<研究解說>

Fuzzy 지식베이스의 조직화 및 Fuzzy 추론의 원리에 관한 연구

전 병 찬*

Abstract

This paper deals with two topics which are vital in fuzzy expert systems; one is how to build fuzzy knowledge base by fuzzy expertise modeling for representing knowledge with imprecise characteristic and the other is how to draw an inference from fuzzy knowledge base using translating rules. The result of this study provides the basic principle for constructing the fuzzy knowledge base and the fuzzy inference system.

1. 서 론

지난 30년간 컴퓨터의 기술은 매우 새롭고도 혁신적으로 발전되어 왔으며, 특히 인공지능의 응용분야인 전문가 시스템의 발전은 매우 괄목할만하다.

전문가 시스템은 J. D. Tompson의 의사결정 환경 모형의 네가지중 판단적 의사결정 환경에 적합한 컴퓨너 응용시스템으로서 [1의 50페이지 참고] 지식베이스에 저장되어 있는 지식을 토대로 추론기관에서의 추론과정을 거쳐 인간 전문가를 대신하여 의사결정을 내린다. 그런데 지식베이스에 저장된 지식은 지식공학자들에 의해 인간 전문가로부터 획득되는데, 그러한 지식은 본질적으로 불명확한 특성을 내포하고 있다 [13].

기존의 전문가 시스템에서는 이러한 불명확성이 내재된 지식을 다루지 못했다. 다시 말해 개념적으로 명확하게 정의될 수 있는 지식만이 취급되었기 때문에 사용하고자 하는 지식의 범위

* 고려대학교 대학원 경영학과 박사과정

나 질적인 측면에서 매우 제한적이었다. 그런데 전문가 시스템이 그 기능을 보다 효율적으로 수행하기 위해서는 명확한 지식뿐만 아니라 불명확성이 내재된 지식까지도 저장해 놓은 지식베이스와 그러한 지식베이스를 기초로 의사결정을 내릴 수 있는 새로운 추론 시스템이 요구되는바, 최근 제안되고 있는 fuzzy 전문가 시스템에서는 이러한 두가지 요소를 토대로 기존 전문가 시스템의 기능을 제고시키려 한다.

따라서 본 연구에서는 fuzzy 전문가 시스템의 구축을 위한 선행 연구로서, fuzzy 집합, fuzzy 명제, fuzzy 논리 등과 같은 fuzzy 이론을 중심으로 fuzzy 지식베이스의 조직화 및 fuzzy 추론에 관한 원리를 제시하고자 한다.

필자가 조사한 바로는 국내에서는 아직까지 fuzzy 전문가 시스템에 관한 연구가 발표되지 않았기에 본론에 앞서 본 연구와 관련한 fuzzy 이론에 관한 몇가지 기본 이론을 먼저 소개하고자 한다.

II. 연구의 기본이론

2-1. Fuzzy 집합 및 멤버쉽 함수

Fuzzy 라는 용어가 최초로 소개된 것은 1962년 Zadeh 의 논문 "From Circuit Theory to System Theory"에 서 였 다. 그 후 Zadeh 는 1965년에 "Fuzzy Set"이라는 논문을 발표하여 불명확성이 내재된 문제를 적절하게 해결할 수 있는 새로운 개념을 제시하였는데, 그것이 바로 fuzzy 집합이다.

X 를 임의의 원소들의 집합이라 하고, A 를 X 의 부분집합으로서 불명확 집합이라고 할때, $A=\{x, \mu_A(x)\}$, $x \in X$ 로 정의되며, 이를 달리 표현하면 $A=\mu_A(x_1)/x_1+\mu_A(x_2)/x_2+\mu_A(x_3)/x_3+\cdots+\mu_A(x_n)/x_n=\Sigma\, \mu_A(x_j)/x_j$이다[4].

그런데 만일 집합 X 가 무한하다면 $A=\int_X \mu_A(x)/x$ 로 정의된다. 여기서 $\mu_A(x)$는 멤버쉽 함수로서 원소 x 가 불명확 집합 A 에 속할 멤버쉽 점수(grade of membership)를 나타내 주는데, 멤버쉽 점수란 원소 x 가 불명확 집합 x 에 속할 가능성 정도로서 해석되고, 그 값은 0과 1 사이의 실수로써 표현된다. 만일 멤버쉽 점수의 값이 1에 근사하다면 그것은 임의의 원소 x 가 fuzzy 집합 A 에 속할 가능성 정도가 매우 크다는 것을 의미하고, 반면에 그 값이 0에 가까울수록 불명확 집합 A 에 속할 가능성은 매우 희박하다는 의미를 나타낸다. 그런데 한가지 주의해야 할것은 멤버쉽 점수와 확률값의 개념이 서로 다르다는 것이다. 왜냐하면 모집단내의 모든 사상들에 대한 확률값들의 합은 반드시 1이 되어야 하지만 멤버쉽 점수는 그러한 조건을 만족할 필요가 없기 때문이다. 따라서 멤버쉽 점수와 확률값은 서로 다른 개념인 것이다.

그러나 crisp set 관점에서의 멤버쉽 함수값은 오직 0과 1중 어느 한 값만을 갖는다. 즉, 원소 x 가 집합 A 에 속하면 멤버쉽 함수값은 1이 되고, 그렇지 않으면 그 값은 0이 된다. 왜냐하면 crisp 집합이론에서는 A 라는 집합에 속하는지의 여부에 대한 의미의 경계선이 명확하기 때문이다.

2-2. Convex Fuzzy 집합

임의의 fuzzy 집합 A 가 다음의 조건을 만족할 때, convex fuzzy 집합이라 한다. $\mu_A(\alpha S+(1-\alpha)T) \geq \min[\mu_A(S), \mu_A(T)]$, for all S, T$\in$ R and all $\alpha \in [0, 1]$.

2-3. Normalized

임의의 fuzzy 집합내의 적어도 하나의 원소가 최고값의 멤버쉽 함수값 1을 가질때, 그러한

fuzzy 집합은 normalized 하다고 한다.

2-4. Bounded Sum

불명확 집합 A와 B의 bounded sum은 A ⊕B로 표시되고, 다음과 같이 정의된다.

$$A \oplus B = 1 \wedge (\mu_A(x) - \mu_B(x))/X$$

여기서 ∧는 and 연결문자(connector)이다.

2-5. Fuzzy Number

Fuzzy number란 piecewise하게 연속적인 멤버쉽 함수로 정의되는 convex 하고 normalized된 fuzzy 집합을 의미하는 것으로서, 다음의 조건을 만족한다.

1) $\mu(x)$는 구간 [a, b]내에서 단조 증가한다 (monotonically increasing).

2) $\mu(x)$는 구간 [b, c]내에서 1(height) 값을 갖는다.

3) $\mu(x)$는 구간 [c, d]내에서 단조 감소한다 (monotonically decreasing).

4) $\mu(x)$는 구간 [a, b] 밖에서 0값을 갖는다.

2-6. Fuzzy 관계

두 원소 혹은 두 집합 사이의 관련성을 나타내는 개념으로써, fuzzy quantifier(예: most, many, few, fairly, much of 등)를 포함한다. 예컨대 이진 fuzzy 관계의 예로서는, much greater than, resembles, close to 등이 있다.

2-7. Fuzzy 생성규칙

fuzzy 생성규칙이란 두개의 fuzzy 명제들간의 fuzzy 관계로써, 다음과 같은 형식을 취한다.

If proposition 1, then proposition 2

2-8. Fuzzy 명제

fuzzy 생성규칙을 이용하여 표현된 임의의 지식이 다음과 같을때,

If X is small then Y is large,

여기서 전제(antecedent)는 "X is small"이고, 결론(consequent)은 "Y is large"이다. 그런데 술어(predicate)인 small과 large는 모집합(universe of discourse)에서 정의된 small과 large라는 fuzzy 집합이므로, 위의 두 명제(proposition)를 fuzzy 명제라 한다.

2-9. Fuzzy 논리

Fuzzy 집합이론을 기초로 하여 명확한 지식뿐만 아니라 불명확한 지식으로부터도 추론을 가능케 하는 체계적인 틀을 제공하는 논리를 fuzzy 논리라 한다. Fuzzy 논리에서의 진리값은 fuzzy 부분집합내에서 정의되며, 술어들은 명확하거나 혹은 불명확한 특성을 갖고, 또한 fuzzy quantifier를 허용한다.

3. Fuzzy 지식베이스의 조직

3-1. Fuzzy 지식 모델링

지식의 모델링이란 지식을 사실과 규칙의 형태로써 구조화 하여 표현하는 기법이다[9]. 지금까지 연구된 지식 모델링 기법으로는 명제논리에 의한 지식표현 기법과 서술논리에 의한 지식표현 기법, 그리고 의미회로, 프레임, 스크립트, 생성시스템 등이 있다[12].

그런데 이러한 기법들은 지금까지 의미적으로 명확하게 정의될 수 있는 사실들만을 다루었고, fuzzy predicate 나 fuzzy quantifier, 그리고 fuzzy modifier(likely, almost impossible, extremely unlikley 등)가 포함됨으로써, 불명확성이 내재된 사실을 전혀 고려하지 못했다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 기법이 fuzzy 지식 모델링인데, fuzzy 지식 모델링이란 불명확성을 내포하고 있는 지식을 fuzzy 사실과 규칙으로써 구조화 하여 표현하는 기술로써, 궁극적으로는 그러한 특성을 갖는 지식들을 모아놓은 fuzzy 지식베이스를 구축하기 위한 인터페이스이다.

Fuzzy 사실이란 fuzzy 관계(relation)들이 의미있는 방법으로 상호 결합되어 있는 fuzzy 명제임과 동시에 fuzzy 관계로 볼수 있다. Fuzzy 관계는 둘 혹은 그 이상의 집합에 속하는 원소들 사이에서의 상호작용(interaction) 및 결합(association)의 존재에 대한 강도(strength) 혹은 부재(absence)를 나타내는 개념이고, 또한 fuzzy 집합이다. 따라서 fuzzy 지식 모델링은 fuzzy 집합이론을 기초로 하여 구현될 수 있다. 일반적으로 fuzzy 지식 모델링을 이용해서 표현되는 fuzzy 지식은 다음의 네가지 형태로 구조화 될수 있다[13].

(1) Unconditional, unqualified 형식

[정규형]: "X is F", X는 변수이고, F는 fuzzy 집합이다.

{사 례}: Carol has a young daughter.

(2) Unconditional, qualified 형식

[정규형 1]: "X is F is β", X와 F는 변수이고, β는 fuzzy modifier이다.

(=Carol has a young daughter is very likely)

[정규형 2]: "QU's are F's", Q는 fuzzy quantifier이고, F는 모집합 U에서 정의된 fuzzy 부분집합이다.

{사 례 2}: Carol is very vivacious most of the time

(3) Conditional, unqualified 형식

[정규형]: "If X is F then Y is G", X와 Y는 변수이고, F와 G는 fuzzy predicate이다.

{사 례}: If X is a man then X is mortal.

(4) Conditional, qualified 형식

[정규형]: "If X is F then Y is G is β", X와 Y는 변수이고, F와 G는 fuzzy predicate, 그리고 β는 fuzzy modifier이다.

{사 례}: If a car is old then it probabily is not very reliable.

(=If X is an old car then X is not very reliable is probable)

3-2. Fuzzy 지식 베이스

Fuzzy 사실을 Oi, 규칙을 Ri, 그리고 fuzzy 지식베이스를 K라고 할때, fuzzy 지식베이스 K는 수학적으로 다음과 같이 정의될 수 있다[3].

K={Oi, Ri}, i=1부터 n.

여기서 fuzzy 사실 Oi는 fuzzy 집합이고, fuzzy 집합 Oi는 fuzzy 부분집합인 fuzzy 벡터 $\underline{Vi}=\{\underline{Vi_1}, \underline{Vi_2}, \underline{Vi_3}, \cdots\cdots\}$로 구성된다. 다음의 예를 보자('_'는 벡터를 나타내는 표시임).

Fuzzy 지식베이스 K가 색깔(O_1)과 나이(O_2)라는 두개의 사실들로만 구성되어 있다면, K={O_1, O_2}이고, O_1={파란색($\underline{V'_1}$), 빨간색($\underline{V'_2}$), 흰색($\underline{V'_3}$)}으로 나타내어 질수 있다. 그런데 파란색 ($\underline{V'_1}$)={하늘색($\underline{V_{11}}$), 군청색(V_{12}), 보라색(V_{13}), 파란색(V_{14})}이며, 빨간색($\underline{V'_2}$)={분홍색(V_{21}), 주황색(V_{22}), 주황색(V_{23}), 빨간색(V_{24})}이고, 하얀색($\underline{V'_3}$)={흰백색(V_{31}), 상아색(V_{32}), 하얀색(V_{33})}으로 표현될 수 있다 여기서 파란색(V_{14})과 빨간색(V_{24}),

그리고 하얀색(V_{33})의 멤버쉽 점수는 명백히 1이다.

다음으로 fuzzy 지식베이스에서의 또 하나의 구성요소인 규칙의 집합을 R이라 하자. 규칙의 집합 R은 개별적인 규칙 Ri와 그에 대한 사전적인 확신도(a priori certainty factor)를 나타내는 멤버쉽 함수 μ(Ri)를 포함한다.

Fuzzy 지식베이스에서의 각각의 규칙 Ri는 다음과 같이 표현될 수 있다[3].

If [ ] ■ [ ] ■……■ [ ], then D

여기서 [ ]는 ■에 의해 연결된 형식(pattern)이며, 이러한 형식은 'and'라든가 'or' 그리고 'not'와 같은 논리 연결자(logical connector) ■들에 의해 결합되어진다. 형식은 연산자(operator)와 비교연산자(relative operator), 그리고 피연산자(operand)로 구성되는데, 피연산자에는 =, ≤, ≥ 등과 같은 부울 연산자(boolean operator)가 포함되기도 한다.

형식은 fuzzy 명제들의 결합관계로 나타낼 수 있고, fuzzy 명제는 fuzzy 사실들이 fuzzy 관계로써 연결된 것이다. 따라서 피연산자는 확신도를 포함하는 fuzzy 사실의 특성을 의미하고, 피연산자의 확신도는 최고일때는 1이고, 최소인 경우에는 0값을 취한다. 여기서 확신도는 멤버쉽 함수에서 계산된 멤버쉽 점수이다.

비교연산자로 연결된 어떤 임의의 형식이 다음과 같이 구성되었다고 가정하자.

$$(\underline{P_1},\ cf_1)\ \underline{F}\ (\underline{P_2},\ cf_2)$$

여기서 $\underline{P_1}$과 $\underline{P_2}$는 fuzzy 명제이고, cf_1과 cf_2는 각 명제들에 대응되는 확신도이다. 이때 형식에 대한 확신도 C는 다음과 같은 식에 의해 구해질 수 있다.

$$C=\min(cf_1,\ cf_2,\ \underline{P_1}\ \underline{F}\ \underline{P_2})$$

$\underline{P_1}\ \underline{F}\ \underline{P_2}$는 $\underline{P_1}$과 $\underline{P_2}$에 적용된 연산자에 대한 확신도를 나타낸다. 위의 식은 모든 형식에 대해 적용될 수 있으며, 확신도는 0과 1 사이의 값을 취하게 된다.

만일 위의 형식에서 비교연산자 $\underline{F}$가 부울 연산자라면 $\underline{P_1}\ \underline{F}\ \underline{P_2}$는 그 관계가 진일 경우에만 1의 값을 갖고, 거짓인 경우에는 0의 값을 취한다.

규칙 Ri에서의 각 형식에 대한 확신도를 각각 C1, C2, C3,…,Cn이라 하고, 형식들이 논리 연산자 'and'로 결합되어 있다면, 규칙 Ri에 대한 확신도 π(Ri)=min(C1, C2,…,Cn, τ_{RI})이다. 반면에 형식들이 논리연산자 'or'로 결합되었다면, 그 때 의 π(Ri)=max(C1, C2,…,Cn, τ_{RI})이 다. 이때 τ_{RI}는 규칙 Ri에 대한 사후적 확신도라 부른다. 확신도 π(Ri)는 규칙 Ri에서의 'D'에 대해서도 똑같이 적용될 수 있다. 즉, π(Ri)는 'D'에서의 확신도를 나타낸다. 여기서 'D'는 fuzzy 집합으로서 행위라 부르는데, 이는 규칙에서의 결론을 나타낸다.

요컨데 Fuzzy 지식베이스에서의 지식은 사실들과 규칙들에 대해 멤버쉽 점수가 부여된 형태로써 표현되어 저장되며, 이러한 확신도는 나중의 추론 결론에 대한 확신도를 계산할때 사용된다. 따라서 fuzzy 전문가 시스템에서의 확신도는 nonfuzzy 전문가 시스템에서의 확률적인 개념과는 달리 가능적 개념으로 해석되는 것이다.

Fuzzy 사실과 fuzzy 관계는 fuzzy 집합이다. 그렇지만 fuzzy 집합은 crisp 집합을 일반화하여 확장한 개념으로, fuzzy 지식베이스는 nonfuzzy 지식베이스의 개념을 포괄하는 개념으로 이해될 수 있다.

4. Fuzzy 추론원리

4-1. Fuzzy 추론의 개요

Fuzzy 지식베이스에서의 지식들은 대부분 불명확한 성격을 갖는 명제와 불확실한 규칙으로써 표현되므로, 이러한 상황하에서는 기존의 modus ponens와 modus tollens 형식보다는 오히려 fuzzy 논리를 기초로한 fuzzy 추론방법이 사용되어야 한다.

이러한 fuzzy 추론은 generalized modus ponens 형식과 generalized modus tollens 형식으로 행해지는데, 이러한 형식들은 다음과 같다.

[generalized modus ponens 형식]:

전제 1 : If X is A then Y is B
전제 2 : X is A'
_______________ ······· (1)
결론 : Y is B'

[generalized modus tollens 형식]:

전제 1 : If X is A then Y is B
전제 2 : Y is B'
_______________ ······· (2)
결론 : X is A'

여기서 X, Y는 변수이고, A, A', B, B'는 모집합(universe of discourse) U, U, V, V에서 정의된 fuzzy 집합이다.

Fuzzy 추론의 이해를 돕기 위해 위의 두가지 형식에 대한 예를 들어보자.

{사례 1} : generalized modus ponens 형식

전제 1 : If a tomato is red then the tomato is ripe
전제 2 : This tomato is very red
____
결론 : This tomato is very ripe

{사례 2} : generalized modus tollens 형식

전제 1 : If a tomato is red then the tomato is ripe
전제 2 : If a tomato is very ripe
____
결론 : This tomato is very red

앞의 사례 1, 2에서의 추론 결론은 다음 절에서 소개될 여러 번역규칙들에 의해 구체적으로 구현될 수 있다.

4-2. Fuzzy 추론의 원리

지금까지 연구된 번역규칙들로는 Zadeh가 개발한 Rm, Ra와 Mamdani의 Rc, 그리고 Mizumoto의 Rs, Rg, Rsg, Rgg, Rss 등이 있다[8].

A와 B를 U와 V에서의 fuzzy 집합이라 하고, $\times$, $\cup$, $\cap$, $\neg$, $\oplus$를 fuzzy 집합에서의 Cartesian 곱, 합집합, 교집합, 여집합, bounded sum이라 할때, 번역규칙들은 다음과 같이 나타낼 수 있다[7].

$$Rm=(A\times B)\cup(\neg A\times V)$$
$$=\int_{U\times V}(\mu_A(u)\wedge\mu_B(v))\vee(1-\mu_A(v))/(u,v).$$

$$Ra=(\neg A\times V)\oplus(U\times B)$$
$$=\int_{U\times V}1\wedge(1-\mu_A(u)+\mu_B(v))/(u,v).$$

$$Rc=A\times B$$
$$=\int_{U\times V}\mu_A(u)\wedge\mu_B(v)/(u,v).$$

$$Rs=A\times V\underset{s}{\Rightarrow}U\times B$$
$$=\int_{U\times V}[\mu_A(u)\underset{s}{\rightarrow}\mu_B(v)]/(u,v),$$

여기서 $\mu_A(u)\underset{s}{\rightarrow}\mu_B(v)=\begin{cases}1 & \mu_A(u)\leq\mu_B(v),\\ 0 & \mu_A(u)>\mu_B(v).\end{cases}$

$$Rg=A\times V\underset{g}{\Rightarrow}U\times B$$
$$=\int_{U\times V}[\mu_A(u)\underset{g}{\rightarrow}\mu_B(v)]/(u,v)$$

여기서 $\mu_A(u) \underset{g}{\rightarrow} \mu_B(v) = \begin{cases} 1 & \mu_A(u) \le \mu_B(v), \\ \mu_B(v) & \mu_B(v) > \mu_B(v). \end{cases}$

$$Rsg = (A \times V \underset{s}{\Rightarrow} U \times B) \cap (\neg A \times V \underset{g}{\Rightarrow} U \times \neg B)$$
$$= \int_{U \times V} [\mu_A(u) \underset{s}{\rightarrow} \mu_V(v)] \wedge [1 - \mu_A(u) \underset{g}{\rightarrow} 1 - \mu_B(v)] / (u, v).$$

$$Rgg = (A \times V \underset{g}{\Rightarrow} U \times B) \cap (\neg A \times V \underset{g}{\Rightarrow} U \times \neg B)$$
$$= \int_{U \times V} [\mu_A(u) \underset{g}{\rightarrow} \mu_B(v)] \wedge [1 - \mu_A(u) \rightarrow 1 - \mu_B(v)] / (u, v).$$

$$Rgs = (A \times V \underset{g}{\Rightarrow} U \times B) \cap (\neg A \times V \underset{g}{\Rightarrow} U \times \neg B)$$
$$= \int_{U \times V} [\mu_A(u) \underset{g}{\rightarrow} \mu_B(v)] \wedge [1 - \mu_A(u) \underset{s}{\rightarrow} 1 - \mu_B(v)] / (u, v).$$

$$Rss = (A \times V \underset{s}{\Rightarrow} U \times B) \cap (\neg A \times V \underset{s}{\Rightarrow} U \times \neg B)$$
$$= \int_{U \times V} [\mu_A(u) \underset{s}{\rightarrow} \mu_B(v)] \wedge [1 - \mu_A(u) \rightarrow 1 - \mu_B(v)] / (u, v).$$

예컨데 generalized modus ponens 형식 (1)에서의 결론은 번역규칙 Rm에 의해 다음과 같이 추론된다.

$$B'_m = A' \text{o} Rm$$
$$= A' \text{o} [(A \times B) \cup (\neg A \times V)]$$

여기서 o는 최대-최소결합(max-min composition)을 나타내고, V의 fuzzy 집합 B'_m에 대한 멤버쉽 함수는 다음과 같이 주어진다.

$$\mu_{B'm}(v) = \bigvee_u \{\mu_A(u) \wedge [(\mu_A(u) \wedge \mu_B(u)) \vee (1 - \mu_A(u))]\}.$$

그런데 만약 위의 generalized modu ponens 형식 (1)에서의 결론을 Ra, Rc, Rs와 같은 번역규칙을 사용하면 다음과 같이 추론된다.

$$B'a = A' \text{o}\ Ra = A' \text{o}\ [(\neg A \times V) \oplus (U \times B)],$$
$$B'c = A' \text{o}\ Rc = A' \text{o} (A \times B),$$
$$B's = A' \text{o}\ Rs = A' \text{o}\ [A \times V \underset{s}{\Rightarrow} U \times B].$$

이제 위의 평범한 fuzzy 추론을 보다 일반화한 확장(extended) fuzzy 추론에 대해 살펴보기 위해 두개의 fuzzy 명제가 'and'에 의해 결합된 generalized modus ponens 형식을 나타내 보자.

전제 1 : If X is A1 and X2 is A2 then Y is B

전제 2 : X1 is A1' and X2 is A2'

결론 : Y is B'

위의 generalized modus ponens 형식은 번역규칙 Ra와 Rm, Rc, Rs를 이용하여 다음과 같이 추론된다[8].

$$B'a = (A'_1 \cap A'_2) \text{ o } Ra(A_1, A_2; B)$$
$$B'm = (A'_1 \cap A'_2) \text{ o } Rm(A_1, A_2; B)$$
$$B'c = (A'_1 \cap A'_2) \text{ o } Rc(A_1, A_2; B)$$
$$B's = (A'_1 \cap A'_2) \text{ o } Rs(A_1, A_2; B)$$

여기서 V의 fuzzy 집합 B'a에 대한 멤버쉽 함수는 다음과 같다.

$$\mu_{B'a}(v) = \bigvee_{u_1, u_2} \{(\mu_{A1}(u_1) \wedge \mu_{A2}(u_2)) \wedge [1 \wedge (1 - (\mu_{A1}(u_1) \wedge \mu_{A2}(u_2)) + \mu_B(v)]\}$$

요컨데 fuzzy 추론은 generalized modus ponens 및 generalized modus tollends 형식을 기초로 하여 여러 번역규칙들을 활용함으로써 가능해 질수 있을 것이다.

5. 결론 및 차후 연구방향

본 연구에서는 fuzzy 지식 모델링 기법과 여러 번역규칙들을 이용하여 fuzzy 전문가 시스템의 서브시스템인 fuzzy 지식베이스와 fuzzy 추론기관의 구현을 위한 원리를 제시하였다.

Fuzzy 지식베이스와 fuzzy 추론 시스템에 관한 이론은 아직 연구중에 있으며, 더욱이 fuzzy 전문가 시스템의 나머지 서브시스템에 관한 연구가 매우 미흡한 상태에 있으므로, fuzzy 전문가 시스템의 실용화를 위해서는 더 많은 연구가 필요하리라 본다.

그러나 본 연구에서 제시한 기초원리들을 통해 기존의 지식모델링 기법과 추론방법은 보다 일반화 될수 있고, 따라서 그러한 원리를 응용한 fuzzy 전문가 시스템은 기존의 전문가 시스템의 기능에 비해 다음과 같은 장점을 기대할 수 있을 것이다.

1. 보다 다양한 지식을 활용할 수 있다.

2. 인간의 직관에 의한 추론과 매우 유사한 추론기능을 가질 수 있다.

3. 확신도를 확률적 개념이 아닌 멤버쉽 함수를 이용하여 가능적 개념으로 계산함으로써 확신도에 대한 올바른 의미를 제시해 줄수 있다.

참고문헌

[1] 이진주 외 4인, 경영정보시스템, 다산출판사, 서울, 1989.

[2] Baldwin, J.F., "Fuzzy Logic and Fuzzy Reasoning," In: Fuzzy Reasoning and Its Applications, Edited by E. H. Mamdani and B.R. Gaines, Academic Pess Inc., New York, pp.133-148, 1987.

[3] Buckley, J.J., Siler, W. and Tucker, D., "A Fuzzy Expert System," Fuzzy Sets and Systems, Vol. 20, No. 1, pp.1-16, January, 1986.

[4] Kandel, A., Fuzzy Mathematical Techniques with Applications, Addison-Wesely Inc., Massachusetts, 1986.

[5] Klir, G.J. and Folger, T.A., Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information, Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1988.

[6] Martin, J. and Oxman, S., Building Expert Systems, Prntice-Hall International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1988.

[7] Mizumoto, M. and Zimmermann H.J., "Comparison of Fuzzy Reasoning Methods," Fuzzy Set and Systems, Vol. 8, No. 3, pp.253-283, September, 1982.

[8] Mizumoto, M., "Extended Fuzzy Reasoning," In: Approximate Reasoning in Expert Systems, Edited by Gupta et al., North-Holland Inc., New York, pp.71-85, 1985.

[9] Negoita, C.V., Expert Systems and Fuzzy Systems, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Massachusetts, 1985.

[10] Nguyen, H.T. and Goodman, I.R., "On Foundations of Approxime Reasoning," In: Approximate Reasoning in Expert Systems, Edited by Gupta et al., North-Holland Inc., New York, pp.47-59, 1985.

[11] Ostasiewicz, W.A., "A New Approach to Fuzzy Programming," Fuzzy Set and Systems, Vol. 7, No. 2, pp.139-152, March, 1982.

[12] Waterman, D.A., A Guide to Expert Systems, Addison-Wesely Inc., Massachusetts, 1985.

[13] Zadeh, L.A., "The Role of Fuzzy Logic in The Management of Uncertainty in Expert Systems," Fuzzy Sets and Systems, Vol. 11, No. 3, pp.199-228, November, 1983.