

Fuzzy-AHP를 이용한 광양항과 중국항만간의 물류네트워크 분석*

윤동하** · 최용석***

Analysis of Logistics Network between Gwangyang Port and China Ports using Fuzzy-AHP

Dongha Yeun** · Yongseok Choi***

Abstract : This paper is concerned about applying the Fuzzy-AHP (Analytic Hierarchy Process) for an analysis of logistics network between Gwangyang port and China ports. In this study, measurement areas were selected for hardware aspect, software aspect, and marketing aspect. As for the analysis regarding measurement area, the results were shown as follows: a marketing aspect(38.7%) as the first rank: a hardware aspect(35.3%) as the second rank: a software aspect(26.0%) as the third rank. The analysis result of hardware aspect reveals that the most important element is regular route addition between Gwangyang port and China ports(45.2%). The most important element of software and marketing aspect were a government support(46.4%) and a high value transshipment cargo inducement(36.4%). As for the whole priority which conversion weight was applied, the results were shown as follows: a regular route addition between Gwangyang port and China ports(15.9%) as the first rank: a high value transshipment cargo inducement(14.1%) as the second rank: a attracting import cargo from China(12.9%) as the third rank. The result of this study suggests some guidelines for deciding priority of logistics network between Gwangyang port and China ports.

Key Words : Fuzzy-AHP, Logistics Network, Gwangyang Port, China Port.

▷ 논문접수: 2011.11.04 ▷ 심사완료: 2011.12.27 ▷ 게재확정: 2011.12.29

* 이 논문은 2011년 순천대학교 학술연구비 공모과제로 연구되었음

** 순천대학교 물류학과 박사과정, yupk1031@yahoo.co.kr, 061)798-1865, 대표집필

*** 순천대학교 물류학과 부교수, drasto@sunchon.ac.kr 061)750-5115, 교신저자

I. 서론

광양항은 물동량 둔화, 항만공사로의 전환, 터미널 운영사 감소 등 대내·외적으로 많은 변화에 직면하고 있다. 안정적인 성장기반을 확보하기 위하여 많은 노력들이 진행되고 있으나 광양항을 둘러싼 물류여건은 매우 빠르고 폭넓게 변화하고 있다. 경제의 글로벌화와 지역경제의 블록화경향이 심화되고 있는 가운데, 기업 간 전략적 제휴 및 M&A, Joint Venture 현상이 보편화 되고 있다(김병일, 유홍성, 서재환, 2009). 중국은 WTO 가입을 계기로 이른바 글로벌 스탠다드라는 세계적인 규범에 따라야 하는 변화를 맞이하면서 물류시장의 개방이 급격히 진행되고 있다(여기태, 박창호, 서수완, 2004). 세계무역 환경의 변화는 동북아 지역의 항만산업을 중심으로 한 물류시장에도 큰 변화를 줌으로써 한·중·일 각국이 항만시설을 확충하고 서비스 질을 높이는 등 발빠른 대응전략을 세우면서 동북아는 바야흐로 물류전쟁의 시대가 열리게 되었다(석지은, 2005). 한국과 중국의 지역경제협력이 강화됨에 따라 한·중물류 네트워크의 현황과 물류정책의 일반적인 특성에 대한 연구가 많아지고 있다(최용록, 2008). 그러나 지금까지 물류네트워크와 관련된 많은 연구들이 부산항과 인천항을 중심으로 진행되어 왔으나 광양항과 중국항만과의 물류네트워크에 관한 연구는 부족한 것으로 나타났다. 한·중항만네트워크 현황을 살펴보면 부산항은 46개 선사가 주 17회 운항하고 있으며, 칭다오, 다롄, 상하이 등 북중국 항만을 주로 서비스 하는 것으로 나타났다. 광양항은 25개 선사가 주 9회 운항하며, 신짱, 닝보, 다롄, 상하이 항만을 기항하고 있다. 인천항과 울산항은 중국의 8개 항만에 주 6회 정도, 평택항은 주 2회 정도 중국항만과 네트워크가 형성되어 있는 것으로 나타났다(부산항만공사, 2009). 중국항만은 2010년도 세계 10대 컨테이너항만 집계 결과 상하이, 홍콩, 선진 등 6개 항만이 포진한 것으로 나타났다(Containerisation International March, 2011). 이러한 중국항만의 빠른 성장세에 따른 협력방안이 필요한 시점이라고 할 수 있다. 또한 부산항과, 인천항에 집중되어 있는 중국항만과의 물동량을 확보하기 위해서는 더욱더 중국항만과의 실리적인 네트워크를 형성할 수 있는 광양항의 강화방안이 구축되어야 할 것이다.

본 연구는 광양항과 중국항만간의 물류네트워크 구축에 영향을 미치는 대상 선정을 위한 분석을 수행하였다. 물류네트워크 구축을 위한 목표를 설정하고, 광양항을 중심으로 공공기관, 해운선사, 항만운영사의 물류 전문가를 대상으로 1차 설문조사를 실시하여 전체 12개 항목에서 9개 항목의 측정지표를 추출하였다. 선정된 9개 항목을 물류전문가의 자문을 얻어 3개의 측정영역으로 분류하고, 측정영역과 측정지표별 쌍대비교(Pairwise Comparison)를 통한 2차 설문조사를 실시하였다. 본 연구에서는 의사결정자의 애매모호한 상황을 반영하고자 퍼지모형과 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 결

합한 Fuzzy-AHP 분석법을 적용하여 각 측정영역, 측정지표별 가중치를 산정하였다. 또한 환산가중치를 적용하여 전체 항목의 우선순위를 분석하였다. 본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 문헌연구, 제3장에서는 Fuzzy-AHP 연구 방법론의 설명, 제4장에서는 문제의 계층구조 개발 및 실증분석 결과, 제5장에서는 결론과 연구의 한계점 및 향후 추가적 고려사항을 제시하였다.

II. 문헌연구

AHP(Satty, Tomas. L., 1980)는 요소간의 상호연관 관계가 복잡한 문제를 계층적 구조로 표현하고, 각 요소간의 연관관계에 대하여 정성적으로 주관적인 비교를 행함으로써 요소의 상대적 중요도, 문제해결의 우선순위, 대안의 선정 등의 결정 지침을 제공하는 의사결정 방법론이다(Harker, P, T., 1989). 자원의 배분과 비용대비 효과 분석 또는 복잡한 의사결정 문제를 효율적으로 해석해 나가는 하나의 해결도구로 많이 사용되고 있다(Satty, Tomas. L. and Vargas, L, G, 1982).

특히, 해운·항만 부문에서도 많은 연구들이 AHP 분석기법을 적용하여 연구가 진행되어 왔다. 여기태, 박창호, 서수완(2004)은 AHP를 이용하여 한중간 물류네트워크 구축에 따른 과제를 도출하고 우선순위를 평가하는 것을 연구의 목적으로 하였으며, 박병인, 성숙경(2008)은 AHP를 활용하여 컨테이너항만들이 동북아의 환적항으로 발전하기 위한 요인들을 환적항의 주요 고객인 국내외 선사입장에서 규명하고자 하였다. 또한 임미순, 박종흠, 안승범(2009)은 탄소저감정책 관련 각 예비평가항목 및 예비평가지표들에 대한 상호 중요도를 분석하여 향후 우리나라에서 녹색물류 관련 정책입안자나 관련 기업담당자에게 탄소저감 사업추진 시 핵심이 되는 항목을 선정하는데 가이드라인을 제시해 주었다.

그러나 AHP는 평가자의 쌍대비교 결과를 분석하여 활용하기 때문에 신뢰도는 평가자의 쌍대비교 결과에 의해 좌우된다고 볼 수 있다. 그러나 의사결정자의 판단은 모호성과 불확실성을 수반하게 된다. 이러한 의사결정문제에서 다루기 곤란하면서도 반드시 고려하지 않으면 안 될 정성적 평가기준도 비교적 쉽게 처리 가능한 퍼지이론(Zadch, 1965)을 효과적으로 적용하여 AHP에 적용한 것이 Fuzzy-AHP 분석법이다.

Laarhoven & Pedrycz(1983)이 Fuzzy-AHP를 제안한 후 많은 다양한 분석법들이 제시 되었다. 특히 Chang(1996)의 Fuzzy 확장 분석법에 의하면 삼각퍼지수를 퍼지결합치로 변환하여 각각의 퍼지결합치의 소속정도를 평가하면 가중치를 구할 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 계산과정이 비교적 용이하고 엑셀에서 비교적 쉽게 구현할 수 있는 장점을 바탕으로 Chang의 확장 Fuzzy-AHP 분석법을 연구방법론으로 활용하였다.

Fuzzy-AHP의 해운·항만 적용 연구 사례를 살펴보면, 이강웅, 김성국(2003)은 부산 신항 항만의 광역적 관리의 필요성 및 의사결정요인 평가, 관리방안에 대하여 연구하였으며, 최도석(2004)은 부산항 항내크루즈 터미널 입지 및 운항코스 선정을 위하여 퍼지계층분석법을 적용하여 연구하였다. 또한 김성태(2009)는 부산지역 수리조선업의 국제 경쟁력을 결정하는 평가항목을 추출하고 퍼지계층분석법을 도입하여 부산, 중국 및 싱가포르를 대상으로 종합적인 경쟁력 평가와 선택 가능한 대안에 대해 검토 하였다. 김영환, 박지영, 정경애, 문종룡, 여기태(2010)는 녹색 물류정책을 실시하고 있는 우리나라의 대형물류 기업들을 대상으로 설문조사를 실시하여 요인을 분석하고 Fuzzy-AHP 기법을 통해 평가항목의 우선순위를 선정하였으며, 가중치를 종합하여 녹색물류를 적극적으로 추진하는 기업의 순위도 평가하였다.

Ⅲ. 연구 방법론

1. 삼각퍼지수

보통 집합에서는 그 집합에 속하는지의 여부를 확실히 판단할 수 있으나, 퍼지집합은 집합 내의 원소가 애매모호한 경계를 갖고 있어 특정 부분집합에 속하는지에 대한 경계가 분명하지 않고 다양한 소속정도를 가지는 원소들로 이루어진 집합이다. 예를 들면, 원소 x 가 집합 X 에 속한다고 하자. 그리고 X 의 퍼지 부분집합을 A 라고 하면 A 는 X 의 원소 x 를 가질 수 있고, 소속함수 $\mu_A(x)$ 는 0과 1사이에 값을 갖는 함수 값이라고 정의될 수 있다. 퍼지집합 A 는 원소 x 와 소속함수 $\mu_A(x)$ 에 대한 집합으로 다음과 같이 표시된다.

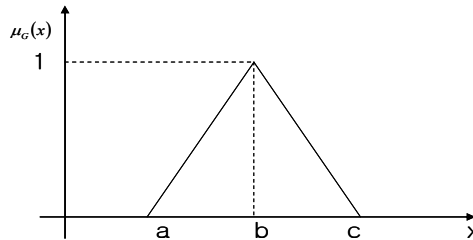
$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \tag{1}$$

일반적으로 삼각퍼지수(Triangular Fuzzy Numbers)는 계산의 효율성과 자료 획득의 용이성으로 인하여 널리 사용된다. 예를 들면, 삼각퍼지수 G 에 대해서 소속함수 $\mu_G(x)$ 는 다음과 같이 정의 된다.

$$\mu_G(x) = \begin{cases} \frac{(x-a)}{(b-a)}, & a \leq x \leq b \\ \frac{(x-c)}{(b-c)}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{others} \end{cases} \quad (2)$$

그리고 이것은 (a, b, c)로 표현할 수 있으며, a, b, c 간의 관계는 $a \leq b \leq c$ 이다. 즉 a와 c는 평가 자료의 하한과 상한을 의미하고 b는 퍼지수의 평균값을 나타낸다. 따라서 퍼지수 $G=(a, b, c)$ 는 a와 c사이에 존재하며 약 b 정도의 퍼지량(Fuzzy Quantity)으로 설명된다. 소속함수 값은 a에서 b까지는 점차 증가되고 b에서 c까지는 감소된다는 것을 의미한다. <그림 1>은 삼각퍼지함수를 그래프로 나타낸 것이다. 이러한 삼각형의 퍼지함수를 사용하는 이유는 의사결정자들이 직관적으로 쉽게 활용할 수 있기 때문이다.

<그림 1> 삼각퍼지수와 소속함수



<표 1>은 AHP 쌍대비교에서 활용되는 언어표현을 삼각퍼지수로 변환한 척도를 나타낸 것이다.

<표 1> 삼각퍼지 변환 척도

언어 척도	삼각퍼지 척도	역 삼각퍼지 척도
동일	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
조금 중요	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
보통 중요	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
많이 중요	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
매우 중요	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
절대 중요	(5/2, 3, 7/2)	(7/2, 1/3, 2/5)

2. Da-Young Chang의 확장 Fuzzy-AHP 분석법

목표, 측정 영역, 측정 지표, 대안 간에 계층적 구조를 사용하는 Fuzzy-AHP는 쌍대

비교를 이용하여 의사결정자의 기호를 보다 정확하게 판단할 수 있다. 의사결정자는 의사결정과정에서 복잡함으로 인하여 올바른 평가를 할 수 없으므로, AHP를 이용하여 일대일 평가를 수행할 수 있다. Fuzzy-AHP 분석법 중 개요로서, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 을 오브젝트 집합, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 을 목표 집합이라 할 때, Chang(1996)의 연구에 따르면, 각 오브젝트에 대한 m 확장 분석 값은 다음과 같이 표현된다.

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

여기서, 모든 $M_{g_i}^j (j = 1, 2, \dots, m)$ 은 파라미터가 a, b, c 인 삼각퍼지수로 구성된다. 본 연구는 Chang(1996)의 확장 Fuzzy-AHP 분석 3단계 과정을 적용하여 상대적 가중치를 계산하였다.

첫째, i 번째 오브젝트에 대한 확장 퍼지 계산은 다음과 같이 정의된다.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (4)$$

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ 값을 계산하기 위해 행렬에 대한 m 확장 분석의 퍼지추가 연산을 수행한다.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m a_{ij}, \sum_{j=1}^m b_{ij}, \sum_{j=1}^m c_{ij} \right), i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

그리고 $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$ 를 얻기 위해, $M_{g_i}^j (j = 1, 2, \dots, m)$ 의 퍼지추가 연산을 수행한다.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \right) \quad (6)$$

위 식의 벡터 역수를 구하면 다음과 같다.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}} \right) \quad (7)$$

둘째, 퍼지합성 확장값은 주어진 정보에 대한 가능성 정도 (Degree of Possibility)를 구하는 데 적용되며, 퍼지삼각함수 $M_1(a_1, b_1, c_1), M_2(a_2, b_2, c_2)$ 가 블록 퍼지함수 일 때, 가능성 정도 $M_2 = (a_2, b_2, c_2) \geq M_1 = (a_1, b_1, c_1)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } b_2 \geq b_1 \\ 0, & \text{if } b_1 \geq c_2 \\ \frac{a_1 - c_2}{(b_2 - c_2) - (b_1 - a_1)}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

여기서 d 는 μ_{M_1} 와 μ_{M_2} 간의 가장 높은 교차점 D 의 y 좌표 값이다. M_1 과 M_2 를 비교하기 위해서는 $V(M_1 \geq M_2)$ 과 $V(M_2 \geq M_1)$ 값이 필요하다.

셋째, 퍼지수가 k 퍼지수 $M_i (i = 1, 2, \dots, k)$ 보다 더 클 가능성은 다음과 같다.

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] \quad (9)$$

$$= \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, 3, \dots, k.$$

$\acute{d}(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ 을 가정하면 $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$ 여기서 가중치 벡터는 $\acute{W} = (\acute{d}(A_1), \acute{d}(A_2), \dots, \acute{d}(A_n))^T$ 라 주어진다.

IV. 실증분석 결과

1. 문제의 계층구조 개발

본 연구는 광양항과 중국항만간의 물동량과 항만네트워크 현황을 분석하고 광양항이 구축해야할 물류네트워크의 강화방안을 설정하기 위한 것이다. 광양항과 중국항만간의 환적을 포함한 수출·입 물동량을 국내 주요항만과 비교하여 살펴보면 <표 2>, <표 3>과 같다. 2009년 우리나라 해상 수출·입 화물은 중국을 기준으로 4,686천TEU를 처리한 것으로 나타났다. 그 중 부산항이 60.3%인 2,826천TEU, 인천항이 21.5%인 1,006천TEU, 광양항이 7.1%인 335천TEU, 평택항은 6.7%인 312천TEU를 담당한 것으로 분석되었다. 중국과 관련한 대부분의 물동량이 부산항과 인천항에 집중되고 있다는 사실을

<표 2> 국내 항만별 중국해상 수출화물(수출+수출환적) 단위 : TEU

구분	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
부산항	1,062,861	1,128,250	1,140,661	1,257,357	1,358,135	1,190,222
인천항	234,019	342,921	453,730	569,736	591,821	497,255
광양항	184,557	154,493	170,116	184,873	188,364	220,708
평택항	93,763	110,547	119,844	143,587	155,021	152,050

자료 : 부산발전연구원, 2010 항만·공항 물류통계집

<표 3> 국내 항만별 중국해상 수입화물(수입+수입환적) 단위 : TEU

구분	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
부산항	1,658,911	1,794,360	1,792,596	1,941,490	1,784,978	1,636,212
인천항	234,812	337,858	438,348	537,210	542,725	509,533
광양항	129,100	126,124	174,868	117,382	110,642	114,706
평택항	91,842	109,865	121,668	157,309	157,602	160,888

자료 : 부산발전연구원, 2010 항만·공항 물류통계집

확인할 수 있다. 또한 <그림 2>와 같이 국내 항만별 기항선사를 살펴보면 부산항이 가장 많은 선사를 점유하고 있으며, 국내 항만별 한·중 항로 현황에서도 <표 4>와 같이 부산항에 집중되어 있는 것으로 분석되고 있다.

따라서 본 연구는 국내항만과 중국항만간의 물량 및 항로 편중을 극복하기 위한 광양항과 중국항만간의 물류네트워크 구축 강화방안으로 문제의 계층구조 개발에 착수하

<그림 2> 국내 항만별 기항선사 현황



자료 : 부산항만공사

<표 4> 국내 항만별 한·중 항로 현황(2008)

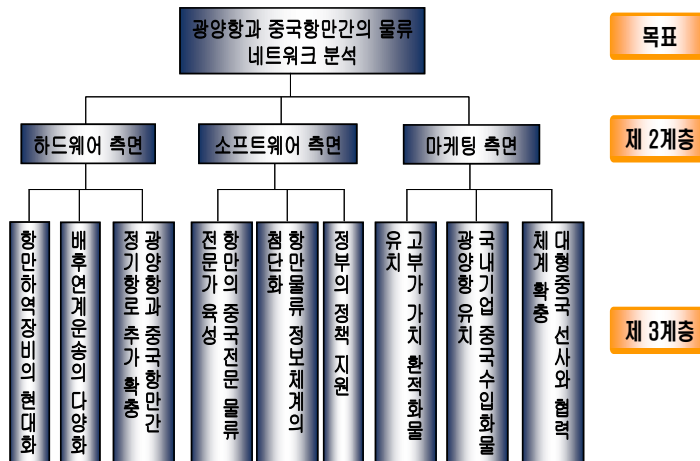
구분	현황	비고
부산	46개 선사가 항만에 따라 주1회 ~ 17회 운항	칭다오, 다롄, 상하이 등 북중국항만 서비스가 많음
광양	25개 선사가 주 1회 ~ 9회 운항	신장, 닝보, 다롄, 상하이 서비스가 많음
인천	8개 항만에 13개 항로 개설이 되어 주1회~ 6회 운항	상하이, 엔타이, 닝보 등
평택	주1회 ~ 2회 운항	중국, 칭다오, 다롄 등
울산	주1회 ~ 6회 운항	상하이, 닝보 등

자료 : 부산항만공사, 한국근해수송협회의회 및 황해정기선사협회의회

였다. 광양항과 중국항만간의 물류네트워크 구축 강화방안으로 1차 설문조사를 실시하여 광양항의 공공기관과 해운선사, 항만운영사를 대상으로 항만하역시스템 및 운영시스템 자동화, 항만하역장비의 현대화, 배후연계운송의 다양화, 전문물류기업 육성, 광양항과 중국항만간 정기항로 추가 확충, 항만의 중국전문 물류전문가 육성, 항만물류 정보체계의 첨단화, 정부의 정책 지원, 고부가가치 환적화물 유치, 국내기업 중국수입화물 광양항 유치, 대형중국 선사와 협력체계 확충, 배후물류단지 외자유치 등 전체 12개 항목에서 9개의 측정지표를 추출하였다. 그리고 선정된 측정지표를 대상으로 물류전문가의 자문을 얻어 3개의 측정영역으로 분류하여 <그림 3>과 같이 계층화 하였다.

계층도의 제2계층과 제3계층의 설명은 <표 5>, <표 6>과 같다.

<그림 3> 광양항과 중국항만간의 물류네트워크 분석 계층도



<표 5> 제2계층 측정영역 설명

목표	제2계층	제2계층 설명
광양항과 중국항만간의 물류네트워크 분석	하드웨어 측면	중국항만과의 물류네트워크를 지원할 수 있는 광양항의 항만하역장비의 현대화와 배후연계운송의 다양화, 정기항로 추가 확충에 대한 상대적 중요도 비교
	소프트웨어 측면	물류네트워크를 지원할 수 있는 광양항의 소프트웨어 측면으로 중국전문 물류전문가 육성, 항만물류 정보체계의 첨단화, 정부의 정책 지원 간의 상대적 중요도 비교
	마케팅 측면	중국항만과의 물류네트워크를 구축할 수 있는 마케팅 요소로서 고부가 가치 환적화물 유치, 국내기업 중국수입화물 유치, 대형 중국선사와의 협력체계 확충에 대한 상대적 중요도 비교

<표 6> 제3계층 측정지표 설명

제3계층	제3계층 설명
항만하역장비의 현대화	1단계 4선석 등 노후항만 하역장비의 리모델링 및 현대화
배후연계운송의 다양화	도로, 철도 등 배후연계운송의 효율화 및 다양화
광양항과 중국항만간의 정기항로 추가 확충	광양항의 물동량 확보를 위한 중국항만과의 정기항로 확충 및 추가 항만 기항 추진
항만의 중국전문 물류전문가 육성	항만의 중국전문 물류전문가 인력육성을 위한 프로그램 개발 및 산학협력 추진
정부의 정책지원	광양항의 노후항만 재개발 및 3단계 2차 개발 계획을 정부차원에서 정책지원 필요
고부가가치 환적화물 유치	물동량 확보를 위한 중국항만과의 환적화물 유치 마케팅 전략 추진
국내기업 중국수입화물 광양항 유치	중국화물을 대량으로 수입하는 기업을 배후부지에 유치하여 항만 물동량 및 배후부지 활성화 기여
대형중국 선사와 협력체계 확충	대형중국 선사와의 협력 방안을 연구, 마케팅 전략으로 추진하여 광양항 물량 증가에 기여

2. 설문조사 현황

측정영역 및 측정지표 항목의 상대적 중요도 산정을 위해 광양항의 공공기관, 해운선사, 항만운영사 관련 전문가를 대상으로 2차 설문 및 면담 조사를 2011년 9월 1일부터 9월 15일까지 실시하였다. 각 분야를 대상으로 15부씩을 배부하여 35부를 회수하였으며, 일관성 검증 확인 결과 최종 20부를 분석에 사용하였다. 설문조사 현황은 <표 7>과 같다.

<표 7> 설문 회수 및 일관성 검증 결과

업체 \ 현황	배부	회수(율)	일관성 검증 확인 (C.R.<0.1)
공공기관	15부	14부(93%)	8부(58%)
해운선사	15부	9부(60%)	5부(56%)
항만운영사	15부	12부(80%)	7부(58%)
합계	45부	35부(78%)	20부(58%)

3. 측정영역 및 측정지표 중요도 분석

1) 측정영역 간 가중치 산정

측정영역 간의 상대적 중요도는 <표 8>과 같이 마케팅 측면이 38.7%로 가장 높고, 하드웨어 측면과 소프트웨어 측면이 각각 35.3%, 26.0% 순서로 나타났다. 현재 광양항과 중국항만과의 물류네트워크 구축을 위해서는 마케팅 측면이 가장 중요한 영역으로 인식되고 있는 것으로 분석되었다.

<표 8> 측정영역 간 삼각퍼지수 및 가중치 비교

측정영역	하드웨어 측면	소프트웨어 측면	마케팅 측면	가중치
하드웨어 측면	(1, 1, 1)	(0.89, 1.27, 1.71)	(0.68, 0.90, 1.20)	0.353
소프트웨어 측면	(0.58, 0.79, 1.13)	(1, 1, 1)	(0.56, 0.77, 1.10)	0.260
마케팅 측면	(0.83, 1.12, 1.47)	(0.91, 1.30, 1.78)	(1, 1, 1)	0.387

2) 측정지표 간 가중치 산정

영역별 측정지표에 관한 상대적 중요도를 살펴보면, 하드웨어 측면에서는 <표 9>와 같이 광양항과 중국항만간의 정기항로 추가 확충이 45.2%, 배후연계운송의 다양화가 28.3%, 마지막으로 항만하역장비의 현대화가 26.5% 순서로 나타났다. 현재 가장 우선적으로 광양항과 중국항만간의 정기항로 추가 구축이 필요한 것으로 분석되었다.

<표 9> 하드웨어 측면의 측정지표 간 삼각퍼지수 및 가중치 비교

측정지표	항만하역장비의 현대화	배후연계운송의 다양화	광양항과 중국항만간의 정기항로 추가 확충	가중치
항만하역장비의 현대화	(1, 1, 1)	(0.70, 0.96, 1.41)	(0.51, 0.68, 0.97)	0.265
배후연계운송의 다양화	(0.71, 1.04, 1.44)	(1, 1, 1)	(0.57, 0.74, 0.99)	0.283
광양항과 중국항만간의 정기항로 추가 확충	(1.03, 1.48, 1.97)	(1.01, 1.36, 1.75)	(1, 1, 1)	0.452

소프트웨어 측면에서는 <표 10>과 같이 정부의 정책 지원이 46.4%로 가장 중요도가 높은 것으로 분석되었으며, 항만의 중국전문 물류전문가 육성과 항만물류 정보체계의 첨단화는 거의 비슷한 수준으로 26.9%와 26.7%로 나타났다. 광양항은 여수광양항만공사의 출범으로 중요한 전환기를 맞이하고 있다. 동북아의 주요 항만으로 성장하기 위한 안정적 성장기반을 확보하기 위해서는 연간 300만TEU 처리실적을 목표로 정책 개발과 지원이 필요할 것으로 판단되고 있다. 이러한 정부 정책 지원의 일환으로 광양항과 중국항만간의 물류네트워크 구축을 위한 과제를 정립하고 세부적인 계획을 수립할 필요성이 대두되고 있다.

<표 10> 소프트웨어 측면의 측정지표 간 삼각퍼지수 및 가중치 비교

측정지표	항만의 중국전문 물류전문가 육성	항만물류 정보체계의 첨단화	정부의 정책 지원	가중치
항만의 중국전문 물류전문가 육성	(1, 1, 1)	(0.74, 0.98, 1.40)	(0.50, 0.69, 0.99)	0.269
항만물류 정보체계의 첨단화	(0.72, 1.02, 1.35)	(1, 1, 1)	(0.53, 0.71, 0.93)	0.267
정부의 정책 지원	(1.01, 1.45, 1.98)	(1.07, 1.41, 1.88)	(1, 1, 1)	0.464

마케팅 측면에서는 <표 11>과 같이 고부가가치 환적화물 유치에 36.4%로 가장 높게 나타났다. 그리고 국내기업 중국수입화물 광양항 유치가 33.3%, 이어서 대형 중국선사와 협력체계 확충이 30.3%로 분석 되었다. 광양항의 환적화물 유치에 대한 노력과 연구는 지속적으로 진행되어 왔다. 그러나 중국항만의 급속한 개발과 발전으로 인하여 환적항으로써 광양항의 위상은 실질적으로 어려운 상황에 직면하고 있다. 따라서 기존의 환적화물 유치의 방법과 배후단지 등을 활용한 마케팅을 결합하는 연구가 향후 진행

되어야 할 것이다.

<표 11> 마케팅 측면의 측정지표 간 삼각퍼지수 및 가중치 비교

측정지표	고부가 가치 환적화물 유치	국내기업 중국수입화물 광양항 유치	대형 중국선사와 협력체계 확충	가중치
고부가 가치 환적화물 유치	(1, 1, 1)	(0.82, 1.11, 1.44)	(0.78, 1.13, 1.54)	0.364
국내기업 중국수입화물 광양항 유치	(0.70, 0.90, 1.22)	(1, 1, 1)	(0.81, 1.11, 1.54)	0.333
대형 중국선사와 협력체계 확충	(0.65, 0.89, 1.28)	(0.65, 0.90, 1.24)	(1, 1, 1)	0.303

3) 전체 항목 중요도 분석

이와 같이 각 측정영역과 측정지표별로 광양항과 중국항만간의 물류네트워크 구축을 위한 분석으로 상대적 중요도를 산정하였다. 이러한 결과를 종합하여 각 측정지표의 중요도를 분석한 결과를 나타내면 <표 12>와 같다. 물류네트워크 분석 목표에 대한 측정지표별 세부항목의 환산 중요도와 우선순위를 전체적으로 살펴보면, 광양항과 중국항만간의 정기항로 확충(15.9%), 고부가가치 환적화물 유치(14.1%), 국내기업 중국수입화물 광양항 유치(12.9%), 정부의 정책 지원(12.1%), 대형 중국선사와 협력체계 확충(11.7%)의 측정지표가 가장 중요한 광양항과 중국항만간의 물류네트워크 구축을 위한 우선순위 항목으로 분석되었다.

<표 12> 전체 항목 우선순위 분석 결과

구분		전체		
측정영역 (가중치)	측정지표	가중치	환산 가중치	순위
하드웨어 측면 (0.353)	항만하역장비의 현대화	0.265	0.094	7
	배후연계운송의 다양화	0.283	0.100	6
	광양항과 중국항만간의 정기항로 확충	0.452	0.159	1
소프트웨어 측면 (0.260)	항만의 중국전문 물류전문가 육성	0.269	0.070	8
	항만물류 정보체계의 첨단화	0.267	0.069	9
	정부의 정책 지원	0.464	0.121	4
마케팅 측면 (0.387)	고부가가치 환적화물 유치	0.364	0.141	2
	국내기업 중국수입화물 광양항 유치	0.333	0.129	3
	대형 중국선사와 협력체계 확충	0.303	0.117	5

V. 결론

본 연구는 한·중 항만네트워크를 중심으로 광양항과 중국항만간의 물류네트워크 구축에 영향을 미치는 대상 선정에 대한 분석을 목표로 설정하고, 퍼지이론과 AHP를 결합한 Fuzzy-AHP를 적용하여 우선순위를 평가하는 의사결정 모델을 제시하였다. 물류네트워크 분석을 위한 측정영역으로는 하드웨어 측면, 소프트웨어 측면, 마케팅 측면이 선정되었고, 각 영역에 대한 측정지표는 하드웨어 측면은 항만하역장비의 현대화, 배후연계운송의 다양화, 광양항과 중국항만간의 정기항로 확충, 소프트웨어 측면은 항만의 중국전문 물류전문가 육성, 항만물류 정보체계의 첨단화, 정부의 정책 지원, 마케팅 측면은 고부가가치 환적화물 유치, 국내기업 중국수입화물 광양항 유치, 대형 중국선사와 협력체계 확충으로 선정되었다. 설문조사는 광양항을 중심으로 공공기관인 여수광양항만공사, 해운선사, 항만운영사의 물류전문가를 대상으로 진행하였다.

측정영역에 대한 중요도 평가에서는 마케팅 측면이 상대적으로 가장 중요하다고 판단되는 것으로 나타났으며, 이어서 하드웨어 측면과 소프트웨어 측면 순서로 중요도를 보였다. 광양항과 중국항만간의 물류네트워크 분석에서 마케팅 측면이(38.7%) 향후 가장 중요한 역할을 해야 한다는 것을 보여주고 있다. 측정 지표에 대한 분석 결과에 따르면 하드웨어 측면은 광양항과 중국항만간의 정기항로 확충(45.2%), 소프트웨어 측면은 정부의 정책 지원(46.4%), 마케팅 측면은 고부가가치 환적화물 유치(36.4%)가 상대적으로 중요도가 높은 것으로 나타났다. 환산가중치를 반영한 전체 우선순위에서는 광양항과 중국항만간의 정기항로 확충(15.9%), 고부가가치 환적화물 유치(14.1%), 국내기업 중국수입화물 광양항 유치(12.9%) 순서로 중요도가 판단되었다.

본 연구는 광양항을 중심으로 공공기관, 해운선사, 항만운영사 대상으로 설문조사를 진행하여 실증분석을 수행하였다. 따라서 본 연구결과에서 제시된 물류네트워크 분석에 사용된 측정영역 및 측정지표에 대한 변수가 다양한 의견을 포함하지 못한 한계를 가지고 있다. 향후 더 정확한 분석을 위해서는 보다 다양한 표본을 대상으로 하는 연구가 필요하다. 또한 우선순위로 확정된 안을 시행하기 위한 구체적인 대책에 대한 향후 연구가 요구된다. 그러나 본 연구에서 제안한 Fuzzy-AHP분석법은 의사결정문제에서 다루기 곤란하면서도 반드시 고려하지 않으면 안 될 정성적 평가기준도 퍼지이론을 이용하여 효과적으로 적용하였으며, 다수의 대안에 대하여 평가자의 선호체계를 정량화하여 일관성 있는 판단으로 정확성을 높였다고 할 수 있다. 따라서 컨테이너항만과 관련한 물류네트워크 분석에 신뢰성 있는 결과를 제공할 수 있는 의사결정 모델을 제시하는데 그 의미를 부여할 수 있다.

참고문헌

- 고현정, “Fuzzy-AHP를 활용한 인도 물류시장 진출사업 우선순위 결정에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제26집 제2호, 2010, 1-18.
- 김병일, 유홍성, 서재환, “인천항의 물류네트워크 경쟁력 분석에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제21집 제2호, 2009, 178-179.
- 김성태, “퍼지계층분석법을 이용한 부산지역 수리조선업의 경쟁력 제고방안에 관한 연구”, 부산대학교 박사학위논문, 2009.
- 김영환, 박지영, 정경애, 문종룡, 여기태, “우리나라 대형물류 기업의 녹색 물류 평가에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제26집 제4호, 2010, 1-18.
- 박병인, 성숙경, “컨테이너항만의 환적항 결정요인 분석”, 『한국항만경제학회지』, 제24집 제1호, 2008, 41-60.
- 석지은, “북중국 항만의 성장에 따른 광양항의 대응방안”, 순천대학교 석사학위논문, 2005.
- 여기태, 박창호, 서수완, “AHP법을 이용한 한중간 물류네트워크 구축에 따른 우선과제 평가에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제20집 제2호, 2004, 169-175.
- 오세웅, “공간분석과 순위가중치평균법을 이용한 입지평가 연구 : 울산항 대기정박지 입지분석을 중심으로”, 한국해양대학교 박사학위논문, 2008.
- 이강웅, 김성국, “퍼지AHP를 이용한 부산신항의 항만관리 방안에 관한 연구”, 『한국지방정부학회』, 제7집 제2호, 2003, 69-87.
- 임미순, 박종흠, 안승범, “녹색물류를 위한 탄소저감정책 평가항목 우선순위에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제25집 제4호, 2009, 1-20.
- 최도석, “계층퍼지분석법을 이용한 크루즈 터미널 입지 및 운항코스 선정”, 동아대학교 박사학위논문, 2004.
- 최용록, “한중 동북아 물류네트워크 전략”, 『정석물류통상연구원』, 2008, 40-50.
- 여수광양항만공사 홈페이지(<http://www.ygpa.or.kr>).
- 부산항만공사 홈페이지(<http://www.busanpa.com>).
- 부산발전연구원, 부산테크노파크 종합물류경영기술지원센터, “2010 항만·공항 물류통계집”, 2010.
- 한국근해수송협의회 및 황해정기선사협의회
- 한국컨테이너부두공단, “2008년 전국항 컨테이너화물 유통 추이 및 분석”, 2009.
- Chang, Da Young., “Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP”, European Journal of Operations Research, Vol.95, 1996, 649-655.
- Containerisation International March 2011.
- Harker, P, T., “The Art and Science of Decision Making ; The Analytic Hierarchy Process”, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 1989.

- Laarhoven, P. J. M., & Pedrycz, W. "A Fuzzy Extension of Satty's Priority", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.11, 1983, 229-241.
- Satty, Tomas. L., "The Analytic Hierarchy Process", New York, McGraw-Hill, 1980.
- Satty, Tomas. L. and Vargas, L, G, "The Logic of Priorities", Kluwer-Nijhoff Publishing, London, 1982.
- Zadch, L. A., "Fuzzy Sets", *Information and Control*, 1965.

국문 요약

Fuzzy-AHP를 이용한 광양항과 중국항만간의 물류네트워크 분석

윤동하 · 최용석

광양항은 물동량 둔화, 항만공사로의 전환, 터미널 운영사 감소 등 대내·외적으로 많은 변화에 직면하고 있다. 본 연구는 광양항과 중국항만간의 물류네트워크를 강화하기 위한 방안으로 광양항이 구축해야 할 물류네트워크의 방향을 설정하기 위한 것이다. 따라서, 본 연구는 물류네트워크 분석을 목표로 설정하고 광양항을 중심으로 공공기관, 해운선사, 항만운영사의 물류전문가를 대상으로 의견을 수집하여 1차적으로 측정지표를 추출하고 물류전문가의 자문을 얻어 3개의 측정영역을 분류하였다. 선정된 측정영역과 측정지표를 대상으로 2차 설문조사를 실시하여 Fuzzy-AHP 분석법을 적용하여 실증분석 하였다. 분석 결과, 측정영역에 대한 중요도 평가에서는 마케팅 측면(38.7%)이 가장 중요한 것으로 나타났다. 측정지표에 대한 분석 결과에 따르면 하드웨어 측면은 광양항과 중국항만간의 정기항로 확충(45.2%), 소프트웨어 측면은 정부의 정책 지원(46.4%), 마케팅 측면은 고부가 가치 환적화물 유치(36.4%)가 상대적으로 가장 중요도가 높은 것으로 나타났다. 환산가중치를 반영한 전체 우선순위에서는 광양항과 중국항만간의 정기항로 확충(15.9%)이 가장 중요한 것으로 분석되었다.

핵심 주제어 : Fuzzy-AHP, 물류네트워크, 광양항, 중국항.