

인터넷 기반의 AHP 집단 의사결정 시스템 개발

김성철¹⁾ 강근석²⁾ 이정진³⁾

요약

AHP는 원래 단일 의사결정자의 분석도구로 개발된 다속성 의사결정기법이지만 복잡한 시스템에 대해서는 여러 전문가가 참여하는 집단의사결정에 많이 쓰인다. AHP를 집단의사결정에 이용하기 위해서는 첫째, 전문가들의 의견을 종합하는 방법론의 문제와 둘째, 신속하고 정확한 의견수렴의 도구문제가 해결되어야 한다. 이 논문에서는 전문가들이 제시한 비교행렬들로부터 하나의 중요도(combined priority)를 구하는 베이지안 방법을 정리하고, 이를 바탕으로 웹 기반에서 AHP 의사결정에 대한 설문지를 작성하여 의견을 수집하고 분석할 수 있는 의사결정 시스템을 제시한다. 개발된 시스템의 구성 및 특성을 설명하고 가상의 의사결정 문제를 통하여 시스템의 기능과 사용방법 및 화면설계 등을 예시한다.

주요용어: AHP, 집단의사결정, 베이지안 의사결정, 계층구조 .

1. 서론

AHP(Analytic Hierarchy Process)는 다속성 의사결정기법의 하나로서 자원배분, 비용대 효과분석 및 기타 이해가 상충되는 문제의 해결도구로 많이 사용되고 있다. AHP는 복잡한 의사결정 문제를 계층구조(hierarchy)로 표현하고 그 성분들에 대한 쌍별비교를 통하여 계층구조 내의 관계를 비율척도로 표시하여 최선의 대안을 도출해낸다(Saaty, 1990, 1996). 원래 단일 의사결정자의 분석도구로 개발된 AHP는 대규모의 복잡한 문제를 다루는 특성상 집단의사결정에 많이 쓰이고 있다(우춘식 외, 1997). 집단의사결정은 모든 관련 전문가의 충분한 토의를 통한 합의가 가장 바람직하지만 이 방법은 중요 직책을 가진 전문가의 영향력이 개입되는 것을 방지하기 어렵고 합의 도달을 위한 여러 차례의 회의소집 등에 따른 시간 및 비용 등의 현실적인 문제점을 갖고 있다. 텔파이 방법 등 설문지에 의한 의견수렴이 일부 문제점을 해결할 수 있으며 AHP의 중요도 결합에도 적용되고 있다.

최근 컴퓨터와 인터넷에 대한 관심이 예전에는 상상할 수도 없었을 정도로 고조되고 그 활용분야가 거의 제한 없이 퍼져나가고 있다. 인터넷을 이용한 설문조사도 그 활용분야 중 하나로써 기존의 설문조사방법의 지리적·시간적·경제적 문제를 극복할 수 있는

- 1) (156-743) 서울시 동작구 상도동 1-1, 숭실대학교 정보통계학과, 부교수
E-mail: sckim@stat.soongsil.ac.kr
- 2) (156-743) 서울시 동작구 상도동 1-1, 숭실대학교 정보통계학과, 교수
E-mail: gskang@stat.soongsil.ac.kr
- 3) (156-743) 서울시 동작구 상도동 1-1, 숭실대학교 정보통계학과, 교수
E-mail: jjlee@stat.soongsil.ac.kr

새로운 설문조사방법이다. 인터넷을 활용하여 집단의사결정에 필요한 설문조사 및 의견수집을 수행함으로써 여기에 필요한 시간과 비용을 절약하고 그에 따라 보다 많은 전문가의 의견을 수집할 수 있다. 현재 인터넷 설문조사 분야는 여러 가지 형태의 상품화된 제품이 많이 나와 있다. 이들의 기능은 대체로 수동 또는 복잡한 언어를 이용하여 설문을 만들어 배포하면 응답자가 인터넷을 통하여 응답하고, 별도의 또는 제한된 통계적 처리에 의한 분석이 가능한 것으로 Survey Win, Survey Plus, Question Mark, WWW Survey Assistant 등이 있다(참고문헌에 수록된 Web주소 참조). 집단의사결정 분야에서는 미국의 Expert Choice사(<http://www.expertchoice.com>)에서 AHP 방법을 이용한 ECPPro와 집단의사결정을 위한 AHP 프로그램인 TeamEC를 상품화하였다. TeamEC 내부에서 AHP 중요도를 결합하는 방법은 기하평균을 사용하는 것으로 알려져 있으며, 의견수렴 도구로 별도의 하드웨어를 사용한다.

이 논문에서는 베이지안 의사결정론을 이용한 AHP 중요도 결합방법(김성철과 어하준, 1994)을 바탕으로 하여, 웹 기반에서 쉽고 빠르게 AHP 의사결정에 대한 설문지를 작성하여 의견을 수집하고, 수집된 의견을 실시간으로 분석하여 전문가들의 의견을 수렴한 최선의 대안을 제공할 수 있는 시스템을 제시한다. 개발된 시스템에는 기존의 프로그램에 쓰이지 않았던 베이지안 결정론에 의한 결과를 적용하고, 또한 이 분석방법을 기하평균 방법과 함께 선택적으로 사용할 수 있게 하며, 이러한 설문응답과 분석을 별도의 도구를 사용하지 않고 직접 웹 상에서 수행할 수 있도록 하였다. 이 논문의 2절에서는 시스템에 적용되는 AHP 중요도 결합방법의 이론적 배경을 정리하고, 3절에서는 이 방법론을 Web survey에 적용한 AHP Web 의사결정시스템에 대하여 설명한다. 그리고, 4절에서는 가상의 의사결정 문제를 본 논문에서 제안된 의사결정시스템에 적용하여 시스템의 기능과 사용방법 등을 예시하고, 결론을 5절에서 정리하도록 한다.

2. AHP 중요도 결합방법

AHP 웹 의사결정시스템의 중요한 요소는 크게 Web survey 시스템과 AHP 중요도 결합방법론이라고 볼 수 있다. 이 절에서는 김성철과 어하준(1994)의 방법에 근거한 AHP 중요도(priority)결합의 이론적 배경을 정리한다. 주어진 계층구조하에서 전체적인 의사결정을 내리기 위해서는 계층구조의 모든 단계의 각 비교부분에서 전문가들의 의견이 반영된 종합중요도를 결정하여 전체적인 판단을 해야 한다. 그러나, 여기서는 방법의 설명을 위하여 계층구조의 특정부분만을 고려한다(그림 2.1).

AHP는 쌍별비교를 기본으로 한다. 그림 2.1에서 n 개의 B 성분들의 쌍별비교의 결과를 행렬의 형태로 나타낸 것을 비교행렬(pairwise comparison matrix)이라 하며 이 행렬의 주고유벡터를 정규화한 것이 B 계층의 A에 대한 중요도(priority)이다. 이 주고유벡터가 의사결정자의 선호를 얼마나 잘 나타내었는가는 비교행렬이 얼마나 일관성 있는가와 관계있다. 비교행렬의 일관성의 척도가 일관성비율(consistency ratio)이며 그 값이 작을수록 일관성이 높다. 심도있는 AHP 이론 및 응용에 대해서는 Saaty(1990, 1996)를 참고하기 바란다.

AHP 계층구조의 특정부분에 대하여 전문가들이 판단한 비교행렬들로부터 하나의 중

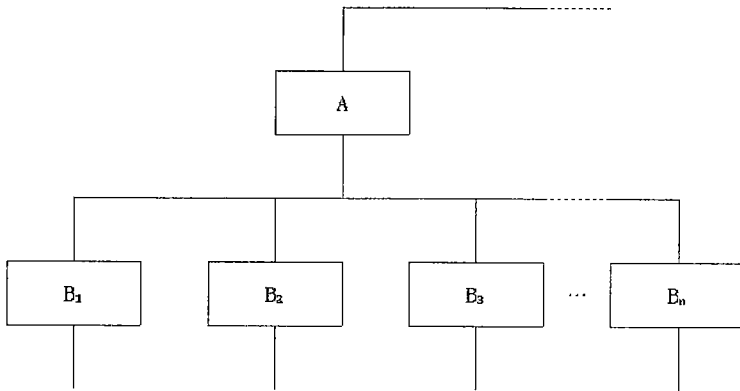


그림 2.1: AHP 구조 내의 분석대상 부분

합중요도 벡터를 도출하는 문제를 고려하자. 가장 간단한 방법은 각 전문가의 비교행렬 내의 성분들의 기하평균으로써 새로운 비교행렬을 만들고 이것을 이용하여 분석에 사용될 종합중요도를 구하는 것이다(본 논문에서 제안되는 시스템의 방법 1로 사용됨). 이와는 대조적으로 각 전문가의 비교행렬로부터 중요도를 먼저 구하고 그 중요도들의 가중평균으로써 종합중요도를 구하는 방법이 있다. 이 방법에서는 전문가들의 전문성이나 신뢰성 정도를 확률이나 새로운 가중치의 형태로 표시하여 그들의 비교행렬이 얼마나 중요한 영향을 미칠 것인가를 결정해야 한다. 여기서는 전문가의 신뢰성 정도를 나타내는 가중치를 구하는 방법 중에서 베이지안 결정론을 이용한 방법을 적용한다(시스템의 방법 2). 용어의 명확한 이해를 위하여 다음과 같이 용어를 구별한다. AHP 계층구조의 특정부분에 대하여 각 전문가의 판단을 ‘중요도’(priority), 전문가에 대한 신뢰도를 ‘가중치’(weight), 그리고 전문가들의 중요도를 종합한 의사결정자의 판단을 ‘종합중요도’(combined priority)라고 부르기로 한다.

의사결정자가 구성해 놓은 AHP 계층구조 내에서 그림 2.1에 나타난 부분에 대한 종합중요도를 결정하는 문제를 생각하자. 계층구조 내의 어느 기준 A 에 대한 n 개의 속성 B_1, B_2, \dots, B_n 의 미지의 종합중요도벡터를 $w = (w_1, \dots, w_n)^T$ 라고 하자. k 명의 전문가들이 응답한 비교행렬들로부터 각자의 중요도(priority) 벡터 $v_j = (v_{1j}, \dots, v_{nj})^T, j = 1, 2, \dots, k$ 와 일관성비율(consistency ratio) $c_j, j = 1, 2, \dots, k$ 를 산출한다. 의사결정자는 이들 중요도벡터와 일관성비율을 종합하여 미지의 종합중요도벡터 w 에 대한 결정값(decision) $d = (d_1, \dots, d_n)^T$ 를 구한다. 여기서 d 를 k 개의 중요도 벡터 v_j 의 가중평균으로 국한시키고 그 가중치 $\lambda_j, j = 1, 2, \dots, k$ 를 베이지안 의사결정론(DeGroot, 1970)과 집단의사결정(Lindley, 1984 ; Stone, 1961)의 개념을 사용하여 구한다. 즉,

$$d = \sum_{j=1}^k \lambda_j v_j$$

이고, 여기서 λ_j 는 전문가 j 의 판단에 대한 의사결정자의 가중치이며, 이는 전문가 j 의 상대

적 신뢰성으로 해석할 수 있다. 손실함수는 다음과 같이 제곱오차손실(squared error loss)를 가정한다.

$$L(\mathbf{w}, \mathbf{d}) = \left(\mathbf{w} - \sum \lambda_j \mathbf{v}_j \right)^T \left(\mathbf{w} - \sum \lambda_j \mathbf{v}_j \right)$$

\mathbf{w} 의 사전분포로는 Dirichlet($\alpha_1, \dots, \alpha_n$)(Johnson & Kotz, 1972)을 사용하여 의사결정자의 사전지식을 포괄적으로 반영할 수 있도록 하고, \mathbf{v}_j 는 다음과 같이 일관성비율 c_j 를 포함한 조건부분포를 갖는다. 즉, $\mathbf{v}_j | c_j \sim \text{Dirichlet}(\alpha_1/c_j, \dots, \alpha_n/c_j)$ 로서, c_j 는 0과 1 사이의 값이므로 $E(\mathbf{v}_j | c_j) = E(\mathbf{w})$ 이고 $\text{Var}(\mathbf{v}_j | c_j) \leq \text{Var}(\mathbf{w})$ 이다. 의사결정자는 직접 질문에 응답하지 않는 비전문가로서, 전문가의 판단이 더 정확할 것이므로 그들의 분산 $\text{Var}(\mathbf{v}_j | c_j)$ 가 더 작게 된다. \mathbf{w} 의 사전분포와 전문가 j 의 중요도 \mathbf{v}_j 의 조건부 분포로부터, 모수 ($\alpha_1, \dots, \alpha_n$)과 일관성 비율 (c_1, \dots, c_k)가 주어지면 \mathbf{w} 와 \mathbf{v}_j 는 조건부 독립임을 알 수 있다.

베이저안 결정론에 의해서 $\boldsymbol{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)^T$ 과 $\mathbf{c} = (c_1, \dots, c_k)^T$ 가 주어졌을 때 기대손실 $R(\boldsymbol{\lambda})$ 는 손실함수 $L(\mathbf{w}, \mathbf{d})$ 의 \mathbf{w} 와 $\mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_k$ 에 대한 기대값으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} R(\boldsymbol{\lambda}) &= E_{\mathbf{w}} E_{\mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_k | \mathbf{w}} [L(\mathbf{w}, \mathbf{d})] \\ &= E_{\mathbf{w}} E_{\mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_k} [(\mathbf{w} - \mathbf{V}\boldsymbol{\lambda})^T (\mathbf{w} - \mathbf{V}\boldsymbol{\lambda})]. \end{aligned}$$

단, $\mathbf{d} = \sum_{j=1}^k \lambda_j \mathbf{v}_j = \mathbf{V}\boldsymbol{\lambda}$, $\mathbf{V} = [\mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_k] : n \times k$ 행렬, $\boldsymbol{\lambda} = (\lambda_1, \dots, \lambda_k)^T : k$ 차원 벡터이다.

기대손실 $R(\boldsymbol{\lambda})$ 를 최소화하는 $\boldsymbol{\lambda}^*$ 의 근사값은 $R(\boldsymbol{\lambda})$ 의 gradient가 0이 되는 점에서 찾을 수 있다. 최적 $\boldsymbol{\lambda}^*$ 는

$$E_{\mathbf{w}} [\mathbf{V}^T \mathbf{V} | \mathbf{c}] \boldsymbol{\lambda}^* - E_{\mathbf{w}} E_{\mathbf{v}_j | \mathbf{c}} [\mathbf{V}^T \mathbf{w} | \mathbf{c}] = \mathbf{0} \quad (2.1)$$

을 만족하고, 만약 $E_{\mathbf{w}} [\mathbf{V}^T \mathbf{V} | \mathbf{c}]$ 의 역행렬이 존재한다면

$$\boldsymbol{\lambda}^* = \left\{ E_{\mathbf{w}} [\mathbf{V}^T \mathbf{V} | \mathbf{c}] \right\}^{-1} E_{\mathbf{w}} E_{\mathbf{v}_j | \mathbf{c}} [\mathbf{V}^T \mathbf{w} | \mathbf{c}] \quad (2.2)$$

의 식으로 구해진다.

위 식에 나타난 $\mathbf{V}^T \mathbf{V}$ ($k \times k$ 행렬)와 $\mathbf{V}^T \mathbf{w}$ (k 차원 벡터)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} \mathbf{V}^T \mathbf{V} &= \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n v_{i1}^2 & & \\ & \ddots & (\sum_{i=1}^n v_{ip} v_{iq}) \\ & & \sum_{i=1}^n v_{ik}^2 \end{bmatrix}, \quad () \text{는 } (p, q) \text{ 성분} \\ \mathbf{V}^T \mathbf{w} &= \begin{bmatrix} \vdots \\ (\sum_{i=1}^n v_{ij} w_i) \\ \vdots \end{bmatrix}, \quad () \text{는 } j \text{-성분} \end{aligned}$$

w 와 v_1, \dots, v_k 가 조건부 독립이므로

$$\begin{aligned}
 E[\mathbf{V}^T \mathbf{V} | \mathbf{c}] &= \begin{bmatrix} \sum E[v_{i1}^2] & & \\ & \ddots & (\sum E[v_{ip}]E[v_{iq}]) \\ & & \sum E[v_{ik}^2] \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \frac{\sum \alpha_i^2 / c_1 + \alpha_0}{\alpha_0(\alpha_0 / c_1 + 1)} & & \\ & \ddots & \left(\frac{\sum \alpha_i^2}{\alpha_0^2} \right) \\ & & \frac{\sum \alpha_i^2 / c_k + \alpha_0}{\alpha_0(\alpha_0 / c_k + 1)} \end{bmatrix}, \quad \text{단, } c_j \neq 0 \\
 E[\mathbf{V}^T \mathbf{w} | \mathbf{c}] &= \begin{bmatrix} \vdots \\ (\sum \alpha_i^2 / \alpha_0^2) \\ \vdots \end{bmatrix}, \quad \text{단, } \alpha_0 = \alpha_1 + \dots + \alpha_n.
 \end{aligned}$$

위의 $E[\mathbf{V}^T \mathbf{V} | \mathbf{c}]$ 행렬은 $k \times k$ 행렬로서 일반적인 k 에 대해서는 수치계산을 통하여 역행렬을 구할 수 있다. 2명의 전문가($k = 2$)의 경우에는 기대값 행렬의 역행렬과 최적가중치를 구할 수 있으며, 이로부터 일반적인 성질을 유추할 수 있다. 2명의 전문가($k = 2$)가 제시한 중요도 벡터가 v_1, v_2 이고 각각의 일관성 비율이 c_1, c_2 이라면,

$$E[\mathbf{V}^T \mathbf{V} | \mathbf{c}]^{-1} = \frac{1}{D} \begin{bmatrix} \frac{\alpha^2 + c_2 \alpha_0}{\alpha_0(\alpha_0 + c_2)} & -\frac{\alpha^2}{\alpha_0^2} \\ -\frac{\alpha^2}{\alpha_0^2} & \frac{\alpha^2 + c_1 \alpha_0}{\alpha_0(\alpha_0 + c_1)} \end{bmatrix}$$

단, D 는 행렬 $E[\mathbf{V}^T \mathbf{V} | \mathbf{c}]$ 의 행렬식을, α^2 은 α_i 들의 제곱합 $\sum_{i=1}^n \alpha_i^2$ 을 각각 나타낸다. 행렬식 D 는 c_1 이나 c_2 가 0인 경우에, 즉, 전문가의 응답이 완벽한 일관성을 가질 때에만 0이 된다. 그러므로, c_1 이나 c_2 가 0인 경우를 제외하고는 항상 역행렬이 존재하고, 이 때의 최적가중치 λ^* 는 식 (2.2)로부터

$$\lambda^* = \{E[\mathbf{V}^T \mathbf{V} | \mathbf{c}]\}^{-1} E[\mathbf{V}^T \mathbf{w} | \mathbf{c}] = \frac{1}{D} \cdot \frac{\alpha^2(\alpha_0^2 - \alpha^2)}{\alpha_0^4} \begin{bmatrix} \frac{c_2}{(\alpha_0 + c_2)} \\ \frac{c_1}{(\alpha_0 + c_1)} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

가 된다. 즉, $\lambda_1^* : \lambda_2^* = c_2 / (\alpha_0 + c_2) : c_1 / (\alpha_0 + c_1)$ 의 비가 된다. 작은 c_j 가 큰 신뢰성을 의미함을 고려할 때 가중치의 비($\lambda_1^* : \lambda_2^*$)와 c_j 의 비는 역의 관계이기를 기대한다. 그러나, 식 (2.3)에서 분모에 포함되어 있는 c_j 들의 영향으로 인해서 완전한 역의 관계보다는 약간 조심스러운 결과를 보여준다. 여기서 α_0 는 w 의 사전분포인 Dirichlet 분포의 모수들의 합이며 α_0 가 충분히 클 때 $\lambda_1^* / \lambda_2^* = c_2 / c_1$ 이 되고 c_j 의 의미만을 반영한 경우이다. 만약 α_0 가 매우 작으면 $\lambda_1^* / \lambda_2^*$ 는 c_j 의 영향을 크게 받지 않고 1에 가까운 값을 갖게 된다. 이처럼 w 의 사전분포에 따라 c_j 가 미치는 영향이 달라진다.

앞부분의 기대손실을 최소화하는 식 (2.2) 또는 (2.3)의 λ^* 는 최적해의 근사치이다. 왜냐하면 λ^* 는 전문가들에 대한 가중치이므로 $\sum \lambda_j = 1$ 의 조건하에서 기대손실 $R(\lambda)$ 를 최소화시켜야 한다. 실제로 식 (2.3)에서 구한 λ^* 에 대하여 $\lambda_1^* + \lambda_2^*$ 는 1보다 작게 되어 조건식을 만족하지 않는다. 간단한 근사 방법으로서 $\sum \lambda_j = 1$ 의 평면에 대한 투영을 적용할 수 있는데 이것은 매우 정확한 근사 방법으로 밝혀졌다. (김성철과 어하준(1994) 참조)

w 벡터의 사전분포는 Dirichlet($\alpha_1, \dots, \alpha_n$) 분포이다. 일반적으로 의사결정자가 w_i 가 w_j 보다 큰 값을 가지는 경향이 있다고 판단하면 그에 해당하는 i 번째 모수인 α_i 를 α_j 보다 크게 부여해야 한다($E[w_i] = \alpha_i/\alpha_0$). 그러나 여기서는 전체적인 기대손실을 취하는 과정에서 α_i 들의 순열에 무관해지고 α_i 들의 합에만 영향을 받는다. α_i 들의 값은 0보다 큰 실수이며 α_i 들이 전체적으로 커지면 기대값은 변하지 않으나 분산이 작아진다. ($Var[w_i] = \frac{\alpha_i(\alpha_0 - \alpha_i)}{\alpha_0^2(\alpha_0 + 1)}$; v_{ij} 의 분산도 더욱 작아진다.) 의사결정자의 주관은 c_j 를 얼마나 반영하느냐로 나타나는 데, α_i 들의 영향은 그 순열에 무관하므로 모든 α_i 의 값이 같도록 해주면서, c_j 에 의한 영향을 반영하려면 α_0 를 크게 하고 c_j 의 영향력을 축소하려면 α_0 를 작게 부여하면 될 것이다.

3. AHP 웹 의사결정 시스템

3.1. 시스템 개요

AHP 웹 의사결정 시스템은 전문가의 의견을 종합하여 AHP priority를 결정할 수 있는 그룹의사결정 도구이다. 이 시스템은 웹 서버이, 그룹의사결정, AHP 계층구조 및 설문작성, 설문응답, 최종대안제시 등의 기능을 갖는데, 크게 나누어 웹 기반에서 문제를 작성하고 전문가의 의견을 수렴하는 웹 서버이 모듈과 수집된 의견을 종합하는 분석모듈로 구성되어 있다. 웹 서버이 모듈은 관리자의 계층구조 및 설문작성 기능과 설문관리 기능, 그리고 응답자(2절에서 나오는 전문가와 같은 의미로 사용되며, 설문응답의 맥락에서 응답자라고 표현한다)의 등록 및 응답 기능을 포함한다. 분석 모듈은 관리자가 AHP 의견종합방법을 선택하여 최종대안을 제시하는 기능을 갖는다. 본 시스템이 제공하는 기능은 다음과 같으며 시스템의 메뉴구성도는 그림 3.1에 표시되어 있다.

[1] 관리자의 기능

[1.1] 계층구조 및 설문 작성

[1.1.1] 계층구조/설문의 기초자료 및 제목작성

[1.1.2] 계층구조/설문의 각 층의 세부기준의 개수와 각 층의 제목작성

[1.1.3] 계층구조/설문의 각 층의 세부기준의 제목작성

[1.1.4] 계층구조/설문의 상위층 기준과 하위층 기준의 연결관계

[1.2] 등록된 설문관리

[1.2.1] 등록된 설문수정

[1.2.2] 등록된 설문삭제

[1.2.3] 설문검색

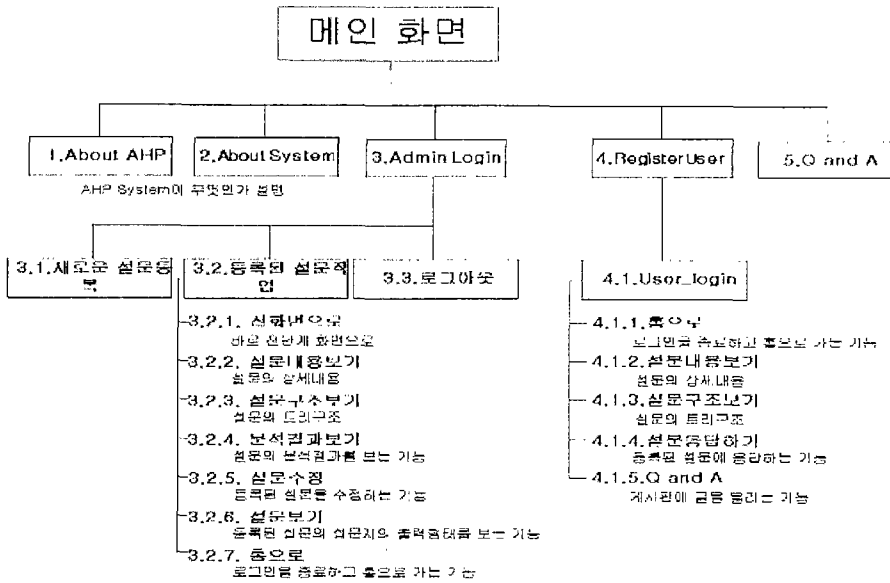


그림 3.1: AHP 웹 의사결정시스템 메뉴구성도

[1.3] 설문결과 분석

[1.3.1] 분석방법 선택

[1.3.2] 분석에 필요한 자료입력

[1.3.3] 분석결과 표시

[2] 응답자의 기능

[2.1] 응답자 등록

[2.2] 응답자 설문

AHP 웹 의사결정시스템은 동시에 다수개의 문제에 대한 설문응답을 진행할 수 있으며, 관리자가 웹 기반에서 직접 계층구조와 설문을 작성하고 관리하므로 전문가들의 의견수렴을 정확하고 신속하게 진행할 수 있다. 또한 응답자 아이디가 문제별로 유일하게 부여되므로 응답자가 로그인하면 자동으로 해당 문제의 설문으로 이동하여 자신이 응답할 설문의 상세정보를 확인할 수 있다. 동일 응답자가 여러 개의 문제에 응답하는 경우에는 그 응답자에게 문제 별로 해당 아이디를 각각 부여하여 그 아이디로써 해당 문제를 찾아가도록 하였다. 중복응답을 방지하기 위해서 설문응답을 끝낸 응답자에게 그 문제에 대해서는 재접근을 불허하지만 응답을 끝내지 않고 도중에 취소하였다가 다시 로그인하는 경우에는 응답을 할 수 있도록 하였다.

3.2. 시스템 구성 및 기술특성

AHP 웹 의사결정시스템의 개발환경은 한글윈도우즈98(CLIENT 측면)과 리눅스 기반의 아파치 웹서버와 Mysql 데이터베이스(SERVER 측면)이었으며, 현재는 Unix환경에 설치되어 운용 중에 있다. 자세한 개발환경과 사용이 가능한 다른 환경에 대한 사항은 표 3.1에 정리되어 있다. 그림 3.2는 시스템을 구성하는 클라이언트와 웹서버 및 데이터베이스의 전체구성도이다. 이 시스템에는 웹 상에서 프로그램을 동적으로 구현하는 데 있어서 최적의 요소를 갖추고 있는 자바애플릿이 사용되었다. 이와 관련한 기술적인 문제들은 유재우 외(1999), 정진호(2000) 등을 참조하면 된다.

표 3.1: AHP 웹 의사결정시스템의 개발환경 및 운용환경

| 항목 | CLIENT 측면 | SERVER 측면 |
|------------|---|-----------------------------|
| 개발언어 및 기술 | HTML, JavaScript, JavaApplet | PHP3 |
| 개발 환경 | 한글 윈도우즈98 | 리눅스, Apache웹서버, Mysql(DBMS) |
| 현재 운용 환경 | Sun Unix 5.6 (Apache 웹서버를 사용) | |
| 포팅이 가능한 환경 | NT4.0 기반, Apache 웹서버, MS-SQL, PHP3 또는 PHP4 실행환경 | |

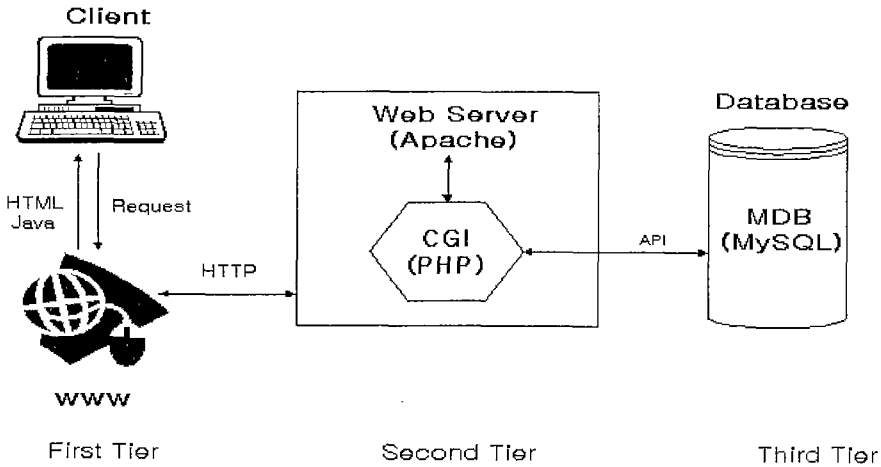


그림 3.2: AHP 웹 의사결정시스템의 전체구성도

시스템의 분석모듈은 모두 JAVA로 작성되었다. 분석방법은 두 가지가 있는데 첫 번째 방법은 기하평균에 의한 것으로 비교적 간단한 루틴이며, 분석모듈의 대부분은 두 번째 방법을 위한 것이다. 이 방법의 내용은 2절에 소개되어 있고, 시스템의 분석모듈은 그 내용을 프로그래밍하여 시험단계를 거쳐서 개발되었다. 분석에 필요한 고유벡터 계산루틴은 역행렬의 수렴을 이용한 근사계산 루틴을 적용했으며, 역행렬의 계산은 공개용 라이브러리를

이용하여 JAVA로 프로그램하였다.

2절에서 언급한 AHP 의견종합이론에서 전제되는 조건을 만족하지 않을 때에는 시스템이 자동으로 조건을 수정하거나 그에 맞는 분석방법을 선택하도록 하였다. AHP 계층구조의 어느 부분에서 응답자의 입력이 완벽한 일관성을 가지면 c_j 가 0이 되어 최적 가중치 λ^* 를 구할 수 없게 된다. 이 경우에는 $c_j = 10^{-4}$ 으로 놓고 계산을 수행하며, 이에 따른 계산 시간이나 계산오차의 문제는 발견하지 못하였다. 또한, 계층구조의 어느 부분에 2개의 가지(successor)가 있다면 항상 완벽한 일관성을 갖게 된다. 그러나, 이것은 중요도의 계산이 필요 없는 간단한 경우로서, 응답자들의 중요도 벡터를 산술평균하여 종합중요도를 구하도록 하였다.

Mysql 데이터베이스를 연결하기 위해 WorldServer에서 제공하는 mm.mysql.jdbc-1.2c JDBC 드라이버를 사용하였다(<http://www.worldserver.com/mm.mysql/#downloads>). 이 때문에 이 시스템에서 제공되는 모든 애플릿 작업(예: 계층구조 화면)을 사용하기 위해선 각 client에 이 드라이버를 설치해야 하며, 이 때 //root에 mm.mysql.jdbc-1.2c 폴더 생성시 C:\autoexec.bat에 'set CLASSPATH=\mm.mysql.jdbc-1.2c;%CLASSPATH%' 항목을 추가해야 한다.

4. 적용예제

이 절에서는 가상의 의사결정 문제를 AHP 웹 의사결정시스템에 적용하여 시스템의 기능과 사용방법 등을 예시한다. 여기서 고려하는 문제는 어느 대학교 정문 앞에 새로 개설하려고 하는 음식점 업종을 결정하는 것으로서, 세 개의 대안 (햄버거, 치킨, 국수) 중에서 선택하는 것이다. 이 문제는 숭실대학교 정보통계학과 2000년 1학기 의사결정론 과목을 수강한 4학년 학생 20명을 대상으로 의견을 수집하였다.

관리자가 아이디와 패스워드를 입력하여 로그인한 후 [새로운 설문등록]을 선택하면 그림 4.1와 같은 화면이 나타난다. 이 화면에서 설문지의 기초자료가 되는 설문의 제목, AHP 계층구조(트리)의 총 층수, 설문예상인원, 설문시작날짜, 설문마감날짜, 설문에 대한 상세설명 등을 작성한다. 각 설문지에는 고유의 tree ID가 부여되고 이를 이용하여 모든 관리작업이 이루어지며, 입력된 설문예상인원에 따라 응답자별로 고유의 아이디를 부여하여 모든 응답자를 관리한다. 설문작성 2단계 화면은 1단계에서 입력한 계층구조의 층수를 이용하여 동적으로 생성된다. 앞에서 입력한 층수에 따라 총 층수는 4층으로 만들어지며, 2단계 화면에서는 각 층에서의 노드의 개수와 각 층의 제목을 입력한다. 설문작성 3단계에서는 전 단계에서 입력된 계층구조 층수와 각 층에서의 노드의 개수에 따라 각 노드의 제목을 입력한다. 4단계에서는 계층구조의 상위층과 하위층의 연결관계를 설정해 준다.

이렇게 등록된 설문(문제)은 관리자가 언제라도 확인 또는 분석할 수 있으며 동시에 여러 설문을 진행할 수도 있다. [등록된 설문 작업]의 메인 화면에서는 그림 4.2와 같이 현재 등록된 모든 설문의 리스트를 보여준다. 관리자는 이중에서 한 가지를 선택하여 선택된 설문에 관하여 여러 가지 작업을 할 수 있다. 설문 리스트에서 해당 설문을 선택하면 그에 관한 상세정보를 확인하고 관리할 수 있으며, 여기서 [설문구조보기] 메뉴를 클릭하면 보고자

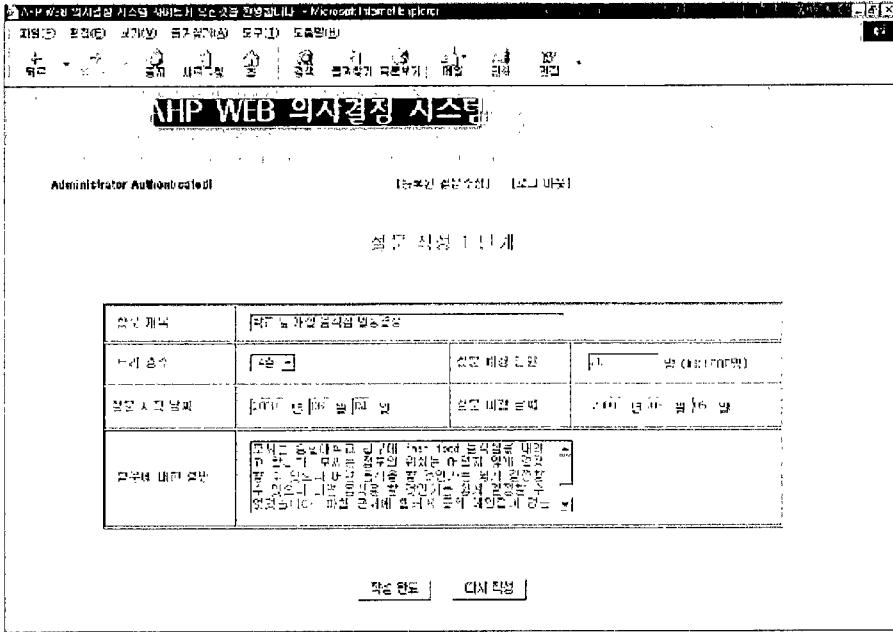


그림 4.1: 관리자의 설문등록 1단계 화면

하는 설문의 계층구조를 그림 4.3과 같이 보여준다. 그림 4.3에는 관리자가 입력한 설문과 계층구조에 관한 정보가 표시되어 있다. 각 층의 노드 제목은 하단 표에 있으며 (그림에는 4층이 나오지 않았지만), 노드간의 연결관계는 pop-up 화면에 그려져 있다. 이 [설문구조보기] 메뉴는 응답자 화면에서도 동일하게 작동한다.

등록된 설문의 수정은 [설문수정] 메뉴에서 가능하며 수정할 수 없는 항목은 고칠 수 없도록 레이블 상자에 표시만 하여 준다. 설문수정은 설문작성과 마찬가지로 각 단계별로 이루어지며 그 방법은 설문작성 방법과 동일하다. 응답이 이미 시작된 설문은 수정할 수 없다.

설문의 응답자들은 자신에게 배정된 아이디와 패스워드를 사용하여 응답자 로그인을 해야 한다. 설문지별로 응답자 아이디는 유일하게 부여되므로 응답자가 로그인에 성공하면 응답해야 할 설문으로 자동으로 이동하여 자신이 응답할 설문의 상세 정보를 확인할 수 있다. 이 단계에서 응답자도 그림 4.3과 같은 설문의 계층구조를 볼 수 있다(JDBC 드라이버가 설치되어 있는 경우). 설문응답에 들어가면 그림 4.4와 같은 쌍별비교 화면이 나오는

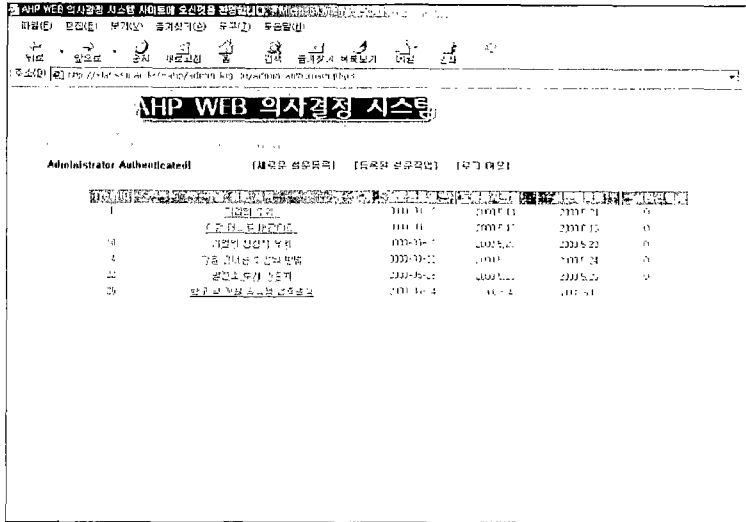


그림 4.2: [관리자/등록된 설문 작업]의 메인 화면

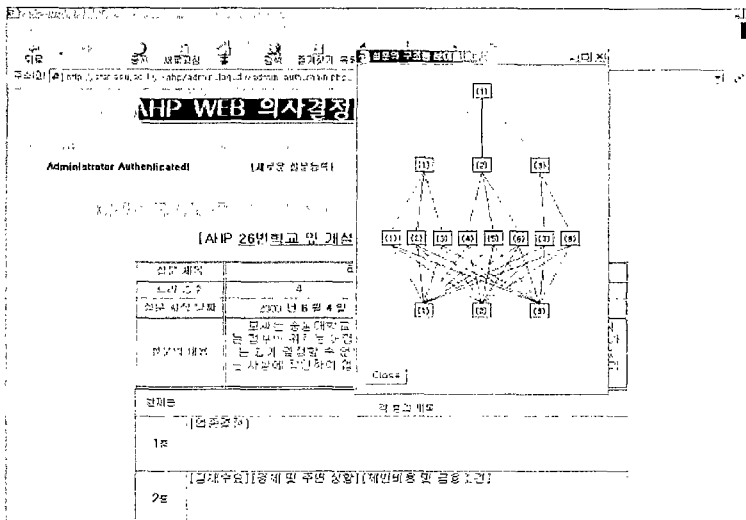


그림 4.3: 설문지의 상세정보 및 계층구조 화면

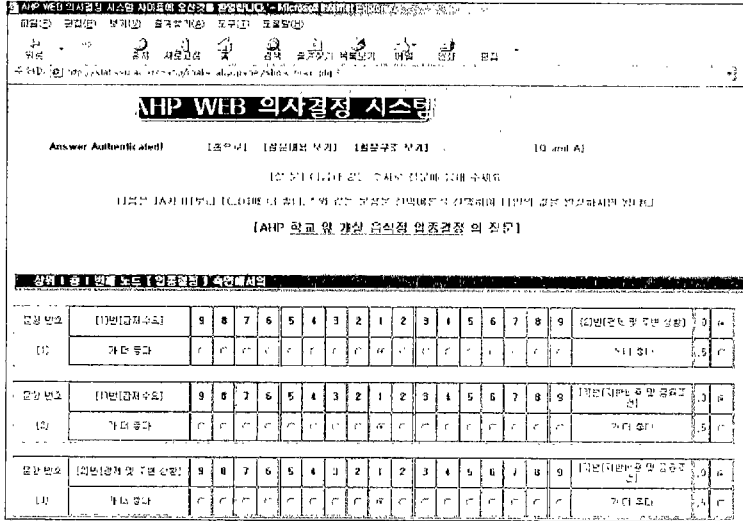


그림 4.4: 응답자 화면 - 쌍별비교 1단계

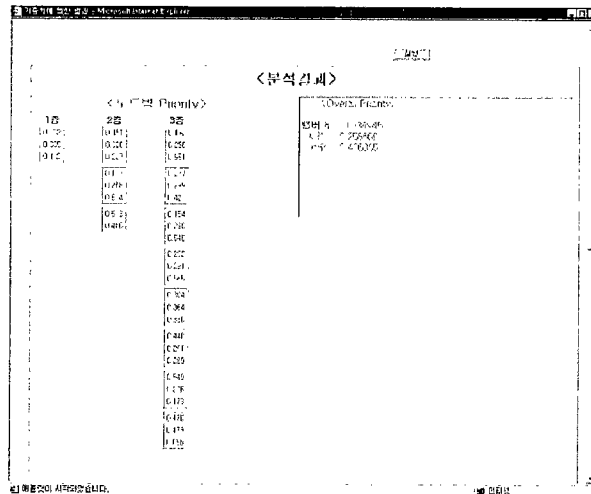


그림 4.5: Method 2에 의한 분석결과 화면

대 상단 타이틀은 상위 층의 제목을 보여주고 하단 테이블은 상위 층과 관련이 있는 하위 층 노드들의 쌍별비교를 보여준다. 이 화면에서 두 개를 비교하여 자신이 선호하는 항목을 골라 몇 배나 더 선호하는지 또는 중요한지 체크하면 된다.

분석결과는 기하평균에 의한 Method 1과 2절의 방법에 의한 Method 2의 두 가지를 선택할 수 있으며, Method 2를 선택하면 먼저 사전분포의 모수인 α_i 를 입력해야 하고 이 값에 의한 결과화면은 그림 4.5와 같다. Method 1에 의한 결과화면도 비슷한 양식을 갖는다. 그림 좌측으로 각 노드별 중요도(priority)가 주어지며 우측에는 주어진 대안에 대하여 최종적으로 계산된 Overall Priority가 생성된다.

5. 결론

AHP 웹 의사결정시스템은 베이지안 의사결정론에 의한 집단 의사결정을 이용하여 전문가의 의견을 웹 상에서 수집, 분석하여 AHP의 최종대안을 제시해 주는 의사결정 도구이다. 이 시스템은 계층구조와 설문 작성, 설문관리, 설문응답의 웹 서버이 기능과 관리자가 AHP 의견종합방법을 선택하여 최종대안을 제시하는 분석기능을 갖고 있다.

AHP 웹 의사결정시스템은 동시에 다수 개의 문제에 대한 설문응답을 진행할 수 있으며, 관리자가 웹 기반에서 직접 계층구조와 설문을 작성하고 관리하여 신속하고 정확한 의견수렴이 가능하다. 또한 응답자 아이디가 문제별로 유일하게 부여되므로 응답자가 로그인하면 자동으로 해당 문제의 설문으로 이동하도록 하여 혼선을 없애고 응답자의 편의를 구현하였다.

이 시스템은 통계학과 경영과학의 이론을 실제 문제 해결에 적용할 수 있도록 구현한 시스템으로서, 그 이용범위와 가능성이 매우 크다고 할 수 있다. 현재 시스템에서 선택할 수 있는 분석방법은 두 개로 제한되어 있으나 새로운 분석방법(김성철, 2000)과 관리자의 파라미터 값에 따른 민감도분석을 추가함으로써 시스템의 개선이 가능하다.

현재 이 시스템은 'http://stat.ssu.ac.kr/~ahp/default.php3'에 설치되어 운용되고 있다. 소프트웨어의 특성상 많은 부분을 관리자가 직접 운영하게 되어 있으나, 관심있는 분들의 조언을 구하기 위하여 'guest'로 들어오면 모든 부분을 사용할 수 있게 하였다.

감사의 글

본 논문에 대하여 여러 가지 귀중한 조언을 주신 두 분의 심사위원님께 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] 김성철 (2000). Dirichlet 확률모형을 이용한 AHP 중요도 결합방법, <대한산업공학회지>, 26(3), 212-219.
- [2] 김성철, 어하준 (1994). AHP 가중치 결정에서의 다수 전문가 의견종합 방법, <한국경영과학회지>, 19(3), 41-51.
- [3] 우춘식, 김광용, 강성범 (1997). LOGIT분석과 AHP분석을 이용한 부도예측모형의 비교 연구, <재무관리연구>, 14(2), 229-252.
- [4] 유재우, 최종명, 최재영 (1999). <프로그래머를 위한 Java2>, 홍릉과학출판사, 서울.
- [5] 정진호 (2000). <PHP Web-DB Programming Guide>, 동일출판사, 서울.
- [6] DeGroot, M.H. (1970). *Optimal Statistical Decisions*, McGraw-Hill, New York.
- [7] Johnson, N.L. and Kotz, S. (1972). *Distributions in Statistics: Continuous Multivariate Distributions*, John Wiley, New York.
- [8] Lindley, D.V. (1984). Reconciliation of Discrete Probability Distributions, *In Bayesian Statistics II*, J. Bernardo, M. H. DeGroot, D. V. Lindley, and A. F. M. Smith (Eds.). Valencia Press, Valencia.
- [9] Saaty, T.L. (1990). *The Analytic Hierarchy Process*, RWS Publication, Pittsburgh, PA.
- [10] Saaty, T.L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, RWS Publication, Pittsburgh, PA.
- [11] Stone, M. (1961). The Linear Opinion Pool, *Annals of Mathematical Statistics*, Vol **32**, 1339-1342.

Question Mark, <http://www.qmark.com>

Survey Plus, http://www.archtelecom.com/Product_Showcase/products/survey.htm

Survey Win, <http://www.raosoft.com/products/surveywin>

WWW Survey Assistant, <http://or.psychology.dal.ca/~wcs/hidden/home.html>

[2001년 1월 접수, 2001년 6월 채택]

An Internet-based AHP Group Decision Making System

Sung-Chul Kim¹⁾ Gunseog Kang²⁾ Jung-Jin Lee³⁾

ABSTRACT

The Analytic Hierarchy Process(AHP) has been widely used in decision making. It can be used in group decision if two conditions are met: first, the opinions of multiple experts are to be combined and second, it should be done in a correct and efficient way. In this paper, a Bayesian approach to obtain a single priority from the pairwise matrices of multiple experts is summarized, and an AHP group decision making system is developed and implemented based on this methodology. With this system, a decision maker can structure hierarchies, form questionnaires, collect opinions, and analyze data on line. The characteristics of the system are described and a hypothetical example is used to illustrate the functions, usage and some screen designs of the system.

Keywords: Analytic Hierarchy Process; Group decision making; Bayesian decision making; Hierarchy structure.

1) Associate Professor, Department of Statistics, Soongsil University.

E-mail: sckim@stat.soongsil.ac.kr

2) Professor, Department of Statistics, Soongsil University.

E-mail: gskang@stat.soongsil.ac.kr

3) Professor, Department of Statistics, Soongsil University.

E-mail: jjlee@stat.soongsil.ac.kr