

# TOPSIS를 이용한 공급업체 선정과 최적주문량 결정

김 준 석<sup>\*</sup>

세종대학교 경영학과

## Vendor Selection Using TOPSIS and Optimal Order Allocation

Joon-Seok Kim<sup>\*</sup>

Dept. of Business Administration, Sejong University

A vendor selection problem consists of two different kinds of decision making. First one is to choose the best suppliers among all possible suppliers and the next is to allocate the optimal quantities of orders among the selected vendors. In this study, an integration of the technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) and a multi-objective mixed integer programming (MOMIP) is developed to account for all qualitative and quantitative factors which are used to evaluate and choose the best group of vendors and to decide the optimal order quantity for each vendor. A solution methodology for the vendor selection model of multiple-vendor, multiple-item with multiple decision criteria and in respect to finite vendor capacity is presented.

**Keywords :** Vendor Selection, Order Allocation, TOPSIS, Multi-Criteria Decision Making

### 1. 서 론

최근 글로벌 시장에서 목격된 Apple사의 ipod 및 iphone 과 같은 혁신적인 제품의 성공은 오늘날 대부분의 IT 기업들로 하여금 글로벌 환경 변화에 대응하기 위해 지속적으로 혁신적인 제품을 시장에 선보여야 한다는 강한 필요성을 체감케 하고 있다. 기업이 시장에 선보여야 하는 제품은 새로운 디자인 및 기능과 더불어 높은 품질, 저렴한 가격, 그리고 짧은 리드타임 등 자연스럽게 trade-off의 관계를 갖는 다양한 요인들을 동시에 만족시켜야 한다. 이런 환경에 비추어 봤을 때, 공급업체의 적절한 선택은 치열한 글로벌 시장에서 기업의 경쟁 우위를 확보하기 위한 중요한 의사결정 중 하나이다.

기업이 공급자를 선택할 때 고려해야 할 요인들은 앞에서 소비자에게 제공할 제품이 갖춰야 할 다양한 요인들과 크게 다르지 않다. Dickinson[4]은 공급자 선택 시

고려해야 할 23가지 요인을 기술했다. 그 요인들은 가격, 품질, 적시납품, 기술 잠재력, 재무능력, 납품이력, 품질 보증 등 정성적(qualitative) 또는 정량적(quantitative) 요인 들이 모두 포함되어 있다. 기본적으로 많은 기업들이 위의 요인들 중 하나의 요인이 아닌 여러 개의 요인 들을 동시에 고려하여 공급자를 선택하게 되며, 이로써 공급자 선택 문제는 정성적 및 정량적 요인을 동시에 고려하게 됨으로써 자연스럽게 다기준 의사결정(multi-criteria decision making)의 문제가 된다. 결과적으로, 이는 다기준 의사결정을 통하여 다양한 기준들 사이의 trade-off를 분석하고 여러 대안들 중의 최적의 안을 선택하게 되는 것이다.

공급자 선택의 문제는 공급받는 업체의 수에 따라 다음과 같은 두 가지 문제로 분류된다. 첫째는, 필요한 물품의 전부를 하나의 업체로부터 공급받는 single-sourcing 문제이다. 이 문제에서는 여러 개의 잠재적 공급업체 중

에서 가장 적합한 업체는 어느 곳인가 만을 결정하면 된다. 두 번째는, 필요한 물품을 여러 업체에게서 구매하는 multiple-sourcing 문제이다. 이 문제에서는 첫 단계에서 여러 잠재적 업체 중 최적의 업체 몇 곳을 먼저 선정하고, 두 번째 단계에서 선정된 각각의 업체에 최저의 비용으로 구매할 수 있는 주문량을 할당하게 된다.

기본적으로 single-sourcing 문제와 multiple-sourcing의 첫 단계는 공급자 평가란 관점에서 보면 동일한 문제이다. 이 문제의 가장 흔한 접근 방법은 weighted linear model을 사용하는 것이다. Wind and Robinson[17] 그리고 Timmerman[13]은 각각 최적의 공급자 선택을 위한 weighted linear model을 제안 하였다. 이 방법에서는 다양한 기준을 선정하고 그 중요도에 따라 각각의 가중치를 부여한 후 최적의 업체를 선택하게 된다.

다른 접근 방법은 mathematical programming 모델을 사용하는 것이다. 이 접근법에서는 공급업체의 평가에 고려해야 할 요소들을 적절하게 포함한 수학적 목적식을 수립하고 이에 대한 최적의 해를 찾아내는 것으로 공급업체를 선택한다. Weber and Current[16]는 서로간의 trade-off가 일어나는 품질, 가격, 납품수행능력 등의 요인들에 대하여 체계적인 분석을 행할 수 있는 multi-objected mathematical programming을 개발하였다. Ghodspour and O'Brien[5]은 구매활동에 필요한 정성적, 정량적 요인들 동시에 고려한 선형계획모델을 제안하였다.

공급자 평가의 또 다른 접근법은 다기준 의사결정(multi-criteria decision making)을 통한 공급자의 선택이다. Narasimhan[10], Tam and Tummala[12] 그리고 Handfield et al.[6]은 각각의 공급업체의 점수를 결정하기 위한 analytical hierarchy process(AHP) 모델을 제안하였다. Satty[11]에 의하여 제안된 AHP는 다기준 의사결정을 위한 잘 알려진 방법 중 하나이다. Liu and Hai[9]는 AHP 보다 사용이 비교적 쉽게 계량된 voting analytical hierarchy process(VAHP) 모델을 제안하였다.

Multiple-sourcing에서의 주문 할당(order allocation)문제는 전통적인 lot 크기 결정법인 경제적 주문량 (EOQ)를 사용하는 것이 비교적 간단한 해결법일 수 있으나 대체적으로 mathematical programming을 사용하여 최적 주문량을 결정하는 연구가 주류를 이룬다. multiple-sourcing 문제의 경우 공급업체 선택과 선정된 업체들에 대한 주문량의 할당이 동시에 고려되어야 해서 조금 더 복잡한 형태의 문제가 되므로 이 분야의 많은 연구는 단일 품목만을 고려하고 있으며, Benyousef et al.[2], Wang et al. [15]등의 연구가 있다. 특히, 최근에 Ustun and Demirtas [14]는 먼저 복수의 기준에 의한 공급자 평가를 하고, 후에 mathematical programming을 통해 공급업체와 각 업체에 대한 주문량을 동시에 결정하는 방법을 제안하

고 있다.

복수의 품목을 고려한 연구는 상대적으로 부족한 편이다. Dahel[3]은 복수 공급업체 선정과 각 공급업체에 주문량 할당을 동시에 하기 위하여 multi-objective mixed integer programming 모델을 사용하였다. Basnet and Leung [1]는 복수의 일정계획 기간 동안의 재고에 대한 이슈를 동시에 고려한 공급업체 선정 및 주문량 할당 방법을 제안하였다. 그들은 수요를 만족시키면서 재고유지비용과 주문비용, 총구입비용을 최소화하는 mixed linear integer programming을 제안하였으며, 이에 대한 해를 얻기 위한 발견적 기법을 동시에 제안하였다. 다만, 그들의 모델은 공급자의 공급능력은 고려하지 않는다.

본 연구에서는 다기준 의사결정 기법인 TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)와 MOMIP(Multi-Objective Mixed Integer Programming)를 동시에 고려한 공급자 선정 및 주문량 할당을 위한 모델을 제시한다. TOPSIS는 위에서 제시한 AHP 등 다른 기법에 비하여 계산이 덜 복잡하고, 이해하기 쉬워서 기업의 담당자들이 실제 사례에 적용하기 쉽다는 장점이 있으나[8], 공급자 선택 분야에서는 상대적으로 덜 주목을 받아왔다. TOPSIS와 관련된 연구로는 Li et al.[8]이 알려져 있다. Li et al.은 다수의평가자들이 다수의 평가요인에 대하여 공급업체별로 순위를 결정한 후 각 평가자와 요인의 중요도에 대한 가중치를 적용한 후에 TOPSIS와 0-1프로그래밍을 적용하여 공급자 순위를 결정하였다. 그들의 연구는 single-sourcing에 해당하고, 평가자들의 모든 평가는 공급업체에 대한 순위만을 고려하게 된다. 따라서 본 연구에서 제시하고자 하는 정성적, 정량적 평가요인을 동시에 고려한 multiple-sourcing 모형과는 다르다. 본 연구에서 제시하는 모델은 복수의 품목을 고려하여 수요와 공급업체의 공급능력을 만족시키면서 공급업체의 수와 각 업체의 주문량을 동시에 결정하게 구성된다. 또한, 본 모델은 다음과 같은 4개의 목적식을 포함하게 된다; 1)총구매가치의 최대화 2)총구매가격의 최소화 3)불량률의 최소화 4)적시 납품의 최대화

## 2. TOPSIS에 의한 공급업체 평가

### 2.1 TOPSIS 개념

TOPSIS는 Hwang and Yoon[7]에 의하여 처음 소개되었다. 이는 다기준 의사결정 문제의 해로 제시된 대안은 이상적인 최선의 솔루션(PIS; positive ideal solution)에서 가장 짧은 거리에 위치해야 하고, 이상적인 최악의 솔루션(NIS : negative ideal solution)에서는 가장 먼

거리에 위치해야 한다는 개념에 근거한다. 여기서, PIS는 고려하고 있는 기준이 가질 수 있는 값 중 가장 좋은 값으로 구성되며, NIS는 가장 나쁜 값으로 구성된다.

### 2.2 각 공급업체에 대한 평가 수행

잠재적인 공급업체가  $m$ 개 있다고 가정하면, 잠재적인 공급업체의 집합은  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$ 로 표시되며, 각각의 공급업체 선정시 고려되는 요인이  $n$ 개가 있다면, 요인의 집합은  $G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$ 로 나타낼 수 있으며, 각 요인은 독립적이라고 가정한다. 각 요인의 중요도에 대한 가중치의 집합을  $w = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ 으로 표시하며, 이 때 모든 가중치의 합은 1이 되어야 한다. 본 연구에서는 정성적 요인에 대한 업체별 평가 점수 ( $R$ )와 각 요인에 대한 가중치를 각각 <표 1>과 <표 2>에 정리한대로 사용한다.

<표 1> 요인별 가중치  $w$

Scale	$w$
매우매우낮음( $A_1$ )	0.050
매우낮음( $A_2$ )	0.125
낮음( $A_3$ )	0.175
중간낮음( $A_4$ )	0.225
중간( $A_5$ )	0.275
중간높음( $A_6$ )	0.325
높음( $A_7$ )	0.375
매우높음( $A_8$ )	0.425
매우매우높음( $A_9$ )	0.475

<표2> 요인별 평가점수  $R$

Scale	$R$
불량( $M_1$ )	1
중간 불량( $M_2$ )	3
적정( $M_3$ )	5
중간 양호( $M_4$ )	7
양호( $M_5$ )	9

공급업체별 평가를 위한 첫 번째 단계는 요인별 가중치와 요인별로 공급업체 평가점수 결정이다.

1) <표 1>로부터 요인별 가중치를 결정한다. 요인  $G_j$ 에 대한 가중치는 식 (1)과 같이 결정된다.

$$w_j = \frac{1}{Y} [w_j^1 + w_j^2 + \dots + w_j^Y] \quad (1)$$

이때  $w_j^Y$ 는 평가자  $Y$ 가 요인  $j$ 에 대하여 결정한 가중치이다.

2) <표 2>로부터 주관적 요인에 대한 평가점수를 결정한다. 이때의 평가점수는 식 (2)로 결정된다.

$$R_{ij} = \frac{1}{Y} [R_{ij}^1 + R_{ij}^2 + \dots + R_{ij}^Y] \quad (2)$$

이때  $R_{ij}^Y$ 는 평가자  $Y$ 가 공급업체  $i$ 에 대하여 요인  $j$ 를 평가한 평가 점수이다.

다음 단계에서는 평가 매트릭스  $C$ 를 식 (3)에서와 같은 구조로 구성한다.

$$C = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{m1} & R_{m2} & \dots & R_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

그리고 위의 평가 매트릭스를 표준화된 가중평가매트릭스로 식 (4)와 같이 변환한다.

$$\tilde{C} = \begin{bmatrix} \tilde{R}_{11} & \tilde{R}_{12} & \dots & \tilde{R}_{1n} \\ \tilde{R}_{21} & \tilde{R}_{22} & \dots & \tilde{R}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{R}_{m1} & \tilde{R}_{m2} & \dots & \tilde{R}_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

여기서  $\tilde{R}_{ij}$ 는 다음의 식으로 표현된다.

$$\tilde{R}_{ij} = \frac{w_j R_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (R_{ij})^2}} \quad (5)$$

다음은 이상적 솔루션인 PIS와 NIS를 설정한다. PIS는  $X_{\max} = \{R_1^{\max}, R_2^{\max}, \dots, R_n^{\max}\}$  그리고, NIS는  $X_{\min} = \{R_1^{\min}, R_2^{\min}, \dots, R_n^{\min}\}$ 이며, 각각 식 (6)과 식 (7)에 의하여 결정된다.

$$X_{\max} = \{[\max \bar{R}_{ij} | j \in B], [\min \bar{R}_{ij} | j \in E]\} \quad (6)$$

$$X_{\min} = \{[\min \bar{R}_{ij} | j \in B], [\max \bar{R}_{ij} | j \in E]\} \quad (7)$$

단,  $1 \leq i \leq m$ 을 만족하여야 하고  $B$ 는 수익 관련 평가요소,  $E$ 는 비용 관련 평가요소이다.

다음 단계에는 각 대안으로부터 PIS와 NIS까지의 차이를 식 (8)과 식 (9)에 의하여 계산한다. 여기서  $f_i(+)$ 는 각 대안에서 PIS까지의 거리이며,  $f_i(-)$ 는 NIS까지

의 거리이다.

$$f_i(+)=\sqrt{\sum_{j=1}^n(\widetilde{R}_{ij}-R_j^{\max})^2} \quad (8)$$

$$f_i(-)=\sqrt{\sum_{j=1}^n(\widetilde{R}_{ij}-R_j^{\min})^2} \quad (9)$$

단,  $i=1, \dots, m$

$f_i(+)$ 와  $f_i(-)$ 가 얻어지고 나면, 각 대안에 대하여 이상적인 솔루션으로 부터의 상대적인 근접성을 식 (10)을 이용하여 계산한다.

$$F_i=\frac{f_i(-)}{f_i(+)+f_i(-)}, \quad i=1, \dots, m \quad (10)$$

그리고 위에서 구한 상대적인 근접성을 식 (11)으로 표준화한다.

$$F_i^*=\frac{F_i}{\sum_{i=1}^m F_i}, \quad i=1, \dots, m \quad (11)$$

여기서,  $0 \leq F_i^* \leq 1$ 이며,  $F_i$ 의 값이 클수록 좋은 대안이 된다. 마지막으로, 각 대안의  $F_i^*$ 값으로 각 대안에 대한 선호도를 평가한다.  $F_i^*$ 가 클수록 선호도가 높으며, 따라서 우선순위가 증가한다. 만약, 모든 제품을 하나의 공급업체로부터 공급 받는 상황이라면, 여기서 종료한다. 아니면, 주문 할당의 단계로 넘어간다.

### 3. 수리적 모델

공급업체의 평가 후 가장 경쟁력있는 공급업체들을 선택하기 위한 수리적 모델로 Multi-Objective Mixed Integer Programming(MOMIP) 모델이 제안된다.

#### 3.1 기호 설명

- $l$  : 공급받는 제품의 수( $h = 1, 2, \dots, l$ )
- $m$  : 잠재적 공급업체의 수( $i = 1, 2, \dots, m$ )
- $D_h$  : 제품  $h$ 의 총수요
- $F_i^*$  : 공급업체  $i$ 의 중요도
- $p_{hi}$  : 공급업체  $i$ 가 공급하는 제품  $h$ 의 단위가격
- $q_{hi}$  : 공급업체  $i$ 가 공급하는 제품  $h$ 의 불량률
- $Q_h$  : 제품  $h$ 에 대한 최대 허용 불량률

- $t_{hi}$  : 공급업체  $i$ 가 공급하는 제품  $h$ 의 적시 납품률
- $T_h$  : 제품  $h$ 에 대한 최소 허용 적시 납품률
- $K_{hi}$  : 제품  $h$ 에 대한 공급업체  $i$ 의 공급 능력
- $X_{hi}$  : 제품  $h$ 에 대한 공급업체  $i$ 의 공급량

#### 3.2 목적식

본 모델은 다음과 같은 4개의 목적식을 포함하게 된다; (1)총구매가치의 최대화 (2)총구매가격의 최소화 (3) 불량률의 최소화 (4)적시 납품의 최대화

- (1) 총구매가치는 공급업체 평가의 결과인 공급업체의 중요도와 해당 공급업체가 납품하는 모든 제품의 수량의 함수로 나타나게 된다. 따라서 총구매가치에 대한 목적식은 다음과 같다.

$$\max Z_1 = \sum_{h=1}^l \sum_{i=1}^m F_i^* X_{hi} \quad (12)$$

- (2) 총구매가격은 공급업체가 납품하는 모든 제품의 수량과 각 제품의 단가의 함수로 나타나게 되며, 목적식은 다음과 같다.

$$\min Z_2 = \sum_{h=1}^l \sum_{i=1}^m p_{hi} X_{hi} \quad (13)$$

- (3) 고객의 만족도 향상 및 일정 수준이상의 품질 유지를 위하여 공급받는 제품 중 불량제품의 수는 최소화 되어야 한다. 따라서 불량률 최소화에 대한 목적식은 다음과 같다.

$$\min Z_3 = \sum_{h=1}^l \sum_{i=1}^m q_{hi} X_{hi} \quad (14)$$

- (4) 마지막으로 적시납품의 최대화는 각 업체의 모든 제품에 대한 적시납품률과 해당 제품의 구입량의 함수로 나타낼 수 있다.

$$\max Z_4 = \sum_{h=1}^l \sum_{i=1}^m t_{hi} X_{hi} \quad (15)$$

#### 3.3 제한식

본 모델에서의 중요 제한식은 공급업체의 공급능력, 수요, 품질과 적시납품에 대한 요구사항 등이다.

##### 3.3.1 공급능력 제한식

공급업체  $i$ 가 공급하는 제품  $h$ 의 공급능력( $K_{hi}$ )은 해

당 업체로부터의 해당 제품에 대한 구매량( $X_{hi}$ ) 보다 같거나 커야한다. 따라서 공급능력에 관련된 제한식은 다음과 같다.

$$X_{hi} \leq K_{hi}, \text{ for } \forall h, i \quad (16)$$

### 3.3.2 수요 제한식

제품  $h$ 에 대한 총구입량은 해당 제품의 수요를 만족시켜야 한다. 따라서 제한식은 다음과 같다.

$$\sum_{i=1}^m X_{hi} = D_h, \text{ for } \forall h \quad (17)$$

### 3.3.3 품질 제한식

제품  $h$ 에 대하여 허용할 수 있는 최대 불량률이  $Q_h$ 이고, 공급업체  $i$ 의 제품  $h$ 에 대한 불량률이  $q_{hi}$ 이므로, 품질 제한식은 다음과 같이 설정된다.

$$\sum_{i=1}^m q_{hi} X_{hi} \leq Q_h D_h, \text{ for } \forall h \quad (18)$$

### 3.3.4 납품 제한식

제품  $h$ 에 대하여 허용할 수 있는 최소 적시납품률이  $T_h$ 이고, 공급업체  $i$ 의 제품  $h$ 에 대한 적시납품률이  $t_{hi}$ 이므로, 납품 제한식은 다음과 같이 설정된다.

$$\sum_{h=1}^l \sum_{i=1}^m (1-t_{hi}) X_{hi} \leq (1-T_h) D_h \quad (19)$$

### 3.3.5 기타 제한식

각 공급업체에 대한 주문량은 음수가 될 수 없으며, 이에 대한 제한식은 다음과 같다.

$$X_{hi} \geq 0 \text{ for } \forall h, i \quad (20)$$

## 3.4 최종 모델

$$\min Z = [-Z_1, Z_2, Z_3, -Z_4]$$

$$Z_1 = \sum_{h=1}^l \sum_{i=1}^m F_i^* X_{hi}$$

$$Z_2 = \sum_{h=1}^l \sum_{i=1}^m p_{hi} X_{hi}$$

$$Z_3 = \sum_{h=1}^l \sum_{i=1}^m q_{hi} X_{hi}$$

$$Z_4 = \sum_{h=1}^l \sum_{i=1}^m t_{hi} X_{hi}$$

s.t.

$$X_{hi} \leq K_{hi}, \text{ for } \forall h, i$$

$$\sum_{i=1}^m X_{hi} = D_h, \text{ for } \forall h$$

$$\sum_{i=1}^m q_{hi} X_{hi} \leq Q_h D_h, \text{ for } \forall h$$

$$\sum_{h=1}^l \sum_{i=1}^m (1-t_{hi}) X_{hi} \leq (1-T_h) D_h$$

$$X_{hi} \geq 0 \text{ for } \forall h, i$$

## 4. 수치 예제

본 연구에서 제시한 모델의 타당성을 검증하기 위하여 다음과 같은 수치 예제를 제시한다. 수치 예제는 2단계로 구성되어 있으며, 1단계에서는 4개의 업체를 대상으로 3개의 평가요인을 가지고 TOPSIS에 의하여 평가를 진행한다. 다음 단계에서는 복수의 목적식으로 이루어진 MOMIP 모형을 통하여 최적의 주문 할당을 하게 된다. 이 단계에서는 1단계에서 결정된 업체별 중요도(가중치)가 첫번째 목적식의 계수로 쓰이게 되어 1단계의 결과가 2단계의 의사결정에 직접적인 영향을 미치게 된다.

### 4.1 공급업체 평가

4개의 업체  $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\}$ 가 3개의 평가요인  $G = \{G_1, G_2, G_3\}$ 에 의하여 평가 받는다. 3개의 평가 요인은 각각 가격할인율( $G_1$ ), 납품이력( $G_2$ ), 기술 잠재력( $G_3$ )이며, 가격할인율은 정량적 요인이고 나머지 두 개의 요인은 정성적(주관적) 요인이다. 각 업체의 가격할인율에 대한 정보는 <표 3>에서 제시된다.

<표 3> 공급업체별 가격할인율( $G_1$ )

공급업체	가격할인율( $G_1$ )
$V_1$	0.02
$V_2$	0.04
$V_3$	0.05
$V_4$	0.03

[단계 1] 요인별 가중치 및 공급업체 평가점수 결정

1) 3개의 평가요인에 대한 가중치는 5명의 평가자가 <표 1>을 참고하여 의사표현을 하고, 이를 토대로 식 (1)에 따라 계산하였으며, 그 결과는 <표 4>에 나타나 있다.

<표 4> 요인별 가중치

요인	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_4$	$e_5$	$w_i$	표준 $w_i$
$G_1$	$A_7$	$A_6$	$A_8$	$A_7$	$A_7$	0.375	0.439
$G_2$	$A_5$	$A_4$	$A_6$	$A_3$	$A_5$	0.255	0.298
$G_3$	$A_3$	$A_6$	$A_5$	$A_2$	$A_4$	0.225	0.263
합계						0.855	1.000

2) <표 2>에 따라 평가자( $e_y$ )가 각 공급업체에 대하여 평가한 요인별 점수는 식 (2)에 따라 계산되어 <표 5>에 표시되어 있다.

<표 5> 요인별 공급업체 평가점수

$G_j$	$V_i$	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_4$	$e_5$	$R_j$
$G_1$	$V_1$	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	$V_2$	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	$V_3$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	$V_4$	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
$G_2$	$V_1$	$M_2$	$M_3$	$M_2$	$M_1$	$M_3$	3.40
	$V_2$	$M_4$	$M_2$	$M_2$	$M_2$	$M_3$	4.20
	$V_3$	$M_4$	$M_5$	$M_4$	$M_5$	$M_5$	7.60
	$V_4$	$M_3$	$M_4$	$M_3$	$M_4$	$M_4$	6.20
$G_3$	$V_1$	$M_3$	$M_2$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	3.40
	$V_2$	$M_3$	$M_3$	$M_5$	$M_4$	$M_3$	6.20
	$V_3$	$M_5$	$M_4$	$M_5$	$M_5$	$M_5$	8.60
	$V_4$	$M_4$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_4$	7.00

[단계 2] 평가 매트릭스 C 구성 후 표준화된 가중 평가 매트릭스  $\bar{C}$ 로 변환

식 (3)에 의하여 평가 매트릭스(C)를 구성하고, 식 (4)와 식 (5)를 이용하여 표준화된 가중 평가매트릭스( $\bar{C}$ )로 변환한 결과가 다음과 같다.

$$C = \begin{bmatrix} 0.02 & 3.40 & 3.40 \\ 0.04 & 4.20 & 6.20 \\ 0.05 & 7.60 & 8.60 \\ 0.03 & 6.20 & 7.00 \end{bmatrix}$$

$$\bar{C} = \begin{bmatrix} 0.002 & 0.211 & 0.186 \\ 0.002 & 0.167 & 0.218 \\ 0.002 & 0.197 & 0.197 \\ 0.001 & 0.198 & 0.197 \end{bmatrix}$$

[단계 3] 이상적 솔루션인 PIS와 NIS를 설정한다. 식 (6)과 식 (7)에 의하여 이상적 솔루션을 구한 결과는 다음과 같다.

$$X_{max} = \{0.002, 0.211, 0.218\}$$

$$X_{min} = \{0.001, 0.167, 0.186\}$$

[단계 4] 각 대안으로부터 PIS와 NIS까지의 차이를 계산 식 (8)과 식 (9)에 의하여 각 대안으로부터 이상적 솔루션까지의 거리를 구한 결과는 다음과 같다.

$$f_1(+) = 0.032, f_2(+) = 0.044, f_3(+) = 0.025,$$

$$f_4(+) = 0.025$$

$$f_1(-) = 0.044, f_2(-) = 0.032, f_3(-) = 0.032,$$

$$f_4(-) = 0.032$$

[단계 5] 각 대안에 대하여 이상적인 솔루션으로부터의 상대적인 근접성을 계산하고 이를 표준화 식 (10)과 식 (11)에 의하여 구한 이상적인 솔루션으로부터의 표준화된 상대적인 근접성은 다음과 같다.

$$F_1^* = 0.271, F_2^* = 0.198, F_3^* = 0.266, F_4^* = 0.266$$

따라서 공급업체별 상대적 중요도에 의한 순위는  $V_1 > V_3 = V_4 > V_2$ 이다.

#### 4.2 공급업체별 주문할당

공급업체별 주문할당은 MOMIP 모델에 의하여 결정된다. 먼저 총 2개의 제품을 공급업체로부터 구입하기로 하며, 수요는 각각 1200, 900이다. 또한, 제품 1 관련 정보는 <표 6>으로, 제품 2 관련 정보는 <표 7>과 같이 정리된다.

<표 6> 제품 1 관련 정보

공급업체	가격	불량률	적시 납품률	공급 능력
$V_1$	30	0.02	0.90	300
$V_2$	35	0.03	0.95	400
$V_3$	40	0.04	0.96	300
$V_4$	45	0.05	0.88	500

<표 7> 제품 2 관련 정보

공급업체	가격	불량률	적시 납품률	공급 능력
$V_1$	55	0.04	0.85	400
$V_2$	40	0.01	0.95	700
$V_3$	45	0.02	0.98	600
$V_4$	50	0.06	0.90	500

또한, 제품 1과 제품 2의 최대 허용 불량률은 0.02, 최소 허용 적시 납품율은 0.92로 같다. 이에 대한 최종 모델은 다음과 같다.

$$\min Z = [-Z_1, Z_2, Z_3, -Z_4]$$

$$Z_1 = \sum_{h=1}^2 \sum_{i=1}^4 F_i X_{hi}$$

$$Z_2 = \sum_{h=1}^2 \sum_{i=1}^4 p_{hi} X_{hi}$$

$$Z_3 = \sum_{h=1}^2 \sum_{i=1}^4 q_{hi} X_{hi}$$

$$Z_4 = \sum_{h=1}^2 \sum_{i=1}^4 t_{hi} X_{hi}$$

s.t.

$$X_{hi} \leq K_{hi}, \text{ for } h=1, 2, i=1, 2, 3, 4$$

$$\sum_{i=1}^4 X_{1i} = 1200$$

$$\sum_{i=1}^4 X_{2i} = 900$$

$$\sum_{i=1}^4 q_{1i} X_{1i} \leq Q_1 D_1$$

$$\sum_{i=1}^4 q_{2i} X_{2i} \leq Q_2 D_2$$

$$\sum_{h=1}^2 \sum_{i=1}^4 (1-t_{hi}) X_{hi} \leq (1-T_h) D_h$$

$$X_{hi} \geq 0 \text{ for } h=1, 2, i=1, 2, 3, 4$$

위의 모델은 lexicographic goal programming을 적용하여 해를 구한다. 미리 정해진 우선순위는 다음과 같다

우선순위 1 : 총구매가치를 최대화한다

우선순위 2 : 총구매가격을 최소화한다.

우선순위 3 : 총불량률을 최소화한다.

우선순위 4 : 총적시납품율을 최대화 한다.

우선순위를 적용하여 모델을 다시 구성하면

$$P1 : \min d_1^-, P2 : \min d_2^+, P3 : \min d_3^+,$$

$$P4 : \min d_4^-$$

s.t.

$$Z_1 - d_1^+ + d_1^- = 2100$$

$$Z_2 - d_2^+ + d_2^- = 106500$$

$$Z_3 - d_3^+ + d_3^- = 42$$

$$Z_4 - d_4^+ + d_4^- = 1932$$

$$X_{hi} \leq K_{hi}, \text{ for } h=1, 2, i=1, 2, 3, 4$$

$$\sum_{i=1}^4 X_{1i} = 1200$$

$$\sum_{i=1}^4 X_{2i} = 900$$

$$\sum_{i=1}^4 q_{1i} X_{1i} \leq Q_1 D_1$$

$$\sum_{i=1}^4 q_{2i} X_{2i} \leq Q_2 D_2$$

$$\sum_{h=1}^2 \sum_{i=1}^4 (1-t_{hi}) X_{hi} \leq (1-T_h) D_h$$

$$X_{hi} \geq 0 \text{ for } h=1, 2, i=1, 2, 3, 4$$

위의 모델의 최적해를 구하는 데에는 LINGO 소프트웨어가 이용되었다. 그 결과로 도출되어진 최적주문량은 <표 8>에 표현되어있다.

<표 8> 공급업체별 제품별 최적주문량

공급업체	$X_{1i}$	$X_{2i}$
$V_1$	300	0
$V_2$	400	480
$V_3$	100	600
$V_4$	100	120

공급업체별 최적 주문량에 의하여 주문하게 될 때, 총구매가치는 500.26이고, 총구매가격은 83,700, 총불량률은 2%, 그리고, 총적시납품율은 92.5%를 기록하게 된다. 위의 최적주문량은 불량에 의한 여유분을 고려하지 않은 것이므로, 실제 주문시에는 불량률을 고려해 다소의 여유분을 추가하여 구입해야 할 것이다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 복수의 기준을 통해서 공급업체들을 평가하고, 그 중 최적의 공급업체들을 선정하는 동시에, 복수의 목적을 만족시키면서 선정된 공급업체들에게 최적의 주문량을 할당하는 모델을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 모델은 두 단계로 이루어져 있으며, 그 중 첫 단계에서는 다기준 의사결정 기법인 TOPSIS를 이용하여 복수의 정량적 또는 정성적 평가요인들로 모든 잠재 공급업체들에 대한 평가를 하고, 각 공급업체들의 상대적 중요도를 결정한다. 이후 두 번째 단계에서는 Multi-Objective Mixed Integer Programming (MOMIP)를 통하여 공급업체의 공급능력을 만족하면서 제품의 총구입가치, 총구입비용, 불량률, 적시납품율을 동시에 최적화하는 공급업체별, 제품별 주문량을 결정하게 된다.

향후 TOPSIS 모형에서 다수 평가자간의 의견의 상충에 대한 논리적 해법과 평가요인별 또는 평가자별 가중치를 부여하기 위한 합리적 방법에 대한 연구가 필요하다. 또한, 본 연구에서는 제품의 수요가 일정하다고 가정하였으나, 수요의 불확실성을 반영하는 방향으로 연구의 폭을 넓히는 것이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] Basnet, C. and Leung, J. M. Y.; "Inventory Lot-sizing with Supplier Selection," *Computers and Operations research*, 32 : 1-14, 2005.
- [2] Benyousef, L., Ding, H., and Xie, X.; "Supplier Selection Problem : Selection Criteria and Methods," *INRIA*, Rapport de recherche #4726, 2003.
- [3] Dahel, N. E.; "Vendor Selection and Order Quantity Allocation in Volume Discount Environments," *Supply Chain Management*, 8(4) : 335-342, 2003.
- [4] Dickinson, G. W.; "An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions," *Journal of Purchasing*, 2(1) : 5-17, 1966.
- [5] Ghodsypour, S. H. and O'Brien, C., "The Total Cost of Logistics in Supplier Selection, Under Conditions of Multiple Sourcing Multiple Criteria and Capacity Constraint," *International Journal of Production Economics*, 73 : 15-27, 2001.
- [6] Handfield, R., Walton, S. V., Sroufe, R., and Melnyk, S. A.; "Applying Environmental Criteria to Supplier Assessment : A Study in the Application of the Analytical Hierarchy Process," *European Journal of Operational Research*, 141 : 70-87, 2002.
- [7] Hwang, C. L. and Yoon, K. P.; *Multiple Attributes Decision Making : Methods and Applications*, Springer, Berlin, Heidelberg, 1981.
- [8] Li, W., Chen, Y., and Fu, Y., "Combination of TOPSIS and 0-1 Programming for Supplier Selection in Supply Chain Management," *Proceedings of IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control*, 2008.
- [9] Liu, F. and Hai, H. L.; "The Voting Analytic Hierarchy Process Method for Selecting Supplier," *International Journal of Production Economics*, 97(3) : 308-317, 2005.
- [10] Narasimhan, R.; "An Analytic Approach to Supplier Selection," *Journal of Purchasing and Supply Management*, 1 : 27-32, 1983.
- [11] Satty, T. L.; *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill, 1980.
- [12] Tam, M. C. Y. and Tummala, V. M. R.; "An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System," *Omega*, 29 : 171-182, 2001.
- [13] Timmerman, E.; "An Approach to Vendor Performance Evaluation," *Journal of Purchasing and Materials Management*, 22(4) : 2-8, 1986.
- [14] Ustun, O. and Demirtas, E. A.; "An Integrated Multi-Objective Decision-Making Process for Multi-Period Lot-Sizing with Supplier Selection," *Omega*, 36 : 509-521, 2008.
- [15] Wang, G., Huang, S. H., and Dismukes, J. P.; "Product-Driven Supply Chain Selection Using Integrated Multi-Criteria Decision-Making Methodology," *International Journal of Production Economics*, 91 : 1-15, 2004.
- [16] Weber, C. A. and Current, J. R.; "A Multi-objective Approach Vendor Selection," *European Journal of Operational Research*, 68(2) : 173-184 1993.
- [17] Wind, Y. and Robinson, P. J.; "The Determinants of Vendor Selection : the Evaluation Function Approach," *Journal of Purchasing and Materials Management*, 4(3) : 29-41, 1968.