

## Delphi를 사용한 AHP방법론에 관한 연구

<sup>\*</sup>송성환\* · 권성훈\*\* · 박진범\*\*\* · 홍순기\*\*\*\*

### Application of the Delphi Technique in Modifying AHP Method

<sup>\*</sup>Sung-hwan Song\* · Seong-hoon Gwon\*\* · Jin-bum Park\*\*\* · Soon-ki Hong\*\*\*\*

#### ■ Abstract ■

AHP is widely used in various fields owing to its simplicity and clarity. However, it has the problems of reliability of panel's judgement and the assumption that each panelist's ability is equal. In this paper, we propose a reliable AHP method using Delphi technique, which aims to incorporate the relative expertise of panel and to increase their consensus. The method is called the Modified Delphi-AHP. We apply the method to analyzing the demand for lectures of Management of Technology.

Keywords : AHP, Delphi, Delphi-AHP, Expertise, Reliability, Consensus

## 1. 서 론

1970년대 초반 Saaty가 개발한 계층분석 방법(AHP : Analytic Hierarchy Process, 이하 AHP)은 의사결정과정에 상호관련성을 갖는 요소들을 계층화하고 이를 쌍대비교해서 정량적인 값을 도출해

의사결정을 지원한다. AHP는 명확성, 적용의 간편성 그리고 범용성의 장점을 가지고 있어 다양한 분야의 의사결정에 활용된다(조근태 등, 2003).

그러나 AHP는 순위역행, 어의 비교시 수치변환, 정수 척도의 정확성 문제 등의 한계점도 가지고 있다(Watson and Freeling, 1982; Kamenetzky, 1982;

논문접수일 : 2008년 11월 05일 논문게재확정일 : 2009년 02월 09일

\* 성균관대학교 산업공학과 박사수료

\*\* 성균관대학교 기술경영학과 박사과정

\*\*\* 성균관대학교 기술경영학과 석사과정

\*\*\*\* 성균관대학교 시스템경영공학과 교수

† 교신저자

Belton and Gear, 1983; Belton, 1986; Saaty, 1987; Dyer, 1990; Weber and Borcherding, 1993; Schenckerman, 1994).

또한 AHP에 참여하는 전문가의 능력평가에 관한 문제가 있다. 기준의 AHP는 평가에 참여하는 전문가의 능력이 동등하다고 가정한다. 그러나 현실적으로 평가에 참여하는 전문가는 분야와 능력에 따라 전문성이 상이하다. 그럼에도 불구하고 패널전문가의 능력이 동등하다고 가정하는 기준의 방법은 전문도가 크게 다를 경우 결과의 신뢰도를 감소시키는 문제점이 있다(조근태 등, 2003).

이와 같은 AHP의 한계점을 보완하여 결과의 신뢰성을 높이기 위해 많은 연구가 수행되고 있다. 김재범 등(2004)은 9점 척도의 한계를 극복하기 위해 RPCM(Reasonable Pairwise Comparison Matrix)이라는 새로운 쌍대행렬 평가기준을 제시하였다. 이인성(1998)은 수치변환척도를 다양화하고 기준행방식을 도입하여 AHP의 일관성과 정확도를 높이는 연구를 수행하였다. 그리고 전문가의 능력이 동등하다는 문제점을 보완하기 위한 연구도 많이 이루어지고 있다(Ramanathan and Ganesh, 1994; Honert and Lootsma, 1996; 조근태, 2002; 조용곤, 조근태, 2008).

이와 같이 AHP 자체를 발전시킨 방법론 이외에도 AHP에 Delphi, DEA, Cross Impact Method 등을 적용시킨 연구들이 있다(Lai et al., 2002; Wu et al., 2007; Chang et al., 2008; Hsu et al., 2008; 이동운, 김영수, 2003; Banuls, Salmeron, 2008).

본 연구에서는 Delphi의 개념을 AHP에 적용하고, 패널의 전문도에 따른 가중치를 부여함으로써 응답결과의 신뢰도를 높이고자 한다.

제 2장에서는 Delphi와 AHP를 소개한다. 제 3장에서는 본 연구의 방법론인 Delphi-AHP방법과 두 방법의 시너지 효과를 설명한다. 제 4장에서는 패널의 전문도를 통합하는 방법론과 결과의 신뢰성을 평가하는 방법을 제안한다. 제 5장에서는 본 연구에서 제시하는 방법론을 사례에 적용한다. 제 6장에서는 연구결과를 요약하고 한계점과 추후 연

구사항을 제시한다.

## 2. Delphi와 AHP

### 2.1 Delphi

Delphi는 미래예측의 한 방법으로 1960년대 미국의 RAND연구소의 Helmer, Dalkey, Gordon 등이 전문가 그룹으로부터 의견을 체계적으로 도출하고 수렴하기 위해 개발하였다.

이와 같은 Delphi는 익명성, 통계적 분포제시, 추론의 피드백의 세 가지 특징을 갖는다. 전통적인 Delphi는 4 round로 진행되는데 일반적으로 비용과 시간이 많이 소요된다. 이런 점 때문에 오늘날 4 round Delphi보다는 mini-Delphi라고 불리는 2 round Delphi가 많이 사용된다. 우리나라에서 2005년 발표된 제 3차 과학기술예측조사(2005~2030)뿐만 아니라 1, 2차 과학기술예측조사도 mini-Delphi를 이용하였다. 뿐만 아니라 1970년대부터 국가과학기술예측을 수행해온 일본도 mini-Delphi를 이용하고 있다.

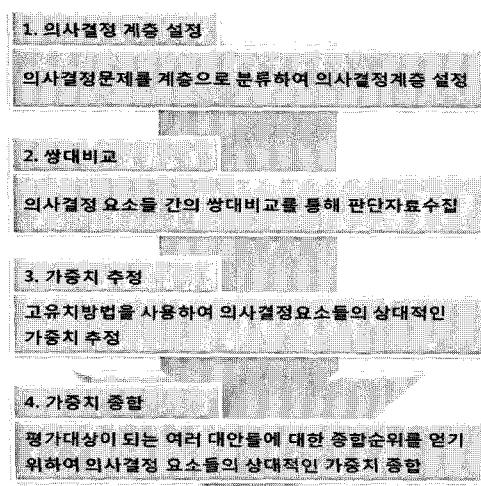
본 연구에서도 4 round로 진행하는 전통적인 Delphi가 아니라 2 round로 진행하는 mini-delphi를 적용한다.

### 2.2 AHP

Saaty가 1970년대 초반에 개발한 AHP는 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교를 통해 패널의 지식, 경험 그리고 직관을 포착하고자 하는 의사결정방법론이다(조근태 등, 2003).

AHP는 단순하고 명확한 이론에 근거한다. 이를 토대로 개발된 AHP 전용 소프트웨어 패키지를 이용하면 적용이 매우 간편하다. AHP는 의사결정이 요구되는 어떤 분야에서도 적용이 가능한 모형이다. 또한 계층의 구성, 무형적 요소의 측정 가능, 일관성 측정, 민감도 분석, 그룹의사결정의 장점을 가진다.

이러한 장점을 가지는 AHP는 일반적으로 <그림 1>과 같은 4단계의 과정을 통해 수행된다.



<그림 1> AHP 수행 절차

AHP에서는 일반적으로 의사결정 대안의 수가 9개 이하인 경우 상대측정법을 사용하고 10개 이상일 경우에는 절대측정법을 사용한다. 상대측정법은 계층의 요소간에 1:1로 쌍대비교를 하는 방법이다. 반면 절대측정법은 각 기준별로 등급화되어 있는 척도나 강도에 따라 독립적인 대안에 한변에 하나씩 평가하기 위해 이용된다. 절대측정법을 사용하는 이유는 대안의 경우가 많아질수록 쌍대비교의 횟수가 기하급수적으로 증가하여 쌍대비교가 현실적으로 불가능하기 때문이다.

### 3. Delphi-AHP방법

#### 3.1 Delphi-AHP방법의 효과와 선행연구

AHP의 한계점을 극복하기 위한 방법 중 하나가 AHP에 Delphi를 적용한 Delphi-AHP방법이다. 이 두 방법을 혼합하면 다음과 같은 시너지 효과를 볼 수 있다. ① 의사결정자들이 의사결정 프로세스에 더욱 만족하고 결과에 자신감을 갖는다. ② Del-

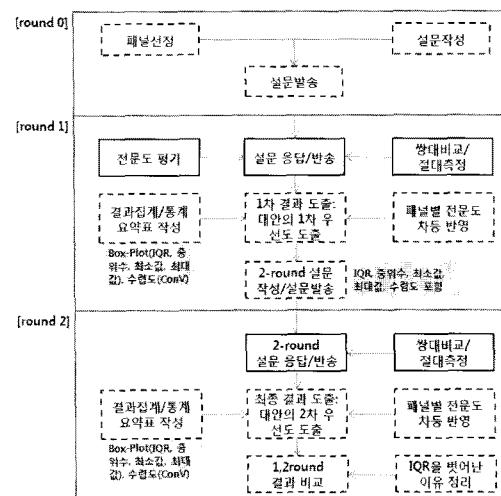
phi-AHP방법은 갈등을 유발하고 동시에 갈등을 관리할 수 있는 절차이다. ③ 결합된 두 방법의 구조화된 익명의 상호작용은 상이한 아이디어를 가진 전문가들의 부정적 갈등을 최소화시킨다(Tava-  
na et al., 1996).

Delphi와 AHP를 혼합한 연구는 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 1단계에서 Delphi를 활용하고, 2단계에서 평가에 AHP를 순차적으로 적용하는 방식이다(Lai et al., 2002 ; Wu et al., 2007 ; Chang et al., 2008 ; Hsu et al., 2008). 두 번째는 mini-Delphi를 적용해서 AHP 평가를 두 번 하고 평가 결과를 패널에게 피드백 시켜주는 방식이다(Ta-  
vana et al., 1996; Banuls, Salmeron 2008).

그리고 Delphi-AHP방법에 Cross Impact Method (Banuls and Salmeron, 2007), Fuzzy Analysis (Zhanga et al., 2004), Ward's Clustering(Tsaiia and Sub, 2005) 등 다른 기법들을 결합한 연구가 있다.

#### 3.2 Delphi-AHP방법의 절차

본 연구에서도 Banuls et al.(2008)의 연구와 마찬가지로 Delphi와 AHP를 혼합한 방법을 사용한



주: 점선; 총괄수행자 수행, 실선; 패널 수행.

<그림 2>

다. Banuls et al.(2008)의 연구는 단순히 2번의 설문조사를 통해 의견수렴의 증가를 보였다. 그러나 본 연구에서는 변형된 절대측정법을 사용한 Delphi-AHP방법을 제시하였다. 그리고 패널의 전문성에 따라서 가중치를 달리하여 반영하고, 결과의 신뢰성을 평가하기 위해서 일관성비율(Consistency Ratio : CR)과 수렴도(degree of consensus)를 제시하였다.

본 연구에서 제시하는 Delphi-AHP방법의 절차는 <그림 2>와 같다.

### 3.2.1 round 0

① 연구문제의 의사결정계층 설정과 설문 작성  
연구문제와 상호 연관된 여러 의사결정 사항들을 계층화한다. 최상위 계층에는 의사결정의 목적이 위치하며, 다음 계층들은 목적에 영향을 미치는 다양한 요소로 구성된다. 그리고 최하위 계층은 선택의 대상이 되는 의사결정 대안들로 구성된다. 의사결정계층을 설정한 다음 9점 척도로 쌍대비교를 할 수 있는 설문서를 작성한다.

여기서 대안의 수가 9개 이하이면 상대측정법을 사용하며, 10개 이상이면 절대측정법을 사용한다. 그러나 대안의 수가 많아지면 절대측정을 수행하더라도 상당한 시간이 소요되기 때문에 절대측정법을 변형해서 사용한다.

#### ● 변형된 절대측정법

기준의 절대측정법은 목적, 평가기준, 기준에 대한 등급척도, 대안을 이용해서 가중치를 구한다. 그러나 평가기준이 많아지고 대안이 많아지면 평가에 많은 시간이 소요된다. 따라서 본 논문에서는 평가횟수를 줄이고 평가를 간단히 할 수 있도록 절대측정법을 변형한 방법을 제안한다.

평가기준에 대한 평가는 쌍대비교로 기준의 방법과 동일하다. 변형된 절대측정법에서는 기준에 대한 등급척도를 생략하고, 대안의 바로 위에 위치한 평가기준으로 대안을 평가한다. 패널은 각 평가기준을 만족시키는 대안을 전체 대안의 1/3만 체크(√) 한다.

각 평가기준에 체크된 개수를 합한 값으로 개별 대안의 체크 개수를 나누어 평가기준에 대해 그 합이 1이 되도록 정규화 한다. 그러면 각 평가기준에 대한 상대적인 가중치가 도출된다. 이 가중치에 평가기준의 상대적인 가중치를 곱하면 전체 계층에 대한 대안의 가중치를 도출할 수 있다.

이 방법은 단순 체크 방식이기 때문에 등급척도를 사용해서 대안을 평가하는 기준의 방법보다 패널의 부담을 줄여 평가 시간을 절감하고 응답률을 제고할 수 있다.

전문가의 전문도에 따른 가중치 통합은 4장에서 자세하게 설명한다.

#### ② 설문서 발송

9점 척도로 쌍대비교를 할 수 있는 설문서를 패널에게 발송한다.

### 3.2.2 round 1

#### ① 패널의 전문도 평가

패널리스트의 전문도가 동일하다고 가정하는 기준 AHP의 문제점을 보완하기 위해 패널리스트의 전문도를 전문도 A와 전문도 B로 나누어 평가하였다. 전문도 A는 객관적인 자료를 바탕으로 한 실무경험(근무년수, 관련 주제 경험)과 학술경험(학위, 논문발표 횟수 등)의 척도로 총괄수행자가 평가한다. 전문도 B는 응답자가 해당 주제에 대해서 자신의 전문도를 5점 척도(①하 ②중하 ③중 ④중상 ⑤상)로 평가한다.

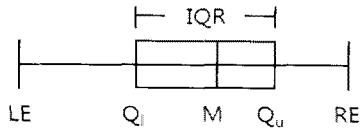
#### ② 패널의 의사결정 평가기준간 쌍대비교

패널은 설문의 문항마다 쌍대비교를 한 다음 총괄수행자에게 발송한다.

#### ③ 총괄수행자의 결과 집계와 통계요약표 작성

총괄수행자는 패널이 보낸 설문서를 취합해 결과를 집계하고 중위수, IQR, 최소값, 최대값, 수렴도가 포함된 통계 요약표를 작성한다. 응답항목별 중위수, IQR, LE(left end : 왼쪽 끝값), RE(right end : 오른쪽 끝값)

end : 오른쪽 끝값)는 <그림 3>와 같은 box-plot으로 나타낸다. 그리고 패널리스트 별로 CR을 도출하여 CR이 0.1이하와 0.1 초과인 패널로 구분한다.



주) LE(left end) : 왼쪽 끝값,  
RE(right end) : 오른쪽 끝값,  
M : 중위수,  
Q<sub>l</sub> : lower quartile(25%),  
Q<sub>u</sub> : upper quartile(75%),  
IQR(Inter-Quartile Range) : Q<sub>l</sub>~Q<sub>u</sub>.

<그림 3> box-plot

[중위수, Q<sub>l</sub>, Q<sub>u</sub>]<sup>1)</sup>

$$M = L + \left(\frac{N}{2} - f_c\right) \frac{C}{f}$$

L : 중위수가 속한 계급의 하한  
N : 총도수, C : 계급의 폭  
 $f_c$  : 중위수가 속한 계급이전까지의 누적 도수  
f : 중위수가 속한 계급의 도수

$$Q_L = L_1 + \left(\frac{1}{4}N - F_1\right) \frac{C}{f_1}$$

L<sub>1</sub> : Q<sub>L</sub>이 속한 계급의 하한  
N : 총도수, C : 계급의 폭  
F<sub>1</sub> : Q<sub>L</sub>이 속한 계급이전까지의 누적도수  
f<sub>1</sub> : Q<sub>L</sub>이 속한 계급의 도수

$$Q_U = L_3 + \left(\frac{3}{4}N - F_3\right) \frac{C}{f_3}$$

L<sub>3</sub> : Q<sub>U</sub>가 속한 계급의 하한  
N : 총도수, C : 계급의 폭  
F<sub>3</sub> : Q<sub>U</sub>가 속한 계급이전까지의 누적도수  
f<sub>3</sub> : Q<sub>U</sub>가 속한 계급의 도수

#### ④ round 1 최종 가중치 도출

CR이 0.1이하인 패널을 대상으로 의사결정 평가 기준의 가중치를 구한다. 여기에 전문가의 전문도에 따른 가중치를 곱해서 의사결정요소의 round 1의 최종 가중치를 도출한다.

#### ④ 패널에게 설문 재발송

도출된 의사결정요소들의 가중치와 응답항목별로 중위수, IQR, LE, RE, 수렴도를 추가한 2차 설문서를 패널에게 발송한다. 이때 CR이 0.1을 초과하는 전문가에게는 개별적으로 그 사실을 통보한다. 개별적으로 통보하는 이유는 익명성을 보장하면서 해당 전문가의 응답의 일관성이 낮다는 사실을 알려 round 2에서 좀 더 신중한 응답을 유도하기 위함이다.

### 3.2.2 round 2

#### ① 패널의 응답항목에 대한 재평가

패널은 응답항목별로 중위수, IQR, LE, RE, 수렴도가 포함된 설문서를 받아 round 1의 설문에서 응답했던 자신의 평가를 수정할 기회를 갖는다. 물론 자신의 응답을 수정하지 않을 수도 있다. 이 때 자신의 응답이 IQR 밖에 위치할 경우 그 이유를 제시해야 한다. 특히 다른 패널리스트가 간과했을 요인이나 고려하지 않은 사실들이 있으면 열거하도록 한다.

#### ② 총괄수행자의 결과 집계와 통계요약표 작성

round 2의 설문이 회수되면 총괄수행자는 round 1과 같은 방법으로 응답 결과에 대한 통계요약표를 작성한다. 그리고 응답항목별로 IQR 밖으로 벗어난 이유를 정리한다.

#### ③ 최종결과 도출

CR이 0.1이하인 패널을 대상으로 평가기준의 가중치를 계산한다. 여기에 전문가의 전문도를 곱해서 최종적인 결과를 도출한다.

1) 과학기술예측조사(2005~2030) 미래사회 전망과 한국의 과학기술 제2권, 과학기술부, 2005.

#### ④ 평가

본 논문에서 사용된 Delphi-AHP방법의 신뢰도를 평가하기 위해 round 1과 round 2의 CR과 수렴도를 비교분석한다. CR이 0.1이하인 패널리스트의 수가 round 2에서 얼마나 증가하였는지 분석한다. 그리고 응답항목별로 본 논문에서 제시하는 수렴도가 어떻게 변하는지 분석한다. 수렴도를 평가하는 방법은 제 4장에서 설명한다.

## 4. 가중치 도출과 신뢰도 평가

### 4.1 패널의 평가능력점수 통합

본 연구에서는 기존의 Delphi-AHP방법과는 달리 패널리스트의 전문도에 따라 가중치를 부과해서 결과에 반영한다. 앞에서 언급했듯이 패널의 전문도는 전문도 A와 전문도 B로 나누어 두 가지 측면에서 평가를 한다.

#### 4.1.1 전문도 A

전문도 A는 실무경험과 학술경험을 평가한다. 실무경험과 학술경험은 평가능력에 대하여 각기 독립적으로 작용하는 것이 아니라 상호 상승작용을 일으켜 평가능력을 증대시킨다고 가정하고, 두 경험요인을 곱하여 식 (1)과 같이 전문도를 도출한다.

$$OS_k = \sum_{i=1}^l R_{ik} \cdot \sum_{j=1}^m P_{jk}, \quad \forall k \quad (1)$$

여기서,

$OS_k$  : 패널  $k$ 의 전문도 A의 총점( $k=1, 2, \dots, n$ )

$R_{ik}$  : 패널  $k$ 의  $i$ 번째 전문도 A의 점수

$P_{jk}$  : 패널  $k$ 의  $j$ 번째 전문도 A의 점수

통합가중치는 패널의 가중치에 대한 가중평균이므로, 전문도 점수의 합은 1이 되어야 한다. 따라서 패널별 점수를 정규화하여 식 (2)와 같이 패널  $k$ 의 평가점수를 도출한다.

$$OS_k^* = \frac{OS_k}{\sum_{k=1}^n OS_k}, \quad \forall k \quad (2)$$

여기서,

$OS_k^*$  : 패널  $k$ 의 정규화된 전문도 A의 점수  
( $k = 1, 2, \dots, n$ )

#### 4.1.2 전문도 B

전문도 B는 5점 척도로 패널이 자신의 전문도를 측정한다. 그리고 이를 식 (3)과 같이 합이 1이 되도록 정규화한다.

$$SS_k^* = \frac{SS_k}{\sum_{k=1}^n SS_k}, \quad \forall k \quad (3)$$

여기서,

$SS_k^*$  : 패널  $k$ 의 정규화된 전문도 B의 점수  
( $k = 1, 2, \dots, n$ )

#### 4.1.3 전문도 점수 통합

본 연구에서는 전문도 A 평가결과와 전문도 B의 평가결과의 중요도를 동일하게 보고, 두 값을 단순산술 평균하여 식 (4)와 같이 최종 전문도를 결정한다.

$$\lambda_k = 0.5 \cdot (OS_k^* + SS_k^*), \quad \forall k \quad (4)$$

여기서,

$\lambda_k$  : 패널  $k$ 의 통합 전문도 점수

#### 4.1.3 통합가중치 도출

패널의 통합전문도 점수와 패널이 각 대안에 부여한 가중치를 통합한 가중치는 식 (5)와 같이 도출한다.

$$W_A(A_t) = \sum_{k=1}^n \{\lambda_k \cdot W_k(A_t)\}, \quad \forall k, \quad \forall t \quad (5)$$

여기서,

$W_A(A_t)$  : 대안  $A_t$ 의 통합가중치

$\lambda_k$  : 패널  $k$ 의 통합전문도 점수

$W_k(A_t)$  : 패널  $k$ 에 의해 주어진 대안  $A_t$ 의 가중치

## 4.2 신뢰성 평가

AHP는 전문가의 주관적인 판단에 의해 결과 도출되기 때문에 신뢰성 평가가 중요하다. 신뢰성이란 동일한 개념에 대해 동일한 조건에서 평가를 반복했을 때 동일한 측정값을 얻을 가능성을 말한다. 예측과 관련한 Delphi 연구에서 예측의 신뢰성은 정밀도를 통해 판단할 수 있으며, 정밀도는 패널의 합의 정도로, 즉 수렴도로 측정할 수 있다(Hill et al., 1975; Ashton, 1985; Woudenberg, 1991). 또한 AHP에서는 논리적 모순을 측정하는 비율인 CR로 신뢰성을 평가할 수 있다.

본 연구에서는 결과의 신뢰성을 평가하기 위해 CR과 수렴도를 측정하였다.

### 4.2.1 일관성비율(CR)

CR은 패널이 내린 판단의 논리적 모순을 측정하는 비율로 다음과 같은 식을 통해 구한다.

$$\text{일관성지수(CI)} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

$$\text{일관성비율(CR)} = (\text{CI}/\text{RI}) \times 100\%$$

$\lambda_{\max}$  : 최대고유치

n : 한 계층 내에서 비교 대상이 되는 요소의 개수

RI : 난수지수(Random Index)로, 1에서 9까지의 수치를 임의로 설정하여 역수행렬을 작성한 후 이 행렬의 평균 일관성지수를 산출한 값으로 일관성의 허용한도를 의미

일반적으로 CR이 10% 이내에 들 경우, 해당 쌍대비교행렬은 일관성이 있다고 규정한다.

### 4.2.2 수렴도

수렴도는 패널의 합의 정도로 정의할 수 있다. Delphi에서는 수렴의 정도를 측정하기 위해 IQR을 사용한다. IQR이 좁다는 것은 수렴도가 높다는 것을 의미한다. 또한 AHP는 그 평가범위가 1/9~9로 한정되어 있고, IQR을 벗어나더라도 CR이 0.1이하 이면 가중치 계산에 포함하기 때문에 LE-RE Range

(LRR)도 수렴도의 지표로 사용할 필요가 있다.

AHP는 일반적으로 9점 척도를 사용하지만 실제 응답을 할 때는 1/9~9를 사용하기 때문에 17점 척도로도 볼 수 있다. 따라서 IQR과 LRR의 최대 값은 16을 넘을 수 없다.

본 연구에서는 이 값(16), IQR 그리고 LRR을 이용해서 다음의 방법으로 수렴도(%)를 측정한다. 100%에 가까울수록 수렴도가 높고, 0%에 가까울수록 수렴도가 낮다.

$$DoC_{(IQR)} = (1 - \frac{IQR}{16}) \times 100$$

$$DoC_{(LRR)} = (1 - \frac{LRR}{16}) \times 100$$

$DoC_{(IQR)}$  : IQR을 이용한 수렴도

$DoC_{(LRR)}$  : LRR을 이용한 수렴도

## 5. 사례 연구

본 장에서는 우리가 제시한 Delphi-AHP방법을 사례에 적용한다.

### 5.1 자료

오늘날 기술경영의 중요성과 필요성이 커지고 있다. 이에 국내에서는 2007년 정부지원하에 4개 대학교의 대학원에 기술경영학과가 신설되었다. 각 대학은 기술경영과 관련된 다양한 과목을 개설하였으나 이들 과목이 수강하는 학생들의 수요를 반영하였는지는 미지수다. 따라서 기술경영학과가 개설되고 2년이 지난 시점에서 교과목에 대한 기술경영학과 학생들의 수요를 파악해 볼 필요가 있다. 본 연구에서는 2007년 신설된 대학교 중 하나를 선정하여 기술경영학과 학생의 교과목 수요를 Delphi-AHP방법을 이용해서 조사하였다.

패널의 전문도는 제 4장에서와 같이 전문도 A와 전문도 B로 나누어 평가하였다. 전문도 A는 기술경영 관련 실무경험과 기술경영 관련 학술경험으로 구분하였다. 실무경험은 근무년수, 프로젝트 참

여 횟수, 프로젝트 기획/관리 참여 횟수로, 그리고 학술경험은 학위, 논문 작성 횟수, 학술대회 발표 횟수로 나누어 평가한다. 전문도 B는 대해 패널리스트는 자신이 기술경영에 대한 전문성을 5점 척도로 평가한다.

응답자의 정보는 <표 1>과 같다. 총 58명의 응답자 중 학교가 33명으로 가장 많았으며, 연구소 7명, 기업 15명, 기타 3명으로 집계되었다.

학력분포를 살펴보면 석사과정이 36명으로 가장 많았으며, 박사과정 18명, 박사수료가 4명이었다. 실무경력을 살펴보면 평균 근무년수는 2.4년이다. 그리고 프로젝트 참여횟수는 2.07회/명, 프로젝트 기획/관리 참여 횟수는 1.59회/명으로 나타났다. 논문 작성횟수는 0.56건/명, 학술대회 발표 횟수는 0.52건/명으로 집계되었다. 주관적 전문도를 나타내는 지표는 2.81점(5점 만점)으로 나타났다.

<표 1> 응답자의 전문도와 기타 정보

전문도 A	기술경험 관련 실무 경험	근무 년 수	2.4년
		기술경영 관련 프로젝트 참여 횟수	2.07회/명
		프로젝트 기획/관리 참여 횟수	1.59회/명
	기술경험 관련 학술 경험	학위	1 : 36명 2 : 18명 3 : 4명
		논문 작성 횟수	0.56회/명
		학술대회 발표 횟수	0.52회/명
전문도 B	기술경영에 대한 아는 정도 (5점 척도)		2.81
소속 기관	학교	33명	
	연구소	7명	
	기업	15명	
	기타(법률사무소, 진흥원)	3명	

주 1) 학위 : 1(석사과정), 2(박사과정), 3(박사수료).  
2) 객관적 · 주관적 전문도 : 평균 값.

## 5.2 계층구조

기술경영 교과목 수요에 대한 계층은 <표 2>와 같고 이를 도식화하면 <그림 4>와 같다.

<표 2> 평가기준

평가 기준	세부평가 기준	설 명
실 용 성	실무 적용성	현재 또는 미래에 실무에 적용될 수 있는 정도
	업무 관련성	자신이 현재 하고 있는 업무, 혹은 미래에 하고 싶은 업무와 관련이 있는 정도
학 문 성	신규성	현재 이슈가 되고 있거나 새로운 토픽과 관련이 있는 정도
	기반성	기술경영학의 기반이 되는 지식을 다루는 정도 (예 : 선수과목)
	학술성	관심이 있는 주제로서 학술적 성과가 기대되는 정도 (예 : 학위논문 또는 연구논문으로 적합한 주제를 다루는 과목)

## 5.3 기술경영 교과목 수요

Delphi-AHP방법으로 기술경영 교과목 수요를 분석하기 위해 설문조사를 2차례 실시하였다. <표 3>은 평가기준과 세부평가기준간의 쌍대비교 결과를 보여준다. 각 round의 결과를 보면 round 1보다 round 2에서 DoC<sub>(IQR)</sub>과 DoC<sub>(LRR)</sub>이 모두 증가하여 패널의 수렴도가 증가한 것을 알 수 있다(<표 4>, <그림 5>, <그림 6>). CR 또한 round 1의 0.12에서 round 2의 0.06로 감소하여 일관성이 증가한 것을 알 수 있다. 즉, 2회에 걸친 평가를 통해 결과의 신뢰성이 제고되었다고 볼 수 있다.

<표 4>는 round 1, round 2의 수준 1과 수준 2에 대한 가중치를 보여준다. round 1과 round 2의 평가기준과 세부평가기준의 가중치는 상이하다.

<표 3> 수준 1과 수준 2 평가기준의 가중치

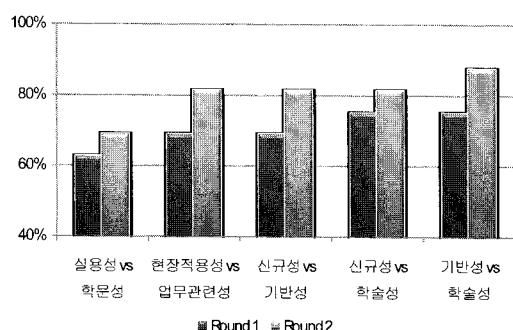
계층 내 수준	평가기준	round 1	round 2
1수준	실용성	0.659	0.433
	학문성	0.341	0.567
2수준	현장적용성	0.367	0.266
	업무관련성	0.292	0.168
	신규성	0.091	0.187
	기반성	0.091	0.123
	학술성	0.160	0.257



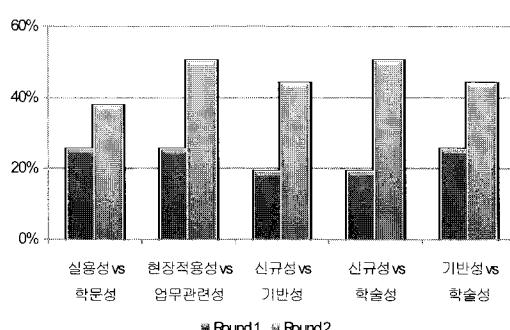
〈그림 4〉 기술경영 교과목 선정을 위한 계층도

〈표 4〉 쌍대비교결과 요약

목표	쌍대비교항목	round 1						round 2							
		LE	QL	Median	Qu	RE	DoC (IQR)	DoC (LRR)	Min	QL	Median	Qu	Max	DoC (IQR)	DoC (LRR)
교과목 선정	실용성 vs 학문성	1/7	1/2	5	6	7	63%	25%	1/5	1/4	1/3	3	7	69%	38%
실용성	현장적용성 vs 업무관련성	1/7	1/3	1	4	7	69%	25%	1/5	1/2	1	3	5	81%	50%
	신규성 vs 기반성	1/8	1/5	1/3	2	7	69%	19%	1/5	1/2	1	3	6	81%	44%
학문성	신규성 vs 학술성	1/8	1/5	1/3	1	7	75%	19%	1/6	1/3	1/2	2	4	81%	50%
	기반성 vs 학술성	1/9	1/4	1	2	5	75%	25%	1/7	1/3	1/2	1	4	88%	44%
CR		0.12						0.06							

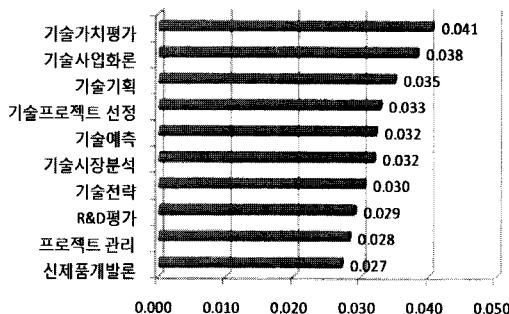


〈그림 5〉 DoC(IQR)을 이용한 수렴도 비교

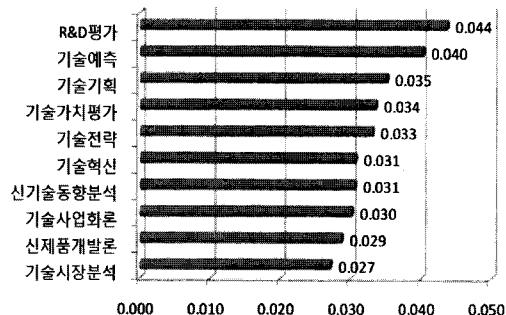


〈그림 6〉 DoC(LRR)을 이용한 수렴도 비교

<그림 7>과 <그림 8>은 round 1과 round 2에서 54개의 기술경영 교과목 중 학생들이 선호하는 교과목 상위 10개를 보여준다. 결과를 보면 round 1과 round 2 상위 10개의 교과목 중 8개가 동일하다. round 2의 결과에서 학생들이 선호하는 상위 5과목을 살펴보면 R&D평가, 기술예측, 기술기획, 기술가치평가, 기술전략 순으로 나타났다.



<그림 7> round 1 결과



<그림 8> round 2 결과

## 6. 결 론

AHP는 패널의 주관적 판단을 정량화하여 가중치를 도출하는 방법이다. 기본적으로 이 방법은 패널의 능력이 동일하다는 가정을 하고 있다. 이는 결과의 신뢰도를 저하할 수 있다. 따라서 평가결과의 수렴도를 높여 결과의 신뢰성을 제고하는 방법이 필요하다.

본 연구에서는 AHP방법의 신뢰성과 타당성을

높이기 위해서 2-round mini-Delphi 방법을 적용하고, 패널의 전문도 별로 가중치를 부여하는 개선된 Delphi-AHP방법을 제안하였다. 그리고 대안의 수가 10개 이상일 때 사용되는 AHP 절대측정법도 대안의 수가 수십 개 이상이면 많은 시간이 소요된다. 따라서 본 연구에서는 평가의 시간을 줄이고 편의성을 높이는 변형된 절대측정법을 제안하였다.

제안한 방법론을 적용해서 기술경영 대학원 과목 수요 분석에 관한 사례연구를 수행하였다. 사례연구 결과 모든 계층수준에서 round 1보다 round 2에서 패널의 수렴도(IQR, LRR)가 증가하였으며, CR도 0.12에서 0.06으로 감소하였다. 결과적으로 기존의 AHP방법으로 연구를 수행한 것보다 본 연구의 방법론이 수렴도와 신뢰성 제고의 면에서 우수하다고 판단할 수 있다.

본 연구에서 제시한 방법은 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 변형된 절대측정법은 전체 대안에서 1/3을 선택하는 것은 시스템적인 방법이 아니라 직관적인 방법이다. 또한 대안의 수가 많아질수록 평가가 어려워질 수 있다.

AHP의 계층에서 자신의 전문도가 높은 특정 부분이 있을 수 있으며, 그 반대의 경우도 있을 수가 있다. 그러나 본 연구에서는 설문 주제 전체에 대해서만 패널의 전문도를 반영하여 가중치를 도출하였다.

이런 한계점을 보완하기 위한 추후연구방향은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 제시한 변형된 절대측정법에서 유사한 대안을 그룹으로 묶어서 그룹 내에서 대안을 일정 비율의 수로 체크하게 할 수 있다. 각 그룹 내에서만 대안들을 비교해서 평가를 하면 되기 때문에 패널은 보다 쉽게 평가를 할 수 있을 것이다.

두 번째는 패널의 전문도 이외에도 각 항목에 패널의 응답확신도를 나타내게 할 수 있다. 항목에 따라서 패널의 전문도가 달라질 수 있기 때문에 항목별 응답확신도 측정은 결과의 정확도를 높일 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김재범, 조용곤, 조근태, 김윤배, “AHP 9점척도의 한계를 극복한 새로운 일관성기준 개발”, 대한산업공학회/한국경영과학회 2004 춘계학술대회, 2004.
- [2] 이인성, “수치변환척도 및 단순화 방식 적용에 따른 계층분석과정(AHP)의 일관도 및 정확도의 분석”, 대한국토·도시계획학회, (1998), pp.347-362.
- [3] 이동운, 김영수, “Fuzzy-AHP와 Fuzzy-Delphi 기법을 이용한 건설프로젝트의 의사결정 모델에 관한 연구”, 「한국건설관리학회 논문집」, 제4권, 제1호(2003), pp.81-89.
- [4] 조근태, “기술대안의 전략적 평가를 위한 AHP 적용에 있어서 평가자 신뢰성을 고려한 가중치 통합”, 「경영과학」, 제19권, 제2호(2002), pp.139-153.
- [5] 조근태, 조용곤, 강현수, 「앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정」, 동현출판사, 2003.
- [6] 홍순기, 신흥식, 박수동, 「기술예측」, 한국산업기술재단, 2007.
- [7] Alison Hubbard Ashton, "Does consensus imply accuracy in accounting studies of decision making?", *Accounting Review*, Vol.60, No.2(1985), pp.173-185.
- [8] Belton, V., "A comparison of the analytic hierarchy process and a simple multi-attribute value function," *European Journal of Operational Research*, Vol.26, No.1(1986), pp.7-21.
- [9] Belton, V. and T. Gear, "On a short-coming of Saaty's method of analytic hierarchies," *Omega*, Vol.11, No.3(1983), pp.228-230.
- [10] Che-Wei Chang, Cheng-Ru Wu, and Huang-Chu Chen, "Using expert technology to select unstable slicing machine to control wafer slicing quality via fuzzy AHP," *Expert Systems with Applications*, Vol.34, No.3(2008), pp.2210-2220.
- [11] Chung-Ru Wu, Chin-Tsai Lin, and Huang-Chu Chen, "Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis," *Building and Environment*, Vol.42, No.3(2007), pp.1431-1444.
- [12] Dyer, J.S., "Remarks on the analytic hierarchy process," *Management Science*, Vol.36 (1990), pp.249-258.
- [13] Fred Woudenberg, "An evaluation of Delphi," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.40, No.2(1991), pp.131-150.
- [14] Kamenetzky, R.D., "The relationship between the analytic hierarchy process and the additive value function," *Decision Science*, Vol.13(1982), pp.702-713.
- [15] Kim Quaile Hill and Jib Fowles, "The methodological worth of the Delphi forecasting technique," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.7, No.2(1975), pp.179-192.
- [16] Pi-Fang Hsu, Cheng-Ru Wu, and Zhao-Rong Li, "Optimizing resource-based allocation for senior for senior citizen housing to ensure a competitive advantage using the analytic hierarchy process," *Building and Environment*, Vol.43(2008), pp.90-97.
- [17] Ramanathan, R. and L.S. Ganesh, "Group preference aggregation methods employed in AHP: An evaluation and an intrinsic process for deriving members' weightages," *European Journal of Operational Research*, Vol.79, No.2(1994), pp.249-265.
- [18] Saaty, T.L., "Rank generation, preservation, and reversal in the Analytic Hierarchy Process," *Decision Science*, Vol.18(1987), pp.157-

- 177.
- [19] Schenkerman, S., "Avoiding rank reversal in AHP decision support models," *European Journal of Operational Research*, Vol.74, No.3 (1994), pp.407-419.
  - [20] Tavana, M., D.T. Kennedy, and P. Joglekar, "A Group Decision Support Framework for Consensus Ranking of Technical Manager Candidates," *Moega*, Vol.24, No.5(1996), pp. 523-538.
  - [21] Tsaiia, M. and C. Sub, "Political risk assessment of five East Asians ports-the viewpoints of global carriers," *Marine Policy*, Vol.29, No.4(2005), pp.291-298.
  - [22] Van Den Honert, R.C. and F.A. Lootsma, "Group preference aggregation in the multiplicative AHP The model of the group decision process and Pareto optimality," *European Journal of Operational Research*, Vol. 96, No.2(1996), pp.363-370.
  - [23] Victor A. Banuls and Jose L. Aslmeron, "A Scenario-Based Assessment Model-SBAM," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.74, No.6(2007), pp.750-762.
  - [24] Victor A. Banuls and Jose L. Salmeron, "Foresighting key areas in the Information Technology industry," *Technovation*, Vol.28, No.3(2008), pp.103-111.
  - [25] Vincent S. Lai, Bo K. Wong, Waiman Cheung, "Group decision making in a multiple criteria environment: A case using the AHP in software selection," *European Journal of Operational Research*, Vol.137, No.1(2002), pp.134-144.
  - [26] Watson, S.R. and A. Freeling, "Assessing attribute weights," *Omega*, Vol.10(1982), pp. 582-585.
  - [27] Weber, M. and K. Borcherding, "Behavioral influences on weight judgement in multi-attribute decision making," *European Journal of Operational Research*, Vol.67, No.1 (1993), pp.1-12.
  - [28] Yong-Gon Cho and Keun-Tae Cho, "A loss function approach to group preference aggregation in the AHP," *Computers and Operations Research*, Vol.35, No.3(2008), pp.884-892.
  - [29] Zhang, B., Y. Zhang, D. Chenb, R.E. Whiteb, and Y. Lib, "A quantitative evaluation system of soil productivity for intensive agriculture in China," *Geoderma*, Vol.123(2004), pp.319-331.