

통합 의사결정지원시스템 SW개발 및 응용 (An Integrated Decision Support System SW and Its Application)

황 흥식(Heung-Suk Hwang)

동의대학교, 정보산업공학과 교수

Tel : +84-51-890-1657, Fax : +84-51-890-1652,

e-mail : hshwang@deu.ac.kr

Abstract : 본 연구는 통합의사결정지원시스템을 위한 3-단계 모델과 이를 사용자가 쉽게 활용할 수 있도록 웹 기반의 전산 프로그램을 개발하고 응용 사례를 들어 보였다. 의사결정문제의 대안 선정, 대안을 평가시스템 및 여러 평가 위원들의 평가 결과를 종합하는 문제들을 포함하였으며 AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법과 Fuzzy AHP방법을 활용하여 평가구조 평가인자 구성 및 각 가중치 등 개괄적인 방법을 사용하였다. 이러한 3 단계의 통합의사 결정방법은 1) Brain storming 단계서 대안 및 평가구조를 도출하고, 2) AHP 및 Fuzzy-AHP 방법으로 각 대안을 평가하여 의사 결정의 기반을 삼으며, 3) 여러 평가자들의 평가 결과를 합리적으로 통합하여 최선의 대안을 도출하는 방법이다.

Key words : Decision Support System, AHP/Fuzzy-AHP, Solution Builder

하고 각 프로젝트 대안별 평가기준을 설정한다. 이를 토대로 2 단계에서는 AHP기법을 적용하여 개별 대안의 우선순위를 결정한다. 마지막으로 3 단계에서는 우선순위종합모델을 통해서 각 평가 자에 의해 평가된 개별 평가결과들을 종합하는 종합순위를 결정한다. 이러한 단계를 요약하면 그림 1과 같다.

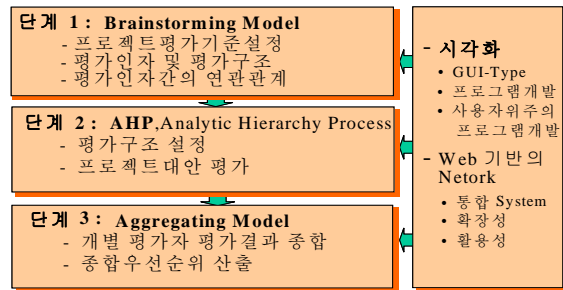


그림 1. Web 기반의 프로젝트 평가모델의 구조

1. 서론

본 연구는 다-속성 및 다-계층 의사결정구조를 고려한 국방프로젝트평가(선정, 중간, 성능)를 위한 웹 기반의 다-특성평가 모델의 연구이다. 이러한 대부분의 기존의 연구들은 다-특성(Multi-attribute) 및 다단계의사결정 구조에서 합리적인 방법으로 활용되지 못하는 주요한 이유로 프로젝트의 특성별 효율성(Effectiveness), 비용(Cost), 프로젝트의 기간(Time) 및 성능(Performance) 등 다-특성 다-목적들을 동시에 고려할 수 없는 점들을 들 수 있다. 본 연구에서는 다-속성(Multi-attribute), 다-단계의 그룹-의사결정지원시스템(Group Decision Support System)을 개발하고 인터넷/인트라넷 기반 하에서 구현하도록, 3-단계의 통합의사결정 시스템을 위한 GUI-type 소프트웨어를 개발하였다. 특히 최근의 웹 기반하의 시스템들이 개발되는 추세에 맞추어 본 의사결정지원시스템도 웹을 통한 각 대안에 따른 우선순위를 산정 할 수 는 웹 기반 프로그램으로 개발하였고, 사용자의 편의성을 고려한 GUI-type방식의 프로그램을 개발하였다. 이를 이미 상용화 의사결정지원시스템과 비교 수행하여 그 결과를 제시하였다.

2. 3-단계 의사결정지원 시스템

본 연구는 3 단계 의사결정지원 시스템으로, 1 단계에서는 브레인스토밍을 통해서 프로젝트평가 기준 및 평가구조(평가인자 설정 및 관계 등)를 설정

2.1 브레인스토밍

이 기법은 그룹이 참여하여 아이디어를 창출할 때, 창의적 사고를 유발하기 위해서 질보다는 양에 중점을 둔 기법이다. 자유분방하게, 무엇이든 생각나는 대로 의견이나 아이디어를 내고, 생성된 아이디어에 자극 받아 2차, 3차 의견을 도출하고, 이를 조합해 가는 과정 속에서 창조적인 아이디어로 평가대안을 도출하는 방법이다. 이는 개인적으로 행할 수도 있지만 그룹으로 사용하는 것이 보다 효과적이다.

- 먼저 평가 구조를 설정하고 각 대안과 평가 기준 설정을 위해 브레인스토밍 적용
 - 사용자를 위하여 브레인스토밍과정을 Web기반에서 쉽게 활용할 수 있도록 프로그램으로 개발
- 브레인스토밍의 4가지의 기본규칙을 다음과 같이 요약할 수 있다 :
- 비판금지, ▪ 자유분방, ▪ 수량추구,
 - 결합개선, ▪ 리더와 기록원을 선정
 - 브레인스토밍 회의를 시작하기 전에 리더가 본 연구에서는 그림 2와 같이 Network이 연결된 인트라넷이나 인터넷이 설치된 곳이면 어디서나 사용할 수 있도록 웹 기반의 프로그램을 개발하였다.

2.2 AHP기법에 의한 개별프로젝트 대안 분석

AHP는 Satty에 의하여 제안된 방법으로 의사결정자가 복잡한 의사결정 문제를 해결할 때 의사결정자의 목적을 정확히 파악하고 문제를 여러 계층으로 분해한 후 문제의 파악 및 효율적 의사결정을

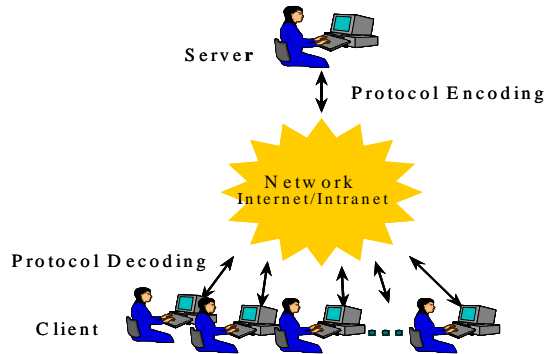


그림 2. 브레인스토밍을 위한 클라이언트와 서버기능 수행할 수 있는 기법이다. 이는 다음과 같이 4가지 단계를 따른다 :

- ① 의사결정 요소들의 계층적 분석 구조선정,
- ② 의사결정 요소들의 쌍비교 Matrix 작성,
- ③ 계층간 의사결정 요소들의 상대적 가중치를 추정하여 의사결정대안의 우선순위 결정,
- ④ 쌍비교에 의한 일관성 검증

- 계층적 평가구조 설계

의사결정문제를 평가하는 평가자는 평가목적에 적합하도록 관련요소들을 그림 3과 같이 계층화 구조로 설정한다. 계층의 최 상위는 가장 총체적인 평가목적이 되며, 각 하부계층은 이의 목적에 주요 영향을 주는 요소들로 구성한다. 계층구조의 최하위에는 선택의 대상이 되는 의사결정 대안들로서 구성된다.

- 고유값(Eigenvalues) 우선순위 결정

각 계층적 구조를 설정한 후 쌍비교에 의한 쌍비교 행렬(Pairwise Comparison Matrix)을 작성한다. 여기서 쌍비교 Matrix는 다음과 같이 주어진다.

$$A = (a_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

여기서 a_{ij} 는 대안 i가 대안 j에 미치는 상대적인 우월성이며, $a_{ij} = k$ 이면 $a_{ji} = 1/k$ (k의 역수)가 되도록 한다 : 대안 i와 j가 동일한 우월성일 경우 $a_{ij} = 1$ 및 $a_{ji} = 1$ 을 부여한다. 여기서 a_{ij} 의 값을 각 쌍비교 값

- 고유값(Eigenvalues) 우선순위 결정

각 계층적 구조를 설정한 후 쌍비교에 의한 쌍비교 행렬(Pairwise Comparison Matrix)을 작성한다. 여기서 쌍비교 Matrix는 다음과 같이 주어진다.

$$A = (a_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

여기서 a_{ij} 는 대안 i가 대안 j에 미치는 상대적인 우월성이며, $a_{ij} = k$ 이면 $a_{ji} = 1/k$ (k의 역수)가 되도록 한다 : 대안 i와 j가 동일한 우월성일 경우 $a_{ij} = 1$ 및 $a_{ji} = 1$ 을 부여한다. 여기서 a_{ij} 의 값을 각 쌍비교 값 W_i/W_j 의 추정치로 사용하며 n 개의 평가목표들에 대한 일반적인 Matrix를 다음과 같이 표시한다.

$$A = \begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_2/W_1 & \dots & W_n/W_1 \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \dots & W_n/W_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & W_n/W_n \end{bmatrix}$$

위의 쌍비교 값 a_{ij} 는 아주 이상적인 경우

$$a_{ij} = W_i/W_j \text{ 이다.}$$

먼저 위에서 쌍비교를 한 Matrix의 각 요소 a_{ij} 는 i의 j에 대한 상대적인 중요성을 나타낸다. 만약 이 쌍비교가 완전하게 이상적으로 이루어졌다면 모든 i, j, k에서, $a_{ijk} = a_{ij} \cdot a_{jk}$ 이고 이때의 행렬 A는 일관성이 있다고 볼 수 있다. 여기서

$$W = (W_1, W_2, \dots, W_n) \text{ 라 두면,}$$

$$a_{ij} = W_i/W_j \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$a_{ij} a_{jk} = (W_i/W_j)(W_j/W_k) = W_i/W_k = a_{ik}$$

여기서 W는 특성식 $(A-n)W=0$ 로부터 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_2/W_2 & \dots & W_n/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \dots & W_n/W_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & W_n/W_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix}$$

즉 n은 A Matrix의 고유값(Eigenvalues)이 되고 W는 A의 고유벡터(Eigenvector)가 된다.

3. 우선순위종합모델

위에서 각 평가자가 평가한 각 대안들의 우선순위를 종합하기 위해서, 여러 심사위원들이 작성한 대안별 우선순위 리스트들을 종합하기 위하여 대다수 법칙 방법론(Majority-Rule Methodology)을 적용하여 대안들의 우선순위를 결정하였다. 다수 또는 다-그룹에 의해 평가된 2 단계의 개별 우선순위를 종합하는 방법으로 다음 3 가지 방법들은 개발 사용하였다 :

- 1) Heuristic Model 1, 2) Heuristic Model 2,
- 3) Fuzzy Set Ranking Model

3.1 Heuristic Model 1

N명의 평가위원이 M개의 대안에 선호순서와 순서에 의한 평가결과를 산정한 후 종합 우선순위를 산정 하는 방법이다.

3.2 Heuristic Model 2

이 방법은 합계빈도행렬에서 원소(i, j)와 (j, i)를 비교하여 원소(i, j) > 원소(j, i)이면 원소(i, j)를 1로, 그 반대이면 0으로, 동등이면 1/2로 하여 새로운 행렬을 만들고 이 행렬에서 행 합이 큰 순서로 우선순위 정하는 방법이다.

3.3 휘지집합 우선순위 모델

이는 Heuristic Model 2의 빈도 Matrix로부터 우선순위 결정을 위하여 Fuzzy 집합이론을 응용한 모델이다. 여기서 n개의 개별 Fuzzy Matrix를 합한 Matrix의 Cell의 값은 nk가 부여되며 여기서 $0 \leq$

$k \leq 1$ 의 값이다. 여기서 n 는 평가위원의 Matrix수이고 k 는 평가위원이 부여하는 수치(0~1)이다. Fuzzy 우선순위 관계(Fuzzy Rank Relation)의 기본개념은 x_{ij} , x_{ji} 와 같이 상호보완(Complement) Cells을 위한 다른 추가적인 Fuzzy Set, 즉 $X_{ij} = 1 - X_{ji}$ 가 필요하며 Fuzzy Set Matrix R을 구하고, 다음과 같이 R의 전치형인 R^T 와의 차이를 구하여 사용하였다.

$$R - R^T = U(x, y) - U(y, x), \text{ if } U(x, y) > U(y, x) \\ = 0, \text{ otherwise}$$

여기서 $U(x, y)$: Project x가 Project y보다 우세함을 뜻한다.

회지집합(Fuzzy Set)이론을 이용하여 우선순위 결정하는 절차를 요약하면 다음과 같다:

단계 1: 각 평가위원 선호순서로부터 합계빈도행렬 (Shannon의 방법으로부터 합계빈도행렬 (Summed Frequency Matrix)을 만든다.

단계 2: 합계빈도행렬의 각 원소를 총 평가위원수로 나누어 회지집합 행렬 R을 만든다.

단계 3: $R - R^T$ 을 계산한다.

$$R - R^T = U(x, y) - U(y, x), \text{ if } U(x, y) > U(y, x) \\ = 0, \text{ otherwise}$$

단계 4: 지배되지 않는 각 대안의 비율을 아래와 같이 계산한다.

$$X_{ColA}^{ND} = 1 - \text{Max} (X_{1, ColA}, X_{2, ColA}, \dots, X_{n, ColA})$$

즉 $(R - R^T)$ Matrix에서 대안 a에 대한 지배되지 않는 값은 Col A에서의 큰 값을 1에서 뺀 값과 같다.

단계 5: X^{ND} 를 내림차순으로 정렬하면 이것이 회지집합 순위결정 절차의 순위 된다.

4. 웹 기반의 통합의사결정지원시스템의 소프트웨어 개발 및 적용 사례

본 연구에서 개발한 프로그램은 프로젝트평가문제를 3단계(브레인스토밍→계층분석방법(Alytic Hierarchy Process)→우선순위종합방법)의 알고리즘을 적용하여 최적의 솔루션을 도출할 수 있는 그룹 의사결정지원 툴이다. 그림 3과 같은 AHP 계산 순서를 통해서 대안들의 가중치를 계산하여 대안을 선정한다.

3 단계의 평가과정

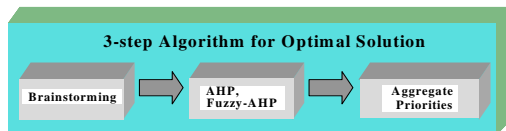


그림 3. 그룹의사결정지원 프로그램 구조

단계 3에서는 단계 2에서 계산된 결과를 기반으로 다수 또는 다 그룹에 의해 평가한 각 평가자의 우선순위를 종합하는 우선순위종합모형을 적용 및 종합화하여 최적대안을 선정한다. 본 프로그램은 통합의사결정 분야의 프로젝트 평가에 활용 가능하며, 네트워크(인터넷, 인트라넷)를 지원하여 클라이언트/서버로 그룹아이디어창출과 그룹의사결정지원기능을 지

원한다.

4.1 브레인스토밍프로그램 및 구현 예:

본 연구에서 개발된 프로그램을 사용하여 의사결정 수행과정을 보였다. 특히 의사결정 수행과정 중에서 연구개발프로젝트 선정에 대해 시간과 비용에 따라 각 분야별 사업과 각 사업에 영향을 미치는 요인들을 고려하여 4가지 대안에 대해 상위 레벨에서 하위 레벨로의 관계 도를 브레인스토밍을 통해서 구현을 하였다. 그림 4는 솔루션빌더를 이용하여 모델링한 화면에 각각의 명칭을 붙인 화면이다.

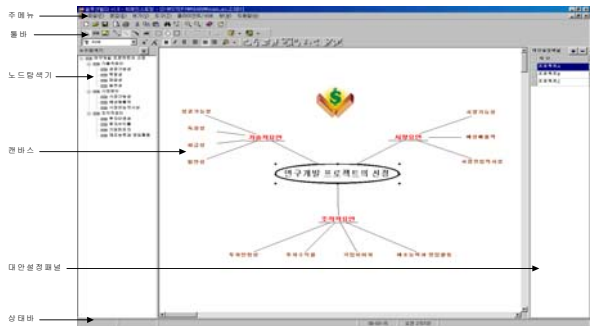


그림 4. Solution Builder | 전체구성도

4.2 AHP프로그램 및 구현 예:

단계1에서 브레인스토밍을 통해서 구현된 계층적 구조는 본 연구에서 개발된 AHP프로그램, 즉 단계 2에서 브레인스토밍을 통해서 설정된 모델링을 읽어 AHP 계층구조로 변환하고 각 레벨별로 쌍비교 매트릭스를 작성하여 입력하고, 이를 토대로 AHP 방법에 의해 계산을 수행한다. 그림 5는 그림 5의 브레인스토밍에 의한 모델링을 단계 2에서 읽어 와서 AHP계층도로 변환한 그림이다.

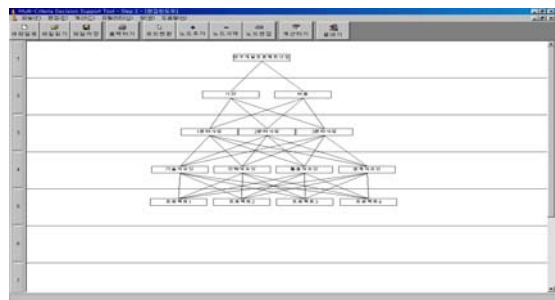


그림 5. AHP 계층평가구조도

각 계층별 요소에 대한 대안들의 쌍대비교 행렬 표를 작성하였다. 쌍대비교 행렬 표를 작성하기 위해서 쌍비교의 기본 척도로 Saaty[1981]의 9점법을 사용하였다. 행렬 표에 따른 각 레벨별 일괄성 지수 및 Eigen value를 AHP로 모델링한 후 출력된 결과 값을 표 1과 같이 종합하여 제시하였다.

표 1. 쌍대비교 행렬표

0) 레벨 I

A	시간	비용	Eig.		
시간	1.0	1.0	0.5		
비용	1 :야사업	2 :야사업	3 :야사업	5 :야사업	Eig.
1 :야사업	1.0	3.0	1.0/9.0	0.133	
2 :야사업	1.0/3.0	1.0	1.0/8.0	0.067	
3 :야사업	9.0	8.0	1.0	0.800	
CR	0.144				

1) 레벨 II

시간	1 :야사업	2 :야사업	3 :야사업	Eig.
1 :야사업	1.0	8.0	9.0	0.785
2 :야사업	1.0/8.0	1.0	5.0	0.161
3 :야사업	1.0/9.0	1.0/5.0	1.0	0.053
CR	0.218			

2) 레벨 III

1 :야사업	기술적요인	전략적요인	활용적요인	경제적요인	Eig.
기술적요인	1.0	3.0	1.0/5.0	2.0	0.166
전략적요인	1.0/3.0	1.0	1.0/8.0	1.0	0.071
활용적요인	5.0	8.0	1.0	9.0	0.687
경제적요인	1.0/2.0	1.0	1.0/9.0	1.0	0.076
CR	0.014				

2 :야사업	기술적요인	전략적요인	활용적요인	경제적요인	Eig.
기술적요인	1.0	3.0	1.0/2.0	1.0/3.0	0.199
전략적요인	1.0/3.0	1.0	1.0/3.0	2.0	0.160
활용적요인	2.0	3.0	1.0	4.0	0.438
경제적요인	3.0	1.0/2.0	1.0/4.0	1.0	0.203
CR	0.32				

3 :야사업	기술적요인	전략적요인	활용적요인	경제적요인	Eig.
기술적요인	1.0	5.0	1.0/2.0	1.0	0.298
전략적요인	1.0/5.0	1.0	1.0/3.0	2.0	0.161
활용적요인	2.0	3.0	1.0	1.0/2.0	0.299
경제적요인	1.0	1.0/2.0	2.0	1.0	0.243
CR	0.376				

3) 레벨 IV

기술적요인	프로젝트1	프로젝트2	프로젝트3	프로젝트4	Eig.
프로젝트1	1.0	2.0	1.0/3.0	1.0	0.204
프로젝트2	1.0/2.0	1.0	1.0/3.0	1.0	0.149
프로젝트3	3.0	3.0	1.0	1.0/2.0	0.347
프로젝트4	1.0	1.0	2.0	1.0	0.300
CR	0.18				

전략적요인	프로젝트1	프로젝트2	프로젝트3	프로젝트4	Eig.
프로젝트1	1.0	3.0	1.0/2.0	2.0	0.304
프로젝트2	1.0/3.0	1.0	1.0/2.0	1.0	0.141
프로젝트3	2.0	2.0	1.0	1.0/3.0	0.264
프로젝트4	1.0/2.0	1.0	3.0	1.0	0.291
CR	0.271				

활용적요인	프로젝트1	프로젝트2	프로젝트3	프로젝트4	Eig.
프로젝트1	1.0	4.0	1.0/3.0	1.0	0.303
프로젝트2	1.0/4.0	1.0	2.0	3.0	0.260
프로젝트3	3.0	1/2	1.0	1.0	0.280
프로젝트4	1.0	1/3	1.0	1.0	0.157
CR	0.468				

그림 9는 각 평가위원으로부터 얻은 평가 데이터를 쌍비교 매트릭스로 입력하고 일관성을 체크하는 화면이고 그림 6은 입력된 전체자료를 통해서 프로젝트의 우선순위 결정결과를 나타내는 그림이다. 본 예제에서 계산된 프로젝트의 우선순위는 다음과 같

경제적요인	프로젝트1	프로젝트2	프로젝트3	프로젝트4	Eig.
프로젝트1	1.0	2.0	2.0	1.0/3.0	0.257
프로젝트2	1.0/2.0	1.0	1.0	4.0	0.270
프로젝트3	0.5	1.0	1.0	4.0	0.270
프로젝트4	3.0	1/4	1/4	1.0	0.203
CR	0.545				

다. $E3(0.292) > E1(0.273) > E2(0.222) > E4(0.213)$ 즉 세 번째 프로젝트가 29.1%의 우선순위로 선정되었고 다음으로 첫 번째, 두 번째, 네 번째 프로젝트가 선정되었다.

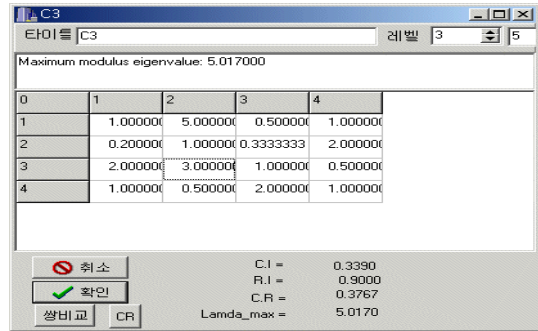


그림 6. 쌍 비교 매트릭스 작성 및 일관성지수 산정

4.3 우선순위종합

단계 3은 다수 또는 다 그룹에서 평가된 각 평가자에 따른 대안의 우선순위를 종합화하여 최적대안을 선정하는 단계이다. 본 연구개발프로젝트에 대한 평가 위원별 대안 우선순위가 표 2와 같이 계산되었다. 표 2는 4명의 평가위원들이 평가한 4가지 대안의 우선순위이다.

표 2. 평가위원별 대안별 우선순위

평가위원 1	: E3 > E1 > E2 > E4
평가위원 2	: E3 > E2 > E1 > E4
평가위원 3	: E2 > E1 > E3 > E4
평가위원 4	: E2 > E3 > E4 > E1

평가위원별 대안을 각 대다수 법칙 방법론을 통해서 우선순위 결정하기 위해 개발된 프로그램화면이 그림 7과 같다.

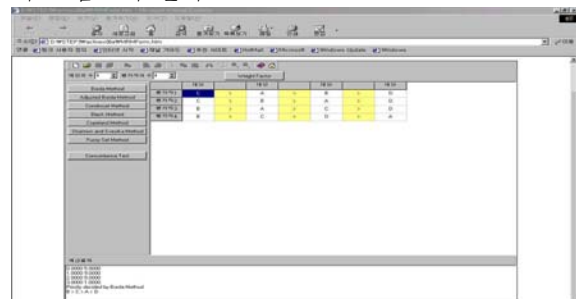


그림 7. 웹환경에서 대다수 법칙 방법론을 이용한 대안평가

웹을 통해 입력된 대안들을 대다수 법칙방법론에 따른 주어진 예제의 최적 대안을 계산한 결과는 표 3과 같다. 8가지기법을 통하여 결정된 최적대안은 두 번째 프로젝트(B)가 선정되었고 A, C, D순위는 최적대안은 기법마다 약간의 차이가 있었다. 이는 각 기법마다 대안순위 결정방법 차이에 기인하기 때문이다.

표 3. 대다수 법칙 방법론에 따른 우선순위

No	대다수 법칙 방법론	대안별 순위
1	Borda Method	B>C>A>D
2	Adjusted Borda Method	B>C>A>D
3	Condorcet Method	B>A>C>D
4	Copeland Method	B>C>A>D
5	Black Method	B>A>C>D
6	Dodhson Method	B>A>C>D
7	Shannon and Svestka Method	B>A>C>D
8	Fuzzy Set Ranking Order procedure	B>C>A>D

5. 결론

본 연구는 통합의사결정 지원시스템을 위한 소프트웨어 개발로서 이를 위한 3-단계 기법을 제안하고 개발프로그램의 응용 실 예를 보였다. 기존의 다 기준 평가시스템들은 2-단계 과정 즉 문제 분석과 모델링을 위한 브레인스토밍과 대안의 순위결정을 위해 다 기준 의사결정기법인 AHP기법을 적용하였지만 본 연구에서 개발된 프로그램은 3-단계 방법인 브레인스토밍, AHP기법 그리고 그룹에 의해 평가된 대안의 우선순위를 종합 할 수 있는 우선순위종합 모델을 통해서 최적대안을 선정할 수 있도록 구성하였다. 이를 위해서 GUI-type으로 구현하여 사용자가 쉽게 프로그램을 운영하도록 하였다. 또 단계 3에서는 각 평가위원들이 대안별 우선순위를 웹 환경에서 평가가 가능하도록 하였다. 본 연구는 추후로 복잡계층 및 복합 우선순위평가를 위한 의사결정지원시스템으로의 개발 및 각 평가자가 인터넷기반으로 실시간 모델링, 자료입력, 그리고 평가수행이 가능한 프로그램으로 추가적 보완할 예정이다.

참고문헌

[1] Barbarosoglu, G. & Yazgas, T., "Application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem.", Production and Inventory Management Journal, Vol.38, No.1, pp.14-21, 1997.

[2] Blin, J. M., "Fuzzy Relations in Group Decision Theory.", International Journal of Cybernetics, Vol.4, No.2, pp.17-22, April-June, 1974.

[3] Criterium Decision Plus User Manual, InfoHarvest, 1995.

[4] Expert Choice User Manual, Expert Choice Inc, 1993.

[5] Fishburn, P.C., "A Comparative Analysis of Group Decision Methods." Behavioral Science, Vol. 16, pp. 538-544, 1971.

[6] French, S., "Interactive Multi-objective

Programming: Its Aims, Applications and Demands.", Journal of Operation Research Society, Vol. 35, No. 9, pp. 827-834, 1984.

[7] Richelson, J.T., "A Comparative of Social Choice Functions.", Behavioral Science, Vol. 20, pp. 331-342, 1975

[8] Robert, F. D., Ernest, H. F., "An Analytic Approach to Marketing Decisions.", PRENTICE HALL, 1991.

[9] Saaty, T. L., "The Analytic Hierarchy Process.", McGraw-Hill, 1980.

[10] Saaty, T. L., "The Analytic Hierarchy Process.", McGraw-Hill, New York, 1981.

[15] Shannon, R.E, "The Amalgamation of Group Opinions or Evaluations.", Journal of Industrial Engineering, Vol. 19, No.6, 1968.

[11] Zahedi, F., "The analytic Hierarchy Process - A Survey of the Method and it's Applications." Interfaces, Vol. 16, No. 4, pp.96-104, 1986.

[12] 황흥석, **웹기반의 통합의사결정시스템**, 도서출판 구덕, 2004. 2. 28.