

교차종속관계하에서의 중소기업 평가를 위한 Fuzzy 다기준의사결정법

박영화* · 이상완**

A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methodology for Small
and Medium Enterprises Evaluation under Intersectional Dependence Relations

Yeong-Hwa Park* · Sang-Wan Lee**

ABSTRACT

This paper presents the better efficient evaluation of the Small and Medium Enterprises by use of fuzzy multi-criteria decision making methodology under intersectional dependence relations.

The five Small and Medium Enterprises alternatives will be evaluated by Fuzzy Analytic Hierarchy Process(FAHP) based on entropy weight in this study. A case study is presented to illustrate the use of entropy weight measurement with intersectional dependence problems. These problems are evaluated seven criteria : market criteria, technology criteria, management ability criteria, planning criteria, propulsion ability criteria, project propulsion basis criteria, propulsion result criteria.

1. 서 론

여러 가지 평가기준에 의하여 최적 대안을 선택하는 것이 다기준 의사결정 문제이며, 이는 평가기준의 구성과 평가기준간의 상대적 중요도인 가중치를 어떻게 결정하느냐에 따라 의사결정에 중요한 영향을 미치게 된다.

다기준 의사결정 문제에서 평가기준은 일반적

으로 각 평가기준이 상호간에 독립적이어야 하나 현실적으로 평가기준의 독립성을 완전히 확보하기는 매우 어렵다. 그래서 우리가 일반적으로 독립이라고 가정을 하거나 종속성이 강한 평가기준의 도입을 포기함으로써 정확한 평가를 하지 못하는 경우가 발생하게 된다.

이러한 다기준 의사결정 문제를 해결하기 위한 방법중의 하나가 Saaty[11]가 제안한 계층화 의

* 창원전문대학 산업공학과 부교수

** 동아대학교 산업공학과 교수

사결정법(AHP : Analytic Hierarchy Process)으로 이해하기 쉽고 절차가 간단하며 여러 분야에 응용되고 있다. 그러나 계층화 의사결정법은 의사결정자의 주관적 판단에 따른 감각량의 애매함과 각 대안의 평가기준별 평가치의 합이 1이어야 한다는 것뿐만 아니라 각 평가기준 사이에 독립성을 유지해야 하는 문제점 외에도 정규화시 의사결정자가 정확한 판단을 하였음에도 불구하고 대안의 추가에 의하여 순위역전(rank reversal)이 발생하는데, 이는 각 대안의 평가치의 합을 1로 정규화 하는 비율척도를 사용하기 때문이다. 이를 보완하기 위하여 평가치의 적용에 있어서 비율척도를 구간척도로 전환하는 방법이 Kamenetzky [6]에 의해 제안되었고 실제로 평가치의 최대치를 1로 함으로써 대안의 추가에 의한 순위역전현상의 문제를 극복할 수 있음을 中山弘隆[3]이 보여주고 있다.

이와는 달리 기존의 평가기준에 종속성(공통성)이 강한 평가기준이 추가될 경우에도 순위역전현상이 나타남을 황승국[4]이 보이고 있는데, 이는 종속성이 강한 평가기준이 추가될 경우 이들 가중치를 다시 정규화하여 각 대안을 평가함으로써, 공통성이 있는 부분의 가중치가 이중 또는 다중으로 반영되어 나타난다고 할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 평가기준 상호간의 종속성의 정도를 파악하여야 하며, 이중 또는 다중으로 반영되는 가중치를 적정하게 배분할 수 있는 방법이 모색되어야 하는데, 정규련[1], 정택수[2]는 이의 해결방안으로 평가기준 상호간의 종속성을 파악할 수 있는 교차종속관계를 정의하고 이를 활용한 평가기준의 가중치 책정법을 제시하여 평가의 왜곡이 방지되고 있음을 보였다.

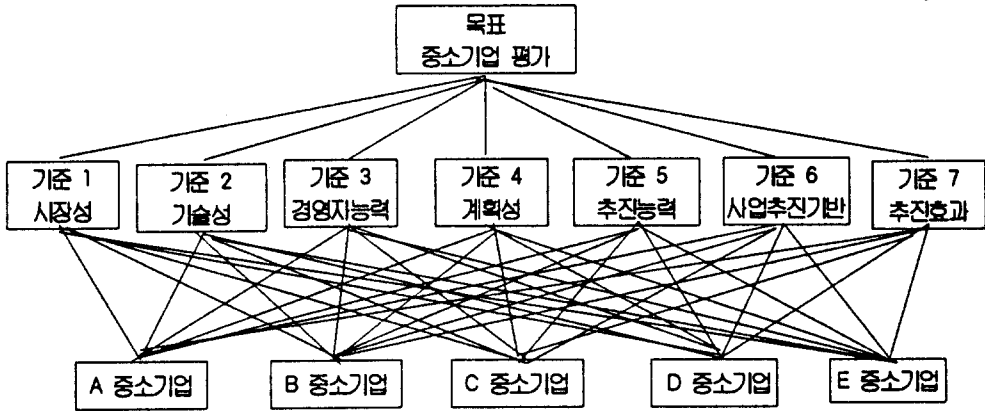
본 연구에서는 계층화 의사결정법, 퍼지집합이론과 엔트로피 가중치를 적용하여 판정행렬 X

의 모든 요소에 교차종속관계를 고려하여 수정된 주관적 가중치를 곱하여 얻어진 총판정행렬 A 를 얻고, 각 대안들의 엔트로피 가중치[7]를 계산함으로써 전통적인 AHP법에서 요구된 일련의 일대비교판정(pairwise comparison judgement)을 요구하지 않는 엔트로피 가중치를 이용하여 교차종속이 있는 다기준 의사결정 문제를 해결할 수 있는 방법을 제안하고 중소기업 지원 평가의 사례 연구를 통해 그 타당성을 입증하고자 한다.

2. 평가모형의 구조

현재 우리나라는 대기업 위주의 산업구조로 인하여 중소기업은 내외적으로 심각한 어려움에 직면해 있고, 이로 인해 선진국뿐만 아니라 다른 경쟁국에 비해 국가경쟁력이 현저히 떨어지고 있다. 정부는 중소기업을 지원하기 위해 여러 가지 방안들을 제시하고 있지만 아직은 그 효과가 미미한 상태이고, 자금 지원책도 중소기업이 수용할 수 없는 담보등을 요구하여 그림의 떡이 되어버리는 경우가 많다. 따라서 올바른 평가를 통해 중소기업을 지원할 수 있는 방법이 절실히 필요하지만 중소기업의 평가에는 많은 요건들이 혼재해 있을 뿐만 아니라 매우 주관적인 평가요인들이 존재하여 이들을 정확하게 평가하는 것은 매우 어렵다.

이러한 중소기업의 정확한 경영평가 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 5개 중소기업을 7가지 기준으로 평가하여 대안을 선정하는 문제를 고려한다. 중소기업의 평가문제는 수많은 속성에 종속되지만 본 연구에서는 <그림 1>과 같이 시장성, 기술성, 경영자 능력, 계획성, 추진능력, 사업추진기반, 사업추진효과 등을 평가기준으로 하고 각 기준간의 교차종속을 고려하여 퍼지집합이



〈그림 1〉 5개 중소기업 평가의 구조 모형

론과 엔트로피 가중치 방법으로 해결하는 다기준 의사결정 문제를 제안한다.

3. 구간산술과 α -cuts을 이용한 계산

삼각퍼지수(triangular fuzzy number)는 triplet (a_1, a_2, a_3) 으로서 정의되고 구성함수(member-ship function)는 〈식 1〉과 같이 정의된다

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1, \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2, \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & x > a_3. \end{cases} \quad (1)$$

대안적으로, 각 수준 α 에서 신뢰구간을 정의함으로써 삼각퍼지수를 〈식 2〉와 같이 특성화할 수 있다

$$\forall \alpha \in [0, 1], \quad \bar{A}_\alpha = [a_1^\alpha, a_3^\alpha] \quad (2)$$

$$= [a_1 + (a_2 - a_1)\alpha, a_3 - (a_3 - a_2)\alpha].$$

신뢰구간에 의해 묘사된 양의 퍼지수 \bar{A} 와 \bar{B} 를 위한 몇가지 주 연산은 식(3)과 같다.

$$\forall a_L, a_R, b_L, b_R \in \mathbb{R},$$

$$\bar{A}_\alpha = [a_L^\alpha, a_R^\alpha], \quad \bar{B}_\alpha = [b_L^\alpha, b_R^\alpha],$$

$$\alpha \in [0, 1],$$

$$\bar{A} \oplus \bar{B} = [a_L^\alpha + b_L^\alpha, a_R^\alpha + b_R^\alpha],$$

$$\bar{A} \ominus \bar{B} = [a_L^\alpha - b_R^\alpha, a_R^\alpha - b_L^\alpha], \quad (3)$$

$$\bar{A} \otimes \bar{B} = [a_L^\alpha b_L^\alpha, a_R^\alpha b_R^\alpha],$$

$$\bar{A} \oslash \bar{B} = [a_L^\alpha / b_R^\alpha, a_R^\alpha / b_L^\alpha].$$

본 연구에서는 이 계산적 기법을 〈표 1〉에서 정의된 퍼지수에 기초 한다.

퍼지수 \bar{x} 는 '약 x (about x)' 의 의미를 표현 한다. 여기서 각 구성함수는 대칭삼각 퍼지수의 3 개 모수로서 정의되며 함수가 정의된 범위의 좌측점, 중앙점 그리고 우측점을 나타낸다.

〈표 1〉 사용된 퍼지수의 구성함수

| 퍼지수 | 구성 함수 |
|-----------|-----------------------------|
| $\bar{1}$ | (1, 1, 3) |
| \bar{x} | (x-2, x, x+2) for x=3, 5, 7 |
| $\bar{9}$ | (7, 9, 9) |

4. 엔트로피 가중치

확률이론에서 정식화된 엔트로피는 정보의 불확실성의 측도로서 처음에 열역학(thermodynamics)으로 부터 유도되었고, 동작 또는 과정의 비역전(irreversible)을 묘사하기 위해 사용되었다. 이것은 다음과 같은 함수로써 표현된다.

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (4)$$

엔트로피 가중치는 A 를 판정행렬이라고 하고,

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

$s_k = \sum_{j=1}^n a_{kj}$ (s_k , $k=1,2,\dots,n$ 을 k 번째 행의 합), $f_{kj} = a_{kj}/s_k$ (f_{kj} 를 상대빈도)라고 하면,

$$\begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{s_1} & \frac{a_{12}}{s_1} & \dots & \frac{a_{1n}}{s_1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{s_n} & \frac{a_{n2}}{s_n} & \dots & \frac{a_{nn}}{s_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \dots & f_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

엔트로피는 식(4)를 사용하여 구할 수 있고,

$$\begin{aligned} H_1 &= - \sum_{j=1}^n (f_{1j}) \log_2 (f_{1j}), \\ H_2 &= - \sum_{j=1}^n (f_{2j}) \log_2 (f_{2j}), \\ &\vdots \\ H_n &= - \sum_{j=1}^n (f_{nj}) \log_2 (f_{nj}). \end{aligned} \quad (6)$$

엔트로피 가중치는 식(6)을 정규화(normalizing) 함으로써 얻어질 수 있다.

5. 평가기준간의 교차종속관계

평가기준간의 공통 부분이 있는 경우 이 공통 부분이 갖는 성질을 교차종속성이라고 정택수[2]는 정의하고 이를 활용한 평가기준의 가중치 책정법을 제시하였다. 교차종속성은 평가기준 상호간에 영향을 주고받는 종속성과는 구분된다. 교차 평가기준의 가중치 크기는 평가기준 상호간의 공통되는 부분의 크기이며 이의 크기에 따라 해당 평가기준 상호간에 교차종속관계가 성립한다.

교차평가기준에 의한 교차종속관계를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$d: A \times A \rightarrow [0, 1] \quad (7)$$

여기서 d_{ij} 의 값은 집합 A내의 모든 평가기준 i, j 에 대해서 2개의 평가기준 사이의 교차종속성의 정도를 나타내며 평가기준 i 는 평가기준 j 에 대하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{완전종속} : d_{ij}=1, \quad w_j \geq w_i \quad (8)$$

$$\text{부분종속} : 0 < d_{ij} < 1, \quad w_j \geq w_i \quad (9)$$

$$\text{완전독립} : d_{ij}=0, \quad \forall i, j \in A \quad (10)$$

여기서 w_i, w_j 는 평가기준의 가중치 크기이다. 교차평가기준의 가중치 크기 w_{ij} ($0 \leq w_{ij} \leq w_i$,

$\forall i, j \in A$ 는 식(11)로 구할 수 있다.

$$w_{ij} = d_{ij} \times w_i \tag{11}$$

이러한 교차종속관계는 n차원 공간 (A^n)까지 정의 가능하다. 즉 $d : A^n \rightarrow [0,1]$ 으로 표현 가능하고, 평가기준 상호간에 교차되는 회수가 많을 경우에는 순차적으로 구해야 하는데 그 가중치 계산 및 평가절차는 다음과 같다.

전문가에게 “평가기준 i 가 평가기준 j 와 어느정도 공통성이 있는가”를 질문하고, 그 답에 따라 평가기준 상호간의 종속의 정도인 교차종속관계 d_{ij} 를 구한다. <식 11>을 적용하여 1회 교차된 평가기준의 가중치 행렬 $[w_{ij}]_{n \times n}$ 을 구한다. 이때 일어난 교차평가기준의 가중치는 현실적으로 w_i 와 w_j 의 크기에 따라 다르기 때문에 d_{ij} 와 d_{ji} 의 측정값에 의한 교차평가기준의 가중치가 $w_{ij} = w_{ji}$ 로 정확하게 일치하기가 어렵다. 따라서 측정값이 다르게 나올 경우 정의에 의한 제약의 범위내 ($d \in [0, 1]$)에서 평균치를 구한다[2].

$$(w'_{ij} + w'_{ji})/2 = w_{ij} = w_{ji} \tag{12}$$

앞에서 얻어진 1회 교차평가기준의 가중치 행렬을 검토하여, 대각선 원소를 제외한 나머지 행 또는 열의 원소가 모두 0($w_{ij} = 0, \forall j \neq i \in A$)으로 나타나는 평가기준 i 의 새로운 가중치 w' 는 여타 평가기준과 완전 독립이므로 선별해내고, 이미 책정된 가중치를 식(13)과 같이 그대로 부여한다.

$$w' = w_{ii} = w_i, w_{ij} = 0, \forall j \neq i \in A \tag{13}$$

만약 모든 평가기준이 상호간에 완전독립이면

평가기준의 가중치 합을 1로 정규화하고 중단한다. 다음 단계에서는 $w_{ij} \neq 0$ 인 1회 교차평가기준 $i \cap j$ 를 선별하여 이들 각각과 1회 교차평가기준 $i \cap j$ 가 여타 평가기준 k 와 얼마나 종속되어 있나를 묻고, 그답을 받아서 3변수 함수인 2회 교차종속관계 d_{ijk} 를 구하고, 식(14)에 의해 2회 교차평가기준 $i \cap j \cap k$ 의 가중치 w_{ijk} ($0 \leq w_{ijk} \leq w_{ij}, \forall i, j, k \in A, i \neq j \neq k$)를 구한다.

$$w_{ijk} = d_{ijk} \times w_{ij} \tag{14}$$

교차종속관계의 측정값에 의한 2회 교차평가기준의 가중치 값이 서로 상이할 경우에는 평균치를 구하는 방법을 사용한다, 이러한 방법은 3회 및 다회 교차평가기준에도 동일하게 적용된다.

$$\begin{aligned} (w'_{ijk} + w'_{ikj} + w'_{jki}) / 3 \\ = w_{ijk} = w_{ikj} = w_{jki} \end{aligned} \tag{15}$$

같은 방법으로 독립성을 검토하여, 3회 및 다회 교차평가기준의 가중치를 교차 종속관계가 없을 때까지 계속 구한다. 극단적일 경우, 직적 $A \times A \times A \times \dots \times A (A^n)$ 에서의 n변수 함수인 n-1회 교차종속관계 $d_{12\dots n}$ 에 의한 n-1회 교차평가기준 $1 \cap 2 \cap \dots \cap n$ 의 가중치 $w_{123\dots n}$ 는 다음의 식에 의해 구한다.

$$w_{12\dots n} = d_{12\dots n} \times w_{12\dots n-1} \tag{16}$$

교차종속관계에 의한 가중치의 측정값이 서로 상이할 경우에는 제약의 범위내($d \leq 1$)에서 다음

의 식에 의해 평균치를 구한다.

$$\frac{(w_{123\dots n} + w_{123\dots n} \dots_{n-1} + w_{234\dots 1})}{n} = w_{123\dots n} \quad (17)$$

앞의 절차에서 구해진 독립 또는 교차된 평가 기준의 가중치를 교차회수의 순서대로 각 평가 기준을 배열한다. 교차 평가기준의 가중치를 배분하는 방법으로는 해당 평가기준에 각각 동일한 값으로 배분하는 방법, 최초의 가중치 크기에 의한 비율배분방법, 퍼지측도(fuzzy measure)를 이용한 방법[4] 등이 있으나, 본 연구에서는 각각의 평가기준에 동일한 값으로 배분하는 방법을 채택하였다.

각각의 평가기준의 가중치는 해당되는 평가 기준의 첨자가 들어있는 각각의 교차기준의 가중치를 선별하여 교차회수의 순서대로 교차된 평가 기준의 수만큼 나누어 합한다(예, $w_{ij}/2$ 또는 $w_{ijk}/3$ 등). 다만 상위교차 평가기준이 중복되어 있을 때에는 상위교차 평가기준의 가중치 만큼 차감하고 여기에 교차된 평가기준의 수만큼 나누어 합한다(예, $(w_{ij} - w_{ijk})/2$). 이는 가중치의 합집합 및 교집합의 연산식인 다음의 식에 기초한다[1].

$$w_1 \cup w_2 \cup \dots \cup w_n = \sum_i (w_i) - \sum_{i < j} (w_i \cap w_j) + \dots + (-1)^{n-1} (w_1 \cap w_2 \cap \dots \cap w_n) \quad (18)$$

6. 알고리즘

의사결정문제를 해결하기 위해 엔트로피 가중치를 사용한다. 수행도 점수의 비교를 실시한 후, 판정벡터(행렬)에서 삼각퍼지수를 이용하고, 전문

가의 의견에 따라 가중치와 교차종속관계를 구하고, 교차평가기준의 가중치를 계산하여 이를 해당 평가기준에 동일한 크기로 배분한 다음 총퍼지 판정행렬과 엔트로피 가중치를 구하기 위해 구간 산술법을 사용한다. 이 의사결정법의 계산절차를 요약하면 다음과 같다.

- Step 1. 수행도 점수를 계산한다 (판정벡터 또는 행렬 X).
- Step 2. 교차종속을 고려한 가중치를 계산한다 (W).
- Step 3. 총 판정행렬 A 를 설정하기 위하여 판정행렬 X 의 대응되는 열 (모든 기준 C_i 에서 판정벡터 $x_{.i}$ 의 순서 목록)로 가중치 벡터 W 를 곱한다.

$$A = \begin{bmatrix} w_1 \times x_{11} & w_2 \times x_{12} & \dots & w_n \times x_{1n} \\ w_1 \times x_{21} & w_2 \times x_{22} & \dots & w_n \times x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 \times x_{n1} & w_2 \times x_{n2} & \dots & w_n \times x_{nn} \end{bmatrix} \quad (19)$$

- Step 4. 구간산술법과 α -cuts을 사용하여 퍼지 수의 곱셈과 덧셈을 수행한다. 식(2)와 (3)에 기초하여 식(19)를 $0 < \alpha \leq 1$ 에서 <식 20>과 같이 단순화 시킨다.

$$\bar{A}_\alpha = \begin{bmatrix} [a_{11l}^\alpha, a_{11u}^\alpha] & \dots & [a_{1nl}^\alpha, a_{1nu}^\alpha] \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ [a_{n1l}^\alpha, a_{n1u}^\alpha] & \dots & [a_{nnl}^\alpha, a_{nnu}^\alpha] \end{bmatrix} \quad (20)$$

여기서, $a_{ijl}^\alpha = w_{ij}^\alpha \cdot x_{ijl}^\alpha$, $a_{iju}^\alpha = w_{ij}^\alpha \cdot x_{iju}^\alpha$

- Step 5. 낙관성 지수 λ 를 사용한 고정된(fixed) α 로서 판정의 만족도 \hat{A} 를 추정한다. 낙관성지수 λ 는 의사결정자의 낙관성의 정도를 나타내며 λ 가 크다는 것은 낙관의 정도가 높다는 것을 의미한다.

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} \hat{a}_{11}^a & \hat{a}_{12}^a & \dots & \hat{a}_{1n}^a \\ \hat{a}_{21}^a & \hat{a}_{22}^a & \dots & \hat{a}_{2n}^a \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{a}_{n1}^a & \hat{a}_{n2}^a & \dots & \hat{a}_{nn}^a \end{bmatrix}$$

Step 6. 엔트로피는 식(5)의 상대빈도와 식(6)의 엔트로피 정식을 이용하여 계산할 수 있고 엔트로피 가중치는 식(6)을 정규화함으로써 얻을 수 있다.

여기서, \hat{A} 는 crisp 판정행렬이고, $\hat{a}_{ij}^a = \lambda a_{ij}^a + (1-\lambda)a_{iju}^a \quad \forall \lambda \in [0,1]$ 은 선형 불록 조합이다.

7. 사례연구

사례연구는 5개 중소기업 A, B, C, D, E에 대하여 엔트로피 가중치를 기초로한 퍼지 AHP에

〈표 2〉 평가대상 기업의 명세자료

| 기업의 평가 항목 | A | B | C | D | E |
|---------------------------|--------|-------------------|--------|--------|--------|
| 1. 제품성장 유망성 | | | | | |
| · 평균매출증가율 | 29% | 44% | 58% | 30.5% | 33% |
| · 최근3년간 수익성 | | | | | |
| - 흑자 | 3년간 흑자 | 3년간 흑자 | 3년간 흑자 | 3년간 흑자 | 3년간 흑자 |
| - 경상이익 | 2년간 증가 | 2년간 증가 | 2년간 증가 | 2년간 증가 | 2년간 증가 |
| 2. 판로(확보매출/최근매출(%)) | 30% | 80% | 28% | 100% | 29% |
| 3. 제품의 특성 | 비철금속 | 면·모방 | 자동차관련 | 인쇄 | 공작기계 |
| 4. 기술개발 투자비율 및 실적 | | | | | |
| · 기술개발비 투자 | 0.7% | 0.1% | 0.1% | 0.4% | 0.05% |
| · 산업재산권 | 없음 | 실용신안1,의 장1,출원1 | 없음 | 없음 | 없음 |
| 5. 기술인력보유 | 기능사 1명 | 기사1급 2 | 기능사 2명 | 기능사 2명 | 기능사 2명 |
| 6. 기술의 전문성 (주생산품 생산기간) | 7년 | 12년 | 13년 | 3년 | 5년 |
| 7. 경영자 경력 | 7년 | 12년 | 13년 | 6년 | 5년 |
| 8. 자동화 추진정도 | | | | | |
| · 자동화율 | 35% | 50% | 40% | 70% | 30% |
| · 추진실적 | 없음 | 1건 | 없음 | 없음 | 없음 |
| 9. 작업의 표준화 | 3항목 | 4항목 | 3항목 | 3항목 | 3항목 |
| 10. 품질개선 | | | | | |
| · 불량개선율 | 0.17 | | 0.15 | 0.14 | 0.1 |
| · LOSS개선율 | | 0.11 | | | |
| 11. 기업의 정착도 | | | | | |
| · 기업형태 | 개인 | 개인 | 개인 | 법인 | 개인 |
| · 공장입지 | 기타지역 | 공업지역 | 기타지역 | 기타 | 공단 |
| · 공장소유 | 임차 | 임차 | 자가 | 임차 | 임차 |

〈표 3〉 기업특성과 전문가의 의견

| 기업의 특성 | A | B | C | D | E |
|-------------------|-------|------|-------|-------|-------|
| 1. 가격경쟁력 | 보통 | 보통 | 보통 | 보통 | 낮음 |
| 2. 제품품질수준 | 보통 | 매우높음 | 보통 | 낮음 | 보통 |
| 3. 경영자 자질 | 6점 | 11점 | 10점 | 6점 | 6점 |
| 4. 경영계획의 합리성 | 다소 미흡 | 보통 | 보통 | 보통 | 다소 미흡 |
| 5. 설비투자 장기계획 | 다소 미흡 | 보통 | 다소 미흡 | 다소 미흡 | 다소 미흡 |
| 6. 사업추진의 합리성 | 부족 | 합리적 | 보통 | 보통 | 부족 |
| 7. 경영관리 수준 및 노사화합 | 17점 | 16점 | 18점 | 14점 | 20점 |

의해 평가한다. 의사결정을 위해 필요한 명세자료와 전문가의 의견이 〈표2와 3〉에 나타나 있다.

〈그림 1〉의 구조에 따라 평가는 7가지 기준, 즉 시장성, 기술성, 경영자 능력, 계획성, 추진능력, 사업추진기반, 추진효과 등을 기초로 한다.

(1) 시장성 : 시장성에 대한 고려사항은 제품성장 유망성, 판로 및 가격경쟁력, 제품의 특성이다. 제품성장 유망성은 매출액 증가율과 경상이익을 합산하여 10점인 경우 5점, 8점이상 4점, 6점 이상 3점, 4점이상 2점, 4점미만 1점으로 평가하며, 최근 3년간 평균매출액의 증가율이 20%이상일 경우 5점, 15%이상일 경우 4점, 10%이상일 경우 3점, 5%이상 2점, 5% 미만은 1점이다. 그리고 최근 3년간 기업의 경상이익을 고려한 수익성 평가는 〈표 4〉와 같다.

판로는 최근 결산년도 총매출액중 대기업 협력업체 관계, 고정납품처 확보(대리점 포함) 정도등

으로 평가하며 60%이상일 경우 4점, 45%이상 3점, 35%이상 2점, 15%이상 1점, 15%미만은 0점으로 평가한다. 가격경쟁력은 판매가와 제조원가 비교 및 국내 경쟁업체와 판매가를 비교 자사제품가격의 낮은 정도를 전문가에 의해 판정하여 높음 4점, 약간 높음 3점, 보통 2점, 낮은 1점으로 평가한다. 판로 및 가격경쟁력의 합산점수가 7점 이상일 경우 5점, 6점은 4점, 5점은 3점, 3점은 2점, 3점 미만은 1점으로 평가한다. 제품의 특성은 〈표 5〉와 같이 평가한다.

시장성을 고려한 총점수는 〈표 6〉과 같다.

이들 점수를 이용하여 의사결정자는 각 기준에서 대안들의 판정과 순위결정을 위한 근사적인 비교를 통하여 다음과 같이 첫 번째 기준에 대한 퍼지 판정벡타는 〈식 21〉과 같다.

$$C_1 = \begin{vmatrix} A & B & C & D & E \\ \bar{3} & \bar{5} & \bar{3} & \bar{5} & \bar{1} \end{vmatrix} \quad (21)$$

〈표 4〉 경상이익을 고려한 수익성 평가

| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|----------------------------------|----------------------------------|------------|------------|-----|
| 최근 3년 흑자경영 최근 2년 경상이익 증가추세 | 최근 3년 흑자경영 최근 1년 경상이익 증가추세 | 최근 2년 흑자경영 | 최근 1년 흑자경영 | 그외. |

〈표 5〉 제품 특성에 따른 평가점

| | |
|---|---|
| 5 | 반도체, 석유화학(정제), 조선, 통신기기등 |
| 4 | 가전 및 컴퓨터 관련, 공작기계, 광고, 도시가스, 유리 및 시멘트, 자동차관련, 제과, 제지, 종합소매, 충전기, 철강 및 비철금속, 타이어, 해운, 화선, 화장품등 |
| 3 | 건설, 관광, 내수의료, 면방, 모방, 서비스업, 수산, 육상운송, 음숙업, 음식료품, 인쇄 및 출판, 제약, 전선 등 |
| 2 | 가구 및 목재, 농기계, 수출의료 및 피혁, 제분 및 제빵 등 |
| 1 | 고무 및 플라스틱 제품, 석탄광업 및 채석업, 신발 등 |

〈표 6〉 시장성 기준과 총점수

| 시장성 | A | B | C | D | E |
|------------|----|----|----|----|----|
| 제품성장 유망성 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 판로 및 가격경쟁력 | 2 | 4 | 2 | 4 | 1 |
| 제품특성 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 총점수 | 11 | 12 | 11 | 12 | 10 |

(2) 기술성 : 기술성에 대한 고려사항은 기술 개발 투자비율 및 실적, 기술인력 보유, 기술의 전문성, 제품품질 수준이다. 기술개발비 투자비율 및 실적은 기술개발비 투자와 산업재산권보유 평가점의 합계로 평가한다.

기술인력 보유도는 계획업종과 관련된 학과, 자격증만 인정하며 한사람이 여러개의 자격증을 가진 경우 배점이 가장 높은 1개만을 인정한다. 기술

사, 기능장, 박사는 7점/인, 기사 1급, 이공계 대학졸업은 5점/인, 기사 2급, 이공계 전문대 졸업은 3점/인, 기능사, 기능사보, 공고졸업은 2점/인으로 하여 평가한다. 기술의 전문성은 주생산품의 생산기간이 8년이상일 경우 5점, 6년이상 4점, 4년이상 3점, 2년이상 2점, 1년미만은 1점으로 평가한다. 제품품질 수준은 주생산품에 대한 품질수준 전문가의 의견에 따라 평가하며 기술성에 따

〈표 7〉 기술성에 따른 평가점수

| 항 목 | | 점 수 | | | | | |
|----------------|---------|--------|-------|-------|-------------|-----------|-----------|
| | | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 기술개발 투자비율 및 실적 | 기술개발비투자 | 1.3%이상 | | 1%이상 | | 0.5%이상 | 0.5%미만 |
| | 산업재산권보유 | | | 특허권획득 | 실용신안권 획득 | 의장권 등록 | 등록 출원중 |
| | 합 계 | | 9점이상 | 7점이상 | 5점이상 | 3점이상 | 3점미만 |
| 기술인력 보유 | | | 10점이상 | 8점이상 | 6점이상 | 4점이상 | 4점미만 |
| 기술의 전문성 | | | 8년이상 | 6년이상 | 4년이상 | 2년이상 | 1년미만 |
| 제품품질 수준 | | | 매우 높음 | 높음 | 보통 | 낮음 | 매우 낮음 |

〈표 8〉 기술성 기준과 총점수

| 기술성 | A | B | C | D | E |
|----------------|---|----|----|---|---|
| 기술개발 투자비율 및 실적 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 기술인력 보유 | 1 | 5 | 2 | 2 | 2 |
| 기술의 전문성 | 4 | 4 | 5 | 2 | 3 |
| 제품품질 수준 | 3 | 5 | 3 | 2 | 3 |
| 총점수 | 9 | 16 | 11 | 7 | 9 |

른 평가 점수는 〈표 7〉과 같다.

기술성을 고려한 총점수는 〈표 8〉에 나타나 있고 퍼지판정벡터는 〈식 22〉와 같다.

$$C_2 = \begin{pmatrix} A & B & C & D & E \\ \bar{3} & \bar{9} & \bar{5} & \bar{1} & \bar{3} \end{pmatrix} \quad (22)$$

(3) 경영자 능력 : 경영자 능력에 대한 고려사항은 경영자 경력, 경영자 자질, 경영관리 수준 및 노사화합이다. 경영자 경력은 10년이상일 경우 5점, 7년이상 4점, 5년이상 3점, 3년이상 2점, 그 외 기업은 1점이다. 경영자의 자질은 〈표 9〉의 점

토항목에 따라 평가하고 배점합계가 13.5점이상 5점, 10.5점이상 4점, 7.5점이상 3점, 4.5점이상 2점, 4.5점이하 1점으로 평가한다.

경영관리 수준 및 노사화합은 〈표 10〉의 항목을 고려하여 30점이상일 경우 5점, 26점이상 4점, 21점이상 3점, 16점이상 2점, 16점미만은 1점으로 평가한다.

경영자 능력을 고려한 총점수는 〈표 11〉에 나타나 있고, 퍼지판정벡터는 〈식 23〉과 같다.

$$C_3 = \begin{pmatrix} A & B & C & D & E \\ \bar{3} & \bar{9} & \bar{7} & \bar{1} & \bar{3} \end{pmatrix} \quad (23)$$

〈표 9〉 경영자 자질에 대한 검토항목¹⁾

| 검토항목 | 검토사항 | 배점 |
|--------------------------------|--|----|
| 시장 및 경쟁업체의 동향분석 및 대응 노력수준 | · 동업계의 당면문제점 파악 여부 · 경영자의 시장 및 경쟁업체 동향파악에 대한 대응노력 수준 | 5 |
| 경영전념도 수준 및 기업의 장기발전 계획수립 정도 수준 | · 기업경영에의 전념도 수준 · 경영합리화, 기술개발 방안등의 경영방침 수립여부 · 중장기 발전계획에 대한 구상 | 5 |
| 가치관 확립과 자기 혁신의지 정도 | · 경영자의 창의력, 합리적 성향, 기업가로서의 가치관 · 관련분야의 전문지식 함양 노력수준, 결단력, 판단력, 기획능력 | 5 |

1) 검토항목에 대하여 최상(5), 중상(3.5), 중(2.5), 중하(1), 하(0)로 구분평가하여 합산

〈표 10〉 경영관리 수준 및 노사화합 평가항목²⁾

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> · 종업원의 업무에 임하는 자세와 외부인에 대한 태도 · 제품이나 생산기술에 대한 정보수집량, 정보수집방법이나 정보에 대한 관심도 · 제작업 환경 및 Lay-Out정도(시설배치, 공구정리 정돈등), 관리의 독창성 · 제안제도 및 QC활동 · 제품생산에 대한 매뉴얼 보유와 활용 · 경영자와 추진실무자간의 의사소통(교감) 정도 · 생산계획 및 관리의 합리화 |
|--|

〈표 11〉 경영자능력 기준과 총점수

| 경영자 능력 | A | B | C | D | E |
|----------------|---|----|----|---|---|
| 경영자 경력 | 3 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| 경영자 자질 | 2 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| 경영관리 수준 및 노사화합 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 총점수 | 7 | 11 | 10 | 6 | 7 |

(4) 계획성 : 계획성에 대한 고려사항은 경영계획의 합리성, 설비투자 장기계획이다. 경영계획의 합리성은 필요한 관련기술 검토결과, 영업전략(판매방법)수립, 자금수달계획, 인력수급계획, 설비투자의 비용-효과분석, 사업계획의 전체 경영전략에 대한 고려 등의 사항을 고려하여 사업계

획이 적정하게 수립되어 있는지 경영, 기술부분 조사자와 협의하여 종합검토한 후 〈표 12〉와 같이 평가한다.

설비투자 장기계획은 최근 사업별 설비투자에 대한 사업계획 및 세부실천계획 수립정도를 수립년도, 설비명, 연도별 반영정도에 따라 평가하여

〈표 12〉 경영계획의 합리성

| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|------|----|----|-------|-------|
| 매우양호 | 양호 | 보통 | 다소 미흡 | 매우 미흡 |

〈표 13〉 계획성 기준과 총점수

| 계획성 | A | B | C | D | E |
|-----------|---|---|---|---|---|
| 경영계획의 합리성 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 설비투자 장기계획 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 총점수 | 4 | 6 | 5 | 5 | 4 |

2) 매우높음(5), 높음(4), 보통(3), 낮음(2), 매우낮음(1)

경영계획의 합리성과 마찬가지로 평가한다.

계획성을 고려한 총점수는 <표 13>에 나타나 있다.

$$C_4 = \begin{vmatrix} A & B & C & D & E \\ \bar{1} & \bar{5} & \bar{3} & \bar{3} & \bar{1} \end{vmatrix} \quad (24)$$

(5) 추진능력 : 추진능력에 대한 고려사항은 사업추진 합리성, 자동화 추진 정도에 따라 평가한다. 사업추진 합리성은 공정분석 정도, 추진계획의 비교검토, 유사사례 수집, 투자에 대한 건적 비교, 추진목적 명확(인력절감, 생산성 향상, 품질 개선, 유해환경 제거)등의 체계적인 검토여부를 파악하여 매우 합리적일 경우 5점, 합리적 4점, 보통 3점, 부족 2점, 매우 부족 1점으로 평가한다. 자동화 추진정도는 다음 분야를 합산하여 5점이 상일 경우 5점, 4점은 4점, 3점은 3점, 2점은 2점, 1점은 1점으로 평가한다.

- 자동화 추진실적 : 3건이상 (3), 2건 (2), 1건 (1)

- 자동화율 (자동화율

$$= \frac{\text{기추진된 자동화 공정수}}{\text{대상제품의 작업공정수}})$$

· 50% 공정이상 (3) · 30%~50% (2)

· 30% 공정미만 (1)

추진능력을 고려한 총점수는 <표 14>에 나타나 있고, 퍼지판정벡터는 <식 25>와 같다.

$$C_5 = \begin{vmatrix} A & B & C & D & E \\ \bar{1} & \bar{7} & \bar{3} & \bar{5} & \bar{1} \end{vmatrix} \quad (25)$$

(6) 사업추진기반 : 사업추진기반에 대한 고려사항은 작업의 표준화, 전문인력보유 및 도입기반이다. 작업의 표준화는 ① 사내작업 표준화 ② 공정도 작성 ③ 불량현황 및 대책 ④ 부품의 수입 검사 유무 ⑤ 기능인력 의존도 ⑥ 부품의 규격 통일 유무(공용화) ⑦ 검사표준서 유무 ⑧ 불량현황판 게시유무 ⑨ 생산공정의 현장 검사유무등을 고려하여 8항목이상 해당시 5점, 6항목이상 4점, 4항목이상 3점, 2항목이상 2점, 1항목이하 1점으로 평가한다. 전문인력보유 및 도입기반은 기술연구 전담요원 확보(2), 기술 전문교육이수(2), 국내·외 자동화 견학 및 세미나 참석(2), 기술전문지도기관 활용(2), 설치공간확보(2), 운영요원 확보(1), 유틸리티(공압, 전기등)(1), 설비배치도 유무(1)등의 고려항목을 평가하여 합계가 10점이 상일 경우 5점, 8점이상 4점, 6점이상 3점, 3점이상 2점, 3점미만 1점으로 평가한다.

<표 14> 추진능력 기준과 총점수

| 추진능력 | A | B | C | D | E |
|----------|---|---|---|---|---|
| 사업추진 합리성 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| 자동화 추진정도 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 총점수 | 4 | 7 | 5 | 6 | 4 |

<표 15> 사업추진 기반 기준과 총점수

| 사업추진 기반 | A | B | C | D | E |
|---------------|---|---|---|---|---|
| 작업의 표준화 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 전문인력보유 및 도입기반 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 총점수 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 |

사업추진 기반을 고려한 총점수는 <표 15>에 나타나 있고, 퍼지판정벡터는 <식 26>과 같다.

$$C_6 = \begin{vmatrix} A & B & C & D & E \\ \bar{1} & \bar{3} & \bar{1} & \bar{1} & \bar{1} \end{vmatrix} \quad (26)$$

사업추진효과를 고려한 총점수는 <표 17>에 나타나 있고, 퍼지판정벡터는 <식 27>과 같다.

$$C_7 = \begin{vmatrix} A & B & C & D & E \\ \bar{1} & \bar{9} & \bar{3} & \bar{5} & \bar{5} \end{vmatrix} \quad (27)$$

(7) 사업추진효과 : 사업추진효과에 대한 고려 사항은 생산성향상, 품질개선, 기업의 정착도이다. 이들의 세부 평가 항목 및 점수는 <표 16>와 같다.

이 기준들의 우선순위(priority)는 전문가의 의견에 따르며 기준들간의 가중치 벡터(weighting vector)를 <식 28>과 같이 구한다.

<표 16> 사업 추진 효과에 따른 평가점수

| 항 목 | | 점 수 | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|----|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 생산성 향상 (2항목중 택일 조사) | 기존생산시설교체 ¹⁾ | 2.0이상 | 1.5이상 | 1.2이상 | 1.1이상 | 1.1미만 | |
| | 사업장 이전 또는 확장 ²⁾ | 10이상 | 8이상 | 6이상 | 4이상 | 4미만 | |
| 품질 개선 (3항목중 택일 조사) | 불량관리 가능경우 ³⁾ | 0.5이상 | 0.3이상 | 0.2이상 | 0.1이상 | 0.1미만 | |
| | Loss율 관리경우 ⁴⁾ | 0.2이상 | 0.15이상 | 0.1이상 | 0.05이상 | 0.05미만 | |
| | 상위품질 등급 ⁵⁾ 제품생산시설 투자 | 0.5이상 | 0.3이상 | 0.2이상 | 0.1이상 | 0.1미만 | |
| 기업 정착도 (3항목 점수 합산하여 평가) | 기업 형태 | | 법인 | 개인 | | | |
| | 공장 입지 | | 공단지역 | 공업지역 | | 기타지역 | |
| | 공장 수유 | | | | 자가 | | 임차 |

주1)추진후 단위시간당 생산량 또는 금액 / 추진전 단위시간당 생산량 또는 금액

주2) 평가시 고려항목

- 국내 독점생산인 경우(2)
- 생산품에 대한 특허/실용신안 보유(2),
- 기존생산품과 관련이 있는 경우(2)
- 예상매출 증가율 50%이상(2)
- 자동화 대상이 3공정이상인 경우(2)

주3) [개선전 불량율-개선후 불량율] / 개선전 불량율

주4) [개선전 LOSS율-개선후 LOSS율] / 개선전 LOSS율

주5) [상위제품 단위가격-편제품 단위가격] / 현재품 단위가격

<표 17> 사업추진효과 기준과 총점수

| 사업추진효과 | A | B | C | D | E |
|---------|---|----|---|----|----|
| 생산성 향상 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 |
| 품질개선 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 기업의 정착도 | 4 | 6 | 6 | 5 | 7 |
| 총점수 | 7 | 12 | 9 | 10 | 10 |

$$W = \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 \\ \bar{7} & \bar{9} & \bar{7} & \bar{3} & \bar{1} & \bar{5} & \bar{9} \end{bmatrix} \quad (28)$$

〈식 21-27〉을 결합하므로써 〈표 18〉과 같이 퍼지 판정행렬 \bar{X} 를 얻을수 있다.

〈표 18〉 기준 $C_1 - C_7$ 을 기초로한 시스템 A - E를 위한 퍼지 판정행렬 \bar{X}

| | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C_5 | C_6 | C_7 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A | $\bar{3}$ | $\bar{3}$ | $\bar{3}$ | $\bar{1}$ | $\bar{1}$ | $\bar{1}$ | $\bar{1}$ |
| B | $\bar{5}$ | $\bar{9}$ | $\bar{9}$ | $\bar{5}$ | $\bar{7}$ | $\bar{3}$ | $\bar{9}$ |
| C | $\bar{3}$ | $\bar{5}$ | $\bar{7}$ | $\bar{3}$ | $\bar{3}$ | $\bar{1}$ | $\bar{3}$ |
| D | $\bar{5}$ | $\bar{1}$ | $\bar{1}$ | $\bar{3}$ | $\bar{5}$ | $\bar{1}$ | $\bar{5}$ |
| E | $\bar{1}$ | $\bar{3}$ | $\bar{3}$ | $\bar{1}$ | $\bar{1}$ | $\bar{1}$ | $\bar{5}$ |

또, 중소기업 지원을 위한 평가자(전문가)들에게 교차종속성의 정도를 질문하여 구한 1회 교차종속관계는 다음과 같다.

$$[d_{ij}] = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_7 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0.13 & 0.14 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.11 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.12 & 0 & 1 & 0.15 & 0.12 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.13 & 1 & 0.13 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.11 & 0.12 & 1 & 0 & 0.13 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0.15 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0.13 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (29)$$

2회 교차종속관계는 다음과 같다.

$$d_{345} = 0.23, \quad d_{354} = 0.21, \quad d_{453} = 0.39 \quad (30)$$

교차종속관계의 조사결과를 이용하여 1회 교차 평가기준의 가중치를 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} w_{12}' &= d_{12} \times w_2 = 0.13 \otimes \bar{9} = 0.33 \times [7 + 2\alpha, 9] = [0.91 + 0.26\alpha, 1.17] \\ w_{21}' &= d_{21} \times w_1 = 0.11 \otimes \bar{7} = 0.31 \times [5 + 2\alpha, 9 - 2\alpha] = [0.55 + 0.22\alpha, 0.99 - 0.22\alpha] \\ \therefore w_{12} &= ([0.91 + 0.26\alpha, 1.17] + [0.55 + 0.22\alpha, 0.99 - 0.22\alpha]) / 2 \\ &= [1.46 + 0.48\alpha, 2.16 - 0.22\alpha] / 2 = [0.73 + 0.24\alpha, 1.08 - 0.11\alpha] \end{aligned} \quad (31)$$

〈표 19〉 1회 교차 평가기준의 가중치

| w_{ij} | 가 중 치 |
|----------|--|
| w_{12} | $[0.73 + 0.24\alpha, 1.08 - 0.11\alpha]$ |
| w_{13} | $[0.65 + 0.26\alpha, 1.17 - 0.26\alpha]$ |
| w_{34} | $[0.4 + 0.28\alpha, 0.96 - 0.28\alpha]$ |
| w_{35} | $[0.335 + 0.11\alpha, 0.675 - 0.23\alpha]$ |
| w_{45} | $[0.125 + 0.12\alpha, 0.495 - 0.25\alpha]$ |
| w_{57} | $[0.505 + 0.13\alpha, 0.735 - 0.1\alpha]$ |
| w_{67} | $[0.72 + 0.28\alpha, 1.13 - 0.13\alpha]$ |

같은 방법으로 1회 교차 평가기준의 가중치를 계산하면 〈표 19〉와 같다.

2회교차 평가기준의 가중치를 계산하면 〈식 32〉와 같다.

$$\begin{aligned}
 w_{345}' &= d_{345} \times w_{34} = 0.23 \times [0.4 + 0.28\alpha, 0.96 - 0.28\alpha] \\
 &= [0.092 + 0.0644\alpha, 0.2208 - 0.0644\alpha] \\
 w_{354}' &= [0.0703 + 0.0231\alpha, 0.1417 - 0.0483\alpha], \\
 w_{453}' &= [0.0487 + 0.0468\alpha, 0.193 - 0.0975\alpha] \\
 \therefore w_{345} &= (w_{345}' + w_{354}' + w_{453}')/3 = [0.0704 + 0.0448\alpha, 0.1852 - 0.0701\alpha] \\
 &= w_{354} = w_{453} \tag{32}
 \end{aligned}$$

교차종속관계를 고려한 평가기준의 새로운 가중치를 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 w_1' &= w_1 - (w_{12} + w_{13})/2 = [3.875 + 2.185\alpha, 8.31 - 2.25\alpha] \\
 w_2' &= w_2 - w_{21}/2 = [6.46 + 2.055\alpha, 8.635 - 0.12\alpha] \\
 w_3' &= w_3 - (w_{31} + w_{34} + w_{35})/2 + w_{345}/3 = [3.621 + 2.3999\alpha, 8.3692 - 2.3484\alpha] \\
 w_4' &= w_4 - (w_{43} + w_{45})/2 + w_{345}/3 = [0.296 + 2.2799\alpha, 4.7992 - 2.2234\alpha] \\
 w_5' &= w_5 - (w_{53} + w_{54} + w_{57})/2 + w_{345}/3 = [0.71 + 0.3049\alpha, 2.5792 - 2.2034\alpha] \\
 w_6' &= w_6 - w_{67}/2 = [2.435 + 2.065\alpha, 6.64 - 2.14\alpha] \\
 w_7' &= w_7 - (w_{75} + w_{76})/2 = [6.0675 + 2.115\alpha, 8.3875 - 0.205\alpha]
 \end{aligned}$$

그러므로 새로운 가중치는 〈식 33〉과 같다.

$$\begin{aligned}
 w &= [w_1' \ w_2' \ w_3' \ w_4' \ w_5' \ w_6' \ w_7'] = \\
 & \quad \{ [3.875 + 2.185\alpha, 8.31 - 2.25\alpha], [6.46 + 2.055\alpha, 8.635 - 0.12\alpha],
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & [3.621 + 2.3999\alpha, 8.3692 - 2.3484\alpha], [0.296 + 2.2799\alpha, 4.7992 - 2.2234\alpha], \\
 & [0.71 + 0.3049\alpha, 2.5792 - 2.2034\alpha], [2.435 + 2.065\alpha, 6.64 - 2.14\alpha], \\
 & [6.0675 + 2.115\alpha, 8.3875 - 0.205\alpha].
 \end{aligned} \tag{33}$$

이 새로운 가중치의 i 번째 요소를 <표 18>의 C_i 열에 곱함으로써, <식 34>와 같이 총 퍼지판정행렬 \bar{A} 를 얻을 수 있다.

$$\begin{array}{c}
 A \\
 B \\
 C \\
 D \\
 E
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4 \quad C_5 \quad C_6 \quad C_7 \\
 \left| \begin{array}{ccccccc}
 w_1' \times \bar{3} & w_2' \times \bar{3} & w_3' \times \bar{3} & w_4' \times \bar{1} & w_5' \times \bar{1} & w_6' \times \bar{1} & w_7' \times \bar{1} \\
 w_1' \times \bar{5} & w_2' \times \bar{9} & w_3' \times \bar{9} & w_4' \times \bar{5} & w_5' \times \bar{7} & w_6' \times \bar{3} & w_7' \times \bar{9} \\
 w_1' \times \bar{3} & w_2' \times \bar{5} & w_3' \times \bar{7} & w_4' \times \bar{3} & w_5' \times \bar{3} & w_6' \times \bar{1} & w_7' \times \bar{3} \\
 w_1' \times \bar{5} & w_2' \times \bar{1} & w_3' \times \bar{1} & w_4' \times \bar{3} & w_5' \times \bar{5} & w_6' \times \bar{1} & w_7' \times \bar{5} \\
 w_1' \times \bar{1} & w_2' \times \bar{3} & w_3' \times \bar{3} & w_4' \times \bar{1} & w_5' \times \bar{1} & w_6' \times \bar{1} & w_7' \times \bar{5}
 \end{array} \right.
 \end{array} \tag{34}$$

이 대안들의 엔트로피 가중치를 계산하면 <표 20>과 같다.

<표 20> $\alpha = 0.35, \lambda = 0.5$ 에서의 총 퍼지 판정행렬

| | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C_5 | C_6 | C_7 | 합 계 |
|---|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|----------|
| A | 20.1172 | 24.5773 | 20.0185 | 5.1712 | 2.1681 | 8.3535 | 12.9670 | 93.3728 |
| B | 32.2794 | 66.3086 | 51.1375 | 14.6901 | 8.0098 | 24.3985 | 63.6307 | 260.4546 |
| C | 20.1172 | 40.3496 | 44.0350 | 9.5751 | 4.0384 | 8.3535 | 23.6655 | 150.1342 |
| D | 32.2794 | 13.4716 | 10.9099 | 9.5751 | 6.0241 | 8.3535 | 38.7890 | 119.4025 |
| E | 10.9707 | 24.5773 | 20.0185 | 5.1712 | 2.1681 | 8.3535 | 38.7890 | 110.0483 |

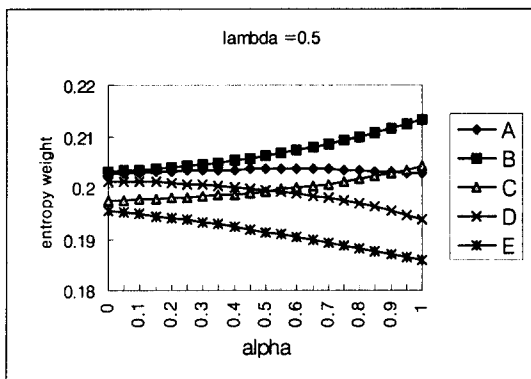
<표 21> 총 퍼지 판정행렬의 상대빈도

| | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C_5 | C_6 | C_7 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A | .2154 | .2632 | .2144 | .0554 | .0232 | .0895 | .1389 |
| B | .1239 | .2546 | .1963 | .0564 | .0308 | .0937 | .2443 |
| C | .1340 | .2688 | .2933 | .0638 | .0269 | .0556 | .1576 |
| D | .2703 | .1128 | .0914 | .0802 | .0505 | .0700 | .3249 |
| E | .0997 | .2233 | .1819 | .0470 | .0197 | .0759 | .3525 |

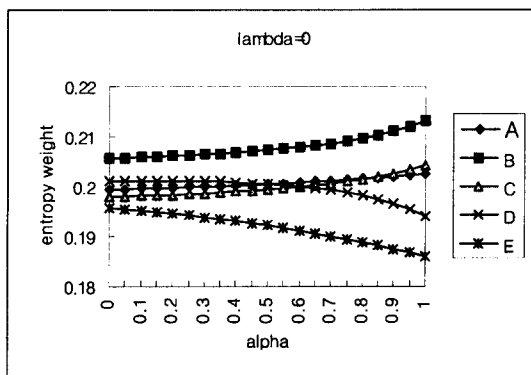
〈표 22〉 엔트로피와 정규화된 엔트로피 가중치

| | 엔트로피 | 엔트로피 가중치 |
|---|--------|----------|
| A | 2.5246 | 0.2035 |
| B | 2.5421 | 0.2049 |
| C | 2.4626 | 0.1985 |
| D | 2.4855 | 0.2003 |
| E | 2.3934 | 0.1929 |

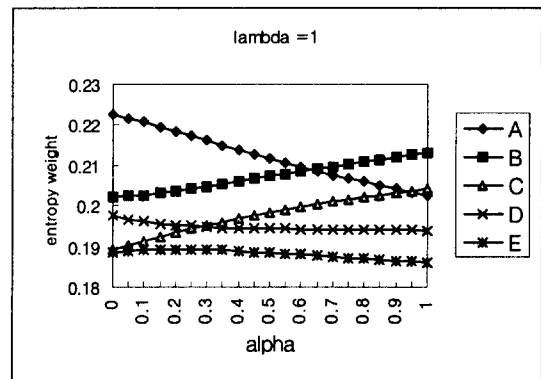
〈표 20〉으로 부터 〈식 5〉에 의하여 구한 상대 빈도 f_{kj} 는 〈표 21〉과 같고, 〈식 6〉에 의하여 구한 엔트로피와 정규화된 엔트로피 가중치는 〈표 22〉와 같다. 〈표 22〉로부터 기업 B가 엔트로피 가중치 0.2049로 최상의 선택임을 알 수 있다.



〈그림 2〉 중립적 의사결정자의 평가순위 ($\lambda=0.5$)



〈그림 3〉 낙관적 의사결정자의 평가순위 ($\lambda=0$)



〈그림 4〉 비관적 의사결정자의 평가순위 ($\lambda=1$)

마찬가지로, $\alpha = 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, \dots, 1$ 그리고 $\lambda = 0.5, 0, 1$ 에서 엔트로피 가중치의 변화를 나타낸 것이 〈그림 2,3,4〉이다.

이 방법은 인간의 사고에서 그 사람의 주관적인 판단과 관련된 불확실성을 반영하고, 〈그림 2,3,4〉로 부터 중립적 의사결정자($\lambda=0.5$)에서는 모든 α 의 수준에서 기업 B가 가장 나은 평가를 보이고 있음을 알 수 있다.

7. 기존 연구와의 비교

먼저 Saaty[11]의 방법을 위해 구한 일관성 비율은 〈표 23〉과 같이 모두 0.1이하로서 일관성이 있다고 판정되며, Saaty와 정규연,정택수 방법에 의한 각 기준의 가중치와 대안의 평가 결과는

표 23. Saaty에 의한 일관성 비율

| 기 준 | 일관성 비율 |
|-----|--------|
| C1 | 0.0124 |
| C2 | 0.0396 |
| C3 | 0.0407 |
| C4 | 0.0124 |
| C5 | 0.0304 |
| C6 | 0.0000 |
| C7 | 0.0425 |

〈표 24〉와 같이 비교되어 진다.

〈표 24〉 기존연구와의 결과 비교

| 대 안 | Saaty | 정규련,정택수 | 본 연구 |
|-----|---------|---------|--------|
| A | 0.07741 | 2.1369 | 0.2035 |
| B | 0.52931 | 7.5290 | 0.2049 |
| C | 0.15556 | 3.8864 | 0.1985 |
| D | 0.13341 | 2.7561 | 0.2003 |
| E | 0.10430 | 2.7058 | 0.1929 |

〈표24〉에서 보는바와 같이 모두 대안 B가 최상으로 선택되어지고 있다. 본 연구에서는 중립적 의사결정자의 경우 crisp한 경우[11,1,2]와 같은 결과를 보이거나 낙관적 의사결정자와 비관적 의사결정자의 경우 불확실성의 정도(α -cut)에 따라 대안의 선택이 달라짐을 보여주고 있다. 그러나 전체적으로 대안 B가 우월한 것으로 나타났다.

8. 결 론

전통적인 AHP 방법에서 각 평가기준이 상호독립이라는 가정은 종속성이 강한 평가기준의 도입을 포기하거나, 좀 더 정밀한 평가를 위해 모든 고려사항을 도입할 때, 종속성이 강한 평가기준의 도입으로 순위역전현상이 발생할 수 있다.

본 연구에서는 교차종속관계를 고려한 수정된

가중치를 계산하여 순위역전현상을 방지하고, 좀 더 효율적인 의사결정을 위해 AHP방법을 향상시키고 매끄럽게 하기 위하여 계층적인 구조를 가지면서, 전통적인 AHP방법에서 요구되는 일련의 일대비교판정 대신 엔트로피 가중치를 기초로 한 퍼지 다기준 의사결정법을 제시하였다. 또한 주관적인 판단이 요구되는 의사결정에서의 효율성을 보이기 위해 5개 중소기업의 지원을 위한 평가모형을 사례로 제시하고 낙관성 지수 λ 와 α -cut 을 이용하여 각 기업의 순위에 대한 결과를 민감도 분석과 함께 나타내었다.

참 고 문 헌

- [1] 정 규련, 정 택수, “퍼지교차 종속관계를 이용한 다기준평가문제의 가중치 책정방법”, 「한국경영과학회지」, 제19권,제3호, (1994), pp.53-62.
- [2] 정 택수, “교차 종속관계 하에서의 효율적인 다기준 평가법”, 숭실대학교 대학원 박사학위논문, 1995.
- [3] 中山弘隆, “多目的意思決定-理論と應用-1-多目的意思決定とAHP-”, システムと制御, Vol. 30, No7, pp.430-438, 1986.
- [4] 黃承國, “ファッション理論の評價問題への應用”, 大阪府立大學 大學院 博士學位論文, 1990.
- [5] Hwang, S.G., Ichihashi, H. and Tanaka, H., “A modification of Siskos' multicriteria decision-making methodology using fuzzy outranking relations”, *Reprinted from Bulletin of the University of Osaka Prefecture, Series A, Vol.37, No.2, (1988), pp. 141-152.*
- [6] Kamenetzky, R.D., “The relationship

- between the AHP and additive value function", *Decision Science* 13 (1982), pp.702-713.
- [7] Mon, D.L., "Evaluating weapon system using fuzzy analytic hierarchy process based on entropy weight", *Proceedings of the International Joint Conference of the Fourth IEEE International Conference on Fuzzy Systems and the Second International Fuzzy Engineering Symposium*, Vol.2, Yokohama, Japan, (March, 1995), pp.591-598.
- [8] Roy, B. and Vincke, P., "Multicriteria analysis : survey and new directions", *European Journal of Operational Research* 8,(1981), pp.207-218.
- [9] Saaty, T.L. and Vargas, L.G., "Uncertainty and rank order in the analytic hierarchy process", *European Journal of Operational Research* 32 (1987), pp.107-117.
- [10] Saaty, T.L., "Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process", *Management Science*, Vol.32, No.7 (July, 1986), pp.841-855.
- [11] Saaty, T.L., *The analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [12] Siskos, J., Lochard, J. and Lombard, J., "A multicriteria decision-making methodology under fuzziness : application to the evaluation of radiological protection in nuclear power plants", *TIMS/Studies in the Management Sciences* 20,(1984),pp. 261-283.