工業經營學會誌 第 20卷 第43輯 1997年 8月 321

Vague Set를 이용한 다속성 · 다수전문가 의사결정
- Multi-Attribute and Multi-Expert Decision Making by Vague Set -

안 동 규*
An, Dong-Kyu
이 상 용**
Yi, Sang-Yong

Abstract

Measurement of attributes is often highly subjective and imprecise, yet most MADM methods lack provisions for handling imprecise data.

Frequently, decision makers must establish a ranking within a finite set of alternatives with respect to multiple attributes which have varying degrees of importance. The problem is more complex if the evaluations of alternatives according to each attribute are not expressed in precise numbers, but rather in fuzzy numbers. Analysis must allow for lack of precision and partial truth.

The advantages of a fuzzy approach for MADM are that a decision maker can obtain efficient solutions all at once without trial and error, and that this approach provides better support for judging the interactive improvement of solutions in comparison with ○ decision making method.

The algorithm used in this study is based on the concepts of vague set theory. Linguistic variables and vague values are used to facilitate a decision maker's subjective assessment about attribute weightings and the appropriateness of alternative versus selection attributes in order to obtain final scores which are called vague appropriateness indices. A numerical example is presented to show the practical applicability of this approach.

1. 서 론

다속성의사결정(Multi-Attribute Decision Making : MADM) 방법은 유연생산시스템(Flexible Manufacturing System : FMS)의 경제성 및 도입 타당성 분석, 대형 프로젝트의 타당성 분석 및 공장입지 설정 문제 등을 비롯한 상충되는 다수의 속성(attribute)을 갖는 의사결정문제의 해결에 널리 이용되고 있다[3][5][8].

* 경민전문대학 사무자동화과
** 건국대학교 산업공학과

애매(fuzzy)한 정성적인 속성을 정량화하고, 의사결정자의 선호도와 일치되도록 하는 다속성 의사결정에 관한 지금까지의 연구를 살펴보면 다음과 같다.

Fishburn[2]은 의사결정 문제에 위험이 있는 경우와 없는 경우의 다속성의사결정 상황에 대한 합의효용함수(additive utility)를 추정하는 24가지 방법을 조사하여 분류하였고, Saaty와 Vargas[7]는 쌍대비교치에서 불확실성이 대안들간의 우선순위에 미치는 영향을 분석하여, 쌍대비교치가 의사결정자의 의해 부여된 구간 내에서 일양분포(uniform distribution)를 따른다는 가정하에서 시뮬레이션으로 대안들간의 순위가 바뀔 확률을 계산하여 대안들간의 최종 순위와 순위가 바뀌지 않을 확률을 계산하는 방법을 제시하였다.

Hwang[6]은 평가속성의 가중치를 최대치가 1이 되도록 하는 가능성 측도(possibility measure)를 이용하고 이를 Dempster의 퍼지측도이론에 의한 상 · 하한 기대치로써 대안을 종합평가하는 방법을 제시하였다. 이는 가능성 측도의 기본확률을 구하는 과정에서 중복되는 부분을 제거하는 효과를 가져와 순위의 역전현상이 방지되는 결과를 가져온다. 그러나 가능성 측도는 전체집합의 부분집합들이 단조열(nested)로 배열되어야 한다는 가정을 필요로 한다.

본 연구에서는 대안의 평가치를 평가하는 전문가가 다수이고, 전문가들이 각 속성에 대한 대안의 평가치를 모호집합(vague sets) 또는 언어값을 사용하는 경우 이들의 평가치를 평균연산법을 사용하여 종합하는 방법을 제시하고, 대안의 특성이 모호집합과 언어값에 의하여 표현되고 각 속성에 대한 중요도를 고려해야 되는 경우의 다속성의사결정 문제를 다룰 수 있는 새로운 방법을 제시하고자 한다.

2. 다수전문가 의견에 의한 다속성의사결정

다수전문가 의견에 의한 다속성의사결정 문제를 해결하기 위한 본 연구는 대안의 속성을 모호집합에 의해서 표현하며, 각 속성의 집합에 대하여 각 대안의 만족도와 불만족도의 정도를 나타내기 위하여 참성원함수와 거짓성원함수를 사용한다. 또한 다수전문가가 각 속성의 중요성의 정도를 모호한 값과 언어값에 의하여 다르게 줄 경우 이들의 의견을 종합하는 방법을 제시한다.

2.1 모호집합

Gau[4]는 단일 값이 각각의 양에 관계없이 $u_i \in U$일 때의 근거(evidence)와 $u_i \in U$에 반대될 때 근거를 결합하는 데 초점을 맞추어 모호한 집합에 대한 개념을 연구하였다.

그는 또한 μ_A의 하위영역(lower bound) 특성으로 참성원함수(truth-membership function) t_A와 거짓성원함수(false-membership function) f_A를 사용하였다. 낮은 영역은 [0,1]에서의 하위간격을 나타내기 위하여 사용된다. 즉, $[t_A(u_i),\ 1-f_A(u_i)]$. 퍼지집합의 $\mu_A(u_i)$를 일반화시키기 위하여 $t_A(u_i) \le \mu_A(u_i) \le 1-f_A(u_i)$로 놓는다.

u_i에 의하여 나타내는 U를 전체집합($U=\{u_1,u_2,\cdots u_n\}$)이라고 정의하며, U에서의 모호집합 A는 참성원함수 t_A와 거짓성원함수 f_A에 의하여 나타낸다.

$$t_A:\ U \rightarrow [0,1], \tag{1}$$

$$f_A:\ U \rightarrow [0,1]. \tag{2}$$

여기서 $t_A(u_i)$는 u_i에 근거로부터 구한 u_i의 성원의 정도를 나타내는 아래 부분이고, $f_A(u_i)$는 u_i에 반대되는 근거로부터 구한 u_i의 부정을 나타내는 아래 부분이며, $t_A(u_i)+f_A(u_i) \le 1$이다.

모호집합 A에서의 u_i의 성원함수의 정도는 [0, 1]의 하위간격[t_A (u_i), 1-$f_A(u_i)$] 부분이다. 모호한 값 [$t_A(u_i)$, 1-$f_A(u_i)$]는 u_i를 모르는 경우의 성원 $\mu_A(u_i)$의 정확한 정도를 나타낸다. 그리고 $t_A(u_i) \le \mu_A(u_i) \le 1-f_A(u_i)$의 경계를 갖고, $t_A(u_i) + f_A(u_i) \le 1$이다. 전체집합 U가 연속일 때 모호집합 A는 식 (3)과 같다.

$$A = \int_U [t_A(u_i),\ 1-f_A(u_i)] \ / \ u_i \tag{3}$$

전체집합 U가 이산일 때 모호집합 A는 식 (4)와 같다.

$$A = \sum_{i=1}^{n} [t_A(u_i),\ 1-f_A(u_i)] \ / \ u_i \tag{4}$$

2.2 다수전문가의 의견종합

본 연구에서는 전문가가 각 속성에 대한 대안의 평가치를 모호집합의 값을 사용하거나, 언어값에 대한 모호집합의 성원함수를 사용한다고 가정한다. 전문가의 의견을 종합하는 방법은 평균, 중앙값, 최대, 최소, 혼합연산 등이 있다. 그러나 각 연산방법은 자채의 한계를 가지고 있다 [1].

이에 대하여 Zimmermann[9]은 적절한 연산방법을 선택하는 방법을 연구하였으며, 평균연산이 가장 합리적인 방법임을 보였다. 그러므로 전문가의 평가를 종합하는데 식 (5)에 의한 평균연산법을 사용한다.

$$S_{it} = \frac{1}{n} \otimes (S_{it1} \oplus S_{it2} \oplus \ \cdots \ \oplus S_{itn}) \tag{5}$$

여기서 S_{it}는 속성 a_k에 대한 m대안을 종합한 것이다.

다속성의사결정 문제에서 k속성(a_1, a_2, ⋯, a_k)하에 m대안(A_1, A_2, ⋯, A_m)의 적합도를 n명의 전문가(D_1, D_2, ⋯, D_n)가 평가하며, S_{itj}(i = 1, 2,⋯, m ; t = 1, 2,⋯, k; j = 1,2,⋯, n)는 속성 a_k에 대한 n명의 전문가의 평가치를 종합한 값이다. 만일 전문가의 의견이 언어값에 의하여 표현되는 경우는 [표 1]과 같은 성원함수를 이용한다.

[표 1] 언어값에 대한 성원함수의 표현예

언 어 값		성 원 함 수
Very Poor	(VP)	(0.0, 0.2)
Poor	(P)	(0.2, 0.4)
Fair	(F)	(0.4, 0.6)
Good	(G)	(0.6, 0.8)
Very Good	(VG)	(0.8, 1.0)

2.3 모호집합 이론에 의한 대안의 평가

2.3.1 평가치에 의한 다속성의사결정

A를 대안의 집합, a를 속성의 집합이라고 하면,

$$A = \{A_1,\ A_2,\ \cdots,\ A_m\}$$

$$a = \{a_1,\ a_2,\ \cdots,\ a_n\}$$

대안 A_i의 특성은 식 (6)과 같이 모호집합에 의하여 나타낸다고 가정 한다.

$$A_i = \{(a_1, [t_{i1}, (1-f_{i1})]), (a_2, [t_{i2}, (1-f_{i2})]), \cdots, (a_n, [t_{in}, (1-f_{in})]), t_{in}, (1-f_{in})]) \} \quad (6)$$

여기서 t_{ij}는 대안 A_i가 속성 a_j에 만족하는 정도, f_{ij}는 대안 A_i가 속성 a_j에 만족하지 않는 정도를 나타내며, $t_{ij} \in [0, 1]$, $f_{ij} \in [0, 1]$, $t_{ij}+f_{ij} \le 1$, $1 \le i \le m$ 그리고 $1 \le j \le n$이다.

$1 - f_{ij} = t_{ij}^*$로 놓으면,

$$A_i = \{(a_1, [t_{i1}, t^*_{i1}]), (a_2, [t_{i2}, t^*_{i2}]), \cdots, (a_n, [t_{in}, t^*_{in}]) [t_{in}, (1-f_{in})])\}$$

이와 같은 경우, 대안의 특성치는 [표 2]와 같이 나타낼 수 있다.

[표 2] 대안의 특성치

	a_1	a_2	$\cdots$	a_n	a_s
A_1^*	$[t_{11}, t_{11}^*]$	$[t_{12}, t_{12}^*]$	$\cdots$	$[t_{1n}, t_{1n}^*]$	$[t_{1s}, t_{1s}^*]$
A_2^*	$[t_{21}, t_{21}^*]$	$[t_{22}, t_{22}^*]$	$\cdots$	$[t_{2n}, t_{2n}^*]$	$[t_{2s}, t_{2s}^*]$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$
A_i^*	$[t_{i1}, t_{i1}^*]$	$[t_{i2}, t_{i2}^*]$	$\cdots$	$[t_{in}, t_{in}^*]$	$[t_{is}, t_{is}^*]$
A_m^*	$[t_{m1}, t_{m1}^*]$	$[t_{m2}, t_{m2}^*]$	$\cdots$	$[t_{mn}, t_{mn}^*]$	$[t_{ms}, t_{ms}^*]$

의사결정자가 a_1, a_2, $\cdots$, 그리고 a_n 또는 a_s 속성을 만족하는 대안을 선택하기를 원한다고 가정하면, 다음과 같은 표현에 의하여 의사결정자의 요구를 표현할 수 있다. 여기서 속성 a_s는 다른 속성과는 차이가 나는 특별한 속성을 나타낸다.

$$a_1 \ AND \ a_2 \ AND \cdots AND \ a_n \ OR \ a_s$$

그러므로, 의사결정자의 요구에 대한 대안 A_i의 만족 정도와 불만족 정도는 평가함수 E에 의하여 측정한다.

$$\begin{aligned} E(A_i) &= ([t_{i1}, t_{i1}^*] \circledwedge [t_{i2}, t_{i2}^*] \circledwedge \cdots \circledwedge [t_{in}, t_{in}^*] \circledvee [t_{is}, t_{is}^*] \\ &= [Min(t_{i1}, t_{i2}, \cdots, t_{in}), Min(t_{i1}^*, t_{i2}^*, \cdots, t_{in}^*)] \circledvee [t_{is}, t_{is}^*] \\ &= [Max(Min(t_{i1}, t_{i2}, \cdots, t_{in}), t_{is}), Max(Min(t_{i1}^*, t_{i2}^*, \cdots, t_{in}^*), t_{is}^*)] \\ &= [t_{A_i}, t_{A_i}^*] \end{aligned} \quad (7)$$

여기서, $\circledwedge$와 $\circledvee$는 각각 모호값의 최소와 최대를 나타내며, $E(A_i)$는 모호값이고 $1 \le i \le m$이다.

$$t_{A_i} = Max(Min(t_{i1}, t_{i2}, \cdots, t_{in}), t_{is}) \quad (8)$$

$$t_{A_i}^* = Max(Min(t_{i1}^*, t_{i2}^*, \cdots, t_{in}^*), t_{is}^*) \quad (9)$$

$t_{Ai}^* = 1 - f_{Ai}$ 일 때,

$$f_{A_i} = 1 - Max(Min(t_{i1}^*, t_{i2}^*, \cdots, t_{in}^*), t_{is}^*) \quad (10)$$

식(7)을 다시 정리하면 식 (11)과 같다.

$$E(A_i) = [t_{Ai},\ 1-f_{Ai}] \tag{11}$$

다음은 의사결정자의 요구를 만족하는 대안의 적합도를 평가하기 위하여 점수함수(Score function)를 구한다. 모호집합 x를 $x=[t_x,\ 1-f_x]$로 놓는다.

여기서 $t_x \in [0,1]$, $f_x \in [0,1]$ $t_x+f_x \leq 1$. 그리고 x의 점수는 식 (12)와 같은 점수함수 S에 의하여 구한다.

$$S(x) = t_x - f_x \tag{12}$$

여기서 $S(x) \in [-1,\ +1]$.

점수함수 S에 의하여 의사결정자의 요구를 만족하는 대안 A_i의 적합도를 측정한다. 식 (7)과 (11)로부터

$$E(A_i) = [t_{Ai},\ t_{A_i}^*] = [t_{A_i},\ 1-f_{Ai}]$$

여기서,

$$t_{A_i} = Max(Min(t_{i1},\ t_{i2},\ \cdots, t_{in}),\ t_{is})$$

$$t_{A_i}^* = Max(Min(t_{i1}^*,\ t_{i2}^*, \cdots,\ t_{in}^*),\ t_{is}^*)$$

$$f_{A_i} = 1 - Max(Min(t_{i1}^*,\ t_{i2}^*, \cdots,\ t_{in}^*),\ t_{is}^*)$$

식(12)을 사용하면,

$$\begin{aligned} S(E(A_i)) &= t_{A_i} - f_{A_i} \\ &= Max(Min(t_{i1},\ t_{i2}, \cdots, t_{in}),\ t_{is}) - (1 - Max(Min(t_{i1}^*,\ t_{i2}^*, \cdots,\ t_{in}^*),\ t_{is}^*)) \\ &= Max(Min(t_{i1},\ t_{i2}, \cdots, t_{in}),\ t_{is}) + (Max(Min(t_{i1}^*,\ t_{i2}^*, \cdots,\ t_{in}^*),\ t_{is}^*)) - 1 \\ &= t_{Ai} + t_{A_i}^* - 1 \end{aligned} \tag{13}$$

여기서 $S(E(A_i)) \in [-1,\ +1]$. $S(E(A_i))$의 가장 큰 값은 의사결정자의 요구를 만족하는 대안 A_i의 가장 좋은 적합도이며, $1 \leq i \leq m$이다.

$$\begin{aligned} S(E(A_1)) &= p_1 \\ S(E(A_2)) &= p_2 \\ &\vdots \\ S(E(A_m)) &= p_m \end{aligned}$$

만일 $S(E(A_i))=p_i$이고 p_i가 $p_1,\ p_2,\ \cdots,\ p_m$값 중에서 가장 큰 값이면, 대안 A_i는 최선의 대안이 된다.

2.3.2 평가치와 가중치를 고려한 다속성의사결정

다속성의사결정 문제의 취급에 있어 각 속성들이 다른 중요성의 정도를 갖는다면 가중치를 고려하여야 한다. 의사결정자는 속성 $a_1,\ a_2,\ \cdots,\ a_n$ 을 만족하는 대안을 선택하거나 a_s 속성을 만족하는 대안을 선택한다고 가정 하며, 의사결정자의 요구는 다음과 같이 표현된다.

$$a_1\ AND\ a_2\ AND \cdots AND\ a_n\ OR\ a_s$$

의사결정자에 의하여 주어진 속성들 a_1, a_2 , ⋯ , a_n의 중요성 정도는 각각 W_1, W_2, ⋯, W_n이다. 여기서 $W_1 \in [0,1]$, $W_2 \in [0,1]$, ⋯, $W_n \in [0,1]$이고, $W_1 + W_2 + \cdots + W_n = 1$이다. 그러므로, 의사결정자의 요구를 만족하는 대안 A_i의 적합성의 정도는 가중함수 W에 의하여 측정된다.

$$W(A_i) = Max(S([t_{i1},\ t_{i1}^*]) \times w_1 + S([t_{i2},\ t_{i2}^*]) \times w_2 + \cdots + S([t_{in},\ t_{in}^*]) \times w_n,\ S([t_{is},\ t_{is}^*])) \quad (14)$$

식 (13)과 (14)에 의하여,

$$W(A_i) = Max((t_{i1} + t_{i1}^* - 1) \times w_1 + (t_{i2} + t_{i2}^* - 1) \times w_2 + \cdots + (t_{in} + t_{in}^* - 1) \times w_n,\ t_{is} + t_{is}^* - 1) \quad (15)$$

여기서 $W(A_i) \in [-1, +1]$, $1 \le i \le m$

$$W(A_1) = p_1,$$
$$W(A_2) = p_2,$$
$$\vdots$$
$$W(A_m) = p_m.$$

그러므로 $W(A_i)=p_i$ 이고 p_i가 p_1, p_2, ⋯, p_m 중에서 가장 큰 값이면, $W(A_i)$가 가장 좋은 대안이 된다.

3. 수치예

4명의 전문가(D_1, D_2, D_3, D_4)가 5가지 대안(A_1, A_2, A_3, A_4, A_5) 중에 가장 적절한 대안을 선택하는 데 6개의 속성(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6)을 고려하며, 6개의 속성에 대하여 속성 a_1, a_2, a_3, a_4, a_5를 만족하는 대안을 선택하거나 a_6를 만족하는 대안을 선택하려고 한다. 또한 각 대안에 대한 전문가의 속성에 대한 평가치는 [표 3]에서 [표 8]과 같이 모호집합과 언어값에 의하여 주어졌다고 가정한다.

[표 3] 속성 a_1에서 5개의 대안에 대한 전문가의 평가치

대 안	전 문 가			
	D_1	D_2	D_3	D_4
A_1	(0.7, 0.8)	G	P	(0.5, 0.6)
A_2	(0.3, 0.4)	F	P	(0.0, 0.2)
A_3	(0.6, 0.7)	VG	G	(0.4, 0.5)
A_4	(0.5, 0.6)	F	P	(0.1, 0.2)
A_5	(0.4, 0.6)	P	F	(0.6, 0.8)

[표 4] 속성 a_2에서 5개의 대안에 대한 전문가의 평가치

대 안	전 문 가			
	D_1	D_2	D_3	D_4
A_1	(0.5, 0.6)	VP	P	(0.1, 0.2)
A_2	(0.5, 0.6)	P	P	(0.5, 0.6)
A_3	(0.8, 0.9)	G	G	(0.5, 0.8)
A_4	(0.8, 0.9)	VG	G	(0.2, 0.3)
A_5	(0.6, 0.8)	F	F	(0.3, 0.5)

[표 5] 속성 a_3에서 5개의 대안에 대한 전문가의 평가치

대 안	전 문 가			
	D_1	D_2	D_3	D_4
A_1	(0.3, 0.5)	VP	P	(0.1, 0.2)
A_2	(0.2, 0.3)	P	VP	(0.3, 0.4)
A_3	(0.5, 0.6)	F	G	(0.5, 0.6)
A_4	(0.3, 0.4)	F	G	(0.2, 0.3)
A_5	(0.6, 0.8)	G	F	(0.3, 0.5)

[표 6] 속성 a_4에서 5개의 대안에 대한 전문가의 평가치

대 안	전 문 가			
	D_1	D_2	D_3	D_4
A_1	(0.8, 0.9)	G	G	(0.5, 0.6)
A_2	(0.5, 0.6)	F	G	(0.5, 0.7)
A_3	(0.5, 0.6)	F	F	(0.4, 0.5)
A_4	(0.5, 0.6)	G	P	(0.3, 0.4)
A_5	(0.6, 0.7)	VG	P	(0.4, 0.7)

[표 7] 속성 a_5에서 5개의 대안에 대한 전문가의 평가치

대 안	전 문 가			
	D_1	D_2	D_3	D_4
A_1	(0.5, 0.6)	P	P	(0.5, 0.7)
A_2	(0.4, 0.5)	F	G	(0.5, 0.7)
A_3	(0.5, 0.6)	VG	G	(0.3, 0.5)
A_4	(0.4, 0.6)	G	P	(0.4, 0.5)
A_5	(0.6, 0.8)	G	G	(0.4, 0.6)

[표 8]> 속성 a_6에서 5개의 대안에 대한 전문가의 평가치

대 안	전 문 가			
	D_1	D_2	D_3	D_4
A_1	(0.5, 0.6)	F	G	(0.5, 0.6)
A_2	(0.3, 0.5)	F	P	(0.4, 0.5)
A_3	(0.3, 0.5)	G	F	(0.3, 0.4)
A_4	(0.5, 0.6)	G	P	(0.4, 0.6)
A_5	(0.2, 0.3)	P	VP	(0.3, 0.5)

언어값에 대한 성원함수를 [표 1]을 사용하여 나타내고, S_{it}를 식 (5)를 사용하여 구하면 [표 9]와 같다.

[표 9] 각 대안에 대한 속성의 S_{it} 값

속성	대 안				
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
a_1	(0.500, 0.650)	(0.225, 0.400)	(0.600, 0.750)	(0.300, 0.450)	(0.400, 0.600)
a_2	(0.200, 0.350)	(0.350, 0.500)	(0.625, 0.825)	(0.600, 0.750)	(0.425, 0.625)
a_3	(0.150, 0.325)	(0.175, 0.325)	(0.500, 0.650)	(0.375, 0.525)	(0.475, 0.675)
a_4	(0.625, 0.775)	(0.500, 0.675)	(0.425, 0.550)	(0.400, 0.550)	(0.500, 0.700)
a_5	(0.350, 0.525)	(0.475, 0.650)	(0.550, 0.725)	(0.400, 0.575)	(0.550, 0.750)
a_6	(0.500, 0.650)	(0.325, 0.500)	(0.400, 0.575)	(0.425, 0.600)	(0.175, 0.350)

각 대안의 특성치를 모호집합에 의하여 표현하면 다음과 같다.

$$A_1 = \{(a_1,[0.5,0.65]),\ (a_2,[0.2,0.35]),\ (a_3,[0.15,0.325]),\ (a_4,[0.625,0.775]),\ (a_5,[0.35,0.525]),\ (a_6,[0.5,0.65])\}$$

$$A_2 = \{(a_1,[0.225,0.40]),\ (a_2,[0.35,0.5]),\ (a_3,[0.175,0.325]),\ (a_4,[0.5,0.675]),\ (a_5,[0.475,0.65]),\ (a_6,[0.325,0.5])\}$$

$$A_3 = \{(a_1,[0.6,0.75]),\ (a_2,[0.625,0.825]),\ (a_3,[0.5,0.65]),\ (a_4,[0.425,0.55]),\ (a_5,[0.55,0.725]),\ (a_6,[0.4,0.575])\}$$

$$A_4 = \{(a_1,[0.3,0.45]),\ (a_2,[0.6,0.75]),\ (a_3,[0.375,0.525]),\ (a_4,[0.4,0.55]),\ (a_5,[0.4,0.575]),\ (a_6,[0.425,0.6])\}$$

$$A_5 = \{(a_1,[0.4,0.6]),\ (a_2,[0.425,0.625]),\ (a_3,[0.475,0.675]),\ (a_4,[0.5,0.7]),\ (a_5,[0.55,0.75]),\ (a_6,[0.175,0.35])\}$$

속성 a_1, a_2, a_3, a_4, a_5의 가중치는 0.3923, 0.0496, 0.2716, 0.1925 그리고 0.0940이라고 가정하여 사용하고, 식 (15)를 사용하여 각 대안의 적합도를 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} W(A_1) &= Max((0.5+0.65-1)\times 0.3923 + (0.2+0.35-1)\times 0.0496 \\ &\quad + (0.15+0.325-1)\times 0.2716 + (0.625+0.775-1)\times 0.1925 \\ &\quad + (0.35+0.525-1)\times 0.0940,\ 0.5+0.65-1) \\ &= Max(-0.041,\ 0.150) \\ &= 0.150, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W(A_2) &= Max((0.225+0.4-1)\times 0.3923 + (0.35+0.5-1)\times 0.0496 \\ &\quad + (0.175+0.325-1)\times 0.2716 + (0.5+0.675-1)\times 0.1925 \\ &\quad + (0.475+0.65-1)\times 0.0940,\ 0.325+0.5-1) \\ &= Max(-0.245,\ -0.175) \\ &= -0.175, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W(A_3) &= Max((0.6+0.75-1)\times 0.3923 + (0.625+0.825-1)\times 0.0496 \\ &\quad + (0.5+0.65-1)\times 0.2716 + (0.425+0.55-1)\times 0.1925 \\ &\quad + (0.55+0.725-1)\times 0.0940,\ 0.4+0.575-1) \\ &= Max(0.221,\ -0.025) \\ &= 0.221, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W(A_4) &= Max((0.3+0.45-1)\times 0.3923 + (0.6+0.75-1)\times 0.0496 \\ &\quad + (0.375+0.525-1)\times 0.2716 + (0.4+0.55-1)\times 0.1925 \end{aligned}$$

$$
\begin{aligned}
&\quad + (0.4+0.575-1)\times 0.0940,\ 0.425+0.6-1) \\
&= Max(-0.120,\ 0.025) \\
&= 0.025,
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
W(A_5) &= Max((0.4+0.6-1)\times 0.3923 + (0.425+0.625-1)\times 0.0496 \\
&\quad + (0.475+0.675-1)\times 0.2716 + (0.5+0.7-1)\times 0.1925 \\
&\quad + (0.55+0.75-1)\times 0.0940,\ 0.175+0.35-1) \\
&= Max(0.110,\ -0.475) \\
&= 0.110,
\end{aligned}
$$

위 계산에 의한 각 대안의 적합도는 다음과 같다.

$$
\begin{aligned}
W(A_1) &= 0.150, \\
W(A_2) &= -0.175, \\
W(A_3) &= 0.221, \\
W(A_4) &= 0.025, \\
W(A_5) &= 0.110.
\end{aligned}
$$

그러므로 각 대안의 $W(A_i)$ 값 중 제일 큰 값은 $W(A_3)$이며, 본 수치예의 최선의 대안은 A_3가 된다.

4. 결 론

다속성의사결정이란 다수개의 가능한 대안 중에서 다수개의 속성을 만족시키는 최선의 대안을 선정하는 것이다. 다속성의사결정 문제의 해결을 위해서 의사결정자가 당면하는 어려움은 속성들에 대한 정보가 부정확하고 모호하다는 사실이다. 이러한 상황에서 정보의 부정확성, 부분적 사실 그리고 의사결정자들의 모호한 판단을 평가할 수 있는 방법이 필요하게 된다.

그러므로 본 연구에서는 다수전문가에 의하여 대안을 평가하는 경우 각 전문가들의 평가치는 모호한 값 또는 언어값으로 주어진다고 가정한다. 이때 의사결정자는 각 대안의 만족과 불만족의 정도를 모호집합으로 나타내고 평균 연산법을 이용하여 종합하며, 각 속성에 대하여 중요도를 다르게 평가할 수 있도록 하였다.

또한 본 연구에서 제시된 방법이 지금까지 연구된 다속성 퍼지의사결정 방법과 다른점은 퍼지집합이 아니라 모호집합을 이용하였다는 점이다. 본 연구에서 제시된 방법을 실제 다수전문가 · 다속성 의사결정문제에 적용할 경우 보다 효율적으로 의사결정을 내릴 수 있을 것으로 사료된다.

추후 더 보완되어야 할 점은 본 연구에서는 전문가들 간의 상대적 중요도를 고려하지 않았다는 점이다. 실제적 다수전문가 의사결정문제에서는 전문가의 전문성에 따라 각각의 중요도를 고려하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Chang, P. L., and Chen, Y. C., "A Fuzzy Multi-criteria Decision Making Method for Technology Transfer Strategy Selection in Biotechnology", *Fuzzy Sets and Systems,* Vol.63, No.2, pp.131~139, 1994.

[2] Fishburn, P. C., "Methods of Estimating Additive Utilities", *Management Science,* Vol.13, No.7, pp.435~453, 1967.

[3] Frazelle, E., "Suggested Techniques Enable Multi-Criteria Evaluation of Material Handliy Alternatives", *Industrial Engineering,* Vol.17, No.2, pp.42~48, 1985.

[4] Gau, W. L. and Buehrer, D. J., "Vague sets", *IEEE Trans. Systems Man, Cybern.* Vol.23, No.5, pp.610~614, 1993.

[5] Hwang, C. L. and Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, Lectual Notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer-Verlag, New York, 1981.

[6] Hwang, S. G., Ichihashi, H. and Tanaka, H., "A Modification of Siskos' Multicriteria Decision-Making Methodology using Fuzzy Outranking Relations", *Bulletin of the University of Osaka Prefecture,*. Series A, Vol.37, No.2, pp.141~152, 1988.

[7] Saaty, T. L. and Vargas, L. G., "Uncertainty and Rank Order in the Analytic Hierarchy Process", *European J. of Operational Research,* Vol.32, No.1, pp.107~117, 1987.

[8] Shipley, M. F. and et al., "A Decision Making Model for Multi-Attribute Problems Incorporating Uncertainty and Bias Measures", *Computers and Operations Research,* Vol.18, No.4, pp.335~342, 1991.

[9] Zimmermann, H. J., *Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems,* Kluwer Academic Publishers. Boston. 1987.