濟大論文集(自然), 39, 167-176, 1994
Cheju Univ. Jour. (Natural Sci.), 39, 167-176, 1994

비체계적 그룹 다속성 의사결정 모델

이 상 준*

A Group Decision Model for Ill-Structured Multi-Attribute-Decision-Making

*Lee Sang-Joon**

Summary

When the multiple number of decision makers are involved in the decision making procedure, the problem of uncertainties invariably occurs, because of the different views between them. In this paper, the fuzzy set theory is applied to effectively model the multi-attribute-decision -making (MADM) procedure in the uncertainties dominated area. The proposed model is empirically applied to the personal hiring, which is typical example of MADM.

서 론

주어진 일련의 대체안들 중에서 의사결정 그룹내의 개개인의 선호도를 취합하여 이들이 수용할 수 있는 최상의 대체안들을 찾아내는 것을 목표로 하는 선택 과정을 그룹 의사결정 문제라한다. 대부분의 의사결정 문제에서는 대체안을 평가하기 위한 평가항목들이 복수개가 존재하는 데, 이와 같이 두개 이상의 평가항목을 가진 의사결정 문제를 다속성 의사결정(Multi-Attribute Decision Making : MADM)문제라고 한다(Takeda, 1982;Klein and Jose, 1991, Turksen and Willson, 1991).

전통적인 MADM 문제에서는 의사결정자(Decision Maker : DM)의 요구에 정확히 만족시킬 수 있는 목표를 선택할 수 있다는 상황을 가정하였다. 즉, 대체안의 집합과 문제에 대한 어떤 제약조건 및 각 DM에 따른 목표가 주어지면 최종 결정이 내려진다. 이러한 경우 목표가 확실히 정해져 있어서, 몇 가지 대체안 가운데서 어느 하나를 선택할 때 그 결과가 정확히 정해질 뿐만이 아니라, 그 결과가 목표를 달성하는 지의 여부를 확실히 알 수 있다(Zimmermann 1987).

그렇지만 현실 세계에서는 DM이 여러 목표에 대해서 애매하거나 모호한 선호도를 갖는 비 체계적인(ill-structured) 상황하에서 수행되는 경우가 더 많이 존재한다(Yager, 1980). DM의 존재, 주관적 요인의 중요성, 주관적 요인의 유동성과 같은 특성이 문제가 되기 때문에 이러한 상황하에서의 결정문제는 논증자체가 수치적인 형태로 표현할 수 없다. 이러한 비 체계적인 상황에서는 목표를 100% 충족시키는 대체안을 찾아내는 것이 아니라 DM의

* 공과대학 정보공학과(Dept. of Information Engineering, Cheju Univ., Cheju-do, 690-756, Korea)

의사에 가장 가까운 대체안을 찾아내는 데 목적을 두고 있다(Blishun, 1986).

Blin과 Whinston(Blin and Whinston, 1973)은 그룹 의사결정 행위에 처음으로 퍼지 모델을 도입하였는 데, 이들은 퍼지 선호도 관계를 이용하여 그룹의 선호도를 표현하는 방법을 생각해 냈다. 이들이 그룹 결정 행위에 퍼지 모델을 도입한 이후 많은 연구자들이 대체안에 대한 그룹 구성원들 개개인의 선호도를 취합하여 전체의 목표행위를 결정하려는 많은 연구가 있어왔다(Orlovsky 1978; Nurmi 1981; Nurmi 1982).

Yager(Yager, 1978)는 Saaty의 우선순위 이론을 이용한 가중치 결정법(Saaty, 1978)을 기반으로 퍼지 MADM에 대한 연구를 하였다. Yager는 의사결정에 필요한 평가항목을 각 쌍별로 비교하여, 각 항목들에 대한 상대적인 중요도를 m×m의 2차원 행렬로 표현한 후, 이를 기반으로 전체 항목별 중요도를 계산하였다.

Laarhoven과 Pedrycz(Laarhoven and Pedrycz, 1983)는 퍼지숫자를 이용하여 MADM의 단계에서 의사결정 대체안들에 대한 순위를 결정하였다. 이들은 평가 항목들에 대한 대체안들의 정보를 이용할 수 있는 상황이라는 가정하에서 연구하였는 데, 이들의 방법은 Saaty의 우선순위 이론에 대한 Lootsma(Lootsma, 1980)의 연구를 확장한 것이다. Lootsma는 의사결정 문제에서 중요한 항목에 대한 가중치를 결정함에 있어서, 각 쌍별로 상대적으로 비교하여 판단하였다.

Tong과 Bonisson(Tong and Bonisson, 1980)는 MADM문제에 있어서 수치를 할당하는 어려움을 피하고, DM이 사용하기 편리한 언어로 상대적인 중요도를 할당하는 방법에 대해서 연구하였다. 이들은 언어적 근사(linguistic approximation)와 진리 부여(truth qualification)에 기반을 둔 퍼지 의사결정 기법을 제안하였다. 이들 연구의 바탕이 된 것은, 사람은 수치적인 소속함수의 표현보다는 의사결정 집합을 특징짓는 언어적 표현이 더욱 쉽다는 믿음이다.

그렇지만 지금까지의 연구들은 다음과 같은 문제점들을 가지고 있다.

1) 퍼지 어휘 사용시 이에대한 소속함수가 미리 정의되어 있어서 사용자 마다의 주관적인 인지차이를 반영하지 못한다.

2) 결정문제에 대한 평가항목이 이미 주어져서 주어진 항목에 대해서만 대체안의 적합도를 평가한다.

3) 소수의 대체안들이 주어졌다는 가정하에서 적용한다.

4) 대체안별, 항목별의 상대적인 비교값을 DM이 일일이 할당해야 한다.

따라서 기존의 MADM 모델에서는 DM간에 서로 다른 평가항목을 갖는 경우는 처리가 불가능하고, 주어진 문제에서 대체안의 수가 아주 많은 경우에는 계산자체가 복잡하고 비용이 아주 많이 들 수 있다는 것이다. 또한 퍼지 어휘의 의미는 시스템 개발시 개발자가 퍼지 집합의 소속함수로 구성하여 시스템내에 구축해 놓기 때문에 이에 동의하지 않는 사용자는 시스템의 출력에 만족하지 않을 수 있다. 즉, 같은 퍼지 어휘에 있어서 그룹 구성원간에 서로 다른 평가기준을 갖는 경우에는 DM각자의 의사를 충분히 반영을 못한다.

따라서 본 연구에서는 앞에서 언급한 문제들을 해결할 수 있도록 DM 개개인에 대해서 평가항목과 퍼지어휘에 대한 주관적인 인지차이를 반영할 수 있는 MADM 과정을 모델링하여 문제 해결 예를 보이고 모델의 유용성을 실험적으로 고찰한다.

다속성 의사결정 문제

의사결정 이론은 단순히 목적함수를 최적화하는 통계적 의사결정론과 주어진 제약조건하에서 목적함수를 최적화하는 수리(선형, 비선형)계획법 및 다수의 평가항목에 대해 최적화하는 다속성 의사결정으로 나눌 수 있다(klir and Tina, 1988). 다속성 의사결정에는 평가항목 및 주어지는 관련 정보가 확실한 체계적인(structured) 상황과, 관련되는 정보가 불확실하게 주어지는 비체계적인(ill-structured) 상황이 존재한다. 체계적인 상황에서의 다속성 의사결정 문제는 전통적으로 많은 연구가 수행되었다. 이러한 전통적인 의사결정 문제에서는 모든 평가항목을 완전히 만족시키는 대체안이 정확히 DM이 원하는 대체안이 된다.

전통적인 의사결정 문제에서는 DM의 요구를 완전히 만족시킬 수 있는 대체안을 선택할 수 있다는 상황을 가정하였다. 만약에 DM의 목표가 C_1, C_2, ..., Cn 이라면 C1 부터 Cn까지를 완전히 만족시키는 대체안이 해(solution)가 된다. 그렇지만 DM이 여러 목표에 대해서 애매하거나 모호한 주관적인 선호도를 갖는다고 가정하는 것이 좀 더 현실적인 경우가 많다(Yager, 1980). 의사결정 분야에 대한 퍼지 집합 이론의 적용은 대부분 전통적 의사결정 문제를 확장하거나 퍼지화(fuzzification)하는 것이다. 즉, 퍼지 결정 이론은 DM의 선호정보나 평가목표가 주관적이거나 부정확하게 표현되는 데서 오는 모호성을 처리하기 위해 쓰인다. 이러한 비체계적인 상황에서는 DM의 특정 목표 집합이 완전하게 만족되는 것이 아니고 어떤 정도로만 만족된다. 그러므로 퍼지 의사결정 문제에서의 출력은 DM이 그 대체안에 대해서 어느 정도의 만족을 하는가를 나타내는 퍼지 집합이 된다.

비체계적 다속성 의사결정 문제의 모델링

전형적인 의사결정 문제에서는 일반적으로 두 개의 대체안 xi와 xj에 대해서, DM은 둘 중 하나를 다른 대체안에 비해 선호하거나 아니면 동등하다는 것을 판단할 수 있다는 가정하에서 출발하기 때문에 비교가 불가능한 경우는 제외하고 있다. 그러나 실제로는 다음과 같은 이유 때문에 비교가 어렵다(Zimmermann, 1987).

1) 정보가 너무 불확실하거나 정보의 부족으로 비교하기 어려운 경우

2) 비교자체를 원하지 않는 경우(수치를 이용한 비교가 적합치 않은 상황)

3) 비교방법을 모르는 경우 : 다속성 결정 상황, 선호도에 따른 지식의 부족, 선호도에 따른 지식의 부정확성

이에 대한 해결책으로 본 장에서는 퍼지 집합 이론을 기반으로 하여 DM간의 주관적인 인지 차이를 반영할 수 있도록 비 체계적 상황에서의 다속성 의사결정 문제를 모델링한다. 즉, 본 연구에서 제안하는 방법은 이진관계를 정의하여 비교하는 것이 아니라 퍼지 어휘를 이용한 평가항목의 제시와 이에 대한 기준 참조값의 제시만으로 DM 개개인이 선호하는 대체안을 선택할 수 있도록 하는 방안을 제시한다.

1. 기본 이론

1.1. 퍼지 집합을 이용한 주관적 인지의 표현

비 체계적 문제에서는 DM의 주관적인 판단이 문제 해결에 중요한 역할을 한다. 그런데, 이러한 DM의 주관적인 판단기준은 사람마다 다른 경우가 많다. 예를 들어서 정수 5에 가까운 정수의 퍼지 집합 $\mu_5(x)$의 정의를 보자.

A라는 사람은 5에 가까운 정수에 대한 소속함수를 $1/(1+2(x-5)2)$, B라는 사람은 $1/(1+5(x-5)^2)$의 각각 주관적인 수식으로 정의할 수 있다.

이를 그림과 실제의 소속함수 값으로 표현하면 fig. 1 및 table 1과 같다.

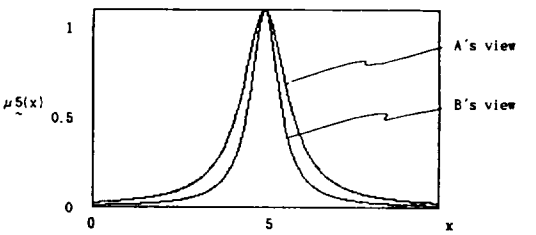

Fig. 1. Membership representation of 'close' to integer 5

Table 1. Membership values of 'close' to integer 5

mem. val \int.	5	5±1	5±2	5±3	5±4	5±5
A : $\mu_5(x)$	1	0.333	0.111	0.053	0.03	0.02
B : $\mu_5(x)$	1	0.167	0.048	0.022	0.012	0.008

이 밖에도 사람이 사용하는 '키가 크다' 나 '젊은 사람이다'라는 모호한 표현에 있어서 이에 대한 판단기준이 한 사람은 170cm정도와 25세 안팎을 의미하고 또 다른 사람은 175cm정도와 30세 안팎을 각각 의미할 수 있는 것이다. 또한 이러한 주관적인 의미는 같은 사람이라도 환경의 변화나 시간의

흐름에 따라서 그 기준이 달라질 수 있는 것이다. 본절의 목적은 이와 같이 개인의 주관적인 인지정도가 다른 퍼지 용어를 처리하기 위한 소속함수를 표현하는 방법에 대한 것이다.

같은 개념을 인지하는 정도가 사람마다 다르다는 것은 여러연구에서 실험적으로 밝혀졌다. 그렇지만 결과로 부터 얻어진 함수 그래프의 모양은 차이가 크지 않은 비슷한 형태가 된다(Klir and Tina, 1988;Devi and Sarma, 1985).

본 논문에서는 다음과 같은 3 가지의 원형함수식을 제안하고 사용자가 함수식에 최대값(f_i^1)이 되는 값과 최소값(f_i^0)이 되는 값, 또는 중간 값($f_i^{0.5}$)이 되는 파라메타 값을 기술하도록 하여 사용자의 퍼지어휘에 대한 주관적인 인지정도를 표현할 수 있도록 한다.

(1) S 형 소속함수

S 형 함수는 대체안의 실제 값을 x라 할때 다음과 같은 원형을 갖는다.

$$\mu f_i(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x \le f_i^0 \\ 1 / (1 + [(f_i^{0.5} - f_i^0) / (x - f_i^0)]^h) & \text{for } f_i^0 < x \le f_i^{0.5} \\ 1 / (1 + [(f_i^1 - x) / (f_i^1 - f_i^{0.5})]^h) & \text{for } f_i^{0.5} < x < f_i^1 \\ 1 & \text{for } x \ge f_i^1 \end{cases} \quad (1)$$

S 형 소속함수의 형태는 사용자가 최대, 최소, 중간값을 갖는 세점 f_i^1, f_i^0, $f_i^{0.5}$ 를 입력하면 결정된다. 이 함수는 '키가 크다'와 같이 실제값이 증가하면 적합도 값이 같이 증가하는 형태의 퍼지 용어를 처리하기 위한 함수식이다. 여기에서 h는 함수의 기울기를 결정해 주는 값으로 사용자가 입력한다. 즉, 실제 값의 증/감에 따른 소속함수 값의 변화 정도를 결정해준다.

(2) 역 S(S-inverse)형 소속함수

역 S형 함수는 대체안의 실제 값을 x라 할때 다음과 같은 원형을 갖는다.

$$\mu f_i(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } x \le f_i^1 \\ 1 / (1 + [(x - f_i^1) / (f_i^{0.5} - f_i^1)]^h) & \text{for } f_i^1 > x \ge f_i^{0.5} \\ 1 / (1 + [(f_i^0 - f_i^{0.5}) / (f_i^0 - x)]^h) & \text{for } f_i^{0.5} \ge x > f_i^0 \\ 0 & \text{for } x \ge f_i^0 \end{cases} \quad (2)$$

이 함수는 '나이가 어리다'와 같이 실제값이 증가하면 적합도 값이 감소하는 형태의 퍼지 용어를 처리하기 위한 함수식이다.

(3) //형 소속함수

//형 함수는 대체안의 실제 값을 x라 할때 다음과 같은 원형을 갖는다.

$$\mu f_i(x) = \begin{cases} f_i^1 / [f_i^1 + h\cdot(x - f_i^1)^2 / (f_i^1 - f_i^0)] & \text{for } f_i^0 < x < f_i^{0*} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

//형 소속함수의 형태는 사용자가 '최대, 최소, 최소'값을 갖는 세점 f_i^1, f_i^0, f_i^0 '를 입력하면 결정된다. 이 함수는 '키가 적당히 크다'와 같이 적합도 값이 어떤 값을 최대치로 하고 감소하는 형태의 퍼지 용어를 처리하기 위한 함수식이다.

제공된 원형함수식을 이용하여 각 DM은 본인의 의사가 충분히 표현된 소속함수식을 얻게 되며, 각 DM은 구체적인 수치값의 할당없이 언어적인 표현으로 의사표현이 가능해진다.

1.2. 평가항목의 표현

의사결정 과정 중에 DM의 선호도는 모호(vague)하고 부정확(imprecise)한 데이타로 표현된다(Blishun, 1989). DM은 이러한 선호 데이타로부터 선택을 하게되는 데 일반적으로 이러한 DM의 선호도는 언어척도를 갖게되며 언어척도를 이용한 평가를 통하여 최선의 대체안을 선택하게 된다. 본 연구에서도 언어척도를 이용하여 각 DM은 자신의 의사를 고유하게 표현하고 결과를 얻는다. 언어척도의 예로 'very tall', 'more or less young'등을 들 수 있다. 언어척도는 동일한 문제에 대해서 각 DM마다 고유하게 갖게 되는 데 이는 각 DM이 갖고 있는 주관적 평가기준을 충분히 표현할 수 있게 하기 위함이다. 예를 들어 회사의 경비원을 모집하는 의사결정 문제에서의 경우 다음과 같이 각 DM 마다 서로 다른 평가항목을 선택할 수 있다.

DM_1 = { The selected candidate should be *young*,
the selected candidate should be *tall*,
the selected candidate should be *rational*}

DM_2 = { The selected candidate should be *young*,
the selected candidate should be *tall*,
the selected candidate should be *speedy*}

D_k = (The selected candidate should be *speedy*,
the selected candidate should be *more or less tall*,
the selected candidate should be *rational*)

사람마다 어느정도 이기적인 성격을 갖고 있다는 것을 고려할 때, 고유한 평가항목의 지칭은 각 DM마다의 고유한 평가성향을 충분히 반영할 수 있다는 점에서 중요하다. 이러한 개인적으로 서로다른 항목의 표현을 가능하게 하는 것은 기존의 연구에서는 처리하지 않는 부분이다.

1.3. 결합 연산자

일반적인 결합 연산자로 사용되는 것은 교집합 연산이다. 교집합 연산에 대한 연산자는 적용 영역이나 문제의 성격에 따라 적합하게 개발하여 사용하게 되며 모든 영역에 적합한 일반적인 연산자는 존재하지 않는다. 퍼지 집합에 있어서의 교집합 함수는 t-norm을 만족해야 한다.

제안하는 모델에서의 결합 연산자로는 t-norm연산을 이용하며 구체적인 연산자는 응용분야에 따라서 결정을 한다.

1.4. 정규화(normalization)

DM에 따라서 대체안에 대한 평가항목의 기준을 엄격하게 적용하거나 상대적으로 많은 평가항목을 입력하면, 평가기준이 엄격하지 않거나 소수의 평가항목을 입력한 사용자에 비해 처리결과에 대한 적합도의 값은 상대적으로 작아지게 된다. 따라서 그룹 전체에 대해서 후보 추천시 상대적으로 작은 값을 갖기 때문에 불리하게 되는 문제가 발생한다. 정규화 연산은 각 DM이 선택한 대체안 중의 최대값을 1로 만들어주기 때문에 모든 DM은 동일한 자격으로 의사결정에 참여할 수 있게 된다.

2. MADM 모델링

2.1. 기본 가정

본 연구에서는 다속성 의사결정 과정을 모델링하기 위해서 다음과 같은 사항들을 가정한다.

1) 그룹은 일정한 인원의 DM으로 구성이 되어있고 각 DM은 그룹 의사결정 과정에 동등한 권리를 갖고 참여한다.

2) 대체안에 대한 평가항목의 표현은 퍼지 어휘를 써서 표현한다.

3) 둘 이상의 DM이 동일한 퍼지 어휘를 사용하는 경우 이 어휘에 대한 인지기준이 DM마다 서로 다를 수 있다.

4) 각 DM마다 대체안의 선정방식에 대한 관점이 서로 다를 수 있다.

5) 평가대상은 다수의 대체안을 대상으로 한다. 즉, 평가대상이 되는 대체안의 갯수를 미리 한정하지 않는다. 단, 대체안에 대한 정보는 데이타베이스에 크리스프한 값으로 존재한다.

6) 여러 평가항목간의 관계는 이기적으로 결합이 된다. 즉, 모든 평가항목을 만족시킬 수 있는 대체안을 원한다.

7) 그룹에서 최종 대체안의 선정은 정량적(quantitative)인 방법과 정성적(qualitative)인 방법이 있다. 정량적인 방법에서는 각 DM마다 선정할 수 있는 대체안의 갯수가 한정된 경우이고, 정성적인 방법에서는 각 DM마다의 대체안 선정은 적절한 임계치 이상의 평가 값을 갖는 대체안을 모두 선정하는 경우이다.

2.2. MADM 모델링

MADM 의사결정 과정의 정식화(formalization)는 다음과 같다.

K=1, ..., ℓ 명의 DM으로 이루어진 그룹에서 A = $\{a_i\}$, i=1, ..., n을 의사결정 문제에 있어서 유한한 대상대체안의 집합이라하고, Ck= $\{c_{kj}\}$ ->[0, 1], j=1, ..., m을 DM 개인 k의 주관적 관점에서 본 유한한 평가항목의 집합이라고 하자.

$c_{kj}(ai) = \{ai, \mu c_{kj}(a_i)\}$는 개인 k의 주관적 관점에서 보아 대상 대체안 a_i가 j번 째 목표에 대해서 적합정도를 나타내는 소속함수 값을 갖는 퍼지 집합이다. 이때, 어떤 개인 k의 퍼지 집합 결정 D는 모든 퍼지 목표에 대한 결합이 된다. 즉,

$$\mu D_k(a_i) = \bigcap_{j=1}^{m} \mu c_{kj}(a_i),\ i=1,\ldots,n \qquad (4)$$

4식은 어떤 대체안 ai에 대한 k의 평가결과는 k가 지정한 모든 평가항목(즉, m개)에 대한 a_i의 적합도를 계산한 후, 이 중 최소값을 a_i의 최종 적합도로서 결정하는 것을 의미한다.

그리고 최대 결정 값을 갖는 대체안 a_i*는 다음과 같이 정의된다.

$$\mu D_k(a_i^*) = \max_{a_i} \mu D_k(a_i) \quad (5)$$

5식은 전체 대체안 A중에서 최대의 적합도 값을 얻은 대체안을 a_i^*로 결정하는 것을 의미한다.

1) 정량적인 방법

한 개인 DM이 선택할 수 있는 대체안 대체안의 갯수를 p개라하면, 개인의 선택한 대체안의 집합 QN_k는

$$QN_k = \{\mu D_k(a_i^*)^q\}, \quad q=1,\ldots,p \quad (6)$$

가 된다. 여기에서 $\mu D_k(a_i^*)q$, q=1, ..., p는 참조 대체안이 최대 결정값을 갖는 것부터 내림차순으로 p개 까지이다. 즉,

$$\mu D_k(a_i^*)^1 \geq \mu D_k(a_i^*)^2 \geq \cdots \geq \mu D_k(a_i^*)^p$$

2) 정성적인 방법

DM가 적합도에 대한 임의의 임계값 t를 이용하여 대체안을 선정하는 경우에, 한 개인의 DM이 선택하는 대체안 QL_k는 다음과 같다.

$$QL_k = \{\mu D_k(a_i^*)^{q'}\} \geq t \quad (7)$$

정규화 연산은 개인이 선택한 모든 대체안에 대해서 수행하며 수식은 다음과 같다.

$$NQ_k = \mu D_k(a_i) / \mu D_k(a_i^*)^1 \quad (8)$$

NQ_k는 정규화된 대체안의 집합을 의미하고, 정규화된 대체안의 집합에서의 최대 적합도 값을 갖는 원소의 값은 1이 된다. 여기에서 Q_k는 정량적인 방법 또는 정성적인 방법을 통하여 나온 개인별 최종 대체안의 집합이고, $\mu D_k(a_i^*)1$은 최대의 적합도 값을 갖고있는 대체안이다.

이때 그룹전체가 가질 수 있는 전체 대체안의 집합을 GA라하면

$$GA = \{ga_r, \mu_{GA}(ga_r)\}, \quad r=1,\ldots,s \quad (9)$$

여기에서 $\mu_{GA}(ga_r) = \{\sum_{k=1}^{\ell} \mu_{NQ_k}(a_i)\} / \ell$

가 된다. 그룹의 각 대체안의 적합도 값은 모든 DM이 동등한 권리를 갖고 의사결정에 참여할 수 있도록 DM 수인 l로 나누어 산술평균으로 계산하였다.

이때, 집합 GA의 원소수 n(GA)는 정량적 방법인 경우 $p \leq n(GA) \leq \ell \times p$가 된다. 정성적 방법인 경우는 n(GA)는 예측할 수 없다.

9식에서보면 여러 DM이 공통으로 추천한 대체안에 비해 상대적으로 소수의 DM만이 추천한 대체안에 대한 적합도 값은 비례적으로 낮아지게 된다.

실험 및 고찰

1. 실험 내용

본 장에서는 회사의 인사관리에 필요한 의사결정 문제중 신규인력의 채용에 대한 적용예에 대해서 기술한다. 일반적으로 새로운 사원을 신규 채용할 경우 신규 채용후보의 여러가지 조건들을 판단하여 그 중 가장 적합한 사람을 채용하게 된다.

본 연구에서는 다음과 같은 다속성 의사결정 문제를 가정한다.

A라는 회사에서는 창고담당관리인 약간 명이 필요해서 공개 모집을 하였는데 n명이 지원을 하였다. A회사에서의 인력수급을 담당하는 인사위원회는 3명으로 구성이 되어있고, 이들 3명은 동등한 권리를 갖고 서로 합의하에 필요인력을 선발한다. 그런데, 이들 각각의 인력선발 기준이 차이가 있어서 서로 개인의 주관적 기준으로 후보를 선발한 후 인사위원회에서 협의하여 처리한다. 인사위원회에서 선발한 후보는 그대로 최종 선택 대체안이 될수도 있고, 이들이 선발한 후보 중 최종 결정권자가 필요인력을 임의로 선발할 수 도 있을 것이다. 본 실험에서는 인사위원회에서 인력을 선발하는 과정만을 예로 들었다.

지원자 현황은 table 2와 같다.

Table 2. The alternatives

Name	Birth d.	Height	100m record	I.Q.
cho. k. d	1965	166	13.0	120
lee. m. l	1966	178	13.5	109
sung. b. k	1965	162	14.0	107
cho. s. y	1963	183	13.0	110

Name	Birth d.	Height	100m record	I.Q.
kim. s. k	1959	180	14.0	115
hong. c. k	1961	175	15.0	98
kim. j. a	1962	170	15.0	100
kim. h. r	1960	169	13.0	125
...	...	...	...	...
joo. s. j	1958	178	14.5	100

한편 인사위원 DM_1, DM_2, DM_3의 개인적인 선발 기준은 다음과 같다.

DM_1 ① 젊은 사람(young)
② 키가 큰 사람(tall)
③ 판단력이 좋은 사람(rational)

DM_2 ① 젊은 사람(young)
② 민첩한 사람(speedy)
③ 키가 큰 사람(tall)

DM_3 ① 키가 적당히 큰 사람(more or less tall)
② 민첩한 사람(speedy)
③ 판단력이 좋은 사람(rational)

여기에서 사용이 되는 어휘들은 시스템에 등록이 되어 있어서 사용이 가능하다고 가정한다. 각 어휘들에 대해서는 아래의 식과 같이 사용자별로 각각의 기준값을 통해소속함수가 적절히 조정되었다고 가정한다. 다음식에 나타나지 않는 어휘인 'rational'은 'clever & medium-age'의 의미이며 언어척도인 'more or less'의 처리는 Zadeh의 방법을 따른다.

- $\mu_{young}(x)$: Π 형, where $f_{pq}^{0} = 35$, $f_{pq}^{0} = 35$
  (3) 식 $f_{pq}^{1} = 25$, $f_{pq}^{1} = 23$
  $h_{pq} = 20$, $h_{pq} = 18$

- $\mu_{tall}(x)$: S 형, where $f_{pq}^{0} = 150$, $f_{pq}^{0} = 155$, $f_{pq}^{0} = 156$
  (1) 식 $f_{pq}^{0.5} = 170$, $f_{pq}^{0.5} = 175$, $f_{pq}^{0.5} = 175$
  $f_{pq}^{1} = 188$, $f_{pq}^{1} = 190$, $f_{pq}^{1} = 195$
  $h_{pq} = 2.5$, $h_{pq} = 2.7$, $h_{pq} = 2.5$

- $\mu_{speedy}(x)$: 역 S 형, where $f_{pq}^{1} = 12$, $f_{pq}^{1} = 13$
  (2) 식 $f_{pq}^{0.5} = 14$, $f_{pq}^{0.5} = 14$
  $f_{pq}^{0} = 16$, $f_{pq}^{0} = 15$
  $h_{pq} = 0.9$ $h_{pq} = 1.1$

- $\mu_{clever}(x)$: S 형, where $f_{pq}^{0} = 90$, $f_{pq}^{0} = 95$
  (1) 식 $f_{pq}^{0.5} = 105$, $f_{pq}^{0.5} = 110$
  $f_{pq}^{1} = 125$, $f_{pq}^{1} = 130$
  $h_{pq} = 1.7$, $h_{pq} = 2.0$

- $\mu_{middle-age}(x)$: Π 형, where $f_{pq}^{0} = 46$, $f_{pq}^{0} = 27$
  (3) 식 $f_{pq}^{1} = 35$, $f_{pq}^{1} = 34$
  $h_{pq} = 30$, $h_{pq} = 32$

본 실험에서는 평가항목의 결합 연산자로서 minimum연산을 통하여 실험을 하였다.

Minimum 연산은 보상(compensation)기능은 없지만 특별히 중요한 평가항목을 강조하여 적용할 경우에 최종 결과에 대한 그 항목의 의존도를 높일 수 있어 효과적이 된다. 이 연산은 항상 최선의 모델은 아니지만 이 연산자는 계산이 간단하여 매우 효율적인 알고리즘을 만들 수 있게 해 준다. Minimum연산은 이기적인 결합식으로서 퍼지집합에서 이용할 경우 [0, 1]×[0, 1] -> [0, 1]의 성질을 갖고 있으며 t-norm의 조건을 만족한다.

연산을 통하여 각 후보에 대해 계산한 결과는 table 3-5와 같다.

Table 3. DM_1's computation results

	Young	Tall	Rational	Results
cho. c. d	0.926	0.364	0.001	0.001
kim. s. k	0.134	0.884	0.765	0.134
...	...	...	...	...

Table 4. DM_2's computation results

	Young	Tall	Rational	Results
cho. c. d	0.630	0.651	0.166	0.166
kim. s. k	0.112	0.5	0.749	0.112
...	...	...	...	...

Table 5. DM_3' computation results

	More or less tall	Speedy	Rational	Results
cho. k. d	0.409	1	0	0
kim. s. k	0.820	0.5	0.64	0.5
...	...	...	...	...

이러한 과정을 거쳐 개인적인 선발기준으로 부터 식 (5), (6), (8)을 통해서 얻어낸 각 DM과 그룹 전체에 대한 결과는 각각 fig. 2, fig. 3과 같다. 각 심사위원은 5명의 후보를 추천하는 정량적인 방법으로 가정하였다.

	Results of before normalization		Results of after normalization	
DM_1	kim. j. a	(0. 333)	kim. j. a	(1. 000)
	hwang. s. c	(0. 299)	hwang. s. c	(0. 897)
	cho. s. y	(0. 263)	cho. s. y	(0. 788)
	hong. c. k	(0. 258)	hong. c. k	(0. 773)
	lee. s. y	(0. 208)	lee. s. y	(0. 623)
DM_2	lee. m. l	(0. 564)	lee. m. l	(1. 000)
	lee. j. o	(0. 380)	lee. j. o	(0. 674)
	cho. s. y	(0. 299)	cho. s. y	(0. 529)
	hwang. s. c	(0. 238)	hwang. s. c	(0. 422)
	kim. j. a	(0. 238)	kim. j. a	(0. 422)
DM_3	lee. k. t	(0. 650)	lee. k. t	(1. 000)
	lee. h. j	(0. 528)	lee. h. j	(0. 812)
	kim. h. r	(0. 528)	kim. h. r	(0. 812)
	park. s. k	(0. 500)	park. s. k	(0. 769)
	joo. s. j	(0. 500)	joo. s. j	(0. 769)

Threshold = 0. 1 Result number = 5

Fig. 2. Each DM's final results

	Results of the group	
1	kim. j. a	(0. 474)
2	hwang. s. c	(0. 440)
3	cho. s. y	(0. 439)
4	lee. k. t	(0. 333)
5	lee. m. l	(0. 333)
6	lee. h. j	(0. 271)
7	kim. h. r	(0. 271)
8	hong. c. k	(0. 258)
9	kim. s. k	(0. 256)
10	park. s. k	(0. 256)
11	lee. j. o	(0. 225)
12	lee. s. y	(0. 208)

Fig. 3. Final results of the decision group

2. 적용 결과의 고찰

본 장에서는 비 체계적 상황의 문제를 처리할 수 있도록 제안한 모델을 실험적으로 구현하여 회사의 신규인력 채용 문제를 비 체계적 상황을 가정하여 적용예를 보였다. 적용 예에서 인사위원회를 구성하고 있는 DM들은 퍼지어휘를 써서 본인의 선호의사를 표현하였다. DM이 사용하는 퍼지어휘에 대한 소속함수는 DM 고유의 관점에서 정의할 수 있도록 하였는 데, 이를 통해서 DM은 각자의 주관적인 의사를 충실히 반영할 수 있게 되었다. 평가항목에 있어서도 DM은 각자가 평가에 적합한 항목을 주관적으로 설정할 수 있었다. 또한 비 체계적 문제에 대한 평가 값이 일관적인 기준으로 할당이 가능하였다.

최종 결과는 DM각자의 의사가 충실히 반영되었다고 볼 수 있으며, 본 적용 예에서 나온 결과에서는 단지 인사위원회에서 추천한 대체안들을 적합도가 높은 순서대로 제시한다. 이 이후 처리가 더 필요한 경우는, 선택된 대체안에 대해서 다시 한번 이러한 과정을 거치거나 그룹에서 합의된 다른 방법으로 처리하면 될 것이다. 실험 결과 각각 12명이 최종 결과로 선정이 되었으며 각 DM이 선정한 후보들의 내용이나 적합도에 차이가 나타남을 볼 수 있었다.

3. 기존 연구와의 비교

지금까지 제안된 퍼지 MADM 문제해결 방법들은 적용 영역에 따라 장/단점이 나타나게 되기 때문에 이러한 연구들은 직접 단순 비교하는 것은 무리가 있다. 따라서 본 절에서는 기존 연구에 있어서의 DM의 정보표현 방법과 본 연구에서 제안하는 방법과의 비교를 통해서 본 연구에서 제안한 방법이 효과적임을 보이고자 한다.

기존의 방법들은 주어진 대체안이나 평가항목에 대해서 DM이 일일이 평가값을 할당해야 한다. 그렇지만 이러한 방법은 대체안의 수가 어느정도 이상 많아지고 평가항목의 수가 많아지면 수작업으로 상대적인 평가 값을 할당하는 것이 거의 불가능해진다. 또한 적정 숫자로 한정된 경우라 할지라도 일관적인 값을 할당한다는 보장이 없다.

반면에 본 연구에서 제안하는 방법은 DM이 사용하는 퍼지어휘에 대한 참조 기준값만을 제시하면 실제 대체안이 갖고 있는 크리스프 값을 기반으로 일관된 적합도 값을 할당할 수 있기 때문에, 대체

안의 수가 많고 평가항목이 복잡한 의사결정문제의 문제해결에 적합하게 적용할 수 있다. 따라서 DM은 자기의사가 충분히 표현될 수 있도록 표현하는 퍼지어휘에 대한 기준값을 신중하게 제시하는 것으로 충분하다.

기존 연구와의 비교를 요약하면 table 6과 같다.

Table 6. Some comparisons to other studies

Criterior/esearcher	Yager (Yager, 1978)	Laarhoven (Laarhoen et. el, 1983)	Tong (Tong et. el, 1980)	This study
Definitions of fuzzy wore	System developer	System developer	System develpoer	Each DM
Select of evaluate crit.	Fixed	Fixed	Fixed	Each DM
Result values	Numbers	Triangular fuzzy number	Triangular fuzzy number	Membership values
Comp. bet'n alternative	Each parirs	Each pairs	Each parirs	Each alternatives
Assignment of eval. values	Each DM	Each DM	Each DM	Computer program

적 요

본 연구에서는 퍼지 집합 이론을 이용하여 비 체계적인 문제를 해결할 수 있는 다속성 의사결정 시스템을 모델링하고 실험적으로 적용하여 보았다.

연구의 결과는 다음과 같다.

1) 주관적으로 정의해 놓은 퍼지 어휘를 사용하기 때문에 DM은 구체적인 수치 값으로 평가값을 할당하지 않고도 충분한 의사표현이 가능하였다.

2) DM마다 서로 다른 평가항목의 설정이 가능하여 주관적인 의사를 충분히 표현할 수 있었다.

3) 퍼지 어휘를 이용한 절대척도를 이용하기 때문에 각 평가기준에 따라 체계적인 평가 값의 할당이 가능해진다. 따라서 대체안의 숫자가 많은 문제에도 적용이 용이하였다.

4) 실험적으로 적용하여 문제를 해결해 본 결과, 의사결정 그룹내 여러 DM간의 주관적인 의사가 충분히 반영된 해를 찾을 수 있었다.

추후 연구 과제는 다음과 같다.

1) 결합 연산자에 대한 연구

본 연구에서는 minimum연산자를 결합 연산자로서 이용하였다. Minimum연산은 계산처리가 단순하고 효과적인 반면에 보상(compensation)기능이 없다. 문제의 성격이나 사용자의 주관적 관점에 따라 선택할 수 있도록 좀 더 다양한 연산자의 제공이 있어야 할 것이다.

2) 크리스프 조건의 처리

본 연구에서의 모든 조건은 퍼지 어휘로 주어지는 것으로 가정하였다. 그러나 실제 문제에서는 크리스프 조건과 퍼지 조건이 공존할 수 있다. 따라서 크리스프 조건에 대한 처리가 가능해야 할 것이다.

70년대 초에 경영정보시스템(MIS)의 부산물로 등장하게 된 의사결정지원 시스템은 최근 활발하게 연구되고 있고, 많은 사람들이 잠재성을 인정하고 있다. 사람이 가진 모호성을 처리하기 위한 퍼지 집합 이론과 이의 응용방법에 대한 최근의 활발한 연구 추세에 비추어 볼 때, 퍼지 집합 이론을 이용한 의사결정 지원 시스템은 실세계 문제해결 가능성에 있어서 그 잠재성이 한층 더 크다하겠다.

참 고 문 헌

Blin, J. M. and A. B. Whinston, 1973, "Fuzzy sets and social choice," Journal of Cybernetics 3, 28-36.

Blishun, A. F., 1986, "Fuzzy adaptive learning model of Decision-Making process," FSS 18, 273-282.

Blishun, A. F., 1989, "Support development tools for rational decision-making systems design," in : applications of Fuzzy Set Methodologies in Industrial Engineering, ELSEVIER, 253-267.

Devi, B. B. and V. V. S. Sarma, 1985, "Estimation of fuzzy membership form histograms," Information Science 35, 43-59.

Klein, C. M. and Jose, A. Ventura, 1992, "Fuzzy Multicriteria Optimization," NAFIPS-91 Workshop proceedings, 348-352.

Klir, G. J. and Tina A. Folger, 1988, Fuzzy sets, Uncertainty, and Information, Prentice Hall : New Jersey.

Laarhoven, P. J. M and W. Pedrycz, 1983, "A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory," FSS 11, 229-241.

Lootsma, F. A., 1980, "Saaty's Priority Theory and Nomination of a Senior Professor in Operation Reasearch," European J. Operation Research 4, 380-388.

Nurmi, H., 1981, "Approaches to Collective Decision Making with Fuzzy Perference Relation," FSS 6, 249-259.

Nurmi, H., 1982, "Imprecise Notions in Individual and Group Decision Theory," Stochastica 6, 283-303.

Orlovsky, S. A., 1978, "Decision making with a Fuzzy Preference Relation," FSS 1, 155-167.

Saaty, T. L., 1978, "Exploring The Interface Between Hierarchies, Multiple Objectives and Fuzzy Sets," FSS 1, 57-68.

Takeda, E., 1982, "Interactive Identification of Fuzzy Outranking Relations in a Multiciteria Decision Problem," North Holland Publishing Company, 301-308.

Tong, R. M and P. P. Bonissone, 1980, "A linguistic approach to decision making with fuzzy sets," IEEE TRANS. on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-10, No 11, 716-723.

Turksen, I. B. and I, A. Willson, 1991, "Uncertainty Measurement in Multi attribute Models : Theory and Application," NAFIPS-91 Workshop Proceedings, 358-362.

Yager, R. R., 1978, "Fuzzy decision making including unequal objectives," FSS 4, 235-242.

Yager, R. R., 1980, "Satisfaction and Fuzzy Decision Functions," in : Fuzzy Sets, P. P. Ward ed., Plenum press, 171-194.

Zimmermann, H. J., 1987, Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems, Kluwer Academic Publishers.