

# 퍼지추론에 의한 등록금 결정 모델의 설계 및 구현

## Design and Implementation of Decision Model for Registration Fee Using the Fuzzy Reasoning

정 홍\*      피수영\*\*      정환목\*\*  
 Hong Chung      Suyoung Pi      Hwanmook Chung

\* 계명대학교 컴퓨터, 전자공학부  
 Dept. of Computer and Electronic Engineering, Keimyung University

\*\* 대구효성가톨릭대학교 전자정보공학부  
 Dept. of Electronic and Information Engineering, Catholic Univ. of Taegu Hyosung

### Abstract

In recent years, there have been a number of applications of fuzzy logic in fuzzy reasoning systems. The main objective of these applications is to approximate a decision making using the fuzzy reasoning system.

This paper designs a fuzzy reasoning model for the decision making of registration fee at a private school, implements it applying for linguistic variables and fuzzy rules, and evaluates the practical availability of the model.

The system accepts fuzzy rules, the type of membership functions, the domain of fuzzy sets and hedge, and fuzzifies the linguistic variables to generates fuzzy sets. The fuzzy sets generated are combined to constructs a solution fuzzy set. Finally, the system defuzzifies the solution fuzzy set to calculate a scalar value which is used for decision making.

## 1. 서론

의사결정 문제란 본질적으로 불확실성을 다루는 것이다. 불확실성중 특히 인간의 주관이 많이 들어가는 모호성(Vagueness)을 포함하고 있는 문제는 기존의 이치논리에 바탕을 둔 고전적 추론 방법으로는 해결하기가 어렵고, 퍼지논리(Fuzzy Logic)를 적용한 퍼지추론에 의하여 해결할 수 있다.

퍼지추론이란 여러가지 언어변수를 포함하는 퍼지명제와 퍼지규칙을 적용하여 인간과 같은 추론을 하는 것이다. 추론을 위해 부울논리(Boolean Logic) 대신 퍼지논리를 사용한다[1,2,3,4]

퍼지추론의 응용은 전통적 전문가 시스템에 적용되어 퍼지 전문가 시스템으로 확장되고 있다. 전통적 시스템에서는 규칙의 존재를 평가하는데 부울논리를 사용하므로 어떤 규칙이 완전히 적용되든가 아니면 전혀 적용이 안되므로 소수의 규칙이 출력(결론 도출)을 제어한다. 이에 비해 퍼지논리를 사용한 퍼지추론 시스템은 소속의 정도에 따라 다수의 규칙이 출력을 제어하므로 좀 더 정확하고 세밀한 결론을 유도해 낼 수가 있다[6].

본 논문에서는 퍼지추론을 이용하여 학원 등록금을 결정하는 모델에 대하여 연구하고자 한다. 설계하고자 하는 시스템은 등록금 결정의 중요한 요인인 인건비, 시설비, 운영비, 물가상승률, 타학원 등록금 등을 고려하여 언어변수로 표현한 규칙들을 퍼지화한 후, 이들을 퍼지합성하고 해 퍼지집합을 비퍼지화한다. 그리고 시스템을 구현하여 그 실용성 및 융통성을 고찰해 보고자 한다.

## 2. 관련 이론

본 시스템의 구현에 직접 관련이 있는 퍼지합성, 퍼지화 및 비퍼지화에 대하여 간략히 기술하고자 한다.

### 2.1 퍼지화

퍼지규칙의 변수들은 이를 퍼지화하는 함수에 의하여 기본퍼지집합으로 만들며, 해지를 적용하여 퍼지집합의 모양을 변형한다. 퍼지화를 위한 퍼지함수에는 연속형과 이산형의 두 가지가 있다[5,6]

- 연속형 함수

• 선형 함수: 가장 단순한 퍼지집합으로 모양이 선형(linear)이며, 소속함수가 0이 되는 값을 a, 1이 되는 값을 b라 할 때, 다음과 같이 정의 된다.

$$L(x; a, b) = \begin{cases} 0 & : x \leq a \\ (x-a)/(b-a) & : a < x < b \\ 1 & : x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

이 정의는 증가형(incremental)일 경우인데, 감소형(decremental)은 다음과 같다.

$$1 - L(x; a, b) \quad (2)$$

• S(sigmoid)형 함수: 퍼지집합의 모양이 비선형(non-linear)으로서, 소속함수가 0이 되는 값을 a, 1이 되는 값을 c, 0.5가 되는 변곡점을 b라 할 때, 다음과 같이 정의된다.

$$S(x; a, b, c) = 0 \quad : \quad x \leq a \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$2((x-a)/(c-a))^2 \quad : \quad a < x \leq b$$

$$1 - 2((x-c)/(c-a))^2 \quad : \quad b < x < c$$

$$1 \quad : \quad x \geq c$$

위 정의는 증가형일 경우인데, 감소형은 다음과 같다.

$$1 - S(x; a, b, c) \quad \dots\dots\dots (4)$$

• 벨(bell)형 함수: 퍼지집합이 종모양을 하고 있는데, 대표적인 PI형 함수는 증가형 S형 함수와 감소형 S형 함수를 합친 형태로 다음과 같이 정의 된다. c는 정의역의 중앙값이며, b는 중앙값으로부터 소속도가 0이 되는 곳까지의 폭을 나타낸다.

$$\Pi(x; b, c) = S(x; c-b, c-b/2, c) \quad : \quad x \leq c \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$1 - S(x; c, c+b/2, c+b) \quad : \quad x > c$$

위 정의는 기본 벨형일 경우인데, 역벨형의 경우는 다음과 같다.

$$1 - \Pi(x; b, c) \quad \dots\dots\dots (6)$$

• 삼각형 함수: 퍼지집합의 모양이 삼각형으로서, b를 중앙값이라 할 때, 다음과 같이 증가형 선형함수와 감소형 선형함수의 결합 형태이다.

$$T(x; a, b, c) = L(x; a, b) \quad : \quad x \leq b \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$1 - L(x; b, c) \quad : \quad x > b$$

- 이산형 함수

소속 함수를 연속형 함수로 표시할 수 없는 퍼지집합은 다음과 같이 요소와 소속도의 집합으로 표현한다.

$$A = \sum(x, \mu_A(x))$$

## 2.2 퍼지합성

Min-max 합성법이 가장 많이 사용되는데, 이는 각 출력 변수에 할당된 퍼지집합을 하나의 퍼지집합으로 누적하여 출력 퍼지집합을 형성한다[6].

$$cfs(x_i) = \text{Min}(pt, cfs(x_i))$$

$$sfs(x_i) = \text{Max}(sfs(x_i), cfs(x_i))$$

여기서, cfs는 결론부 퍼지집합을 의미하고, pt는 명제의 술어 진리치를 의미한다. 그리고 sfs는 해 퍼지집합을 나타낸다.

## 2.3 비퍼지화

비퍼지화 방법에는 질량중심법(centroid), 최고치법(maximum height), 최고평균법(average of maximum), 메디안법(median) 등 100여가지가 있다[3,7]. 일반적으로 질량중심법이 다른 방법들에 비해서 우월한 성능을 보이는 경향이 있어 가장 많이 사용된다[3]. 질량중심법은 퍼지영역의

가중평균에 의한 질량중심점을 계산한다. 질량중심법은 계산이 쉽고, 출력 퍼지영역으로부터 예상값으로의 변환이 자연스럽다.

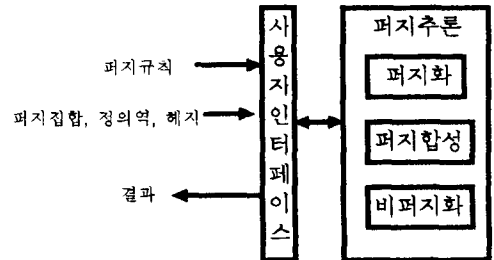
$$CG = \sum d_i \mu_A(d_i) / \sum \mu_A(d_i) \quad \dots\dots\dots (8)$$

여기서 d<sub>i</sub>는 i번째 정의역의 값이고, μ<sub>A</sub>(d<sub>i</sub>)는 퍼지집합 A에서 d<sub>i</sub>가 갖는 소속도를 나타낸다.

## 3. 등록금 결정 모델의 설계

### 3.1 퍼지추론 모델의 구성

본 논문에서의 등록금결정 모델의 기본 구성도는 [그림-1]과 같다.

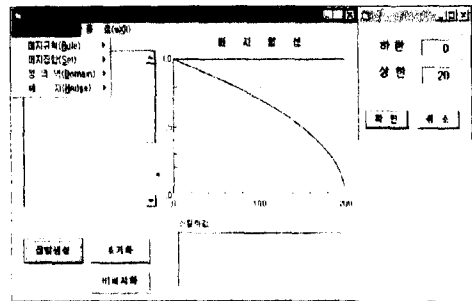


[그림-1] 퍼지추론 모델의 기본 구성도

사용자가 인터페이스를 통해 메뉴의 퍼지규칙을 선택하고 퍼지집합의 형, 정의역, 적용 해지를 입력하면 추론 기관에서 이를 퍼지화 하고, 여러 규칙에 대한 퍼지합성을 한 후 해 퍼지집합이 도출되면 이를 비퍼지화하여 결과를 출력한다.

### 3.2 인터페이스 설계

본 논문에서 설계한 등록금 결정 모델은 메뉴 방식으로 이루어져 있다. 다음 [그림-2]는 퍼지추론에 의한 등록금 결정 시스템의 인터페이스 화면 설계이다. 설정 메뉴의 하



[그림-2] 등록금 결정 시스템의 초기 화면

위 메뉴인 퍼지규칙에 기본적인 퍼지규칙들이 정의되어 있고, 퍼지집합 메뉴에는 소속 함수의 형들이 정의 되어 있으며, 정의역 메뉴는 사용자가 직접 상한과 하한의 값 혹은 중앙값으로 부터의 폭을 입력하도록 설계되어 있다. 그리고 퍼지집합의 모양을 세밀화하는 퍼지 정량자와 퍼지 정성자인 해지를 적용하고자 하는 경우를 위하여 기본적인 해지들을 설정해 두었다. 각 퍼지규칙 변수의 특성에 따라서 퍼

지집합을 적용하여 생성된 퍼지집합을 Min-max 방법으로 합성한다. 마지막으로 질량중심법에 의해 비퍼지화를 하면 그 결과값이 등록금의 스칼라값이 된다.

### 3.3 추론과정의 설계

본 등록금 결정 모델의 설계에 있어서 추론 방법은 규칙형 퍼지추론을 적용하고, 추론의 방향은 전진 퍼지추론을 적용하며, 합성의 방법으로는 Min-max 방법을 적용하고, 합성된 퍼지변수들의 비퍼지화 방법은 질량중심법을 적용하여 스칼라 값을 계산한다. 퍼지집합을 설정하기 위한 소속함수로는 각각의 퍼지규칙 변수의 특성에 따라서 선형, S형, 벨형 함수를 사용한다.

#### - 퍼지규칙의 설정 및 퍼지집합형의 결정

설정 메뉴의 퍼지규칙에서 적용하고자 하는 퍼지규칙을 선택한 후 퍼지규칙의 특성에 따라 소속함수를 선형, S형, 벨형으로 설정 메뉴의 퍼지집합에서 선택하여 퍼지집합의 형을 결정한다.

#### - 정의역 입력 및 헤지의 선택

생성하고자 하는 퍼지집합의 정의역을 입력하고, 헤지를 적용하고자 할 때는 헤지 메뉴에서 원하는 헤지를 선택하여 퍼지집합을 변형한다. 헤지에는 부정헤지, 근사헤지, 제한헤지, 강화헤지, 약화헤지, 대비강화헤지, 대비약화헤지 등이 있는데, 강화헤지나 약화헤지의 경우 헤지의 크기를 정도에 따라 임의로 조절할 수도 있다.

#### - 퍼지규칙의 합성

하나 이상의 퍼지규칙을 적용 할 경우는 위와 같은 방법으로 반복하며 퍼지집합을 생성한다. 그리고 생성된 퍼지집합들을 Min-max방법으로 퍼지합성을 한 후 최종 해 퍼지집합을 생성한다.

#### - 비퍼지화

합성된 퍼지집합을 적절한 구간으로 나누어 질량중심법으로 무게 중심을 구한다. 여기서 계산된 값이 사용자 등록금 의사결정에 반영해야 할 값이 된다.

## 4. 등록금 결정 모델의 구현

본 논문에서 구현한 등록금결정시스템은 인건비와 물가 상승률, 시설비, 운영비 등의 요소만 고려하여 등록금의 결정모델을 구현하고자 한다.

### 4.1 퍼지규칙의 선택

일반적으로 학원의 등록금을 결정하기 위하여는 수십여 가지의 요인들이 있지만, 그 모든 항목을 생각하여 등록금의 의사결정을 한다는 것은 무척이나 형식적이고 절차상 까다롭다. 그러므로 본 논문에서는 등록금을 결정하기 위한 여러 요소들 중에서 가장 특징적이고 중요한 요인 네 가지만 적용하여 등록금 결정모델을 구현하고자 한다.

- 규칙1 : 등록금은 약간 낮아야 한다.
- 규칙2 : 등록금은 물가 상승률 정도로 인상한다.
- 규칙3 : 등록금은 인건비 + 시설비 + 운영비보다 많아

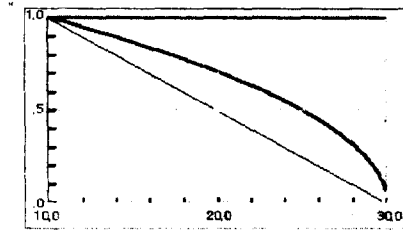
야 한다.

규칙4 : 타 학원의 등록금이 매우 높지 않다면 그와 비슷하게 한다.

### 4.2 각 규칙에 대한 퍼지집합의 생성과 퍼지합성

#### - 규칙 1을 적용한 퍼지집합

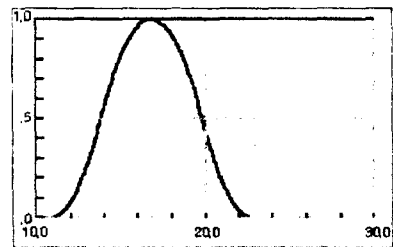
정의역을 10에서 30까지로 정하면 식(2)에 의해 [그림-3]과 같이 낮은 등록금에 관한 퍼지집합이 생성되고, 약간이라는 헤지를 적용하면 약화헤지에 의해 변형된다.



[그림-3] 약간 낮은 등록금의 퍼지집합

#### - 규칙 2를 적용한 퍼지집합

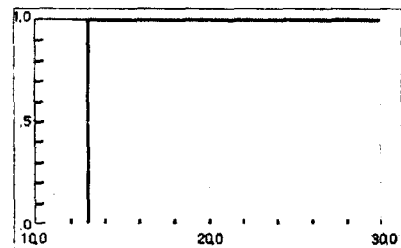
전년도 등록금이 15만원이고 현재 물가 상승률이 12%라면 현 등록금은 16.8만원 정도로 책정해야 하므로 식(5)에 의해 [그림-4]와 같이 16.8을 중앙으로 하는 벨형(폭은 6으로 함)이 된다.



[그림-4] 물가 상승률을 고려한 등록금의 퍼지집합

#### - 규칙 3을 적용한 퍼지집합

인건비가 7만원 소요되었고, 시설비가 3만원, 운영비가 3만원 들었다면 합계가 13만원이므로, 13이상에 대한 크리프(Crisp)한 집합은 [그림-5]와 같이 된다.

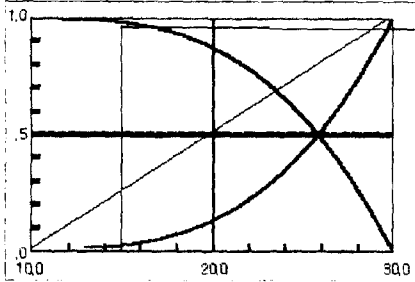


[그림-5] 인건비, 시설비, 운영비를 반영한 등록금의 퍼지집합

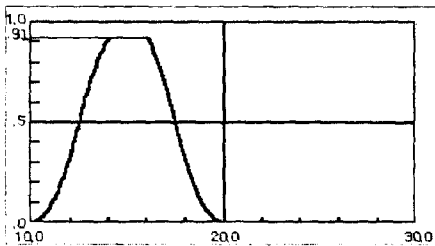
$$+0.05 \cdot 0.0) = 15.78$$

- 규칙 4를 적용한 퍼지집합

규칙 4에서 전건부 "타 학원의 등록금이 매우 높지 않다"의 퍼지집합은 식(1)과 강화해지 및 부정해지에 의해 [그림-6]과 같이 된다. 그림에서 타 학원의 등록금이 15만원이라면 이에 대한 진리값이 0.91이므로 후건부 "타 학원의 등록금과 비슷해야 한다"를 Min 상관법에 의해 0.91로 절단하면 [그림-7]과 같이 된다(폭은 5로 한다).



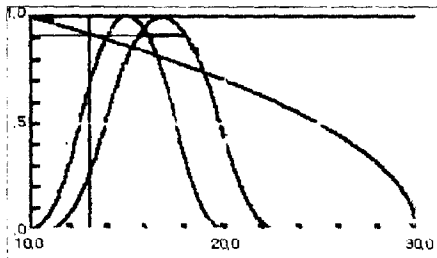
[그림-6] 매우 높지 않은 등록금의 퍼지집합



[그림-7] 비슷한 등록금의 퍼지집합

- 모든 규칙을 적용한 해 퍼지집합의 생성

규칙 1, 규칙 2, 규칙 3, 규칙 4를 적용하여 합성한 해 퍼지집합을 보면 [그림-8]과 같이 빗금친 부분이다.



[그림-8] 모든 규칙의 퍼지합성

#### 4.3 비퍼지화

[그림 4-7]과 같이 합성된 퍼지집합은 식(8)에 의한 질량중심법으로 비퍼지화하면 다음과 같이 계산된다.

$$CG = (13 \cdot 0.21 + 14 \cdot 0.42 + 15 \cdot 0.78 + 16 \cdot 0.82 + 17 \cdot 0.68 + 18 \cdot 0.35 + 19 \cdot 0.05 + 20 \cdot 0.0) / (0.21 + 0.42 + 0.78 + 0.82 + 0.68 + 0.35$$

즉, 등록금은 15.78로 결정된다.

### 5. 실험 및 고찰

#### 5.1 등록금 결정 모델의 실험

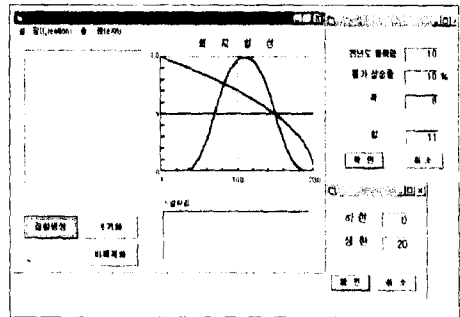
본 논문에서는 사용자 위주의 그래픽 인터페이스 환경에 적합하도록 Visual Basic 4.0으로 프로그램을 구현하여 실험하였다.

- 규칙 1의 퍼지집합

설정 메뉴의 퍼지규칙에서 "등록금은 낮아야 한다"를 선택하고 퍼지집합에서 선행함수를 선택한다. 정의역을 0에서 20으로 입력을 하며, 해지에서 약간을 적용하면 [그림-2]와 같은 퍼지집합이 생성된다.

- 규칙 2의 퍼지집합

설정 메뉴의 퍼지규칙에서 "등록금은 물가 상승률 정도로 한다"를 선택하면 전년도 등록금과 물가 상승률을 입력하는 창이 나타난다. 두 값을 입력하고 확인 버튼을 누른 후 퍼지집합에서 벨형 함수를 선택한다. 정의역은 규칙 1과 같은 범위이고 해지는 없다. 전년도 등록금이 10만원이고 현재 물가 상승률이 10%일 때 11을 중앙으로 하는 벨형(폭은 8로 함) 퍼지집합이 [그림-9]와 같이 생성된다.



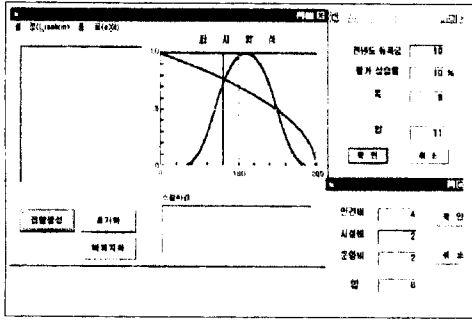
[그림-9] 물가상승률을 고려한 등록금의 퍼지집합

- 규칙 3의 퍼지집합

설정 메뉴의 퍼지규칙에서 "인건비, 시설비, 운영비의 합보다 낮아야 한다"를 선택하고 인건비, 시설비, 운영비를 입력한다. 퍼지집합은 무조건 퍼지집합을 선택하고 집합형성의 버튼을 누른다. 해지는 없고 정의역은 앞의 규칙과 동일하다. 인건비가 4만원 소요되고, 시설비가 2만원, 운영비가 2만원 들었다면 8을 기준으로 하는 크리스프한 퍼지집합은 [그림-10]과 같이 된다.

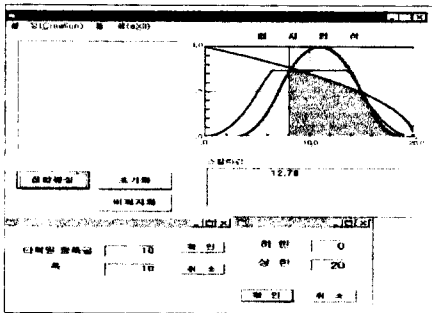
- 규칙 4의 퍼지집합

설정 메뉴의 퍼지규칙에서 "타 학원의 등록금이 높지 않다면 그와 비슷하게 한다"를 선택한 후 타 학원의 등록금을 10으로 입력한다. 퍼지집합은 벨형함수로 하고(폭은 10으로 함) 해지는 매우를 선택한다. 정의역은 앞의 규칙과 동일하다. 모든 규칙에 대하여 퍼지합성을 하면 [그림-11]에서 빗금친 부분처럼 새로운 퍼지집합이 생성되고 비퍼지화 버튼



[그림-10] 인건비, 시설비, 운영비를 반영한 등록금의 퍼지집합

을 클릭하면 스칼라 값에 사용자가 의사결정에 반영해야 할 값 12.78이 나온다.



[그림-11] 규칙 4를 적용한 해 퍼지집합

## 5. 2 고찰

퍼지추론의 일반적인 장점은 불확실하고 부정확한 환경에서 의사결정을 할 때 유용하며 중요한 일부분의 퍼지규칙만 적용해서도 좋은 결과를 얻을 수 있다는 것이다. 그리고 0과 1에만 근거한 엄격하고 복잡한 추론을 행하기보다는 인간이 판단하는 것과 같은 포괄적인 추론을 행한다. 즉, 퍼지추론은 규칙 자체에 애매모호함을 흡수시켜 인간이 하는 것처럼 근사 추론으로 대략적인 결론을 얻으려는 퍼지이론의 정신에 부응한다고 볼 수 있다.

본 연구에서 구현한 등록금 결정 시스템의 장점 및 특징을 보면 다음과 같다.

첫째, 규칙을 언어적으로 표현 할 수 있다. 퍼지추론은 언어적 추론이라고도 하는데, 본 모델은 일상 언어를 그대로 사용하기 때문에 사용자와의 대화형 추론으로 적합하다.

둘째, 퍼지명제를 부드러운 퍼지논리로 표현하므로 전문가의 지식을 모델링하는데 매우 적합하다.

셋째, 퍼지추론의 과정을 그래픽하게 표현한다. 즉, 사용자에게 시각적인 인터페이스를 보여줌으로써 사용자의 이해도를 높일 뿐만 아니라 사용자가 쉽게 사용할 수 있다.

넷째, 해지를 적용하여 퍼지규칙을 융통성 있게 표현할 수 있으며, 주관에 따라 퍼지규칙 및 해지를 선택할 수 있다.

## 6. 결론

본 논문에서는 학원 등록금 결정에 관한 불명확한 퍼지명제를 추론하여 의사결정에 그 결과 값이 반영되도록 하는 등록금 결정 모델을 설계하고 구현하였다. 본 시스템은 인간이 일상 생활에서 사용하는 언어변수를 직접 적용함으로써 보다 더 인간에게 친숙하도록 하였고, 시스템을 메뉴 방식 및 그래픽하게 처리함으로써 사용자에게 사용용이성을 주도하도록 하였다.

포괄적이고도 융통성 있는 퍼지규칙을 사용함으로써 퍼지베이스를 간략하게 표현했으며, 일반적으로 많이 사용하는 해지들을 저장하여 사용자가 직접 선택 또는 입력을 함으로써 항상 새로운 입력값을 주지 않아도 추론이 되게 하였다. 또한 퍼지집합을 생성할 때 사용자의 주관에 따라 융통성 있는 설정이 가능하다는 장점이 있다.

본 논문에서 구현한 시스템의 문제점과 개선방안은 다음과 같다. 첫째, 시스템에 필요한 소속함수, 해지, 퍼지규칙 베이스를 많이 구축하는 것이다. 이를 위해서는 등록금 결정에 관한 퍼지규칙을 많이 조사하고 그 규칙에 적합한 소속함수를 확보해 두며, 한글 해지에 대한 깊은 연구가 필요하다. 둘째, 사용자가 어느 정도 퍼지이론에 대하여 사전 지식이 있어야 하는 것이다. 이것은 기본적인 퍼지이론과 시스템 운영에 대한 사전 교육으로 해결할 수 밖에 없으나, 시스템에 적절히 메시지를 주어서 이해가 깊도록 구성하면 좋을 것이다. 셋째, 인간적인 요소가 개입되므로 시스템을 운행하는데 사용자의 주관적인 판단이 많이 필요해진다. 이는 가능한한 객관적인 요소들을 많이 정의하여 사용자가 선택하도록 하면 될 것이다.

앞으로의 연구 방향은 다양한 언어변수 또는 퍼지규칙들을 적용하여 근사 추론을 하기 위해서는 우선 퍼지규칙 인식기가 도입되어야 하겠다. 그리고 본 논문에서는 등록금 결정을 위한 네가지 규칙에 관련된 퍼지변수들만 취급하고 있는데 이를 일반화된 가격 결정 모델로 확장하는 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- [1] 김도현, 권기호 외 5인, 핵심 퍼지시스템, 에드텍, 1994
- [2] 엄정국, 원성현, 기초 퍼지이론과 응용 시스템, 정보시대, 1992
- [3] 이광형, 오길록, 퍼지이론 및 응용 I, II권, 홍릉과학출판사, 1991
- [4] 최항식, 박민용, 취지 시스템 응용 입문, 대영사, 1990
- [5] 퍼지기술연구회역, 퍼지시스템 입문, 기전연구사, 1992
- [6] Earl Cox, Fuzzy Systems Handbook, Prentice-Hall, 1994
- [7] Terano, T., Asai, K., and Sugeno, M., Fuzzy Systems Theory and its Application, Academic Press, 1992
- [8] L.A. Zadeh, The role of Fuzzy Logic in the Management of Uncertainty in Expert Systems, Fuzzy Sets and Systems, vol. 11, pp 199-227, 1978