

Hierarchical Fuzzy Process법 및 퍼지관계방정식을 이용한 철도물류서비스의 경쟁우위 전략에 관한 연구

A Study on Competition Strategy of Korail's Logistics Services Using Hierarchical Fuzzy Process and Fuzzy Relation Equation

유승열[†] · 이재원* · 권용장**

Seung-Yeul Yoo · Jae-Won Lee · Yong-Jang Kwan

Abstract

Prior to the service evaluation, many kinds of its attributes must be identified on the basis of rational decision owing to complexity and ambiguity inherent in logistics service. there are so many evaluation methods but they are not applicable to logistics service the have property of non-additivity and overlapped attributes. Therefore, probability measure can not used to evaluate logistics service but Fuzzy Measure is required. And the method should be easy to calculate it Recently Fuzzy theory has been applied in Various evaluation problem. Fuzzy evaluation based on Fuzzy theory can accommodate fuzziness in judgement with people through introducing Fuzzy Measure. In this paper, Hierarchical Fuzzy Process is applied to evaluate level of logistics service in Korail and the biggest six logistics companies in the korea which is called 3PL Company. Also Fuzzy Relation Equation which is problem identifying evaluation value at these fuzzy evaluation is applied to verify relation between Input and Output data through @-operation. Therefore, we apply this Fuzzy Relation Equation to Hierarchical Fuzzy Process and verify evaluation value which objects of evaluation are able to possess.

Keywords : 퍼지측도(Fuzzy Measure), 계층퍼지분석법(HFP : Hierarchical Fuzzy Process), 퍼지관계방정식(Fuzzy Relation Equation), 계층분석과정(AHP, Analytic Hierarchy Process), 물류서비스(Logistics Service)

1. 서론

2005년 1월 1일 철도청에서 공사로의 경영체제가 전환되면서 한국철도공사의 물류사업은 공익성 위주의 사업에서 탈피하여 공공성과 수익성을 동시에 충족시켜야 하는 전략적 과제에 직면해 있다.

따라서 본 연구에서는 철도를 직·간접적으로 이용하는 고객들을 대상으로 조사된 물류서비스 평가항목을 토대로 Hierarchical Fuzzy Process법을 이용하여 철도물류를 포함한 국내 주요 물류기업에 대한 물류서비스 수준을 비교·평가하며 또한 퍼지적분에서 퍼지측도치와 적분치를 이용하여 물류서비스 평가항목에 평가치를 동정하여 어떤 물류서

비스 평가항목이 적분치에 영향을 미치는지를 알아내고 한국철도공사의 물류서비스 경쟁우위 전략을 제시하는 것을 연구목적으로 한다.

2. 물류서비스 평가항목 선정

2.1 경쟁력 구성요소에 대한 국내외 선행연구

일반적으로 경쟁(Competition)이란 상대방을 능가하려고 노력하는 상태를 의미하며 기업 간의 경쟁은 경쟁대상이 되는 기업에 비하여 비교우위를 획득하기 위해 차별화된 전략 대안을 개발하고 실행하는 상태를 의미한다¹⁾.

물류기업의 경쟁력과 관련한 연구는 그 성격상 연구의 시발점이 되는 배경으로 국내 물류시장에 있어서 제3자 물류

[†] 책임저자 : 한진물류연구원, 선임연구원
E-mail : yoodol65@naver.com
TEL : (02)726-6574 FAX : (02)726-6590

* 한진물류연구원, 선임연구원

** 한국철도기술연구원, 선임연구원

1) 전일수(2004), "상하이(대소양산) 및 북중국 항만의 발전이 미치는 영향과 대응방안 연구", 한국컨테이너부두공사 연구용역보고서.

Table 1. 경쟁력 구성요소에 관한 국내외 선행연구

구분	연구자	분석대상	구성요소
입지 선정	엄태훈 (2003)	문헌조사 전문가 설문조사	비용, 인프라, 시장
항만 경쟁력	전일수 외 (1993)	문헌자료 국적컨테이너선사 설문조사	항만입지, 항만시설, 항만비용, 서비스 수준, 부두운영형태, 항만관리주체
	부산신항만 (2002)	문헌조사 전문가의견 전화설문	입출항용이성, 접안 능력, 접안서비스, 부두하역서비스, 무료장치기간, 하역 시설, 보관시설 등
공항 경쟁력	Joseph Sarkis (2000)	운영효율성 DEA모형	재무비용, 종사원수, 게이트수, 활주로수, 재무수익, 항공기 운항횟수, 연간 여객 및 화물처리실적
	박용화	Simple Multi- Decision Model	수요요소, 관리요소, 공간요소, 시설요소, 서비스요소

업체간의 경쟁상황이 사전에 전제되어야 한다. 결과적으로 물류 기업간 경쟁력을 상호 비교하여 평가한 국내외 연구가 발표된 것은 없지만 이와 유사한 연구로는 다국적기업들이 실질적으로 동북아 지역에 자사의 지역 물류거점을 어디에 확보해야 하는지를 평가하는 연구와 아울러 항만 및 공항간 경쟁력을 비교·평가한 국내외 선행연구가 발표되었다.

2.2 평가구성요소 및 평가구조모델 도출

본 연구에서는 현재의 철도물류 구성요소들을 추출하기 위해 “제3자 물류의 실태분석 및 활성화 방안에 관한 연구”²⁾ 및 “전략적 제휴 관점에서 본 제 3 자물류(3PL) 활용에 관한 실증분석”³⁾, “Conversion of international logistics corporation into 3PL provider: Strategies and Important services”⁴⁾, “철도물류 정보화 마스터플랜”⁵⁾ 등 제3자 물류서비스경쟁력과 관련한 국내외 선행연구를 고찰하고 KJ 법⁶⁾을 이용하여 구성요소를 합리적으로 그룹핑 작업 실시

2) 이충규(2003), 제3자물류의 실태분석 및 활성화 방안에 관한 연구, 인하대학교 국제통상물류대학원.
 3) 허문구·이태우·신승관(2001), 전략적 제휴 관점에서 본 제 3 자물류(3PL) 활용에 관한 실증분석, 한국물류학회.
 4) 구경모(2003), Conversion of international logistics corporation into 3PL provider: Strategies and important services, 한국로지스틱스학회.
 5) 한진물류연구원(2004), 철도물류 정보화 마스터플랜, 철도청 한국철도공사 연구용역보고서.
 6) 壽野壽郎(1985), “システム工学入門-あいまい問題へ挑戦”,

Table 2. 선행연구를 통한 물류서비스 경쟁력 구성요소 추출

<ul style="list-style-type: none"> ○ 물류비 절감 효과 ○ 물류서비스 수준 ○ 이용의 편의성 ○ 물류업체의 전문성/경력 ○ 물류업체 하드웨어 보유 정도 ○ 물류업체의 자본력 ○ 물류업체의 실적 ○ 물류업체의 기존업무성과 ○ 물류업체의 정보시스템 호환성 ○ 물류업체의 조직문화 ○ 고객관리시스템 구축여부 ○ 일관운송서비스 제공수준 ○ 실시간 화물추적 가능 여부 ○ 홈페이지 관리 수준 ○ 보관시설 보유 여부 ○ 3PL 전담조직 구성 여부 ○ 실시간 운송의뢰 가능 여부 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물류업체의 평판 ○ 물류서비스의 신뢰성 ○ 제시하는 물류서비스의 비용 ○ 물류서비스 품질 ○ 물류업체의 서비스 제공 능력 ○ 서비스의 신속성 ○ 정보시스템의 용량 ○ 물류정보 서비스 제공 능력 ○ 재무구조의 건전성 ○ 물류업체의 시설 규모 ○ 물류업체의 네트워크 규모 ○ 장기간 협력관계 유지 가능성 ○ 물류사업 기간 ○ 운송차량(화차, 트레일러) 보유 규모 ○ 하역장비 보유 규모 ○ 부대서비스 제공 능력 ○ 서류처리의 신속성
---	---

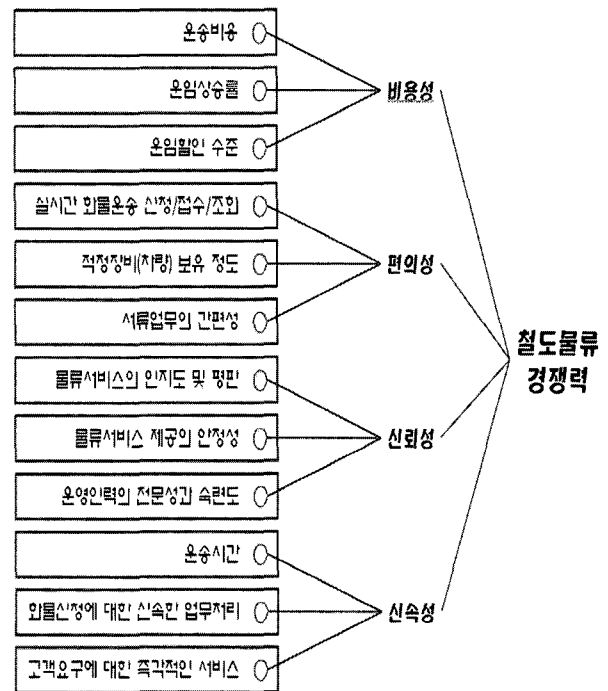


Fig. 1. 철도물류서비스 경쟁력 평가구조모델

共立出版(株), pp.58-62.
 KJ법은 川喜田二郎가 고안한 발견적 문제해결 방법 중 하나로 인간의 직관과 경험을 적극 이용하는 구조화 수법으로서 획득되는 결과는 상당히 주관적일 수 있으나 이미 시스템 공학의 여러 가지 단계에서 널리 이용되고 있으며 특히 시스템 개발 초기에 하부시스템(Subsystem)을 발견하거나 목표 설정, 변수나 구성요소의 정리, 평가항목과 평가기준 선정 시 대단히 유효한 방법으로 알려져 있으며, 개개의 많은 정보로부터 전체적인 의미와 내용을 찾아내는데 특히 유용한 방법이다.

하여 전문가와 실무자의 의견을 수렴한 후, Table 2와 같이 총 34개의 구성요소를 추출하였다.

이후 34개의 물류서비스 경쟁력 구성요소에 대한 타당성 검증과정을 통해 최종적으로 Fig. 1과 같이 12개로 구성요소를 압축하였다.

또한 KJ법 및 퍼지구조모델링(FSM : Fuzzy Structure Modelling)법 등을 이용하여 구성요소들 간에 유사성이 있는 것끼리 하나 묶는 그룹핑 작업과 구성요소들을 체계적으로 분류하고 계층화 작업 실시하여 최종적으로 철도물류서비스의 경쟁력을 평가하기 위한 구성요소들과 비용성, 편의성, 신뢰성, 신속성의 4개 상위 평가항목들을 도출하였으며 이를 바탕으로 종합적인 평가구조모델을 다음의 Fig. 1과 같이 구축하였다.

3. Hierarchical Fuzzy Process법을 이용한 철도물류서비스 경쟁력 평가

3.1 Hierarchical Fuzzy process의 평가 알고리즘

철도물류서비스의 경쟁력 평가문제는 대표적인 다계층·복합·다속성 평가문제에 해당하므로 문제해결을 위해 본 연구에서는 Hierarchical Fuzzy Process법을 이용하였다. 즉 평가대상 문제가 여러 개의 중복된 속성으로 이루어진 계층구조로 되었을 경우 계층 평가알고리즘인 Hierarchical Fuzzy Process 알고리즘은 다음과 같이 정리할 수 있다.

Phase 1 : 평가자로부터 Analytic Hierarchy Process에서 이용하는 쌍대비교(Pairwise comparison)자료에 의한 평가속성의 상대적 중요도(w) 및 평가항목 간의 상호작용계수(λ)를 조사한다.

Phase 2 : 조사된 평가항목간의 상대적 중요도(w)와 평가속성간 상호작용계수(λ)로 퍼지측도값($g(\cdot)$)을 구한다.

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

Phase 4 : 최하위 계층에서는 평가항목별 퍼지평가치 $h(\cdot)$ 와 퍼지측도값($g(\cdot)$)를 사용하여 퍼지계층적분으로 통합평가를 하며 그 이외의 계층에서는 단순가중법에 의해 통합평가를 행한다.

일반적으로 복잡하고 종합적인 문제를 평가할 때에는 그 문제를 주요한 몇 개의 속성으로 구분하고, 각 속성에 대하여 더욱 세분화된 속성으로 구분하여 계층적인 구조로 만들어 파악하게 되며 문제가 거대할수록 이러한 세분화된 속성

의 계층이 증가하게 된다. 또한 하위의 계층으로 갈수록 평가는 더욱 구체적으로 이루어지게 된다. 이때 원문제의 속성을 상실하지 않고 계층 분할이 가능하다면 부분속성의 통합으로 원속성을 찾아갈 수 있게 되므로 원문제의 평가를 간단히 하기 위해서는 평가대상을 계층적 구조의 세분화된 부분속성으로 만들어 평가하게 된다. 따라서 원문제의 속성이 그대로 보존되는 일관성이 유지되지만 한다면, 이들의 평가를 통합하기만 하면 원문제를 평가하게 되는 계층평가의 문제를 대신할 수 있다는 것이다⁷⁾.

지금까지 다수의 평가항목간 중요도를 구하는 대표적인 방법으로는 Analytic Hierarchy Process법이 많이 사용되어 왔으며 그 이유는 Analytic Hierarchy Process가 일대비교에 의해 비율측도(상대측도)인 중요도를 구하고 그 통합은 단순가중법을 사용한다는 특징을 가지고 있었기 때문이었다. 그러나 항목간 중요도는 가법성이 성립할 때에만 사용할 수 있는 것이 커다란 결점으로 지적되었다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점 즉 가법성의 조건을 완화하는 평가방법으로서 Hierarchical Fuzzy Process법을 이용하였으며 Hierarchical Fuzzy Process⁸⁾법의 이론적 원리는 확률측도를 퍼지측도로 변환시킬 수 있는 근거를 마련함으로써 Analytic Hierarchy Process법의 쌍대비교(Pairwise comparison)와 같은 방법에 의해 산출되어 확률측도로 표현되는 중요도를 곧바로 퍼지측도로 변환시켜 퍼지적분함으로써 안점(Saddle point)을 찾아가는데 있다.

다계층·다속성 평가문제의 경우 평가순서는 하위계층으로부터 이루어지며 이미 하위계층에서 평가항목간의 상호작용을 이미 고려하였으므로 상위계층의 항목은 상호작용이 없는 독립적인 항목으로 취급할 수 있다.

따라서 종합평가를 할 경우, 첫째 상호작용을 고려한 k 계층(최하위계층)의 평가는 식 (1)과 같은 퍼지적분을 이용하고, 둘째, 상위계층인 $k+1$ 계층으로부터는 식 (2)와 같이 단순가중법을 사용할 수 있게 되어 종합평가방법이 매우 간편해진다.

$$H_{k+1}(X_i) = \int H_k(X_i) \circ g_k(\cdot) \tag{1}$$

$$H_{k+2}(X_i) = g_{k+1} \cdot H_{k+1}(X_i) \tag{2}$$

앞서 언급한 것과 같이 12개의 구성요소를 토대로 KJ법을 통해 비용성, 편의성, 신뢰성, 신속성의 4가지 평가항목으로

7) 류형근·이철영(2000), “퍼지관계방정식을 이용한 계층퍼지분석법에 관한 연구”, 한국항만학회 추계학술대회논문집.

8) 여기태·노홍승·이철영(1996), “퍼지적분을 도입한 계층구조의 평가 알고리즘”, 해양안전학회지, 제2권, 제1호, pp.97-106.

구분한 후 최종 5개의 평가 대상기업에 대해 Hierarchical Fuzzy Process법에 의해 종합적인 평가를 수행하였다. 그리고 이를 기초로 퍼지 관계방정식을 통해 철도물류서비스의 경쟁우위 확보 방안을 도출하였다.

3.2 철도물류서비스 경쟁력 평가

먼저 설문조사 결과를 토대로 Analytic Hierarchy Process법을 이용하여 철도물류서비스의 평가항목별 가중치($w(\cdot)$)를 도출하였다. 그 결과 다음의 Table 3과 같이 평가항목별 가중치($w(\cdot)$)는 편의성, 신속성, 신뢰성, 비용성 순으로 나타났다.

또한 평가항목간 중복에 의한 상호작용계수(λ)를 도출하기 위해 2개씩 쌍대비교를 통한 평가항목간 중복성을 묻는 설문조사를 실시하였으며 그 결과 다음의 Table 4와 같이 나타났다⁹⁾.

도출된 상호작용 계수(λ)들의 기하평균 값은 -0.25이며 이는 전체적으로 평가항목별 중복이 평균 25% 정도 있다는 것을 의미한다. 따라서 상기 4개의 평가항목들의 개념이 서로 간에 높은 상호유사성을 나타내고 있다고 할 수 있다.

한편, 퍼지측도치 $g(\cdot)$ 는 평가속성별 중요도 $w(\cdot)$ 와 상호작용 계수(λ)와의 연산을 통해 산출하게 되며 그 산출 결

Table 3. 철도물류서비스 평가항목별 가중치와 순위

가중치 구성요소	비용성	편의성	신뢰성	신속성	Priority Vector (ω)	
비용성	1.0000	0.4588	0.6770	0.5617	0.2116	4순위
편의성	2.1795	1.0000	1.1416	1.0266	0.4190	1순위
신뢰성	1.4772	0.8759	1.0000	0.7731	0.3356	3순위
신속성	1.7803	0.9741	1.2934	1.0000	0.4053	2순위
C.I. = 0.0027		C.R. = 0.0030				

Table 4. 각 평가항목별 상호작용 계수(λ)

구분	상호작용 계수
비용성	-2.359
편의성	-2.369
신뢰성	-2.420
신속성	-2.841

9) Hierarchical Fuzzy Process법이 Analytic Hierarchy Process법을 비롯한 다른 평가기법 보다 높게 평가받고 있는 것은 평가항목 간에 존재하는 상호작용을 상호작용 계수(λ)를 통해 고려할 수 있다는 측면 때문이다. 따라서 요인분석이나 KJ법에 의해 동질적인 요인끼리 묶었다 할지라도 여전히 존재할 수 있는 평가요인 간 중복도를 고려하여 활용한다면 다른 평가기법 보다 매우 정확한 결과 값이 도출될 수 있다.

과 및 이들의 합이 1이 되게 배분하여 표준화한 결과는 Table 5와 같다.

퍼지평가치 $h(\cdot)$ 는 각 비교대상 간 경쟁력의 정도를 나타낼 수 있는 평가 값으로서 정량적·정성적 변수를 동시에 포함한다. 분석결과 Table 6에서 보는 바와 같이 철도물류의 경우 비용성 측면에서는 경쟁력이 높은 반면에 신뢰성이나 신속성 측면은 비교적 경쟁력이 낮은 것으로 나타났다.

전술한 바와 같이 Hierarchical Fuzzy Process법은 퍼지평가치 $h(\cdot)$ 값과 퍼지측도치 $g(\cdot)$ 값을 퍼지적분하여 도출된 통합평가 값으로 각 대상기업의 종합순위를 평가할 수 있는 방법이다. 따라서 각 대상기업의 평가항목별 경쟁력 정도를 나타내는데 이용되는 퍼지평가치 $h(\cdot)$ 는 객관적인 지표를 사용하는 것이 일반적이나 본 연구에서는 대상으로 하고 있는 기업의 경쟁력을 도출하기 위해 정량적인 요소와 정성적인 요소를 함께 고려하여 설문지에 반영하였으며 그 설문결과를 토대로 평가하였다.

따라서 객관적인 지표와 설문에서 추출한 자료를 통해 산출한 퍼지평가치 $h(\cdot)$ 값과 퍼지측도치 $g(\cdot)$ 값을 이용하여 Hierarchical Fuzzy Process법의 평가 알고리즘을 적용하여 각 대상 기업들의 물류서비스 경쟁력 평가점수를 산출하였다.

철도물류를 포함한 5개의 국내 주요 물류기업을 대상으로 통합 평가한 결과, 현재 가장 경쟁력 있는 물류서비스를 제공하고 있는 기업은 대한통운, (주)한진, 세방기업(주), 한국철도공사의 철도물류사업부문 그리고 동부건설(주) 물류사업부문 순으로 나타났다.

특히 4위인 한국철도공사의 철도물류사업부문을 살펴보면, 비용성이 다른 평가항목에 비해 경쟁력이 높은 것으로 분석되었지만 신속성 및 신뢰성 측면은 다른 기업 보다 경

Table 5. 평가항목별 퍼지측도치 $g(\cdot)$ 및 표준화 결과

구분	퍼지측도치 $g(\cdot)$	퍼지측도치 $g(\cdot)$ 표준화 결과
비용성	0.236	0.158
편의성	0.454	0.303
신뢰성	0.368	0.246
신속성	0.440	0.294

Table 6. 평가항목에 대한 퍼지평가치 $h(\cdot)$ 표준화 값

구분	철도물류	대한통운	(주)한진	세방기업	동부건설 물류부문
비용성	0.991	1.000	0.950	0.901	0.857
편의성	0.933	1.000	0.995	0.928	0.869
신뢰성	0.871	1.000	0.985	0.887	0.855
신속성	0.902	0.996	1.000	0.920	0.898

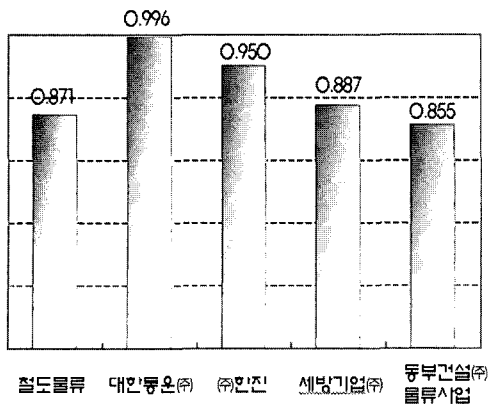


Fig. 2. 대상 기업간 물류서비스 통합평가 결과

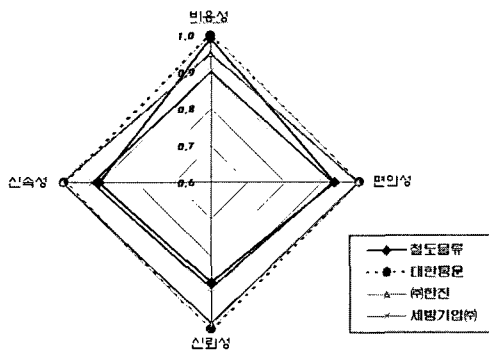


Fig. 3. 대상 기업의 평가항목별 평가결과¹⁰⁾

쟁열위에 있는 것으로 나타났다. 따라서 한국철도공사 철도물류사업부문에 있어서는 신속성(수송시간, 화물신청에 대한 신속한 업무처리, 고객요구에 대한 즉각적인 서비스) 및 신뢰성(물류서비스의 인지도 및 평판, 운영인력의 전문성과 숙련도, 물류서비스 제공의 안정)에 대한 지속적인 관심과 관리가 필요할 것으로 판단된다.

4. 대상 물류기업의 여건변화에 따른 파급효과 분석

4.1 퍼지계층평가 알고리즘

일반적으로 퍼지계층평가에서 사용되는 퍼지적분은 여러 가지 평가항목을 갖는 퍼지평가 대상에 대해서 주관적이든 객관적이든 독립성과 가법성을 가정할 필요 없이 퍼지평가 대상에 대해서 퍼지측도를 사용하여 수행할 수 있다. 따라서 퍼지적분은 다음과 같이 정의할 수 있다.

X를 전체집합, X의 임의의 부분집합을 E(E⊂X)라 두고,

10) 한국철도공사의 철도물류사업부문 보다 물류서비스 경쟁력이 높다고 평가결과가 나타난 3개의 국내 물류기업을 대상으로 하였으며 물류서비스 경쟁력이 낮은 동부건설(주) 물류사업부문은 제외한다.

부분집합 E 위에서 정의된 어떤 함수 h를 $h : E \rightarrow [0,1]$, 집합 X의 임의의 부분집합 A에 대해 실수값 $g(A)$ 을 대응시키는 퍼지측도 g 을 $g : P(X) \rightarrow [0,1]$ 이라 두고, 함수 h의 퍼지측도 g에 의한 E상의 퍼지적분은 다음과 같이 정의된다.

$$\int h(x) \circ g = \vee [(\wedge h(x)) \wedge g(A)] \quad (3)$$

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 인 유한집합의 경우, n의 원소 x_i 에 대한 $h(x_i)$ 의 크기순으로 나열한 대응원소를 x_i 라 두면 다음 식이 성립된다.

$$h(x_1) \geq h(x_2) \geq \dots \geq h(x_n) \quad (4)$$

위에 정해진 단조적인 집합열에 대해 퍼지측도의 단조성을 적용하면

$$g(A_n(X_1)) \leq g(A_n(X_2) \leq g(A_n(X_i))) \quad (5)$$

이므로, 퍼지적분은

$$\int h(x_i) \circ g = \vee [(\wedge h(x_i)) \wedge g(A_n(x_i))] \quad (6)$$

로 된다.

4.2 퍼지적분의 가역성

Fig. 4에서 보는 바와 같이 그림에 나타난 개념도는 x를 퍼지입력, y를 퍼지출력으로 한 퍼지시스템이다. x를 X상의 퍼지집합, R을 X×Y상의 퍼지집합으로 한다. 또 R이 주어진다고 하면 임의의 퍼지입력 x에 대한 퍼지출력을 y를 Sup-min합성에 따라 다음과 같이 정의할 수 있다.

Fig. 4에 나타난 퍼지시스템에 있어서 만약 퍼지관계 R이 알려지지 않은 경우에는 퍼지입력 x와 그것에 대한 퍼지출력 y에 의해 R을 구하는 문제가 생긴다. 또 R과 y를 이미 알고 있고 그때의 x가 알려지지 않은 경우도 있다. 결국 이들의 문제는 다음의 식 (7)에서 x, R의 어느 쪽인가가 알려지지 않았을 때, 한쪽을 구하는 문제가 된다.

$$x \circ R = y \quad (7)$$

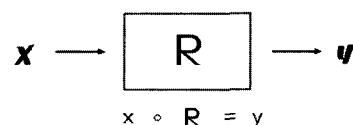


Fig. 4. 퍼지관계 R에 의한 퍼지시스템의 표현

퍼지계층구조의 평가는 평가알고리즘에서 알 수 있는 것처럼 중요도 $g(\cdot)$ 을 동정하고 평가대상에 대한 평가치 $h(\cdot)$ 을 구하여 퍼지적분을 수행하는 순방향의 평가를 하고 있다. 그러나 임의의 평가항목에 대한 상태를 변화시켜 통합평가치를 개선하고자 할 경우 어떤 평가항목을 선정하는 것이 가장 바람직한가를 파악할 필요가 있다. 이러한 경우에는 $g(\cdot)$ 및 I 로부터 $h(\cdot)$ 을 추정하여야 하며 이것은 바로 퍼지적분의 역문제에 해당된다.

상기의 식 (6)을 근거로 $g(\cdot)$ 및 I 로부터 $h(\cdot)$ 을 구할 경우 $h(\cdot)$ 는 일반적으로 무수히 존재하지만 이들 중 최대해 및 최소해를 구하는 방법은 다음과 같이 나타낼 수 있다. 즉 $h(\cdot)$ 의 최대해 h^m 은 다음의 식 (8)과 같은 연산에 의해 구할 수 있다.

$$h^m = g(\cdot) @ I \quad (8)$$

단,

$$g(\cdot) @ I = \begin{cases} g(\cdot) \leq I \text{ 이면 } h^m(x_i) = 1 \\ g(\cdot) > I \text{ 이면 } h^m(x_i) = I \end{cases}$$

한편, $h(\cdot)$ 의 최소해 h^l 은 다음의 \textcircled{B} 연산에 의해 구할 수 있다.

$$h^l = g(\cdot) \textcircled{B} I \quad (9)$$

단,

$$g(\cdot) \textcircled{B} I = \begin{cases} g(\cdot) < I \text{ 이면 } h^l(x_i) = I \\ g(\cdot) \geq I \text{ 인 경우} \\ i) \min_{x_i} (g(A_h(x_i)) - I) \text{인 } h^l(x_i) = I \\ ii) \text{그 외의 경우 } h^l(x_k) = 0 \end{cases}$$

따라서 h, h^l, h^m 사이에는 다음의 관계가 성립한다.

$$h^l \subset h \subset h^m \quad (10)$$

식 (10)으로부터 알 수 있는 것처럼 퍼지적분의 가역해는 임의적으로 존재하는 것이 아니라 상한치와 하한치를 경계로 무수히 존재한다. 그러나 통합평가치를 개선하고자 할 경우, h^l 및 h^m 은 중요한 정보를 제공한다. 즉 $h^m(x_i) = 1$ 인 평가항목 x_i 는 단독으로 통합평가치를 개선할 수 없는 항목이며 $h^l(x_k) = 0$ 인 평가항목 x_k 는 단독으로 통합평가치를 개선할 수 있는 항목이다.

또한 퍼지적분의 성질로부터 $I \subseteq I^*$ 에 대하여 $h \subseteq h^*$ 가 되며 h^m 및 h^l 은 다음 범위의 값을 갖는다.

$$I \leq h^m \leq 1 \quad (11)$$

$$0 \leq h^l \leq I$$

다음은 이상의 가역해의 성질을 이용하여 현 상태의 통합평가치를 I , 개선후의 통합평가치를 I^* 로 두어 구체적으로 통합평가치를 개선하는 방법을 나타낸 것이다.

- $I^* > \max h(\cdot)$ 로 개선하는 경우

이 경우 거의 모든 평가항목에 대한 평가치를 개선함으로써 통합평가치를 개선하는 사례에 해당되며, 개선절차는 다음과 같다.

① $h^m(x_i) = 1$ 인 x_i 의 평가치 $h(x_i) = I^*$ 로 둔다.

② $h^l(x_k) = 0, g(A_h(x_k)) < I^*$ 인 x_k 의 평가치 $h(x_k) = I^*$ 로 둔다.

③ $h^l(x_j) = 0, g(A_h(x_j)) \geq I^*$, $\min(g(A_h(x_j)) - I^*)$ 인 x_j 의 평가치 $h(x_j) = I^*$ 로 둔다.

이상의 개선절차에 있어서 퍼지적분의 기본성질로부터 $\forall h(x_i) = I^*$ 로 두더라도 종합적으로 평가치가 I^* 로 개선되나 이러한 개선방법은 비효율적이므로 여기에서는 고려하지 않기로 한다.

- $I^* \leq \max h(\cdot)$ 로 개선하는 경우

이 경우는 소수의 평가항목에 대한 평가치를 개선함으로써 통합평가치를 개선할 수 있는 사례에 해당되며 개선절차는 다음과 같다.

① $h^m(x_i) = 1, h(x_i) < I^*$ 인 x_i 의 평가치 $h(x_i) = I^*$ 로 둔다.

② $h^l(x_k) = 0, g(A_h(x_k)) < I^*$ 인 x_k 의 평가치 $h(x_k) = I^*$ 로 둔다.

③ $h^l(x_j) = 0, g(A_h(x_j)) \geq I^*$ 인 요소 x_j 에 대하여 $\delta_j = g(A_h(x_j)) - I^*$ 라 두면,

○ $\min \delta_j$ 인 평가요소 x_k 의 평가치 $h(x_i) = I^*$ 로 둔다.

○ $h^l(x_j) = 0, g(A_h(x_j)) \geq I^*$ 인 요소 x_j 에 대하여 δ_j 값이 작은 순서로 열거하여 평가치 $h(x_j) = I^*$

로 둔다.

이 절차의 ③에 있어서 ㉠은 단독의 평가항목에 대한 평가치를 개선함으로써 통합평가치를 개선하는 경우에 해당되며, ㉡은 다수의 평가항목에 대한 평가치를 개선함으로써 통합평가치를 개선하는 경우를 나타낸 것이다.

따라서 ㉠과 ㉡ 중 어떤 절차를 선택할 것인가는 $\Delta I (= I^* - I)$ 의 크기에 따라 달라지며 평가항목의 개선비용 $C(x_i)$ 을 비교하여 결정할 필요가 있다. 즉 각 평가항목의 단위당 개선비용을 $C(x_i)$, 평가항목의 평가치 개선량 $\Delta h(x_i) = h^*(x_i) - h(x_i)$

이라 두면 평가항목의 개선비용 $C(x_i)$ 은

$$C(x_i) = \Delta h(x_i) \cdot c(x_i) \quad (12)$$

이다.

4.3 대상 물류기업의 여건변화에 따른 시나리오 분석

일반적으로 평가방법은 해당 상황에서의 평가대상들의 순위를 도출하는 것에 국한되며 이러한 방법으로는 평가순위에 영향을 미친 평가항목이 명확히 무엇인지 그리고 평가우위를 차지하기 위해 어떠한 부분을 개선시켜야 하는지에 대한 명확한 해답을 제시할 수 없다. 따라서 본 연구에는 앞서 언급한 5개의 대상 물류기업 평가결과를 근거로 퍼지 역관계 알고리즘을 적용하여 다음의 Table 7과 같이 9가지의

Table 7. 대상 물류기업의 서비스 경쟁력평가를 위한 시나리오

구분	내용
시나리오 1	· 철도물류의 신뢰성 항목을 현재 보다 5% 이상 개선시킬 경우
시나리오 2	· 철도물류의 비용성 항목을 현재 보다 5% 이상 낮출 경우
시나리오 3	· 철도물류의 신뢰성, 비용성을 현재 보다 10% 개선시킬 경우
시나리오 4	· (주)한진의 비용성을 10% 낮추고 신뢰성을 10% 개선시킬 경우
시나리오 5	· 철도물류의 신뢰성을 10% 개선시키고 대한통운(주), (주)한진의 비용성을 5% 낮추었을 경우
시나리오 6	· 철도물류의 비용성을 10% 낮추고, 대한 통운(주)의 신속성을 5% 개선시킬 경우
시나리오 7	· 철도물류의 비용성을 10% 낮추고, 세방 기업의 신뢰성과 비용성을 각각 10% 개선시킬 경우
시나리오 8	· 대한통운(주)의 비용성을 10% 높이고 (주)한진의 신속성을 5% 감소시킬 경우
시나리오 9	· 동부건설(주) 물류사업부문의 신뢰성을 20%, 비용성을 10% 개선시킬 경우

시나리오를 근거로 대상 물류기업의 경쟁력 순위 변화정도를 측정하였다.

첫째, 철도물류서비스의 평가항목 중 신뢰성 수준을 5% 개선시켰을 경우 상기의 Table 8과 같이 철도물류 서비스의 경쟁력은 기존의 0.871에서 0.902로 0.03% 상승되어 세방기업(주)을 제치고 4위에서 3위로 순위변동이 있음을 알 수 있다.

둘째, 철도물류 서비스의 평가항목 중 신뢰성과 비용성 항목을 현재 보다 10% 개선시켰을 경우, 다음의 Table 9와 같이 철도물류의 통합평가치는 0.902로 상승한 반면 대한통

Table 8. 철도물류의 신뢰성 5% 향상 시 통합평가치의 변화

구분	평가항목	퍼지평가				적분치	순위
		비용성	편의성	신뢰성	신속성		
철도물류	$h(\cdot)$	0.991	0.933	0.915	0.902	0.902	3
	$g(\cdot)$	0.158	0.462	0.707	1.000		
대한통운	$h(\cdot)$	1.000	1.000	1.000	0.996	0.996	1
	$g(\cdot)$	0.158	0.461	0.706	1.000		
(주)한진	$h(\cdot)$	1.000	0.995	0.985	0.950	0.950	2
	$g(\cdot)$	0.294	0.596	0.842	1.000		
세방기업(주)	$h(\cdot)$	0.928	0.920	0.901	0.887	0.887	4
	$g(\cdot)$	0.303	0.596	0.754	1.000		
동부건설(주)	$h(\cdot)$	0.898	0.869	0.857	0.855	0.855	5
	$g(\cdot)$	0.294	0.596	0.754	1.000		

Table 9. 철도물류의 신뢰성·비용성 10% 개선 시 통합평가치 변화

구분	평가항목	퍼지평가				적분치	순위
		비용성	편의성	신뢰성	신속성		
철도물류	$h(\cdot)$ 값	1.000	0.958	0.915	0.902	0.902	2
	$g(\cdot)$ 값	0.158	0.404	0.707	1.000		
대한통운	$h(\cdot)$ 값	1.000	1.000	0.996	0.918	0.918	1
	$g(\cdot)$ 값	0.303	0.548	0.842	1.000		
(주)한진	$h(\cdot)$ 값	1.000	0.994	0.985	0.872	0.872	3
	$g(\cdot)$ 값	0.294	0.596	0.842	1.000		
세방기업(주)	$h(\cdot)$ 값	0.928	0.920	0.887	0.827	0.842	4
	$g(\cdot)$ 값	0.303	0.596	0.842	1.000		
동부건설(주)	$h(\cdot)$ 값	0.898	0.869	0.855	0.786	0.842	4
	$g(\cdot)$ 값	0.294	0.596	0.842	1.000		

운(주)은 0.996에서 0.918, (주)한진은 0.950에서 0.872, 세방기업(주)은 0.887에서 0.842, 동부건설(주)은 0.855에서 0.842로 통합평가지가 하락하였다.

따라서 철도물류서비스의 경쟁력은 (주)한진과 세방기업(주)을 압도하여 순위가 4위에서 2위로 2단계 상승하고 다른 경쟁기업들의 통합평가지는 약간 하락했음을 알 수 있다. 이는 철도물류의 신뢰성과 비용성 수준 상승이 다른 대상기업들의 비용성 수준을 하락시킴으로써 전체적인 통합평가지치를 하락시킨 결과로 해석된다.

상기의 분석 결과, 한국철도공사는 철도물류서비스의 경쟁우위를 확보하기 위해서 신뢰성 부문에만 역점을 두기 보다는 가장 경쟁력이 높은 비용성 부문을 탄력적으로 운용할 수 있도록 신뢰성과 더불어 비용성에 대한 서비스 수준을 동시에 높이는 전략을 수립해야 할 것이다.

5. 철도물류서비스의 경쟁우위 전략

상기의 대상 물류기업의 여건변화에 따른 파급효과분석 결과를 종합하여 보면, 한국철도공사는 현재 4위인 철도물류서비스 경쟁력 수준을 1위로 향상시키기 위해서 Fig. 5와 같이 철도물류 서비스의 평가항목 중 비용성은 현재에서 16%, 편의성은 24%, 신뢰성과 신속성은 각각 28% 정도를 개선시켜야 함을 분석 결과 알 수 있다.

따라서 철도물류서비스의 경쟁력이 1위가 되기 위해서는 경쟁력이 가장 높은 항목인 비용성의 경우는 최소의 노력으로 최대의 효과가 예상되지만 운임인하 폭에 대해서는 품목별, 구간별 특성을 고려하여 산정해야 할 것이다. 또한 비용성 다음으로 경쟁력이 높은 편의성의 경우도 탄력적인 화차 배분, 실시간 화물위치 추적 및 사업다각화를 통한 고부가가치 물류서비스의 실현이 요망된다.

철도물류의 경쟁요소 중 가장 경쟁력이 떨어지는 신뢰성과 신속성은 철도물류의 서비스 평가항목 중 병목현상

(Bottleneck) 부분으로서 고객관리 전담팀 신설, 종합물류수행 전문 인력 확보 등 철도물류 이미지 개선과 더불어 철도물류의 일관수송체제 통한 Door to Door 서비스 구현 및 제공이 무엇보다도 시급하게 해결해야 할 것이다.

6. 결론

본 연구에서는 기존의 평가방법에 있어서 단순히 평가대상에 대한 평가만을 하지 않고 그 평가대상에 대한 평가치에 대한 속성을 퍼지측도와 적분치를 이용하여 동정하는 방법을 제시하였다. 이는 계층퍼지분석(Hierarchical Fuzzy Process)법에 퍼지 관계방정식의 개념을 도입하여 입·출력자료를 이용하여 이들 관계를 모색함으로써 평가치의 값을 도출할 수 있었다.

또한 본 연구결과, 철도물류서비스의 경쟁우위 전략으로서 운임인하 정책이 가장 효과적인 것으로 나타났지만 운임인하 정책의 경우 그 인하폭에 분명히 한계가 있고 한국철도공사의 경우 공공기관으로서의 향후 파장도 고려하지 않을 수 없다. 따라서 향후 마케팅 전략 수립 시 운임인하 정책을 기반으로 한 성장보다는 고객의 수요에 근거한 다양한 물류사업의 전개가 무엇보다 필수적이라 할 수 있겠다.

서비스 경쟁력 평가는 서비스 비교 항목들이 상호 중복성이 높은 대표적인 다속성 평가문제로서 본 연구에서 사용된 퍼지계층분석(Hierarchical Fuzzy Process)법은 각 평가항목간 중복성을 측정하여 평가항목간 가중치를 적용하므로 보다 정밀한 평가 결과치를 도출할 수 있다. 이러한 측면에서 경쟁관계가 치열한 산업현장에서 적용할 경우 그 활용가치는 더욱 높을 것으로 판단됨.

본 연구에서는 퍼지계층분석(Hierarchical Fuzzy Process)법을 통해 국내 주요 물류기업과 비교를 통해 철도물류서비스의 경쟁력을 파악하고 퍼지측도치와 적분치를 이용하여 퍼지역평가에 의한 평가치를 동정하는데 머물렀지만 향후 철도물류서비스의 공공성, 독점성 등 그 물류기업이 처한 입장이거나 내외부환경적인 요소 등을 모두 포함시켜 국내물류시스템 전반을 연구대상으로 하여 평가할 수 있는 방향으로 발전시켜 나가야 할 필요가 있다.

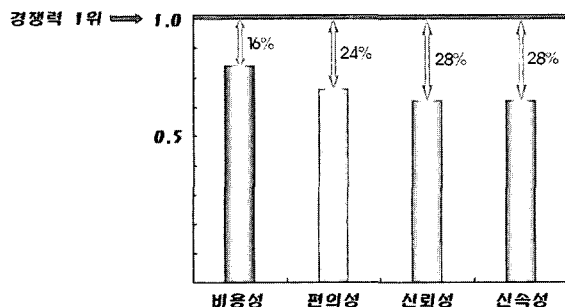


Fig. 5. 철도물류 경쟁력(1위) 향상을 위한 평가항목별 개선 정도

참고문헌

1. M. Sugeno (1974), Theory of Fuzzy Integral and Its Applications, Doctorial Thesis, Tokyo institute of Technology.
2. Shiizuka, H. & Sugiyama, T. (1992), On Decision making by

- Hierarchical Fuzzy Integrals, 8th Fuzzy System Symposium, p.33.
3. 菅野道夫 外3, ファジイシステム入門, 東京, オーム社, 1980.
 4. 本多中二·大里有生 (1989), ファジイシステム入門, 東京, 海文.
 5. 이철영·이석태 (1993), “극동아시아 컨테이너항만의 능력평가에 관한 연구”, 한국항만학회지, 7-1.
 6. 여기태·노홍승·이철영 (1996), “퍼지적분을 도입한 계층구조의 평가 알고리즘”, 해양안전학회지, 제2권 제1호.
 7. 양원 (1999), “중심항 구축을 위한 구축전략을 고려한 부산항 경쟁력 분석에 관한 연구”, 한국해양대학교 박사학위논문.
 8. 노홍승 (1997), “계층퍼지분석법을 이용한 항만물류서비스의 평가에 관한 연구”, 한국해양대학교 박사학위논문.
 9. 류형근·이철영 (2000), “퍼지관계방정식을 이용한 계층퍼지분석법에 관한 연구”, 한국항만학회 추계학술대회논문집.
 10. 허문구·이태우·신승관 (2001), 전략적 제휴 관점에서 본 제3자물류(3PL) 활용에 관한 실증분석, 한국물류학회.
 11. 구경모 (2003), *Conversion of international logistics corporation into 3PL provider: Strategies and important services*, 한국로지스틱스학회.
 12. 이충규 (2003), 제3자물류의 실태분석 및 활성화 방안에 관한 연구, 인하대학교 국제통상물류대학원.
 13. 한국철도기술연구원·한진물류연구원 (2005), “화물운임제도 개선 및 고객만족도(CSI) 지수개발 연구, 한국철도공사 연구용역 보고서.