韓國港灣學會誌 第7卷 第1號 pp. 5~12, 1993. 6.

論 文

相互聯關性을 지닌 階層構造型問題의 評價 알고리즘

李 哲 榮* · 李 石 泰**

On Evaluation Algorithm for Hierarchical Structure of Attributes with Interaction Relationship

*C. Y. Lee** · *S. T. Lee***

Key Word : 相互作用係數(Interaction Coefficient), 퍼지評價(Fuzzy Evaluation), 評價屬性(Evaluation Attribute), 階層構造(Hierarchical Structure), 評價 알고리즘(Evaluatin algorithm), 퍼지測度(Fuzzy Measure), 퍼지積分(Fuzzy Integral)

Abstract

In complex decision making such as ill-defined system, one of the main problem is how to treat ambiguous aspect of the decision making. According to the complexity and ambiguity of the objective systems, many types of evaluation attributes are necessary for the rational decision and the relationship among the attributes become complex and fuzzy.

Fuzzy integral is very effective to evalute the complex system with interaction between attributes but how to save the evaluation efforts in the decision making process of grading the membership of the objects or alternative is the problem to be tachled. Because the more object there are to evaluate, the number of decisions to made increase exponentially.

Therefore, this paper aimes to propose a new evaluation algorithm based on fuzzy integral which can save the evaluator's efforts in decision making process.

The proposed algorithm is constructed as follows :

First, compose the fuzzy measure by introducing AHP(Analytical Hierachy Process) & mutual interaction coefficient.

Second, generate fuzzy measure value of monotone family set for calculating the fuzzy integral.

The effectiveness of the proposed algorithm is investigated through the example and sensitivity of interaction coefficient is illustrated.

* 정회원, 한국해양대학교 교수

** 정회원, 한국해양대학교 대학원 박사과정 항해학과 수송공학 전공

1. 서 론

評價對象 또는 代替案을 하나의 차원으로 표현하는 것은 현실적으로 매우 어려운 경우가 많아서 일반적으로 다차원으로 나타내지않으면 안되며, 이러한 상황은 복잡한 시스템을 評價對象으로 할 경우, 특히 전략적인 차원에서 評價對象이나 代替案을 評價하고자 할 경우에 자주 일어나는 일이다. 그리고, 다차원으로 표현할 수 밖에 없는 이들 대상이나 代替案을 차원을 축소하여 評價하는 일은 그렇게 쉬운 일도 아니며 반드시 가능한 일도 아니다. 물론, 대상이 명확하게 정의되고 계량적으로 나타낼 수 있거나 질적인 대상이라 하더라도 보통의 집합론으로 나타낼 수 있다면 다변량해석등을 적용할 수도 있다.

반면, 評價對象이나 代替案이 설명하기에 매우 복잡하다든가 또는 애매하게 기술할 수 밖에 없거나, 代替案 사이에 相互聯關性이 作用하는 등의 경우에는 이를 評價할 수 있는 적당한 방법이나 알고리즘이 없다.

퍼지積分[1]은 이처럼 다차원으로 나타나는 애매모호한 대상이나 代替案을 評價하는 데에는 매우 적합한 개념이나 이를 실제로 사용하는 데에는 몇가지 해결하지 않으면 안되는 問題點이 있다.

그 하나는, 조사를 통하여 評價者로 부터 다차원으로 표시되는 대상의 集合族의 퍼지집합을 구하는 경우에 생긴다. 퍼지測度는 이러한 조사결과를 사용하여 同定하게 되나 이 경우, 評價屬性의 차원이 증가하면 評價者로 부터 조사결과를 얻는 일은 거의 불가능하게 된다.

다음으로는, 評價항목간의 相互聯關性을 나타내는 파라메터를 구하는 방법과 이를 퍼지분포에 적합한 형태로 변환하는 問題이다.

그리고, 마지막으로 이러한 問題를 해결하면서 評價階層을 評價하는 測度로서 퍼지積分을 적용할 경우 測度의 適合性의 問題를 評價階層構造의 屬性이라는 관점에서 정식화하는 問題이다.

본 연구는 이러한 3가지점에 대하여

첫째, 相互作用係數 및 AHP[3](Analytical Hierachy Process)에 의한 중요도 결정방법을 도입함으로써 評價者의 조사량을 줄이고,

둘째, 相互作用係數를 구하는 방법을 제안하고 얻어진 相互作用係數와 중요도로 부터 퍼지測度를 구성하는 알고리즘을 제시하며,

셋째, 퍼지積分을 도입하여 評價階層構造를 評價하는 과정을 정식화 함으로써, 階層構造型의 評價問題를 다루는 알고리즘을 제안하는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 評價屬性階層과 相互作用係數

2.1 評價屬性階層

Fig 2.1과 같은 n개의 레벨을 가진 評價屬性에 대하여 생각하기로 한다. 각 레벨에는 몇개의 屬性이 있으며, k레벨의 j번째 屬性을 $X_{k,j}$ 그 屬性의 중요도를 $W_{k,j}$로 나타내기로 한다. 그리고 하위의 레벨로 갈수록 評價屬性은 더욱 구체화되는 것으로 생각한다.

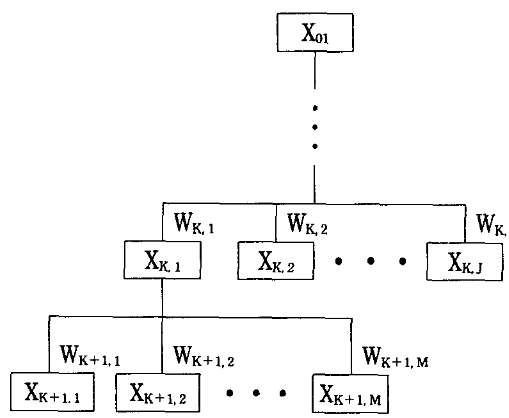

Fig. 2.1 Hierarchy of evaluation attributes

X_k를 k레벨의 評價屬性의 퍼지집합이라고 두고, X_{k-1}로 부터 X_k에 다음과 같은 멤버쉽 함수(Membership function) W_k가 존재 한다고 하면, 評價 階層은 $(X_n \ldots\ldots X_0)$로 나타낼수 있으며,

$$W_k : X_k \longrightarrow [0.1] \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2.1)$$

X_k는 다음과 같은 순서쌍으로 나타낼수 있다.

$$X_k = \{X_{k,j},\quad W_{k,j}\} \cdots\cdots (2.2)$$

그리고 X_k의 下位屬性 low(X_k)는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$low(X_k) = \{X_{k+1} \mid W_{k+1}(X_{k+1}) = X_k\} \cdots\cdots (2.3)$$

Fig. 2.1에 보이는 評價階層의 예에서는, $X_0 = \{X_{01}\}$, $X_k = \{X_{K1}.......X_{kJ}\}$, $X_{K+1} = \{X_{K+1,1}.......X_{K+1,m}\}$이며 $W_{K+1,1}$은 $X_{k+1,i}(i=1,2,3)$을 $X_{k,1}$에 대응시키고 있다.

일반적으로 評價屬性이 서로 독립적일 경우에는 하위의 評價屬性에 대응하는 상위의 評價屬性은 단 하나 존재하나 복잡한 대상을 다룰 경우에는 하위의 評價屬性에 대응하는 상위의 評價屬性이 여러개일 경우도 있다. 따라서, 본 논문에서는 식 (2.1)에서 정의한 바와 같이 멤버쉽 함수를 도입함으로써 이러한 다양성에 대응하도록 하고 있다. 그러나 실제 問題에 있어서 하위의 評價屬性이 상위의 여러개의 評價 屬性에 대응한다는 것은 評價의 일관성이라는 면에서 약간의 問題점이 생긴다. 따라서, 이러한 問題를 해결하기 위해서는 하위의 評價屬性을 상위의 여러개 評價屬性에 대응시키면서도 이러한 특성을 보완할수 있는 해결방안이 필요하게 된다.

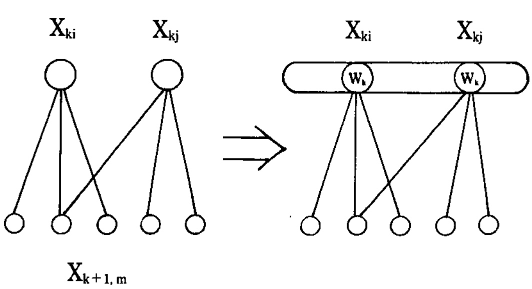

Fig. 2.2 Evaluation hierarchy of mutual interaction

Fig. 2.2에 보인 예를 중심으로 이 問題를 살펴보기로 한다. 이 예에서 알수 있는 바와 같이, 屬性 $X_{k+1,m}$은 上位屬性 X_{kj}에 공통으로 속해있다. 이 경우, 2개의 上位屬性은 하나의 下位屬性을 공동의 요소로 가지고 있으므로 서로 중복된 성질을 지니고 있다고 할 수 있다. 따라서, 이러한 성질을 上位屬性의 중요도 W_i 및 W_j(이하 필요한 경우에만 레벨 변수를 표시하기로 한다.)에 반영시키기 위하여 다음과 같은 相互 作用係數 U_{ij}를 정의하기로 한다. 즉,

$$U_{ij} = \begin{cases} \dfrac{W(\{X_i, X_j\}) - [W(X_i) + W(X_i)]}{W(X_i)W(X_j)} & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases} \cdots\cdots (2.4)$$

단, $U_{ij} \in (-1, \infty)$

식(2.4)에서 정의한 U_{ij}는 다음과 같이 해석할 수 있다.

(1) $U_{ij} \geq 0$이면 $\{X_i, X_j\}$의 주관적 중요도는 각각의 중요도를 합한것 보다는 커지는 일종의 上昇作用이 존재한다는 것을 나타내며,

(2) $U_{ij} < 0$이면 Xi와 Xj는 서로 重複性을 가진다는 것을 나타낸다.

특히, 극단적인 경우로써 $U_{ij} = -1$인 경우 2개의 評價項目의 중요도는 중복이 극심하여 독립적으로 다룰 수가 없는 것으로 된다.

이상의 相互作用係數를 도입함으로써 評價의 일관성을 유지하면서 相互作用이 중요도에 반영될수 있어 동일 레벨의 評價屬性 사이에 반드시 독립성이 보장되지 않더라도 다룰수 있게 된다.

2.2 相互作用係數와 퍼지測度

k레벨의 評價 屬性에 대한 評價를 종합적으로 하고자 할 경우, 이들 評價 屬性들을 통합하는 評價는, 2.1에서 지적한 屬性間의 相互作用, 즉, 重複性 또는 上昇作用性등으로 인하여 단순한 합의 형태로 나타낼수는 없다. 이러한 相互作用은 屬性間의 중요도를 나타내는 벡터를 통합하는데에 사용하게 될 測度에 반드시 고려되어야 할 사항이다.

아래에서는 먼저, 相互作用을 고려한 測度로서 퍼지測度[2]를 도입하여 이러한 問題에 대응하기

로 한다.

먼저 유한집합 X_k의 단조 집합족을 Z라 할 경우, 다음과 같은 성질을 지닌 Z 위에서 정의된 집합함수 g를 퍼지測度라 한다.

1) $g(\phi)=0,\ g(X)=1$ (有界性)
2) A, B Z, $A\subset B \rightarrow g(A)\leq g(B)$ (單調性)
$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$ (2. 5)

퍼지測度 g는 加法性이 없기 때문에 $E_i, E_j \in Z$, $E_i\cap E_j=\phi$일 경우, $g(E_i\cap E_j)=f(g(E_i), (E_j))$의 관계를 생각한다. 評價 屬性間의 相互關係는 함수 f에 의해 표현되나, 퍼지測度의 정의를 만족하지 않으면 안된다. 이 정의를 만족하는 것으로 식(2.6)을 생각한다.

$$g(E_i\cup E_j)=g(E_i)+g(E_j)+r\ g(E_i\cap E_j) \cdots\cdots (2.6)$$

식(2.6)의 r은 식(2.4)의 相互作用係數 Uij와 매우 유사한 성질을 지니고 있다. 그러나, 퍼지測度 g는 부분집합족 Z위에서 정의된 반면 相互作用係數는 評價屬性 사이에 정의되어 있다는 점에 유의할 필요가 있다. 그리고 U_{ij}의 값은 첫째, 식(2. 6)에 의하여, $W(X_i)$의 값을 구한후 $W(\{X_i, X_j\})$의 값을 조사하여 결정하거나, 둘째, 相互聯關性을 직접 조사하여 구할수 있다.

실제로, 評價資料로 부터 U_{ij} 값을 추정하고자 할 경우에는 조사자료를 평가자로부터 쉽게 얻고, 또한 제 3장에서 다룰 綜合評價에 대비하기 위하여 相互作用係數 U_{ij}를 r에 대응시켜 변형할 필요가 있다.

먼저, $U_{ij} \in (-1, \infty)$의 값을 구하기 위하여 다음과 같이 치역을 정규화한다. 즉,

$$m_{ij}=\begin{cases} U_{ij}, & U_{ij} < 0 \\ 1-1/(1+U_{ij}) & U_{ij} \leq 0 \end{cases} \cdots\cdots\cdots\cdots (2.7)$$

식(2.8)의 정규화에 의해 $U_{ij} \in (-1,\infty)$에서 $m_{ij} \in (-1, +1)$로 규격화 된다.

실제로 m_{ij}의 값을 구하고자 할 경우, 언어적인 표현 방법을 사용하여 구할수 있으며 이때 重複性이나 上昇作用중 하나에 대하여 질문하게 될 것이므로 치역은 자연적으로 [−1, 0]과 [0, 1]로 구분되게 된다. 그리고 評價屬性 X_i의 相互作用係數를 측정할 경우, 비교屬性에 따라서는 중복 및 上昇作用이 동시에 일어날수 있기 때문에 평균적인 相互作用의 정도를 구하기 위하여 다음을 정의한다.

$$m_j=\sum_{i=1}^{n} m^3_{jk}/(n-1) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2.8)$$

즉, mi는, m_{ik}의 절대값이 큰 경우에는 크게 영향을 받도록하면서 그 부호가 반영되도록 정하고 있다.

다음으로, m_{ik}를 원래의 크기로 바꾸기 위하여 $m_{i*}=\sqrt[3]{|m_{ik}|}$로 두고, 評價屬性의 수는 n개이므로 퍼지測度의 係數 r과 대응시키기 위하여 다음과 같은 변환을 행한다.

$$\overline{m}=\sum_{i} m^3_{i*}/n \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2.9)$$

마찬가지의 이유로, $\overline{m_k}=\sqrt[3]{|m|}$로 두고 $\overline{m_*}$를 원래의 치역 $(-1, \infty)$으로 바꾸기 위하여 다음과 같은 변환을 한다. 즉,

$$r_*=\begin{cases} \overline{m_*}, & \overline{m_*} < 0 \\ \overline{m_*}/(1-\overline{m_*}), & \overline{m_*} \geq 0 \end{cases} \cdots\cdots\cdots\cdots (2.10)$$

식(2. 9), (2. 10)의 변환에 있어서 부호는 원래값의 부호를 따르는 것으로한다. 이상의 과정으로부터 비록 정의역은 다르다할지라도 r*는 r과 잘 대응하는 형태로의 변환이 이루어졌다.

3. 統合評價 알고리즘

3. 1 퍼지積分에 의한 統合評價

일반적으로 評價 項目간에 相互作用이 있을 경우 이들을 통합하는 방법으로는 퍼지積分이 매우 유효한 것으로 알려져 있다.

Fig. 3. 1에 있어서 評價 대상의 집합이 $\{S_1, S_2,\ldots,S_n\}$이고, 評價屬性의 집합 $X=\{X_1,\ldots\ldots,X_n\}$, 評價 屬性의 관점에서 본 評價 대상의 잠재력 또는 실체를 나타내는 X위의 함수 $h(x) \in [0, 1]$가 h

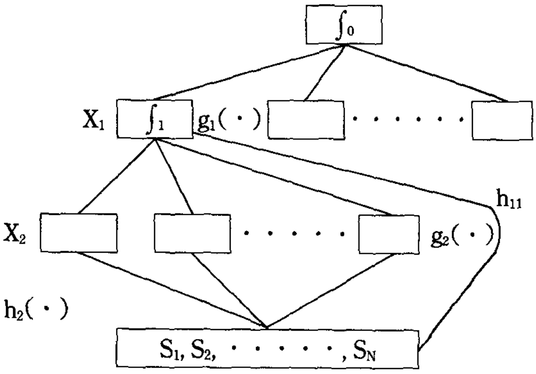

Fig. 3. 1 Fuzzy integral evaluation

$(x_1) \geq h(x_2) \geq \cdots \cdots \geq h(x_n)$가 되도록 배열되어 있다고 하면, 퍼지評價 공간$(X, 2^x, g)$에 있어서의 퍼지積分은 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$\int h(x) \circ g(\cdot) = \bigwedge_{i=1}^{n} [h(x_i) \wedge g(X_1, \ldots, X_i)] \quad \cdots \ (3.1)$$

퍼지 積分의 중요 성질로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

1) $0 \leq \int h \circ g \leq 1$

2) $h' \geq h$이면 $\int h' \circ g \geq \int h \circ g$

3) $A \subset B$ 이면 $\int_A h \circ g \leq \int_B h \circ g$

성질 1)은 퍼지積分값의 범위를 나타내며, 성질 2)는 중요도가 같을 경우에는 능력의 크기에 의해 값의 크기가 정해지는 퍼지積分값의 순서성을 보이며, 성질 3)은 전체 집합의 評價値는 부분집합의 評價値를 포함한다는 것을 나타 내고 있다.

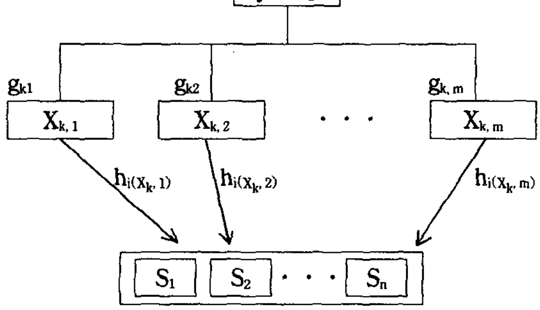

Fig. 3. 2 Complex evalution

한편, 階層構造의 통합 評價에 있어서는 Fig. 3. 1에서 보이는 바와 같이 屬性要素 X_1은 구체적인 屬性要素의 집합 X_2로 표현되므로 屬性要素 X_1의 잠재력은 X_2로 부터 구해야 하며, 그 값은 $h_{11}(\cdot) = \int_1 h_2(\cdot) \circ g(\cdot)$로 된다. 그리고 이러한 과정은 상위 레벨에 이르기 까지 반복 된다 이 경우 $0 \leq \int_1 h_{2(\cdot)} \circ g(\cdot) \leq 1$로서 $h_{11}(\cdot)$의 치역과 일치하게된다. 그리고, 중요도 $g(\cdot)$의 값은 階層構造 위에서 이미 결정 되어 있으므로 성질 2)에 따라 $h(\cdot)$ 값의 크기에 따라 퍼지積分 값이 결정되어 評價의 일관성이 유지된다.

3. 2 評價 알고리즘

퍼지測度의 同定은 評價屬性의 모든 조합에 대하여 評價者로 부터 얻은 評價결과를 사용하여 구성한다. 따라서, 評價者는 評價次元이 증가할 때마다 엄청난 노력을 투입하지 않으면 안된다. 예를 들어 評價屬性의 차원이 m으로 부터 m+1로 증가하면 評價者가 부가적으로 評價해야 할 개수는 2^m으로 늘어나게되어 評價 내용의 정밀성은 물론 評價 자체가 불가능해지는 커다란 결점을 지니고 있다. 따라서, 이러한 결점을 어떻게 보완할 것인가에 대하여 살펴보기로 한다.

식(2. 7)에서 보인 퍼지 測度 $g(\cdot)$는 Fig. 2. 1의 중요도 $W(\cdot)$에 대응하는 것으로 본 연구에서는 $W(\cdot)$의 결정을 일반적인 퍼지測度의 동정방법에 따르지 않고 AHP(Analytic Hierarchy Process)[3]에서 사용하는 방법에 따라 구하는 것으로 한다. AHP에 의해 $W(\cdot)$를 결정하기 위해서는 評價者는 $m(m-1)/2$개만의 評價만으로 충분하며 m가 m+1개로 늘어나더라도 評價 개수는 m/2개 밖에 늘어나지 않는다는 이점이 있다. 따라서 아래에서는 식(2. 11)에서 얻은 相互 作用係數 $r*$와 $W(\cdot)$로 부터 퍼지測度를 구성하는 問題에 대하여 살펴보기로 한다.

(1) 퍼지測度로의 변환

외생적으로 주어진 $r(=r*)$를 사용하여 $W(\cdot)$를 $g(\cdot)$로 변환하는 問題에 대하여 살펴보기로 한다.

評價屬性 X_i에 대한 퍼지測度는 식 (3.2)로 나타낼 수 있으며,

$$g(\sum_{i=1}^{\infty} X_i)=1$$

$$g(\sum_{i=1}^{\infty} X_i)=\frac{1}{r}\ \prod_{i=1}^{\infty}\ (1+rg(X_i))-1] \cdots (3.2)$$

$g(\cdot)=aW(\cdot)$라 두어

식(3.2)를 변형하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{r}[\ \prod_{i=1}^{\infty}\ (1+raW(\cdot))-1]=1 \cdots\cdots\cdots\cdots (3.3)$$

r및 $W(\cdot)$는 이미 주어져 있으므로 식(3.3)은 a에 관한 대수방정식으로 표현된다. 따라서 대수방정식의 해를 구함으로써 $W(\cdot)$를 퍼지測度 $g(\cdot)$로 변환할 수 있게 되어 $g(\cdot)$의 하나의 單調列이 결정된다. 그리고 이러한 변환과정은 결과적으로는 AHP에서 구한 $W(\cdot)$에 相互作用係數인 r를 作用시킨 것이므로 제2장에서 지적한 屬性의 相互作用性이 중요도에 반영된 결과로 된다.

(2) 퍼지測度의 구성

$w(\cdot)$ 및 r로 부터 얻은 하나의 單調列로 부터 그 외의 모든 요소에 대하여 $g(\cdot)$를 결정하는 규칙을 정하는 問題에 대하여 살펴보기로 하자.

이 問題는 $E, E' \in Z$, $E \cap E'=\phi$이고, $g(E)$, $g(E')$가 주어져 있을 경우, $g(E)$, $g(E')$로 부터 $g(E \cup E')$를 생성하는 問題로 된다.

g의 성질중 단조성 대신에 식(2.6)을 변형한 다음식을,

$$g(E \cup E')=g(E)+g(E')+rg(E)g(E') \cdots\cdots\cdots\cdots (3.4)$$

단, $-1 \langle r \langle \infty$

만족하는 g를 g라 두면, 이 식은 다음과 같이 바꾸어 쓸 수 있다.

$$g(E'-E)=\frac{g(E')-g(E)}{1+rg(E)} \qquad E \subset E' \cdots (3.5)$$

$$g(E^C)=\frac{1-g(E)}{1+rg(E)}$$

따라서, 하나의 單調列로 부터 2^X위의 모든 부분집합에 대하여 퍼지測度를 생성할 수 있게 된다.

식(3.4)의 일반식을 評價屬性 X_i에 대하여 나타내면, 식(3.2)와 같이 되고 g는 퍼지測度를 만족하며, 특히 식(3.2)는 r=0일 경우 確率測度에 대응하게 된다.

지금까지 설명한 내용을 중심으로 屬性으로 이루어진 階層構造가 주어져 있을 경우 통합적인 評價를 행하는 알고리즘에 대하여 정리하기로 한다.

1단계 – 評價者로 부터 一對比較(pair comparison)에 의해 屬性의 중요도 및 相互作用係數를 評價한다.

2단계 – 중요도를 AHP에 의해 정규화 하고, 相互作用係數를 변환한다.

3단계 – 자료 또는 評價에 의해 評價대상에 대한 $h(\cdot)$값을 결정한다.

4단계 – 1단계에서 얻은 중요도 $W(\cdot)$와 r*로 부터 하나의 單調列 $g(\cdot)$를 구하고, $g(\cdot)$의 單調集合族을 생성다.

5단계 – 레벨별로 퍼지積分을 계산하고, 최종 레벨에 이를때 까지 1–5단계의 과정을 반복한다.

4. 適用例

본 논문에서 제안한 評價알고리즘의 내용을 간단한 예를 들어 설명하기로 한다. 대상으로서는, Fig. 4.1에 보이는 바와같이 5개의 屬性 $X_i(i=1,$

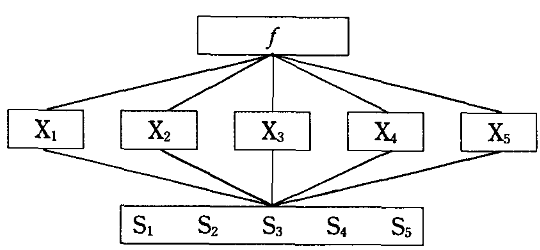

Fig. 4.1 Example of fuzzy integral evaluation

5)과 5개의 評價대상 $S_i(i=1,5)$을 지닌 단층構造를 선정하기로 한다.

먼저, 一對比較(Pair Comparison)에 의한 評價屬性의 상대적인 중요도를 조사하여 AHP에 의해 중요도 W(·)를 추출하고, 동시에 相互作用성에 대한 조사자료로 부터 r_*를 추정한 결과를 Table 4.1에 나타냈다. 이 評價對象의 경우에는 중복성이 존재하는 것으로 評價되어 $r_*=-0.65$란 값을 얻었다. 또한 앞에서 얻은 W(·) 및 r_*로 부터 퍼지測度를 구하기 위하여, $g(\cdot)=aW(\cdot)$라 두어 a를 계산한 결과 $a=1.4$를 얻었다. a와 W(·)로부터 측정한 퍼지測度 $g(\cdot)$의 값은 Table 4.1과 같다.

Table 4.1 The value of fuzzy measure $g(\cdot)$

W(·)	$g(\cdot)$
X_1 0.07	0.98
X_2 0.29	0.40
X_3 0.40	0.56
X_4 0.14	0.19
X_5 0.10	0.14
$r_*=-0.65$	C = 1.40

위 표에서 알수 있는 바와 같이 評價屬性間에 중복성이 존재하는 경우에는 $g(\cdot)$의 값이 W(·)의 값보다 커지는 것을 알수 있으며, 이는 $g(\sum_{i=1}^{n} X_i)=1$이란 제한조건으로부터 유추될수 있는 성질의 것이다. 그리고, 評價屬性의 중요도 순서는 W(·)와 $g(\cdot)$ 모두 $X_3 > X_2 > X_4 > X_5 > X_1$로 되어 있어 퍼지測度로 변환하더라도 본질적인 성질은 변하지 않는다는 것을 알 수 있다. 다음단계로, Table 4.1에 보인 $g(\cdot)$의 값은 하나의 단조열에 불과하므로, 퍼지積分을 계산하기 위해서는 나머지 $g(\cdot)$를 생성하여야 한다. 실제로 퍼지積分을 계산하기 위해서는 評價屬性 X의 모든 단조집합족을 생성할 필요는 없고 잠재력 함수 $h(\cdot)$의 순서에 따른 집합족을 생성하는 것으로 충분하다. h(·)값은 Table 4.2와 같으며, h(·)의 단조열은 $h(X_4)$ $h(X_5)$ $h(X_2)$ $h(X_3)$ $h(X_1)$ 이므로 필요한 $g(\cdot)$의 집합족 단조열은 $g(X_4)$, $g(X_4, X_5)$, $g(X_4, X_5, X_2)$ $g(X_4, X_5, X_2, X_3)$, $g(X)$이다. 따라서 이들에 대한 값을 $g(\cdot)$의 하나의 단조열로부터 형성하여 Table 4.2에 함께 보인다.

Table 4.2 h(·) and $g(\cdot)$ value of object S_1

대상	$h(x_4)$	$h(x_5)$	$h(x_2)$	$h(x_3)$	$h(x_1)$
S_1	1.00	0.81	0.57*	0.50	0.42
	$g(X_4)$	$g(X_4, X_5)$	$g(X_4, X_5, X_2)$	$g(X_4, X_5, X_2, X_3)$	$g(X)$
	0.19	0.31	0.63	0.96	1.00

Table 4.2로부터 퍼지積分값을 계산하면 $J(S_1)=0.57$로 되어 評價대상 S_1에 대한 評價値가 결정된다. 임의의 S_i에 대해서도 마찬가지의 계산을 행하면, $J(S_i)$의 계산을 행하면 값이 결정되므로 최적대체안은 $\{S_* \mid S_*=\max J(S_i)\}$로 된다. 그러면 相互 作用係數의 영향을 파악하기 위하여 r_*의 값을 임의로 하였을 경우, 퍼지積分값 J의 변화를 살펴보기로 한다.(Table 4.3 참조)

Table 4.3 Senstivity analysis of r_* in fuzzy integral value

r_*	J				
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
−0.9	0.57	0.62	0.85	0.87*	0.50
−0.3	0.50	0.54	0.72*	0.72*	0.50
+0.7	0.50	0.50	0.65*	0.65*	0.50

이 표로부터 알수 있는바와 같이, $r_*=(-0.9, -0.3, 0.7)$일 경우 퍼지積分값에 의한 대체안 의 선정순위를 살펴보면,

$r_*=-0.9$일 경우, $S_4 > S_3 > S_2 > S_1 > S_5$
$r_*=-0.3$일 경우, $S_4=S_3 > S_2 > S_1=S_5$
$r_*=+0.7$일 경우, $S_4=S_3 > S_2=S_1=S_5$

로 변하는 것을 알수 있다.

따라서, r_*값은 바로 대체안의 선정순위를 바꿀 정도로 영향이 있어서 相互作用係數가 評價 자체에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 알수 있다. 그리고, 본 예에서는 최우선순위의 대체안이 바뀌지는 않았으나 경우에 따라서는 r_*의 값의 변화에 따라 대체안의 우선순위가 바뀌는 경우도 있음을 지적해 두고자 한다.

5. 結　論

본 연구에서는 評價屬性間에 서로 聯關性이 존재하는 階層構造型 評價問題를 대상으로 종합적인 評價를 행하는 알고리즘을 제안하고 있다.

일반적으로 評價屬性間에 聯關性이 존재하는 階層構造型 評價問題는 퍼지積分을 도입함으로써 종합적인 評價를 할 수 있으나 이 과정에서 퍼지測度를 동정하기 위해서는 지나치게 많은 評價資料가 필요하여 현실적으로 評價가 어렵게되는 경우가 많다는 결점이 지적되어 왔다. 본 연구에서는 이러한 결점에 대하여

첫째, 相互作用係數의 개념을 도입하고, 중요도를 보다 간단한 방법으로 정하여, 이들로 부터 기본적인 퍼지測度의 單調列을 결정하고,

둘째, 기본적인 퍼지測度의 單調列로 부터 퍼지測度의 單調集合族을 생성함으로써 보다 간단하게 퍼지積分을 계산할 수 있는 방안을 제시하고 있다.

본 연구에서 제안한 알고리즘은 애매모호하고 복잡한 대상에 대하여 評價를 할 경우 이를 현실적으로 실현가능하게 할 수 있는 성질의 것으로, 앞으로 相互作用係數의 결정에 있어서 보다 세련된 評價方法에 대한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. NASA, PATTERN(Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Number)
2. M.Sugenos, Theory of Fuzzy Integral & its Applicatin, Doctoral Thesis, TIT, 1974.
3. T.L.Saaty et al., Analytical Planning, Pergamon Press 1985.
4. 李哲榮, 寺野壽郎, ス-ト-リ評價のモデル化, 日本 計測制御學會論文集 17－1, 1981.
5. 李哲榮, 李相和, 韓國 沿岸의 交通管制 對象海域 評價에 관하여, 韓國航海學會誌 12－2, 1988.
6. K.Fujimoto 外, Choquet積分による階層的 評價モデル化, 8th Fuzzy System Symposium,1992.
7. 石津昌平, 複雜 意思決定における評價屬性構造, 日本 計測制御學會論文集 28－9, 1992.