韓國經營科學會誌
第19卷 第2號
1994年 8月

부정확한 쌍대비교정보를 갖는 다요소의사결정 문제에서의 가중치 산출

정병호* · 조권익**

Deriving Weights in The Multiattribute Decision Making with Imprecise Pairwise Comparison

Jeong, Byung Ho* · Cho, Kwon Ik**

Abstract

The uncertainty in the relative weights of a pairwise comparison matrix in Multi-attribute Decision Making(MADM) is caused by imprecise preference information of decision maker. In this paper, it is shown how weight of attributes can be derived from the pairwise comparision matrix with interval pairwise comparison. The preference information of each pair of attributes with a point pairwise comparison is combined with an interval pairwise comparison in order to estimate a point pairwise comparison for a pair of attributes with the imprecise preference information. A numerical example shows the suggested procedure for deriving weights of attributes.

1. 서 론

다요소의사결정(Multi-Attribute Decision Making : MADM) 기법은 FMS(Flexible Manufacturing System), ARS(Automatic Retrieval Storage)등 대형 설비의 경제성 및 도입 타당성 분석, 대형 프로젝트의 타당성 분석을 비롯한 상충되는 복수의 요소(Attribute)를 갖는 의사결정문제의 해결에 널리 이용되고 있다. [3, 7, 10, 18] 다요소의사결정문제는 복수의 요소에 대해서 대안들간의 전체적인 선호관계를 설정하는 것이다. 이러한 MADM 문제의 해결을 위해서 그 동안 여러 가지 방법들이 연

* 전북대학교 산업공학과
** 전주대학교 통계학과

구발표되었다. 상충되는 각 요소들 사이의 선호관계를 나타내는 가중치(Weighting factor)를 산출하는 과정[2, 4, 17]은 모든 기법에서 공통적으로 거쳐야 하는 필수적인 과정이다. 요소의 가중치는 각 요소들의 중요도를 나타내는 것으로 의사결정자의 각 요소에 대한 선호의 정도를 정량화한 것이다. 가중치를 산출하는 방법들 중에서 Eigenvector방법은 Saaty[11]의 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법의 9점의미등급(9 point semantic scale)으로 얻어진 요소간의 쌍대비교행렬(Pairwise comparison matrix)을 이용하여 요소들의 가중치를 산출한다.

쌍대비교행렬을 이용한 가중치 산출과정에서 중요한 사항중의 하나가 의사결정자의 요소간의 선호관계를 나타내는 쌍대비교행렬의 부정확성(Imprecise)이다. 쌍대비교의 부정확성은 의사결정자의 요소간의 선호에 대한 판단(Judgement)이 애매함(Vagueness)으로 인해서 발생한다. 이와 같이 어떤 두 요소 사이의 선호에 대한 판단이 애매할 때 쌍대비교치를 구간으로 부여하도록 허용함으로써 의사결정자의 판단에 대한 부담을 줄일 수 있다. 이러한 부담경감을 위하여 쌍대비교치를 구간으로 받았을 때 가중치를 산출하는 방법이 필요하다.

Saaty & Vargas[14]는 쌍대비교치에서 불확실성이 대안들간의 우선순위에 미치는 영향을 분석하였다. 쌍대비교치가 의사결정자에 의해 부여된 구간 내에서 일양분포(Uniform distribution)를 따른다는 가정하에 시뮬레이션으로 대안들간의 순위가 바뀔 확률을 계산하여 대안들간의 최종 순위와, 이 순위가 바뀌지 않을 확률을 계산하는 방법을 설명하고 있다. Yoon[19]은 구간쌍대비교치로 이루어진 행렬로부터 기하평균(Geometric mean)을 이용하여 요소들의 가중치를 구간으로 산출하고 있다. Yoon & Kim[20]은 역시 구간쌍대비교행렬로부터 대안들의 중요도를 구간으로 산출하는 방법을 소개하고 규준화(Normalization) 과정에서 이용되는 대수학적인 거리(Algebraic distance)의 정의 방법에 따라 대안들의 중요도를 나타내는 구간이 겹치는 정도의 차이를 보여주고 있다. Zahir[21]는 불확실한 쌍대비교치로부터 Eigenvector 방법을 이용하여 대안들의 중요도를 산출하는 알고리즘을 제시하였다. 대안들의 중요도는 여기에서도 역시 구간으로 얻어짐으로써 불확실성을 내포하고 있다.

이와 같이 의사결정자의 요소에 대한 중요정도의 선호판단이 부정확할 경우에 요소들의 가중치를 산출하기 위한 지금까지의 연구결과들이 가지고 있는 두 가지 점에 주목할 필요가 있다. 첫째는, 의사결정자의 요소들에 대한 중요정도를 나타내는 쌍대비교치들이 모두 구간으로 얻어지는 것으로 전제한다는 사실이다. 이것은 부자연스러운 가정이다. 임의의 두 요소의 중요도를 비교하는 쌍대비교에서 선호도의 차이가 비교적 분명할 때는 가능하면 하나의 수치로 부여하도록 하여야 할 것이다. 두요소의 선호도를 비교하기가 애매한 쌍(Pair)들에 대해서만 구간으로 부여하도록 하면 쌍대비교행렬은 하나의 수치로 표현된 쌍대비교치와 구간으로 부여된 쌍대비교치가 혼합되어 있을 것이다. 두번째는, 최종적으로 산출되는 요소들의 가중치가 구간으로 나타난다. 즉, 애매함을 포함하는 구간쌍대비교행렬로부터 얻어진 가중치 역시 구간으로 표현됨으로써 불확실성을 포함하고있는 것이다. 불확실성을 갖는 가중치는 대안의 선정과정에서 효과적으로 이용될 수 없다. 대안들의 우선순위 역시 하나의 수치가 아니라 구간으로 얻어지기 때문이다.

따라서, 본 논문에서는 정확하게 부여할 수 있는 쌍대비교치가 가지고 있는 요소들 사이의 선호정보(Preference information)를 불가피하게 구간으로 얻어진 쌍대비교치의 부정확성을 해소하는 데 적절히 이용하여 요소들의 가중치를 구간이 아닌 한 점으로 산출하는 방법을 제시한다. 부분적으로 구간쌍대비교치를 갖는 쌍대비교행렬로부터 그래프를 형성하여 점추정을 위한 경로를 형성하여, 이로부터 요소들의 가중치를 점으로 산출해내는 방법을 제시함으로써 부정확한 선호정보를 갖는 다요소의사결정 문제에서의 의사결정이 가능하도록 하고자 한다. 2절에서는 쌍대비교행렬의 일부분이 구간으로 주어지는 상황과 이때의 가중치 산출 방법에 대하여 설명하며, 쌍대비교행렬에서 한 점으로 부여된 쌍대비교치들의 선호정보를 이용하여 쌍대비교치가 구간으로 주어진 요소쌍들의 쌍대비교치를 한 점으로 추정하는 방법을 3장에서 설명한다. 4장에서는 예제를 통해서 가중치산출 과정을 살펴보고, 끝으로 5장에서는 본 연구의 결론을 서술한다.

2. 부정확한(Imprecise) 선호정보

Eigenvector방법으로 요소들의 가중치를 산출하기 위해서 의사결정자는 요소들의 각 쌍들에 대하여 두 요소 사이의 선호도 또는 중요도를 비교하여야 한다. 이와 같이 두 요소씩 짝을 지어 두 요소간의 중요도를 비교하는 것을 쌍대비교(Pairwise comparison)라한다. 쌍대비교는 일반적으로 Saaty[14]의 9점 의미등급(9 point semantic scale)을 이용하며 간단하게 요약하면 아래와 같다. "요소 A가 요소 B에 비하여 얼마나 더 중요한가?" 라는 질문에 의사결정자는 자신의 선호정도를 〈표 1〉 중 하나로 판단하여야 한다.

〈표 1〉 9점 의미등급

의 미	수치
동등(equally important)	1
약간 중요(weakly more important)	3
중요(strongly more important)	5
매우 중요 (very strongly more important)	7
절대적으로 중요 (absolutely more important)	9
2, 4, 6, 8은 중간적 의미	

요소의 수가 n이라면 의사결정자는 ${}_nC_2 = n(n-1)/2$번의 쌍대비교를 하여야 한다. 그러나 실제적으로 쌍대비교에서 항상 위 표에 나타나 있는 의미들 중에 하나로 정확하게 판단할 수 있는 것은 아니다. 의사결정자의 선호도가 두 요소의 상대적 중요도를 정확하게 비교할 만큼 명확하지 않을 수 있기 때문이다. 특히, 요소 사이의 중요도나, 정성적 요소에 대한 대안간의 선호도를 평가할 때 정확한 평가를 내리기가 곤란할 경우가 많다. 선호평가가 정량화된 기준에 의하지 않고 의사결정자의 주관적 평가에 의존해야 하고, 더욱이 주관적인 판단을 정확한 수치로 변환하는 것이 항상 가능한 것은 아니고, 가능하다고 하여도 항상 신뢰할 수 있는 것은 아니다. 따라서, 의사결정자가 쌍대비교치를 하나의 수치로 부여하기가 곤란한 요소쌍에 대해서는 선택적으로 상대적 중요도를 포함한다고 생각되는 구간으로 줄 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

요소가 i가 요소 j에 비해서 더 중요한 정도

를 하나의 수치, 즉, a_{ij}로 부여한 경우 이를 점쌍대비교치(Point pairwise comparison)라 부르고, 구간 $[a^l_{ij}, a^u_{ij}]$로 나타낸 경우 구간쌍대비교치(Interval pairwise comparison)라 부르기로 한다. 이와 같이 점쌍대비교치와 구간쌍대비교치가 혼합된 쌍대비교행렬 의 전형적인 형태는 아래와 같다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & [a^l_{14}, a^u_{14}] & \cdots \\ 1/a_{12} & 1 & [a^l_{23}, a^u_{23}] & a_{24} & \cdots \\ 1/a_{13} & [1/a^u_{23}, 1/a^l_{23}] & 1 & a_{34} & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots \end{bmatrix}$$

구간쌍대비교치를 갖는 경우에 요소들의 가중치를 산출하기 위한 방법으로 지금까지 발표된 논문들은 쌍대비교행렬의 모든 원소들을 구간으로 처리하고 있다.[6, 14, 15, 19, 20, 21] 위의 혼합형 쌍대비교행렬에서 점쌍대비교치도 상한(a^u_{ij})과 하한(a^l_{ij})이 같은 특수한 구간으로 처리하면 기존의 연구결과를 이용할 수 있다. 즉, 모든 원소를 구간쌍대비교치로 생각하여 기존의 논문에서 제안한 방법을 사용하면 요소들의 가중치는 구간으로 나타난다. 그러나 실제 의사결정에 이용하기 위해서는 가중치는 구간이 아닌 점으로 산출해야 한다. 이를 위해서 의사결정자로부터 얻어진 선호에 대한 정보를 최대한 이용하여야 한다.

점쌍대비교치로 부여된 요소쌍들은 의사결정자의 두요소에 대한 선호도의 차이가 비교적 확실한 경우이다. 의사결정자의 각 요소쌍의 선호도에 대한 판단이 적어도 이론적으로는 일관성(Consistency)과 이행성(Transitivity)을 만족하여야 한다. 이러한 맥락에서 점쌍대비교치로 부여된 요소쌍들의 선호정보를 구간쌍대비교치로 부여된 요소쌍들의 부정확성(Imprecision)을 해소하기 위하여 이용할 수 있다. 즉, 쌍대비교치간의 일관성을 근거로 점쌍대비교치로 부여된 요소쌍들을 이용하여 구간쌍대비교치를 갖는 요소쌍들의 쌍대비교치를 추정해 낼 수 있다. 일관성을 만족한다는 가정하에 얻어진 쌍대비교치의 추정치와 구간쌍대비교치로부터 최종적으로 쌍대비교치를 추정해낸다.

3. 쌍대비교치의 추정

구간쌍대비교치는 의사결정자가 어떤 두가지 요소에 대한 중요정도를 확실하게 표현하지 못할 때 발생하는 것으로, 점쌍대비교치로 부여한 요소쌍들의 선호정보를 이용하여 구간쌍대비교치로 부여된 요소쌍의 부정확성을 줄이기 위해서 두 단계를 거친다. 첫단계는, 점쌍대비교치로 부여된 요소쌍들로 이루어진 모든 경로를 이용하여 구간으로 부여된 요소쌍의 쌍대비교치를 추정한다. 두번째 단계는, 위에서 얻어진 점추정치와 의사결정자가 부여한 구간쌍대비교치를 결합하여 최종적으로 점쌍대비교치를 추정한다.

각 요소를 마디(Node)에 대응시키고 쌍대비교치를 가지(Arc)에 대응시켜 얻어진 그래프(Graph)를 생각해보자. 예를 들어, 5가지의 요소를 고려하는 상황에서 $a_{13}(a_{31})$를 제외한 모든 쌍대비교치가 점으로 주어졌다고 할 때 (즉, a_{13}만 구간쌍대비교치), a_{13}의 부정확성을 줄이기 위해 요소 1을 시작마디(Source node)로 하고 3을 종결마디(Destination node)로 하는 그래

프상에서 추정가능한 경로는 모두 15가지가 존재한다.

1-단계 경로 (3가지) $a_{12} \cdot a_{23}$, $a_{14} \cdot a_{43}$, $a_{15} \cdot a_{53}$

2-단계 경로 (5가지)

$a_{12} \cdot a_{24} \cdot a_{43}$, $a_{12} \cdot a_{25} \cdot a_{53}$, $a_{14} \cdot a_{42} \cdot a_{23}$,

$a_{14} \cdot a_{45} \cdot a_{53}$, $a_{15} \cdot a_{52} \cdot a_{23}$, $a_{15} \cdot a_{54} \cdot a_{43}$,

3-단계 경로 (6가지)

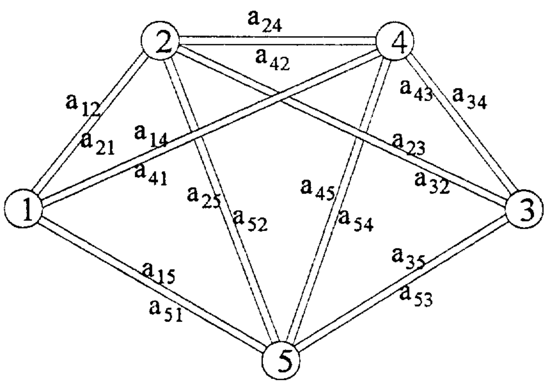
$a_{12} \cdot a_{24} \cdot a_{45} \cdot a_{53}$, $a_{12} \cdot a_{25} \cdot a_{54} \cdot a_{43}$, $a_{14} \cdot a_{42} \cdot a_{25} \cdot a_{53}$,

$a_{14} \cdot a_{45} \cdot a_{52} \cdot a_{23}$, $a_{15} \cdot a_{52} \cdot a_{24} \cdot a_{43}$, $a_{15} \cdot a_{54} \cdot a_{42} \cdot a_{23}$,

위에서 1단계 경로중 하나를 생각하면, 경로상의 모든 점쌍대비교치들이 일관성을 유지한다고 가정하면 아래식을 만족한다.

$$a_{12} \cdot a_{23} = (W_1 / W_2) \cdot (W_2 / W_3) = (W_1 / W_3) = a_{13}$$

위의 15가지 경로에 대해서도 마찬가지로 생각할 수 있다. 그러므로 점쌍대비교치들이 의사결정자의 요소들사이의 선호정보를 제대로 반영하고 있다면 위와 같은 경로정보를 부정확한 선호정보로 갖는 요소쌍의 쌍대비교치를 추정하기 위하여 이용할 수 있다.



[그림 1] 5가지 요소를 갖는 경우의 그래프

일반적으로 n가지의 요소를 고려하고 있다고 가정하고, 쌍대비교행렬이 하나만의 구간쌍대비교치를 포함한다면, 구간으로 주어진 요소 i와 j의 점쌍대비교치를 추정할 수 있는 수는 다음과 같다.

1-단계 경로 : (n-2)개

2-단계 경로 : (n-2)(n-3)개

....

(n-2)-단계 경로 : (n-2)(n-3)… 2 · 1개

그리하여 점쌍대비교치를 추정하기 위한 총 경로수는 $\sum_{i=0}^{n-1}(n-2)!/i!$이다. 각 경로를 통해 구해진 값은 쌍대비교치의 점추정치에 대한 하나의 값으로 간주할 수 있다. n가지 요소하에서 구간쌍대비교치에 대한 경로를 이용한 점추정치의 최대수는 $\sum_{i=0}^{n-1}(n-2)!/i!$이며, 각 경로상의 가지(Arc)는 점쌍대비교치를 가져야 한다. 본 연구에서는 구간 쌍대비교치를 구하기 위한 경로가 적어도 하나 이상 존재한다고 가정한다. 즉, 의사결정자는 각 요소의 쌍대비교에서 어느 정도 정확히 판단할 수 있는 정보를 가진다고 본다.

각각의 경로의 값들을 추정치값으로 이용하기 위해서, 여기에서는 기하평균을 이용한다.

$$a_{ij}^{m} = \left(\prod_{k=1}^{N} p_{ij}^{k}\right)^{1/N}$$

여기에서 N은 그래프상에서 점쌍대비교치를 갖는 마디로만 구성되는 i 마디로부터 j 마디까지의 경로의 수이며, p_{ij}^{k}는 이러한 k 번째 경로에 대한 경로값이다. 경로값은 각 경로위의 점쌍대비교치들의 곱이다.

모든 경로값의 기하평균은 점쌍대비교치로 부여한 의사결정자의 선호정보를 반영하여 얻어진 것으로 구간쌍대비교치의 점추정치로 취급될 수 있다. 그러나 실제적으로 이 점추정치

는 의사결정자가 제공한 구간쌍대비교치의 구간내에 존재하지 않는 경우가 발생할 수도 있다. (즉, $a_{ij}^m > a_{ij}^u$ 또는 $a_{ij}^m < a_{ij}^l$). 이러한 경우 요소 i와 j에 대한 구간쌍대비교치는 다른 요소들간의 점쌍대비교치를 통해 얻어진 의사결정자의 선호정보와 커다란 불일치성을 갖게 되는 경우이다. 원래의 혼합형 쌍대비교행렬이 의사결정자의 요소쌍들에 대한 선호정보를 정상적으로 반영하고 있다면 점쌍대비교치로 부여된 요소쌍들의 경로정보를 이용하여 얻어진 a_{ij}^m는 당연히 구간 $[a_{ij}^l, a_{ij}^u]$에 포함되어야 할 것이기 때문이다. 따라서, 이러한 경우에는 의사결정자가 부여한 쌍대비교치들이 자신의 선호도를 잘 나타내고 있는지 재검토하여 조정하도록 해야 한다.

본 연구에서는 경로정보를 이용한 점추정치가 의사결정자가 제공한 구간쌍대비교치의 구간내에 존재한다고 가정한다. 이러한 가정하에 요소들의 가중치를 산출하기 위하여 사용할 쌍대비교치를 얻기 위하여, 위에서 얻어진 a_{ij}^m와 구간쌍대비교치의 상한(a_{ij}^u)과 하한(a_{ij}^l)을 이용하여 쌍대비교치를 점추정한다. 이를 위해서 PERT의 기대시간 공식(Average time formula)을 이용한다. Troutt[16]에 의하면 잘 알려져 있는 PERT의 기대시간 공식은 PERT뿐만 아니라 신제품의 연간 판매량, R&D 프로젝트의 비용 등 불확실성을 갖는 수치의 대략적인 추정에 이용될 수 있다. 따라서, 의사결정자 자신의 선호도에 대한 부정확성 때문에 구간쌍대비교치로 부여된 요소쌍에 대하여 하나의 점쌍대비교치를 추정하기 위하여 PERT의 기대시간공식을 사용하기로 한다.

a_{ij}^u와 a_{ij}^l를 각각 쌍대비교치의 낙관치(Optimistic value)와 비관치(Pessimistic value)로, a_{ij}^m를 최빈치로 취급하여 PERT의 기대시간공식을 이용하면 점추정치 $\hat{a}_{ij}^m$는 다음과 같다.

$$\hat{a}_{ij}^m = (a_{ij}^l + 4a_{ij}^m + a_{ij}^u)/6.$$

이상에서 설명한 바와 같이 구간쌍대비교치를 갖는 요소쌍들에 대하여 점추정한 쌍대비교치를 혼합형 쌍대비교행렬 A의 구간쌍대비교치와 교환하여 새로운 쌍대비교행렬 $\hat{A}$을 얻는다. 이와 같이 얻어진 쌍대비교행렬 $\hat{A}$으로부터 Eigenvector 방법이나 그 밖의 다른 방법을 이용하여 요소의 가중치를 계산할 수 있다.

4. 예제

의사결정자로부터 다음과 같은 혼합 쌍대비교행렬을 얻었다고 하자.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 8 & [1,\ 2] & 2 & [3,\ 4] \\ 1/8 & 1 & 1/5 & 1/4 & 1/2 \\ [1/2, 1] & 5 & 1 & [1,\ 2] & 3 \\ 1/2 & 4 & [1/2, 1] & 1 & 2 \\ [1/4,\ 1/3] & 2 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

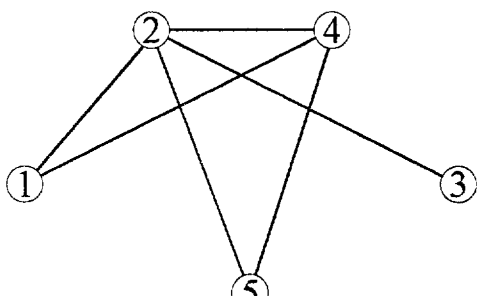
위의 행렬 A는 쌍대비교치 a_{13}, a_{15}, a_{34}는 구간으로 주어져 있고, 그 외의 쌍대비교치는 점으로 주어져 있다. 구간으로 주어진 비교치의 부정확성을 줄이기 위해 점쌍대비교치를 이용하여 최빈값 a_{13}^m를 구하기 위해 그림 2와 같은 점쌍대비교치만을 갖는 그래프를 형성하여, 이 그래프로부터 가능한 경로와 경로값을 구하면 다음과 같다.

a_{13}^m :

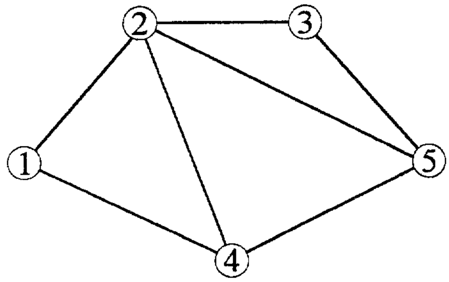
가능한 경로	경로값
①→②→③	$a_{12} \cdot a_{13} = 8 \cdot (1/5) = 8/5$
①→②→⑤→③	$a_{12} \cdot a_{25} \cdot a_{53} = 8 \cdot (1/2) \cdot (1/3) = 8/6$
①→④→②→③	$a_{14} \cdot a_{45} \cdot a_{32} = 2 \cdot 2 \cdot (1/3) = 4/3$
①→④→⑤→③	$a_{14} \cdot a_{42} \cdot a_{23} = 2 \cdot 4 \cdot (1/5) = 8/5$
①→②→④→⑤→③	$a_{12} \cdot a_{24} \cdot a_{45} \cdot a_{53} = 8 \cdot (1/4) \cdot 2 \cdot (1/3) = 16/12$
①→④→②→⑤→③	$a_{14} \cdot a_{42} \cdot a_{25} \cdot a_{53} = 2 \cdot 4 \cdot (1/2) \cdot (1/3) = 8/6$
①→④→⑤→②→③	$a_{14} \cdot a_{45} \cdot a_{52} \cdot a_{23} = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot (1/5) = 8/5$

$$a_{13}^m = (12.945)^{1/7} = 1.4417$$

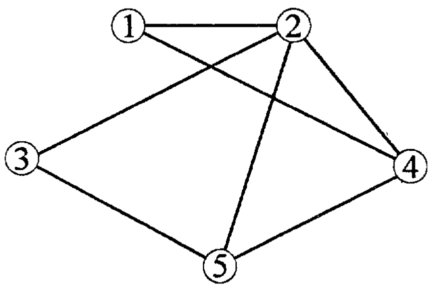
그러므로 a_{13}의 최빈값은 1.4417이며, 이 값은 구간쌍대비교치의 구간내에 존재하는 값이다. 그리고 최빈값 a_{15}^m를 a_{34}^m구하기 위한 그래프는 그림 3에 주어져 있으며, 최종 결과는 〈표 2〉에 나타나 있다.



[그림 2] a_{13}^m을 위한 그래프



(a) a_{15}^m



(b) a_{34}^m

[그림 3] a_{15}^m와 a_{34}^m을 위한 그래프

[표 1] 구간쌍대비교치의 최빈치

구간쌍대비교 원소	최빈값, a_{ij}^{m}	가능한 경로
$[a_{13}^{l}, a_{13}^{u}]$	1.4417	①→②→③ ①→②→⑤→③ ①→④→②→③ ①→④→⑤→③ ①→②→④→⑤→③ ①→④→②→⑤→③ ①→④→⑤→②→③
$[a_{15}^{l}, a_{15}^{u}]$	3.5394	①→②→⑤ ①→④→⑤ ①→②→③→⑤ ①→②→④→⑤ ①→④→②→⑤ ①→④→②→③→⑤
$[a_{34}^{l}, a_{34}^{u}]$	1.3446	③→⑤→④ ③→②→④ ③→②→⑤→④ ③→⑤→②→④ ③→②→①→④

위의 최빈치를 이용하여 PERT공식을 적용하여 얻은 각각의 점추장치로 구성된 새로운 쌍대비교행렬 A은 다음과 같다.

$$A=\begin{bmatrix} 1 & 8 & 1.4647 & 2 & 3.5262 \\ 1/8 & 1 & 1/5 & 1/4 & 1/2 \\ 0.6827 & 5 & 1 & 1.3964 & 3 \\ 1/2 & 4 & 0.7177 & 1 & 2 \\ 0.2836 & 2 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

이 행렬에 대하여 Saaty가 제안한 Eigenvector방법을 이용하여 최종적으로 각 요소의 가중치를 산출하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \\ \omega_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3841 \\ 0.0501 \\ 0.2706 \\ 0.1960 \\ 0.0992 \end{bmatrix}$$

위와 같이 얻어진 가중치는 다요소의사결정과정에서 기존의 방법에 의해서 구간으로 얻어진 가중치보다 의사결정을 용이하게 할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 요소에 대한 부정확한 선호정보를 갖는 MADM 문제에서 요소들의 가중치를 산출하는 방법을 제안하였다. 요소에 대한 선호정보를 나타내는 쌍대비교행렬이 점쌍대비교치와 구간쌍대비교치로 이루어져 있을 때, 점쌍대비교치가 가지고 있는 의사결정자의 선호정보를 이용하여 구간쌍대비교치로 부여한 요소쌍의 쌍대비교치를 점으로 추정한다. 이 추정치는 점쌍대비교치로 부여된 선호정보에 근거한 것으로 구간으로 부여된 요소쌍의 쌍대비교치에 대한 가장 가능한(Most likely) 점추정치로 생각하며, 이 점 추정치와 의사결정자가 부여한 구간쌍대비교치의 상한과 하한을 결합하여 PERT의 기대시간 공식으로 점쌍대비교치를 추정하였다.

기존의 연구와는 달리 구간쌍대비교치를 포함하는 혼합형 쌍대비교행렬로부터 요소들의 가중치를 점으로 얻어낼 수 있게 함으로써 다요소의사결정 과정에서의 부정확한 선호정보로 인한 문제점을 해소하였다.

참고문헌

[1] Blankmeyer, E., "Approaches to Consistency Adjustment," *J. of Optimization Theory and Applications*, Vol. 54(1987), pp. 479-488.

[2] Cook, W. D. and M. Kress, "Deriving weights from pairwise comparison ratio matrices : An axiomatic approach," *European J. of Operational Research*, Vol. 37 (1988), pp. 355-362.

[3] Frazelle, E., "Suggested Techniques Enable Multi-Criteria Evaluation of Material Handling Alternatives," *Industrial Engineering*, Vol. 17(1985), pp. 42-48.

[4] Horsky, D. and M. R. Rao, "Estimation of Attribute Weights from Preference Comparisons," *Management Science*, Vol. 30(1984), pp. 801-822.

[5] Harker, P. T., "Alternative Models of Questioning in the Analytic Hierarchy Process," *Mathematical Modelling*, Vol. 9, No. 3-5(1987), pp. 353-360.

[6] Harker, P. T., "Incomplete Pairwise Comparisons in the Analytic Hierarchy Process," *Mathemetical Modelling*, Vol. 9, No. 11(1987), pp. 837-848, 1987.

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

[8] Jensen, R. E., "An Alternative Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures," *J. of Mathematical Psychology*, Vol. 28(1984), pp. 317-332.

[9] Krovak, J., "Ranking Alternatives-Comparison of Different Methods based on Binary Comparison Matrices." *European J. of Operational Research*, Vol. 32 (1987), pp. 86-91.

[10] Saaty, T. L., "The US-OPEC Energy Conflict: The Payoff Matrix by The Analytic Hierarchy Process," *Internatio-*

onal J. of Game Theory, Vol. 8(1979), pp. 225-234.

[11] Saaty, T. L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.

[12] Saaty, T. L. and L. G. Vargas, "A Note on Estimating Technological Coefficients by The Analytic Hierarchy Process, " *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 13(1984), pp. 333-336.

[13] Saaty,T. L., "Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process," *Management Science*, Vol. 32(1986), pp. 841-855.

[14] Saaty, T. L. and L. G. Vargas, "Uncertainty and Rank Order in The Analytic Hierarchy Process, *European J. of Operational Research*, Vol. 32(1987), pp. 107-117.

[15] 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(1991), pp. 335-342.

[16] Troutt, M. D., "On the Generality of the PERT Average Time Formula, " *Decision Sciences*, Vol. 20(1989), pp. 410-412.

[17] Vansick, J. C., "On the Problem of Weights in Multiple Criteria Decision Making (the noncompensatory approach), " *European J. of Operational Research*, Vol. 24(1986), pp. 288-294.

[18] Vargas, L. G. and T. L. Saaty, "Financial and Intangible Factors in Fleet Lease or Buy Decisions," *Industrial Marketing Management*, Vol. 10 (1981), pp. 1-10.

[19] Yoon, K. S., "The Propagation of Errors in Multiple-attribute Decision Analysis : A Practical Approach," *J. of Operational Research Society*, Vol. 40 (1989), pp. 681-686.

[20] Yoon, K. S. and G. T. Kim, "Multiple Attribute Decision Analysis with Imprecise Information, " *IIE Transactions*, Vol. 21(1989), pp. 21-26.

[21] Zahir, M. S., "Incorporating the Uncertainty of Decision Judgements in the Analytic Hierarchy Process," *European J. of Operational Reserach*, Vol. 53 (1991), pp. 206-216.