

## 정보 보안 방안 선택을 위한 퍼지 AHP 방법의 비교 검토\*

이 경 근\*\* · 류 시 욱\*\*\*

### 〈목 차〉

I. 서론	V. 정보 보안 방안 선택을 위한 퍼지 AHP 방법들의 적용 사례와 비교
II. 관련 연구	5.1 복합 퍼지 값 방법
2.1 정보 보안	5.2 Shannon entropy 방법
2.2 퍼지 AHP 활용	5.3 U-uncertainty 방법
III. 퍼지 AHP 방법의 비교	VI. 결론
3.1 복합 퍼지 값 방법	참고 문헌
3.2 Shannon entropy 방법	Abstract
3.3 U-uncertainty 방법	
IV. 정보 보안 방안 평가 항목	

## I. 서론

기업의 정보화는 자동화와 더불어 모든 계획과 운영의 필수 불가결한 요소로 기업에서의 정보 의존도는 더욱 더 높아지고 있다. 이에 따라 기업 정보가 단절 또는 누락되거나 혹은 중요 정보가 외부로 유출되거나 외부로부터 침해가 발생된다면 기업 활동에 치명적인 손실을 야기할 수 있다. 이러한 정보의 가치가 증가함에 따라 정보 보안의 문제는 정보화와 더불어 기업의 성패를 좌우할 중요한 분야로 정착되었다.

이와 같은 상황에서 정보 보안을 위한 여러 가지 방안과 제도를 도입하거나 이미 도입된 방안의 재검토를 위한 정보 보안 방안의 평가에 대한 연구가 필요한 실정이다.

특히 정보 보안은 관리적 측면, 물리적 측면, 시스템적 측면 등 여러 측면에서의 평가와 비교를 통하여 기업 환경에 적합한 정보 보안 방안을 선택하게 된다. 선택을 위한 다양한 측면에는 정량적 측면은 물론 정성적 측면도 상당히 중요하게 작용하여 이들을 객관적으로 평가하는 방법의 중요성이 인식되어 AHP 방법이 소개된 이후 퍼지(Fuzzy)개념으로 확장 보완된 퍼지 AHP 방

\* 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음

\*\* 부산대학교 산업공학과 교수, kkleee@pusan.ac.kr

\*\*\* 한중대학교 공학부 교수, swkryu@hanzhong.ac.kr

법들이 연구 발표되었다.

그러나 퍼지 AHP 방법은 연구자에 따라 퍼지 개념을 어떻게 평가 방법에 적용하는가에 따라 여러 가지의 방법들이 제시되었다. 본 연구에서는 정보 보안 방안 선택을 위한 평가 항목들을 문헌 조사를 통하여 종합하여 정리하고 이들 평가 항목의 평가에 퍼지 AHP 방법을 적용하여 각 방법의 차이를 수치 예제를 통하여 비교 분석하고 또한 퍼지 이론에 의한 정보의 불확실성을 고려한 새로운 방법을 제시하여 여러 가지의 퍼지 AHP 방법들을 비교 검토하고자 한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 정보 보안

정보 보안의 정의를 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology) (1995)에서는 정보시스템을 구성하는 H/W, S/W, Data, 정보통신 및 각종 자원의 기밀성, 무결성, 가용성을 보장하기 위한 자동화된 정보시스템의 보안과 보호라고 하고 있으며 OECD(2002)는

정보시스템의 기밀성, 무결성, 가용성의 결여로 초래되는 손해로부터 정보시스템의 안전한 유지 보안에 의해 얻어지는 이익을 보호하는 것으로 규정하고 있다. 즉, 정보 보안은 정보의 정확성 유지와 정보이용과 서비스의 연속성을 보장하고 정보의 유출을 방지하는 것이 주된 목적이라고 할 수 있다. 다시 말하면 무결성, 가용성, 기밀성, 인증성을 유지 보호하기 위한 제반 활동이다.

오늘날 정보시스템은 오픈 네트워크인 인터넷을 통해 정보에 접근하는 환경으로 변모하고 있다. 특히 금융과 같은 서비스는 정보 보안이 사용자의 선택에 직접적인 영향을 주는 것으로 밝혀졌다(이용규, 2005). 그리고 김종기(1998), 김종기 등(2006)은 인터넷을 통해 점점 개방화 되는 추세 속에서 외부의 보안 위협과 바이러스 등으로부터 정보시스템을 보호할 방안마련이 필수적임을 강조하고 있다.

정보 보안 평가 항목 체계는 정희조 등(2004)에 의하여 문헌 조사를 통하여 항목 체계를 제시하고 있으나 평가 영역과 세부 항목이 너무 많아 항목들 사이의 중복이 심한 측면이 있다. 그 밖의 연구자에 의한 세부 평가 항목은 <표 1>과 같다.

<표 1> 세부 평가 항목

세부 평가 항목	김기윤/나완식 (2000)	Barnard (1998)	Rossouw (1998)
지 원 조 직	O	O	O
정 책	X	O	O
인 적 보 안	O	X	O
보 안 구 역	O	O	O
접근통제기술	O	O	O
재해대비설비	X	O	O
백 업/복 구	X	O	X
네트워크OS보안	O	O	O
접 근 통 제	O	O	O

## 2.2 퍼지 AHP 활용

그 동안 여러 방면에 퍼지 AHP를 적용한 논문들이 많이 발표되었다. 대부분 제조업 시스템의 선택, 군수 물자의 평가와 선택, 정보 기술 관련 솔루션의 평가에 관한 연구가 대부분을 이루고 있다(Cheng, 1996; Bozdag et al., 2003; 김수영 등, 2005).

그러나 퍼지 AHP 방법은 퍼지 수 또는 퍼지 집합을 계산하기 편한 비 퍼지 수(non-fuzzy number)나 비 퍼지 집합(non-fuzzy set)으로 변환하기 위한 비 퍼지화(defuzzification)의 방법에 따라 여러 가지 퍼지 AHP 방법이 연구자에 따라 각 활용 분야에 각각 적용되어 왔다. 이에 따라 동일한 문제에 어떠한 방법을 어느 정도 적용하는가에 따라 각 각 상이한 결과를 나타내게 되며 결국 또 다시 어떤 방법에 의한 결과를 취할 것인가에 대하여 다시 한 번 의사 결정을 할 수 밖에 없다.

## Ⅲ. 퍼지 AHP 방법의 비교

### 3.1 복합 퍼지 값 (fuzzy synthetic degree value) 방법

Zhu et al.(1996)은 삼각 퍼지 수(triangular fuzzy number)의 이론에 의하여 퍼지 판단 행렬(fuzzy judgement matrix)과 복합 퍼지 값(fuzzy synthetic degree value)을 구하는 방법을 제안하여 유전 개발 후보지 선택에 이 방법을 적용하였다. 또한 Bozdag et al.(2003)은 CIM 선택에 복합 퍼지 값에 의한 적용 방법을 소개하고 있다.

이 방법의 적용 절차는 아래와 같다.

Step 1. 삼각 퍼지 수에 근거한 퍼지 판단 행렬을 구한다.

$n$  항목에 대하여 항목별 비교를 통하여 삼각 퍼지 수로 구성된 퍼지 판단 행렬을 구한다.

$a_{ij} = [l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}]$ 는 퍼지 판단 행렬  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 의 한 요소로  $l_{ij}$ 와  $u_{ij}$ 는 삼각 퍼지 수의 밑변의 양쪽 값(하한 값과 상한 값)을,  $m_{ij}$ 는 위 꼭짓점에 해당되는 값을 말한다.  $m_{ij}$ 는 AHP 방법에서와 같이 1에서 9까지의 정수 값을 갖는다.

Step 2. 복합 퍼지 값을 구한다.

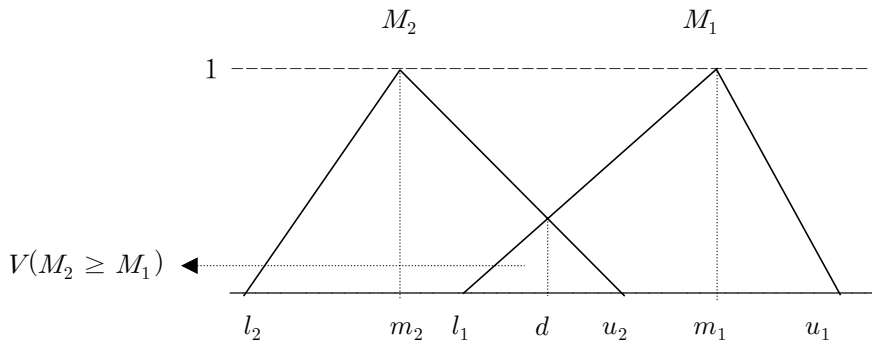
$n$  항목에 대한 복합 퍼지 값을 아래와 같이 정의하고 그 값을 구한다.

$$S_i = \left( \sum_{j=1}^n l_{ij}, \sum_{j=1}^n m_{ij}, \sum_{j=1}^n u_{ij} \right) \otimes \left( \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n u_{ij}, \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n m_{ij}, \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n l_{ij} \right)^{-1} \quad (i, j=1,2,\dots,n)$$

위 식에서 구한 각 항목의 복합 퍼지 값 역시 삼각 퍼지 수로 표현되며 하한 값, 꼭짓점 값(중간 값), 상한 값을 갖는다.

Step 3. 각 각의 항목들 간의 가능성 정도(degree of possibility)를 구한다.

삼각 퍼지 수  $M_1$ 과  $M_2$ 가 존재하며 그 범위는 아래의 그림과 같다고 하자.



<그림 1> 삼각 퍼지 수  $M_1$ 과  $M_2$ 의 교차

삼각 퍼지 수  $M$ 이  $k$  개의 다른 삼각 퍼지수보다 클 가능성 정도는 다음과 같이 정의한다.

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] \\ = \min V(M \geq M_i) \quad i = 1, 2, 3, \dots, k$$

따라서  $M_1$ 과  $M_2$ 를 비교하기 위해서는  $V(M_1 \geq M_2)$ 와  $V(M_2 \geq M_1)$ 의 값이 필요하며 위의 그림으로부터 아래의 관계식을 구한다.

$$V(M_1 \geq M_2) = 1 \text{ iff } m_1 \geq m_2$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, \quad l_1 \leq u_2$$

Step 2에서 구한 항목들 간의 복합 퍼지 값으로부터  $V(S_i \geq S_j)$ 를 구한 후  $W'_i = \min V(S_i \geq S_j)$ 를 구하고  $W' = (W'_1, W'_2, \dots, W'_n)^T$ 를 표준화(normalize)하면 표준화된 가중치 벡터  $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ 을 얻게 된다.

### 3.2 Shannon entropy 방법

Cheng(1996)은 Shannon entropy 중요도에 의한 퍼지 AHP 방법으로 대안의 종합 평가 점수를 구하는 방법을 제안하였다. 이 방법의 절차는 아래와 같다.

Step 1. 세부 평가 항목 별로 적용할 소속도 함수(membership function)를 결정한다.

Step 2. 소속도 함수에 의한 대안들의 평가 점수를 구한 후 평가 영역의 세부 항목의 평가점수를 합하여 대안들의 평가 영역 점수를 결정한다.

Step 3. 위 점수를 고려하여 평가 영역의 대안들의 중요도를 AHP 방법과 같은 방법으로 결정하되 여기에서의 중요도 점수는 퍼지 중요도 점수로 삼각 퍼지 수라고 가정한다. 이와 같은 방법으로 모든 평가 영역에 대한 대안들의 퍼지 판단 행렬을 구한다.

퍼지 판단 행렬  $A' = (a'_{ij})_{n \times n}$ 의 요소  $a'_{ij}$ 는 삼각 퍼지수의 하한 값과 상한 값으로만 구성된다. 즉  $a'_{ij} = [l_{ij}, u_{ij}]$ 으로 표시된다. 평가 항목에 대한 주관적 퍼지 중요도 벡터  $W' = [(w_{11}, w_{u1}), (w_{12}, w_{u2}), \dots, (w_{1n}, w_{un})]^T$ 라고 하면  $A'$ 와  $W'$ 를 곱하여 종합 퍼지 판단 행렬  $\tilde{A}$ 를 구한다.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (l_{11}, u_{11}) & (l_{12}, u_{12}) & \dots & (l_{1n}, u_{1n}) \\ (l_{21}, u_{21}) & (l_{22}, u_{22}) & \dots & (l_{2n}, u_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (l_{n1}, u_{n1}) & (l_{n2}, u_{n2}) & \dots & (l_{nn}, u_{nn}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (w_{11}, w_{u1}) \\ (w_{12}, w_{u2}) \\ \vdots \\ (w_{1n}, w_{un}) \end{bmatrix}$$

$\tilde{A}$  행렬의 요소  $\tilde{a}_{ij} = (w_{ij}l_{ij}, w_{uj}u_{ij})$ 는 상한 값과 하한 값을 갖게 된다. 이 범위는  $\alpha$ -cut 값 ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )을 이용하여 퍼지 정도를 조정할 수도 있다.

Step 4.  $\tilde{A}$ 의 요소  $\tilde{a}_{ij}$ 의 상한 값과 하한 값의 선형 결합으로 퍼지수를 비 퍼지화한다.

비 퍼지화한 새로운 행렬  $\tilde{\tilde{A}}$ 의 요소는  $\tilde{\tilde{a}}_{ij} = (1-\lambda)w_{ij}l_{ij} + \lambda w_{uj}u_{ij}$ 으로 결정된다.

$\tilde{\tilde{A}}$ 는 비 퍼지화된 종합 판단 행렬이다.

Step 5. 각 대안의 Shannon entropy 중요도를 구한다.

행렬  $\tilde{\tilde{A}}$ 의 각 열의 합  $\tilde{s}_k = \sum_{j=1}^n \tilde{\tilde{a}}_{kj}$  ( $k=1, 2, \dots, n$ )을 구한 후 각 열의 요소를  $\tilde{s}_k$ 로 나누어 아래의 행렬을 구한다.

$$\tilde{\tilde{\tilde{A}}} = \begin{bmatrix} \frac{\tilde{\tilde{a}}_{11}}{\tilde{s}_1} & \frac{\tilde{\tilde{a}}_{12}}{\tilde{s}_1} & \dots & \frac{\tilde{\tilde{a}}_{1n}}{\tilde{s}_1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\tilde{\tilde{a}}_{n1}}{\tilde{s}_n} & \frac{\tilde{\tilde{a}}_{n2}}{\tilde{s}_n} & \dots & \frac{\tilde{\tilde{a}}_{nn}}{\tilde{s}_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \dots & f_{nn} \end{bmatrix}$$

위의 행렬을 이용하여  $i$  번째 대안의 Shannon entropy 중요도는  $W_i = - \sum_{j=1}^n f_{nj} \log_2 f_{nj}$ 로 구한 후 표준화하면 각 대안의 중요도를 구할 수 있다.

### 3.3 U-uncertainty 방법

위의 Shannon entropy 방법에서는 평가 영역에 대한 대안들의 퍼지 판단 행렬과 평가 항목에 대한 주관적 퍼지 중요도 벡터를 단지 퍼지수의 하한 값과 상한 값으로만 표시하였을 뿐 아니라 이들 행렬과 벡터의 곱으로 나타나는 종합 퍼지 판단 행렬 역시 하한 값과 상한 값으로만 표시되는 퍼지 수를 갖는다. 그러나 퍼지 수를 삼각 퍼지 수 형태로 표시한다고 하면 (하한 값, 중간 값, 상한 값)으로 표시하는 방법으로 3-2의 행렬과 벡터를 확장 표시하도록 하며 또한 종합 퍼지 판단 행렬로부터 구해지는 퍼지 수의 비 퍼지화에서도 하한 값, 중간 값과 상한 값에 의사 결정자의 판단에 따르는 비중을 고려하면 삼각 퍼지 수뿐 만 아니라 다양한 퍼지 수를 비 퍼지화할 수 있다. 이러한 점을 고려하여 3-2의 방법을 수정 보강하면 다음과 같다.

Step 1.과 Step 2.는 변함없음.

Step 3.  $a'_{ij} = [l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}]$ 으로  $W' = [(w_{11}, w_{m1}, w_{u1}), \dots, (w_{1n}, w_{mn}, w_{un})]^T$ 으로 변경,  $\bar{A}$  행렬의 요소  $\bar{a}_{ij} = (w_{l_j} l_{ij}, w_{m_j} m_{ij}, w_{u_j} u_{ij})$ 으로 변경한다.

Step 4.  $\tilde{A}$  행렬의 요소  $\tilde{a}_{ij} = \alpha w_{l_j} l_{ij} + \beta w_{m_j} m_{ij} + \gamma w_{u_j} u_{ij}$  ( $0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1, \alpha + \beta + \gamma = 1$ )으로 수정 변경한다.

3-2에서는 불확실한 퍼지 정보의 측정치로 Shannon entropy를 구하여 최종 중요도로 결정하였으나 본 연구에서는 불확실한 정보의 측정치로 U-uncertainty 중요도를 구하여 Shannon entropy 중요도와 비교하고자 한다. U-uncertainty 중요도를 구하기 위하여 Step 5는 아래와 같이 변경된다.

Step 5. 각 대안의 U-uncertainty 중요도를 구한다.

(하한 값, 중간 값, 상한 값)으로 표시한 퍼지 수로 수정된  $\tilde{A}$ 의 각 요소를  $f''_{ij}$ 라고 하자.  $i$  번째 대안의 평가 영역  $j$ 의 비 퍼지 중요도 ( $f''_{ij}$ )를 크기 순서로 나열한다. 나열된 값을  $(\rho_1^i, \rho_2^i, \dots, \rho_n^i, \rho_{n+1}^i)$ 이라고 하면  $\rho_1^i \geq \rho_2^i \geq \dots \geq \rho_n^i$ 이며  $\rho_{n+1}^i = 0$ 로 한다.

$i$  번째 대안의 U-uncertainty 중요도는  $U_i = \sum_{j=1}^n (\rho_j^i - \rho_{j+1}^i) \log_2 j$ 으로 구하며 표준화하게 되면 각 대안의 U-uncertainty 중요도를 구할 수 있다.

이상 두 가지 퍼지 AHP 방법을 소개하고 퍼지 정보의 밀도를 고려하여 종합 판단 행렬로부터 비 퍼지화 하기위한 개선된 선형 결합을 제안하고 퍼지 수의 불확실 정보의 측정치로 U-uncertainty 중요도를 제안하여 위의 세 가지 방법을 사례를 통하여 비교하고자 한다.

#### IV. 정보 보안 방안 평가 항목

기존 연구에 의한 세부 평가 항목들을 정리하여 시스템 보안 측면, 보안 정책 측면, 물리적 보안 통제 측면이라는 세 가지 측면을 고려하고 각 각의 측면의 하부 요인의 평가항목을 각 각 세 가지를 고려하기로 한다.

정보 보안의 중요성이 나날이 증가하고 보안의 취약으로 인한 피해 규모도 나날이 커지고 있는 상황을 고려하여 예산 항목을 세부 평가 항목으로 독립시켰으며 일부 중복 내용을 통합하여 정보 보안 방안 평가 영역과 세부 평가 항목을 아래와 같이 정리하였다.

평가 영역	세부 평가 항목	주요내용
보안 정책 측면	조직	보안 조직, 조직의 독립성, 정책수립
	예산	보안 예산 규모, 예산의 독립성
	인적자원	전문성, 교육 훈련, 인적 보안
시스템 보안 측면	하드웨어	백업 운영, 복구 계획 및 절차
	소프트웨어	개인 PC 보안, 바이러스, 해킹 방지
	데이터베이스	무결성 보장, 접근 방지, 접근 권한
물리적 보안 통제측면	보안 구역	제한 구역의 분리, 접근 권한의 구분
	재해 대비	화재 보호, 비상 탈출
	통제 기술	출입 및 접근 통제, 추적성, 암호 관리

#### V. 정보 보안 방안 선택을 위한 퍼지 AHP 방법들의 적용 사례와 비교

위의 세 가지 퍼지 AHP 방법을 정보 보안 방안 선택에 적용하여 각 방법 간의 비교 검토를 위하여 세 가지 방안을 검토하기로 한다.

##### 5.1 복합 퍼지 값 방법

세 가지 평가 영역, 보안 정책(PL), 시스템 보안(SY)과 보안 통제(CN)에 대한 퍼지 판단 행렬은

아래와 같다.

<표 2> 평가 영역의 퍼지 판단 행렬

	PL	SY	CN
PL	(1, 1, 1)	(1/4, 1/2, 1)	(1, 3, 5)
SY	(1, 2, 4)	(1, 1, 1)	(3, 5, 7)
CN	(1/5, 1/3, 1)	(1/7, 1/5, 1/3)	(1, 1, 1)

위의 <표 2>로부터 아래의 복합 퍼지 값을 구한다.

$$S_{PL} = (2.25, 4.5, 7) \otimes (8.593, 14.033, 21.333)^{-1} = (0.105, 0.321, 0.815)$$

$$S_{SY} = (5, 8, 12) \otimes (8.593, 14.033, 21.333)^{-1} = (0.234, 0.570, 1.396)$$

$$S_{CN} = (1.343, 1.533, 2.333) \otimes (8.593, 14.033, 21.222)^{-1} = (0.063, 0.109, 0.272)$$

위의 복합 퍼지 값을 이용하여 다음의 결과를 얻을 수 있다.

$$V(S_{PL} \geq S_{SY}) = (0.234-0.815)/((0.321-0.815)-(0.570-0.234)) = 0.7,$$

$$V(S_{PL} \geq S_{CN}) = 1, V(S_{SY} \geq S_{PL}) = 1, V(S_{SY} \geq S_{CN}) = 1,$$

$$V(S_{CN} \geq S_{PL}) = 0.441, V(S_{CN} \geq S_{SY}) = 0.076$$

$$W'_{PL} = \min ( V(S_{PL} \geq S_{SY}), V(S_{PL} \geq S_{CN}) ) = \min ( 0.7, 1 ) = 0.7,$$

$W'_{SY} = 1, W'_{CN} = 0.076$  을 얻는다.  $W' = (0.7, 1, 0.076)$ 을 표준화 하면 평가 영역의 중요도

$W = (0.394, 0.563, 0.043)$ 을 구하게 된다.

평가 영역 별 세 가지 방안 (A, B, C)의 퍼지 평가 행렬은 아래와 같다.

<표 3> 보안 정책의 각 방안의 퍼지 평가 행렬

	A	B	C
A	(1, 1, 1)	(1/4, 1/2, 1)	(1/7, 1/5, 1/3)
B	(1, 2, 4)	(1, 1, 1)	(1/5, 1/3, 1)
C	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 1, 1)

<표 4> 시스템 보안의 각 방안의 퍼지 평가 행렬

	A	B	C
A	(1, 1, 1)	(4, 6, 8)	(1, 2, 4)
B	(1/8, 1/6, 1/4)	(1, 1, 1)	(1/5, 1/3, 1)
C	(1/4, 1/2, 1)	(1, 3, 5)	(1, 1, 1)



<표 5> 보안 통제의 각 방안의 퍼지 평가 행렬

$$\begin{matrix} & A & B & C \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \end{matrix} & \begin{bmatrix} (1, 1, 1) & (1/4, 1/2, 1) & (1, 2, 4) \\ (1, 2, 4) & (1, 1, 1) & (2, 4, 6) \\ (1/4, 1/2, 1) & (1/6, 1/4, 1/2) & (1, 1, 1) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

방안 A, B, C의 평가 영역 별 점수와 총점은 같은 방법으로 계산하면 아래와 같다.

평가 영역	A	B	C
보안 정책	0.046	0.274	0.680
시스템 보안	0.623	0.0	0.377
보안 통제	0.355	0.529	0.116
총 점	0.384	0.131	0.485

<표 2>, <표 3>, <표 4>, <표 5>의 퍼지 행렬의 요소 ( $l_{ij}$ ,  $m_{ij}$ ,  $u_{ij}$ )는 먼저  $m_{ij}$ 를 일반 AHP 방법과 같이 정한 후  $u_{ij} = \min(9, m_{ij}+2)$ ,  $l_{ij} = \max(1, m_{ij}-2)$ 로 결정하고 대칭된 요소는 위의 값의 역수를 취한 퍼지 정도를 “2”로 결정한 삼각 퍼지 행렬이다.

위의 방법으로 퍼지 정도가 “1”이 삼각 퍼지 행렬에 의하여 방안 A, B, C의 결과는 아래와 같다.

평가 영역	중요도	방안 A	방안 B	방안 C
보안 정책	0.319	0.0	0.055	0.945
시스템 보안	0.681	0.761	0.0	0.239
보안 통제	0.0	0.322	0.678	0.0
최종 점수		0.518	0.018	0.464

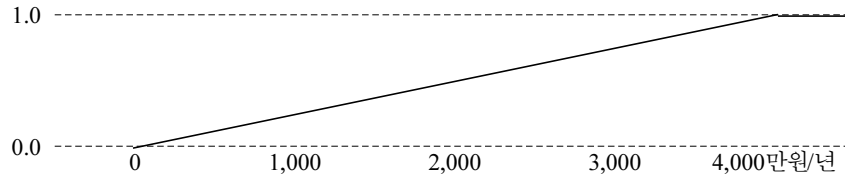
퍼지 정도가 작아질수록 복합 퍼지 값에 의한 퍼지 삼각형의 상한 값과 하한 값의 차이가 작아지며 따라서 가중치의 비중이 한쪽으로 쏠리는 경향을 보여 각 방안에 대한 최종 순위가 바뀔 수 있음을 알 수 있다. 한편 위의 방법을 세부 평가 항목으로 쉽게 확장하여 적용할 수도 있다.

## 5.2 Shannon entropy 방법

먼저 각 세부 평가 항목의 소속도 함수를 결정한다. 즉 9가지의 세부 평가 항목 중 예산 항목을 제외한 모든 항목은 정성적으로 평가하여 평가 내용의 소속도 점수는 아래와 같이 결정된다.

평가 내용	매우 충분	충분	보통	부족	매우 부족
소속도 점수	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2

한편 예산 항목의 소속도 함수는 아래와 같다.



<그림 2> 예산 평가 항목의 소속도 함수

방안 A, B, C의 각 세부 항목별 소속도 점수는 아래와 같다.

평가 영역	세부 평가 항목	영역 내 중요도	방안 A	방안 B	방안 C
보안 정책	조직 예산	1	0.2	0.6	1.0
		7	1,000만원 (0.25)	2,000만원 (0.5)	4,000만원 (1.0)
	인적 자원	5	0.2	0.4	1.0
시스템 보안	하드웨어	1.5	0.8	0.2	0.4
	소프트웨어	1.0	1.0	0.2	0.6
	데이터베이스	1.0	0.8	0.2	0.4
보안 통제	보안 구역	1	0.8	1.0	0.4
	재해 대비	3	0.2	0.6	0.2
	통제 기술	5	0.4	0.8	0.4

각 방안의 소속도 점수에 영역 내 중요도를 곱하여 구한 표준화 점수는 아래와 같다.

평가 영역	보안 정책	시스템 보안	보안 통제
방안 A	0.134	0.582	0.279
방안 B	0.276	0.127	0.557
방안 C	0.590	0.291	0.164

위의 표준화 점수를 고려하여 평가 영역에 대한 각 대안들의 삼각 퍼지 판단 행렬을 구한다.  $m_{ij}$ 는 일반 AHP와 같은 방법으로 정하고 퍼지 정도를 고려하여  $l_{ij}$ 와  $u_{ij}$ 를 정한 후 행렬의 요소 값 중 상한 값과 하한 값만 취한 퍼지 판단 행렬( $A'$ )을 구한다.

평가 영역의 주관적 퍼지 중요도를 위의 방법과 같이 정한 후( $W'$ )  $A'$ 와  $W'$ 를 곱하여 종합 퍼지 판단 행렬( $\tilde{A}$ )을 구하면 아래와 같다.

$$\begin{array}{l} \tilde{A} = \text{방안 } A \\ \text{방안 } B \\ \text{방안 } C \end{array} \begin{array}{l} \text{PL} \\ \text{SY} \\ \text{CN} \end{array} \begin{bmatrix} (1.0, 3.0) & (2.5, 6.5) & (1.0, 3.5) \\ (1.0, 4.0) & (1.0, 3.0) & (1.5, 5.5) \\ (2.5, 6.5) & (1.0, 4.5) & (1.0, 3.0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (1.0, 5.0) \\ (4.0, 8.0) \\ (1.0, 3.0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 31 & 5.75 \\ 10.5 & 14 & 9.0 \\ 17.5 & 20 & 5.0 \end{bmatrix}$$

(주: 퍼지 정도를 “2”로  $\lambda=0.5$ 로 가정하였음)

$\tilde{A}$ 의 각 열의 요소를 각 열의 합으로 나눈 행렬( $\tilde{\tilde{A}}$ )을 구한 후 Shannon entropy를 구하고 표준화시키면 Shannon entropy 중요도를 얻게 된다.

	PL	SY	CN	Shannon entropy 중요도
$\tilde{\tilde{A}} = \text{방안 } A$	0.179	0.693	0.128	0.287
방안 B	0.313	0.418	0.269	0.376
방안 C	0.414	0.470	0.118	0.338

퍼지 행렬의 퍼지 정도와 평가 영역의 퍼지 중요도의 퍼지정도를 “1”로 하게 되면 방안 별 Shannon entropy 중요도는 (0.256, 0.404, 0.340)이 된다.

위의  $\tilde{A}$ 의  $(l_{ij}, u_{ij})$ 를 아래와 같이 변경한 경우의 방안 별 중요도를 보여준다.

	PL	SY	CN	Shannon entropy 중요도
$\tilde{A} = \text{방안 } A$	(1, 3)	(7, 9)	(1, 5)	0.265
방안 B	(1, 5)	(1, 3)	(5, 9)	0.403
방안 C	(7, 9)	(3, 7)	(1, 3)	0.332

이 방법에서 영역 내 중요도에 삼각 퍼지수를 쉽게 확장 적용 가능하다.

### 5.3 U-uncertainty 방법

5.2의 소속도 함수와 영역 내 중요도를 곱하여 구한 표준화 점수는 그대로 사용한다.  $\tilde{A}$ 를 구하기 위하여  $A'$ 와  $W'$ 의 퍼지수를 각각  $(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ 로 나타내어 종합 퍼지 행렬을 아래와 같이 구한다.

	PL	SY	CN	
$\tilde{A} = \text{방안 } A$	(1.0, 1.0, 3.0)	(2.5, 4.5, 6.5)	(1.0, 1.5, 3.5)	$\begin{bmatrix} (1, 3, 5) \\ (4, 6, 8) \\ (1, 1, 3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.67 & 28.33 & 2.92 \\ 7.50 & 8.67 & 5.33 \\ 14.83 & 16.67 & 2.33 \end{bmatrix}$
방안 B	(1.0, 2.0, 4.0)	(1.0, 1.0, 3.0)	(1.5, 3.5, 5.5)	
방안 C	(2.5, 4.5, 6.5)	(1.0, 2.5, 4.5)	(1.0, 1.0, 3.0)	

(주: 퍼지 정도는 “2”로  $(\lambda, \beta, \gamma)$ 는 (1, 4, 1)의 비율로 가정하였음)

	PL	SY	CN	U-uncertainty	중요도
$\tilde{A}$ = 방안 A	0.130	0.789	0.081		0.154
방안 B	0.349	0.403	0.248		0.430
방안 C	0.438	0.493	0.069		0.416

$A'$  와  $W'$  의 퍼지 정도를 “1”로 하는 경우의 방안 별 U-uncertainty 중요도는 (0.131, 0.442, 0.427) 이 된다.

## VI. 결론

정보 보안의 중요성은 정보의 가치가 증가함에 따라 그 중요성이 점점증하고 있다. 기업도 정보 보안을 위하여 각가지 방안과 제도를 도입하거나 이미 도입된 방안의 재검토를 위한 정보 보안 방안의 평가에 관심을 기울이고 있는 실정이다.

정보 보안 방안의 선택은 여러 가지 측면의 정성적 요인, 정량적 요인에 대한 합리적, 객관적 평가를 전제로 하기 때문에 평가 방법의 선택 역시 중요한 의사 결정임에 틀림없다. 본 연구는 정보 보안 방안의 평가 항목을 정리하고 정보 보안의 예산 항목을 추가하여 9가지 세부 평가 항목을 확정하고 3가지 세부 평가 항목들을 묶어 3가지 평가 영역으로 분류하였다. 평가 방법으로는 그 동안 연구 발표된 퍼지 AHP 방법들 가운데 삼각 퍼지 함수의 특성을 잘 살린 복합 퍼지 값 방법, 그리고 불확실한 퍼지 정보의 측정을 위한 Shannon entropy 방법을 정보 보안 방안 선택 사례에 적용하여 각 방법의 특성과 차이점을 비교 검토하였으며 불확실한 퍼지 값을 측정하기 위한 U-uncertainty 방법을 제시하고 퍼지 정보의 밀도를 고려한 확장된 비퍼지화 방안을 제시하였다. 사례에서의 결과를 비교하면 복합

퍼지 값 방법에서는 퍼지 정도의 차이에 따라 방안 선택의 순위가 변경될 수 있다. 한편 Shannon entropy 방법이나 U-uncertainty 방법에서는 평가 영역별 중요도의 차이가 큰 경우가 차이가 적은 경우보다 최종 중요도가 떨어지게 나타난다. 즉 Shannon entropy 방법이나 U-uncertainty 방법은 일부 평가에서는 상대적으로 아주 높은 중요도를 가지나 일부 평가에서는 아주 낮은 중요도를 갖는 대안보다는 모든 평가 항목에서 차이가 덜 나는 중요도를 갖는 대안이 선택되는 것을 볼 수 있다. 결국 어떤 퍼지 AHP 방법을 적용하는가에 따라 대안 선택이 다르게 결정될 뿐 아니라 퍼지 행렬의 요소를 이루는 퍼지 정도에 따라서도 대안 선택이 다르게 결정될 수 있음을 알 수 있다. 결국 퍼지 정도 결정이나 적용 방법의 결정 모두 의사 결정자의 결정일 수밖에 없다.

본 논문은 퍼지 AHP 방법에 불확실한 퍼지 측정 방법인 U-uncertainty 방법을 추가 도입하였으며 정보 보안 방안 평가 기준을 퍼지 AHP 방법의 적용에 적합하도록 정하고 사례를 통하여 퍼지 AHP 방법들의 결과를 비교 검토하였다. 본 연구에 추가하여 평가 기준의 중요도의 변화 및 퍼지 정보의 퍼지 정도의 변화에 따른 민감도 분석을 다양하게 수행하면 평가 기준 상호 관계

와 퍼지 AHP 방법의 상호 비교를 통하여 최종선택 의사 결정을 위한 다양한 자료를 제시할 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- 김기윤, 나관식, “취약성 평가에 의한 정보보호 지표의 계량화: 정보자산 가중치법,” 한국정보보호학회지, 제10권, 제1호, 2000, pp. 51-62.
- 김수영, 이승찬, “퍼지 AHP를 이용한 정보시스템 솔루션 선정 모델에 관한 연구,” *Entrue Journal of Information Technology*, 제4권, 제1호, 2005, pp. 79-89.
- 김중기, “정보시스템 보안의 효과성 모형에 관한 실증적 연구,” *정보시스템연구*, 제7권, 제2호, 1998, pp. 91-108.
- 김중기, 진진환, 임호섭, “정보 보안정책, 보안통제 및 사용자특성이 정보 보안효과에 미치는 영향- 컴퓨터 바이러스를 중심으로,” *정보시스템연구*, 제15권, 제1호, 2006, pp. 145-168.
- 이용규, “보안위험, 편리성, 사회적 영향이 인터넷 뱅킹 사용에 미치는 효과 - 계좌이체와 잔액조회 서비스의 비교,” *정보시스템연구*, 제14권, 제2호, 2005, pp. 1-23.
- 정희조, 김진영, 임춘성, “기업의 정보보호수준 및 성숙도 진단을 위한 정보보호수준 통합 평가시스템 개발에 관한 연구,” *정보보호학회지*, 제14권, 제4호, 2004, pp. 37-44.
- Barnard, L., "The Evaluation and Certification of Information Security against BS7799," *Information Management & Computer Security*, Vol.6, No.2, 1998, pp. 72-77.
- Bozdog, C. E., Kahraman, C. and Ruan, D., "Fuzzy Group Decision Making for Selection among Computer Integrated Manufacturing Systems," *Computers in Industry* Vol.51, 2003, pp. 13-29.
- Cheng, C. H., "Evaluating Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy AHP based on the Grade Value of Membership Function," *European Journal of Operations Research* Vol.96, 1996, pp. 343-350.
- Zhu, K. J., Jing, Y. and Chang, D. Y., "A Discussion on Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy AHP," *European Journal of Operations Research*, Vol.116, 1999, pp. 450-456.
- Rossouw, S., "Information Security Management(3) : the Code of Practice for Information Security Management," *Information Management & Computer Security* Vol.6, No.5, 1998, pp. 224-225.
- NIST, *An Introduction to Computer Security: the NIST Handbook*, NIST, 1995.
- OECD, *OECD Guidelines for the Security of Information Systems and Networks: Towards a Culture of Security*, OECD, 2002.

**이경근(Lee, Kyung-Keun)**



현재 부산대학교 산업공학과 교수로 재직 중이며 서울대학교에서 학사, 석사, 미국 캘리포니아대학 버클리캠퍼스에서 박사 학위를 취득하였다.

**류시욱(Ryu, Si-Wook)**



현재 한중대학교 공과대학 공학부 교수로 재직 중이며 부산대학교에서 산업공학으로 학사, 석사 및 박사학위를 취득하였다.

<Abstract>

## **Comparison of Fuzzy AHP Decision Making Approaches for Selection among Information Security Systems**

Kyung-Keun Lee · Si-Wook Ryu

Along with advance of information technology, value of information is growing much more than ever. And nearly all organizations pay great attentions to information security to protect their own important informations against every kind of hazardous accidents. Therefore, organizations want to select best information security system among many possible alternatives. For this purpose, several fuzzy AHP decision making approaches can be utilized. In this study, we consider a number of qualitative and quantitative factors to evaluate security systems and then apply three fuzzy AHP approaches for simple case to compare the results from three approaches. We find that final decision depends on both fuzzy AHP methods and degree of fuzziness.

**Keywords** : Information security system, Fuzzy AHP, Triangular fuzzy number

\* 이 논문은 2010년 5월 6일 접수하여 1차 수정을 거쳐 2010년 7월 1일 게재 확정되었습니다.