

# 수동교통제어에 대한 여론에 관한 퍼지측도분석

진현수  
백석대학교 정보통신학부  
jhs1020@bu.ac.kr

## Fussy Measure Analysis of Public Attitude towards The Use of Manual control of Traffic

Hyun Soo Jin  
Division of Information & Communication Engineering, Baekseok University

### 要 約

본 논문은 교통을 수동 조작하는점에 대한 사람들의 반응을 분석하기 위해서 퍼지 측도와 퍼지적분의 응용에 관련된 것이다. 이같은 목적을 위해 수동 교통조작에 대한 설문조사가 이루어지고 데이터는 전문가와 비전문가를 사이에 두고 이루어져 있다. 사람들의 반응의 기본구조를 파악하기 위해 요소분석을 수행하였다. 전문가와 비전문가 그룹들사이의 설문조사의 반응에 대한 태도가 퍼지측도분석에 의한 계층적 구조로서 잘 설명되어진다.

### Abstract

This paper is concerned with applying fussy measures and fussy integrals to analyze public attitude towards the use of manual control of traffic. To this end, a questionnaire on the use of manual control of traffic is set up and data are collected in expert, and layman. Factor analysis is performed to get the primary structure of public attitude. It is shown that the attitude of the responders to the questionnaire in each group is well explained with its hierarchical structure obtained by fuzzy measure analysis.

### 1. 서 론

새로운 기술을 도입하거나 시도할때는 사람들의 수용이나 거부냐의 구조를 확인하는 것이 중요하다. 반응의 구조는 기본 기여나 상관관계를 가지고 있다. 구조적 분석에 있어서는 반응은 알맞은 모형을 통해 의미있는 공헌으로 분석하는데 필요한 반응이 요구되어진다. 라토π다T 등이 반응 모델등을 제시하여 왔다 [2] [3].a목적이나 사건을 향한 반응  $A_0$ 가 합의 계산 ( $e_i \times b_i$ ) 으로 표현 되어진다.

$$A_0 = \sum_{i=1}^n e_i \times b_i \quad (1)$$

여기서  $e_i$ 는 기여도 I의 주제 평가이고  $b_i$ 는 목적에 관한 반응 I의 신뢰정도를 나타내고 n은

목적에 관한 I의 신뢰정도를 나타내고 n은 목적에 관한 신뢰수를 나타낸다. 그러나 본연구와 같은 형태의 데이터는 다소 주관적이지 못하다. 즉 퍼지화 한다고 할수 수있. 그리고 다음과 같은 문제점들이 지적되어 질수 있다.

- 1) 퍼지 사건을 처가하는 확률성과 같은 가법적인 측도를 사람들이 늘 갖고 있는 것은 아니다
- 2) 평가 가정에 있어서 사건의 기여도는 늘 독립적이지는 않다.

식 (1) 과 같은 각각이 선형모델에 있어서는 늘 응용적이지는 못하다 왜냐하면 독립적인것과 가법적인것의 조칙성에 의존하기 때문이다.

Sugeno는 퍼지측도와 퍼지 적분의 개념을 제시 하였고 인간적인것에 대한 주제에 이개념을 응용 하였다. 퍼지측도 개념으니 일맞넉인 확률측도개념으로 간주되어지고 퍼지사건을 평가하기 위한 주관적인 측도로서 해석되어 질수 있다. 주관적

이거나 객관적인 비독립성을 추측할 필요가 없고 퍼지 목적에 있어서 가법적인것을 추측할 필요가 없어진다. 퍼지 적분은 근사요망으로서 여러가지 기여에 관련된 퍼지사건의 주관적인 평가 목적을 확립할수 있다. 본 논문은 교통신호 조작성을 수동으로 하는것에 대한 사람들의 반응을 분석하기 위한 퍼지측도와 퍼지 적분을 응용하기위한 목적을 두고 있다. 사람들의 평가 과정의 모델을 확립하기 위하여 평가과정의 구조를 확인하는 가장 중요한 임무가 있으며 즉. 이것은 평가에 있어서 중요한 역할을 하는 관련 반응을 선정하는 중요한 역할을 하는 것이다. 반응에 대한 구조를 확인하는 문제는 퍼지 적분 모델을 응용하는 의제에 놓여있다. 여론에 대한 분석은 요소 (factor)분석과 퍼지 추측 분석으로서 잘 설명되어 지고 있다.

## 2. 퍼지측도와 적분

### 2. 1 퍼지측도

퍼지 측도는 하나의 감각에 있어서 확장된 가능성이고 일반적으로 가법성이 없는 단순한 단조성이다.  $X$ 를 전체집합이라하고  $\beta$ 를 Borel영역이라한다. 그때 집합함수는 다음과 같은 특성을 가지고  $\beta$ 로서 제한되어지는 퍼지측도라 불리어진다.

- i)  $g(0)=0, g(X)=1$
- ii) If  $A, B \in \beta$  and  $A \subset B$ , 그러면  $g(A) \leq g(B)$
- iii) If  $1 \leq n < \infty$  에서  $F_n \in \beta$ 이고  $\{F_n\}$  이 단조성이라면  $\lim_{n \rightarrow \infty} g(F_n) = g(\lim_{n \rightarrow \infty} F_n)$

세별  $(X, \beta, g)$ 를 퍼지측도 공간이라 불리어지고  $g$ 를  $(X, \beta)$ 의 퍼지측도라 불리어진다. 응용을 위해서 충분한 유한한 경우를 고려하여 보자.  $K$ 를  $K = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ 이라 하는 유한한 집합이라 하고  $P(k)$ 를  $k$ 의 모든 부집합 계층이라 하자. 그때  $(k, P(k))$ 의 퍼지측도  $g$ 는 세 번째 특성이 연속적이기 때문에 첫 번째의 두 개의 특성에 의해서 규정되어진다. 특히 단일 원소  $S_i$ 를 갖는 부집합  $(\{S_i\})$ 를 확률밀도와 같이 퍼지밀도라 불리어진다.  $g^i = g(\{S_i\})$ 라 놓자. 본논문의 퍼지 측도는 주관적인 중요성의 등급으로서 해석되어 질 수 있고 비가법적이며 평가과정의 사건의 공헌이 다른지 공헌의 부속물에 해당되어질수 있다. 예

를 들어 집의 홀름함의 평가 과정에 대한 추측을 공간에 대한 척도  $S_1$ 이라 놓고 보기좋은에 대한 척도를  $S_2$ 라 하고 값에 대한 척도를  $S_3$ 등으로 하자. 그때  $g(\{S_1\})$ 를 공간에 대한 주관적인 중요성의 등급이라하고  $g(S_1, S_2)$ 를 '공간'과 '전망'에 대한 등급이라하자. '공간'과 '전망'에 대한 주관적인 중용성에 대한 등급이 '공간'에 대한 등급에 '전망'에 대한 등급이 합쳐진것과 같은 경우는 거의 없다. 그러나 그것은 적어도 단조성은 만족한다. 즉 '공간'과 '전망'에 대한 주관적인 중요성의 등급은 '공간'에 대한 등급보다는 크다. "A는 적어도 B일 가능성이이다"와 같은 서술로서 예시 되어질수 있는 비교 확률성의 개념을 [1]에서 제시되었다. [1]에 있어서 사건은 집합  $\Omega$ 의 부집합  $F$ 영역의 원소로 표현되어진다. 비교 가능성의 관계  $\geq$ 는 다음과 같은 5개의 공리로써 주어진다

C0(값진것) :  $\Omega \geq \psi$ , 여기서  $\psi$ 는 '0'이나 공집합

C1(비교성) :  $A \geq B$  혹은  $B \gg B$

C2(전도성) :  $A \geq B, B \geq C \Rightarrow A \geq C$

c3(불가능의 비확률성) :  $A \geq 0$

c4(전체집합의 해체성) :  $A \cap (B \cup C) = \psi \Rightarrow (B \geq C \Leftrightarrow A \cup C)$

주관적인 평가의 관점으로 부터 C4는 직관적이다. 주관적인 평가 B가 C보다 크다고 할지라도 'A U C'의 주관적인 평가는 'A U B'의 주관적인 평가보다 클수가 있다. 퍼지 측도는 필요불가결으로 C4를 요구하지 않는다.

### 2. 2 퍼지적분

$h$ 를  $[0, 1]$ 로부터  $x$ 에 이르는 측정가능함수라 하자,  $g$ 와 관련되서 A에 대한  $h$ 의 퍼지적분은 다음과 같이 정의되어진다

$$\int_A h(x) \circ g = \sup_{\alpha \in [0,1]} [\alpha \wedge g(A \cap F_\alpha)]$$

여기서  $F_\alpha = \{x/h(x) \geq \alpha\}$ 이고  $\wedge$ 는 최소한을 나타낸다. 만약 A가 X라는것이 빠진다면 A는 퍼지적분의 영역이다. 퍼지적분을 계산하는 방법을 알아보자, 단순하게 K를 전에 정의되었던 유한 집합이라하면  $(K, P(k))$ 의 퍼지측도  $g$ 를 고려하자.

$h: k \rightarrow [0,1]$ 이라하고 일반성이 결여된것이 없다는 것을  $h(S_1) \geq h(S_2) \geq \dots \geq h(S_n)$ 로 표시

할수 있다. 그렇지 않다면 k의 번호를 새로 매긴다. 다음식과 같다

$$\int h(s) \circ g = \bigvee_{i=1}^n [h(S_i) \wedge g(k_i)]$$

여기서  $k_i = (S_1, S_2, \dots, S_i)$  이고  $\bigvee$ 는 최대치를 나타낸다. 목적에 대한 공헌은 퍼지측도에 의해 측정되어지고 목적에 대한 특성함수는 퍼지측도를 고려하여 적분되어지는데 퍼지 적분은 애매한 목적의 주관적인 평가의 모델로서 사용되어진다. 전단의 진에 관한 예를 든것에서  $h:k \rightarrow [0,1]$ 를 집의 특성함수로 놓아두자. 즉 집의 특성을 나타내는 함수로 표현하자. 예를 들어  $h(\text{'공간'}) = 0.9$ 를 큰집에 대한 값으로 놓아두고  $h(\text{'가격'}) = 0.3$ 을싼집에 대한 값으로 두는등으로 하자, 그러면 집에대한 전체 평가는 g에 대한 h의 퍼지적분으로 주어진다. 즉 각 공헌의 주관적인 중요성의 등급으로 정해진다. 퍼지 측도의 정으로부터 명확하듯이 퍼지측도는 X의 부집합 A에 속하는 전체집합 X에 미리 속하지 않는 원소인가를 추측하는 주관적인 척도뿐만 아니라 전단에서의 예시되어진 실제적인 관점으로 부터 참조 되어진 공헌에 대한 주관적인 중요성의 등급과 같은 경우와도 관련되어진다. 퍼지 적분 모델은 다른것과 비교하여 독립적인 공헌이라고 추측할 필요가 없는 비선형 경우에 응용되어진다고 할수 있다. 위의 예에서 보듯이 '공간'과 '값'사이 특정한 의존도가 있다는 높은 가능성을 볼수 있다. 만약 그와 같은 경우라면 '공간'과 '값'을 집에 대한 공헌으로서 간주하는한 선형 모델로서 사용할수가 없다, 두가지 관점으로부터 공헌에 대한 의존도를 고려할수 있다. '공간'과 '가격'과 같은 객관적인 의존도인가를 나타내는 것이고 또한 주관적인 의존도인가를 나타내는 것이다, 비록 물리적으로 다른것과 독립적인 공헌이라 할지라도 주관적인 의존성은 존재하는 것이다.

### 3 퍼지측도분석

#### 3.1 퍼지 적분 모델

본논문에서는 퍼지측도분석은 여러 가지 공헌에 대한 목적을 평하하는 과정의 퍼지 적분 모델을 구성하는 것이다. 모델의 구성을 확인하는데 관련된 문제는 퍼지 측도 분석에 해당되어진다. 즉 이와같은 공헌과 목적사이의 상관관계를 측정하거나 목적을 평가하는데 관련된 공헌은 선정하는것이다. 모델에 사용되어지는 공헌의 종류는

목적의 자연성과 인간 평가자의 주관성에 의존한다. A를 목적이라하고  $K=(S_1, \dots, S_n)$ 을 공헌의 집합이라하자.  $h_A : k \rightarrow [0,1]$ 에 의해서 두가지 방법으로 목적 A에 대한 특성함수를 표현할수 있다. (1) 기하학적 형태의 특성함수와 같은 공헌의 물리적 특성과 같이 객관적으로 (2) 자기의 주장과 같이 평가자의 구관에 의해서이다. g를 목적의 전체 평가에 대한 공헌의 주관적인 중요성의 등급을 표현하기 위한 퍼지측도로 간주한다. 그때 전체 A의 평가는 다음과 같이 주어진다.

$$E_A = \int h_A(S) \circ g \quad (2)$$

문제를 평가하기위한 퍼지 적분을 응용하는 2가지 경우가 있다.

(i)사람의 주관적인평가과정의 모델과 같은 공헌을 갖는 서로같은 r목적을 갖는다 할 때

$$E_i = \int h_i(s) \circ g, 1 \leq i \leq r$$

여기서 I는 목적의 수이고  $h_i$ 는 I번째 목적이 특성함수이다. g는 사람의 주관적인 폭도를 나타낸다. 이러한 평가문제는 [4] [6] [7] 에 연구되어져 있다.

ii)m사람의 평균의 평가과정모델의 목적을 유일하게 갖는다고 한다 이럴 경우

$$E_j = \int h_j(s) \circ g, 1 \leq j \leq m \quad (3)$$

여기서 j는 사람의 숫자이고  $h_j$ 는 j번째사람에게 주어진 목적의 주관적인 특성함수를 나타낸다. g는 식 (1) 과 같은 수행지표를 최소화한다는 조건하에 사람사이의 퍼지측도를 평균화하는 것이다. 이것은 본논문에서 다루는 경우이다. 단순하게 많은 목적과 평가자를 갖고있다하자, 각각의 경우에  $E_j^*$ 는 j번째 목적의 주관적인 평가거나 j번째 사람의 유일한 목적이다. 모델에 있어서의 g파라메타는 다음과 같은 수행지수를 나타낸다.

$$J = \left[ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (E_j^* - E_j)^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

g[4,9]를 확인하기위해 다른 방법이 제어되어진다.

예를 들어, 퍼지측도가  $g_\lambda$  [6,7]이라면, 확인작업은 일정집합의 퍼지 측도가 퍼지밀도로 계산되어지는 값 때문에 서로 다를수 있다. 그러나, 일반적인 퍼지측도에 있어서 확인작업의 알고리즘은 복잡해진다. n개의 공헌도를 갖는다하자, 그러면 k

의 부집합의 갯수는  $2^n$ 이다. 모든 부집합의 퍼지측도값을 정해야 하기 때문에 단조성의 조건을 만족해야 한다. 본 논문에서는 일반적인 퍼지측도를 사요할 것이며 식 (1)에서 주어진 과정에 따라 확인할것이다. 본 논문에서는 확인작업은 생략하였다

### 3. 2 구조확인작업

모델의 구조를 확인하는 작업을 시도해 본다. 앞다시피 구조 확인작업에는 몇가지 방법이 있다. 목적에 대한 가능한 공헌을 모두 들여내놓자, 다음과 같이 정의한다.

$$\mu_{ij} = \frac{g(S_i, S_j) - (g^i + g^j)}{g^i \wedge g^j}, i \neq j$$

$$m_{ij} = \begin{cases} \mu_{ij} & \mu_{ij} \leq 0 \\ \mu_{ij}/(\mu_{ij}+1) & \mu_{ij} > 0, \end{cases}$$

$$\eta_j = \sum_{i=1}^n m_{ij}^3 / (n-1)$$

$\mu_{ij} \geq -1$ 는  $i$ 번째와  $j$ 번째의 공헌사이의  $g$ 값을 이중으로 나타낸것이다. 위식에서 만약  $\mu_{ij} > 0$  이라면  $g$ 는  $S_i$ 와  $S_j$ 에 대해 초월가법을 나타낸것이다. 즉  $g(S_i, S_j) > g^i + g^j$ 이다. 이것은  $S_i$ 와  $S_j$ 가 서로 연관되어 있다 하면 중요성의 주관적인 등급은 매우 크기 때문에  $S_i$ 와  $S_j$ 는 중요함을 나타낸다. 이것은  $S_i$ 는  $S_j$ 를 뒷받침 하는 것으로 같주한다. 만약  $\mu_{ij} < 0$ 이면  $g$ 는 하위가법적이다. 2개의 값이 평가되어질때 목적에 대한 평가에 있어  $S_j$ 에  $S_i$ 가 의문을 갖는다는 것으로 간주할수 있다. 극한의 경우에  $S_i$ 와  $S_j$ 가 같은 공헌도를 갖는다는 것을 가정한다 이런경우에 다음식을 갖는다.  $g(S_i, S_j) = g^i \vee g^j$

$\{S_i, S_j\}$ 의 주관적인 중요도 등급은 증가하지 않는다. 이에 따라  $\mu_{ij} = -1$ 이다.  $m_{ij}$ 는  $\mu_{ij}$ 로 규정화된다.  $\eta_i$ 는  $j$ 번째 공헌과 다른 공헌사이의 중첩의 평균정도와 간계를 갖고 있다  $|m_{ij}|$ 는 클때

$\eta_j$ 에 대해  $m_{ij}$ 의 공헌이 크다는 것을 나타내기 위하여 또한  $\eta_j$ 에 대한  $m_{ij}$ 에 대한 표시를 반영하기위하여 식 (3)이 가정된다.  $\eta_j \in [-1, 1)$ 를 중첩계수라 하자. 만약  $0 \leq \eta_j < 1$ 일때,  $j$ 번째 공헌이 다른것과 중첩이 되지 않을때 평균 즉, 이공헌은 목적을 평가하는데 관련된다.

$$\xi_j = 1 + \eta_j(1 - g^j), -1 \leq \eta_j < 0 \quad (6)$$

이라 정의하자

모델과 관련이 없는 것으로 여겨지는 공헌들을 제거하기위하여 즉  $g^j$ 와 중첩  $\eta_j$ 의 중요성을 계산하기 위하여  $\xi_j$ 의 값을 참조할수 있다.  $\xi_j$ 는 모델구조의  $j$ 번째 공헌의 필요정도를 표현하기위한 필요한 계수라 할수 있다. 즉 완전한 중첩이라면,  $g^j = 0$ 이라면, 중요성이 없다면, 공헌도  $S_j$ 는 다음과 같은 부등식이 성립된다면 제거될수 있다.

$$\xi_j / \max_{j, \eta_j < 0} \xi_j < 0.7$$

여기서  $S_j$ 는  $\eta_j \geq 0$ 이라면 제거되지 않는다. 다른 말로 하자면  $\eta_j \geq 0$ 일경우,  $S_j$ 는 평균에 있어 중첩이 안되고 그러므로 고연도는 관계성이 나타나고 제거되지 않는다.  $\eta_j < 0$ 경우, 식 (4)는  $g^j$ 를 고려도로 보는경우에 쓰인다. 그러나 문턱값이 0.7일경우에 소개되어지는데 관계공헌의 필요계수가 너무 넓은 다른값을 갖지 않는 것이다. 주관적인 중요성의 등급인  $S_k$  즉, 퍼지밀도  $g^k$ 가 다른값들 사이에서 매우작다면  $k$ 번째 공헌인  $S_k$ 값을 떨어뜨릴수 있다.

## 4. 사람들의 반응에 대한 분석

### 4.1 설문조사

여론 분석에 대한 방법을 조사하여 수동 교통조작에 대한 반응으로서 활용하였다. 이와같은 목적을 위하여 과학기술원 교통조사팀 설문내용으로부터 자료를 얻었다. 수동교통조작에 대한 설문 조사는 항목'수동 교통자각의 사용'에 30개의 공헌으로 "수동교통조작에 대한 사용 (1)우리들의 교통을 원활히 한다 (2) 제한없는 교통조작으로 사람들의 왕래를 떨어뜨린다" 등이다. 항목은 각 공헌에 대해 양극으로 -3에서 3까지 7개의 값으로 판단기준을 마련하여 3개의 영역아래에 놓이게 하였다. 즉 '평가' '믿음' '중요성'인데 '평가'는 좋

과 나뉘므로 나뉘고 '믿음'은 같다와 같지않다 등으로 나뉘고 '중요성'은 중요하다와 중요치 않다 등으로 나뉘게 하였다. 설문조사는 또한 '우호적임'을 포함하여 즉 수동교통제어에 대한 전체적인 평가를 실시하는데 그것은 우호적임과 비우호적임을 나타낸다.

4.2 모델화하기위한 데이터

다음과 같이 설문조사로 부터 얻은 데이터를 기호화 하였다.

- $e_{ij}$ :주제 j에 의한 i번째 공헌의 평가
  - $b_{ij}$ :주제 j에 의한 i번째 공헌의 믿음도
  - $w_{ij}$ :주제 j에 의한 i번째 공헌의 중요성
  - $F_j$ :주제 j에 의한 수동교통조작상용에 대한 호감도
- 모든 데이터는 구간 [-3,3]사이의 모든정수들을 위한다. 대답자들은 그들이 대답한 긍정, 부정, zero:pro그룹 con그룹혹은 중립그룹으로 나뉜다. 표1은 2개그룹 즉, 전문가그룹과 비전문가그룹의 상세도를 나타낸다. 전문가그룹의 각 그룹에 대한 con그룹, 중립그룹은 크기가 작아서 제외되었다.

표1. 2개 집단에 대한 상세도

	전문가집단	비전문가집단
pro그룹	(+1)21	27
	(+2)23	20
	(+3)55	8
	99	55
con그룹	(-1)2	37
	(-2)3	26
	(-3)6	18
	11	81
중립	(0)6	10
해탈가하는그룹	4	28
전체합계	120	174

그룹끼리 겹쳐서 조사하는것은 그룹사이의 비교를 하는 적당한 샘플을 찾는데 어려움을 겪고 있다. 교통제어에 관한 반응은 부분적으로 지식의 수준에 의해 결정된다. 즉, 각 그룹마다 차이가 있다. 수동교통조작이 인식값으로서 여겨지는 확인작업은 없다. 단일화 배경을 창조하기 위해서라도 사회적 위치의 영역을 제한하는것이 필요하다. 인공물의 창조를 피하기 위해 기술학도나 국과기관 과학자들을 반응자로서 선정하였다. 기술생들이나 자연과학자들은 적어도 수동교통조작에

대해 기능적으로나 목적에 의해서도 기본적으로 이해하고 있다.  $e_{ij}$ 이나  $b_{ij}$ 으로부터 공헌  $e_{ij}^*$  대한 효과적인 평가를 다음과 같이 정의할수 있다

$$e_{ij}^* = [e_{ij}(b_{ij} + 0.75) + 11.25] / 22.5, 0 \leq e_{ij}^* \leq 1 \quad (5)$$

식(5)는 다음에 근거한다

- (1)  $e_{ij} = 0$  (중립) 이면  $e_{ij}^* = 0.5$  (중립) 이다. 비록  $b_{ij}$ 이 있더라도
- (2)  $e_{ij} = -3$  (매우 나쁘면)  $b_{ij} = +3$  (매우같음) 이고  $e_{ij}^* = 0$  (매우 나쁜평가)
- (3)  $e_{ij} = +3$  (매우 좋음) 이고  $b_{ij} = +3$  (매우같음) 이면  $e_{ij}^* = 1$  (매우좋은)
- (4)  $b_{ij} < 0$  이면  $e_{ij}^*(e_{ij} < 0) > e_{ij}^*(e_{ij} > 0)$  인데 여기서  $e_{ij}^*(e_{ij} < 0)$  은  $e_{ij} < 0$  일때 효과적인 평가값이다
- (5)  $b_{ij} = 0$  이면  $e_{ij}^*(e_{ij} > 0) > e_{ij}^*(e_{ij} < 0)$
- (6)  $e_{ij}^*(e_{ij} = n, b_{ij} = m) \geq e_{ij}^*(e_{ij} = -n, b_{ij} = -m)$

그리고  $e_{ij}^*(e_{ij} = n, b_{ij} = -m) \geq e_{ij}^*(e_{ij} = -n, b_{ij} = m)$  여기서  $n, m = 1, 2, 3$  그리고  $e_{ij}^*(e_{ij} = n, b_{ij} = m)$  일때 효과적인 값이다. 동시에 이동된 값을 결정하는 좋은 방법을 가지고 있다. 부록II에서 이동된 값의 또 다른 크기값을 보일수 있다 이값은 위의 (1)-(6)항목을 만족하고 같은 구조의 결과값을 갖는다.  $e_{ij}^*$ 는 정규화하여 [0,1]사이의 값을 갖는다.  $w_{ij}$ 와  $F_j$ 는 [0,1]로 정규화 되어 다음값을 갖는다.  $+3 \rightarrow 1, +2 \rightarrow \frac{5}{6}, +1 \rightarrow \frac{2}{3}, 0 \rightarrow \frac{1}{2}, -1 \rightarrow \frac{1}{3}, -2 \rightarrow \frac{1}{6}$  그리고  $-3 \rightarrow 0$ 을 갖는다.

4.3 요소분석

요소분석은 응답자의 5개 그룹으로 나뉘어 수행되어지는데 데이터  $e_{ij}^*$ 는 원래 변수들의 많은 수를 줄임으로서 모델의 전체 구조를 평가하기 위해 숨겨져 있는 요소의 수를 줄이는데 사용되어지고 있다. 요소분석은 데이터의 전처리 방법으로서 사용되어지고 있다. Varimax방법이 지교회전과 같이 사용되고 있다 회전요소의 범위가 특성함수의 값이 1보다 크냐 작냐를 판가름한다. 요소 로딩작업과 직접 공헌비는 표 2-6

에 나타내어져 있고 표 7-11은 각 항목에 대한 공헌과 기준을 표시하고 있다. 낮은 로딩값을 갖는 요소는 제거 되었다 0.4보다 큰 요소로딩값은 6의 공헌값보다 작은 수로 선택되어졌다.

4. 4 계층적 구조

요소분석으로부터 시작하여 퍼지적분 모델을 갖추어 본다. 퍼지 밀도와 중첩 및 패요 계수를 사용하여 비교 공헌 및 항목은 선택되어지고 구조회 해석은 디도되어진다. 먼저 항목과 그것의 공헌 사이의 관계를 표현한다. 항목이 평가되어야 할 목적으로서 간주될수 있다. 불행하게도 설문조사에서 항목의 중첩평가에서 관련된 데이터올 얻을 수가 없다. 중요성  $w_{ij}$ 를 사용하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$E_{xj}^* = \sum_{i \in x} W_{ij} e_{ij}^* / \sum_{i \in x} w_{ij}$$

여기서  $x$ 는 항목을 나타내고  $x$ 에 속하는 공헌에 의해 취해진다.  $E_{xj}^*$ 는  $w_{ij}$ 의 중요성의 의해서  $e_{ij}^*$ 의 가중평균을 나타낸다, 그리서  $j$ 번째 사람에게 의해 항목  $X$ 의 전체 평가비에 의해 간주될수 있다.  $X$ 의 특성함수는 다음과 같이 주어진다.

$$h_{xj}(i) = e_{ij}^*, i \in x$$

퍼지적분 모델을 항목의 전체 평균을 나타내는 식 (3)으로 주어졌다.

9. 결론

고정주기 제어기, 최적 주기 제어기, 퍼지제어기등의 제어 대상이라 할수 있는 종목별 대안을 쌍별 비교함으로써 각 구성원이 잘 선택이 되었는가를 비교할 수 있는것이 본 연구의 취지라 할수 있다. 각 제어기의 보편적인 제어대상을 평가 대상으로 비교를 해보았고 비교별 수치를 직접적으로 견주어 볼수 있는 근거를 제시하였다. 각 제어기의 지체시간을 통하여 적합성을 적용한 제어기를 비교한 결과 지체시간을 누적시간별로 비교한 것이라든지 주기별 차량수의 비교 시간차를 변화량으로 구분한것 등에서 계층제어기, 그 다음에 퍼지제어기, 적용제어기, 고정제어기등으로 제어대상이 높을수록 비교 대상을 잘 선택 하였음을 볼수 있다. 계층분석법을 이와 같이 제어 대상을 비교할 수 있는 장점을 갖고 있으므로 이를 대상으로 실시간용 제어 방법으로 직접 이용하는 방법을 모색한다면 간접적으로 비교 대상

을 비교하는 것만으로 만족하지 않고 직접적으로 좋은 제어대상의 제어기를 설계할수 있는 기반을 마련할수 있을 것이다. 앞으로 이를 직접적으로 구현하는 제어기를 만드는 연구가 시행되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] 도철용, 교통공학원론, 청문각, p448-598  
 [2]진현수, 외"퍼지이론을 이용한 도시교통신호등의 제어에 관한 연구", 대한전자공학회 제어계측연구회 합동학술발표회 논문집, p93-96,1991  
 [3]진현수, 외"퍼지로직을 이용한 교통신호등의 최적 주기 및 현시제어", 대한전자공학회, 대한전기학회, 한국 통신학회, 인공지능, 신경망 및 퍼지시스템 종합합동 학술회의 논문집, 1991  
 [4]Satty,R.W., "The Analytic Hierachy Process-what it is and how it is used,"Mathematical Modeling, pp.161-176,1987.9.  
 [5]H.J.Zimmermann and P.Zysno, "Decision and Evaluation by Hierarchical Aggregation of Information",Fuzzy Sets and Systems vol.10,pp31-36,1983  
 [6]진현수, 김성환, "교통량검지를 위한 퍼지센서 알고리즘" 한국퍼지및 지능시스템학회 논문지, 제 8 권, 제 2 호, pp. 134-141, 1998  
 [7]진현수, 김순기, "퍼지록업 테이블 방식을 이용한 최적 신호주기 산출" 안산공과대학 논문지, 제 5 권 제 1 호. pp.101-110,1997.10.1  
 [8]진현수, 이상훈, 김성환, "교통량 검지용 록업테이블 방식 퍼지하드웨어 구현", 한국 퍼지및 지능시스템학회학 술대회, pp1001-1006,1997.11.29  
 [9]진현수, 김성환, "교통량 검지를 위한 퍼지센서 알고리즘", 한국퍼지및 지능시스템학회 논문지, 제 9 권 제 1 호, pp.99-106,1998.4.1  
 [10]진현수, 이상훈, 송진호, 김성환, "AHP를 이용한 퍼지교통신호기 설계", 한국퍼지및 지능시스템 학회 논문지, 제0권 1 호, pp79-83,2000.4



$$-\frac{\partial E_p}{\partial \hat{y}_{pr}} = -\frac{\partial}{\partial \hat{y}_{pr}} \left( \sum_{r=1}^s (y_{pr} - \hat{y}_{pr})^2 \right) = 2(y_{pr} - \hat{y}_{pr}) \quad (12)$$

$$\frac{\partial \hat{y}_{pr}}{\partial f_{kr}} = \frac{\partial}{\partial f_{kr}} \left( \sum_{k=1}^l f_{kr} \right) = 1 \quad (13)$$

$$\frac{\partial f_{kr}}{\partial w^{n0}_{kc}} = \frac{\partial}{\partial w^{n0}_{kc}} \left( \sum_{c=1}^g \mu_{kc} \cdot w^{n0}_{kc} \right) = \mu_{kc} \quad (14)$$

따라서,

$$\Delta w^{n0}_{kc} = 2\eta(y_{pr} - \hat{y}_{pr})\mu_{kc} \quad (15)$$

또한, 모멘텀을 포함하는 연결가중치 변화량은 다음과 같다.

$$\Delta w^{n0}_{kc} = 2\eta(y_{pr} - \hat{y}_{pr})\mu_{kc} + \alpha\{w^{n0}_{kc}(t) - w^{n0}_{kc}(t-1)\} \quad (16)$$

선형 추론인 경우와 변형된 2차식 추론인 경우에도 같은 방법으로 유도된다.

### 3. 최적화 알고리즘

유전자 알고리즘[2]은 자연 선택과 유전학에 기반으로 하는 확률적인 탐색방법으로써 탐색과 해의 가능영역들을 균형 있게 이용하기 위하여 생산, 교배, 돌연변이의 과정을 수행하는 일반성 있는 탐색법으로 비선형 최적화 이론에 탁월한 성능을 발휘하고 있다. 기존의 다른 탐색방법들과 달리 유전자 알고리즘은 해가 될 가능성이 있는 개체집단을 유지하면서 그들 모두가 동시에 최적값을 찾아나가기 때문에 지역 극소에 빠질 위험을 어느 정도 해결할 수 있다는 점과 더불어 모델의 성능지수가 최소가 되는 전역 극소 영역을 찾는 능력을 갖고 있으며, 또한 기존의 방법들과는 달리 선형, 연속, 미분가능 등의 제한이 없기 때문에 다양한 분야에 별다른 제한 없이 적용할 수 있다는 장점을 가진다는 것이 중요한 특징이다.

본 논문에서는 제안된 네트워크에 대한 전반부 멤버쉽함수의 정점과 학습률 및 모멘텀을 최적으로 설정해 주기 위하여 유전자 알고리즘을 이용하여 네트워크의 최적화 과정을 수행하게 된다.

### 4. 부분방전 패턴인식을 위한 모의 실험

본 연구에서는 부분방전 패턴인식을 위한 대상으로 초고압 XLPE 케이블 절연접속함의 모

의결함에 의해 발생된 보이드 방전, 코로나 방전, 표면 방전, 노이즈의 부분방전 데이터를 이용하였다. 모의결함에 대해 고전압 전원을 인가하여 부분방전을 발생시킨 후, HFCT와 튜닝 AMP, Oscilloscope와 스펙트럼 어널라이저로 연동된 PC를 이용하여 최종 신호 검출 및 데이터 수집을 하였다. 각 모의결함별 90개의 측정된 부분방전 데이터에 대해 PRPDA를 적용하여 위상에 따른 부분방전 수와 평균 방전량 데이터를 이용하였다. 여기서 산출된 부분방전 펄수 수와 평균 방전량은 각각 360°를 100개의 윈도우로 나누어 총 2개 요소의 합인 200개의 입력벡터를 사용하였다.

퍼지 집합 기반 퍼지뉴럴네트워크에 의한 패턴인식은 각 입력 데이터의 최소값과 최대값을 균등분할하여 공간 분할을 시행하였고, 공간 분할에 따른 전반부 멤버쉽함수의 정점을 각각 할당하였으며, 후반부 구조로는 간략추론을 사용하였다. 또한, 유전자 알고리즘을 적용하여 전반부 멤버쉽함수의 정점과 학습률, 모멘텀을 동조하였다.

성능평가는 5-Fold Cross-Validation에 의해 7:3 비율로 학습 데이터와 테스트 데이터로 나누어 5번 반복 실험하여 평균과 표준편차에 의해 평가하였다.

표 1은 퍼지 집합 기반 퍼지뉴럴네트워크 및 유전자 알고리즘의 파라미터를 보여준다.

표 1. 퍼지뉴럴네트워크 및 유전자 알고리즘의 파라미터

파라미터		값
FNN	학습횟수	300
	멤버쉽함수 (MF)의 수	각 입력당 2개 / 3개
	세대수	60
GA	개체수	30
	교배율	0.65
	돌연변이율	0.1

제안된 네트워크를 이용하여 입력벡터와 출력벡터에 따른 모의결함에 대해 부분방전 패턴인식을 수행하였으며, 표 2는 각 입력에 대해 멤버쉽함수의 수가 2개인 경우의 학습 데이터와 테스트 데이터에 대한 패턴인식 결과를 보여주며, 표 3은 멤버쉽함수의 수가 3개인 경우의 학습 데이터와 테스트 데이터에 대한 패턴인식 결과를 보여준다. 그림 2는 유전자 알고리즘에 의한 세대수에 따른 패턴인식률을 보여준다. 여기서, 패턴인식률은 각 세대에 따른 평균값이다.

표 2. 패턴인식 결과 (MFs : 2개인 경우)  
(a) 학습 데이터

	학습 데이터			
	보이드	코로나	표면	노이즈
보이드	100.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0
코로나	0.00±0.0	100.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0
표면	0.00±0.0	0.00±0.0	100.00±0.0	0.00±0.0
노이즈	0.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0	100.00±0.0

(b) 테스트 데이터

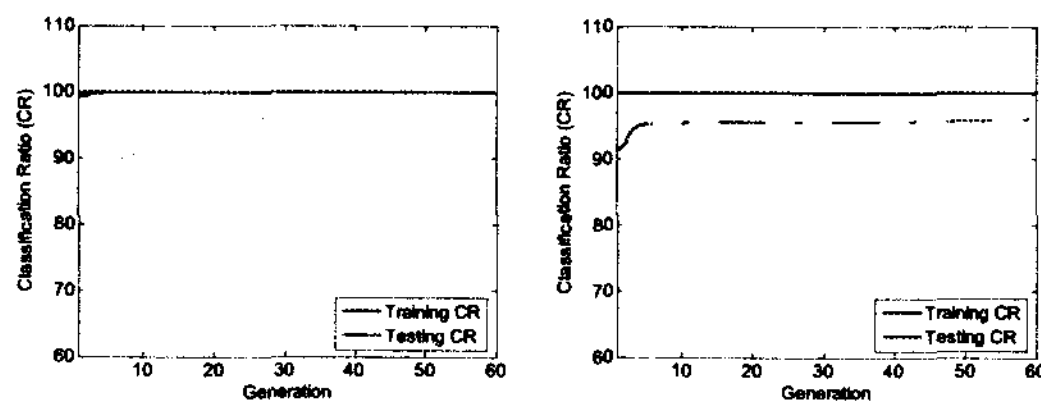
	테스트 데이터			
	보이드	코로나	표면	노이즈
보이드	100.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0
코로나	0.00±0.0	100.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0
표면	0.00±0.0	0.00±0.0	100.00±0.0	0.00±0.0
노이즈	0.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0	100.00±0.0

표 3. 패턴인식 결과 (MFs : 3개인 경우)  
(a) 학습 데이터

	학습 데이터			
	보이드	코로나	표면	노이즈
보이드	100.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0
코로나	0.00±0.0	100.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0
표면	0.00±0.0	0.00±0.0	100.00±0.0	0.00±0.0
노이즈	0.00±0.0	0.00±0.0	0.00±0.0	100.00±0.0

(b) 테스트 데이터

	테스트 데이터			
	보이드	코로나	표면	노이즈
보이드	93.33±4.8	2.96±1.6	2.22±3.3	1.48±2.0
코로나	0.74±1.6	97.04±1.6	1.48±2.0	0.74±1.6
표면	0.00±0.0	0.00±0.0	98.52±2.0	1.48±2.0
노이즈	1.48±2.0	0.00±0.0	2.96±3.1	95.56±4.0



(a) MFs : 2개 (b) MFs : 3개  
그림 2. 세대에 따른 패턴인식률

제안된 네트워크를 이용한 부분방전 패턴인식은 앞의 결과로부터 상당히 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 특히, 각 입력에 대해 멤버쉽함수의 수가 2개인 경우 각 모의결합별 학습 데이터와 테스트 데이터에 대해 모두 100%의 인식률을 보여준다.

## 5. 결론

본 논문에서는 다중 입력 공간을 개별 입력 공간으로 사용하고 다중 출력을 가지는 퍼지 집합 기반 퍼지뉴럴네트워크를 설계하였으며 설계된 네트워크에 대해 유전자 알고리즘을 이용하여 최적화를 시행하였다. 또한, 초고압 XLPE 케이블의 모의결합에 의한 부분방전 데이터를 이용하여 패턴인식을 수행하였다.

부분방전 패턴인식을 위한 모의실험에서 볼 수 있듯이 제안된 퍼지뉴럴네트워크는 멤버쉽함수의 수가 2개인 경우 초기 세대부터 상당히 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

### 감사의 글

본 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(F01-2007-000-10058-0)

## 참고 문헌

- [1] Takeshi Yamakawa, "A Neo Fuzzy Neuron and Its Application to System Identification and Prediction of the System Behavior", *Proceeding of the 2nd International Conference on Fuzzy logic & Neural Networks*, pp. 447-483, 1992.
- [2] D. E. Goldberg, "Genetic Algorithm in search, Optimization & Machine Learning," Addison wesley, 1989.
- [3] 최원, 김정태, 이진선, 김정윤, "여러가지 뉴럴네트워크 기법을 적용한 부분방전 패턴인식 비교", 2007년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2007.
- [4] Gulski, E. Krivda, A. , "Neural Networks as a Tool for Recognition of Partial Discharges", *IEEE Trans. on Electrical Insulation*, vol. 28, No. 6, pp. 984-1001, 1993
- [5] 김정태, 이호근, 임윤석, 김지홍, 구자운, "SOM 알고리즘을 이용한 부분방전 패턴인식에 대한 연구", *대한전기학회논문지*, 제53C권 10호, pp. 515-522, 2004.
- [6] 오성권, 프로그래밍에 의한 컴퓨터지능, 내하출판사, 2003.