Fuzzy Delphi 法을 이용한 일반 지수 예측 전문가 시스템 구축*

김창은** · 최환석***

An Establishment of the Forecasting Expert System for General Index using Fuzzy Delphi Method

Chang-Eun Kim · Hwan-Seok Choi

〈Abstract〉

The Delphi method is widely used for long range forecasting in management science. It is a method by which the subjective data of experts are made to converge using some statistical analysis.

The Fuzzy Delphi Method(F.D.M.), a variation of the Delphi method using triangular fuzzy numbers, can help to predict the uncertainty, synthesize the opinion and calculation of those assumed dissemblance index and fuzzy distance. Furthermore, the programming of the F.D.M. process to feed simple graphs back to experts can make them more accurately predict the various information.

1. 서론

전문가(Expert) 내지 구성원의 주관적인 의견이나 판단에 의존하는 방법의 하나인 델파이법(Delphi Method)은 관련 자료가 불충분한 중 · 장기 예측, 전략 결정 등에 이용되고 있다.[5] 이 기법의 특징은 브레인 스토밍(Brain Storming)이나 위원회 모임(Panel Decision)과 같이 전문가를 한자리에 모으지 않고 일련의 예측 사안에 대한 의견을 질문서에 각자 밝히도록 하여 전체 의견을 평균치와 여러 가지 통계자료를 통해 표현한다.

전문가들을 한자리에 모으지 않기 때문에 다수의 의견이나 유력자의 발언 등에 의한 심리적 영향을 배제시킬 수 있다는 장점이 있다. 접근 방법으로는 전문가들의 의견을 재차 묻는 것과 같은 피드백(Feedback) 과정을 거듭하여 전문가들의 의견을 좁혀 나가며 구하고자 하는 예측치를 추정한다.

본 논문에서는 이 델파이법에 퍼지 숫자(Fuzzy Number)의 개념을 도입한 퍼지 델파이법(Fuzzy Delphi Method)을 응용, 이를 Code화하여 좀더 빠르고, 편리하고, 정확한 일반 지수의 예측이 가능하도록 하고자 한다.

Ⅱ. 델파이법

기술 과학 분야를 비롯한 많은 분야에서 미래의 지표에 대한 많은 예측과 전망이 이루어져 왔다. 종래의 많은 예측 방법들은 그 분석 방법의 성격에 따라

---

* 이 논문은 1994년 산학 협동 재단 학술 연구 과제 연구비에 의해 연구되었음.

** 명지대학교 산업공학과

*** 명지대학교 대학원 산업공학과

서 다음과 같은 세 가지 방법으로 나누어질 수 있다. [1]

a) 직관적 방법
 - 전문가에게 정보를 제공하고 그들로부터 얻은 해당 정보에 대한 견해를 분석, 체계적으로 평가하는 방법이다.
 - Delphi Method, Brain Storming, Cross-Impact Method

b) 탐구적 방법
 - 과거의 기술 능력과 관련하여 예측 가능한 관계식을 가정 및 예측하는 방법.
 - 경향외삽법, 계량 경제 분석법, 산업 연관 분석법

c) 규범적 방법
 - 구조 분석적인 다양한 기법을 통해 미지의 출현 가능성 등을 예측하는 방법이다.
 - 관련수목법, 기술 관련 분석법, 시스템 분석법

이중에서 개별 전문가에게 문의함으로써 얻어진 자료에만 의존해 온 원시적인 예측 방법에서 탈피하고 전문가 회의에서 발생되는, 개개인의 의견보다 유력자의 의견을 따르는 등의 문제점을 제거하여 전문가 그룹으로부터 합의된 유용한 예측 정보를 도출하기 위하여 개발된 델파이법은 다음과 같은 절차와 특징을 가지고 있다.

델파이법의 절차

a) 예측하고자 하는 사안을 규정하고 그에 대한 답을 얻기 위하여 전문가들에게 제공될 각종 자료를 종합 정리한다.

b) 모아진 각종 자료들을 제시하여 전문가들에게 해당 질문에 대한 답을 하도록 하여 그 자료들을 수집한다.

c) 위의 1차 설문에서 수집된 자료들을 각종 통계적 처리와 전체의 의견을 종합하여 사안에 대한 정확한 답으로 인정할 수 있는 지를 평가한다. 이에 대한 평가가 부적당할 시에는 다시 한번 전문가들에게 2차 설문한다.

d) 이때 전문가들은 전체 의견을 감안하여 자신의 의견을 재평가하게 되는데 2차 설문 응답시 자신의 1차 설문에서의 예측을 응답자 스스로 수정 응답하도록 한다.

e) 이와 같은 수차례의 반복적인 절차에 의해서 신뢰성 있는 합의점을 유도하게 되는 것이다.

델파이법의 특징

델파이법은 60년대초 미국의 Rand Corp. 연구원인 O. Helmer, N. Dalkey와 이들의 동료들이 전문가 위원회(Brain Storming)가 가지고 있는 개인간 형태상의 문제점을 극복하고 익명성, 통계적 표현, Feedback이라는 3가지 조건하에 기초를 둔 여론조사를 통해 전문가 의견을 개선시키기 위해 최초로 도입되었으며, 기술 분야의 신제품 또는 신 공정 도입과 함께 기업에 필요한 핵심 기술을 파악하는 분야에 주로 이용되는 한편 사회과학 분야의 일반 지수를 예측키 위하여도 응용되고 있는 실정이다.

이 방법은 Feedback에 의한 반복 조사와 반복 작업에 다소 비싼 비용이 소요되며 또한 다른 전문가들의 의견과 함께 통계치가 주어지므로 여타 의견에 대해서 일치되도록 강요된다는 단점을 지니게 된다. 그러나 이 방법에서는 의견이 일치되도록 강요됨에 따라 여러 전문가들에 의해서 의견이 하나의 가장 타당한 예측 치로서 수렴하게 된다는 점이 또한 장점으로 나타내어진다. 델파이법에서는 자료 조사와 함께 몇 차례의 Feedback 과정이 이루어지게 되므로 델파이법에 대한 충분한 이해와 조사 설계의 유능한 인력이 필요하게 되며, 또한 각종 통계적 처리와 함께 얻어진 자료들에 대한 올바른 분석도 필요하게 된다.

델파이법은 장기적이고 광범위한 분야에 대한 과학기술의 흐름 파악에 유용하고 전문가의 양적인 지식과 판단력 활용이 용이하며 익명성, 통계적 처리, Feedback에 의한 여론조사에 의해서 전문가의 의견 수렴이 용이하다. 또한 여타 다른 방법이나 응용 기법에 의해서 예측 활동의 전개가 용이하다는 특징도 가지고 있다. 델파이법에 의한 결과는 예측 분야에 대한 지향 Out-line을 제공해 주며 또한 과거로부터 실효를 거둔 사례가 많이 있다.

본 전문가 시스템은 전문가에 의해 응답될 자료와 함께 자료의 통계 처리를 보다 쉽게 계산하고 이해할 수 있도록 Program된 시스템을 구축하여 각종 전문지식의 집약에 의한 일반 지수들까지 예측의 폭이 넓게 응용되어질 수 있다.

Ⅲ. 퍼지 델파이법

퍼지 델파이법은 델파이법에 퍼지 숫자의 개념을 도입하여 좀더 정확한 예측을 하고자 하는 것이다.[3] 본 연구에서는 이러한 추정치가 퍼지 숫자 중의 하나인 삼각 퍼지 숫자(T.F.N., Triangular Fuzzy Number)로서 주어지게 된다. 이 추정치가 퍼지 숫자로 주어져야 하는 이유는 아래와 같은 퍼지 숫자의 특징으로 설명되어 진다.

퍼지 숫자의 특징

(1) 장기 예측에 있어서는 구하고자 하는 예측치와 변화(Random)라는 속성보다 불확실성(Uncertainly)이기 때문에 퍼지 숫자 적용이 매우 유용하다.

(2) 예측하는데 있어서는 전문가의 개인적인 능력과 직관이 의사 결정에 중요한 변수로서 작용하기 때문에 퍼지 숫자의 개념을 도입하는 것이 유리하다.

(3) 전문가가 예측할 수 있는 지수는 단 하나의 확률(Probability)로서 표현되기보다 삼각 퍼지 숫자처럼 세 가지 추정치로서 표현하는 것이 훨씬 수월하고 유용하다. 또한 전문가 각자의 추정치는 다른 전문가의 추정치와 쉽게 비교되고 종속되어지기 때문에 의견을 종합하기가 용이하다.

(4) 퍼지 숫자의 개념을 이용한 여러 가지 지수를 만들어 내어 각 전문가의 추정치가 서로 어느 정도의 유사성을 갖고 있는지 또는 퍼지 거리(Fuzzy Distance)를 계산하여 각 전문가들의 추정치가 각각 어떠한 상관관계를 갖고 있는지 쉽게 파악할 수 있다.

퍼지 델파이법을 적용하기 위한 개략적인 흐름도(Flow Chart)는 다음과 같다.

퍼지 델파이법의 절차

퍼지 델파이법은 다음과 같은 순서에 의해서 행하여진다.

(1) 각각의 전문가에게 T.F.N.을 사용한 세개의 추정치 즉, 최소 추정치, 최적 추정치(중앙값), 최대 추정치를 요구한다. i 번째 전문가로부터 얻어진 추정치의 T.F.N.은

$$(A_1^{(i)},\ B_1^{(i)},\ C_1^{(i)})$$

이며, 1은 예측의 1단계를 표시하고, i 는 전문가의 번호를 나타낸다.

(2) n 명의 전문가로부터 회답을 얻어 아래와 같은 자료가 형성된다.

$$(A_1^{(i)},\ B_1^{(i)},\ C_1^{(i)}) \qquad i = 1,\ 2,\ 3,\ \cdots,\ n$$

다음으로 T.F.N.으로 표현된 자료의 평균

$$(A_1^m,\ B_1^m,\ C_1^m)$$

을 계산한다.

(3) 퍼지 거리와 각각의 전문가에 대한 차이를 계산한다.

$$(A_1^m\text{-}A_1^{(i)},\ B_1^m\text{-}B_1^{(i)},\ C_1^m\text{-}C_1^{(i)})$$

(4) T.F.N.을 이용하여 각각의 전문가간의 의견의 차이를 퍼지 거리(Fuzzy Distance)와 선형 순위(Linear Order)로 구하여 전문가들의 의견을 검토한다.

(5) 각각의 전문가에게 피드백 시켜 다시 새로운 T.F.N.을 요구한다.

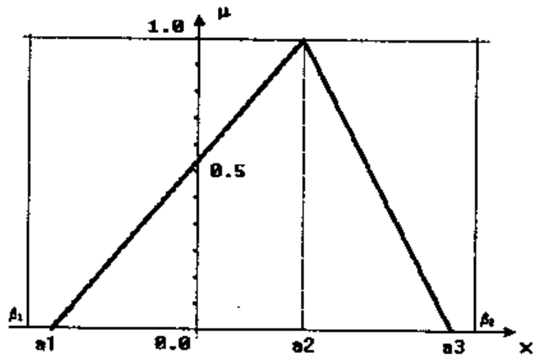
$$(A_2^{(i)},\ B_2^{(i)},\ C_2^{(i)})$$

(6) (2), (3), (4), (5) 과정을 반복한다. T.F.N.의 평균이 안정된 시기에 이 과정을 마치게 된다. 그러나 예측에 커다란 영향을 주는 중요한 변수나 사건이 발생하는 경우, 혹은 계산에 지장을 줄 수 있을 정도의 이상치가 발생할 경우에는 위의 과정을 다시 한번 반복하여 새로운 요인을 반영할 경우 재평가도 가능하다.

각 전문가들의 추정치에 대한 의견 차이를 조정하기 위한 삼각 퍼지 숫자에 대한 비유사도(Dissemblance Index) 계산을 다음과 같이 전개한다. 이러한 측정치들을 계산하기 위해서는 다음과 같은 용어들을 미리 정의하여야 한다.

삼각 퍼지 숫자(T.F.N., Triangular Fuzzy Number)

각 전문가들의 의견을 삼각 퍼지 숫자로 모으기 때문에 다음과 같이 정의를 한다. 한 전문가의 의견을 삼각 퍼지 숫자 A = (a1, a2, a3)로 나타낸다면 〈그림 1〉과 같이 나타낼 수 있다.



〈그림 1〉 Triangular Fuzzy Number A=(a1, a2, a3)

$\forall X, a1, a2, a3 \in :$

$$\begin{aligned} \mu_A(X) &= 0, & X \leq a1 \\ &= (X-a1)/(a2-a1),\ a1 \leq & X \leq a2 \\ &= (a3-X)/(a3-a2),\ a2 \leq & X \leq a3 \\ &= 0, & X \geq a3 \end{aligned}$$

추정된 숫자는 3개의 값을 가지는 T.F.N.이다. 이 값들은 가장 확신을 가지고 추정된 $a2$, 즉 확신 정도를 나타내는 이용률(μ, Utility)이 1의 값을 가지고 다른 2개의 추정치 $a1$, $a3$는 0의 이용률을 가지도록 T.F.N.은 설계된다. 그림에서 보는 바와 같이 0부터 1까지 변하는 2개의 직선이 형성되므로 3개의 퍼지 숫자는 그 이용률에 의해서 삼각형의 형태를 이루게 된다.

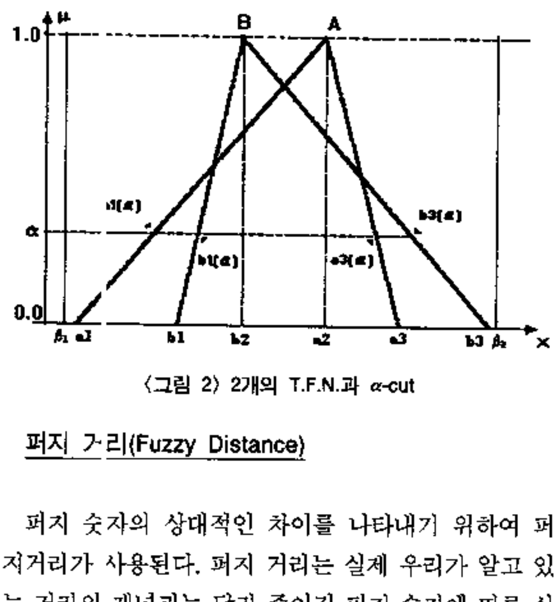
즉 한 전문가가 추정하기에 $a1$은 가장 적게 추정할 수 있는 숫자이고 거기에 따른 이용률은 0을 나타낸다. $a2$는 가장 큰 이용률인 1을 갖고, 전문가가 확신을 갖고 나타낼 수 있는 숫자가 된다. $a3$은 가장 크게 추정할 수 있는 숫자이고 이용률은 0이다.

$a1$과 $a3$사이에 있는 숫자의 이용률은 위 식에 표시된 $\mu_A(X)$로 나타낸다. β_1과 β_2는 T. F. N.의 극한값을 포함할 수 있는 값으로서 $\mu_A(X)$ = 0을 만족하는 어떤 x의 값이라도 상관이 없다.

Ⅳ. 추정치들의 평가

알파 절단(α-cut)

알파 절단은 삼각 퍼지 숫자를 일정한 수준 α로 절단하는 것을 말하는데 α 수준은 이용률 함수가 나타내는 영역 0과 1사이에서 존재하게 된다. 따라서 〈그림 2〉와 같이 나타낼 수 있으며 이는 이용률의 범위인 [0, 1]에서 평준화 거리(Normalized Distance)와 두 개의 T.F.N.간의 퍼지 거리(Fuzzy Distance)를 구하여 전문가들의 의견을 종합하는데 중요한 자료로서 사용하게 된다.[2]



〈그림 2〉 2개의 T.F.N.과 α-cut

퍼지 거리(Fuzzy Distance)

퍼지 숫자의 상대적인 차이를 나타내기 위하여 퍼지거리가 사용된다. 퍼지 거리는 실제 우리가 알고 있는 거리의 개념과는 달리 주어진 퍼지 숫자에 따른 상이한 정도를 구해내는 척도로서 각 전문가들의 의견 차이를 나타내는 측정치가 된다. 우선 먼저 3명의 전문가들로부터 구한 삼각 퍼지 숫자 A, B, C를 다음과 같이 표시한다.[4]

$$A = (a1,\ a2,\ a3)$$
$$B = (b1,\ b2,\ b3)$$
$$C = (c1,\ c2,\ c3)$$

이때 거리를 나타내는 함수 d(X, Y) ∈ R, (X, Y) ∈ E × E이고 다음과 같은 조건을 만족해야만 한다.

$\forall$ X, Y, Z $\in$ E :

d(X, Y) $\geq$ 0

(X = Y) $\Rightarrow$ (d(X, Y) = 0)

d(X, Y) = d(Y, X)

d(X, Z) $\leq$ d(X, Y) * d(Y, Z)

(* 표시는 거리개념에 대한 연산자를 나타낸다.)

왼쪽(최소치)에 대한 거리와 오른쪽(최대치)에 대한 거리는 각각 다음과 같이 표시된다.

$\triangle_l(A, B) = |a1, b1|$, $\triangle_r(A, B) = |a3, b3|$

또한, 위에서 정의한 거리에 대하여 다음과 같은 사항을 구할 수 있다.[4]

$\forall$ A, B, C $\in$ R :

1. $\triangle_l(A, B) \geq 0$, because $|a1 - b1| \geq 0$
2. $\triangle_l(A = B) \Rightarrow (\triangle_l(A, B) = 0)$, because $(a1 = b1) \Rightarrow (|a1 - b1| = 0)$
3. $\triangle_l(A, B) = \triangle_l(B, A)$, because $|a1 - b1| = |b1 - a1|$
4. $\triangle_l(A, C) \leq \triangle_l(A, B) + \triangle_l(B, C)$, because $|a1 - c1| \leq |a1 - b1| + |b1 - c1|$

$\triangle_r$에 대한 증명도 위와 동일한 방법으로 이끌어 낼 수 있다.

두개의 추정치에 대한 거리는 다음과 같다.

$\triangle(A, B) = \triangle_l(A, B) + \triangle_r(A, B)$

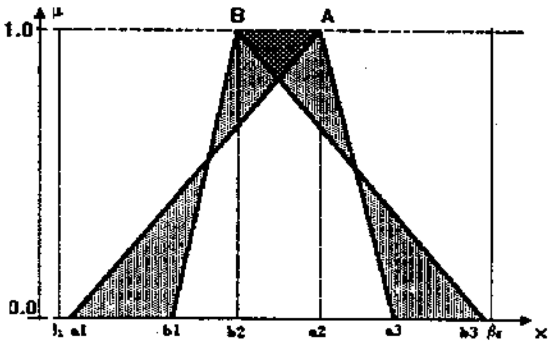
평준화 거리(Normalized Distance)는 다음과 같이 정의한다.

$$\delta(A, B) = \frac{d(A, B)}{2(\beta_2 - \beta_1)}, \quad 0 \leq \delta(A,B) \leq 1$$

β_1, β_2는 〈그림 3〉에 나타난 것처럼 $A_\alpha = 0$, $B_\alpha = 0$ 을 만족할 수 있는 편리한 X의 값으로 주어진다.

따라서 아래의 〈그림 3〉에서 보이는 두개의 삼각 퍼지 숫자 A, B 사이의 거리는 이용률의 범위인 0에서 1까지 절단된 수준 α값에 의하여 다음과 같이 계산되어 진다.

$$\delta(A, B) = \int_0^1 \delta(A_\alpha, B_\alpha)\, d_\alpha$$
$$= \frac{1}{2(\beta_2 - \beta_1)} \int_0^1 \Delta(A_\alpha, B_\alpha)\, d_\alpha$$
$$= \frac{1}{2(\beta_2 - \beta_1)} \int_0^1 (|a1(\alpha) - b1(\alpha)| + |a3(\alpha) - b3(\alpha)|) \quad d\alpha$$



〈그림 3〉 두개의 T.F.N.과 Fuzzy Distance

또한 전문가들로부터 추정된 T.F.N.에 대하여 다음과 같은 선형 순위(Linear Order)를 정함으로써 자신의 추정치의 치우친 정도와 범위를 다른 추정치와 비교해 볼 수 있도록 한다.

퍼지 숫자의 선형 순위(Linear order)

세개의 T.F.N.으로 구성된 각 전문가들의 추정치인 퍼지 숫자를 선형(Linear)으로 나열하는 것은 그리 커다란 의미가 없어 보인다. 하지만 추정치를 제시한 전문가들에게는 다른 사람의 의견을 참고로 자신의 의사를 표현하는 것이 되므로 다른 전문가들의 추정치와 자신의 추정치를 비교해 볼 수 있는 방법을 제시해 주기 위해서 선형 순위를 알려주게 된다. 이를 위해 이전(Removal), 중앙값(Mode), 차이(Divergence)의 3가지의 다음과 같은 기준을 정해 두고 이에 따라 T.F.N.의 선형 순위를 구하게 된다.[2]

i) 이전(Removal, A') : T.F.N.은 3개의 숫자로서 이용률에 따라 삼각형의 형태를 이루게 된다. 이 T.F.N.들의 선형 순위를 결정하기 위해 하나의 점으로 집약시킨다. 이 점 A'는

$$A' = \frac{a1 + 2a2 + a3}{4}$$

과 같이 계산되어지며 T.F.N.으로 이루어진 삼각형의 무게중심이고 삼각형의 높이가 1로서 일정하므로 이용률 0.5인 직선 상에 위치하게 되어 선형 순위를 결정할 수 있다.

ii) 중앙값(Mode, M') : 한 전문가가 추정한 3개의

추정치 중에서 1의 이용률을 가지는 추정치, 즉 최적치라고 추정되어진 값, $a2$를 말한다. 이전(Removal)에 의해 결정된 선형순위중 동일한 값이 존재할 경우 가장 큰 이용률 1을 가지는 최적치($a2$)의 순위로서 그 T.F.N.들의 선형 순위를 결정한다.

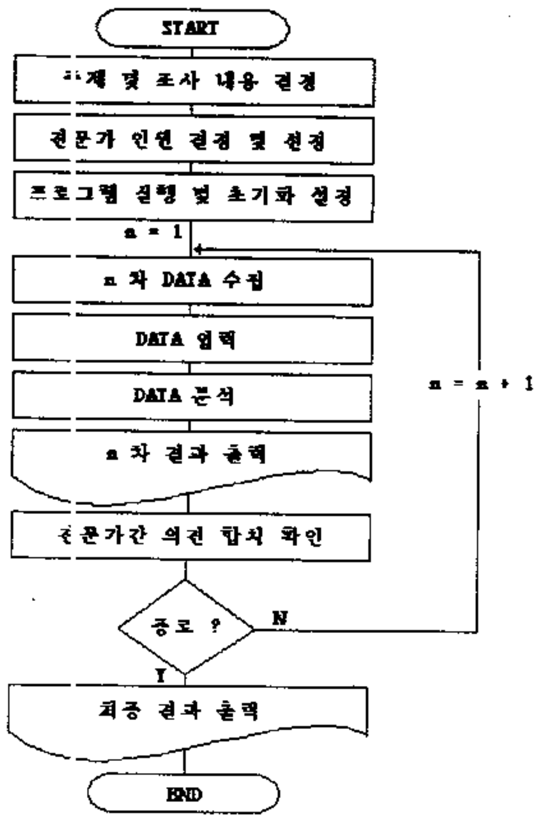
iii) 차이(Divergence, D') : 3개의 추정치 중에서 $|a1 - a3|$의 크기가 클 경우 추정치의 신빙성은 떨어지게 된다. 따라서 차이(Divergence)는 상기한 2개의 방법으로도 순위가 결정되지 않은 경우에 신빙성이 높은, 즉 D'의 크기가 적은 경우에 높은 순위를 주는 경우이다.

이 세 가지는 선형 순위를 결정하는 별도의 방법이지만 세 가지를 동시에 사용하면 그 순위를 정하는 일괄적인 방법으로 사용할 수 있게 된다. 이 방법들을 이용하여 선형 순위를 결정하는 방법은 먼저 추정된 T.F.N. A = ($a1$, $a2$, $a3$)에 대하여 퍼지 삼각형을 대표할 수 있는 한 점으로 나타낸다. 이를 위해서 퍼지 삼각형을 하나의 점(A')으로 이전(Removal)시키고 각 T.F.N.들의 A'로 이루어진 class로 일단 순위를 정한다. 이 class를 형성한 값들 중에서 같은 class에 속하는 값이 여러 개가 생길 경우 그것들의 중앙값(Mode)을 비교하여 순위를 정하여 sub-class를 형성한다. 이 sub-class에서 중앙값이 같은 T.F.N.이 있을 경우에 최소치와 최대치간의 차이(Divergence)로서 sub-sub-class를 형성하여 각 T.F.N.의 순위를 최종적으로 결정한다.

여기서 이 T.F.N.의 선형 순위는 예측된 추정치의 정확성에 대한 순위를 가리키는 것이 아니라는 사실에 주목해야만 한다. 이 선형 순위는 단지 다른 사람의 의견에 비해서 내 의견이 한쪽으로 치우쳐 있지는 않은지, 혹은 내 의견이 다른 추정치들에 비해서 너무 넓은 범위를 추정하고 있지는 않은지를 순위로서 그 범위만을 알 수 있게 함으로서 재추정시에 자신의 세개의 추정치에 대한 범위와 다른 추정치들과의 유사성을 짐작토록 하는데 도움을 주기 위한 것이다.

V. 응용 및 적용 절차

본 논문에서 응용·개발된 알고리즘을 적용하기 위해서는 다음과 같은 절차를 거치게 된다. 먼저 예측코자 하는 주제에 대하여 각 전문가들에게 설문지의 형식으로 제공될 필요한 제반 요소들을 결정한다. 또한 적정한 전문가의 인원을 결정하고 적절한 전문가를 선정하여 전문가들에게 T.F.N. 등의 본인이 추정할 사항에 대한 기본적인 개념을 제공하여 적당한 지수를 추정하도록 한다. 이와 같은 절차는 <그림 4>와 같이 나타낼 수 있다.



<그림 4> 일반 지수의 예측 절차

VI. 적용 예

다음의 표는 12명의 전문가들로부터 몇년후면 우리나라의 주식시장이 완전히 개방될 것인지에 대하여 연구 의뢰한 1990년의 자료이다.[3]

전문가들로부터 수집된 이 Data들은 전문가에 대한 자료와 함께 입력되어 진다. 입력되어진 데이터는 데

Expert NO.	Earliest Date	Maximum Presumption Date	Latest Date
1	1995	2003	2020
2	1992	1994	2000
3	2000	2005	2010
4	1992	1993	1994
5	2000	2005	2015
6	1995	2010	2015
7	2010	2018	2020
8	1995	2007	2013
9	1995	2002	2007
10	2008	2009	2020
·11	2010	2020	2020
12	1994	2000	2005

이터 수집자에게 퍼지 거리를 비롯한 여러 가지의 비교 분석 방법〈그림 5〉에 의해서 도시되어지며, 각각 전문가들에게 Feedback되어지기 위해서 개개인별의 작업을 수행하게 된다. 또한 전문가들의 의견의 합치를 이루기 위하여 동일한 전문가들에게 데이터 수집과 입력, 분석까지의 일련의 과정을 반복적으로 수행하게 될 것이다.

각 추정치들의 평균값은

$(A_1^m,\ B_1^m,\ C_1^m) = (1998.83,\ 2005.50,\ 2011.58)$

$= (1998,\ 2005,\ 2011)$

이고, 각 전문가들의 비유사도(Dissemblance Index)를 계산한다.

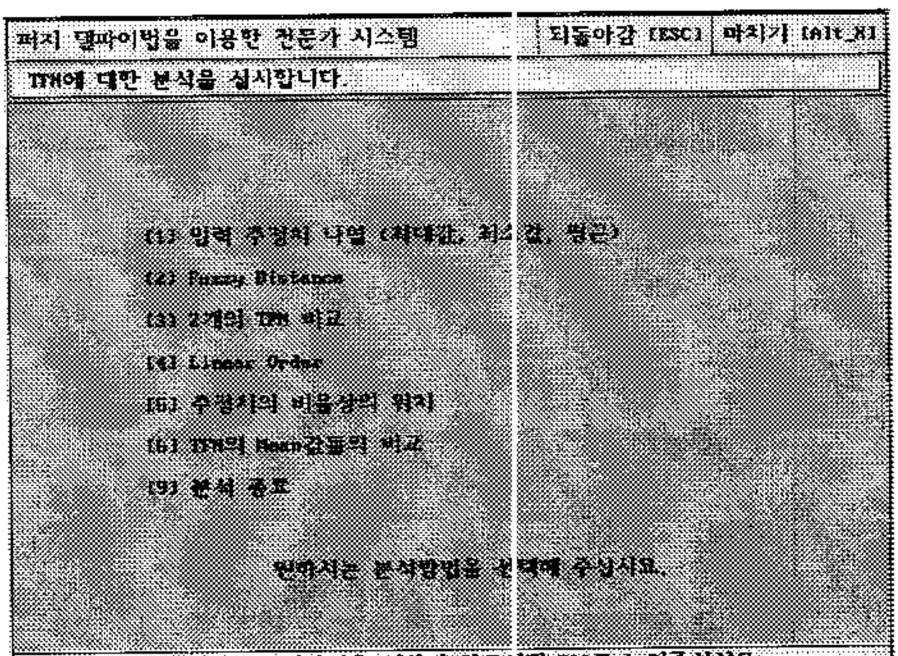
비유사도는

$$\delta(N_i,\ N_j) = \frac{1}{2(\beta_2 - \beta_1)}\ (\Delta_l(N_i,\ N_j) + \Delta_r(N_i,\ N_j))$$

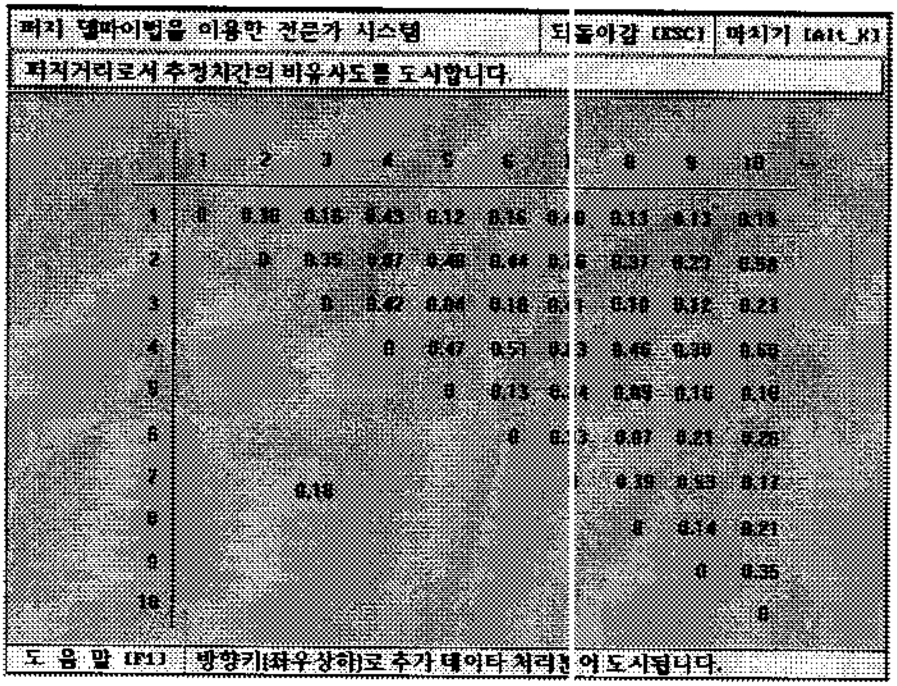
에 의해서 계산되어지며 β_1과 β_2값은 전체 전문가들의 추정치를 모두 포함하는 임의의 값으로 주어질 수 있으므로 각 추정치들중 최소값과 최대값으로 결정되어 계산되게 된다. 즉 β_1 = 1992, β_2 = 2020 으로 계산된다.

위의 식에 의해서 계산되어진 비유사도는 다음과 같다.

위 표에서 볼 수 있듯이 가장 작은 비유사도는 $\delta(7,\ 11)$ = 0.03과 가장 큰 비유사도는 $\delta(4,\ 11)$ = 0.8'로 주어지게 된다. 이로부터 7번과 11번 전문가의 의견은 상당히 유사하고 4번과 11번 전문가의 의견은



〈그림 5〉 분석을 위한 분기 화면 및 2차 입력 준비 화면



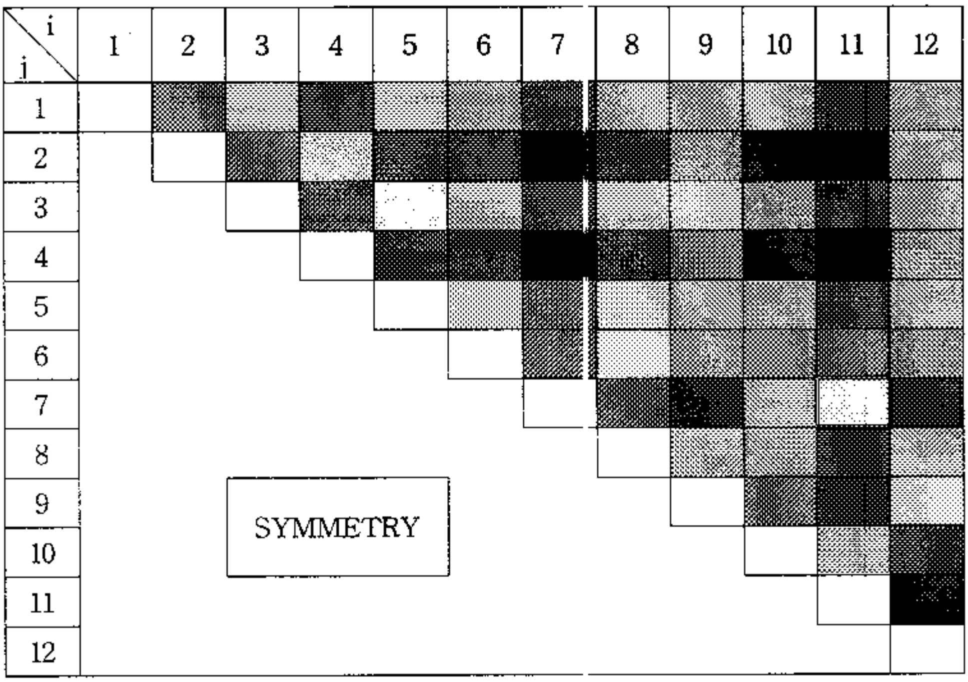
〈그림 6〉 T.F.N.의 Fuzzy Distance에 의한 비유사도 분석

j \ i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0.36	0.16	0.43	0.12	0.16	0.40	0.13	0.13	0.13	0.43	0.19
2		0	0.35	0.07	0.40	0.44	0.76	0.37	0.23	0.58	0.80	0.16
3			0	0.42	0.04	0.18	0.41	0.10	0.12	0.23	0.44	0.18
4				0	0.47	0.51	0.83	0.46	0.30	0.60	0.87	0.24
5					0	0.13	0.34	0.09	0.16	0.18	0.40	0.23
6						0	0.33	0.07	0.21	0.26	0.35	0.27
7			SYMMETRY				0	0.39	0.53	0.17	0.03	0.59
8								0	0.14	0.21	0.44	0.20
9									0	0.35	0.57	0.06
10										0	0.21	0.41
11											0	0.72
12												0

상당히 다르다는 것을 알 수 있다.

추정치들간의 퍼지 거리에 대한 비유사도를 각 Cell에 0~100까지의 음영 처리로서 나타내어 각 전문가의 의견들에 대한 유사한 정도를 비교하여 보면 다음과 같이 나타난다.

$\delta(N_i, N_j)$의 값에 따라 음영의 명도를 나타내 본 위의 예로부터 유사한 의견을 제시한 전문가들을 연결함으로써 각 전문가들 간의 유사 정도를 비교해 볼 수 있다. 비교적 유사한 의견을 낸 전문가들을 연결해 보면 (2, 4), (3, 5), (5, 8), (6, 8), (7, 11), (9, 12)이며, 그 중에서 2, 4번 전문가와 7, 11번 전문가에게서는 상당히 동떨어진 의견이 제시되었음을 알 수



있다. 이로부터 각 전문가들의 의견의 유사한 정도와 본인의 추정치가 다른 전문가들과의 차이를 확인해 볼 수 있다.

이러한 비유사도에 Module의 여러 가지 분석 방법을 그림으로 나타낸 여러 가지 분석치들에 의해서 의사결정자는 1차의 데이터 수집의 결과를 다시금 전문가들에게 Feedback하게 된다. 이에 의해서 수집된 2차 데이터들은 지금까지의 과정을 다시금 반복하여 어느 정도 전문가들 사이의 의견의 합치를 이룰 때까지 반복적으로 수행된다.

V. 결론

본 논문에서는 일반적인 미래 예측 방법의 하나인 델파이법에 퍼지 숫자의 개념을 도입하고 그 중에서도 삼각 퍼지 숫자를 이용한 퍼지 델파이법을 이용하여 사회과학 분야에서 널리 사용되는 일반 지수의 예측 과정을 시스템화하였다. 전문가에 의해 추정된 삼각 퍼지 숫자의 입력을 통해서 그 추정치들의 퍼지 거리와 비유사도(Dissemblance Index)를 계산하고, 선형 순위(Linear Order)를 비롯하여 여타 전문가들의 추정치에 대한 비교가 가능하도록 하였다. 또한 본 논문에서 간단한 Graph와 함께 다시 전문가에게 Feedback 할 수 있도록 하는 과정을 Code화함으로써 전문가들로 하여금 다양한 정보를 통하여 좀 더 정확한 추정치를 예측하는데 도움을 주도록 하였다.

현재 전문가들로부터 추정되어지는 데이터의 형식이 정해져 있으며, 입력되는 데이터에 따른 처리 과정도 T.F.N.에 의한 계산이라는 점에서 조사자와 전문가들의 이해를 구해야 하는 애로점이 있으며 삭제되거나 추가되는 데이터들의 처리에 대한 검토가 필요하다. 전문가들에게 자료를 조사하고 Feedback되어지는 과정을 피할 수는 없겠지만 이보다 자료 조사자 및 의사 결정자에게 보다 수월한 방법으로 결론에 도달할 수 있는 장점을 주게 될 것이다. 본 논문에서 사용되어진 알고리즘과 Source Code가 좀더 향상된 입출력 Form으로 발전된다면 추정치들의 비유사도를 간단한 조작을 통해서 많은 정보를 쉽게 얻을 수 있게 될 것이다.

본 논문에서 개발 · 사용된 알고리즘(Algorithm)과 Source Code는 C++로 Coding되어 있다. 또한 자체적으로 개발된 한글 Library에 의해서 만들어 졌으므

로 많은 Graphics Type과 호환성을 이루지 못하고 있으며 많은 양의 Data를 한번에 처리할 수 없다는 단점이 있다. 향후 Borland사의 Borland Delphi for Windows 등의 진보된 개발툴들을 응용하여 정식 개발이 진행될 예정으로 있다.

【참고문헌】

[1] Lindstone H. and M. Turroff, "*The Delphi Method, Technology and Applications*", Wesley, 1975.

[2] Kauffmann A. and Gupta M. M., "*Introduction to Fuzzy Arithmetic, Theory and Applications*", Van-Nostrand Reinhold, New York, 1985.

[3] Kauffmann A. and Gupta M. M., "*Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science*", North-Holland, 1988.

[4] Klir, G. J., Folger, T. A., "*Fuzzy Sets, Uncertainty and Information*", Prentice Hall, 1988.

[5] 김창은, 최환석, "퍼지 델파이법을 이용한 일반지수 예측 전문가 시스템 구축", '95 춘계 산업공학회/경영과학회 공동 학술 발표 논문집, 1995.

김창은

1955년 생

1979년 고려대학교 산업공학과(학사)

1982년 Texas A&M 산업공학과(석사)

1986년 Texas A&M 산업공학과(박사)

1992년 6월～1993년 7월 일본 아시카가 공업대학 방문 부교수

1987년 3월～현재 명지대학교 공과대학 산업공학과 정교수

관심분야 : 생산시스템, 경영과학, 경제성공학, 설비관리 등이다.

최환석

1969년 생

1995년 명지대학교 산업공학과 졸업(학사)

현재 명지대학교 산업공학과 석사과정

관심분야 : 생산시스템, 경영과학, ES, DSS 등이다.

96년 1월 최초 접수, 96년 3월 최종 수정