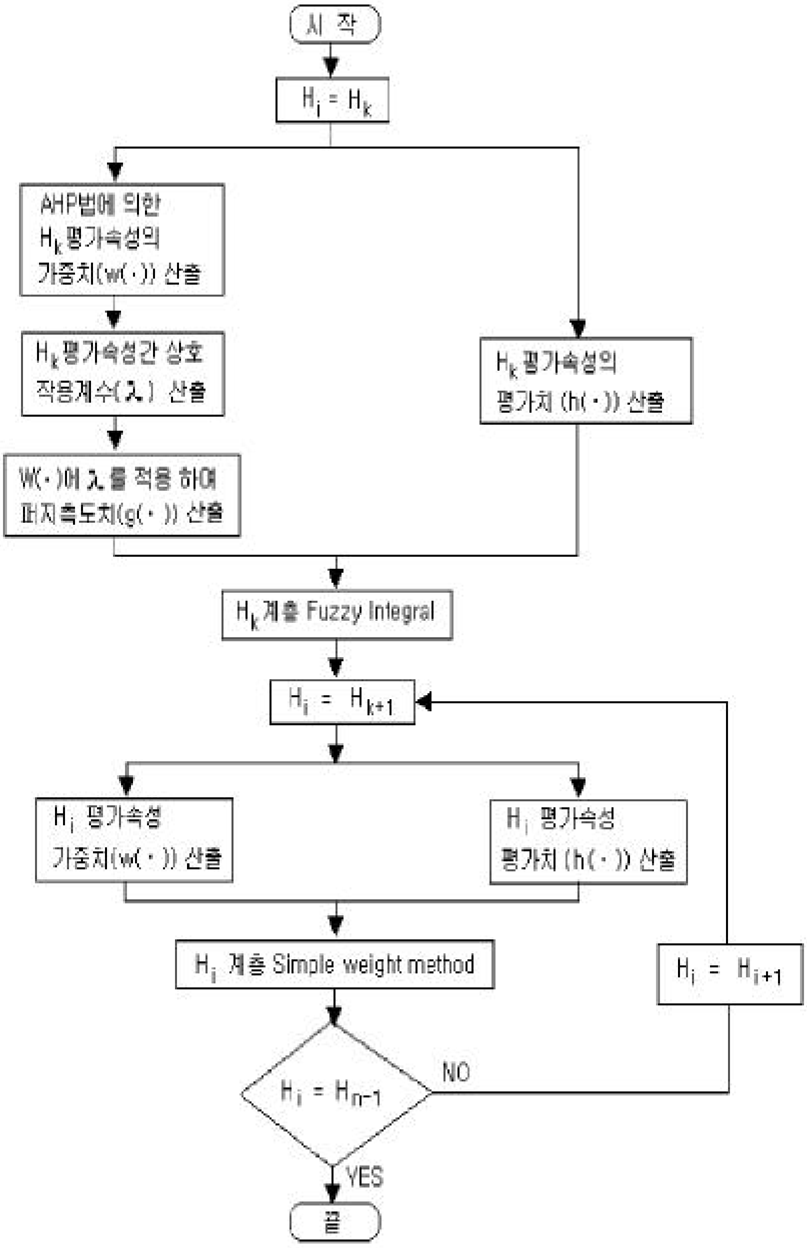


Fig 2.1 **계층퍼지분석법의 흐름도**

2.2 퍼지 관계

2.2.1 퍼지 관계의 합성

Q를 $X \times Y$상의 퍼지 관계, R을 $Y \times Z$상의 퍼지 관계라 하면, Q와 R의 합성은 $X \times Z$상의 퍼지 관계가 되어, 이를 $Q \circ R$로 표기하고 다음과 같이 정의한다.

$$
\begin{aligned}
m_{Q \circ R}(x, z) &= \bigvee_{y \in Y} \{ m_Q(x, y) \wedge m_R(y, z) \} \\
&= \max_{y \in Y} [\min \{ m_Q(x, y), m_R(y, z) \}
\end{aligned}
\tag{2.23}
$$

그러므로 식(2.23)의 기호 "∘"는 최대-최소합성(max-min composition) 연산을 의미한다.

위에서 두 개의 퍼지 관계 Q와 R의 합성이었으나 Q가 퍼지 관계가 아니고 퍼지 집합 A일 때도 A와 R과의 최대-최소 합성(max-min composition) $A \circ R$을 정의할 수 있다.

A를 X상의 퍼지 집합이라 하고 R을 $X \times Y$상의 퍼지 관계라 하면, $A \circ R$은 Y상의 퍼지 집합으로 다음과 같은 멤버십 함수를 갖는다.

$$
m_{A \circ R}(y) = \bigvee_{x \in X} (m_A(x) \wedge m_R(x, y)), \qquad y \in Y \tag{2.24}
$$

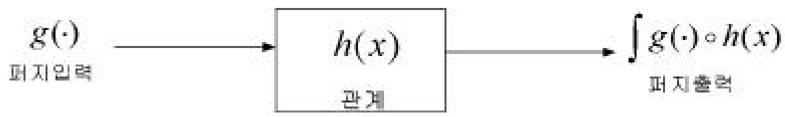
또한, 두 개의 퍼지 관계 사이의 합성이 아니라 퍼지측도와 퍼지적분으로도 $g(\cdot)$와 $h(x)$로 $g(\cdot) \circ h(x)$을 정의할 수 있다.

$g(\cdot)$를 퍼지측도 공간 $(X, 2^x)$의 퍼지측도라 하고 $h(x)$를 전체집합 X의

부분집합 A상에 정의된 함수로서 $g(\cdot)\circ h(x)$을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$m_{g(\cdot)\circ h(x)}(A) = \bigvee_{F\in 2^x}(m_{g(\cdot)}(A\cap F)\wedge m_{h(x)}(x)) \qquad (2.25)$$

2.2.2 퍼지 관계 방정식의 해법



$$g(\cdot)\circ h(x) = I(\cdot)$$

Fig 2.2 퍼지시스템의 표현

Fig 2.2에 나타낸 개념도는 g(·)를 퍼지 입력, $I(\cdot)$를 퍼지 출력으로 한 퍼지 시스템이다. $g(\cdot)$를 퍼지측도치, $h(\cdot)$를 퍼지평가치로 한다. 또, $h(\cdot)$가 주어진다고 하면, 임의의 퍼지 입력 $g(\cdot)$에 대한 퍼지 출력 $I(\cdot)$를 sup·min합성에 따라 다음과 같이 정할 수 있다.

$$g(\cdot)\circ h(\cdot) = I(\cdot) \qquad (2.26)$$

단, $I(\cdot)$는 퍼지적분치

Fig 2.2에 나타낸 퍼지 시스템에 있어서 만약, 퍼지평가치 $h(\cdot)$가 알려지지 않은 경우에는 퍼지 입력 $g(\cdot)$와 그것에 대한 퍼지 출력 $I(\cdot)$에 의해 $h(\cdot)$를 구하는 문제가 생긴다.

또, $h(\cdot)$과 $I(\cdot)$를 이미 알고 있고, 그때의 $g(\cdot)$가 알려지지 않은 경우도 있다.

결국, 이들의 문제는 위의 식(2.26)에서, $g(\cdot)$, $h(\cdot)$의 어느 쪽인가가 알려지지 않았을 때, 한쪽을 구하는 문제가 되는 것이다. 이 문제가 아래에 기술할 퍼지 관계방정식을 푸는 문제이다.

여기서, 식(2.26)의 퍼지 관계방정식(fuzzy relation equation)에 대한 대표적인 해법을 나타낸다.

$$g(\cdot) \circ h(\cdot) = I(\cdot) \tag{2.27}$$

단, $h(\cdot)$는 퍼지평가치, $g(\cdot)$, $I(\cdot)$는 각각 퍼지측도치, 퍼지적분치, $g(\cdot)$, $I(\cdot)$는 모두 알고 있는 것으로 한다. 이것은 시스템의 동정 문제이다.

위의 식에 대해서, $g(\cdot)$, $I(\cdot)$가 임의로 주어진 경우에는 위 식을 만족하는 $h(\cdot)$가 존재하지 않는 경우도 있다. $h(\cdot)$가 존재하는 경우에는 아래에 나타낸 @합성 연산에 의해 간단하게 푸는 것이 가능하지만 위 식을 만족하는 $h(\cdot)$는 일반적으로, 단지 한 개가 아닌 무수히 존재하는 것이 많다. 그들 모두의 해를 구하는 방법도 연구되고 있지만 여기에서는 그들의 해를 대표하는 해, 예를 들면 최대의 것, 최소의 것을 구하는 방법을 나타낸다.

식(2.27)를 만족하는 해의 최대의 것이라 함은 어떤 해 $h(\cdot)$에 대해서도 반드시 다음 식이 성립하는 해 $h^*(\cdot)$를 말하고, 이것을 최대해라고 부른다.

$$h(\cdot) \subset h^*(\cdot) \tag{2.28}$$

그래서, $g(\cdot) \circ h(\cdot) = I(\cdot)$를 만족하는 최대해 $h^*(\cdot)$는 다음과 같은 @합성 연산에 의해서 구한다.

$$h^*(\cdot) = g(\cdot)@I(\cdot) \tag{2.29}$$

로 된다. 단, 위 식 우변의 @ 연산은 다음에 나타내는 연산 규칙을 의미하고 있다.

$$g(\cdot) \quad @ \quad I(\cdot) = \begin{cases} 1 & (g(\cdot) \leq I(\cdot)) \\ I(\cdot) & (g(\cdot) > I(\cdot)) \end{cases} \tag{2.30}$$

여기서 위의 식에 의해서 구한 $h(\cdot)$이

$$g(\cdot) \circ (g(\cdot)@I(\cdot)) = I(\cdot) \tag{2.31}$$

를 만족하는지를 체크하여 만족한다면 해가 존재하는 것이며 그 최대해는 $g(\cdot)@I(\cdot)$이다.

한편, $g(\cdot) \circ h(\cdot) = I(\cdot)$의 최대해가 존재하는 경우에도 최소해 즉 임의의 해 $h(\cdot)$에 대해 반드시 $h^*(\cdot) \subset h(\cdot)$로 되는 $h^*(\cdot)$가 반드시 존재한다고는 할 수 없다. 그러나 최대해가 존재하는 경우에는 극소해라 불리는 해가 몇 개 존재한다. 다만 $g(\cdot) \circ h(\cdot) = I(\cdot)$의 극소해는 $g(\cdot) \circ h(\cdot) = I(\cdot)$를 만족하는 어떤 해 $h(\cdot)$에 대해서도 $h(\cdot) \subset h^*(\cdot)$로 되지 않는 해 $*h(\cdot)$를 말한다. 극소해 $*h(\cdot)$는 다음의 σ-합성연산에 의해 구할 수 있다.

$$*h(\cdot) = g(\cdot) \textcircled{\sigma} I(\cdot) \tag{2.32}$$

단, 위의 식 우변의 $\circledS$-연산은 다음에 나타낸 연산 규칙을 의미한다.

$$g(\cdot) \circledS I(\cdot) = \begin{cases} 0 & (g(\cdot) < I(\cdot)) \\ I(\cdot) & (g(\cdot) \geq I(\cdot)) \end{cases} \tag{2.34}$$

따라서 $g(\cdot) \circ h(\cdot) = I(\cdot)$**에 대한 최대해** $h^{*}(\cdot)$**와 극소해** $*h(\cdot)$**를 구하면 이들 사이에 있는 모든** $h(\cdot)$**는 해가 된다.**

$$g(\cdot) \circledS I(\cdot) \subset h(\cdot) \subset g(\cdot) @ I(\cdot) \tag{2.35}$$

3. 적 용

3.1 기존 연구사례

3.1.1 평가속성의 평가치

기존 연구사례는 동북아 지역에서 중심항만을 다투는 우리나라, 일본, 대만의 대표항만을 각각 부산, 고베, 요코하마, 카오슝 항만으로 정하고, 이들 항만의 경쟁요인을 평가하기로 한다.

본 연구는 선행유사 연구의 연구자료를 인용하기로 한다.

3.1.1.1 입지

항만입지는 항만이 처해있는 지리적 여건과 경제 사회적인 환경을 뜻한다. 이것은 곧 항만의 중계성과 집중성으로 표현할 수 있다. 항만의 중계성을 구성하는 요소로는 간선항로에서의 이로거리, 입항수로 길이 및 부두전면 수심 등을 들 수 있고, 정기선 운항 회사수, 항로수, 월기항척수 등이 포함된다. 또한, 항만의 집중성은 항만 배후지의 인구 및 항만물동량 등으로 표현할 수 있다.

항만의 중계성은 대만의 카오슝항이 가장 뛰어난 반면 한국의 부산항과 일본의 고베항은 항만의 집중성에서 비슷한 수준을 보이고 있다. 특히, 부산항은 일본에 비해 중계성 및 집중성에서 다소 앞서 있다고 볼 수 있다. 그러나, 전체적으로 고찰해 볼 때 경쟁 3국은 입지 조건에서 거의 비슷한 수준에 있음을 알 수 있다.

Table 3.1 항만입지의 평가요소

항 만	이로거리 (마일)	수로거리 (마일)	전면수심 (m)	배후인구 (만명)	정기선운항 회사수	항로수	기항 척수
부산	274	6	14.0	4,300	54	174	568
고베	104	32	14.0	4,000	53	210	681
요코하마	53	20	14.0	2,590			
카오슝	48	4	14.0	1,300	53	128	514

자료) 1. 전일수외, 우리나라 컨테이너 항만의 국제경쟁력 제고방안에 관한 연구, 1993, 12.

2. 이석태, 퍼지계층 평가알고리즘의 개발과 그 적용에 관한 연구, 1994, 2.

3.1.1.2 시설

항만시설은 항만의 하부구조로서의 방파제, 입・출항 수로 시설 및 준설 상태, 안벽시설, CY 보관능력 등이 있으며, 상부구조로서는 하역장비, 정비공장 시설, CFS 시설, 터미널 내 철도연계시설, 냉동 컨테이너 보관시설 등을 들 수 있다.

Table 3.2 항만시설의 평가요소

항만	안벽길이(m)	CY보관능력(㎡)	하역장비(CC수)	처리물량 (만TEU)
부산	5,187	2,737,691	44	523
고베	9,100	3,814,086	62	210
요코하마	5,340	1,587,283	40	233
카오슝	5,552	2,074,000	43	569

자료 : Containerization International Yearbook, 1999.

3.1.1.3 물류비용

항만 물류비용은 중심항 경쟁 요소중에서도 중요한 요인일 뿐만 아니라, 항만이용자 입장에서는 기항 항만 선택시 최우선적으로 고려하는 요소이다. 왜냐하면, 기항항 선정요소 중에서 입지나 시설 그리고 물류서비스 수준 등은 각국마다 이미 정해진 수준이나, 항만물류비용은 선사가 항만 운영자에게 손쉽게 하역보관 비용의 인하를 요청할 수 있을 뿐만 아니라 현실적으로도 대부분 물류비용이라는 요소에 의해서 기항항 결정이 이루어지고 있기 때문이다.

Table 3.3 항만비용의 평가요소

항만	시설사용료	입출항비용	하역/보관료	기타	합계 (부산항기준)
부산	12,030	2,688	52,952	50,380	118,051(100)
고베	12,954	10,436	505,738	-	529,129(448)
요코하마	12,954	10,436	505,738	-	529,129(448)
카오슝	21,563	5,423	86,102	52,118	165,208(140)

주) 1. 자료 : 항만시설사용료 요율체계 개편방안 연구, KMI, 1996, 12.
2. 1996. 9 기준 조사자료를 1998. 3. 원화 기준의 변환자료임.
3. 일본(고베)항만 비용은 요코하마 비용을 인용하였음.

3.1.1.4 물류서비스

항만 물류서비스는 정성적인 특성 및 정량적인 특성을 동시에 지니고 있다. 즉, 여기서는 항만의 정보화, 항만물류지원 서비스 등은 정성적인 특성이 두드러진 반면, 터미널의 무료장치기간, 통관관련제도 및 자유항 제도의 도입 여부

등을 정량적인 표현이 가능하다.

항만의 정보화는 선박의 입출항정보, 화물관련정보, 통관정보, 연계수송정보 등의 정보자료를 항만이용자(선사, 하주) 등에게 실시간 동시 제공함으로써 항만의 정보 능력을 제고시킬 수 있다. 항만물류지원 서비스로 물류산업을 포함한 상업, 무역, 금융, 보험 등의 관련산업의 발달과 종합유통 기능을 항만이 수행할 수 있느냐의 여부를 측정하는 것이라고 할 수 있다.

한편, 터미널의 무료장치기간은 하역료 수준과 비례 관계에 있으며 하주가 수출입 컨테이너를 항만에 보관하는 방법을 결정짓는 중요 척도가 된다. 다시 말하면, 터미널이 충분한 무료장치기간을 부여하지 못할 경우 하주는 수출입 컨테이너의 보관을 터미널이 아닌 제3의 장소(Off-Dock CY 또는 ICD)나 자가창고 또는 공장에 보관하여야만 한다.

따라서 터미널의 무료장치 허용기간은 항만물류서비스를 판단하는 중요 요소가 된다. 통관관련제도는 통관소요일수와 통관업무절차의 편이성 여부를 판단하는 것이며, 이것은 항만의 정보화와 밀접한 관련이 있다. 마지막으로 자유항 제도는 항만을 국제무역항으로서 활성화시킬 수 있는 요소이다.

이러한 제요소를 고려하여 볼 때, 우리나라의 경우는 경쟁국에 비해서 항만의 정보화는 어느 정도 진전이 이루어지고 있으나 통관관련제도 및 항만물류지원 서비스는 낙후성을 면치 못하고 있다. 다만, 부산신항 및 광양항 개발과 연계하여 1998년부터 이들 항만과 인천항 등을 관세 자유 지역(자유항, 자유무역지대)으로 지정하려는 움직임과 더불어 연구가 활발히 진행되고 있다. 한편, 무료장치허용기간 역시 그동안 우리나라 터미널 시설의 부족으로 일본, 대만에 비해 상대적으로 짧은 수준에 있다.

한편, 일본의 경우는 정보화, 물류 지원서비스 분야, 통관관련제도, 자유항 지정 등 모든 분야에서 타 경쟁국에 비해 월등히 앞서 있음을 알 수 있다.

Table 3.4 **항만서비스의 평가요소**

항만	정보화	물류지원서비스	통관관련제도	자유항도입	무료장치기간 (수입/수출)
부산	중	중	복잡	검토중	4/3일
고베	상	상	단순	수입촉진지역	6/7일
요코하마	상	상	단순	수입촉진지역	7/7일
카오슝	중	상	단순	공업촉진	5/5일

3.1.1.5 관리운영 형태

관리운영형태를 평가하는 요소로는 항만의 관리주체, 부두운영형태 및 노무공급체제 및 요율제도 등을 들 수 있다. 먼저 항만의 관리주체는 일본의 공공단체를 제외하고 한국과 대만은 국가로 되어 있어 효율성이 떨어지는 것으로 판단된다. 부두운영형태는 경쟁3국 모두 공공부두와 선사(또는 하역회사)에게 임대하여 전용부두로 운영되는 2가지 형태를 갖추고 있다. 노무공급체제는 유일하게 한국이 노조의 노무공급권을 인정하고 있으며, 이것은 터미널 운영의 효율성을 떨어뜨리는 주요 요인으로 파악되고 있다.

요율체제는 항만운영의 효율성 및 물류비용과 직접적인 관계가 있는 요소이다. 일본과 대만의 경우 대부분 전용 터미널의 운영 자율성과 함께 자율 요율체제를 갖추고 있는 반면 우리나라는 정부 승인 요율체제 아래서 모든 터미널이 동일한 요율을 적용해 오고 있었다.

그러나, 정부의 규제개혁의 일환으로 항만운송사업법 개정이 이루어져 1999년 7월 1일부터 터미널 자율성을 인정하는 요율 신고제로 전환할 예정이다. 이러한 진전은 터미널간 가격 경쟁을 촉발시킴과 동시에 서비스 경쟁을 가열

시켜 우리나라(부산) 항만의 국제 경쟁력 제고에 크게 기여할 것으로 판단된다.

이상의 평가결과에 의한 각 평가속성의 평가치를 종합하면 Table 3.5와 같다.

Table 3.5 평가속성들의 평가치

항목 \ 국가	부 산	고 베	요코하마	카오슝
입 지	HL(0.80)	MH(0.75)	LM(0.55)	MH(0.75)
시 설	LH(0.60)	HM(0.85)	MH(0.75)	HL(0.80)
물류비용	HL(0.80)	LM(0.55)	LM(0.55)	MH(0.75)
물류서비스	LM(0.55)	HL(0.80)	HL(0.80)	MM(0.70)
관리운영형태	MM(0.75)	HL(0.80)	HL(0.80)	HL(0.80)

3.1.2 평가 속성의 퍼지 측도치

각 평가속성들의 퍼지측도치 즉, 가중치는 Eigenvector method에 의한 가중치($w(\cdot)$)에 평가속성간의 상호작용계수(λ)를 적용하여 최종적인 퍼지측도치를 산출하게 된다. $w(\cdot)$ 나 λ는 평가자(전문가)들에 의한 설문조사에 의하여 구해지는 것이 일반적이나, 본 연구에서는 기존의 유사 연구에서 도출된 결과를 인용키로 한다.

한편, 주지하다시피, AHP에 의한 가중치(w(・))는 전문가들의 견해를 설문조사를 통하여 얻는 값이므로 해운항만의 환경변화와 주변여건의 변화에 따라 조사시점별로 그 결과가 다소 다르게 나타날 수 있다. 따라서 본 연구에서 인용하고 있는 선행연구로부터 구한 $g(\cdot)$는 가변성이 있음을 밝혀두는 바이다.

Table 3.6 평가속성들의 퍼지측도치

평가속성	AHP에 의한 가중치 ($w(\cdot)$)	퍼지측도치 ($g(\cdot)$)
입지	0.2693	0.2365
시설	0.1946	0.1687
비용	0.2167	0.1886
서비스	0.1897	0.1643
운영형태	0.1297	0.1112
합계	1.0000	0.8693

또한, 이석태의 연구에서 전문가들에 대한 설문조사로부터 얻은 λ가 음수(-0.409)로 정하여 졌고, 이것은 평가속성간 상호작용이 중복되고 있음을 의미하며, 그 결과 퍼지측도치의 합 $\sum_{i=1}^{n} g(\cdot)$가 0.8693으로 줄어든 경우로 나타내게 되었다.

3.1.3 퍼지평가

Table 3.5 및 Table 3.6과 같이 각 평가항목의 평가치와 퍼지측도치가 구해지면 이 두가지 값들을 식(2.20)에 적용하여 종합평가를 수행하게 된다. 종합평가결과치 즉, 퍼지적분치는 최종적인 각 대체안의 평가치가 되기 때문에, 이 값을 기준으로 각 대체안들의 순위를 정할 수 있게 된다.

Table 3.7은 이상의 절차를 적용하여 최종 평가치를 산출하고 순위를 정한 결과를 나타내고 있다. Table 3.7에서는 편의상 평가항목의 입지, 시설, 물류비용, 물류서비스, 관리운영형태를 각각 1, 2, 3, 4, 5로 번호를 붙여서 사용하였다.

Table 3.7 계층퍼지분석법에 의한 경쟁항만들에 대한 결과

국가(항)	항 목	퍼지평가					적분치	순위
부산	평가항목	1	3	5	2	4	0.62	3
	평가치 $h(\cdot)$	0.80	0.80	0.75	0.60	0.55		
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.31	0.49	0.62	0.81	1.00		
고베	평가항목	2	4	5	1	3	0.75	1
	평가치 $h(\cdot)$	0.85	0.80	0.80	0.75	0.55		
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.22	0.38	0.51	0.78	1.00		
요코하마	평가항목	4	5	2	1	3	0.55	4
	평가치 $h(\cdot)$	0.80	0.80	0.75	0.55	0.55		
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.22	0.32	0.51	0.78	1.00		
카오숑	평가항목	2	5	1	3	4	0.75	1
	평가치 $h(\cdot)$	0.80	0.80	0.75	0.75	0.70		
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.23	0.32	0.61	0.81	1.00		

주) 평가항목: 1(입지), 2(시설), 3(비용), 4(서비스), 5(운영형태)

Table 3.7의 작성 과정 즉, 적분과정을 부산항을 예로 들어 설명하면 다음과 같다.

1) Table 3.5에 의해서 평가치 $h(\cdot)$를 큰 순서로 열거한다.

평가치 : 1 ≻ 3 ≻ 5 ≻ 2 ≻ 4

2) 평가항목 아래에 평가치 $h(\cdot)$을 순서에 따라 열거한다.

평가치 : 0.80 ≻ 0.80 ≻ 0.75 ≻ 0.60 ≻ 0.55

3) Table 3.6를 참조하여 부분집합의 퍼지측도치를 각각 다음과 같이 산출한다.

$g(X_1)$ = 0.2693(이 단계에서는 중복작용이 나타나지 않으므로 Table 3.6

의 AHP에 의한 가중치 $w(\cdot)$를 적용한다)

$g(X_1, X_3) = 0.4251$ (이 단계부터는 중복작용이 나타나므로 Table 3.6의 퍼지 측도치를 적용한다)

$g(X_1, X_3, X_5) = 0.5363$

$g(X_1, X_3, X_5, X_2) = 0.7050$

$g(X_1, X_3, X_5, X_2, X_4) = 0.8693$

4) $g(X_1, X_3, X_5, X_2, X_4)$값이 평가치와 같이 1.0이 되도록 정규화시킨다.

$g(X_1) = 0.3098$

$g(X_1, X_3) = 0.4890$

$g(X_1, X_3, X_5) = 0.6169$

$g(X_1, X_3, X_5, X_2) = 0.8110$

$g(X_1, X_3, X_5, X_2, X_4) = 1.0000$

5) 식(2-16)에 의거 적분치 즉, 종합 평가치를 산출한다(0.62).

6) 각 대안별로 1) 5)의 과정을 반복한다.

7) 대안별로 적분치를 비교하여 우선순위를 정한다.

3.1.4 평가에 따른 분석

각 대안별로 퍼지적분 내용을 살펴보면 다음과 같다.

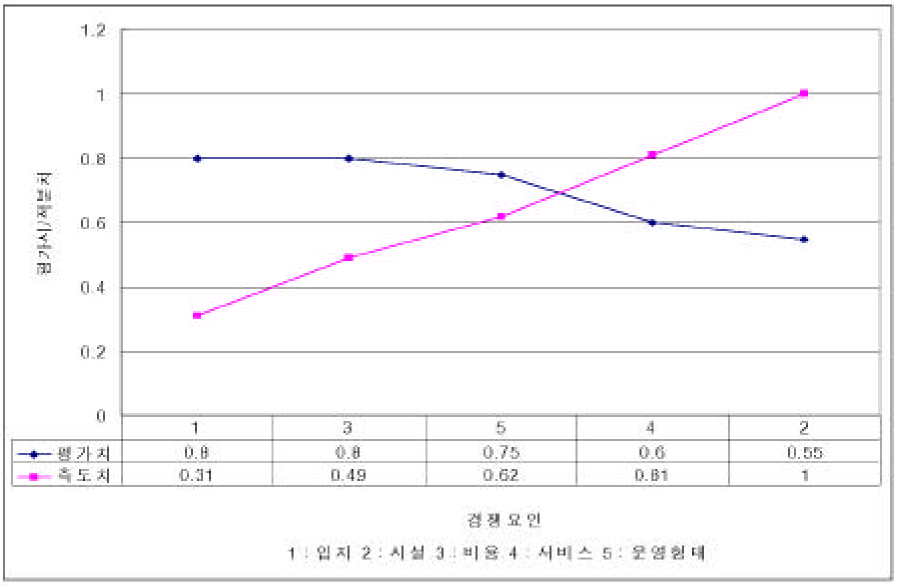


Fig 3.1 **부산항의 경쟁요인별 평가결과**

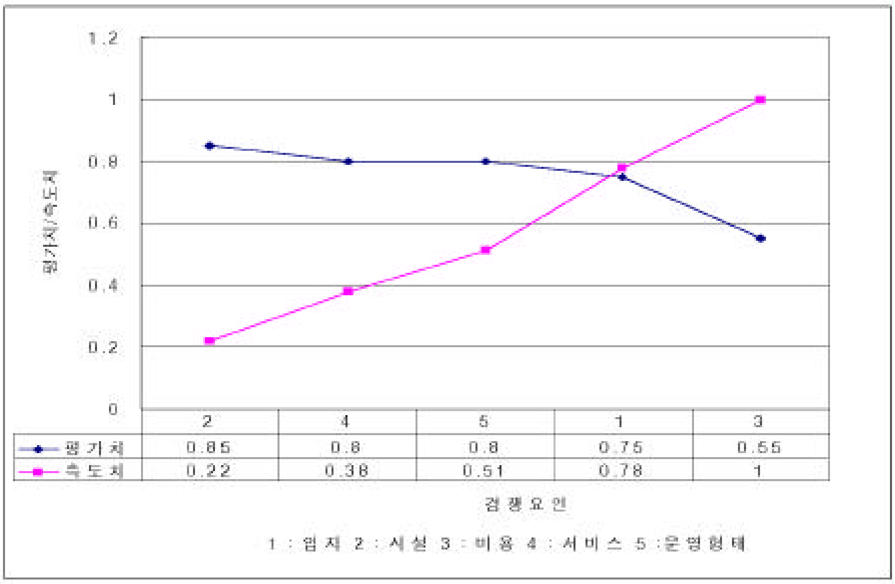


Fig 3.2 **고베항의 경쟁요인별 평가결과**

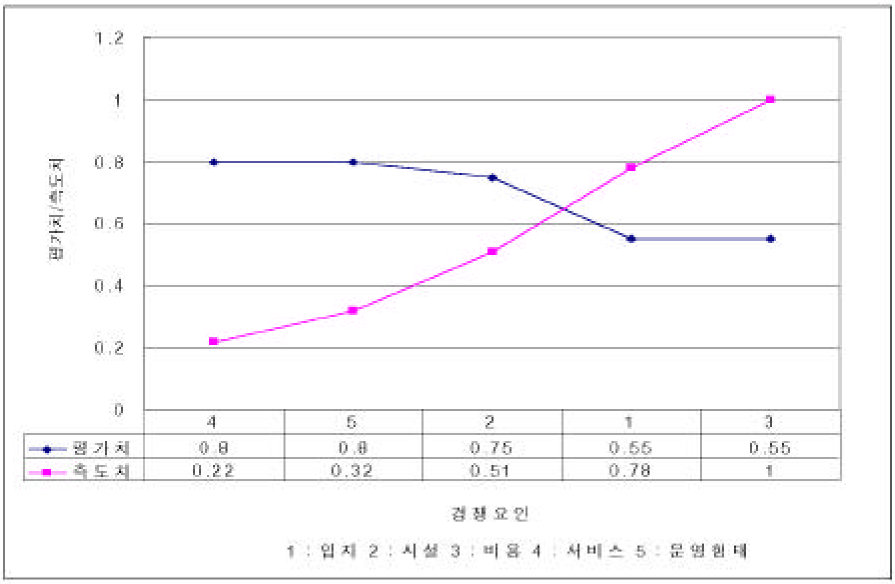


Fig 3.3 **요코하마항의 경쟁요인별 평가결과**

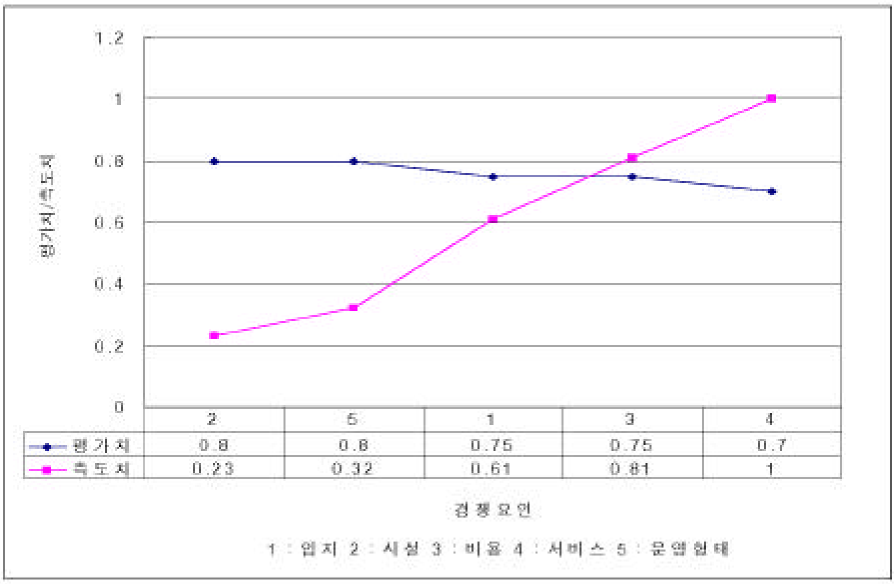


Fig 3.4 **카오슝항의 경쟁요인별 평가결과**

한편, 경쟁국별 적분치는 고베항(0.75) = 카오슝항(0.75) > 부산항(0.62) > 요코하마항(0.55) 순으로 평가되었다. 고베항과 카오슝항의 적분치는 0.75로 동일하게 평가되어 항만경쟁력이 대등한 관계라고 볼 수 있으며, 다만 부산항의 경우는 고베항, 카오슝항에 비해 적분치의 크기만큼 경쟁력이 뒤떨어져 있음을 알 수 있다. 또한, 요코하마항의 경쟁력은 경쟁항만중 최하위 수준으로 나타났다.

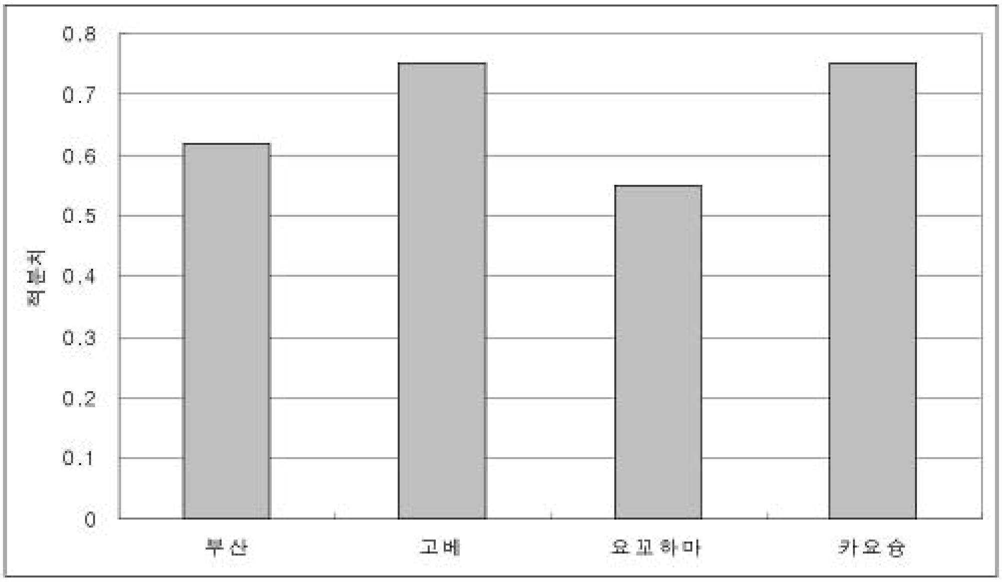


Fig 3.5 경쟁항만사이의 경쟁력분석

3.2 퍼지관계방정식에 의한 경쟁요인 도출

3.2.1 퍼지관계방정식에 의한 평가치동정

제 2장에서 언급한 퍼지관계방정식을 이용하여 부산항의 경쟁요인들 중 중심항 전략을 고려하였을 때 우선 향상시켜야 할 경쟁요인을 도출한다.

우선 입력 데이터를 퍼지측도치($g(\cdot)$)로 하고 출력 데이터를 적분치($I(\cdot)$)로 하여 그 사이의 관계를 평가치($h(\cdot)$)로 하여 퍼지관계방정식의 해를 찾는 @-연산을 수행한다.

퍼기관계방정식의 @-연산의 수행절차는 다음과 같다.

단계 1 : HFP 알고리즘에 의해서 구한 퍼지측도치를 입력자료로 한다.

단계 2 : HFP 알고리즘에 의해서 구한 퍼지적분치를 출력자료로 한다.

단계 3 : 퍼지관계방정식의 @-연산을 이용하여 평가치($h(\cdot)$)를 구한다.

단계 4 : @-연산에 의해 얻어진 평가치($h(\cdot)$)를 퍼지관계방정식에 넣어 출력자료와 일치하는지를 알아본다.

부산항의 퍼지측도치($g(\cdot)$)는 이미 구한 것과 같이 $g(\cdot)=\{0.31,\ 0.49,\ 0.62,\ 0.81,\ 1.00\}$이고 적분치($I(\cdot)$)는 $I(\cdot)=0.62$로 주어졌다. 이들을 이용하여 @-연산을 수행하여 평가치($h(\cdot)$)를 구하여 본 결과는 다음과 같다.

$$h^*(\cdot) = g(\cdot) \ @\ I(\cdot)$$
$$= \{0.31@0.62, 0.49@0.62, 0.62@0.62, 0.81@0.62, 1.00@0.62\}$$
$$= \{1, 1, 1, 0.62, 0.62\}$$

여기서 $h^*(\cdot)$값은 $h(\cdot)$가 가질 수 있는 최대값을 나타낸다.

이 때 @-연산에 의해서 구한 $h^*(\cdot)$값이 적분치를 만족하는 지를 알아보기 위해서 $\int g(\cdot) \circ h^*(\cdot)$을 수행하였을 때의 결과는 다음과 같다.

Table 3.8 $h^*(\cdot)$값을 도입했을 때의 적분값

국가(항)	항 목	퍼지평가					적분치
부산	평가항목	1	3	5	2	4	0.62
	평가치 $h(\cdot)$	1.00	1.00	1.00	0.62	0.62	
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.31	0.49	0.62	0.81	1.00	

Table 3.8에서 보는 것과 같이 @-연산에 의해 $h^*(\cdot)$값을 이용하여 퍼지적분을 한 결과와 $h(\cdot)$을 이용하여 구한 퍼지적분값이 같다. 즉 $h^*(\cdot)$은 $\int g(\cdot) \circ h(\cdot) = I(\cdot)$를 만족한다. 또, 입지, 비용, 운영형태의 평가값이 1.00으로 향상되었고 시설과 서비스의 평가값도 0.62로 향상되었지만 퍼지적분치는 0.62로 변함이 없음을 알 수 있다. 다시 말해서, 입지, 비용, 운영형태를 향상시켜도 부산항의 경쟁력에는 영향을 미치지 않는다는 것이다.

또한, 부산항의 경쟁력 제고를 위한 경쟁요인을 추출하기 위해서 퍼지적분치를 0.62→0.75로 향상시켜서 퍼지평가치를 구하여 보았다.

Table 3.9 퍼지적분치를 0.75로 올렸을 때의 평가값($h(\cdot)$)

평가항목	1	3	5	2	4
평가치 $h(\cdot)$	0.80	0.80	0.75	0.60	0.55
@-연산에 의한 평가치 $h^{*}(\cdot)$	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75

Table 3.10 $h^{*}(\cdot)$를 이용하여 퍼지적분한 결과

국가(항)	항 목	퍼지평가					적분치
부산	평가항목	1	3	5	2	4	0.75
	평가치 $h(\cdot)$	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.31	0.49	0.62	0.81	1.00	

Table 3.10에서 나타난 것과 같이 입지, 비용, 운영형태의 평가치가 1.00으로 향상되었고 시설, 서비스는 0.75로 향상되었다. 또한 퍼지적분치가 0.75로 향상되었음을 알 수 있다. 앞에서 Table 3.9에서와 같이 입지, 비용, 운영형태의 경우 1.00으로 항샹되었으나 퍼지적분치에는 영향을 주지 못하였지만 시설과 서비스의 경우 0.62→0.75로 향상된 것과 같이 퍼지적분치 또한 0.62→0.75로 향상되었음을 알 수 있다. 따라서 부산항의 항만경쟁력을 제고시키기 위한 경쟁요인으로써 시설과 서비스로 분석되었다.

3.2.2 경쟁여건의 변화에 의한 재평가

재평가를 수행하기 위하여 Table 3.9를 참조하여 Table 3.11과 Table 3.12로

재작성하여 보았다. 여기서 입지, 비용, 운영형태의 평가치는 변하지 않는 것으로 가정하였고 경쟁요인으로 분석된 시설, 서비스의 평가치를 각각 향상시켜 재구성하였다.

첫 번째로 시설의 평가값을 향상시켰을 경우에 부산항의 적분치를 구하면 다음과 같다.

Table 3.11 시설의 평가값($h(\cdot)$)을 0.75로 향상시켰을 때의 결과

국가(항)	항 목	퍼지평가					적분치
부산	평가항목	1	3	5	2	4	0.75
	평가치 $h(\cdot)$	0.80	0.80	0.75	0.75	0.55	
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.31	0.49	0.62	0.81	1.00	

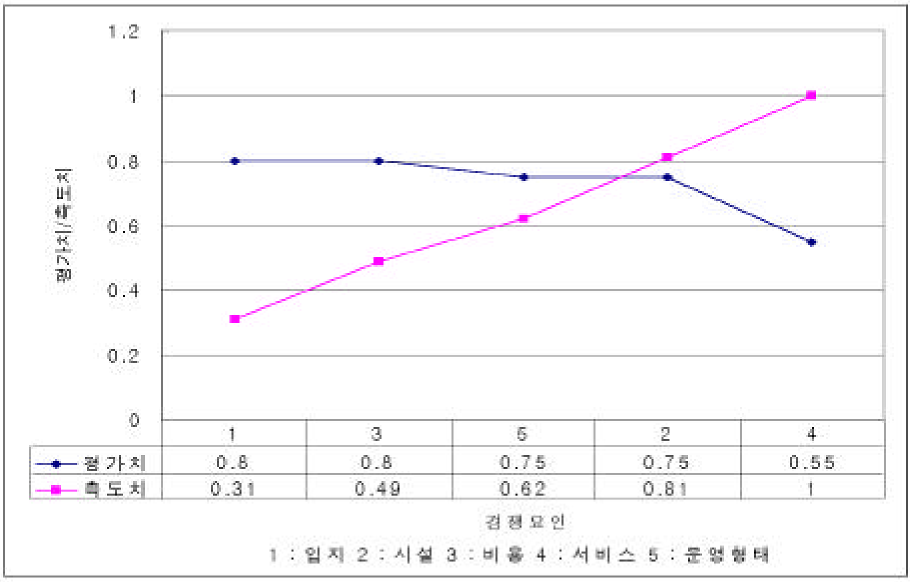


Fig 3.6 시설의 평가값($h(\cdot)$)을 0.75로 향상시켰을 때의 결과

두 번째로 서비스의 평가값을 향상시켰을 경우에 부산항의 적분치를 구하면 다음과 같다.

Table 3.12 **서비스의 평가값**($h(\cdot)$)**을** 0.75**로 향상시켰을 때의 결과**

국가(항)	항 목	퍼지평가					적분치
부산	평가항목	1	3	5	4	2	0.75
	평가치 $h(\cdot)$	0.80	0.80	0.75	0.75	0.60	
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.31	0.49	0.62	0.81	1.00	

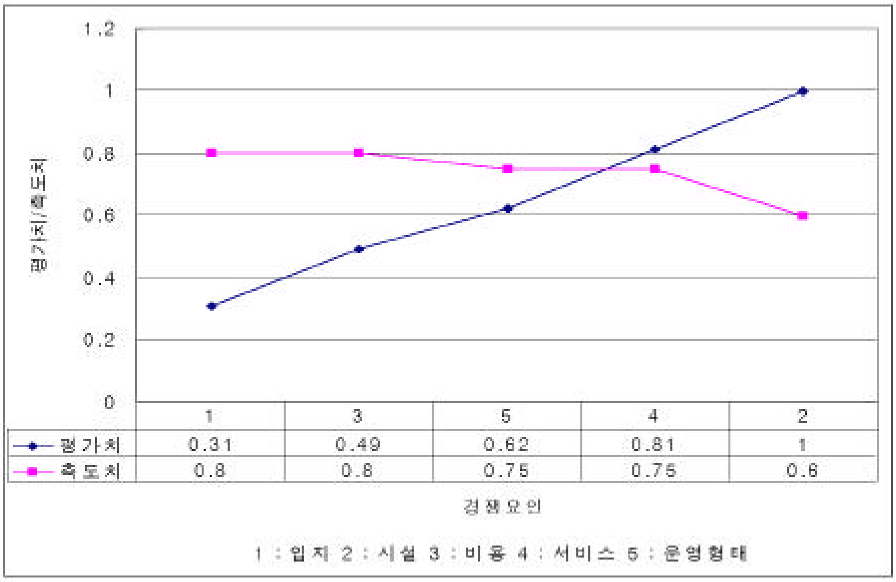


Fig 3.7 **서비스의 평가값**($h(\cdot)$)**을** 0.75**로 향상시켰을 때의 결과**

앞에서 나타난 결과에서 시설과 서비스를 각각 0.75로 향상시켰을 경우에도 적분치가 향상되었음을 알 수 있었다. 하지만 경쟁요인으로 분석된 시설, 서비스 중에서 시설조건은 장기적인 해결과제이나, 서비스조건은 단기적으로 수준 향상을 도모할 수 있는 경쟁요인이라 할 수 있다.

여기서 항만경쟁력 제고를 위한 단기적으로 수준 향상을 도모할 수 있는 서비스의 수준을 높여서 평가속성의 재구성을 통한 종합평가를 재시도해 보면 다음과 같다.

Table 3.13 재평가에 의한 경쟁항만들에 대한 결과

국가(항)	항 목	퍼지평가					적분치	순위
부산	평가항목	1	3	5	4	2	0.75	1
	평가치 $h(\cdot)$	0.80	0.80	0.75	0.75	0.60		
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.31	0.49	0.62	0.81	1.00		
고베	평가항목	2	4	5	1	3	0.75	1
	평가치 $h(\cdot)$	0.85	0.80	0.80	0.75	0.55		
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.22	0.38	0.51	0.78	1.00		
요코하마	평가항목	4	5	2	1	3	0.55	4
	평가치 $h(\cdot)$	0.80	0.80	0.75	0.55	0.55		
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.22	0.32	0.51	0.78	1.00		
카오슝	평가항목	2	5	1	3	4	0.75	1
	평가치 $h(\cdot)$	0.80	0.80	0.75	0.75	0.70		
	퍼지측도치 $g(\cdot)$	0.23	0.32	0.61	0.81	1.00		

주) 평가항목: 1(입지), 2(시설), 3(비용), 4(서비스), 5(운영형태)

부산항의 경쟁 요인의 평가치가 상승함에 따른 재평가 결과는 Table 3.13와 같으며, 부산항의 적분치도 0.62→0.75으로 향상되었다.

따라서, 항만경쟁력도 부산=고베=카오슝>요코하마 순으로 나타났으며, 부산항의 경쟁요인의 변화로 인한 경쟁력이 고베항, 카오슝항과 거의 대등한 수준으로 향상되었음을 알 수 있다. 즉, 부산항의 물류서비스수준의 향상이 부산항의 대외경쟁력을 높일 수 있는 경쟁요인임을 확인할 수 있었다.

또한, 부산항의 최대 취약요인이 바로 항만시설의 부족임을 알 수 있었다. 시설확충은 국가적인 장기계획이 선행되어야 하며, 리드타임 또하 길기 때문에 정확한 수급예측과 꾸준한 투자가 전제되어야만 극복할 수 장기과제이다.

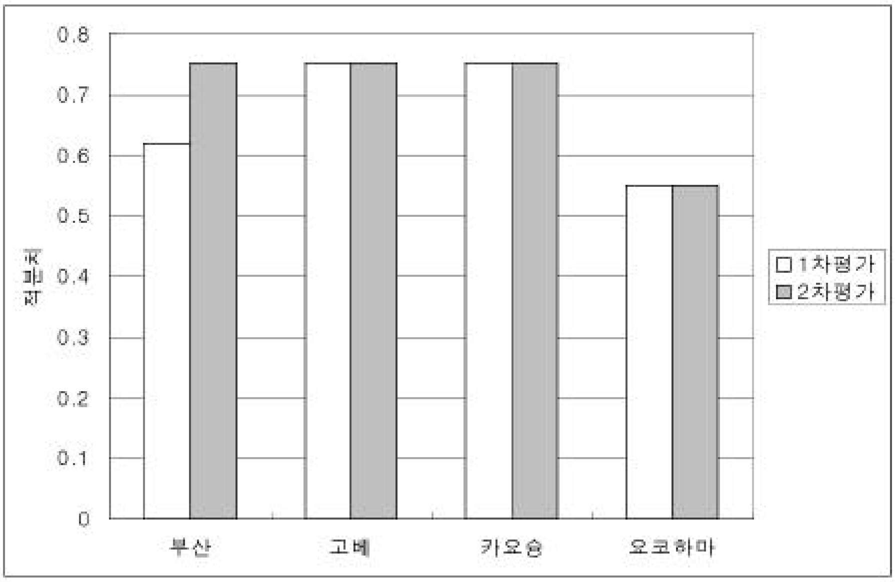


Fig 3.8 **조정된 경쟁요인을 기초로 한 경쟁력분석**

4. 결 론

본 연구에서는 기존의 평가방법에 있어서 단순히 평가대상에 대한 평가만을 하지 않고 그 평가대상에 대한 평가치에 대한 속성을 퍼지측도치와 적분치를 이용하여 동정하는 방법을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 이것은 평가치에 대한 동정을 함으로써 계층퍼지분석법에서의 적분치를 향상시킬 수 있는 요소가 무엇인지를 알아내어 평가대상에 대한 평가를 향상시킬 수 있는 방안을 알아내는데 있다.

이는 계층퍼지분석법에 퍼지관계방정식의 개념을 도입하여 입·출력 데이터를 이용하여 이들 관계를 모색하므로써 평가치의 값들을 도출할 수 있었다.

본 연구에서 제안한 방법을 기존사례에 적용하여 본 결과는 다음과 같다.

동북아시아에서 중심항을 다투는 경쟁항만인 부산, 고베, 카오슝, 요코하마항들의 경쟁력을 평가하는 경쟁요인으로 입지, 시설, 비용, 서비스, 운영형태로 보고 퍼지평가를 하여 본 결과는 고베항=카오슝항>부산항>요코하마항 순이었으며, 적분치는 각각 0.75=0.75>0.62>0.55이었다.

이는 부산항의 경쟁력이 고베항과 카오슝항에 비해 적분치의 크기만큼 뒤떨어져 있음을 알 수 있다.

따라서, 부산항의 경쟁력을 강화하기 위한 방안을 찾기위해 퍼지관계방정식에 의해 경쟁요인의 평가치를 동정하여 본 결과 부산항의 경쟁요인중 적분치에 영향을 미치는 요인이 시설, 서비스라는 것을 알 수 있었다.

이들 요소를 각각 향상시켰을 경우의 적분치의 결과는 동일한 것으로 나타났고 이를 분석하여 보았을 때 고베항=카오슝항=부산항>요코하마항 순이었으며, 적분치는 각각 0.75=0.75=0.75>0.55로 나타나면 이것은 부산항의 경쟁요인중 취약한 부분에 집중투자를 하였을 경우 타항만들과의 경쟁력에서 뒤떨어지지 않음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 퍼지측도치와 적분치를 이용하여 평가치를 동정하는 데에 그쳤으나 평가라는 것은 그것이 처한 입장이나 환경, 목적이 변함에 따라 평가 결과가 달라지므로 퍼지측도치의 변화 또는 퍼지측도치와 평가치 둘 모두가 변화할 때를 고려하여 평가를 수행하는 문제가 남아 있다.

참 고 문 헌

[1] E. Sanchez, Resolution of compositional fuzzy relational equation, Information and Control, Vol. 30. 1976, pp.38-48

[2] M. Sugeno, Theory of Fuzzy Integral and Its Applications, Doctorial Thesis, Tokyo institute of Technology, 1974.

[3] 이철영 · 이석태, 극동아시아 컨테이너항만의 능력평가에 관한 연구, 한국항만학회지, 7-1, 1993.

[4] 여기태, 퍼지적분을 도입한 계층구조의 평가 알고리즘, 한국해양대학교 석사학위논문, 1995

[5] 노홍승, 계층퍼지분석법을 이용한 항만물류서비스의 평가에 관한 연구, 한국해양대학교 박사학위논문, 1997

[6] 임봉택, 복잡한 시스템의 퍼지평가 알고리즘 개발과 적용에 관한 연구, 한국해양대학교 박사학위논문, 2000

[7] 양원, 중심항 구축을 위한 구축전략을 고려한 부산항 경쟁력 분석에 관한 연구, 한국해양대학교 박사학위 논문, 1999

[8] 전인홍 · 이광로, 기본적인 퍼지이론과 응용, 교학사, 1992

[9] 이광형 · 오길록, 퍼지이론과 응용 I, 흥릉과학출판사, 1991

[10] 이철영 · 임봉택, 퍼지평가의 통합특성에 관하여, 한국항만학회지, 13-1, 1999

[11] 오성권, 퍼지모델 및 제어이론과 프로그램, 技多利, 1999

[12] 채석 · 오영석, 퍼지이론과 제어, 清文閣, 1995

[13] 퍼지공학 입문, 최용엽, 웅보출판사, 1997

[14] E. Czogala. J. Drewniak and W. Pedrycz, Fuzzy relation equations

on a finite set, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 7, pp.89-101,1982.

[15] J. Drewniak, Fuzzy relation equations and inequations, Fuzzy Sets and Systems, Vol.14, 1984, pp237-228.

[16] J. Drewniak, Equation in classes of fuzzy relations, Fuzzy Sets and Systems, Vol.75, 1995, pp215-228.

[17] M. Higashi and G.J. Klir, Resolution of finite fuzzy relation equations, Fuzzy Sets and Systems, Vol13, 1984, pp68-82.

[18] A. Di. Nola, W. Pedrycz, and S. Sessa, Fuzzy relation equations with equality and difference composition operators, Fuzzy Sets and Systems, Vol.25, 1988, pp205-215.

[19] A. Di. Nola and S. Sessa, On the of solution of composite fuzzy relation equation, Fuzzy Sets and Systems, Vol.9, 1983, pp275-285.

사랑하는 부모님께 아들의 자그마한 결실을 드립니다.