

# 다기준 의사결정 기반의 물류중개 에이전트

정근채<sup>†</sup>

충북대학교 구조시스템공학과

## Multi-Criteria Decision Making Based Logistics Brokerage Agents

Jeong, Keun-Chae

Department of Structural Systems and Computer Aided Engineering Chungbuk National University, Cheongju, 361-763

In this paper we deal with the logistics brokerage process in which a logistics agent intermediates between vehicle owners and shippers for matching empty vehicles and freights. Based on the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methodology, the proposed agent system matches the most preferred empty vehicle to the shipper and the most preferred freight to the vehicle owner. In the proposed agent system, an MCDM based sensitivity analysis is also used for supporting decision makers under negotiations. Among various MCDM methodologies, Analytic Hierarchy Process (AHP) is utilized in this paper. Although AHP is one of the most popular MCDM methodologies, AHP needs a number of pair-wise comparisons for assessing alternatives and hence may give excessive decision making burden to the decision makers. In this paper, in order to reduce the decision making burden, a preference function based estimation method is proposed. We can expect that the MCDM based logistics brokerage agent can be used as an efficient and effective tool for e-logistics marketplaces on the internet.

**Keywords:** MCDM, AHP, preference function, agent, logistics, brokerage, sensitivity analysis

### 1. 서론

인터넷이라는 새로운 환경이 우리의 생활에 깊이 뿌리를 내리게 되면서 기존의 오프라인 형태의 시장이 온라인 형태의 전자시장(e-Marketplace)으로 급속히 변화하고 있다. 전체 원가에서 물류비용이 차지하는 비율이 11%를 상회하는 국내 제조업의 여건 상 시장의 온라인화 추세는 물류 분야에도 예외 없이 적용되어 최근의 전자조달 또는 공급망 관리라는 분야의 급부상으로 나타나고 있다(<http://www.mk.co.kr>).

이러한 변화의 영향으로 오프라인 상의 택배, 화물운송, 이삿짐 운송 등을 수행하던 전통적인 물류 기업들이 인터넷을 활용하여 화주들의 운송주문에 대한 견적을 알려주거나 운송신청을 받는 등의 온라인 비즈니스를 수행하는 형태로 옮겨가고 있다(<http://www.dwexp.co.kr>). 또한 이들은 사업의 범위를 자

사 내부에서 자사의 웹 사이트에 등록된 회원들로 확장함으로써 차주 회원에게는 운송을 필요로 하는 화물에 대한 정보를 알려주고 화주 회원에게는 화물을 운송할 수 있는 공차에 대한 정보를 제공하는 초보적 형태의 물류중개 서비스를 제공하고 있다. 나아가 몇몇 인터넷 기업들은 인터넷 상에서의 경매 또는 역경매 등의 방식에 기반한 비즈니스 모델을 통해 화물과 공차를 알선하는 물류중개업이라는 새로운 영역을 개척해나가고 있다(<http://www.e4cargo.com>). 그러나 이러한 비즈니스 모델에서 물류중개인 역할을 담당하는 대부분의 기업은 단순히 화물의 위치, 행선지, 운송기간 등과 관련된 정보를 접수하여 상대방에게 전달하는 수준의 비즈니스 모델에 머물러 있다. 또한 경매나 역경매가 이루어지는 비즈니스 모델에서도 화주나 차주는 단순히 가격이라는 하나의 기준만을 이용하여 의사결정을 하기 때문에 다각적인 측면에서 자신에게 가장 적합한

<sup>†</sup>연락처 : 정근채 교수, 361-763 충청북도 청주시 흥덕구 개신동 산48 충북대학교 구조시스템공학과 조교수,

Fax : 043-263-2409, E-mail : kcjeong@cbnu.ac.kr

2003년 6월 접수, 2회 수정 후 2003년 10월 게재 확정.

화물 및 공차 대안을 선택하지 못하는 경우가 종종 발생하고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 인터넷 상에 가상의 중개 에이전트를 도입하여 화주와 차주가 자신이 가지고 있는 다양한 평가기준을 기준으로 가장 선호하는 공차와 화물을 선택할 수 있게 하는 프로세스가 필요하다. 그러나 중개 에이전트에 대한 기존의 연구는 주로 가격이라는 한 가지 요소만을 고려하였기 때문에 여러 다양한 기준을 고려해야 하는 물류중개 영역에서의 의사결정 과정에는 실질적인 도움을 주지 못한다 (Klaus, 2000). 따라서 본 논문에서는 다기준 의사결정 방법론에 기반한 물류중개 에이전트를 활용함으로써 현재와 같이 가격이라는 하나의 평가기준만으로 화물 및 공차를 선택하지 않고 다양한 평가기준을 동시에 고려하여 최적의 화물 및 공차를 선택하는 방식을 제안한다. 즉, 다기준 의사결정 방법론을 활용하여 가격, 신용도, 운송기간 등의 여러 가지 정량적/정성적 평가기준을 함께 고려함으로써 가격 정보만을 이용하는 단편적인 의사결정이 가질 수 있는 단점을 극복하고자 하는 것이다. 화주와 차주는 물류중개 에이전트를 이용하여 자신에게 적합한 공차와 화물을 선택한 후 필요에 따라 화물 수송과 관련된 추가적인 협상을 수행할 수 있다. 또한 제안된 물류중개 에이전트 민감도 분석의 개념을 활용하여 화주와 차주의 협상 과정을 지원한다.

## 2. 물류중개 에이전트를 활용한 화물·공차 중개 프로세스

본 연구에서는 인터넷 상에서 화물을 가지고 있는 화주, 그 화물을 운송할 수 있는 공차를 소유하고 있는 차주, 그리고 이들 사이에서 서로를 연결해주는 물류중개 에이전트의 세 주체가 협업을 하는 물류중개 프로세스를 다루고 있다. 물류중개 프

로세스에서 화주는 자신의 화물을 가장 효율적으로 운송할 수 있는 공차를 수배하고자 하며 차주는 자신의 공차를 가장 효율적으로 이용하여 운송할 수 있는 화물을 수배하고자 한다. 이러한 양 주체의 목적을 만족시켜주기 위해 물류중개 에이전트의 역할이 필요하게 된다. 물류중개 에이전트는 화주와 차주로부터 중개를 위한 정보를 받아들여 가공하고 이를 바탕으로 화주와 차주의 입장에서 최적의 화물이나 공차를 선택함으로써 화주와 차주의 의사결정 과정을 지원한다.

본 연구의 대상으로 삼고 있는 물류중개 시장에서는 하나의 화물 또는 화물 묶음은 동일한 차주의 소유로 되어 있는 차량 또는 차량 묶음으로만 운송할 수 있으며, 하나의 차량은 하나의 화물만을 운송할 수 있다고 가정한다(즉, 하나의 차량이 여러 화물을 동시에 수송하는 상황이 배제되었다). 본 논문에서 하나의 화물이나 차량이라는 표현은 개별 차량과 개별 화물 또는 차량 묶음과 화물 묶음으로 해석할 수 있다. 실제 물류중개 시장의 상황을 정확하게 표현하면 “다차량 다화물” 형태이다. 그러나 하나의 화물이나 공차의 중개를 떼어놓고 생각해 보면 개별 물류 중개 사안들은 하나의 화물을 물류중개 시장에 등록하고 복수의 차량 중 그 화물의 운송을 담당할 차량을 선정하는 “일화물 다차량” 문제 또는 하나의 공차를 물류중개 시장에 등록하고 복수의 화물 중 그 공차를 이용하여 운송할 화물을 선정하는 “일차량 다화물” 형태로 정의될 수 있다.

일반적으로 이러한 상황에서 화주와 차주는 자신에게 적합한 공차와 화물의 선택을 위해 가격과 같은 하나의 단일 기준이 아닌 운송비용, 신용도, 운송기간 등의 다양한 평가기준을 이용한다. <그림 1>은 이와 같은 상황에서 몇 개의 하부 시스템으로 구성된 물류중개 에이전트가 참여하는 물류중개 프로세스를 나타내고 있다(본 논문에서는 서술의 편리성을 위해 화주 입장에서 자신의 화물을 수송하기 위한 최적의 공차를 수배하는 상황을 가정하고 서술하고 있으며, 차주 입장에서의 상황 서술은 공차와 화물을 서로 대체하면 된다).

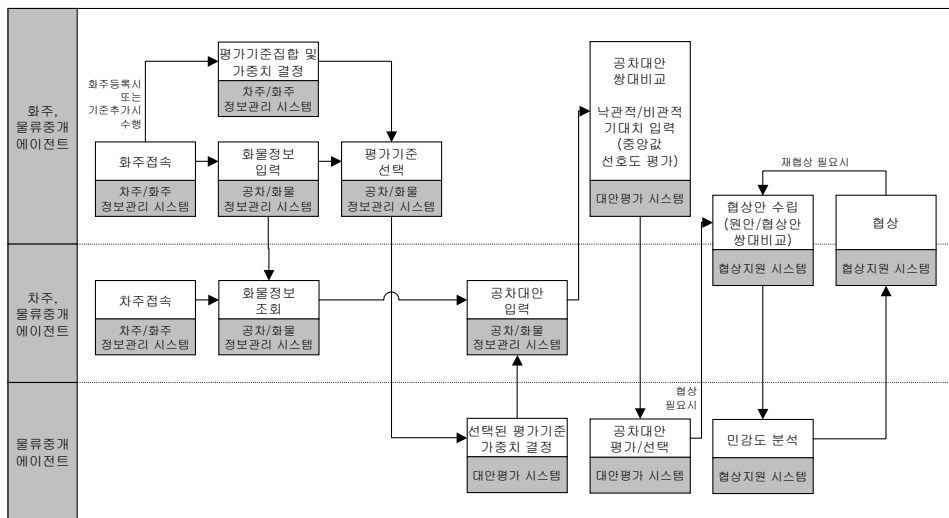


그림 1. 물류중개 에이전트를 활용한 물류중개 프로세스.

<그림 1>에 나타나 있는 바와 같이 제안된 물류중개 에이전트는 차주/화주의 기본적인 고객정보, 대안 평가기준, 그리고 평가기준에 대한 가중치 등을 관리하기 위한 차주/화주 정보관리 시스템, 화물의 출·도착지, 공차대안 평가를 위해 선택된 평가기준 및 가중치 등 공차/화물과 관련된 정보를 관리하기 위한 공차/화물 정보관리 시스템, 공차대안의 평가를 위한 대안평가 시스템, 그리고 마지막으로 민감도 분석을 통해 협상과정을 지원하기 위한 협상지원 시스템의 네 개의 정보시스템을 활용한다. 이와 같은 물류중개 에이전트를 매개체로 하여 화주와 차주간의 물류중개를 위해 필요한 정보가 유통됨으로써 화물과 공차에 대한 중개가 이루어진다.

화주의 화물을 운송하기 위한 최적의 공차를 선택하기 위한 과정은 다음과 같다. 화주는 자신이 가지고 있는 화물을 운송할 공차를 수배하기 위해 물류중개 에이전트의 차주/화주 정보관리 시스템에 접속하고 평가기준에 대한 변경이 필요한 경우 평가기준 및 평가기준에 대한 가중치를 수정한다. 이후 화주는 공차/화물 정보관리 시스템을 이용하여 운송하고자 하는 화물에 대한 정보를 입력한다. 마찬가지로 차주는 공차/화물 정보관리 시스템을 이용하여 화주가 입력한 화물정보를 바탕으로 자신이 보유하고 있는 공차로 해당 화물을 수송하는 경우에 대한 운송가격, 운송기간 등의 공차대안정보를 입력한다. 이후 대안평가 시스템은 화주와의 상호작용을 통해 획득한 평가기준 및 평가기준에 대한 가중치와 차주로부터 얻은 공차대안정보 등을 이용하여 복수의 차주로부터 얻은 공차대안들의 평가점수를 계산하고, 최종적으로 물류중개 에이전트는 가장 높은 점수를 갖는 공차대안을 선택한다.

최종적으로 선택된 공차대안은 차주에 의해 만들어진 것이기 때문에 화주의 입장에서 추가적인 조정을 원할 수 있으며, 이와 같은 경우 협상지원 시스템을 활용한 협상과정이 뒤따른다. 즉, 화주는 자신에게 보다 적합한 협상대안을 만들어 차주에게 제시하고 차주가 해당 협상대안을 검토한 후 대안을 수락하면 협상이 종료된다. 예를 들면, 화주는 여러 개의 공차대안 중 자신의 화물을 50,000원에 3일 이내에 운송해주겠다고 제시한 차주의 공차대안을 최고 선호도로 선택하였지만 이때 차주가 제시한 50,000원의 운송비와 3일의 운송기간에 대해 화주가 조정을 원하는 경우 협상 프로세스가 시작되는 것이다. 즉, 화주는 운송비를 10% 인상하는 대신에 운송기간을 2일로 줄여주는 협상대안을 가지고 차주와 협상에 임할 수 있는 것이다. 이 때 화주는 새롭게 만들어진 협상대안이 원안에 비해 얼마나 유리한 것인지를 판단하기 위해 협상지원 시스템이 제공하는 민감도 분석 결과를 이용한다.

### 3. 물류중개를 위한 다기준 의사결정 방법론

본 연구에서 제안하는 물류정보 에이전트는 화주와 차주에게 적합한 공차와 화물을 중개하기 위해 다기준 의사결정 방법론

을 활용한다. 다기준 의사결정(Multi-Criteria Decision Making)이란 두 개 이상의 기준을 갖는 유한 개의 대안들 중에서 하나 또는 그 이상의 대안을 선택하는 것을 말한다(Eng *et al.*, 1999). 모든 의사 결정자들은 상반된 기준과 불안정한 정보, 그리고 제한된 자원하에서 최적의 의사결정을 내려야 한다. 이렇게 상이한 환경적 요소와 사회/경제적 상충 문제를 고려하여 대안을 선택함에 있어서 복잡한 상쇄효과를 분석해주는 방법론과 합리적인 체계를 통해 대안을 추출하는 방법론 사이의 합의점을 찾아 통합하는 접근 방법이 다기준 의사결정 방법론이다(Seo and Sakawa, 1988). 본 연구에서는 가장 최근에 개발되어 널리 활용되는 다기준 의사결정 방법론 중 하나인 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 이용한다. AHP 기법이란 다기준 문제를 다양한 계층으로 분류하여 그들을 각각 한 쌍씩 비교하는 쌍대비교 방법을 사용하여 합리성을 보증하는 다기준 의사결정 방법론이다(Satty, 1980; Tam *et al.*, 2002). AHP 기법은 자동차 구매, 정보시스템 평가, 장비 선택, 생산시스템 평가, 통신시스템 공급자 선정, 공장입지 선택 등의 분야에서 선택과 관련된 다양한 의사결정 문제에 적용되어 그 유용성이 검증된 방법론이다(Byun, 2001; Kim and Moon, 1997; Lin and Yang, 1996; Oeltjenbruns *et al.*, 1995; Tam and Tummala, 2001; Yang and Lee, 1997). 본 장에서는 물류중개 에이전트의 구축을 위해 설계된 AHP 기반의 공차대안 선택 방법과 민감도 분석 방법에 대해 서술한다.

#### 3.1 평가기준의 선택과 가중치의 결정

화주의 입장에서 자신의 화물을 운송하기 위한 최적의 공차를 선택하기 위해서는 공차대안을 평가할 수 있는 평가기준을 가지고 있어야 한다. 그러나 모든 화물에 대해 항상 동일한 평가기준을 사용하는 것보다는 운송하고자 하는 화물의 특성에 적합한 평가기준을 선별하여 사용하는 것이 바람직하다. 따라서 본 연구에서 제안하는 물류중개 에이전트는 차주/화주 정보관리 시스템에 화주 고객정보 데이터베이스를 유지하여 그 안에 사용 가능한 전체 평가기준을 저장하고 운송할 화물이 발생하는 경우 화물의 특성을 고려하여 이 중 몇 개의 평가기준을 선택하여 사용하는 방식을 이용한다.

일반적으로 평가기준은 대평가기준, 중평가기준, 소평가기준 등 복수 계층으로 구성된 구조를 가질 수 있다. 화주들과의 인터뷰를 통해 분석해 본 결과, 공차대안의 선택을 위한 평가기준은 차주에 대한 평가기준과 개별 공차단위에 대한 평가기준으로 대별될 수 있다. 예를 들어, 차주에 대한 평가기준은 기업의 신뢰도, 기업의 안정성, 기업의 업계 매출 순위 등 비교적 장기간에 걸쳐 변화하는 항목을 들 수 있으며, 개별 공차단위에 대한 평가기준은 운송비용, 운송기간, 운송사고 보상범위 등 개별화물의 특성에 따라 변화하는 항목들을 들 수 있다. 이러한 평가기준은 확일적이기 보다는 화주의 의사결정 방식의 특성, 주로 다루고 있는 화물의 종류 및 특성, 화물운송 시장의

특성 등의 요인에 의해 다양하게 결정될 수 있다. <그림 2>는 두 단계의 계층구조를 갖는 평가기준 집합의 사례를 나타내고 있다.

화주 각각에 대해서 자신이 사용할 평가기준을 결정하고 난 후에는 평가기준에 대한 상대적 중요도를 나타내는 가중치를 결정해야 한다. 평가기준에 대한 가중치는 의사결정자로서의 화주의 선호도를 반영하여 결정되는 수치로 각 평가대안에 대한 쌍대비교 방법을 이용하여 계산된다. 다음은 가중치 계산을 위해 사용되는 기호에 대한 정의이다.

- $S$  : 화주가 사용하는 평가기준의 전체집합
- $S^N$  : 특정 화물에 대한 공차대안의 평가를 위해 선택된 평가기준의 부분집합,  $S^N \subseteq S$
- $p_{ik}$  : 평가기준  $i$  와 평가기준  $k$  간의 쌍대 비교치,  $p_{ii} = 1$ ,  
 $p_{ik} = 1/p_{ki}, i, k \in S$
- $w_i$  : 평가기준  $i$  에 대한 가중치,  $i \in S$
- $w_i^N$  : 선택된 평가기준  $i$  에 대한 표준가중치,  $i \in S^N$

먼저 평가기준에 대한 가중치를 계산하기 위해서, 화주는 평가기준 간의 쌍대비교를 수행해야 한다. 쌍대비교는 3단계, 5단계, 7단계, 또는 9단계 등의 다양한 수준에서 이루어 질 수 있다. 예를 들어, 쌍대비교를 이용하여 평가기준 1과 평가기준 2에 대한 쌍대비교치  $p_{12}$ 가 1보다 작은 값이 나오는 경우 평가기준 1이 평가기준 2보다 중요하지 않다는 의미이며, 1이 나온 경우 두 평가기준은 그 중요성이 대등하다는 의미이며, 1보다 큰 값이 나오는 경우 평가기준 1이 평가기준 2보다 중요하다는 의미이다. 그리고 숫자의 크기는 상대적 중요도의 크기를 의미한다. 즉,  $p_{12}$ 의 값이 1인 경우보다 5인 경우가 평가기준 1이 평가기준 2보다 중요한 정도가 더 심하다는 것을 나타낸다. 모든 평가기준 쌍에 대해 쌍대비교치  $p_{ik}$ 를 구하고 난 다음에는 식 (1)을 이용하여  $p'_{ik}$ 을 계산한다.

$$p'_{ik} = p_{ik} / \sum_{i \in S} p_{ik}, i, k \in S \quad (1)$$

다음으로 식 (2)를 이용하여 평가기준의 가중치  $w_i$ 를 계산한

다. 이렇게 구해진 평가기준에 대한 가중치의 합은 1이 된다.

$$w_i = \sum_{k \in S} p'_{ik} / n(S),$$

$n(S)$ 는  $S$ 에 속한 평가기준의 개수,  $i \in S \quad (2)$

앞서 언급한 바와 같이 화물을 운송하기 위한 공차를 선택할 때 화주는 화물의 특성에 따라 전체 평가기준 중 일부의 평가기준을 선택하여 사용한다. 이러한 경우 평가기준을 모두 사용하지 않기 때문에 사용하는 평가기준에 대한 가중치의 합을 1로 유지하기 위해 식 (3)과 같이 가중치를 정규화한다.

$$w_i^N = w_i / \sum_{i \in S^N} w_i, i \in S^N \quad (3)$$

이와 같은 방법으로 특정한 화물의 운송을 위한 공차대안 선택을 위해 사용되는 평가기준과 그에 대응하는 표준 가중치  $w_i^N$ 을 얻을 수 있다. AHP와 같은 합리적 의사결정 방법론이 물류중개 현장에서 실용적으로 이용되기 위해서는 방법론을 사용하기 위해 필요한 화주의 의사결정 부담을 최소화시킬 필요가 있다. 본 논문에서 제안하고 있는 물류중개 에이전트에서는 화주가 최초 등록시점에 전체 평가기준의 집합을 한번만 등록한 후 평가기준에 대한 쌍대비교를 통해 평가기준의 가중치를 결정하고 나면, 향후 화물이 발생하는 시점에 특정 화물에 대한 평가기준을 선택하기만 하면 추가적인 의사결정 부담 없이 자동적으로 표준 가중치를 얻을 수 있다는 장점이 있다 (제안된 방법론은 전체 평가기준 집합에 대해 산정된 가중치의 상대적인 크기가 특정한 화물에 대해 선택된 평가기준의 부분집합에 대해서도 일관성 있게 유지되는 경우에 효과적으로 활용될 수 있으며, 이와 같은 가정이 성립되지 않는다고 판단되는 경우에는 추가적인 의사결정 부담을 투입하여 선택된 평가기준에 대한 가중치를 새롭게 산정하여야 한다). 그러나 이러한 개념을 이용하는 경우에도 화주의 의사결정 양식의 변화나 외적인 환경의 변화에 의해 새로운 평가기준이 추가되는 경우 다시 한번 쌍대비교 절차를 통해 전체 평가기준의 가중치  $w_i$ 를 새롭게 갱신해야 한다.

물류중개 에이전트는 초기에 화주와의 상호작용을 통해 화주 고유의 평가기준을 추출하고 이에 대한 쌍대비교를 통해

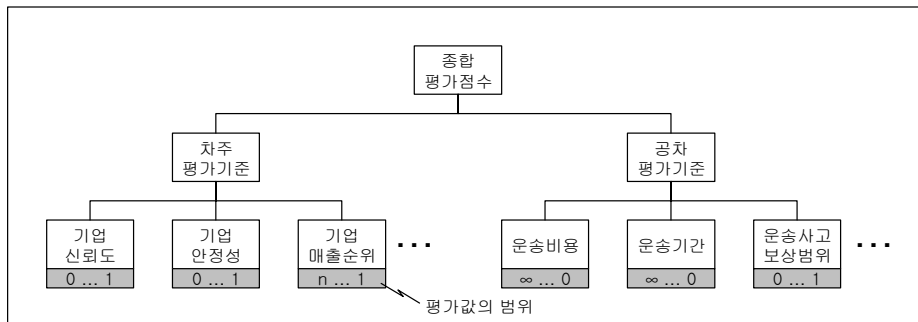


그림 2. 계층적 구조의 평가기준 예.

위와 같은 방법으로 가중치를 구한 후 이를 화주/차주 정보관리 시스템에 저장한다. 추후 화주가 특정한 화물의 운송을 위한 공차대안을 평가하는 경우, 화주가 적합한 평가기준을 선택하게 되면 화물/공차 정보관리 시스템은 자동적으로 선택된 평가기준에 대한 표준가중치를 계산하여 공차대안의 평가를 위한 대안평가 시스템으로 전달한다.

3.2 공차대안의 평가와 선택

화주에 의해 평가기준이 선택되고 물류중개 에이전트에 의해 표준가중치가 계산되면 이 정보는 운송할 화물정보와 함께 차주에게 전달된다. 차주는 화주가 입력한 화물의 출발지, 도착지, 종류 등의 화물정보와 평가기준에 대한 표준가중치를 참조하여 공차대안을 입력한다. 여기서 공차대안을 입력한다는 것은 물류중개 에이전트에 의해 차주정보 차원에서 관리되는 차주 평가기준에 대한 정보를 제외한 개별 화물에 의존적인 모든 평가기준  $i$ 에 대해 차주가 공차대안  $j$ 에 대한 입력값  $a_{ij}$ 를 입력하는 것을 의미한다. 즉, 차주는 자신의 공차를 사용하여 해당 화물을 운송하는 경우의 운송비용, 운송기간, 운송사고 처리범위 등에 대한 입찰정보를 입력한다.

3.2.1 쌍대비교 기반의 표준평가치 산정

<그림 2>에 나타나 있는 바와 같이 각 평가기준은 특성에 따라 다양한 평가치 차원에서의 범위를 가질 수 있다. 예를 들어 운송비용은 비용(원)의 차원이고 운송기간은 시간(일)의 차원이며 운송사고 보상범위는 0부터 100% 사이의 값만을 가질 수 있다. 따라서 차주가 입력한 공차대안에 대한 평가치를 그대로 이용하는 경우 평가점수를 심하게 왜곡할 수 있기 때문에 표준화된 평가치를 구할 필요가 있다. 이를 위해 화주는 평가기준에 대한 가중치를 구하는 경우와 마찬가지로 차주로부터 제시된 다양한 공차대안을 각 평가기준의 측면에서 쌍을 지어 비교하는 방식을 이용한다. 다음은 표준 평가치 계산을 위해 사용되는 기호에 대한 정의이다.

- $T$  : 공차대안의 집합
- $a_{ij}$  : 평가기준  $i$ 에 대한 차주의 공차대안  $j$ 의 입력값,  
 $i \in S^N, j \in T$
- $a_{ij}^N$  : 평가기준  $i$ 에 대한 화주의 공차대안  $j$ 의 표준평가치,  
 $i \in S^N, j \in T$
- $q_{ijl}$  : 평가기준  $i$ 에 대한 공차대안  $j$ 와 공차대안  $l$ 의 쌍대 비교치,  $q_{ijj} = 1, q_{ijl} = 1/q_{lji}, i \in S^N, j, l \in T$

먼저 공차대안에 대한 표준평가치를 계산하기 위해서, 화주는 차주가 입력한 공차대안 정보  $a_{ij}$ 에 근거해서 공차대안에 대한 쌍대비교를 수행해야 한다. 공차 대안간 쌍대 비교치  $q_{ijl}$ 은 대안 간의 상대적 선호 우위를 나타낸다는 점만을 제외하고는 가중치를 구하기 위해 사용되었던 쌍대 비교치  $p_{ik}$ 와 동

일한 의미를 갖는다.  $q_{ijl}$ 을 구한 이후에는 식 (4)를 이용하여  $q'_{ijl}$ 을 계산한다.

$$q'_{ijl} = q_{ijl} / \sum_{j \in T} q_{ijl}, i \in S^N, j, l \in T \quad (4)$$

다음으로 식 (5)를 이용하여 표준 평가치  $a_{ij}^N$ 을 계산한다. 이렇게 구해진 표준평가치의 각 평가기준에 대한 합은 1이 된다.

$$a_{ij}^N = \sum_{l \in T} q'_{ijl} / n(T), n(T) \text{는 } T \text{에 속한 공차대안의 개수,} \\ i \in S^N, j \in T \quad (5)$$

3.2.2 선호도 함수 기반의 표준평가치 산정

쌍대비교 기반의 표준평가치 산정 방식은 보다 정확하게 화주의 선호도를 반영하여 공차대안을 선택할 수 있다는 장점도 있지만 화물의 수가 증가하고 그에 따라 비교해야 할 공차대안이 급증하는 경우에는 화주에게 엄청난 의사결정 부담을 지우게 된다. 평가기준의 가중치 선정을 위한 쌍대비교는 화주가 물류중개 에이전트 시스템에 처음으로 등록하는 시점에 한번만 수행하고 추후 새로운 평가기준의 추가시에만 새롭게 수행하면 되므로 화주에게 큰 부담이 아닐 수 있지만, 화물의 발생 시점마다 공차대안의 평가를 위해 반복적으로 수행되어야 하는 쌍대비교는 화주에게 커다란 의사결정 부담으로 작용한다. 결국 이러한 문제점은 물류중개 에이전트 시스템의 활용성을 크게 떨어뜨리는 상황을 초래할 수 있다. 따라서 물류중개 에이전트의 실용성을 높이기 위해서는 이러한 의사결정 부담을 최소화하는 보다 효율적인 방안이 필요하다.

AHP 방법론 자체에 대한 기존의 많은 연구가 있었지만 이들 대부분은 쌍대비교 방법을 기본으로 하여 일치성(consistency)이 결여된 쌍대비교 행렬로부터 좀더 정확한 가중치를 계산해 내기 위한 방안의 수립을 주로 다루고 있으며, 가중치 산정을 위해 쌍대비교 자체를 대체할 수 있는 방안에 대한 연구는 전무한 형편이다(Kumar and Ganesh, 1996; Lipovetsky, 1996; Carmone et. al., 1997; Lai, 1995; Lipovetsky and Michael Conklin, 2002; Stam and Duarte Silva, 2003). 물론 쌍대비교를 통한 가중치의 결정이 이론적으로 가장 정확한 방법이기 때문에 이와 같은 연구 경향이 나타나고 있는 것이다. 따라서 본 연구에서도 전술한 바와 같이 평가기준의 가중치를 계산하기 위해서는 쌍대비교를 이용하는 방법을 적용하였다. 반면에 일회성이 아닌 반복적으로 발생하는 화물에 대한 공차대안의 평가를 위해서는 정확성이 다소 떨어질 수는 있지만 의사결정의 부담을 줄여 에이전트 시스템의 실용성을 높일 수 있는 방안이 보다 바람직할 수 있다. 이러한 배경 하에 본 연구에서는 공차대안에 대한 화주의 쌍대비교를 통해 표준평가치를 계산하는 방식과 더불어 화주의 선호도함수를 간단하게 추정하여 표준평가치를 계산할 수 있는 새로운 방안을 제시한다.

일반적으로 선호도함수는 <그림 3>과 같이 선형, 볼록형,

오목형으로 크게 구분해 볼 수 있다. 선형은 선호도 증가율이 일정한 경우를 의미하며, 볼록형은 비관적기 대치 근처의 선호도 증가율이 낙관적기 대치 근처의 선호도 증가율보다 높은 경우를 의미하며, 오목형은 반대의 경우를 의미한다. 선호도 함수가 볼록형 또는 오목형인 경우에는 일반적으로 사용의 편리성을 위해  $p(x) = (1 - e^{-rx}) / (1 - e^{-r})$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq p(x) \leq 1$ ) 형태의 음지수(negative exponential)함수를 이용하며, 본 연구에서도 동일한 형태의 함수를 활용한다(Kim, 1991). 다음은 화주의 선호도 함수의 추정을 통해 표준평가치를 계산할 때 사용되는 기호에 대한 정의이다.

- $b_i^p$ : 화주가 평가기준 선택시 입력한 평가기준  $i$ 에 대한 비관적 기대치
- $b_i^o$ : 화주가 평가기준 선택시 입력한 평가기준  $i$ 에 대한 낙관적 기대치
- $r$ : 선호도계수:  $r > 0$ 이면 볼록형 선호도함수,  $r < 0$ 이면 오목형 선호도함수

먼저 화주는 평가기준을 선택하면서 각 기준에 대한 비관적 기대치  $b_i^p$ 와 낙관적 기대치  $b_i^o$ 를 입력한다. 선형 선호도함수를 가정하는 경우에는 다음의 식 (6)을 이용하여 표준평가치  $a_{ij}^N$ 을 계산한다(아래의 내용은 평가기준이 혜택과 관련된 것으로 가정하여 평가치가 크면 클수록 선호되는 상황에 대해 서술하였으며, 평가치가 작으면 작을수록 선호되는 비용과 관련된 평가기준에 대해서는 괄호 안에 서술하였다).

$$\begin{aligned}
 a_{ij}^N &= 0, \text{ if } a_{ij} \leq b_i^p \text{ (} a_{ij} \geq b_i^o \text{)} \\
 &= 1, \text{ if } a_{ij} \geq b_i^o \text{ (} a_{ij} \leq b_i^p \text{)} \\
 &= \frac{a_{ij} - b_i^p}{b_i^o - b_i^p} \left( \frac{b_i^o - a_{ij}}{b_i^o - b_i^p} \right), \text{ o/w, } i \in S^N, j \in T \quad (6)
 \end{aligned}$$

볼록형 또는 오목형 선호도함수를 이용하는 경우에는 다음의 식 (7)을 이용하여 표준평가치  $a_{ij}^N$ 을 계산한다.

$$\begin{aligned}
 a_{ij}^N &= 0, \text{ if } a_{ij} \leq b_i^p \text{ (} a_{ij} \geq b_i^o \text{)} \\
 &= 1, \text{ if } a_{ij} \geq b_i^o \text{ (} a_{ij} \leq b_i^p \text{)} \\
 &= p \left( \frac{a_{ij} - b_i^p}{b_i^o - b_i^p} \right) = \frac{\left( 1 - e^{-r \frac{a_{ij} - b_i^p}{b_i^o - b_i^p}} \right)}{(1 - e^{-r})} \quad (7) \\
 &\left( p \left( \frac{b_i^o - a_{ij}}{b_i^o - b_i^p} \right) = \frac{\left( 1 - e^{-r \frac{b_i^o - a_{ij}}{b_i^o - b_i^p}} \right)}{(1 - e^{-r})} \right), \text{ o/w, } i \in S^N, j \in T
 \end{aligned}$$

볼록형과 오목형 선호도함수를 이용하기 위해서는 선호도 계수  $r$ 를 결정해야 한다. 본 연구에서는  $r$ 값을 얻기 위해 화주에게 낙관적 기대치(선호도: 1)와 비관적 기대치(선호도: 0)의 중앙값, 즉,  $(b_i^o + b_i^p)/2$ 를 제시한 후 화주의 선호도를 입력받는 방식을 이용한다. 이때 중앙값에 대해 화주가 입력한 선호도를  $\alpha$ 라 할 때,  $\alpha$ 값이 1/2인 경우에는 선형 선호도함수를 이용하며,  $\alpha$ 값이 1/2보다 큰 경우에는 볼록형 선호도함수를 이용하며,  $\alpha$ 값이 1/2보다 작은 경우에는 오목형 선호도함수를 이용한다(<그림 3> 참조). 화주가 1/2이 아닌  $\alpha$ 값을 입력하면 화주의 선호도함수는 볼록형 또는 오목형 선호도함수로 판별되며, 식 (7)에서  $a_{ij}^N$ 과  $a_{ij}$ 를 각각  $\alpha$ 와  $(b_i^o + b_i^p)/2$ 로 대체하여 정리하면 식 (8)을 얻을 수 있다.

$$\alpha = p \left( \frac{\frac{b_i^o + b_i^p}{2} - b_i^p}{b_i^o - b_i^p} \right) = p(1/2) = (1 - e^{-r/2}) / (1 - e^{-r}) \quad (8)$$

$\alpha$ 가 1/2보다 큰 경우, 즉 볼록형 선호도함수로 판별이 된 경우에 대해 식 (8)을  $r$ 에 대해 풀면,  $r$ 은 식 (9)와 같이 표현될 수 있다.

$$r = -2 \ln \left( \frac{1 - (4\alpha^2 - 4\alpha + 1)^{1/2}}{2\alpha} \right) \quad (9)$$

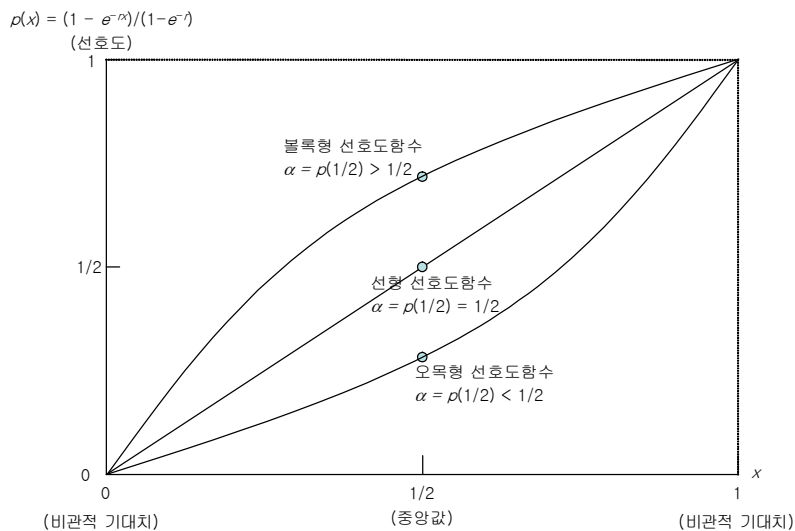


그림 3. 선호도함수.

비슷한 방식으로  $\alpha$ 가 1/2보다 작은 경우, 즉 오목형 선호도 함수로 판별된 경우에 대한  $r$  값을 구해보면, 부호 하나를 제외하고 식 (9)와 동일한 형태의 식 (10)과 같이 표현될 수 있다.

$$r = -2 \ln \left( \frac{1 + (4\alpha^2 - 4\alpha + 1)^{1/2}}{2\alpha} \right) \quad (10)$$

그러나 이와 같이 선호도함수를 기반으로 식 (6)과 (7)을 이용하여 계산된 표준평가치는 앞서 쌍대비교 방식을 통해 얻어진 표준평가치와 달리 각 평가기준에 대한 표준평가치의 합이 1이 되지 않는다. AHP 기법에서 이 값을 그대로 이용한다면 최종적으로 얻어지는 각 대안의 종합점수의 합 역시 1이 되지 않으므로 AHP 기법의 일관성을 유지할 수 없게 된다(본 논문에서 일관성 유지란 일반적으로 AHP 방법론에서의 일치성과는 별개의 것으로 AHP를 통해 계산되는 대안의 종합점수의 합이 1이 되도록 유지하는 것을 의미한다). 따라서 이와 같은 일관성의 유지를 위해 선호도함수를 기반으로 얻은 표준평가치에 대해서는 다음과 같이 정규화 과정을 수행한 후 이용한다.

$$a_{ij}^N = \frac{a_{ij}^N}{\sum_{j \in T} a_{ij}^N}, i \in S^N, j \in T \quad (11)$$

지금까지의 과정을 정리하면, 의사결정 부담을 줄이기 위해 쌍대평가를 이용하지 않고 선호도함수를 이용하여 표준평가치를 구하는 경우에는, 먼저 화주에게 낙관적 기대치와 비관적 기대치의 중앙값에 대한 선호도  $\alpha$ 를 입력받은 후, 입력값에 따라 화주의 선호도함수를 볼록형( $\alpha > 1/2$ ), 오목형( $\alpha < 1/2$ ), 선형( $\alpha = 1/2$ ) 중 하나로 판별한다. 선형 선호도함수로 판별된 경우에는 식 (6)을 이용하여 표준평가치를 계산하고, 볼록형 또는 오목형 선호도함수로 판별된 경우에는 식 (9)와 (10)을 이용하여 선호도계수  $r$  값을 추정한 후 식 (7)을 이용하여 표준평가치를 계산한다. 마지막으로 식 (11)을 이용하여 각 평가기준에 대한 표준평가치의 합이 1이 되도록 정규화한다.

공차대안 간 쌍대비교를 이용하거나 선호도함수를 이용하여 표준평가치를 구한 이후에는 물류중개 에이전트는 식 (12)를 이용하여 공차대안  $j$ 에 대한 종합점수  $m_j$ 를 계산한 후, 최종적으로 종합점수가 가장 높은 공차대안을 선택하여 화주에게 전달하게 된다.

$$m_j = \sum_{i \in S^N} w_i \cdot a_{ij}^N, j \in T \quad (12)$$

쌍대비교 기반의 표준평가치 산정 방법과 선호도 함수 기반의 표준평가치 산정 방법을 비교해보면 쌍대비교 기반의 표준평가치 산정 방법은 공차대안에 대한 화주의 선호도를 보다 정확하게 반영하여 표준평가치를 구할 수 있지만 공차대안이 증가하는 경우 쌍대비교를 위한 의사결정 부담도 비례하여 증가한다는 단점이 있다. 반면 선호도함수 기반의 표준평가치 산정 방법을 사용하는 경우에는 모든 경우의 수에 대해 쌍대비교를 수행하지 않고 단순히 낙관적/비관적 기대치와 중앙값

에 대한 선호도를 이용하여 공차대안에 대한 표준평가치를 추정하므로 상대적으로 화주의 선호도를 정확하게 반영하지 못할 수 있지만 쌍대비교로 인한 의사결정 부담을 대폭적으로 줄일 수 있다. 따라서 공차대안의 수가 적은 경우에는 쌍대비교 기반의 표준평가치 산정 방법의 사용이 바람직하며, 공차대안의 수가 크며 비슷한 유형의 화물이 반복적으로 발생하는 경우에는 의사결정 부담을 줄이기 위해 선호도 함수 기반의 표준평가치 산정 방법을 이용하는 것이 바람직하다고 말할 수 있다.

### 3.3 협상과정 지원을 위한 민감도 분석

화주가 차주의 공차대안을 선택한 후 공차대안에 대한 세부 사항을 조정하기 위한 협상을 수행할 필요가 있는 경우가 발생한다. 이러한 경우 화주는 현재 선택한 공차대안을 조정하여 새로운 협상대안을 생성한다. 이때 물류중개 에이전트는 원래의 공차대안과 새로운 협상대안의 종합점수의 차이를 분석하여 화주에게 알려줌으로써 새로운 협상대안이 화주에게 유리한 것인지 불리한 것이지를 판단할 수 있도록 지원한다. 본 논문에서 민감도 분석이란 이와 같이 원래의 공차대안의 평가기준에 대해 평가값을 변경하였을 때 종합점수에 미치는 차이를 분석하는 것을 의미한다.

#### 3.3.1 상대민감도 추정 방법

본 논문에서는 민감도를 평가하기 위한 방법으로 상대민감도 추정 방법과 절대민감도 추정 방법의 두 가지를 제시한다. 두 방법은 표준 평가치를 얻는 방식에 따라 구별된다. 먼저 상대민감도 추정 방법이란 원안과 협상안에 대한 쌍대비교를 통해 표준평가치를 계산함으로써 서로에 대한 상대적인 선호도의 차이를 민감도로 나타내는 방법을 말한다. 상대 민감도를 구하기 위해서는 먼저 식 (4)와 (5)를 이용하여 원안과 협상안에 대한 표준평가치를 계산하고, 식 (12)를 이용하여 두 대안의 종합점수  $m_{\text{원안}}$  과  $m_{\text{협상안}}$  을 구한 후 민감도  $\Delta (= m_{\text{원안}} - m_{\text{협상안}})$ 를 계산한다. 결과적으로 계산된 민감도  $\Delta$ 가 양의 값이면 원안이 협상보다 선호되는 것을 의미하며,  $\Delta$ 가 음의 값이면 협상안이 원안보다 선호되는 것을 의미한다. 또한  $\Delta$ 의 절대값은 원안과 협상안 사이의 선호도의 차이가 어느 정도가 되는지에 대한 척도로 이용될 수 있다.

#### 3.3.2 절대민감도 추정 방법

절대민감도 추정 방법에서는 상대민감도 추정 방법과는 달리 화주가 쌍대비교를 하는 과정이 생략되고 대신 낙관적/비관적 기대치를 이용하여 식 (6), (7), (11)과 같이 원안과 협상안의 표준평가치를 계산한다. 이후 상대민감도 추정 방법과 마찬가지로 식 (12)를 이용하여 원안과 협상안의 종합 점수  $m_{\text{원안}}$  과  $m_{\text{협상안}}$  을 구한 후 민감도  $\Delta$ 를 계산한다.

만약 낙관적/비관적 기대치가 없는 경우에는 기존의 쌍대비



교를 통해 얻은 표준평가치를 이용하여 비례적으로 원안과 협상안의 표준평가치를 추정할 수 있다. 즉, 각 평가기준에 대해 차주가 입력한 값과 이에 대한 화주의 표준평가치 사이의 관계를 이용하여 <그림 4>와 같은 구분선형(piecewise linear) 형태의 선호도함수를 추정하여, 원안과 협상안에 대한 표준평가치를 비례적으로 계산한다. 먼저 절대민감도 추정을 위한 기호를 다음과 같이 정의한다.

- $a_{i[k]}$  : 평가기준  $i$ 에 대한 평가대안  $j$ 의 평가값  $a_{ij}$ 를 가장 나쁜 값으로부터 가장 좋은 값의 순서로 정렬한 값,  $i \in S^N, k = 1, 2, \dots, n(T), n(T)$ 는  $T$ 에 속한 공차대안의 개수( $a_{i[1]}$ 는 가장 나쁜 값을,  $a_{i[n(T)]}$ 는 가장 좋은 값을 나타냄)
- $a_{i[k]}^N$  : 정렬된 평가값  $a_{i[k]}$ 에 대한 표준평가치,  $i \in S^N, k = 1, 2, \dots, n(T)$

기존의 대안 선택을 위해 사용되었던  $a_{ij}$ 를 정렬하여  $a_{i[k]}$ 를 구한 후,  $a_{i\text{협상안}}$  또는  $a_{i\text{원안}}$ 이 포함된 구간  $[a_{i[k]}, a_{i[k+1]}]$ 을 정한다. 만약 협상안에 대한 평가값  $a_{i\text{협상안}}$ 이 이 구간에 포함되었다면,  $a_{i\text{협상안}}$ 에 대응하는 표준평가치  $a_{i\text{협상안}}^N$ 은 식 (13)과 같이 비례적으로 추정할 수 있다.

$$a_{i\text{협상안}}^N = a_{i[k]}^N + \left( \frac{a_{i\text{협상안}} - a_{i[k]}}{a_{i[k+1]} - a_{i[k]}} \right) \times (a_{i[k+1]}^N - a_{i[k]}^N), i \in S^N \tag{13}$$

원안에 대한 표준평가치 역시 협상안과 같은 방식으로 계산할 수 있다. 물론 이 경우 역시 AHP의 일관성 유지를 위해 원안과 협상안의 표준평가치를 정규화한 후 이용한다. 즉,  $a_{i\text{원안}} + a_{i\text{협상안}} = 1$  조건을 만족하도록 표준평가치를 정규화한다. 한편  $a_{i\text{협상안}}$ 이 기존의 평가값의 범위에 포함되지 않는다면, 즉,  $a_{i\text{협상안}} < a_{i[1]}$  또는  $a_{i\text{협상안}} > a_{i[n(T)]}$ 인 경우에는 구분선형 형태

의 선호도함수를 통한 추정 방법은 정확성이 떨어지므로 이용하지 않는 것이 바람직하다.

상대민감도 추정 방법과 절대민감도 추정 방법을 비교하면 상대민감도 추정 방법을 이용할 경우 화주의 쌍대 비교치를 근거로 표준 평가치를 계산하므로 절대 민감도 추정방법에 비해 화주의 선호도를 보다 정확하게 반영할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 상대민감도 추정 방법을 이용하면 화주/차주에게 협상안이 생길 때마다 새로운 쌍대비교를 요청해야 하므로 의사결정자에게 부담이 될 수 있다는 단점이 있다. 반면에 절대민감도 추정 방법을 이용하면 의사결정 부담은 줄일 수 있지만 상대민감도 추정 방법에 비해 다소 부정확한 민감도를 얻을 수 있다는 한계점이 있다. 상대민감도 추정 방법은 협상안의 평가값이 기존의 평가값의 범위에 포함되지 않거나 쌍대 비교에 대한 부담이 상대적으로 적은 경우에 사용하는 것이 바람직하며, 절대민감도 추정 방법은 협상안의 평가값이 기존의 평가값의 범위에 포함되며 쌍대비교에 대한 부담이 상대적으로 큰 경우에 사용하는 것이 바람직하다고 말할 수 있다.

이와 같이 협상의 과정에서 새롭게 만들어지는 협상대안들에 대해 민감도 평가를 수행해 봄으로써 화주/차주는 협상안이 자신에게 얼마나 선호되는지 아니면 선호되지 않는지를 평가할 수 있게 되는 것이다. 결국 이러한 민감도 분석 방법을 통해 새로운 협상안을 평가해 봄으로써 의사결정자는 협상과정을 보다 합리적으로 진행할 수 있을 것이다.

### 3.4 물류중개 사례

다음 사례는 화주와의 면담을 통해 가상적으로 작성된 시나리오로서, 이 상황에 대해 제안된 물류정보 에이전트를 적용해보면 다음과 같다. 먼저 화주는 최초 등록시점에 차주/화주 정보관리 시스템에 접속하여 기업신뢰도, 기업안정성, 기업매출순위, 운송비용, 운송기간, 운송사고 보상범위의 여섯 가지

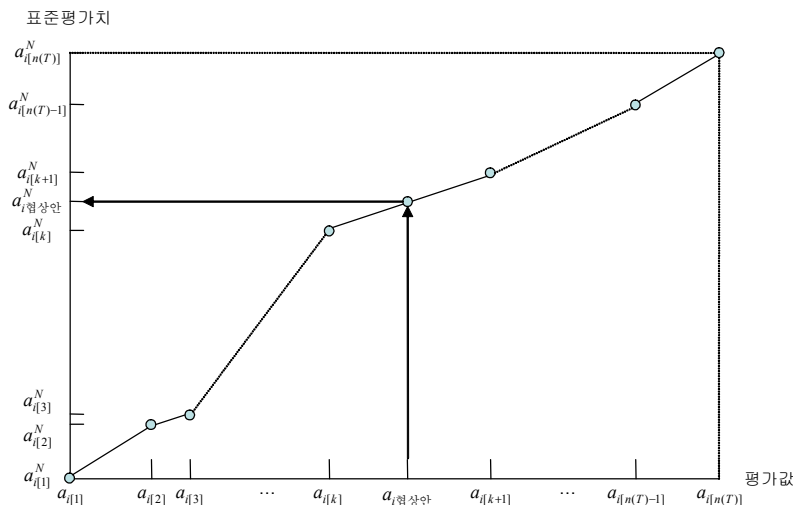


그림 4. 평가 기준값과 표준평가치 사이의 구분적 선형관계.



평가기준 집합을 입력한다. 이후 화주는 <표 1>에 나타나 있는 바와 같이 평가기준의 중요성을 결정하기 위해 쌍대 비교를 수행하며, 차주/화주 정보관리 시스템은 이 결과를 바탕으로 전체 평가기준의 가중치를 계산한 후 저장한다. 다음으로 운송할 화물이 발생한 시점에 화주는 화물에 대한 정보를 공차/화물 정보관리시스템에 입력한 후, 해당 화물에 대한 공차대안을 결정하기 위해 사용할 평가기준으로 기업신뢰도, 운송비용, 운송시간을 선택한다. 이후 대안평가 시스템은 앞서 결정된 전체 평가기준 집합의 가중치를 이용하여 <표 1>과 같이 선택된 세 평가기준에 대한 가중치를 결정한다. 차주들은 공차/화물 정보관리 시스템에 접속한 후 화물에

대한 정보를 조회하고 자신의 공차대안에 대한 정보를 <표 2>와 같이 입력한다. 이후 화주는 차주의 공차대안 정보를 조회한 후 모든 공차대안 조합에 대해 <표 3>과 같이 쌍대비교를 수행한다. <표 3>은 대안평가 시스템이 쌍대비교 결과를 바탕으로 계산한 각 공차대안의 표준평가치를 나타내고 있다. 한편, 화주가 의사결정 상의 부담을 이유로 쌍대비교 방식을 이용하지 않고 선호도함수를 이용하여 공차대안의 표준 평가치를 추정하는 방식을 선택한 경우에는, <표 4>와 같이 낙관적/비관적 기대치와 중앙값에 대한 표준평가치 정보를 입력한다. 이후 대안평가 시스템은 이 정보들을 바탕으로 선호도함수의 형태와 선호도계수를 추정한 후 <표 3>에 나타나 있는

표 1. 공차대안 평가기준에 대한 화주의 쌍대 비교치 및 가중치 계산 결과

평가기준	기업신뢰도	기업안정성	기업 매출 순위	운송비용	운송시간	운송사고 보상범위
기업신뢰도	1	3	2	1/2	1	1
기업안정성	1/3	1	2	1/3	1/2	1/2
기업 매출 순위	1/2	1/2	1	1/4	1/3	1/3
운송비용	2	3	4	1	3	4
운송시간	1	2	3	1/3	1	2
운송사고 보상범위	1	2	3	1/4	1/2	1
가중치	0.171	0.090	0.063	0.362	0.176	0.139
평가기준 선택 여부	○	×	×	○	○	×
표준화된 가중치	0.241			0.511	0.248	

표 2. 선택된 평가기준에 대한 차주의 공차대안 입력값

평가기준	공차대안 A	공차대안 B	공차대안 C
기업신뢰도(%)	95	97	99
운송비용(천원)	350	400	380
운송시간(일)	4	2	5

표 3. 공차대안 입력값에 대한 화주의 쌍대 비교치 및 표준평가치 계산 결과

평가기준	공차대안	쌍대 비교치			표준평가치	
		공차대안 A	공차대안 B	공차대안 C	쌍대비교치 이용	선호도함수 이용
기업신뢰도	공차대안 A	1	5/6	8/9	0.302	0.306
	공차대안 B	6/5	1	7/8	0.338	0.339
	공차대안 C	10/9	8/7	1	0.360	0.355
운송비용	공차대안 A	1	4	2	0.571	0.550
	공차대안 B	1/4	1	1/2	0.143	0.158
	공차대안 C	1/2	2	1	0.286	0.292
운송시간	공차대안 A	1	1/2	4/5	0.216	0.260
	공차대안 B	2	1	5	0.598	0.620
	공차대안 C	5/4	1/5	1	0.186	0.120

바와 같이 표준평가치를 계산한다. 마지막으로 가중치와 표준평가치를 이용하여 각 공차대안의 종합점수를 계산한다. <표 5>에 나타나 있는 바와 같이 두 방법을 이용하는 경우 모두 공차대안 A를 최적 공차대안으로 선택한다.

다음으로 화주는 선택된 공차대안의 운송기간이 너무 길다는 생각을 하게 되어 이의 단축을 위한 협상을 시작하게 되었다. 먼저 화주는 선택된 공차대안에 대해 운송비용을 360,000원으로 10,000원 증가시키는 대신 운송기간을 4일에서 3일로 감소시키는 협상안을 마련하였다. 협상지원 시스템을 이용하

여 민감도를 계산하기 위해 원안과 협상안에 대한 쌍대비교를 수행한 결과와 이를 기반으로 계산된 표준 평가치가 <표 6>에 나타나 있다. 한편 원안과 협상안에 대한 쌍대비교를 수행하지 않고 민감도를 계산하고 싶다면 선호도함수나 과거평가치를 이용한 상대민감도 추정 방법을 이용하여 <표 6>과 같이 표준평가치를 추정할 수도 있다. 원안과 협상안의 표준평가치를 추정한 후에는 <표 7>과 같이 평가기준의 가중치를 이용하여 원안과 협상안의 종합점수를 구한 후 민감도를 추정한다. 이 사례에 대해서는 절대민감도 추정, 선호도함수 기반

표 4. 선호도함수 추정을 위한 낙관적/비관적 기대치 및 선호도계수 추정 결과

평가기준	비관적 기대치	낙관적 기대치	증양값	증양값에 대한 표준평가치	선호도계수
기업신뢰도(%)	90	100	95	0.85	3.469
운송비용(천원)	430	330	380	0.38	-0.979
운송시간(일)	6	1	3.5	0.40	-0.811

표 5. 공차대안 평가 결과

공차대안	종합점수	
	쌍대비교치 이용	선호도함수 이용
공차대안 A	0.418	0.419
공차대안 B	0.303	0.316
공차대안 C	0.279	0.265

표 6. 원안과 협상안에 대한 화주의 쌍대비교치 및 표준평가치 계산 결과

평가기준	공차대안	쌍대비교치		표준평가치		
		원안	협상안	절대민감도 추정 방법	상대민감도 추정 방법 (선호도함수 이용)	상대민감도 추정 방법 (과거평가치 이용)
기업신뢰도	원안	1	1	0.500	0.500	0.500
	협상안	1	1	0.500	0.500	0.500
운송비용	원안	1	5/4	0.556	0.547	0.545
	협상안	4/5	1	0.444	0.453	0.455
운송시간	원안	1	1/2	0.333	0.379	0.346
	협상안	2	1	0.667	0.621	0.654

표 7. 원안과 협상안에 대한 종합점수 및 민감도 계산 결과

민감도 추정 방법	종합점수		민감도
	원안	협상안	
절대민감도 추정 방법	0.487	0.513	-0.026
상대민감도 추정 방법 (선호도함수 이용)	0.494	0.506	-0.012
상대민감도 추정 방법 (과거평가치 이용)	0.485	0.515	-0.030

의 상대민감도 추정, 과거평가치 기반의 상대민감도 추정의 세 방법을 이용하는 경우 모두 음의 민감도를 나타낸다. 즉, 협상안이 원안에 비해 선호도가 떨어지지 않는다는 결론을 얻었으므로 화주는 이 협상안을 차주에게 제시하게 된다. 차주가 협상지원 시스템을 통해 해당 협상안을 조회한 후 협상안을 채택하면 전체 물류중개 프로세스가 종결된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 전자상거래에서 사용되는 에이전트 개념을 물류중개 분야에 활용하여 화주/차주 간에 발생하는 화물과 공차를 중개하기 위한 물류중개 에이전트 구축방안을 제안하였다. 제안된 에이전트는 다기준 의사결정 방법론을 도입함으로써 화주/차주가 최적의 공차/화물을 수배하는 과정을 합리적으로 지원할 수 있는 기반을 제공할 수 있다. 또한 다기준 의사결정 방법론을 활용한 민감도 분석 기법을 제시함으로써 협상 과정이 보다 합리적으로 진행될 수 있도록 하였다. 쌍대비교는 의사결정자에게 많은 부담을 주기 때문에 쌍대비교의 횟수가 많아지면 적용이 어려워진다. 본 연구에서는 정보시스템을 활용하여 전체 평가기준에 대한 정보를 저장하고 이 중에서 특정한 화물의 운송을 위해 사용되는 평가기준에 대한 정보만을 선별하여 사용하고, 각 평가기준에 대한 선호도함수 개념을 도입하여, 쌍대비교의 횟수를 획기적으로 줄이는 방안을 제시함으로써 제안된 방법론이 실제상황에서 보다 실용적으로 사용될 수 있도록 하였다. 본 논문에서 제시한 물류중개 에이전트를 활용하여 인터넷 상에 물류중개 사이트를 구축한다면 보다 효율적이고 합리적인 물류중개 사이트로서의 기능을 수행할 수 있을 것으로 기대한다.

향후에는 화주와 차주의 주관적인 생각이나 견해로 일회성으로 정해지던 쌍대비교치  $p_{ik}$ 와  $q_{ilm}$ 을 물류중개 에이전트가 자동적으로 결정할 수 있는 체계에 대한 연구가 필요하다. 즉, 화주/차주에 의해 이루어진 쌍대 비교치에 대한 이력자료를 축적하여 화주/차주의 선호 경향을 체계적으로 평가하고, 이를 토대로 평가기준에 대한 가중치나 대안에 대한 표준평가치를 자동적으로 산출함으로써 화주/차주에 대한 의사결정 부담을 경감시킬 수 있는 방향의 연구가 진행될 필요가 있다. 다른 한편으로, 주어진 화물/공차 정보와 평가기준 및 가중치 정보를 활용하여 차주/화주를 대신하여 자동적으로 공차/화물 대안을 생성함으로써, 화주/차주의 의사결정 부담을 경감할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다. 향후 이러한 두 가지의 연구가 진행되면 본 연구에서 제안한 다기준 의사결정 기반의

물류중개 에이전트의 실용성이 보다 극대화될 수 있을 것이라 기대한다.

#### 참고문헌

Byun, D. H. (2001), The AHP Approach for Selecting an Automobile Purchase Model, *Information & management*, 38(5), 289-297.

Carbone, F. J., Kara, A. and Zanakis, S. H. (1997), A Monte Carlo Investigation of Incomplete Pairwise Comparison Matrices in AHP, *European Journal of Operational Research*, 102(3), 538-553.

Eng, U. C., Bertram, S. and William, C. W. (1999), Interpretation of Criteria Weights in Multicriteria Decision Making, *Computers & Industrial Engineering* 37(3), 527-541.

Kim, J. and Moon, J. Y. (1997), An AHP & Survey for Selecting Workflow Management Systems, *International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance & Management*, 6(2), 141-161.

Kim, S. H. (1991), *Decision Analysis* (2nd Ed.), Youngji Moonhwa, Seoul, Korea.

Klaus, K. (2000), A Model of Random Matching and Price Formation, *European Economic Review*, 44(10), 1841-1856.

Kumar, N. V. and Ganesh, L. S. (1996), A Simulation-based Evaluation of the Approximate and the Exact Eigenvector Methods Employed in AHP, *European Journal of Operational Research*, 95(3), 656-662.

Lai, S-K (1995). A Preference-based Interpretation of AHP, *Omega*, 23(4), 453-462.

Lin, Z-C. and Yang, C-B. (1996), Evaluation of Machine Selection by the AHP Method, *Journal of Materials Processing Technology*, 57(3), 253-258.

Lipovetsky, S. (1996), The Synthetic Hierarchy Method: An Optimizing Approach to Obtaining Priorities in the AHP, *European Journal of Operational Research*, 93(3), 550-564.

Lipovetsky, S. and Michael Conklin, W. (2002), Robust Estimation of Priorities in the AHP, *European Journal of Operational Research*, 137(1), 110-122.

Oeltjenbruns, H., Kolarik, W. J., and Schnadt-Kirschner, R. (1995), Strategic Planning in Manufacturing Systems - AHP Application to An Equipment Replacement Decision, *International Journal of Production Economics*, 38(2), 189-197.

Satty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.

Seo, F. and Sakawa, M. (1988), Multiple Criteria Decision Analysis in Regional Planning, *Mathematics and Computers in Simulation*, 30(6), 566-567.

Stam, A. and Duarte Silva, A. P. (2003), On Multiplicative Priority Rating Methods for the AHP, *European Journal of Operational Research*, 145(1), 92-108.

Tam, M. C. and Tummala, V. M. (2001), An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System, *Omega*, 29(2), 171-182.

Tam, C. M., Thomas, K. L. Gerald, C. W. C. and Ivan, W. H. F. (2002), Non-structural Fuzzy Decision Support System for Evaluation of Construction Safety Management System, *International Journal of Project Management*, 20(4), 303-313.

Yang, J. and Lee, H. (1997), An AHP Decision Model for Facility Location Selection, *Facilities*, 15(9), 241-254.

**정근채**

고려대학교 산업공학과 학사

한국과학기술원 산업공학과 석사

한국과학기술원 산업공학과 박사

현재: 충북대학교 구조시스템공학과 조교수

관심분야: 물류시스템, 정보시스템 계획, 지식  
경영, 의사결정지원시스템, E-Business, 자동  
제조시스템 성능평가 및 설계, 실시간 스  
케줄링